**مجله آبخوان و قنات**
**جلد ۴ شماره ۱ بهار و تابستان ۱۴۰۱**
**شماره صفحه : ۲۸ - ۱۷**

# ارزیابی روش‌های حفاظتی و افزایش آبدهی قنوات در ایران

**سید مصطفی طباطبایی [*۱]، حسین خزیمه‌نژاد [۲]**
۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
* نویسنده مسئول: Tabatabaei1984@yahoo.com

## چکیده

قنات فنی برای دستیابی به آب و انتقال آن به اراضی مستعد کشاورزی و ایجاد سکونتگاه می‌باشد و پایدارترین شیوه متناسب با شرایط جغرافیایی گستره وسیعی از مناطق خشک ایران محسوب می‌شود. تعداد زیاد رشته قنوات و پراکندگی مناسب آن در خشک‌ترین نواحی ایران لزوم توجه به این سرمایه ملی و نگهداری و احیای آن جهت تامین بخشی از نیازهای آبی و مدیریت بحران کم آبی را ضروری می‌سازد. در این پژوهش جهت ارج نهادن به ارزش قنات و ترویج احیای آن، با هدف ارزیابی روش‌های حفاظتی و افزایش آبدهی قنوات ابتدا بر اساس معیارهای متفاوت قنات‌ها به دسته‌بندی‌های مختلف تقسیم‌بندی شده است. سپس محاسن و معایب قنات به طور مجزا و خلاصه بررسی شده است. در ادامه به ارائه راهکارهایی برای تغذیه سطحی و زیرزمینی قنات‌ها پرداخته شده است. در انتها راهکارهای سازه‌ای حفاظت از قنات و روش‌های حفاظتی بخش خشکه‌کار و روش‌های افزایش آبدهی تره‌کار کوره قنات به صورت طبقه‌بندی شده ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تغذیه قنات، لایروبی، کوره قنات، مدیریت کم آبی

## مقدمه

در سال‌های اخیر تشدید برداشت از منابع آب زیرزمینی منجر به افت سطح ایستایی شده است (Treidel et al, 2012). به‌طوری‌که وضعیت منابع آب زیرزمینی به یک مساله جهانی تبدیل شده است (Konikow and Kendy, 2005). در ایران ۵۶ درصد از آب مصرفی از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود و بهره‌برداری ناپایدار از آبخوان‌ها باعث افت مستمر سالانه متجاوز از ۱۱ میلیارد مترمکعب و بیلان منفی اغلب آبخوان‌ها شده است (فرزانه و همکاران، ۱۳۹۶). در حالی که در گذشته با ورود اقوام آریایی به داخل فلات خشک ایران شهرهای بزرگ و پرجمعیتی ایجاد شده که منبع اصلی تامین آب آن‌ها قنات بوده است (Wulf, 1968). قنات یکی از مهم‌ترین و عمیق‌ترین اختراعات مهندسی هیدرولیک ایران است و به‌کار گرفتن این تکنیک جهت استفاده از منابع آب زیرزمینی را می‌توان به حدود ۲۸۰۰ سال قبل نسبت داد و دارای مشخصات منحصر به فرد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، معماری و سیاسی است که به واسطه آن‌ها از نقاط دیگر متمایز می‌گردد (Stiros, 2006).

فناوری بومی قنات سازگاری انسان را نسبت به تغییرات محیطی به خوبی ارتقاء داده و ادامه‌ی بقا در شرایط نامساعد فلات مرکزی ایران را امکان‌پذیر ساخته است. در واقع ساختارهای اقتصادی بستر توسعه ساختارهای اجتماعی، سیاسی و فرهنگی شده که تا زمان حاضر در فلات مرکزی ایران دوام و بقا داشته‌اند (پاپلی یزدی و لباف خانیکی، ۱۳۷۹). در گذشته شبکه قنات‌ها در شهرهای ایران، به ویژه در فلات مرکزی، نه تنها نقش برجسته‌ای در پویایی و تداوم جوامع ایفا می‌کردند، بلکه در کیفیت محیط زیستی شهرها در ابعاد گوناگون به‌ویژه منظر شهری سهم بسزایی داشته است (مالکی و خرسندی، ۱۳۸۵).

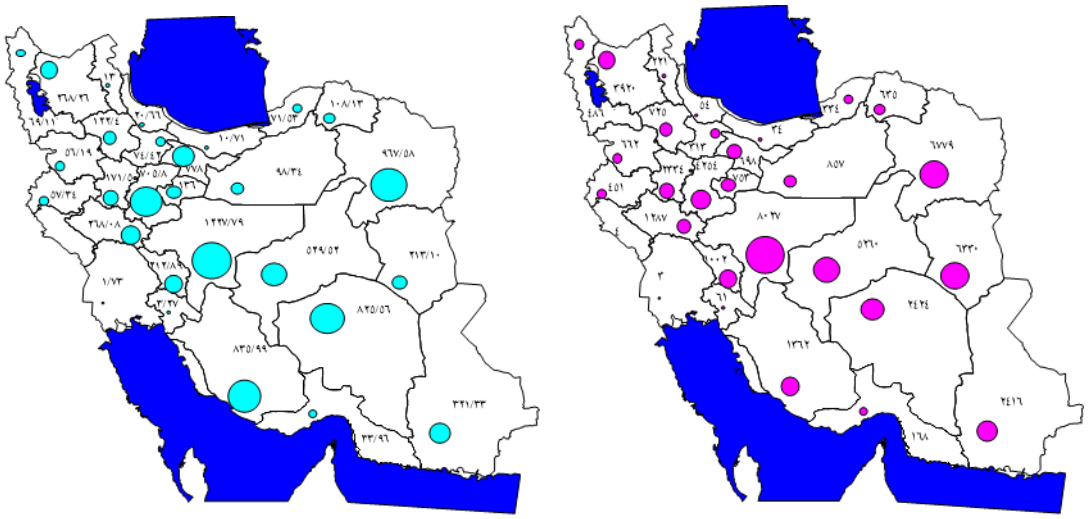
قنات یا کاریز سازه آبی است که از چندین میله چاه و یک کوره (یا کوره‌های) زیرزمینی که با شیبی کمتر از شیب سطح زمین، آب موجود در لایهٔ (یا لایه‌های) آبدار مناطق مرتفع را به کمک نیروی ثقل با جریان طبیعی جمع آوری می‌کند و به نقاط پست می‌رساند (پاپلی یزدی و لباف خانیکی، ۱۳۷۹). بر اساس آمار رسمی سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶، در ایران حدود ۳۷ هزار رشته قنات با مجموع آبدهی سالانه هفت میلیارد متر مکعب برآورد شده است (سمسار یزدی، ۱۳۸۹). بر اساس آمار دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ تعداد قنات‌های فعال در ایران ۳۶۸۸۸ قنات می‌باشد. امار ارائه شده از تعداد قنات‌های ایران در سال ۱۳۹۵ به تعداد ۳۷۵۰۰ رشته قنات گزارش شده است (پرگاری و همکاران، ۱۳۹۵).

به طور نسبی حدود ۱۰ الی ۱۱ درصد آب‌های زیرزمینی در ایران از طریق قنات استخراج می‌شود. این آمار به تفکیک استانی متفاوت می‌باشد. به عنوان نمونه در استان یزد ۲۲درصد از برداشت‌ها از طریق قنات انجام می‌شود. بیشترین میزان برداشت آب از طریق قنات و بیشترین تعداد قنات به تفکیک استان در شکل (۱) نشان داده شده است. بیشترین آبدهی قنات به ترتیب مربوط به استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، کرمان، فارس، مرکزی و یزد می‌باشد. این ترتیب در مورد تعداد قنوات به گونه دیگری است. بیشترین تعداد رشته قنوات به ترتیب مربوط به استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، یزد و مرکزی می‌باشد (سمساریزدی و لباف خانیکی، ۱۳۹۴).

## پژوهش‌های پیرامون قنات

عبدی (۱۳۸۳) در بررسی وضعیت قنات‌های استان زنجان، دلایل خشک شدن و متروکه ماندن قنوات را خشکسالی و افت سطح ایستابی، عدم انجام مرمت و لایروبی، مهاجرت بهره‌برداران و بدون استفاده ماندن قنوات، حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در حریم قنوات دانسته و راه‌کارهای افزایش بهره‌وری را کنترل و مهار آب‌های سطحی در حوضه‌های بالادست قنات و تغذیه آن به داخل زمین به صورت پخش سیلاب، انجام عملیات مرمت و لایروبی مستمر، ممنوعیت حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در حریم قنات و آموزش بهره‌برداران دانسته است. نتایج پژوهش داورپناه (۱۳۸۴) در بررسی و مقایسه مزایا و معایب بهره‌برداری از آب زیرزمینی به روش چاه و قنات نشان داد که چاه و قنات هر دو روشی برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی می‌باشند و چون هدف نهایی حداکثر بهره‌برداری مجاز از منابع آب زیرزمینی می‌باشد، بدین لحاظ مساله انتخاب فقط، یکی از دو سیستم به دلیل برتری قاطع یکی بر دیگری نمی‌تواند مطرح باشد، بلکه لازم است با توجه به شرایط زمین‌شناسی و مشخصات لایه‌های آبخوان و ظرفیت آبدهی آن‌ها با در نظر گرفتن ضرورت‌های فنی، محلی،

فرهنگی و اقتصادی این دو روش به صورت تلفیقی و یا هر کدام در جای مناسب خود مورد استفاده قرار گیرد. Rahbari and Afshare asl (2007) مسائل مربوط به هیدرولوژی، آلودگی، اکولوژی و اثرات اقتصادی اجتماعی پارامترهای مهم محیطی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که قنات بر رسوب و فرسایش خاک، اکولوژی و مسائل اقتصادی و اجتماعی شامل درآمد، مهاجرت و مشارکت مصرف کنندگان اثرات مثبت دارد.



**شکل ۱. الف: بیشترین آبدهی قنات‌ها به تفکیک استان. ب: بیشترین تعداد قنات به تفکیک استان (سمساریزدی و لباف خانیکی ۲۰۱۴)**

**Figure 1. A: The highest amount of harvest from Qanats by province B: The largest number of aqueducts by province (Semasarizdi and Labfa Khaniqi 2014)**

دهقانی و همکاران (۲۰۰۷) نحوه مدیریت زراعی و تغذیه قنات‌ها را در ۱۲روستای منطقه سانیچ یزد مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که مشارکت کشاورزان و ایجاد بندهای کوچک برای کنترل رواناب‌های سطحی در مسیر رودخانه باعث تغذیه آبخوان و تقویت آبدهی قنات در تابستان می‌شود. نتایج پژوهش زینی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی قنات اهرستان یزد نشان داد که از آب قنات علاوه بر کشاورزی برای مصارف پرورش ماهی، مصرف حیوانات، آشامیدن، احیای آسیاب‌های آبی و ایجاد مکان‌های توریستی و تفریحی می‌توان استفاده کرد. فرزام‌نیا و عباسی (۱۳۹۰) مسائل و مشکلات فنی و بهره‌برداری، نظام تقسیم و توزیع آب، وضعیت الگوی کشت اراضی پایین دست و تغییرات کمی و کیفی آب ۱۵ رشته از قنات استان کرمان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که آبدهی قنوات در دهه اخیر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. آن‌ها مهم‌ترین مشکلات قنات‌ها را عدم تخصیص بودجه لازم برای مرمت و بازسازی، حفر چاه‌های عمیق در حریم قنات، عدم رعایت مسائل فنی، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب برشمردند. به طور مشابه عباسی و همکاران (۱۳۹۲) مسائل و مشکلات فنی بهره‌برداری از ۴۵ رشته قنات در استان‌های خراسان رضوی، همدان و سمنان را مورد تجزیه و تحلیل قرارداده و برای بهبود وضعیت آن‌ها راهکارهایی ارائه دادند. نوری و همکاران (۱۳۹۵) به واکاوی تغییرات کمی آب قنات و تاثیر آن بر سطح زیر کشت زراعت آبی در شهرستان لنجان در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۱ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان تخلیه آب قنات-های شهرستان لنجان در طی دوره آماری گذشته به ویژه در سال‌های خشکسالی روند کاهشی داشته است و تعدادی از قنات‌ها در سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به طور کامل خشک شده است. نادری و عباسی (۱۳۹۶) وضعیت قنوات استان سمنان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها شان داد که عدم تأمین اعتبار کافی به علت کمبود منابع مالی، ریزش کوره و میله چاه‌ها به دلیل عدم تجهیز مناسب، عدم

استفاده از مصالح و پوشش‌های لازم، عدم نگهداری صحیح و مناسب قنات‌ها، عدم ایجاد تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود سیلاب به داخل قنات، تعدد مالکین و بروز مشکل در هماهنگی آن‌ها از مهمترین عوامل کاهش آبدهی و تخریب قنات‌های منطقه بوده‌اند. آن‌ها ایجاد تشکل‌های قوی برای مشارکت هرچه بهتر مالکین در بهره‌برداری و نگهداری قنات‌ها، لایروبی منظم، کول‌گذاری کوره، طوقه چینی میله‌ها، لوله‌گذاری در کوره و نصب شیر فلکه در مظهر قنات، احداث حوضچه‌های ذخیره آب قنات‌ها را به عنوان مهم‌ترین راهکارهای عملی و اجرایی بهبود وضعیت قنات‌ها برشمردند.

از دیگر پژوهش‌های پیرامون قنات می‌توان به پژوهش‌های زارع شاه آبادی و الفتی (۱۳۸۸) در بررسی قنات‌ها، قلعه‌ها وآسیاب‌ها از دیدگاه جغرافیاییِ اکولوژیک؛ امین و همکاران (۱۳۸۸) در زمینه ویژگی‌های فیزیکی آبدهی و بررسی امکان ذخیره‌سازی آب قنات؛ فداکار داورانی و سام‌آرام (۱۳۸۹) نقش قنات در توسعه روستایی؛ مهدی‌زاده و پیری (۱۳۹۰) در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت سنتی قنات؛ نوشادی و فرهادی (۱۳۹۰) در به‌کارگیری دانش و فناوری‌های جدید در به‌سازی و نوسازی قنات و پژوهش کلانتری خلیل‌آباد و همکاران (۱۳۹۶) در نقش فناوری بومی قنات بر معماری پایدار اشاره کرد.

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی روش‌های حفاظتی و افزایش آبدهی قنوات جهت احیای قنات‌های موجود و تامین بخشی از نیازهای آبی و مدیریت تنش کم آبی در کشور و به طور خاص در نواحی خشک بیابانی می‌باشد.

## طبقه‌بندی انواع قنات

در این بخش طبقه‌بندی قنات بر اساس ماهیت و برخی از خصوصیات مشابه قنات‌ها می‌باشد. به طوری که راهبردهای مدیریتی هر طبقه می‌تواند برای بسیاری از قنات‌های همان طبقه قابل تعمیم باشد. در پژوهش حاضر بر اساس آمار ارائه شده از قنات‌های کشور و تجزیه و تحلیل منابع مختلف مانند (بنی طباء، ۱۳۸۲؛ پاپلی یزدی و لباف‌خانیکی، ۱۳۸۳؛ ابی زاده، ۱۳۸۹؛ سمساریزدی و لباف خانیکی، ۱۳۹۴) قنات‌ها از نظر طول، میزان آبدهی، موقعیت جغرافیایی، آرایش هندسی، منبع تغذیه، کاربرد، عمق متوسط کوره، ساختمان و نحوه بهره‌برداری به طور مجزا طبقه‌بندی شده و در جدول (۱) ارائه شده است.

در یک دسته‌بندی کلی بر اساس توپوگرافی و موقعیت، قنات‌ها را می‌توان به دو دسته کوهستانی و دشتی مجزا کرد. در واقع عملکرد و بسیاری از خصوصیات قنات‌ها بستگی زیادی به توپوگرافی محل و موقعیت جغرافیایی دارد. این نوع تقسیم‌بندی اغلب قنات‌ها را شامل می‌شود. به‌طوری که منبع تغذیه قنات‌های نواحی کوهستانی از باران و برف نزولات جوی در ارتفاعات می‌باشد و معمولا در فصل بهار آبدهی بیشتری دارند و نسبت به خشک‌سالی و ترسالی‌ها حساس می‌باشند. اما قنات‌های دشتی که اغلب قنات‌های ایران در این دسته قرار دارند، شرایط متفاوتی دارند. این نوع قنات در دشت حفر شده و از منابع آب زیرزمینی تغذیه می‌شود. آبدهی قنات‌های دشتی در طول سال ثابت است و در طی خشکسالی متوالی دبی آن کاهش می‌یابد و طول این قنات‌ها به چند ده کیلومتر نیز می‌رسد. اغلب قنات‌های واقع در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی و اصفهان و کرمان و یزد از نوع قنات‌های دشتی بوده که معمولا قدمت زیادی نیز دارند.

از دیدگاه دیگر جغرافیای طبیعی در نواحی کوهستانی و دشت‌ها باعث تنوع آرایش متفاوت رشته قنوات می‌شود. در نواحی کوهستانی با شیب زیاد ممکن است آرایش رشته قنات‌ها به صورت متوالی باشد. به نحوی که قنات بالا دست، قنات پایین دستی را تغذیه می‌کند. و یا به عبارتی مادر چاه هر قنات در محل کشت قنات بالادست حفر می‌شود و توسط آب‌های نفوذی تغذیه می‌شود. دبی قنات‌های متوالی بستگی زیادی به اقلیم منطقه دارد و در صورت قرارگیری در مناطق خشک دبی قنات‌ها با امتداد حرکت به سمت پایین دست به تدریج کاهش می‌یابد. در صورت قرارگیری قنات‌های متوالی در اقلیم‌های نیمه‌خشک و مرطوب در امتداد پایین‌دست دبی قنوات افزایش می‌یابند. این مساله به عوامل دیگری مانند هدایت هیدرولیکی و جنس لایه‌های زمین‌شناسی نیز بستگی دارد. اما معمولا در این شرایط آب زهکشی شده از اراضی بالادست و رواناب‌های حاصل از بارندگی باعث افزایش آبدهی قنوات پایین دست می‌شود. در این شرایط برداشت بی‌رویه از طریق چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در بالادست باعث کاهش شدید و یا خشک شدن قنات منطقه پایین دست می‌شود.

**جدول ۱. طبقه‌بندی انواع قنات**

**Table 1. Classification of the types of Qanat**

| طبقه‌بندی قنات | | توضیحات | طبقه‌بندی قنات | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| از نظر طول | کوتاه | طول کمتر از ۵ کیلومتر | مکانی | کوهستانی | در کوهستان حفر شده و دارای طول کوتاه، عمق مادر چاه کم و دبی متناوب و نسبتا بالایی است. |
| | متوسط | طول از ۵ تا ۱۰ کیلومتر | | کوهپایه‌ای | در واریزه‌ها و آبرفت‌های کوه‌پایه حفر شده و مادرچاه عمیق‌تر و طول و دبی نسبتا کمی دارند. |
| | زیاد | طول بیشتر از ۱۰ کیلومتر | | دشتی | در آبرفت دشت‌ها حفر شده و دبی تقریبا ثابت و طول، عمق مادرچاه و دبی متوسط تا زیاد دارند. |
| دبی | آبدهی کم | کمتر و مساوی ۲۵ لیتر در ثانیه | منبع تغذیه | چاه | مادرچاه این نوع قنات در لایه آبدار آبخوان حفر می‌شود |
| | آبدهی متوسط | ۲۵ تا ۱۰۰ لیتر در ثانیه | | | |
| | آبدهی زیاد | بیش از ۱۰۰ لیتر در ثانیه | | چشمه | به چشمه قنات معروف است و آبدهی آن بسته به نزولات جوی در ارتفاعات تغییر می‌کند. |
| آرایش هندسی | شعاعی | در مناطقی که دشت به وسیله ارتفاعات محاط شده باشد قنوات به صورت شعاعی به سمت مرکز دشت امتداد می‌یابد. | | رودخانه | به طور مستقیم و یا به صورت زهکش از آب رودخانه تغذیه می‌شوند. |
| | متوالی | مادر چاه هر قنات در محل کشت قنات بالا دست قرار دارد. | | سد | در جنب سدهایی که به منظور تامین آب قنات در بستر یک مسیل یا آبراهه قرار دارد احداث می‌شود. |
| | موازی | در دامنه یک رشته کوه حفر شده و مناطق مسکونی در دشت به موازات رشته کوه امتداد دارد. | | دریاچه و تالاب | از زهکش توده آب واقع در سطح زمین تغذیه می‌شوند. |
| عمق متوسط کوره | عمق کم | تا ۱۰ متری از سطح زمین | نحوه بهره برداری | دایر | قنات‌های در حال بهره‌برداری |
| | عمق متوسط | ۱۰ تا ۲۰ متری از سطح زمین | | موتوری | قبل از مظهر قنات آب از طریق پمپاژ استخراج می‌شود. |
| | عمق زیاد | بیش از ۲۰ متر از سطح زمین | | بایر | قنات‌های خشک و متروکه |
| ساختمان | چند شاخه | کوره‌های فرعی در مسیر به آن می‌پیوندند. | کاربرد | تامین آب مصرفی | عمده‌ترین نوع قنات با هدف استحصال آب زیرزمینی برای شرب و کشاورزی. |
| | دو طبقه | کوره‌ها در دو تراز مختلف به طور موازی امتداد دارند. | | زهکشی | با هدف پایین آوردن سطح آب به عنوان زهکش زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. |
| | دوقلو | دو کوره در یک تراز و مجاور هم امتداد دارد. | | پساب و فاضلاب | قنات‌های متروکه‌ای که برای هدایت و انتقال سیلاب و یا عبور فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. |
| | پلکانی | جهت شکستن شیب زیاد در قنات و کاهش طول قنات در مقاطع مختلف کوره قنات به طورت پلکانی اجرا می‌شود. | | | |
| | منگل | قناتی که منبع اصلی تغذیه آن رودخانه است و در مکان‌هایی که وجود ارتفاعات مانع رساندن آب رودخانه به محل مورد نظر می‌شود کاربرد دارد. | | انتقال | معمولا در آبرفت رودخانه‌ها حفر شده و پس از طی مسافتی آب را در تراز معین تخلیه می‌نمایند. در زبان محلی به این نوع قنات‌ها سفته گویند. |

آرایش موازی رشته قنوات اغلب در نواحی کوه‌پایه‌ای مجاور یک منطقه کوهستانی یا در مجاورت نواحی مرزی یک حوضه آبریز که منبع اصلی تغذیه قنات نواحی کوهستانی بالادست می‌باشد، مناطق مسکونی و مزارع کشاورزی با یک فاصله به موازات کوهستان مستقر شده‌اند. در این شرایط قنات‌ها در عرض دارای حریم می‌باشند و به طور معمول با امتداد حرکت از کوهستان به خط القعرها دبی قنوات افزایش می‌یابد. در حالت دوم رشته قنوات متاثر از جغرافیای طبیعی آرایش شعاعی دارند. این نوع آرایش در مناطقی که دشت به وسیله ارتفاعاتی محاط شده باشد ایجاد می‌شود. در این حالت رشته قنوات به صورت شعاعی از اطراف به سوی مرکز دشت امتداد می‌یابند. دسته‌بندی‌های

دیگر قنوات اغلب در حالت‌های خاص ایجاد می‌شود و تعداد کمتری رشته قنات را شامل می‌شود که در ادامه این بحث به آن پرداخته شده است.

در برخی موارد ممکن است به علت محاسبه‌ی نادرست شیب و یا کفشکنی قنات، آب در مزرعه یا محل مورد نظر به سطح زمین نرسد و یا به دلیل تمایل به استفاده از زمین بیشتر در بالادست مظهر قنات، آب از طریق پمپاژ استخراج شود که در اصطلاح عامیانه به قنات موتوری معروف است. قنات سرافرازیه کاشان را می‌توان به عنوان نمونه‌ای از قنات‌های موتوری نام برد.

در صورت برخورد به موانع طبیعی با حفر قنات می‌توان آب را از مانع عبور داد و در انتهای مانع و یا محل مورد نظر با شیب تدریجی به سطح زمین هدایت نمود. این نوع قنات به طور عامیانه به منگل قنات معروف است. قنات منظومه شمس آباد کرج که با تغذیه از کردان رود در زیر جاده تهران ـ قزوین جاری می‌شود نمونه‌ای از منگل قنات می‌باشد. در شکل (۱الف) پروفیل طولی قنات موتوری و (۱ ب) پروفیل طولی منگل قنات، نشان داده شده است.

**شکل ۱. الف: پروفیل طولی قنات موتوری ب: پروفیل طولی منگل قنات**

**Figure 1. A: Longitudinal profile of Pumping Qanat B: Longitudinal profile of Mangal Qanat**

قنات‌های دو قلو و دوطبقه دو نوع دیگر از قنات‌ها می‌باشند. در قنات‌های دوقلو دو کوره در مجاورت یکدیگر و قنات دوطبقه کوره‌ها به صورت عمودی بر روی یکدیگر امتداد می‌یابند. در ادامه بحث نمونه‌هایی از این نوع قنات‌ها به همراه برخی دیگر از قنات‌ها با طول و عمق مادرچاه و آبدهی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است.

قنات اکبرآباد بم به طول ۱/۱ کیلومتر و عمق مادرچاه ۷ متر و دبی ۸ لیتر بر ثانیه به همراه قنات قاسم آباد به طول ۲/۳ کیلومتر و عمق مادر چاه ۴۴ متر و دبی ۱۳۹ لیتر بر ثانیه نمونه‌ای از قنات‌های دوقلو می‌باشند. قنات مون اردستان از دو کوره موازی که در دو عمق ۲۷ و ۳۰ متری بر روی هم قرار گرفته و در چاه‌های عمودی مشترک هستند، تشکیل شده است. کوره بالایی به فاصله حدود ۲۰۰ متر دورتر از کوره زیرین به سطح زمین می‌رسد. این قنات با طول ۳/۵ تا ۴ کیلومتر، عمق مادر چاه ۳۱ متر و دبی ۶۰ لیتر بر ثانیه نمونه‌ای نادر از قنات‌های دو طبقه می‌باشد.

قنات قصبه گناباد واقع در استان خراسان رضوی که از دو رشته اصلی و شش شاخه فرعی تشکیل شده است، در طول ۳۳ کیلومتر و عمق مادرچاه ۳۰۰ متر با دبی ۱۳۰ تا ۱۵۰ لیتر بر ثانیه در گروه قنات‌های دشتی چند شاخه تغذیه‌شونده از چاه با طول و آبدهی زیاد قرار دارد. قنات بلده فردوس واقع در استان خراسان جنوبی با طول ۳۵ کیلومتر و عمق مادر چاه ۱۵۰ متر متشکل از ۱۲ رشته اصلی و ۴ شاخه فرعی با آبدهی ۱۳۰ تا ۱۵۰ لیتر برثانیه در گروه قنات‌های چند شاخه با طول و آبدهی زیاد طبقه-بندی می‌شود. قنات زارچ یزد به طول ۷۱ کیلومتر و عمق مادر چاه ۸۵ متر با آبدهی ۲۵ لیتر برثانیه به عنوان طولانی-ترین قنات ایران، در گروه قنات‌های با طول زیاد و آبدهی کم طبقه‌بندی می‌شود. قنات گوهرریز واقع در بخش چوپار شهرستان کرمان به طول ۳/۵ کیلومتر و آبدهی ۲۴۰ لیتر بر ثانیه در گروه قنات‌های با طول کوتاه و آبدهی زیاد قرار دارد.

قنات حسن آباد مشیر یزد به طول ۷۱ کیلومتر و آبدهی متغیر ۲۴۰-۱۳۲ لیتر برثانیه در دسته قنات‌های با طول و آبدهی زیاد طبقه‌بندی می‌شود. قنات مخروطی شکل ابراهیم آباد اراک با دو شاخه اصلی و دو رشته فرعی به طول ۱۱ کیلومتر و عمق مادر چاه ۱۱۰متر با دبی ۲۰ لیتر برثانیه از قدیمی‌ترین قنات‌های ایران می‌باشد و در گروه قنات‌های چندشاخه با طول زیاد و آبدهی کم طبقه‌بندی می‌شود. نه قنات مذکور به همراه دو قنات مزدآباد و وزوان واقع در

استان اصفهان (این دو به دلیل دارا بودن سدهای زیرزمینی) به عنوان بیستمین اثر تاریخی و منحصر به فرد ایران در فهرست میراث جهانی یونسکو به ثبت رسیده‌اند. از قنات-های با آبدهی زیاد ایران می‌توان قنات‌های قنبرآباد و ده شتر بم به ترتیب با دبی ۴۹۶ و ۳۰۵ لیتر برثانیه، شاخ بزرگ مرودشت، پیراسه سنجان اراک، قنات دوتویه‌علی تهران هر کدام با دبی ۳۰۰ لیتر بر ثانیه را نام برد.

**محاسن قنات**

استحصال آب زیرزمینی توسط نیروی ثقل، آبدهی نسبتا منظم در طول سال، پراکنش قنات در گستره وسیعی از نواحی بیابانی، طولانی بودن عمر مفید، اطمینان از آبدهی مطمئن و طولانی نسبت به چاه عمیق، هزینه نگهداری کم، عدم نیاز به لوازم یدکی، کیفیت مناسب آب و عدم تغییر کیفیت آب در طول زمان، ایجاد روحیه مشارکت جمعی، امکان احداث و حفر با نیرو و ابزارهای ساده محلی، قیمت تمام شده کمتر آب نسبت به سایر روش‌های استحصال، احداث و بهره‌برداری از آب زیرزمینی در آبخوان‌های کم عمق، قنات‌های احداث شده به عنوان یک سرمایه ملی، ارزش تاریخی قنات، تعداد زیاد قنات‌ها و ارزش اقتصادی آن، میزان آبدهی کاریزها و جایگاه فعلی آن، طول عمر کاریز و دوام آبدهی آن، دیگر جنبه‌ها از قبیل پناهگاه و راه نجات بودن کاریز، اختراع اصیل ایرانی و فن بومی متناسب با شرایط ایران، عدم تغییر کیفیت آب زیرزمینی توسط قنات، امکان حفر در آبخوان‌های آزاد با نفوذپذیری متوسط، نیروی انسانی کافی و عدم نیاز به مراقبت‌های دائمی از محاسن قنات محسوب می‌شود.

**معایب قنات**

جریان مداوم در تمام فصل سال و کاهش بهره‌وری آب قنات در فصل غیرزراعی، حساسیت کاریز به تغییرات سطح آب زیرزمینی، عدم آبرسانی به زمین‌های بالا دست، تلفات و کاهش آب از کوره در خشکان، محدودیت حفر در زمین‌های سست و شولاتی، خطر بروز آلودگی آب در مسیر، زمان بر بودن احداث و نیاز به هزینه زیاد احداث، سیستم خرده مالکی، عدم تامین نیازهای آبی فعلی، کاهش نیروی انسانی ماهر به فنون حفر و مرمت، آسیب‌پذیری آن در مقابل حوادث طبیعی مانند سیل، نشست زمین و زلزله، عدم امکان حفر در زمین‌های بدون شیب، امکان آلودگی آب در مسیر، عدم امکان حفر در سازندهای سخت، تغییر کیفیت با عبور از برخی سازندهای زمین، رسوب کربنات کلسیم و انسداد گالری از معایب و محدودیت‌های قنات می‌باشد.

**روش‌های تغذیه قنات**

تغذیه قنات به دو روش سطحی و زیرزمینی قابلیت اجرا دارد و هدف آن کنترل آب پخش شده در سطح زمین و ایجاد شرایطی برای نفوذ آب به آبخوانی که قنات در آن حفر شده است، می‌باشد. تغذیه سطحی شامل روش‌هایی مانند: ایجاد حوضچه یا استخرهای وسیع تغذیه در نقاط با نفوذپذیری بالا و واقع در نقاط بالاتر از مادرچاه قنات، ایجاد آب‌بند، سیل برگردان و احداث سدهای خاکی اطراف قنات، گسترش پوشش گیاهی و افزایش نفوذپذیری خاک و کرت-بندی در طول تره‌کار قنات می‌باشد. روش‌های تغذیه سطحی در صورت موجود نبودن زمین مناسب، بالابودن قیمت زمین، مسکونی بودن منطقه مورد نظر برای تغذیه، وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ یا کم نفوذ در بالای لایه آبدار، پایین بودن نفوذپذیری لایه‌های سطحی خاک با محدودیت مواجه هستند و می‌توان از روش‌های تغذیه زیرزمینی استفاده نمود. روش‌های تغذیه زیرزمینی شامل: تغذیه از طریق چاه، توام کردن چاه با قنات و تغذیه از طریق زهکشی از رودخانه می‌باشد.

ایجاد حوضچه‌های بزرگ در زمین‌های با نفوذپذیری زیاد و شیب ملایم؛ به طوری که نحوه ایجاد این حوضچه‌ها به این صورت انجام می‌شود که یا با خاکبرداری از یک سطح و یا بر روی سطح زمین دیواره‌هایی ساخته می‌شود که این دیواره‌ها مانند محوطه خاکبرداری شده آب را نگه می‌دارد. جلوگیری از تخریب دیواره و کاهش نفوذپذیری را با پوشاندن سطح داخلی دیواره‌ها با لایه‌ای از قلوه سنگ و شن و همچنین شخم زدن یا لایروبی کف حوضچه‌ها می-توان برطرف نمود. ایجاد آب بند، سیل برگردان و سدهای خاکی باعث جمع شدن آب‌های نزدیک قنات و نفوذ به زمین و تغذیه لایه آبدار می‌شود و چون سرعت آب در زیر زمین بسیار کم است می‌توان قنات را در فصول خشک به وسیله آب گور کردن پر نمود. همچنین گسترش پوشش گیاهی از طریق احیای مراتع، بوته زار و جنگل‌ها در دامنه‌ها برای جلوگیری از تبخیر و افزایش نفوذ آب‌های سطحی به آب‌های زیرزمینی می‌تواند در افزایش آبدهی قنات موثر واقع شود. با کرت‌بندی در طول تره کار قنات در امتداد

شیب طبیعی منطقه به گونه‌ای که پس از پر شدن کرت‌ها ردیف اول آب اضافی از طریق سرریزها به کرت‌های ردیف دوم و به همین ترتیب به کرت‌های بعدی می‌ریزد و از این طریق لایه آبدار تغذیه می‌شود. در روش تغذیه زیرزمینی می‌توان لایه آبدار تغذیه کننده قنات را به وسیله حفر چاه تغذیه کرد. در انتهای این چاه‌های دستی تعدادی کوره افقی حفر می‌شود. عمق چاه‌های تغذیه و طول کوره‌های افقی بستگی به جنس خاک و نفوذپذیری آن دارد. در روش توام کردن چاه‌های عمیق با قنات در آبخوان‌های تحت فشار می‌توان در محل مناسبی از کوره به موازات سطح ایستایی با حفر چاه قنات‌های متروکه را احیا نمود.

**راهکارهای سازه‌ای حفاظت از قنات**

با توجه به دسته‌بندی متفاوت انواع قنات‌ها، ساختار این سازه پیوسته بوده و عملکرد مشابهی دارد. به طوری که در صورت ایجاد انسداد در مسیر جریان آب در اثر عوامل مختلف عملکرد این سازه مختل می‌شود. از اینرو جلوگیری از ریزش خاک از میله چاه و کوره قنات و یا ورود شن و ماسه‌های روان و یا رواناب‌های سطحی و سیلاب‌ها به داخل قنات در محافظت از قنات موثر می‌باشد. اقدامات سازه‌ای جهت محافظت از قنات بر اساس منابع (بهنیا، ۱۳۶۷؛ پاپلی یزدی، ۱۳۷۹) در جدول (۲) ارائه شده است.

**جدول ۲. راهکارهای سازه‌ای برای محافظت از قنات**

**Table 2. Structural solutions for protecting of Qanat**

| نوع عملیات | توضیحات |
|---|---|
| طوقه چینی و سرگیر کردن | جهت جلوگیری از ریزش جداره‌های میله چاه مخصوصا در بخش های نزدیک به سطح زمین طوقه چاه را با قطر ۴۰-۱۵ سانتی‌متر بیشتر از قطر بقیه میله چاه حفر می‌شود و سپس طوقه را با مصالح مقاوم مانند سنگ و آجر جوش با ملات سیمان در قالب قطر اصلی میله چاه دورچین شده و در انتها سطح روی میله چاه را با مصالحی چون تخته سنگ و ملات و یا با ساختن درب سیمانی پوشانده می‌شود. |
| کمرگیری | اقدامی است که جهت جلوگیری از ورود سیلاب، خاک، ماسه که در محل احتمالی بروز آسیب به قنات انجام می‌شود. در عملیات کمرگیری بر روی طوقه میله چاه با استفاده از مصالح مناسب تا ارتفاعی بالاتر از سطح زمین بالا آورده می‌شود و دهانه میله چاه پوشیده می‌شود. کمرگیری می‌تواند در میانه‌های میله چاه و در محل اتصال میله چاه به کوره نیز انجام گیرد. |
| گلوبند کردن | میله چاه قنات در معرض آسیب احتمالی با استفاده از مصالح مناسب دورچین می‌شود. این عملیات حفاظتی در عمق ۲ تا ۴ متری انجام می‌شود و سپس طوقه بستن و پالوئه کردن میله در همان عمق انجام می‌گیرد. در انتها میله چاه تا سطح زمین با گل پر می‌شود. |
| حفاظت از طریق کنوار | جهت جلوگیری از ورود سیلاب به داخل قنات اطراف میله چاه را به صورت دایره‌ای از کنوار (خاک‌های کنده شده میله و کوره قنات) به مانند دیواره محافظ بالا آورده و از این طریق میله چاه محافظت می‌شود. |
| ساقبند و سنگ بند | در بعضی از قنوات، دیواره‌ها یا جدار کوره‌ها را در محل‌هایی که ریزش کرده و یا احتمال ریزش وجود داشته باشد به صورت قائم بر زمین سنگ چین یا سنگ بند می‌کنند و در سقف آن‌ها در هر مقطع دو تخته سنگ به هم تکیه داده و متوالی به کار می‌برند و تخته سنگ را که در سقف به هم تکیه داده‌اند، دکه سنگی یا قوچ بند گویند. این روش سنگ چینی اصطلاحاً ساق بند کردن یا قوچ زدن نام دارد. این نوع مقاوم سازی معمولا در مقاطع ریزشی در بازه‌های کوتاه اجرا می‌شود. |
| شتر گلو | وقتی قنات به گونه‌ای حفاری شود که کوره آن باید مسیر رودخانه را قطع کند، برای جلوگیری از آسیب به قنات دو چاه کم عمق در امتداد کوره و در طرفین رودخانه حفر شده و سپس آنها را توسط کوره از زیر بستر رودخانه متصل می‌سازند و با استفاده از مصالح مناسب مستحکم می‌سازند. این مجرا شترگلو نام دارد. |

**راهکارهای افزایش آبدهی قنات از طریق اقدامات در کوره**

کوره قنات یکی از اجزای اصی قنات محسوب می‌شود و از مادرچاه تا مظهر ادامه می‌یابد و بخشی از آن در لایه آبدار بر میزان آبدهی قنات تاثیرگذار و بخش دیگر کوره واقع در خشکه‌کار قنات می‌تواند در صورت هر گونه ریزش و یا ایجاد تغییرات در کوره، بر کمیت و کیفیت آبدهی قنات موثر باشد. یکی از معمول‌ترین اقدامات جهت جلوگیری از کاهش

آبدهی قنات لایروبی دوره‌ای می‌باشد که در کوره‌های پوشش‌دار و بدون پوشش انجام می‌شود. لایروبی مصنوعی به روش دستی سنتی و لایروبی طبیعی توسط ماهی‌های قنات امکان‌پذیر می‌باشد. ماهی‌ها با حرکت خود، گل و لای رسوب شده را به کمک جریان آب به پایین دست منتقل می‌کنند و این یک روش دائمی لایروبی محسوب می‌شود. همچنین برای جلوگیری از انسداد ناشی از ریزش کوره و میله چاه قنات پوشش‌های مختلفی می‌توان به کار برد. در برخی از قنوات میله چاه‌ها را با مصالح سنگی طوقه چینی کرده و دیواره‌ها یا جدار کوره‌ها را در محل‌هایی که احمال ریزش دارد را به صورت قائم در زمین سنگ چین و یا سنگ بند می‌کنند و در سقف آن‌ها در هر مقطع دو تخته سنگ را به شکل ۸ به هم تکیه داده و به کار می‌برند. یکی از انواع پوشش کوره‌ها و میله‌های قنوات کول است. کول‌ها تنبوشه پیش‌ساخته از جنس رس پخته (سفال)، سیمان و یا... است که معمول‌ترین اشکال آن‌ها بیضوی، بیضوی ناقص، دایره‌ای و حلالی و تخم مرغی، تخم مرغی کف صاف می‌باشد. مجموعه اقدامات جهت افزایش آبدهی و جلوگیری از اختلال در انتقال آب از کوره قنات در جدول (۳) بر اساس منابع (بهنیا، ۱۳۶۷؛ سمساریزدی و همکاران، ۱۳۸۹) تفکیک شده است.

**جدول ۳. راهکارهای افزایش آبدهی و جلوگیری از اختلال در انتقال آب از طریق انجام اقدامات در کوره قنات**

**Table 3. Plans for increasing drainage and preventing water supply disruption through actions in the furnace of Qanat**

| اقدامات | توضیحات |
|---|---|
| کول‌گذاری | جلوگیری از ریزش سقف، بدنه یا جدار کوره‌ها و بدنه میله چاه‌های قنات مخصوصا قنات‌های حفر شده در زمین‌های شولاتی و مانع از تلفات آب در خشکه کار قنات از طریق کول گذاری |
| بغل‌بری | در صورت ریزش کوره یا امکان ریزش و دشوار بودن لایروبی آن می‌توان در مسیر کوره اصلی از پایین دست محل ریزش حفاری مجرایی را حفر کرد که بتواند به بخش بالادست محل ریزشی به کوره قنات منتهی شود. این کوره جدید بغل بر نام دارد و عمل ایجاد این کوره جدید بغل بری نامیده می‌شود. |
| بغل‌تراشی | کندن جدار و یا بغل کوره و افزایش محیط خیس شده یا افزایش ظرفیت کوره بغل تراشی نامیده می‌شود. زمانی که کوره قنات ظرفیت کافی برای عبور آب قنات نداشته باشد بغل تراشی انجام می‌شود. |
| ته زنی یا کف شکنی | یکنواخت نبودن کف کوره و پایین رفتن سطح ایستایی در محل از عواملی است که منجر به کاهش آبدهی و یا خشک شدن قنات می‌شود. پایین بردن سراسری میله چاه و کف کوره قنات برای دسترسی به سطح ایستایی در لایه‌های پایین‌تر را ته‌زنی گویند. |
| لایروبی | حذف گل و لای و رسوبات جمع شده در کوره قنات لایروبی نام دارد و اگر طبقات رسوب زیاد باشد به این عمل گل کشی گویند. لایروبی در کوره‌های پوشش دار و بدون پوشش و به دو روش طبیعی و مصنوعی انجام می‌شود. |
| جلوگیری از نشت و تبخیر آب در هرنج | برای جلوگیری از نشت آب از مظهر قنات تا محل شرب یا تقسیم آب، می‌توان آب را به وسیله‌ی لوله‌های سیمانی، سفالی، پلی اتیلن، ژئوممبران و ... انتقال داد. برای کنترل تبخیر آب از هرنج روش‌های ذکر شده برای کاهش نشت و تبخیر آب کوره در کاربرد دارد. |
| پساکنی | برداشتن ضخامت معینی از کف کوره به علت تغییر شیب در کوره جهت افزایش آبدهی قنات را پساکنی گویند. |
| افزایش یا تغییر مسیر پیشکار کوره قنات | ادامه حفاری در بخش انتهایی کوره قنات از مادرچاه را پیشکارکنی گویند. با پیشکار کنی به منابع آب زیرزمینی دسترسی بیشتری پیدا کرده و آبدهی قنات افزایش می‌یابد. |
| پی‌کنی | در مواردی که ناهمواری در کف کوره قنات پدید آید و باعث تغییر در شیب کوره و مقاومت بستر در مقابل جریان آب شود از عمل پی‌کنی استفاده می‌شود. به مجموع عملیات تنظیم شیب مناسب در کوره قنات پی‌کنی گویند. |
| کف‌شکنی | عمیق تر کردن میله های قنات و پایین تر بردن سراسری کوره قنات بایر به منظور دسترسی به سطح ایستایی در لایه های پایین تر را ته زنی می گویند. حداکثر ته زنی که موجب ایجاد کوره جدیدی در زیرز کوره موجود می‌شود کف شکنی نام دارد. |
| ته‌سو و بن‌سو | حفر دو کوره در بخش تره‌کار قنات در دو تراز مختلف در افزایش آبدهی قنات موثر می‌باشد. کوره تحتانی را ته سو و کوره فوقانی را بن سو یا سرسو گویند. |
| ایجاد شاخه قنات | منشعب شدن بخش بالادست تره‌کار قنات به چند شاخه و به هم پیوستن انشعابات به یکدیگر باعث افزایش آبدهی قنات می‌شود. |

## نتیجه‌گیری

قنات بر حسب شرایط فیزیکی و منطقه‌ای انواع مختلف و کاربردهای متفاوتی دارد و در شرایط مختلف استفاده از این سازه امکان‌پذیر می‌باشد. از دیدگاه منابع آب قنات با ایجاد تعادل در عرضه و تقاضای آب یک شیوه بهره‌برداری منطقی از منابع آب محسوب می‌شود و ضمن جلوگیری از افت شدید آبخوان‌ها به عنوان ابزاری برای استفاده از رواناب‌های سطحی و سیلاب‌ها مطرح بوده و تغذیه قنات از این طریق در احیا و حفاظت این سازه تاثرگذار خواهد بود. تعداد زیاد قنات‌های موجود و پراکنش مناسب آن در مناطق خشک و کویری کشور از نظر اقتصادی یک سرمایه بزرگ بوده و برای بخش مدیریت منابع آب یک فرصت محسوب می‌شود تا از این طریق بتوان با مرمت، بازسازی، تغذیه و تلفیق آن با سایر روش‌های استحصال آب در تامین مطمئن و پایدار نیازهای آبی در مناطق خشک کشور گامی موثر برداشت و تنش‌های کم آبی موجود را مدیریت کرد.

## منابع


Ebizadeh, A. 2010. An Attitude to Qanats, Focusing on the Education and Revival of Indigenous Technology, Iranian Culture and Architecture, Armanshahr. 5 (3,4): 22-1.

Banitaba, M.S. 2003. Qanat is the safest method of water extraction, Geography Education Magazine. 18(65):36-43.

Papliyazdi, M.H. Labbafkhaniki, M. 2003. Taft Qanats, Tehran: Publications of the Cultural Heritage Organization.

Semsar yazdi, A. Pouya, A., Amirbeygi, M., Tafti, M., Alamdar, M., Mehravaran, F. 2010. Qanat from practitioners` point of view. Iran Water Resources Management Company. pp 340.

Stiros, S. 2006, accurate measurement with primitive instruments: the “paradox” in the qanat design. Journal of Archaeological Science (33): 1058-1064.

Abbasi, F., Bahramlo, R., Zolfagharan, A., Naderi, N. 2013. The study of technical issues and utilization of a number of Qanats in Khorasan Razavi, Hamedan and Semnan provinces. Iranian Journal of Soil and Water Research, 44 (4): 338-329.

Abdi, P. 2004. Investigating the Status of Qanats in Zanjan Province and Providing Solutions for the Promotion of Utilization and Conservation and Recovery. Abstract Articles of the National Conference of the Qanat,May 16 and 17,Gonabad Governorate

Amin, S., eazadi, T., Nazemossadat, M. 1999. Physical Characteristics of Drainage and Investigating the Possibility of Water Reservoir of Arsenagan Beetles, Journal of Water Engineering, 2 (1): 30-21.

Behnia, A.1988. Building qanat and keeping qanat. Tehran University Press pp 236.

Database of Qanats of the country Ministry of Agriculture Jihad. 2012 www.webcitation.org .

Davarpanah, GH. 2005. A Comparative Study of the Advantages and Disadvantages of Exploitation of Groundwater by Wells and Qanat Methods. International Conference on Qanat. Bahonar University of Kerman.

Dehghani, M.A., Kaki, M.R., Abolghasemi, M. 2007. Introducing one sample of indigenous knowledge of qanats water controlling in Yazd province (more dualpurpose cultivation for aquifer management and production). CD Proceedings of International History Seminar on Irrigation and Drainage. May 2-5, Tehran-Iran.

Fadakar Davarani, M.M., Samara, A. 2010. Role of qanat in sustainable rural development. Quarterly Journal of Village and Development, 13 (2): 191-167.

Farzamnia, M. Abbasi, F. 2011. Study of Technical Issues and Utilization of Some Qanats in Kerman Province. Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science, (55): 54-41.

Farzaneh, M.R., Bagheri, A., Ramezani ghavam abadi, M.R. 2016. The institutional foundations of crisis in Iran's underground water resources management. Quarterly

Journal of Economic Research, 17 (64): 94-57.

Kalantari Khalilabad, H., Kazami, S.M., Heydari, A. 2017. Indigenous Technologies Qnat and its Role in Sustainable Architecture. Journal of the role of the world, 7 (2): 20-11.

Konikow, L. F., Kendy, E. 2005. Groundwater Depletion: A Global Problem,Hydrogeology Journal,13(1): 317-320.

Labbafkhaniki, M., Semsaryazdi, A.A. 2015. Qanat tourism. International Center for Aquatic and Aquatic Structures. Group II, UNESCO, Shahandeh Publishing House, 264 p.

Mahdizadehardekani, M., Piriardekani, N. 2011. Traditional Planning and Management in Dairy Qanat (Zainabad) Chara Market (Ardakan Yazd Province), International Conference on Traditional Knowledge of Water Resources Management, International Aqueduct Center and Aquatic Structures, pp. 10-1.

Maleki, A., KHorsandi Aghaei, A. 2006. Qanat in Iran. Case Study of Qanats in Tehran, Publication of Processing and Urban Planning. First Edition.

Noori, H., Fathi, A., Masoudian, A. 2016. Analysis of quantitative changes of aqueduct water and its effect on the aquifer area of the city of Lenjan. Analysis of quantitative changes of aqueduct water and its effect on the aquifer area of the city of Lenjan. Journal of Geography and Planning, (55): 309-291.

Noshadi, M., Farhadi, A.R. 2011. The application of new knowledge and technologies in the reconstruction and modernization of qanats, Case Studies: Yazd Province Qanat, International Conference on Traditional Knowledge of Water Resources Management, pp.1-11.

Papliyazdi, M.H., Labbaf Khaniki, M. 2010. The role of qanat in the formation of civilizations The theory of the sustainability of Karzai culture and civilization. Proceedings of the Qanat. first volume. Yazd Regional Water Company. may. 31-55.

Pargari, S., Hatami nezhad, H., Ardeshiran, SH. 2016. Genesis and expansion of the qanats in the old world. Journal of History Research, 11 (42): 94-69.

Treidel, H., Martin-Bordes, J. L., J. J. Gurdak. 2011. Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Synthesis of Findings and Recommendations, CRC Press.

Zeyni, M., GHaneian, M.T., Talebi, P. 2008. Investigating the Physical, Chemical, and Microbial Status of Yazd Aharnat Qarnat Water and Providing Educational Recommendations, Yazd School of Public Health, 7 (1): 43-36.

Naderi, N., Abbasi, F. 2017. Study of status the qanats and irrigation in their agricultural lands in Semnan province. Journal of Water Research in Agriculture. 31(3): 413-424.

Rahbari, P., Afsharasl, M. 2007. Qanat's environmental impact assessment in arid and semi-arid areas. CD Proceedings of International History Seminar on Irrigation and Drainage. May 2-5, Tehran-Iran.

Semsaryazdi, A.A. 2010. Developing Experiences of Ghannat Experts, Tehran: Iran Water Resources Management Company.

Wulf. H.E. 1968. The Qanats of Iran, Scientific American, 218(6): 94-105.

Zarea SHahabadi, A.R., Olfati, S. 2009. An Investigation of Qanats, Castles and Castles from the Ecological Geographic Perspective, Case Study: Garizat Taft, Human Geography, 1 (3): 27-38.

**Journal of Aqiufer and Qanat (semi-annual)**

**Vol.2, No.4, Spring & Summer, 2022**

**p. 17-28**

**University of Birjand**

# Assessment of protective methods and increase of qanats discharge in Iran

**Seyed Mostafa Tabatabaei [1*], Hossein Khozeymehnezhad [2]**

*1- Ph.D. Student of Water Resources, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.*
*2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.*
[*]Corresponding Author Email: Tabatabaei1984@yahoo.com

## Abstract

Qanat is a technique for achieving water and transferring to agricultural lands and Create habitation. Qanat are considered considered to be the most sustainable method for geographic conditions arid regions of Iran. The existence lot of qanats and proper dispersion in the driest regions of Iran necessary to pay attention to national capital and maintain and restore. In this study, in order to reward the value of qanats and promote the revival of qanat, with the aim of assessing the conservation methods and increasing the qanat water discharge, the first based on different criteria the qanat are divided into different categories. Then in briefly investigated advantages and disadvantages of qanat separately. In addition investigated surface and underground nutrition strategies of qanat. At the end classified structural method of protecting qanats and protective procedures in the dry section.

**Keyword:** Dredging, Management under water scarcity, Qanat furnace, Qanat recharge.