

بررسی و مقایسه ترکیب ایزوتوپی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی روانسر - سنجابی با خط ایزوتوپی جوی محلی

حسین محمدزاده^{۱*}، جواد اسکندری مایوان^۲، کمال طاهری^۳

۱- دانشیار مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متاب)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متاب) دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دبیر کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه ای کرمانشاه

mohammadzadeh@um.ac.ir

خلاصه

ایزوتوپ های پایدار (^2H & ^{18}O) مانند اثرانگشت آب، به عنوان ردیاب های عالی جهت پیدا نمودن منشأ آب و میزان تغییرات در چرخه هیدرولوژیکی کاربرد دارند. بنابراین میزان دلتای دتریوم و اکسیژن ۱۸ موجود در ترکیب آب بارش، می تواند به عنوان ردیاب هایی برای شناسایی منشأ و زمان تغذیه آب های زیرزمینی بکار گرفته شود. نمونه برداری ایزوتوپی در محدوده مطالعاتی روانسر برای بارش های جوی به صورت ماهانه و به مدت یکسال (بهمن ماه ۱۳۹۳ تا دی ماه ۱۳۹۴) انجام گرفته است. همچنین از منابع آب زیرزمینی موجود در محدوده دو دوره نمونه برداری شامل فصل های تر (دی ماه ۱۳۹۳) و خشک (مهرماه ۱۳۹۴) انجام گرفت. معادله خط جوی محلی در این محدوده به صورت $\delta^2\text{H} = 5.8 \delta^{18}\text{O} + 2.7$ می باشد. براین اساس نمونه های آب زیرزمینی پیرامون خط جوی محلی محدوده مطالعاتی روانسر به صورت ۴ گروه کلی پلات می شوند. این گروه های آب زیرزمینی عبارت از مجموعه سنگ آهک بیستون، منابع آبرفتی، رادیولاریت ها و منابع آب زیرزمینی عمیق می باشند.

کلمات کلیدی: ایزوتوپ های پایدار، محدوده مطالعاتی روانسر، خط جوی محلی

۱. مقدمه

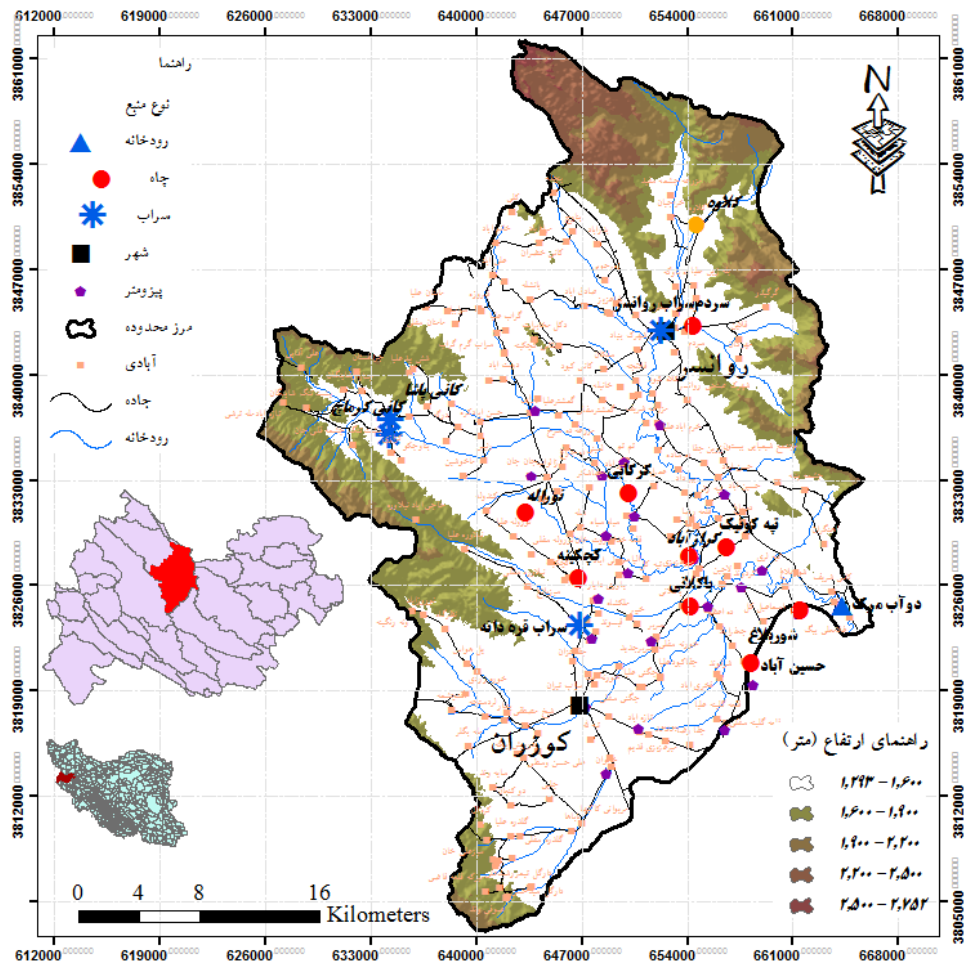
مدیریت یکپارچه منابع آب بدون شناخت دقیق چرخه هیدرولوژی امری غیرممکن خواهد بود. متأسفانه به علت کمبود اطلاعات هیدرولوژیکی، شناخت و درک سیستم هیدرولوژیکی به ویژه در زمینه مدیریت آب های زیرزمینی با چالش مواجه است. در این راستا، استفاده از تکنیک ایزوتوپ های پایدار آب (^2H & ^{18}O)، به عنوان ردیاب های طبیعی جهت بررسی های هیدرولوژیکی، از مدیریت مؤثر منابع آب به خوبی پشتیبانی می نمایند. محدوده مطالعاتی روانسر-سنجابی از جمله زیر حوضه های مهم رودخانه کرخه در استان کرمانشاه است که با توجه به توسعه کارست و پدیده های سطحی و زیرسطحی مرتبط با آن، به تبع آن ظهور چشمه های مهم آهکی نظیر سراب روانسر در این محدوده شده است. هدف این مقاله مقایسه ترکیب ایزوتوپی آب های زیرزمینی و سطحی روانسر با ترکیب ایزوتوپی آب باران در محدوده روانسر و تعیین مکانیسم های اثرگذار بر منابع زیرزمینی (تبخیر، سازندهای مختلف، منابع آب سطحی و غیره) و بررسی منشأ و تعیین ارتفاع آبرگیری آن ها می باشد. بررسی ایزوتوپ های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریوم در آب های زیرزمینی می تواند حرکت آب زیرزمینی و نحوه توزیع آن در آبخوان را آشکار سازد.

۲. معرفی و زمین شناسی محدوده مطالعاتی روانسر

محدوده مطالعاتی روانسر در استان کرمانشاه با مساحتی در حدود ۱۲۶۲ کیلومتر مربع در بین عرض های $34^{\circ} 14' 26''$ و $34^{\circ} 46' 44''$ شمالی و طول های $48^{\circ} 30' 05''$ و $48^{\circ} 48' 28''$ شرقی واقع شده است. از نظر تقسیم بندی حوضه های آبریز کشور، محدوده مطالعاتی روانسر با کد ۲۲۲۴ جزوی از حوضه آبریز کرخه محسوب می شود. قره سو مهم ترین رودخانه در محدوده مطالعاتی روانسر می باشد که تمام جریانات آب سطحی را در ایستگاه دو آب مرک به محدوده کرمانشاه تخلیه می نماید (شکل ۱).

قدیمی ترین واحد زمین شناسی در محدوده مطالعاتی روانسر، سازند آهکی بیستون با سن تریاس بالایی تا کرتاسه پایانی است (مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، ۱۳۹۲). سنگ آهک بیستون نقش بسیار مهمی را پیشرفت و توسعه کارست در محدوده مطالعاتی روانسر ایفا می نماید

(عمانی و همکاران، ۱۳۸۵). بخش وسیعی از ارتفاعات غرب و شمال غرب محدوده مطالعاتی روانسر توسط واحدهای رادیولاریت، مارن و آهک سیلیسی پوشیده شده است و دشت روانسر بر روی این واحدها شکل گرفته است (بساوند و همکاران، ۱۳۹۲) بعلاوه با توجه به گسترش زیاد، رادیولاریت‌ها نقش مهمی در تعیین کیفیت آب زیرزمینی که به آبخوان آبرفتی تغذیه می‌شوند را عهده‌دار هستند. از جمله دیگر واحدهای سنگی دیگری که گسترش قابل توجه در ارتفاعات منطقه دارد، واحد آهکی به سن سانتونین- کامپانین است تأمین‌کننده اصلی آب برای چشمه یا سراب کارستی قره‌دانه هست. بیش از ۸۵ درصد سطح دشت در محدوده مطالعاتی روانسر توسط نهشته‌های آبرفتی دوران چهارم پوشیده شده است که بخش اعظم آن شامل رسوبات آبرفتی، تراس‌های رودخانه‌ای جوان و نهشته‌های آواری سخت نشده است به علت حاصلخیزی و گسترش زیاد مورد استفاده کشاورزی در منطقه قرار گرفته است.



شکل ۱- محدوده مطالعاتی روانسر-سنجایی و موقعیت نقاط نمونه‌برداری از منابع آب

۳. روش کار

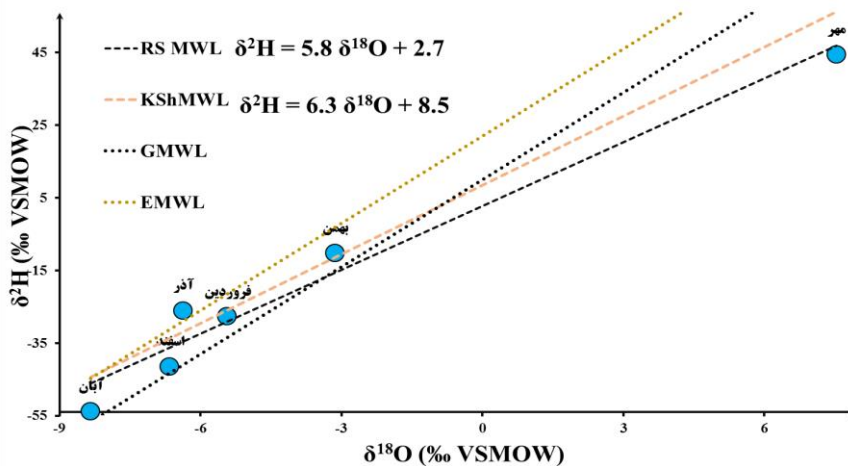
یکی از بارزترین روابط در ژئوشیمی آب‌ها، رابطه تقریباً خطی بین $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^2\text{H}$ است که در آب‌های جوی وجود دارد و بر اساس آن می‌توان به میزان برهم کنش آب‌ها پی برد (محمدزاده و ابراهیم پور، ۱۳۹۱). روش متداول در تفسیر رابطه بین اکسیژن ۱۸ و دوتریوم موجود در آب باران، ترسیم مقادیر $\delta^{18}\text{O}$ در مقابل $\delta^2\text{H}$ می‌باشد و مقایسه آن با خطوط ایزوتوپی جوی محلی و جهانی می‌باشد (Clark & Fritz, 1999). به‌منظور ترسیم خطوط جوی محلی در محدوده مطالعاتی روانسر، نمونه‌های ماهیانه آب باران در ایستگاه سینوپتیک روانسر مطابق با دستورالعمل آژانس بین‌المللی انرژی اتمی^۱ (IAEA-GNIP, 2012, 2014; IWIN, 2008) برای مدت یکسال برداشت شده است. با توجه به وسعت

¹ International Atomic Energy Agency (IAEA)

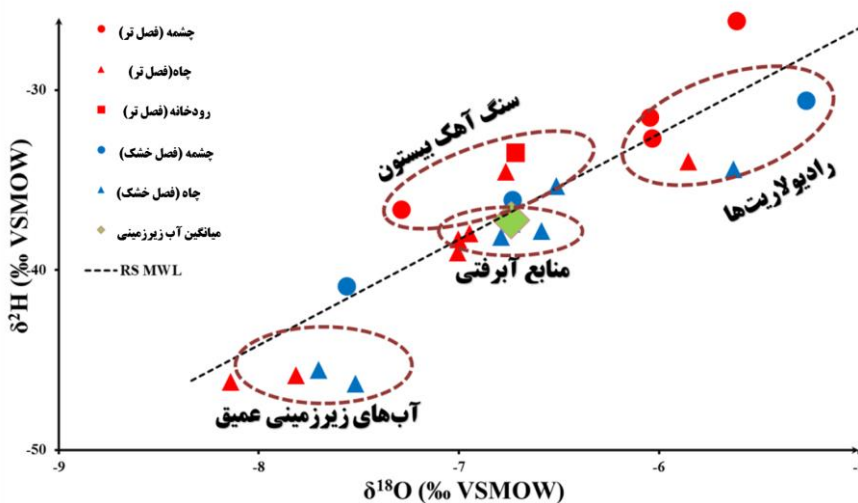
زیاد دشت و تعداد زیاد چاه‌های عمیق حفر شده در دشت روانسر که اکثر آن‌ها نیز احتمالاً در آبخوان آهکی نفوذ کرده‌اند، تعداد نمونه‌های برداشته شده در محدوده روانسر بیشتر مربوط به چاه‌های عمیق هست. در مجموع تعداد ۲۲ نمونه ایزوتوپی آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی روانسر جمع‌آوری شده که تعداد ۱۲ نمونه مربوط به فصل تر (دی ماه ۱۳۹۳) و ۱۰ عدد آن مربوط به فصل خشک (مهرماه ۱۳۹۴) می‌باشد.

۴. نتایج و بحث

بر اساس نمونه‌های بارش ماهانه جمع‌آوری شده، معادله خط جوی محلی روانسر به صورت $\delta^2\text{H} = 5.8 \delta^{18}\text{O} + 2.7$ می‌باشد (شکل ۲) که نسبت خطوط جوی جهانی (GMWL) و مدیترانه (EMWL) دچار تبخیر ثانویه شده است. ترکیب ایزوتوپی آب‌های زیرزمینی در محدوده مطالعاتی روانسر درون بازه بارش سالیانه این محدوده قرار دارد و میانگین آن بر روی خط جوی محلی (RSMWL) واقع می‌گردد (شکل ۳). همانطور که مشاهده می‌گردد بجز سراب قره دانه، کلیه نمونه‌های آب زیرزمینی در فصل خشک (مهرماه ۱۳۹۴) نسبت به نمونه‌های متناظر خود در فصل تر، غنی‌تر شده و به سمت راست نمودار حرکت نموده‌اند. این مساله به این معناست که کلیه منابع آب زیرزمینی موجود در محدوده مطالعاتی روانسر متأثر از تغذیه سالانه می‌باشند و در ترکیب ایزوتوپی آن‌ها تحت تأثیر بارش‌های سالیانه به طور فصلی تهی می‌شود. با توجه به الگوی پراکندگی نمونه‌های آب زیرزمینی پیرامون خط جوی محلی محدوده مطالعاتی روانسر، ۴ الگوی کلی مشاهده می‌شود که عبارت از مجموعه سنگ آهک بیستون، منابع آبرفتی، رادیولاریت‌ها و منابع آب زیرزمینی عمیق می‌باشند (شکل ۳).



شکل ۲- خط جوی بارش در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک روانسر



شکل ۳- پراکندگی ترکیب ایزوتوپی آب‌های زیرزمینی پیرامون خط جوی محلی در محدوده مطالعاتی روانسر

اثر ارتفاع بر روی ترکیب ایزوتوپی بارش در حوضه آبرگیر کارست بیستون در محدوده مطالعاتی روانسر (بیش از ۱۸۴۰ متر) موجب شده نمونه‌های ایزوتوپی مربوط به سازند آهکی بیستون که در فصل تر (دی ماه ۱۳۹۳) بر داشت شده‌اند، در روی خط جوی روانسر پلات بشوند. نمونه‌های آب زیرزمینی برداشتی در فصل خشک نسبت به نمونه‌های متناظر خود در فصل تر دارای ترکیب ایزوتوپی سنگین تر هستند. بنابراین در زمانی که تغذیه چندانی در مخزن کارستی بیستون صورت نمی‌گیرد منابع آب زیرزمینی تشکیل دهنده جریان پایه کارستی در سنگ آهک بیستون روی خط جوی روانسر واقع می‌شوند. با توجه به ترکیب ایزوتوپی نمونه‌های فصل خشک می‌توان گفت ترکیب ایزوتوپی این نمونه‌ها معرف جریان پایه در کارست بیستون در روانسر است.

ترکیب ایزوتوپی منابع آب زیرزمینی در آبرفت دشت روانسر در فصل خشک نسبت به فصل تر سنگین تر است و به طرف راست خط جوی جابجا می‌شود. با توجه به آبدهی کم (نفوذپذیری کم تر) چاه‌های نوراله و کچکینه، ترکیب ایزوتوپی آن‌ها نسبت به چاه گرگابی (در فصل تر) بیش تر غنی شده است. ترکیب ایزوتوپی نمونه‌های مربوط به رادیولاریت‌ها به علت نفوذپذیری کم رادیولاریت‌ها که از آن تغذیه می‌شوند نسبت به سازند بیستون بیش تر غنی شده است. مقادیر اندک دوتریوم مازاد در نمونه‌های ایزوتوپی مربوط به رادیولاریت‌های روانسر بیانگر تأثیر تبخیر در هنگام نفوذ آب زیرزمینی بر روی ترکیب ایزوتوپی آن است. نمونه‌های مربوط به فصل خشک نسبت به فصل تر ترکیب ایزوتوپی سنگین تری داشته است. نمونه‌های ایزوتوپی آب‌های زیرزمینی عمیق در قسمت پایین خط جوی پلات می‌شوند که با توجه به عمق زیاد چاه‌ها در درازمدت و فصول سرد و پر باران تغذیه شده‌اند. با توجه به اینکه ترکیب ایزوتوپی آب زیرزمینی در این چاه‌ها در فصل تر نسبت به سایر نمونه‌های این مجموعه کم تر غنی شده است نشانه ارتباط این مجموعه با بارش‌های فصلی منطقه است.

۵. نتیجه‌گیری

شب خط جوی محلی در ایستگاه سینوپتیک روانسر نسبت به خط جوی جهانی کمتر است که نشانه تبخیر ثانویه بر روی رخدادهای بارش ماهیانه در این ایستگاه است. قرارگیری ترکیب ایزوتوپی جریان پایه کارست روی خط جوی به این معناست که آب‌های زیرزمینی منطقه جوان هستند و می‌توانند از خشکسالی تأثیر پذیرند. بنابراین در زمینه برداشت از این منابع باید بسیار محتاطانه صورت بگیرد. چراکه در صورت برداشت غیر اصولی که احیاناً با خشکسالی هم توأم باشد موجب خشک شدن سراب روانسر بشود. منابع آب زیرزمینی در چاه‌های عمیق محدوده مطالعاتی روانسر حاصل تغذیه آبخوان در طول فصول پر باران و سرد هستند. از این رو، بایستی استخراج آب زیرزمینی از چاه‌های عمیق محدوده بسیار محتاطانه صورت بگیرد و برداشت بی‌رویه از این منابع ارزشمند با مفهوم توسعه پایدار در منافات است.

۱۱. قدردانی

این تحقیق با استفاده از حمایت مالی شرکت آب منطقه ای کرمانشاه با کد CN: KSHW-92123 و کد ملی ۱۳۱۸۴۳-۷۵۹۷ انجام شده است. بر خود لازم می‌دانیم از کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه ای کرمانشاه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم. همچنین از زحمات آقایان مهندس کیوانیا، مهندس محسنی‌پور، مهندس نجفی، مهندس عنایتی و سرکار خانم مهندس امیری در شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، سرکار خانم دکتر خان احمدی و آقایان مهندس بادکوه و مهندس نمکیان در سازمان جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه، آقایان مهندس قاسمی، مهندس زورآوند و مهندس شایگان در اداره هواشناسی استان کرمانشاه، آقایان مهندس ذائبی، مهندس رحمانی و مهندس اخگر در اداره امور آب (آب منطقه‌ای) و آب و فاضلاب شهرستان روانسر، خانم‌ها امیری، اسکندری و آقای سهرابی از دانشجویان تحصیلات تکمیلی متآب، رانندگان آقایان ملکی، کرمی و بابازیدی و کلیه مالکان چاه‌های بهره‌برداری در مناطق عملیات صحرائی سپاس گزار هستیم.

۱۲. مراجع

- بساوند، م. نظری، ح.، کرمی باوندپور، ع.ر.، منوچهر قرشی، م. و فتوت، م. (۱۳۹۲). "به کارگیری داده‌های زمین ریخت‌ساختی و ژئوفیزیکی در تحلیل ساختاری آبخوان دشت روانسر-سنجابی." سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی - علوم زمین.
- مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار. (۱۳۹۲). "مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب حوزه آبریز رودخانه کرخه برای دوره منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰." جلد سوم: گزارش آب‌های زیرزمینی. تهران: پدید آورنده.
- عمانی، ن.، تجربی، م. و ابریشم چی، ا. (۱۳۸۶). "شبیه سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل GIS و SWAT." هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. اهواز - سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز.



- Clark, I., & Fritz, P. (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press. ISBN 1-56670-249-6.
- IAEA-GNIP. (2012). Technical Procedures for GNIP Stations. In I. A. E. Agency (Ed.).
- IAEA-GNIP. (2014). IAEA/GNIP precipitation sampling guide. In I. A. E. Agency (Ed.).
- IWIN. (2008). IWIN Atmospheric Moisture Sampling Protocol - Push and Trap Method In N. P. o. I. F. o. W. o. India (Ed.).