

بررسی ارتباط ریزرخساره‌های رسوبی و فرآیندهای دیاژنزی در توسعه پدیده‌های کارستی سازند سروک (کرتاسه میانی)، تاکدیس رگ‌حنا (جنوب اصفهان)

فاطمه معتمدی^۱، عادل نجف‌زاده^{۲*}، حمید شهین‌فر^۳ و رحیم مهاری^۴

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز

* Najafzadeh.adel@yahoo.com نویسنده مسئول:

دریافت: ۹۷/۸/۶ پذیرش: ۹۸/۳/۱۸

چکیده

در این تحقیق به منظور بررسی میزان تاثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های کربناته در ایجاد و توسعه اشکال کارستی، واحدهای کربناته سازند سروک در تاکدیس رگ حنا (جنوب اصفهان) مورد مطالعه قرار گرفته است. این سازند از توالی ضخیمی از نهشته‌های کربناته تشکیل شده است و پدیده‌های ژئومورفولوژی کارست نظیر کارن‌ها، حفره‌های انحلالی، پونور و چشمه‌های کارستی به خوبی قابل مشاهده هستند. سازند سروک در محدوده مورد مطالعه از ۸ ریز رخساره رسوبی تشکیل شده است که در زیر محیط جزومدی، لاگون، سدی و دریای باز نهشته شده‌اند. با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی، درصد اکسید کلسیم در نمونه‌های مورد بررسی بیش از ۴۰ درصد و اکسید منیریم، حداکثر ۱/۲۷ درصد است. همچنین با انجام آزمایش‌های ژئوتکنیک میزان تخلخل نمونه‌های سنگ کربناته تعیین شده است. فرآیندهای دیاژنزی تاثیر گذار بر تخلخل سازند سروک در منطقه شامل فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن هستند. ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان بخش لاگون به دلیل تاثیر انحلال و شکستگی بیش‌تر در آن‌ها، دارای تخلخل بهتری هستند و تنوع بیش‌تری در اشکال کارستی این ریز رخساره مشاهده می‌شود. از این رو تعیین میزان تخلخل و بررسی فرآیندهای دیاژنزی بر روی سنگ‌های کربناته می‌تواند کمک شایانی به تفکیک زون‌ها از نظر قابلیت توسعه کارست نماید.

واژه‌های کلیدی: رخساره‌های رسوبی، فرآیندهای دیاژنزی، کارست، تاکدیس رگ‌حنا

مقدمه

در تاکدیس رگ‌حنا پرداخته می‌شود. علاوه بر آن، تغییرات ریزرخساره‌ها و محیط‌رسوبی سازند در این منطقه نیز بررسی شده است. ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند سروک در نواحی مختلف حوضه زاگرس از قبیل میدان نفتی سعادت‌آباد (سرمدی و همکاران، ۱۳۹۰)، شمال‌شرق گچساران (تنگ‌گردار) (محمودی رنایی و طاهری، ۱۳۹۰)، میدان نفتی آب تیمور در بخش غربی ناحیه فروافتادگی دزفول (مهرابی و رحیم‌پوربناب، ۱۳۹۱)، میدان نفتی هنديجان (میرزابائی و همکاران، ۱۳۹۱)، جنوب‌غرب ایران (عباس‌قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ اسعدی و همکاران، ۱۳۹۴)، میدان نفتی سروستان (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۱۳۹۳)، میدان نفتی مارون (محسنی و همکاران، ۱۳۹۴) و تاکدیس فهلیان (احمدی حیدری و همکاران، ۱۳۹۵) مطالعه شده است. همچنین مطالعات رسوب‌شناختی و پتروفیزیکی در مخزن بنگستان از جمله سازند سروک واقع در میدان سرکان (معینی و همکاران، ۱۳۹۳) انجام شده است. در این

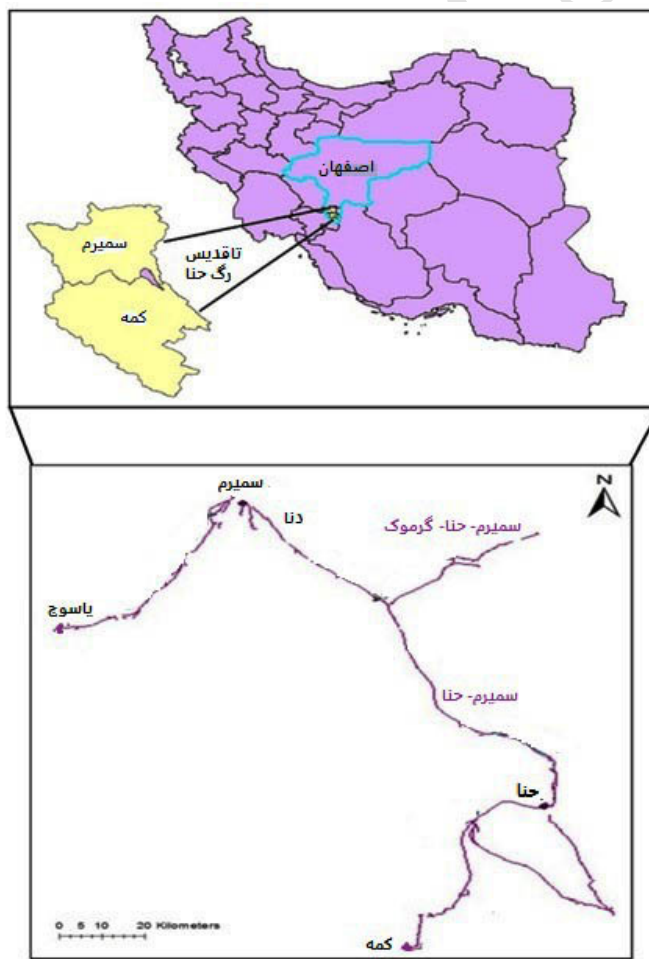
کارست یکی از مهم‌ترین اشکال حاصل از انحلال سنگ‌های آهکی یا دولومیتی است. این پدیده زمین‌شناسی نتیجه نفوذ آب حاوی گاز کربنیک از طریق درز و شکاف‌های موجود در این سنگ‌ها و انحلال تدریجی و توسعه آن‌ها در طول زمان است. بر اساس مدل تفهیمی وایت (۱۹۸۸) میزان توسعه کارست در یک منطقه، نتیجه تعامل بین سه نیروی پیش‌برنده فیزیکی، شیمیایی و وضعیت هیدروژئولوژیک منطقه است که این سه نیرو دربرگیرنده عناصری شامل: بارش، دما، فشار CO₂، پستی و بلندی، وضعیت چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی، ستبرای لایه کربناته و وضعیت تکتونیکی منطقه هستند. از میان فاکتورهای عنوان شده، حضور سنگ کربناته با قابلیت انحلال بالا مهم‌ترین مولفه در توسعه کارست به شمار می‌رود. در این تحقیق به بررسی نقش ویژگی‌های سنگ‌شناسی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در توسعه اشکال کارستی سازند سروک

اصلی زاگرس و مرز جنوب باختری با یک راندگی مهم بسته می‌شود که از شمال کوه نی و جنوب دهنگان و کوه سیزو می‌گذرد مطیعی (۱۳۷۲). سنگ‌های کربناته منطقه مورد مطالعه با سن کرتاسه میانی (آلبین-تورونین) هستند. این سنگ‌ها به دلیل عملکرد شدید تکتونیکی، به شدت خرد شده و دارای تخلخل ثانویه بالایی می‌باشند. با توجه به متوسط درجه حرارت سالانه ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه ۲۹۸/۸ میلی‌متر، منطقه جزو اقلیم نیمه‌خشک محسوب می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۲). تاکدیس رگ‌حنا با حدود ۴۰ کیلومتر درازا، دارای محور با روند شمال باختری- جنوب خاوری در جنوب است و به سمت شمال تغییر جهت داده و راستای شمالی- جنوبی پیدا می‌کند. تغییر جهت محور این تاکدیس، می‌تواند حاصل کنش گسل اصلی حنا باشد که سازوکار راندگی و راست لغز دارد (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۸۸).

تحقیق علاوه بر شناسایی ریزرخساره‌ها و محل ته‌نشست آن‌ها، ارتباط بین ریزرخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سنگ کربناته و تاثیر آن‌ها بر کارست‌شدگی در سازند سروک تاکدیس رگ‌حنا، مورد بررسی قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

تاکدیس رگ‌حنا در جنوب استان اصفهان در محدوده سمیرم- کمه در زون زاگرس مرتفع بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). زاگرس مرتفع با پهنای ۱۰ تا ۶۵ کیلومتر به صورت نواری کم پهن است که بلندترین قسمت کوه‌های زاگرس را تشکیل می‌دهد و به همین علت به آن زاگرس مرتفع اطلاق می‌شود. مرز شمال خاوری این زون به راندگی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

از آنجا که تشخیص اشکال کارستی مانند کارن‌ها و میکروکارن‌ها، گرایک‌ها، چاله‌های باران و سیستم‌های درز و شکستگی از طریق تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر نیست، مطالعات صحرایی تفصیلی در سنگ‌های آهکی توده‌ای که اشکال کارست در آن تکامل یافته‌تر بودند، صورت گرفت. در طی مطالعات صحرایی، نمونه‌های سنگی مورد نیاز برای سنگ‌نگاری برداشت شدند. در این مرحله نمونه‌ها به صورت پراکنده برداشت گردیده است و بیش‌تر سعی شده نمونه‌ها از نزدیکی اشکال کارستی و با فاصله منظم از گسل‌ها و شکستگی‌ها انتخاب شود و موقعیت محل نمونه‌برداری با استفاده از GPS ثبت شده است. مطالعه مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان تحت نورهای طبیعی و پلاریزه انجام شد و ویژگی‌هایی همچون دانه‌های آهکی، فراوانی دانه‌ها، فضاهای خالی موجود و فرآیندهای دیاژنزی شناسایی شده است. به دلیل اینکه بیش‌تر توالی مورد مطالعه، متشکل از سنگ‌های کربناته است، از سیستم نام‌گذاری دانهام (۱۹۶۲) برای نام‌گذاری بافتی ریزرخساره‌ها استفاده شد، سپس جایگاه ریزرخساره‌های شناسایی شده در محیط رسوبی و همچنین نوع محیط رسوبی با مدل‌های ارائه شده برای توالی‌های گذشته فلوگل (۲۰۱۰) مقایسه شد. در نهایت برای تعیین میزان خلوص و تخلخل توده سنگ به عنوان فاکتورهایی موثر در توسعه کارست، بر روی نمونه‌های برداشت شده، آزمایش تجزیه شیمیایی شامل درصد اکسیدهای SiO_2 ، CO_2 ، MgO و Al_2O_3 و آزمون تعیین خصوصیات فیزیکی شامل دانسیته خشک، وزن مخصوص قسمت جامد، درصد جذب آب و درصد تخلخل انجام شد.

بررسی ریزرخساره‌ها

مطالعه ریزرخساره‌ها به همراه مشاهدات صحرایی، اطلاعاتی جهت مطالعه روند تکاملی محیط دیرینه و نوسانات سطح آب دریا ارائه می‌کند (هلدت، ۲۰۰۸). مطالعه و بررسی میکروسکوپی سنگ‌های کربناته سازند سروک در برش چینه‌شناسی تاقدیس رگ‌حنا منجر به شناسایی ۸ ریزرخساره شد که در ۴ کمربند رخساره‌ای شامل پهنه جزرومدی، لاگون، سد و دریای باز رسوب‌گذاری کرده‌اند (جدول ۱).

الف) کمربند رخساره‌ای پهنه جزرومدی

ریزرخساره مادستون با فابریک فنسترال T

این رخساره دارای زمینه تیره و دانه ریز میکریتی است که آثار فسیلی بسیار کم، لامیناسیون دار با فابریک چشم پرنده‌ای و هم‌چنین فابریک فنسترال است. فابریک چشم پرنده‌ای یکی از فابریک‌های مهم رسوبی موجود در این میکروفاسیس است. پدیده آشفستگی زیستی در این میکروفاسیس بندرت دیده می‌شود. (شکل ۲ الف) عوامل زیادی از جمله خشک شدن، تغییر شکل در رسوبات نرم، خروج حباب گاز، قالب‌های تبخیری، حفاری به وسیله سیانوباکتری‌ها و آبگیری لجن‌های کربنات‌ها در تشکیل این نوع فابریک دخالت دارند (فلوگل، ۲۰۱۰). وجود ساخت چشم پرنده‌ای و کمبود آثار زیستی می‌تواند نشان دهنده خروج از آب باشد. با توجه به خصوصیات ذکر شده می‌توان این ریزرخساره را با ریزرخساره RMF 23 مقایسه کرد که متعلق به کمربند رخساره‌ای محیط جزرومدی (اینترتایدال) از محیط رمپ داخلی می‌باشد.

ب) کمربند رخساره‌ای لاگون

ریزرخساره مادستون تا وکستون میلیوئیده L1

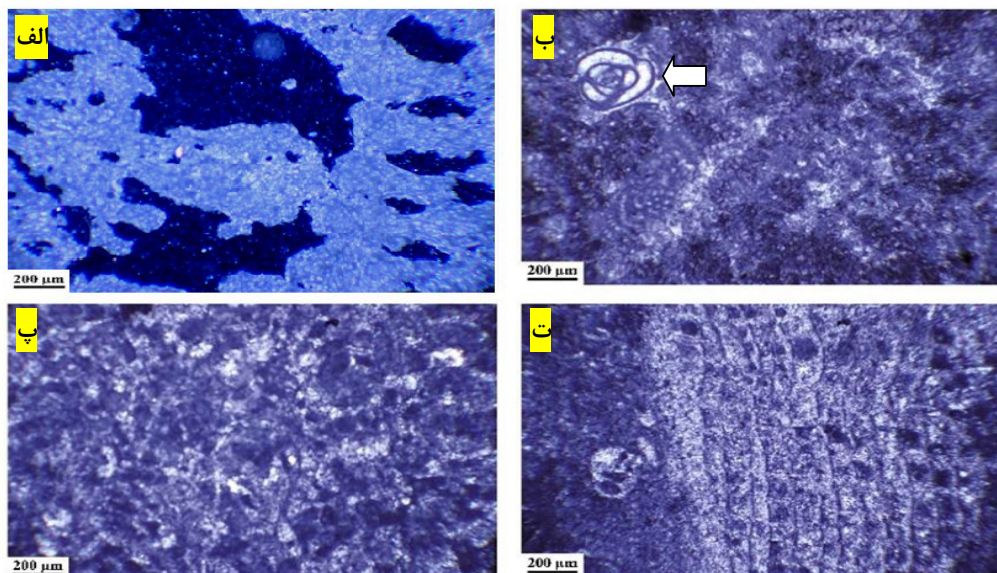
عناصر اصلی در این میکروفاسیس را ۱۰ تا ۱۵ درصد فرامینیفرهایی از خانواده میلیوئیده تشکیل می‌دهند که همراه با ۵ درصد آلومک غیراسکلتی پلوتید در زمینه میکرایتی پراکنده شده‌اند (شکل ۲ ب) تنوع کم فونا و غالب بودن میکرایت نشانگر کم انرژی بودن محیط و ارتباط محدود آن با دریای باز است (فلوگل، ۲۰۱۰). میلیوئیدها در انواع محیط‌های آبی کم عمق از نیمه‌شور تا خیلی شور و محیط‌های پشت ریف که میزان مواد مغذی زیاد است، قادر به زندگی هستند. با توجه به ویژگی‌های بیان شده می‌توان این ریزرخساره را معادل ریزرخساره پیشنهادی ۲۰ معرفی شده توسط فلوگل دانست. بر اساس موارد ذکر شده این ریزرخساره در بخش‌های محصورتر تالاب و نزدیک‌تر به محیط جزرومدی تشکیل شده است که به رمپ داخلی تعلق دارد.

ریزرخساره پکستون پلوتیدی L2

ذرات اصلی تشکیل‌دهنده این رخساره دانه‌های بیوکلاستی همچون استراکود (۱۰ تا ۲۰ درصد) و گاستروپود (۵ تا ۱۵ درصد) و قطعات فرعی نظیر

این ریزرخساره ناچیز و بیش‌تر با توجه به غالب بودن پلوئید، محیط رسوب‌گذاری این ریزرخساره به محیط تالاب کم انرژی و محدود شده که ارتباط محدودی با دریای باز دارد نسبت داده می‌شود (توماس و بیچ، ۲۰۰۴). این ریز رخساره را می‌توان معادل 2 RMF فلوگل در نظر گرفت.

اکنون درم هستند. افزون بر دانه‌های بیوکلاستی بیان شده، به مقدار زیادی دانه‌های پلوئید (بیش از ۲۰ درصد) و کمی اینتراکلاست نیز در این رخساره به چشم می‌خورد. این دانه‌ها در یک زمینه میکرایتی با بافت پکستون دیده می‌شوند (شکل ۲ پ). از ویژگی‌های آشکار این رخساره می‌توان به فرآیند آشفستگی زیستی اشاره کرد. تخلخل در



شکل ۲. ریزرخساره‌های سازند سروک در تاق‌دیس رگ‌حنا. الف) مادستون با فابریک فنسترال در زیر پهنه جزرومدی، ب) مادستون تا وکستون میلیوئیده در زیر پهنه لاگون، پ) پکستون پلوئیدی در زیر پهنه لاگون، ت) باندستون رودیستی در زیر پهنه سد

جدول ۱. ریزرخساره‌ها و کمربندهای شناسایی شده در سازند سروک (تاق‌دیس رگ‌حنا)

ردیف	نام ریزرخساره	محیط رسوبی	سطح انرژی	معادل رخساره فلوگل
MF1	مادستون با فابریک فنسترال	پهنه جزرومدی	کم	23 RMF
MF2	مادستون تا وکستون حاوی میلیوئید	لاگون	کم	RMF 20
MF3	پکستون پلوئیدی	لاگون	کم	RMF 2
MF4	باندستون رودیستی	سد	کم	RMF 5
MF5	پکستون حاوی اربیتولین	دریای باز	زیاد	RMF 22
MF6	وکستون تا پکستون بیوکلاستی/اکیئوئیدی	دریای باز	زیاد	RMF 13
MF7	پکستون رودیستی	دریای باز	متوسط	7 RMF
MF8	وکستون حاوی سوزن اسفنج	دریای باز	کم	RMF 1

براکیوپود، رودیست تشکیل می‌دهد. با توجه به این که این رخساره همراه با توالی‌های ریزرخساره‌ای دریای باز دیده شده‌اند، هم‌چنین وجود اوریبتولین با خرده‌های رودیست گرد نشده، بافت دانه‌پشتیبان و زمینه گلی با بخش‌هایی سیمانی، نمایانگر رسوب‌گذاری آن در حاشیه جلوی سد و ابتدای دریای باز است (پومار، ۱۹۹۱).

کمربند رخساره‌ای دریای باز

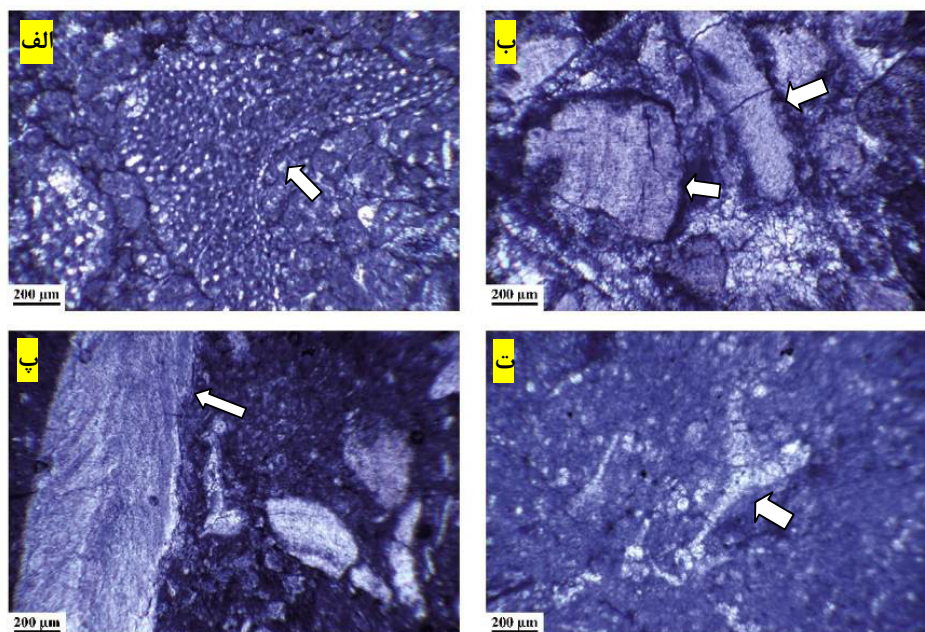
ریزرخساره پکستون حاوی اربیتولین O1: آلوکم اصلی این رخساره اربیتولین به میزان ۱۰ تا ۵۰ درصد است که به صورت اربیتولین‌های مخروطی و دیسکی شکل دیده می‌شوند (شکل ۳ الف). آلوکم‌های فرعی این رخساره را که مجموع آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد است، خرده‌های اسکلتی شامل خارپوستان، استراکود،

زمینه میکرایتی قرار دارند. (شکل ۳ پ). از آنجائی که رودیست‌ها در بخش‌های کم عمق حوضه رسوبی توسعه و گسترش داشته‌اند بر اثر عملکرد امواج و جریان‌ها، قطعاتی از آن‌ها خرد شده و به این محیط منتقل شده‌اند. بر این اساس و همچنین با توجه به این که در این ریزرخساره سنگواره متعلق به محیط مرداب مشاهده نشده است، این ریزرخساره متعلق به بخش‌های کم عمق دریای باز و رمپ میانی است و می‌توان آن را معادل RMF7 فلوگل در نظر گرفت.

ریزرخساره وکستون حاوی سوزن اسفنج O4: عناصر اصلی در این میکروفاسیس ۱۵ تا ۲۰ درصد قطعات سوزن اسفنج به همراه عناصر فرعی کمتر از ۵ درصد فسیل‌های فرامینیفر پلانکتون و بنتیک می‌باشد. فضای بین آلوکم‌ها توسط میکرایت پر شده است. (شکل ۳ ت). وجود گل فراوان نشانگر رسوب‌گذاری این ریز رخساره در محیط عمیق‌تر و زیر سطح امواج طوفان فلوگل (۲۰۱۰). این ریزرخساره را می‌توان معادل RMF 1 فلوگل در نظر گرفت که به زیر محیط رمپ خارجی و بخش‌های عمیق حوضه تعلق دارد.

ریزرخساره وکستون تا پکستون بیوکستی/ اکینوئیدی O2: این میکروفاسیس از ۱۰ تا ۳۰ درصد آلوکم تشکیل شده که به صورت منفصل در زمینه میکرایتی قرار گرفته است. ۱۵ تا ۲۰ درصد اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده شامل اکینوئید و همچنین قطعات پراکنده رودیست و دوکفه‌ای است و ۵ درصد فرامینیفرای بنتیک به عنوان عناصر فرعی در این میکروفاسیس دیده می‌شوند (شکل ۳ ب). قطعات رودیست از بخش‌های کم عمق‌تر، توسط امواج خرد شده و به این قسمت منتقل شده‌اند. فراوانی موجودات استنوهالین نظیر اکینوئید و بافت گل‌پشتیبان نشان‌دهنده شرایط محیطی کم انرژی بخش‌های کم عمق دریای باز است (فلوگل، ۲۰۰۴ و غبیشاوی، ۲۰۱۰). این رخساره را می‌توان معادل RMF13 فلوگل دانست.

ریزرخساره پکستون رودیستی O3: در این میکروفاسیس فراوانی فسیل‌های پلانکتون نظیر گونه‌های از جنس هدبرگلاو گلوبیژرینلوئیدس ۱۵ تا ۲۰ درصد است و فراوانی قطعات رودیست بین ۱۵ تا ۳۰ درصد است. عناصر فرعی در این رخساره (کمتر از ۵ درصد) فسیل رادیولر و استراکود هستند که عناصر فوق در یک



شکل ۳. ریزرخساره‌های سازند سروک در ناقدیس رگ‌حنا الف) پکستون حاوی اربیتولین، ب) وکستون تا پکستون بیوکستی، پ) پکستون رودیستی، ت) وکستون حاوی سوزن اسفنج (در زیر پهله دریای باز)

فرآیندهای دیاژنزی

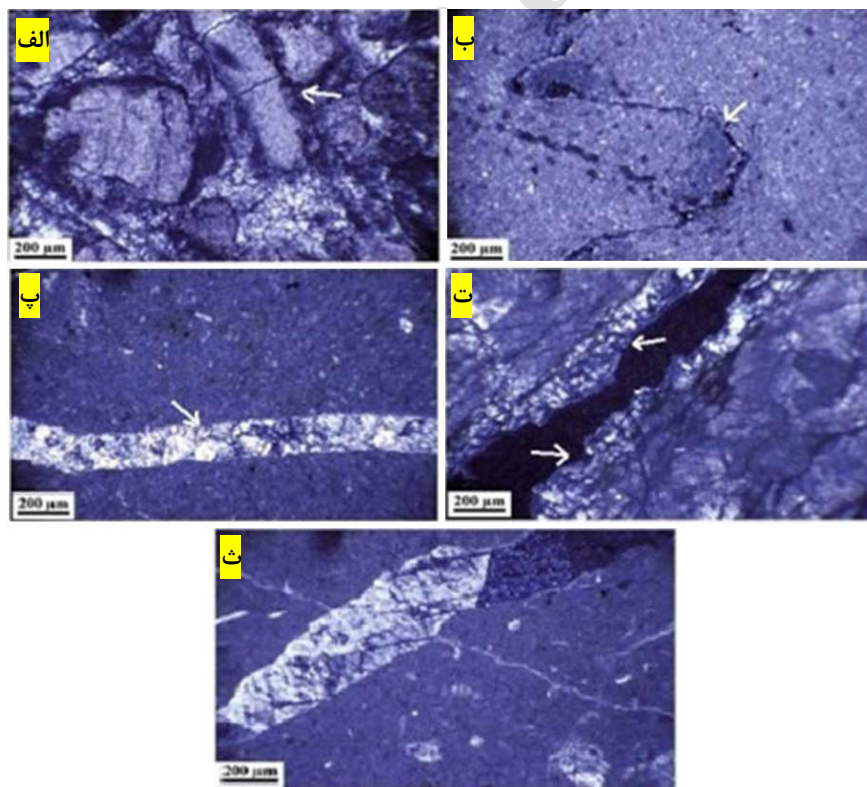
فرآیندهای دیاژنزی بسیاری از ویژگی‌های پتروفیزیکی سنگ‌های کربناته را تغییر می‌دهند. فرآیندهای دیاژنزی غالب که بر کیفیت تخلخل سازند سروک تاثیر گذار بوده و در مقاطع میکروسکوپی مشاهده شده‌اند به شرح زیر است:

تراکم مکانیکی: دو فاز تراکم در سازند سروک مشاهده می‌شود. (۱) تراکم فیزیکی که با خردشدگی مکانیکی ذرات و دگرشکلی اجزای بیوکلستی بویژه اجزای رودیستی، دوکفه‌ای‌ها و واریزه‌های اکینودرمی شناسایی می‌شود. (۲) تراکم شیمیایی که به صورت انحلال فشاری در مرز دانه‌ها (میکرو استیلولیت) و انحلال در سطوح معین و شکل‌گیری استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی می‌باشد. در توالی مورد مطالعه معمولا تراکم فیزیکی در ریزرخساره دانه غالب گرینستون بیوکلستی / اکینوئیدی، از طریق خرد شدن اجزای اسکلتی بویژه رودیست‌ها و خرده‌های اکینوئیدی نقش مهمی در کاهش اندازه منافذ دارد (شکل ۴ الف). عموماً با توجه به ماهیت گل غالب بیش‌تر رخساره‌های سازند سروک، گسترش فرآیندهای

مرتبط با تراکم شیمیایی نسبت به تراکم فیزیکی، بیش‌تر دیده می‌شود. پدیده‌ی تراکم شیمیایی در رخساره‌های وکستون حاوی سوزن اسفنج (شکل ۴ ب) سازند سروک در توالی مورد مطالعه به صورت استیلولیتی شدن همراه با ایجاد شکستگی‌ها در زمینه‌ی میکرایت ظاهر شده است.

سیمانی شدن: سیمانی شدن یکی از فرآیندهای مهم دیاژنتیکی است که باعث پرشدن شکستگی‌ها، حفره بین دانه‌ها یا حفره‌های حاصل از انحلال دانه‌ها (کاهش تخلخل) می‌شود. سیمان‌های کربناته‌ای که در توالی سازند سروک شناسایی و سیستم منافذ را تغییر داده‌اند شامل: سیمان کلسیتی هم‌بعد ریز بلور، سیمان کلسیتی دروزی و سیمان کلسیت اسپاری بلوکی است.

سیمان کلسیتی هم‌بعد ریزبلور: این نوع سیمان در توالی مورد مطالعه، بخشی از تخلخل میان دانه‌ای در گرینستون بیوکلستی را پر کرده است (شکل ۴ پ). حاجی کاظمی (۲۰۱۰) همانند این سیمان را در سازند سروک در جنوب باختری ایران دیده و تشکیل آن را به محیط جوی نسبت داده‌اند.



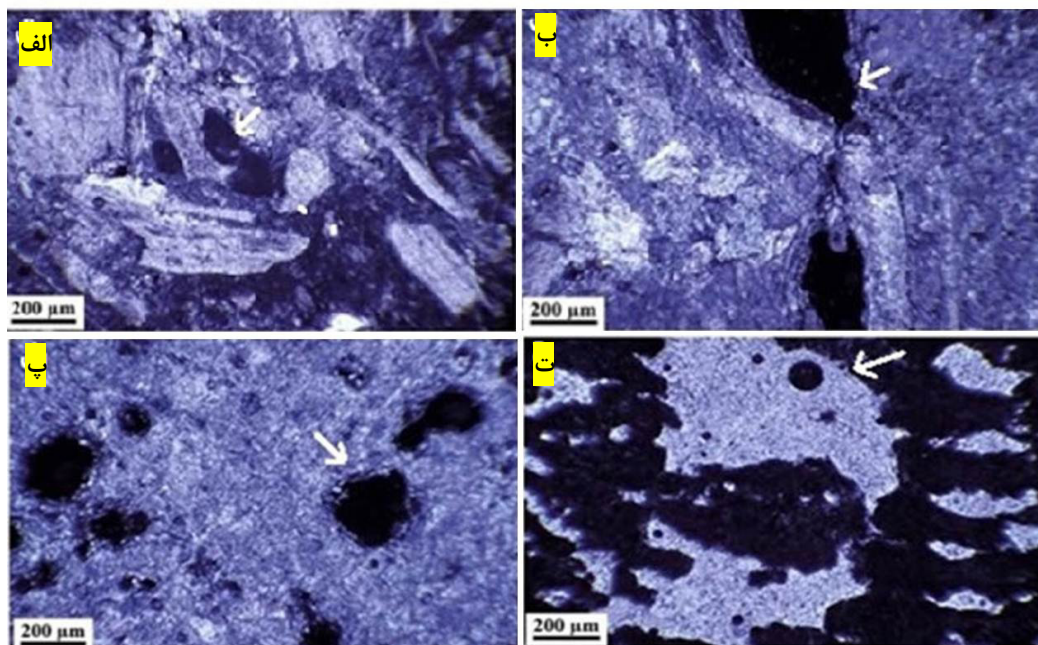
شکل ۴. فرآیندهای دیاژنزی مهم مشاهده شده در سازند سروک منطقه مورد مطالعه. الف) تراکم فیزیکی و خرد شدن اجزای اسکلتی، ب) استیلولیت، پ، ت، سیمان بلوکی، ت) سیمان دروزی

۲۰۰۸). عملکرد انحلال باعث ایجاد تخلخل قالبی (شکل ۵ الف) و حفره‌ای (شکل ۵ ب) در توالی مورد مطالعه شده است. رحیم‌پوربناب (۲۰۱۲) با بررسی سازند سروک در جنوب باختری ایران، عامل گسترش تخلخل قالبی و حفره‌ای مجزا را تأثیر انحلال دانه‌های ناپایدار به صورت انتخاب‌کننده‌ی فابریک تحت تأثیر آب‌های جوی در مرحله‌ی ائوژنیک که رسوبات هنوز سخت نشده‌اند می‌داند. در مرحله‌ی دوم این رسوبات پس از دفن و سیمانی شدن، سخت می‌شوند و دوباره تحت تأثیر آب‌های جوی، این بار در مرحله‌ی تلوزنیک قرار می‌گیرند. در این شرایط همه اجزا از جمله دانه‌ها و سیمان و ماتریکس تحت تأثیر انحلال قرار می‌گیرند و تخلخل حفره‌ای مجزا گسترش می‌یابد (رحیم‌پوربناب، ۲۰۱۲). در توالی مورد مطالعه گسترش تخلخل حفره‌ای نشانگر تأثیرپذیری دوباره رسوبات سخت شده این بخش از آب‌های جوی در مرحله‌ی تلوزن است. در رخساره‌های مربوط به محیط سد به دلیل آب‌شویی زیاد تخلخل حفره‌ای گسترش دارد (شکل ۵ پ). به واسطه دیاژنز جوی، تخلخل فنسترالی در رخساره‌های مربوط به محیط جزرومد دیده می‌شود (شکل ۵ ت).

سیمان کلسیتی دروزی: که با تشکیل در تخلخل‌های اولیه و ثانویه موجب کاهش نفوذپذیری شده است. مشابه این نوع سیمان در سازند سروک را غلامی‌زاده و آدابی (۱۳۹۰) در نواحی تنگستان (جنوب ایران) و حاجی کاظمی (۲۰۱۰) در جنوب باختری ایران دیده و تشکیل آن را به محیط جوی نسبت داده‌اند. در توالی سازند سروک، این نوع سیمان در رخساره‌های لاگون گسترش دارد (شکل ۴ ت).

سیمان بلوکی: پرکننده‌ی بخشی از تخلخل‌های قالبی، حفره‌ای و شکستگی‌هاست که نشانگر تشکیل در محیط دفنی است. سیمان بلوکی در بیش‌تر ریزرخساره‌های تاقدیس رگ‌حنا گسترش دارد (شکل ۴ ث). حاجی کاظمی (۲۰۱۰) این سیمان را در سازند سروک در جنوب باختری ایران دیده و تشکیل آن را به محیط دفنی نسبت داده‌اند.

انحلال: انحلال زمانی رخ می‌دهد که سامانه سنگ-آب (سیال) خارج از تعادل باشد و باعث ایجاد تخلخل قالبی و حفره‌ای در مقیاس کوچک می‌شود که با ادامه و گسترش انحلال به تشکیل کانال و کارست می‌انجامد (لوسیا، ۲۰۰۷ و اهر، ۲۰۰۸). چنین شرایطی بیش‌تر در محیط جوی یا منطقه‌ی آمیختگی آب ایجاد می‌شود (اهر،



شکل ۵. فرآیندهای دیاژنزی مهم مشاهده شده در سازند سروک منطقه مورد مطالعه: الف) تخلخل قالبی، ب) تخلخل حفره‌ای، پ) انحلال فراگیر (غالباً تلوزنیک)، ت) تخلخل فنسترال (متئوریک)

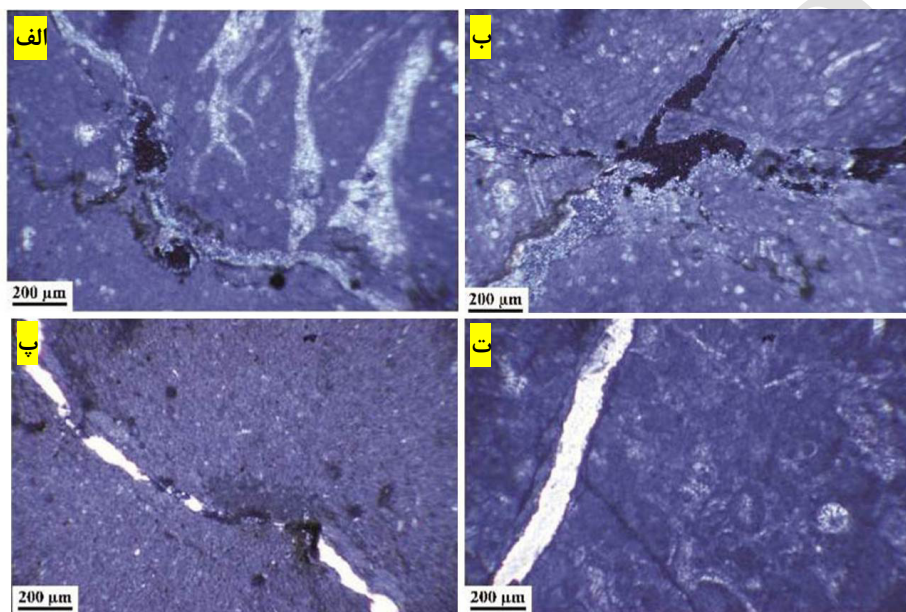
شکستگی

شکستگی‌ها در هر دو رخساره‌ی گل‌پشتیبان و دانه‌پشتیبان دیده می‌شود. این شکستگی‌ها به سه صورت باز، نیمه پر شده یا کامل پر شده توسط سیمان دیده می‌شوند.

شکستگی مرتبط با استیلولیت‌ها: این شکستگی‌ها از جمله شکستگی‌های کشیدگی هستند که عمود بر استیلولیت‌ها ایجاد می‌شوند. این شکستگی‌ها منطبق با رخساره‌های گل‌پشتیبان هستند که به دلیل فشار قائم دوباره ایجاد می‌شوند (توکلی و همکاران، ۱۳۹۶). در

توالی مورد مطالعه این شکستگی‌ها عمدتاً بوسیله‌ی مواد تشکیل‌دهنده‌ی استیلولیت شامل مواد آلی و رس‌ها یا سیمان انیدریتی پر شده‌اند (شکل ۶ الف) و در بعضی قسمت‌ها باز تا نیمه باز هستند (شکل ۶ ب).

شکستگی‌های حاصل از نیروهای تکتونیکی: این نوع شکستگی‌ها در بعضی از قسمت‌ها به شکل باز دیده می‌شوند (شکل ۶ پ) که به انتقال آب کمک زیادی می‌کنند. و در قسمت‌های دیگر به طور کامل یا ناقص بوسیله‌ی سیمان پر شده‌اند (شکل ۶ ت). سیمان پرکننده انیدریت و در مواردی کلسیتی است.



شکل ۶. فرآیندهای دیاژنزی مهم مشاهده در شده در سازند سروک منطقه مورد مطالعه الف و ب) شکستگی مرتبط با استیلولیت‌ها، پ و ت) شکستگی‌های حاصل از نیروهای تکتونیکی

دولومیتی شدن

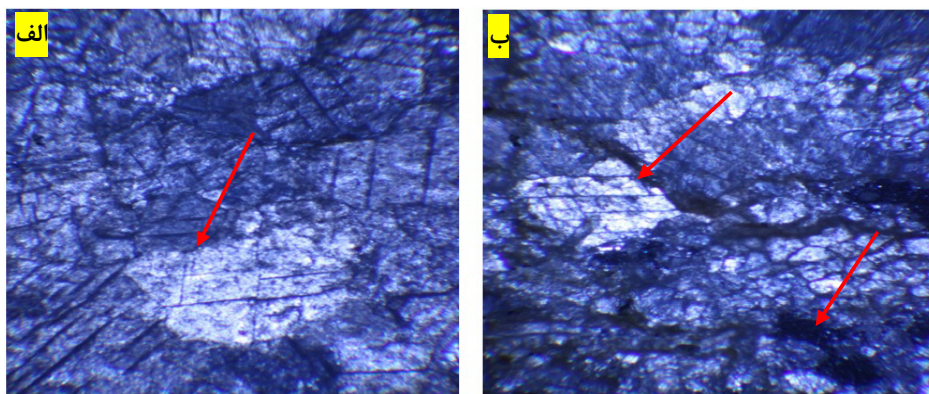
دولومیت‌های دیده شده در نمونه‌های مورد مطالعه، دولومیت‌های شکل‌دار و رمبوئدری درشت و شفاف است که در ریزرخساره و کستون میلیوئیدی مشاهده شده ولی گسترش زیادی ندارد (شکل ۷ الف). نکته قابل ذکر در مورد این دولومیت‌ها این است که در اغلب موارد، قالب‌های حل شده آن‌ها نیز همراه با دولومیت‌های حفظ شده مشاهده می‌شوند (شکل ۷ ب). این نوع دولومیت را در سازند سروک، غلامی‌زاده و آدابی (۱۳۹۰) در نواحی تنگستان (در جنوب ایران) و رحیم‌پوریناب (۲۰۱۲) در جنوب باختری ایران مشاهده کرده‌اند و تشکیل آن را به منطقه آمیختگی آب شور و شیرین نسبت داده‌اند.

توالی دیاژنزی

فرآیندهای دیاژنزی در طی ۳ مرحله انوژنز، مزوژنز و تلوژنز رسوبات سازند سروک را تحت تاثیر قرار داده‌اند. انوژنز اولین مرحله از تاثیر فرآیندهای دیاژنزی بر رسوبات مورد مطالعه است که پس از ته‌نشست و گاه در هنگام ته‌نشست و پیش از مرحله دفن ژرف بر رسوبات اثر کرده و به دو صورت دیاژنز در محیط دریایی و جوی صورت گرفته است. در این مرحله در محیط جوی رسوبات تحت تاثیر آب‌های جوی قرار گرفته که باعث تشکیل تخلخل فنسترال، سیمان کلسیتی هم‌بعد ریزبلور، دروزی و دولومیت‌های شکل‌دار در این محیط شده است. پس از مرحله دیاژنز اولیه (انوژنز) رسوبات سازند سروک تحت

تلوژنز صورت می‌گیرد. در این مرحله در هنگام بالا آمدن سنگ‌های سازند سروک، شکستگی‌ها ایجاد می‌شوند. تاثیر دوباره‌ی آب‌های جوی روی رسوبات سخت شده سازند سروک باعث انحلال دانه‌ها، سیمان و ماتریکس و گسترش تخلخل قالبی و حفره‌ای شده است (جدول ۲).

تاثیر دیاژنز میانی (مزوژنز) قرار گرفته‌اند. فرآیندهای دیاژنزی در این مرحله در هنگام دفن و در دما، فشار و ژرفای مختلف رسوبات را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فرآیندهای اصلی در این مرحله شامل استیلولیتی شدن و تشکیل سیمان بلوکی هستند. آخرین مرحله از تاثیر فرآیندهای دیاژنزی بر روی سازند سروک در مرحله



شکل ۷. فرآیندهای دیاژنزی مهم مشاهده در شده در سازند سروک منطقه مورد مطالعه: الف، ب) بلورهای ریمبوندی دولومیت در رخساره‌های کم انرژی، ب) دولومیت‌های حل شده

جدول ۲. توالی پاراژنزی سازند سروک و تاثیر آن‌ها بر تخلخل منطقه مورد مطالعه (تاق‌دیس رگ‌حنا)

تلوژنز (a)	تدفینی		متائوریکی	دریایی	فرایندهای دیاژنزی
	عمیق	کم عمق			
					تراکم فیزیکی
					استیلولیت
					کلسیتی سیمان شدن
					هم بعد دروزی بلوکی
					انحلال
					شکستگی
					دولومیتی شدن
					فرآیند کاهش دهنده تخلخل
					فرآیند افزایش دهنده تخلخل

کارستی شدن کمک می‌کند قبادی (۲۰۱۰). بر اساس مطالعه مقاطع نازک، از هر ریزرخساره، ۱ نمونه برای آنالیز انتخاب گردید. با توجه به نتایج آنالیز ارائه شده در (جدول ۳) ملاحظه می‌شود که در هر ۸ نمونه سنک کربناته میزان اکسید کلسیم بیش از ۴۰ درصد می‌باشد.

خصوصیات شیمیایی سنگ‌های کربناته
یکی از روش‌های تعیین ترکیب شیمیایی سنگ‌ها آنالیز به روش XRF می‌باشد. نتایج حاصل از سنجش به صورت اکسیدهای عناصر بیان می‌گردد. بالا بودن درصد اکسید کلسیم و پائین بودن اکسید منیزیم به توسعه فرآیندهای

به حجم آب عبوری، حساسیت سنگ‌ها در برابر انحلال و میزان گسترش سیستم درزه‌ها و شکستگی‌ها در سنگ دارد (رحیم‌پوریناب، ۱۳۸۹). با توجه به اینکه میزان حجم آب عبوری از سنگ کربناته رابطه مستقیم با میزان تخلخل و تراوایی سنگ دارد، از اینرو برای ۸ نمونه از سنگ‌های کربناته، آزمون‌های تعیین خصوصیات فیزیکی شامل درصد رطوبت، وزن مخصوص قسمت جامد و درصد تخلخل انجام شد، نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. تخلخل مقدار ظرفیت ذخیره‌سازی سیالات را نشان می‌دهد. عوامل بسیار زیادی مانند رخساره‌های رسوبی و تاریخچه دیاژنتیکی در مقدار تخلخل تاثیر می‌گذارند.

اما میزان اکسید منیزیم به ترتیب برای نمونه‌های متعلق به رخساره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب معادل ۰/۲۴، ۰/۱۱، ۰/۸، ۰/۲۱، ۰/۲۷، ۰/۷۹، ۰/۶۳، ۰/۴ درصد می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه، سنگ‌های کربناته مورد مطالعه از درجه خلوص و قابلیت انحلال بالایی برخوردارند. بنابراین شکل‌گیری پدیده‌های کارستی قابل پیش‌بینی می‌باشد.

میزان توسعه یافتگی کارست

به طور کلی فرآیند کارستی شدن بین دوره‌های افت سطح آب دریا و ایجاد رخنمون تحت‌الجوی است. میزان تخلخلی که در طی کارستی شدن ایجاد می‌گردد، بستگی

جدول ۳. نتایج تجزیه نمونه‌های مورد مطالعه

ریزر رخساره / اکسید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
SiO ₂	۲/۵۵	۱/۹۸	۳/۰۵	۲/۵	۱/۲۷	۲/۲۱	۲/۳۵	۰/۷۶
Fe ₂ O ₃	۰/۳۴	۰/۴۶	۱/۱۴	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۲۲
CaO	۴۶	۴۵/۱	۴۹/۲	۵۰	۴۴/۲	۴۹/۳	۴۹	۵۰/۰۱
Na ₂ O	۱۲/۱	۱۲/۴	۱۰/۲	۱۱/۱	۱۶	۱۱/۱	۱۱/۱۶	۷/۸
K ₂ O	۲/۵	۲/۴	۰/۷	۲/۲	۳/۲	۲	۲/۱	۱/۵۷
MgO	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۸	۰/۲۱	۱/۲۷	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۴
MnO	-	-	۰/۰۵	-	-	-	-	-
L.O.I	۳۹/۰۲	۳۹/۷	۳۹/۵	۴۰/۳	۴۰/۰۸	۳۸/۴	۴۰/۲	۴۰

جدول ۴. خصوصیات فیزیکی نمونه‌های مورد مطالعه

ریزر رخساره	درصد رطوبت	وزن مخصوص	دانسیته خشک (g/cm ³)	تخلخل (%)
۱- فنسترال مادستون	۰/۰۰۸۵	۱/۸۵۱	۲/۷۰۱	۳۱/۴۶
۲- مادستون تا وکستون میلیونیدی	۰/۰۵۶۲	۲/۶۹۴	۲/۶۹۵	۲
۳- وکستون پلوئیدی	۰/۰۸۷۴	۲/۶۵۵	۲/۶۸۸	۶/۷
۴- باندستون	۰/۰۳۱۹	۲/۵۶۴	۲/۶۰۶	۶
۵- پکستون حاوی اربیتولین		۲/۶۸۲	۲/۶۸۷	۱
۶- وکستون تا پکستون بیوکستی	۰/۰۴۳۵	۲/۶۸۲	۲/۶۸۷	۱/۶
۷- پکستون رودیستی	۰/۰۲۲۴	۲/۶۸۵	۲/۷۱۴	۴
۸- وکستون حاوی سوزن اسفنج	۰/۱۳۳۵	۲/۵۸۰	۲/۶۰۷	۲

تخلخل‌های موجود در این رخساره شامل تخلخل حفره‌ای است. از طرفی حضور فراوان شکستگی‌ها در این ریزرخساره که تحت کنترل شکستگی‌های تکتونیک با

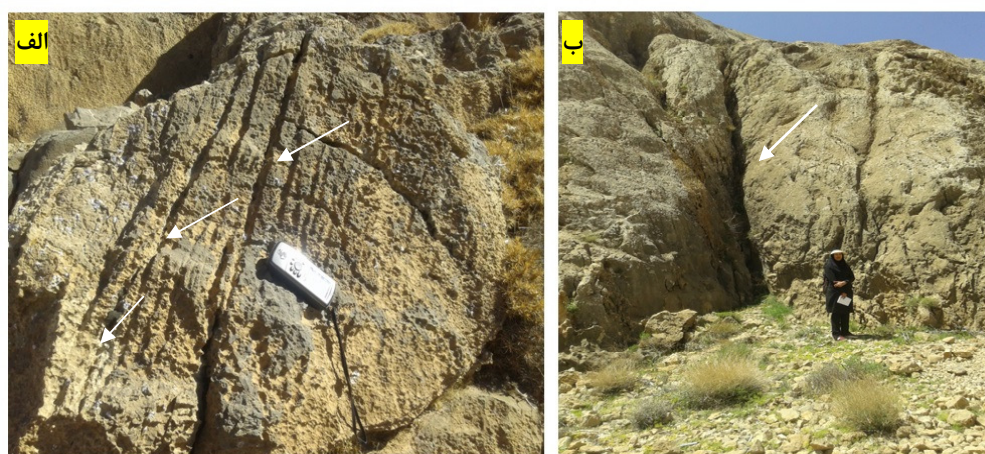
با توجه به نتایج حاصله در جدول (۴)، نمونه‌های متعلق به رخساره فنسترال مادستون در سازند سروک در توالی مورد مطالعه دارای متوسط تخلخل ۳۱/۴۶ درصد است.

حضور سیمان کلسیتی بلوکی است که فضاهای خالی را پر کرده‌اند ولی حضور ریز شکستگی‌ها موجب افزایش نفوذپذیری، توانایی حرکت آب و انحلال بالا شده و کارست‌شدگی به صورت چشمه مشاهده می‌شود (شکل ۱۱). رخساره‌های باندستون رودیستی دارای متوسط تخلخل ۶ درصد است. رخساره باندستون رودیستی سبب شده تا علاوه بر وجود فضای خالی بین‌دانه‌ای اولیه، تخلخل حفره‌ای و تخلخل درون‌دانه‌ای بر اثر انحلال دانه‌های کربناته ایجاد گردند و از طرف دیگر حضور شکستگی‌ها باعث اتصال فضای خالی بین دانه‌ای با تخلخل حفره‌ای شده و به تبع با افزایش میزان نفوذ آب، میزان انحلال نیز افزایش یافته و کارست‌شدگی به مرور زمان در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌ها توسعه می‌یابد (شکل ۱۲).

مقیاس بزرگ‌تر ناشی از تنش‌های فشارشی و خمشی در تاق‌دیس رگ‌حنا تشکیل شده‌اند با اتصال حفرات مجزا از هم، باعث ایجاد محیط‌هایی با تراوایی بالا شده و به تبع شرایطی را فراهم آورده است که آب به راحتی به درون توده کربناته نفوذ کرده و باعث توسعه کارست و تنوع اشکال کارستی شده است (شکل‌های ۸ و ۹). نمونه‌های متعلق به رخساره وکستون میلیوئیدی دارای متوسط تخلخل ۲ درصد و شامل تخلخل‌های (قالبی و درون دانه‌ای) است که علیرغم گل‌پشتیبان بودن این ریزرخساره، حضور شکستگی‌ها و ریزشکستگی‌ها باعث ارتباط این فضاهای خالی به یکدیگر شده، توانایی حرکت آب را افزایش داده و توسعه کارست‌شدگی را به همراه داشته است (شکل ۱۰). رخساره وکستون پلوئیدی دارای متوسط تخلخل ۶/۷ درصد است. با توجه به بافت وکستون/پکستونی رخساره، میزان پائین تخلخل به دلیل



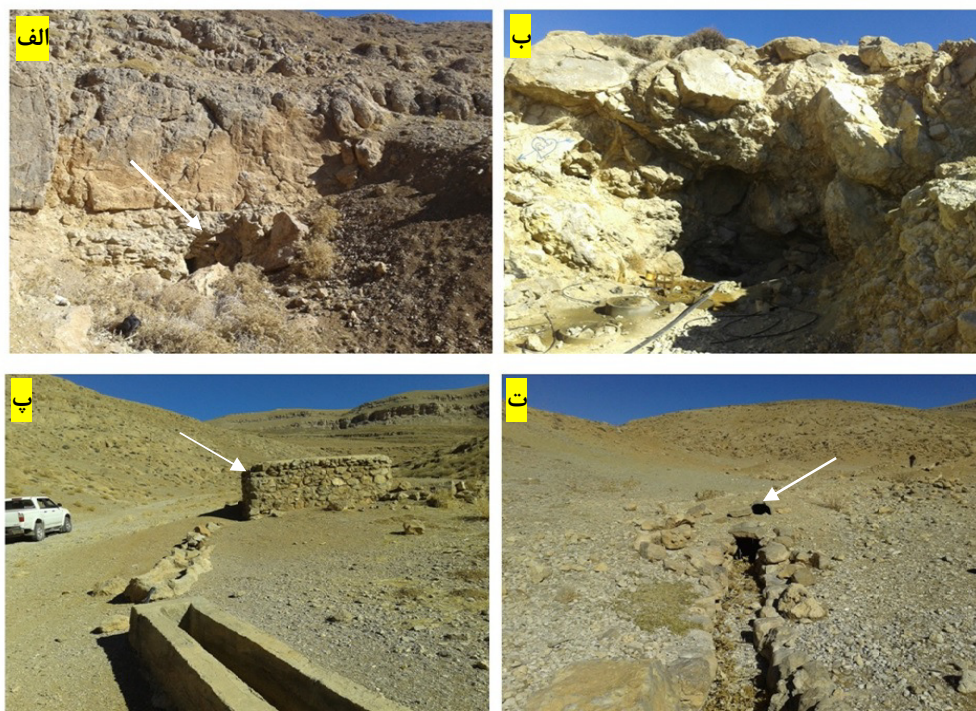
شکل ۸. اشکال کارستی مربوط به رخساره فنسترال مادستون. الف) حفره‌ی انحلالی، ب) دهانه پونور



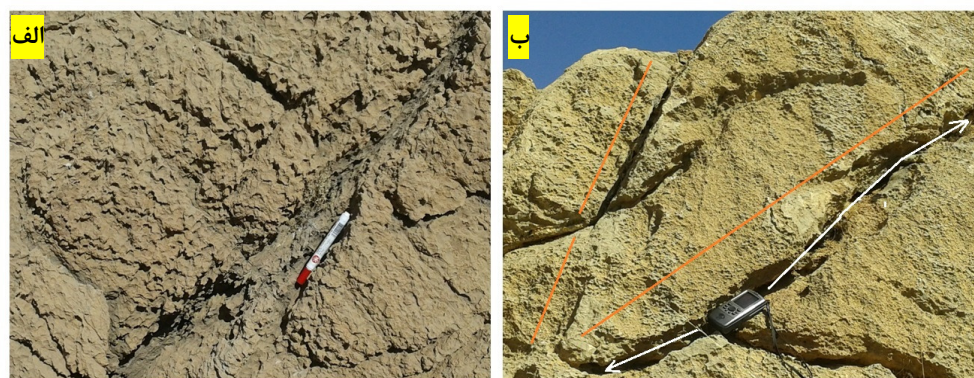
شکل ۹. اشکال کارستی مربوط به رخساره فنسترال مادستون الف) کارن‌های شیاری، ب) گرایک



شکل ۱۰. اشکال کارستی مربوط به رخساره میلیوئیدی. الف) رین پیت ب) انحلال در طول درزه‌ها و شکستگی‌ها و تشکیل غارک



شکل ۱۱. اشکال کارستی مربوط به رخساره وکستون پلوئیدی: الف و ب) چشمه‌های درز و شکافی، پ و ت) چشمه‌های گسله (چشمه‌ها فصلی هستند).

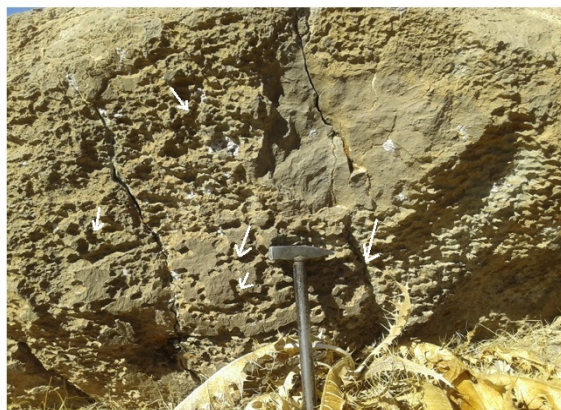


شکل ۱۲. اشکال کارستی مربوط به رخساره باندستون رودیستی: الف) رین پیت، ب) کارن‌های درزه‌ای

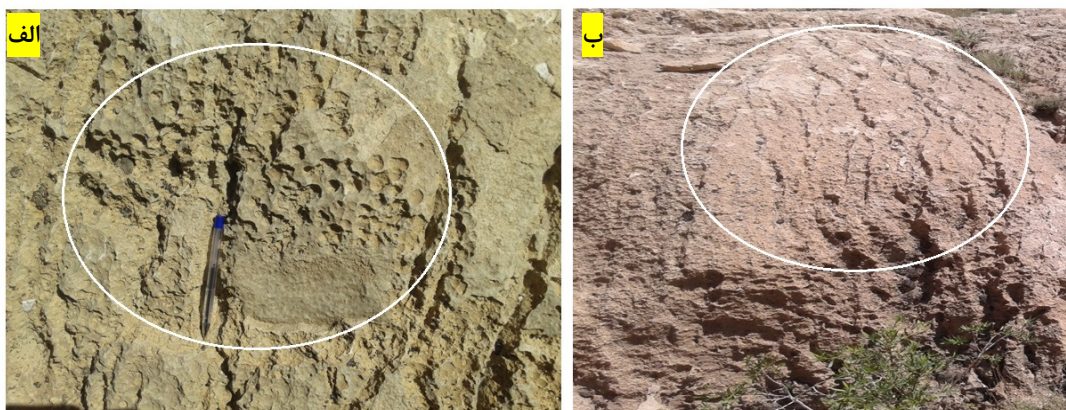
محیط‌های مختلف، این ویژگی را تخریب کرده و فابریک جدیدی را برای این ریزرخساره رقم زده است. فشردگی عاملی مهم در کاهش تخلخل در این ریزرخساره بوده است. از طرفی سیمان هم‌بعد دانه ریز فضای خالی بین دانه‌های را پر کرده و مانع توانایی حرکت آب در این ریزرخساره شده است. در نتیجه با محدودیت نفوذ آب، از میزان انحلال کاسته و اشکال کارستی مشاهده شده محدود به رین پیت و ریل کارن هستند (شکل ۱۴).

در رخساره پکستون حاوی اربیتولین بزرگ متوسط تخلخل ۱ درصد است. تشکیل فراوان سیمان‌های کلسیتی هم‌بعد از میزان نفوذپذیری کاسته است که این امر کاهش توانایی حرکت آب را در پی داشته و کارست شدگی توسعه قابل توجهی ندارد (شکل ۱۳).

در رخساره وکستون تا پکستون بیوکلسیتی/ اکینوئیدی متوسط تخلخل ۱/۶ است. این ریزرخساره با توجه به داشتن بافتی دانه غالب از تخلخل اولیه خوبی برخوردار بوده است ولی فرآیندهای دیاژنزی رخ داده بر روی آن در



شکل ۱۳. اشکال کارستی مربوط به رخساره پکستون حاوی اربیتولین. (میکروکارن)



شکل ۱۴. اشکال کارستی مربوط به رخساره وکستون تا پکستون بیوکلسیتی/ اکینوئیدی. الف) کارن‌های لانه زنبوری، ب) ریل کارن

۱۶ و ۱۷). رخساره وکستون حاوی سوزن اسفنج دارای مقدار متوسط تخلخل ۲ درصد و از نوع ریز تخلخل ماتریکس و درون دانه‌ای و بین بلوری بوده ولی به دلیل حضور شکستگی‌های باز و نیمه باز در این ریزرخساره، ارتباط بین فضاهای خالی و نفوذپذیری آب افزایش یافته و کارست شدگی از توسعه نسبتاً خوبی برخوردار است (شکل‌های ۱۸ و ۱۹).

در ریزرخساره پکستون رودیستی حضور سیمان‌های کلسیتی باعث مسدود شدن فضاهای خالی بین دانه‌ای اولیه و کاهش میزان تخلخل (متوسط ۴ درصد) شده است. با این حال حضور شکستگی‌های فراوان، سبب ارتباط تخلخل‌های بین دانه‌ای و درون دانه‌ای با همدیگر شده، میزان نفوذ آب و انحلال را افزایش داده است و بیش‌ترین تنوع اشکال کارستی، پس از رخساره فنسترال مادستون در این رخساره مشاهده می‌شود (شکل‌های ۱۵،



شکل ۱۵. اشکال کارستی مربوط به رخساره پکستون رودیستی. الف) دیش کارن، ب) ریل کارن



شکل ۱۶. اشکال کارستی مربوط به رخساره پکستون رودیستی الف، ب) حفره‌های انحلالی



شکل ۱۷. اشکال کارستی مربوط به رخساره پکستون رودیستی الف) دهانه غارک، ب) غار در حال توسعه



شکل ۱۸. اشکال کارستی مربوط به رخساره وکستون حاوی سوزن اسفنج. میکروکارن



شکل ۱۹. اشکال کارستی مربوط به رخساره وکستون حاوی سوزن اسفنج الف، ب) حفرات انحلالی

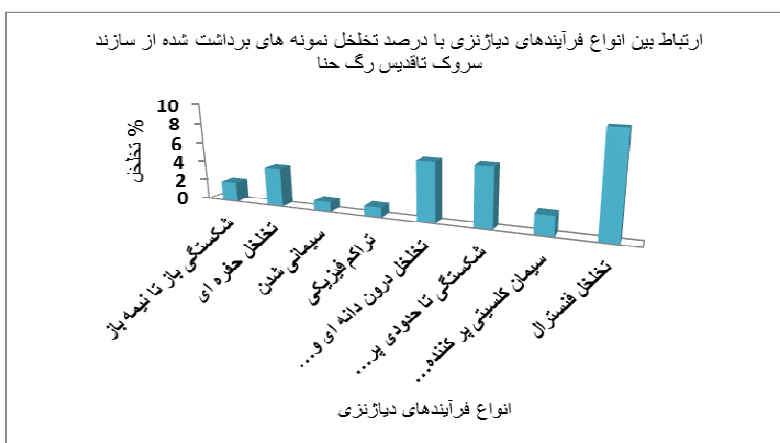
نتیجه‌گیری

مطالعات پتروگرافی بر روی نمونه‌های کربناته سازند سروک در تاق‌دیس رگ‌حنا منجر به شناسایی ۸ ریزرخساره متعلق به چهار کمربند رخساره‌ای پهنه جزرومدی، لاگون، سد و دریای باز شد. بر اساس مطالعات آزمایشگاهی، درصد اکسید کلسیم و اکسید منیزیم سنگ‌های کربناته به ترتیب بیش از ۴۰ درصد و حداکثر ۱/۲۷ درصد است، بنابراین شکل‌گیری پدیده‌های کارستی قابل پیش‌بینی می‌باشد. بر اساس مشاهدات صحرایی انواع پدیده‌های کارست مانند، حفره‌های انحلالی، پونور، غارک، چشمه‌های کارستی و انواع کارن‌ها در منطقه قابل مشاهده است. به طور کلی فرآیندهای دیاژنزی به همراه ویژگی‌های بافتی و رخساره‌ای بر میزان تراوایی و در نتیجه کنترل توسعه کارست تاثیر گذار بوده‌اند. با توجه به بررسی انواع فرآیندهای دیاژنزی و ارتباط نسبی زمانی تشکیل آن‌ها می‌توان نتیجه گرفت که فرآیندهای دیاژنزی موجود در سازند سروک در سه محیط دریایی، تدفینی و جوی رخ داده است. فرآیندهای دیاژنزی مشاهده شده در توالی مورد مطالعه شامل تراکم (فیزیکی و شیمیایی)، سیمانی شدن (کلسیتی هم‌بعد ریز بلور، دروزی، بلوکی)، انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن می‌باشد. فرآیند انحلال از طریق بزرگ‌تر کردن فضاهای خالی بین دانه‌ای سبب تشکیل شبکه‌ای بهم پیوسته از فضاهای خالی در ریزرخساره مادستون فنسترال گردیده است و به تبع شرایطی را فراهم آورده است که آب به راحتی به درون توده کربناته نفوذ کرده و باعث توسعه

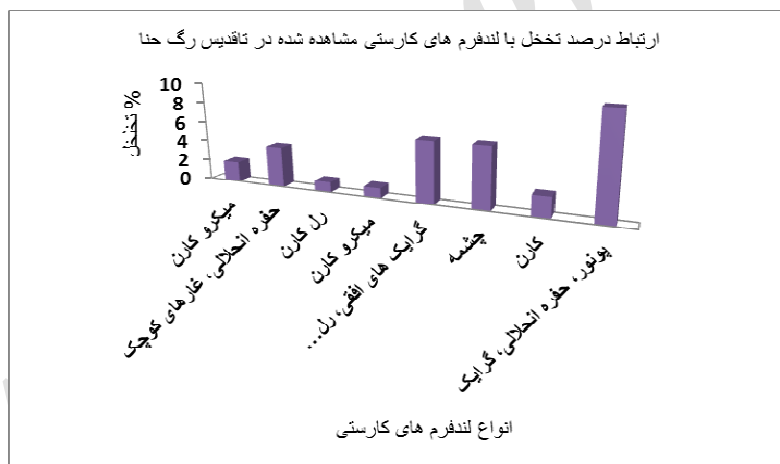
کارست و تنوع اشکال کارستی شده است. دولومیت‌های شکل‌دار سبب ایجاد تخلخل بین‌بلوری در ریزرخساره وکستون میلیوئیدی شده و میزان تخلخل آن را افزایش داده ولی گسترش زیادی ندارد از طرفی فرآیند شکستگی در این ریزرخساره توانایی حرکت آب را افزایش داده و توسعه کارست‌شدگی را به همراه داشته است. فرآیند سیمانی شدن (بلوکی) در ریزرخساره وکستون پلوئیدی فضاهای خالی را پر کرده است و از طرفی فرآیند شکستگی مربوط به مرحله تلوزن، موجب افزایش نفوذپذیری، توانایی حرکت آب و انحلال بالا شده و کارست‌شدگی به صورت چشمه قابل مشاهده است. فرآیند انحلال در ریزرخساره‌ی باندستون رودیستی سبب افزایش میزان نفوذ آب شده و فرآیند شکستگی به عنوان فاکتور دوم بر میزان توانایی حرکت آب اثر گذاشته و کارست‌شدگی به مرور زمان توسعه یافته است. فرآیند سیمانی شدن (کلسیتی هم‌بعد ریز بلور) در ریزرخساره پکستون حاوی اربیتولین از میزان نفوذپذیری کاسته است که این امر کاهش توانایی حرکت آب را در پی داشته و کارست‌شدگی توسعه قابل‌توجهی ندارد. فرآیند تراکم (فیزیکی) در ریزرخساره وکستون تا پکستون بیوکلسیتی/اکینوئیدی عامل کاهش تخلخل در این ریزرخساره است. هم‌چنین سیمان هم‌بعد دانه ریز فضای خالی بین دانه‌ای را پر کرده و مانع توانایی حرکت آب در این ریزرخساره شده است. در نتیجه با محدودیت نفوذ آب، از میزان انحلال کاسته و اشکال کارستی مشاهده شده محدود به رین‌پیت و ریل‌کارن هستند. فرآیند

یافته و کارست‌شدگی از توسعه نسبتاً خوبی برخوردار است. به نظر می‌رسد شناسایی و میزان عملکرد فرآیندهای دیاژنزی می‌تواند کمک شایانی به تفکیک زون‌ها، از نظر توسعه تخلخل و نفوذپذیری و به تبع کنترل کارست‌شدگی در منطقه مورد مطالعه نماید (نمودارهای ۱ و ۲).

شکستگی در ریزرخساره پکستون رودیستی سبب ارتباط تخلخل‌های بین‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای با همدیگر شده، میزان نفوذ آب و انحلال را افزایش داده است و بیش‌ترین تنوع اشکال کارستی، پس از رخساره فنسترال مادستون در این رخساره مشاهده می‌شود. فرآیند شکستگی در ریزرخساره وکستون حاوی سوزن اسفنج باعث افزایش ارتباط بین فضاهای خالی شده و نفوذپذیری آب افزایش



نمودار ۱



نمودار ۲

سروک در تاق‌دیس فهلیان. نشریه زمین‌شناسی نفت ایران، شماره ۱۱، ص ۴۲-۲۲. اسعدی، ع.، هنرمند، ج.، رحمانی، ع.، رئیسی، ع. ر (۱۳۹۴) شناسایی و تفسیر رخساره‌های رسوبی و دیاژنزی از طریق مفهوم رخساره لاگ‌ها، مطالعه موردی از مخزن سروک در یکی از میدین بزرگ نفتی جنوب غرب ایران، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۱۰۳-۱۱۹.

سیاسگزاری

از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان برای در اختیار گذاشتن امکانات صحرائی سپاسگزاری می‌شود. هم‌چنین از داوران محترم این مقاله بابت حسن توجه و نظرات ارزنده‌شان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

احمدی‌حیدری، ا.، وزیری‌مقدم، ح.، صیرفیان، ع.، طاهری، ع (۱۳۹۵) زیست‌چینه‌نگاری و چینه‌نگاری سکاسی سازند

- معینی، م.، رحیم‌پوریناب، ح.، توکلی، و.، مرادپور، م.، معدنی‌پور، س.، رضایانه، ح (۱۳۹۳) زون‌بندی و تعیین گونه‌های سنگی مخزن بنگستان بر اساس بررسی‌های رسوب‌شناختی و پتروفیزیکی در میدان سرکان، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۴، ص ۷۴-۵۰.
- میرزابائی، ن.، موسوی، م. ر.، آدابی، م. ح.، اسدی مهماندوستی، ا (۱۳۹۱) میکروفاسیس‌ها و محیط‌رسوبی سازند سروک در میدان نفتی هندیشان، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- Ahr, W. M (2008) Geologi of carbonate reservoirs. John wily and sons, chichester, 296p.
- Aqrawi, A. A. M., G. A. Thehni, G. H. Sherwani, and B. M. A. Kareem (2007) Mid-Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Mishrif Formation: an important reservoir sequence in the Mesopotamina basin, Iraq: Journal of Petroleum Geology, 21: 57-82.
- Choquette, P. W. & Pary, L. C (1970) Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. A. A. P. G. Bull., 207-250.
- Dunham, R. J (1962) Classification of Carbonate Rocks according to depositional Texture. In: Ham, W. E. (ed), Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1: 108-121.
- Ehrenberg. S. N., Nadeau. P. H., Steen. Q (2009) Petroleum Veservoir Porosity versus depth: In fluence of geological age, American Association of petroleum Geologist, 93: 1281-1296.
- Embry, A. F. & Klovan, J. E (1971) Alat Devonian Reef tract on Northeastern Banks Island, N. W. T. Bullcan. Petrol.Geol, 4 (19): 730-781.
- Fluge, E (2004) Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 976P.
- Flugel, E (2010) Microfacies of Carbonate Rocks. Springer-Verlag, Berlin, 976 P.
- Ford, D. C. & Williams, P. W (2007) Karst hydrogeology and Geomorphology. John Wiley & Sons Ltd., 562 P.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghadam, H., Taheri, A., Taati, F (2010) Microfacies and depositional environment of the cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 37: 275-285, Hot paper.
- Ghobadi, M. H (2010) Engineering Geology of Karst. Hamadan, Iran, Bu Ali Sina University. P. 152. In persian.
- Hajikazemi, E., AL-Aasm, I. S. & coniglio, M (2010) subaerial exposure and meteoric diagenesis of the cenomanian- turonian upper sarvak formation, southwestern Iran.
- توکلی، و.، رحیم‌پوریناب، ح.، الیاسی، م.، رفیعی، م (۱۳۹۶) بررسی دلایل گسترش و تاثیر شکستگی‌های غیر تکنونیک در مخازن کربناته، شماره ۶۹، ص ۳۷-۵۲.
- رحیم‌پوریناب، ح (۱۳۸۹) سنگ‌شناسی کربناته (ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۷ص.
- رحیم‌پوریناب، ح.، جمالیان، ع.، توکلی، و.، سرمدی، ر.، یامینی، ع. ر (۱۳۹۳) محیط رسوبی، دیاژنز و تکامل ویژگی‌های مخزنی سازند سروک در میدان نفتی سروستان، جنوب شرقی شیراز، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۳، ص ۳۰-۴۷.
- سرمدی، ر.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا (۱۳۹۰) بررسی میکروفاسیس‌ها و محیط‌رسوبی سازندهای مخزنی ایلام و سروک در میدان نفتی سعادت‌آباد. مجله پژوهش نفت، شماره ۹۰، ص ۱۶۱-۱۷۳.
- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۸۸) گزارش مطالعه ژئوالکتریک دشت‌های قبر کيخا، دشت‌حنا، دشت گاو تپه و دشت کمه.
- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۹۲) گزارش ادامه مطالعه و بیان محدوده مطالعاتی سمیرم.
- عباساقي، ف.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، محمودی قرایی، م. ح.، آورجانی، ش (۱۳۹۱) میکروفاسیس، محیط‌رسوبی و دیاژنز سازند سروک در یکی از میداين نفتی جنوب‌غرب ایران. کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی، دوره ۱.
- غلامی‌زاده، پ. و آدابی، م. ح (۱۳۹۰) مطالعه فرآیندهای دیاژنتیکی و تغییرات ژئوشیمیایی عناصر فرعی سازند سروک در جنوب ایران. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی. شماره ۴۲، ص ۵۳-۷۲.
- محرابی، ح.، رحیم‌پوریناب، ح (۱۳۹۱) دیاژنز و چینه‌نگاری سکانسی سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور در بخش غربی ناحیه فروفادگی دزفول، فصلنامه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی.
- محسنی، ح.، حبیبی، ا.، قنواتی، ک (۱۳۹۴) ریزرخساره‌ها، محیط‌رسوبی، چینه‌شناسی سکانسی و فرآیندهای دیاژنتی سازند سروک در میدان نفتی مارون، فصلنامه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۲.
- محمودی‌رنانی، ا.، طاهری، ع (۱۳۹۰) ریزرخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانسی سازند سروک در شمال‌شرق گچساران (تنگ گرگدار). نشریه رخساره‌های رسوبی، شماره ۴ (۲)، ص ۱۸۸-۱۹۸.
- مطیعی، ه (۱۳۷۲) چینه‌شناسی زاگرس. سازمان زمین‌شناسی کشور.

- Geological society, london special publication 330: 253-272.
- Heldt, M., M. Bachmann and j. Lehmann (2008) Microfacies, biostratigraphy and geochemistry of the hemipelagic Barremian – Aptian in north central Tunisia: Influence of the OAE 1a on the Southern Tethys margin: *palaeos*, 261: 246-260.
- Lucia, F. J (2007) carbonate reservoir characterization. Springer-verlag, Berlin, 341p.
- Mahmoudi Renani E, Taheri A (2012) Microfacies and sequence Stratigraphy of Sarvak formation in north west of Gachsaran (Tange-Gorgodar). *Journal of Sciences, University of Mashhad*, 4 (2): 188-198.
- Pomar, L (2001) Types of Carbonate Platforms: a genetic approach. *Basin Reserch*, 13 (3): 313-334.
- Pomar, L (1991) Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level change. upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38 (2): 243-269.
- Rahiminejad, A., Vaziri Moghadam, H., Sirafian A. and Amiri Bakhtiar, H (2006) Biostratigraphy and Microfacies of Sarvak Formation in Gachsaran oil field well No. 55. *Jurnal of Sciences, University of Isfahan*, 23 (1): 87-103.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Enayati-Bidgoli, A. H. & Omidvar, M (2012) Coupled imprints of tropical climate and recurring emergence on reservoir evolution of a mid cretaceous carbonate ramp, zagros basin, southwest Iran, *cretaceous Research*, 37: 15-34.
- Safdari Adimi, H., Vaziri-Moghadam, H., Seyrafian, A., Ghobeishavi, A., Taheri, A (2010) Sequence Stratigraphy and microfacies Analysis of Sarvak Formation in Southwest of Firozabad area. *Journal of Sciences, University of Mashhad*, 3 (1): 48-60.
- Taheri, A., Soradeghi, H (2011) Sequence Stratigraphy and microfacies Analysis Sarvak Formation in Southwest of Firozabad Area.
- Tomasovych, A (2004) Microfacies and depositional environment of an Upper Triassic intra-platform carbonate basin: the Fatric Unit of West Carpathians (Slovakia). *Facies*, 50: 77-105.
- White, W. B (1988) *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press.
- Wilson, J. L (1975) *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, New York, 471 P.