

# بررسی واکنش کمی و کیفی چشمه‌علی شهری و آبخوان اطراف آن، شمال ایران

احمد خورسندی آقائی؛

دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی شهید عباسپور

پذیرش ۹۷/۰۲/۰۳

تاریخ: دریافت ۹۶/۱۰/۲۴

## چکیده

در این تحقیق، ارتباط و واکنش کمی و کیفی آب چشمه کارستی شهر ری (چشمه علی) در جنوب شهر تهران با آب زیرزمینی مجاور چشمه بررسی شده که گویای جدایی آبخوان کارستی و آبرفتی از یکدیگر است و دو محیط زمین‌شناسی و آب زیرزمینی کاملاً متفاوت را نشان می‌دهد. آبخوان آبرفتی، محیط متخلخل پیوسته آب زیرزمینی است، در صورتیکه آبخوان کارستی محیط درز و شکافدار آب زیرزمینی می‌باشد. در این تحقیق، ارتباط و واکنش کمی و کیفی آب چشمه کارستی شهر ری (چشمه علی) با آبخوان آبرفتی اطراف آن بررسی شده است. در این بررسی پژوهش‌های زمین‌شناسی، کمیت و کیفیت آب زیرزمینی چشمه علی و آبرفت‌های مجاور آن، خصوصیات هیدرودینامیکی چشمه و آبخوان آبرفتی مجاور چشمه مطالعه و بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی‌ها گویای شرایط زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و شرایط هیدرولیکی متفاوت بین چشمه کارستی شهری و آبخوان آبرفتی اطراف آن است و نبود ارتباط هیدرولیکی بین دو محیط آب زیرزمینی آبرفت و کارست در مجاور هم و متفاوت را نشان می‌دهد، که در اثر عملکرد گسل شمال شهر ری شکل گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: کارست، آبرفت، چشمه علی شهر ری، ارتباط کارست و آبرفت.

## مقدمه

آبخوان‌های کارستی و آبرفتی با یکدیگر متفاوت است و گویای دو محیط زمین‌شناسی و آب زیرزمینی کاملاً جدا از یکدیگرند. آبخوان آبرفتی محیط متخلخل پیوسته آب زیرزمینی و

آبخوان کارستی محیط درز و شکاف‌دار ناپیوسته را نشان می‌دهد که در محیط اول تجربه داری و روابط آن و در محیط دوم اغلب روابط دیگری و در برخی موارد تجربه داری حاکم است. در همین زمینه وایت (۱۹۹۶) در کتابش آبخوان‌های کارستی را به صورت آبخوان‌های با جریان افشان، آبخوان‌های با جریان آزاد و آبخوان‌های تحت فشار تقسیم کرد که منحصراً آبخوان نوع اول مشابه آبخوان آبرفتی در نظر گرفته شده است [۱۰]. بنابراین رفتار کمی و کیفی آبخوان‌های کارستی پیرو قواعد معینی است که در این تحقیق با استفاده از آن‌ها در مورد ارتباط یا عدم ارتباط چشمه‌علی شهرری به‌عنوان چشمه کارستی و آبخوان آبرفتی شمال آن بحث شده است.

پژوهش‌ها در زمینه ارتباط و عدم ارتباط آبخوان‌های آبرفتی و کارستی نسبتاً زیاد است که برخی از آن‌ها بدین شرح هستند:

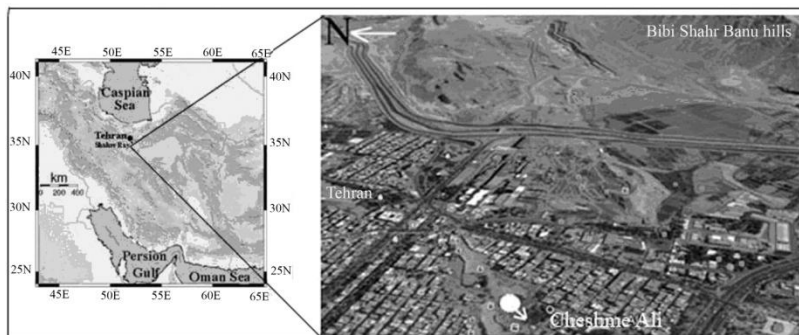
یکی از روش‌های تشخیص وجود و یا نبود آبخوان‌های کارستی براساس سطح نوسان آب مشاهده شده پیزومترها با نوسان آب‌دهی چشمه کارستی است که باید دارای ضریب هم‌بستگی مناسبی باشد [۹]. نتایج تحقیق ماسائی [۵] گویای اختلاف میزان ماسه‌دهی بین آب‌دهی چشمه و آب چاه‌ها است که گویای آن است که آب پمپاژ شده چاه‌ها از آبخوان کارستی تغذیه می‌شود. در تحقیق دیگری افت تخمینی نامطمئن چاه و ارتباط تجربی مابین قابلیت انتقال آب زیرزمینی و ظرفیت ویژه آبخوان کارستی بحث شده است [۸]. نتایج تحقیق دیگری حجم دینامیک آبخوان کارستی که به آبرفت مجاور جریان دارد را از میزان تخلیه آبرفت اندازه‌گیری کرده است [۷]. با کاربرد دو مدل شبیه‌سازی تخلیه چشمه کارستی و آبرفتی و مقایسه شرایط هیدرولیکی آن‌ها فاکتورهای متفاوت مؤثر در تخلیه چشمه‌های کارستی و آبرفتی مشخص شده است [۱]. در نتایج حاصل از تحقیق ارتباط بین آبخوان‌های کارستی با مشخصات متفاوت حاصل از چین‌خوردگی کف دره آبرفتی، سیستم جریان آب زیرزمینی از کارست‌های کف دره آبرفتی و چشمه‌ای در پایین دست جریان آب بررسی شده است [۲]. نتایج اجرای مدل‌سازی، ارتباط آبرفت‌های پلیوسن و آبخوان کارستی و رودخانه سانا در بوسنی را نشان می‌دهد [۶].

در محدوده تحقیقاتی سطح آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی شمال چشمه‌علی شهری بالا آمده و در زیرزمین برخی از منازل مشکل ایجاد کرده است. کارشناسان معتقد به پمپاژ آب زیرزمینی و ایجاد افت سطح آب زیرزمینی هستند و برخی از کارشناسان اعتقاد به رابطه هیدرولیکی مابین چشمه و آبخوان آبرفتی هستند و پمپاژ از آبخوان را سبب ایجاد مشکل برای چشمه علی و سیستم هیدرولیکی چشمه می‌دانند. این تحقیق به منظور شناسایی ارتباط هیدرولیکی آبخوان آبرفتی با آبخوان کارستی چشمه‌علی انجام شده که در آن موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی، زمین‌شناسی، تغییرات آب‌دهی چشمه علی و تغییرات سطح آب پیزومترهای آبخوان شمال آن به‌طور هم‌زمان بررسی و رابطه هم‌بستگی آن‌ها استخراج و ارتباط و یا نبود ارتباط کمی چشمه‌علی شهری و آبخوان آبرفتی شمال آن بحث شده است. هم‌چنین با استفاده از تجزیه شیمیائی نمونه‌های آب چشمه و آب چاه‌های آبخوان شمالی، دباگرام شولر و رابطه هم‌بستگی مفادیر کلر و هدایت الکتریکی انجام شده است. نتایج حاصل گویای این است که آبخوان آبرفتی و آبخوان کارستی چشمه‌علی شهری ارتباط ندارند. لازم به تذکر است به گفته کارشناسان سازمان آب منطقه‌ای بررسی‌های ردیابی در سیستم کارست چشمه‌علی در زمینه ذکر شده کمک چندانی نداشته است.

### معرفی محدوده پژوهش

محدوده پژوهش چشمه‌علی شهری با مساحت ۳۶۰۰۰۰ مترمربع بخشی از شهری است که بررسی شده است. شهری در جنوب شرق دشت ورامین واقع شده است. مساحت شهری ۲۲۹۳ کیلومترمربع است و از شمال به شهرستان تهران، از جنوب به شهرستان قم، از شرق به شهرستان‌های ورامین و پاکدشت، از غرب به شهرستان‌های اسلامشهر، رباط کریم و زرندیه محدود می‌شود (شکل ۱).

چشمه‌علی شهری در قسمت شرقی شهری و در جنوب شرق شهر تهران واقع شده است. از لحاظ جغرافیایی، چشمه‌علی در قسمت جنوبی تپه چشمه‌علی قرار گرفته است و آب چشمه پس از خروج از زمین به سمت جنوب شهری جاری می‌شود.



شکل ۱. نقشه موقعیت چشمه‌علی در آبخوان آبرفتی شهر ری در جنوب شهر تهران، چشمه از کوه کم ارتفاع آهکی ظاهر می‌شود.

طول و عرض جغرافیایی دهانه چشمه به ترتیب  $51^{\circ}26'18''$  و  $35^{\circ}36'27''$  است. رقم ارتفاعی دهانه چشمه‌علی  $1072/5$  متر از سطح دریاهای آزاد است. راه‌های دسترسی به چشمه، بزرگراه آزادگان، بلوار دولت‌آباد، خیابان سیدحسین غیوری، خیابان چشمه‌علی، خیابان ابن بابویه، خیابان بابایی و یا خیابان سیدحسین غیوری، خیابان بسیج به سمت شرق، خیابان علی‌نواز و بابایی و چشمه‌علی است.

## شرح روش و متدولوژی

### ۱. توپوگرافی

وضعیت پستی و بلندی زمین در چشمه‌علی و اطراف آن بدین قرار است: بلندترین نقطه زمین‌های مجاور چشمه‌علی، کوه‌های سه‌پایه به ارتفاع  $2085$  متر از سطح دریا است که در شرق چشمه‌علی قرار گرفته است. ارتفاع کوه بی‌بی شهربانو در جنوب شرق چشمه‌علی حدود  $1498$  متر است. ارتفاع تپه شمال چشمه‌علی که چشمه از آن خارج می‌شود، حدود  $1077$  متر و زمین‌های کم‌شیب اطراف آن نیز حدود  $1072$  متر از سطح دریا ارتفاع دارند. به عبارت دیگر ارتفاع دهانه چشمه‌علی  $1072$  متر است.

### ۲. زمین‌شناسی

از نظر زمین‌شناسی واحدهای موجود در اطراف چشمه‌علی شهری شامل رسوبات و سنگ‌های پرکامبرین، مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند که توصیف آن‌ها بدین شرح است:

پرکامبرین: در پرکامبرین دولومیت با میانلایه شیل سازند سلطانیه ( $E_s$ ) در قسمت جنوب شرقی چشمه‌علی برونزد دارند.

مزوزوئیک: در مزوزوئیک سنگ‌ها و رسوبات تریاس و کرتاسه بدین شرح وجود دارند. تریاس: در تریاس آهک‌های ورقه‌ای و آهک مارنی ( $Tr_1^1$ ) و دولومیت‌های ضخیم لایه و آهک دولومیتی سازند الیکا ( $Tr_1^d$ ) برونزد دارند.

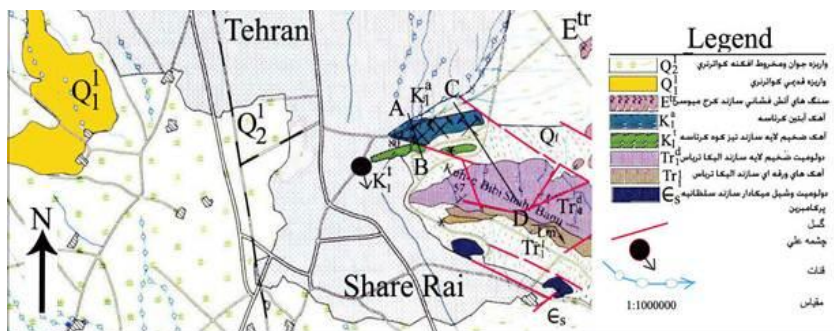
کرتاسه: در کرتاسه آهک ضخیم لایه سازند تیزکوه ( $K_1^t$ ) و آهک آپتین ( $K_1^a$ ) برونزد دارند که چشمه‌علی از سازند تیزکوه ظاهر می‌شود.

سنوزوئیک: رسوبات و سنگ‌های سنوزوئیک شامل سنگ‌های ائوسن و رسوبات کوآترنی بدین شرح است.

ائوسن: در ائوسن سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج در قسمت شمال شرق چشمه برونزد دارند.

کوآترنی: در کوآترنی ابتدا واریزه‌های قدیمی ( $Q_1^1$ ) و سپس واریزه‌های جوان ( $Q_2^1$ ) و مخروط افکنه‌ها ( $Q_f$ ) وجود دارند

مشخصات زمین‌شناسی چشمه‌علی و اطراف آن در نقشه شکل ۲ ارائه شده است.

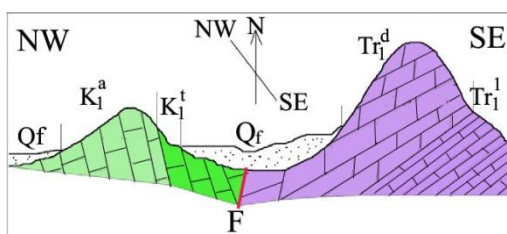


شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی چشمه‌علی شهری و اطراف آن، چشمه‌علی از انتهای جنوب غربی سازند تیزکوه ظاهر می‌شود. (بعد از سازمان زمین‌شناسی ۱۳۷۶)

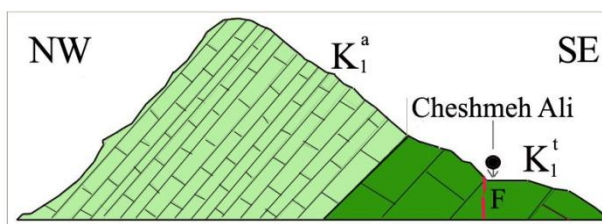
از لحاظ زمین‌شناسی ساختمانی در شرق چشمه تاقدیس عظیم کوه بی‌بی شهربانو مشاهده می‌شود که در حاشیه شمالی آن ناودیس بزرگی تشکیل شده است و در انتهای غربی آن چشمه‌علی ظاهر می‌شود. در محور ناودیس گسلی وجود دارد که عملکردش باعث تغییر مشخصات لایه در دو طرف شده است. دیگر گسل‌ها با امتداد غالب شمال‌غرب-جنوب‌شرق و شمال‌شرق-جنوب‌غرب مشاهده می‌شوند. هم‌چنین به نظر می‌رسد که گسل

موجود در محور ناودیس از سمت غرب به گسل شمال شهرری ارتباط داشته و چشمه‌علی شهرری از محل اتصال دوگسل ظاهر می‌شود. البته لازم به ذکر است که اولین بار بربریان (۱۳۶۴) براساس آنومالی سیستم زهکش سطحی در شمال و جنوب گسل شمال شهرری را معرفی کرد. چالنگو و دیگران (۱۹۷۴) قبل از بربریان وجود تفاوت در مشخصات آب زیرزمینی منطقه شهرری را یادآوری کرده بودند. در این مقاله آنومالی ایجاد شده در مشخصات آب زیرزمینی به وسیله گسل نشان داده شده و بحث شده است. بنابراین به توجه به مطالب ارائه شده و موقعیت گسل شمال شهرری و گسل چشمه ارتباط آن‌ها در محل چشمه امکان‌پذیر است.

در راستای شناخت بیش‌تر از مشخصات زمین‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی دو مقطع زمین‌شناسی AB, CD تهیه شده که در شکل ۳ و ۴ ارائه شده است.



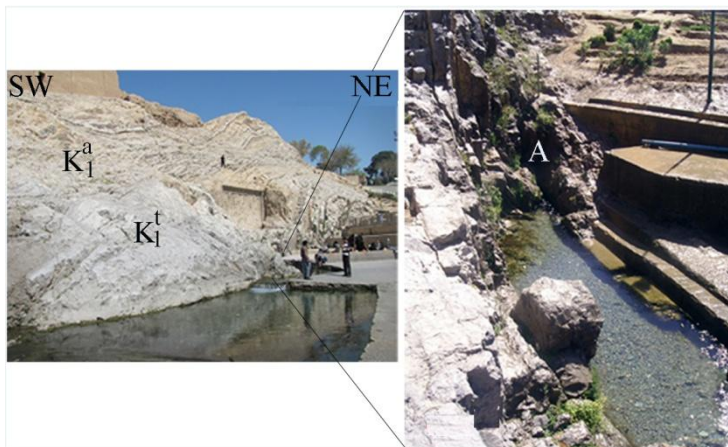
شکل ۳. مقطع زمین‌شناسی AB از چشمه‌علی



شکل ۴. مقطع زمین‌شناسی CD از چشمه‌علی

چنان‌که ملاحظه می‌شود چشمه‌علی از آهک‌های ضخیم لایه کرتاسه (سازند تیزکوه  $K_1^t$ ) ظاهر می‌شود (شکل ۳) و در شکل ۴ در مقطع ناودیس بزرگ، گسل و تأثیرش در تغییر لایه‌بندی دو طرف آن مشاهده می‌شود (شکل ۴). چشمه‌علی از سطح لایه‌بندی آهک‌های خرد شده کرتاسه (سازند تیزکوه  $K_1^t$ ) و دارای گسل و شکاف از چند دهانه ظاهر می‌شود که حداقل چهار دهانه چشمه از گسل‌ها تراوش می‌کنند (شکل ۵) که شیب لایه‌های آهک

به سمت شمال غرب و به زیر آبرفت‌های جوان است. اما مظهر اصلی چشمه در شرق (A) و جریان آب چشمه تقریباً شرق-غرب است که به جنوب جاری می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵. تصویر نمای عمومی چشمه‌علی شهری و مظهر شرقی آن (A) در سنگ‌های آهک کراتسه

### ۳. هیدروژئولوژی چشمه و چاه‌ها

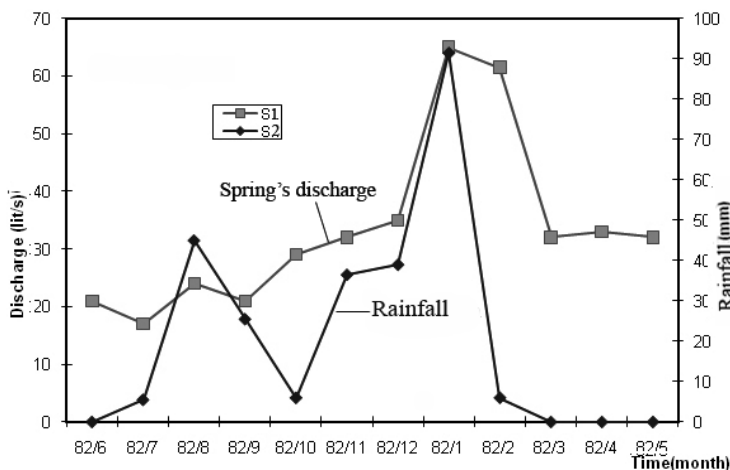
۳-۱. هیدروژئولوژی چشمه‌علی: چشمه‌علی شهری از آهک‌های سازند تیزکوه ظاهر می‌شود و چشمه‌ای کارستی است که مشخصات آن پس از بررسی‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و کیفیت آب چشمه، در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱. مشخصات هیدروژئولوژیکی چشمه‌علی شهری

نوع جریان چشمه	مدان الکتریفیران ضریب	درجه چشمه	فردیته آبرفتی	آب در دهی متوسط	چاه	مدان الکتریفیران	رشد و نمو	رشد چشمه
احتمالاً افشان نوع گیتزبورگ	۶۲٪	۴	حداقل ۴۵٪ و حداکثر ۱۵۶٪ و متوسط ۸۴٪	۳۷/۶۶ لیتر در ثانیه	۳/۸۹ میلی‌گرم در لیتر	۱۴۴۸ میکرو مهوس بر سانتی متر	محیط کارست و گسل	کارستی -گسلی

چنان‌که مشاهده می‌شود چشمه‌علی چشمه کارستی است که ضریب تغییرات آب‌دهی آن از متوسط (۲۵ تا ۱۰۰ درصد) تا زیاد (بیش از ۱۰۰٪) است. ضریب تغییرات آب‌دهی

چشمه‌علی بر مبنای آمار سالیانه چشمه و براساس معادلهٔ مربوط محاسبه شده است. و چنان‌که بیان شد ضریب تغییرات آب‌دهی گویای بی‌ثباتی آب‌دهی چشمه است. هم‌چنین منحنی آب‌دهی چشمه و بارندگی هم‌زمان آن در شکل ۶ ارائه شده است که بر مبنای بررسی آمار ۱۰ سال و انتخاب آمار سال آبی ۱۳۸۲ است. چنان‌که ملاحظه می‌شود نقاط اوج آب‌دهی چشمه کاملاً منطبق بر اوج بارندگی است که گویای تأثیرپذیری چشمه از بارندگی هم‌زمان است ولیکن اختلاف اندکی در منحنی بالارو و پایین‌رو چشمه و بارندگی وجود دارد که مربوط به اختلاف خصوصیات بارندگی و آب‌دهی چشمه است. نوسانات بارندگی شدت بیش‌تر و نوسانات آب‌دهی چشمه کم‌تر است که دلیل آن کارستی بودن محیط آب‌گیری چشمه و هدایت آب تا مظهر چشمه در محیط کارستی چشمه است. بررسی ساختمان هیدروگراف چشمه (منحنی ۲) گویای اختلاف زمان منحنی بالارو (۷ ماه و نیم) با زمان منحنی پایین‌رو (۴ ماه و نیم) است که گویای نفوذپذیری کم‌تر زمین‌های آب‌گیر چشمه نسبت به زمین‌های هدایت آب چشمه به مظهر آن است.



شکل ۶. نمودار هم‌زمان آب‌دهی و بارندگی در چشمه‌علی شهری که در آن منحنی سری ۱ بارندگی و منحنی سری ۲ آب‌دهی چشمه است.

۲-۳. هیدروژئولوژی چاه‌های اطراف: در راستای بررسی تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان آبرفتی اطراف چشمه، نقشهٔ هم‌عمق سطح آب زیرزمینی و تراز سطح



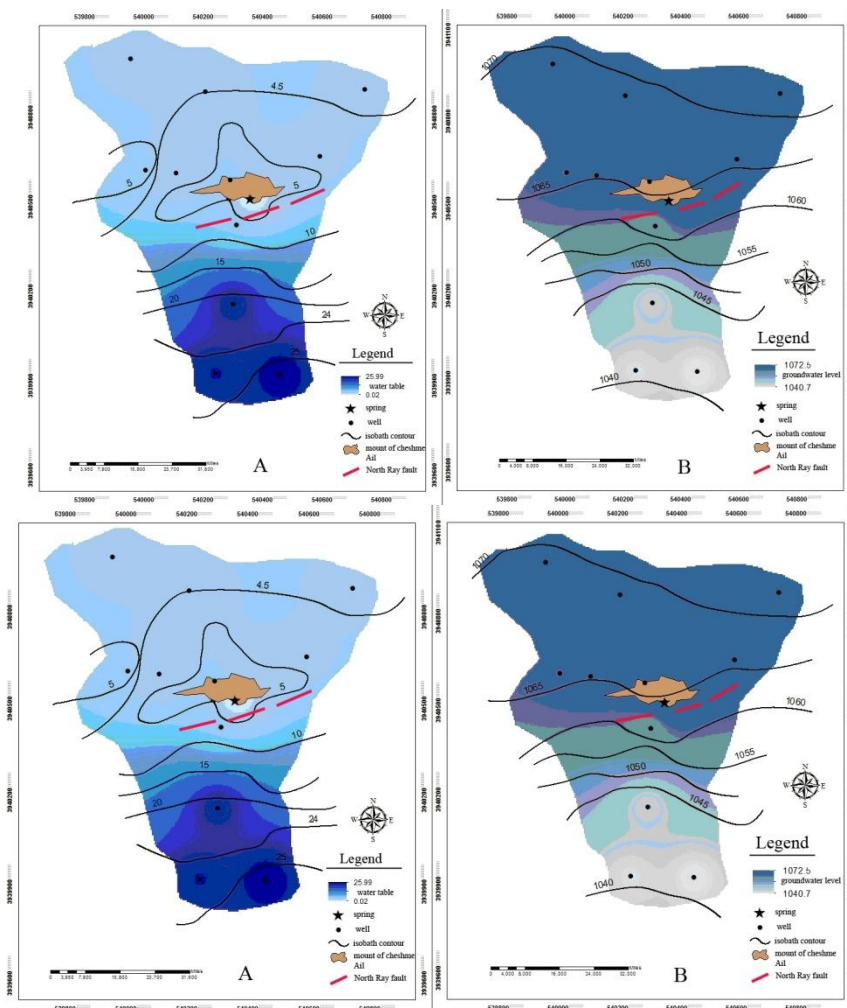
آب زیرزمینی اطراف چشمه براساس آمار موجود سازمان آب منطقه‌ای تهران در شکل ۷ و ۸ رسم شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود در نقشه هم‌عمق سطح آب زیرزمینی محدوده بررسی شده در شمال چشمه‌علی و جنوب آن عمق سطح آب زیرزمینی دشت ۵ متر و آب چشمه در سطح زمین است و به‌طور دقیق‌تر سطح آب زیرزمینی در شمال چشمه ۵/۹ متر و در جنوب آن ۶,۶ متر است و آب چشمه در سطح زمین است که این امر مغایر با هیدرولیک محیط‌های متخلخل پیوسته است و به‌عبارت دیگر هیدرولیک چشمه از هیدرولیک محیط درز و شکاف‌دار تبعیت دارد. در نقشه تراز سطح آب زیرزمینی (شکل ۷) میزان تراز سطح آب زیرزمینی در شمال چشمه ۱۰۶۵/۶۵ متر و در جنوب آن ۱۰۶۱/۲۰ است. و در چشمه تراز سطح آب ۱۰۷۲/۵۰ متر است که در ظاهر گویای تغذیه آبخوان دشت از چشمه است ولیکن قرارگیری خطوط هم‌پتانسیل سطح آب زیرزمینی آبخوان گویای دو محیط آب زیرزمینی مجزا از یک‌دیگر است. هم‌چنین در نقشه آنومالی سطح و تراز آب زیرزمینی مشاهده می‌شود که گویای تأثیر گسل شمال شهری بر آب زیرزمینی است که به‌وضوح قابل تشخیص است و برای اولین بار در این مقاله ارائه شده است. لازم به تذکر است که در سازمان آب منطقه‌ای جهت جریان آب زیرزمینی از شمال به جنوب رسم است و آنومالی ذکر شده در این بررسی را در نظر نمی‌گیرند.

برای آشنایی بیشتر با وضعیت پتانسیل سطح آب زیرزمینی در چشمه‌علی شهری و محیط اطراف آن، در مسیر جنوب تا شمال با استفاده از ارقام پتانسیل چاه‌های شاهد و چشمه‌علی شهری نیم‌رخ پتانسیل در شکل ۹ ارائه شده است

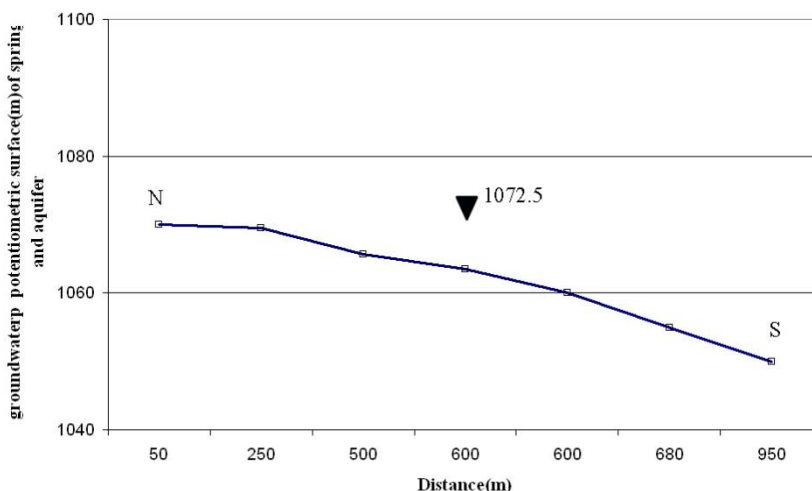
چنان‌که مشاهده می‌شود در نیم‌رخ پتانسیل سطح آب زیرزمینی چشمه‌علی بیش‌تر از سطح پتانسیل آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای است که به‌صورت ظاهر گویای تغذیه دشت از چشمه است. ولیکن آرایش خطوط هم‌پتانسیل سطح آب زیرزمینی در شکل ۷ و هم‌چنین کم بودن پتانسیل سطح آب چاه‌ها در قسمت شمالی و جنوبی چشمه (شکل ۸) گویای نبود ارتباط هیدرولیکی پتانسیل سطح آب چشمه با چاه‌های اطراف آن است.

در راستای درک مناسب از ناهم‌گونی پتانسیل سطح آب زیرزمینی چشمه‌علی شهری و چاه‌های اطراف آن شکل شماتیک ۹ تهیه شده است. در شکل اختلاف پتانسیل سطح آب

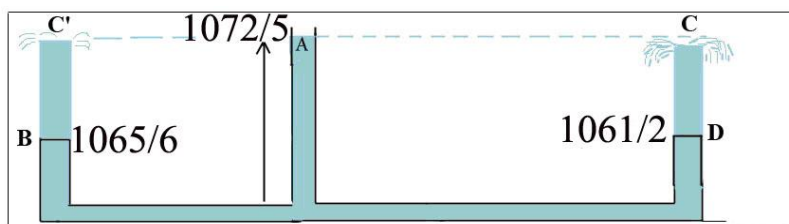
زیرزمینی در چاه شاهد شمال چشمه‌علی (B) در فاصله حدود ۵۲ متر) به میزان ۱۰۶۵/۶ متر از سطح دریا با رقم پتانسیل سطح آب چشمه‌علی به میزان ۱۰۷۲/۵ متر از سطح دریا (A) و همین اختلاف در چاه شاهد جنوب چشمه‌علی (D) در فاصله حدود ۹۷ متر) با پتانسیل سطح آب به میزان ۱۰۶۱/۲ متر از سطح دریا است که از قام اختلاف به ترتیب ۶/۹ و ۱۱/۳ متر است و



شکل ۷. نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی (A) و نقشه هم پتانسیل سطح آب زیرزمینی محدوده بررسی شده (B) (رسم شده بر مبنای آمار سازمان آب منطقه‌ای تهران)



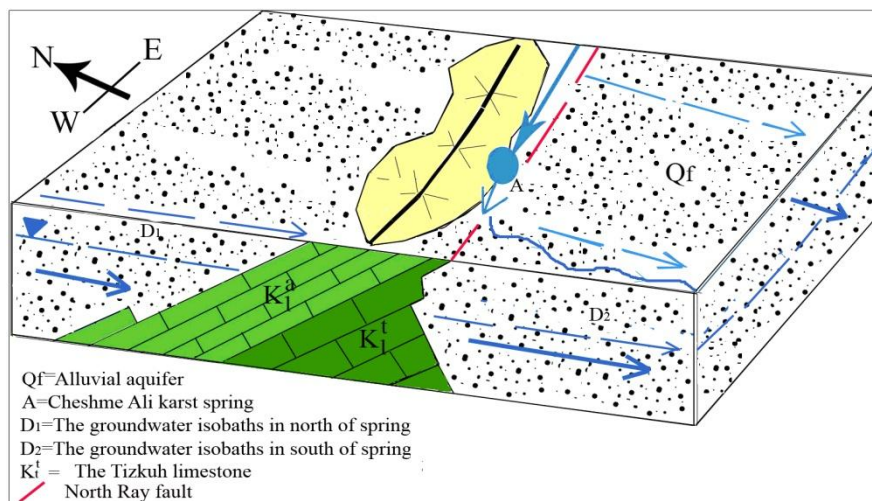
شکل ۸. نیم‌رخ پتانسیل سطح آب زیرزمینی چاه‌ها (سری ۱) و پتانسیل سطح آب چشمه‌علی (▼) در امتداد جنوبی - شمالی



شکل ۹. وضعیت پتانسیل سطح آب زیرزمینی در چشمه‌علی (A) و چاه مشاهده‌ای شمال (B) و چاه مشاهده‌ای جنوب (D)

گویای دو محیط هیدرولیکی متفاوت از هم است. در غیر این صورت با فرض ارتباط هیدرولیکی چشمه‌علی با آبخوان اطراف آن و چاه‌های شاهد B و D بر اساس شکل باید در چاه‌های مذکور پتانسیل سطح آب زیرزمینی مساوی و یا نزدیک به میزان پتانسیل سطح آب زیرزمینی چشمه‌علی می‌بود (C و C') که ارقام پتانسیل طبیعی گویای این امر نیست و گویای نبود ارتباط هیدرولیکی مابین چشمه‌علی شهری و آبخوان اطراف آن است. هم‌چنین بر اساس داده‌های موجود و نتایج تحقیق بلوک دیاگرام شماتیک جریان آب زیرزمینی در محیط آبخوان آبرفتی و محیط کارست چشمه‌علی در شکل ۱۰ ارائه شده است. چنان‌که

ملاحظه می‌شود خط جریان آب زیرزمینی آبرفت از شمال به جنوب و برخی از خطوط جریان در زیر زمین پس از برخورد به سنگ آهک متوقف شده و موجب بالا آمدن آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی شمال چشمه شده‌اند. اما پس از توده آهکی به سمت جنوب عمق سطح آب زیرزمینی افزایش یافته و آب منطبق بر سیستم کلی به جنوب جریان دارد. بنابراین آبخوان آبرفتی در شمال و جنوب چشمه‌علی پیوسته نیست و گویای دو آبخوان آبرفتی با شرایط هیدرولیکی متفاوت است. بر مبنای شرایط زمین‌ساختی اختلاف ذکر شده در اثر عملکرد گسل شمال شهرری ایجاد شده است. لازم به تذکر است که در نقشه‌های موجود سازمان آب منطقه‌ای آبخوان آبرفتی در شمال و جنوب چشمه‌علی به صورت پیوسته در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۰. بلوک دیاگرام شماتیک جریان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی و آبخوان کارستی چشمه‌علی شهرری

بررسی کیفیت آب زیرزمینی چاه‌ها و چشمه‌علی شهرری: در راستای بررسی کیفیت آب زیرزمینی ارقام کیفیت نمونه‌های آب چشمه‌علی شهرری و چاه شاهد در شمال و جنوب که از سازمان آب اخذ شده تجزیه و مشخصات آن در جدول ۲ درج شده است.

## جدول ۲. مشخصات کیفیت نمونه‌های آب چشمه‌علی، چاه‌های انتخابی در شمال و جنوب چشمه

So <sub>4</sub>	CL	Hco <sub>3</sub>	ph	TDS	Th	EC	Na	Mg	Ca	TH	مشخصات کیفی میلی اکی‌والان در لیتر
۴/۲	۴	۵/۹۱	۷/۴	۸۸۶	۳۶۴	۱۴۶۹	۷/۴	۲/۵	۴/۸	۲۲۲	چشمه علی
۲/۸	۱/۸	۳/۴	۷/۷	۴۶۸	۱۶۵	۷۸۱	۴/۳	۱/۱	۲/۲	۱۰۰	چاه شمالی
۵/۹	۵/۴	۶/۸	۷/۲	۱۱۰۲	۵۵۸	۱۸۳۷	۷/۱	۴/۳	۸/۳	۳۲۷	چاه جنوبی

چنان‌که ملاحظه می‌شود ارقام نتایج تجزیه شیمیائی آب چشمه‌علی شهری و چاه واقع در شمال و جنوب آن با یکدیگر اختلاف و تشابه دارند. اختلاف ترکیب شیمیائی آب چشمه با چاه شمال آن بسیار بیش‌تر از اختلاف ترکیب آب چشمه با چاه واقع در جنوب آن است که امری طبیعی و از دیدگاه این تحقیق بسیار مهم است. دلیل این تفاوت و مهم بودن آن در جریان آب زیرزمینی دشت با جهت شمال به جنوب است که نشان می‌دهد رابطه کیفی آب زیرزمینی چشمه با آب زیرزمینی چاه شمال چشمه منتفی است و با آب زیرزمینی چاه جنوبی امکان‌پذیر است. تشابه اصلی در ترکیب آب زیرزمینی چشمه و هر دو چاه تیپ آب کربناته سدیک با شدت و ضعف متفاوت است که علت آن‌را باید در گسترش واحدهای سنگ آهک در محدوده جستجو کرد. برای روشن شدن بحث میزان کربنات آب زیرزمینی در چاه شمال، چشمه و چاه جنوبی در راستای جهت جریان آب زیرزمینی دشت در نظر گرفته می‌شود. میزان کربنات آب زیرزمینی گویای آب با کیفیت مناسب و افزایش میزان سولفات آب زیرزمینی کاهش کیفیت را نشان می‌دهد. در چاه شمال چشمه‌علی شهری میزان کربنات ۲/۸ و در آب چشمه کارستی میزان کربنات ۴/۲ و در آب چاه جنوب غرب چشمه میزان کربنات ۵/۹ است. روند ذکر شده در جهت جریان آب زیرزمینی آبرفت کاملاً معکوس بوده است و میزان کربنات آب دشت آبرفتی در ابتدا زیاد و در پایین دست جریان میزان سولفات و کلر افزایش می‌یابد و افزایش میزان کربنات در جهت جریان از شمال به جنوب چشمه‌علی تحت تأثیر سازندهای آهکی دربرگیرنده چشمه است.

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق بر اساس پژوهش‌های زمین‌شناسی، چشمه‌علی شهرری از سازند تیزکوه کارستی ظاهر می‌شود (شکل ۲) و ساختمان زمین‌شناسی گویای شیب لایه‌های سازند تیزکوه به‌شمال و جهت ظاهر شدن آب چشمه شرقی- غربی است (شکل ۳). جریان چشمه افشان و نوع چشمه کارستی-گسلی است (جدول ۱). آب‌دهی چشمه علی شهرری کاملاً منطبق بر بارندگی و از آن تأثیرپذیر است (شکل ۵). وضعیت سطح آب زیرزمینی در چاه‌ها و چشمه (شکل ۶) و پتانسیل سطح آب چشمه و چاه‌های اطراف آن گویای دو محیط متفاوت هیدرولیکی است (شکل ۸). هم‌چنین از لحاظ ستون پتانسیل سطح آب زیرزمینی تفاوت بسیار مابین پتانسیل سطح آب چشمه و پتانسیل سطح آب زیرزمینی دوچاه در شمال و جنوب آن مشاهده می‌شود (شکل ۹). به لحاظ کیفی نیز کیفیت آب چشمه تفاوت زیادی با کیفیت آب چاه‌ها در شمال و جنوب چشمه دارد (جدول ۲).

نتایج حاصل از این تحقیق بدین شرح است:

۱. بررسی‌های زمین‌شناسی گویای نبود ارتباط هیدرولیکی آبخوان کارستی در سازند تیزکوه به‌عنوان منشأ آب چشمه‌علی و آب زیرزمینی آبرفتی دشت شهرری است.
۲. بررسی مشخصات چشمه‌علی شهرری گویای چشمه کارستی-گسلی با جریان افشان است که آب‌دهی آن تحت تأثیر بارندگی است و وضعیت سطح و تراز آب زیرزمینی چشمه گویای نبود ارتباط آن با آبخوان آبرفتی است.
۳. بررسی‌های کیفی تفاوت زیادی بین مشخصات کاتیون و آنیون آب چشمه و آب زیرزمینی چاه‌های اطراف نشان می‌دهد.
۴. وجود شرائط هیدرولیکی متفاوت در آبخوان آبرفتی شمال و جنوب چشمه‌علی گواه تأثیر گسل شمال شهرری و تشکیل دو آبخوان با شرائط متفاوت در شمال و جنوب گسل است.

### منابع

۱. بربریان مانوئل، قریشی منوچهر، ارژنگ روش بهرام، مهاجر اشجعی ارسلان، "پژوهش و بررسی ژرف نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه -گسلش در گسترهی شهرتهران و پیرامون"، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۵۶ (۱۳۶۴).
2. Tchalenko G. S., Berberian M., Iranmanesh H., Baily M., Arsovasky M., "Tectonic framework of the Tehran region, In: Materials for the study of seisomotectonics of Iran, North-central Iran", Geol.Surv.Iran (1974).
3. Gholami V., Azodi M., aghavaye T., Salimi, "Alluvial spring discharge in the central Alborz highlands and on the Caspian southern costs", Caspian journal of environmental science .Vol. 6, No. 1, (2008) 41-45.
4. Goldscheider N., Neukum C., "Fold and fault control on the drainage pattern of a double-karst aquifer system, Winterstaude Austrian Alps", Acta carsologica. 39/2-2010 (2010) 173-186.
5. Massei N., Qwang H., Jmahler B., Dupont J. P., "Transport of suspended solid from a karstic to an alluvial aquifer: The role of the karst/alluvial interface", Journal of hydrology. 01/2002: 260 (1) (2002) 88-101.
6. Polomcic D., Dragisic V., Zivanovic V., "Hydrodynamic modeling of a complex karst-alluvial aquifer: case study of prijedor groundwater source, republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina", Acta carsologica. 42/1. (2013) 93-107.
7. Raeisi E., "Groundwater storage calculation in karst aquifer with alluvial or no-flow boundaries", Journal of cave and karst studies. Vol.70, No. 1 (2008) 62-70.

8. Robert E., Mace, "Determination of Transmissivity from specific capacity Test in karst aquifer", Groundwater journal. Vol.35, issue 5 (2005) 738-742.
9. Torbarov K., "Jadan nacin obrade I interpretacija mernih podataka nivoa podzemne vodeu uslovima karst (A way of processing and interpretation of measurement data on groundwater levels in karst)", Transactions VII congress JKVB, Sarajevo, Yugoslavia (1966).
10. With W. B., "Geomorphology and hydrology of karst Terrains", Oxford university press (1988).