مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته
زمستان ۹۷، شماره ۳۰

تعیین منشأ شوری چشمه گراب بهبهان با استفاده از مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروشیمیایی و ایزوتوپی

ضرغام محمدی
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز
عاطفه اژدری
شرکت مهندسی مشاور نهر آب پارسه
حیدر زارعی
دانشکده علوم مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۰۲/۰۶ *تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۴/۳۱*

zmohammadi@shirazu.ac.ir

چکیده

چشمه گراب با متوسط مقدار ۷۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مواد جامد محلول از پلانژ شمال غربی تاقدیس خائیز تخلیه می‌شود. هدف از این تحقیق تعیین منشأ شوری و ارائه مدل شماتیکی برای سیستم چرخش آب در چشمه گراب می‌باشد. بدین منظور طی دو مرحله از چشمه گراب و منابع آب موجود در منطقه، نمونه برداری شده است. نتایج نشان داد که بخش عمده حجم آب تخلیه شده از چشمه گراب، توسط یال شمالی در بخش غربی تاقدیس خائیز تأمین می‌گردد. براساس نتایج ایزوتوپی می‌توان منشأ آب جوی را برای آب چشمه گراب در نظر گرفت. بر اساس نتایج می‌توان اظهار داشت که علت شوری چشمه گراب به اختلاط آب جوی با شورابه‌های نفتی عمیق مربوط می‌باشد. اگرچه محاسبات نشان می‌دهد که سهم حجم آب شورابه نفتی در اختلاط با آب‌های جوی ناچیز می‌باشد ولی به دلیل میزان شوری زیاد تأثیر زیادی در کیفیت آب چشمه گراب دارند. براساس مدل پیشنهادی گسل‌های تراستی موجود در منطقه که در مرز آهک آسماری و سازند گچساران عمل کرده‌اند، می‌توانند باعث انتقال و چرخش عمقی آب‌های جوی نفوذی به آهک آسماری گردند. یافته‌های این تحقیق در جهت مدیریت کمی و کیفی آب چشمه گراب می‌تواند کاربرد داشته باشد.

کلمات کلیدی: *هیدروژئولوژی، منشأ شوری، ایزوتوپی، چشمه گراب، بهبهان*

مقدمه

چشمه‌های آب‌گرم[1]، چشمه‌هایی هستند که دمای آب‌های گرم در آن همواره از متوسط دمای سالانه محیط بیشتر ($\leq 4\ ^{\circ}C$) باشد و در بیشتر موارد بوی تند گوگرد و مزه ترش آب و یا گاهی کدورت آب از نشانه های این چشمه‌ها است (Schoeller, 1962). شناخت چشمه‌های آب گرم از نظر مدیریت منابع آبی، اثرات زیست محیطی، مدیریت مصرف، صنعت جهانگردی و آلودگی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به تعداد قابل توجه چشمه‌های آبگرم و سولفوره در جنوب ایران مطالعه آنها با توجه به رشد صنعت و همچنین مهم شدن مسایل زیست محیطی ضروری به نظر می‌رسد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی چشمه‌های آب‌گرم صورت گرفته است. کمپانی و همکاران (۲۰۰۱) به بررسی هیدروژئولوژی و ژنز چشمه آبگرم دالکی در بوشهر پرداخته‌اند. بر اساس مطالعات زمین‌شناسی، هیدروژئولوژیکی، هیدروشیمیایی و ژئوترمومتری منشأ آب چشمه را آب جوی تعیین کرده‌اند که توسط شورابه‌های نفتی و تبخیری‌ها آلوده شده است. محمدی و صحرائی (۲۰۱۰) به مطالعه هیدرولوژیکی و هیدروشیمیایی چشمه‌های آب گرم جوشن کرمان پرداختند. وجود گسل های متعدد در منطقه و قرارگیری این چشمه‌ها در امتداد گسل سیرچ و ترکیب شیمیایی مشابه بیانگر چرخش آب جوی به اعماق هستند. همچنین محمدی و همکاران (۲۰۱۰) هیدروژئولوژی و هیدروشیمی چشمه‌های آبگرم در تاقدیس چنگال در نزدیکی سد قیر را بررسی کردند. بر اساس آنالیز هیدروشیمیایی و ایزوتوپی آب‌های هیدروترمال منطقه، دو سیستم هیدروژئولوژیکی متفاوت را ارائه می‌دهند. چیت سازان و همکاران (۱۳۹۶ و ۱۳۹۱) به بررسی وضعیت اختلاط آب در چشمه های گرو و حذف بیولوژیکی آرسنیک از آب این چشمه ها پرداخته اند. Darraz در سال ۲۰۰۷ با کمک مطالعات هیدروشیمی و هیدرولوژیکی آب های گرم در منطقه یوساک در ترکیه منشأ گرمای این آب‌ها را تعیین کردند.

Fan Qishun و همکاران در سال (۲۰۱۰)، به تعیین منشأ شورابه‌های نفتی در حوضه رسوبی کوای دم در چین با استفاده از آنالیز هیدروشیمیایی و ایزوتوپ‌های دوتریم و ^{18}O، ^{34}S و نسبت ایزوتوپی $^{87}Sr/^{86}Sr$ پرداخته‌اند. بر طبق بررسی‌های انجام شده، منشأ شورابه‌های نفتی از آب‌های جوی و مخلوط‌شدگی با جریان‌های عمیق با منشأ گوشته تشخیص داده شد. Millot و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی خصوصیات شیمیایی، ایزوتوپ و حرارتی آب تشکیلات تریاس در حوضه پاریس پرداختند. به کمک اثر ایزوتوپی ایزوتوپ‌های لیتیم و بور مشخص شد که شورابه عضو انتهایی ناشی از رقیق شدن آب دریا توسط آب‌های جوی است. با توجه پتانسیل در جذب توریست و نیز آثار زیست محیطی چشمه آب گرم گراب، بررسی آن دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. بنابراین، دراین تحقیق با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، هیدروشیمیایی منطقه به تعیین منشأ آب و علت شوری این چشمه پرداخته شده است.

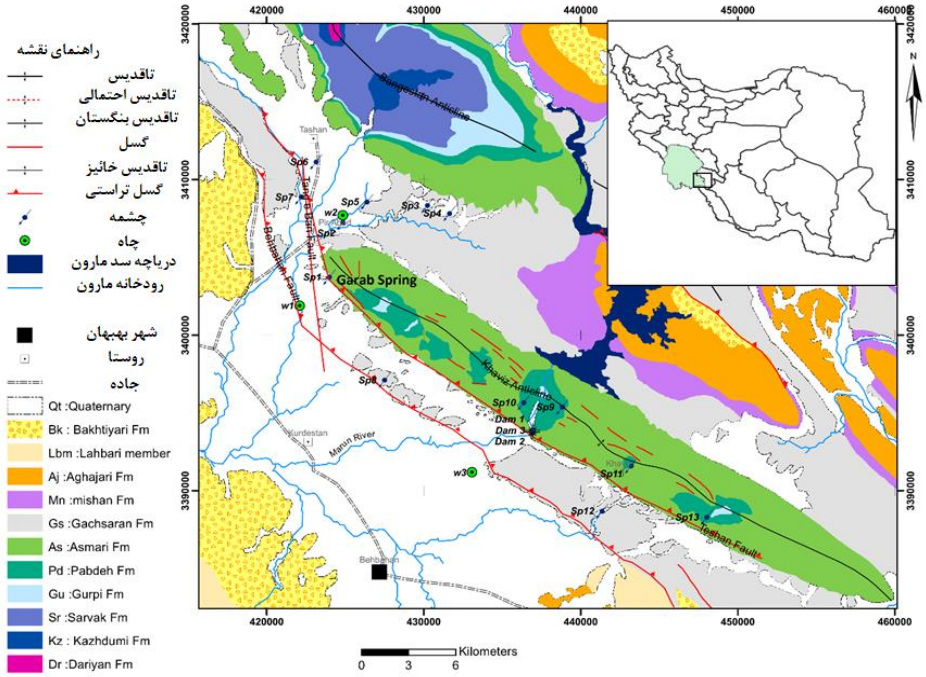
1- Geothermal spring

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

تاقدیس خائیز با طول تقریبی ۴۲ کیلومتر و عرض متوسط حدود ۴/۵ کیلومتر با راستای شمال غرب – جنوب شرق واقع در ۱۵ کیلومتری شمال غربی بهبهان و در بخش جنوبی تاقدیس بنگستان می‌باشد. چشمه گوگردی گراب به عنوان تنها تخلیه کننده عمده در پلانژ شمال غربی تاقدیس خائیز می‌باشد که از مرز سازند آسماری و گچساران خارج می‌شود. (شکل۱) موقعیت جغرافیایی تاقدیس خائیز در ایران و استان خوزستان و همچنین موقعیت چشمه گراب (Sp_1) را نسبت به تاقدیس خائیز نشان می‌دهد.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی، نقشه زمین‌شناسی و محل چشمه گراب و سایر نقاط نمونه‌برداری.

وضعیت زمین‌شناسی منطقه

تاقدیس خائیز از لحاظ زمین‌شناسی ناحیه‌ای، در زون زاگرس چین‌خورده ساده، در مرز با پهنه دشت خوزستان قرار دارد. این تاقدیس از نظر ارتفاع بعد از تاقدیس بنگستان قرار دارد که بیشترین ارتفاع آن در حدود ۱۶۰۰ متر می‌باشد. عمده‌ترین سازندهای زمین‌شناسی که در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند به ترتیب سنی شامل سازندهای شیل-مارنی پابده و گورپی، سازند آهکی آسماری، لایه‌های گچ و مارنی سازند گچساران می‌باشد (شکل ۱). مشخصه بارز تاقدیس خائیز، وجود مرز شاخص بین سازند آسماری و رسوبات گچساران یا نهشته‌های آبرفتی است که نشان از عملکرد سریعتر فرایش[۲] نسبت به فرسایش است. تاقدیس فوق یک تاقدیس باریک و دو سویه است که یک شکستگی عرضی عمیق آن را قطع کرده است (پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۲). تحت تاثیر این شکستگی، رودخانه مارون با روند شمالی و جنوبی از تاقدیس خائیز عبور کرده و تنگه تکاب را به طول ۵ کیلومتر در این تاقدیس بوجود آورده است. به جز بالادست و پائین‌دست تنگه تکاب، رودخانه مارون از روی سازندهای نفوذناپذیر پابده و گورپی عبور می‌کند که این سازندها در محل تنگه تا ارتفاع زیادی رخنمون دارند.

روش کار

پس از بررسی نقشه زمین شناسی، عکس هوایی، تصاویر ماهواره ای و گزارشات موجود، در چندین مرحله بازدید صحرایی صورت گرفت. از منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه درطی فصل تر (اسفند ۱۳۸۹) و فصل خشک (تیر ۱۳۹۰) از چشمه گراب و ۱۲ چشمه دیگر، ۳ حلقه چاه کشاورزی و ۳ نمونه آب ازحوضچه آرامش و گالری سد تنظیمی آریوبرزن نمونه‌برداری صورت گرفته است. به منظور تعیین منشأ چشمه گراب در برخی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری عناصر کمیاب و نیز ایزوتوپ‌های پایدار مورد نمونه‌برداری شد که شامل چشمه گراب(Sp_1)، چشمه‌های(Sp_4)، (Sp_6) ، (Sp_{11}) و(Dam2)، ۲ حلقه چاه (W_1) و (W_3) می‌باشد. اندازه‌گیری یون‌های عمده شامل آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آزمایشگاه هیدروشیمی بخش علوم زمین دانشگاه شیراز صورت گرفت. یون فرعی Br به روش اسپکتروفتومتری در آزمایشگاه آبشناسان زاگرس واقع در آب منطقه‌ای شیراز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمونه‌های ایزوتوپی دوتریم و اکسیژن ۱۸ در محل، برداشته شدند و سعی شد تا ظرف نمونه‌گیری مخصوص کاملا با آب مورد نظر شستشو داده شود و بعد از پر شدن هیچ‌گونه حباب در ظرف باقی نماند. نمونه‌های ایزوتوپی در دانشگاه واترلو کشور کانادا آنالیز شدند. نمونه‌های عناصر کمیاب در ظرف‌های پلی‌اتیلنی در محل نمونه‌برداری برداشت و در کوتاه‌ترین زمان ممکن در آزمایشگاه نمونه آب از فیلتر ۰/۲ میکرون عبور داده شده و با اضافه کردن مقدار کافی از اسید نیتریک غلیظ اسیدیته آن به pH<۲ رسانده شده تا از ته‌نشست فلزات جلوگیری شود. این نمونه‌ها از طریق شرکت زرآزما در تهران آماده‌سازی و به کشور استرالیا جهت آنالیز فرستاده شدند.

2- Uplifting

www.SID.ir

نتایج و بحث

هیدروژئولوژی

طبق نتایج بررسی‌ها و بازدیدهای میدانی، سه گزینه احتمالی برای تأمین آب چشمه گراب می‌توان در نظر گرفت که عبارتند از یال جنوبی تاقدیس بنگستان، نشت از رودخانه مارون و مخزن سد مارون و تاقدیس خائیز. ارزیابی این گزینه‌ها به کمک مطالعات زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و بیلان انجام شده است. تاقدیس خائیز توسط رودخانه مارون در محل تنگ تکاب به دو بخش شرقی و غربی تقسیم شده است. به علت بالا بودن سطح تراز آب در سازندآسماری در دو جناح رودخانه مارون و وجود سازندهای نفوذناپذیر در کف و طرفین رودخانه در محل تنگ تکاب، ارتباط هیدرولیکی دو بخش غربی و شرقی تاقدیس با یکدیگر قطع می‌گردد. همچنین نشت آب از مخزن سد مارون به آهک آسماری واقع در جناح راست رودخانه مارون، به خاطر وجود لایه تقریبا نفوذناپذیر آسماری میانی احتمالاً صورت نمی‌گیرد (سازمان آب و برق خوزستان،۱۳۶۲).

با وجود احتمال ارتباط بین یال جنوبی تاقدیس بنگستان و تاقدیس خاییز از نظر زمین‌شناسی، ولی به علت پایین‌تر بودن سطح آب زیرزمینی در آهک آسماری و شیب هیدرولیکی بسیار کم، تغذیه سیفونی از این سازند محتمل نمی‌باشد. بنابراین، تاقدیس خائیز را می‌توان به عنوان منبع تغذیه احتمالی چشمه مدنظر قرار داد. با توجه به بالا بودن ارتفاع سازندهای نفوذناپذیر پابده و گورپی در هسته تاقدیس خائیز و عدم وجود شکستگی در جهت عمود بر محور تاقدیس در این بخش، می‌توان استنباط کرد که ارتباط هیدرولیکی یال شمالی و جنوبی تاقدیس خائیز قطع شده و فقط در محل پلانژ تاقدیس خائیز که سازندهای نفوذناپذیر در سطح رخنمون ندارند، ارتباط بین دو یال وجود دارد (اژدری و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی، بخش غربی تاقدیس خائیز در محاسبات بیلان در نظر گرفته شده است(جدول۱). نتایج حاصل از بیلان براساس مساحت کل بخش غربی، یال شمالی و یال جنوبی را نشان می‌دهد.

چشمه گراب با متوسط آبدهی حدود ۲۵۰ لیتر بر ثانیه می‌باشد. بر این اساس حجم آبی که در سال توسط این چشمه تخلیه می‌گردد در حدود ۷/۹ میلیون متر مکعب می‌باشد. مساحت حوضه آبریز چشمه گراب با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید (رئیسی، ۱۳۷۶):

رابطه (۱): $$A = V/10^{3} \times (P \times I)$$

در این رابطه A مساحت حوضه آبریز چشمه بر حسب کیلومتر مربع، V کل حجم آبی است که سالیانه از چشمه تخلیه می‌شود بر حسب متر مکعب، P بارش سالیانه بر حسب میلیمتر در سال و I ضریب تغذیه می‌باشد.

جدول ۱- نتایج حاصل از بیلان بخش غربی تاقدیس خائیز.

بخش غربی تاقدیس	مساحت (کیلومتر مربع)	متوسط بارش (میلیمتر)	درصد نفوذ (درصد)	حجم آب ذخیره شده (میلیون متر مکعب)
کل	۵۰/۹۸	۶۲۱/۱	۰/۴	۱۲/۴۸
یال شمالی	۳۰/۵۵	۶۲۱/۱	۰/۴	۷/۴۸
یال جنوبی	۲۰/۴۳	۶۲۱/۱	۰/۴	۵/۰۰

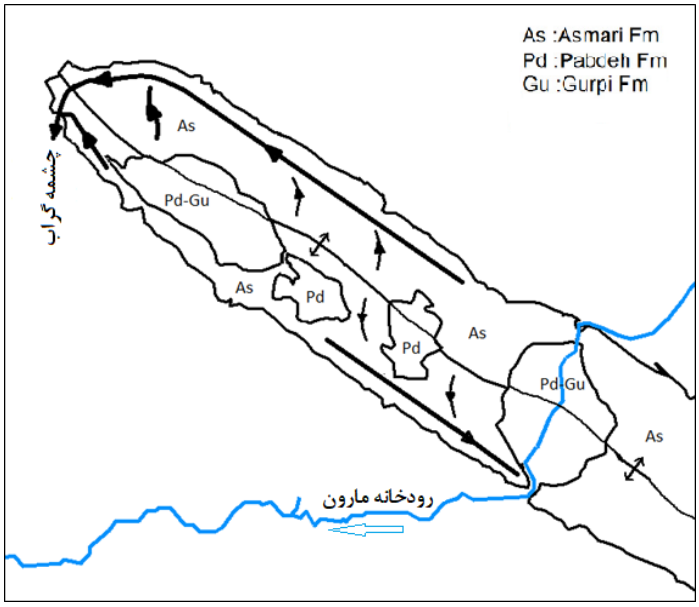
بر اساس داده‌های ۸ ایستگاه باران سنجی در اطراف محدوده مورد مطالعه (خیر آباد، ایدنک، بهبهان، دهدشت، آبچیرک، بویری، سیدآباد و نازمکان)، برای بارش ۳۰ ساله از سال آبی ۵۹-۶۰ الی ۸۸-۸۹، رابطه بارندگی- ارتفاع با ضریب همبستگی ۸۰ درصد بصورت زیر می‌باشد:

رابطه (۲) $$R= 14.282H^{0.5456}$$

در این رابطه R میزان بارندگی بر حسب میلی‌متر و H ارتفاع بر حسب متر است. با توجه به مطالعات هواشناسی فوق، میزان متوسط بارش بر تاقدیس خائیز در حدود ۶۱۲ میلیمتر برآورد شده است. ضریب نفوذ به کار رفته در محاسبات در مناطقی که آبفروچاله وجود ندارد، معمولاً بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بوده و در مناطقی که آبفروچاله به طور وسیعی وجود داشته باشد می تواند تا ۹۰ درصد نیز افزایش یابد (رئیسی، ۱۳۷۶). با توجه به اینکه در ارتفاعات تاقدیس خائیز آبفروچاله مشخصی گزارش نشده و در بازدیدهای صحرایی نیز غارهای بزرگ مشاهده نشده است ولی با توجه به وجود درز و شکاف‌های فراوان ناشی از فعالیت‌های شدید تکتونیکی به دلیل مجاورت با روراندگی اصلی زاگرس در سازند آسماری این تاقدیس، وجود اشکال ژئومورفولوژیک کارستی و همچنین با توجه به سایر مطالعات انجام شده در مناطق مختلف زاگرس توسط سایر محققین (Karimi et al., 2005) و به کمک بازدیدهای صحرایی انجام شده، درصد نفوذ برای سازند آسماری این تاقدیس ۴۰ درصد در نظر گرفته شد. با استفاده از (رابطه۱) حوضه آبریز چشمه گراب حدود ۳۲ کیلومتر مربع برآورد شد. براساس نتایج جدول ۱ می توان چنین استنباط کرد که قسمت عمده حجم آب تغذیه کننده چشمه گراب، توسط یال شمالی واقع در بخش غربی تاقدیس خائیز تأمین می‌گردد.

آب زیرزمینی در جهت شیب طبقات حرکت کرده و در دامنه تاقدیس کانالیزه می‌شود و در نهایت به سمت پایین‌ترین سطح اساس فرسایش که در محل پلانژ تاقدیس واقع شده جریان یافته و تخلیه می‌گردد (اشجاری و رئیسی، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد جهت عمومی جریان آبخوان کارستی در بخش غربی تاقدیس خائیز با مدل پیشنهادی تقریباً مطابقت می‌کند. اما به دلیل عملکرد گسل‌های موجود در محل پلانژ شمال غربی تاقدیس، سطح اساس فرسایش از محل پلانژ به محل چشمه گراب در یال جنوبی منتقل شده است (اژدری،۱۳۹۰). در (شکل۲) بصورت شماتیک جهت حرکت عمومی آب در بخش غربی تاقدیس خائیز نشان داده شده است.

www.SID.ir



شکل ۲- مدل شماتیک جهت جریان عمومی آب در بخش غربی تاقدیس خائیز.

هیدروشیمی

چشمه گراب یک چشمه آب‌گرم است با متوسط درجه حرارت ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. TDS چشمه به ترتیب در فصل تر و خشک (mg/l 6432 -4180) و با تیپ کلروره- سدیک می¬باشد که جز آب‌های لب شور محسوب می‌شود. عوامل مختلفی باعث شور شدن آب‌ها می‌گردد که برخی از آن‌ها طبیعی و برخی توسط بشر ایجاد می‌گردد (Kreitler, Richter1991). به دلیل وجود سازند گچساران و میدان‌های نفتی در منطقه، تکنیک‌ها و خصوصیات انحلال نمک و شورابه‌های میادین نفتی به عنوان منبع شوری مورد بررسی قرار گرفت.

Whittemore در سال۱۹۸۴ پیشنهاد کرد که نسبت مولی مؤلفه‌های شیمیایی مهمی چون سدیم، کلسیم و منیزیم به کلر را می‌توان برای تعیین یک روند تبخیری (با نسبت ۱به ۱) از یک روند اختلاط (با نسبت غیر ۱ به ۱) بکار گرفت. (Whittemore and Pollock, 1979) استفاده از عناصری همچون برم (Br)، لیتیم (Li)، و ید (I) را جهت تشخیص منابع شوری پیشنهاد دادند. آب‌های که نسبت Br/Cl آن‌ها بر حسب نسبت مولی کمتر از ۳-۱۰ باشد حاصل انحلال نمک بوده و آب‌هایی که نسبت Br/Cl آنها بیش از این مقدار باشد، آلودگی به وسیله میدان‌های نفتی صورت گرفته است (Richter and Kreitter, 1991). در صورتی که شورابه تحت تأثیر نفوذ آب دریا باشد این نسبت در حدود ۳-۱۰ ۱/۵۶ خواهد بود (Vengosh et al., 1991; Vengosh and Rosenthal, 1994). در (جدول۲) مقادیر نسبت‌های مختلف مورد استفاده برای منشاهای شوری میادین نفتی، انحلال نمک و آب دریا ارائه شده است.

با توجه به مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده، نسبت های پیشنهاد شده منابع آب زیرزمینی منطقه، محاسبه گردید (جدول۳). بر اساس بررسی‌های هیدروشیمی، آلودگی و اختلاط چشمه‌های گوگردی با شورابه‌های نفتی را می‌توان با دلایل زیر اثبات کرد:

- درنمودار نسبت سدیم به کلر در تمامی آب چشمه گوگردی کمتر از ۰/۶۴۸ بوده است.
- نسبت مولی سدیم به کلر در چشمه‌های گوگردی نسبت مولی کمتر از ۱ دارد که احتمال تأثیر شورابه‌های نفتی را نشان می‌دهد.
- نسبت‌های Mg/Cl، Ca/Cl، نمایانگر تأثیر شورابه نفتی بر چشمه‌های گوگردی است.

جدول۲- مقادیر نسبت‌های مختلف برای تعیین منشا شوری میادین نفتی، انحلال نمک و آب دریا.

منشا شوری			نسبت	
میادین نفتی	انحلال نمک	آب دریا		
کمتر از ۱	۱	۰/۸۵۲	مولی	Na/Cl
کمتر از ۱	—	۰/۰۱۹	مولی	Ca/Cl
کمتر از ۱	—	۰/۱۰۴	مولی	Mg/Cl
بیش از ۳-۱۰	کمتر از ۳-۱۰	۳/۵۳×۱۰ -۳	مولی	Br/Cl

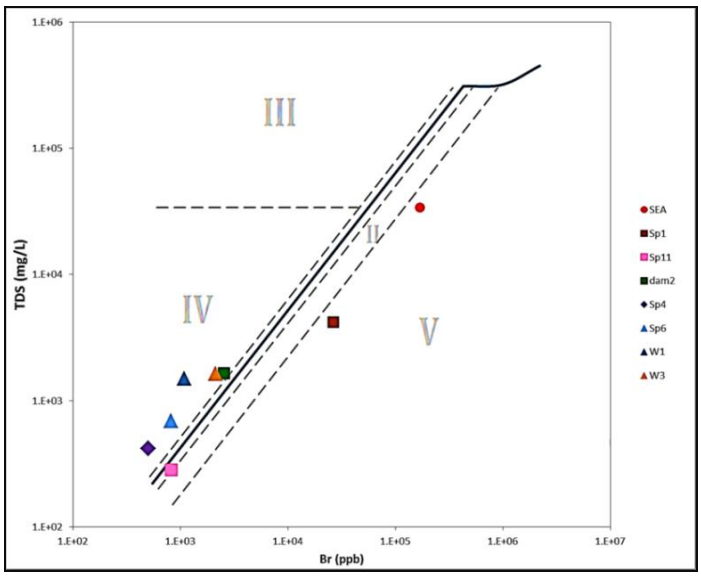
www.SID.ir

جدول۳- مقادیر نسبت‌های مختلف در چشمه های منطقه.

Code Sample	سازند	نوع چشمه	EC (µS/Cm)	Na/Cl (molar)	Ca/Cl (molar)	Mg/Cl (molar)	Br/Cl (molar)
گراب(Sp_1)	آسماری	گوگردی	۷۵۶۰	۰/۸	۰/۰۸۸	۰/۰۶	۰/۰۱۲۵
Sp_3	گچساران	غیرگوگردی	۲۷۴۰	۰/۹۶	۷/۰۲۱	۱/۶۵	
Sp_4	گچساران	غیرگوگردی	۶۱۵	۰/۵۴	۰/۶۸۲	۲/۰۵	۰/۰۱۳
Sp_6	گچساران	غیرگوگردی	۱۰۸۷	۰/۸۲	۰/۲۸۳	۰/۵۵	۰/۰۰۵
Sp_9	آسماری	غیرگوگردی	۴۸۴	۰/۳۲	۰/۵۴۵	۱/۷۷	
Sp_{10}	آسماری	غیرگوگردی	۴۶۴	۰/۹۱	۰/۸۰۸	۰/۷۳	
Sp_{11}	آسماری	غیرگوگردی	۴۶۱	۰/۵۱	۱/۲۲۲	۱/۲۸	۰/۰۲۶
Sp_{13}	پابده-گورپی	غیرگوگردی	۱۴۴۴	۱/۳۲	۰/۶۴۷	۱/۱۶	
W_1	آبرفت	غیرگوگردی	۲۱۲۰	۰/۹۷	۰/۸۸۱	۰/۴۴	۰/۰۰۴۹
W_2	آبرفت	غیرگوگردی	۹۵۸	۰/۸۹	۰/۳۹۷	۰/۶۸	
W_3	آبرفت	غیرگوگردی	۲۷۴۸	۰/۹۸	۰/۳۹۷	۰/۱۶	۰/۰۰۴۹
Dam_1	آسماری	گوگردی	-	۱	۰/۳۲۲	۰/۱	
Dam_2	آسماری	گوگردی		۰/۸۹	۰/۱۸۶	۰/۱۶	۰/۰۰۴۱

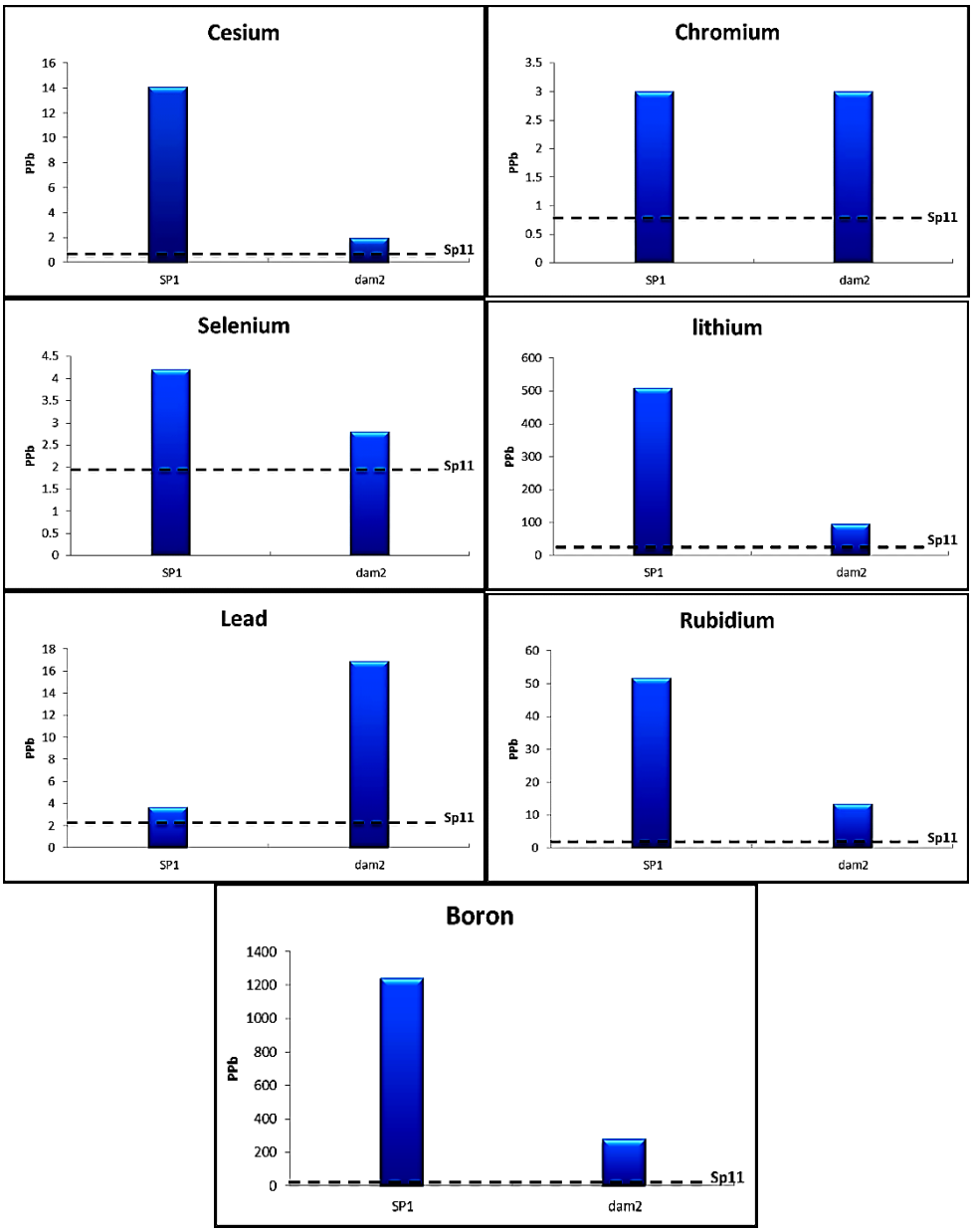
Rittenhouse در سال ۱۹۶۷ نموداری را برای تقسیم‌بندی منابع شوری با در نظر گرفتن برم آب دریا به عنوان مبنا، ارائه داده است. در این طبقه بندی غلظت برم نسبت به تغییرات TDS به عنوان شاخص شناسایی منشأ شوری معرفی شده است (شکل۳). در شکل۳ نمونه آب چشمه گراب در گروه ۵ قرار می‌گیرد که معرف اختلاط با شورابه‌های بازمانده است.

به منظور بررسی آلاینده‌ها در چشمه‌های گوگردی گراب(Sp_{11}) و (Dam_2) از نسبت غلظت هر عنصر در این نمونه‌ها به آن عنصر در چشمه شیرین (Sp_{11}) به عنوان نمونه شاهد استفاده شده است(شکل۴). با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که به جز اختلاط چشمه‌های گوگردی با آب خروجی از آهک آسماری در تاقدیس خائیز، باید منشأ دیگری نیز برای عناصر مذکور در منطقه وجود داشته باشد. از این‌رو چشمه‌های گوگردی تحت‌تأثیر منبع آلوده‌کننده‌ای قرار گرفته‌است.



شکل۳- طبقه‌بندی منابع شوری بر اساس میزان کل مواد جامدحل شده و غلظت برم (Rittenhouse،۱۹۶۷).

www.SID.ir

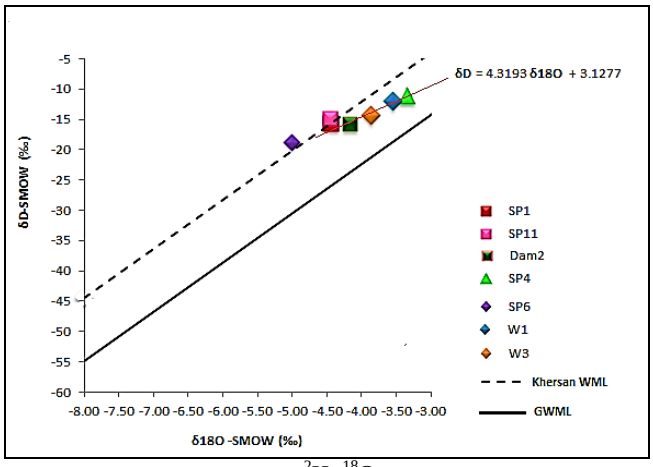


شکل ۴- نمودار مقایسه‌ای عناصر آلاینده چشمه‌های گوگردی نسبت به چشمه شیرین (Sp_{11}) به عنوان شاهد.

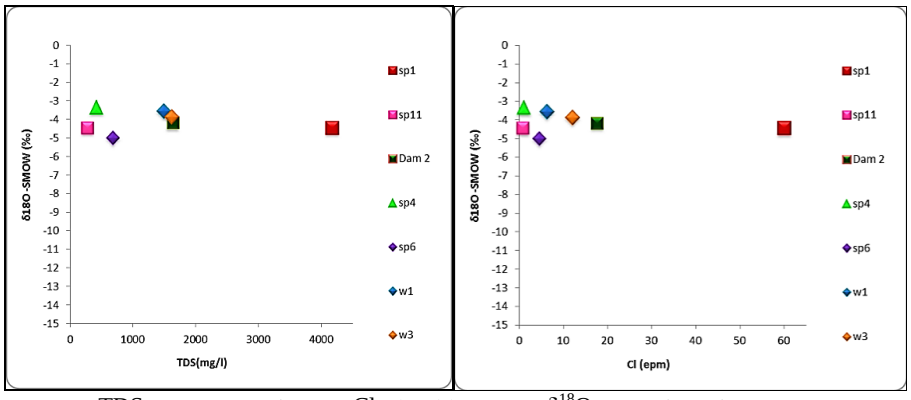
ایزوتوپی

مقادیر اکسیژن ۱۸ نمونه های برداشت شده در برابر دوتریم، همراه با خط آب جوی سد خرسان ۳ (LMWL) به نقل از محمدی (۱۳۸۵) و آب جوی جهانی (GMWL) و به نقل از Clark و Fritz (۱۹۹۷) در (شکل۵) نشان داده است. چشمه گراب بر روی خط آب جوی منطقه قرار گرفته است که بیانگر این است که این چشمه دارای منشأ جوی می باشد و در مسیر تغذیه به تخلیه تحت‌تأثیر تبخیر قرار نگرفته است. مواد جامد محلول موجود در نمونه نیز می‌تواند ناشی از انحلال کانی‌های سازند گچساران و یا بصورت جزئی اختلاط با شورابه‌های نفتی می‌باشد. چنانچه در مطالعات هیدروشیمیایی نشان داده شد، ترکیب آب کارستی آسماری با یک شورابه نفتی عمیق موجب شور شدن آب این سفره شده است. با توجه به این که منشأ شوری چشمه‌های گوگردی می تواند تبخیر باشد، تغییرات اکسیژن ۱۸ و دوتریم در مقابل تغییرات کلر و کل مواد جامد حل شده (TDS) (شکل۶) ترسیم شده است. رابطه اکسیژن ۱۸ و دوتریم در مقابل کلر و TDS نشان می‌دهد که منشأ شوری چشمه‌های گوگردی (Sp_1 و Dam_2) تبخیر نیست، چون با افزایش شوری و کلر، مقدار ایزوتوپی این دو چشمه نسبت به چشمه خائیز (Sp_{11}) تغییر ننموده است. چشمه گراب دارای محتوای ایزوتوپی یکسان با چشمه خائیز (Sp_{11}) است، پس می‌توان گفت که عمده آب چشمه گراب از سازند آسماری تأمین می‌شود.

www.SID.ir



شکل ۵- رابطه مقادیر ^{18}O و^{2}H در محل‌های نمونه‌برداری.



شکل ۶- نمودار تغییرات مقادیر $\delta^{18}O$ ، در مقابل غلظت کلر (Cl) و کل مواد جامد حل شده (TDS).

تعیین درصد اختلاط آب‌ها

در صورتی که ترکیب شیمیایی آب شیرین و آب شور مشخص باشد، درصد هر نوع آب را می‌توان در آب مخلوط، به صورت ریاضی محاسبه نمود (کاستدیو،۱۹۸۷). برای این منظور از غلظت یون‌هایی که زمان ماندگاری بیشتری در آب‌های زیرزمینی دارند مانند Cl، Br، و همچنین دوتریم و اکسیژن ۱۸ استفاده می‌شود. استفاده از معادله(۳) بر اساس این فرض می‌باشد که تنها عامل اصلی مؤثر بر افزایش غلظت‌ها مثلاً غلظت کلر در آب مخلوط، اختلاط دو آب با غلظت‌های یونی متفاوت می‌باشد (Richter and Kreitler,1993).

$$C_m = X \cdot C_f + (1-X)\, C_b$$ رابطه ۳

C_m: غلظت اجزا در آب مخلوط، C_f: غلظت اجزا در آب شیرین، C_b: غلظت اجزا در آب شور، X: نسبت (درصد) آب شیرین در آب مخلوط، 1-X: نسبت (درصد) آب شور در آب مخلوط می باشد. در صورتی که کلراید یون غالب باشد، همین نسبت را می‌توان برای دبی نیز به کار برد. اختلاط دو نوع آب را می‌توان با معادله موازنه جرمی رابطه (۴و ۵) نیز نشان داد (دونالد،۱۹۷۷):

$$X = (C_b - C_m) / (C_b - C_f)$$ رابطه ۴

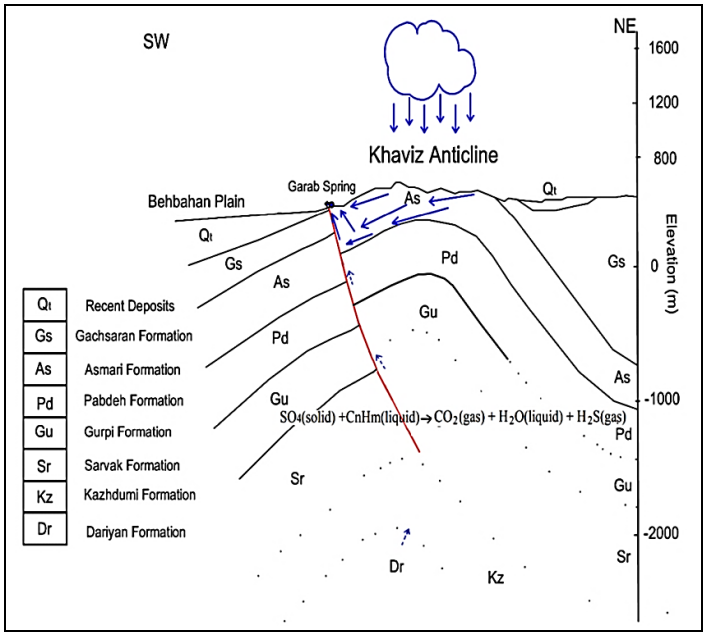
$$Q_b = \frac{(C_m - C_f)}{(C_b - C_f)} Q_m$$ رابطه ۵

که در این معادله، Q_m بده چشمه بر حسب لیتر بر ثانیه، C_b میانگین غلظت پارامترهای مختلفی مانند کلر، برم، اکسیژن ۱۸ و دوتریم در شورابه میدان نفتی مارون (میرنجاد و همکاران،۲۰۱۰)، C_f غلظت پارامترهای فوق در چشمه خائیز بعنوان چشمه‌ای که توسط شورابه آلوده نشده است، C_m غلظت پارامترهای فوق در چشمه‌گراب می باشد. بر اساس موازنه جرمی یون کلر درصد اختلاط چشمه گراب با شورابه نفتی و آب شیرین برابر با ۱/۵ و ۹۸/۵ درصد می‌باشد. بر اساس یون برم نیز، درصد اختلاط چشمه گراب با شورابه نفتی و آب شیرین برابر با ۳/۱ و ۹۶/۹ درصد برآورد گردید از لحاظ مقادیر ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ و دوتریم درصد شورابه در محتوای ایزوتوپی چشمه گراب بسیار ناچیز است. بنابراین می‌توان گفت شورابه نفتی سهم بسیار کمی در اختلاط با چشمه گراب دارد.

مدل مفهومی جریان در چشمه گراب

مدل مفهومی ارائه شده برای چشمه گوگردی گراب بر اساس تجمیع اطلاعات و نتایج زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، هیدروشیمی و ایزوتوپی تدوین شده است (شکل۷) . براساس مدل پیشنهاد شده گسل‌های تراستی موجود در منطقه بخصوص گسل تراستی تشان که در تماس آهک آسماری و سازند گچساران عمل کرده است، می‌تواند باعث جمع‌آوری و چرخش عمقی آب‌های جوی تغذیه شده به آهک آسماری در تاقدیس خائیز شده است. در حین چرخش عمقی، احتمالا اختلاط آب جوی و شورابه‌های نفتی که می‌تواند ناشی شورابه باقی‌مانده در سازند آسماری و یا شورابه صعود کرده از اعماق باشد، رخ داده است. وجود مخازن و تله های نفتی در محدوده تاقدیس خائیز و سازند بنگستان در اطراف محدوده مورد مطالعه می تواند تاییدی بر امکان وجود شورابه در اعماق باشد. همچنین بالا بودن نسبی دمای چشمه گراب نسبت به محیط می‌تواند ناشی از افزایش درجه حرارت در طی واکنش‌های شیمیایی گرمازا و چرخش آب به اعماق صورت گرفته باشد.

www.SID.ir



شکل ۷- مدل شماتیک جریان در محل خروجی چشمه گراب.

نتیجه‌گیری

مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی نشان داد که بخش عمده آب چشمه گراب توسط یال شمالی تاقدیس خائیز تغذیه می‌شود و یال جنوبی آن نقشی قابل توجهی در تغذیه چشمه ندارد. همچنین بر اساس نتایج بیلان و با توجه به حجم تخلیه سالانه توسط چشمه، سطح حوضه آبگیر چشمه در حدود ۳۲ کیلومتر مربع برآورد گردید که با مساحت رخنمون سازند آهکی آسماری در یال شمالی تقریباً یکسان است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که آب زیرزمینی در جهت شیب طبقات در یال شمالی حرکت کرده و در دامنه تاقدیس کانالیزه می‌شود و در نهایت به سمت پایین‌ترین سطح اساس فرسایش که در محل پلانژ تاقدیس واقع شده است جریان یافته و تخلیه می‌گردد. اما به دلیل عملکرد گسل‌های موجود در محل پلانژ شمال غربی تاقدیس، سطح اساس فرسایش از محل پلانژ به محل چشمه گراب در یال جنوبی منتقل شده است. با توجه به نسبت‌های یونی و نیز محتوای ایزوتوپی می‌توان اظهار داشت که منشأ شوری آب چشمه گراب، انحلال لایه‌های نمکی سازند گچساران نمی‌باشد، بلکه عامل شوری چشمه گراب، اختلاط شورابه‌های نفتی با آب‌های جوی می‌باشد. بر اساس موازنه جرمی یون کلر و برم و مقادیر ایزوتوپی می‌توان اظهار داشت که اگرچه حجم شورابه نفتی در اختلاط با آب‌های جوی کم می‌باشد ولی میزان شوری زیاد در شورابه‌های نفتی باعث تغییر زیاد در هیدروشیمی آب و بالا رفتن کل مواد جامد محلول در چشمه گراب شده است. وجود ترکیبات نفتی در محل خروجی چشمه‌های گوگردی به خصوص چشمه گراب، غلظت بالای یون منیزیم و وجود مخازن نفتی مناسبی چون آسماری و گروه بنگستان وجود تله‌های نفتی محلی را در منطقه را تأیید می‌کنند. می‌توان انتظار داشت که یافته‌های این تحقیق در جهت اعمال مدیریت کمی و کیفی آب در چشمه گراب کاربرد عملی داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی سازمان آب و برق خوزستان در قالب طرح پژوهشی در بخش علوم زمین دانشگاه شیراز انجام شده است که بدینوسیله از حمایت های ایشان قدردانی می‌شود.

منابع

اژدری.ع.، محمدی.ض.، ۱۳۹۰، تعیین حوضه آبگیر چشمه گراب با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی، هیدروژئولوژیکی و بیلان، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

چیت‌سازان، م.، شاچری، س.، میرزایی، ی. و عبودی، ط.، ۱۳۹۶، ارزیابی اختلاط منابع آبی آبخوان‌های کارستی، مطالعه مورد چشمه کارستی گرو واقع در شرق خوزستان، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۷، شماره ۲۴، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۶۵-۷۵.

چیت‌سازان، م.، قادری، گ.، میرزایی، ی. و پابی زاده، م.، ۱۳۹۱، آلودگی مرتبط با شورابه‌های نفتی و حذف بیولوژیکی آرسنیک در چشمه گرو، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۲، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۱، صفحه ۸۳-۹۳.

رئیسی، ع.، ۱۳۷۶، کارگاه صحرایی بیلان منابع آب سازندهای کارستی، مرکز تحقیقات کارست کشور، شماره ۱۰۵۰، ص:۴۵۰-۴۴۰.

سازمان آب و برق خوزستان.،۱۳۶۲،گزارش مرحله اول زمین‌شناسی پروژه سد مخزنی مارون

کریمی،ح.، ۱۳۸۲، رفتار هیدروژئولوژی سفره‌های کارستی حوضه الوند، پایان نامه دکتری دانشگاه شیراز، ص: ۲۸۱.

محمدی، ض.، ۱۳۸۵، روش مطالعه فرار آب از سدهای کارستی با تاکید بر منطقه زاگرس، پایان‌نامه دوره دکتری. شیراز، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز.

Clark, I.D., and Fritz, P. 1997. Environmental isotopic in hydrogeology. New York: Lewis Publishers.

Custodio .E.,1987. Hydrogeochemistry and tracers, in Ground-water problems in coastal areas. Studies and reports in hydrology. No: 45, UNESCO, p: 213-269

Karimi.H., Raeisi.E., Zare.M., 2005. Physicochemical Time Series of Spring Water, Carbonate and Evaporates, v. 20, no. 2, p. 138-147

www.SID.ir

Kompani-Zare. M., Moore. F., 2001. Chemical thermometry and origin of the Dalaki mineral springs, Boshehr Province, Iran. Journal Hydrologyl. No :40, p:189–204.

Millot. R., Guerrot. C., Innocent. C., Négrel. Ph., Sanjuan. B., 2011. Chemical, multi-isotopic (Li-B-Sr-U-H-O) and thermal characterization of Triassic formation waters from the Paris Basin. Chemical Geology.

Mirnejad. H., Sisakht. V., Mohammadzadeh. H., Amini. A. H., Rostron. B. J., Haghparast. G., 2010. Major, minor element chemistry and oxygen and hydrogen isotopic compositions of Marun oil-field brines, SW Iran: Source history and economic potential. Geological Journal. No: 46, p: 1–9

Mohammadi. Z., Sahraie-Parizi. H., 2010. Hydrogeochemistry of the Jowshan thermal springs, Kerman, Iran. Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology . P: 505-509

Mohammadi. Z., Bagheri. R., Jahanshahi. R., 2010. Hydrogeochemistry and geothermometry of Changal thermal springs, Zagros region, Iran. Geothermics. No: 39 , p:242–249

Richter. B. C., and C. Kreitler., 1991. Identification of sources of groundwater salinization using geochemical techniques. U.S. Environmental Protection Agency document.No:. 600/2-91/064,p: 259.

Schoeller. H.,(1962). Les eaux souterraines. Pari: Masson and Cie.

Vengosh, A., Starinsky. A., and Kolofony. Y., 1991.Boron isotope geochemistry as a tracer for evolution of brines and associated hot spring from the Dead Sea, Israel. Geochim Cosmochim. No:55, p:1589-l695

Vengosh. A., Rosenthal. E., .1994. Saline groundwater in Israel: its bearing on the water crisis in the country. Journal of Hydrology. No: 156, p :389-430

www.SID.ir