

ارزیابی توسعه کارست در تاقدیس کینو با استفاده از داده های هیدروشیمی و ایزوتوپی

حسین کریمی وردنجانی^۱، منوچهر چیت سازان^۱، حاجی کریمی^۲، عباس چرچی^۱

۱- دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشگاه ایلام

hkarimivardanjani@yahoo.com

خلاصه

به منظور شناخت خصوصیات توسعه کارست در تاقدیس کینو از بررسی های هیدروشیمیایی و ایزوتوپی در کنار شناخت منابع آب، آبدهی و تعیین حوضه آبرگیر چشمه ها استفاده گردید. نتایج مطالعات بیانگر دو سیستم کارستی سازند سروک و آسماری در این تاقدیس می باشد که در هر دوی آنها نقش جریان مجرانی قابل توجه است. نتایج بررسی ها بر اهمیت چشمه سوسن به عنوان مهمترین تخلیه کننده تاقدیس با آبدهی متوسط حدود ۲۴ متر مکعب بر ثانیه تأکید می نماید. مطالعات ایزوتوپی بیانگر منشاء جوی تمامی منابع انتخابی است و خصوصیات ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ و دوتریوم انجام شده بیانگر ارتفاع تغذیه بالاتر چشمه سوسن می باشد. نتایج آنالیزهای $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ نشان دهنده عدم تأثیرپذیری میزان سولفات چشمه از سازند گرو (کانی پیریت) است. در این باره به نظر می رسد سازند پایده گورپی از طریق گسل مفارون مسئول افزایش زیاد سولفات چشمه سوسن در فصل خشک است.

۱. مقدمه

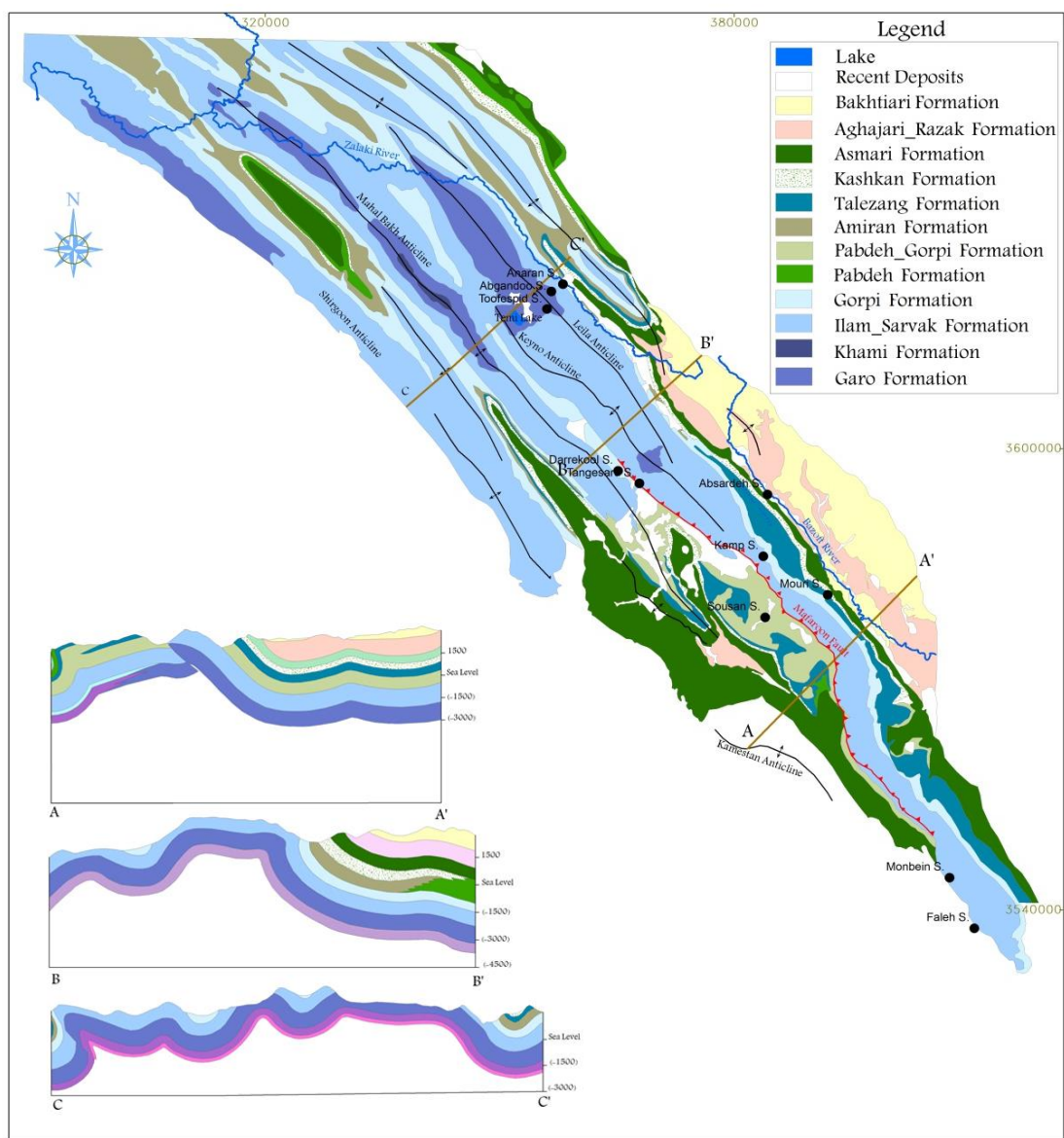
در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران، منابع آب کارستی همواره به عنوان یکی از منابع قابل اتکا از نظر کمی و کیفی جهت مصارف شرب مد نظر می باشد. استفاده از روش های غیر مستقیم، مخصوصاً تفاسیر هیدروشیمیایی، ایزوتوپی و آبدهی چشمه ها به عنوان یکی از راهکارهای تجزیه و تحلیل توسعه کارست در این آبخوان ها مورد استفاده قرار میگیرد. از جمله مناطق آهکی ایران که تا کنون مطالعه جامعی بر روی منابع آب آن صورت نگرفته، تاقدیس کینو می باشد. خروج بزرگترین چشمه ایران (کریمی وردنجانی و همکاران ۱۳۹۲) از این تاقدیس و وجود انواع مختلف پدیده های کارستی نظیر پولیه دریاچه تمی، سینک هول و ... جذابیت این منطقه جهت بررسی بیشتر را دوچندان نموده است. به لحاظ جغرافیایی یال جنوب غربی این تاقدیس در استان خوزستان، یال شمال شرقی آن در استان چهار محال و بختیاری (منطقه بازفت) و پلانچ شمال غربی آن در استان لرستان قرار دارد و از نظر مختصات جغرافیایی در موقعیت $49^{\circ}14'$ تا $49^{\circ}44'$ طول شرقی و $32^{\circ}24'$ تا $32^{\circ}54'$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

۲. مواد و روش ها

پس از انجام مطالعات زمین شناسی و هواشناسی، برداشت نمونه و آنالیز آنها به صورت ماهیانه و در صورت لزوم هفتگی و روزانه (در فصل تر) در دستور کار قرار گرفته است. بدین منظور پس از نمونه برداری اولیه از تمامی منابع آب، اندازه گیری صحرایی دبی، pH، EC و دما (این پارامترها توسط دستگاه EC و pH متر ساخت شرکت HACH برداشت گردیده است)، منابع معرف با توجه به اهمیت آنها از لحاظ آبدهی انتخاب گردیده و نمونه برداری ماهیانه در فصل خشک و نمونه برداری های متعدد در فصل تر از آنها به مدت بیش از یک سال در دستور کار قرار گرفت. همچنین از منابع آبی منطقه، شامل چشمه ها، باران (از سه ایستگاه باران سنجی در ارتفاعات مختلف)، رودخانه لیرو و برف جهت آنالیزهای ایزوتوپی نمونه برداری گردید. علاوه بر این، در طول تحقیق، اندازه گیری آبدهی و تجزیه و تحلیل نوسانات آبدهی با استفاده از مولینه، اشل و داده های قبلی انجام گردید. نمونه های آب برداشت شده جهت آنالیزهای هیدروشیمی به آزمایشگاه سازمان آب و برق خوزستان، جهت آنالیزهای ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ و دوتریوم به آزمایشگاه انستیتو علوم مجارستان و جهت آنالیز $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ به آزمایشگاه مرکز تحقیقات هسته ای مجارستان (HEKAL) ارسال شد.

۳. زمین شناسی منطقه

مهمترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای رخنمون یافته در تاقدیس کینو به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارتند از سازند شیلی و مارنی گرو، سازند آهکی ایلام-سروک، و سازند آهکی آسماری. پراکندگی سازندهای زمین‌شناسی محدوده تاقدیس در شکل ۱ ارائه گردیده است. مهمترین عارضه ساختاری منطقه، گسل مفارون می‌باشد. این گسل دارای راستای شمال‌غرب - جنوب‌شرق بوده و از تنگ سرد در قسمت میانی تاقدیس شروع شده و با گذر از منطقه چلو و سوسن سرخاب وارد پلاژ تاقدیس بعدی می‌گردد. با توجه به مشخصات گسل و موقعیت چشمه سوسن سرخاب، به نظر می‌رسد گسیختگی ناشی از گسل کینو باعث خروج آب از تاقدیس کینو و جاری شدن چشمه سوسن سرخاب شده است.

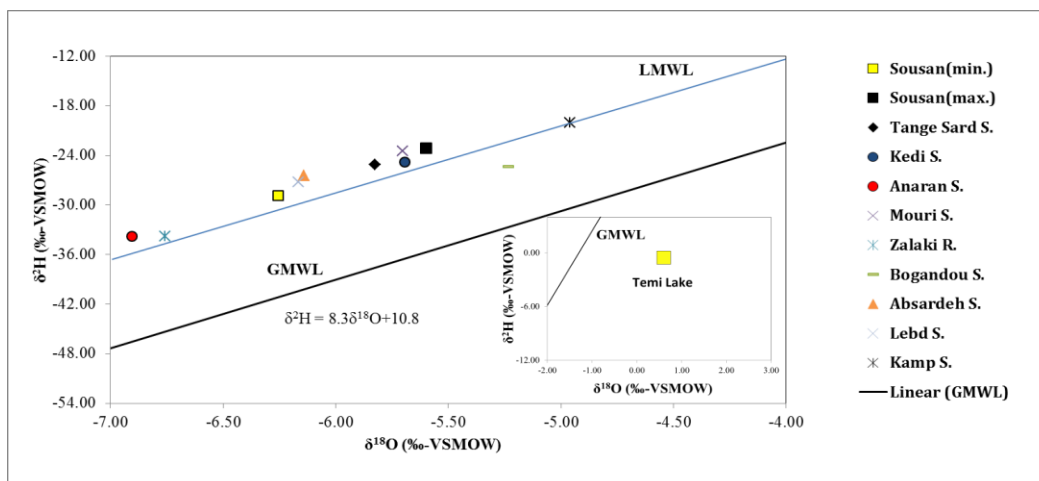


شکل (۱): نقشه زمین شناسی و موقعیت منابع آب تاقدیس کینو

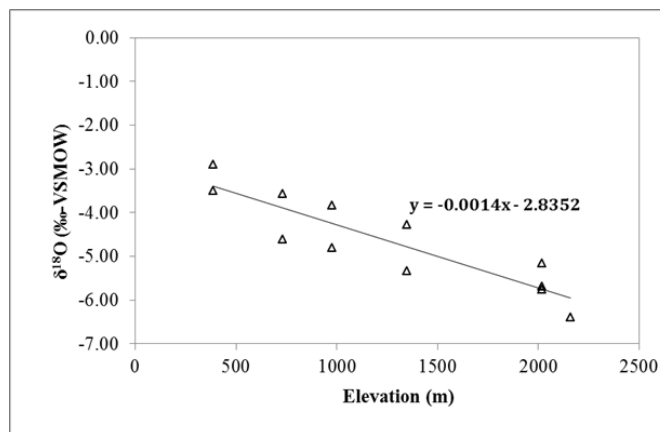
۴. نتایج و بحث

مهمترین منابع آبی تاقدیس کینو شامل چشمه های بزرگ سوسن سرخاب (شامل سه خروجی)، تنگ سرد، آب سرده، لبد، آبشار موری، دره کول، کمپ تاراز، دریاچه تمی و چند چشمه کوچک مطابق با شکل ۱ می باشد. بر این اساس در ادامه ابتدا وضعیت هیدروشمی و ایزوتوپی کلی تاقدیس مورد بحث قرار گرفته و سپس نتایج مربوط به هر کدام از چشمه های معرف منطقه تحلیل می گردد.

با توجه به نتایج نمونه های برداشت شده از باران منطقه، و همچنین استفاده از نتایج آنالیزهای قبلی موجود، خط آب جوی محلی جهت تاقدیس کینو رسم گردید. شکل ۲ این خط را به همراه محل نمونه های اخذ شده از منطقه نشان می دهد. چنان که مشخص است منابع آبی منطقه به جز دریاچه تمی که اثر تبخیر شدید را نشان میدهد، در مجاورت خط آب جوی محلی قرار گرفته که نشان دهنده منشأ جوی آنهاست. همچنین با توجه به نمونه های باران مزبور، نمودار ارتباط بین ارتفاع و مقدار اکسیژن ۱۸ رسم گردید که جهت تعیین ارتفاع متوسط حوضه تغذیه چشمه ها مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳). در ادامه در مبحث مربوط به هر چشمه، توضیحات بیشتری ارائه شده است. بر اساس متوسط مقادیر آنیون ها و کاتیون ها در منابع آبی نمونه برداری شده نمودارهای پایپر تهیه گردیده (شکل ۵) که نشان میدهد عمده منابع آب منطقه از نوع آبهای کربناته معمولی (۷-۲ میلی اکی والان در لیتر) می باشد.



شکل (۲): موقعیت منابع آبی منطقه مورد مطالعه بر روی خط آب جوی



شکل (۳): نمودار ترکیب ایزوتوپ بارش نسبت به ارتفاع بر اساس نمونه های برداشت شده از تاقدیس مورد مطالعه

۴-۱. چشمه سوسن سرخاب

۴-۱-۱. خصوصیات کلی

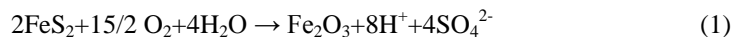
بزرگترین چشمه ایران، تحت عنوان چشمه سوسن سرخاب در یال جنوب غرب تاقدیس کینو، در حوالی روستای سربازار واقع شده است. این چشمه که دارای آبدهی متوسط حدود ۲۴ متر مکعب بر ثانیه می باشد، دارای دو دهنه خروجی اصلی تحت نام های محلی ابراهیم مردان (در موقعیت ۳۶°۵۷'۳۵" و ۲۰°۳۴'۳۸" در مختصات UTM) و چاله شه (در موقعیت ۲°۵۷'۳۵" و ۲۸°۳۴'۳۸" در مختصات UTM) بوده که به ترتیب دارای ارتفاع ۷۵۰ و ۳۳۰ متر از سطح دریا بوده و در فاصله حدود ۳۵۰ متری از یکدیگر قرار دارند. همچنین یک خروجی کوچکتر نیز در بین این دو قرار دارد. بر اساس نتایج مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی سه خروجی مزبور دارای تشابه بسیار زیادی با یکدیگر بوده و از اینرو دارای یک منشأ می باشند. میزان $\delta^{18}\text{O}$ در سه خروجی ابراهیم مردان، چاله شه و میانی در تاریخ ۱۳۹۲/۹/۲۶ به ترتیب ۶/۲۳-، ۶/۲۵- و ۶/۲۹- در هزار بوده است. بر همین اساس این سه چشمه در ادامه مقاله به عنوان یک چشمه واحد که دارای سه مظهر است مورد بحث قرار میگیرد.

۴-۱-۲. آبدهی و تعیین حوضه آبریز

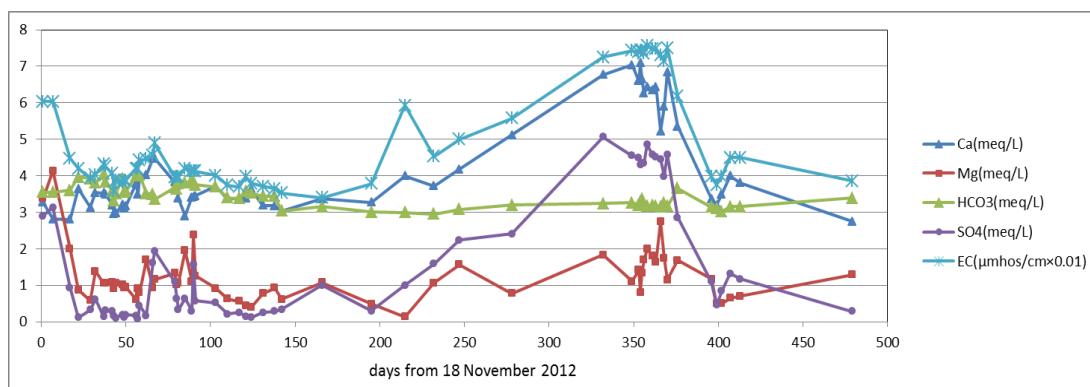
با توجه به فاصله زیاد از مرکز و صعب العبور بودن مسیر چشمه و از همه مهمتر، آبدهی بالای چشمه که اندازه گیری به روش های معمول را غیر ممکن می سازد، داده های قبلی آبدهی چشمه سوسن محدود به دی ماه سال ۱۳۸۷ تا آذر ماه سال ۱۳۸۸ می باشد که توسط سازمان آب و برق انجام شده است. بر این اساس حداکثر و حداقل آبدهی چشمه در سال آبی ۸۸-۸۷ به ترتیب ۴۵/۳۴ و ۷۴/۱۱ متر مکعب بر ثانیه و متوسط آبدهی در سال مزبور ۲۶/۱۹ متر مکعب بر ثانیه بوده است. با این وجود، از آنجا که سال آب ۸۸-۱۳۸۷ یک سال بسیار خشک بوده، آبدهی های مذکور کمتر از متوسط دراز مدت است. جهت بررسی این امر آبدهی چشمه در سه تاریخ مختلف مجدداً توسط مولینه و با استفاده از قایق اندازه گیری شده و در محل اندازه گیری یک اشل نصب و آمار آن قرائت گردید. سپس با توجه به داده های به دست آمده هیدروگراف چشمه تهیه و متوسط آبدهی آن حدود ۲۴ متر مکعب در ثانیه تعیین گردید. مشاهدات صحرائی پس از بارش های عمده نشان میدهد که پاسخ چشمه به بارش سریع (دو تا سه روز پس از بارش) می باشد و توربیدیته آب در این زمان بالاست. این شواهد نشان دهنده جریان مجرائی است، لیکن پایین بودن نسبت دبی حداکثر به حداقل (حدود ۳) بیانگر غالب بودن جریان مجرائی نیست. در این باره به نظر میرسد که قسمت های مختلف تاقدیس در زمان های متفاوت در آبدهی چشمه ایفای نقش می نمایند که مؤید جریان افشان کاذب (کریمی، ۱۳۸۲) می باشد. بر همین اساس از محاسبه ضرایب فرود و تفسیر آنها خودداری شده است. به منظور تعیین ارتفاع متوسط حوضه آبریز چشمه سوسن، مقادیر ایزوتوپ های اکسیژن ۱۸ و دوتریوم این چشمه نسبت به نمودار ترکیب ایزوتوپی بارش-ارتفاع منطقه (شکل ۳) مورد استفاده قرار گرفت که نشان میدهد سینک هول های موجود در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر، نقش مهمی در تأمین آب چشمه ایفا میکنند.

۴-۱-۳. هیدروشیمی و تعیین منشأ سولفات

مطابق با شکل ۷، فاصله بین بارش تا مینیمم هدایت الکتریکی، حدود ۲۰ روز می باشد که همین عدد را می توان به عنوان زمان تأخیر اولین پالس تغذیه به خروجی چشمه دانست. جهت تدقیق این امر، مقادیر اندیس اشباع کلسیت (SIC) و دولومیت (SID) در بازه مورد نظر توسط نرم افزار PhreeQC محاسبه و در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است. روند تغییرات این پارامترها مؤید نتایج ذکر شده در مورد هدایت الکتریکی بوده و از طرف دیگر نشان دهنده این است که سیستم کارستی با وجود رخداد بارندگی سنگین فوق الذکر کماکان نسبت به کلسیت اشباع است. بررسی میزان یونهای موجود در آب چشمه نشان می دهد که مقدار یونهای کلسیم و بیکربنات در مقایسه با بقیه یونها بیشتر می باشد که علت آن وجود گاز دی اکسید کربن و همچنین حلالیت بالای کربنات کلسیم است. پس از کلسیم دومین کاتیون از نظر اهمیت منیزیم است که نشان دهنده انحلال دولومیت است. از طرف دیگر چنانکه در شکل (۴) مشاهده میشود، در بین آنیون ها، بیشترین تغییرات مربوط به یون سولفات می باشد. از آنجا که میزان بالای سولفات در چشمه های سازند سروک گزارش نشده است، جهت تعیین منشأ سولفات چشمه سازندهای مجاور سازند سروک مورد بررسی قرار گرفت. از میان این سازندها سازند گرو با داشتن پیریت می تواند مطابق با معادله (۱) ایجاد یون سولفات نماید.



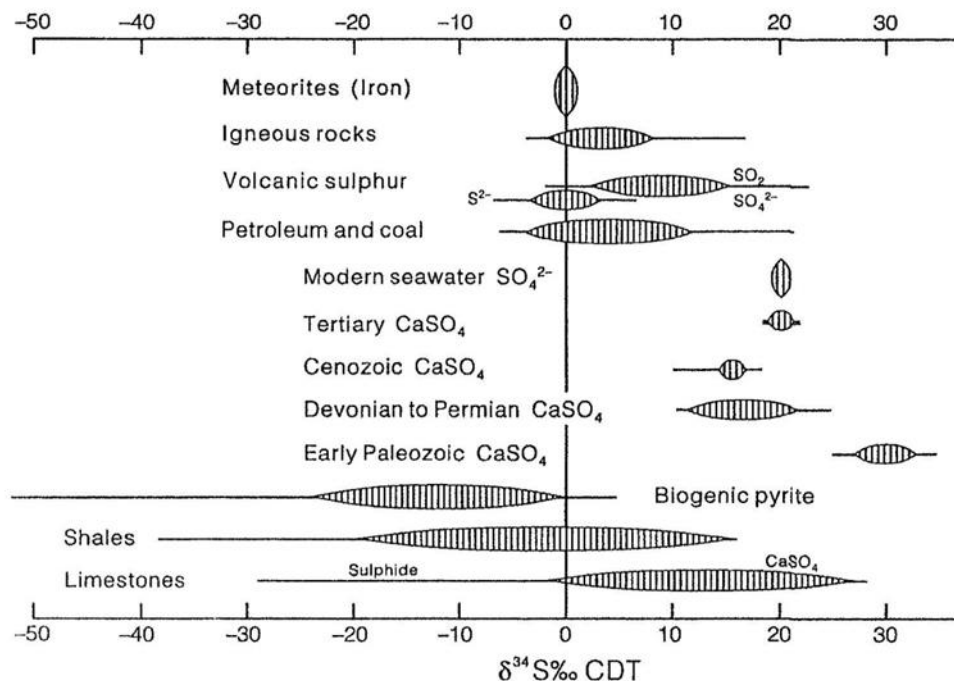
از طرف دیگر سازند شیلی و مارنی پابده-گورپی نیز عموماً باعث افزایش یون سولفات در چشمه های مرتبط با خود میگردد. به منظور تعیین منشاء یون سولفات، از نسبت ایزوتوپی $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ استفاده گردید. به این منظور تعداد سه نمونه مربوط به سه تاریخ مختلف که در محدوده بیشترین، کمترین و حالت متوسط از نظر یون سولفات قرار داشتند برداشت و آنالیز گردید. نتایج به دست آمده با محدوده ارائه شده جهت این نسبت جهت منشاء های مختلف (شکل ۵) مقایسه و در نتیجه با رد گزینه پیریت، سازنده پابده-گورپی در طول ناودیس جنوبی تاقدیس کینو از طریق گسل مفارون به عنوان محتمل ترین عامل افزایش یون سولفات در انتهای فصل خشک معرفی گردید.



شکل (۴): تغییرات میزان یون های مختلف در چشمه سوسن در طول زمان

جدول (۱): میزان $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ در سه تاریخ مختلف چشمه سوسن

date	EC(micromhos/cm)	SO_4^{2-}	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$
22/ 7/ 92	725	5.06	13.4
30/ 4/ 92	500	2.24	16.9
19/ 12/ 92	386	0.28	16.4



شکل (۵): محدوده $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ جهت منشاء های مختلف (Clark & Fritz, 1997)

۴-۲. چشمه تنگ سرد

خروجی اصلی یال جنوب غربی تاقدیس کینو چشمه تنگ سرد می باشد. این چشمه از نوع چشمه های کنتاکتی بوده که در دره ای بالاتر از روستای لمر و از موقعیت $X=367924$ و $Y=3595460$ در ارتفاع حدود ۱۳۷۰ متر بالاتر از سطح دریا و در کنتاکت بین سازندهای سروک و گورپی خارج می گردد. حوضه آبرگیر این چشمه شامل سازند سروک بوده و متوسط آبدهی آن در طول دوره مطالعه حدود یک متر مکعب بر ثانیه بوده است. همچنین ماکزیمم آبدهی این چشمه در انتهای خرداد ماه ۱۳۹۲ به میزان حدود ۱/۲ متر مکعب بر ثانیه می باشد.

نتایج نمونه برداری های انجام شده بین آذر ماه ۱۳۹۱ تا تیر ماه ۱۳۹۲ نشان میدهد که حداقل هدایت الکتریکی این چشمه به میزان ۲۲۹ میکروموس بر سانتیمتر در انتهای خرداد ماه ۹۲ اتفاق افتاده که نشان دهنده اثر ذوب برف می باشد. اختلاف زمانی وقوع این حداقل نسبت به چشمه آبشار موری را می توان به سهم بیشتر جریان افشان در حوضه آبرگیر چشمه تنگ سرد نسبت داد. متوسط نسبت Ca/Mg این چشمه در دوره مطالعاتی حدود ۴ می باشد که مربوط به سازند سروک است. تغییرات نسبتاً کم در پارامترهای فیزیکوشیمیایی چشمه می تواند ناشی از حوضه آبرگیر متقارن و همچنین سهم عمده جریان افشان در آن باشد. با توجه به اینکه چشمه سوسن با توجه به حجم بالای آبدهی خود قطعاً تخلیه کننده اصلی آبخوان تاقدیس کینو می باشد و با توجه به تفاوت ترکیب ایزوتوپی چشمه تنگ سرد با سوسن (که مبین غنی شدگی بیشتر در زمان مشابه است) می توان چنین نتیجه گرفت که حوضه آبرگیر چشمه تنگ سرد شامل مناطق کم ارتفاع تر یال جنوبی تاقدیس کینو می باشد و احتمالاً ارتباطی با سینک هول های مناطق مرتفع تاقدیس کینو ندارد.

نمودارهای ترکیبی دو متغیره و نمودار جانکوسکی جهت چشمه تنگ سرد ترسیم گردید که شرایط مشابهی را با چشمه سوسن نشان میدهد.

۴-۳. چشمه های دره کول و اناران

چشمه دره کول چشمه ای فصلی است که همانند چشمه تنگ سرد از کنتاکت سازندهای سروک و پابده گورپی در موقعیت $X=365187$ و $Y=3597086$ خارج می شود. آبدهی این چشمه در اواخر بهار و اوایل تابستان آغاز گردیده و در اوایل پاییز خشک می شود. آبدهی این چشمه در

تاریخ ۹۲/۴/۳۰ توسط مولینه ۳۵۳ لیتر بر ثانیه اندازه گیری شده است. در همین زمان هدایت الکتریکی این چشمه حدود ۱۴۱ میکروموس بر سانتیمتر و دمای آن ۱۱ درجه سلسیوس بوده که همه داده ها و شواهد مزبور بیانگر تغذیه نقطه ای این چشمه از طریق ذوب برف در سینک هول های موجود در ارتفاعات تاقدیس کینو می باشد. با این وجود نتایج اندازه گیری $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^2\text{H}$ در آب این چشمه نشاندهنده غنی تر بودن آن نسبت به چشمه اناران که دارای شرایط آبدی و هیدروشیمیایی مشابه است، می باشد. این امر را می توان به ارتفاع پایین تر منطقه تغذیه چشمه دره کول و یا اثر غنی شدگی برف در طی ذوب آن در طول سال نسبت داد (جدول ۴). چشمه های اناران شامل مجموعه چشمه هایی در یال شمالی تاقدیس لایلا بوده که به صورت کنتاکتی (کنتاکت با سازند گرو) سازند سروک را تخلیه میکنند. از بین این چشمه ها چشمه اناران ۱ با آبدی حدود نیم متر مکعب بر ثانیه در موقعیت $X=358140$ و $Y=3621362$ در ارتفاع ۱۰۱۷ متر از سطح دریا خارج می شود. همچنین آبدی مجموعه چشمه های اناران ۲ و ۳ و ۴ که در فاصله حدود ۲۰ متری از یکدیگر در موقعیت $X=358035$ و $Y=3621577$ در ارتفاع ۱۰۱۲ متر از سطح دریا خارج می شوند حدود ۲۰۰ لیتر بر ثانیه بوده و مانند چشمه اناران ۱ مستقیماً به رودخانه لیرو میریزند. چشمه اناران ۵ با آبدی حدود ۱۵۰ لیتر بر ثانیه از موقعیت $X=358440$ و $Y=3621144$ خارج می شود. با توجه به تغییرات شدید آبدی (طبق اظهار اهالی محل) و خصوصیات هیدروشیمیایی و ایزوتوپی، احتمالاً این چشمه از طریق یک یا چند مجرا به سینک هول های حاوی برف در ارتفاعات کینو متصل بوده و در واقع نماینده آبخوان خاصی نمی باشد.

۴-۴ چشمه آبشار موری

چشمه موری در موقعیت $X=392013$ و $Y=3580951$ از نوع کنتاکتی بوده و از سازند آسماری تخلیه می شود. در طول دوره مطالعات، متوسط آبدی این چشمه حدود ۷۱۰ لیتر بر ثانیه، حداکثر آبدی این چشمه مربوط به اواسط فروردین ۹۲ به میزان حدود ۹۷۶ لیتر بر ثانیه و حداقل آن مربوط به تیرماه ۹۲ به میزان حدود ۳۰۰ لیتر بر ثانیه می باشد.

چشمه آبشار موری به عنوان معرف سازند آسماری، از انتهای آذر ۹۱ تا انتهای مرداد ۹۲ مورد نمونه برداری و آنالیز قرار گرفته است (شکل ۱۱). بر اساس نتایج آنالیز ها، تیپ آب این چشمه نیز بیکربناته کلسیک می باشد. هدایت الکتریکی آب این چشمه به طور متوسط حدود ۵۲۰ میکروموس بر سانتیمتر می باشد. حداکثر مقدار این پارامتر در نهم بهمن ۹۱ به میزان ۶۵۲ میکروموس بر سانتیمتر اتفاق افتاده که این موضوع مشابه با چشمه تنگ سرد بوده و احتمالاً ناشی از جریان پیستونی آب های با زمان ماندگاری بالا به درون چشمه است. همچنین حداقل هدایت الکتریکی در این چشمه، در تاریخ ۲۴ اسفند ۹۱ اتفاق افتاده و سپس با سرعت نسبتاً زیادی رو به افزایش نهاده است. مقایسه زمان وقوع حداقل هدایت الکتریکی نسبت به چشمه سوسن می تواند بیانگر ارتفاع نسبتاً پایین حوضه آبرگیر چشمه و اثرات ذوب زود هنگام برف باشد. بررسی عوامل موثر در افزایش هدایت الکتریکی در این چشمه به عنوان معرف سازند آسماری و چشمه سوسن به عنوان معرف سازند سروک نشان می دهد که متوسط میزان یون کلر در چشمه موری بسیار بیشتر از چشمه سوسن است (۱/۷۹ در مقابل ۰/۳۷ میلی اکیوالان بر لیتر) و همین عامل نقش مستقیمی در افزایش و کاهش هدایت الکتریکی چشمه دارد (شکل ۱۱). با این وجود عامل اصلی در تغییرات هدایت الکتریکی چشمه سوسن، یون سولفات است. متوسط یون سولفات در سه خروجی مختلف چشمه سوسن بین ۱/۵ تا ۳ میلی اکیوالان بر لیتر است در حالیکه این میزان در مورد چشمه موری فقط ۰/۶ میلی اکیوالان بر لیتر می باشد. میزان بالای یون کلر را می توان در دیگر چشمه خروجی از سازند آسماری، یعنی چشمه آب سرد هم به میزان ۱/۹۳ میلی اکیوالان بر لیتر مشاهده نمود. از طرف دیگر متوسط نسبت یون Ca/Mg در آب چشمه مزبور حدود ۱/۹ می باشد که میزان مورد انتظار از سازند آسماری است. بر این اساس ارتباط حوضه آبرگیر این چشمه با سازند سروک منتفی می باشد.

۴-۵ چشمه آب سرد

این چشمه که در یال شمالی تاقدیس های کینو و لایلا قرار دارد، از موقعیت $X=384300$ و $Y=3593991$ و از ارتفاع حدود ۱۷۴۰ متر از سطح دریا در مجاورت جاده آسفالت شهرکرد به مسجد سلیمان خارج می شود. از لحاظ زمین شناسی این چشمه سازند آسماری را تخلیه می کند. از لحاظ ساختمانی، در محل خروج چشمه آب سرد تاقدیس لایلا خاتمه یافته است، لذا این چشمه را می توان مربوط به پلانچ جنوبی تاقدیس کینو دانست. آبدی این چشمه به طور متوسط ۹۶۰ لیتر بر ثانیه بوده و در طول سال دارای تغییرات نسبتاً زیادی است، به طوری که در انتهای خرداد ماه ۹۲ نزدیک به ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه بوده و حدود دو ماه بعد به حدود ۴۰۰ لیتر بر ثانیه رسیده است. این امر نشان دهنده نقش عمده جریان سریع ناشی از ذوب برف در

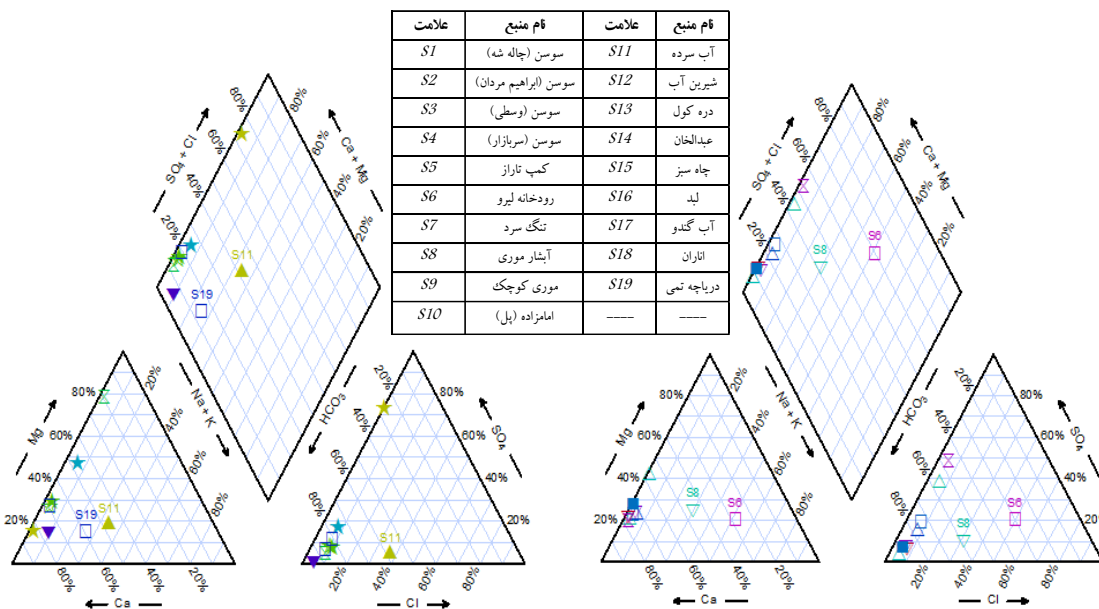
حوضه آبرگیر آن می باشد، لیکن با توجه به عدم وجود سینک هول در ارتفاعات، این انتقال آب می تواند از سطوح لایه بندی و شکستگی ها صورت پذیرد.

۴-۶. چشمه آب گندو

در موقعیت $X=356648$ و $Y=3620408$ و در ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا چشمه ای گوگردی خارج می شود که اهالی منطقه به دلیل بوی بد، به آن آب گندو می گویند. کیفیت این چشمه احتمالاً در اثر عملکرد گسل های مرتبط به شورابه های نفتی و یا نقش پیریت (FeS_2) موجود در سازند گرو ایجاد شده و هدایت الکتریکی آن ۱۰۶۰ میکروموس بر سانتیمتر می باشد. همانگونه که انتظار می رود این میزان از هدایت الکتریکی عموماً ناشی از بالا بودن یون سولفات (حدود ۹/۷۶ میلی اکیوالان بر لیتر) است. با این وجود چنانکه در شکل ۳ آمده است، این چشمه ظاهراً منشأ جوی دارد. تدقیق این موضوع نیازمند آنالیزهای کامل تری می باشد.

۴-۷. دریاچه تمی

دریاچه یا شط تمی شاخص ترین منبع آبی در ارتفاعات منطقه مورد مطالعه می باشد. از نظر هیدروژئولوژیکی این دریاچه را می توان جزء پولزه های بسته تقسیم بندی نمود با این وجود باید توجه داشت که کف این دریاچه شامل سازند نسبتاً نفوذناپذیر گرو می باشد که از این نظر با تعریف تپیک پولزه متفاوت است و در واقع می توان آن را یک پولزه فرسایشی نام نهاد. هدایت الکتریکی آن بسیار پایین و در حدود ۱۳۳ میکروموس بر سانتیمتر بود که بیانگر آب ناشی از ذوب برف است. در ارتفاعات مشرف به این دریاچه تعداد زیادی سینک هول مشاهده می شود که میتواند تغذیه کننده آن باشند. ارتفاع این دریاچه از سطح دریا حدود ۲۲۰۰ متر بوده و ابعاد آن حدود ۱ در ۱/۵ کیلومتر می باشد. اندازه گیری های ایزوتوپی در این دریاچه بیانگر تبخیر شدید آب است. به طوریکه $\delta^{18}O$ و δ^2H به ترتیب $-۰/۵۳$ و $۰/۶$ در هزار می باشند که این غنی شدگی میتواند نشان دهنده عدم تخلیه آب دریاچه و بسته بودن کامل سیستم آن باشد (شکل ۳)



شکل (۶): نمودار پایپر منابع آبی مختلف ناقدیس مورد مطالعه

۵. جمع بندی

به طور کلی وضعیت ژئومورفولوژی پیشرفته کارستی نظیر وجود پولیه تمی، سینک هول های متعدد در ارتفاعات و چشمه های پر آب مؤید توسعه کارست در تاقدیس کینو است. از این میان چشمه بسیار بزرگ سوسن با آبدهی متوسط حدود ۲۴ متر مکعب بر ثانیه که از سطح اساس تاقدیس خارج می شود نشان دهنده پیشرفت قابل توجه آبخوان کارستی این تاقدیس است. نحوه پاسخ پارامترهای فیزیکوشیمیایی این چشمه از جمله هدایت الکتریکی و تورییدیتی مشخصاً بیانگر مؤلفه عمده مجرائی است. با این وجود نسبت ماکزیمم به مینیمم آبدهی در این چشمه چندان بالا نیست که می توان آن را به طول زیاد تاقدیس و نقش جریانات مناطق مختلف تاقدیس نسبت داد.

بررسی خصوصیات چشمه های خارج شده از سازند آسماری بیانگر شرایط نسبتاً مشابهی از لحاظ زمان تأخیر پاسخ به بارش هاست با این وجود ترکیب شیمیایی آنها به وضوح با یکدیگر متفاوت است. نسبت پایین Ca/Mg در چشمه های سازند آسماری، میزان بالای یون سولفات در چشمه سوسن و میزان بالای یون کلر در چشمه های سازند آسماری (چشمه موری و آب سرده) از بارزترین این تفاوت هاست.

نتایج مطالعات ایزوتوپی بیانگر منشاء جوی تمامی منابع انتخابی است. از این میان چشمه بوگندو نیاز به مطالعات کامل تری دارد و همچنین دریاچه تمی غنی شدگی شدید ناشی از تبخیر را نشان میدهد که نشانگر بسته بودن سیستم هیدرولوژیکی آن است. ترکیب ایزوتوپی چشمه ها در مقایسه با بارش نشان دهنده ارتفاع کمتر حوضه تغذیه چشمه های آب سرده، تنگ سرد و موری نسبت به چشمه سوسن است و به نظر می رسد چشمه های اناران و دره کول صرفاً آب برف ارتفاعات را از طریق مجاری سریع انتقال داده و نماینده آبخوان واقعی نمی باشند.

به منظور تعیین منشاء یون سولفات، از نسبت ایزوتوپی $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصله، گزینه پیریت مردود و سازنده پابده-گورپی در طول ناودیس جنوبی تاقدیس کینو از طریق گسل مفارون به عنوان محتمل ترین عامل افزایش یون سولفات در انتهای فصل خشک معرفی گردید.

۶. منابع

چیت سازان، م؛ سیدی پور، م و میرزائی، ی، ۱۳۸۷. تعیین خصوصیات آبخوان کارستی چشمه برم جمال با استفاده از پاسخ های فیزیکی - شیمیایی، آب و فاضلاب، شماره ۶۸.

کریمی وردنجانی، حسین، ۱۳۹۴، هیدروژئولوژی و ژئومورفولوژی کارست، انتشارات ارم شیراز.

کریمی وردنجانی، ح، چیت سازان، م؛ کریمی، ح؛ محرابی نژاد، ع و زارعپور، م، ۱۳۹۲. خصوصیات هیدروژئولوژی و هیدروشیمی بزرگ ترین چشمه ایران، سوسن، هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

کریمی، ح، ۱۳۷۶. بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی چشمه ها و پیژومترهای تاقدیس پودنو فیروزآباد، رساله ی کارشناسی ارشد آب شناسی، بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز.

کریمی، ح، ۱۳۸۲. رفتار هیدروژئولوژیکی لایه های آبدار کارستی حوضه الوند کرمانشاه، پایان نامه دکتری، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز.

کشاورز، ت، ۱۳۸۲. بررسی منشاء آب لایه های آبدار آرتزین در محدوده ی سد خراسان ۳، پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز. کلاتری، ن؛ محمدی بهزاد، ح؛ چرچی، ع و کشاورزی، م، ۱۳۹۰. چشمه های کارستی به عنوان ساده ترین ابزار برای تعیین خصوصیات

هیدروژئولوژیکی آبخوان های کارستی، مطالعه موردی چشمه بی بی تلخون، استان خوزستان، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱ شماره ۲.

Cholet, C., Steinmann, M., Charlier, J-B & Denimal, S. 2015, Comparative Study of the Physicochemical Response of Two Karst Systems During Contrasting Flood Events in the French Jura Mountains, Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems, Editors: Andreo, B., Carrasco, F., Durán, J.J., Jiménez, P., LaMoreaux, J. (Eds.)

Clark, I. D., and Fritz, P. 1997, Environmental isotopes in hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 328 p.



Ford, D.C. & P.W. Williams 2007, Karst Hydrogeology and Geomorphology, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester.

Jankowski, J., Shekarforoush, S., Acworth, R.I., 1998, Reverse ion exchange in a deeply weathered porphyritic dacite fractured aquifer system, Yass, New South Wales, Australia. 9th International Symposium on Water Rock Interaction, 243-246.

Sauter, M., 1992, Quantification and forecasting of regional groundwater flow and transport in a karst aquifer (Gallusquelle, Malm, SW Germany). Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, C13, 150p.