

بخش غار نوردی فدراسیون کوه‌نوردی



زمین شناسی و مورفولوژی گارست

(نگرشی بر چگونگی شکل گیری غارها)

گردآوری و نگارش

عباس توسلی

کارشناس ارشد زمین شناسی

دی ماه ۱۳۸۸

ویرایش اسفند ۹۱

واژه کارست از ابتدای قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت . ابتدا این واژه بوسیله صربهای کرواسی بصورت کرس "krs" استفاده می شد اسلاوها به آن "کار" و ایتالیایی ها آنرا "کارسو" می نامیدند ریشه تمامی این واژگان از زبان قدیمی هند و اروپایی است و بدین ترتیب کارست به واژه های مرسوم دنیای جدید اضافه شد. در شرق کشور یوگسلاوی سابق ناحیه ای قرار دارد که در آنجا سنگهای آهکی در اثر فرآیندهای فرسایش و انحلال منظره خاصی پیدا کرده و به همین جهت ناهمواریهای موجود سنگهای آهکی را ژئومورفولژیست ها نواحی کارستی می نامند. به عبارت دیگر خاستگاه کارست و مطالعات آن اولین بار از این منطقه شروع شد و دانشمند یوگسلاو "**ایوان چه ویچیک**" پدر کارست، نخستین بار در ابتدای قرن بیستم پدیده های کارستی غرب بوسنی و هرزگوین را مورد مطالعه قرار داده و کتابی در این زمینه منتشر کرد.

سالها قبل ازاینکه واژه کارست مورد استفاده قرار گیرد پدیده های انحلالی سنگ آهک بوسیله بشر شناخته شده بود . پدیده هایی مانند غارها، چشمه های بزرگی که از زیرزمین بیرون می زنند و یا رودخانه هایی که در زیر زمین ناپدید می شوند .

هیجان ناشی از اکتشاف غارهای ناشناخته ، زیبایی های آن ، ترس آدمی از عوامل ناشناخته در مناطق کارستی بواسطه رفتارهای خاص مهندسی در سنگها، دستیابی به اطلاعات صحیح از شرایط هیدروژئولوژی و زمین شناسی و نگرانی مهندسین سازه در ایجاد تونلها و سدها و ایجاد ساختمانهای مرتفع در مناطق کارستی ، همه و همه از جمله عواملی هستند که ما را در شناخت بهتر و دقیق تر مناطق کارستی راسخ تر می سازد.

گسترش سنگهای کربناته در ایران و جهان ، اهمیت شناخت و شناسایی مناطق کارستی را در توسعه پروژه های عمرانی ، منابع آب ، و گردشگری دوچندان می سازد.

در زمانهای ماقبل تاریخ غارها محل زندگی بشر، ذخیره آب و مکانی جهت حفاظت در برابر حیوانات وحشی و سرما و گرما، طوفان و سایر بلایای طبیعی بوده است، بدین سان بود که بشر اولیه غارها را برای زندگی انتخاب کرد . در دوره پارینه سنگی تکامل بشر با ایجاد نقاشیهایی از حیوانات و شکار انسان بر دیواره غارها نقش بست . در زمانهای قدیم در یونان ، غارها ، رودخانه های زیرزمینی و چشمه ها قسمتی از فرهنگ یونان باستان بودند و در مورد آن فیلسوفان یونان و رم باستان بحث های زیادی کرده اند و اولین مفاهیم هیدرولوژیک ، چرخه هیدرولوژی و منابع آب ، وقوع و کیفیت آن مربوط به همین دوران و در همان مناطق کارستی بوده است. واژه **کاتاواترون katavothron** یک واژه یونانی باستان است که برای رودخانه های سطحی که در میان حفره های بلعنده زیر زمینی ناپدید می شود، بکار می رود.

لوح هایی با خط میخی اولین آثار شناخته شده در تحقیقات هیدروژئولوژی ویا آب زمین شناسی کارست هستند که در سال ۸۵۲ قبل از میلاد نگاشته شده اند ودر آن به سفر پادشاه آشور به سرشاخه های رود دجله اشاره شده است که در آن منشا آب دجله را یک چشمه کارستی ویا رودی که از یک غار خارج می شده دانسته است.

در ۶۵۲ قبل از میلاد دو داستان برای چرخه آب وجود داشت . یک گروه شامل فیلسوفانی مانند تالس و افلاطون بودند که عقیده داشتند که آب با فشار از دریا بداخل سنگها نفوذ کرده و بسمت بالا حرکت می کند و تا زمانیکه به سطح زمین برسد نمک خود را ازدست می دهد و گروه دوم شامل ارسطو و کسانی بودند که معتقد بودند که چشمه ها از تراکم بخار آب در داخل غار ها و مغاره های زیرزمینی تشکیل می شود.

لوسویس آنا اوس شاید مهمترین فیلسوف رومی و نویسنده متون کارست باشد که در کتاب سومش تحت عنوان "سوالات طبیعی" فرایندهای انحلالی و توسعه غارهای زیرزمینی و بزرگ را توصیف کرده است .

با توجه به موارد عنوان شده این سوال پیش می آید که اهمیت کارست در محیط بشر چه بوده است؟ ضایعات سیاسی - اجتماعی و اقتصادی ناشی از هرز رفتن آبهای کشور در مناطق کارستی مانند رشته کوههای زاگرس ، البرز و ایران مرکزی و حضور آب فراوان بصورت سطحی و زیرزمینی (آبراهه های کارستی) ، ذخایر ئیدروکربنی عظیم (نفت و گاز) و همچنین وجود منابع غنی معدنی مانند سرب ، و روی ، نقره و بوکسیت های کارستی و غارهای ناشناخته بسیار در این مناطق ، اهمیت شناخت کارست و ویژگیهای کارستی را بیشتر می کند.

در یوگسلاوی خاستگاه واژه کارست، ۳۵ درصد سطح زمین کارستی است . در شوروی سابق ۴۰ درصد ودر امریکا ۲۵ درصد سطح زمین را مناطق کارستی بخود اختصاص داده اند در ایران نیز این مقدار به ۱۱ درصد می رسد. تقریباً در کمتر از یک پنجم سطح زیرین زمین، سنگهای کربناته قرار دارند که با خصوصیات فیزیکی پیچیده بخاطر هوازدگی تحت تاثیر شرایط آب وهوایی مختلف ، اشکال متنوع توپوگرافی را از خود بجا گذاشته اند. در برخی از مناطق در زیر دشتهای، نواحی کربناته قرار گرفته اند ودر حالیکه در مناطق دیگر صخره های تیز و بلند ، کوه ها ، دره ها و فروچاله ها مناطق کارستی را تشکیل می دهند.

سنگهای کربناته محل ذخیره مقادیر بسیار آب ، کانی ، نفت و گاز هستند . هرچند این مناطق مکانهای مستعد و پرفایده ای را برای بشر امروزی فراهم آورده اند، اما مسایل ومشکلات فراوانی را نیز در ارتباط با گسترش مخزن آب ، زهکشی ، ایجاد شرایط فونداسیون پایدار و جلوگیری از آلودگی آبها وجود دارد. به همین علت پیچیدگیهای زیادی در رابطه با ایمنی و ساخت تمامی انواع سازها ، حفظ محیط زیست غارها ، روشهای اکتشاف منابع آب کارستی ، توسعه منابع آب و حرکت و ایجاد کارست توسط آبها زیرزمینی وجود دارد. آسیب مناطق کارستی بر روی زندگی بشر از نظر مالی بسیار زیاد بوده است . به عنوان مثال در مقاله ای از جان نیوتن در سال ۱۹۸۶ به وقوع بیش از ۶۵۰۰

فروچاله از سال ۱۹۵۰ در شرق امریکا در ارتباط با فعالیتهای بشر اشاره شده است که هزینه تحمیل شده در اثر تخریب و حفاظت در مقابل این فروچاله ها تنها در ۵ سد در این مناطق بالغ بر ۱۵۰ میلیون دلار بوده است .

نهایت اینکه مناطق کارستی دینامیک هستند و از نظر محیطی بسیار حساس . ساختار زمین شناسی ، قابلیت انحلال سنگهای در گیر و شرایط آب وهوایی، تعیین کننده سرعت این تغییرات هستند. بنابر این در اکتشاف غارها و کارست باید ماهیت دینامیکی آن ، سن گردش آب در آن، و حلالیت سنگها مورد توجه قرار گیرد. هرچه قابلیت انحلال بیشتر باشد ، سطح آب های زیر زمینی و سطح اساس آن بیشتر افت می کند و توسعه غارها بطور فزاینده ای در ارتباط با توپوگرافی کارست قرار میگیرد.

باید توجه داشت که همه سنگهای آهکی ، کارستی نیستند فرآیندهای فرسایشی بیشتر در انحلال مواد دخالت می کنند، بطوریکه اگر فرسایش اثر نکند و باعث انحلال مواد نشود اشکال غار و کارست بوجود نمی آیند و از طرف دیگر هرچند در اصطلاح فنی پدیده انحلال وخوردگی در سنگهای کربناته (آهک و دولومیت) کارست گفته می شود، اما این پدیده در سایر سنگهای انحلال پذیر مانند سنگهای سولفات و کلروره نیز دیده می شود، ضمن اینکه این پدیده در سنگهای آواری همانند کنگلومراهای دارای سیمان کربناته یا سولفات نیز دیده می شود. ولی نام کارست بیشتر درمورد سنگهای آهکی بکار برده می شود.

ایجاد این پدیده توسط سیستمی از آبهای جاری و فرو رو، به همراه جریانهای آبی زیرزمینی امکان پذیراست. به عبارت دیگر در تشکیل و ایجاد رخنههای کارستی دو عامل اصلی یعنی قابلیت انحلال سنگها و دیگری سیستمی از آبها نقش اساسی در شکل گیری کارست دارند.

غارها درحقیقت مجاری عبور آبهای زیرزمینی در سازندهای سخت گذشته زمین هستند که به سطح زمین راه یافته وقابل دسترسی هستند . زمانی بعنوان زیستگاه غارنشینان ، نیایشگاه و پناهگاه مورد استفاده آدمی بوده است که امروزه اهمیت گردشگری پیدا کرده، اما اینگونه مجاری انحلالی با توجه به ماهیتشان ، در کمیته کارست و سازندهای سخت کشور ، بعنوان نمود آشکار پدیده های کارستی بشمار آمده و بیشتر ویژگیهای زمین شناسی و هیدرولوژی آنها مورد توجه قرار گرفته است.

حال با توجه به آنچه که بیان شد می توان چنین ادامه داد که واژه غار و کارست را با توجه به ماهیت آن در غارنوردی می توان هم تراز ویا مشابه با یکدیگر دانست که در این گفتار با توجه به اهمیت موضوع ، توضیحاتی در باره آن داده می شود.

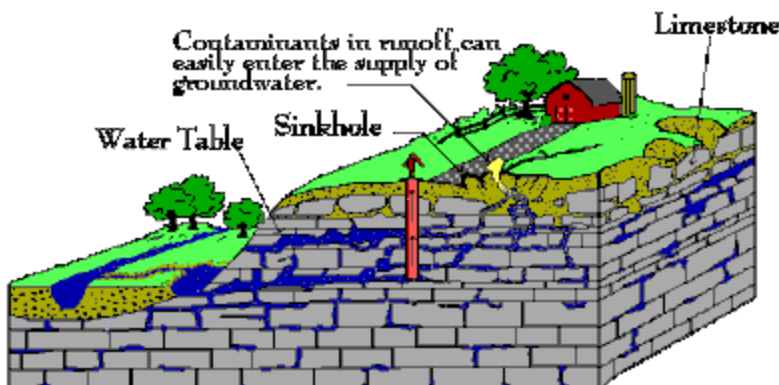
کارست

کارست عبارت است از انحلال سنگها بوسیله آبهای زیرزمینی و سطحی، که باعث ایجاد حفره ها ، شکافها ،دالانها و غارها بویژه در داخل سنگهای آهکی است . در یک تعریف کلی کارست حاصل فرآیندهای طبیعی در داخل و سطح پوسته زمین است که به سبب انحلال و شکستگی سنگ های آهکی، دولومیت، گچ، نمک و سایر سنگ های قابل انحلال تشکیل می شود .

همچنین به معنی منطقه سنگی در زبان قدیمی هند و اروپایی است و نیز نام ناحیه ای است در شرق کشور یوگسلاوی سابق که در آنجا سنگهای آهکی در اثر فرآیندهای فرسایش و انحلال منظره خاصی پیدا کرده و به همین جهت ناهمواریهای سنگهای آهکی در سایر نقاط را ژئومورفولگ ها نواحی کارستی می نامند.

عوامل تخریب و فرسایش در روی سنگهای آهکی ناهمواریهای جالبی بر جا می گذارند که به نام ناهمواریهای کارستی نامیده می شوند. همانطوریکه یادآوری شد، فرآیندهای فرسایش بیشتر در انحلال مواد دخالت می کنند ، البته باید توجه داشت که همه سنگهای آهکی ، کارستی نیستند بطوریکه اگر فرسایش اثر نکند و باعث انحلال مواد نشود شکل کارست بوجود نمی آید و از طرف دیگر در سنگهای غیر آهکی مانند سنگ نمک و ژئوپس می توان اشکال مختلف کارست را مشاهده نمود ، زیرا عمل انحلال در این گونه سنگها نیز عمل می شود ولی به علت اینکه اینگونه سنگها در طبیعت گسترش زیادی ندارند نام کارست فقط درمورد سنگهای آهکی بکار برده می شود.

Karst Topography



Source: Hallberg,
ET AL, 1984

اهمیت شناخت ناهمواریهای کارستی

همانطور که می دانیم کشور ما سرزمین خشکی است. با توجه به ازدیاد جمعیت و توسعه مراکز شهری و صنعتی ، مصرف آب روزبه روز افزایش می یابد و همیشه با کمبود آب روبرو هستیم. در سالهای خشک سالی محصولات کشاورزی صدمه دیده و باید منتظر بارشهای جوی باشیم تا سدها پر شوند. و این موضوع تا زمانیکه آبهای سطحی کنترل نشده و برنامه ریزی آن کامل نشده است ، موفقیت آمیز نخواهد بود.

طبق برآوردهای انجام شده متوسط نزولات جوی کشور حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب است که از این میزان ۹۰ تا ۱۱۰ میلیارد مترمکعب آن کنترل و بهره برداری می شود و بقیه بصورت آبهای هرز، سیلابها، تبخیر و بصورت نفوذ در زمین از دسترس خارج میگردد. بخش عظیمی از این آبهای فرو رو رودخانه های زیر زمینی را بوجود آورده و سازندهای کارستی را تشکیل می دهند. که بصورت چشمه در سطح زمین ظاهر شده و یا در داخل سازندهای کارستی ذخیره می شوند و این روند طی میلیونها سال ادامه داشته است. به عنوان مثال می توان گفت :

- از منابع آهکی اطراف شیراز می توان سالانه بین ۱۵ تا ۲۰ میلیون مترمکعب آب بهره برداری نمود.
- در منطقه بندرعباس از منابع آهکی می توان سالانه ۶ میلیون مترمکعب آب بهره برداری کرد.
- مطالعات انجام شده در جهرم نشان می دهد که منابع عظیمی از آب در ناهموارهای آهکی منطقه وجود دارد که می تواند تغییرات شگرفی را در کشاورزی منطقه بوجود آورد.

- چاه کیان اباد در جنوب شیراز در سال ۱۳۶۵ حفر شده و ۲۴۰ لیتر در ثانیه دبی دارد. چشمه پیرنو مهمترین چشمه کارستی منطقه شیراز بشمار می آید و حداکثر دبی آن ۳۱۱ و حداقل آن ۱۲۶ لیتر در ثانیه و متوسط دبی آن ۲۱۹ لیتر در ثانیه می باشد.

با توجه به آنجا که عنوان شد شناخت ناهمواریهای کارستی در ایران ضمن استفاده از منابع آب آنها، ما را در شناخت واکتشاف غارها یاری خواهد رساند، چرا که ارتباط تنگاتنگ پدیده های کارستی و ایجاد غارها امروزه امری بدیهی و اثبات شده است. بهمین منظور بد نیست که در ابتدا نگاهی به مناطق کارستی در ایران داشته باشیم تا غارنوردان و غار شناسان و علاقه مندان به اکتشاف غارهای ناشناخته با اطلاعات بیشتر، بهتر بتوانند به اهداف خود نایل شوند.

اهمیت غارها و مناطق کارستی را میتوان شامل موارد زیر دانست:

- ۱- تمرکز فعالیتهای صنعتی و انسانی بر روی آبرفتها باعث آلودگی این منابع شده است اما از آنجاییکه منابع آب کارستی در کوهها و مناطق مرتفع قرار دارند، امکان آلودگی آنها کمتر است.
- ۲- هزینه استفاده از منابع آب کارست در مقایسه با آبهایی که در سطح جریان دارند و بوسیله سدها مهار شده و توسط خطوط لوله انتقال می یابند بسیار کمتر است.
- ۳- در مناطق بسیاری از ایران منابع آب آبرفتی از لحاظ کمی و کیفی دارای محدودیت است.
- ۴- منابع آب کارستی تغذیه کننده آبخوانهای آبرفتی کشور هستند.
- ۵- غارها مکانهای مناسبی جهت شناخت و شناسایی لایه های داخلی زمین هستند که میتوان فعالیتهای تکتونیکی زمین را در آنها مشاهده کرد.
- ۶- همچنین غارها مکانی جهت شناسایی شرایط آب وهوایی و جغرافیایی گذشته زمین خواهند بود.
- ۷- نقاشیها و آثار بجای مانده از بشر غار نشین می تواند سیر تکامل و پیشرفت انسان مشخص سازد.
- ۸- و دیگر اینکه اهمیت غار در ایجاد فضاهای توریستی طبیعی و توسعه گردشگری و ورزش غار غارنوردی و غار پیمایی برکسی پوشیده نیست.
- ۹- استفاده از غارها بعنوان پناهگاه، انبار ذخیره، مکانهای سرپوشیده جهت فعالیتهای انسانی، پرورش قارچ و گلخانه از موارد دیگر کاربرد آنهاست.

شکل گیری غارها تحت تاثیر پدیده های تکتونیکی و انحلال سنگهای آهکی و دولومیتی است که عامل دوم یعنی انحلال، سهم بسیار زیادی در این شکل گیری دارد، بطوریکه می توان گفت بیش از ۹۸ درصد غارهای دنیا تحت تاثیر این پدیده بوجود آمده اند و هرچه درجه خلوص این آهکها بالاتر باشد انحلال بهتر صورت می گیرد. عامل دیگر این شکل گیری، سن طبقات کربناته و ضخامت آنهاست و همچنین شرایط آب و هوایی مناطقی که ساختارهای آهکی در آنها قرار دارند یکی از مهمترین موضوعاتی که باید در اکتشاف غارها مد نظر داشت انطباق مناطق آهکی و یا کربناته با مناطق کارستی و همخوانی این دو، با مناطقی است که در آن غارها بوجود آمده اند و در حال شکل گیری هستند و این موضوع می تواند مهمترین کلید اکتشاف غارها باشد.

ناهمواریهای کارستی در ایران

سازندهای آهکی و دولومیتی گسترش زیادی در کشور دارند بطوریکه رشته کوههای زاگرس از شمال غرب تا جنوب، رشته کوههای البرز در شمال و رشته کوههای مرکزی ایران را شامل می شود.

الف- زاگرس

ناهمواریهای کارستی در نواحی شمال غربی تا جنوب غربی در ارتفاعات زاگرس توسعه و فعالیت دارند، بطوریکه در این نواحی بیش از ۳۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع را فرا گرفته اند. با وجود آنکه زاگرس شمالی و جنوبی اقلیم متفاوتی دارند، ولی با در نظر گرفتن شرایط تکتونیکی از وضعیت مشابهی برخوردارند. بطوریکه تاقدیسها، ارتفاعات اطراف دشت را تشکیل و ناودیسها دشتهای آبرفتی را بوجود آورده اند، البته این پدیده در تمام رشته کوههای زاگرس عمومیت نداشته بطوریکه هرچه بسمت نواحی جنوبی زاگرس برویم با ناهمواریهای کارستی جوان تری مواجه خواهیم شد که احتمالاً سن آنها به دوره الیگوسن خواهد رسید. یکی از مناطق مهم کارستی که در نوع خود در کشوری نظیر می باشد، چنار شاهیعجان (تقاطع جاده بوشهر، کازرون و اهواز) است. در شمال این منطقه توده های آهکی زاگرس شکستگی بزرگی را بوجود آورده که به تنگ چوگان معروف است و غار شاهپور در دامنه های این شکاف قرار دارد، در زاگرس جنوبی آهک آسماری از نظر ایجاد رخساره های کارستی در اولویت بوده و بعد از آن آهک بنگستان است.

ب- البرز

در ارتفاعات البرز بویژه در دامنه های شمالی آن فعالیت کارست فراوان است، بطوریکه ناهمواریهای کارستی را از نواحی آستارا تا کپه داغ می توان مشاهد نمود.

از مهمترین پدیده های کارستی در این نواحی بخصوص مناطق جنگلی، دولین، اوولا، و آون است، هرکجا پدیده کارستی گسترش دارد، زهکشی خوب انجام شده و سطح جنگل در مدت کوتاهی خشک شده و حتی اثر کمی از چشمه در آن دیده می شود، زیرا جریانهای آبی به داخل درزو شکافها راه یافته و از مسیرهای زیرزمینی خارج می شوند. مطالعات انجام گرفته در جنگل خیرودکنار (جنگل تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی) نشان می دهد که بدلیل ساختار سنگ شناسی منطقه که از توده های آهکی سخت و فشرده دوران دوم زمین شناسی تشکیل یافته، پدیده های کارستی توسعه چشمگیری دارد. البته نظیر این ناهمواریها را در منطقه سياهکل و دیلمان نیز می توان دید.

ج - ارتفاعات مرکزی ایران

در این نواحی بدلیل کم بوده نزولات جوی، پدیده های کارستی در شرایط فعلی فعالیت چندانی نداشته و آثار پدیده های کارستی فعلی مربوط به دوره آب و هوای مرطوب گذشته (اواخر دوران چهارم) می باشد که توانسته با شرایط اقلیمی گذشته این ناهمواریها را بوجود بیاورد، بدلیل نفوذ رگه های جوان سنگهای آذرین در سنگهای آهکی و همچنین اثر نیروهای کوهزایی تغییرات وسیعی در ساختارهای کارستی ایجاد شده است.

در اینجا از مطالعات انجام شده بوسیله وزارت نیرو از کوههای مرکزی نمونه هایی بیان می شود:

- در منطقه کاشان عملیات حفاری در توده های آهکی ارتفاعات جنوب فین در عمق ۱۱۷ متر به آب رسیده و تا ۱۶۰ متری این وضعیت ادامه داشته و دبی آب ۳۰ لیتر در ثانیه بوده است.

- در منطقه یزد یکی از مهمترین ناهمواریهای کارستی در مرکز ایران را می توان مشاهده نمود، قسمت اعظم ارتفاعات شیرکوه یزد از سازند آهکی کرتاسه تشکیل شده است و از مشخصات سنگی آن یکنواختی آهک است که شرایط مناسبی را برای ایجاد ناهمواریهای کارستی فراهم می آورد. بررسیهای انجام شده در دره تفت نتایج خوبی را در برداشته است، بعلاوه چشمه های موجود در منطقه همچون، غربال بیز و تامهر دارای دبی قابل ملاحظه ای هستند بطوریکه بعضی از آنها بیش از ۲۰۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارند.

در سالهای گذشته با توجه به اهمیت منابع آبی کارست در کشور، تحقیقات کاربردی و سیستمیکی جهت مطالعه و شناخت حوضه های کارست کشور صورت گرفته است. پس از تاسیس مرکز کارست کشور در اواخر سال ۱۳۶۹ و با پایان گرفتن مطالعات نیمه تفصیلی در حوضه کارست مهارلو به عنوان حوضه نمونه کشور، در برنامه اول توسعه

، این مطالعات با هدف شناخت پتانسیل بهره برداری در سه حوضه دیگر کشور تا پایان برنامه دوم توسعه در سال ۱۳۷۸ جمعا ۵۴۰۰۰ کیلومتر مربع از سطح کشور مورد بررسی قرار گرفت و در نظر است که تا پایان برنامه سوم و چهارم توسعه در سال ۱۳۸۸ جمعا ۴۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع از حوضه های کارستی کشور مورد مطالعات نیمه تفضیلی قرار گیرد.

گروه سنگهای کارستی

سنگهای کارستی در گروههای اصلی کربناته ، سولفات ، کلروره و آواری معرفی می شوند. براساس برآوردها حدود ۲۹٪ پوسته زمین را مناطق کارستی تشکیل داده اند..

بدلیل ترکیب شیمیایی متفاوت گروه سنگهای کارستی کربناته ، سولفات و کلروره ، کانی زایی متفاوتی نیز می توان از آنها انتظار داشت.

بر همین اساس کانیهای اصلی سنگهای کربناته شامل، کلسیت ، آراگونیت ، دولومیت و مگنیزیت ، کانیهای اصلی سنگهای سولفات شامل ، ژپس و آنهیدریت و کانیهای سنگهای کلروره شامل ، هالیت ، سیلویت و کارنالیت ، می باشند که جدول برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی آنها به تفکیک هر گروه در ذیل آورده شده است.

مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانیهای کربناته

نام کانی	ترکیب شیمیایی	جوشش با اسید	وزن مخصوص	سختی	رنگ
کلسیت	CaCO ₃	جوشش شدید	۲/۷	۳	سفید-زرد-قهوه ای
آراگونیت	CaCO ₃	می جوشد	۲/۹	۳/۳۵-۴	سفید-زرد
دولومیت	CaMg(CO ₃) ₂	جوشش جزئی	۲/۸	۳/۳۵-۴	سفید -قهوه ای
مگنیزیت	MgCO ₃	جوشش فقط با اسید گرم	۳-۳/۲	۳/۵-۵	سفید-زرد

مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانیهای سولفات

نام کانی	ترکیب شیمیایی	وزن مخصوص	سختی	رنگ
آنهیدریت	CaSO ₄	۳	۳-۳/۵	سفید
ژپس	CaSO ₄ .H ₂ O	۳	۲	سفید -بی رنگ

مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانیهای کلریدی

نام کانی	ترکیب شیمیایی	وزن مخصوص	سختی	رنگ
هالیت	NaCl	۲/۱	۲/۵	سفید - بی رنگ
سیلویت	KCl	۱/۹	۲	سفید - بی رنگ
کارنالیت	KCl, MgCl, H ₂ O	۱/۶	۱	سفید

غارها خود یکی از اشکال کارستی هستند که بر روی دیواره، سقف و کف آنها، شکلهای و تزئینات زیبایی را می توان دید که از کانیهای گروه کربناته و یا سایر گروهها درست شده اند. رایج ترین کانیها در غارها، کلسیت و آراگونیت است.

کلسیت با اشکال بلورین خاص خود بصورت مکعبی مایل و یا منشوری در رنگهای شیری، کرم تا قهوه کم رنگ تا تیره با توجه به ناخالصیهای تشکیل دهنده آن دیده می شود. آراگونیت نیز بصورت بلورهای رشته ای و بهم چسبیده و با همان ترکیب و رنگ شبیه کلسیت، دیده می شود.

ژپس در واقع همان بلور گچ آبدار است که بصورت شفاف یا بی رنگ و کدر دیده می شود و با کمترین حرارت، حتی شعله کبریت آب خود را از دست داده و به رنگ سفید در می آید که در حقیقت همان آنهیدریت است. هالیت یا همان بلور نمک طعام که بصورت بلورین و به رنگهای شفاف تا کدر، سفید، صورتی، قرمز، زرد تا قهوه ای و نارنجی دیده می شود و وجود ناخالصی در آن باعث تنوع رنگها می شود.

سیلویت و با نمک پتاسیم که به رنگهای سفید و شفاف دیده می شود. گس و تلخ مزه است. کارنالیت که درصد فراوانی آن نسبت به دو کانی دیگر کمتر است مزه ای تلخ تا ترش دارد.

قابلیت انحلال کانیهای تشکیل دهنده سنگهای کارستی به ترتیب از کلرور به سولفات و کربنات کاهش می یابد، بطوریکه قابلیت انحلال هالیت (کلرور) یا بلور نمک طعام بیشتر از ژپس (بلور آبدار گچ) می باشد و به همین ترتیب انحلال پذیری کانی کربناته کلسیت کمتر از ژپس (سولفات) است.

قابلیت انحلال کربنات کلسیم در آب خالص ۱/۵ میلی گرم در لیتر است، اما با افزایش میزان گاز کربنیک به ۲۰۰ میلی لیتر، حلالیت آن به ۳۰ میلی گرم در لیتر افزایش پیدا می کند یعنی ۲۰ برابر می شود. حلالیت کانیهای سولفات در آب خالص حدود ۲/۵ گرم در لیتر و میزان حلالیت کلرید سدیم (نمک طعام) حدود ۳۶۰ گرم در لیتر است.

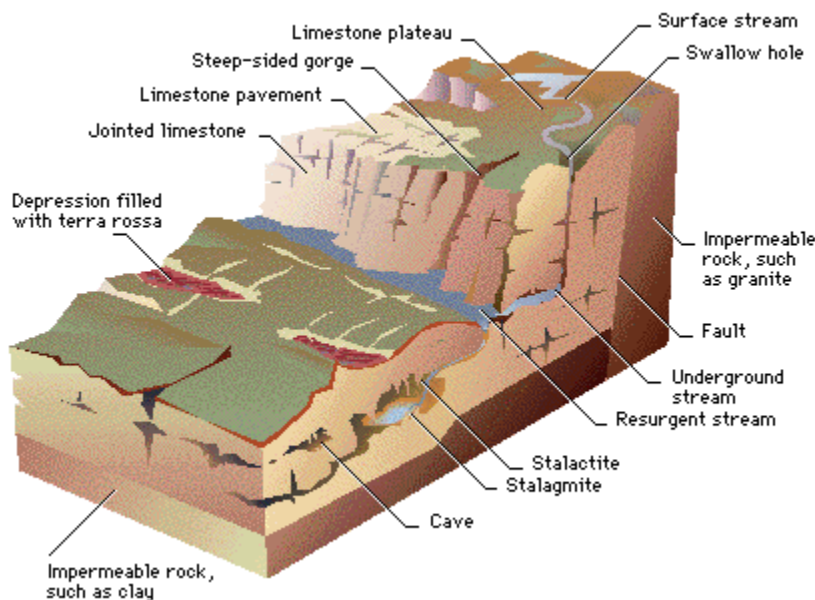
سنگهای آهکی کارستی

این سنگها از آهک نسبتا خالص و یا سنگ دولومیت به فرمول شیمیایی $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ Mg}$ کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم تشکیل یافته اند. سنگهای آهکی دولومیتی به علت دارا بودن کربنات کلسیم محلول و کربنات منیزیم محلول اشکال بسیار جالبی از خود در طبیعت بر جا می گذارند. از طرف دیگر آهک به علت داشتن خلل و فرج فراوان، آب بسهولة در آن نفوذ کرده و آنرا تخریب می نماید.

مناطق کارستی بصورت صخره ای دیده می شوند، زیرا که آهک به هیچ وجه در اثر عوامل تخریب به خرده سنگهای کوچک و ریز تبدیل نمی شود بلکه چنانکه قبلا گفته شد عمل انحلال در تغییر شکل این نوع سنگها نقش مهمی را ایفا می کند. بنا بر این دامنه های اغلب آنها از تخته سنگهای بزرگ بوجود آمده و عمل خزش نیز در آنها دیده نمی شود.

از مشخصات دیگر اینگونه دامنه ها، نیمرخ زاویه دار، نوک تیز با دیواره های تند است که به تدریج که به پایین دامنه می رسد، شیب ملایمی به خود می گیرد و به رسوبات ریز خاتمه می یابد. فلاتهای آهکی بندرت بوسیله دره ها قطع می شوند، از ویژگیهای دیگر اینگونه مناطق تشکیل حفره های بسته به ابعاد و اندازه های مختلف است. در روی ناهمواریهای آهکی کارستی آثاری از فرسایش رودخانه ای دیده نمی شود.

همانطور که گفته شد در روی این سازندها بعثت نفوذ آب به داخل آهک و راه یافتن آب به اعماق، عمل انحلال گسترش یافته و غارهای زیر زمینی ایجاد می گردد.



چگونگی عمل کارست

آب به داخل درز و شکاف سنگهای قابل انحلال نفوذ کرده و موجب توسعه درز و شکافها می گردد و سازندهای کارستی را بوجود می آورد.

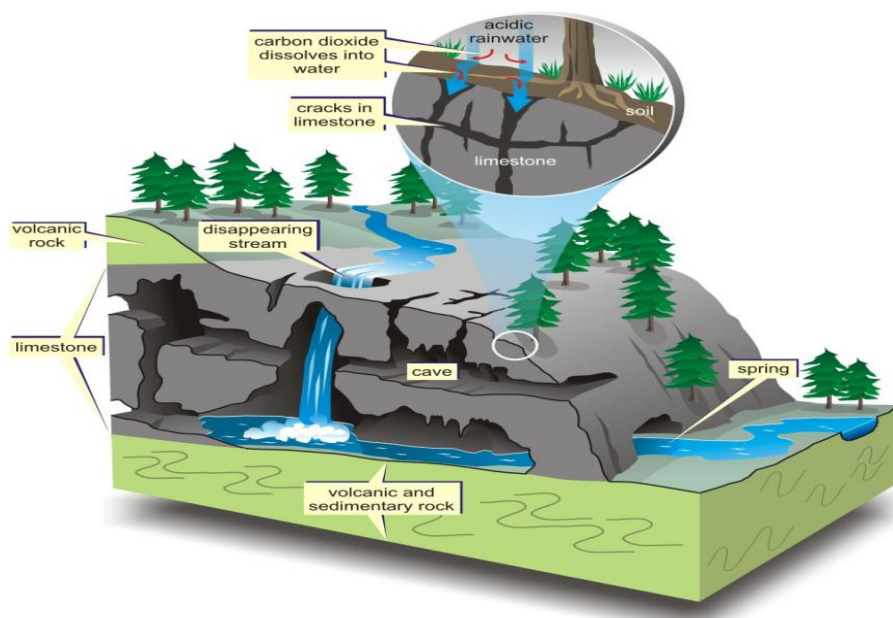
سنگهایی که در آب قابلیت انحلال دارند عبارتند از: نمک، انیدریت (CaSO_4)، گچ، آهک و دولومیت. سنگهای نمک و انیدریت و گچ نرم بوده و در مقابل فشار قابلیت انعطاف داشته، درز و شکاف کمتر در آنها توسعه می یابد، بدین جهت آب کمتر در آنها نفوذ کرده و تنها طبقات سطحی این سنگها در آب حل می شود که بعلت نرم بودن، ناهمواری که در سطح آنها بوجود می آید دوامی ندارند و در نتیجه تخریب از بین می روند. عامل اصلی در عمل کارست انحلال آهک می باشد. کربنات کلسیم بصورت کلسیت و یا بصورت آراگونیت در آبهای بدون گاز کربنیک تقریباً غیر قابل انحلال هستند، ولی هرگاه آب دارای مقداری گاز کربنیک (CO_2) باشد قابلیت انحلال کربنات کلسیم و کربنات منیزیم را افزایش می دهد. قابلیت انحلال گاز کربنیک در آب زیاد بوده و به طرق مختلف وارد جریان آب می شود. قطرات باران در حین عبور از جو، مقداری از گاز کربنیک هوا را در خود حل نموده، مواد آلی و هوموس بتدریج در خاک تجزیه شده و گاز کربنیک حاصل از آن در آبهای نفوذی حل می گردد.

جهت ایجاد ناهمواریهای کارستی علاوه بر وجود سازندهای آهکی در منطقه، وجود جریانهای آبی در این سازندها نیز ضروری است. برای اینکه آب بتواند در سازندهای آهکی نفوذ نماید باید این سنگها یا مستقیماً در تماس با نزولات جوی و جریانهای سطحی بوده و یا در زیر طبقات قابل نفوذ قرار داشته باشند. سنگهای آهکی عموماً سخت بوده و آب نمی تواند در آنها نفوذ کند و تنها در صورتیکه این سنگها دارای درز و شکاف باشند آب در فضای خالی آن نفوذ می نماید. این درز و شکافها در نتیجه تخریب مکانیکی و یا در نتیجه نیروهای تکنیکی ایجاد می گردند. بنابر این آهکی که تحت تاثیر این نیروهای تکنیکی قرار گرفته باشد، زمان بیشتری برای توسعه ناهمواریهای کارستی دارد.

همانطوریکه عنوان شد آب عامل اصلی در تشکیل ناهمواریهای کارستی است، بنابر این در نواحی خشک فعالیت کارست کمتر از مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بوده و در مناطقی که کمتر از ۲۵۰-۳۰۰ میلیمتر در سال بارندگی دارند ناهمواریهای کارستی دیده نمی شود، اما در نواحی که دارای دوره های تناوب مرطوب و خشک است فعالیت کارست به حداکثر می رسد.

یکی دیگر از عوامل مهم در توسعه کارست وجود گاز کربنیک در آبهای نفوذی می باشد. بعلت وجود مواد آلی و هوموس در خاک نواحی جنگلی، توسعه کارست در این مناطق چشمگیرتر است. ضمناً درجه انحلال آهک با

درجه حرارت محیط و آب نسبت عکس دارد و بدین ترتیب سیستم کارستی در ارتفاعات و مناطق سرد توسعه بیشتری دارد.



اشکال مختلف کارست

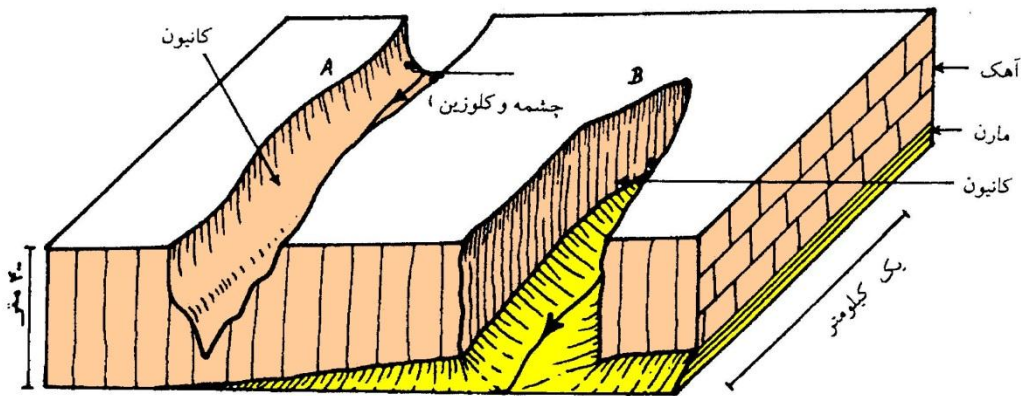
چنانکه قبلا بیان گردید کارست به ناهمواریهایی گفته می شود که طی فرآیندهای گوناگون انحلالی در سنگها بوجود آمده و باعث تغییرشکل در آنها می گردد بر این اساس اشکال مختلف کارست به رده های زیر تقسیم می شوند.

- ۱- کانیون Canyon
- ۲- لاپیه Lapiez
- ۳- آون Aven
- ۴- دولین Dolin (فروچاله sinkhole)
- ۵- اوولا Ouvala
- ۶- پلژه Polje
- ۷- غار cave

۱- کانئون : این نوع اشکال در نواحی کارستی بسیار فراوان دیده می شوند و از مشخصات اصلی آنها دره های عمیق و طویل است که در بستر آنها آب جاری می باشد . دیواره های این دره شیب بسیار تندی داشته و تقریباً عمودی دارند. نمونه این شکل در سطح زمین فراوان بوده و بعنوان مثال کوههای پیرنه و نیز کلرادوی آمریکا (گرانددکانیون) رامی توان نام برد. در ایران در رشته کوه زاگرس ، بویژه در سازند آسماری در استانهای اصفهان ، فارس ، یاسوج و چهارمحال بختیاری و در جاده خرم آباد به اندیشک می توان آنها را مشاهده کرد. بهترین نمونه آن در دامنه شمالی البرز و در جاده چالوس بین منطقه سیاه بشیه تا هزارجم می باشد که کانئونی بسیار جالب در روی سازند آهکی منطقه ایجاد شده که یکی از مشخصات آنها وجود دیواره های عمودی و دره های عمیق است که دلیل آن سختی و مقاومت دامنه ها در برابر عوامل فرسایش و فعالیت عوامل تخریبی در کف بستر دره می باشد.

رودخانه هایی که در نواحی کارستی و بخصوص در کانیونها جریان دارند از مناطق دیگری که غیر قابل نفوذ هستند سرچشمه می گیرند که پس از رسیدن به این مناطق مقدار زیادی از آب خود را ازدست داده اند. کانیونها اغلب بازمانده رودخانه های قدیمی زیرزمینی هستند که در اثر ریزش سقف آنها در سطح زمین پدیدار شده اند. باید توجه داشت که کانئون در صورتی بوجود می آید که طبقات آهکی از ضخامت قابل توجهی برخوردار باشند تا انحلال انجام شده در آنها ناهمواریها لازم را بوجود آورد. (دره A شکل) و در صورتیکه طبقات آهک ضخامت زیادی نداشته باشد و طبقه زیرین از ماده قابل نفوذی مانند مارن تشکیل شده باشد ، در این صورت تحول دره بگونه ای دیگر خواهد بود و در این حالت دره از طریق بستر خود گسترش یافته و بصورت U شکل در خواهد آمد. بستر فراخ این دره ها نیز دارای دیواره های عمودی هستند که به موازات توسعه و گسترش کف بستر، دیواره ها ریزش کرده و در نتیجه دره های U شکل، تشکیل می شوند.

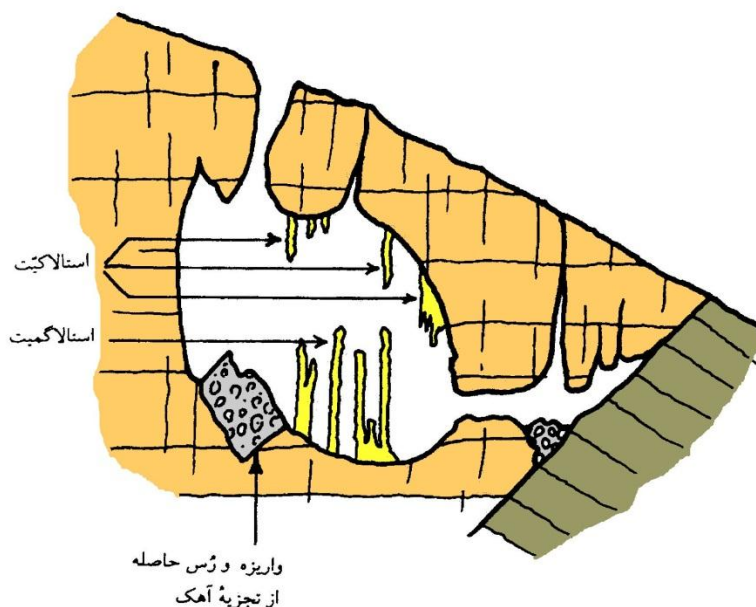
در قسمت بالا دست این دره ها چشمه هایی تشکیل می گردد که در محل برخورد طبقه غیر قابل نفوذ با طبقات آهکی بالایی برونزد دارند که به چشمه کلوزین معروفند، قسمت بالایی این چشمه ها به دیواره ای نسبتاً تندی مبدل می شوند و دره را صورت بسته درمی آورند که راه خروجی نداشته و در اصطلاح به نام دره بن بست نامگذاری می شوند. عقب نشینی نوک دره در اثر تخریب دیواره ها باعث می شود که فعالیت چشمه زیادتر شده و چشمه پسروری نماید . این تخریب و عقب نشینی در مناطق کارستی توسعه زیادی پیدا می کند ، در صورتیکه در کانیونها هیچ فعالیتی مشاهده نمی گردد.



دره‌های کارستی به شکل کانیون

۲- لاپیه : عبارت است از شیار یا بریدگی هایی که در روی سنگهای آهکی بوجود می آید، ممکن است این اشکال بوسیله خاک پوشیده شود که در این صورت لاپیه نامرئی نامیده می شود. این بریدگیها در اثر عبور آب با اسید کربنیک محلول در آن بوجود می آید. در حالت دیگر که بیشتر در نواحی نیمه خشک و آلبی دیده می شود آبها جاری موجب ایجاد اشکال عجیبی هستند که گاه بریدگیهای عمیقی را بوجود می آورند. ابعاد این بریدگیها از چند میلیمتر تا ۱۰ متر میرسد، که بستگی به ساختمان سنگ و مکانیسم جریان مواد محلول دارد.

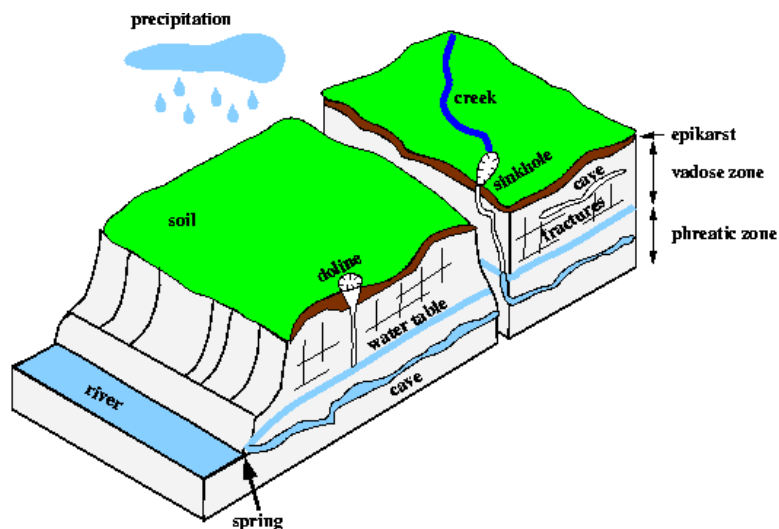
۳- آون: آون نوع دیگری از تخریب در سنگهای آهکی است که شکل قیفی وارونه دارد و در سطح زمین بوسیله منافذی راه پیدا می کند. این نوع تخریب در سطح کره زمین توسعه فراوانی دارد و در کشورهای مختلف به اسامی مختلفی نامیده می شود. تشکیل آون ها بدین صورت است که آب از درز و ترکهای سطح سنگ نفوذ کرده و بتدریج در اثر انحلال مواد، درز و شکافها را گسترش داده و نتیجه آن ریزش دیواره ها و توسعه فضای سست داخلی است که آنرا غار می نامند. در نواحی که بارندگی زیاد است ممکن است این غارها، مسیر رودخانه های زیرزمینی را تشکیل دهند. البته مواردی نیز وجود دارد که دهانه این غارها روی دامنه ها قرار دارند و هیچ رودخانه ای نمی تواند در آن جریان پیدا کند. در روی سقف این غارها، در اثر ریزش آب حاوی آهک، استالاکتیت تشکیل می گردد و آبی که از سقف بر روی کف غارها می ریزد، ستونهای آهکی به نام استالاکمیت را می سازد.



آون و بخشهای آن

۴- دولین: دولینها حفره هایی هستند بیضی شکل با دیواره های نامنظم و ناهموار که به هیچ وجه زاویه دار نبوده و اغلب دارای شیب تندی هستند که بصورت پرتگاه دیده می شوند. کف این گودالها را اغلب خاک رس است که خاک زراعتی مناسبی را تشکیل می دهد و بعلت عبور آبراه هایی که به آنها منتهی می گردد، نقاط مساعدی را برای کشاورزی فراهم می سارند(شکل). در شکل نیمرخ یک دولین بصورت یک تشت است ولی اشکال دیگری از دولین ها در زمینهای آهکی دیده می شود که گاهی حد فاصل شکل تشت و قیف است. ابعاد آنها با توجه به عوامل متفاوت مختلف بوده، بطوریکه قطر آنها از چند متر تا چند صد متر و عمق آنها از چند متر تا بیش ۲۰۰ متر میرسد. در صورتیکه دولین بوسیله پوشش گیاهی پوشیده شود، آنرا دولین سبز می نامند که در بعضی از نواحی جنگلی شمال ایران نمونه های از آن دیده می شود.

طرز تشکیل دولین ها نیز بدین صورت است که ابتدا انحلال آب و تخریب در سطح نفوذ پذیر سازندهای آهکی یک فرورفتگی ایجاد نموده که بتدریج با افزایش عمل تخریب و انحلال عمیق تر شده و گسترش می یابد و در نهایت یک چاله و یا پرتگاه بسته شکل می گیرد.



انواع دولین ها

الف - دولین انحلالی

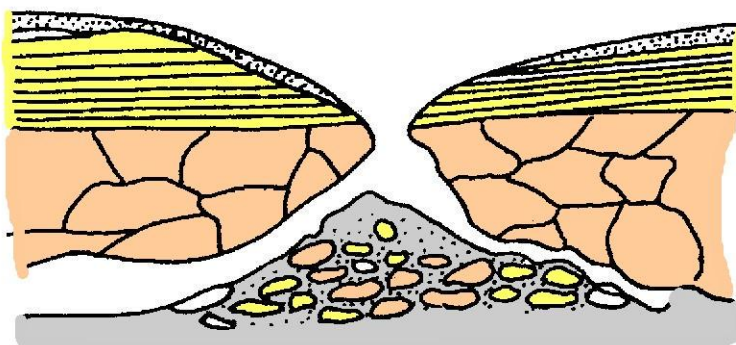
ب-دولین آبرفتی

ج- دولین فروریخته

د- دولین فرو ریخته انحلالی

الف - دولین انحلالی

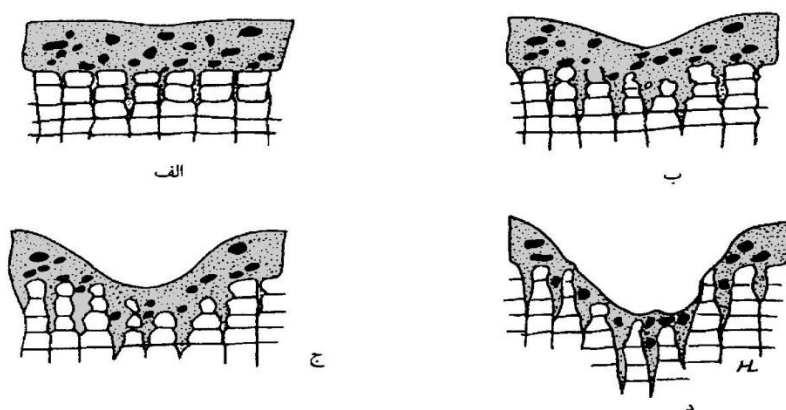
چنانکه گفته شد این نوع دولین بر اساس انحلال سنگهای آهکی بوجود می آید. آب از درزو شکافهای باریک سنگها عبور کرده و سبب انحلال می گردد. در نتیجه بزرگ شدن شکاف سنگها، سطح فروکش کرده و چاله های بسته ای را در سطح زمین بوجود می آورد.



دولین انحلالی

ب- دولین آبرفتی

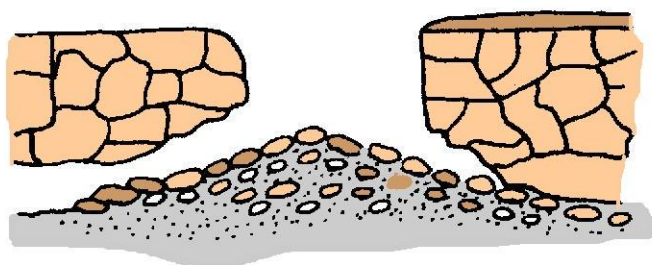
وقتی سنگهای آهکی بوسیله آبرفت و یا دیگر رسوبات پوشیده شده باشند، بر اثر عمل انحلال در آهک حفره هایی ایجاد می شوند که شیب آنها بوسیله شیب رسوبات بالایی مشخص می شوند. انحلال آهک در زیر لایه آبرفتی صورت گرفته و نتیجه آن فرونشینی لایه های سطحی به داخل درزها و شکافهای سنگی است و بدین ترتیب حفره هایی در سطح زمین ایجاد می شود. در جایی که سنگ آهک فراوان است، جنس رسوبات آبرفتی از هر نوعی که باشد دولین ها را به فراوانی می توان دید. چاه دریای رفسنجان احتمالا یک دولین آبرفتی است، که در اثر انحلال سازند آهکی در زیر طبقات آبرفتی، باعث ریزش و فرو رفتگی طبقات فوقانی شده است.



مراحل مختلف تشکیل دولین آبرفتی

ج- دولین فروریخته (فروچاله sinkhole)

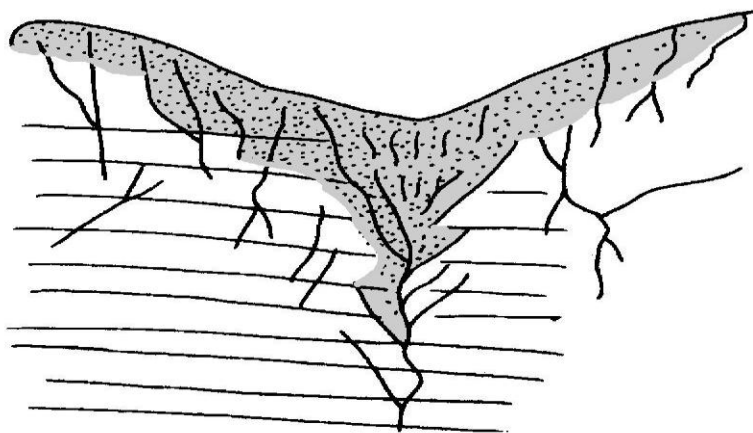
این نوع فرو رفتگیها در اثر فرو ریختن سنگها در مقیاس وسیع بوجود می آیند و در آنها دیواره های فرو ریخته دارای شیب تند و صخره ای مانند است. طور کلی این دولین ها به اشکال بیضی ویا دایره ای نامنظم و دیواره های تند هستند. این نوع دولین بر اثر ریزش سقف حفره های نزدیک سطح زمین یا از ریزش چشمه های بزرگ کارستی بوجود می آیند.



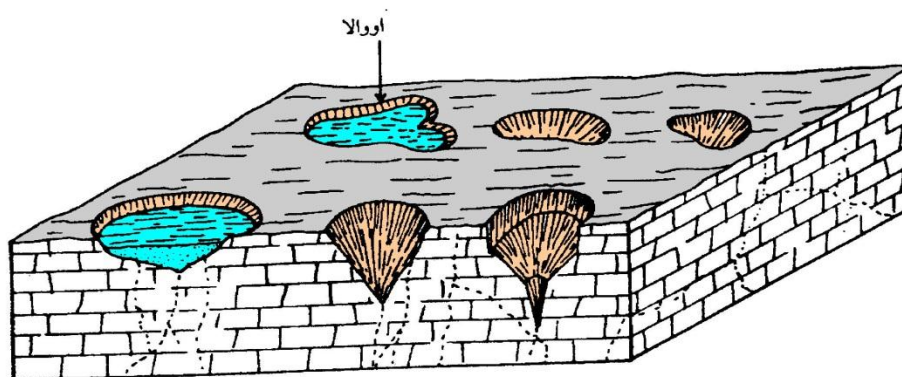
- دولین فرو ریخته

د- دولین فرو ریخته انحلالی

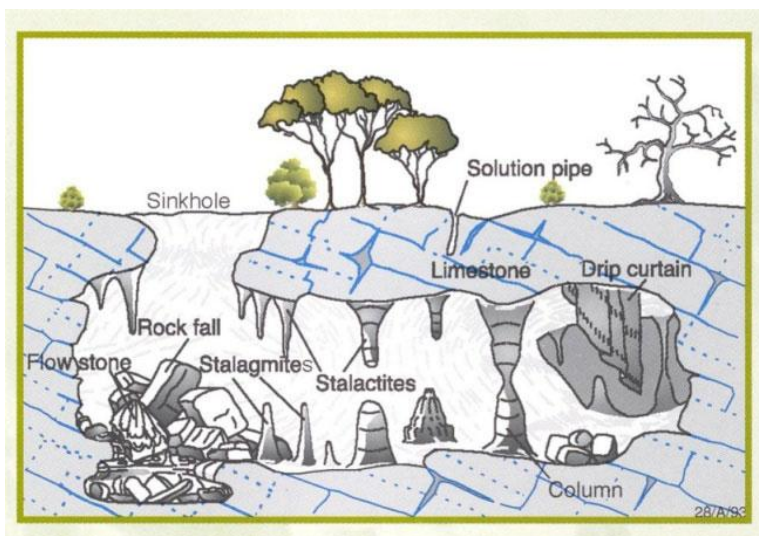
وقتی روی سنگهای آهکی را شیل و ماسه سنگ می پوشاند، بر اثر گسترش شکاف سنگهای آهکی، لایه های بالایی سنگ آهک نشست کرده و دولین های حفره ماندی در سنگهای بالایی بوجود می آیند. چنین دولین هایی در سنگهای غیر قابل نفوذ نیز پدیدار می شوند.



دولین فرو ریخته انحلالی



اشکال مختلف دولین



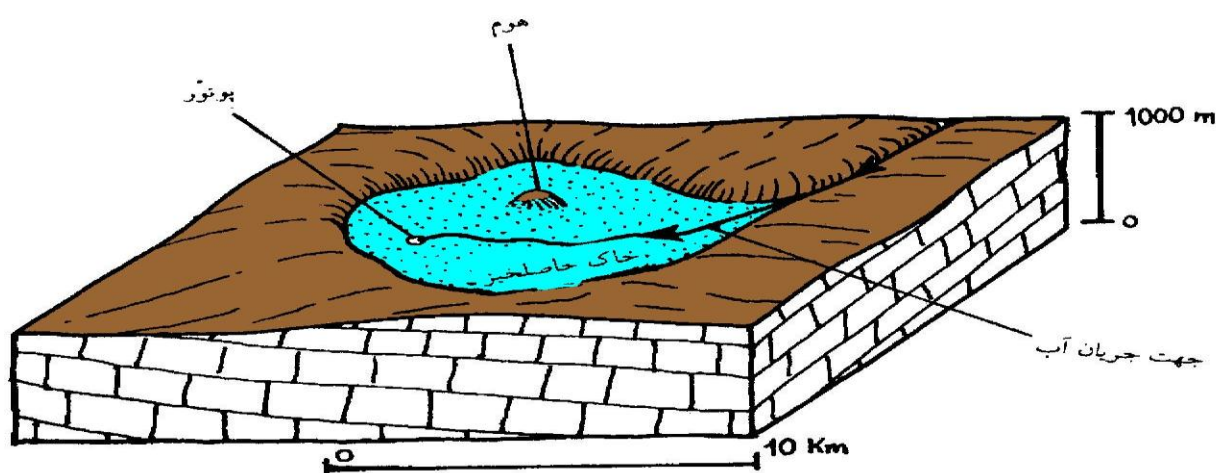
۵- اوولا

در صورتیکه پدیده انحلال تشدید گردد بطوریکه چند دولین بهم متصل گردند و کناره های آن بصورت نامنظم درآید به آن اوولا گویند.

۶- پلژه: پلژه در زبان لاتین به دشت قابل کشاورزی اطلاق می گردد، ولی در اصطلاح ژئومورفولوژی به دشتهای کارستی که عرض آنها بین چند متر تا چند کیلومتر می باشد گفته می شود و در مناطق خشک و بیابانی واحد سبز و خرمی را در منطقه کارستی تشکیل می دهد. کناره های پلژه دارای شیب تند و کف آن تقریباً مسطح و با شیب کم می باشد که با خاکهای قرمز و یا قهوه ایی - زرد که نتیجه عمل انحلال در اهک می باشد بوجود می آید. که

قابلیت نگهداری رطوبت را دارا بوده و از خاکهای حاصلخیز کشاورزی تشکیل شده است. بنابراین در نقاطی که پلژه در آنها وجود دارد پایه و اساس اولیه تمدنهای انسانی گذاشته شده است. اغلب در کف پلژه، رود جریان دارد ولی هرگز از آن خارج نمی شود، مگر از طریق راهروهای زیر زمینی و یا غارهایی که در زبان یوگسلاوی به آن پونور PONOR گفته می شود. در کف پلژه سطح آب زیرزمینی بالا بوده ولی اگر آب رودخانه کاهش یابد آبی از پونور خارج نمی شود و در فصول پر باران و بالا آمدن آب، کف پلژه غرقاب شده و بصورت دریاچه موقتی و یا دائمی در می آید و گاهی نیز حالت باتلاقی پیدا می کند و آب آن سرعت از بین می رود (مانند دریاچه پریشان و یا دریاچه منطقه اقلید فارس).

از مشخصات دیگر پلژه، وجود ناهمواریهای سنگی است که به آن هوم Hum گفته می شود. که باقی مانده عمل انحلال و فرسایش است و نشاندهنده سطح اولیه سازند آهکی است. کف پلژه مسطح و شیب بسیار کمی دارد که به پست ترین بخش منطقه منتهی می گردد و معمولاً در امتداد خط گسل منطقه قرار گرفته و طول آن گاهی به ۵۰ کیلومتر نیز می رسد. اغلب پلژه ها علاوه بر زهکشی آبهای سطحی، زهکشی آبهای زیرزمینی منطقه را بعهده دارند. بطوریکه تعدادی چشمه نیز در منطقه ظاهر می گردد، در فصل زمستان و بهار علاوه بر آب چشمه های موجود، جریانهای سطحی منطقه نیز وارد آن شده و مقدار آب ورودی بیش از ظرفیت خروجی آن شده و بدین ترتیب دریاچه ای در محل ایجاد می گردد. البته آب برخی از آنها موقتی بوده و بستگی به وضعیت هیدرولوژی منطقه دارد. بطور کلی پلژه ها را بر اساس وضعیت آب آنها به سه گروه تقسیم می کنند.



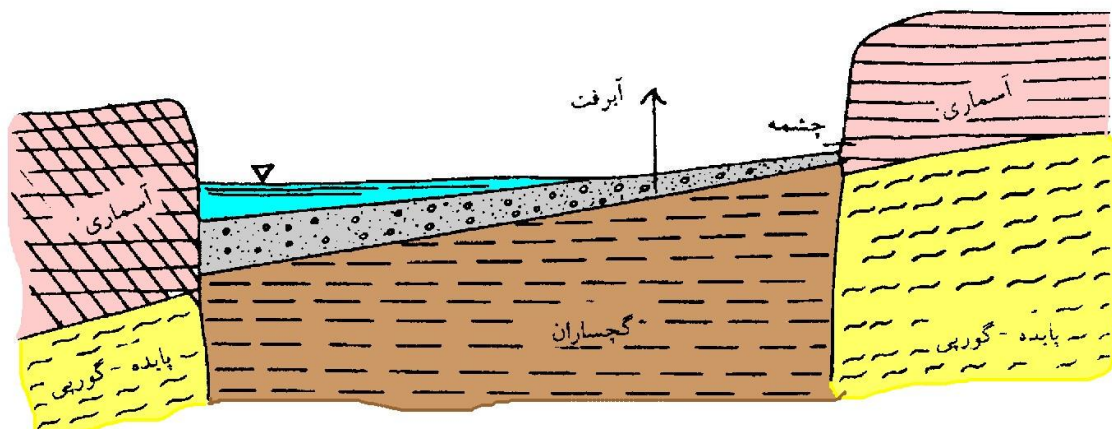
ساختمان پلژه و قسمتهای مختلف آن

الف- پلژه هایی که در تمام طول سال خشک هستند، این پلژه ها یا در مناطقی قرار دارند که نزولات جوی در آنها کم و در نتیجه جریانهای آب ورودی در آن اندک بوده و یا درز و شکافهای کف آن زیاد و بزرگ است که کلیه آبهای ورودی به آن تخلیه می شوند و فقط بصورت زهکش عمل می کنند (کلات نادری)

ب- پلژه هایی که در فصولی از سال پر آب شده و بصورت دریاچه موقتی در می آیند. به عبارت دیگر جریان آب ورودی به منطقه بیش از میزان آب خروجی است. مازاد آن در کف پلژه باقی مانده و دریاچه ای را بوجود آورده است. این گونه پلژه ها بعنوان تنظیم کننده جریان آب منطقه عمل می کنند. دشت ارژن در فارس را می توان از جمله این پلژه ها نام برد. این دشت بصورت یک گرابن است که توسط دو گسل به صورت چاله ایی در آمده است و در مجاورت گسل باختری چشمه آبی با آبدهی نسبتا زیاد از آهک بیرون می ریزد. ارتفاعات منطقه از آهکهای آسماری تشکیل شده و گسل غربی سازند گچساران را تقریبا در مقابل سازند پابده - گورپی قرار داده است. بنابر این کلیه آبهای نفوذی در آهکهای آسماری غرب دشت در امتداد این گسل بصورت چشمه ای تخلیه می شود. سازند های کف این دشت از سازند تقریبا غیر قابل نفوذ گچساران تشکیل شده که این طبقات توسط آبرفتیهای جوان به ضخامت ۳۰ متر پوشانده شده است. شیب این دشت از غرب به شرق منطقه است. بنابر این کلیه آبهای منطقه اعم از آب چشمه ها و جریانهای سطحی به شرق منطقه که گودتر است حرکت می کند. در این قسمت لایه های آبرفتی در امتداد گسل و در مجاورت آهک اسماری قرار دارند و شکافهای آن محل مناسبی جهت نفوذ و توسعه ناهمواریهای کارستی می باشد. بنابر این آبها در این قسمت بداخل آهکهای شرقی نفوذ کرده و پس از عبور از داخل درز و شکافها از دشت خارج شده و به قسمتهای ژرفتر منطقه در جنوب (دریاچه پریشان) و یا شرق حرکت می کنند. در حقیقت می توان گسل غربی دشت ارژن و گسل شرقی را زهکش دشت ارژن نامید.

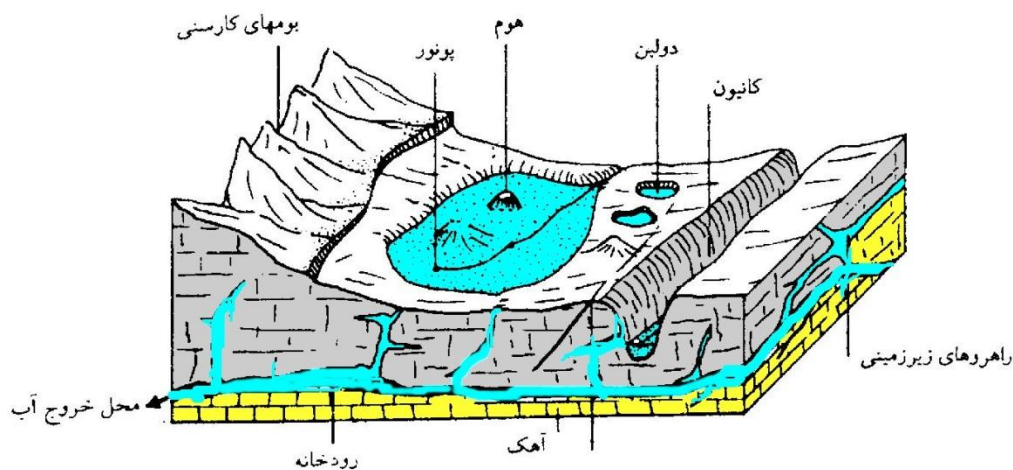
دشت ارژن ۱۹۹۰ متر نست به سطح دریا بلندی دارد و از طریق نزولات جوی، جریانات سطحی و آبهای زیرزمینی چشمه ها، تغذیه می شود و از طریق چند پونور که در جنوب آن واقع شده اند خارج می گردد. میزان دبی حداکثر و حداقل که از چشمه ها خارج می شود به ترتیب بیش از ۷۵۰ و کمتر از ۱۰۰ لیتر در ثانیه بوده و ارتفاع آب ۴ تا ۳ متر است.

در زمستان و بهار بدلیل زیاد شده آب جریانهای سطحی ورودی به دشت و محدود بودن ظرفیت آبگذر قسمت خاوری، مازاد آب در دشت ذخیره شده و آنرا بصورت دریاچه ای درمی آورد. در فصل تابستان و اوایل پاییز جریانهای سطحی ورودی به دشت کم شده و استفاده از آبهای ذخیره شده بتدریج کاهش یافته و در اواخر تابستان و یا پاییز کاملا خشک می شود.



دشت ارزن را می‌توان نمونه مناسبی از یک پلژه محسوب کرد.

ج- پلژه هایی که در تمام طول سال آب دارند و بصورت دریاچه دائمی در می آیند، در بعضی از مناطق بدلیل زیاد بودن نزولات جوی و یا به علت سیستم زهکشی کارستی توسعه نیافته، جریانهای ورودی بیش از جریانهای خروجی بوده و همیشه آب در آن باقی می ماند و بدین ترتیب دریاچه دائمی بوجود می آید که خود تغییرات زیادی را در وضعیت طبیعی و اکوسیستم منطقه ایجاد می نماید. مانند دریاچه اقلید فارس و پریشان. (شکل)



اشکال مختلف ناهمواریهای کارستی

دره های کارستی

نمونه دیگری از ناهمواریهای کارستی بشمار می آیند که با توجه به مشخصات آنها به چهار گروه تقسیم می شوند:

الف- دره های باریک و عمیق

ب- دره های کور

ج- دره های حفره ای

د- دره های خشک

الف- دره های باریک و عمیق

دره های باریک و عمیق در سازندهای آهکی فراوان یافت می شوند. این دره ها در اثر انحلال شیمیایی آب بوجود آمده و معمولا عمیق و دارای دیواره های تقریبا عمودی می باشند. نمونه های زیادی از این دره ها در ارتفاعات زاگرس بخصوص در منطقه بین شیراز و جهرم مشاهده می شود(عکس). معمولا این دره ها در محل شکستگیهای اصلی سنگ بوجود می آیند، درزو شکافها ابتدا در اثر تخریب شیمیایی توسعه یافته و سپس تخریب فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر در تکوین آنها موثر واقع می شوند. تشکیل دره بدین گونه است که در نتیجه عمل انحلال، راهروهای زیرزمینی خود را گسترش داده تا جایی که سقف دره ریزش نموده و دره نمایان می شود. نمونه جنین دره ای در نزدیکی دهکده بوچیر در منطقه بندرعباس و یا در روی سازند آسماری در منطقه دوگنبدان که در نتیجه عمل انحلال آب ایجاد شده را می توان نام برد.

ب- دره های کور

همانطور که عنوان شد عمل انحلال ابتدا در درزو شکافها شروع شده و باعث توسعه آنها میشود، بنابراین فعالیت آبها در شکستگی ها و مناطق ضعیف صورت می پذیرد. حل ممکن است در بعضی از قسمتهای دره توسعه درز و شکاف سنگها بحدی باشد که تمام آب ورودی را جذب نماید و آبی به قسمتهای پایین تر نرسد. در بعضی از مناطق کارستی رودخانه های بزرگ ممکن است در داخل منطقه کارستی گم شده و به داخل دولین وارد شوند(منطقه تله زنگ). رود در قسمتی از مسیر بحالت زیرزمینی درمیآید، البته ممکن است در قسمتهای پایین تر دوباره ظاهر شود. در این مناطق در محل و در حالتی که آبهای رود ناپدید می شود، دره کور بوجود می آید. دره کور اغلب در مناطقی که از نظر توپوگرافی تپه ماهوری بوده و بارندگی فراوان داشته باشد ایجاد میشوند. و در این حالت قسمت بالا دست منطقه کارستی دارای سنگهای غیرقابل نفوذ است، معمولا دره های کور به توده آهکی نسبتا بزرگی ختم می شود که در دامنه آن غار یا حفره هایی وجود دارد که آب رودخانه را جذب می کند. این دره ها در مناطقی که رودخانه از سازند آهکی به سازند دیگری وارد می شود نیز، ایجاد می شوند.

ج- دره های حفره ای

در این نوع دره ها برعکس حالت قبلی آب بجای فرو رفتن درناهمواریهای کارستی در سطح زمین ظاهر می شود. دره ها عموماً U شکل بوده و دیواره های تندی دارند، درمکانهایی که سنگ آهک روی سنگهای غیر قابل نفوذ قرار میگیرد، اغلب چشمه هایی از محل سازندها جاری می شوند. تعداد چشمه هایی که از قسمتهای تحتانی توده های آهکی بیرون می آیند به واسطه خروج آب آنها و فرو ریختن حفره ها کاهش می یابد، با گذشت زمان دیواره تند دره ها صاف شده، دره های حفره ای را تشکیل می دهند.

د- دره های خشک

این دره ها تمام خصوصیات دره های آبرفتی بجز نام آنها را دارا بوده، اما دارای جریان آب دائمی نیستند و فقط در مواقع سیلابی جریانهای موقتی دارند. کناره های این دره نیز مانند سایر دره های کارستی شیب تند دارند و تغییراتی که در نیمرخ آن دیده می شود، بیشتر نتیجه تغییر در سرشت سنگ می باشد. بررسی دره های خشک موجود در سنگهای آهکی نشان می دهد که بسیاری از این دره ها جزئی از شبکه ابراهه قدیمی هستند که بر آبراه های سنگهای آهکی منطبق شده اند. در مناطق استوایی که فعالیت کارستی شدید است دره های کارستی توسعه چندانی ندارند.

۷- غار cave

مجاری عبور آبهای زیرزمینی در سازندهای سخت گذشته، اگر در سطح زمین پدیدار شوند بصورتیکه بتوان داخل آنها شد، غار نامیده می شود. غارها خود یکی از پدیده های کارستی هستند که طی فرآدهای انحلالی در سازندهای آهکی بوجود می آیند و معمولاً شامل تعدادی مجاری افقی و عمودی تشکیل شده است که توسط یک راهرو زیر زمینی اصلی به یکدیگر متصل شده اند. غارها در اثر فرآیندهای مختلف فیزیکی و شیمیایی و زمین شناسی بوجود می آیند.

مهمترین عوامل تشکیل غار

مهمترین عواملی که در تشکیل غار دخالت دارند عبارتند از:

۱- نوع سنگ آهک

۲- نوع جریان آب

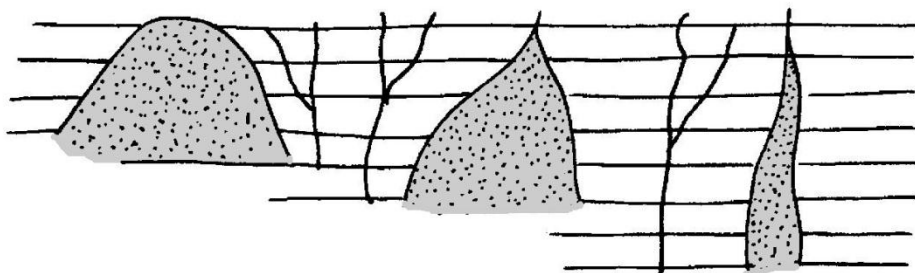
۳- شرایط جغرافیایی منطقه

۴- عوامل موثر دیگر

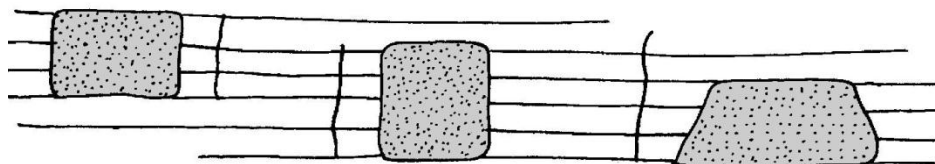
۱- نوع سنگ آهک

بطور کلی سنگهای آهکی بصورت چینه بندی منظم و دارای درزوشکاف فراوان هستند ، سطح بین چینه ها و درزوشکافها، محلهای اولیه نفوذ آب در سنگها می باشد. مکان ایجاد غار معمولا در محل تماس یک لایه آهک خالص و یک لایه آهک ناخالص می باشد. بسته به وسعت و توسعه درزوشکافها در توده آهکی دونوع غار قابل تشخیص است:

- الف- اگر شکستگی یا درز و شکافها تا حد طبقات آهک ادامه داشته باشد در این حالت معمولا غاری با مقطع مثلث ایجاد میشود که قاعده آن بطرف پایین بوده و بتدریج به سمت بالا عرض آن کاهش می یابد. (شکل)
- ب- اگر درز و شکاف و شکستگی در بین لایه های مختلف آهک محدود باشد در نتیجه عمل انحلال و ریزش لایه ها، غارهایی با مقطع دوزنقه و یا مستطیل بوجود می آید. (شکل) در این گونه غارها توسعه و گسترش غار در امتداد درز و شکافها می باشد.



مراحل مختلف تشکیل غار



اشکال هندسی غار

۲- نوع جریان آب

غارها نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی جریانهای و یا رودخانه های زیرزمینی هستند که مانند رودخانه های سطحی منجر به ایجاد بستری برای خود می گردند. تخریب رودخانه های زیرزمینی به دو صورت امکان پذیر است:

الف- جریان آزاد

ب- جریان تحت فشار

الف- جریان آزاد

زمانی که جریان آب داخل درزو شکاف و یا غار حالت آزاد داشته باشد، یعنی قسمتی از آن پر بوده و بقیه را هوا اشغال کند، جریان آزاد نامیده می شود این حالت زمانی بوقوع می پیوندد که محل تشکیل غار بالاتر از سطحی آب زیرزمینی و یا سطح ایستابی باشد و یا اینکه سطح آب در داخل آنها دارای نوسان بوده وبا توجه به رژیمهای هیدرولوژی منطقه پایین وبالا می شده است واین غارهای دارای تزئینات داخلی چشمگیر و جالبی هستند.

ب- جریان تحت فشار

در این حالت جریان آب در داخل درزو شکافها بصورت دائمی و تحت فشار بوده و کلیه فضاهای موجود در سنگ بوسیله آب پر شده اند مجاری اینگونه غارها بصورت بیضی و یا دایره ای شکل است ودر زیر سطح ایستابی تشکیل می شوند. دیوارهای اینگونه غارها غالبا فاقد تزئینات داخلی است.

۳- شرایط جغرافیایی منطقه

شرایط جغرافیایی به دو شکل در ایجاد و توسعه غار موثر است:

الف- شرایط آب و هوایی منطقه،درجه حرارت و محیط در ساختمان غارها موثر است . چنانکه می دانیم درجه انحلال آهک با درجه حرارت آب نسبت عکس دارد یعنی اگر آب سردتر باشد مقدار بیشتری از CO_2 را درخود حل خواهد کرد،بنابر این غارهایی که در محیط های سردتر توسعه می یابند دارای طول بیشتر ومقطع بزرگتری هستند.

ب- پوشش گیاهی ، پوشش گیاهی و جنگل موجب می گردد که مواد آلی و هوموس خاک افزایش یافته و در نتیجه تجزیه این مواد ، مقدار CO_2 موجود در منافذ و شکاف خاک افزایش پیدا کرده و آبهای نفوذی دارای مقدار بیشتری از CO_2 شده و پدیده تخریب و انحلال سنگ آهک بهتر صورت پذیرد.

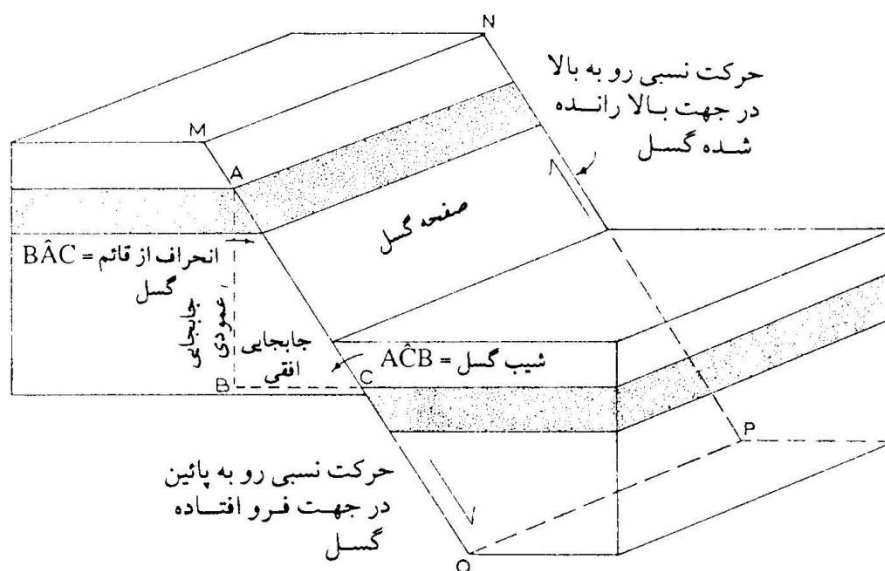
۴-عوامل موثر دیگر

- الف - در مناطق کوهستانی و سردسیر به علت پایین بودن درجه حرارت، ایجاد و توسعه غارها گسترش بیشتری دارد.
- ب- میزان بارشهای جوی و به ویژه برف از عوامل موثر در ایجاد غاراست.
- ج - بررسیهای انجام شده در آهکها نشاندهنده آن است که در اوایل دوران چهارم به علت دوره های مرطوب و بارانی و یا یخبندان ، تشکیل غارها توسعه بیشتری داشته است.
- د - گسلها و چین خوردگیها

باید توجه داشت که چین و یا چین خوردگی مناطق آهکی ، موجب شیبدار شدن لایه ها ، افزایش درزشکاف در آنها و همچنین فاصله لایه ها از یکدیگر و ایجاد فضای خالی جهت تسهیل در فرآیند کارست زایی می شود. درزه های وابسته به چین ها مهمترین و مشخص ترین عامل گسترده گی در پیدایش غارها هستند. غارها ممکن است در پهلوهای جانبی یک چین و یا در قسمت محور چین، بوجود آمده و یا اینکه در امتداد راستای گسل شکل گرفته باشند. امتداد محور تاقدیس ها و ناودیسها فضای مناسبی را برای تشکیل غار ایجاد مینماید.

گسلها

گسل یک شکست در توده سنگ است به نحوی که یک جابجایی قابل رویت در یکی از دو طرف سطوح شکست بوجود آید، سطحی که حرکت در آن صورت می گیرد صفحه گسل نام دارد. چنین سطوحی معمولاً خمیده و نامنظم بوده و دارای شکستگیهای فراوانی است این حرکات بیشتر بصورت منطقه ای صورت می پذیرد، نیروهای کششی ، برشی ، فشاری ، پیچشی از جمله نیروهای هستند که باعث بوجود آمدن گسلها و چین خوردگیها می شوند.



با توجه به اجزای مشخص شده در شکل فوق می توان چنین عنوان کرد که :

الف - سطح گسل سطحی است که یکسری از سنگها و در حالت کلی تر، سطح و یا پوسته زمین در امتداد آن دچار شکستگی و جابجایی می شود.

ب- کمر بالا و کمر پایین عبارتند از بخشهایی از شکستگی که در بالا و یا پایین سطح گسل قرار دارند. هریکشی که در بالای سطح گسل قرار داشته باشد، کمر بالا و بخشهایی که در زیر آن قرار دارند را کمرپایین می نامند.

ج - شیب گسل به زاویه بین سطح گسل و خط افق گفته می شود.

د- مقدار جابجایی گسل عبارت است از فاصله عمودی بین دو سطح گسل که جابجا شده اند.

گسلها در حالت کلی به سه نوع تقسیم بندی می شوند:

۱- گسل نرمال

۲- گسل معکوس

۳- گسل امتداد لغز

به عبارتی دیگر:

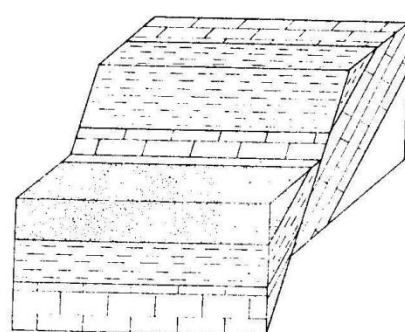
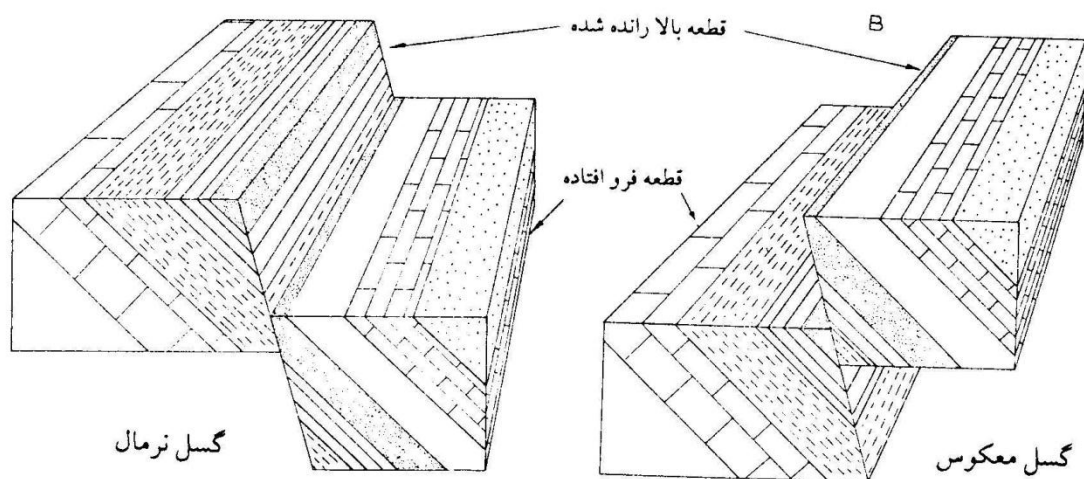
۱- گسل نرمال گسلی است که بخشهای جابجا شده در روی سطح گسل بطرف پایین حرکت کرده باشند.

۲- گسل معکوس گسلی است که بخشهای جابجا شده در روی سطح گسل بطرف بالا حرکت کرده باشند.

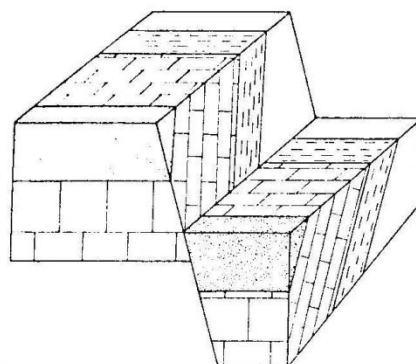
۳- گسل امتداد لغز گسلی است که بخشهای جابجا شده در روی سطح گسل در سطح افق حرکت کرده باشند.



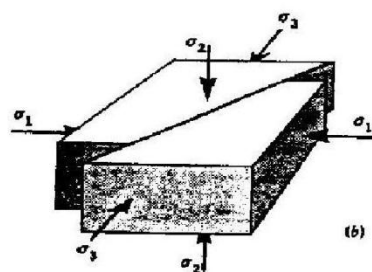
جابجایی های انجام شده معمولاً ترکیبی از چند نوع گسل می باشد که با آزاد شده انرژی در سطح و در عمق زمین همراه است و این انرژی بصورت امواج کروی منتشر می شود. امواجی که از چشمه موج آزاد می شوند در سه بعد گسترش یافته و موجب تخریب ساختمانها و تاسیسات و تلفات انسانی می شود. تاثیر این نیروها طی میلیونها سال موجب تغییر شکل پوسته زمین و بوجود آمدن مورفولوژی امروزه زمین شده و انواع چین خوردگیها، دره ها، کوهها و ناهمواریهای کارستی در زمین را پدید آورده اند.



گسل امتدادی (ب)



گسل شیبی (الف)

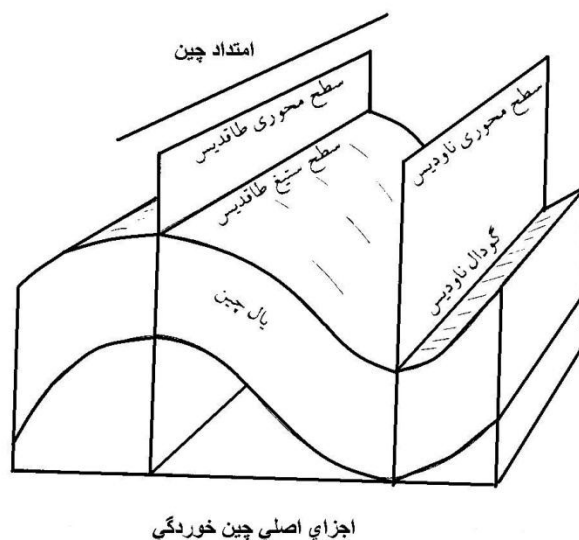


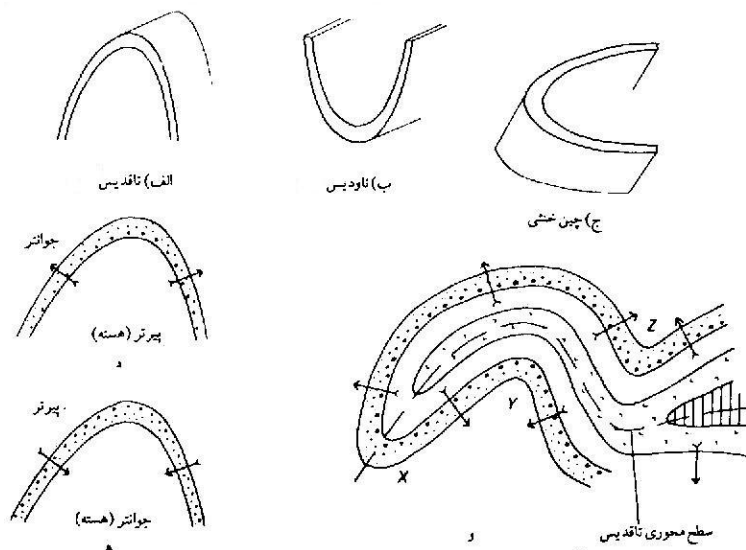
گسل امتداد لغز

فرآیندها تکتونیکی زمین که تحت تاثیر نیروهای درونی زمین بوجود می آیند باعث شکل گیری چینها، گسلها و همچنین شکستگیهای فراوان در امتداد محور عملکردشان می شوند. این شکستگیها و درز و شکافها در سنگهای کربناته محیط مناسبی را برای کارستی شدن فراهم می کنند.

بسیاری از غارها در امتداد محور چین خوردگی و یا گسلها شکل می‌گیرند و به همین جهت شناخت گسلهای اصلی در مناطق کارستی همچنین شناخت امتداد گسلهای اصلی و فرعی در درون غارها نشانه خوبی در مشخص کردن گالریها، راهروها و چاههای احتمالی درون غارها است. لازم به ذکر است که رودخانه زیرزمینی، دره‌های کارستی و جریان آبهای کارستی نیز بیشتر در امتداد همین شکستگیها و اختلاف سطوح ایجاد شده، بوجود می‌آیند. سنگ آهکهای ضخیم لایه و با قدمت بیشتر زمین شناسی و همچنین سازندهایی که تحت تاثیر عوامل مختلف تکتونیکی شدت چین خورده و دارای شکستگی و درز شکاف فراوان هستند، مکانهای مناسبی برای ایجاد پدیده‌های کارستی هستند. اینگونه آهکها هرچه خالص تر باشند مستعدترند و آهکهای دارای ناخالصیهای رسی و آهکهای چرتی (دارای سیلیس) این قابلیت را ندارند. باید توجه داشت که بهترین مکانها جهت اکتشاف غارها، سنگ آهکهای مربوط به دورانهای اول و دوم زمین شناسی می‌باشد. واحدهای کارستی ممکن است در میان یک یا دو واحد ناهمساز موازی یا ناموازی، دگرگونه و یا آذرین قرار گرفته باشند.

امتداد محور چین خوردگیها و لایه بندیها بهترین محل جهت عبور و وارد شدن به داخل غارها و سازندهای کارستی است و همیشه این نکته را باید مد نظر قرار داد که با توجه به ساختار چین ها و لایه بندیها، احتمالا باز شدن مجاری کارستی در پهلوهی چینها و جهت شیب لایه ها، کمتر از سایر نقاط چین است.





کانی شناسی و تزئینات داخلی غارها:

مهمترین کانیهای تشکیل دهنده تزئینات داخلی غارها، شامل کلسیت و آراگونیت است که هر دو دارای ترکیب CaCO_3 بوده و در حقیقت همان بلورهای آهکی هستند، آراگونیت زیاد پایدار نبوده و به مرور زمان تبدیل به کلسیت می شود. عبور آب دارای اسید کربنیک تشکیل یافته از ترکیب آب و CO_2 ، باعث انحلال آهک و حمل بیکربنات کلسیم صورت محلول می شود این آب هنگامی که به سقف و دیواره غارها می رسد در آنجا رسوب کرده و تزئینات داخلی غار را بوجود می آورد.

۱- استالاگمیت Stalagmite : ستونهای مخروطی ازیبکربنات کلسیم که در اثر چکیدن آب در کف غارها تشکیل می شوند . قاعده این مخروطها در کف غار و راس آنها بسمت بالا می باشد. به این مخروطهای آهکی، چکیده هم گفته می شود.

۲- استالاگتیت Stalactite این ساختار نیز از بی کرینات کلسیم تشکیل شده و در سقف غارها بصورت مخروطی بوجود می آیند با این تفاوت که قاعده مخروط در سقف غار و راس آن بسمت پایین می باشد و اصطلاحاً به آنها چکنده هم می گویند.

معمولا در نقطه مقابل استالاکتیتها، استالاکمیتها نیز بوجود می آیند. در موارد بسیاری طول این دو مخروط افزایش پیدا کرده و به یکدیگر متصل می شوند و در این حالت ستونهای آهکی را بوجود می آورند.

۳- ستونها و جرزها Pillar: در مواردی که ستونهای آهکی به دیواره غارها چسبیده باشند به آنها جرز گفته می شود.

۴- روانه ها Flow: آبی که در امتداد طول سقف غارها جریان می یابد بتدریج پوششی از بی کربنات کلسیم در طول سقف ایجاد می نماید که به انها روانه گفته می شود.

۵- پرده Drape: آبی که در طول دیواره غارها به سمت پایین حرکت می کند ، تشکیلاتی را ایجاد می کند که مانند پرده ای به سمت پایین آویزان شده است که همانطور که از شکل و نام آن پیداست به آنها پرده می گویند.

۶- گل کلمی ها Cauliflower: اشکال گل کلمی از کلسیت هستند که در سقف و دیواره غارها بوجود می آیند.

۷- نخودپها و یا مرواریدیها غار pisolite or pearl of cavern: ساختارهای نخود مانند و یا مرواریدی شکل از بی کربناتها هستند که در اثر تراکم و تجمع ورقه های متعدد و متحد المركز کلسیت بوجود می آیند.

رسوبات غارها

از نظر نوع مواد، رسوبات غارها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- رسوبات آهکی

۲- رسوبات غیر آهکی

۱- رسوبات آهکی

این رسوبات به دو صورت تشکیل می شوند. - رسوبات آهکی حمل شده توسط آب، که در اثر ریزش سقف و بدنه غارها به شکل قطعات خرد شده در محلهای مناسب قرار می گیرند و به مرور زمان قطعات بوسیله خمیره ای از آهک به هم متصل شده و برشهای آهکی را بوجود می آورند.

رسوبات آهکی محلول در آب ، مواد آهکی حمل شده در اثر تغییر شرایط فیزیکی محیط مانند درجه حرارت، تغییر فشار گاز کربنیک هوا و... دوباره ته نشین می شوند و بلورها و اشکال مختلف آهک را بر جای می گذارد.

۲- رسوبات غیر آهکی

این رسوبات همراه آب از محیط خارج غار وارد آن می شوند که مهمترین آن رس است، بدلیل آنکه از درزو شکافهای آهکی فقط رس معلق در آب می تواند عبور کند. این مواد معلق در محلهایی که جریان آب کند می شود

رسوب می کنند (مانند دریاچه های کف غار). انواع دیگر رسوبات غیر آهکی غارها، شن و ماسه هستند که معمولاً در اثر تخریب مکانیکی آب در غارها بوجود می آیند.

چشمه های کارستی

نزولات جوی و جریانهای سطحی از طریق شکستگی ها، درز و شکافها در توده آهکی وارد شده و معمولاً بوسیله چشمه ها تخلیه می شوند.

تخلیه منابع کارستی معمولاً توسط چشمه ها صورت می گیرد که در مقایسه با سایر چشمه ها دارای دبی زیادی هستند، بطوریکه دبی بعضی از چشمه های کارستی تا ۱۰۰ مترمکعب در ثانیه نیز می رسد.

شناسایی و طبقه بندی چشمه های کارستی نیازمند مطالعات زیادی است، بطور کلی چشمه های کارستی را می توان به سه گروه تقسیم کرد.

گروه یک - تقسیم بندی بر اساس تغییرات آب آنها

گروه دو - تقسیم بندی با توجه به وضع زمین شناسی و شرایط تکتونیکی

گروه سوم - طبقه بندی چشمه ها بر اساس مورفولوژی

گروه یک - تقسیم بندی بر اساس تغییرات آب آنها

- چشمه های دائمی
- چشمه های موقتی و یا فصلی
- چشمه های متناوب: آب این چشمه ها دارای تغییرات متناوب ولی منظم است.
- چشمه های طغیانی: که بطور استثنایی و فقط در نتیجه افزایش آب در توده کارست ایجاد میشود.

گروه دو - تقسیم بندی با توجه به وضع زمین شناسی و شرایط تکتونیکی

- چشمه های تماسی: این چشمه ها در محل تماس طبقات قابل نفوذ با یک طبقه غیر قابل نفوذ بوجود می آیند.
- چشمه های گسلی: بعضی از گسلها زهکش آبهای زیرزمینی هستند، بدین ترتیب که آبهای زهکشی شده را در نقطه ای تخلیه می نمایند.

گروه سوم - طبقه بندی چشمه ها بر اساس مورفولوژی

- چشمه قابل ورود: به چشمه هایی گفته می شود که در کنترل انسان است، بطوریکه می توان در آن وارد شد.
- چشمه های غیر قابل ورود
- چشمه و کلوزین: به چشمه های کارستی گفته می شود که مجرای خروجی آن در سطح بالاتری قرار گرفته باشد و دبی آن قابل ملاحظه است.

چشمه های فعال کارست دارای انواع دیگری نیز هستند که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- چشمه های دارای جریان آب آزاد

در این چشمه ها آب با جریان آزاد خارج می شود، بطوری که منابعی که این چشمه ها را تغذیه می نمایند شبیه سفره های آزاد میباشند. البته منابع آب کارستی را نمی توان شبیه سفره های آبرفتی دانست. در سفره های آبرفتی خلل و فرج بین ذرات اشباع از آب شده، ولی در منابع آب کارستی درزو شکاف سنگها از آب پر می گردد.

بطور کلی منابع آب آزاد کارستی را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

الف- در بعضی نواحی توده آهک بصورت یکپارچه باقی ماده و فقط شکست در آن بوجود آمده که جریان آب این شکستگیها را گسترش داده و بصورت غارهای بزرگی درآورده و آب از محل ورود تا خروج چشمه از داخل این غارها و شکستگیها عبور می کند. آب در این مجاری بصورت آزاد حرکت میکند، بعنوان مثال می توان از آب چشمه روانسر در کردستان نام برد.

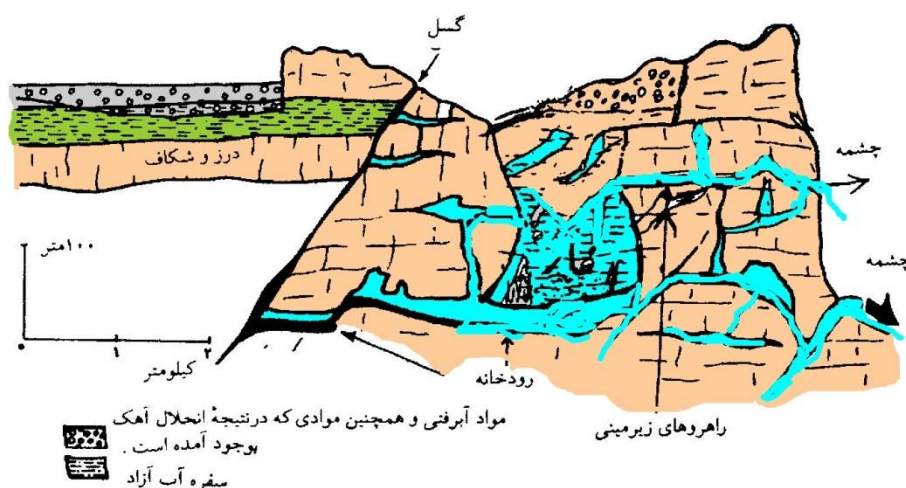
ب- در بعضی از مناطق فشارهای تکتونیکی و زمین ساختی باعث گردیده که سازند آهکی خرد شده ، بطوری که علاوه بر گسلها و شکستگیهای بزرگ ، درزها و شکافهای کوچک و فراوانی در سنگها بوجود آید، در این حالت تغذیه در سطح انجام می گیرد و آبهای نفوذی در شکستگیهایی که عموماً بهم متصل بوده در جریان هستند و سیستم کارستی تقریباً یکنواخت توسعه می یابد. البته آبن آبها پس از طی مسیری وارد زهکشهای اصلی که عموماً شکستگیهای گسلی می باشند و توسط تعداد معدودی چشمه تخلیه و یا به مناطق دیگر منتقل می

شوند. چشمه هایی که از این سیستم تغذیه می کنند دارای رژیم متعادلی بوده، بطوریکه آبدهی آنها در طی سال تغییرات چندانی ندارد. مانند سراب نیلوفر و سراب سرپل ذهاب.

۲- چشمه ها با جریان آب تحت فشار

آین نوع چشمه ها از منابع آب کارستی تحت فشار تغذیه می شوند، این منابع تحت فشار ممکن است یک غار یا مجرای تحت فشار باشد. گاهی ممکن است توده آهکی با درزو شکاف در زیر لایه های از سنگهای غیر قابل نفوذ امتداد داشته باشد که در نتیجه این منبع را مانند سفره های آبرفتی تحت فشار می گذارد. سیستم خروجی چشمه های تحت فشار بر دو نوع است:

- مظهر چشمه بصورت چند سوراخ لوله ای شکل در سنگ بوجود آمده و آب با فشار از این سوراخها فوران می نماید. مانند چشمه غربال بیز در شیرکوه یزد.
- در بعضی از مناطق در محل خروج چشمه، روی آهک توسط آبرفت پوشیده شده و آب وارد آبرفت گردیده و از آبرفت به خارج فوران می نماید. مانند چشمه آتشکده در فیروزآباد فارس.

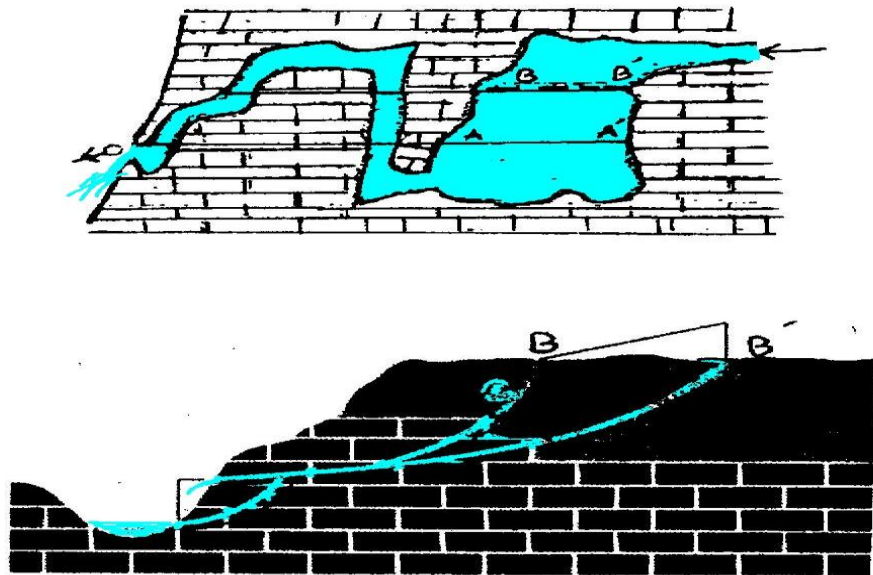


چشمه با جریان آب تحت فشار

۳- چشمه ها با دبی متغیر

آبدهی بعضی از چشمه ها نوسان دارد، بدین صورت که در چند دقیقه آبدهی نسبتاً زیادی داشته و پس از مدتی آب چشمه کم شده و یا قطع می شود و دوباره پس از چند دقیقه دوره قبلی شروع می گردد. علت تغییر دبی در این چشمه ها داشتن مسیرهای نامنظم سیفون مانن در توده آهکی می باشد (شکل)

این چشمه ها توسط رودخانه با منابع مختلف دیگر بطور یکنواخت تغذیه میشوند. وقتی سطح آب در درزو شکاف به وضعیت BB میرسد سیفون بکار افتاده و آب از چشمه خارج می شود. پس از مدتی آب به حد AA می رسد که در این حالت سیفون از کار افتاده و آبدهی چشمه تا زمانی که مجدداً سطح آن به BB برسد قطع می شود.



چشمه با دبی متغیر

رده بندی کارست

با توجه به چگونگی توسعه و گسترش کارست در مناطق مختلف، تقسیم بندیهای گوناگونی جهت آنها ارائه شده که عبارتند از:

- ۱- تقسیم بندی براساس شرایط تکتونیکی
- ۲- تقسیم بندی براساس شرایط ژئومورفولوژیکی (زمین ریخت شناسی)
- ۳- تقسیم بندی براساس شرایط هیدروژئولوژیکی (آب زمین شناسی)

۱- تقسیم بندی براساس شرایط تکتونیکی

بر مبنای این نوع تقسیم بندی دو نوع کارست معرفی شده اند که از نظر ویژگیهای ژئومورفولوژیکی و هیدروژئولوژیکی با یکدیگر تفاوت دارند.

الف- کارست قبل از کوهزایی

ب- کارست پس از کوهزایی

الف- کارست قبل از کوهزایی

این نوع کارست در سنگهای کربناته و یا سایر سنگهایی که قابلیت کارستی شدن را دارا باشند و در نواحی کم عمق دریا و یا رودی فلات قاره ها بوجود آمده و توسعه می یابد. این نوع کارست در آبهای شیرین هم تشکیل می شود. در چنین مناطقی رسوبات افقی و یا نیمه افقی بوده و چین ها و گسلها در ناحیه گسترش دارند. سازندهای کربناته آسماری - ایلام - سروک در این رده تقسیم بندی کارستی قرار می گیرند که در بعضی از نواحی کشور بخشهایی از این سازندها روی محیط های قاره ای تشکیل شده اند.

ب- کارست پس از کوهزایی

این نوع کارست در سنگهای انحلال پذیری که تکتونیک شدیدی را تحمل کرده اند ، بوجود می آید و ساختارهای تکتونیکی مانند راندگی ها در آنها دیده می شود.

۲- تقسیم بندی براساس شرایط ژئومورفولوژیکی (زمین ریخت شناسی)

بر این مبنا سه نوع کارست معرفی شده اند.

الف- کارست کامل

ب- کارست ناقص

ج- کارست انتقالی

الف - کارست کامل

این نوع کارست در مناطقی و یا سازندهایی توسعه پیدا می کند که تماماً از سنگهای کربناته باشند و اشکال سطحی مانند دولین و پولیه ، و اشکال زیر سطحی مانند غارها در آنها دیده می شود.

ب - کارست ناقص

این کارست در مناطقی ایجاد می گردد که دارای سنگهای آهکی - مارنی و دولومیتی باشند. رسوبات آهکی توسط خاک سطحی و پوشش گیاهی پوشیده شده که به آن کارست پوششی هم می گویند، در زیر تشکیلات غیر کارستی توسعه می یابند. اشکال ناشی از انحلال مانند پولیه و فرو چاله در این نوع کارست دیده نمی شوند.

ج - کارست انتقالی

همانطور که از نام آن پیداست این نوع کارست بین کارست کامل و ناقص قرار دارد ، اشکالی مانند پولیه در آن دیده نمی شود ولی اشکال زیر سطحی مانند غارها در آن بوجود می آیند. این نوع کارست در مناطقی از ایران مانند لرستان - البرز مرکزی و همدان دیده می شود.

۳- تقسیم بندی براساس شرایط هیدروژئولوژیکی (آب زمین شناسی)

این نوع تقسیم بندی دارای اهمیت بیشتری می باشد زیرا که خصوصیات سنگ شناسی یا لیتولوژیکی - زمین شناسی و ویژگیهای ساختمانی آن در نظر گرفته شده است و بر این اساس دو نوع کارست معرفی می شود.

الف - کارست سکویی یا مسطح

ب - کارست ناودیزی

الف - کارست سکویی یا مسطح

در این نوع کارست لایه ها کم شیب و یا افقی هستند (شکل) به همین علت گسترش سنگهای حاوی مواد مارنی ، عمل کارستی شدن در آنها توسعه چندانی ندارد و فعالیتهای تکتونیکی نیز در آنها محدود است.

ب - کارست ناودیزی

این نوع کارست در نواحی که دارای چین خوردگی و گسیختگی های زیاد باشند گسترش می یابد. بزرگ ناودیس ها یا ژئوسنکلینال ها که متشکل از سنگهای کربناته باشند با دارا بوده شرایط مساعد آب هوایی ، چین خوردگی و تکتونیک فعال موجب توسعه این نوع کارست می شوند.



با مقایسه دو نوع کارست عنوان شده می توان نتیجه گرفت که نوع اول به علت موادی با انحلال پذیری کم و همچنین فعالیتهای تکتونیک محدود ، امکان گردش آب زیرزمینی در و تشکیل یک سیستم هیدروژئولوژی در آنها به حداقل می رسد . اما در نوع ناودیس به علت ایجاد شرایط تکتونیک بهتر و وجود موادی با قابلیت انحلال بالا، امکان گردش آب و شرایط هیدروژئولوژیکی بهتر است . نمونه این کارست در ناودیس تیزکوه در منطقه لار (غار گل زرد و رودافشان) و در کوههای البرز دیده می شود.

سنگهای سازند لار بشدت تکتونیزه بوده که باعث فرار آب از دریاچه سد لار می شود . عمق کارستی شدن در این مناطق به حدود ۴۰۰ متر می رسد.

فعالتهای آتشفشانی دماوند با ایجاد اسید سولفوریک ، خوردندگی شدید سنگهای کربناته را بدنبال داشته و باعث تشدید شرایط کارستی شده است.

راهکارهای شناخت مناطق کارستی

تصویر برداری ماهواره ای ، عکسبرداری هوایی ، سنجش از دور هوایی وزمینی ، ژئوفیزیک، آزمایشات شیمیایی و نرم افزارهای کاربردی ،امروزه نتایج دقیقتری از زمین شناسی ، چینه شناسی و ساختار واحدهای کارستی وغار را در اختیار ما قرار می دهد. مولفه های مهم در این مطالعات وبررسیها شامل تفسیر عکسهای هوایی و ماهواره ای ، نقشه برداری صحرایی واحد های ساختاری وچینه ای ، استفاده از اسکنرهای سه بعدی در نقشه برداری غارها، تجزیه وتحلیل گسلها وشکستگیها ، تغییرات هیدروژئولوژی در فصول مختلف ، تغییرات مکانی آبخوانها وآب بندها،سرعت وجهت آبهای زیر زمینی در داخل آبخوانها، سطوح فرسایش وشرایط آب و هوایی همگی عواملی هستند که در ایجاد ،توسعه و شناخت غارها ما را یاری میکند. لازم به ذکر است که همکاری فدراسیون کوهنوردی با مرکزتحقیقات کارست کشور و سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشوردر این زمینه میتواند بسیار راه گشا ومفید باشد. در پایان امید است با نگاهی علمی به این پدیدههای زیبای طبیعت ، گامهای بزرگی در جهت اکتشاف و شناسایی مجموعه غارهای پیدا وپنهان کشور برداشته شود.

عوامل تخریبی و منابع آلودگی در غارها^۱

- ▶ - فعالیتهای توریستی و گردشگری
- ▶ - توسعه مناطق شهری، روستایی و صنعتی
- ▶ - احداث سدها
- ▶ - تخریب جنگلها و مراتع
- ▶ - برداشت بی رویه آبهای زیرزمینی
- ▶ - توسعه کشاورزی

راههای جلوگیری از تخریب وسیع سازندهای کارستیک و و حفظ اکوسیستم های وابسته

- ▶ نظارت مستمر و دقیق بر غارها.
- ▶ - مشخص شدن سازمانها و یا ارگانهای مسئول و تعیین شرح وظایف آنها.
- ▶ - استفاده از استانداردهای و تجارب بین المللی.
- ▶ - بالا برد سطح آگاهی عمومی از طریق آموزش نسبت به اهمیت و جایگاه اشکال کارستیک بعنوان ذخیره گاه های زیستی و آب شیرین.
- ▶ - جلوگیری از ساخت و سازهای بی رویه در داخل و و خارج غارها و در مجاورت مناطقی که غارهای قرار دارند.
- ▶ - ایجاد سیستم زهکشی مناسب در سطح خارجی و در داخل غارها در هنگام ساخت و ساز.
- ▶ - استفاده از راهنمای مجرب و کارشناسان خبره در غارهای توریستی.
- ▶ - کنترل مصرف سموم و کودهای شیمیایی و حیوانی در زمینهای کشاورزی مجاورت غار .
- ▶ - برداشت متعادل آبهای زیرزمینی از ذخایر کارستی.
- ▶ - انجام مطالعات جامع تر سدسازی در مناطق کارستی و بررسی اثرات زیست محیطی آن.
- ▶ - تعیین ظرفیت گردشگران در ایام مختلف سال از غارها و برآورد سالیانه میزان خسارات وارد توسط گردشگران.
- ▶ - خروج تاسیسات آلوده کننده محیط از غارها و ایجاد دستشویی هایی با مخازن غیر قابل نفوذ و خروج آنها از محیط های کارستی .

^۱مقاله " عوامل مخرب اکوسیستمهای کارستی " مجله کوه شماره ۶۳ تابستان ۱۳۹۰ . عباس توسلی

- ▶ - حفاظت و نگهداری و کاشت گونه های گیاهی بومی در سطوح خارجی غار جهت جلوگیری از روند فرسایش خاکها و سطوح بیرونی.
- ▶ - ایجاد سیستمهای جمع آوری فاضلاب و تصفیه آن در شهرها ، روستاها و مناطق صنعتی در نواحی کارستی.
- ▶ - کنترل منابع انرژی وارده به محیط.
- ▶ - محدود کردن ورود به غارهایی که دارای اکوسیستم و جانوران در معرض خطر هستند.
- ▶ - نوردهی مناسب و استفاده از لامپهای با نورسرد.
- ▶ - استفاده از حفاظ های شیشه ای، کربنی ، تورهای پلاستیکی و ... در محدوده هایی از غارها که حساسیت بالای برخوردارند.
- ▶ - تمیز کردن و شستشوی دیوارها و سقف غارها با استفاده از آب و مواد شیمیایی سازگار با محیط .
- ▶ - محدود کردن عملیات معدن کاری در نزدیکی و حاشیه غارها.

طبقه بندی و ارزش گذاری غارها

- ▶ ۱- خصوصیات زمین شناسی که در ارتباط با زمین شناسی ساختمانی ، فسیل شناسی، چینه نگاری ویا کانی شناسی
- ▶ ۲- مشخصات هیدروژئولوژی که نشاندهنده وضعیت جریانهای آبی زیرزمینی و شبکه های ارتباطی و مجاری آن با جریانهای سطحی است .
- ▶ ۳- خصوصیات باستانی و فرهنگی غارها
- ▶ ۴- خصوصیات بیولوژیکی
- ▶ ۵- مشخصات ژئومورفولوژیکی
- ▶ ۶- موقعیت جغرافیایی

منابع:

- ۱- آقا نباتی، علی، (۱۳۸۳): زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- احمدی، حسن (۱۳۷۴): ژئومورفولوژی کاربردی (جلد اول)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- گیلسون دیوید، غارشناسی: ترجمه ولایتی، سعداله. بهینافر، ابوالفضل، (۱۳۸۶)، انتشارات سخن گستر
- ۴- قبادی، محمد حسین (۱۳۸۶): زمین شناسی مهندسی کارست، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- ۵- مطیعی، همایون، (۱۳۷۲): چینه شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۶- مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی - تهران - تیر ماه ۱۳۷۷
- ۷- سایت پایگاه داده های علوم زمین کشور www.ngdir.com
- ۸- سایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور www.gsi.ir