بررسی و یژگی های هیدروژئوشیمیایی و هیدرولوژیک غارهای قوری قلعه و کاوات استان کرمانشاه

عفت اسکندری[۱]، حسین محمدزاده[۲]*، حمیدرضا ناصری[۳]

۱ و ۲ - مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی(متآب))، گروه زمین شناسی ، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، کد و ص پستی: ۱۴۳۶- ۹۱۷۷۵، mohammadzadeh@um.ac.ir

۳- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

Effateskandari@yahoo.com

خلاصه

بررسی کیفیت منابع آبی به ویژه در سرزمین های کارستی، اهمیت قابل توجهی دارد. علاوه بر ویژگی های کیفی، خصوصیات کمی پدیده های درونی و بیرونی آبخوان های کارستی، ویژگی های سیستم را تا حدی نشان می دهد. در این پژوهش ویژگی های شیمیایی و هیدرولیکی غار های کاوات و قوری قلعه در محدوده مطالعاتی جوانرود، واقع در منتهی الیه شمال غربی استان کرمانشاه در مجاورت مرز ایران و عراق مورد بررسی قرار گرفته است. وجود دو غار آبی کاوات و قوری قلعه، در فاصله کمتر از دو کیلومتر، نشان دهنده پتانسیل بالای آبخوان کارستی در محدوده می باشد. به منظور بررسی ویژگی های هیدروژئوشیمیایی منابع مذکور طی دو دوره فصل های تر (دی ماه ۱۳۹۳) و خشک (مهر ماه ۱۳۹۴) نمونه برداری از منابع آبی صورت گرفت و نتایج با توجه به نمودار های متداول، تحلیل و بررسی شدند. بر اساس نسبت یونی کلسیم به منیزیم جنس سنگ مخزن غار های قوری قلعه و کاوات آهکی می باشد. بررسی هیدروگراف ها، نشان می دهند که تغییرات زمانی دبی در منابع کارستی، شدید می باشد و آبخوان واکنش سریعی نسبت به بارش های منطقه نشان می دهد. سیستم جریان مجرایی و زمان ماندگاری نسبی در کارست چندان زیاد نمی باشد. آنالیز عنصری نیز نشان دهنده دور بودن سنگ مخزن تامین کننده آب غار ها نسبت به خروجی آنها است.

کلمات کلیدی: غار های آبی، کاوات، قوری قلعه، هیدروژئوشیمیایی، هیدرولوژیک.

۱. مقدمه

امروزه با بیشتر شدن نیاز بشر به منابع آب زیرزمینی و وابستگی به منابع کارستی، اهمیت مطالعات کمی و کیفی در آبخوان های آهکی بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر پتانسیل قابل توجه کارست، این منابع به دلیل تفاوت با منابع آبرفتی، همواره در معرض خطر آلودگی قرار دارند. آلوده شدن مخازن کارستی لطمات جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد می کند. بررسی ویژگی های غار های آبی، به عنوان پیشرفته ترین پدیده های کارست عمقی، می تواند برخی از خصوصیات مهم سیستم پیچیده کارست را نمایش دهد. به کمک مطالعات هیدروژئوشیمی می توان به اطلاعاتی از جمله محل تغذیه، نوع مخزن آبخوان، مسیر حرکت و اختلاط منابع [1]، زمان ماندگاری نسبی آب در سیستم [2]، آلودگی های احتمالی و در نهایت تعیین کیفیت آب برای مصارف گوناگون، پی برد. کرمی و همکاران (۱۳۹۰) به منظور بررسی ارتباط آبخوان کارستی چشمه امام قیس در شهرستان بروجن از مطالعات هیدروژئوشمیایی و هیدروژئولوژیکی استفاده کردند و محل تغذیه چشمه و چاه های مجاور این محدوده را تعیین نمودند [3]. ولی نیا و همکاران (۱۳۹۰) به منظور تعیین سنگ منشأ آب‌های زیرزمینی دریکی از دشت‌های استان کرمانشاه از نسبت‌های یونی و همچنین نمایه‌های اشباع استفاده کرده و سنگ منشأ آب‌های زیرزمینی در این دشت را سازندهای آسماری- شهبازان تشخیص دادند [4]. غزنوی و همکاران در

---

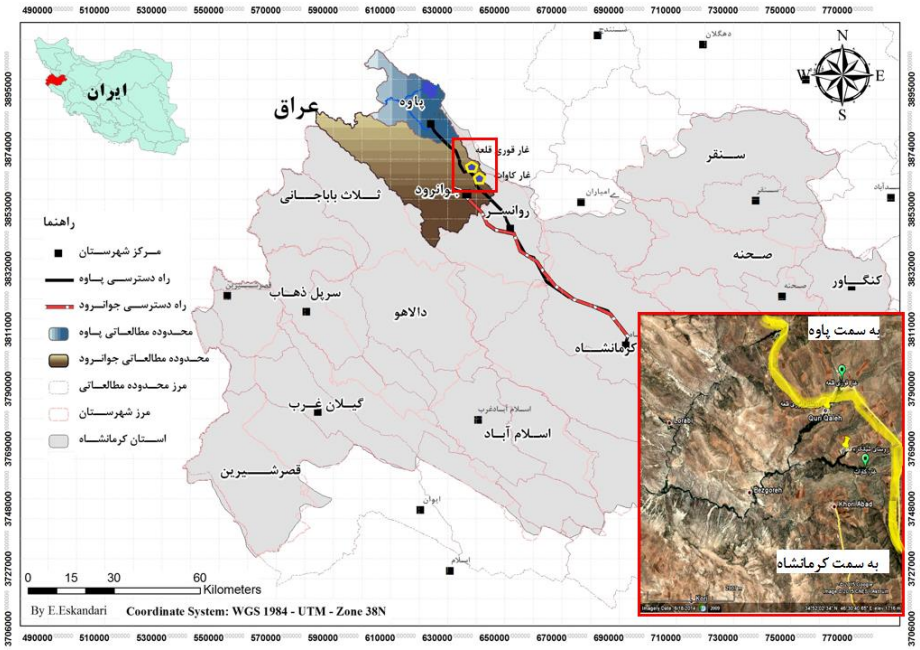
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی تهران

سال (۱۳۹۰)، به بررسی هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژی آبخوان‌های محدوده دشت ذهاب در استان کرمانشاه و در جنوب محدوده ی جوانرود پرداختند و با ترسیم نمودارهای ترکیبی، تیپ آب‌های موجود را بررسی و سازندهای تأثیرگذار بر کیفیت آب را تعیین نمودند [5]. شجاعی و همکاران (۱۳۹۰)، ویژگی های هیدروژئوشیمیایی و هیدرودینامیکی سه منبع کارستی در اطراف شهر مشهد را بررسی کردند و با تعیین غلظت یون های اصلی و قرار دادن نتایج آنالیز در مدل گیبس، منشا یون های موجود در آب را مشخص کردند[6]. خضری و مروتی (۱۳۹۴)، مخاطرات آلودگی شیمیایی آب غار قوری قلعه را تحلیل نموده و به این نتیجه رسیدند که برخی از عناصر غار مانند سرب و آرسنیک بیشتر از حد مجاز بوده و آب غار قابل آشامیدن نیست [7]. بررسی هیدروزئولوژیکی آبخوان های کارستی به وسیله تحلیل هیدروگراف چشمه ها امکان پذیر می باشد و بررسی هیدروگراف ها، واکنش سیستم به بارش و سیستم حرکت آب در مجاری کارستی را نشان می دهد.

غار قوری قلعه به عنوان طولانی ترین غار آبی آسیا با فاصله ۹۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان کرمانشاه و غار کاوات نیز در دامنه ی کوه شاهو در نزدیکی روستای شبانکاره، در فاصله دو کیلومتری غار قوری قلعه قرار در مسیر جوانرود به پاوه، واقع شده است [8]. در حال حاضر غار قوری قلعه تامین کننده آب شرب روستای قوری قلعه [7]، و غار کاوات نیز تامین کننده ی بخش مهمی از آب شرب شهر جوانرود می باشد. افزودنی است که درب غار کاوات به دلیل جلوگیری از ورود آلودگی های احتمالی، پلمب می باشد و در حال حاضر دیدن فضای داخلی غار برای گردشگران امکان پذیر نیست [9].

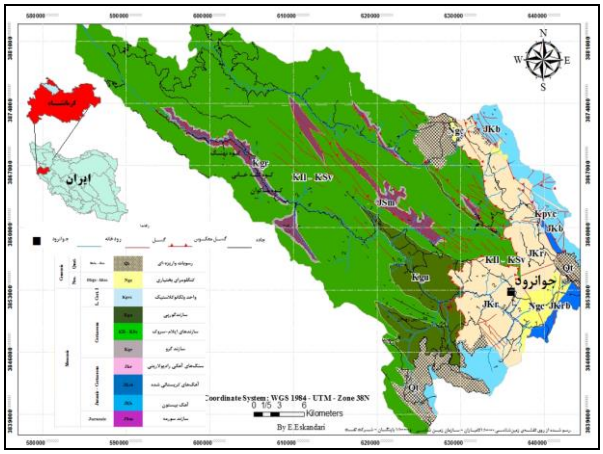
۲. معرفی منطقه

غار های قوری قلعه و کاوات در محدوده مطالعاتی جوانرود، که خود بخشی از زیر حوضه ی رودخانه‌های مرزی غرب محسوب می شود، قرار دارند. جوانرود در طول '۳۳ ۴۵ ° تا '۵۵ ۴۶° و عرض '۵۱ ۳۴ ° تا '۰۴ ۳۵ ° در استان کرمانشاه و در مجاورت مرز ایران و عراق، واقع شده است. راه دسترسی به غار های کاوات و قوری قلعه، مسیر ارتباطی کرمانشاه–روانسر– پاوه، می باشد (شکل ۱).



شکل ۱ – موقعیت و راه دسترسی به غار های کاوات و قوری قلعه

محدوده جوانرود عمدتاً در زون زاگرس چین خورده واقع شده و بخش اندکی از آن در زاگرس مرتفع قرار می‌گیرد[10]. در محدوده مطالعاتی جوانرود، سازند سورمه قدیمی‌ترین واحد و متعلق به ژوراسیک و جوان‌ترین واحدها نیز آبرفت‌های جوان کواترنری هستند. به دلیل گسترش سنگ آهک های ژوراسیک–کرتاسه (سازند بیستون)، آهک های کرتاسه و همچنین کنگلومرای پلئوسن، پتانسیل ایجاد منابع کارستی در سازند های رخنمون یافته در منطقه زیاد می باشد (شکل ۲).



شکل ۲ – نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی جوانرود

میانگین بارش سالیانه ایستگاه های هواشناسی جوانرود برابر با ۵۴۶/۶ میلی متر و میانگین درجه حرارت سالیانه نیز برابر با ۱۵/۲ درجه سانتی گراد است. محدوده مطالعاتی جوانرود بر اساس طبقه بندی دومارتن ، اقلیم مدیترانه ای دارد. تاکنون بررسی علمی در رابطه با بحث زمین شناسی و هیدروژئولوژی غار های قوری قلعه و کاوات صورت نگرفته و این دو غار صرفا از دیدگاه ژئومورفولوژی و ژئوتوریسم مورد توجه قرار داشته اند.

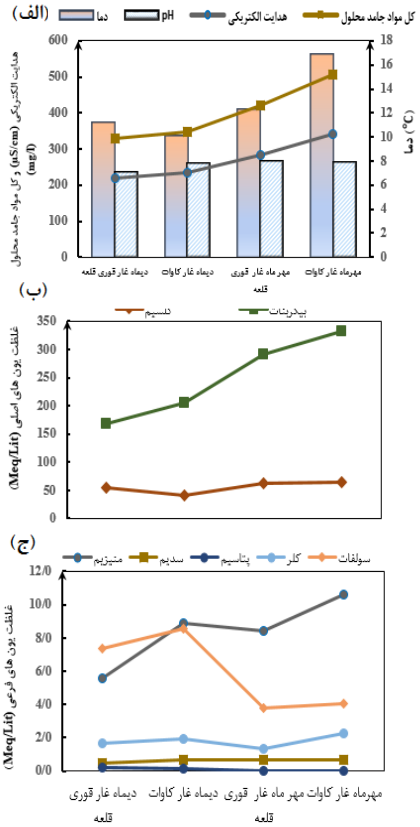
۳. مواد و روش

نمونه‌برداری از منابع کارستی محدوده‌های مطالعاتی پاوه و جوانرود بر اساس دستورالعمل‌ها و استانداردهای معمول جهانی و همچنین رعایت اصول آزمایشگاه های آنالیز کننده نمونه‌ها، صورت پذیرفت. به منظور بررسی کیفیت برخی منابع آبی در دو محدوده مطالعاتی پاوه و جوانرود، نمونه‌برداری در دو فصل تر (دی‌ماه ۱۳۹۳) و خشک (مهرماه ۱۳۹۴)، انجام شد. نمونه‌های برداشتی در ظروف ۲۵۰ میلی‌لیتری از جنس پلی‌اتیلن با چگالی بالا ریخته شدند و نمونه‌های مربوط به کاتیون‌ها نیز به‌منظور جلوگیری از جذب و رسوب، در محل نمونه‌برداری با مقدار ۵ cc اسید نیتریک غلیظ ($pH \leq 2$) اسیدی شدند. پارامترهای صحرایی از جمله هدایت الکتریکی[1] (EC)، مواد جامد محلول[2] (TDS)، دما (T)، pH، با استفاده از از دستگاه مولتی پارامتر سیار (VMR[3]) هم‌زمان با نمونه‌برداری از منابع انتخابی، اندازه‌گیری و ثبت شد. تمام نمونه‌ها در دمای کمتر از ۴ درجه نگهداری شده و در اسرع وقت نمونه های کیفی به آزمایشگاه هیدروژئوشیمی دانشگاه اتاوا[4] کانادا ارسال شد.

۴. ویژگی های هیدروژئوشیمیایی

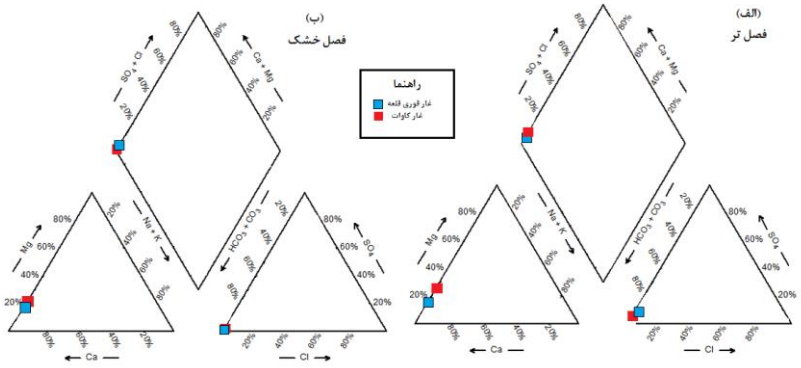
با توجه به نتایج آنالیز کیفی نمونه های آب در فصل تر و خشک تغییر چندانی ندارند و این امر مبین سهم بالای جریان پایه در تامین آب غار های کاوات و قوری قلعه می باشد. مقدار TDS در فصل های تر و خشک تقریبا ثابت مانده است و بررسی تغییرات پارامترهای صحرایی ازجمله EC، دما و pH در محدوده‌های موردمطالعه نشان می‌دهد که کیفیت آب منابع نوسان چندانی نداشته است (شکل۳).

[1] Electrical Conductivity
[2] Total Dissolved Solid
[3] VMR Handel Multi parameter Reserch Meters
[4] Otawa



شکل ۳ – پارامتر های صحرایی (الف)، غلظت یون های اصلی (ب) و یون های فرعی (ج)

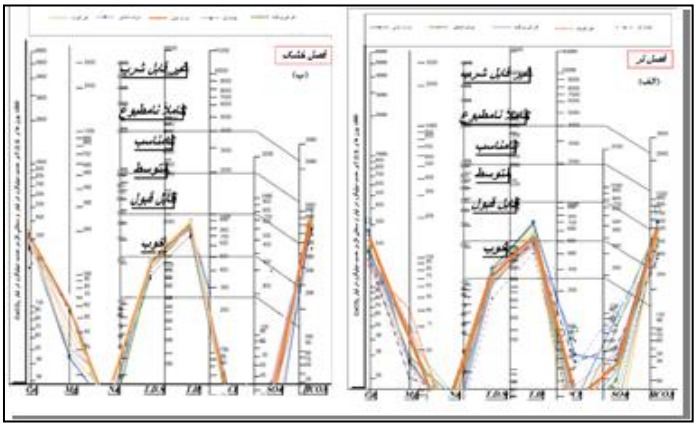
تمام منابع تیپ بی کربناته کلسیک دارند و تنها غلظت عنصر منیزیم در نمونه مربوط به غار کاوات به دلیل عبور آب از رسوبات و سازند های عهدحاضر بیشتر از غار قوری قلعه شده است (شکل۳ و ۴).



شکل ۴ – نمودار پایپر غار های قوری قلعه و کاوات در فصل های تر (الف) و خشک (ب)

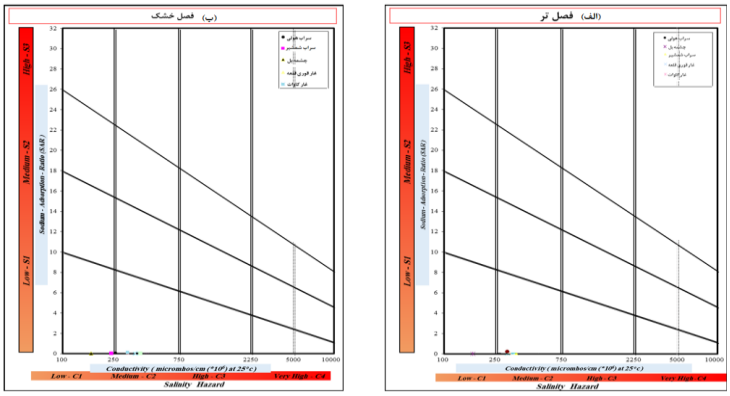
با توجه به نسبت یونی کلسیم به منیزیم در منابع آبی محدوده های مورد مطالعه، سنگ مخزن غارهای قوری قلعه و کاوات، آهکی است. نسبت کلسیم به منیزیم برای غار کاوات در فصل تر کمتر از ۳ (۲/۷) و در فصل خشک بیشتر از ۳ شده است. در فصل تر آب غار کاوات تحت تاثیر واحد های منیزیم دار قرار گرفته و در فصل خشک، بیشتر متاثر از واحد های کلسیتی است. بالا بودن نسبی مقدار منیزیم در فصل تر، احتمالا به دلیل عبور آب از رسوبات عهد حاضر و انحلال منیزیم می باشد. نسبت یونی Mg/(Mg+Ca) نشان دهنده هوازدگی سنگ‌آهک در منطقه (کمتر از ۰/۵) می باشد. نسبت بی کربنات به مجموع آنیون ها در منطقه نیز نشان دهنده هوازدگی کربنات ها (کمتر از ۰/۸) است [11].

موقعیت منابع آبی مورد مطالعه بر روی نمودار شولر نشان می دهد که منابع در بخش قابل قبول و خوب نمودار قرار دارند اما باید توجه داشت که در این نمودار، تنها یون‌های اصلی در نظر گرفته شده و مواد سمی و آلودگی‌های ارگانیکی و نیتراته لحاظ نشده است و با توجه به مطالعات خضری و مروتی (۱۳۹۴)، آب غار برای آشامیدن مناسب نمی باشد [7] (شکل ۵).



شکل ۵ – نمودار شولر منابع آبی محدوده های مورد مطالعه در فصل تر (الف) و خشک (ب)

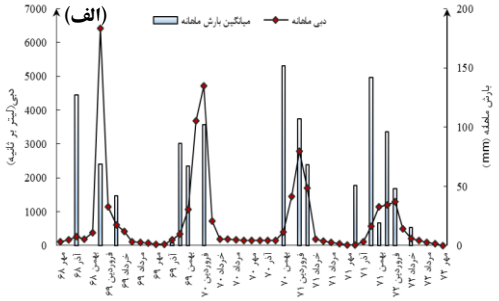
به منظور تعیین کیفیت منابع مورد مطالعه، نمودار اصلاح‌شده‌ی ویلکوکس [12]، برای فصل های تر و خشک ترسیم شد و هر دو منبع در گروه C2-S1 (کمی شور – مناسب) قرار گرفتند (شکل ۶).



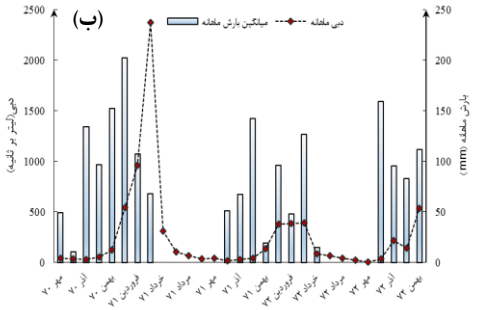
شکل ۶ – نمودار ویلکوکس منابع آبی محدوده های مورد مطالعه در فصل های تر (الف) و خشک (ب)

۵. بررسی ویژگی های هیدروژئولوژی

شکل هیدروگراف منابع تحت تاثیر عواملی از جمله زمین شناسی، انحلال پذیری سازند های رخنمون یافته و میزان پیشرفت کارست در منطقه تغییر می کند [13]، علاوه بر این با بررسی منحنی فرود چشمه ها، مقدار ذخیره آبخوان کارستی برآورد می شود [14] اما به دلیل موجود نبودن دبی روزانه برای منابع مورد مطالعه، تنها تغییرات زمانی آبدهی ماهانه در منابع مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات غار کاوات، در ادامه فاکتور هایی که در تعیین ویژگی های هیدروژئولوژی غار قوری قلعه مهم می باشند، مورد بحث قرار گرفته است.



هیدروگراف غار قوری قلعه در فاصله زمانی مهر ۱۳۷۰ تا بهمن ۱۳۷۲



هیدروگراف غار کاوات در فاصله زمانی مهر ۱۳۸۳ تا اسفند ۱۳۸۶

شکل ۷- هیدروگراف غار های قوری قلعه (الف) و کاوات (ب)،(داده های دبی ماهانه از دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه ای کرمانشاه و داده های بارش ماهیانه متعلق به ایستگاه های هواشناسی پاوه و جوانرود می باشد)

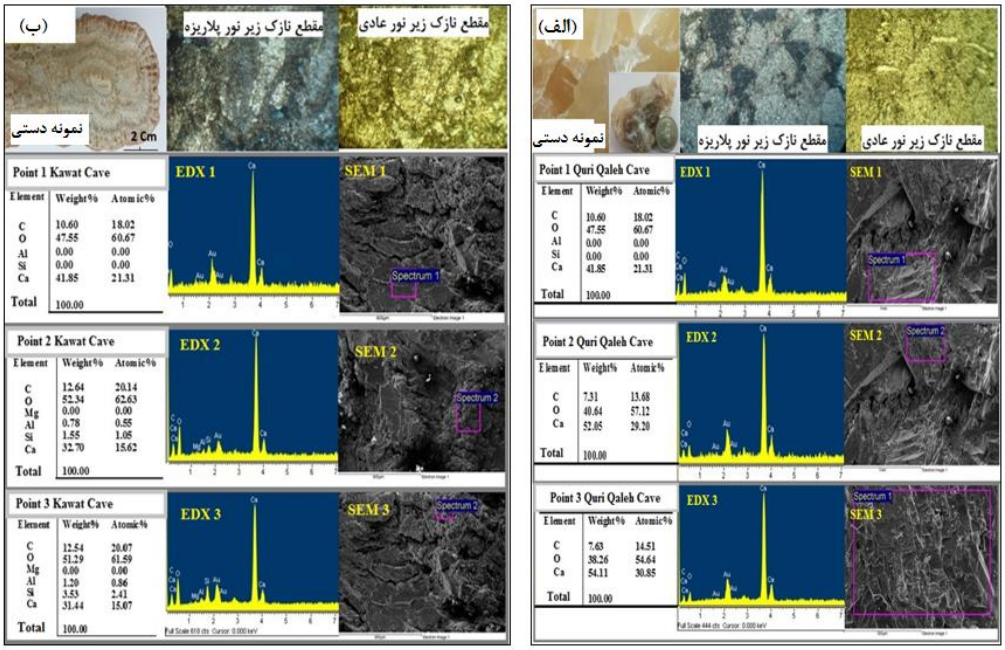
با توجه به هیدروگراف ها، تاثیر پذیری غار ها نسبت به بارش های منطقه زیاد می باشد، طوری که با آغاز بارندگی در فصل تر، مقدار دبی افزایش داشته و در ماه های فروردین و اردیبهشت به دلیل تغذیه از آب حاصل از ذوب نزولات جوی زمستان، مقدار دبی به بیشترین مقدار خود می رسد (شکل ۷). در غار قوری قلعه، به دلیل جریان مجرایی آب، سیستم کارست به بارش های منطقه واکنش سریع نشان می دهد و دبی غار بلافاصله پس از تغذیه افزایش می یابد. با توجه به شکل آب حاصل از بارندگی آبان تا بهمن ۱۳۷۱ بر هیدروگراف غار تاثیر نگذاشته و مقدار دبی در سه ماه اسفند، فروردین و اردیبهشت تقریبا ثابت است و پیکی در سال آبی ۷۱ – ۷۲ مشاهده نمی شود. عدم انطباق می تواند ناشی از عدم ثبت دقیق دبی و یا تغییری در حوضه آبگیر این غار باشد (شکل ۷ – الف). شیب تند هیدروگراف غار کاوات (شکل ۷- ب) نشان دهنده تاثیر بسیار سریع بارندگی و یا آب حاصل از ذوب برف، بر دبی خروجی از غار (به ویژه در فروردین ماه) است. حوضه آبریز ظاهری غار کاوات حدود ۲۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده است، اما دبی زیاد آب در این غار باید از حوضه آبریز وسیع تری تامین شده باشد [15]. از آنجا که غار ها سیمای کارست درونی محسوب می شوند، واکنش سریع به بارش دور از انتظار نیست. تا انتهای سال آبی ۷۰-۶۹ مقدار آب خروجی و بارندگی تطابق قابل قبولی دارند اما پس از این سال آبی دبی غار کاهش یافته است. احتمالا در حوضه ی آبگیر غار تغییری رخ داده، رخ داده است.

غار قوری قلعه قلعه در کنتاکت دو لایه ی آهکی و کنگلومرایی به وجود آمده است [16].شکل گیری غار قوری قلعه از دوران مزوزوئیک (۲۲۵ میلیون سال قبل)، آغاز و تا ۶۵ میلیون سال پیش در دوران ترشیاری تکمیل شده و تشکیل هسته ی اصلی غار به ۱۶۰ میلیون سال قبل باز می گردد. در واقع غار قوری قلعه ۶۵ میلیون سال قبل به وجود آمده و از ۲ میلیون سال پیش، شکلی شبیه به حال حاضر به خود گرفته است وهر بیست سال نیز، یک سانتی متر به طول استالاگتیت ها و استالاگمیت ها در غار، افزوده می شود [9]. سطح مقطع غار زاویه دار است و الگوی تک مسیره، نشان می دهند که ساختار غاردر ارتباط با سیستم های گسلی است [17]. سطح آب در غار قوری قلعه، در حوالی سطح آب زیرزمینی و در برخی نقاط نیز در زیر سطح آب زیرزمینی واقع شده است. با توجه تقسیم بندی هوگت [1] (۲۰۰۷)، این غار در گروه فراتیک با مجرای به هم پیوسته قرار دارد [18].

[1] Huggett

۶. ترکیب سنگ شناسی غار قوری قلعه و غار کاوات

آنالیز های عنصری نشان می دهد که عنصر اصلی در نمونه غار قوری قلعه، کلسیم با بلور های هم بعد است. هم بعد بودن بلور ها نشان دهنده ی نهشته شدن کانی در شرایط اشباع نزدیک به تعادل است [19]. امکان داردکلسیت های موجود در غار، طی دیاژنز مجدد کانی آراگونیت ایجاد شده باشد، چرا که کانی آراگونیت در درجه حرارت و فشار سطحی ناپایدار است و طی دیاژنز مجدد می تواند به کلسیت تبدیل شود [20]. در نمونه مربوط به غار کاوات، علاوه برعنصر کلسیم، عنصر سیلسیم نیز مشاهده می شود. با توجه به اینکه نتایج آنالیز های هیدروژئوشیمیایی نشان دهنده مقداری منیزیم در نمونه آب های مربوط به این دو غار (به ویژه در غار کاوات) است، می توان نتیجه گرفت که مخزن اصلی تامین آب این غار ها فاصله زیادی تا محل خروجی دارد و عدم حضور منیزیم در ترکیب دو نمونه سنگی نیز نشان دهنده پیشرفته بودن توسعه ی کارست در منطقه می باشد.



شکل ۷ – نمونه دستی، مقطع نازک در نور پلاریزه و عادی و نتایج آنالیز EDX و تصاویر SEM نمونه غار قوری قلعه (الف) و کاوات (ب)

۷. نتیجه گیری

مطالعات کیفی نشان می دهد که تیپ آب در تمامی منابع بیکربناته – کلسیک و مقدار نیترات در تمام منابع در بازه مطلوب و پایین‌تر از حد استاندارد (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار دارد. در فصل تر به دلیل تغذیه و عبور آب از رسوبات عهد حاضر، مقدار منیزیم در آب، نسبت به فصل خشک افزایش داشته است. سنگ مخزن غار های قوری قلعه و کاوات از جنس آهک می باشد. نسبت یونی Mg/(Mg+Ca) در منابع آبی مورد مطالعه نشان دهنده هوازدگی سنگ‌آهک در منطقه است. نمونه های آب منابع انتخابی در محدوده های مطالعاتی پاوه و جوانرود برای مصارف شرب و کشاورزی و صنعت، قابل قبول و خوب می باشند، اما با توجه به اینکه در نمودار شولر عناصر سمی لحاظ نشدند و مطالعات پیشین نیز نشان دهنده غلظت بالای آرسنیک و سرب در آب غار می باشد، کیفیت آب به منظور شرب، نامناسب می باشد. هیدروگراف غار ها نشان دهنده توسعه زیاد کارست و واکنش سریع سیستم به بارش های منطقه است. آنالیز عنصری نمونه سنگ غار کاوات، بیانگر دور از منشاء بودن آب این غار است.

۸. تشکر و قدردانی

این تحقیق با استفاده از حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه با کد CN:KSHW-92123 و کد ملی ۱۳۱۸۴۳-۷۵۹۷ انجام‌شده است، لذا از کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه و دانشجویان تحصیلات تکمیلی متآب که در طی عملیات صحرائی یاریگر بوده‌اند، نهایت تشکر را به عمل می آوریم.

۹. مراجع

1. Langmuir, D. (1997). Aqueous Environmental Geochemistry. New Jersey: Prentice-Hall.
2. Goldscheider, N., & Drew, D. (Eds.). (2007). Methods in Karst Hydrogeology: IAH: International Contributions to Hydrogeology, 26

۳. کرمی، غ. خسروی سوادجانی،ر و طاهری، ع. (۱۳۹۰)، "بررسی وجود و یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان کارستی چشمه امامقیس با چاه های آب مجاور"، *هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران*، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، http://www.civilica.com/Paper-ICEGE07-ICEGE07_232.html

٤. ولی نیا، ح، ناصری، ح. نخعی، م. و فتوت م، (۱۳۹۰)، "تعیین سنگ منشأ آب های زیرزمینی با استفاده از نسبت های یونی (مطالعه موردی : دشت حسن آباد،کرمانشاه) "، سی امین گردهمایی علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، http://www.civilica.com

٥. غزنوی، ک. کرمی غ. و سلیم ق. (۱۳۹۰)،"بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و هیدروژئولوژیکی آب دشتهای آبرفتی مجاور سراب نیلوفر در استان کرمانشاه"، هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، http://www.civilica.com

٦. شجاعی، م. محمدزاده، ح وفتحی نجفی، ع. (۱۳۹۱)،"بررسی و مقایسه خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و هیدرودینامیکی چشمه های کارستی مزار، اندرخ و چشمه گیلاس. اولین همایش زمین شناسی فلات ایران (ص. ۸). کرمان: دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.

۷. خضری، س. مروتی م. (۱۳۹۴)،"ارزیابی مخاطرات آلودگی شیمیایی آب کارستی غار قوری‌قلعه"، مجله دانش مخاطرات، تهران، دانشگاه تهران.

۸. باباخانزاده, ادریس، ۱۳۸۹، ارزیابی موانع توسعه گردشگری در مجموعه تفریحی- توریستی غار قوری قلعه، *دومین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا*، تهران، دانشگاه تهران، http://www.civilica.com/Paper-IGSCUT02-IGSCUT02_114.html

۹. مکی, م. خ. (۱۳۸۳). جاذبه‌های گردشگری اورامانات (غار قوری قلعه). انتشارات موسسه فرهنگی، هنری و سینمایی کوثر.

۱۰. آقا نباتی, ع. (۱۳۸۳). " زمین‌شناسی ایران". تهران: سازمان زین شناسی و اکتشافات معدن ایران.

11. Hounslow, A. (1995). *Water quality data: analysis and interpretation*. CRC press.
12. Wilcox, L. (1955). Classification and use of irrigation waters.
13. Ford, D., & Williams, P. D. (2013). *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons.
14. . Milanovic, P. T. (1981). Karst hydrogeology. In *Karst hydrogeology*. Water Resources Publications.

۱۵. موسسه تحقیقات منابع آب ایران. (۱۳۶۵). "گزارش ردیابی غار کاوات".

16. Raeisi, E, (2002), “Carbonate Karst caves in Iran”, In: Kranjc A (ed) Evolution of karst: from prekarst to cessation. Ljubljana-Postojna,pp 339–344.
17. White, W.B. (1988), Geomorphology and hydrology of a karst terrains. Oxford University press.
18. Huggett, R. (2007). *Fundamentals of geomorphology*. Routledge.
19. Taylor. C. J. & Greene, E. A., (2001), Quantitative Approaches inCharacterizing Karst Aquifers, In Eve L. Kuniansky, editor, 2001, U.S.Geological Survey Karst Interest Group Proceedings, Water-ResourcesInvestigations Report 01-4011, p. 164-16 .

۲۰. کریمی ورد نجانی, ح. (۱۳۸۹). هیدروژئولوژی کارست. شیراز: انتشارات ارم شیراز.