فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۸ (۱۳۹۱)، شماره ۱: ۷۲-۶۵
www.appliedgeology.ir
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد زاهدان

بررسی نقش شکستگی‌ها در آبدهی چشمه چم‌آسیاب در شمال شرق استان خوزستان

نصراله کلانتری[۱]، علی خوبیاری*[۲] و محمدصادق درانی‌نژاد[۳]

۱) استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز، nkalantari@hotmail.com
۲) کارشناس‌ارشد هیدروژئولوژی، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، akhoobyari@gmail.com
۳) کارشناس‌ارشد هیدروژئولوژی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، omiddorraninejad@yahoo.com
*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۱۰/۲۵ ؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۲/۲۲؛ پذیرش: ۹۱/۲/۲۵؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۳/۳۱

چکیده

حوضه آبریز چم‌آسیاب با مساحتی در حدود ۱۷ کیلومتر مربع، در شمال شرق استان خوزستان واقع شده است. پوشش واحدهای ماسه سنگی آغاجاری، سبب تشکیل آبخوان ماسه سنگی در منطقه شده است که توسط چشمه چم‌آسیاب به سطح زمین زهکشی می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، مطالعه اهمیت شکستگی‌ها در آبدهی چشمه چم‌آسیاب و شناخت وضعیت آب زیرزمینی آن می‌باشد. در این پژوهش از بخش‌های مختلف حوضه آبگیر چشمه برداشت درزه و شکستگی انجام شد و با استفاده از سنجش از دور (Geographic Information System, GIS) شکستگی‌های منطقه بررسی شدند. نتایج نشان داد که تراکم شکستگی‌ها با ایجاد تخلخل ثانویه، باعث افزایش تراوایی سازند شده و نقش مهمی را در آبدهی چشمه ایفا می‌نماید. همچنین غالب شکستگی‌ها از نوع عرضی می‌باشند و به موازات محور تنش بیشینه در منطقه ایجاد شده‌اند. آبدهی چشمه در فصل خشک در حدود ۲۰ لیتر بر ثانیه (L/Sec) و در فصل تر به بیش از ۶۰ لیتر بر ثانیه (L/Sec) می‌رسد. این مسأله نشان‌دهنده‌ی تراوایی ماسه سنگ در منطقه مورد مطالعه می‌باشد، همچنین بیانگر آن است که چشمه در فصل تر نسبت به بارش پاسخ مناسبی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ماسه سنگ، آغاجاری، زهکشی، درزه و شکستگی، افزایش تراوایی.

۱- مقدمه

در ایران در طی چند دهه اخیر، به علت رشد سریع جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی، تقاضا برای آب در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. از سوی دیگر، کشور ایران به علت قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک، از نظر منابع آب در وضعیت نامطلوبی نسبت به متوسط دنیا قرار دارد. آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع جهت تأمین آب مورد نیاز کشور می‌باشد، بنابراین، توجه به این منابع ارزشمند و توسعه پایدار آن هرچه بیشتر ضرورت می‌یابد. در سال‌های اخیر نیز مطالعات زیادی بر روی منابع آب زیرزمینی در کشور انجام شده است (درخشانی و علیپور ۱۳۸۸، حسن زاده و همکاران ۱۳۸۹، حسین علی زاده و یعقوبی ۱۳۸۹، کلانتری و همکاران ۱۳۹۰، کریمی پور و رخشنده‌ور ۱۳۹۰).

در محدوده شمال شرقی استان خوزستان علاوه بر سازندهای آهکی، مساحت زیادی از منطقه از سازند ماسه سنگی آغاجاری پوشیده شده است که تحت تأثیر شکستگی‌ها، مخازن آب زیرزمینی با ارزشی

Archive of SID
www.SID.ir

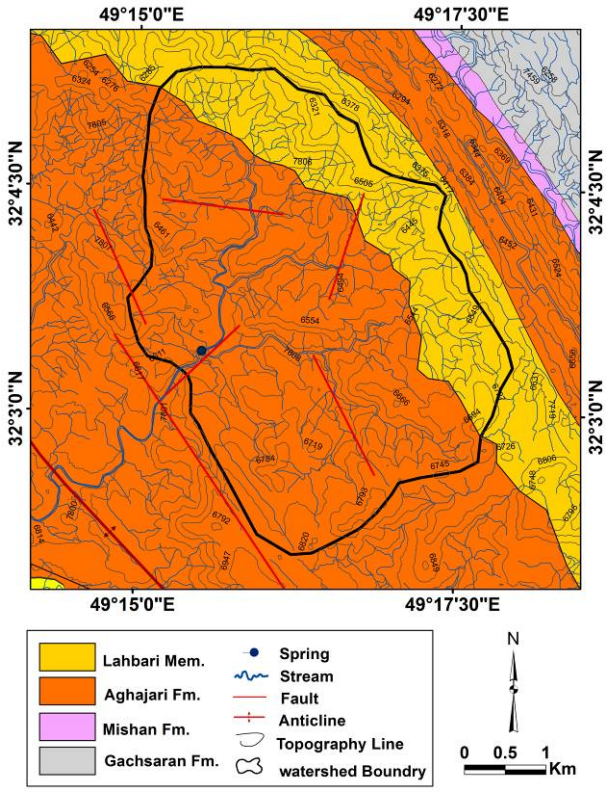
تشکیل داده است. منشأ ماسه سنگ‌ها، رسوبات آواری است. این نوع رسوبات از ذرات حاصل از تخریب و فرسایش سنگ‌های مناطق قاره-ای سرچشمه گرفته‌اند که پس از حمل در حوضه‌های رسوبی ته‌نشین می‌شوند (موسوی‌حرمی ۱۳۸۰).

از لحاظ کاربردی، ماسه‌سنگ‌ها یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین سنگ‌های مخزن برای ذخایر نفت، گاز و آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شوند (سحابی ۱۳۸۷). ماسه سنگ‌ها در برابر آب نفوذپذیر بوده و تخلخل آنها به اندازه‌ای است که می‌توانند مقادیر نسبتاً زیادی آب را در خود نگه دارند. البته تخلخل در این سازندها بیشتر از نوع ثانویه بوده که ارتباط مستقیمی با میزان شکستگی در سازند دارد. شکستگی‌ها اعم از درزه‌ها و گسل‌ها، با افزایش تراوایی سازند و ایجاد تخلخل ثانویه، باعث تشکیل مخازن آب زیرزمینی در این نوع سازندها می-شوند، این مسأله آنها را به منابع با ارزشی تبدیل نموده است. مطالعات انجام شده بر روی مخازن ماسه سنگی حاکی از اهمیت ماسه سنگها از نظر منابع آب زیرزمینی می‌باشد (Zhang & Hiscock 2011, Bertolo et al. 2011, Goren et al. 2012, Bashar & Tellam 2011).

جهت مطالعه آب زیرزمینی در سازندهای سخت چشمه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند و به عقیده کرسیک و استوانویچ (Kresic & Stevanivic 2010) مستقیماً خصوصیات درونی آبخوان را منعکس می‌سازند. در منطقه مورد مطالعه نیز با توجه به عدم وجود پیزومتر و چاه بهره‌برداری، چشمه چم‌آسیاب از اهمیت زیادی برخوردار است و بازتاب کننده شرایط درونی آبخوان ماسه سنگی چم‌آسیاب می‌باشد. در این پژوهش، وضعیت هیدروژئولوژیکی چشمه و اهمیت شکستگی‌ها در آبدهی بررسی شده و در نهایت، خصوصیات شیمیایی آب چشمه مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز چم‌آسیاب با مساحتی در حدود ۱۷ کیلومتر مربع بین طول جغرافیایی ′۱۴ °۴۹ تا ′۱۸ °۴۹ و عرض جغرافیایی ′۱ °۳۲ تا ′۵ °۳۲ در شمال شرق استان خوزستان واقع شده است. بر اساس آمار ۳۵ ساله ایستگاه هواشناسی لالی، میزان بارندگی در این منطقه کم بوده و طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن (De Martonne) دارای اقلیم نیمه‌خشک است. میانگین بارش سالانه در طول دوره آماری، ۵۳۲ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق راه اهواز به مسجد سلیمان امکان‌پذیر است (مسجد سلیمان نزدیک‌ترین شهرستان به محدوده مورد مطالعه می‌باشد). در تصویر ۱ موقعیت منطقه بر روی نقشه زمین شناسی ارائه شده است.



تصویر ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۳- روش مطالعه

در این پژوهش، ابتدا نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ (شرکت ملی نفت ایران)، نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده (سازمان نقشه‌برداری کشور) با فرمت dgn (۱/۲۵۰۰۰) و تصویر ماهواره‌ای منطقه برگرفته از سنجنده Land sat TM -2002 مورد بررسی قرار گرفت. طی چندین مرحله بازدیدهای میدانی، برداشت‌های زمین‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری (شامل چین‌خوردگی، گسل‌خوردگی و شکستگی) در منطقه انجام شد. در بخش‌های مختلف حوضه آبریز چشمه چم برداشت درزه و شکستگی صورت گرفت و خصوصیات شکستگی‌ها از جمله مختصات، میزان بازشدگی و فاصله آنها اندازه‌گیری شد. دبی چشمه نیز با استفاده از روش حجمی اندازه‌گیری شد. برای بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی منطقه، از آب چشمه در دو نوبت نمونه برداری انجام شد و همزمان با نمونه برداری مقادیر دما، pH و EC آب نیز اندازه‌گیری شد.

در مرحله دوم، با استفاده از سنجش از دور (Remote sensing, RS) و تصویر ماهواره‌ای سنجنده Land sat TM - 2002، باندهای ۷، ٤ و ۲، خطواره‌های منطقه استخراج شد. جهت بارزسازی عوارض خطی منطقه با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.0، فیلتر مناسبی در جهات شمال شرق- جنوب غرب و شمال غرب - جنوب شرق بر منطقه اعمال شد و خطواره‌های منطقه استخراج گردید. سپس شکستگی‌های

Archive of SID

www.SID.ir

منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای صحرایی، از دیگر پدیده‌های خطی مانند جاده‌ها، راه‌ها، خطوط انتقال آب، نفت و غیره تفکیک گردید. سپس با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار Lineament analyst در محیط GIS، منطقه به دایره‌هایی با شعاع ۵۰۰ متری تقسیم‌بندی شده و در هر دایره فراوانی شکستگی‌ها محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از ابزار Spatial analyst در محیط GIS نقشه چگالی شکستگی‌های منطقه تهیه گردید.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- زمین‌شناسی منطقه

خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی هر منطقه ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات سازندهای آن منطقه (از لحاظ چینه‌شناسی، لیتولوژی و فرایندهای ساختاری) دارد. از نظر چینه‌شناسی، مهم‌ترین سازندهای رخنمون یافته در منطقه چم‌آسیاب، سازند آغاجاری و بخش لهبری می‌باشد. ترکیب سازند آغاجاری در منطقه شامل ماسه‌سنگ، رگه‌های گچ، مارن و سیلتستون می‌باشد. بخش ماسه‌سنگی این سازند، سفره آب زیرزمینی را در منطقه مورد مطالعه تشکیل داده است. سن سازند آغاجاری از میوسن فوقانی تا پلیوسن تعیین شده است (درویش‌زاده ۱۳۸۳). بخش بالایی این سازند در منطقه مورد مطالعه به بخش لهبری تبدیل شده که ترکیب آن عمدتاً مارن و ماسه‌سنگ می‌باشد.

۴- ۲- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختاری

زمین‌شناسی ساختاری، در مطالعات هیدروژئولوژیکی سازندهای سخت و جریان آب از اهیمت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی ساختاری، منطقه مورد مطالعه جزء کمربند زاگرس چین خورده محسوب می‌شود. مهم‌ترین ساختار زمین‌شناسی ایجاد شده در محدوده مورد مطالعه، تاقدیس مسجد سلیمان با روند محوری شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد. تراکم شکستگی‌ها در لایه‌های ماسه‌سنگی نشان‌دهنده‌ی شدت فرایندهای تکتونیکی در منطقه می‌باشد.

همچنین و در نتیجه‌ی فرایندهای ساختاری، گسل‌های متعددی در منطقه ایجاد شده است. چشمه چم‌آسیاب نیز در امتداد دره‌ای گسله با روند N40E واقع شده است. در منطقه چم‌آسیاب، عملکرد گسلی معکوس با روند شمالی-جنوبی باعث تغییر در امتداد لایه‌بندی شده است (تصویر ۲).

۴- ۲- ۱- خطواره‌ها

خطواره‌ها، معرف سطحی زون‌های شکستگی هستند. در مناطقی که خطواره‌ها تراکم بیشتری دارند، تراکم درزه و شکستگی نیز بیشتر است. این فرض، اساس استفاده از خطواره‌ها در اکتشاف آب‌های زیرزمینی است. خطواره‌ها ابزار بسیار مناسبی جهت شناخت هیدرولوژی زیرسطحی هستند. محققین بسیاری شرایط هیدرولوژی زیرسطحی را از طریق شاخص‌های سطحی مانند خطواره‌ها تعیین نمودند (Kim et al. 2004, Henriksen & Braathen 2006, Fernandes & Rudolph 2001, Chandra et al. 2006).

در منطقه مورد مطالعه، شکستگی‌ها مهم‌ترین عامل تراوایی ماسه سنگ‌های منطقه محسوب می‌شوند که نقش مهمی را در آبدهی چشمه چم‌آسیاب ایفا می‌نمایند. واژه شکستگی در زمین‌شناسی به صورت‌های متفاوتی تعریف شده است. بر اساس تعریف نلسون (Nelson 2001) شکستگی‌ها عبارتند از بریدگی‌های صفحه‌ای در ابعاد ماکروسکوپی که در اثر تغییر شکل و یا دیاژنز فیزیکی در سنگ‌ها به وجود می‌آیند. در نتیجه فرایندهای ساختاری، شکستگی‌های متعددی در منطقه ایجاد شده است. بیشتر شکستگی‌ها، عمود بر روند چین خوردگی منطقه و به موازات محور تنش ماکزیمم (σ_1) می‌باشند. تصویر ۳، شکستگی‌های ایجاد شده در منطقه را نشان می‌دهد. چشمه چم‌آسیاب از یال شمال شرقی تاقدس خارج می‌شود و شکستگی‌ها نقش مهمی را در تغذیه این چشمه ایفا می‌نمایند. برای بررسی رابطه بین ظهور چشمه و فراوانی شکستگی‌ها، نقشه چگالی شکستگی‌های منطقه تهیه شد (تصویر ٤).

بر اساس نقشه چگالی شکستگی‌های منطقه، در بخش‌های شمال غربی و غرب تراکم شکستگی‌ها بیشتر است. این بخش‌ها دارای نفوذپذیری و قدرت انتقال بیشتری در منطقه می‌باشند و به عنوان مهم‌ترین مناطق تغذیه چشمه نیز محسوب می‌شوند. همچنین محل ظهور چشمه چم‌آسیاب با فراوانی شکستگی‌های منطقه انطباق نزدیکی نشان می‌دهد (چشمه در نقطه با بیشترین فراوانی شکستگی ایجاد شده است). رابطه بین دبی چشمه‌ها و فراوانی شکستگی‌ها توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (کلانتری و همکاران ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸، رنگزن و همکاران ۱۳۸۳، Rahnemaei et al. 2005).

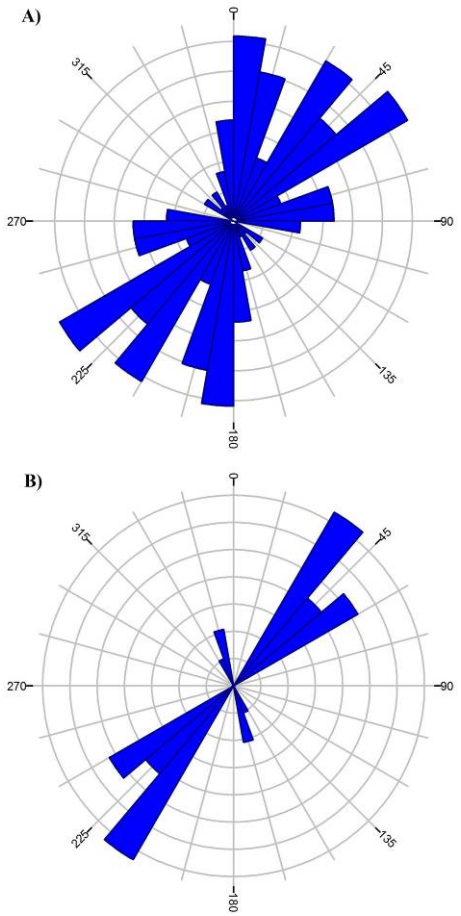
در این پژوهش برای ارزیابی روند شکستگی‌های منطقه از نمودارهای گلسرخی (Rose diagram) استفاده شد. این نمودارها، ابزار مناسبی برای نشان دادن جهت‌گیری شکستگی‌ها می‌باشند. نمودار گلسرخی شکستگی‌های منطقه بر اساس برداشت‌های صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه رسم شد (تصویر ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

تصویر۲- تصویری از گسل ایجاد شده در منطقه چم‌آسیاب

تصویر ۳- تصویری از شکستگی‌ها در ماسه سنگ آغاجاری

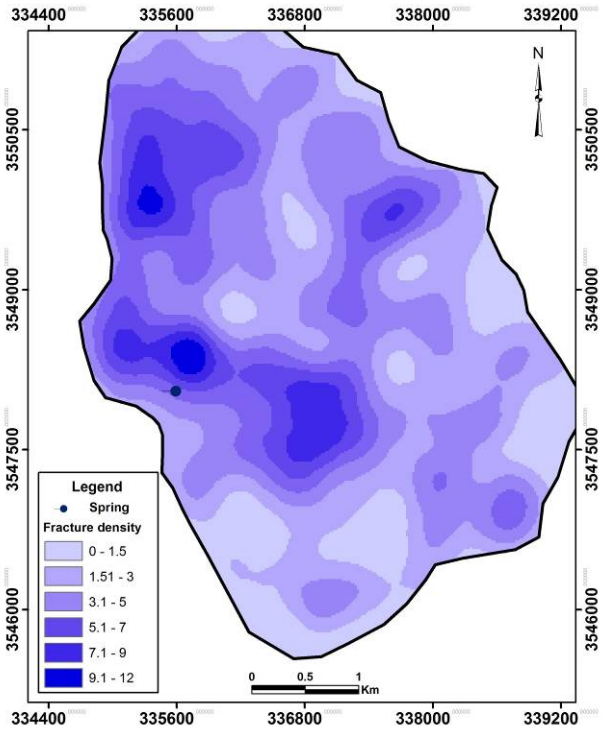


تصویر ۵- نمودار گلسرخی شکستگی‌های منطقه، تصاویر ماهواره‌ای (A) و برداشت‌های صحرایی (B)

روند بیشتر شکستگی‌ها در منطقه شمال شرق- جنوب غرب می‌باشد. بیشتر شکستگی‌های مؤثر در ظهور چشمه در منطقه از نوع عرضی می‌باشند. از آنجایی که شکستگی‌های عرضی دارای بازشدگی بیشتری هستند، این نوع شکستگی‌ها نقش زیادی در نفوذپذیری و انتقال آب در سازند ماسه سنگی ایفا می‌نمایند. مطالعات میدانی انجام شده در منطقه نشان داد که شکستگی‌ها در منطقه دارای بازشدگی مناسبی هستند و نقش مؤثری در آبدهی چشمه دارند. مختصات سیستم درزه و شکستگی‌های برداشت شده از منطقه طی عملیات میدانی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- مشخصات شکستگی‌های منطقه چم‌آسیاب بر اساس برداشت‌های میدانی

set	مختصات	بازشدگی (Cm)	تعداد در واحد طول (m)	میانگین فاصله (m)
1	N40E/60SW	۲	۳	۰/۲۵
2	N40E/85NE	۱/۵	۱/۵	۰/۵
3	N50E/75 SW	۱	۲	۰/۳۳
4	N50E/15NE	۱/۳	۱/۵	۰/۵



تصویر ٤- نقشه چگالی شکستگی‌های منطقه چم‌آسیاب

Archive of SID
www.SID.ir

۴- ۲- ۱- ۱- مطالعه آماری شکستگی ها

با توجه به اهمیت شکستگی‌ها در آبدهی چشمه چم‌آسیاب، با استفاده از نرم افزار Lineament statistics در محیط GIS، فراوانی شکستگی‌ها، نقاط برخورد و طول شکستگی‌های منطقه محاسبه شد. همچنین فراوانی و طول شکستگی‌ها در دامنه‌های آزیموتی ۳۰ درجه‌ای محاسبه گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی و بیشترین مجموع طول شکستگی‌های منطقه در آزیموت ۳۰ تا ۶۰ درجه است. همان‌گونه که قبلاً نیز بیان شد، این شکستگی‌ها از نوع عرضی هستند و نقش مؤثری در انتقال آب درون سامانه ماسه‌سنگی در منطقه چم‌آسیاب ایفا می‌نمایند. همچنین بررسی شکستگی‌ها در دایره‌ای با شعاع ۱۰۰۰ متر به مرکزیت چشمه، نشان داد که در این محدوده تعداد ۱۶ شکستگی، ۵ نقطه برخورد و ۶۸۲۲ متر طول شکستگی ایجاد شده است. این شکستگی‌ها نقش اساسی در تمرکز آب زیرزمینی و برونزد چشمه چم‌آسیاب در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین فراوانی شکستگی‌ها در مدل رقومی ارتفاعی منطقه با چهار کلاس ارتفاعی A، B، C و D در محیط جی‌آی‌اس (GIS) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین تمرکز شکستگی‌های منطقه حدود ۵۴ شکستگی در کلاس ارتفاعی B با میانگین ارتفاع ۵۰۰ متر می‌باشد. چشمه‌ها بیشتر در ارتفاعات پایین تشکیل می‌شوند، بنابراین شکستگی‌های موجود در طبقات ارتفاعی پایین بیشتر در ارتباط با مخزن چشمه، آبگیری و تمرکز آب زیرزمینی می‌باشند و شکستگی‌های موجود در طبقات ارتفاعی بالا عمدتاً در ارتباط با تغذیه چشمه‌ها در نظر گرفته می‌شوند.

چشمه چم‌آسیاب در کلاس ارتفاعی A با تعداد ۲۵ شکستگی قرار دارد. این شکستگی‌ها نقش مؤثری در تمرکز آب زیرزمینی در منطقه دارند. شکستگی‌های موجود در طبقات ارتفاعی بالاتر شامل B، C و D را می‌توان به عنوان شکستگی مرتبط با تغذیه چشمه در نظر گرفت.

۴-۳- خصوصیات آبخوان و ظهور چشمه

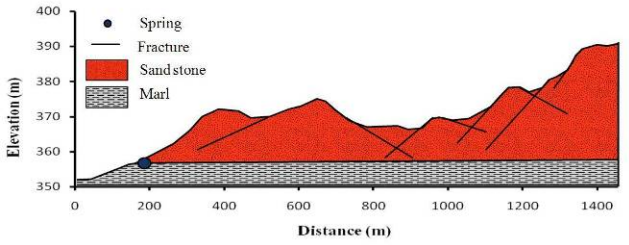
سازند آغاجاری وضعیت هیدروژئولوژیکی ویژه‌ای را در منطقه چم-آسیاب ایجاد نموده است. عملکرد فرایندهای ساختاری در منطقه چم-آسیاب و ضخامت مناسب بخش ماسه‌سنگی سازند آغاجاری در منطقه، نقشی اساسی در تشکیل آبخوان ماسه‌سنگی چم‌آسیاب داشته است. تراکم شکستگی‌ها در لایه‌های ضخیم ماسه‌سنگی، سبب افزایش ضریب ذخیره سازند شده است، همچنین سبب شده تا منطقه مورد مطالعه از پتانسیل آب زیرزمینی مناسبی برخوردار گردد. بر اساس آبدهی چشمه چم‌آسیاب و همچنین تحقیقات انجام شده توسط کلانتری و همکاران (Kalantari et al. 2010) می‌توان گفت که حوضه آبگیر چم‌آسیاب دارای پتانسیل آب زیرزمینی بیشتری در مقایسه با مناطق ماسه سنگی مجاور است. چشمه چم‌آسیاب در مجاورت روستای چم‌آسیاب و در فاصله تقریباً ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان مسجد سلیمان واقع شده است. ارتفاع مظهر چشمه ۳۶۰ متر از سطح دریا می‌باشد و مساحت حوضه آبگیر چشمه در حدود ۱۷ کیلومتر مربع است. در تصویر ۶، مقطع زمین‌شناسی از محل ظهور چشمه ارائه شده است.

جدول۲- نتایج آماری شکستگی‌ها حاصل از Lineament statistics منطقه چم‌آسیاب

شناسه	مجموع طول (m)	مجموع فراوانی	نقاط برخورد	۹۰-_۶۰	۶۰-_۳۰	۳۰-_۰	۰_۳۰	۳۰_۶۰	۶۰_۹۰
فراوانی	-	۱۰۳	۳۲	٤	۵	۱۵	۲۶	۳٤	۱۹
طول	٤۰۱۳۷	-	-	۱۷۰٤	۱۹۶۰	۶۶۳۲	۱۰٤۳۷	۱۲۸۸۷	۶۵۵٤

جدول ۳- ویژگی‌های منطقه بر اساس مدل رقومی ارتفاعی

کلاس ارتفاعی	مساحت (m2)	طبقه ارتفاعی (m)	میانگین ارتفاع	فراوانی شکستگی
A	۳٤۲۵۰۱۹	۳۳۳ - ٤۵۰	۳۹۱	۲۵
B	۸۳۷٤۶۳۷	٤۵۰ - ۵۵۰	۵۰۰	۵٤
C	٤۶۹۵۱۰۱	۵۵۰ - ۶۵۰	۶۰۰	۲۳
D	۱۰۱۶۹۱۵	۶۵۰- ۷٤۸	۶۹۹	۳



تصویر ۶- مقطع زمین‌شناسی از محل ظهور چشمه (شمال شرق- جنوب غرب)

Archive of SID
www.SID.ir

۴-۳-۱- سنگ مخزن و آبدهی چشمه

چشمه چم‌آسیاب از نوع کنتاکتی- درزه و شکافی می‌باشد. در محل ظهور چشمه، درزه و شکاف‌های متعددی قابل مشاهده است که اکثراً عمود بر امتداد لایه‌بندی بوده و آب از طریق شکستگی‌ها از محل تماس ماسه سنگ با مارن خارج می‌گردد. سنگ مخزن چشمه از جنس ماسه سنگ است و ماسه سنگ‌های منطقه بیشتر از نوع دانه درشت می‌باشند. سیستم زهکشی آبخوان در منطقه چم‌آسیاب درزه و شکافی است. با توجه به سیمان آهکی ماسه سنگ آغاجاری (درویش‌زاده ۱۳۸۳) سیستم زهکشی انحلالی می‌تواند تأثیر زیادی در آبدهی چشمه ایفا کند، (تأیید این موضوع نیاز به آنالیز ایکس‌آراف XRF نمونه سنگ از منطقه دارد) ضخامت بخش ماسه سنگی سازند آغاجاری در منطقه قابل ملاحظه بوده و یکی از عوامل مهم در آبدهی چشمه محسوب می‌شود. این موضوع نقش مهمی در دوام آب چشمه به ویژه در فصل خشک ایفا می‌نماید. همچنین آبدهی چشمه چم‌آسیاب ارتباط زیادی با میزان بارندگی در منطقه دارد. از ویژگی‌های بارز چشمه، اختلاف نسبتاً زیاد آبدهی آن در فصول خشک و تر می‌باشد، به‌طوری‌که آبدهی چشمه در فصل خشک در حدود L/S ۲۰ و در فصل تر به بیش از L/S ۶۰ می‌رسد. این موضوع نشان دهنده‌ی تراوایی ماسه سنگ آغاجاری در منطقه چم‌آسیاب می‌باشد و بیانگر آن است که چشمه در فصل تر نسبت به بارش پاسخ مناسبی نشان داده است. در منطقه مورد مطالعه، علاوه بر چشمه اصلی، در فصل تر چشمه‌های فرعی متعددی نیز از محل شکستگی‌ها خارج می‌گردد که آب همه آنها به یکدیگر پیوسته و درون دره جاری می‌شود. آب چشمه چم‌آسیاب بیشتر برای کشاورزی و پرورش دام در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر شکستگی‌ها که مهم‌ترین عامل آبدهی چشمه چم‌آسیاب محسوب می‌شوند، شیب توپوگرافی منطقه نیز نقش مهمی در آبدهی چشمه دارد. در مناطق با شیب تند، آب زمان کافی برای نفوذ در آبخوان ندارد و آب حاصل از بارش به صورت رواناب و سیلاب جاری شده و از منطقه خارج می‌گردد. بنابراین شیب توپوگرافی، یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده تغذیه چشمه محسوب می‌شود. براساس بازدیدهای میدانی انجام شده، منطقه چم‌آسیاب دارای شیب توپوگرافی نسبتاً ملایمی است و این موضوع نقش مهمی در تغذیه چشمه دارد. مطالعه شیب منطقه در محیط GIS نشان داد که بیش از ۸۵ درصد از مساحت منطقه شیب کمتر از ۳۰ درجه دارد، همچنین بیشتر شکستگی‌های منطقه در شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه قرار دارند.

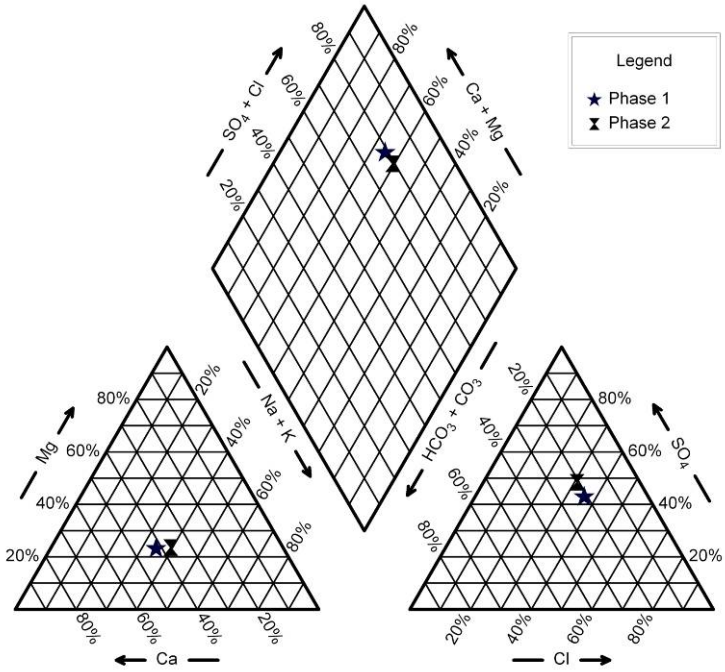
۴-۴- کیفیت شیمیایی آب‌چشمه و شاخص اشباع

امروزه با توجه به مصارف مختلف آب، به همان اندازه که کمیت آب دارای اهمیت است کیفیت آب نیز از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی منطقه چم‌آسیاب، از آب چشمه نمونه برداری شد. نتایج آنالیز نمونه‌ها در جدول ٤ ارائه شده است. در ادامه، نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از نرم افزارهای Rock Aq.QA ware و Phreeqc مورد مطالعه قرار گرفت. نمودار پایپر (Piper) نمونه‌های آب منطقه (تصویر ۷) نشان داد که آب چشمه چم‌آسیاب در هر دو فصل نمونه برداری از نوع سولفاته بوده و آنیون غالب در آب زیرزمینی منطقه سولفات ($SO4^{2-}$) می‌باشد. این مسأله در ارتباط با انحلال رگه‌های ژیپس و انیدریت موجود در طبقات مارنی سازند آغاجاری و بخش لهبری منطقه است. یکی از پارامترهای مهم در هیدروشیمی، سنجش درجه اشباع است. درجه اشباع آب زیرزمینی منطقه نسبت به برخی کانی‌ها و گازهای مختلف محاسبه و در جدول ۵ ارائه شده است. اگر مقدار درجه اشباع نمونه آبی کمتر از صفر باشد آب نسبت به ماده مورد نظر تحت اشباع است. در صورتی‌که این مقدار برابر با صفر باشد ماده و آب در حال تعادل هستند. همچنین زمانی که درجه اشباع بیشتر از صفر باشد آب نسبت به کانی یا ماده موردنظر فوق اشباع است. مقدار درجه اشباع آب چشمه چم‌آسیاب نسبت به کانی‌های آراگونیت، کلسیت و دولومیت مثبت است. این مسأله بیانگر آن است که با توجه به سیستم زهکشی آبخوان، زمان کافی جهت انحلال این کانی‌ها وجود داشته است. به‌جز این موارد، آب زیرزمینی منطقه نسبت به سایر مواد و کانی‌ها، تحت اشباع می‌باشد و این موضوع بیانگر آن است که این مواد می‌توانند در آب زیرزمینی منطقه به مقدار بیشتری انحلال یافته و در نتیجه تغییرات کیفی بیشتری را ایجاد نمایند.

جدول٤- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب چشمه چم‌آسیاب (mg/l)

نمونه‌برداری	Ec (µmoh/ Cm)	TDS	PH	T (C°)	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}
مرحله اول	١٤٠٠	٩٨٠	٧/٢	٢٨	١٠٤/٤	٤٥/٥٧	١٢٤/٦	٣/٥٢	٣٠٨/٨	٢٠٥	١٥٨/٨
مرحله دوم	١٤٥٠	٩٩٥	٧/٥	٢٥/٦	١١٠/٢	٤٢/٥٣	١٣٣/٣	٢/٧٣	٣٤١	٢١٣/٦	١٨٧/٩

Archive of SID
www.SID.ir



تصویر ۷- نمودار پایپر نمونه‌های آب منطقه چم‌آسیاب

جدول ۵- درجه اشباع آب چشمه چم‌آسیاب

کلسیت	دولومیت	آراگونیت	انیدریت	ژیپس	هالیت	H2O	CO2	O2
۰/۹۵	۲/۲۳	۰/۸۱	-۱/۲۵	-۱/۰٤	-٦/٦٦	-۱/٤۳	-۳/۰۳	-۳۲/۹۲

۵- نتیجه‌گیری

چشمه چم‌آسیاب از نوع کنتاکتی- درزه و شکافی بوده که آب از طریق شکستگی‌ها در محل تماس ماسه سنگ با مارن خارج می‌گردد. سنگ مخزن چشمه از جنس ماسه سنگ می‌باشد و اختلاف آبدهی چشمه در فصول خشک و تر بیانگر تراوایی ماسه سنگ در منطقه است. تراکم شکستگی‌ها در لایه‌های ضخیم ماسه‌سنگی در منطقه، مهم‌ترین عامل آبدهی چشمه محسوب می‌شود. نقشه چگالی شکستگی‌های منطقه نشان داد که محل ظهور چشمه با فراوانی شکستگی‌های منطقه انطباق نزدیکی داشته، همچنین در بخش‌های شمال غربی و غرب منطقه تراکم شکستگی‌ها بیشتر می‌باشد. این بخش‌ها، نفوذپذیری بیشتری در منطقه داشته و از مهم‌ترین مناطق تغذیه چشمه محسوب می‌شوند. بر اساس نمودار گلسرخی و نتایج به دست آمده از مطالعه آماری شکستگی‌های منطقه روند بیشتر آنها شمال شرق- جنوب غرب می‌باشد. همچنین بیشتر شکستگی‌ها به موازات محور تنش بیشینه در منطقه می‌باشند، این شکستگی‌ها از نوع عرضی بوده و نقش مؤثری در انتقال آب در آبخوان ایفا می‌نمایند. فرایند انحلال کانی‌های سولفاته مانند ژیپس و انیدریت موجود در لایه‌های مارنی سازند آغاجاری و بخش لهبری باعث سولفاته شدن آب زیرزمینی منطقه در هر دو فصل نمونه‌برداری شده است. درجه اشباع آب چشمه نشان داد که آب زیرزمینی منطقه نسبت به کانی‌های ژیپس، انیدریت و هالیت تحت اشباع می‌باشد و این مواد می‌توانند به مقدار بیشتر در آب زیرزمینی منطقه انحلال یافته و شوری آب زیرزمینی منطقه را افزایش دهند.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم بخش شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان که که هزینه انجام پروژه را تأمین کردند و همچنین گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز که در انجام این پژوهش مساعدت و همکاری لازم را نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

حسن‌زاده، ر.، عباس‌نژاد، ا. و حمزه، م. ع.، ۱۳۸۹، "ارزیابی آلودگی آبهای زیرزمینی محدوده شهر کرمان"، *مجله محیط شناسی، سال ۳٦ (٥٦): ۱۱۰- ۱۰۱.*

Archive of SID
www.SID.ir

حسینعلی زاده، م. و یعقوبی، ع.، ۱۳۸۹، "تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار"، *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ٤ (١٠): ٦٧- ٦٣.*

درخشانی، ر. و علیپور، م.، ۱۳۸۸، "ارزیابی حساسیت آبهای زیرزمینی به آلودگی در دشت خاتون آباد با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی"، *فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ٥ (٤): ٢٩١- ٢٨٥.*

درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران (چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسم)"، *چاپ اول، انتشارات امیر کبیر، ٤٣٣ ص.*

رنگزن، ک.، آبشیرینی، ا.، و چرچی، ع.، ۱۳۸۳، "استفاده از سنجش از دور و GIS در بررسی عوامل ساختاری، لیتولوژیکی و توپوگرافی در برونزد چشمه‌های تاقدیس تاقدیس پابده-لالی"، *بیست و سومین همایش علوم زمین، تهران.*

سحابی، ف.، ۱۳۸۷، "سنگ‌شناسی رسوبی"، *چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ٣٨٨ ص.*

کریمی‌پور، ا. و رخشنده‌ور، غ.، ۱۳۸۹، "آنالیز حساسیت رفتار هیدرولیکی آبخوان دشت شیراز با استفاده از مدل PMWIN"، *مجله آب و فاضلاب، شماره ٢: ١١١- ١٠٢.*

کلانتری، ن.، کشاورزی، م.ر. و چرچی، ع.، ۱۳۸۸، "عوامل مؤثر در ظهور چشمه‌های حوضه آبریز دشت ایذه"، *فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ٥ (٢): ١٤٧- ١٣٥.*

کلانتری، ن.، سجادی، ز.، مکوندی، م. و کشاورزی، م. ر.، ۱۳۹۰، "خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه، با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین"، *فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ٧ (٤): ٣٤٢-٣٣٣.*

کلانتری، ن.، صاحبدل، م.، حمیدی زاده، ف. و کشاورزی، م. ر. ۱۳۸۷، "بررسی عوامل کنترل کننده ظهور و آبدهی چشمه‌های منطقه شیمبار شمال شرق استان خوزستان"، *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز: ١١٨-١١٨.*

موسوی‌حرمی، ر.، ۱۳۸۰، "رسوب‌شناسی"، *چاپ هفتم، انتشارات آستان قدس رضوی، ٤٤٠ ص.*

Bertolo, R., Bourotte, C., Hirata, R., Marcolan, L. & Sracek, O., 2011, "Geochemistry of natural chromium occurrence in a sandstone aquifer in Bauru Basin, São Paulo State, Brazil", *Applied Geochemistry, Vol. 26: 1353-1363.*

Bashar, Kh. & Tellam, J. H., 2011, "Sandstones of unexpectedly high diffusibility", *Journal of Contaminant Hydrology, Vol. 122: 40-52.*

Chandra, S., Rao, V. A., Krishnamurthy, N. S., Dutta, S. & Ahmed, Sh., 2006, "Integrated studies for characterization of lineaments used to locate groundwater potential zones in a hard rock region of Karnataka", *India, Hydrogeology Journal, Vol. 14 (5): 767–776.*

Fernandes, A. J. & Rudolph, D. L., 2001, "The influence of Cenozoic tectonics on the groundwater-production capacity of fractured zones: a case study in Sao Paulo, Brazil", *Hydrogeology Journal, Vol. 9 (2): 151–167.*

Goren, O., Gavrieli, I., Burg, A. & Lazar, B., 2012, "Cation exchange and $CaCO_3$ dissolution during artificial recharge of effluent to a calcareous sandstone aquifer", *Journal of Hydrology, Vol. 400: 165-175.*

Henriksen, H. & Braathen, A., 2006, "Effects of fracture lineaments and in-situ rock stresses on groundwater flow in hard rocks: a case study from Sunnfjord, western Norway", *Hydrogeology Journal, Vol. 14: 444-461.*

Kresic, N. & Stevanivic, Z., 2010, "Groundwater hydrology of springs", *Elsevier Pub., 262 pp.*

Kim, G. B., Lee, J. Y. & Lee, K.-K., 2004, "Construction of lineament maps related to groundwater occurrence with ArcView and AvenueTM scripts", *Computers & Geosciences, Vol. 30 (9-10): 1117–1126.*

Kalantari, N., Khoobyari, A., Charchi, A. & Keshavarzi, 2010, "Deciphering groundwater potential zones in sand stone terrain Based on GIS applications (Case study: Masjed-e- Soleiman, Iran)" , *The 1st International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, Iran, 26-28 April 2010: 336-340.*

Nelson, R. A., 2001, "Geologic analysis of naturally fractured reservoirs, 2nd ed." , *Gulf professional Publishing, Houston, 332 pp.*

Rahnemaei, M., Zare, M., Nematollahi, A. R. & Sedghi, H., 2005, "Application of spectral analysis of daily water level and spring discharge hydrographs data for comparing physical characteristics of karstic aquifers", *Journal of Hydrology, Vol. 311 (1-4): 106-116.*

Zhang, H. & Hiscock, K. M., 2011, "Modelling the effect of forest cover in mitigating nitrate contamination of groundwater: A case study of the Sherwood sandstone aquifer in the east Midlands, UK", *Journal of Hydrology, Vol. 399: 212- 225.*

Archive of SID

www.SID.ir