

حفره فروکش کارستی در اختیار آباد – شمال باختری کرمان

نوشته: دکتر احمد عباس نژاد *

Karst Sinkhole in Ekhtiarabad , NW Kerman

By:Ahmad Abbasnezhad*

چکیده

حفره فروکش (Sinkhole) اختیارآباد در دهم تیرماه ۱۳۷۷، به طور ناگهانی در ۱۴ کیلومتری شمال باختری شهر کرمان و مجاور روستایی با همین نام به وجود آمد. چگونگی تشکیل آن از نظر بررسی امکان وجود غارهای زیرزمینی در منطقه و شناسایی آنها حائز اهمیت است. در این رابطه، اظهارنظرهای مختلفی نظیر انحلال سنگهای تبخیری، انحلال سنگ آهک و فرسایش و حمل ماسه های ریزدانه در زیرزمین ارائه شده است. به منظور رفع این وضعیت سردرگم و تعیین سازوکار تشکیل آن، ضمن معرفی شرایط زمین شناختی و زمین آب شناختی منطقه، از روش هیدروژئوشیمیایی و محاسبه نسبت اکی والانی حاصل جمع غلظت کلرور سولفات به بی کربنات (به عنوان نمایه انحلال سنگهای تبخیری) در آبهای زیرزمینی و تهیه نقشه مربوطه استفاده گردید. این نسبت در محدوده نزدیک به حفره در حد ۴۳ بوده و با دور شدن از آن کاهش می یابد و به کمتر از ۵ می رسد. لذا، این نسبت و شواهد دیگر، نظیر نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی، وجود سنگهای تبخیری در ستون چینه شناسی منطقه و نزدیکی به معدن گچ، همگی مؤید فروکش کردن غارهای حاصل از انحلال سنگهای تبخیری می باشند. نوع سنگ تبخیری احتمالاً "گچ است. افت شدید سطح آبهای زیرزمینی، حرکت و ساییل نقلیه، تشدید انحلال سنگ در اثر پمپاژ آبهای زیرزمینی و آبیاری از عوامل بالقوه مؤثر در ناپدید شدن سقف غار و ریزش در نظر گرفته می شوند.

واژه های کلیدی: حفره فروکش، اختیار آباد، کرمان، ایران.

Abstract

Ekhtiarabad sinkhole which is located 14 km NW of Kerman , near a homonymus Village , appeared suddenly in July the first, 1998. Mechanism of formation of the cave system which created the hole is of great importance for detecting suspected subterranean caves in the region .In this regard , several ideas have been put forward ,namely,dissolution of evaporites , dissolution of limestone ,and mechanical wash-out of fine sands (piping). To resolve this problem , geologic and hydrogeologic conditions of the region were analysed , and a hydrogeochemical approach ,based upon evaporite dissolution index , was proved to be efficient .The index is over 40 in the vicinity of the hole ,but decreases abruptly away from it to less than 5, indicating dissolution of evaporites , which seem to be gypsum . Some other clues ,such as electrical conductivity of groundwaters ,evaporitic facies of Neogen sediments , and a nearby gypsum mine all increase this possibility .Several mechanisms; as decline in groundwater level, traffics , and enhanced disssolution induced by pumping groundwater are suspected as collapsed triggers.

Keywords: Karst sinkhole, Ekhtiarabad, piping, Kerman, Iran.

مقدمه

کرمان، به فاصله حدود ۴۰۰ متری اختیارآباد (۲۰۰ متری سمت راست جاده) در یک باغ بسته واقع شده است (شکل ۱).

حفره اختیارآباد که در دهم تیرماه ۱۳۷۷، به طور ناگهانی به صورت فروکش کردن زمین به وجود آمد، در ۱۴ کیلومتری شمال باختری شهر

نمی‌گذرد و ریزش قنات نمی‌تواند چنین حفره بزرگی را ایجاد کند، این مکانیسم مورد توجه کارشناسان قرار نگرفت.

به منظور مشخص شدن علت بوجود آمدن حفره، علاوه بر بررسی گزارشها و اطلاعات موجود در زمینه زمین شناسی و زمین آب شناسی منطقه و بازدیدهای صحرایی، از آب ۱۶ حلقه چاههای اطراف نیز نمونه برداری شد. تجزیه شیمیایی نمونه‌ها برای تعیین مقدار کاتیونها و آنیونهای اصلی در آزمایشگاه شیمی آب سازمان آب منطقه‌ای کرمان صورت گرفت. سپس نسبت هم ظرفیتی (Equivalancy) حاصل جمع غلظت آنیونهای کلروسولفات بر آنیون بیکربنات (به عنوان نمایه انحلال سنگهای تبخیری) در نمونه‌ها محاسبه و نقشه مربوطه ترسیم گردید. در پایان با توجه به این نقشه و مشخصات زمین آب شناسی و زمین شناسی منطقه، نحوه تشکیل حفره مورد بررسی قرار گرفت.

پس این مطالعه برای تعیین جنس سنگهای حل شده در زیرزمین که در نهایت منجر به تشکیل حفره شده‌اند انجام گرفته است. این موضوع از نظر بررسی احتمال وجود غارهای پنهان و تشکیل پدیده‌های مشابه در این منطقه حائز اهمیت است، زیرا که علاوه بر روستای اختیارآباد و شهرک هوانیروز، فرودگاه و شهر کرمان نیز در نزدیکی آن قرار دارند.

زمین شناسی منطقه

دشت کرمان - اختیارآباد - زنگی آباد یک چاله زمین ساختی از نوع گرaben فشاری (Compressional Graben) است، به گونه‌ای که در اثر حرکت گسلهای معکوس موجود در مرز کوه ودشت، و بالارفتن کوهستان ایجاد شده است. مرز کوه ودشت در منطقه اختیارآباد گسلی است و نقشه ژئومغناطیس هوایی منطقه (Yousefi and Friedberg) چنین گسلی را نشان می‌دهد.

شکل ۳ نقشه زمین شناسی منطقه زنگی آباد - اختیارآباد است. براساس آن، محدوده اطراف حفره فروکش اختیارآباد از رسوبات عهد حاضر تشکیل شده است. سن احتمالی رسوبات دیواره آن نیز پلیوکواترن در نظر گرفته می‌شود. شکل ۴ مقطع زمین شناسی منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به مطالعات جوکوویچ و همکاران (Djokovic et al, 1972) واحدهای چینه‌ای این منطقه عبارتند از:

۱- پرکامبرین: در این منطقه سری مراد، به سن پرکامبرین، از ماسه سنگ وسیلت سنگ تشکیل شده است. این سری در ۵ کیلومتری شمالغرب اختیارآباد رخنمون دارد. قاعده آن مشخص نیست و ضخامت بخش برونزده آن بیش از ۵۰۰ متر است.

۲- اینفراکامبرین: در کوهستان مشرف به اختیارآباد سری ریز و با ۲۵ متر برش کواترنی، کنگلومرای با سیمان آهکی و ماسه سنگ شروع می‌شود و به سمت بالا به ۲۰۰ متر ماسه سنگ با لایه بندی خوب و دارای

این پدیده در دشت صاف و هموار رسی (پلایای کرمان) تشکیل شده و قطر و ژرفای آن به ترتیب ۳۵ و ۲۰ متر می‌باشند (شکل ۲).

حفره فروکش اختیارآباد، در ابتدا دریاچه‌ای با ژرفای حدود ۹ بوده، ولی به دلیل افت تدریجی سطح آب، در تیرماه ۱۳۷۸، بستر آن کاملاً خشک شد. شیب میانگین دیواره این چاله ریزشی، حدود ۸۵ درجه و به سمت داخل حفره بوده و مواد تشکیل دهنده دیواره به طور عمده، از جنس رس و سیلت‌های کفه‌ای می‌باشند. بنابراین، جنس رسوبهای تشکیل دهنده دیواره نوع عامل ایجاد حفره را مشخص نمی‌سازد.

خطر نشان می‌سازد این پدیده که در فروچاله (Sinkhole) نامیده میشود در منطقه کرمان به چاله اختیارآباد معروف است، ولی از آنجا که کمیته کارست و سازند های سخت کشور (۱۳۷۳) اصطلاح حفره فروکش را معادل آن در نظر گرفته است، لذا در این مقاله نیز به همین ترتیب نامگذاری شد.

منطقه تشکیل حفره اختیارآباد از نظر زمین شناسی توسط هوکریده و همکاران (Huckriede et al, 1962)، جوکوویچ و همکاران (Djokovic et al, 1972) و قاجار (Kajar, 1996) مطالعه شده است. مطالعات آبهای زیرزمینی آن بوسیله مهندسین مشاور سیترا (CITRA, 1965)، مهندسین مشاور راکشاب (۱۳۵۷)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۶۳)، مهندسین مشاور مهتاب قدس (۱۳۷۰)، دفتر مطالعات منابع آب کرمان (۱۳۷۳) و مهندسین مشاور کوانتا (؟) صورت گرفته است. کاوشهای ژئوالکتریکی منطقه توسط کمپانی جنرال ژئوفیزیک (C.G.G) در سال ۱۹۶۵ انجام یافته است.

اولین اظهار نظر کتبی در مورد نحوه تشکیل حفره اختیارآباد توسط ناظم زاده شعاعی (۱۳۷۷) در روزنامه محلی «کرمان امروز» ارائه شده است. نامبرده تشکیل آن را به علت انحلال سنگهای تبخیری اعلام نموده و افت سطح آبهای زیرزمینی را در ریزش سقف غار و تشکیل حفره مؤثر دانسته است. نیکدل (۱۳۷۷)، عطاپور (۱۳۷۹) و عطاپور و آفتابی (۱۳۷۹) این حفره را ناشی از انحلال سنگ آهک در نظر گرفته‌اند. پدramی و انصاری (۱۳۷۷) فرسایش و حمل ماسه‌های ریزدانه به بخشهای تحتانی دشت اختیارآباد - زرنند را عامل تشکیل این حفره اعلام نموده‌اند. البته این نظریه قابل توجه نبوده و پدramی و انصاری (۱۳۷۷) نیز برای آن توجیهی ارائه نکرده‌اند. به همین دلیل در اینجا مردود در نظر گرفته می‌شود. ناظم زاده شعاعی (؟) دلایل مردود بودن آن را اعلام نموده است. پس نظریات باقیمانده شامل انحلال سنگهای تبخیری و انحلال سنگ آهک می‌باشند. در این مقاله به این موضوع که انحلال کدامیک باعث بوجود آمدن این حفره شده پرداخته می‌شود.

یادآور می‌شود که در بدو تشکیل حفره شایعاتی در مورد ریزش قنات نیز مطرح گردید، ولی با توجه به اینکه هیچگونه قناتی دقیقاً از آن محل

توسط مهندسين مشاور سيترا (CITRA, 1965) وجود سنگهای تبحیری نئوژن در بستر دشت کرمان به اثبات رسیده است .

۶- کوتاهتر: در منطقه اختیار آباد کوتاهتر از آبرفتهای دانه درشت ، رسها وسیلتهای کفه ای و ماسه های بادی تشکیل شده است .

با توجه به آنچه که در ارتباط با چینه شناسی این منطقه ذکر شد ، نتیجه گرفته می شود که واحدهای سنگی آهکی متعدد و نیز سنگهای تبحیری نئوژن که می توانند کارست تشکیل دهند ، هر دو نوع ، در این منطقه وجود دارند .

زمین آب شناسی منطقه

باتوجه به مطالعات ژئوالکتریکی انجام یافته در دشت کرمان توسط شرکت جنرال ژئوفیزیک (C.G.G.1965) مقاومت الکتریکی رسوبهای موجود در دشت کم است و بنابراین آنها از نوع رسوبهای ریزدانه رسی - مارنی ویا آبرفتهای درشت دانه دارای آب شور می باشند سن رسوبهای سطحی کوتاهتر بوده و بتدریج به سمت ژرفا به میوپلیوسن می رسد .

در بعضی از مناطق لایه هایی از سنگهای تبحیری در میان رسوبهای میوپلیوسن منطقه بچشم می خورد . این نهشته ها روی سنگهای کهن تر (بطور عمده آهکهای کرتاسه یا شیل و ماسه سنگهای ژوراسیک) قرار دارند . مقاومت الکتریکی رسوبها در محدوده حفره ۴ اهم متر است که مبین بالا بودن سهم املاح محلول در آب داخل رسوبها می باشد . در این محل سنگ کف مقاوم (احتمالاً "آهک کرتاسه) در عمق حدود ۱۶۰ متر قرار دارد .

نقشه تراز سطح آبهای زیرزمینی منطقه (شکل ۵) گویای جریان آبهای زیرزمینی به سمت شمال - شمال باختری است . منبع اصلی تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت کرمان آبهای نفوذی کوهستانهای خاور و جنوب دشت می باشند . برپایه شکل ۵ در محدوده مخروط افکنه نسبتاً " بزرگ اختیار آباد که حفره در نزدیکی آن قرار دارد ، سفره آب زیرزمینی از طریق جریانهای نفوذی کوهستان بادامو نیز تغذیه می شود . به علت گسلی بودن تماس کوه با دشت ، این جریانها به راحتی در سنگهای حل شونده موجود در زیر رسوبهای رسی نفوذ کرده و با انحلال آنها موجب گسترش غارهای انحلالی شده اند . تعدادی از چاههایی که در محدوده مخروط افکنه اختیار آباد حفر شده اند . پس از عبور از آبرفتها به غارهایی برخورد کرده اند (نیکدل، ۱۳۷۷) .

نحوه تشکیل چاله

در شکل ۶ نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی منطقه اختیار آباد را نشان می دهد . با توجه به آن ، مقدار نمکهای موجود در آبهای زیرزمینی

لایه های مارن ماسه ای تبدیل می شود که خود توسط توفهای اسیدی دارای کمی گدازه پوشیده می گردد. توفهای اسیدی نیز توسط واحدی به ضخامت ۱۰۰ متر و متشکل از ماسه سنگ توفی با لایه بندی خوب و دارای کمی مارن و کنگلومرا پوشیده شده اند . بالاترین قسمت سری ریز و شامل سنگهایی نظیر ریولیت ، گرانوفیر و گرانیت پرفیری است و رخنمونی از آنها در ۴ کیلومتری شمالغرب اختیار آباد به چشم می خورد . سن سری ریز و اینفرا کامبرین در نظر گرفته شده است .

۳- پالئوزوئیک : گسترش واحدهای پالئوزوئیک نیز در شمالغرب اختیار آباد قابل ملاحظه بوده و شامل سنگهای متعلق به اردوین ، سیلورین و دونین - کربنیفر می باشند . در این منطقه اردوین از مرمر توده ای ، گابرو ، دیوریت و مرمر لایه لایه تشکیل شده است .

رسوبهای سیلورین شامل کنگلومرا ، ماسه سنگ ، شیل ، آهک و دولومیت می باشند. رخنمونهایی از سنگ آهکها و دولومیتها دونین فوقانی - کربنیفر زیرین در کوهستانهای باختر منطقه وجود دارد .

۴- مزوزوئیک : در کوهستانهای باختر اختیار آباد واحدهای سنگی هرسه دوره تریاس ، ژوراسیک و کرتاسه دیده می شوند که از این میان سهم کرتاسه بیشتر است . آهکهای مارنی ، شیل ها و کوارتزیت های تریاس و ژوراسیک زیرین (لیاس) در محدوده کوچکی در دره رودخانه پوزه کوه (نزدیکی روستای هنج) در زیر ماسه سنگها ، شیلها و گریواک های ژوراسیک میانی و فوقانی قرار دارند .

واحدهای سنگی کرتاسه ، علاوه بر عنبلیویه (۵ کیلومتری جنوب اختیار آباد) ، در ۷ کیلومتری شرق زنگی آباد نیز به چشم می خورند . کرتاسه با سریهای قاعده ای ، متشکل از سنگهای تخریبی و مارن آهکی (به سن آلین) ، شروع شده و به آهکهای ریفی ختم می گردد . گسترش آهکهای ریفی کرتاسه بسیار زیاد بوده و مقاوم ترین و مرتفع ترین سنگهای منطقه را تشکیل می دهند .

۵- ترشیری : با توجه به گسترش سازند کنگلومرای کرمان در این ناحیه ، در پایان کرتاسه حرکات کوهزایی موجب عقب نشینی دریا و تشکیل رشته کوههای مختلف و چاله های تکتونیک بین آنها شده است . در چاله ها سنگهای تبحیری و قرمز رنگ رسوب کرده اند .

در این منطقه سنگهای ترشیری از مارن ، گچ ، کنگلومرا ، برش ، ماسه سنگ و رس تشکیل شده و سن آنها نئوژن است (Djokovic et al, 1972) . گچهای نئوژن در ۲۰ کیلومتری باختر اختیار آباد به عنوان معدن گچ استخوانیه مورد استفاده قرار می گیرند . بر اساس مطالعات قاجار (Kajar, 1996) و حفاریهای اکتشافی انجام شده

در سطح دنیا، اگرچه عوارض ناشی از انحلال سنگها که پدیده کارستی نامیده می شوند معمولاً در سنگهای آهکی میباشند، ولی کارستهای تبخیری (بوژه گچی) در مناطق مختلف جهان، از جمله در ایتالیا (Belloni et al, 1972, Quinlan, 1986, Gustavson et al, 1982), شمال Canada (Ford and Williams, 1989)، شمال شوروی سابق (Gorbunova, 1979, Pechorkin, 1986, Pechorkin and Bolotov, 1983), (Ford and Williams, 1989) و اسپانیا (Gutierrez et al, 1985) شناسایی شده اند. در کارستهای گچی روسیه و کانادا دولین (Doline) فراوان ترین نشانه است و دولینهای ریزشی کارستهای گچی فراوان تر از دولینهای ریزشی در کارستهای آهکی می باشد. در سطح سنگهای تبخیری گندهای نمکی زاگرس ایران نیز دولینهای فراوانی بچشم می خورد.

درعین حال چاه دریای رفسنجان، واقع در ۷۰ کیلومتری غرب این محل، نیز یک حفره فروکشی است که در اثر انحلال گچهای نوژن در دشت رفسنجان بوجود آمده است. (عباس نژاد، ۱۳۷۵). سنگهای نوژن در ۲۰ کیلومتری غرب حفره اختیارآباد (در کوهستان بادامو) که به عنوان معدن گچ استخروئیه استخراج می شوند دارای کارنهای شیاری (Channel Karren) به طول دهها متر و عمق حدود ۰/۵ متر می باشند. میزان قابلیت انحلال گچ حدود ۳۰ برابر آهک بوده (Bogli, 1980) و سرعت انحلال آن نیز بسیار زیادتر است، زیرا که در اثر انحلال آن یونهای Ca و SO_4 تنها به طور ساده از سطح شبکه بلورین گچ رها میگردند. ولی انحلال سنگ آهک بشدت تابع فشار بخشی گاز CO_2 در آب بوده و کاملاً پیچیده است (Ford and Williams, 1989). بنابراین سرعت تشکیل کارست گچی بسیار بیشتر از کارست آهکی است.

علت ریزش سقف غار

در ارتباط با علت ریزش سقف غار و تشکیل حفره فروکش اختیارآباد ذکر این نکته ضروری است که اصولاً با ادامه انحلال سنگها و افزایش وسعت غارهای زیرزمینی، در نهایت سقف آنها ناپایدار شده و ریزش خواهد کرد. ولی معمولاً عوامل تحریکی باعث فروریختن سقف ناپایدار شده می شوند که یکی از مهمترین آنها افت سطح آبهای زیرزمینی است. اگر غارهای زیرزمینی پر از آب باشند، تحت تاثیر نیروی ارشمیدسی، وزن سنگهای تشکیل دهنده سقف کاهش یافته و پایداری آن افزایش می یابد. ولی با افت سطح آبهای زیرزمینی و کاهش نیروی شناوری، سقف آنها ناپایدار شده و ممکن است ریزش کند به منظور تعیین میزان افت سطح آبهای زیرزمینی و نقشی که این عامل احتمالاً در ریزش سقف غار داشته، از تفاضل ارقام مربوط به نقشه های عمق سطح آبهای زیرزمینی در سالهای

در محدوده اطراف حفره فروکش، به طور غیرعادی بالاست. آشکار است که حل شدن سنگهای با انحلال پذیری بالا (سنگهای تبخیری) می تواند عامل چنین وضعیتی باشد. چرا که به علت پائین بودن انحلال پذیری سنگ آهک نسبت به سنگهای تبخیری، انحلال سنگ آهک نمی تواند در این حد، نمک آبهای زیرزمینی را افزایش دهد.

در جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی آبهای برداشتی از چاههای اطراف حفره آورده شده است. با توجه به آن، غلظت آنیونهای کلرورسولفات (ناشی از حل شدن سنگهای تبخیری) بسیار بیشتر از غلظت آنیون بی کربنات است. درستون آخر جدول، نسبت هم ظرفیتی حاصل جمع آنیونهای کلرورسولفات به آنیون بیکربنات ارائه شده و بر مبنای این ارقام نقشه مربوطه (شکل ۷) رسم شده است. با توجه به این نقشه، نسبت فوق در نزدیکی حفره بسیار بالاست و به بیش از ۴۰ نیز می رسد، ولی به سمت اطراف بشدت کاهش می یابد.

همانگی بسیار خوبی که بین منحنی ها با موقعیت حفره وجود دارد، مؤید حل شدن سنگهای تبخیری در زیرزمین، تشکیل غار و ریزش سقف آن است. یاد آوری می شود که حل شدن سنگهای آهکی باعث افزایش غلظت بیکربنات و انحلال سنگهای تبخیری موجب افزایش غلظت کلرورسولفات در آبهای زیرزمینی می شود.

چنانچه سنگهای تبخیری حل شونده مخلوطی از گچ و نمک باشند، با توجه به حلالیت بسیار زیاد نمک نسبت به گچ، غلظت آنیون کلر در مقایسه با سولفات بسیار بالاتر خواهد بود، بطوری که آب تماس یافته با سنگ کاملاً شور و غیر قابل استفاده می شود. بر اساس جدول ۱ چنین وضعیتی در آبهای زیرزمینی اطراف حفره فروکشی اختیارآباد دیده نمی شود و اگرچه کیفیت آنها مناسب نیست، ولی بگونه ای است که مورد استفاده زراعی قرار می گیرند. بنابراین، اولاً سنگهای تبخیری حل شونده در زیرزمین احتمالاً گچ است. معدن گچ استخروئیه در نزدیکی منطقه نیز حاکی از گچی بودن سنگهای تبخیری است. در محیطی که گچ رسوب می کند بلورهای نمک طعام نیز اغلب در میان بلورهای گچ تشکیل می شوند و به همین دلیل با انحلال گچ، و در نتیجه افزایش غلظت سولفات، غلظت آنیون کلر نیز در آنها افزایش می یابد. در ثانی، اشباع نبودن آبهای زیرزمینی از گچ و نمک مبین توسعه نسبتاً خوب کارست در سنگهای تبخیری این محدوده می تواند باشد، زیرا که در کارست توسعه یافته به علت زیاد بودن سرعت حرکت آب و کم بودن سطح تماس، میزان انحلال کاهش می یابد.

آبهای خروجی از کارستهای گچی اصولاً به علت حرکت نسبتاً سریع آب و عدم فرصت کافی جهت اشباع شدن، کم و بیش نسبت به گچ به صورت تحت اشباع می باشند (Ford and Williams, 1989, Bogli, 1980).

تشکیل غار وریش سقف آن است. نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی نیز چنین وضعیتی را نشان می دهد. همچنین، بالا بودن میزان سرعت انحلال گچ و وجود سنگهای تبخیری نئوژن در زیر رسوبهای کواترن در دشت کرمان، وجود کارست تبخیری زیر لایه ای (interstratal evaporite karst) را در این منطقه تقویت می کند. خشک بودن منطقه، PH بالای ۷ آبهای زیرزمینی و نیز کم بودن غلظت بی کربنات در آبهای منطقه، احتمال وجود کارست آهکی را منتفی می سازد. لذا حفره اختیار آباد را باید یک دولین فروریزش کارست تبخیری بین لایه ای (interstratal evaporite karst collapse doline) در نظر گرفت. امکان گچی بودن این کارست تبخیری زیاد است.

افت شدید سطح آبهای زیرزمینی و تشدید انحلال سنگهای تبخیری (به علت یورش آبهای زیر زمینی اشباع نشده از گچ و نمک به سمت این محل) و نیز خیس شدن رسهای تشکیل دهنده سقف غار (به علت نفوذ آب آبیاری) و عبور ماشین ها به عنوان محرکهای بالقوه انسانی ریزش سقف غار در این منطقه باید در نظر گرفته شوند. نقش انسان در ریزش سقف غار و تشکیل حفره مشهود به نظر می رسد.

۱۳۴۳ و ۱۳۷۳ نقشه میزان افت سطح آبهای زیرزمینی منطقه تهیه گردید (شکل ۸). برپایه آن، در فاصله زمانی سی ساله فوق میزان افت سطح آبهای زیرزمینی در محدوده حفره بیش از ۲۰ متر بوده است. ممکن است تحت تاثیر مخروط افت چاههای پمپاژی در منطقه مقدار واقعی به مراتب بیش از این باشد. این میزان افت می تواند نقش مهمی در ناپایداری سقف غار وریش آن داشته باشد.

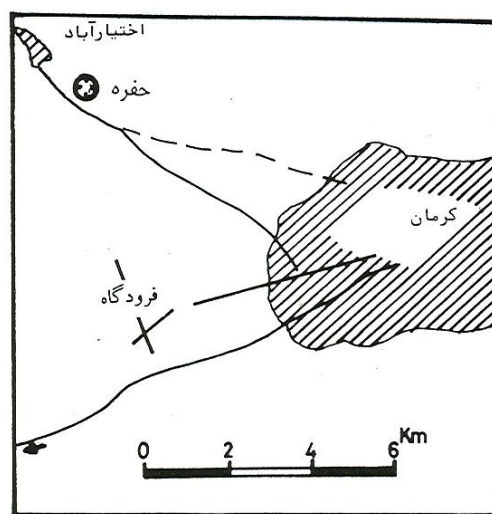
در عین حال، با توجه به وجود دهها حلقه چاه در محدوده اطراف اختیار آباد، افزایش گرادیان آبهای زیرزمینی ممکن است باعث یورش آبهای زیرزمینی اطراف و تقویت انحلال گچ شده باشد. احتمالاً وقوع زلزله های متعدد در منطقه و عبور ماشین آلات سنگین از جاده مجاور نیز در این تشدید ریزش نقش داشته اند. خاطر نشان می سازد که این حفره در لحظه عبور یک دستگاه تراکتور از آن محل تشکیل گردید. نقش آبیاری را نیز نمی توان نادیده گرفت. زیرا که آبیاری شدید هم در کاهش مقاومت رسوبات رسی سقف غار و هم در افزایش وزن سقف و ناپایداری شدن آن مؤثر فرض می شود.

نتیجه گیری

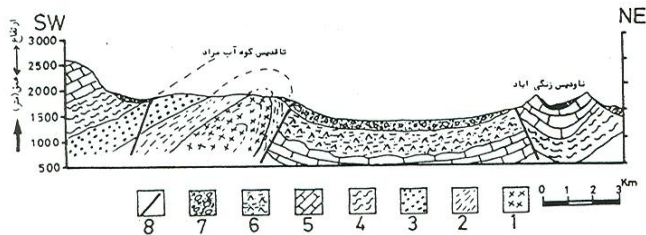
نقشه نسبت هم ظرفیتی حاصل جمع کلرورسولفات به بی کربنات در آبهای زیرزمینی منطقه مؤید حل شدن سنگهای تبخیری در زیرزمین،



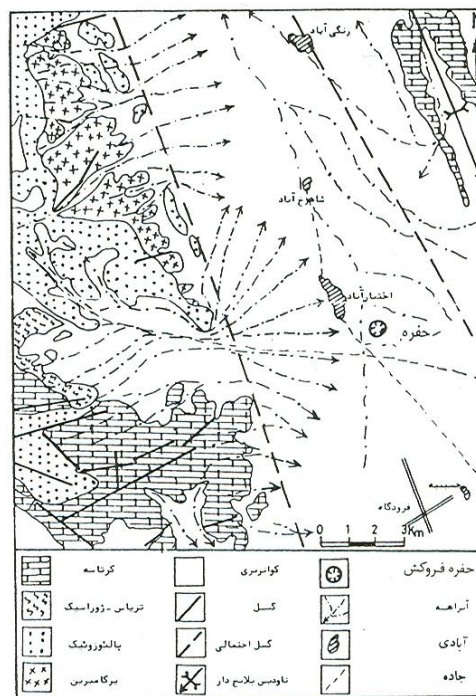
شکل ۲- تصویری از حفره اختیار آباد (عکس از محمدرضا شجاعی)



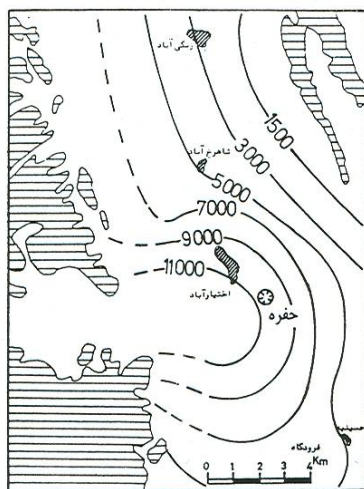
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حفره فروکش اختیار آباد



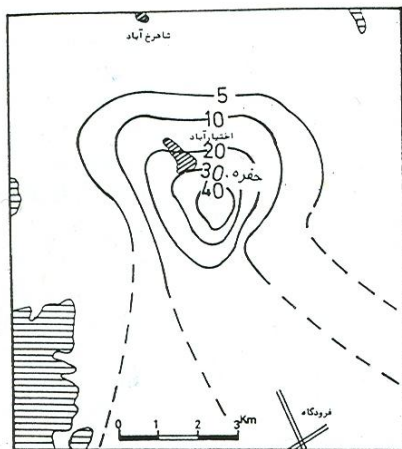
شکل ۴- مقطع زمین شناسی کوه بادامو - شرق زنگی آباد . ۱- سازند مراد،
۲- سری ریزو، ۳- پالئوزوئیک، ۴- تریاس - ژوراسیک،
۵- کرتاسه، ۶- نوژن، ۷- کواترنری، ۸- گسل



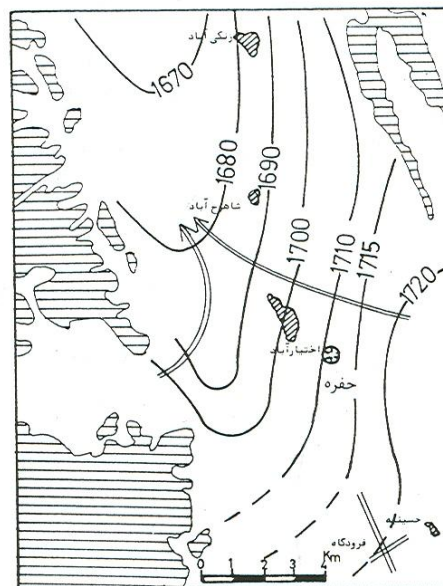
شکل ۳- نقشه زمین شناسی منطقه اختیار آباد
(نقل با تغییرات از Djokovic; 1972)



شکل ۶- نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیر زمینی منطقه
اختیار آباد (ارقام بر حسب میکرومهموس بر سانتیمتر)



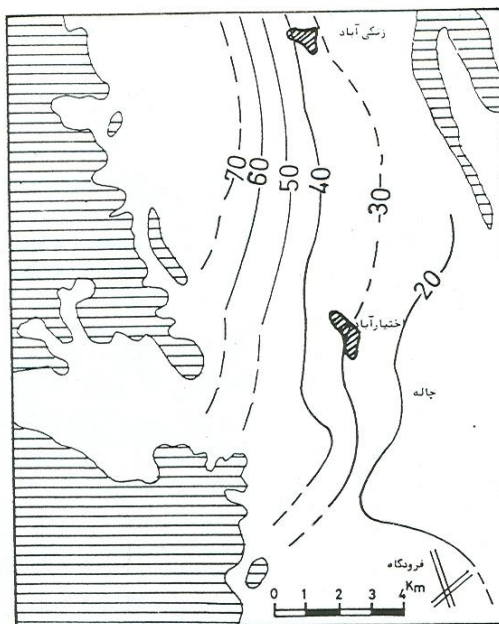
شکل ۷- نقشه مقادیر نسبت اکی والانی کلر + سولفات
بر بی کربنات در آبهای زیرزمینی منطقه اختیار آباد



شکل ۵- نقشه تراز سطح آبهای زیر زمینی منطقه
اختیار آباد (ارقام بر حسب متر از سطح دریا).

شماره نمونه	رسانایی الکتریکی میکرو موس بر سانتیمتر	باقیمانده خشک میلیگرم در لیتر	میلی اکسی والان در لیتر					Cl ⁻	Hco ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Ma ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Hco ₃ ⁻	Cl ⁻ + SO ₄ ⁻
۱	۱۳۱۰۰	۸۷۲۰	۸۵	۴/۹	۸۰/۸	۲۳	۱۷	۱۲۰	۰/۴۲	۳۴						
۲	۱۰۹۲۰	۷۶۶۰	۶۷/۵	۵/۸	۵۴	۱۵	۲۳	۱۰۰	۰/۳۲	۲۱						
۳	۱۱۵۰۰	۷۶۱۰	۶۰	۵/۵	۸۶/۶	۱۲	۴۷	۹۵	۰/۷۵	۲۷						
۴	۱۰۰۰۰	۶۶۵۰	۷۵	۵/۸	۳۷	۳۸/۲	۳۸/۲	۷۵	۰/۴۶	۱۹						
۵	۵۸۶۰	۳۸۹۰	۴۶۳	۶/۱	۱۵/۴	۱۰	۲۱	۳۵	۰/۳۸	۱۰						
۶	۵۸۲۰	۳۸۶۰	۴۶۵	۶/۱	۱۶/۲	۱۰	۲۳	۳۵	۰/۳۹	۱۰						
۷	۳۶۲۰	۲۳۹۰	۲۳۸	۷/۹	۱۲/۱	۸	۱۶	۲۱/۲	۰/۳۴	۴/۵						
۸	۱۳۱۰۰	۸۷۱۰	۷۲/۵	۴/۱	۱۰۰	۱۳	۱۳	۱۰۰	۰/۸۹	۴۳						
۹	۳۶۸۰	۲۴۴۰	۲۳/۷	۴/۸	۱۷	۷	۱۶	۲۱/۸	۰/۲۵	۸						
۱۰	۱۴۹۷	۹۷۰	۴/۲	۹۷۰	۴/۲	۶	۶	۵/۷	--	۱/۵						
۱۱	۱۵۲۵	۱۰۰۰	۵/۶	۶/۳	۵	۴/۶	۳/۲	۷	--	۱/۷						
۱۲	۱۴۶۵	۹۷۶	۵/۳	۶	۵	۳/۹	۳/۹	۷/۲	--	۱/۷						
۱۳	۶۶۹۰	۳۴۵۰	۴۱/۵	۱۱/۲	۲۳	۷/۸	۱۴/۲	۵۰		۶						
۱۴	۱۱۱۰۰	۷۴۱۰	۸۰	۵/۹	۴۵/۹	۱۱/۴	۲۶/۶	۹۴/۳	--	۲۲						
۱۵	۵۱۳۰	۳۴۱۰	۳۵/۵	۷/۶	۱۴	۹/۲	۱۳/۲	۳۲/۵	--	۶/۵						
۱۶	۳۷۰۰	۲۴۶۰	۲۴/۸	۳/۳	۱۱/۵	۵	۹/۸	۲۳/۳	--	۱۱						

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب های برداشتی از چاه های منطقه خیر آباد



شکل ۸- نقشه خطوط هم افت سطح آبهای زیر زمینی در دوره ۳۰ ساله، از ۱۳۴۳ تا ۱۳۷۳ (ارقام بر حسب متر)

کتابنگاری

- پدرامی، م. و فرهاد انصاری، ۱۳۷۷ - گزارش زمین شناسی در باره فروریزش زمین در شمالغرب کرمان، سازمان زمین شناسی کشور.
- دفتر مطالعات منابع آب کرمان، ۱۳۷۳، گزارش مطالعات منابع آب دشت کرمان - باغین
- راکشاب (مهندسین مشاور)، ۱۳۵۷ - گزارش مرحله اول طرح تامین آب بیست ساله کرمان
- شرکت سهامی آب منطقه کرمان (امور مطالعات منابع آب)، ۱۳۶۳ - گزارش مقایسه ای وضعیت آبهای زیرزمینی دشت کرمان
- عباس نژاد، ا.، ۱۳۷۵ - پژوهشهای ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان، پایان نامه دکترای ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز.
- عطاپور، ح.، ۱۳۷۸ - زمین شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدوده شهر کرمان با نگرشی ویژه به دولین اختیار آباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت شعبه کرمان.
- عطاپور، ح.، و آفتابی، ع.، ۱۳۷۹ - زمین شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدوده شهر کرمان و خطرات احتمالی آنها، مجموعه مقالات دیرینه شناسی و تنوع زیستی (۷-۴ خرداد ۱۳۷۸ - کرمان)، سازمان حفاظت محیط زیست، ص ۷۳-۵۵.
- کمیته کارست و سازندهای سخت شور، ۱۳۷۳، فرهنگ چند زبانه واژه های کارست، وزارت نیرو، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)
- کواتا (مهندسین مشاور) (بی تاریخ) گزارش مطالعات آب و فاضلاب کرمان.
- مهتاب قدس (مهندسین مشاور)، ۱۳۷۰ - گزارش مطالعات آبهای زیرزمینی دشت کرمان
- ناظم زاده شعاعی، م.، ۱۳۷۷ - دلایل زمین شناختی فروریزش زمین در اختیارآباد کرمان، روزنامه محلی کرمان امروز (شماره ۲۳۷ مورخ ۱۳۷۷/۴/۱۴).
- ناظم زاده شعاعی، م.، (۹)، نقدی بر گزارش زمین شناسی در باره فروریزش زمین در شمالغرب کرمان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت کرمان
- نیکدل، ع. ۱۳۷۷ - بررسی و علل پیدایش حفره آبدار (doline) در دشت کرمان، امور مطالعات آب منطقه ای کرمان.

References

- Belloni, S., B. Martins & G. Ormbli, 1972-Karst of Italy, In : Karst : important karst regions of the northern hemisphere, ed. by: M. Herak and V. T. Stringfield, Elsevier, Amsterdam, pp. 85-128
- Bogli, A. 1980- karst hydrology and physical speleology, Springer, Berlin.
- CITRA, 1965-Etude sur le Development De L Utilisation Des Eaux Souterraines Dans La Zone De Kerman.
- Compagnie Generale De Geophysique (C.G.G), 1965-Etude Hydrogeologique par prospection Electrique A kerman.
- Djokovic, et al., 1972-Geological map of Iran, (1:100000), sheet 7350, Baghin.
- Ford, D.C. and P.W. Williams, 1989- karst Geomorphology and Hydrology, Unwin Hyman London.
- Gorbunova, K.A. 1979-Morphology and hydrogeology of gypsum karst, University of Perm., All Union Karst and Speleology Institute (in Russia).
- Gustavson, T.C., W.W. Simpkins, A. Alhades and A. Hoadley, 1982-Evaporite dissolution and development of karst features in the Rolling Plains of Texas Panhandle, Earth Surface Processes and Landforms, 7, pp. 545-563.
- Gutierrez, M., M., J. Ibanez, J. Rodriguez and M.A. Soriano, 1985-Quelques exemples de karst sur gypse dans la depression de l'Ebre. karstologia, No. 6(2). pp. 29-36.
- Huckriede, R.M., M. Kursten and H. Venzlaff, 1962-Zur Geologie des Gbiestes Zwischen Kerman and Sajand (Iran): Hannover Bundesanstalt fur Bodenforschung.
- Kajar, M.H., 1996-The history of Kerman Basin during the Neogene and Quaternary, GSI, Regional Center for S.E. Iran (Kerman).
- Pechorkin, A.N. and G.V. Bolotov, 1983-Geodynamics of relief in karstified massifs (in Russian), University of Perm.
- Pechorkin, I.A. 1986-Engineering geological investigations of gypsum karst, Le Grotte d'Italia 4(XII), pp. 383-388.
- Quinlan, J.F., A.R. Smith and K.S. Johnson 1986 - gypsum karst and salt karst of the United States of America, Le Grotte d'Italia 4(13), pp. 73-92.
- Yousefi, E. and J.L. Friedberg, 1978- Aeromagnetic Map of Iran, Quadrangle No. I.10

* دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

*Shahid Bahonar University, Kerman, Iran