



## انحلال پذیری سنگ‌های گچی (ژیپس) سازند گچساران و اثرات زیست‌محیطی آن در شرق خوزستان

محمد محمدیان<sup>۱</sup>، غلامرضا لشکری‌پور<sup>۲\*</sup>، محمد غفوری<sup>۲</sup> و محمدحسین قبادی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی، مشهد

<sup>۲</sup> استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی، مشهد

<sup>۳</sup> استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۵

### A Study of the Gypsum Solubility of the Gachsaran Formation in East of Khuzestan Province and its Environmental Impacts

Mohammad Mohammadian,<sup>1</sup> Gholam Reza Lashkari Poor,<sup>2\*</sup> Mohammad Ghafari<sup>2</sup> & Mohammad Hosein Ghabadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD. Student of Engineering Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

<sup>2</sup> Professor, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

<sup>3</sup> Professor, Faculty of Science, Bu Ali Sina University, Hamedan

#### Abstract

The Gachsaran evaporate formation is extensively exposed in East of Khozestan Province and the gypsum rocks in this formation show karstification. This paper has studied the development and environmental impact problems of gypsum karst in Ramhormoz and Meaedavood cities based on field study, laboratory and software studies. Structural factors such as joints, fractures and faults and the extraction of groundwater are the main agents in the development of karst gypsum. Due to the dissolution of gypsum, there is an increase in TDS and sulfate ions and a decrease in the quality of surface water and groundwater. The extraction of groundwater and lowering of the water table have increased the dissolution rate of gypsum and created a sinkhole. During recent years, a large number of sinkholes have been formed suddenly in the gypsum but, fortunately, have not caused any damage. Dissolution of the gypsum has caused an increase in the salinity of soil and expansion of saline land in Ramhormoz plain. As a result of the dissolution process, the resistance of rock decreases and cracks and fractures develop for the passage water, creating abundant slope instability in the Jareh Dam reservoir.

**Keywords:** Gypsum Karst, Gachsaran Formation, East of Khozestan, Environmental Impacts.

#### چکیده

سازند تبخیری گچساران در شرق استان خوزستان رخنمون زیادی دارد و ژيپس‌های آن به شدت انحلال یافته و کارستی شده‌اند. در این پژوهش بر اساس بازدیدهای صحرایی، مطالعات آزمایشگاهی و نرم‌افزاری، نحوه تشکیل کارست در ژيپس‌ها در مناطقی از شهرهای رامهرمز و میداوود، دشت رامهرمز و دشت میداوود- دالون مطالعه و مسائل زیست‌محیطی آن مورد بررسی قرار گرفته است. فراوانی ساختارها (درزه‌ها، گسل‌ها) و عملکرد آب‌های سطحی و زیرزمینی از عوامل اصلی تشکیل کارست در منطقه محسوب می‌شود. در نتیجه انحلال یافتن سنگ‌های ژيپسی، میزان TDS و میزان یون‌های سولفات در آب‌های سطحی و زیرزمینی افزایش یافته و موجب کاهش کیفیت آب شده است. برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی و کاهش سطح ایستابی، افزایش سرعت انحلال سنگ‌های ژيپسی را در پی داشته و موجب فرونشست زمین و تشکیل فروچاله‌ها شده است. در طول سال‌های اخیر تعداد زیادی فروچاله به‌صورت ناگهانی و با ابعاد بزرگ در ژيپس‌های منطقه تشکیل شده که خوشبختانه خسارتی در پی نداشتند. در نتیجه انحلال ژيپس‌ها، میزان املاح و مقدار هدایت الکتریکی (EC) خاک در دشت رامهرمز افزایش یافته و گسترش زمین‌های نامرغوب را در پی داشته است که محدودیت زمین‌های زراعی را به دنبال دارد. در نتیجه فرایند انحلال مقاومت سنگ‌ها کاهش پیدا کرده و درز و شکستگی توسعه می‌یابند و معابر جهت عبور جریان آب باز می‌شوند. این موضوع، تشکیل شیب‌لغزهایی را به دنبال داشته که در مخزن سد جره فراوان بوده که عموماً از نوع واژگونی و لغزش هستند.

**کلمات کلیدی:** کارست ژيپس، سازند گچساران، شرق خوزستان، مسائل زیست‌محیطی.

\* Corresponding Author. E-mail Address: lashkaripour@um.ac.ir

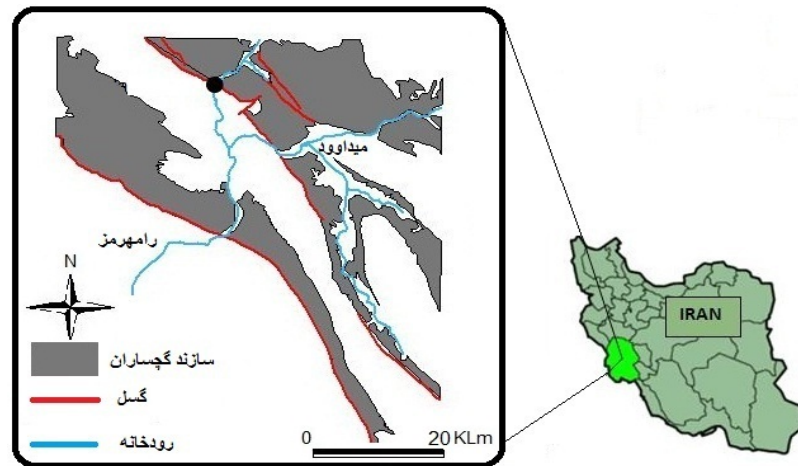
## ۱- مقدمه

سنگ‌های تبخیری مثل ژيپس (سنگ گچ) و انواع نمک کمتر از ۲۵٪ سطح قاره‌ها را پوشانده‌اند [۱]. این سنگ‌ها در کشور ما نیز گسترش زیادی دارند. در حوضه زاگرس رسوبات تبخیری در طی دوران‌های زمین‌شناسی پرکامبرین، کامبرین، پرمین، تریاس، ژوراسیک، پالئوسن، ائوسن، الیگوسن و میوسن تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها در حوضه‌های ایران مرکزی، البرز و آذربایجان نیز گسترش یافته‌اند [۲]. این سنگ‌ها از جنبه اقتصادی اهمیت دارند و به عنوان پوش سنگ مخازن هیدروکربوری عمل می‌کنند. این نهشته‌ها دارای مواد معدنی مهمی مثل پتاس، هالیت، گچ، سلسیتین و سولفات سدیم هستند. ولی در شرایطی می‌توانند مشکلات زیست‌محیطی ایجاد کنند. در صورت وجود ژيپس‌ها در ساختگاه سدها، به دلیل انحلال‌پذیری زیاد شرایط مساعدی برای فرار آب از پی و تکیه‌گاه‌ها فراهم می‌کنند. اگر درمخزن سدها گسترش داشته باشند کیفیت آب مخزن را به شدت کاهش می‌دهند. در ضمن ممکن است با توجه به انحلال‌پذیری و تحت فشار هیدرواستاتیک مخزن، وضعیت مساعدی برای تشکیل فروچاله‌ها فراهم کنند. افزایش املاح و شور شدن زمین‌های زارعی از دیگر مشکلات زیست‌محیطی است که انحلال سنگ‌های ژيپس زمینه‌ساز آن‌اند. کوپر و گوتیرز به بررسی خطرات و مسائل زیست‌محیطی کارست ژيپس پرداختند. بر اساس این بررسی مهم‌ترین خطر کارست ژيپس، تشکیل فروچاله‌ها و نشست زمین است که به صورت ناگهانی رخ داده و برای سازه‌هایی مانند راه‌ها، راه آهن، پل‌ها و کانال‌ها می‌تواند خطرناک باشد. همچنین منابع آب در مناطق کارست ژيپس بسیار در معرض آلودگی‌اند هستند که باید برای محافظت از آنها اقدام کرد. بر اساس این مطالعات، جهت مدیریت مناطق کارست ژيپس، شناخت ژئومورفولوژی، هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی ناحیه بسیار لازم است [۳]. گوتیرز و همکاران به بررسی خطرات در مناطق کارستی پرداختند و نتیجه گرفتند که تشکیل فرونشست‌ها، تشکیل سیلاب و ایجاد زمین‌لغزش از جمله مهم‌ترین خطرات در مناطق کارستی هستند [۴]. فرانسیسکو و همکاران نحوه تشکیل، ریخت‌شناسی و مسائل زیست‌محیطی کارست تبخیری که توسط پژوهشگران مختلف بررسی شده بودند را جمع‌بندی کردند [۵]. کوپر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به بررسی خطرات کارست تبخیری در انگلستان پرداخت و با استفاده از نقشه‌های پراکنندگی فروچاله‌ها، چشمه‌ها، غارها،

جریان‌های فرورونده و مناطق آسیب‌دیده از کارست، برای مناطقی که سنگ‌های تبخیری رخنمون داشتند نقشه‌های خطر تهیه کرد. از نظر کوپر فاکتورهای اصلی که فرایند کارستی شدن در سازندهای تبخیری را کنترل می‌کند عبارتند از: ۱- ترکیب تبخیری‌ها و تعداد آبخوان‌هایی که در مجاورت آنها قرار دارند ۲- ساخت و بافت سنگ‌های قابل‌انحلال و آبخوان‌های مجاور آنها ۳- مقدار جریان آب که در تماس با تبخیری‌ها بوده همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن (مثل دما و شاخص اشباع) ۴- نوع جریان و شرایط آب زیرزمینی (خطی، آشفته، اشباع یا دوز) ۵- تغییرات سطح آب یا سطح پیژومتری [۶]. فرانسیسکو و جانسون پراکنندگی کارست تبخیری و پدیده‌های مورفولوژیکی آن در آمریکا را بررسی کرده و فروچاله و غار که به سرعت در تشکیلات تبخیری ایجاد می‌شوند را از جمله مشکلات مهندسی و زیست‌محیطی ناشی از کارست تبخیری بیان کرد [۵]. همچنین فعالیت‌های بشری همچون حفاری‌های نفتی و معادن زیرزمینی که می‌توانند باعث جریان آب غیراشباع از میان نهشته‌های نمکی شوند را از عوامل توسعه کارست تبخیری بیان کرد. سنگ‌های ژيپسی نسبت به سنگ‌های کربناته قابلیت انحلال‌پذیری بیشتری دارند. با توجه به انحلال سریع، بیرون‌زدگی‌های کارست ژيپسی در کوتاه‌مدت از بین می‌برد در نتیجه رخنمون‌های سطحی به مناطق خشک محدود می‌شوند. با وجود گسترش زیاد سنگ‌های ژيپسی در سطح کشور، پژوهش‌ها به موضوع شناخت قابلیت انحلال این نوع سنگ‌ها محدود شده است. بررسی انحلال‌پذیری ژيپس‌های سازند گچساران در محل سد تنگ شمیران ایلام (باغداردخت، ۱۳۸۴)، ارزیابی میزان انحلال ژيپس‌های سازند آغاچاری در ساختگاه سد خیرآباد بهبهان (موسوی، ۱۳۸۵)، تعیین انحلال ژيپس‌های سازند گچساران در سد تنگ سرخ (پرهیزکار، ۱۳۸۶)، مطالعه انحلال‌پذیری ژيپس‌های سازند گچساران در محل سد چم‌شیر (ترابی، ۱۳۸۹) و بررسی انحلال‌پذیری ژيپس‌های سازند گچساران در منطقه رامهرمز (محمدیان، ۱۳۹۱) نمونه‌هایی از پژوهش‌های انجام‌شده است [۷]. نتیجه این پژوهش‌ها، لزوم توجه به انحلال ژيپس و احتمال فرار آب از طریق این سنگ‌ها بوده است. ولی با در نظر گرفتن جنبه‌های دیگر مانند توسعه شهری در مناطق متشکل از کارست‌های تبخیری با توجه به شکل‌گیری فروچاله‌ها در این نواحی و مسئله تغییر کیفیت آب کمتر مورد توجه قرار

میداوود، دشت رامهرمز و دشت میداوود- دالون (شکل ۱) بررسی شده است.

گرفته است. در این مقاله پدیده کارست در ژئوسپیس‌های سازند گچساران، عوامل توسعه و مسائل زیست محیطی آن در شرق استان خوزستان، شامل بخش‌هایی از شهر رامهرمز و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی و نقشه پراکندگی سازند گچساران

دیگر که تقریباً به موازات بخش قبلی است، در اثر عملکرد گسل جره رخنمون پیدا کرده که دشت میداوود- دالون روی آن تشکیل شده و در حدود دو سوم از مخزن سد جره در شمال شهر رامهرمز را در بر می‌گیرد. لیتولوژی سازند گچساران در این منطقه شامل ژئیس، نمک، آهک ماسه‌ای و انواع مارن است.

### ۳-۲- انحلال‌پذیری ژئیس‌ها

انحلال‌پذیری ژئیس در آب با مقطر  $2/4 \text{ g/l}$  است در حالی که انحلال‌پذیری کلسیت و دولومیت کمتر از  $0/1 \text{ g/l}$  است. این قابلیت بالای انحلال نشان می‌دهد که شدت و میزان توسعه کارست در ژئیس بیش از سنگ‌های کربناته است [۳]. جهت بررسی قابلیت و میزان حل‌الیت ژئیس‌های سازند گچساران، آزمایش انحلال‌پذیری به روش سیرکولاسیون انجام شد. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی، ژئیس‌های سازند گچساران را از لحاظ بافتی می‌توان به دو نوع ژئیس ریزدانه (آلباستر) و ژئیس درشت‌دانه (پورفیروتیک) تقسیم‌بندی کرد. بر اساس نتایج آزمایش انحلال‌پذیری، میزان انحلال‌پذیری ژئیس آلباستر (ریزدانه)  $2/6 \text{ g/l}$  و میزان انحلال‌پذیری ژئیس پورفیروتیک (درشت‌دانه)  $2/57 \text{ g/l}$  به دست آمد. این مقادیر نشان‌دهنده بالا بودن قابلیت انحلال ژئیس‌های سازند گچساران هستند. بالا بودن قابلیت انحلال ژئیس‌های سازند گچساران سبب تشکیل پدیده‌های کارستی در منطقه شده است [۹].

### ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش با انجام بازدیدهای صحرائی، پدیده‌های مورفولوژیکی کارست شناسایی شد و مشخصات هندسی فروچاله‌ها، درزه‌ها و گسل‌ها برداشت شد و نمونه‌برداری از رخنمون‌های سنگی صورت گرفت. با انجام آزمایش پراش اشعه X (XRD) و تهیه مقاطع نازک سنگ خصوصیات سنگ‌شناسی نمونه‌ها بررسی شد. توسط آزمایش انحلال‌پذیری قابلیت انحلال‌پذیری سنگ‌های ژئیس تعیین شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از نرم‌افزارهای PHREEQC12.6، Rockwork99، Aqua، ArcView3.2 و ArcGIS 9.2 استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- زمین‌شناسی منطقه

سازند تبخیری گچساران به‌طور گسترده‌ای در جنوب غرب ایران رخنمون داشته و در همین مناطق پوش سنگ تعداد زیادی از میادین مهم نفتی را تشکیل می‌دهد. بیشترین گسترش سازند گچساران در استان خوزستان، در محدوده شرقی این استان بوده که بخش‌هایی از شهرهای رامهرمز و میداوود را در بر می‌گیرد. سازند گچساران در ناحیه مورد بررسی در دو بخش رخنمون دارد. یک بخش از جنوب شرق تا شمال غرب شهر رامهرمز با طول حدود ۱۰۰ و با پهنای ۴ تا ۱۱ کیلومتر کشیده شده که در نتیجه عملکرد گسل رامهرمز رخنمون پیدا کرده است [۸]. بخش

### ۳-۳- پدیده‌های ژئومورفولوژیکی (ریخت‌شناسی)

#### کارست در ژیبس‌ها

ژئومورفولوژی کارست شامل بررسی شکل زمین در سطح و زیرسطح است، که در نتیجه انحلال و فرایندهای مربوط به آن روی سنگ‌های انحلال‌پذیر به وجود می‌آیند. کارست در منطقه مورد بررسی به صورت کارست میان‌لایه‌ای ۱، کارست رخنمون‌یافته ۲ و کارست پوشیده‌شده توسط خاک ۳ دیده می‌شوند. کارست میان‌لایه‌ای توسط نفوذ آب شیرین از میان لایه پوشاننده و حل کردن ژیبس در عمق ایجاد می‌شود. آب شیرین در قسمت بالایی سیستم نفوذ کرده و آب اشباع از ژیبس در قسمت پایین دست تخلیه می‌شود. انتقال مقدار قابل توجهی از مواد در عمق، شرایط لازم برای فرونشست را ایجاد می‌کند. برج‌های انحلالی (اشکال متداول کارست ژیبسی که با متوقف شدن انحلال میان‌لایه‌ای در قسمت فوقانی لایه‌های ژیبسی ایجاد می‌شوند) و فروچاله‌های فرونشستی ۴ و غارها مشخصه کارست میان‌لایه‌ای هستند. کارست رخنمون یافته در نتیجه انحلال ژیبس در سطح لایه‌ها تشکیل شده که کارن‌ها، فروچاله‌های انحلالی و چاه‌های کارستی مشخصه این نوع کارست هستند. کارست پوشیده شده توسط خاک در اثر انحلال ژیبس در زیر زمین تشکیل شده و توسط نهشته‌های عهد حاضر پوشیده شده‌اند. غارهای زیرزمینی و فروچاله‌های مدفون از انواع کارست پوشیده شده هستند. کارن‌ها، شکل‌های ویژه کارست هستند که بهترین نشانه فرایند کارستی شدن را در عهد حاضر در سطح یک پهنه به نمایش می‌گذارند [۱]. این پدیده‌ها در اثر فرسایش بارانی در سطح ژیبس به سرعت تشکیل می‌شوند، اما چون ژیبس‌ها سنگ‌های نرمی هستند، کارن‌ها زود از بین می‌روند. در ژیبس‌های سازند گچساران، کارن‌ها به فراوانی دیده می‌شوند. فروچاله‌ها بعد از کارن‌ها شاخص‌ترین شکل‌های مورفولوژیکی کارست هستند [۱]. فروچاله‌ها در سه نوع فروچاله‌های انحلالی، فروچاله‌های فرونشستی و فروچاله‌های فروریزی در منطقه دیده

می‌شوند. فشارهای تکتونیکی سبب شده که در ژیبس‌ها درزه و شکستگی‌ها گسترش پیدا کنند. این شکستگی‌ها راهی برای نفوذ آب و شروع انحلال هستند. در اثر پیشرفت انحلال به طرف عمق، فروچاله‌های انحلالی ایجاد شده‌اند [۱۰]. جایی که ضخامت ژیبس‌ها کم است فروچاله‌های انحلالی به ندرت توسعه یافته‌اند. در منطقه مورد بررسی بعضی از این فروچاله‌ها با هم ادغام شده و ویژگی‌های یک کوردره ۵ را به خود می‌گیرند (شکل ۲، الف). کوردره‌ها، دره‌ای خشک و یا دارای جریان کمی بوده که به‌طور ناگهانی به داخل غار یا چاهکی ختم می‌شوند [۱۱]. عمق این فروچاله‌های به‌هم‌پیوسته در منطقه به ۲۰ متر می‌رسد. کف این فروچاله‌ها معمولاً توسط خاک پوشیده شده و گیاهان در آنها رشد کرده‌اند. در اکثر موارد کف فروچاله‌ها، چاه‌های مکنده ۶ وجود دارد که می‌توانند راهی برای فرار آب باشند [۱۲]. علت تشکیل فروچاله‌های فروریزی، انحلال ژیبس در زیر سطح زمین توسط جریان آب و ریزش کردن لایه‌های فوقانی است [۱۰]. تعداد فروچاله‌های فروریزی در پهنه‌های هموار بیشتر ولی اندازه‌شان کوچک است و برعکس در پهنه‌های تپه ماهوری تعداد کمتری از فروچاله‌های فروریزی اما با ابعاد بزرگتر پیدا می‌شود. فروچاله‌های فرونشستی در اثر شسته شدن تدریجی نهشته‌های بالایی به درون سیستم‌های شکستگی در ژیبس‌ها و یا نشست زمین در بالای فروچاله‌های مدفون تشکیل می‌شوند. در منطقه بررسی شده این نوع فروچاله‌ها بیشتر در اثر نشست رسوبات عهد حاضر در بالای فروچاله‌های قدیمی و غالباً در پهنه‌های هموار ایجاد شده‌اند. از دیگر پدیده‌های کارستی در سازند گچساران، چاه‌های کارستی بوده که مجاری قائم تا نزدیک به قائمی هستند که به سطح زمین باز می‌شوند و در افق‌های درزه‌های قائم یا سیستم‌های درزه‌ای که توسط فرایندهای کارستی عریض شده‌اند تشکیل می‌شوند [۱]. اینگونه چاه‌ها در مخزن سد جره و درون ژیبس‌های سازند گچساران گسترش داشته که می‌توانند راهی برای فرار آب از مخزن سد باشند (شکل ۲، ب).



شکل ۲- الف: فروچاله‌های انحلالی و چاه‌های مکنده و ب: چاه‌های کارستی در مخزن سد جره

## ۳-۴- علل گسترش کارست

## ۳-۴-۱- تأثیر عوامل تکتونیکی

گسترش فعالیت‌های نوزمین ساخت ۷ سبب ایجاد و یا بازشدگی بیشتر ناپیوستگی‌ها می‌شود که می‌تواند کارستی شدن را شتاب بخشیده و بر ایجاد فرونشست اثرگذار شود [۱۳]. بررسی‌ها روی کارست‌های قدیمی نشان داده که کارستی شدن نتیجه تکتونیک است [۱۴]. برای پاسخ به این پرسش که آیا پدیده کارست در منطقه مورد بررسی همچنان تحت تأثیر زمین ساخت فعال قرار دارد و فرایند کارست شدگی همچنان ادامه می‌یابد، وضعیت منطقه از نظر زمین‌ساخت فعال با استفاده از پارامترهای مورفوتکتونیکی که در بررسی فعالیت‌های زمین ساختی به کار می‌روند، بررسی شد. برای شناخت تکتونیک فعال منطقه از شاخص‌های مورفوتکتونیکی چم و خم کوهستان (smf) و نسبت پهنای کف دره به عمق آن (Vf) استفاده شد [نقل از ۱۵]. مقادیر این پارامترها نشان‌دهنده فعال بودن منطقه به لحاظ تکتونیکی است (جدول ۱). علت نیز تنش‌های ناشی از نزدیک شدن صفحات ایران و عربستان است. وجود این تنش با توسعه و ایجاد درزه‌های جدید در سنگ و همچنین وارد کردن فشار به سیستم انحلال ژیبس، باعث توسعه کارست در منطقه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های مورفوتکتونیک در منطقه مورد

منطقه اندازه‌گیری	بررسی								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شاخص smf	۱/۱۵	۱/۱۳	۱/۰۳	۱/۱	۱/۱۳	۱/۰۰	۱/۰۲	۱/۰۱	
شاخص Vf	۱/۰۵	۳/۴۳	۱/۹۰	۱/۸۲	۱/۱۸	۱/۵۴	۰/۸۰	۰/۷۷	

وجود ناپیوستگی مثل درزه، شکستگی و گسل در توده سنگ انحلال‌پذیر عامل اصلی در توسعه فرایند انحلال و گسترش کارست است. از آنجا که سازوکار اصلی در منطقه فشارش ناشی از برخورد صفحات ایران و عربستان است، گسل‌های منطقه دارای سازوکار راندگی و امتدادلغز بوده [۱۶] که مهم‌ترین ساختار منطقه هستند. سنگ ژیبس در

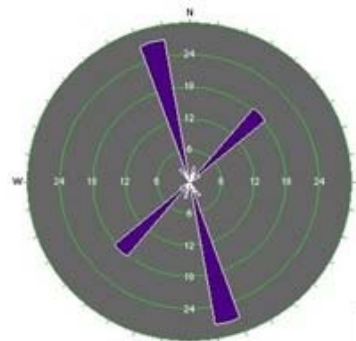
مقابل فشار قابلیت انعطاف داشته و رفتار پلاستیک از خود نشان می‌دهد و درز و شکاف کمتر در آن توسعه می‌یابد. بدین جهت آب در آن کمتر نفوذ کرده و تنها طبقات سطحی این سنگ‌ها در آب حل می‌شوند که به علت نرم بودن، ناهموازی که در سطح آنها به وجود آمده دوامی نداشته و از بین می‌روند. مهم‌ترین درزه‌ها در گسترش کارست آنهایی هستند که به وسیله تنش‌های کششی به وجود می‌آیند و معمولاً منجر به جدا شدن بلوک‌های سنگ می‌شود، این سیستم درزه‌ها همواره در تاقدیس‌ها و در قسمت‌های عمیق ناودیس‌ها ایجاد می‌شوند [۱]. در منطقه بررسی شده پدیده‌های گسلش و چین‌خوردگی با هم اتفاق افتاده‌اند، در واقع می‌توان گفت که چین‌های موجود در منطقه که چین‌های برگشته هستند، در اثر فشارش ناشی از صفحه عربستان و در پی ایجاد گسل‌های تراستی تشکیل شده‌اند (زون چین‌خورده-گسلیده). امتداد محور تاقدیس‌ها تقریباً به موازات امتداد گسل‌ها و حدود N50W است. در نتیجه عملکرد گسل‌های معکوس انار و دشت شیر در منطقه میداوود، سازند گچساران بر روی آبرفت‌های عهد حاضر رانده شده و تشکیل فرونشست دوزمادوئی را داده است. در محل این فرونشست دو سیستم درزه با میانگین روند N15W و N45E قابل شناسایی هستند. درزه‌های با روند N45E تقریباً عمود بر امتداد محور تاقدیس‌های منطقه بوده و به عنوان درزه‌های کششی سبب ایجاد پدیده‌های انحلالی مثل انواع فروچاله، چاه‌های کارستی و ... شده‌اند (شکل ۳، الف). گسل معکوس رامهرمز سبب رانده شدن سازند گچساران روی آبرفت‌های عهد حاضر شده و یک چین خوابیده را تشکیل داده است. در امتداد این گسل نیز درزه‌های غالب (N40E) عمود بر امتداد محور تاقدیس (N50W) بوده و از نوع درزه کششی هستند. در امتداد این درزه‌ها پدیده‌های کارستی مثل دولین‌های فروریزی و فرونشستی ایجاد شده است (شکل ۳، ب).

اکثریت فرونشست‌های این منطقه بیضی‌شکل بوده و محور طویل آنها وابسته به امتداد درزه‌های کششی در ژیبس‌ها است. این موضوع نشان می‌دهد که درزه‌های کششی نقش اصلی را در تشکیل فروچاله‌ها داشته‌اند. با توجه به بررسی‌های صحرائی، چاه‌های کارستی در امتداد درزه‌های تقریباً قائم تشکیل شده‌اند. این موضوع نشانگر اهمیت وجود درزه‌های تقریباً قائم در ایجاد چاه‌هاست که به راحتی آب را به زیر زمین فرو می‌برند و باعث تشکیل و توسعه چاه‌ها می‌شوند. گسل‌ها نقش مهمی در توزیع

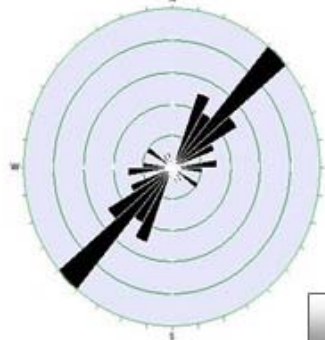
توسعه و گسترش کارست در یک ناحیه، از روش‌های رده‌بندی کارست استفاده می‌شود. در یکی از این روش‌ها، کارست بر اساس منشاء تکتونیکی به دو نوع کارست قبل از کوهزایی و کارست کوهزایی تقسیم‌بندی می‌شود. منطقه مورد بررسی با توجه به ویژگی‌های ساختاری و پدیده‌های کارستی آن و بر اساس تقسیم‌بندی انواع کارست از نظر ساختاری، در گروه کارست کوهزایی قرار می‌گیرد.



فروچاله‌ها دارند. بر این اساس، فروچاله‌ها در امتداد گسل رامهرمز (شمال شهر رامهرمز با امتداد N50W)، گسل‌های دشت شیر و دشت انار (در مخزن سد جره با امتداد N40W) و گسل امتدادلغز (در غرب دشت میداوود- دالون با امتداد N50E) پراکنده شده‌اند از این رو گسل‌های شناخته شده بر روی الگوی توزیع منظم گروه فروچاله‌ها تأثیرگذار هستند. به منظور درک بهتر فرایند کارستی شدن و بررسی چگونگی



الف



ب

شکل ۳- الف) رزدیگرام درزه‌های منطقه میداوود و فروچاله‌های موجود در امتداد این درزه‌ها (دید به سمت شمال شرق) ب) رزدیگرام درزه‌های در امتداد گسل رامهرمز و فروچاله تشکیل شده در امتداد این درزه‌ها (دید به سمت شرق)

محلول است. در صورتی که اگر  $SI < 0$  باشد کانی مزبور در محلول دارای حالت تحت‌اشباع بوده و تمایل به قرار گرفته و تمایل به رسوب‌گذاری در محلول دارد [۱۷]. در این بررسی از طریق نرم افزار PHREEQC12.6 و Aqua و با استفاده از مقادیر یون‌های اصلی، شاخص اشباع نسبت به کانی ژیپس برای قسمت‌های مختلف آبخوان دشت رامهرمز و آبخوان دشت میداوود- دالون محاسبه شد. بر این اساس میانگین شاخص اشباع نسبت به ژیپس، در آبخوان رامهرمز برابر با ۲/۴۵- و در آبخوان میداوود- دالون ۳/۵۲- به دست آمد. مقادیر این شاخص، منفی

### ۳-۴-۲- تأثیر آب‌های سطحی و زیرزمینی بر گسترش کارست

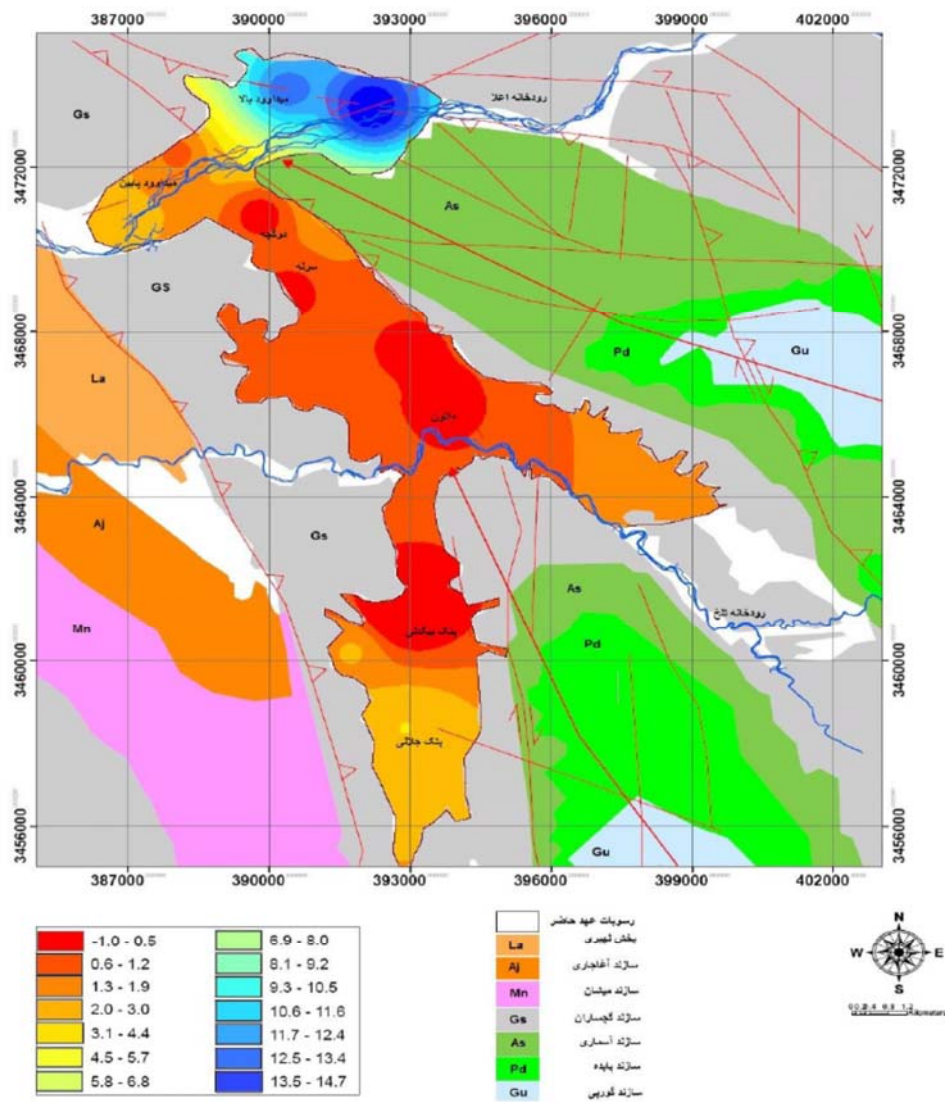
منابع اصلی آب در منطقه مورد بررسی، رودخانه اعلا، رودخانه تلخ، آبخوان رامهرمز و آبخوان میداوود- دالون هستند. این رودخانه‌ها در مسیر خود از میان سازند گچساران عبور می‌کنند و در نتیجه عملکرد گسل‌ها نیز سازند گچساران در مجاورت آبخوان‌ها قرار گرفته است. در بررسی درجه اشباع کانی‌ها در آب‌های طبیعی از شاخص اشباع (SI) استفاده می‌شود. آب غیر اشباع می‌تواند باعث انحلال بیشتر کانی شده و سبب باز شدن معابر کارستی جهت جریان آب شود.  $SI = 0$  مربوط به حالت تعادل (در حالت اشباع) با یک کانی در

وتشکیل فروچاله‌ها را در پی داشته است (شکل ۴). این فروچاله‌ها اکثراً بیضی شکل هستند.

### ۳-۵-۳- مشکلات زیست‌محیطی گسترش کارست ژپس ۳-۵-۱- تغییر کیفیت منابع آب

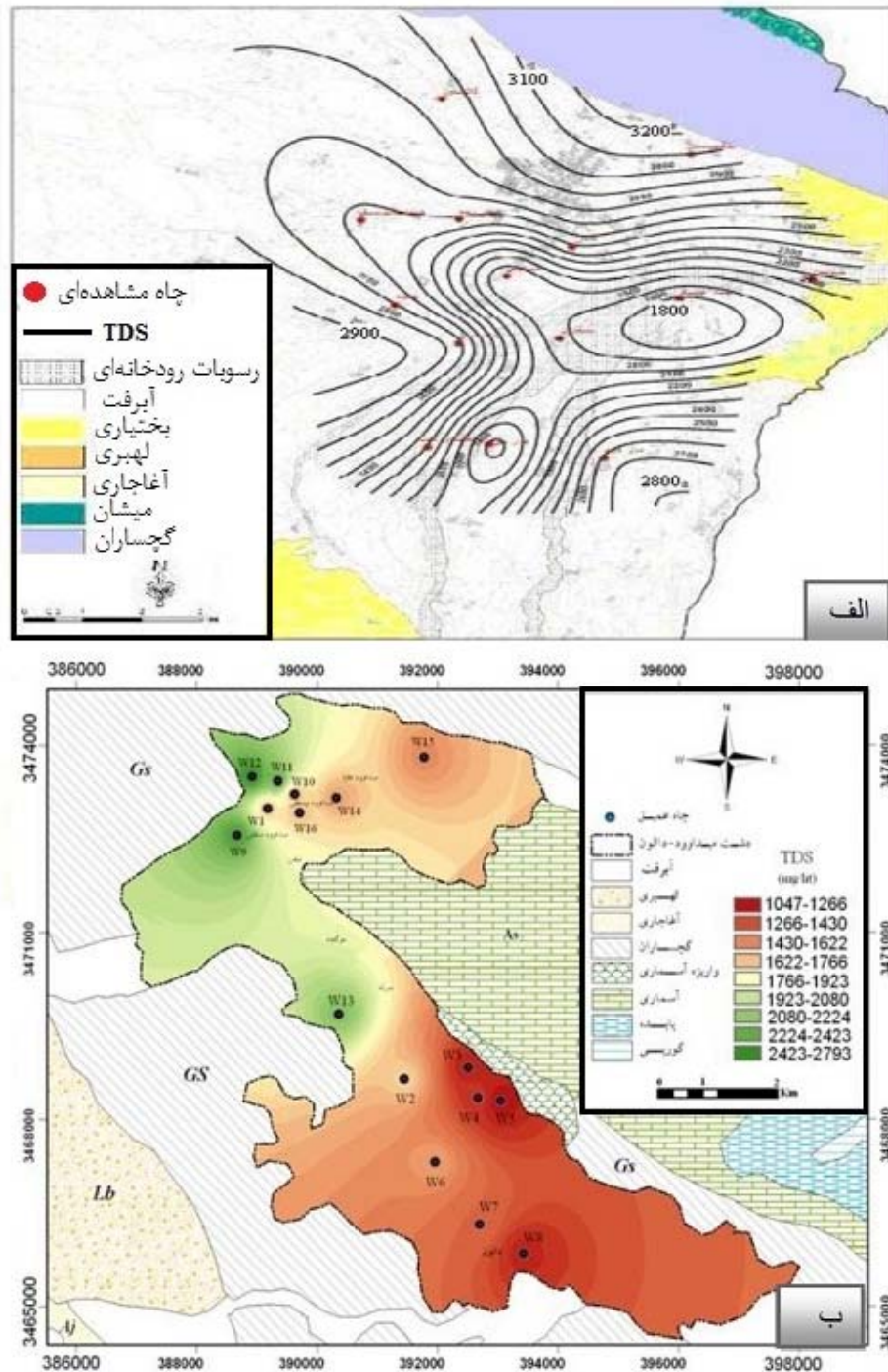
انحلال فعال ژپس به‌وسیله غلظت بالای یون سولفات در آب‌های زیرزمینی و همچنین آب‌های سطحی از جمله آبراهه‌های اصلی تشخیص داده می‌شود. تیپ آب‌های یک منطقه معمولاً از روی غلظت عناصر اصلی مشخص می‌شود لذا به منظور بررسی میزان اثرگذاری انحلال ژپس بر روی آب‌های منطقه، نسبت به تعیین تیپ آب‌های منطقه اقدام شد. تیپ آب‌های سطحی و زیرزمینی در منطقه مورد بررسی سولفات-کلروره بوده که علت آن افزایش یون‌های سولفات و کلر بر اثر انحلال ژپس سازند گچساران است. انحلال ژپس نقش مهمی در تغییر کیفیت منابع آب دارند. رودخانه اعلا و رودخانه تلخ در مسیر خود از میان سازند گچساران عبور کرده، این موضوع سبب تغییر کیفیت آب این رودخانه‌ها شده و تیپ آب را سولفات-کلروره کرده است. نمونه‌های مربوط به ۲۳۲ حلقه چاه در دشت رامهرمز و ۵۱ حلقه چاه در دشت میداوود-دالون نیز از نوع آب‌های سولفات بوده و آب نواحی مختلف دشت رامهرمز و دشت میداوود-دالون در دسته آب‌های سولفات قرار می‌گیرد. مقادیر بالای TDS نشانگر حضور یون‌های بیشتر در آب و در نتیجه شوری آب است. املاح زیاد در آب می‌توانند ناشی از عبور آب از میان کانی‌های قابل انحلال باشد. حداکثر TDS برای آب شرب بایستی  $2500 \text{ mg/l}$  باشد. نقشه هم‌پتانسیل TDS با استفاده از داده‌های مربوط به چاه‌های موجود در دشت رامهرمز تهیه شد (شکل ۵-الف). بر این اساس بیشترین فراوانی یون‌ها، مربوط به نواحی شمالی دشت و برای چاه بنگستان، حدود  $3200 \text{ mg/l}$  بوده که در شمال آبخوان و در ارتباط مستقیم با سازند گچساران است. اما در کل، انحلال ژپس‌های سازند گچساران باعث کاهش کیفیت آب در اکثر بخش‌های دشت رامهرمز برای مصارف شرب شده است. نقشه توزیع مکانی TDS با استفاده از داده‌های مربوط به چاه‌های موجود در دشت میداوود-دالون نیز تهیه شد (شکل ۵-ب). بر این اساس بیشترین فراوانی یون‌ها، مربوط به نواحی غربی دشت (حوالی میداوود پایین) و اطراف چاه‌های  $W_{11}$  و  $W_{12}$  حدود  $2700 \text{ mg/l}$  بوده که در ارتباط مستقیم با سازند گچساران هستند [۱۸].

بوده و این امر نشان می‌دهد که آب‌های هر دو آبخوان نسبت به کانی ژپس تحت‌اشباع بوده و تمایل به انحلال آن را دارد. پائین رفتن آب زیرزمینی توسط آبکشی سبب افزایش نیروهای فرسایشی در لایه‌های خاک و در نتیجه منجر به تشکیل غارها و فرونشست در لایه‌ها می‌شود. شکل این فرونشست‌ها دایره‌ای و بیشتر بیضوی است [۱]. آبخوان دشت رامهرمز و دشت میداوود-دالون که در مجاورت مناطق کارستی ژپس قرار دارند، مهم‌ترین ذخیره آب شرب شهر رامهرمز و میداوود هستند. جهت بررسی وضعیت سطح آب آبخوان، هیدروگراف آبخوان برای تعدادی از پیرومترها آنالیز شد. بر این اساس، تغییرات سطح آب در آبخوان رامهرمز زیاد بوده و تا ۳ متر نیز می‌رسد. حدود ۵۱ چاه فعال در دشت میداوود-دالون وجود دارد که جهت مصارف کشاورزی و آب شرب حفر شده‌اند. پراکندگی چاه‌ها در دشت یکسان نبوده و بیشتر چاه‌ها در شمال دشت (میداوود بالا)، مرکز (روستای سرله) و جنوب دشت (روستای پتک جلالی) حفر شده‌اند. با توجه به برداشت بیش از حد آب در طول سال‌های اخیر، نوسانات سطح آب زیاد بوده است. از این‌رو نقشه تغییرات سطح آب در دشت میداوود-دالون تهیه شد. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود تغییرات سطح ایستابی در دشت تا ۱۷ متر نیز می‌رسد. بیشترین افت سطح ایستابی در اراضی میداوود بالا واقع در دماغه تاقدیس کوه سفید بوده (حدود ۱۶ متر) و در بخش‌های دیگر دشت، افت سطح ایستابی عموماً کم است (کمتر از ۳ متر) به طوری که مقدار آن در روستای دالون و پتک بیگدلی به کمتر از ۱ متر نیز می‌رسد. افت زیاد سطح آب در میداوود بالا، می‌تواند ناشی از برداشت بیش از حد آب توسط چاه‌ها باشد. استخراج اینگونه آب‌ها که در تماس با ژپس‌ها هستند، موجب کاهش سطح آب و افزایش انحلال ژپس‌ها شده و باعث تشکیل پدیده‌های کارستی شده است. استخراج اینگونه آب‌ها که در تماس با کارست ژپس هستند، سبب کاهش سطح آب و افزایش انحلال ژپس شده است. همچنین تغییرات سطح آب و سقوط سطح آب سبب کاهش خاصیت شناوری هیدرواستاتیکی و کاهش وزن مخصوص حرارت شده که سقوط لایه‌های فوقانی



شکل ۴- نقشه تغییرات سطح آب در دشت میداود- دالون و فروچاله فروریزی و فرونشستی در مجاورت آبخوان (قطر ۳۰ متر)



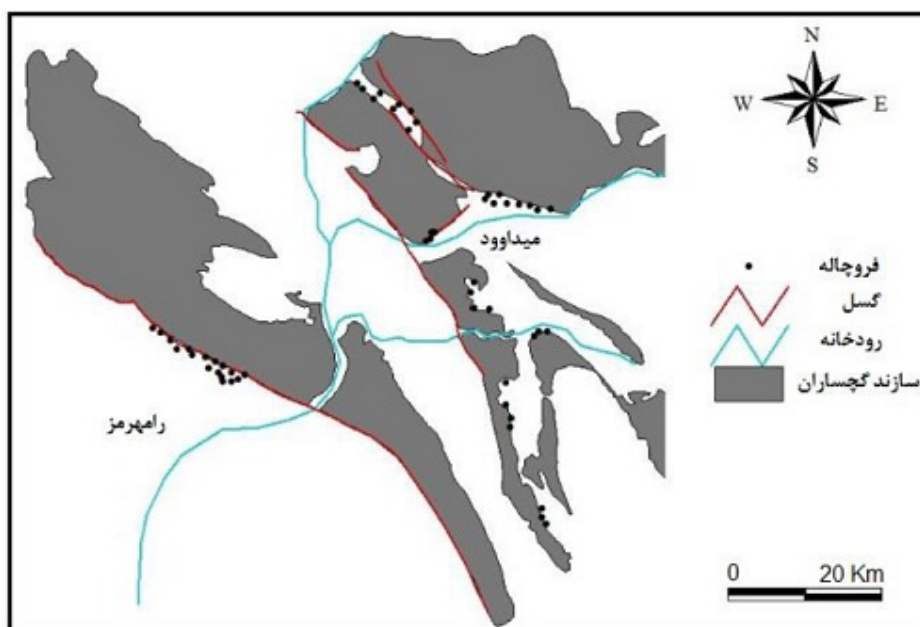


شکل ۵- الف: نقشه هم پتانسیل TDS در آبخوان رامهرمز [19] ب: نقشه توزیع مکانی TDS در دشت میداوود- دالون

مهم است. سنگ‌های تبخیری مثل ژئپس نسبت به دیگر سنگ‌ها سرعت انحلال بالاتری دارند به همین دلیل سرعت تشکیل فرونشست در این توده سنگ‌ها بسیار بالاتر است. مختصات طول و عرض جغرافیایی مربوط به ۲۰۰ فروچاله بزرگ و کوچک در منطقه مورد بررسی برداشت و نقشه پراکندگی آنها تهیه شد (شکل ۶).

### ۳-۵-۲- فرونشست‌ها

انحلال ژئپس و فرونشست‌ها تأثیر زیادی روی مناطق شهری و روستایی در کشورهای مختلف دارد. بیشتر این مناطق ممکن است در آینده محل احداث راه، مخازن و توسعه شهری باشند [۳]. لذا ارزیابی خطرات فرونشست‌ها برای پهنه‌بندی و توسعه در مقیاس محلی، استانی و ملی



شکل ۶- نقشه پراکندگی فروچاله‌ها در منطقه مورد بررسی و فروچاله‌های تشکیل‌شده در سازند گچساران که به‌طور ناگهانی در منطقه ابوالفارس رامهرمز تشکیل شده است.

در مخزن سد جره می‌تواند مسئله‌ساز و سبب فرار آب شوند. فروچاله‌های جدید عموماً در کف مخزن و در مناطق کارستی بلافاصله بعد از اولین آب‌گیری تشکیل می‌شوند که عامل آن زهکشی سریع آب آب‌گیری شده است. لازم به ذکر است که فروچاله‌های تشکیل شده در منطقه مورد بررسی در سه بخش دارای گسترش فراوانی هستند، در مخزن سد جره، در شمال آبخوان رامهرمز و غرب و شمال دشت میداوود- دالون. فروچاله‌های تشکیل شده در مخزن سد جره اکثراً از نوع انحلالی بوده و عوامل ساختاری مثل درزه و شکستگی در تشکیل آنها بیشترین نقش را داشته‌اند. در

خلاصه‌ای از ویژگی‌های تعدادی از فروچاله‌ها شامل مکان، نوع، عمق و قطر در جدول ۲ آورده شده است. فروچاله‌های موجود در منطقه مورد بررسی از سه نوع فروچاله فروریزشی، فرونشستی و انحلالی هستند. فرونشست‌ها بسیاری اوقات به عنوان محلی برای انباشت زباله‌های خانگی و صنعتی استفاده می‌شوند، چون این فرونشست‌ها با سیستم‌های زهکشی و آبخوان‌ها ارتباط دارند، عدم کنترل زباله‌ها می‌تواند سبب آلودگی شیمیایی و بیولوژیکی آب‌های زیرزمینی در منطقه شود. فرونشست‌ها می‌توانند به عنوان مجرای عبور آب عمل کنند که وجود آنها

مقابل فروچاله‌های تشکیل شده در شمال آبخوان رامهرمز و غرب و شمال دشت میداوود-دالون، از سه نوع فروچاله‌های انحلالی، فرونشستی و فروریزی هستند که هم عوامل ساختاری و هم استخراج آب‌های منطقه در تشکیل آنها نقش داشته است.

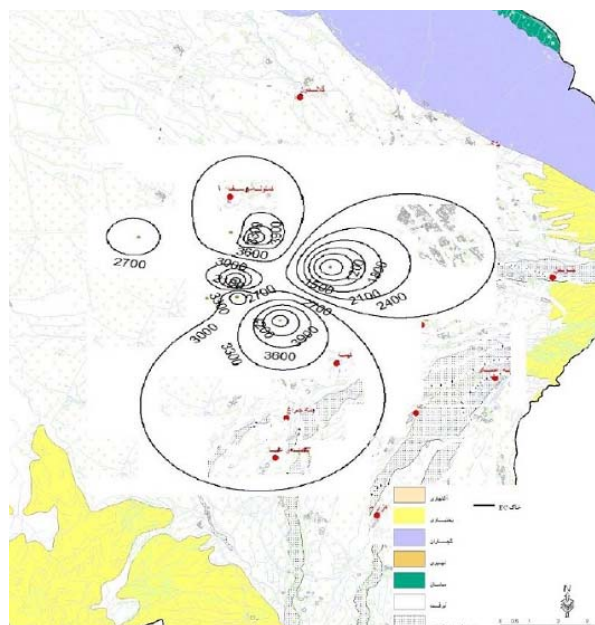
جدول ۲- مشخصات فروچاله‌ها در شمال شهر رامهرمز و مخزن سد جره

UTM-N	UTM-E	نوع فروچاله	عمق (متر)	قطر (متر)
۳۴۹۷۳۴۲	۳۹۱۷۸۰	انحلالی	۲	۴
۳۵۰۵۸۸۵	۳۸۷۶۵۶	فرونشستی	۳	۳
۳۴۹۶۷۲۶	۳۸۶۰۲۸	فروریزی	۱۰	۳
۳۴۹۹۷۵۰	۳۹۴۱۴۶	فروریزی	۳	۵
۳۵۰۴۲۱۷	۳۸۸۰۸۶	انحلالی	۲	۴
۳۵۰۵۷۳۲	۳۸۷۵۴۹	انحلالی	۱/۵	۴
۳۵۰۹۳۱۸	۳۸۶۳۲۵	انحلالی	۳	۷
۳۴۸۳۴۷۴	۴۰۵۰۶۴	انحلالی	۲	۵
۳۴۹۳۷۷۶	۳۸۷۸۹۵	فروریزی	۰/۵	۲
۳۴۹۳۷۷۶	۳۸۸۲۳۷	فروریزی	۰/۵	۲
۳۴۷۷۸۹۳	۳۹۱۱۰۲	فروریزی	۰/۵	۳
۳۴۶۸۵۷۵	۳۸۶۵۱۳	فروریزی	۱	۲
۳۴۷۳۲۹۱	۳۷۲۷۲۲	فروریزی	۵	۱۰
۳۴۷۴۲۶۸	۳۷۳۴۴۷	فرونشستی	۲/۵	۶
۳۴۷۴۱۷۸	۳۷۲۷۲۲	فروریزی	۰/۵	۲
۳۴۶۴۳۳۰	۳۸۳۳۲۱	فروریزی	۱	۳
۳۴۶۵۹۳۴	۳۸۳۰۷۴	فرونشستی	۱	۳
۳۴۷۴۷۱۳	۳۷۲۲۶۳	فروریزی	۱۰	۱۵
۳۴۶۵۸۷۵	۳۸۸۴۴۰	فروریزی	۰/۵	۳

### ۳-۵-۳- افزایش املاح و شور شدن اراضی

ایجاد شرایط شوری در زمین را می‌توان به افزایش کانی‌های تبخیری مثل هالیت، سیلویت، ژیپس و انیدریت نسبت داد. تشکیل خاک‌های شور به شرایط زمین‌شناسی و وجود برخی سازندهای زمین‌شناسی به‌ویژه سازندهای تبخیری ارتباط داشته و این شوری ناشی از رسوب‌گذاری درجا نامیده می‌شود. شور شدن خاک به کاهش کیفیت و کاربری اراضی منجر شده و گسترش شوره‌زاری و کویری شدن را به همراه خواهد داشت. شهر رامهرمز به صورت یک مخروط‌افکنه بوده که در نتیجه رسوب‌گذاری رودخانه الله تشکیل شده و یکی از مرغوب‌ترین دشت‌های استان

خوزستان برای کشاورزی است. گسل رامهرمز با طولی حدود ۱۰۰ کیلومتر سازند گچساران را در مجاورت این دشت قرار داده است. آبراهه‌هایی که از سازند گچساران سرچشمه گرفته و در مواقع سیلابی در مخروط‌افکنه و دشت جاری می‌شوند، به علت انحلال سنگ‌های ژیبسی، دارای مقادیر زیادی املاح بوده که سبب شور شدن خاک در برخی مناطق شده‌اند (شکل ۷) و افزایش هدایت الکتریکی (EC) خاک را به دنبال داشته‌اند. هدایت الکتریکی خاک در بخش‌های مختلفی از منطقه مورد بررسی اندازه‌گیری شده و به منظور تعیین مناطق شور در دشت رامهرمز نقشه هم‌پتانسیل EC خاک تهیه شد (شکل ۷).



شکل ۷- شور شدن زمین در اراضی مجاور سازند گچساران و نقشه هم پتانسیل EC خاک در دشت رامهرمز

ریزدانه (آلباستر) و ژیپس درشت‌دانه (پورفیروتیک) تقسیم شدند. به دلیل ریزدانه بودن ژیپس آلباستر، سطح در معرض تماس در این سنگ بیشتر بوده لذا میزان انحلال‌پذیری آلباستر بیش از ژیپس پورفیروتیک است از این رو پدیده‌های کارستی مثل فروچاله‌های انحلالی و کورده‌ها در ژیپس آلباستر بیشتر دیده می‌شوند. سنگ‌های ژیپسی دوام کمی داشته و در اثر فرسایش، شسته می‌شوند به همین علت کارن‌ها و حتی برج‌های انحلالی تشکیل شده در آنها ابعاد کوچکی داشته و خیلی زود از بین می‌روند. بر خلاف آهک، سنگ‌های ژیپسی دارای مقاومت کشتی کمی بوده لذا فضاهای خالی در آنها باقی نمی‌مانند و در اثر وزن لایه‌های فوقانی ریزش می‌کنند و تشکیل دولین‌های فرونشستی و فروریزی را می‌دهند. در مقابل غارها، پل‌های طبیعی و طاق‌های طبیعی به علت ریزش، در این لایه‌ها کمتر دیده می‌شوند و یا ابعاد کوچکی دارند. از جمله مهم‌ترین عوارض زیست‌محیطی انحلال ژیپس‌ها در منطقه، تشکیل فروچاله است. با وجود گسترش زیاد سازند گچساران در منطقه، فروچاله‌ها را در همه جا نمی‌توان مشاهده کرد. گسل‌ها نقش اصلی در تشکیل و توزیع فروچاله‌ها را بر عهده دارند. از طرفی استخراج آب‌های زیرزمینی به توسعه فروچاله‌ها به‌ویژه در مناطق شمالی شهر رامهرمز و مناطق شمالی و غربی دشت میداوود- دالون کمک کرده است. فروچاله‌های تشکیل شده در ژیپس‌ها سرعت تشکیل بالایی دارند، در منطقه شهرک رایگانی شهر رامهرمز در سال

#### ۴-۵-۳- ناپایداری شیب

فاکتور مهمی که ناپایداری شیب را کنترل می‌کند، کارستی شدن ژیپس که به وسیله ساختارها کنترل می‌شود و شست‌وشوی پنجه شیب توسط رودخانه است [۱۳]. در محل گسل‌ها و مجاورت آنها و در قله چین‌ها، میزان درز و شکستگی در ژیپس‌های سازند گچساران بیشتر بوده که دارای امتداد عمومی شمال شرقی- جنوب غربی هستند و شیب نزدیک به قائم دارند [۱۶]. درز و شکستگی در توسعه فرایند انحلال نقش مهمی دارند و جایی که درز و شکستگی زیاد باشد پدیده‌های کارستی نیز مشهودتر هستند. در نتیجه فرایند انحلال مقاومت سنگ‌ها کاهش پیدا کرده و درز و شکستگی توسعه می‌یابند و معابر جهت عبور جریان آب باز می‌شوند. در مخزن سد جره و در کناره‌های رودخانه چنین ناپایداری‌هایی در سازند گچساران به وقوع پیوسته که آب‌گیری سد و افزایش فشار هیدرواستاتیکی باعث ناپایداری بیشتر دامنه‌ها خواهد شد. این ناپایداری‌ها در سنگ‌های ژیپسی تشکیل شده و عموماً از نوع واژگونی و لغزش هستند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

سازند گچساران در شرق استان خوزستان گسترش زیادی داشته و مناطقی از شهر رامهرمز و میداوود را در بر گرفته و دو سوم از مخزن سد جره را شامل می‌شود. ژیپس‌های مورد بررسی از لحاظ بافتی به دو نوع ژیپس

۱۳۸۹ تعدادی فروچاله با ابعاد بزرگ به صورت ناگهانی تشکیل شدند که خوشبختانه خسارات جانی نداشتند ولی به زمین‌های کشاورزی آسیب زدند. تعدادی از فروچاله‌های تشکیل شده در منطقه رامهرمز و میداوود با آبخوان ارتباط مستقیم دارند. تعدادی از این فروچاله‌ها برای دفن زباله‌های شهری و روستایی استفاده شده‌اند که عدم کنترل و مدیریت آنها به انتقال آلودگی‌ها به آبخوان منجر خواهد شد. فروچاله‌های تشکیل شده در مخزن سد جره می‌توانند راهی برای فرار آب محسوب شوند که نیاز به مطالعه و بررسی بیشتری دارند.

بر اساس نقشه TDS آبخوان رامهرمز، مناطق مرکزی دشت و محدوده روستای تل برمی دارای کیفیت مناسب‌تری برای مصارف شرب است اما با نزدیک شدن به مناطق شمالی دشت و در مجاورت سازند گچساران از کیفیت آب آبخوان کاسته می‌شود که علت اصلی آن انحلال ژئوپس‌ها است. نوع آب آبخوان دشت میداوود- دالون نیز سولفات است اما در مقایسه با آبخوان دشت رامهرمز، TDS آن کمتر بوده و از کیفیت آب بالاتری برخوردار است. مجاورت آبخوان دشت میداوود- دالون با سازند آهکی آسماری که چشمه‌های خروجی از آن کیفیت مناسبی دارند، سبب کاهش میزان TDS شده ولی به سمت مناطق غربی و شمال غربی دشت، از کیفیت آبخوان کاسته می‌شود که علت آن وجود ژئوپس‌های سازند گچساران است.

سازند گچساران دو سوم از مخزن سد جره را در بر می‌گیرد. بالا و پایین شدن سطح آب مخزن سد در طول سال و قرار گرفتن ژئوپس‌های سازند گچساران در معرض سیکل‌های تر و خشک‌شدگی به فرسایش شدیدتر آنها کمک کرده و افزایش وقوع ناپایداری‌ها را به دنبال داشته است. آبراهه‌های عبوری از سازند گچساران به دلیل انحلال ژئوپس‌ها، حاوی املاح زیادی بوده که بر کیفیت خاک در دشت رامهرمز اثر گذاشته به گونه‌ای که زمین‌های واقع در غرب و جنوب دشت رامهرمز، شوری بالایی داشته و بایر شدند که قابلیت کشاورزی ندارند. سازند گچساران از جمله سازندهایی است که در نتیجه فرسایش آن، املاح و نمک‌های خاک افزایش یافته و خاک‌های واگرا تشکیل می‌شوند. این خاک‌ها در تماس با آب به راحتی شسته شده و مشکلاتی را به وجود می‌آورند. کانال انتقال آب دشت رامهرمز از جمله پروژه‌هایی بوده که در حال اجراست و نقش مهمی در توسعه کشاورزی منطقه دارد. عبور کانال از این خاک‌های واگرا به تخریب کانال و هدر رفتن آب منجر

خواهد شد. بر اساس نقشه هم پتانسیل هدایت الکتریکی، شوری خاک در مناطق غربی و جنوبی دشت رامهرمز و در نزدیکی روستاهای بابل، حنوشی و صندلی بیش از مناطق دیگر است که ممکن است مسائلی را جهت اجرای پروژه کانال انتقال آب به وجود آورد. مدیریت برداشت از منابع آب زیرزمینی نقش زیادی در جلوگیری از پایین رفتن آب زیرزمینی، کاهش کیفیت منابع آب و کاهش توسعه فروچاله‌ها دارد لذا اجرای برنامه‌های مدیریت منابع آب در آبخوان‌های منطقه می‌تواند مفید باشد. با بررسی دقیق‌تر می‌توان محل‌های مستعد ناپایداری را شناسایی کرد و با اجرای طرح‌هایی مثل بتن پاشی و پتوی رسی بر روی مناطق ناپایدار، آن‌ها را کنترل کرد. انحلال ژئوپس‌های سازند گچساران باعث شورشیدن بخش‌هایی از دشت رامهرمز شده که کاهش کاربری اراضی و توسعه بیابان در منطقه را در پی داشته است. با انجام آزمایشات شناسایی خاک‌های واگرا، مناطق با خطر واگرایی را می‌توان شناسایی کرد و با استفاده از روش‌هایی مثل افزودن آهک، سولفات آلومینیوم، تعویض خاک و زهکشی منطقه به اصلاح خاک‌های واگرا پرداخت.

### تشکر و قدردانی

در پایان از مسئولین محترم سازمان آب و برق خوزستان به دلیل همکاری لازم جهت استفاده از اطلاعات آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه کمال تشکر را داریم. همچنین از داوران محترم نیز به دلیل راهنمایی‌های ارزنده ایشان قدردانی می‌کنیم.

### پی‌نوشت

- <sup>1</sup> Interstratal karst
- <sup>2</sup> exposed karst
- <sup>3</sup> soil covered karst
- <sup>4</sup> sinkholes subsidence
- <sup>5</sup> blind valley
- <sup>6</sup> swallow holes
- <sup>7</sup> neotectonic

### منابع

- [1] Amiri Bakhtiyar H, Bavi A R. Geology of Iran Evaporates. Ahwaz, Iran, Nashre Trava publishing ;2010. P. 25. [In Persian]
- [2] Cooper A, Gutierrez F. Dealing with Gypsum Karst Problems: Hazards, Environmental Issues, and Planning. Treatise on Geomorphology Journal; 2013 ;6:451-562.

- [15] Mohammadian M, Ghobadi M H. Karst gypsum geomorphology of Gachsaran formation in Jareh dam, Khuzestan, Iran. 14th. National Congress of geology, Oromieh, Iran; **2011**. [In Persian]
- [16] Mohammadian M, Ghobadi M H. Karstic sinkholes and agents sinkhole formation in Ramhormoz Area, Khuzestan, Iran. 29th. National Congress of Geo science, Tehran, Iran; **2011**. [In Persian]
- [17] Mohammadian M, Ghobadi M H. Karst in Gachsaran formation and environmental problems, Ramhormoz Area, Khuzestan, Iran. 29th. National Congress of Geo science, Tehran, Iran; **2011**. [In Persian]
- [18] Mohammadian M. The study of the geological engineering properties of the Gachsaran Formation with emphasis on solubility and swelling in Ramhormoz Area. M.Sc.: Engineering geology, Bu Ali Sina University of Hamadan, Iran; **2012**. [In Persian]
- [19] Mohammadian M, Ghobadi M H, Mohseni H, Karami R. Study of geological engineering properties of Gachsaran formation in Ramhormoz Area, Khuzestan. Shahid Chamran Geology Journal; **2014**;7:1-12. [In Persian]
- [3] Cooper A H. Identification, prediction, and mitigation of sinkhole hazards in evaporate karst areas. Environmental Geology Journal; **2008**;53:1007-1022.
- [4] Closson D. Salt karst and tectonics, Dead Sea, Jordan. Earth Surf. Landforms Journal; **2009**;34:1408-1421.
- [5] Dorrani Nejad M S. Hydro chemical Assessment of Ground waters in Maydavood Area. M.Sc.: Hydrogeology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran; **2009**. P. 96. [In Persian]
- [6] Francisco G, Johnson K, Anthony H. Evaporate Karst processes, landforms, and environmental problems. Environmental Geology Journal; **2008**;53:935-936.
- [7] Ghobadi M H. Engineering Geology of Karst. Hamadan, Iran, Bu Ali Sina University publishing; **2010**. P. 152. [In Persian]
- [8] Gutierrez F, Parise M, De Waele J, Jourde H. A review on natural and human induced geo hazards and impacts in karst. Earth-Science Journal; **2014**;38:61-88
- [9] Kenneth. Gypsum-karst problems in constructing dams in USA. Environmental Geology Journal; **2008**;53:945-950
- [10] Klimchouk A B, Aksem S D. Hydrochemistry and solution rates in gypsum karst: case study from the western Ukraine. Environmental Geology Journal; **2005**;48:307-319
- [11] Mateo G, Francisco G. Geomorphology of the Tertiary gypsum formation in the Ebro Depression (Spain). Geo derma Journal; **1998**;87:1-29
- [12] Milanovich P T. Karst hydrogeology. Water Resources Publications, Littleton, Colo; **1981**. P. 253
- [13] Mohammadian M, Ghobadi M H. Relation between structures and karstification in Ramhormoz Area, Khuzestan, Iran. 5th. National symposium of the geology, Tehran, Iran; **2011**. [In Persian]
- [14] Mohammadian M, Ghobadi M H, Mohseni H, Karami R. Study of Gachsaran formation lithology and its relationship with karst morphology in Ramhormoz Area, Khuzestan, Iran. 14th. Congress of Iran geology, Oromieh, Iran; **2011**. [In Persian]

