نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک
سال ۱۰(۱۳۹۳)، شماره۲: ۱۶۰-۱۵۰
WWW.appliedgeology.ir

بررسی گسترش و پدیده کارستی شدن سنگ های آهکی منطقه خان گرمز همدان با توجه به ویژگی های سنگ شناسی و فیزیکی آنها

محمدحسین قبادی*[1]، رضابابازاده[2]

استاد گروه زمین شناسی،دانشگاه بوعلی سینا، همدان

*) عهده دار مکاتبات

چکیده

در این مقاله، به منظور ارزیابی گسترش کارست در منطقه حفاظت شده خان گرمز (جنوب همدان)، پدیده های ژئومورفولوژیکی کارست و ویژگی های سنگ شناسی و فیزیکی سنگ های آهکی بررسی شدند. بر اساس بررسی های میدانی، دو نوع سنگ آهک به رنگ های روشن و خاکستری با ضخامتی در حدود ۵۰۰ متر در منطقه گسترش دارند که بر روی ماسه سنگ، لای سنگ و شیل قرار گرفته اند. بر اساس رده بندی دانهام، سنگ های آهکی مورد مطالعه از نوع مادستون می باشند. با توجه به نتایج آزمایش ایکس آر اف (X-ray fluorescence: XRF)، اکسید کلسیم (CaO) در سنگ آهک های خاکستری رنگ بیشتر از ۵۰ درصد و اکسید منیزیم (MgO) کمتر از ۰/۵ درصد است . درحالیکه اکسیدهای کلسیم و منیزیم در سنگ آهک های رنگ روشن به ترتیب کمتر از ۵۰ و بیشتر از ۱ درصدمی باشد. براساس نتایج آزمایش XRF، کانی دولومیت در سنگ آهک رنگ روشن بیشتر از سنگ آهک خاکستری رنگ است. فرآیندکارستی شدن در سنگ آهک های خاکستری رنگ در مقایسه با نوع روشن از گسترش بیشتری برخوردار است. در منطقه مورد مطالعه، ویژگی های سنگ شناسی و فراوانی پدیده های ژئومورفولوژی کارست که عمدتا کارن ها، چشمه ها، فروچاله ها و غارها می باشند، برگسترش کارست در منطقه دلالت دارند.

واژه‌های کلیدی: سنگ آهک، کارست، پدیده های ژئومورفولوژی، منطقه حفاظت شده خان گرمز،همدان

۱-مقدمه

شناخت پدیده های ژئومورفولوژی کارست و فراوانی آنها در یک منطقه می تواند به عنوان کلیدی برای ارزیابی گسترش کارست مورد استفاده قرار گیرد (قبادی ۱۳۸۸). با توجه به فراوانی سنگ های کربناته دراستان همدان، شناسایی اشکال ژئومورفولوژیکی در ارتباط با مطالعه فرایند کارستی شدن و نحوه توسعه آن می‌تواند مفید واقع گردد. دراجرای پروژه های عمرانی (سد سازی، تونلبری)، برای اکتشاف منابع آب، نفت و گاز در مناطق کارستیک و همچنین از دیدگاه ژئوتوریسیم،

شناسایی پدیده‌های ژئومورفولوژی کارست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.ژئومورفولوژی کارست طیف وسیعی از ناهمواری‌ها از ساده ترین آنها مانند کارن ها تا تحول یافته ترین انواع آنها مثل غارها و پولیه‌ها را در بر می گیرد. تشکیل این اشکال در سنگ‌های آهکی یک منطقه توسط عوامل مختلفی کنترل می شود. از جمله این عوامل می توان به بالا بودن درصد CaO و پائین بودن درصد MgO در سنگ آهک، بافت سنگ، وجود ساختارهای تکتونیکی، لایه بندی و ضخامت آن و شرایط آب و هوایی اشاره نمود. نقش این عوامل در گسترش کارست در سنگهای انحلال پذیر توسط محققین مختلفی بررسی شده است (Ford & Willams 1989; 2007; Jakucs 1977; Jenning 1985; Sweeting 1972). توسعه کارست و نقش عوامل موثر در گسترش آن در ایران نیز توسط افراد مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله این مطالعات می توان به مواردی از قبیل: توزیع فضایی سنگهای کارستی در ایران (علایی طالقانی ۱۳۸۳)، بررسی تحول کارست در منطقه زاگرس (علایی طالقانی ۱۳۸۹)، بررسی نقش زمین ساخت در ژئومورفولوژی حوضه آبخیز سر آبله با تاکید بر اشکال کارستی (قاسمی ۱۳۸۲) و ژئومورفولوژی حوضه دینور با تاکید بر پدیده کارست (معنوی ۱۳۷۶) اشاره کرد. در مناطق متشکل از سنگ‌های انحلال پذیر، اشکال کارستی به صورت سطحی و زیر سطحی شکل می گیرند. با توجه به اینکه فراوانی چنین پدیده‌هایی ارتباط مستقیمی با مقدار انحلال سنگ‌های کارستی دارد، با شناسایی اشکال ژئومورفولوژیک کارست می توان اطلاعات مفیدی را در رابطه با میزان انحلال سنگ های قابل حل و گسترش آنها به دست آورد (Palmer 2007; Milanovic 1981). اشکال ژئومورفولوژی کارست معمولا نشان دهنده وجود آبخوانهای کارستی می‌باشند (Huntoon 2000). بر اساس مطالعاتی که به منظور بررسی ارتباط بین فراوانی آثار خرد شدگی و اشکال ژئومرفولوژیک کارست با حضور آب زیر زمینی در سنگ‌های کربناته انجام گردید، مشخص شد که مناطقی با هوازدگی و اشکال کارستی وسیع، دارای هدایت بیشتری از سنگ های مجاور خود می باشند. بر این اساس، ظرفیت ویژه چاه هایی که در نزدیکی این مناطق و یا داخل آنها حفر شده اند ۱۰ تا ۱۰۰ برابر چاه های حفر شده در محدوده های مجاور می باشد (Parizek 1990; 1976). زمانی (۱۳۷۷)، ارتباط بین پدیده های ساختاری مانند چین خوردگی، گسل، درزه، ضخامت و شیب لایه‌ها و سطوح لایه بندی را با گسترش عوارض سطحی کارست در ناحیه اردکان مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که عوامل ساختاری نقش مهمی در گسترش کارست منطقه داشته و ناپیوستگی های موجود در منطقه، نقش عمده‌ای در نفوذ آب به درون آبخوان دارند.با توجه به گسترش سنگ‌های کربناته در استان همدان، شرایط مناسب سنگ شناسی و فراوانی پدیده های ژئومورفولوژیک می تواند به شناخت نحوه توسعه کارست کمک کند. در زمینه اجرای پروژه های مهندسی، وجود پدیده های کارستی مانند فروچاله های شمال همدان و دشت فامنین مشکل آفرین بوده است. برای مثال طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴، بیشتر از ۲۸ مورد فروچاله ریزشی در محدوده‌ای معادل ۶۲۵ کیلومتر مربع در دشت مرکزی همدان و در اطراف نیروگاه شهید مفتح همدان تشکیل شده که خسارات زیادی را به ساکنین منطقه وارد کرده است (Heidari et al. 2011). همچنین وجود غار علیصدر در شمال غرب همدان، سراب های گیان و گاماسیاب در منطقه نهاوند و مناطق حفاظت شده استان می توانند از دیدگاه ژئوتوریسمی مورد توجه قرار گیرند.در این مقاله ضمن انجام مطالعات سنگ شناسی، تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ ها، شناسایی پدیده های ژئومورفولوژی کارست، ارتباط بین این عوامل با چگونگی گسترش کارست در سنگ آهک های منطقه حفاظت شده خان گرمز در جنوب همدان نیز مورد بررسی قرار گرفت. این منطقه با توجه به طبیعت زیبا و وجود پدیده های جالب کارستی، مکانی مناسب برای جذب گردشگران به ویژه زمین شناسان می باشد.

۲ – موقعیت جغرافیایی

پناهگاه شکار ممنوع خان گرمز، منطقه ای است در جنوب همدان با اکوسیستم کوهستانی، که نام خود را از کوهی به همین نام گرفته است. محدوده قله مخروطی شکل خان گرمز، با چشم اندازی زیبا و ارتفاع ۲۸۵۳متر از سطح دریا، در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی اسدآباد و ۳۴ کیلومتری غرب تویسرکان واقع شده است. این منطقه در محدوده ی جغرافیایی "۲۰ ۰۷ °۴۸ تا "۰۱ ۱۶ °۴۸ طول شرقی و "۱۴ ۳۲ °۳۴ تا "۰۰ ۳۸ °۳۴ عرض شمالی واقع شده است (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سال؟؟؟).درتصویر ۱، موقعیت و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

۳- روش پژوهش

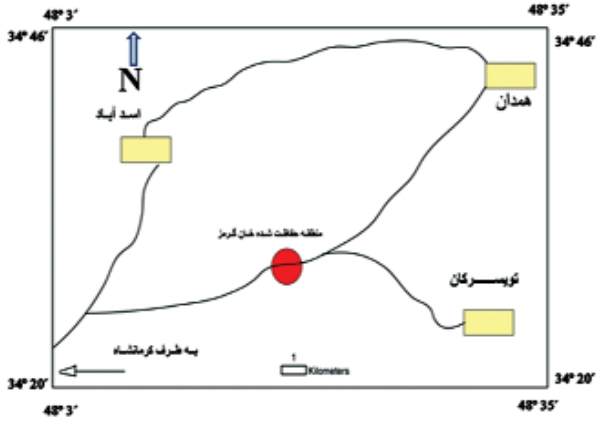
در این پژوهش، پس از بازدیدهای صحرایی و شناسایی ساختارهای ژئومورفولوژیکی کارست، نمونه برداری از نقاط مختلف ناحیه انجام شد. در ادامه، بر اساس مطالعه مقاطع نازک و تعیین ویژگی های سنگ شناسی (شامل تعیین نوع کانی ها، بافت سنگ و...) رده بندی سنگ صورت گرفت. سپس خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها مانند درصد تخلخل و وزن واحد حجم تعیین گردید. پس از انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و با تلفیق نتایج حاصل، گسترش کارست در منطقه حفاظت شده خان گرمز مورد ارزیابی قرار گرفت.

۴- مطالعات صحرایی

الف-زمین شناسی

کوه خان گرمز به لحاظ ستبرای لایه های آهکی و داشتن لایه بندی کم شیب تا افقی، با قله‌ای تک افتاده و تخت، چهره‌ای ویژه را در منطقه پدید آورده است. به لحاظ زمین شناسی، تشکیل این سیمای برجسته در مرکز دشت را می توان به چین خوردگی لایه های رسوبی (که شامل تناوب لایه های آهکی و لایه های آواری از قبیل ماسه سنگ، لای سنگ و شیل می باشد)، ارتباط داد که باعث تشکیل ناودیسی با راستای محوری N70W شده است. مرتفع ترین قسمت‌های موجود در کوه خان گرمز را سنگ‌های آهکی با سن ژوراسیک بالایی - کرتاسه تشکیل داده اند که دارای ضخامتی بیش از ۵۰۰ متر بوده و در بخش های پایینی به تشکیلات آواری تبدیل شده اند (شماره تصویر آورده شود). به علت محدود بودن سنگ‌های آهکی به هسته ناودیس مذکور (واحدهای K1 و JK21)، گسترش پدیده های کارست نیز در بخش‌های مرکزی منطقه و در هسته ناودیس قابل مشاهده است (تصویر ۲و ۳). در جدول ۱ نیز مشخصات واحدهای مختلف زمین شناسی آورده شده است.

بر اساس مطالعات درزه برداری در منطقه مورد مطالعه، دو دسته درزه غالب کششی شناسایی گردید که دارای امتدادهایی به موازات محور چین و عمود بر آن هستند (تصویر ۴).



تصویر ۱- راه‌های دسترسی و موقعیت منطقه حفاظت شده خان گرمز

۵- پدیده های ژئومورفولوژی کارست

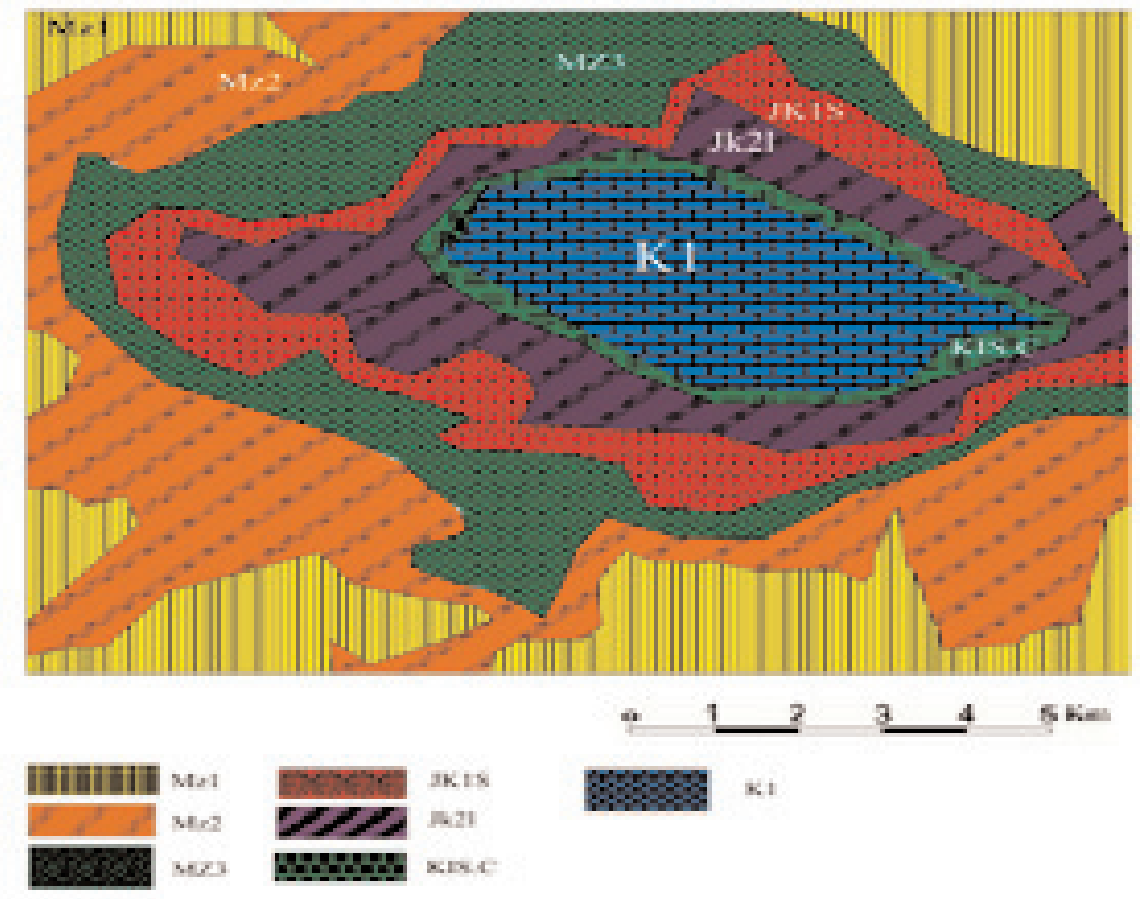
مطالعات مربوط به بررسی عوارض کارستی در یک منطقه شامل دو بخش سطحی و زیر سطحی می باشد که با توجه به بازدیدهای میدانی نسبت به شناسایی این پدیده ها اقدام می شود.

الف- ژئومورفولوژی کارست سطحی

بیشترین قدرت حل کنندگی آب باران تا عمق ۱۰ متری از سطح سنگ‌های انحلال پذیرمی باشد، که حاصل عملکرد آن اپی کارست نامیده می‌شود (Ford 2007). ادامه قدرت انحلال آب در عمق بیشتر، وابسته به عوامل مختلفی است که مهم ترین آن اشباع نبودن

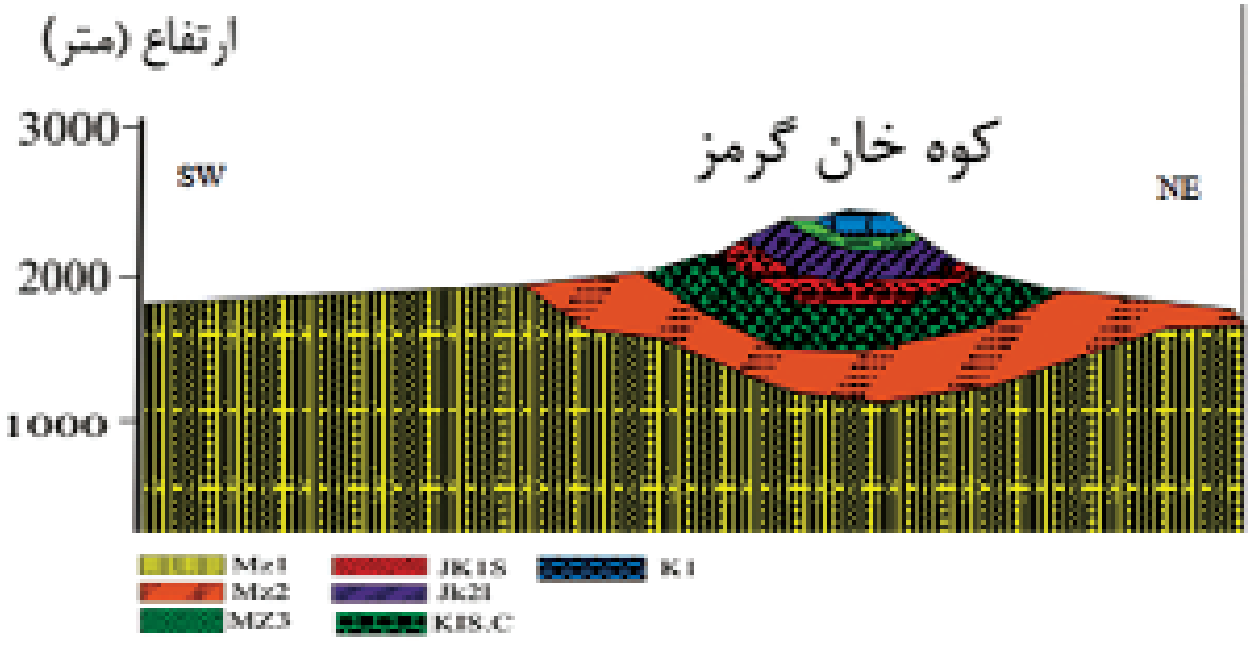
جدول ۱- مشخصات واحدهای زمین شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه زمین شناسی تویسرکان)

نام واحد	جنس	سن	سازند معادل
MZ1	سنگ آهک، اسلیت، ماسه سنگ	ژوراسیک زیرین	شمشک
Mz2	ناوب ماسه سنگ - سیلتستون	ژوراسیک زیرین- میانی	شمشک
Mz3	ماسه سنگ توفی	ژوراسیک زیرین- میانی	شمشک
JK1s	ماسه سنگ متوسط - ضخیم لایه آهن دار	ژوراسیک میانی	شمشک
JK21	سنگ آهک خاکستری حاوی فسیل گاستروپود و جلبک	کرتاسه زیرین	دلیچای
K1S.C	ماسه سنگ قهوه ای تیره آهن دار	کرتاسه زیرین تا میانی	-
Kl	آهک خاکستری - ضخیم و لایه بندی شده اربیتولین دار	کرتاسه بالایی	تیزکوه

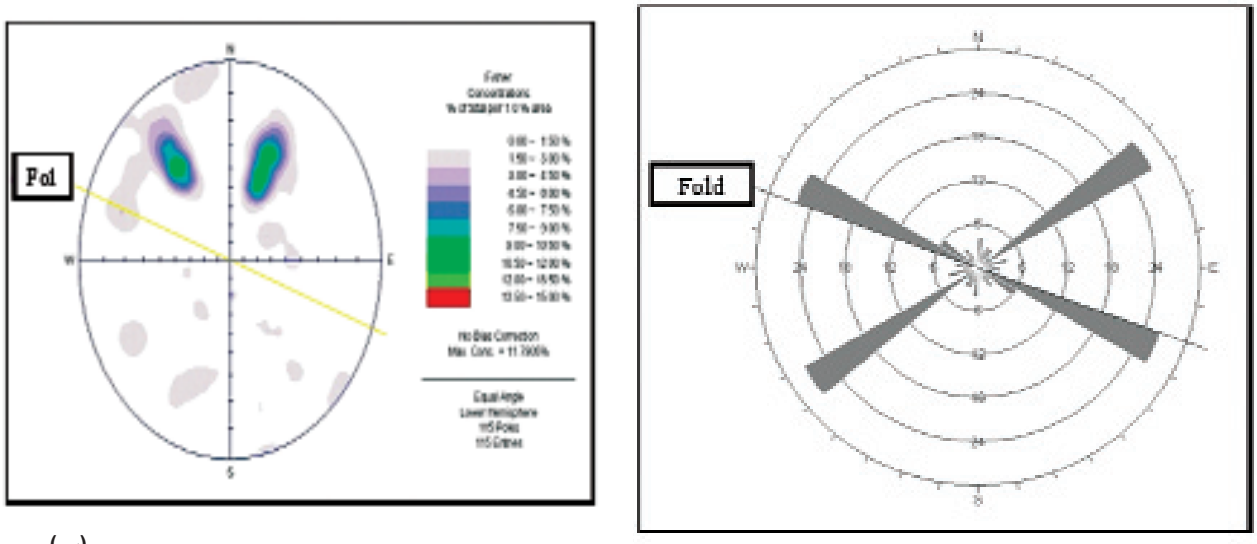


تصویر ۲- نقشه زمین شناسی منطقه حفاظت شده خان گرمز (اقتباس از نقشه زمین شناسی تویسرکان)

واحد MZ1 (سنگ آهک، اسلیت، ماسه سنگ)، واحد Mz۲(تناوب ماسه سنگ - سیلتستون)، واحد Mz3 (ماسه سنگ توفی)، واحد JK1s (ماسه سنگ متوسط - ضخیم لایه آهن دار)، واحد JK21 (سنگ آهک خاکستری حاوی فسیل گاستروپود و جلبک)، واحد K1S.C (ماسه سنگ قهوه‌ای تیره آهن دار)، واحد Kl (آهک خاکستری - ضخیم و لایه بندی شده اربیتولین دار)



تصویر ۳-مقطع زمین شناسی در راستای شمال شرقی - جنوب غربی (اقتباس از نقشه زمین شناسی تویسرکان ۱۳۷۵)



(ب) (الف)

تصویر ۴- رز دیاگرام (الف) و کنتور دیاگرام (ب) مربوط به درزه های موجود در منطقه

تصویر ۵-تصاویری از کارنهای موجود در منطقه

آب زیرزمینی است (قبادی ۱۳۸۸). انحلال سنگ ها توسط آب، باعث ایجاد مجموعه ای از اشکال کارستی می شود که ابعاد آنها از کمتر از یک میلیمتر برای میکروکارن ها تا چندین کیلومتر برای پولیه ها متغیر است.پس از بازدیدهای میدانی و پیمایش در بخش های مختلف منطقه حفاظت شده خان گرمز، نوع و فراوانی عوارض سطحی کارست شناسایی شدند. بر اساس این مطالعات، آثار سطحی پدیده انحلال عمدتا شامل انواع مختلف کارن (لاپیه)، چشمه ها، پنجره های کارستی و فروچاله می باشند.

۱- کارن ها (لاپیه)

در منطقه مورد مطالعه، کارن ها فراوان ترین پدیده های ژئومورفولوژی کارست در ناحیه می باشند. با افزایش ارتفاع، ابعاد کارن ها بزرگتر و تعداد آنها فراوان تر می شود. این موضوع نشان دهنده ی گسترش بیشتر کارست در آب و هوای سردتر است (قبادی ۱۳۸۸). در تصویر۵، کارن های موجود در قله کوه خان گرمز قابل مشاهده می باشند.

۲- ریلن کارن ها (RillenKarrens)

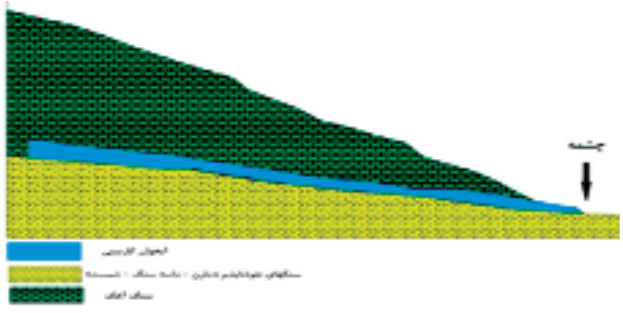
ریلن کارن ها، یکی از انواع کارن می باشند که بر روی سنگ های عاری از پوشش خاکی تشکیل می گردد. این اشکال عمدتا در مناطق شیبدار تشکیل شده و دارای عمق ۲-۱ سانتی متر، عرض ۳-۲ سانتی متر و طول تا ۵۰ سانتی متر می باشند. ریلن کارن ها در شرایط آب و هوایی مختلف و همچنین بر روی سنگ های آهکی، گچی و نمکی

تشکیل می شوند (Milanovic 1981). در تصویر۶ نمونه ای از ریلن کارنهای موجود در منطقه نشان داده شده است.

۳- چشمه های کارستی

آب موجود در آبخوانهای کارستی، از طریق مجاری موجود در توده سنگ که دارای قطری در حدود ۱میلی متر تا ۱۰ متر می باشند حرکت می کند و تقریبا تمامی آبهای زیرزمینی جریان یافته در مجاری از طریق چشمه ها به سطح زمین تخلیه می شوند (Dreybrodt 1988). چشمه های کارستی موجود در ناودیس مورد مطالعه، عمدتا به صورت تماسی و سرریزی می باشند. در چشمه های سرریزی، آب از محل تماس طبقه نفوذپذیر با یک طبقه نفوذناپذیر جریان پیدا می کن (قبادی ۱۳۸۸). در منطقه مورد مطالعه نیز قرار گیری طبقات نفوذ ناپذیر (ماسه سنگ، شیل و شیست) در زیر طبقات آهکی باعث ظهور چشمه از محل این تماس ها گردیده است (که دبی این چشمه ها کم و در حدود ۲-۱ لیتر در ثانیه می باشد) (تصویر۷ و ۸). در نوع سرریزی، چشمه ها پراکنده بوده و آبدهی کمی دارند که با توجه به ساختمان ناودیسی و قرار گیری لایه های ضخیم کربناته روی سنگ های آواری، در تراز بالاتری نسبت به چشمه های تماسی قرار گرفته اند.

تصویر ۶ - ریلن کارنهای موجود در منطقه



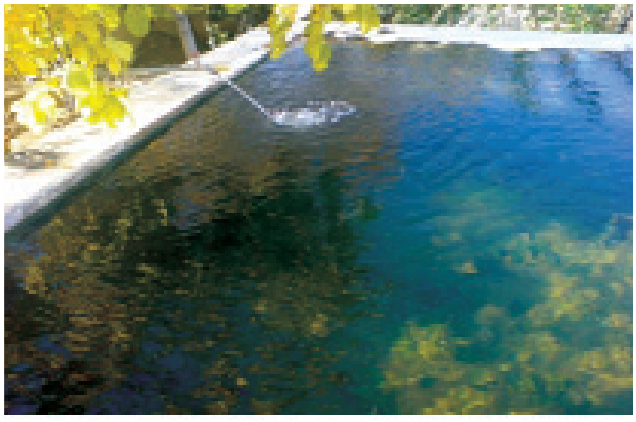
تصویر ۷ -مقطع زمین شناسی شماتیک چشمه کارستی تماسی در بخش جنوبی کوه خان گرمز

۴- فروچاله ها

بر اساس مطالعات صحرایی، در محدوده مورد مطالعه تعدادی فروچاله (دولین) شناسایی شد که عمدتا در مرحله شکل گیری می باشند. این فروچاله ها با توجه به قطر زیادشان از نوع کاسه ای و قیفی بوده که وجود ترک خوردگی های بسیار گسترده سطح زمین در منطقه تخت سر (منطقه مسطح واقع در قله کوه) از مهمترین علایم موجود جهت پی بردن به حضور آنها، می باشد. تصویر یکی از فروچاله های (دولین) تازه شکل گرفته در تصویر ۹ نشان داده شده است.

ب-ژئومورفولوژی کارست زیر سطحی

اگرچه آب باران، قدرت انحلال خیلی بیشتری در سطح زمین دارد ولی گردش آن در ناپیوستگی های اولیه (مانند صفحات لایه بندی) به ویژه ترک های کششی توده سنگ های کربناته در زیر سطح زمین نیز ادامه دارد. غارها به عنوان یکی از شاخص ترین اشکال کارستی عموما به علت انحلال سنگ در امتداد درزه‌های متقاطع شروع به شکل



تصویر ۸-حوضچه چشمه کارستی تماسی در بخش جنوبی کوه خان گرمز

تصویر ۹- بزرگترین فروچاله (دولین) شناخته شده منطقه که در حال شکل گیری می باشد (دید عکس به سمت جنوب)

گیری می کنند که میزان گسترش فضای آن و اشکال ثانوی به خصوصیات زمین شناسی توده سنگ‌های کربناته وابسته است (Milanovic 1981). در منطقه حفاظت شده خان گرمز غارهایی شناسایی شدند که بزرگترین آنها طولی در حدود ۳ متر و ارتفاعی برابر با ۱ متر دارند. معروفترین آن ها در ضلع جنوبی کوه خان گرمز غارهای بهرامی، مرلرستانی و عبدا...خان می باشند.

۶- مطالعات آزمایشگاهی

۱- سنگ شناسی

همانطور که ذکر شد در منطقه مورد مطالعه دو نوع سنگ آهک تشخیص داده شد که در نمونه های دستی به رنگ های خاکستری و روشن می‌باشند. جهت تعیین مشخصات سنگ شناسی و کانی شناسی، مقاطع نازک برای هر دو نوع سنگ آهک تهیه و به شرح زیر مورد مطالعه قرار گرفت.

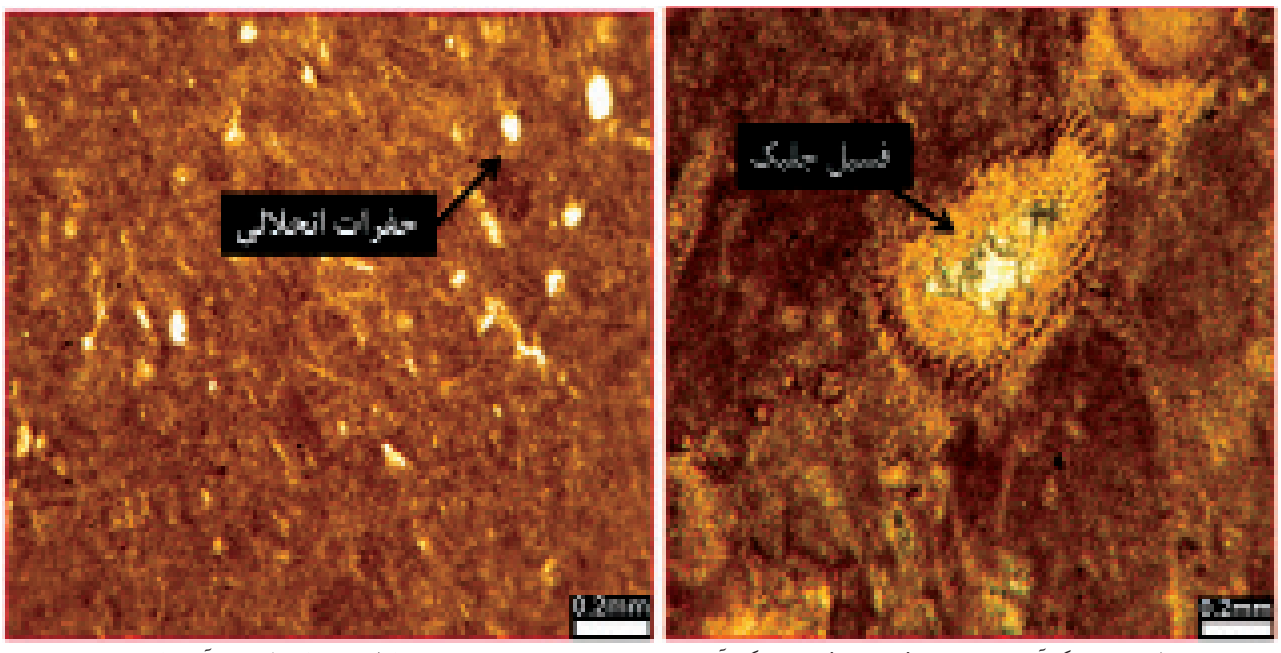
الف: سنگ آهک خاکستری: سنگ آهکی میکریتی ریزدانه که بر اساس رده بندی دانهام از نوع مادستون می باشد. تخلخل حفره ای و شکستگی های پر شده با سیمان و وجود فسیل جلبک از ویژگی‌های این سنگ آهک است. نوع مواد پر کننده شکستگی ها عمدتا کلسیت می باشد. در این نمونه، کانی دولومیت مشاهده نشده است (تصویر ۱۰).

ب- سنگ آهک روشن: آهکی میکریتی که بر اساس رده بندی دانهام از نوع مادستون بوده و دارای حفرات انحلالی و شکستگی‌های پر شده با کلسیت است. وجود استیلولیت در این سنگ آهک بیانگر وجود فشارهای بالا می باشد (تصویر۱۱).

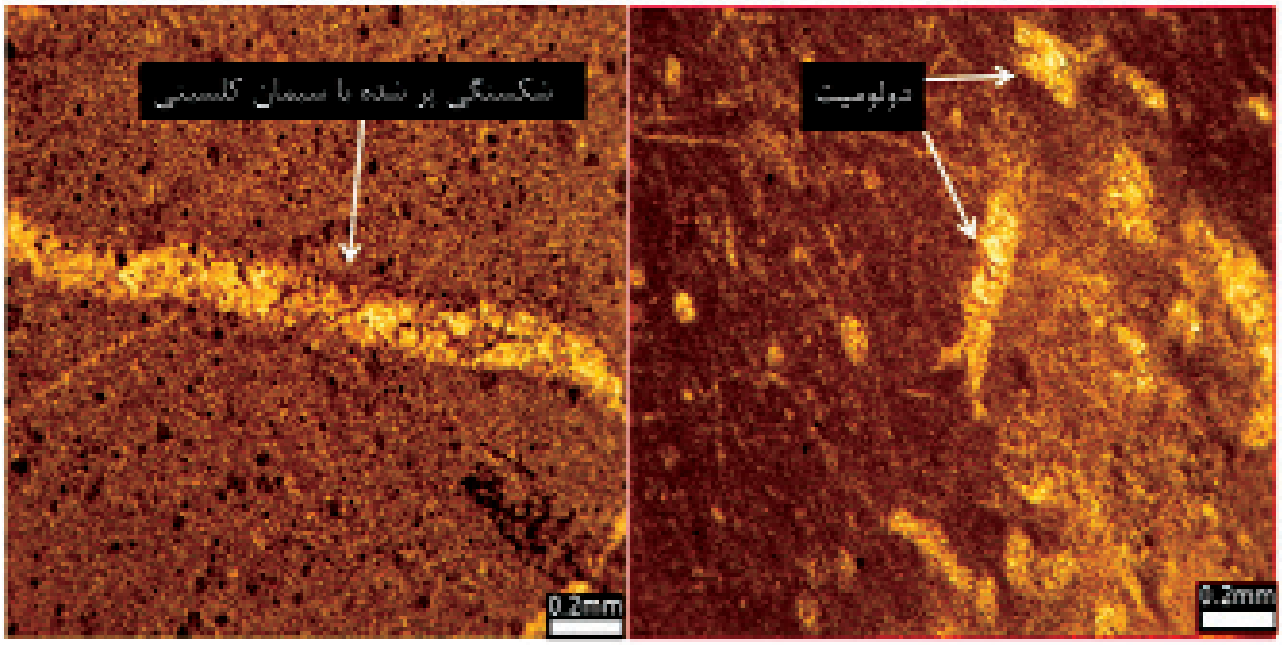
از نکات قابل توجه در مقاطع نازک مورد مطالعه، وجود بلورهای دولومیت در این سنگ آهک است. سنگ‌های کربناته با خلوص زیادتر، انحلال پذیر تر می باشند، بنابراین با افزایش دولومیت میزان انحلال پذیری کاهش خواهد یافت (قبادی و رجب پور ۱۳۷۸).

۲- مطالعات XRF و XRD

جهت مطالعه ارتباط بین ترکیب شیمیایی سنگ و میزان انحلال پذیری، مطالعات ایکس آر اف (X-ray fluorescence; XRF) (XRF) و پراش اشعه ایکس (XRD X-ray Diffraction) بر روی نمونه‌های تهیه شده از هر دو سنگ آهک (روشن و خاکستری) انجام شد. بر اساس نتایج حاصل، میزان اکسید کلسیم در سنگ آهک نوع خاکستری بالای ۵۰ درصد است. در حالی که میزان این اکسید برای سنگ آهک نوع روشن کمتر از ۵۰ درصد می باشد. همچنین میزان اکسید منیزیم در سنگ آهک نوع روشن ۱/۰۷ درصد و در سنگ آهک نوع خاکستری ۰/۳۵ درصد است (جدول ۲). با استفاده از نتایج مطالعات XRD نیز می توان دریافت که درصد کانی دولومیت در سنگ آهک نوع روشن در مقایسه با نوع خاکستری بیشتر می‌باشد (تصویر۱۲ و ۱۳). بنابر این می توان نتیجه گرفت که سنگ آهک رنگ روشن، قابلیت انحلال پذیری کمتری نسبت به نوع خاکستری دارد.



تصویر ۱۰- مقاطع نازک سنگ آهک خاکستری (مادستون)، متن سنگ، آهک میکرایتی ریزدانه بوده و حفرات انحلالی و فسیل جلبک در آن قابل مشاهده می باشد.



تصویر ۱۱- مقاطع نازک سنگ آهک روشن (مادستون)، متن سنگ، آهک میکرایتی ریزدانه بوده و شکستگی‌های موجود در آن با سیمان کلسیت هم بعد پر شده‌اند. حضور کانی دولومیت بصورت بلورهای لوزی شکل نیز از دیگر ویژگیهای مقطع نازک این سنگ می باشد.

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آهکی (XRF)

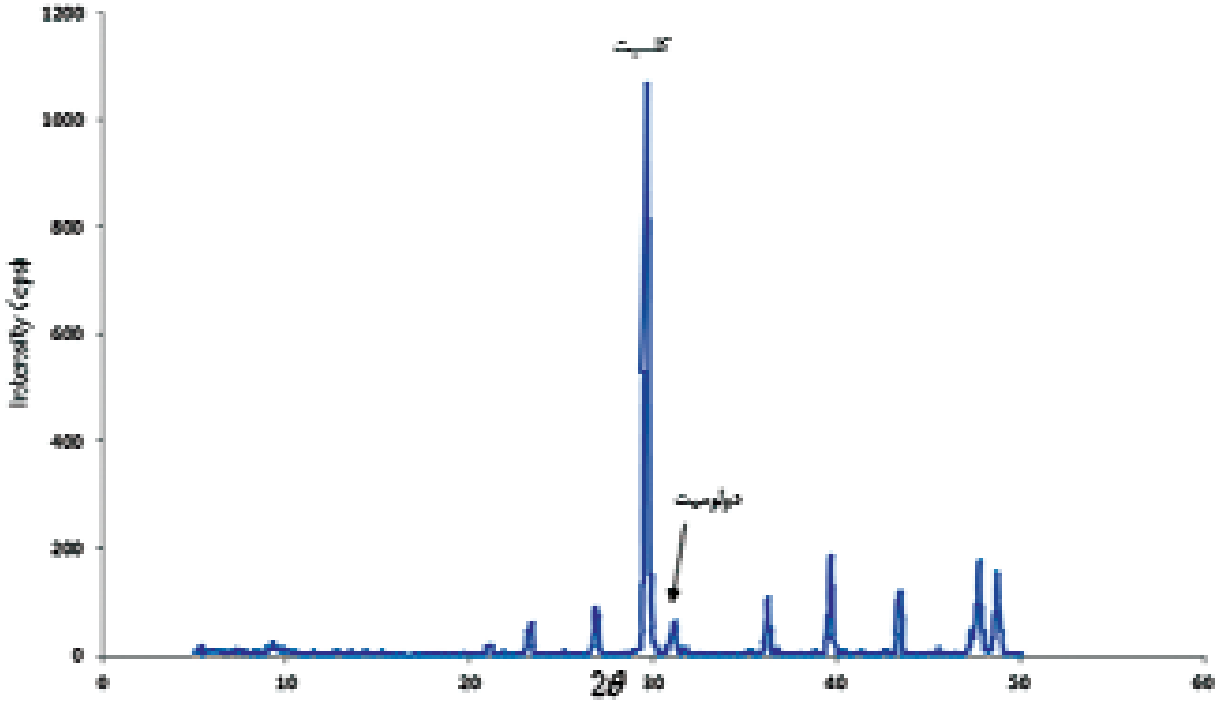
نمونه سنگ آهک	Sio2	Al2o3	Fe2o3	Cao	Na2o	K2o	Mgo	Tio2	Mno	P2o5
نوع خاکستری	۰/۷۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۵۴/۸۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۷۸
نوع روشن	۹/۲۴	۱/۵۶	۰/۷۴	۴۷/۳۸	۰/۰۶	۰/۴۳	۱/۰۷	۰/۰۷۲	۰/۰۰۱	۰/۹۸

۳- خصوصیات فیزیکی

کارستی شدن و به عبارت دیگر گسترش فرایند انحلال در سنگ های انحلال پذیر، ارتباط مستقیمی با ویژگی های فیزیکی سنگ ها دارد. ویژگی های فیزیکی مانند درصد تخلخل و وزن واحد حجم، در ایجاد کارست و میزان گسترش آن نقش مهمی دارد. بنابراین یکی از نخستین قدم‌ها در مطالعات زمین شناسی مهندسی کارست، تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ بکر می باشد (قبادی ۱۳۸۸). در این مطالعه، جهت تعیین خواص فیزیکی سنگ‌های آهکی موجود در منطقه مورد مطالعه، پس از نمونه برداری و انتقال آن به آزمایشگاه، آزمایش های تعیین وزن واحد حجم و درصد رطوبت و تخلخل انجام شد که نتایج در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس، مقادیر تخلخل حداکثر در مادستون نوع خاکستری و روشن به ترتیب ۱/۸ و ۰/۳۵ درصدمی باشد که بیانگر تخلخل کم نمونه های بکر است. لازم به ذکر است که هیدرولوژی و مورفولوژی کارست بطور عمده وابسته به تخلخل موثر سنگ بکر و تخلخل ثانویه توده سنگ کربناته می باشد (Ford & Williams 1989). در رابطه با سنگ‌های آهکی منطقه مورد مطالعه، علیرغم کم بودن مقادیر تخلخل سنگ بکر، ناپیوستگیهایی از قبیل درزه، گسل و صفحات لایه بندی در ایجاد تخلخل موثر و تسریع پدیده انحلال مهمترین نقش را دارا می باشند.

۷- بحث

توسعه کارست به عوامل متعددی مانند ترکیب سنگ شناسی، ضخامت لایه های کربناته، وجود گاز CO2، فراوانی ساختارهای تکتونیکی، فراوانی نزولات جوی، دمای پایین و پستی و بلندی منطقه وابسته است (White 2002). در منطقه مورد مطالعه، محدوده وسیعی از اشکال ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی کارست در مقیاس های مختلفی از قبیل کارن، دولین و چشمه گسترش دارند. چنین اشکال کارستی بیانگر حضور شبکه‌های زهکشی زیر سطحی کارست می باشند. به طور کلی در مقایسه با ضخامت زیاد آهک و توسعه نسبی کارست در آن، تعداد غارها و طول آنها در منطقه مورد

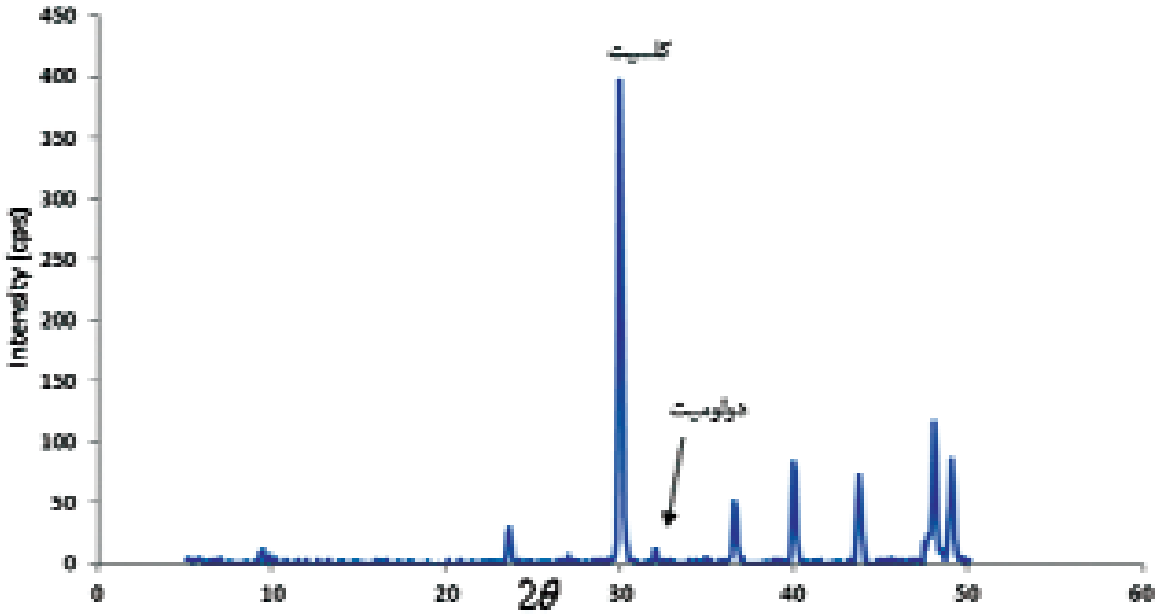


تصویر ۱۲- طیف XRD مربوط به نمونه سنگ آهک رنگ روشن (۲: زاویه پراش، Counts per second(cps:شدت پراش در واحد ثانیه)

(جدول ۳) مشخصات فیزیکی نمونه های سنگ آهک منطقه خان گرمز

نوع سنگ آهک	شماره نمونه	وزن واحد حجم اشباع(gr/cm3)	وزن واحد حجم خشک(gr/cm3)	رطوبت طبیعی %	تخلخل %
خاکستری	۱	۲/۴۲	۲/۳۷	۰/۶	۱/۸
	۲	۲/۴۱	۲/۳۶	۰/۳۴	۱/۳
	۳	۲/۴	۲/۳۶	۰/۴۳	۱/۲۳
	۴	۲/۳۷	۲/۳۳	۰/۵۴	۱/۳۴
	۵	/۳۴	۲/۳۲	۰/۴۹	۱/۳۹
	۶	۲/۳۹	۲/۳۵	۰/۴۹	۱/۴۹
	۷	۲/۳۶	۲/۳۳	۰/۵۴	۱/۶۵
	۸	۲/۳۸	۲/۳۴	۰/۵۹	۱/۷۶
	۹	۲/۴	۲/۳۶	۰/۶	۱/۶۳
	۱۰	۲/۳	۲/۳۱	۰/۴۳	۱/۱
مقادیر متوسط	-	۲/۳۹	۲/۳۳	۰۵۱	۱/۴۹
روشن	۱	۲/۵۴	۲/۴۵	۰/۲	۰/۳۵
	۲	۲/۵۴	۲/۴۳	۰/۱۹	۰/۳۲
	۳	۲/۴۵	۲/۳۸	۰/۱۳	۰/۳۴
	۴	۲/۴۸	۲/۴	۰/۱۸	۰/۳۵
	۵	۲/۴۹	۲/۴۳	۰/۱۳	۰/۲۴
	۶	۲/۵۱	۲/۴۳	۰/۱۳	۰/۲۹
	۷	۲/۵	۲/۴۳	۰/۱۵	۰/۲۶
	۸	۲/۴۷	۲/۳۹	۰/۱۵	۰/۳۱
	۹	۲/۴۹	۲/۴	۰/۱۳	۰/۲۲
	۱۰	۲/۴۶	۲/۳۶	۰/۱۴	۰/۲۸
مقادیر متوسط	-	۲/۴۷	۲/۴	۰/۱۶	۰/۳

مطالعه کم است. دلیل این امر را می توان به وجود میان لایه های ماسه سنگ و لای سنگ ارتباط داد. در این حالت، برخورد آب به چنین سنگ‌های نفوذناپذیری باعث توقف توسعه غار گردیده است. بر اساس مطالعات انجام شده توسط کریمی وردنجانی (۱۳۸۹)، جهت بررسی توسعه کارست در جنوب غرب ایران، مشخص شد که در محدوده مذکور ماهیت تکتونیکی فعال زاگرس باعث شده که با بالا آمدن تاقدیس‌ها، مجاری کارستی برای به تعادل رسیدن با سطح اساس هیدرولوژیکی به ترازهای پایین تر منتقل شده و در نتیجه زمان کافی برای توسعه غارهای بزرگ فراهم نگردد. چنین مکانیسمی نیز می تواند با توجه به تکتونیک فعال منطقه خان گرمز و همچنین بالا آمدگی آن، جهت تفسیر توسعه ناقص غارها بکار برود. در منطقه مورد مطالعه، دولین ها منحصرا در ارتفاعات، یعنی جایی که شیب کم و شرایط تشکیل آنها فراهم است، دیده می شوند. همچنین به علت برفگیر بودن این ارتفاعات، رسوبات ایجاد شده توسط هوازدگی ناشی از یخ زدگی، باعث جلوگیری از رشد کارنها شده است. هر چند در بخش‌هایی از منطقه، گسترش این عوارض را می توان ناشی از تاثیر عوامل دیگر از قبیل جنس سنگ‌ها دانست. علایی طالقانی (۱۳۸۹) در بررسی های خود بر روی گسترش کارست در جنوب



تصویر ۱۳- طیف XRD مربوط به نمونه سنگ آهک خاکستری رنگ (۲: زاویه پراش،cps (Counts per second):شدت پراش در واحد ثانیه)

غرب ایران به این نتیجه رسید که سازندهای مختلف زاگرس که حاوی کربنات کلسیم و یا سایر سنگ‌های قابل انحلال هستند، همگی به یک اندازه قابلیت انحلال نداشته و هر چه درجه خلوص کربنات کلسیم بیشتر باشد، قابلیت انحلال آن نیز بیشتر خواهد بود.

۸- نتیجه گیری

بر اساس مطالعات سنگ شناسی در منطقه خان گرمز، استعداد کارستی شدن در آهک های خاکستری رنگ بیشتر است. زیرا دراین نوع سنگ آهک، درصد اکسید کلسیم بیشتر (۵۴/۸۳ درصد) و درصد اکسید منیزیم نسبت به آهک‌های رنگ روش کمتر می باشد (۰/۳۵ درصد)، همچنین واحدهای آهکی مذکور مقدار دولومیت کمتری دارند. گسترش درزه های کششی در منطقه ناشی از چین خوردگی می باشد. بر اساس مطالعات درزه برداری در ناحیه، دو دسته درزه غالب کششی شناسایی گردید که دارای امتدادهایی به موازات محور چین و عمود بر آن هستند. میزان باز شدگی درزه ها از ۱ میلی متر تا بیش از ۸ میلی متر متغیر می‌باشد. همچنین در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه به ویژه در مناطق مرتفع، به علت تراکم زیاد درزه، توده سنگ‌های آهکی به شدت خرد شده می باشند. عوارض کارستی عمدتا در امتداد این ساختارها شکل گرفته اندکه بعنوان شواهد سطحی، توسعه کارست را در ناحیه تائید می‌کنند. به علت وجود اختلاف ارتفاعی معادل ۲۰۰۰ متر بین قله کوه خان گرمز و مناطق پست، پدیده‌های کارستی در ارتفاعات ناحیه، نسبت به مناطق کم ارتفاع از گسترش بیشتری برخوردار می‌باشند. یکی از شواهد گسترش کارست عمیق وجود سنگ‌های کربناته خیلی ضخیم بر روی سنگ‌های نفوذپذیر است. علت آن است که عبور جریان آب از سنگ های کربناته و لایه های نفوذپذیر زیرین با توجه به عدم توقف آب و افزایش سرعت جریان، به توسعه و گسترش کارست کمک می کند. با توجه به وضعیت چینه شناسی، لایه‌های آهکی با ضخامت حدود ۵۰۰ متر روی لایه‌های آواری از قبیل ماسه سنگ قرار گرفته‌اند. ساختمان تکتونیکی اصلی، ناودیسی است که در بخش‌های عمیق آن (بخش محدب چین) شکستگی‌های کششی توسعه یافته اند. بنابراین توسعه و گسترش کارست در عمق بسیار محتمل می‌باشد. این موضوع را پراکندگی کم چشمه های دارای آبدهی زیاد تائید می کنند. زیرا مخازن آب زیر سطحی، به علت عمق زیاد کارست در اعماق جای گرفته‌اند بر اساس مشاهدات صحرایی، چینه شناسی، سنگ شناسی و شواهد ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی، کارست در منطقه خان گرمز توسعه یافته و عمیق می باشد.

مراجع

زمانی، ر.، ۱۳۷۷. ارتباط سیستم ساختمانی و کارست شدگی در اردکان فارس،

مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی. کرمانشاه.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۵. نقشه چهار گوش تویسرکان به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰.

علایی طالقانی، م.، ۱۳۸۳. توزیع فضایی سنگ‌های کارستی در ایران، معاونت پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه. ۳۲- ۱۳.

علایی طالقانی، م.، ۱۳۸۹. درآمدی بر توسعه کارست در جنوب غرب ایران، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی کرمانشاه ۳۲۳- ۳۱۳.

قاسمی، ا.، ۱۳۸۲. بررسی نقش زمین ساخت در ژئومرفولوژی حوضه سرآبله با تاکید بر اشکال کارستی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه.

قبادی، م.، ۱۳۸۸. زمین شناسی مهندسی کارست. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان. چاپ دوم ۳۰۰ صفحه.

قبادی، م.ح.، رجب پور، م.، ۱۳۷۸. انحلال پذیری و گسترش ناپیوستگی‌ها در توده سنگ‌های آهکی محل سد شهید عباسپور (کارون ۱). هیجدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۱۰۰۴- ۹۹۹.

کریمی وردنجانی، ح.، ۱۳۸۹. درآمدی بر توسعه کارست در جنوب غرب ایران، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی کرمانشاه ۲۹۸- ۲۸۷.

کلانتری، ن.، کشاورزی، م.، چرچی، ع.، ۱۳۸۸. عوامل موثر در ظهور چشمه‌های حوضه آبریز دشت ایذه. فصلنامه زمین شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی شماره ۲ ۱۴۷- ۱۳۵.

معنوی نامقی، ر.، ۱۳۷۶. ژئومرفولوژی حوضه دینور با تاکید بر پدیده کارست و تاثیر آن بر آبهای سطحی و زیر زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

Dreybrodt, W., 1988. Processes in Karst System: Physic, Chemistry, *and Geology. Springer, New York, NY.*

Ford, D., 2007. Jovan Cvijic & the founding of karst geomorphology. *Journal of Environmental Geology 51:675 - 684.*

Ford, D.C., Williams, P.W., 1989. Karst Geomorphology *and* Hydrology.*Unwin Hyman, p 601.*

Ford, D.C., and Williams, P.W., 2007. Karst Geomorphology *and* Hydrology.Second edition. *London, Wily, p 562.*

Heidari, H., Khanlari, G.R., TalebBeydokhti, A.R., Momeni. A.A., 2011. The formation of cover collapse sinkholes in North of Hamedan, Iran. *Geomorphology 132: 76-86.*

Huntoon, P.W., 2000. Variability of karstic permeability between unconhned *and* conhned aquifers, Grand Canyon region, Arizona. *Environmental and Engineering Geoscience 6, 155-170*

Jakucs, L., 1977. Morphogenetics of karst region. *Budapest, AkademiaKiado, p 284.*

Jenning, J.N., 1985. Karst Geomorphology. *Oxford and New York, Basil Blackwell, p 293.*

Milanovic, P., 1981. Karst hydrology. *WPR, Colorado, U.S.A., 434pp.*

Palmer, A.N., 2007. Cave Geology. *Cave Books, Dayton, OH.*

Parizek, R, R, 1990. Nature *and* hydrologic significance of fracture traces lineaments, *and* fracture zones related to ground water monitoring. *U.S.E.P.A. Office of Research and Development Environment.Environmental Monitoring Systems.Technical document CR813660-01-0, 165 pp.*

Parizek, R.R. ,1976. On the nature *and* significance of fracture trace *and* lineaments in carbonates *and* other terrains: In karst Hydrology & water resources. *Proceedings of the U.S. Yugoslavian Symposium*

Swetting, M.M., 1972. Karst Landforms. *London, the Macmillan Press Ltd., 362.*

White, W.B., 2002. Karst hydrology: recent development *and* open questions. *Engineering Geology 65, 85-105.*