غار غیر کارستی پوسه در شمال بلوچستان و شیوه تشکیل آن

نوشته: دکتر غلامرضا لشکری پور*، دکتر علی اصغر مریدی فریمانی* و دکتر محمد بومری*

Posah Pseudokarst Cave in the Northern Part of Baluchistan and its Development Process

By: Dr. G.R. Lashkaripour*, Dr. A.A. Moridi* & Dr. M. Bomeri*

چکیده

غار پوسه در خاور روستای اسکل آباد و نزدیک جاده زاهدان به خاش، در ۱۱٤ کیلومتری جنوب زاهدان و در حدود ۲۲ کیلومتری باختر کوه تفتان در شمال بلوچستان قرار دارد. این غاردر رخساره‌های فلیشی واقع شده که عمدتا از تناوب شیل و ماسه سنگ تشکیل شده‌اند. شیل و ماسه سنگها با سیمان ضعیف و لایه بندی نازک، دیواره‌ها و کف غار را تشکیل می‌دهند. بخش بالایی و سقف غار را لاهار کواترنر تشکیل داده است. این لاهار با جور شدگی ضعیف، شامل خاکسترهای آتشفشانی همراه با قلوه‌های ریز تا درشت سنگهای آذرین است.

این غار نمونه‌ای جالب از غارهای غیر کارست (Pseudokarst cave) یا کارست دروغین د ر منطقه و در ایران می‌باشد. از داخل غار، چشمه آبی خارج می‌شود که توسط اهالی استفاده می‌شود. نتایج تجزیه نمونه‌های سنگی داخل غار و آب خروجی از غار، مؤید انحلال ناپذیر بودن سنگهایی است که غار در آن تشکیل شده است. در این مقاله، نحوه شکل گیری و به وجود آمدن این غار از دیدگاه زمین شناسی تجزیه و تحلیل می‌شود.

کلید واژه‌ها: غار، کارست کاذب، بلوچستان، فلیش

Abstract

Posah cave is located near Skel-Abad village, beside the Zahedan-Khash road, about 114 km south of Zahedan city and about 22 km in the west of Taftan Mountain in the north of Baluchistan. This cave has been developed in a flysch unit consisting mainly of thin-bedded sandstone and shale layers. The roof of the cave is composed of Taftan lahar, a mudflow poorly sorted and consists mostly of volcanic ash with pyroclastic materials produced by Taftan volcano. The Posah cave is a unique pseudokarst cave in both the region and the whole country. The results of XRD and XRF analyses on two specimens of rocks from the cave have shown that rock units in the area are insoluble. Moreover, there is no significant difference between Ca^{2+} concentration values in the surface and ground waters. Therefore, it can be concluded that the cave has been developed in insoluble rocks. This paper deals with the development of the cave from a geological point of view.

Key words: Cave, Pseudokarst, Flysch, Baluchistan

مقدمه

غارها نه تنها از جنبه زمین شناسی، بلکه از نظر جاذبه‌های جالب طبیعی هم بسیار باارزش هستند و هرساله میلیونها گردشگر و محقق در سراسر دنیا از آنها بازدید می‌کنند. آمار گردشگران بازدید کننده از غارها در دنیا، حدود ۱۷۰ میلیون نفر است و در آمد آن حدود ۱/۵ میلیارد دلار برآورد می‌شود (Cigna et al., 2000). بیشتر این نوع غارها ویا غارهایی که در حال تشکیل می‌باشند، در سنگهای انحلال پذیر و عمدتا سنگهای آهکی شکل گرفته‌اند. ازنمونه‌های شاخص این غارها می‌توان به طو یل‌ترین و ژرف‌ترین غارهای شناخته شده دنیا تا سال ۱۹۹۵ میلادی، مانند شبکه غار ماموت (Mommoth cave system) به طول ۵۳۱ کیلومتر در آمریکا و غار رزیو ژان برنارد (Reseau Jean-Bernard) در فرانسه به ژرفای ۱٦۰۲متر اشاره کرد (Gillieson, 1996).

در ایران نیز غارهای مهم و زیبایی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به غارهای علیصدر همدان، کتله خور گرماب در زنجان، شاپورکازرون، قوری قلعه پاوه و سراب چهارمحال بختیاری اشاره کرد.

(افراسیابیان و رهنمایی ،۱۳۷٦). تمام این غارها کارستی بوده ودر سنگهای آهکی انحلال پذیر تشکیل شده‌اند. افزون بر غارهایی که در سنگهای انحلال پذیر تشکیل می‌شوند، غارهایی وجود دارند که در سنگهای انحلال‌ناپذیر شکل گرفته‌اند. عامل اصلی شکل گیری این نوع غارها عواملی غیر از انحـــــلال بوده و به همین علت از آنها به عنوان غارهای غیر کارستی(کارست کاذب) نام برده می‌شود. غار پوسه با توجه به نوع سنگهایی که غار در آنها تشکیل شده، نمونه‌ای از غارهای غیر کارستی در شمال بلوچستان در استان سیستان و بلوچستان است. تاکنون در ایران از غارهای غیر کارستی مطلبی گزارش نشده است ولی نمونه‌های مختلفی از این نوع غارها در نقاط مختلف جهان مشاهده گردیده است. مطالعات بر روی غارها غیر کارستی خیلی کمتر و عمدتا در سالهای اخیر صورت گرفته است (Wary, 1997).

ریخت شناسی و هیدروژئولوژی منطقه

چهره شاخص ریخت شناسی منطقه، آتشفشان تفتان است. ارتفاع این آتشفشان ۳۹٤۱ گزارش شده است (شهرابی، ۱۳۷٤). در برخی منابع، ارتفاع این قله بیش از ۴۰۰۰ متر گزارش شده است. غار پوسه در حدود ۲۲ کیلومتری باختر آتشفشان تفتان در نزدیک روستای کوچکی به همین نام قرار دارد. این روستا در حدود ۳ کیلومتری خاور جاده زاهدان به خاش در استان سیستان و بلوچستان قرار گرفته است. راه دسترسی به غار از طریق یک جاده فرعی است که در خاور روستای نوک آباد و ۳/۷ کیلومتری جنوب خاور روستای اسکل آباد و در فاصله ۱۱٤ کیلومتری جنوب زاهدان از جاده اصلی جدا شده و به سمت خاور و به طرف قله تفتان ادامه می‌یابد (شکل ۱).

در منابع مورد دسترسی نه تنها تاکنون هیچ اشاره‌ای به غار پوسه نشده، بلکه ازغار دیگری هم در استان سیستان و بلوچستان ذکری به میان نیامده است. برای مثال بر اساس کتاب کوهها و غارها تألیف معرفت (۱۳۷۳)، ۲۵۸ غاردر سر اسر ایران شناسایی شده‌اند، اما به هیچ موردی در این استان اشاره نشده است. علاوه بر این، تا کنون از غارهای غیر کارستی نیز در ایران ذکری به میان نیامده است.

این غار دارای یک دالان اصلی به طول ۳۱/۷ متر و مجرای فرعی به طول ۱/۸ متر است. سقف غار در ابتدای آن بالای سطح آب زیرزمینی ولی ۲۰ متر انتهایی طول آن زیر سطح آب زیر زمینی قرار می‌گیرد. در شکل ۲ نیمرخ شماتیک غار نشان داده شده است. ارتفاع دهانه غار به بیش از ۳ متر می‌رسد، به گونه‌ای که در فاصله ٤ متری از دهانه غار، ارتفاع آن ۳/۱۰ متر و در همین نقطه بیشترین عرض آن ۵/٤۰ متر اندازه گیری شده است. این غار در دیواره جنوبی دره‌ای کم ژرفا قرار دارد. مجرای اصلی غار دارای امتداد N62W و مجرای فرعی و انتهایی دارای امتداد N8Eاست. دهانه ورودی غار در شکل۳ نشان داده شده است.

از داخل غار، چشمه آبی خارج می‌شود که آب آن مورد استفاده کشاورزی و شرب ساکنان محلی قرار می‌گیرد. در مهرماه ۱۳۷۹ که از خشک‌ترین سالهای منطقه در دهه‌های اخیر بوده، میزان آبدهی چشمه حدود ۳ لیتر در ثانیه اندازه گیری شد.

برای تعیین میزان املاح موجود در آب چشمه، در فاصله زمانی ۸ ماهه دو بار نمونه برداری انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان گونه که در این جدول نشان داده شده، میزان املاح موجود در آب بالا است ولی میزان کلسیم آن در مقایسه با دیگر املاح زیاد نبوده و تأیید کننده منشأ ناکربناتی آبهای زیرزمینی درون غار است. در آبهای سطحی این منطقه هم، تقریبا میزان املاح بالا بوده و میزان کلسیم هم تقریبا به همان نسبت آبهای زیرزمینی است. با وجودی که در آبهای زیرزمینی موجود در سنگهای انحلال پذیر، میزان یون کلسیم(Ca^{++}) نسبت به آبهای سطحی منطقه افزایش چشمگیری می‌یابد. برای مثال، مطالعات در سفره‌های آب زیرزمینی در ایالت فلوریدای آمریکا نشان داده است که در نقاطی که آبخوان در تشکیلات انحلال پذیر قرار دارد، غلظت یون(Ion concentration) کلسیم در آبهای زیرزمینی، تقریبا ۹۰ در صد بیش از آبهای سطحی است (Martin & Dean, 2001).

زمین شناسی و چینه شناسی منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی از دیدگاه زمین شناسی بخشی از کمربند چین- گسل خورده و به شدت شکسته شده نهبندان - خاش یا زون فلیش خاور ایران یا زون جوش خورده سیستان است(Tirrul et al.,1983). بر اساس پهنه بندی دقیق‌تر با استفاده از چهار گوش خاش (شهرابی، ۱۳۷۴)، در پهنه فلیشی کورین - خاش قرار می‌گیرد. به طورکلی، تعیین ستبرای دقیق فلیشها دشوار است. بر اساس گزارش Falcon(1974) در کمتر جایی از مکران امکان اندازه گیری ستبرا یا مقطع تیپ و تفسیر و تحلیل لازم در نهشته‌های پیش از پلیوسن وجود دارد. بیشترین ستبرای رسوبات فلیشی مربوط به لایه‌های شیلی و ماسه سنگی است.

در فلیشها به دلیل تغییرات زیاد شیب و به هم ریختگی لایه‌ها ، تعیین شیب یکنواخت برای لایه‌ها امکان پذیر نیست و لذا شیبها در نقاط مختلف متفاوت می‌باشند. عوامل این به هم ریختگی را می‌توان در مرتبه اول به فعالیتهای زمین ساختی همزمان با رسوبگذاری و به هم ریختگی رسوبات در نتیجه لغزش گرانشی و در مرتبه دوم به تأثیر فعالیتهای شدید زمین ساختی و چین خوردگی نسبت داد. چینه شناسی محدوده مورد بررسی به شرح زیر است:

۱- پی سنگ افیولیتی

قدیمی‌ترین واحد موجود در محدوده مورد مطالعه، پی سنگ افیولیتی

مربوط به کرتاسه بالایی است. این واحد که آمیزه افیولیتی نیز نامیده می‌شود، از سنگهای اولترابازی، بازی، روانه‌های بالشی، دایکهای صفحه‌ای همراه با نهشته‌های دریایی ژرف مانند آهکهای پلاژیک و رادیولاریت تشکیل شده است (شهرابی، ۱۳۷٤).

۲- واحد فلیشی

واحد فلیشی با ستبرا و گسترش زیاد، از ماسه سنگ و شیل همراه با سنگهای آتشفشانی از نوع دیاباز و آندزیت، آهک و کنگلومرا تشکیل شده است.

ماسه سنگها در منطقه دارای گسترش زیادی بوده و با لایه بندی نازک از نوع توربیدیتی می‌باشند. وجود لایه‌های ماسه سنگی به صورت زبانه یا عدسی، در بین لایه‌های شیلی، دلیلی بر عملکرد جریانهای توربیدیتی است.

شیلها از نوع شیلهای نواحی ژرف هستند (شهرابی، ۱۳۷٤)، که در یک ریتم تکراری با ماسه سنگها مشاهده می‌شوند ودارای گسترش زیادی در منطقه بوده و حجم عظیمی از رسوبات فلیشی را در بر می‌گیرند. غار پوسه عمدتا در این شیل و ماسه سنگهای نازک لایه قرار گرفته است. برای تعیین ترکیب دقیق سنگهای تشکیل دهنده غار، تجزیه شیمیایی به روش XRF و XRD بر روی دو نمونه از آن انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه XRF بر روی نمونه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج XRD حاصل از تجزیه به صورت زیر است:

میکا <کلسیت <کائولینیت <کوارتز <لیمونیت (آمورف)

نتایج تجزیه شیمیایی بر روی نمونه‌های سنگی که غار در آنها تشکیل شده، نشان دهنده در صد ناچیز ترکیبهای انحلال پذیر، از جمله آهک در ترکیب شیمیایی این نوع سنگهاست. این نتایج تأیید کننده غیر انحلالی بودن سنگهایی است که غار در آنها به وجود آمده است. افزون براین، مقایسه بین ترکیب به دست آمده از نتایج تجزیه نمونه‌های آزمایش شده با ترکیب نتایج گزارش شده توسط Hall (1966) برای سنگهای آهکی در جدول ۳، مؤید تفاوت ترکیب سنگهای دربرگیرنده غار با ترکیب سنگهای آهکی یا ماسه سنگهای انحلال ناپذیر است.

این ماسه سنگها و شیلها، با سنگهای آهکی از نوع آهکهای رادیولردار مربوط به نهشته‌های دریای ژرف در برخی نقاط همراه می‌باشند. سنگهای آهکی نسبت به ماسه سنگها و شیلها در منطقه، گسترش کمتری دارند و از دید زمین ریخت شناسی، بلوکها یا عدسیهای برجسته‌ای را درمنطقه تشکیل داده‌اند. نمونه‌هایی از این بلوکها در حاشیه جاده زاهدان به خاش و در نزدیک روستای اسکل آباد آشکارا دیده می‌شود. در شکل ٤، یک بلوک آهکی متعلق به ائوسن بر روی شیلها و ماسه سنگهای قدیمی‌تر در حاشیه جاده زاهدان به خاش در فاصله حدود ٤ کیلومتری باختر غار نشان داده شده است.

کنگلومراهای موجود در واحد فلیشها در مقایسه با تناوب شیل و ماسه سنگ و آهکها، گسترش بسیار کمتری دارند و به صورت باندها و لایه‌هایی در لابه لای نهشته ذکر شده یافت می‌شوند. سن این فلیشها، با توجه به فسیلهای موجود در بلوکهای آهکی و همچنین گزارشها و نقشه‌های موجود (شهرابی، ۱۳۷٤؛ Sahandi & Mohajjel, 1994)، ائوسن (ائوسن پیشین تا میانی) گزارش شده است.

۳- واحد آتشفشانی تفتان

این واحد پهنه‌ای را در بر گرفته که شامل یکی از بلندترین و فعال‌ترین کوههای آتشفشانی زمان کواترنر ایران است. آتشفشان چینه‌ای(Strtovolcan) تفتان با ارتفاع حدود ۳۹٤۱ متر از سطح دریا، حدود ۲۰۰۰ متر از زمینهای اطراف خود بلندتر است و کاهش ارتفاع آن، توأم با شیب زیاد است. بر اساس مشاهدات صحرایی، این واحد از مجموعه‌ای از سنگهای آذرآواری، اپی کلاستیک و گدازه‌های آندزیتی و داسیتی تشکیل شده است. گدازه‌های آتشفشانی تفتان پس از خروج، سطح وسیعی از پهنه فلیشی منطقه را پوشانده‌اند.

۴- لاهار (Lahar)

لاهار، محصول فعالیت آتشفشان است که به صورت جریانهای گلی با سرعت زیاد تحت اثر نیروی گرانش در دامنه‌ها حرکت کرده و از خاکسترهای آتشفشان همراه با قطعاتی از مواد آذرین با اندازه‌های کاملا متفاوت تشکیل شده است. به طور کلی، لاهار به علت گرانروی زیاد می‌تواند بلوکها و قطعات بسیار بزرگ سنگها را باخود حمل کرده و بدون نظم دانه‌ای و چینه بندی، مواد حمل شده را نهشته نماید (معین وزیری و احمدی، ۱۳۷۱).

لاهار در این منطقه، با جورشدگی ضعیف از قطعاتی از سنگهای آتشفشانی آذرین(عمدتا آندزیتها) با قطر بیش از یک متر تا ذرات ریز و خاکسترهای آتشفشانی تشکیل شده است. این لاهارها گسترش زیادی دارند و به طور دگرشیب بر روی فلیشها قرار می‌گیرند. گسترش زیاد لاهار در آتشفشانهای نقاط دیگر جهان نیز گزارش شده است. از جمله می‌توان به گسترش ۵۰۰ کیلومتر مربع در آتشفشان کامچاتکا اشاره کرد (درویش زاده، ۱۳٦۵). لاهار با توجه به سرعت زیاد، اغلب باعث تلفات و خسارات زیاد در مراکز جمعیتی پیرامون آتشفشانها می‌شود. از جمله می‌توان به مرگ بیش از ۲۰۰۰۰ نفر در شهر کوچکی در نزدیک آتشفشان نوادو دل رویز (Nevado del Ruiz) در کلمبیا در سال ۱۹۸۵ اشاره کرد (Montgomery and Dathe, 1991). لاهارها در محل تشکیل غار گسترش زیادی دارند. سقف غار پوسه در سراسر طول آن از این لاهارها تشکیل شده است. در شکل ۵، لاهار تشکیل دهنده سقف غار نشان داده شده است.

۵- کنگلومرای کواترنر

کنگلومرای کواترنر، جوان‌ترین واحد چینه‌ای است که به طور دگر شیب در برخی نقاط روی فلیشهای منطقه قرار گرفته است. قسمت عمده پستیها و در مواردی بلندیهای منطقه، با این کنگلومراها پوشیده شده است. وجود کنگلومراها و دره‌های نسبتا ژرف در منطقه، نشان دهنده زمین ساخت فعال این منطقه است. کنگلومرای کواترنر از کنگلومراهای قدیمی شامل رسوبات مخروط افکنه‌های قدیمی و پادگانه‌های رودخانه و از رسوبات عهد حاضر شامل کلیه رسوبات جدید رودخانه‌ای، سیلابی و بادی تشکیل شده است.

روند تشکیل غار پوسه

بیشتر غارها در سنگهای انحلال پذیر مانند سنگهای آهکی و سنگهای تبخیری تشکیل می‌شوند و غارهای کارستی نامیده می شوند. عوامل اصلی شکل گیری غار پوسه، عوامل غیر انحلالی است و به همین علت از آن به عنوان غیر انحلالی یا غیر کارستی نام برده می‌شود. در این غارها، عامل اصلی تشکیل، عواملی غیر از انحلال، مانند هوازدگی، رفتار هیدرولیکی است. گیلیسون عوامل اصلی در شکل گیری این نوع غارها را جابه جایی زمین ساختی و فرسایش سنگهای گذازه‌ای ذکر کرده است (Gillieson, 1996). Parker&Higgins(1990) تعریف زیر را برای غارهای کارستی و غیر کارستی ارائه کرده‌اند:

"غارهای کارستی محصول جابه جایی مولکول به مولکول سنگها حل شونده در آب است، در صورتی که غارهای غیر کارستی محصول جابه جایی ذره به ذره ذرات سنگها به صورت معلق توسط آب می‌باشند".

ارتباط بین اندازه غارها در مقابل عامل چیره فرسایش (فیزیکی یا شیمیایی) از Younger&Stunell(1995) در شکل ٦ نشان داده است. همان گونه که دراین شکل مشخص است، فروشستگی و فرسایش فیزیکی عامل اصلی تشکیل غارهای غیر کارستی است. کوچک‌ترین غارها، حفره‌های ایجاد شده در خاکها و یا حفره‌ها و غارهای ایجاد شده در زغالهای تورب هستند که درتشکیل آن، فقط عامل فرسایش فیزیکی نقش دارد.

در غارهایی مانند غار پوسه که در توالیهای ماسه سنگ و شیل تشکیل می‌شوند، در ابتدای شکل گیری غار، هوازدگی شیمیایی هم نقش دارد. در این مرحله هوازدگی شیمیایی از راه اکسایش و آبگیری، سبب تضعیف و سست شدن سیمان ماسه سنگها و آزاد شدن ذرات رس می‌شود و پس از این مرحله، با افزایش تدریجی طول غار کم کم هوازدگی فیزیکی، هوازدگی چیره در ادامه شکل گیری آن می‌شود. این نحوه شکل گیری غارهای غیر کارستی در ماسه سنگها، درشمال انگستان توسط Younger&Stunell(1995)، در آفریقای جنوبی به وسیله Marker(1976) و Martini(1981) و شمال استرالیا توسط Young (1986) گزارش شده است.

افزون بر این، همان گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است، غارهای غیر کارستی کوچک‌تر از غارهای کارستی هستند. به طوری که غارهای غیر کارستی ماسه سنگی، غالبا دارای طولی بین ۱۰ متر تا حدود ۲۰۰ متر می‌باشند. غار پوسه هم با توجه به طول حدود ۳۲ متر در این محدوده قرار می‌گیرد. غار پوسه در مرز بین شیل و ماسه سنگهای با لایه بندی نازک مربوط به فلیش ائوسن و لاهار جوان کواترنر با جورشدگی ضعیف تشکیل شده است. به گونه‌ای که دیوارها و کف غار، از واحد فلیشی و سقف غار از لاهار تشکیل شده است. بیشترین قطر غار در سقف آن، در محل همبری این دو نوع واحد چینه‌ای قرار دارد. این لاهارها با توجه به نوع دانه بندی و تراوایی بالا، نقش مهمی در هدایت آبهای ناشی از بارندگی در دامنه‌های تفتان و هدایت آن به فلیشها و در نهایت تشکیل غار پوسه ایفا کرده‌اند.

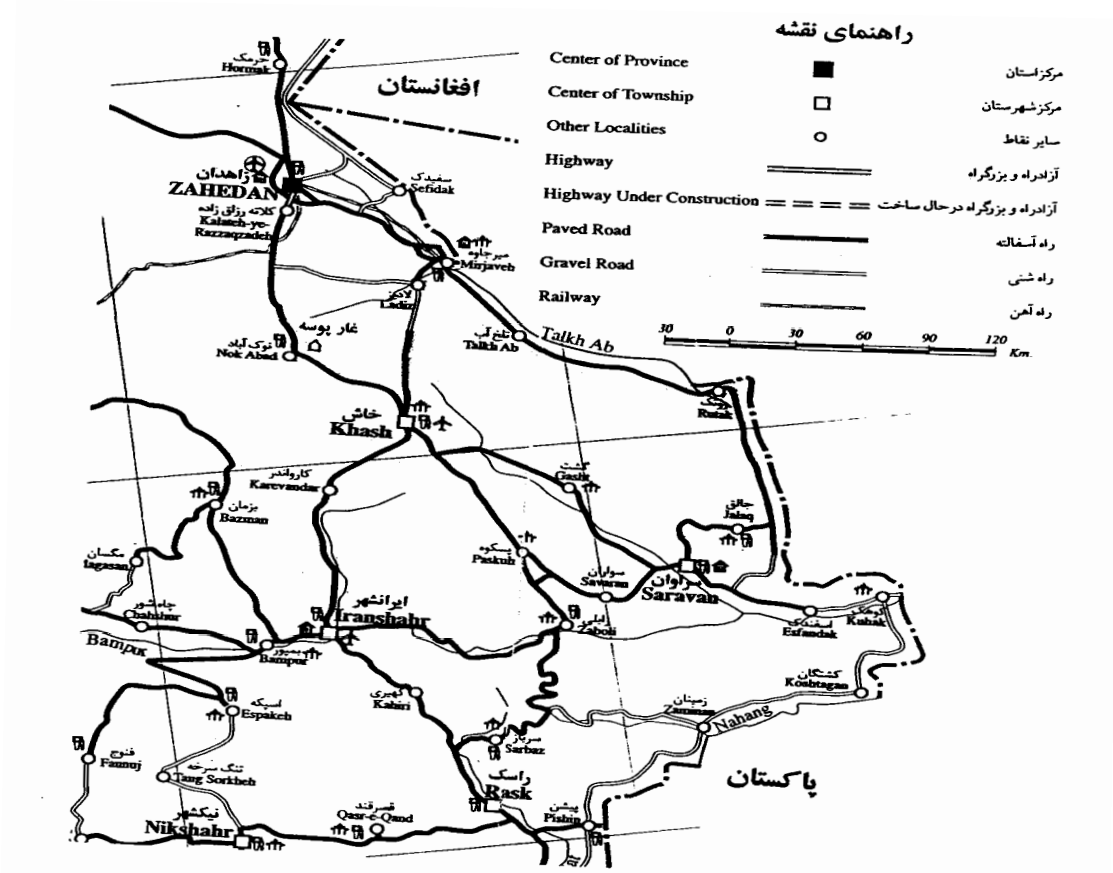
در شکل ۷ در حاشیه غار اصلی، یکی از غارهای غیر کارستی در مراحل اولیه شکل گیری آن نشان داده شده است. همان گونه که در شکل نیز مشخص است، ابتدا با تضعیف سیمان ماسه سنگ و ترک خوردن، سوراخ کوچکی در آن تشکیل می‌شود و سپس با جریان یافتن آب در آن و فرسایش و حمل مواد فرسایش یافته، به تدریج طول حفره افزایش می‌یابد و غار غیر کارستی شکل می‌گیرد. آثار جریان و حرکت آب در این حفره کاملا آشکار است.

نتیجه گیری

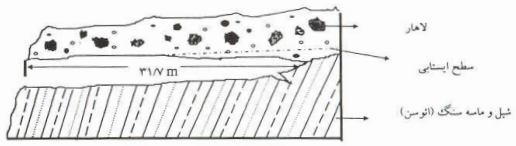
امروزه وجود غارها در هر منطقه، از جاذبه‌های زیبای طبیعی و دیدنی آن مناطق به شمار آمده و در جذب گردشگر نقش مهمی دارد، چرا که غارها از پدیده‌های بسیار زیبای ریخت شناسی بهره‌مند می‌باشند. غار پوسه اگر چه از برخی پدیده‌های زیبا مانند استالاکتیت و استالاگمیت بی بهره است، اما از دیگر زیباییهای طبیعی غارها برخوردار است. به دلیل عدم برخورداری منطقه از زیباییهای طبیعی و نیاز شدید به نقاط تفریحی و همچنین به دلیل برخورداری محل از شرایط اقلیمی مناسب در مقایسه با دیگر نقاط استان، می‌تواند ازچنین جایگاهی برخوردار باشد.

مسئله جالب و منحصر به فرد غار پوسه که آن را از دیگر غارهای معروف ایران مستثنی می‌کند، غیر کارستی بودن آن است، زیرا این غار در سنگهای انحلال ناپذیر مانند شیل و ماسه سنگ شکل گرفته است. نتایج تجزیه سنگهای تشکیل دهنده غار و تجزیه آب خروجی از غار هم نشان دهنده غیر انحلالی بودن این سنگهاست. به همین دلیل، عامل اصلی درشکل گیری این غار، عوامل فیزیکی هستند، با این وجود، عوامل شیمیایی هم در ابتدای تشکیل غار در تضعیف سیمان ماسه‌ها و سست شدن آنها نقش داشته‌اند. در ادامه با فرسایش فیزیکی و حمل مواد از درون

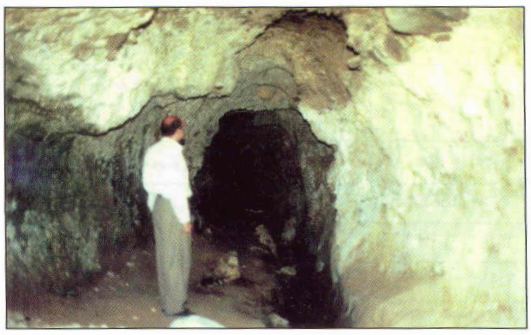
آن توسط آب، غار توسعه و تکامل یافته است. افزون بر این، لاهار و آبرفتهای کواترنر نیز با تراوایی بالا و هدایت آبهای سطحی دامنه‌های تفتان به درون شیل و ماسه‌های واحد فلیشی، نقش مهمی در تشکیل غار داشته‌اند.



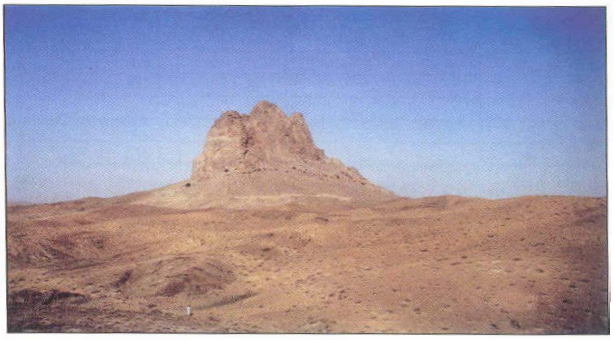
شکل ۱- موقعیت غار پوسه



شکل ۲- نیمرخ شماتیک غار پوسه

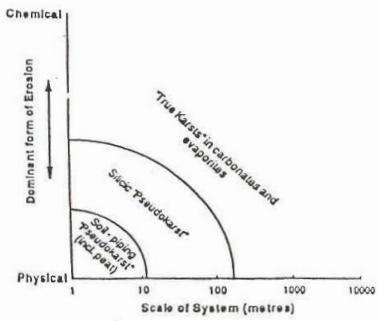


شکل۳- دهانه ورودی غار



شکل ٤- نمایی از یک سوزن آهکی در حاشیه جاده زاهدان به خاش نزدیک روستای اسکل آباد

شکل ۵- لاهار تشکیل دهنده سقف غار



شکل ۶- ارتباط بین اندازه و عامل چیره فرسایش در غارهای مختلف (Younger & Stunell,1995)

شکل ۷- مراحل اولیه شکل گیری یکی از غارهای غیر کارستی در حاشیه غار پوسه.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب چشمه خروجی از غار جدول

شماره	پارامترهای اندازه گیری شده	مقدار
۱	TDS (مجموع نمکهای محلول)	۱۲۰۱ Ppm
۲	EC (رسانایی الکتریکی)	۱۷۹۷ µS/cm
۳	t(دما)	۲۹/٦٥ ^{oC}
٤	PH	۷/۸۱
٥	SAR (نسبت جذب سدیم)	١٦٩ Ppm
٦	TH (سختی کل)	۳۰۷ Ppm
۷	K	۱۲/۷ Ppm
۸	Na	۲۷٥/۷ Ppm
۹	Mg	٤٤/۹ Ppm
۱۰	Ca	۱۱۲/۷ Ppm
۱۱	Fe	ناچیز

۲- نتایج تجزیه XRF بر روی دونمونه از سنگهای دیواره غار

ترکیب	درصد وزنی میانگین	عنصر	p.p.m.
Sio2	60.95	Ba	166
Al2o3	16.20	Ce	29
Na20	0.15	Co	24
K20	3.28	Cr	72
Mgo	1.04	Cu	58
Cao	1.49	Nb	12
Fe2o3	7.17	Ni	88
Mno	0.07	Pb	23
Tio2	0.74	U	3
P2o3	0.12	Rb	136
L.O.I	8.44	Sr	215
		V	131
		Y	24
		Zr	161
		Zn	116
		Mo	5
		As	653
		Th	12

جدول ۳- مقایسه نتایج نمونه‌های تجزیه شده با سنگهای آهکی

ترکیب	درصد وزنی میانگین (برای نمونه‌های مورد آزمایش)	درصد وزنی میانگین (برای سنگهای آهکی؛ (Hall, 1966
Sio2	60.95	8.9
Al2o3	16.20	1.4
Na20	0.15	0.1
K20	3.28	0.6
Mgo	1.04	13.5
Cao	1.49	73.0
Fe2o3	7.17	0.6
Tio2	0.74	0.1
P2o3	0.12	0.1

کتابنگاری

افراســـــیابیان، ا. و رهنمایی، م. ،۱۳۷٦- عمیق‌ترین و طویل‌ترین غارهای جهـان، بـولتن وضـعیت منـابع آب ایـران، وزارت نیـرو، سـال نهـم، شـــــماره ۱۵، صفحات ۱۵۲-۱٤٥.

درویش زاده، ع. ،۱۳٦٥- اصول آتشفشان شناسی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه، ۸۹.

شهرابی، م.، ۱۳۷٤- شرح نقشه زمین شناسی چهار گوش خاش، سازمان زمین شناسی کشور، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰. شماره L12، ۸۵ صفحه.

معرفت، ا. ،۱۳۷۳- کوهها و غارهای ایران، جاپ اول، انتشارات گلی، بخش دوم، صفحات ۵۸۸-٤۸۱.

معین وزیری، ح. و احمدی، ع. ،۱۳۷۱- پتروگرافی و پترولوژی سنگ های آذرین، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، صفحه ٦۰.

References

Brown, A.G. (ed.) ,1995- Geomophology and groundwater, John Wiley and Sons, Chichester, 213 p.

Cigna, A., Cucchi, F. & Forti, P. ,2000- Engineering problems in developing managing show caves, Journal of Nepal Geological Society, 22: 85-94.

Falcon, N.L. ,1974- An outline of the geology of the Iranian Makran, Geographical Journal, 140: 283-291.

Gillieson, D. ,1996- Caves: process, development, management, Blackwell Publishers Ltd. Oxford, 324 p.

Hall, A. ,1966- The Ardara pluton: a study of the chemistry and crystallization of a contaminated granite, Proc. Roy Irish Acad. 65B: 203-235.

Marker, M.E. ,1976- Karst in Black Reef near Kaapsaehoop, Estern Transvaal, Annals of the the Geological Survery of South Africa, 13: 115-128.

Martin, J.B. & Dean, R.W. ,2001- Exchange of water between conduits and matrix in the Floridan aquifer, Chemical Engineering, 179: 145-165.

Montgomery, C.W. & Dathe, D. ,1991- Earth: Then and now, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA, USA, 620 p.

Martini, J. ,1981- The control of karst development with with reference to the formation of caves in poorly soluble rocks in the Eastern Transvaal, South Africa. Proc. of the 8th Int. Cong. of Speleology 1: 4-5.

Parker, G.G., Sr, & Higgins, C.G. ,1990- Piping and pseudokarst in drylands. In: Higgins, C.G,, Sr., and Coats, D.R. (eds.), Groundwater Geomorphology: The role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and Landforms, Geological Society of America Special Paper 252: 77-110.

Sahandi, M.R. & Mohajjel, M. ,1994- Geological map of Iran (Nukabad), 1:100,000, Geological Survey of Iran.

Tirrul, R., Bell, I.R., Griffis, R.J. & Camp, V.E. ,1983- The Sistan suture zone of eastern Iran, Geological Society of America, Bulletin, 94: 134-150.

Wary, R.A.L.,1997- A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones, Earth Science Reviews,42: 137-160.

Young, R.W. ,1986- Tower karst in sandstone: Bungle massif, northwestern Australia. Zeitschrift fur Geomprphologie, 30: 189-202.

Younger, P.L. & Stunell, J.M. ,1995- Karst and pseudokarst: An antificial distinction, In: Brown, (ed.), Geomophology and groundwater.

* گروه زمین شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

*Department of Geology, Sistan and Baluchistan University, Zahedan