

ویژگی های فیزیکی آبدهی و بررسی امکان ذخیره سازی آب قنات کتک ارسنجان

سیف الله امین^۱، تیمور ایزدی^{۲*} و سید محمد جعفر ناظم السادات^۳

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۱۵

چکیده

قنات‌ها یکی از منابع تامین آب مورد نیاز کشاورزی شهر ارسنجان که در ۱۳۰ کیلومتری شمال شرقی شیراز واقع شده است، می باشند. قنات کتک که مظهر آن در حدود ۷/۵ کیلومتری غرب شهر ارسنجان واقع گردیده، با میانگین بده ی ۲۰ لیتر در ثانیه یکی از چهار قنات مهم تامین آب زراعی و باغ‌های این شهرستان است. در این مطالعه، ویژگی های مربوط به آبدهی، شیب بستر، شیب سطح آب و طول بخش های تره کار و خشکه کار به صورت میدانی پایش شد و امکان ذخیره سازی آب در طول فصل غیر رویشی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده بیانگر آن بودند که با توجه به روش ارایه شده در این مطالعه، قنات کتک با آبدهی نزدیک به ۱۵ لیتر بر ثانیه و شیب بستر ۰/۰۱۳ قابلیت ذخیره ی آب را در فصل‌های غیر رویشی دارد.

واژه های کلیدی: قنات، ارسنجان، کتک، شیب سطح آب، شیب بستر قنات، تره کار، خشکه کار، ذخیره سازی

^۱- استاد بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز

^۲- کارشناس مرکز مطالعات اقلیمی دانشگاه شیراز

^۳- دانشیار بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز

* نویسنده ی مسؤول temoorizadi@yahoo.com

پیشگفتار

نقش آب در حیات بشر و سایر موجودات زنده امری روشن و انکارناپذیر است، به گونه ای که فراوانی و توزیع زمانی و مکانی آن بر چگونگی شکل گیری اجتماعات انسانی تأثیر زیادی داشته است. نگاهی گذرا به تاریخ نشان می دهد که آب تأثیر بسزایی بر تکامل و سقوط تمدن ها داشته و هر جا به واسطه ی عامل های نامساعد اقلیمی و یا تغییر اقلیم، کمبود آب نمایان شده است، آبادی ها رو به ویرانی نهاده و ساکنان آنها مجبور به مهاجرت شده اند. با این حال برای رویارویی با کمبود های مقطعی آب و استفاده ی بهینه از منابع آب و خاک موجود، انسان اندیشمند با بهره گیری از روش های ویژه و تشکیل سازمان ها و نهادهای اجتماعی در پی بهره وری بهینه از این عامل محدود بر آمده است. شاهد این خردورزی انسان ها طراحی و ساختن دالان های زیرزمینی به نام قنات به وسیله ی ایرانیان است که بدان وسیله آب موجود در اعماق زمین زهکشی شده و در نقطه ای که خاک مناسب وجود دارد در دسترس استفاده کنندگان قرار می گیرد. از تلفیق تعاریف متعددی که برای قنات وجود دارد، می توان آن را بدین صورت تعریف کرد: قنات مجموعه ای از چند میله و یک کوره (یا کوره های) زیر زمینی که با شیبی ملایم که کم تر از شیب زمین است، آب موجود در لایه های آبدار مناطق مرتفع زمین یا رودها یا مرداب ها و برکه ها را به کمک نیروی گرانش و بدون کاربرد نیروی کشش و هیچ نوع کارمایه ی الکتریکی یا حرارتی با جریان طبیعی جمع آوری می کند و به نقاط پایین دست انتقال می دهد. به بیان دیگر، قنات را می توان نوعی زهکش زیر زمینی دانست که آب جمع آوری شده از راه این زهکش ها در محلی مناسب به سطح زمین آورده می شود. به دلیل تبخیر کم و عدم نیاز به مصرف کارمایه جهت بالا کشیدن آب زیرزمینی، حفر قنات از دیرباز روشی مناسب جهت استحصال آب در ایران بوده است (بهنیا، ۱۳۶۷). تشخیص لایه های آبداری که می توان در آنها قنات را حفر کرد و نیز تعیین مظهر قنات، طول کوره، ارتفاع میله ها و اتصال کوره به میله از هنرهای بی نظیر مهندسی ایرانیان باستان است.

در کشوری چون ایران که بنا به شرایط جغرافیایی میانگین سالانه ی بارندگی در بیش تر نقاط آن کم تر از میانگین سالانه ی بارش جهانی است، حیات اجتماعی و بقا و رونق شهر ها و روستا ها بیش از هر چیز وابسته به وجود آب های سطحی و زیرزمینی بوده است که به وسیله ی قنات در سطح زمین جاری می شود. از این روست که بسیاری از شهرهای بزرگ ایران در کنار رودها بوجود آمده اند و جاهایی که آبهای سطحی جریان ندارند، قنات ها موجب عمران و آبادی شماری فراوان از شهر ها و روستا ها بوده و هست.

گفتنی است که از ۳۲۲۶۴ رشته قنات موجود در ایران، (گزارش های سازمان آب منطقه ای فارس ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸)، ۱۴۱۸ رشته قنات با آبدهی سالانه ی ۹۳۰۰۰۰۰۰۰ متر مکعب در استان فارس واقع شده اند که ۱۶ رشته ی آن ها در شهر ارسنجان جریان دارند. از مهم ترین قنات های ارسنجان، بناب، عایشه، کتک و محمود آباد را می توان نام برد. با وجود توسعه ی شهرنشینی و گوناگونی درآمد مردم در یک جامعه ی شهری، در شرایط حاضر نیز وضعیت معیشتی مردم شهرستان ارسنجان به تولیدات کشاورزی، دامی و صنایع روستایی وابسته است. اندازه ی بارندگی سالانه این شهرستان در طول ۳۰ سال گذشته بین ۱۸۰ تا ۵۲۳ میلی متر در نوسان بوده است که اغلب مربوط به ریزش های جوی در طول فصل های پاییز و زمستان می شود. با توجه به آن که رودی در این شهرستان وجود ندارد، منابع آب زیرزمینی تقریباً تنها منبع تأمین آب های کشاورزی و شرب است. وجود باغ های میوه، بویژه انار و نیز اراضی وسیع زراعی در اطراف این شهرستان، نیاز به آب را محسوس تر می کند. با وجودی که قنات نقشی مهم در حیات اقتصادی و رونق کشاورزی ارسنجان دارد، متأسفانه از سوی نهادهای دولتی اقدام های اساسی و کافی به منظور حفاظت و توسعه ی آنها صورت نگرفته است. بنظر می رسد که بافت سنتی شهر ارسنجان و نظام مالکیت عمومی و غیر دولتی بودن این قنات ها از مهم ترین عامل های حیات آنها باشد (ناظم السادات و همکاران ۱۳۷۹).

مطالعه ی ناظم السادات و همکاران در سال ۱۳۷۹ بیش تر به وضعیت مالکیت و برخی از ویژگی های مهم قنات کتک معطوف بوده و به جزییات مربوط به آبدهی و روش های افزایش آن، سازند های زمین شناسی که قنات در آن حفر شده و ویژگی های آبدهی آن اشاره ای نشده است. این مطالعه بر آن است تا امکان ذخیره سازی آب قنات کتک را در فصل های پر آب و استفاده از آب ذخیره شده را در فصل های کم آب مورد بررسی قرار دهد. در صورت موفقیت این گونه بررسی های کاربردی، بازسازی قنات های متروکه و توجه بیش تر به قنات های موجود می تواند بیش از گذشته مورد توجه مسوولان قرار گیرد. در راستای اجرای طرح ذخیره سازی آب قنات کتک

ارسنجان عملیات صحرایی به شرح زیر صورت گرفت:

- ۱) اندازه گیری بده ی قنات کتک،
- ۲) نقشه برداری مسیر قنات یاد شده،
- ۳) تعیین نیمرخ طولی سطح آب و بستر قنات پیش، و پس از عملیات بهسازی قنات،
- ۴) تعیین جنس سازند های داخلی قنات،
- ۵) تعیین مرز بین خشکه کار و تره کار.

۱- تعیین میزان آبدهی قنات و اهمیت روش اندازه گیری

آگاهی دقیق از میزان آبدهی قنات و تغییرات فصلی آن نخستین گام در راه انجام پژوهش است، لذا جهت اجرای طرح مطالعه ی ذخیره ی آب در قنات کتک، بده ی این قنات به طور مرتب در فواصل زمانی مناسب اندازه گیری و با آبدهی قنات های مجاور آن مقایسه شد تا نوسان آبدهی قنات و تغییر در ذخیره آب های زیر زمینی قابل برآورد و پیش بینی گردند.

نخستین اندازه گیری های بده در تابستان سال ۱۳۷۹ با استفاده از روش های جسم شناور و پروانه ی آبی صورت پذیرفت. بررسی های اولیه بیانگر تفاوت برآورد بده در دو روش یاد شده بود که نیاز به اندازه گیری آبدهی قنات ها را با روشی دقیق تر روشن کرد. به منظور کاهش منابع خطا، نهر پایه دار پارشال مناسبی با توجه به بده ی قنات طراحی و در مظهر قنات کتک نصب و بده ی قنات یاد

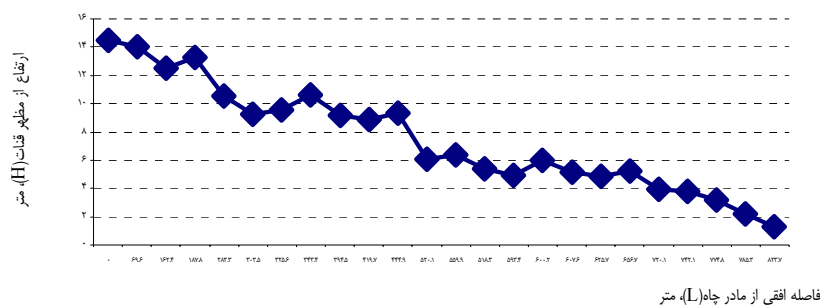
وقوع خشکسالی در طول سال های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و تابستان ۱۳۸۰ موجب کاهش شدید آب های زیرزمینی در دشت های ارسنجان شد و بسیاری از فعالیت های تولیدی متوقف و حتی تأمین آب شرب شهر با مشکل رو به رو شده است. کاهش سطح آب زیرزمینی موجب شد تا جبهه ی آب های شور با سرعت زیادی به سمت دشت ارسنجان حرکت کرده و سبب کاهش کیفیت آب های زیرزمینی در نواحی اطراف و بویژه شرق و جنوب دشت ارسنجان شود. بیم آن می رود که چنانچه اقدام های اساسی صورت نگیرد، در آینده ای نه چندان دور، تأمین آب شرب شهر نیز از دیدگاه های کمی و کیفی با مشکل جدی روبرو گردد. یادآور می شود که جلوگیری از نفوذ جبهه ی آب های شور زیرزمینی به داخل آبخوان های شیرین از مزایای مهم استفاده از قنات است. بهره برداری از قنات و جاری بودن آب آن مستلزم آن است که سطح آب های زیرزمینی در حد بهینه ای تثبیت شده و از بهره برداری های بی رویه جلوگیری شود. چون تثبیت سطح آب زیر زمینی عامل اصلی جلوگیری از پیشروی آب های شور است، آبکشی بی رویه که در سال های اخیر صورت گرفته است، ارتفاع سطح آب زیرزمینی در آبخوان های شیرین را به شدت کاهش داده است. کاهش سطح ایستابی موجب شده است تا آب های شوری که در منطقه موجودند، به گونه ای گسترده در این آبخوان ها پیشروی کرده و موجب افزایش شوری و کاهش کیفیت آنها شوند. با وجود مزیت های فراوانی که قنات ها دارند، ایرادهایی نیز متوجه بهره برداری از آنها بوده است که از جمله می توان به آبدهی دائمی آنها در تمام فصل های سال بویژه در فصل های غیر رویشی پاییز و زمستان اشاره کرد. در صورتی که بتوان آب قنات ها را در فصل های غیر رویشی ذخیره کرده و در دوران رشد و بازدهی گیاهان از آن استفاده کرد، می توان این ایراد مهم را نیز برطرف نمود. شرایط سخت حفر قنات که فقط مقنی های کارآزموده قادر به انجام این کار هستند از دیگر اشکال های بهره برداری از قنات هاست که امید است با پیشرفت دانش و فن بتوان راههایی نو و مناسب جایگزین روش بهره برداری کنونی کرد.

بخش های گوناگون مسیر شیب بستر متغیر است به گونه ای که در برخی از بخش ها، به دلیل وجود سازند های محکم، امکان ادامه ی کار کوره ی قنات با شیب یکنواخت ممکن نبوده و مقتیان مجبور به تغییر شیب و نیز تغییر در مسیر قنات شده اند. در هر حال، با توجه به چنین مشکلاتی در جهت یکنواخت سازی شیب کف قنات بازسازی و بهسازی بستر ضروری می باشد. همچنین نیمرخ سطح آب قنات (شکل ۳) بیانگر آن است که گر چه میانگین شیب سطح آب ۰/۷۷ است، این سطح دارای شیب یکنواخت نبوده و در طول قنات متغیر است. علت آن نا یکنواختی شیب سطح آب نسبت به شیب بستر و همچنین وجود سنگ و موانع در برخی بخش های مسیر است که نیاز به لایروبی قنات و پاکسازی کوره ی آن می باشد. به همین دلیل، یکی از هدف های این طرح یکنواخت کردن بستر قنات کتک تا سطح بهینه ای است تا به آبدهی قنات کمک کرده باشیم.

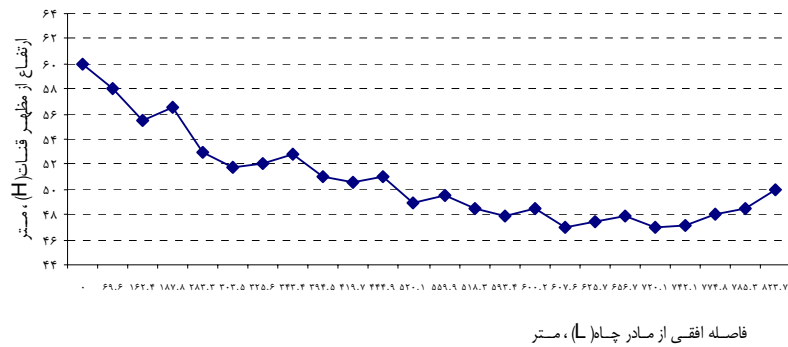
شده با کاربرد این سازه اندازه گیری شد. میانگین بده ی این قنات ۲۰ لیتر بر ثانیه بدست آمد.

۲- تعیین نیمرخ های طولی بستر، خط زمین، سطح آب و ارتفاع قنات کتک

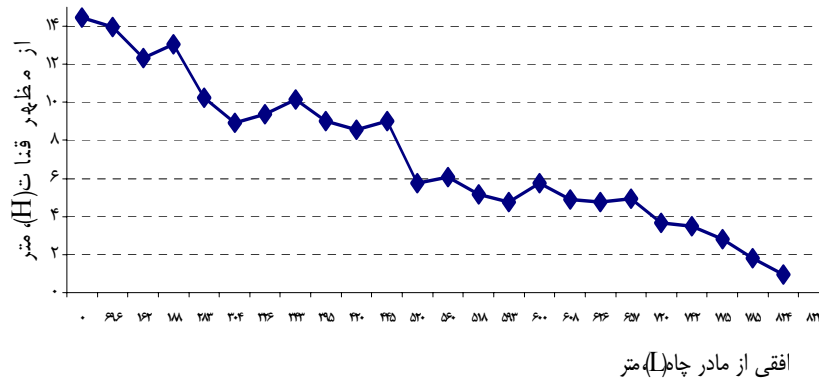
برای تعیین نیمرخ طولی بستر قنات کتک در تیر سال ۱۳۸۱ مسیر این قنات نقشه برداری گردید و رقوم سطح آب در میله ها نسبت به کف قنات در محل میله ها تعیین شد. در ادامه با توجه به داده های جمع آوری شده، نیمرخ های مربوط به بستر قنات (شکل ۱)، خط زمین (شکل ۲)، سطح آب (شکل ۳) و همچنین نیمرخ ارتفاع آب موجود در میله های قنات کتک (شکل ۴) ترسیم گردید. با بررسی نیمرخ بستر قنات (شکل ۱) مشاهده می شود که بستر این قنات شیب یکنواخت و یکسانی ندارد که دلیل آن سنگی بودن بستر قنات در بخش های گوناگون است و به دلیل سنگی بودن دیواره ها و بستر در



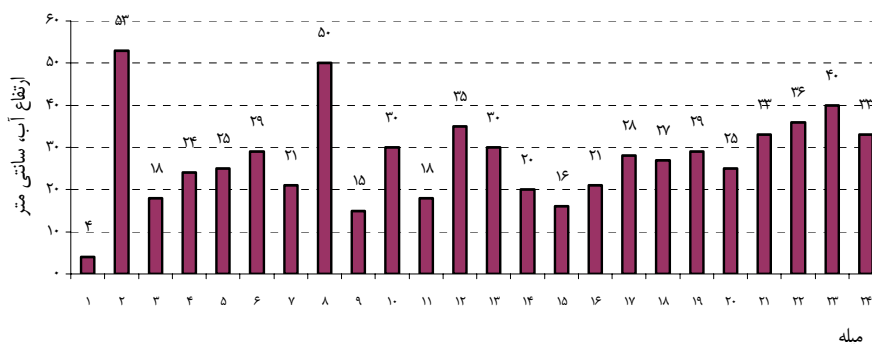
شکل ۱- نیمرخ طولی بستر قنات کتک ارسنجان، مرداد ۱۳۸۰.



شکل ۲- نیمرخ خط زمین قنات کتک ارسنجان، مرداد ۱۳۸۰.



شکل ۳- نیمرخ طولی سطح آب قنات ارسنجان، مرداد ۱۳۸۰.



شکل ۴- ارتفاع آب در میله های قنات کتک ارسنجان، مرداد ۱۳۸۰ (قبل از عملیات تعمیر).

میله های نزدیک آن بیشتر از جنس آهکی سروک و جوش سنگ بختیاری است. وجود سازند های آهکی که یکی از سازند های بسیار خوب در ایجاد سفره های آب زیر زمینی با ویژگی های آبشناسی خوب در زاگرس است در کنار یک سازند نفوذ ناپذیر زیرین و کناری رادیولاریت توان آبدهی قنات را بالا برده است.

در بخش هایی از مسیر قنات، به علت ریزش بدنه میله ها و کوره ها، مسیر قنات یا بغل تراشی شده است یا این که در بخش هایی از مسیر پل بنا گردیده و مسیر به گونه ی کامل کول گذاری و مرمت شده است. جنس کوره های موجود در حد فاصل میله های ۱ تا ۲۰ در بخش هایی از مسیر از جنس ریگ و یا قلوه سنگ می باشد که هنگام بستن آب احتمال ریزش آن ها وجود داشت که با ارایه ی نظرات کارشناسی در مرحله ی ۲ عملیات بهسازی قنات کلیه بخش هایی که احتمال ریزش وجود داشت تعمیر و مرمت و در محل های لازم کول گذاری انجام گرفت؛ همچنین، کف کوره ها با شیب یکنواختی تعمیر شدند.

۴- تعیین مرز خشکه کار و تره کار

پس از این که بخش های ریزشی قنات تعمیر و بازسازی شدند، مرز تره کار و خشکه کار با استفاده از روش های تجربی و محاسباتی در اسفند ۱۳۸۰ مشخص

۳- تعیین سازند کوره ها و میله ها

برای تعیین قابلیت ذخیره قنات از داخل میله ها بازدید و از سازندهای موجود دیواره ها واقع در میله های شماره ی ۵ و ۱۲ نمونه گیری به عمل آمد. بیشتر سازندهای موجود از جنس ریگ های درشت و سنگ می باشند. همچنین، چگالی ظاهری و بافت نمونه های گرفته شده از دیواره های بستر قنات کتک در ناحیه ی تره کار با روش استوانه تعیین گردید و مقدار آن ۲/۱ گرم بر سانتی متر مکعب بدست آمد. چگالی بدست آمده و همچنین جنس نمونه های گرفته شده که بیش تر از نوع ریگ و شن درشت دانه می باشند نشان می دهد که بافت سازند دیواره و کف قنات مورد نظر دارای بافت شنی درشت دانه است، لذا علاوه بر شیب زیاد بستر، جنس مواد دیواره ها و بستر قنات قابلیت ذخیره ی پایینی دارد. قابل ذکر است که در اعماق پایین تر میله ها و در مجاورت سطح آب که بیشتر حاوی جوش سنگ می باشند مقدار چگالی بیش تر از مقدار یاد شده بوده و دارای سازند های محکم تری هستند.

سازند های غالب که در منطقه ی یاد شده رخنمون دارند شامل جوش سنگ بختیاری، رادیولاریتی از بخش بالایی افیولیت های نیریز، همچنین سازند های دیگر نظیر سروک، کژدمی و فلهیان می باشند و بخش مظهر قنات و

۵- روش تعیین آبدهی قنات

در این روش با استفاده از وسیله ی اندازه گیری بده نهر پایه دار مدور آبدهی در تمامی شاخه ها و همچنین تمامی میله های قنات اندازه گیری شد. با توجه به این که قنات کتک دارای دو شاخه ی اصلی در محل مادر چاه است، بده در این دو شاخه در تابستان ۱۳۸۰ اندازه گیری شد. بده در شاخه سمت راست ۱۰ لیتر بر ثانیه و در شاخه سمت چپ ۵ لیتر در ثانیه بود. گفتنی است که انجام این اندازه گیری با توجه به وجود نیاز کارشناس متخصص در قنات کار آسانی نبوده و در تمامی مراحل این بخش شخص کارشناس در کوره ی قنات حضور داشته است و برای اندازه گیری بده و سایر موردها از نور چراغ کاربیتی مقنی استفاده کرده است.

با نصب وسیله ی اندازه گیری بده در تمامی میله ها مشخص شد که از سوی مادرچاه به سمت مظهر قنات، بده در مسیر اضافه می شود. این کار آن قدر در مسیر حرکت آب تکرار می شود که دیگر بده ی قنات اضافه نمی شود و در نهایت منجر به شناسایی مرز ناحیه ی تره کار و خشکه کار می گردد.

۶- محاسبات و معادله های مورد استفاده

تعیین مرز بین خشکه کار و تره کار اقدامی لازم در جهت بستن و ذخیره ی آب قنات است. برای مطالعه و بررسی امکان ذخیره سازی آب قنات باید بده ی قنات های مورد مطالعه پیش و پس از بستن اندازه گیری شود تا از این راه بتوان حجم آب ذخیره شده را با استفاده از معادله ی ۱ (در طول زمان بسته بودن) محاسبه کرد (امین و همکاران، ۱۳۶۷).

$$\Delta S_1 = C_1 \times \eta * (Q_n - Q_1) \times T_1 \quad (1)$$

که در این معادله :

ΔS_1 = حجم آب ذخیره شده در مدت زمان بسته بودن قنات، m^3

C_1 = ضریب تبدیل لیتر به متر مکعب و روز به ثانیه
 η = بازده ی ذخیره ی آب در قنات که بستگی به جنس سازند بدنه و کف قنات، شیب بستر و طول قنات دارد که برای هر منطقه باید تعیین گردد و مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است.

گردید. یاد آوری می شود که این مرز به مقدار بارش سالانه، پراکنش آن و نیز تغییرات فصلی بستگی دارد. به بیان دیگر بالا و پایین رفتن سطح سفره ی آب زیر زمینی محل تره کار و خشکه کار را به بالادست یا پایین دست تغییر می دهد. نوع بارش (برف یا باران) می تواند تاثیری بسزا در آبدهی و آبنمای بده ی قنات و مرز تره کار و خشکه کار داشته باشد. افزایش بارندگی موجب زیاد شدن طول تره کار در فصل های زمستان و بهار می گردد. در فصل های دیگر نیز هر چه بارندگی زیادتر شود، طول تره کار نیز افزایش خواهد یافت. با این حال آن مقدار آبی که در تابستان از قنات جاری می شود، بیش تر مربوط به مادر چاه و کوره های اولیه ی قنات نزدیک آن است و نقش اساسی در تامین آب یک قنات را داراست. بدیهی است که در انتهای فصل تابستان و اوایل پاییز این طول به کم ترین حد خود کاهش می یابد.

روش تجربی تعیین مرز تره کار و خشکه کار

این روش از سه راه انجام شد که عبارتند از:

۱) با حرکت در کوره ی قنات از سوی مادرچاه به سمت مظهر قنات مشاهده می شود که در نزدیکی مادرچاه تمامی مسیر پاک و عاری از گل و لای است. در ادامه، مسیر به محلی برخورد کرده است که در حاشیه ی کوره ی قنات در کف بسترگل و لای جمع شده است؛ این محل نشان دهنده ی پایان تره کار و آغاز خشکه کار می باشد. دلیل این امر را می توان این چنین بیان کرد که در بخش هایی از مسیر که نشت آب از بدنه و کف کوره ها وجود دارد، گل و لای جمع نمی شود.

۲) دمای آب می تواند معیار خوبی برای تشخیص مرز تره کار و خشکه کار باشد زیرا در بخش تره کار به علت این که نشت آب از بدنه و کف کوره ها وجود دارد، دمای آب بیش تر از دمای آب موجود در بخش خشکه کار است.

۳) با استفاده از گل آلود کردن آب در مسیر کوره ها می توان پی به وجود تره کار و خشکه کار در قنات برد، چه، در بخش هایی از قنات که در اصطلاح تره کار نامیده می شوند، نشت آب زلال از کف و بدنه قنات وجود دارد؛ در نتیجه، آب گل آلوده در بخش های تره کار سریع تر از بخش های خشکه کار زلال می شود.

آزاد حرکت کند مقدار بده را ۱۵ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته و با استفاده از معادله ی مانینگ به محاسبات طراحی پرداخته می شود:

$$Q = A/n * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (۳)$$

$$A = \pi * D^2 / 4 \quad (۴)$$

که در این معادله:

$$R = A/P$$

$$Q = \text{مقدار بده (l/s)}$$

$$A = \text{سطح مقطع (m}^2\text{)}$$

$$n = \text{ضریب زبری}$$

$$P = \text{محیط مقطع خیس شده، m}$$

$$S = \text{شیب کف}$$

$$D = \text{قطر لوله، m}$$

با توجه به شرایط قنات کتک، قطر لوله ۱۰ اینچ یا ۲۶ سانتی متر محاسبه و پیشنهاد می شود.

۸- بستن موقت قنات

پس از تعیین مرز تره کار و خشکه کار شیر فلکه ای مناسب با بیشترین بده در کف کوره دیواره یا واره ای در مسیر جریان آب قرار می گیرد. همچنین، از محل مرز تره کار و خشکه کار به سمت مادر چاه تعدادی واره ی بتنی ایجاد می گردد که فاصله این واره ها با استفاده از یک برنامه ی رایانه ای که از پیش تهیه شده بدست می آید. در قنات کتک پس از تعیین مرز تره کار و خشکه کار، یک بند بتنی احداث گردید و به تعبیه یک شیرفلکه پرداخته شد تا در زمان مورد نیاز بتوان مقدار بده ی خروجی را مهار کرد.

مواقعی از سال مانند اواخر پاییز و زمستان که کشاورزان به آب نیاز نداشته و یا نیاز کم تری دارند، شیر فلکه بسته می شود و آب در پشت دیواره ی بتنی به سمت مادر چاه پس زده می شود و در آبخوان های خالی و یا نیمه تخلیه شده به مرور زمان نفوذ و فضای خالی بین ذرات خاک را پر کرده و رفته رفته بال های دو طرف کوره ی قنات را اشباع نموده و سطح سفره آب بالا آمده و ذخیره می گردد.

برای شروع کار، نخست به صورت آزمایشی برای زمان های سه، شش و نه شبانه روز قنات بسته شد و

$$Q_n = \text{بده ی معمولی در قنات، l/s}$$

$$Q_1 = \text{بده ی تنظیم شده ی قنات، l/s}$$

$$T_1 = \text{مدت زمان بسته بودن قنات، ثانیه}$$

همچنین حجم آب پس گرفته شده از قنات (پس از باز شدن کامل شیر فلکه یا مهار کردن بده ی قنات) با استفاده از معادله ی ۲ بدست می آید.

$$\Delta S_2 = C_1 \times \eta * (Q_{out} - Q_n) \times T_2 \quad (۲)$$

که در آن :

$$\Delta S_2 = \text{حجم آب پس گرفته شده از قنات (از محل ذخیره سازی)، m}^3$$

$Q_{out} = \text{بده ی مهار شده یا خروجی قنات در موقع باز کردن قنات، تا زمانی که به بده ی معمولی آن (بده پیش از بستن کامل یا مهار شده ی بده) برسد، LS}^{-1}$

$$Q_n = \text{بده ی معمولی قنات، LS}^{-1}$$

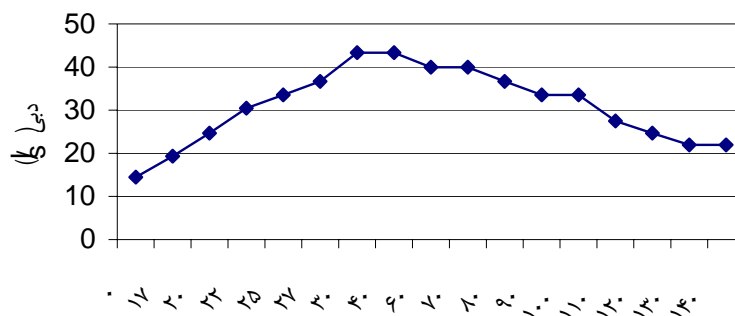
$T_2 = \text{زمان (از لحظه باز کردن قنات تا هنگامی که مقدار بده، به مقدار معمولی آن برسد).}$

برای بررسی چگونگی ذخیره شدن آب قنات و نیز تغییرات سطح سفره ی آب بر اثر بستن شیر خروجی شبیه ریاضی ارایه شده است که در آن جریان آب قنات به صورت دو بعدی و در دو حالت پایدار و ناپایدار مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین، سطح سفره ی آب در حالت پایدار به عنوان مبنا قرار گرفته و با بستن شیر خروجی سطح سفره آب بالا آمده و مساحت محصور بین منحنی جدید و منحنی مبنا با انتگرال گیری محاسبه شده و در نهایت حجم آب ذخیره گردیده در مدت زمان مربوطه محاسبه می شود.

۷- طراحی لوله ی انتقال

با توجه به مشخص شدن مرز تره کار و خشکه کار قنات کتک در مراحل پیشین، در این مرحله از عملیات بایستی لوله های مورد نیاز جهت کارگزاری را در مسیر بین ناحیه ی تره کار و خشکه کار و مظهر قنات طراحی کرد. تمامی عامل های مورد نیاز جهت طراحی نظیر شیب بستر، ضریب زبری و میزان آبدهی در مراحل قبلی محاسبه شده اند. برای اطمینان از این که آب ذخیره شده در کوره ی قنات به سقف آن نرسد و همواره به صورت نهر

آب ذخیره شده به گونه ای کامل خارج شود و بده ی قنات به حالت پیش از بستن برسد. سپس آبنمای مربوط به تخلیه ی آب را ترسیم کرده و با استفاده از آن حجم ذخیره شده در مدت زمان بسته بودن قنات را از منحنی زیر محاسبه می کنیم (شکل ۵).



شکل ۵- آب نمای قنات کتک ارسنجان در زمان باز کردن قنات پس از بستن موقت.

بخش هایی از قنات ها بر اثر ریزش یا ریختن اشیاء مسدود شوند، لازم است که تمامی میله ها دارای سرپوش های بتنی باشند.

۴- با توجه به این که قنات فیجان در فاصله ای نزدیک نسبت به قنات کتک قرار گرفته است و همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از بستن آزمایشی قنات، پیشنهاد می شود که جهت جلوگیری از نشت آب از راه قنات فیجان هنگام بستن قنات کتک، این قنات نیز مسدود شود.

بحث و نتیجه گیری

۱- با توجه به اندازه گیری های موجود مشخص شد که قنات کتک با طول ۸۲۴ متر دارای ۲۴ میله و شیب متوسط بستر ۰/۵۲ درصد است. بستر این قنات دارای شیب یکسان نیست که علت آن وجود سازند های محکم در بخش هایی از مسیر می باشد که امکان ادامه ی آن را با شیب یکنواخت امکان پذیر نکرده است.

۲- مادر چاه این قنات دارای دو شاخه ی اصلی است که بیش ترین بده ی قنات مربوط به شاخه ی سمت راست آن است که حدود ۱۰ لیتر بر ثانیه می باشد و بده ی شاخه ی سمت چپ نزدیک به ۵ لیتر بر ثانیه است. جهت افزایش بده ی این قنات، بهتر است که مسیر سمت راست ادامه داده شود.

۳- جهت نگهداری قنات های منطقه ی ارسنجان، بایستی میزان آبدهی قنات ها با استفاده از نهر پایه دار پارشال نصب شده به صورت روزانه یا هفتگی اندازه گیری و ثبت شود تا بتوان با توجه به داده های موجود پیش بینی های لازم را در مورد بده و همچنین سطح زیر کشت انجام داد. همچنین، با توجه به این که ممکن است

منابع

- ۱- امین، س، میر محمد صادقی. ج. و سلیمی منشادی، م، ع. مهندسی ذخیره ی آب در قنات ها و بررسی اقتصادی آن. مجموعه ی مقالات قنات. جلد اول. همایش بین المللی قنات. اردیبهشت ۱۳۷۹. یزد. ص ص ۲۷۷ تا ۲۸۹.
- ۲- بهنیا، ع. قنات سازی و قنات داری. ۱۳۶۷. ص ص ۱۳۷.
- ۳- ناظم السادات، س.م. ۱۳۷۹، قنات های عایشه، بناب و کتک ارسنجان، ویژگی ها و نظام مدیریت. مجموعه ی مقالات قنات. جلد دوم. همایش بین المللی قنات. اردیبهشت ۱۳۷۹. یزد. ص ص ۶۳۳ تا ۶۴۵
- ۴- عنایت اله رضا، غلامرضا نورس، محمد علی امام شوشتری و علی اکبر انتظامی، آب و فن آباری در ایران باستان، وزارت آب و برق
- ۵- خلاصه آمار آب های زیرزمینی کشور، وزارت نیرو، اسفند ماه ۱۳۵۹
- ۶- منوچهر وحیدی، قنات ایران، سازمان برنامه، امور عمران روستایی، شهریور ۱۳۴۲
- 7- Mohammad Baybordi, M., Ghanats of Iran Drainage of Sloping Aquifer, Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, vol. IR3, Proc. Paper 10785.
- 8- Drainage Principles and Application, International Institute forland Reclamation and Improvement. Netherlands.