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

The role of Sefte and Qanat in water harvesting at Rageh Valley-Rafsanjan

Farzaneh Ghaderi Nasab*[1], Ommolbanin Bazrafshan[2]
1. Former Ph.D. Student, Regional Water Company of Kerman, Kerman, Iran, Email: Ghaderifarzane@gmail.com
2. Professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: O.bazrafshan@hormozgana.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Scientific-Promotive Paper

Article history
Received: 31 May 2024
Revised: 24 July 2024
Accepted: 30 July 2024
Published online: 31 December 2024

Keywords:
Qanat, gallery (Sefte), Rageh Valley, extraction of groundwater.

ABSTRACT

Considering the location of Iran in the dry belt of the world, the inappropriate time and place distribution of rainfall, the high rate of evaporation and transpiration, and the imbalance in the use of surface water and groundwater resources, it is necessary to pay attention to rainwater collection projects. In the meantime, returning to the recognition and application of indigenous knowledge is very important due to the historical resilience of the people of this land. Qanats are generally a cost-effective way to transfer groundwater to the surface, while the high economic value of water in Rafsanjan has encouraged farmers to transfer water from the Giudari River in Raghe Valley to the plain. In other words, the idea of transferring water from the Rageh valley to the level of the plain has led to the development of a new water structure called "Sefte" or water corridor. In this study, for the first time, the developed Qanat and sefte in Rageh Valley have been introduced. Using the GeoSetter locator software, the location of the desired structure was determined, and the mechanism of construction, extraction, and water transfer was presented. In the following, the opportunities, threats, and challenges facing these water structures and Rageh Valley are stated. Finally, it was suggested that the discussion of the environmental rights of Giudari River and Rageh Valley should be considered as a priority. Also, with the participation of the Cultural Heritage and Tourism Department, the Water Resources Management Department, and the Environment Department, the protection and development of Rageh Valley tourism should be prioritized.

Citation: Ghaderi Nasab, F., & Bazrafshan, O. (2024). The role of Sefte and Qanat in water harvesting at Rageh Valley-Rafsanjan, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(3), 19-30.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.2.1

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

Corresponding author: Former Ph.D. Student, Regional water company of Kerman, Kerman, Iran
Address: Regional Water Company of Kerman, Kerman, Iran
Tel: +989138699341
Email: Ghaderifarzane@gmil.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

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

The role of Sefte and Qanat in water harvesting at Rageh Valley-Rafsanjan

Farzaneh Ghaderi Nasab*[1], Ommolbanin Bazrafshan[2]

1. Former Ph.D. Student, Regional water company of Kerman, Kerman, Iran, Email: Ghaderifarzane@gmail.com
2. Professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: O.bazrafshan@hormozgana.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The development of indigenous water structures, exploitation of surface water and groundwater, management and directing it to farms is very admirable, but by studying and investigating indigenous methods of water resources management, it becomes more clear. Many of today's human ways of life are out of environmental capacity and cannot be sustainable. The methods and techniques that are harmonious and compatible with the ecological laws have attracted the attention of researchers. An important part of these methods is the experience and knowledge that the native people have gained after several thousand years of adapting to the environment and knowing their habitat. In Iran, there are unique water structures that are developed based on the knowledge and experience of the natives of each region, and the water management and productivity in each of them are different. In Rafsanjan County in Kerman Province, there are abundant water structures, including reservoirs, Qanat, Sefte, etc., which were developed based on the knowledge and experience of local people, but despite their unique features, they have not been studied so far. Examining these structures helps in understanding local knowledge and its development. Water resource management among Iranian farmers is a historical, social, and cultural matter. Iranian villagers have a managerial background in water supply, distribution, and exploitation. Modern irrigation technologies face major limitations, including a high tendency towards new tools, little compatibility with social and legal models and traditional water management systems, and low compatibility with nature. In addition to various technical and managerial problems, a lack of attention to local knowledge and experiences of local communities also contributes to the critical situation of Iran's water resources.

Methodology: The studied area is a part of the Raghe Valley, including Sefte -Qanat Ali Abad Raghe, Sefte -Qanat Mohammad Abad, and Sefte -Qanat Tokal Abad, located 45 km southeast of Rafsanjan. By using the Alpin quest routing application, GPS, topographic maps, satellite images, Google Earth software, ArcMap software, Geosetter software, as well as inquiries from local people and owners of Qanat and promissory notes, the study area was investigated. The route of Qanat, promissory notes, water transfer, etc., are recorded, and finally, the issues and problems ahead are stated.

Results and Discussion: Considering that the economy of Rafsanjan county is based only on horticulture and it is a single product (pistachio trees), the strengthening of the tourism industry in the location of Rageh Valley due to its unique beauty, special morphology, and pristine nature can help in development. The area is very efficient. But the important issue in this regard is the issue of transferring water from the aqueduct and the Sefte to the place of Rafsanjan plain, so at the beginning, agriculture is done in the place of the aqueduct and the Sefte and in the form of planting one-year crops and possibly elder trees, etc. Accepted, but considering the economic value of pistachios, the owners of Qanat Ali Abad, Sefte Mohammad Abad, and Sefte Tavakol Abad, respectively 26.5 km, 22 km, and 13 km of water downstream and in the Rafsanjan plain where the soil and topography are suitable for planting pistachio trees. favorable, they have conveyed that this will harm the tourism industry.

Conclusion: In this study, Qanat and Sefte located in Rageh Valley (Givderi River) of Rafsanjan County were studied. In addition to introducing the structure, longitudinal profile, and their unique features, the threats and challenges facing these structures were investigated. The remarkable thing about this area is the unique presence

Corresponding author: Former Ph.D. Student, Regional water company of Kerman, Kerman, Iran
Address: Regional Water Company of Kerman, Kerman, Iran
Tel: +989138699341
Email: Ghaderifarzane@gmil.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

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

of wildlife. Although the intelligent transfer of water through the corridor to the level of the plain is admirable, the environmental issue of the Givderi River is one of the most important issues that should be addressed through the relevant bodies. In addition, due to the high economic value of water, the owners of Sefte and Qanat are trying to direct the river water into Sefte with many methods, including the construction of stone dams on the banks of the river to raise the water level, changing the morphology He pointed out that the river, digging in the river bed for culling, etc., will endanger the wildlife living in the Rageh Valley.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: No funding was received.

Authors' contribution: Farzaneh Ghaderinasab and Ommolbanin Bazrafshan, as the authors of the paper, conducted all parts of the research and wrote the whole manuscript.

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

Acknowledgment: The authors of this article are very grateful to Kerman Regional Water Joint Stock Company and the authority of Rafsanjan water resources.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

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

نقشه سفته و قنات در استحصال آب در دره راگه رفسنجان

فرزانه قادری‌نسب گروهی[۱]*، ام‌البنین بذرافشان[۲]

۱. دانش‌آموخته دکتری، کارشناس منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، کرمان، ایران، ghaderifarzane@gmail.com

۲. استاد، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی-ترویجی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۱ خرداد ۱۴۰۳
بازنگری: ۰۳ مرداد ۱۴۰۳
پذیرش: ۰۹ مرداد ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۱۱ دی ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
قنات، گالری (سفته)، دره راگه، استحصال آب سطحی

چکیده

با توجه به قرارگیری کشور ایران در کمربند خشک جهان، مناسب نبودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و عدم تعادل در استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی توجه به پروژه‌های جمع‌آوری آب باران ضروری است. در این بین، بازگشت به شناخت و کاربرد دانش بومی برخواسته از تاب‌آوری تاریخی مردم این سرزمین اهمیت زیادی می‌یابد. قنات‌ها عموماً روشی مقرون به صرفه برای انتقال آب زیرزمینی به سطح زمین هستند، این درحالی است که ارزش اقتصادی بسیار بالای آب در رفسنجان، کشاورزان را ترغیب کرده که که آب رودخانه گیودری در "دره راگه" را به سطح دشت منتقل کنند. به عبارت دیگر اندیشه انتقال آب از دره راگه به سطح دشت منجر به توسعه سازه آبی جدیدی به نام "سفته" یا آب دالان شده است. در این مطالعه برای اولین بار قنات و سفته‌های توسعه یافته در دره راگه معرفی شده‌اند. با استفاده از نرم‌افزار موقعیت‌یاب GeoSetter موقعیت سازه مورد نظر مشخص و مکانیزم ساخت و استحصال و انتقال آب ارائه شد. در ادامه فرصت‌ها، تهدیدها و چالش‌های پیش روی این سازه‌های آبی و دره راگه بیان شده است. در نهایت پیشنهاد شد بحث حقابه زیست محیطی رودخانه گیودری و دره راگه به‌عنوان اولویت در نظر گرفته شود. هم‌چنین با مشارکت اداره میراث فرهنگی و گردشگری، اداره مدیریت منابع آب و هم‌چنین اداره محیط زیست بحث حفاظت و همچنین توسعه گردشگری دره راگه در اولویت امور قرار گیرد.

استناد: قادری‌نسب گروهی، فرزانه، و بذرافشان، ام‌البنین. (۱۴۰۳). نقشه سفته و قنات در استحصال آب در دره راگه رفسنجان. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۴)،۱۹-۳۰.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.2.1

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** فرزانه قادری‌نسب گروهی
نشانی: شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، کرمان، ایران
تلفن: ۰۹۱۳۸۶۹۹۳۴۱
پست الکترونیکی: ghaderifarzane@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

مقدمه

استحصال آب باران فراهم‌کننده فرصتی برای بهبود تولید زیست‌بوم، معیشت، اقتصاد و رفاه جامعه است. هم‌چنین می‌تواند موجب هم‌افزایی بین مدیریت سرزمین و رفاه جامعه شود، به‌ویژه در مواردی که استحصال آب باران به کمک کشاورزی دیم آمده، یا به مدیریت حوزه آبخیز کمک می‌کند و یا در تأمین آب مورد نیاز مناطق شهری و روستایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (معماریان و تاجبخش، ۱۴۰۱). استحصال آب باران یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های جمع‌آوری آب است و چنان‌چه رواناب حاصل از آن، جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گیرد، باعث صرفه جویی در مصرف آب و مدیریت بهینه آن خواهد شد (پارسامهر و خسروانی، ۱۳۹۶). این فن‌آوری فرصتی برای مدیریت بهتر منابع آب است که در نتیجه سرمایه‌گذاری کوتاه مدت بر روی سیستم‌های استحصال آب باران، بهبود و افزایش قابلیت اعتماد سیستم برای تأمین آب، افزایش تولید در بخش کشاورزی و پایداری خدمات زیست‌بوم را در پی خواهد داشت (کمالی و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین به‌عنوان یک راهکار سازگار در مناطقی که توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (جهان تیغ و جهان تیغ، ۱۳۹۹). هم‌چنین با توجه به پدیده‌ی تغییرات اقلیمی، استحصال آب یک اقدام کلیدی در جهت سازگاری با تغییر اقلیم و کاهش آسیب‌پذیری جامعه از نوسانات اقلیمی است. ضمن این‌که علاوه‌بر افزایش دانش عمومی نسبت به عملکرد اکوسیستمی این سامانه‌ها، ارزیابی دانش بومی استحصال آب باران در کشور ضروری است (معماریان و تاجبخش، ۱۴۰۱).

قنات نه تنها یک فناوری دستیابی به منابع آب است بلکه میراثی است که حیات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مردم طی چندین هزاره به آن وابسته بوده است (برشان، ۱۳۹۴). شرایط جغرافیایی فلات مرکزی ایران، تکنولوژی قنات را به‌عنوان سنگ بنای سیستم‌های تولیدی در این منطقه مورد توجه قرار داد. فناوری قنات راهی پایدار برای استخراج آب‌های زیرزمینی است زیرا می‌تواند بین ورودی و خروجی آب تعادل برقرار کند (Khaneiki et al., 2019).

یکی از روش‌های بهره‌برداری از آب رودخانه ایجاد مادرچاه و حلقه چاه‌های قنات در زمین‌های پایین دست رودخانه و نقاطی است که آب رودخانه در سفره‌های زیرزمینی بر آن‌ها مسلط باشد. مصادیق این شیوه را در ایران و در جنوب ایران به وفور می‌توان مشاهده کرد. به‌عنوان مثال در غرب شوشتر از رودخانه کارون نهری منشعب شده که به موازات رودخانه شطیط امتداد دارد. قسمتی از این کانال که از رودخانه تغذیه می‌شده به مناسبت برخورد به پستی و بلندی زمین به‌صورت قنات و کاریز ساخته شده است. به این گونه قنات‌ها که رودخانه منبع آبی آن‌ها است، "سفته" می‌گویند (سلیمی و هممکاران، ۱۳۹۵).

قنات، تنها با استفاده از نیروی جاذبه و بدون نیاز به پمپ، آب را از منابع زیرزمینی به سطح زمین انتقال می‌دهد. ساختار قنات، متشکل از چندین شفت (چاه‌های عمودی) و یک کانال (تونل نسبتا افقی) است. کانال قنات، با یک شیب ملایم ساخته می‌شود. یک طرف این کانال، به منابع آب زیرزمینی برخورد کرده و طرف دیگر آن، به سطح زمین برخورد می‌کند. به‌دلیل وجود شیب و بر اثر نیروی جاذبه، آب در درون کانال به جریان می‌افتد و به سطح زمین می‌رسد (Abadi et al., 2023). این درحالی است که سفته[1] یا آب دالان بر خلاف قنات که آب‌های زیرزمینی را استخراج کرده و به سطح زمین منتقل می‌کند، به جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی و زیرسطحی اختصاص دارد. این سازه منحصر به فرد، عموماً در جاهایی که اختلاف تراز کف رودخانه با سطح زمین زیاد باشد و هم‌چنین امکان انتقال ثقلی آب در رودخانه جهت بهره‌برداری در سطح زمین وجود نداشته باشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سفته به‌صورت تونل یا کانال زیرزمینی افقی، آب سطحی و زیرسطحی کف رودخانه را تا جایی که به زمین مسطح و قابل کشت و زرع باشد، منتقل می‌کند.

مطالعات متعددی در خصوص جنبه‌های مهندسی، فنون نگهداری و مدیریت بومی قنات وجود دارد (De Feo et al, 2013; Mostafaeipour, 2010; Farzamnia & Abbasi, 2011; Ebrahimi et al., 2021). توسعه سازه‌های آبی بومی، بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت و هدایت آن به مزارع و کشتزارها بسیار تحسین برانگیز است، اما با مطالعه و بررسی فنون و روش‌های بومی مدیریت منابع آب بیش از پیش مشخص می‌شود که بسیاری از روش‌های زندگی بشر امروزی خارج از توان زیست‌محیطی است و نمی‌تواند پایدار باشد. بدیهی است روش‌ها و فنونی که با قانون‌های بوم‌شناختی هماهنگ و سازگار هستند، مورد توجه محققان قرار گرفته است. بخش مهمی از این روش‌ها، تجربه و دانشی است که مردم بومی پس از چند هزار سال در سازگاری با محیط و شناخت سرزمین زیستگاهی خود به‌دست آورده‌اند (جمعه پور، ۱۳۸۵). در کشور ایران سازه‌های آبی منحصر به فردی وجود دارد که بر اساس دانش و تجربه بومیان هر منطقه توسعه یافته و مدیریت و بهره‌وری آب در هر کدام از آن‌ها متفاوت است. در شهرستان رفسنجان در استان کرمان نیز سازه‌های آبی فروانی شامل آب انبار، قنات و سفته وجود دارد که بر اساس دانش و تجربه افراد بومی توسعه یافته اما با وجود ویژگی‌های منحصر به فرد تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. بررسی این سازه‌ها در شناخت دانش بومی و توسعه آن کمک شایانی می‌کند.

[1] قنات رودخانه‌ای

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

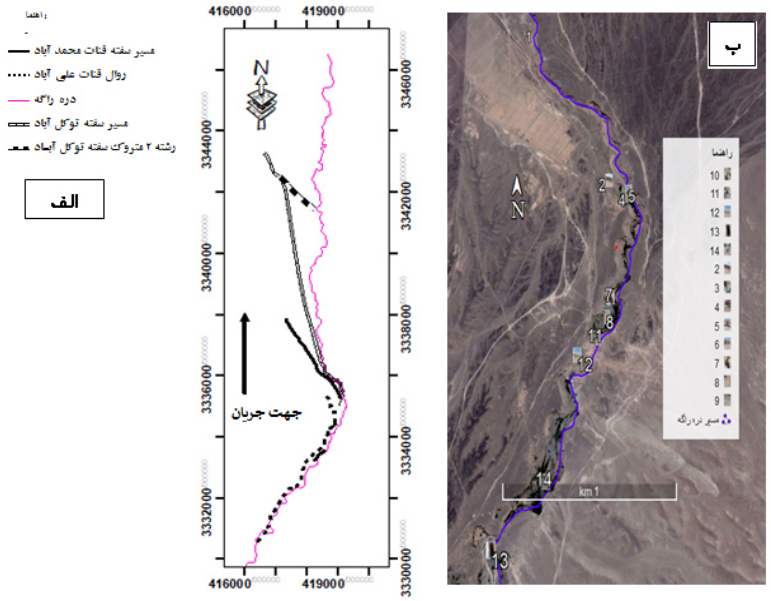
مدیریت منابع آب در میان کشاورزان ایران یک امر تاریخی، اجتماعی و فرهنگی است. روستاییان ایران در تأمین آب، توزیع و بهره‌برداری از آن پیشینه مدیریتی دارند. فن‌آوری‌های نوین آبیاری با محدودیت‌های عمده‌ای از جمله گرایش زیاد به ابزارهای نوین، سازگاری اندک با الگوهای اجتماعی، حقوقی و نظام‌های مدیریت سنتی آب و انطباق کم آن‌ها با طبیعت روبرو هستند (Tabatabaee and Han, 2010). علاوه‌بر مشکلات گوناگون فنی و مدیریتی، عدم توجه به دانش بومی و تجارب جوامع محلی نیز در بحرانی‌تر شدن وضعیت منابع آب ایران سهیم است.

دره راگه در شهرستان رفسنجان به طول ۲۰ کیلومتر، عرض ۱۸۰ متر و عمق ۴۰ تا ۸۵ متر یکی از مناطق بکر گردشگری شهرستان رفسنجان در استان کرمان به شمار می‌آید. این دره که حاصل فرسایش آب رودخانه دائمی گیودری است، مربوط به دوره کواترنری بوده و قدمت آن در حدود ۲۰۰۰۰ سال تخمین زده می‌شود. فرسایش ناشی از آب، ساختار بسیار زیبایی را در دیواره‌های دره راگه ایجاد کرده که بر زیبایی منطقه افزوده است (Sistanipour, 2020). علاوه‌بر موقعیت ویژه این دره از لحاظ گردشگری، آب دائمی آن سبب شده کشاورزان به‌صورت کاملاً هوشمندانه با احداث قنات، سفته (آب دالان) و هم‌چنین لوله‌گذاری آب این رودخانه را به‌صورت ثقلی به سطح زمین منتقل کنند. قنات علی‌آباد راگه و سفته‌های محمدآباد و توکل آباد راگه از مهم‌ترین سازه‌های آبی در این منطقه به‌شمار می‌آیند که نقش زیادی در استحصال و بهره‌برداری از آب رودخانه گیودری دارند. در این مطالعه با بررسی تصاویر گوگل‌ارث، بازدید میدانی، پرس‌وجو از افراد محلی و اندازه‌گیری این سه سازه آبی مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین ویژگی‌های منحصر به فرد در طراحی و روش کاربرد آن‌ها در بهره‌برداری از آب رودخانه مطرح شده و در نهایت مسائل، مشکلات و تهدیدات و چالش‌های پیش رو بیان شده است.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از دره راگه شامل قنات علی‌آباد راگه، سفته–قنات محمدآباد و سفته –قنات توکل آباد واقع در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر رفسنجان از محل "۱۷ '۶ °۳۰ شرقی تا "۳ '۸ °۵۶ تا محل "۱۲ '۱۰ °۳۰ شمالی و "۲۳ '۸ °۵۶ شرقی است. در شکل ۱ قسمت الف کروکی ترسیمی روال این سه سازه آبی ترسیم شده است. هم‌چنین در قسمت ب نمای کلی دره راگه در گوگل‌ارث نشان داده شده است. هم‌چنین در شکل ۲ تعدادی از تصاویر مربوط به دره راگه و محدوده مورد مطالعه (که موقعیت آن‌ها در شکل ۱ قسمت ب مشخص شده) نشان داده شده است.



شکل ۱- الف) پروفیل طولی قنات و سفته های مورد مطالعه نسبت به بستر رودخانه گیودری، ب) نمای کلی دره راگه در گوگل‌ارث و موقعیت تصاویر ثبت شده در بازدید میدانی

Figure 1- A) Longitudinal profile of the studied qanats and sefte over Givderi River bed, B) Overview of Rageh Valley in Google Earth and the location of the images recorded in the field visit

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

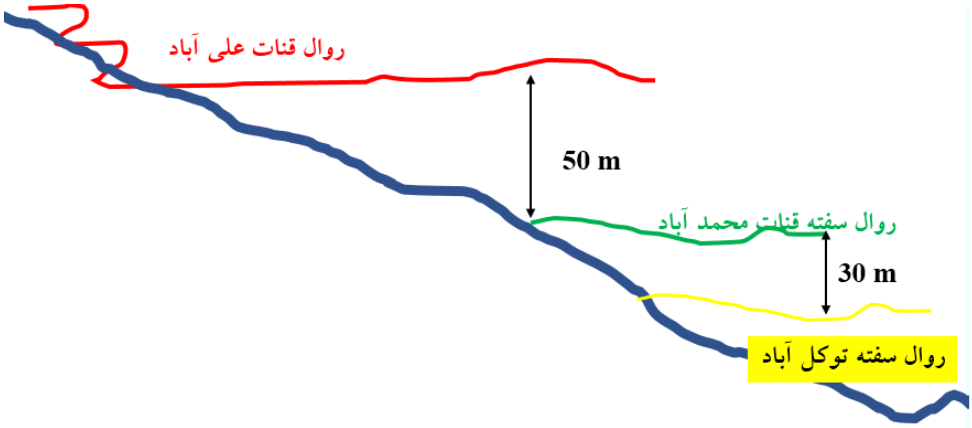
شکل ۲- تصاویر بازدید میدانی محدوده مورد مطالعه

Figure 2- Field Visit Photos of studied area

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

همچنین در شکل (۳) پروفیل عمودی مسیر قنات علی‌آباد، سفته محمدآباد و سفته توکل آباد نسبت به بستر دره راگه نشـان داده شـده است. همان‌طور که مشخص است روال سفته قنات محمدآباد حدود ۵۰ متر زیر روال قنات علی‌آباد و همچنین روال سفته توکل آبـاد حـدود ۳۰ متر زیر سفته محمدآباد قرار دارد.



شکل ۳- پروفیل عمودی مسیر قنات علی‌آباد، سفته محمدآباد و سفته توکل آباد نسبت به بستر رودخانه گیودری
Figure 3- Vertical profile of Ali Abad qanat, Mohammad Abad and Tavakol Abad sefte over Givderi river bed

روش تحقیق

در این مقاله با استفاده از اپلیکشن مسیریابی Alpin quest، GPS، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث و نرم‌افزار ArcMap، نرم‌افزار Geosetter و همچنین پرس‌وجو از افراد محلی و مالکین قنات و سفته‌ها، محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. روال قنات، مسیر سفته‌ها و انتقال آب ثبت شده و در صورت نیاز اندازه‌گیری‌های لازم صورت پذیرفته و در نهایت مسائل و مشکلات پیش‌رو بیان شده است.

نرم‌افزار Geosetter

امروزه به واسطه توسعه فناوری و دسترسی عموم مردم به تلفن همراه هوشمند، اپلیکشن‌های زیادی با اهداف گوناگون توسعه پیـدا کـرده اسـت که بسیاری از کارشناسان و مهندسان از این قابلیت‌ها بی اطلاع بوده و همچنان از GPSهای قدیمی استفاده می‌کننـد. ایـن درحـالی اسـت کـه عموماً بازدیدهای میدانی مهندسی رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی و صعب العبور قرار دارد که علاوه‌بر ناشناخته بودن مسیر بازدید، داشـتن دیـد کلی از منطقه، عوارض، راه‌ها و سازه‌های پیشرو کمک شایانی به کاربر خواهد کرد. خوشبختانه آن‌چه که یک مهندس در بازدید میدانی نیـاز پیدا خواهد کرد از جمله تخمین مسیر رسیدن به محل، بررسی کلی توپوگرافی و شیب، عوارض، جهت و غیره با نصب آسـان ایـن اپلیکشـن بـر گوشی همراه امکان‌پذیر خواهد شد (Fendi et al., 2014). در این مطالعه نیز با استفاده از این نرم‌افزار مسیریابی کل مسـیر مـورد بازدیـد ثبـت شده، نقاط UTM برداشت شد و مکان‌های مهم جهت بازدیدهای بعدی در گوشی تلفن همراه ثبت شدند.

اپلیکشن مسیریابی Alpin quest

امروزه به واسطه توسعه فناوری و دسترسی عموم مردم به تلفن همراه هوشمند، اپلیکشن‌های زیادی با اهداف گوناگون توسعه پیـدا کـرده اسـت که بسیاری از کارشناسان و مهندسان از این قابلیت‌ها بی اطلاع بوده و همچنان از GPSهای قدیمی استفاده می‌کنند. ایـن در حـالی اسـت کـه عموماً بازدیدهای میدانی مهندسی رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی و صعب العبور قرار دارد که علاوه‌بر ناشناخته بودن مسیر بازدید، داشـتن دیـد کلی از منطقه، عوارض، راه‌ها و سازه‌های پیشرو کمک شایانی به کاربر خواهد کرد. خوشبختانه آن‌چه که یک مهندس در بازدید میدانی نیـاز پیدا خواهد کرد از جمله تخمین مسیر رسیدن به محل، بررسی کلی توپوگرافی و شیب، عوارض، جهت و غیره با نصب آسـان ایـن اپلیکشـن بـر گوشی همراه امکان‌پذیر خواهد شد (Hamarashid et al., 2022; Dymkova & Dymkova; 2021). در این مطالعه نیز با اسـتفاده از ایـن نرم‌افزار مسیریابی کل مسیر مورد بازدید ثبت شده، نقاط UTM برداشت شد و مکان‌های مهم جهت بازدیدهای بعـدی در گوشـی تلفـن همـراه ثبت شدند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

نتایج و بحث

معرفی قنات علی‌آباد

قنات علی‌آباد در فاصله ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر رفسنجان قرار دارد. طول کلی قنات علی‌آباد حدود شش کیلومتر و عمق مادر چاه آن حدود ۵۵ متر است. مطابق کروکی ترسیمی (شکل ۲) روال این قنات ضمن عبور از رودخانه گیودری در حوالی مادرچاه در چند نقطه دیگر با رودخانه تلاقی پیدا کرده و سپس تقریباً به موازات رودخانه گیودری امتداد یافته و در موقعیت (x= 418897; y= 3334502) مظهر می‌شود. در واقع هدف اصلی از عبور قنات از بستر رودخانه به‌صورت زیگزاگ هدایت آب رودخانه به داخل روال قنات بوده است. بدین‌صورت که در محل عبور روال قنات از بستر رودخانه در بستر رودخانه میله قنات (چاهک) تعبیه شده است. عموماً در فصولی که احتمال وقوع سیل و طغیان رودخانه وجود دارد جهت ایمنی و جلوگیری از تخریب و پر شدن چاهک‌ها، روی آن‌ها پوشیده شده و در فصول کم باران، دهانه آن‌ها باز شده و آب رودخانه از طریق جوی‌های باریک ایجاد شده در کف دره و لوله پلاستیکی به روال قنات هدایت می‌شود. کف مادر چاه این قنات حدوداً ۵ متر پایین‌تر از بستر رودخانه قرار دارد. به علت عمق کم آبرفت در منطقه، کوهستانی بودن و طول کم زهکان آبدهی قنات بستگی مستقیم به نزولات جوی و مقدار آبدهی رودخانه گیودری داشته است و در سال‌های کم باران از آبدهی اندکی برخوردار است. مالکین قنات علی‌آباد حدودا حوالی سال‌های ۷۰ اراضی تحت شرب اولیه قنات (x=418584; y=3335453) را رها کرده و از طریق خط انتقال، آب را حدود ۲۶/۵ کیلومتر به اراضی تحت شرب تصرفی جدید (x=422802; y=3356702) منتقل کرده‌اند.

معرفی سفته-قنات محمدآباد

قنات محمدآباد راگه در ارتفاعات جنوب شرقی دشت رفسنجان و در فاصله ۴۲ کیلومتری شهر رفسنجان قرار دارد. به علت عمق کم آبرفت در منطقه، کوهستانی بودن و طول کم زهکان آبدهی قنات بستگی مستقیم به نزولات جوی و مقدار آبدهی رودخانه گیودری دارد و در سال‌های کم باران از آبدهی اندکی برخوردار است. مالکین این قنات در گذشته و با هدف انتقال آب سفته قنات به سطح زمین در محل روستای قدیمی محمدآباد راگه (با توجه به اختلاف ارتفاع سطح زمین با بستر رودخانه) اقدام به ایجاد سفته (سوراخ کردن دیواره رودخانه در محل دره راگه) و حفر تونل (کانال زیرزمینی) شبیه قنات نموده‌اند. بر اساس بازدید میدانی صورت گرفته، طول کلی قنات و سفته محمدآباد حدود شش کیلومتر است. ۳/۴ کیلومتر از مسیر به‌صورت کانال زیرزمینی است و میله‌های آن در سطح دشت قابل مشاهده است و ۲/۵ کیلومتر دیگر در بستر و سواحل رودخانه (از نقطه x=418230;y=3333205) تا نقطه (x=419145 ; y=3335196) در قالب لوله‌گذاری، کول‌گذاری (نای‌گذاری) و جوی خاکی به‌منظور انتقال زه آب است.

اولین چاه قابل مشاهده مربوط به قنات محمدآباد، در بستر رودخانه و در ساحل سمت چپ دره راگه و در موقعیت (x= 418229; y= 3333206) قرار دارد. مسیر انتقال آب به‌صورت لوله‌گذاری و کول‌گذاری در بستر رودخانه به طول تقریبی ۶۰۰ متر ادامه پیدا می‌کند تا به محلی به‌عنوان ابتدای "غار غلام بالا" در موقعیت (x= 418775 ; y= 3334114) می‌رسد. در این محل با توجه به این‌که دره به شدت تنگ شده و هم‌چنین جنس مصالح به گونه‌ای بوده است امکان حفر سفته، لوله‌گذاری و هم‌چنین کول‌گذاری وجود نداشته، آب به‌صورت نهر که در اصلاح محلی به آن "برهنه جو" اطلاق می‌شود، تا پایین دست "غار غلام بالا" مسیر را طی می‌کند. در انتهای "غار غلام بالا" یا به اصلاح محلی "بیخ تنگ" مالکین قنات محمدآباد با هدف افزایش تراز آب و هدایت آن به داخل میله‌های چاه اقدام به ساخت بند سنگی سیمانی در موقعیت (x= 418917؛ y= 3334299) کرده‌اند. در پشت بند سنگی سیمانی دو حلقه چاه قابل مشاهده است.

اراضی تحت شرب چاه از همان ابتدا در محل مظهر (x=417304 ; y=3337853) به کشت گیاهان یک ساله اختصاص و درختانی مثل انار و سنجد اختصاص داشته است که در سال ۱۳۶۲ مالکین اقدام به انتقال آب به ۱۳ کیلومتر پایین‌تر (x=414111; y=3355987) کرده‌اند. مطابق آب از بستر رودخانه که مسیر طبیعی عبورجریان است منحرف شده و به لوله هدایت می‌شود.

معرفی سفته توکل آباد

سفته توکل آباد در پایین دست قنات علی‌آباد راگه و هم‌چنین سفته قنات محمدآباد راگه و در مجاورت رودخانه گیودری و در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر رفسنجان واقع شده است. تغذیه این قنات از دبی پایه این رودخانه صورت پذیرفته و به شدت تحت تاثیر بارندگی و برقراری جریان در رودخانه گیودری است. ظاهراً در سال‌های ۵۸-۵۹ مالکین سفته توکل آباد ترغیب می‌شوند، جهت استفاده از آب رودخانه گیودری جهت کشت و کار (کشت درخت پسته) از طریق سفته متروکه‌ای (کانال زیرزمینی شبیه قنات) که توسط اجداد ایشان در گذشته حفر شده استفاده نمایند. به‌همین منظور با بررسی وضعیت رودخانه جهت دسترسی به آب قابل اطمینان و با در نظر گرفتن اراضی مناسب جهت تصرف و کشت درخت پسته و نظر به اختلاف ارتفاع بستر رودخانه با سطح زمین، شیب زمین، فاصله تا اراضی مورد نظر و با ایجاد تغییراتی اقدام به

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

بازسازی و احیا سفته متروکه مذکور، جهت انتقال آب رودخانه گیودری به سطح زمین و اراضی مورد نظر می‌نمایند. به‌طوری‌که مالکین حدوداً از محل خروج مسیر رودخانه گیودری از ارتفاعات جنوبی و ورود آن به دشت رفسنجان و از مجاورت دیواره سمت چپ رودخانه که در این محل حدود ۸۵ متر ارتفاع دارد مقداری از اب جاری در رودخانه را وارد سفته"کانال زیرزمینی شبه قنات" می‌کرده‌اند. قابل ذکر است جهت تنظیف و نگهداری سفته و همچنین خروج رسوباتی که در مواقع سیلابی وارد آن می‌شوند یکسری تونل‌های کوچک عمود بر مسیر سفته که در اصلاح محلی به آن‌ها "پیسو" گفته می‌شود در داخل دره حفر شده که فاصله بین آن‌ها بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر است. در شکل ۴ تعدادی از مسیرهای دسترسی به سفته‌های حفر شده در دره راگه جهت انتقال آب نشان داده شده است. هم‌چنین در شکل ۵، موقعیت مکان دسترسی به سفته از فاصله نزدیک‌تری نشان داده شده است.

شکل ٤- موقعیت تعدادی از مسیرهای دسترسی به سفته جهت انجام عملیات لایروبی، تنظیف و نگهداری

Figure 4- The location of some of access point to Sefte for dredging, cleaning and maintenance operations

شکل ٥- بازدید از یکی از محل دسترسی به سفته توکل آباد

Figure 5- Field visit of the access point to Tavakol Abad Sefte

با توجه به این‌که اقتصاد شهرستان رفسنجان تنها بر پایه باغداری آن هم به‌صورت تک محصولی (درختان پسته) بنا شده، تقویت صنعت گردشگری در موقعیت دره راگه با توجه به زیبایی‌های بی‌نظیر، مورفولوژی خاص و طبیعت بکر آن می‌تواند در توسعه شهرستان بسیار کارآمد باشد. اما مسئله مهم در این خصوص بحث انتقال آب از مظهر قنات و سفته‌ها به محل دشت رفسنجان است، به‌طوری در ابتدا زراعت‌ها در محل مظهر قنات و سفته‌ها و به‌صورت کاشت محصولات یکساله و احیاناً درختان سنجد صورت می‌پذیرفته اما با توجه به ارزش اقتصادی پسته، مالکین قنات علی‌آباد، سفته محمدآباد و سفته توکل‌آباد آب را به‌ترتیب ۲۶/۵ کیلومتر، ۲۲ کیلومتر و ۱۳ کیلومتر

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

پایین‌دست و در محل دشت رفسنجان جایی که جنس خاک و توپوگرافی برای کاشت درختان پسته مساعد بوده، انتقال داده‌اند که این امر تاثیر منفی بر صنعت گردشگری خواهد داشت.

همان‌طورکه شرح داده شد قنات و سفته‌های معرفی شده با هدف انتقال آب سطحی و زیر سطحی به مزراع کشاورزی توسعه پیدا کرده‌اند. با توجه به این‌که اصولا قنات‌ها در مناطق کم آب و خشک ساخته می‌شوند ولی اثبات شده که در مناطق پرآب و دارای رودخانه دائمی نیز کاربرد دارد که به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی مورفولوژی قنات‌های دشت بهبهان بر سکونتگاه‌های انسانی صورت گرفت مشخص شد اکثر رشته قنات‌ها با هدف انتقال آب از رودخانه مارون به شهر ارجان احداث شده‌اند. در مطالعه (De Feo et al., 2013) به بناهای آبی یونانیان در بین‌النهرین اشاره شده است که منابع آب از طریق کانال‌های متصل به رودخانه‌ها، سامانه‌های استحضال آب باران، چاه‌ها، قنات‌ها و آب‌انبارهای زیرزمینی به بهره‌برداری می‌رسیده است. امروزه چندین قنات در شهداد و روستاهای تابعه آن وجود دارد که با استفاده از همین شیوه در تأمین آب شرب و کشاورزی سهم دارند که به‌عنوان مثال می‌توان به سفته آراتا اشاره کرد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه قنات و سفته‌های واقع در دره راگه (رودخانه گیودری) شهرستان رفسنجان مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه‌بر معرفی ساختار، پروفیل طولی و ویژگی‌های منصحر به فرد آن‌ها، تهدیدها و چالش‌های پیش‌رو در مورد این سازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طورکه در نتیجه مطالعه مشخص شد دسترسی به آب پایدار (دبی پایه رودخانه گیودری) منجر به توسعه سازه منحصر به فردی موسوم به "سفته" در راگه شده است. طراحی سیستم هوشمندانه بهره‌برداری و نگه‌داری از سفته با حفر گالری‌های عمود بر مسیر حرکت جریان یا همان "پیسو" بسیار قابل تحسین است. اما نکته قابل توجه در مورد این منطقه طبیعی وجود بی نظیر حیات وحش در این منطقه است. اگر چه انتقال هوشمندانه آب از طریق آب دالان (سفته) به سطح دشت قابل تحسین است اما بحث حقابه زیست محیطی رودخانه گیودری از مسائل بسیار مهمی است که باید از طریق ارگان‌های زیربط مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین با توجه به ارزش اقتصادی بسیار زیاد آب، مالکین قنات و سفته‌های معرفی شده با روش‌های متعدد سعی در هدایت آب رودخانه به داخل سفته دارند از جمله می‌توان به احداث بندهای سنگی در حاشیه رودخانه به‌منظور بالا آوردن سطح آب، تغییر در مورفولوژی رودخانه، حفاری در بستر رودخانه به‌منظور کول‌گذاری اشاره کرد که این مسائل حیات وحش مستقر در دره راگه در معرض خطر قرار خواهد داد.

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 در قالب پژوهش آزاد انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: فرزانه قادری‌نسب و ام‌البنین بذرافشان: بخش‌های مختلف مقاله توسط نام‌بردگان انجام و نگاشته شده است.

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 شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان و هم‌چنین مدیریت منابع آب رفسنجان قدردانی می‌شود.

منابع

۱. برشان، محمد. (۱۳۹۴). گردشگری قنات در استان کرمان. همایش ملی فرهنگ گردشگری و هویت شهری، **https://sid.ir/paper/826385/fa**

۲. پارسامهر، امیرحسین، و خسروانی، زهرا. (۱۳۹۶). بررسی پتانسیل استحصال آب باران از سطوح بام ساختمان‌ها و ارزیابی اقتصادی آن (مطالعه موردی: دانشگاه فسا). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۵(۳)، ۱-۸. **http://jircsa.ir/article-1-278-fa.html**

۳. جهان‌تیغ، منصور، جهان‌تیغ، معین. (۱۳۹۹). مطالعه تاثیر سامانه‌های سطوح آبگیر باران بر ویژگی‌های پوشش گیاهی مناطق خشک (مطالعه موردی منطقه تاسوکی سیستان). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*. ۸(۳)، ۳۳-۴۲. **http://jircsa.ir/article-1-403-fa.html**

۴. جمعه‌پور، محمود. (۱۳۸۵). کاریز (قنات) دستاورد دانش و فرهنگ بومی زیستگاه‌های کرانه‌های کویر و نظام‌های وابسته به آن در ایران و بهره‌برداری پایدار از آن (نمونه قنات‌های کاشان). *علوم اجتماعی*، ۳۳، ۲۷-۶۴. **https://ensani.ir/fa/article/213218**

۵. سلیمی‌مؤید، سلیم. (۱۳۹۵). دانش بومی انتقال و بهره‌برداری آب در شهداد. اثر. ۳۷(۷۳)، ۵۹-۹۲. **https://journal.richt.ir/athar/article-1-600-fa.html**

۶. معماریان، هادی، و تاجبخش، سیدمحمد. (۱۴۰۱). نقش استحصال آب باران در بهبود رفاه جامعه و خدمات زیست‌بوم. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۰(۴)، ۱۳-۲۸. **https://jircsa.ir/article-1-482-fa.html**

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]

۷. مقصودی، مهران، زمان‌زاده، سیدمحمد، یمانی، مجتبی، و حاجی‌زاده، عبدالحسین. (۱۳۹۵). تاثیر مورفولوژی قنات‌های دشت بهبهان بر سکونت‌گاه‌های انسانی. *همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی*. **https://sid.ir/paper/843434/fa**.

۸. کمالی، کورش، جوادی، مجدد، داود، پورقاسم، اصغر، و کریمی، باقر. (۱۳۹۹). بررسی نقش سامانه‌های سطوح آبگیر باران در توسعه باغ‌های فندق در اراضی شیبدار. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۸(۲)، ۱-۱۲. **http://jircsa.ir/article-1-369-fa.html**

References

1. Abadi, B., Sadeghfam, S., Ehsanitabar, A., & Nadiri, A. A. (2023). Investigating socio-economic and hydrological sustainability of ancient Qanat water systems in arid regions of central Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 23, 100988. doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100988
2. Barshan, Mohammad (2014). Qanat tourism in Kerman province. *National Conference of Tourism Culture and Urban Identity*. https://sid.ir/paper/826385/fa [In Persian]
3. De Feo, G., Angelakis, A. N., Antoniou, G. P., El-Gohary, F., Haut, B., Passchier, C. W., & Zheng, X. Y. (2013). Historical and technical notes on aqueducts from prehistoric to medieval times. *Water*, *5*(4), 1996-2025. https://doi.org/10.3390/w5041996.
4. Dymkova, S. S., & Dymkov, A. D. (2021). Multifactorial methodology of cycling routes time calculation based on 3D maps. *In 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications* (pp. 1-8). IEEE. 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416046
5. Ebrahimi, A., Mehraban, Y., Omidvarborna, H., Vakilinejad, A., & Al-Sayigh, A. R. S. (2021). Kariz (Ancient Aqueduct) system: a review on geoengineering and environmental studies. *Environmental Earth Sciences*, *80*(6), 236. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09545-2.
6. Farzamnia, M., & Abbasi, F. (2011). Evaluation of technical and operational issues in some qanats in Kerman province. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *15*(55), 41-55. http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-1542-en.html.
7. Fendi, K.G., Adam, S.M., Kokkas, N., & Smith, M. (2014). An approach to produce a gis database for Road Surface Monitoring. *APCBEE procedia*, 9, 235-240. https://doi.org/10.1016/j.apcbee.
8. Hamarashid, R.A., Fiket, Ž., & Mohialdeen, I.M. (2022). Environmental impact of sulaimani steel plant (Kurdistan Region, Iraq) on soil geochemistry. *Soil Systems*, 6(4), 86. https://doi.org/10.3390/soilsystems6040086.
9. Jahantigh, M, Jahantigh, M. (2020). Investigating the effect of rainwater catchment systems on the vegetation characteristics of arid areas (Case study: Tasuki region of Sistan). *Journal of Rainwater Catchment Systems*. 8(3), 33-42. URL: http://jircsa.ir/article-1-403-fa.html [In Persian]
10. Jumapour, M. (2006). Kariz (qanat) is the achievement of indigenous knowledge and culture of desert habitats and related systems in Iran and its sustainable exploitation (the example of Kashan Qanat). *Social Science Quarterly*, 33, 27-64. https://ensani.ir/fa/article/213218 [In Persian]
11. Kamali, K, Javadi, D, Pourghasem, A, Karimi, B. (2020). Investigating the role of rainwater catchment systems in the development of hazelnut orchards on sloping lands. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 8(2), 1-12. URL: http://jircsa.ir/article-1-369-fa.html [In Persian]
12. Khaneiki, M. L. (2019). Qanat and territorial cooperation in Iran: case study: Qanat of Hasan Abad, Yazd. *Water History*, *11*(3), 185-206.
13. Maghsoosdi, M., Zamanzade, S. M., Yamani, M., hajizade, A. (2016). The influence of the morphology of Behbahan Plain Qanats on human settlements, the 4th conference of the Iranian Geomorphology Association, Faculty of Geography, University of Tehran SID. https://sid.ir/paper/843434/fa. [In Persian].
14. Memarian, H., & Tajbakhsh, S. M. (2023). Role of rainwater harvesting for improving the human well-being and ecosystem services. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 10(4), 13-28. URL: http://jircsa.ir/article-1-482-fa.html [In Persian]
15. Mostafaeipour, A. (2010). Historical background, productivity and technical issues of qanats. Water history, 2, 61-80. https://doi.org/10.1007/s12685-010-0018-z.
16. Parsamehr, A. H., & Khosravani, Z. (2017). Investigating the potential of rainwater harvesting from the rooftops and its economic assessment (Case study: Fasa University). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 5(3), 1-8. URL: http://jircsa.ir/article-1-278-en.html [In Persian]
17. Salimi Moayed, S. (2016). Indigenous knowledge of water transfer and exploitation in Shahdad.Journal od Athar, 37(73), 59-92. URL: http://journal.richt.ir/athar/article-600-1-fa.tml [In Persian]
18. Sistanipour, A. (2020). The impact of Rageh Canyon geotourism on the tourism boom of Rafsanjan City. *Journal of Tourism Hospitality Research*, 7(2), 39-48. https://journals.iau.ir/article_672259_5a6933c4ac171b3154a0c44aa6c11503.pdf.
19. Tabatabaee, J., & Han, M. Y. (2010). Rainwater harvesting potentials for drought mitigation in Iran. *Water Science and Technology*, 62(4), 816-821. https://doi.org/10.2166/wst.2010.298

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.4.3]