Archive of SID

بررسی منابع تغذیه چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم

نصراله کلانتری، حمیدرضا محمدی بهزاد

بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز

hmbehzad@yahoo.com

خلاصه

چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون از جمله چشمه‌های پرآب استان خوزستان هستند که به ترتیب از تاقدیس‌های کمارون و پابده تخلیه می‌گردند. هر دو چشمه از منابع آبی متعددی (منابع آب سطحی و حوضه‌های کارستی مجاور) تغذیه می‌شوند که در بیشتر این منابع با یکدیگر اشتراک دارند. جهت بررسی این موضوع، از منابع آبی تغذیه کننده در ۲ دوره بارندگی و بعد از بارندگی نمونه‌برداری ایزوتوپی بعمل آمد و مقادیر اکسیژن ۱۸ ($\delta^{18}O$) و دوتریم (δD) آنها تعیین گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که سهم تغذیه چشمه‌ها از آب‌زیرزمینی حوضه‌های کارستی مجاور نسبت به منابع آب سطحی، قابل ملاحظه است.

کلمات کلیدی: چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون، منابع تغذیه، ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم

۱. مقدمه

در تجزیه و تحلیل مطالعات منابع آب کارست، شناخت منشأ آب ورودی به سیستم کارستی از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی آبهای ورودی به یک سیستم کارستی ممکن است از یک یا چندین منبع منشأ بگیرند (محمدی بهزاد، ۱۳۹۰). در پیچیده‌ترین شرایط، تغذیه می‌تواند هم از حوضه‌های کارستی مجاور و هم از منابع آب سطحی موجود در منطقه صورت بگیرد. چنین وضعیتی، در مناطق توسعه یافته کارستی ممکن است با ظهور چشمه‌هایی با آبدهی غیر قابل انتظار همراه باشد.

چندین تکنیک و روش‌های تلفیقی برای ارزیابی منابع تغذیه وجود دارد، اما تجربه نشان داده است که مطمئن‌ترین تکنیک استفاده از داده‌های ایزوتوپی است (کریمی، ۱۳۸۲؛ باقری ششده و همکاران، ۱۳۸۶؛ سیدی پور و همکاران، ۱۳۸۷؛ Andreo et al., 2004; Marques et al. 2013; Prtoljan et al., 2012; Jiang & Geo, 2010; Long et al., 2008; Kohfahl et al., 2008; Günay, 2006). از جمله این ایزوتوپ‌ها، ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن (^{18}O) و هیدروژن (^{2}H) موجود در آب‌هاست که به طور معمول در بررسی فرایندهای تغذیه و مکانیسم‌های جریان آب‌زیرزمینی در سیستم‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Clark and Fritz, 1997).

در این تحقیق سعی بر این بوده است تا با استفاده از داده‌های ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم، وضعیت تغذیه چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون واقع در شمال شرق استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲. وضعیت هیدروژئولوژیکی و زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

موقعیت ظهور چشمه سبزآب در کمر شکسته تاقدیس کمارون در پایین دست محل تخلیه آب توربین نیروگاه سد کارون ۱ (شهید عباسپور) و در تکیه‌گاه سمت راست سد، و موقعیت ظهور چشمه بی‌بی‌تلخون در کمر شکسته تاقدیس پابده (کوه ادیو) و در جناح چپ رودخانه تالوگ، در شمال شرق استان خوزستان قرار دارد. در واقع تاقدیس‌های کمارون و پابده، مهمترین تاقدیس‌های حاوی آب در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. این تاقدیس‌ها دارای روند NW-SE همراستا با روند عمومی رشته کوه‌های زاگرس هستند که بیشتر پوشش سطحی آن را آهک‌های سخت سازند آسماری (پالئوسن- میوسن) تشکیل داده است. ضخامت این سازند در منطقه مورد مطالعه حدود ۳۰۰ متر می‌باشد که توسط شیل و مارن‌های نفوذناپذیر پابده-

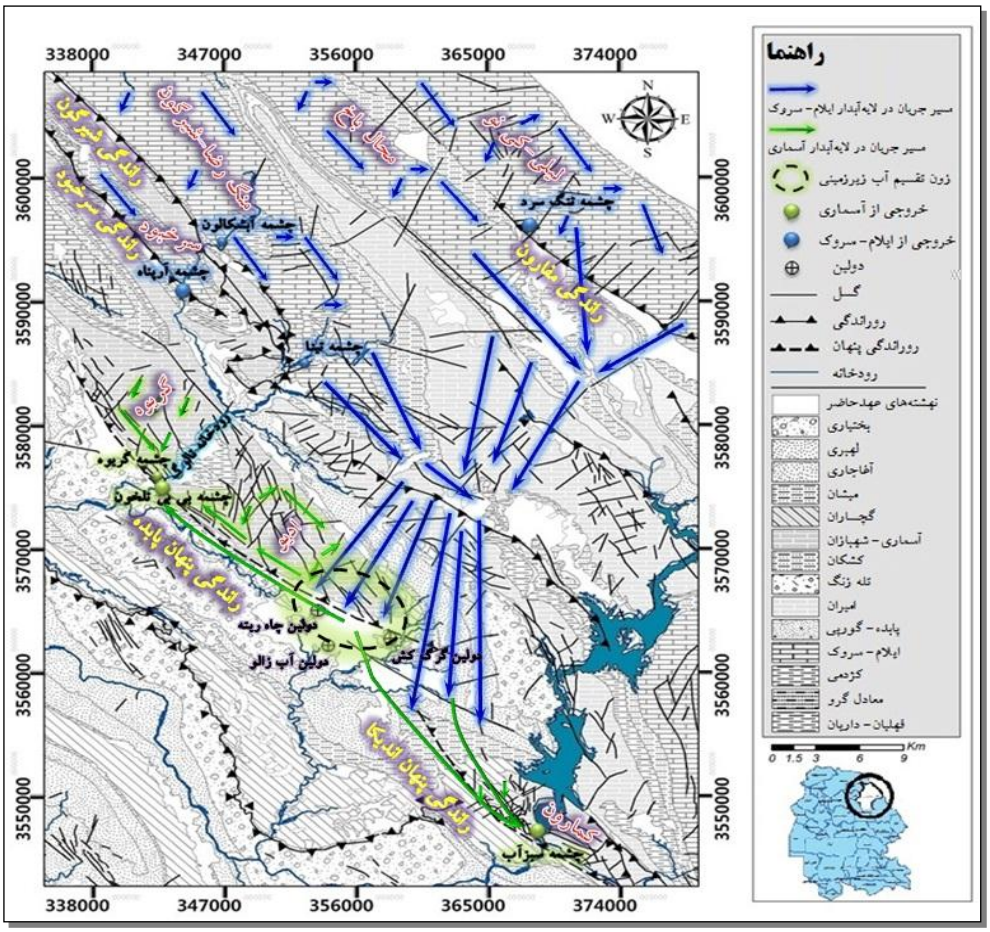
www.SID.ir

Archive of SID

گورپی (کامپانین- الیگوسن) در زیر و سازند گچساران با لیتولوژی مارن، ژیپس/انیدریت و هالیت (میوسن آغازی) از بالا و از جوانب محصور شده است.

از لحاظ تکتونیکی، چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون در راستای زون‌های خرد شده حاصل از عملکرد گسل راندگی پنهان اندیکا و گسل راندگی پنهان پابده قرار دارند. این شکستگی‌های پی سنگی، در واقع بخشی از پاره گسل‌ها یا قطعات ساختاری سامانه گسلی بالارود بحساب می‌آیند که موقعیت آنها بر محل گسل خمش جبهه کوهستان (Mountain Flexural Front) (بربریان، ۱۹۹۵) منطبق می‌باشند. عملکرد ساختاری و هیدروژئومورفولوژیکی این راندگی‌ها، نقش مهمی در ظهور چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون ایفا نموده است. بطوریکه در برابر آب‌های ورودی از نقاط دوردست به صورت یک سد هیدرولیکی عمل کرده و همچنین جهت جریان عمومی آب‌های‌زیرزمینی درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای را نیز کنترل می‌کنند. همچنین با ایجاد شکستگی‌های مهمی مانند گسله‌های طولی، نقش مهمی را در جهت دهی به جریان آب و توسعه آبخوان‌های کارستی چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون ایفا نموده‌اند.

از دیگر سیماهای تکتونیکی مهم در منطقه مورد مطالعه گسل‌های راستالغز چپ‌بر بالارود و راستالغز راست‌بر ایذه هستند که از گسل‌های اصلی و بنیادین در کمربند زاگرس چین خورده ایران بحساب می‌آیند. این سامانه‌های گسلی، نقش مهمی در برقراری ارتباط هیدرولیکی و موازنه آبی بین حوضه‌های کارستی مجاور و تأمین آبدهی چشمه‌های پرآب منطقه از جمله چشمه سبزآب و بی‌بی‌تلخون دارند. در واقع این گسل‌ها می‌توانند پتانسیل آبی بالای حوضه‌های کارستی مجاور را با کمبود آبدهی حوضه‌های کارستی کمارون (چشمه سبزآب) و ادیو (چشمه بی‌بی‌تلخون) موازنه نمایند (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت و هیدروژئولوژیکی منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

از لحاظ وضعیت هیدروژئولوژیکی، تغذیه چشمه سبز آب بسیار پیچیده‌تر از چشمه بی‌بی‌تلخون می‌باشد، بطوریکه محققان داخلی و خارجی هنوز موفق به شناسایی دقیق منابع تغذیه این چشمه نشده‌اند (شبان، ۱۳۹۰). با توجه به بررسی‌های بیلان اجمالی، تاقدیس کارستی کمارون تنها توانایی تغذیه حدود ۰/۲۴متر مکعب بر ثانیه از آب چشمه سبزآب را دارد و بیلان آبی آن شدیداً منفی است (جدول ۱). همچنین، حوضه کارستی ادیو حدود یک سوم از آب چشمه بی‌بی‌تلخون را می‌تواند تأمین نماید (جدول ۱) (محمدی بهزاد، ۱۳۹۰). بنابراین بخش اعظم آب این چشمه‌ها باید از یک منبع یا منابع دیگر تأمین گردد. بر اساس این بررسی‌ها، تقریباً بیش از دو سوم آب چشمه سبزآب از تاقدیس‌های کارستی مجاور (جدول ۱) و مقداری هم (به طور متوسط حدود ۲/۵ مترمکعب بر ثانیه) از آب دریاچه پشت سد تغذیه می‌شود (به نقل از قبادی، ۱۳۸۶). سهم اصلی تغذیه چشمه بی‌بی‌تلخون نیز از منابع تغذیه مشترک با چشمه سبزآب تأمین می‌شود. همچنین بخشی از آب این چشمه توسط رودخانه تالوگ تأمین می‌گردد (محمدی بهزاد، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است که این رودخانه فقط در نیمی از سال فعال است و یک رودخانه فصلی بحساب می‌آید.

جدول ۱- بیلان اجمالی آبخوان‌های کارستی چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون و حوضه‌های کارستی تغذیه کننده آنها در سال آبی ۸۸-۸۷ (شبان، ۱۳۹۰؛ محمدی بهزاد، ۱۳۹۰)

حوضه کارستی	سطح حوضه-آبگیر (km^2)	درصد نفوذ	متوسط بارندگی (mm)	مهمترین خروجی	حجم آب ورودی (mcm*)	حجم آب خروجی (mcm)	تفاضل حجم آب ورودی و خروجی (mcm)
کمارون	۲۲	۵۰	۶۸۴	چشمه سبزآب	۷/۵	۳۲۵	-۳۱۷/۵
ادیو	۷۲	۵۰	۵۸۷	چشمه بی‌بی‌تلخون	۲۱/۱	۶۷	-۴۵/۹
لیلی- کی‌نو	۱۹۴	۶۵	۱۱۲۴	تنگ‌سرد	۱۴۲	۵۲	۹۰
محال باخ	۱۶۸	۵۰	۱۰۲۳	گزارش نشده	۸۶	-	۸۶
منگ‌رضا- شیرگون	۳۱۱	۵۵	۹۴۱	چشمه‌های تینا و آبشکالون	۱۶۱	۱۳	۱۴۸

* mcm (million cubic meter): میلیون متر مکعب

از بین حوضه‌های کارستی مجاور که در تغذیه چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون مشارکت دارند، فقط حوضه کارستی لیلی-کی‌نو خروجی مهمی (چشمه تنگ‌سرد) دارد و بقیه حوضه‌های کارستی فاقد تخلیه کننده مهمی از خود می‌باشند. چشمه تنگ‌سرد از آهک‌های به شدت خرد شده ایلام-سروک (آلبین- سانتونین) در راستای راندگی مفارون ظاهر شده است. تغذیه این چشمه نقطه‌ای بوده و سریعاً به پارندگی‌های سطح حوضه پاسخ می‌دهد. مشخصات هیدروژئولوژیکی این چشمه به همراه مشخصات چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات هیدروژئولوژیکی چشمه‌های سبزآب، بی‌بی‌تلخون و تنگ‌سرد

چشمه	متوسط دبی (m^3/s)	متوسط هدایت الکتریکی (µmho/cm)	نوع آب	نوع جریان	ارتفاع ظهور چشمه (m)	سازند کارستی میزبان
سبزآب	> ۱۱	> ۵۸۰	بیکربناته کلسیک (کلروره سدیک)	مجرایی-انتشاری	۴۶۰	آسماری
بی‌بی‌تلخون	> ۱/۵	> ۱۰۰۰	کلروره سدیک (بیکربناته کلسیک)	مجرایی-انتشاری	۴۲۰	آسماری
تنگ‌سرد	> ۱	> ۲۴۰	بیکربناته کلسیک	مجرایی-انتشاری	۱۲۸۷	ایلام- سروک

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۱ مدل تفهیمی تغذیه چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون، و مسیرهای جریان‌های محلی و ناحیه‌ایی مشارکت دهنده در امر تغذیه این چشمه‌ها بخوبی نشان داده شده است. بخشی از این آب‌ها که به سمت حوضه کارستی کمارون و ادیو جریان می‌یابند، توسط راندگی‌های پنهان اندیکا و پابده سد هیدرولیکی می‌شوند و در فصل مشترک سازندهای آسماری و لایه‌های گچی و نمکی گچساران به سمت نقطه خروجی (چشمه) هدایت می‌شوند. به همین دلیل غلظت املاح (هدایت الکتریکی) و تیپ غالب آب چشمه‌ها تحت تأثیر لایه‌های گچی و نمکی مذبور قرار می‌گیرد. این مسئله بالاخص در مورد چشمه بی‌بی‌تلخون صادق می‌باشد، بطوریکه هدایت الکتریکی متوسط آب این چشمه بیش از ۱۰۰۰ µmho/cm و تیپ غالب آب آن نیز کلروره سدیک (بیکربناته کلسیک) است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد، حداقل دو مسیر یا کانال اصلی جریان می‌تواند در امر تغذیه چشمه سبزآب مشارکت داشته باشد (شبان، ۱۳۹۰ و محمدی بهزاد، ۱۳۹۰) که در شکل ۱ نشان داده شده است. یکی از این مسیرها با چشمه بی‌بی‌تلخون اشتراک دارد، ولی مسیر اصلی تغذیه چشمه سبزآب نسبت به مسیر اصلی تغذیه چشمه بی‌بی‌تلخون (یا مسیر تغذیه مشترک هر دو چشمه)، از لحاظ مسافتی دور می‌باشد که به علت واقع شدن در محل تلاقی زون‌های برشی ایذه و بالارود از خرد شدگی بیشتر و در نتیجه از مجاری عریضتری برخوردار است.

۳. مواد و روش‌ها

به منظور مطالعات ایزوتوپی در این تحقیق، از مهمترین منابع آبی محدوده مطالعاتی شامل چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون، چشمه تنگ‌سرد به عنوان نماینده حوضه‌های کارستی تغذیه کننده، مخزن سد شهید عباسپور به عنوان مهمترین منبع سطحی تغذیه کننده چشمه سبزآب و رودخانه تالوگ نیز به عنوان مهمترین ورودی سطحی تغذیه کننده آبخوان کارستی چشمه بی‌بی‌تلخون، ۲ دوره نمونه‌برداری ایزوتوپی در بهمن ۹۰-۸۹ (دوره بارندگی)، تیر ۹۰-۸۹ (دوره بعد از بارندگی)، بعمل آمد. علاوه بر آن، برای ترسیم خط آب جوی محلی از داده‌های ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ و دوتریم آب باران ناحیه زاگرس (کریمی، ۱۳۸۲) نیز بهره گرفته شد. نمونه‌ها پس از برداشت، جهت تعیین مقادیر ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ ($\delta^{18}O$) و دوتریم (δD) به آزمایشگاه Hatch Isotope دانشکده علوم دانشگاه اتاوای کانادا ارسال گردیدند که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

ترکیبات ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن تمام نمونه‌ها بوسیله دستگاه IRMS (Isotope Ratio Mass Spectrometry) تعیین گردیده است. جهت سنجش ایزوتوپ اکسیژن نمونه‌های آبی از موازنه متداول H_2O–CO_2 استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا حدود ۲ میلی لیتر از هر نمونه در دمای استاندارد ۲۵ ± ۱ °C با گاز CO_2 موازنه، و سپس گاز CO_2 با عمل برودت‌زایی در خط خلأ تصفیه شده و استخراج می‌گردد. برای سنجش ایزوتوپ هیدروژن، از روی فلزی جهت تولید گاز هیدروژن استفاده شده است. این سنجش‌ها با مقادیر ‰ ۰/۱ ± برای ^{18}O و مقادیر ‰ ۱ ± برای δD تکرار گردیده است. لازم به ذکر است که آزمایشگاه مذبور، جهت بررسی صحت نتایج ایزوتوپ‌های اکسیژن ۱۸ و دوتریم نمونه‌های آب، بعضی نمونه‌ها را دوبار مورد سنجش قرار داده است که خطای اندازه‌گیری اکسیژن ۱۸ کمتر از ۲/۵ درصد و خطای اندازه‌گیری دوتریم کمتر از ۰/۱ درصد بدست آمده که قابل قبول می‌باشد.

جدول ۳- نتایج سنجش ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم منابع آبی محدوده مطالعاتی در طول ۲ دوره نمونه‌برداری بهمن و تیر ۹۱-۹۰

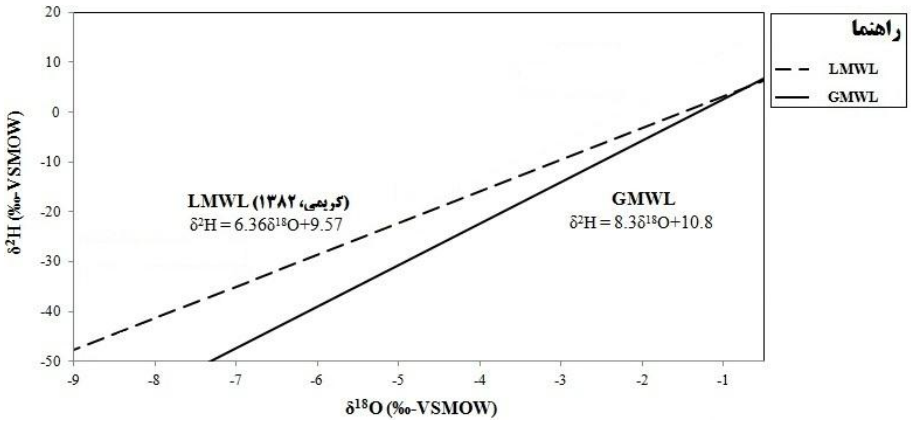
ردیف	منابع آبی	بهمن ۹۰-۸۹ (دوره بارندگی)		تیر ۹۰-۸۹ (دوره بعد از بارندگی)	
		$\delta^{18}O$ [‰]	$\delta^{2}H$ [‰]	$\delta^{18}O$ [‰]	$\delta^{2}H$ [‰]
۱	چشمه سبزآب	-۵/۱۷	-۱۹/۲	-۵/۲	-۲۸/۸۷
				-۵/۱۹	-۲۷/۲۴
۲	چشمه بی‌بی‌تلخون	-۴/۹۲	-۱۳/۸	-۴/۶۳	-۱۷/۱۴
۳	چشمه تنگ سرد	-۵/۴۷	-۲۶/۹	-۵/۸۲	-۲۹/۱۴
۴	مخزن سد شهید عباسپور	-۵/۱۸	-۲۱/۸	-۴/۲۷	-۲۴/۵
				-۴/۱۷	-۲۶/۵۷
۵	رودخانه تالوگ	-۴/۵۳	-۲۱/۰۹	-۵/۳۶	-۲۳/۷۶
		-۴/۵۱	-۲۰/۱۸		

www.SID.ir

Archive of SID

۴. بحث

جهت ارزیابی ارتباط هیدرولیکی منابع آبی محدوده مطالعاتی، ابتدا با استفاده از داده‌های ایزوتوپی آب باران ناحیه زاگرس (کریمی، ۱۳۸۲) خط آب جوی محلی ترسیم گردید (شکل ۲). همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود، خط مذبور با خط آب جوی جهانی نیز اختلاف فاحشی نشان می‌دهند. عوامل گوناگونی می‌توانند باعث این مسئله شده باشد که بدلیل خارج بودن از بحث در این بخش، از پرداختن به آن صرفنظر می‌شود.



شکل ۲- نمودار خط آب‌های جوی محلی و جهانی

۴-۱. بررسی ارتباط هیدرولیکی حوضه‌های کارستی مجاور با چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون

بر اساس مطالعات مرحله اول چشمه‌های تنگ سرد، سبزآب و بی‌بی‌تلخون از یک روند خطی تبعیت می‌کنند (شکل ۳). روند خطی بین چشمه‌های مذبور نشان می‌دهد که هر سه چشمه از یک آب والد (دارای منشأ اولیه) منشأ می‌گیرند. چشمه تنگ‌سرد نسبت به چشمه‌های سبزآب و بی-بی‌تلخون تهی شدگی بیشتری نشان می‌دهد. منفی‌تر بودن مقادیر دلتای اکسیژن ۱۸ و دوتریم این چشمه نسبت به چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون را می‌توان چنین توجیه نمود: ۱- موقعیت ظهور آن نسبت به چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون در ارتفاع بالاتری (۱۲۸۷ متری) قرار دارد، ۲- در فاصله نزدیکتری به منبع تغذیه قرار دارد، از اینرو با فاصله زمانی کمتری هم به بارندگی پاسخ می‌دهد، ۳- تنها یک منبع در امر تغذیه آن دخالت دارد، به همین دلیل اختلاط و تفکیک ایزوتوپی کمتری در این چشمه اتفاق می‌افتد، ۴- بنا بدلایل مذبور و همینطور تغذیه نقطه‌ای و سریع و در نتیجه زمان ماندگاری بسیار کم آب ورودی در مخزن تغذیه کننده چشمه، تبادل ایزوتوپی بین آب ورودی و سنگ مخزن به صورت محدود رخ می‌دهد. در حالیکه عکس این موضوع در مورد چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون دیده می‌شود. زیرا با توجه به گستردگی منطقه تغذیه این چشمه‌ها، آبهای تغذیه کننده آنها در تماس بیشتری با سنگهای آهکی مسیر جریان قرار داشته و از همین رو تفکیک ایزوتوپی بیشتری می‌تواند اتفاق افتد. علاوه بر این، واکنش آبهای تغذیه-ای با سنگ‌های تبخیری و مارنی سازند گچساران که در تماس با سنگ مخزن هر دو چشمه قرار دارند نیز می‌تواند منجر به افزایش تبادلات ایزوتوپی (به ویژه در مورد چشمه بی‌بی‌تلخون) گردد. بنابراین این موضوع می‌تواند یکی از دلایل اصلی انحراف چشمه‌های مذبور نسبت به خط آب جوی محلی - باشد. در کل می‌توان گفت چشمه تنگ‌سرد با توجه به اینکه فاصله کمی نسبت به محل تغذیه خود دارد و همواره روی خط LMWL است، می‌توان آن را نماینده بارش نیز به حساب آورد.

چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون با اینکه هر دو در ارتفاع تقریباً یکسانی ظاهر شده‌اند، اما مقادیر دلتای اکسیژن ۱۸ و دوتریم چشمه سبزآب کمتر است. این مسئله علاوه بر دلایلی که در فوق مطرح گردید، می‌تواند به چند دلیل ذیل نیز اتفاق بیفتد:

۱- درصد تغذیه بیشتر چشمه سبزآب از منابع تغذیه مشترک (حوضه‌های کارستی مجاور) نسبت به چشمه بی‌بی‌تلخون.

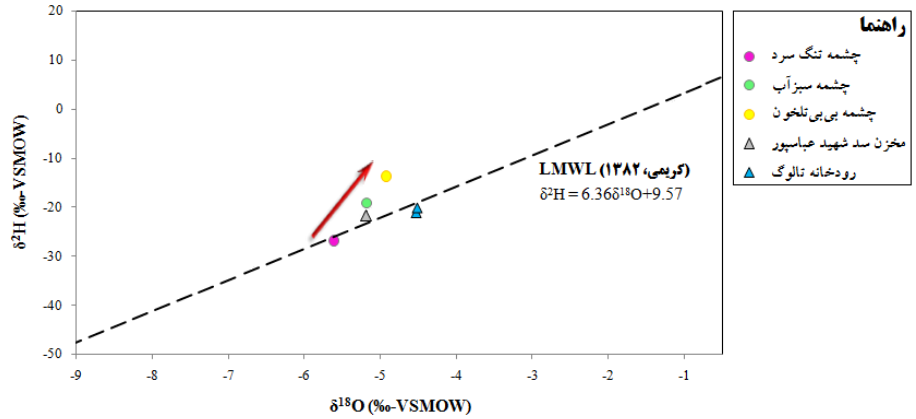
۲- درصد جریان سریع بیشتر چشمه سبزآب نسبت به چشمه بی‌بی‌تلخون، به عبارتی دیگر، مسیر اصلی تغذیه چشمه سبزآب نسبت به مسیر مشترک تغذیه با چشمه بی‌بی‌تلخون آب بیشتری دریافت می‌کند و با زمان تأخیر کمتری آن را به نقطه خروجی یعنی چشمه سبزآب انتقال می‌دهد. بنابراین فرصت کمی برای اختلاط و تفکیک ایزوتوپی و به تعادل رسیدن ایزوتوپی وجود دارد.

۳- تبادل ایزوتوپی بیشتر چشمه بی‌بی‌تلخون در مقایسه با چشمه سبزآب که در فوق به آن اشاره گردید. زیرا کنتاکت لایه‌های تبخیری مذبور و تشکیل آبخوان کارستی مشترک با سنگ مخزن آهکی- دولومیتی چشمه بی‌بی‌تلخون بدلیل تکتونیک مؤثر در دامنه جنوبی کوه ادیو، باعث شده تا

www.SID.ir

Archive of SID

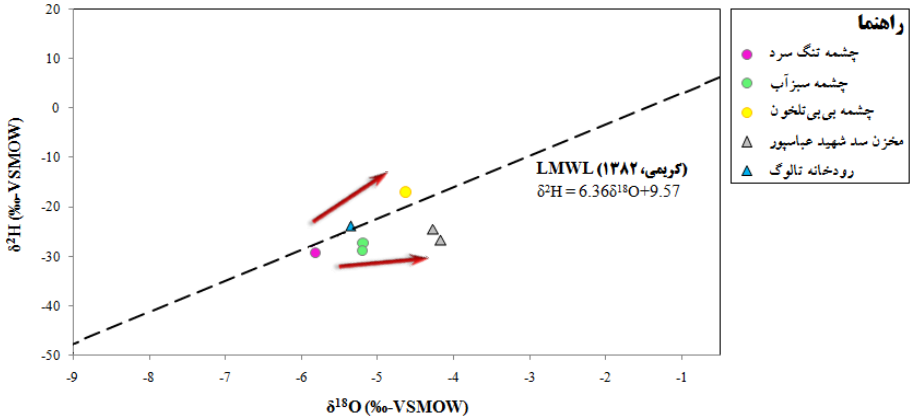
ورودی‌های زیرزمینی در بدو ورود به مخزن کارستی چشمه تا لحظه خروج، با لایه‌های سنگی مذبور به تبادلات ایزوتوپی بپردازند. سرعت انجام این واکنش‌ها نیز به سرعت تغذیه و تخلیه مخزن کارستی چشمه بستگی دارد. اما در مورد چشمه سبزآب بدلیل ژئومتری خاص مخزن کارستی آن و در نتیجه فرصت تماس کم آن با لایه‌های تبخیری فوق، این فرایند به شکل کمرنگتری اتفاق می‌افتد.



شکل ۳- نمودار ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون با منابع آبی درگیر در امر تغذیه آنها در دوره اول نمونه‌برداری‌های ایزوتوپی

بر اساس نتایج حاصل از مرحله دوم مطالعات ایزوتوپی، روند خطی بین چشمه‌های یاد شده تکرار گردیده است (شکل ۴). البته همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، روند خطی بین چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون در این مرحله از مطالعات اندکی از هم انحراف پیدا کرده است و هر کدام با نزدیکترین منبع آب سطحی یعنی دریاچه سد شهید عباسپور در مورد چشمه سبزآب و رودخانه تالوگ در مورد چشمه بی‌بی‌تلخون، یک روند خطی مجزایی تشکیل داده‌اند. از جمله عوامل مؤثر در ایجاد این انحراف خطی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- کاهش سهم آب ورودی از حوضه‌های کارستی مجاور و افزایش سهم آب تغذیه‌ایی از منابع آبی سطحی مذبور برای هر دو چشمه. با ذکر این نکته که در این برهه زمانی، سهم تغذیه چشمه سبزآب از منابع آبی مشترک نسبت به چشمه بی‌بی‌تلخون بیشتر از دوره بارندگی است.
- تغذیه چشمه سبزآب در این دوره زمانی بیشتر از مسیر غیر مشترک صورت می‌گیرد و از آنجائیکه این مسیر از معابر و گذرگاههای فراخی تشکیل شده در فاصله زمانی کوتاهتری نیز آب حوضه‌های کارستی مجاور را به سمت چشمه هدایت می‌کنند.



شکل ٤- نمودار ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون با منابع آبی درگیر در امر تغذیه آنها در دوره دوم نمونه‌برداری‌های ایزوتوپی

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۲. بررسی ارتباط هیدرولیکی منابع آب سطحی محدوده مطالعاتی با چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون

همانگونه که در شکل ۳ مشخص است، نمونه ایزوتوپی مخزن سد در دوره اول مطالعات ایزوتوپی به خط همبستگی چشمه سبزآب با چشمه-های تنگ‌سرد و بی‌بی‌تلخون تقریباً نزدیک است، ولی نمونه ایزوتوپی رودخانه تالوگ از این خط فاصله دارد و با نمونه‌های مذبور همبستگی نشان نمی-دهد. علت همبستگی نسبتاً ضعیف مخزن سد با چشمه سبزآب همانطور که در بالا نیز بدان اشاره گردید، به این خاطر است که چشمه سبزآب بیشتر از حوضه‌های کارستی مجاور تغذیه می‌شود، از همین رو ترکیب ایزوتوپی آب این چشمه نیز از این منابع تبعیت می‌کند. اما وضعیت مجرایی یا کانالی مخزن چشمه سبزآب و معابر تغذیه کننده آن باعث شده تا این منبع نیز همانند مخزن سد سریع به بارندگی‌ها پاسخ دهد و در نتیجه ترکیب ایزوتوپی آنها نیز به هم نزدیک باشد. از طرفی دیگر، تهی‌شدگی بیشتر مخزن سد نسبت به چشمه سبزآب نیز می‌تواند بدلیل کوتاه بودن زمان پاسخ به بارندگی‌ها بوده باشد. بعلاوه، از آنجائیکه آبهای تغذیه کننده این منبع بیشتر از ارتفاعات بالا منشأ می‌گیرند لذا از ترکیب ایزوتوپی سبکتری برخوردار است.

در مرحله دوم مطالعات یک همبستگی قویتری بین هر دو منبع شکل گرفته است. کاهش حجم آب ورودی از حوضه‌های کارستی مجاور که سبب افزایش مشارکت نسبی مخزن سد در تغذیه چشمه می‌شود، می‌تواند یکی از عوامل مهم تأثیر گذار بوده باشد. از سوی دیگر کاهش مشارکت سرچشمه‌های تغذیه کننده خود مخزن بدلیل قطع بارندگی‌ها از یک سو، و افزایش میزان تبخیر از سوی دیگر باعث شده تا بر خلاف دوره اول نمونه-برداری‌ها یک غنی شدگی ایزوتوپی در آب مخزن سد اتفاق بیفتد و در نتیجه ترکیب ایزوتوپی این منبع به چشمه سبزآب نیز نزدیکتر گردد.

در ارتباط با رودخانه تالوگ و چشمه بی‌بی‌تلخون، در دوره اول نمونه‌برداری‌ها بین آنها روند خطی مشاهده نمی‌شود. زیرا رودخانه تالوگ در این دوره (شروع بارندگی‌ها) در آغاز فعالیت خود قرار دارد و بخش کمی از آب آن می‌تواند در تغذیه چشمه مذبور مشارکت داشته باشد. اما در دوره دوم نمونه‌برداری‌ها یک روند خطی خوبی بین رودخانه و چشمه بی‌بی‌تلخون شکل گرفته است.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از نمونه‌برداری ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی‌تلخون و حوضه‌های کارستی مجاور، مؤید ارتباط خطی قوی بین این منابع است. در واقع، حوضه‌های کارستی مجاور نقش اصلی را در تغذیه چشمه‌ها دارند. اما بر اساس بررسی‌های فوق، بین مخزن سد شهید عباسپور و رودخانه تالوگ به ترتیب با چشمه‌های سبزآب و بی‌بی‌تلخون، یک روند تقریباً خطی وجود دارد که نشان می‌دهد هر دو منبع آب سطحی به شکل کمرنگتری در تغذیه چشمه‌ها مشارکت دارند. بطوریکه درصد مشارکت این منابع بیشتر در ارتباط با میزان ورودی زیرزمینی از حوضه‌های کارستی مجاور می‌باشد.

۶. قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌ها و مساعدت‌های مالی مدیریت محترم تحقیقات و استاندارهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان، و همچنین همکاری‌های گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

۷. مراجع

باقری ششده، ر.، رئیسی، ع.، زارع، م. و محمدی، ض. (۱۳۸۶). "تعیین منشأ آب چشمه‌های کارستی بخش شرقی تاقدیس راوندی با استفاده از ایزوتوپ‌های اکسیژن و دوتریم، هیدروشیمی و بیلان". *یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*.

سیدی پور، م.، کریمی، ح. و ابراهیمی، ب. (۱۳۸۷). "کاربرد ایزوتوپ‌های طبیعی پایدار و ناپایدار در پهنه‌بندی هیدروژئولوژیکی محدودهٔ مخزن و سد بهشت‌آباد". *دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*.

شبان، م. (۱۳۹۰). "تعیین حوضه آبریز و منابع تأمین آب چشمه سبزآب (شمال شرق مسجد سلیمان)". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

کریمی، ح. (۱۳۸۲). "رفتار هیدروژئولوژیکی لایه‌های آبدار کارستی حوضه الوند کرمانشاه". پایان‌نامه دکتری، بخش علوم‌زمین، دانشگاه شیراز، شیراز.

www.SID.ir

Archive of SID

محمدی بهزاد، ح. ر. (۱۳۹۰). "شناسایی منشأ تغذیه و بررسی خصوصیات فیزیکو-شیمیایی چشمه کارستی بی‌بی‌تلخون". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

Andreoa, B., Linan, C., Carrasco, F., Jimenez de Cisneros, C., Caballero, F., & Mudry, J. (2004). Influence of rainfall quantity on the isotopic composition (^{18}O and ^{2}H) of water in mountainous areas. Application for groundwater research in the Yunquera-Nieves karst aquifers (S Spain). Applied Geochemistry, 19: 561-574.

Clark, I., & Fritz, P. (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press. ISBN 1-56670-249-6.

Günay, G. (2006). Hydrology and hydrogeology of Sakaryabaşi Karstic springs, Çifteler, Turkey. Environmetal Geology, 51: 229-240.

Jiang, G., & Guo, F. (2010). Interpreting source of Lingshui spring by hydrogeological, chemical and isotopic methods. Advances in Research in Karst Media: 177-181. 4th International symposium on karst (ISKA, 2010). Malaga, Spain.

Kohfahl, C., Sprenger, C. B., Herrera, J., Meyerc, H., Fernandez Chacon d. F., & Pekdeger, A. (2008). Recharge sources and hydrogeochemical evolution of groundwater in semiarid and karstic environments: A field study in the Granada Basin (Southern Spain). Applied Geochemistry Journal, 23: 846–862.

Long, A. J., Sawyer, J. F., & Putnam L. D. (2008). Environmental tracers as indicators of karst conduits in groundwater in South Dakota, USA. Hydrogeology Journal, 16: 263–280.

Marques, J. M., Graça, H., Eggenkamp, H. G. M., Neves, O., Carreira, P. M., Matias, M. J., Mayer, B., Nunes, D., & Trancoso, V. N. (2013). Isotopic and hydrochemical data as indicators of recharge areas, flow paths and water-rock interaction in the Caldas da Rainha-Quinta das Janelas thermomineral carbonate rock aquifer (Central Portugal). Journal of Hydrology, 476: 302-313.

Prtoljan, B., Kapelj, S., Dukarić, F., Vlahović I., & Mrinjek E. (2012). Hydrogeochemical and isotopic evidences for definition of tectonically controlled catchment areas of the Konavle area springs (SE Dalmatia, Croatia). Journal of Geochemical Exploration, 112: 285-296.

www.SID.ir