

ارتباط ریزرخساره‌های رسوبی و فرآیندهای دیاژنزی در گسترش 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 - گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز

نویسنده مسئول: Najafzadeh.adel@yahoo.com *

دریافت: ۹۷/۸/۶ پذیرش: ۹۸/۳/۱۸

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی میزان تاثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های کربناته در ایجاد و گسترش زمیندیس‌های کارستی، واحدهای کربناته سازند سروک در تاکدیس رگ حنا (جنوب اصفهان) مورد بررسی قرار گرفت. این سازند از توالی ستبری از نهشته‌های کربناته ساخته شده است و پدیده‌های زمینریخت‌شناسی کارست مانند کارن‌ها، حفره‌های انحلالی، پونور و چشمه‌های کارستی به خوبی دیده می‌شوند. سازند سروک در محدوده مورد بررسی از ۸ ریز رخساره رسوبی ساخته شده است که در زیر محیط کسندگی، لاگون، سدی و دریای باز نهشته شده‌اند. با توجه به نتایج واکاوی 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 شناسایی شد. فرآیندهای دیاژنزی تاثیرگذار بر تخلخل سازند سروک در منطقه شامل فشردگی، سیمانی‌شدن، انحلال، شکستگی و دولومیتی‌شدن هستند. ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان بخش لاگون به دلیل تاثیر انحلال و شکستگی بیشتر در آن‌ها، دارای تخلخل بهتری هستند و تنوع بیشتری از زمیندیس‌های کارستی دارند. از این رو شناسایی میزان تخلخل و بررسی فرآیندهای دیاژنزی بر روی سنگ‌های کربناته می‌تواند کمک شایانی به جداسازی زون‌ها از دید توان گسترش کارست نماید.

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

پیشگفتار

کارستی سازند سروک در تاکدیس رگ‌حنا پرداخته می‌شود. افزون بر آن، تغییرات ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند در این منطقه نیز بررسی شده است. ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند سروک در نواحی مختلف حوضه زاگرس مانند میدان نفتی سعادت آباد (سرمدی و همکاران، ۱۳۹۰)، شمال‌خاور گچساران (تنگ‌گرگدار) (محمودی رنایی و طاهری، ۱۳۹۰)، میدان نفتی آب تیمور در بخش باختری ناحیه فروفاتادگی دزفول (مهرابی و رحیم‌پوربناب، ۱۳۹۱)، میدان نفتی هنديجان (میرزابائی و همکاران، ۱۳۹۱)، جنوب‌باختر ایران (عباسقی 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) بررسی شده است. همچنین بررسی‌های رسوب‌شناختی و پتروفیزیکی در مخزن بنگستان از جمله سازند سروک واقع در میدان سرکان (معینی و همکاران، ۱۳۹۳) انجام

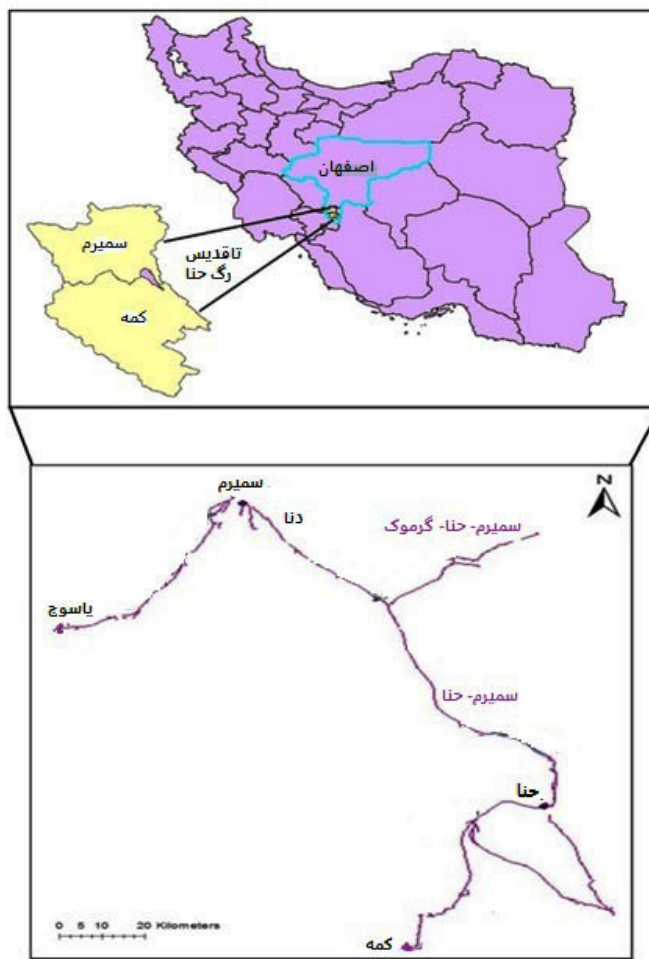
کارست یکی از مهم‌ترین زمیندیس‌های حاصل از انحلال سنگ‌های آهکی یا دولومیتی است. این پدیده زمین‌شناسی نتیجه نفوذ آب دارای گاز کربنیک از راه درز و شکاف‌های موجود در این سنگ‌ها و انحلال تدریجی و گسترش آن‌ها در طول زمان است. بر پایه مدل تفهیمی وایت (۱۹۸۸) میزان گسترش کارست در یک منطقه، نتیجه تعامل میان سه نیروی پیش برنده فیزیکی، شیمیایی و وضعیت آب زیرزمینی منطقه است که این سه نیرو دربرگیرنده عناصری شامل: بارش، دما، فشار CO_2 ، پستی و بلندی، وضعیت چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی، ستبری لایه کربناته و جایگاه زمینساختی منطقه هستند. از میان فاکتورهای عنوان شده، حضور سنگ کربناته با قابلیت انحلال بالا مهم‌ترین مولفه در گسترش کارست به شمار می‌رود. در این پژوهش به بررسی نقش ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در گسترش زمیندیس‌های

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 بررسی سن کرتاسه میانی (آلبین- تورونین) دارند. این سنگ‌ها به دلیل کارکرد شدید زمینساختی، به شدت خرد شده و دارای تخلخل ثانویه بالایی می‌باشند. با توجه به میانگین دمای سالانه ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۲۹۸/۸ میلی‌متر، منطقه جزو اقلیم نیمه‌خشک محسوب می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۲). تاقدیس رگ‌حنا با نزدیک 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 تاقدیس، می‌تواند حاصل کنش گسل اصلی حنا باشد که سازوکار راندگی و راست لغز دارد (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۸۸).

شده است. در این پژوهش افزون بر شناسایی ریزرخساره‌ها و محل ته‌نشست آن‌ها، ارتباط بین ریزرخساره‌ها و فرآیندهای دیانزی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سنگ کربناته و تاثیر آن‌ها بر کارست‌شدگی در سازند سروک تاقدیس رگ‌حنا، مورد بررسی قرار گرفته است.

جایگاه جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

تاقدیس رگ‌حنا در جنوب استان اصفهان در محدوده سمیرم- کمه در زون زاگرس بلند 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 خاوری واقع شده است (شکل ۱). زاگرس بلند با پهنای ۱۰ تا ۶۵ کیلومتر به صورت نواری کم پهن است که بلندترین بخش کوه‌های زاگرس را می‌سازد. مرز شمال خاوری این زون به راندگی اصلی



شکل ۱. جایگاه جغرافیایی و نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد بررسی

مواد و روش‌ها

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

بررسی ریزرخساره‌ها

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

الف) کمربند رخساره‌ای پهنه کشندی

ریزرخساره مادستون با فابریک فنسترال T

این رخساره دارای زمینه تیره و دانه ریز میکرایتی 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 مانند خشک‌شدن، تغییر شکل در رسوبات نرم، خروج حباب گاز، قالب‌های تبخیری، حفاری به وسیله سیانوباکتری‌ها و آبگیری لجن‌های کربناته‌ها در ساخته 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 ویژگی‌های یاد شده می‌توان این ریزرخساره را با ریزرخساره RMF 23 مقایسه کرد که وابسته به کمربند رخساره‌ای محیط میان‌کشندی (اینترتایدال) از محیط رمپ داخلی می‌باشد.

ب) کمربند رخساره‌ای لاگون

ریزرخساره مادستون تا وکستون میلیوئیده L1

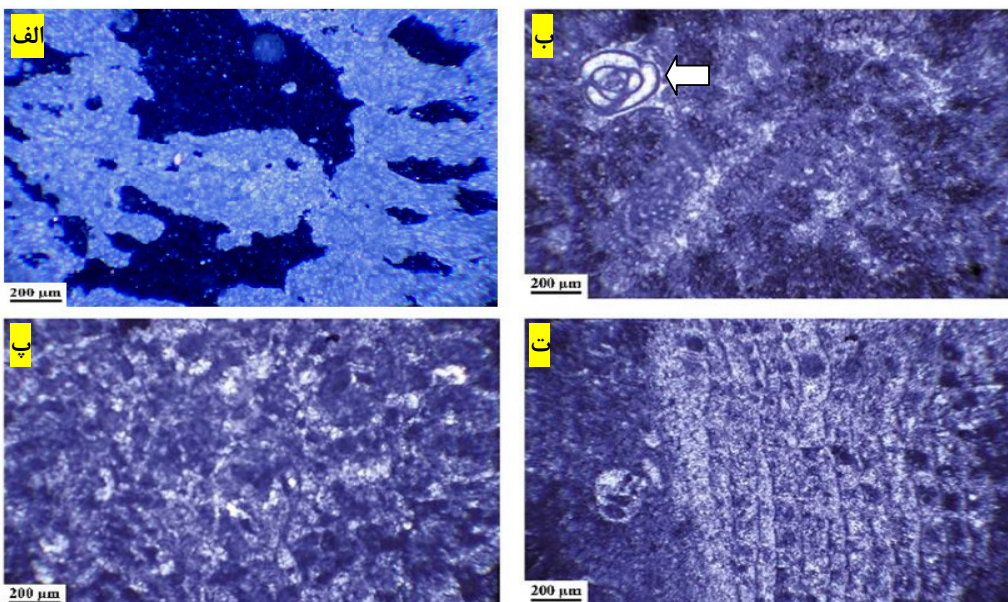
عناصر اصلی در این میکروفاسیس را ۱۰ تا ۱۵ درصد فرامینیفرهایی از خانواده میلیوئیده دارند که همراه با ۵ درصد آلوکم غیراسکلتی پلوتید در زمینه میکرایتی پراکنده شده‌اند (شکل ۲ ب) تنوع کم فونا و چیرگی میکرایت نشانگر کم انرژی بودن محیط و ارتباط محدود آن با دریای باز است (فلوگل، ۲۰۱۰). میلیوئیدها در انواع محیط‌های آبی کم ژرف از نیمه‌شور تا خیلی‌شور و محیط‌های پشت ریف که میزان مواد مغذی زیاد است، قادر به زندگی هستند. با توجه به ویژگی‌های گفته شده می‌توان این ریزرخساره را برابر ریزرخساره پیشنهادی ۲۰ معرفی شده توسط فلوگل دانست. بر پایه موارد گفته شده این ریزرخساره در بخش‌های محصورتر تالاب و نزدیک‌تر به محیط کشندی ساخته شده است که به رمپ داخلی تعلق دارد.

ریزرخساره پکستون پلوئیدی L2

دانه‌های اصلی سازنده این رخساره دانه‌های بایوکلاستی همچون استراکود (۱۰ تا ۲۰ درصد) و گاستروپود (۵ تا ۱۵ درصد) و قطعات فرعی مانند اکینودرم هستند. افزون بر دانه‌های بیوکلاستی گفته شده، به مقدار زیادی

ناچیز و بیشتر با توجه به غالب بودن پلوتید، محیط رسوب‌گذاری این ریزرخساره به محیط تالاب کم انرژی و محدود شده که ارتباط محدودی با دریای باز دارد نسبت داده می‌شود (توماس ویچ، ۲۰۰۴). این ریزرخساره را می‌توان برابر RMF 2 فلوجل در نظر گرفت.

دانه‌های پلوتید (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 این ریزرخساره



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

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

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

براکیوپود، رودیست می‌سازد. با توجه به این که این رخساره همراه با توالی‌های ریزرخساره‌های دریای باز دیده شده‌اند، هم‌چنین وجود اربیتولین 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

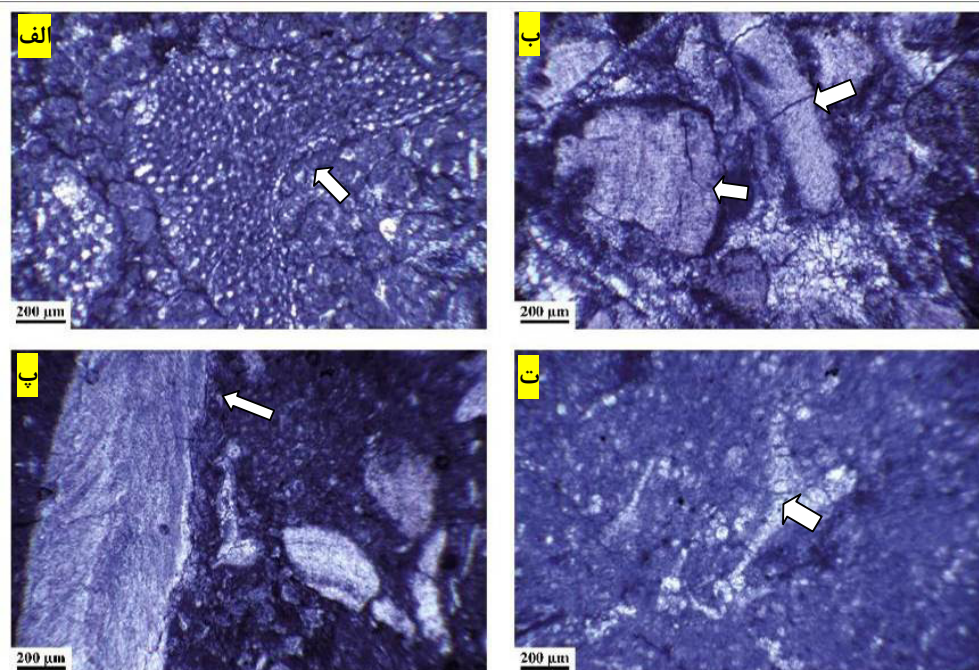
ریزرخساره پکستون دارای اربیتولین O1: آلوکم اصلی این رخساره اربیتولین به میزان ۱۰ تا ۵۰ درصد است که به صورت اربیتولین‌های مخروطی و دیسکی شکل دیده می‌شوند (شکل ۳ الف). آلوکم‌های فرعی این رخساره را که مجموع آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد است، خرده‌های اسکلتی شامل خارپوستان، استراکود،

یک زمینه میکرایتی قرار دارند. (شکل ۳ پ). از آنجائی که رودیست‌ها در بخش‌های کم ژرف حوضه رسوبی گسترش داشته‌اند، بر اثر کارکرد امواج و جریان‌ها، قطعاتی از آن‌ها خرد شده و به این محیط منتقل شده‌اند. بر این پایه و همچنین با توجه به این که در این ریزرخساره سنگواره وابسته به محیط مرداب دیده نشد، این ریزرخساره وابسته به بخش‌های کم ژرف دریای باز و رمپ میانی است و می‌توان آن را برابر RMF7 فلوگل در نظر گرفت.

ریزرخساره وکستون دارای 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 ژرف‌تر و زیر سطح امواج طوفان فلوگل (۲۰۱۰) است. این ریزرخساره را می‌توان برابر RMF 1 فلوگل در نظر گرفت که به زیر محیط رمپ خارجی و بخش‌های ژرف حوضه تعلق دارد.

ریزرخساره وکستون تا پکستون بیوکستی/ اکینوئیدی O2: این میکروفاسیس از ۱۰ تا ۳۰ درصد آلوکم ساخته شده که به صورت پراکنده در زمینه میکرایتی قرار گرفته است. ۱۵ تا ۲۰ درصد اجزاء اصلی ساخته‌دهنده 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 بخش منتقل شده‌اند. فراوانی موجودات استنوهالین مانند اکینوئید و بافت گل‌پشتیبان نشان‌دهنده شرایط محیطی کم انرژی بخش‌های کم ژرف دریای باز است (فلوگل، ۲۰۰۴ و غبیشاوی، ۲۰۱۰). این رخساره را می‌توان برابر RMF13 فلوگل دانست.

ریزرخساره پکستون رودیستی O3: در این میکروفاسیس فراوانی فسیل‌های پلانکتون مانند 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 یادشده در



شکل ۳. ریزرخساره‌های سازند سروک در ناقدیس رگ حنا الف) پکستون دارای اربیتولین، ب) وکستون تا پکستون بیوکستی، پ) پکستون رودیستی، ت) وکستون دارای سوزن اسفنج (در زیر پهنه دریای باز)

فرآیندهای دیاژنزی

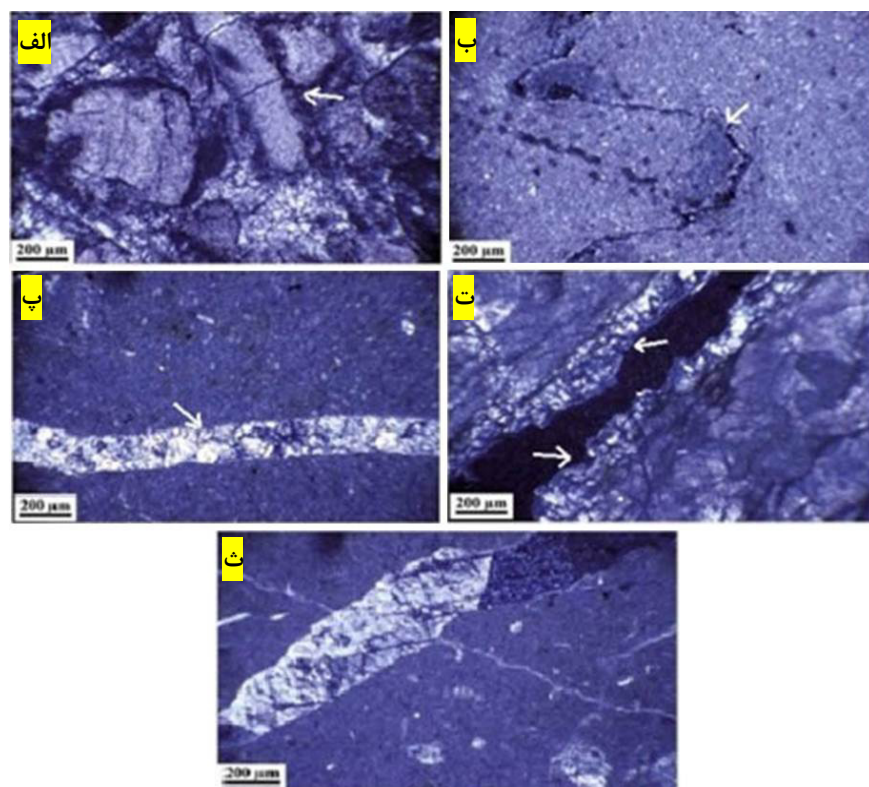
فرآیندهای دیاژنزی بسیاری از ویژگی‌های پتروفیزیکی سنگ‌های کربناته را تغییر می‌دهند. فرآیندهای دیاژنزی که بر کیفیت تخلخل سازند سروک تاثیر گذار بوده و در بُرش‌های میکروسکوپی دیده شده‌اند به شرح زیر است:

فشردگی مکانیکی: دو فاز فشردگی در سازند سروک دیده شد. (۱) فشردگی فیزیکی که با خردشدگی مکانیکی دانه‌ها و دگرشکلی اجزای بیوکستی بویژه اجزای رودیستی، دوکفه‌ای‌ها و واریزه‌های اکتینودرمی شناسایی می‌شود. (۲) فشردگی 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 بررسی معمولاً فشردگی فیزیکی در ریزرخساره دانه پشتیبان گرینستون بیوکستی / اکتینوئیدی، از راه خردشدن اجزای اسکلتی بویژه رودیست‌ها و خرده‌های اکتینوئیدی نقش مهمی در کاهش اندازه منافذ دارد (شکل ۴ الف). عموماً با توجه به ماهیت گل پشتیبان بیش‌تر رخساره‌های سازند سروک، گسترش فرآیندهای مرتبط با فشردگی شیمیایی نسبت

به فشردگی فیزیکی، بیش‌تر دیده می‌شود. پدیده‌ی فشردگی شیمیایی در رخساره‌های وکستون دارای سوزن اسفنج (شکل ۴ ب) سازند سروک در توالی مورد بررسی به صورت استیلولیتی شدن همراه با ایجاد شکستگی‌ها در زمینه‌ی میکرایت نمایان شده است.

سیمانی‌شدن: سیمانی شدن یکی از فرآیندهای مهم دیاژنزی 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 ریز بلور: این نوع سیمان در توالی مورد بررسی، بخشی از تخلخل میان دانه‌ای در گرینستون بیوکستی را پر کرده است (شکل ۴ پ). حاجی کاظمی (۲۰۱۰) همانند این سیمان را در سازند سروک در جنوب باختری ایران دیده و ساخت آن را به محیط جوی نسبت داده‌اند.



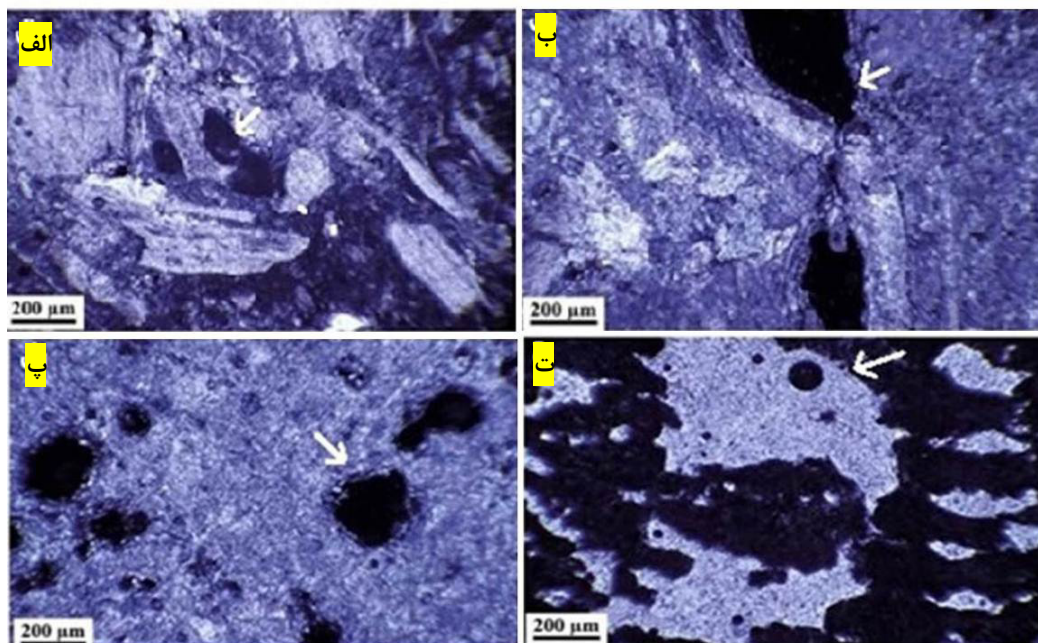
شکل ۴. فرآیندهای دیاژنزی مهم مشاهده شده در سازند سروک منطقه مورد بررسی. الف) فشردگی فیزیکی و خرد شدن اجزای اسکلتی، ب) استیلولیت، پ، ت) سیمان بلوکی، ث) سیمان دروزی

۲۰۰۸). کارکرد انحلال باعث ایجاد تخلخل قالبی (شکل ۵ الف) و حفره‌ای (شکل ۵ ب) در توالی مورد بررسی شده است. رحیم‌پوربناب (۲۰۱۲) با بررسی سازند سروک در جنوب باختری ایران، عامل گسترش تخلخل قالبی و حفره‌ای مجزا را تاثیر انحلال دانه‌های ناپایدار به صورت انتخاب کننده‌ی فابریک زیر تاثیر 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 زیر تاثیر آب‌های جوی، این بار در مرحله‌ی تلوژنیک قرار می‌گیرند. در این شرایط همه اجزا از جمله دانه‌ها و سیمان و ماتریکس زیر تاثیر انحلال قرار می‌گیرند و تخلخل حفره‌ای مجزا گسترش می‌یابد (رحیم‌پوربناب، ۲۰۱۲). در توالی مورد بررسی گسترش تخلخل حفره‌ای نشانگر تاثیرپذیری دوباره رسوبات سخت شده این بخش از آب‌های جوی در مرحله‌ی تلوژن است. در رخساره‌های مربوط به محیط سد به دلیل آب‌شویی زیاد تخلخل حفره‌ای گسترش دارد (شکل ۵ پ). به واسطه دیازنز جوی، تخلخل فنسترالی در رخساره‌های مربوط به محیط کشند دیده می‌شود (شکل ۵ ت).

سیمان کلسیتی دروزی: که با ساخته در تخلخل‌های اولیه و ثانویه موجب کاهش تراوایی شده است. همانند 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 ساخت 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 ساخت 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 ساخت 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 ساخت 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 دیازنزی مهم مشاهده شده در سازند سروک منطقه مورد بررسی: الف) تخلخل قالبی، ب) تخلخل حفره‌ای، پ) انحلال فراگیر (غالبا تلوژنیک)، ت) تخلخل فنسترال (متئوریک)

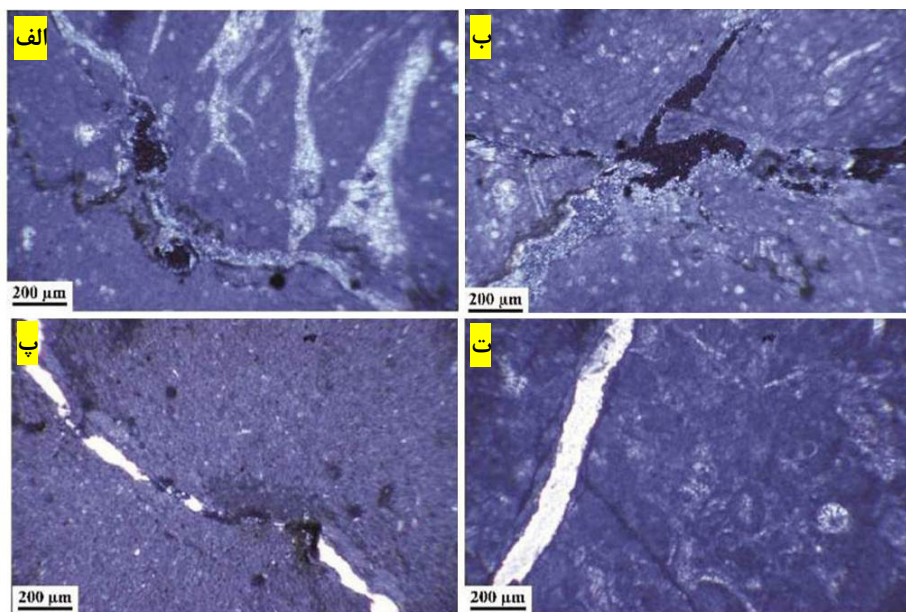
شکستگی

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 بررسی این شکستگی‌ها عمدتاً بوسیله‌ی مواد سازنده استیلولیت شامل مواد آلی و رس‌ها یا سیمان انیدریتی پر شده‌اند (شکل ۶ الف) و در برخی بخش‌ها باز تا نیمه باز هستند (شکل ۶ ب).

شکستگی‌های حاصل از نیروهای زمینساختی: این نوع شکستگی‌ها در برخی از بخش‌ها به شکل باز دیده می‌شوند (شکل ۶ پ) که به انتقال آب کمک زیادی می‌کنند. و در بخش‌های 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 بررسی الف و ب) شکستگی مرتبط با استیلولیت‌ها، پ و ت) شکستگی‌های حاصل از نیروهای زمینساختی

دولومیتی‌شدن

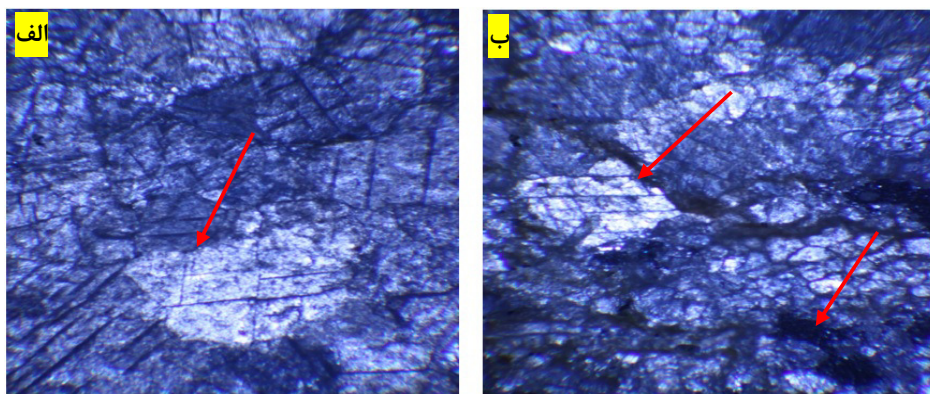
دولومیت‌های دیده شده در نمونه‌های مورد بررسی، دولومیت‌های شکل‌دار و رمبوئدری درشت و شفاف است که در ریزرخساره وکستون میلیوئیدی دیده شده ولی گسترش زیادی ندارد (شکل ۷ الف). این دولومیت‌ها در بیش‌تر موارد، همراه با قالب‌های حل شده و دولومیت‌های حفظ شده دیده می‌شوند (شکل ۷ ب). این نوع دولومیت را در سازند سروک، غلامی‌زاده و آدابی (۱۳۹۰) در نواحی تنگستان (در جنوب ایران) و رحیم‌پوربناب (۲۰۱۲) در جنوب باختری ایران دیده‌اند و ساخت 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 زیر تاثیر قرار داده‌اند. انوژنز نخستین مرحله از تاثیر فرآیندهای دیاژنزی بر رسوبات مورد بررسی 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 انجام گرفته است. در این مرحله در محیط جوی رسوبات زیر تاثیر آب‌های جوی قرار گرفته که باعث ساخت 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 زیر تاثیر قرار می‌دهد. فرآیندهای اصلی در این مرحله شامل استیلولیتی شدن و ساخته 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 بررسی: الف، ب) بلورهای رمبوئدري دولومیت در رخساره‌های کم انرژی، ب) دولومیت‌های حل شده

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

تلوژنز (a)	تدفیینی		متائوریکی	دریایی	فرایندهای دیاژنزی	
	عمیق	کم عمق			کلسیتی سیمان شدن	انحلال
	_____				فشرده‌گی فیزیکی	
	_____				استیلولیت	
			_____		کلسیتی سیمان شدن	
					هم بعد دروزی بلوکی	
					انحلال	
_____					شکستگی	
_____					دولومیتی شدن	
			_____		فرآیند کاهش‌دهنده تخلخل	
			_____		فرآیند افزایش‌دهنده تخلخل	

بر پایه بررسی بُرش‌های 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 سنگ کربناته میزان اکسید کلسیم بیش از ۴۰ درصد می‌باشد.

ویژگی‌های شیمیایی سنگ‌های کربناته
یکی از روش‌های تعیین ترکیب شیمیایی سنگ‌ها واکاوی 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 گسترش فرآیندهای کارستی شدن کمک می‌کند قبادی (۲۰۱۰).

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 ویژگی‌های فیزیکی شامل درصد رطوبت، وزن مخصوص قسمت جامد و درصد تخلخل انجام شد، و نتایج در جدول ۴ ارائه شد. تخلخل مقدار گنجایش 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 وابسته به رخساره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب برابر 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 واکاوی، سنگ‌های کربناته مورد بررسی از درجه خلوص و قابلیت انحلال بالایی برخوردارند. بنابراین شکل‌گیری پدیده‌های کارستی قابل پیش‌بینی است.

میزان گسترش کارست

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

جدول ۳. نتایج واکاوی نمونه‌های مورد بررسی

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

جدول ۴. ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌های مورد بررسی

تخلخل (%)	دانسیته خشک (g/cm ³)	وزن مخصوص	درصد رطوبت	ویژگی‌های ریزرخساره
۳۱/۴۶	۲/۷۰۱	۱/۸۵۱	۰/۰۸۵	۱- فنسترال مادستون
۲	۲/۶۹۵	۲/۶۹۴	۰/۰۵۶۲	۲- مادستون تا وکستون میلیونیدی
۶/۷	۲/۶۸۸	۲/۶۵۵	۰/۰۸۷۴	۳- وکستون پلوئیدی
۶	۲/۶۰۶	۲/۵۶۴	۰/۰۳۱۹	۴- باندستون
۱	۲/۶۸۷	۲/۶۸۲		۵- پکستون دارای اربیتولین
۱/۶	۲/۶۸۷	۲/۶۸۲	۰/۰۴۳۵	۶- وکستون تا پکستون بیوکلستی
۴	۲/۷۱۴	۲/۶۸۵	۰/۰۲۲۴	۷- پکستون رودیستی
۲	۲/۶۰۷	۲/۵۸۰	۰/۱۳۳۵	۸- وکستون دارای سوزن اسفنج

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

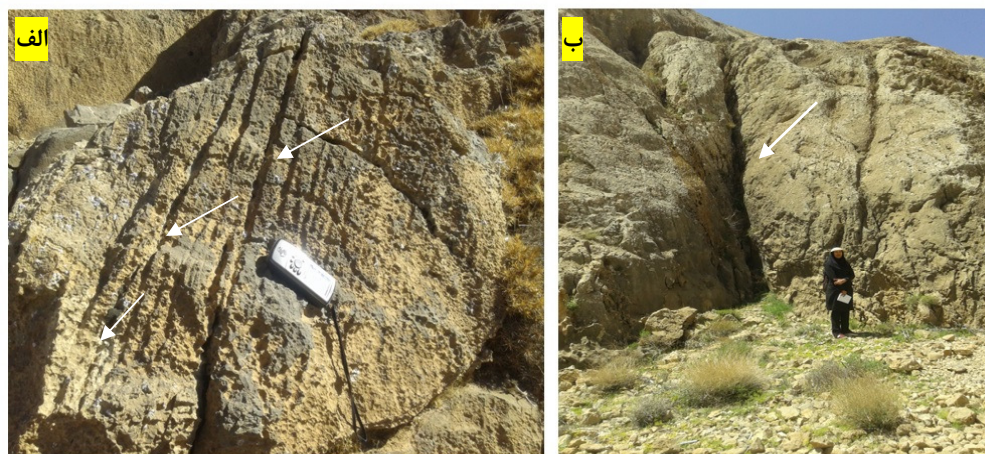
با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (۴)، نمونه‌های وابسته به رخساره فنسترال مادستون در سازند سروک در توالی مورد بررسی دارای میانگین تخلخل ۳۱/۴۶ درصد

وکستون/پیکستونی رخساره، میزان پائین تخلخل به دلیل حضور سیمان کلسیتی بلوکی است که فضاهای خالی را پر کرده‌اند ولی حضور ریز شکستگی‌ها موجب افزایش تراوایی، توانایی حرکت آب و انحلال بالا شده و کارست شدگی به صورت چشمه دیده می‌شود (شکل ۱۱). رخساره‌های باندستون رودیستی دارای میانگین تخلخل ۶ درصد است. رخساره باندستون رودیستی سبب شده تا افزون بر وجود فضای خالی بین‌دانه‌ای اولیه، تخلخل حفره‌ای و تخلخل درون‌دانه‌ای بر اثر انحلال دانه‌های کربناته ایجاد گردند. از سوی 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 گسترش یافته است (شکل ۱۲).

مقیاس بزرگ‌تر ناشی از تنش‌های فشارشی و خمشی در تاقدیس رگ‌حنا ساخته 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 گسترش کارست و تنوع زمیندیس‌های کارستی شده است (شکل‌های ۸ و ۹). نمونه‌های وابسته به رخساره وکستون میلیوئیدی دارای میانگین 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 گسترش کارست‌شدگی را به همراه داشته است (شکل ۱۰). رخساره وکستون پلوئیدی دارای میانگین تخلخل ۶/۷ درصد است. با توجه به بافت



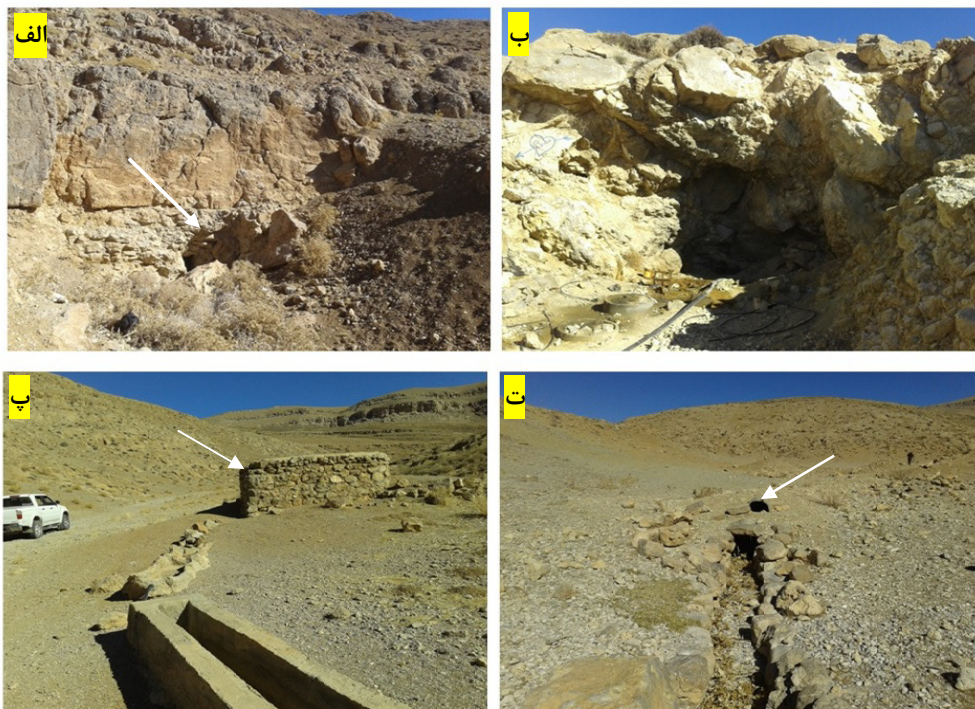
شکل ۸. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره فنسترال مادستون. الف) حفره‌ی انحلالی، ب) دهانه پونور



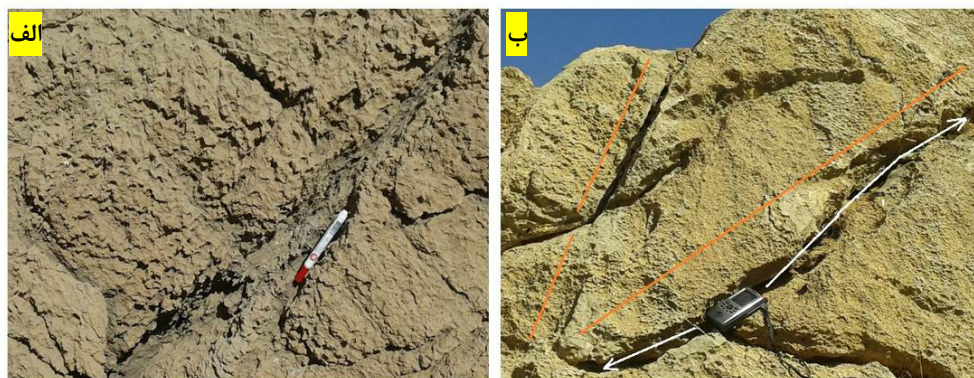
شکل ۹. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره فنسترال مادستون الف) کارن‌های شیاری، ب) گرایک



شکل ۱۰. زمیندیس‌های کارستی مربوط به رخساره میلیوئیدی. (الف) چاله باران (ب) انحلال در طول درزه‌ها و شکستگی‌ها و ساخت غارک



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

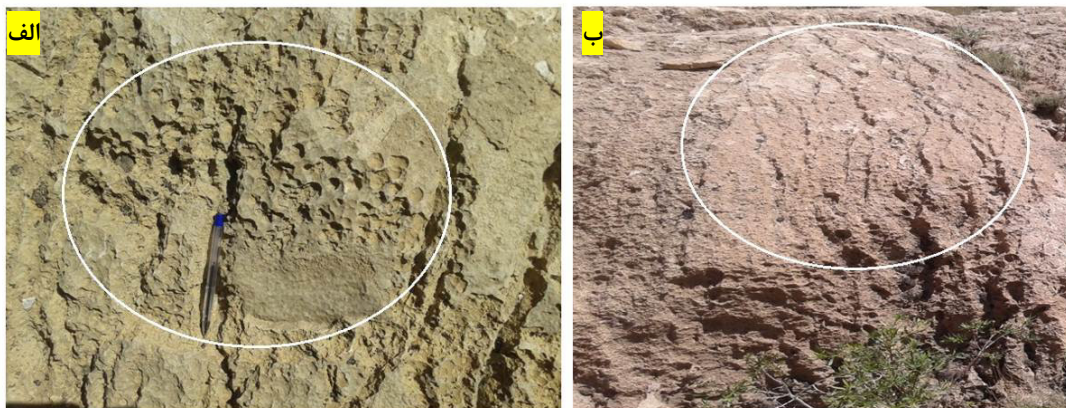


شکل ۱۲. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره باندستون رودیستی: (الف) چاله باران، (ب) کارن‌های درزه‌ای

محیط‌های مختلف، این ویژگی را تخریب کرده و فابریک تازه‌ای 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 پُر کرده و مانع توانایی حرکت آب در این ریزرخساره شده است. در نتیجه با محدودیت نفوذ آب، از میزان انحلال کاسته و زمیندیس‌های کارستی دیده شده محدود به چاله باران و ریل کارن هستند (شکل ۱۴).



شکل ۱۳. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره پکستون دارای اربیتولین. (میکروکارن)



شکل ۱۴. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره وکستون تا پکستون بیوکستی/اکینوئیدی. الف) کارن‌های لانه زنبوری، ب) ریل کارن

۱۶ و ۱۷). رخساره وکستون دارای سوزن اسفنج دارای مقدار میانگین 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 تراوایی آب افزایش یافته و کارست‌شدگی از گسترش نسبتاً خوبی برخوردار است (شکل‌های ۱۸ و ۱۹).

در رخساره پکستون دارای اربیتولین بزرگ میانگین تخلخل ۱ درصد است. ساخته فراوان سیمان‌های کلسیتی هم‌بعد از میزان تراوایی کاسته است که این امر کاهش توانایی حرکت آب را در پی داشته و کارست‌شدگی گسترش چندانی ندارد (شکل ۱۳).

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

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



شکل ۱۵. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره پکستون رودیستی. الف) دیش کارن، ب) ریل کارن



شکل ۱۶. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره پکستون رودیستی. الف) حفره‌های انحلالی



شکل ۱۷. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره پکستون رودیستی. الف) دهانه غارک، ب) غار در حال گسترش



شکل ۱۸. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره وکستون دارای سوزن اسفنج. میکروکارن



شکل ۱۹. زمیندیس‌های کارستی وابسته به رخساره وکستون دارای سوزن اسفنج الف، ب) حفرات انحلالی

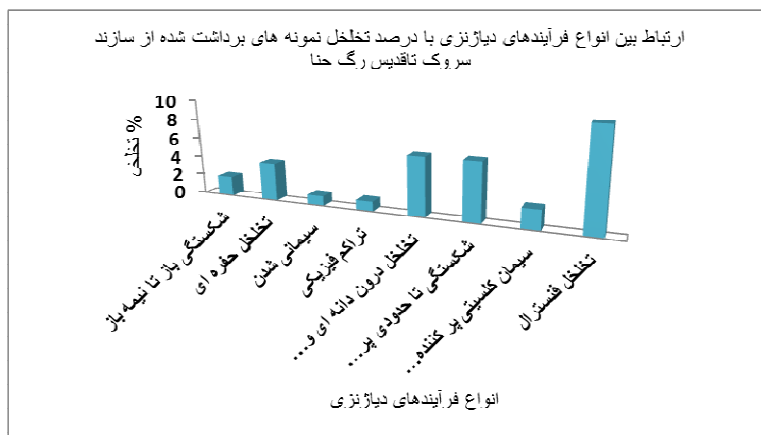
نتیجه‌گیری

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

زمیندیس‌های کارستی شده است. دولومیت‌های شکل‌دار سبب ایجاد تخلخل میان‌بلوری در ریزرخساره وکستون میلیوئیدی شده و میزان تخلخل آن را افزایش داده ولی گسترش زیادی ندارد از سویی فرآیند شکستگی در این ریزرخساره توانایی حرکت آب را افزایش داده و گسترش کارست‌شدگی را به همراه داشته است. فرآیند سیمانی شدن (بلوکی) در ریزرخساره وکستون پلوئیدی فضاهای خالی را پر کرده است و از سویی فرآیند شکستگی مربوط به مرحله تلوزنز، موجب افزایش تراوایی، توانایی حرکت آب و انحلال بالا شده و کارست‌شدگی به صورت چشمه نمایان شده 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 گسترش یافته است. فرآیند سیمانی شدن (کلسیتی هم-بعد ریز بلور) در ریزرخساره پکستون دارای اربیتولین از میزان تراوایی کاسته است که این امر کاهش توانایی حرکت آب را در پی داشته و کارست‌شدگی گسترش چندانی ندارد. فرآیند فشردگی (فیزیکی) در ریزرخساره وکستون تا پکستون بیوکلسیتی/کینوئیدی 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 زمیندیس‌های کارستی دیده شده محدود به چاله باران و ریل‌کارن هستند. فرآیند شکستگی در ریزرخساره پکستون

فضاهای خالی شده و تراوایی آب افزایش یافته و کارست‌شدگی از گسترش نسبتاً خوبی برخوردار است. به نظر می‌رسد شناسایی و میزان کارکرد فرآیندهای دیاژنزی می‌تواند کمک شایانی به جداسازی زون‌ها، از نظر گسترش تخلخل و تراوایی و به تبع کنترل کارست‌شدگی در منطقه مورد بررسی نماید (نمودارهای ۱ و ۲).

رودیستی سبب ارتباط تخلخل‌های میان‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای با همدیگر شده، میزان نفوذ آب و انحلال را افزایش داده است و بیش‌ترین تنوع زمیندیس‌های کارستی، پس از رخساره فنسترال مادستون در این رخساره دیده شد. فرآیند شکستگی در ریزرخساره وکستون دارای سوزن اسفنج باعث افزایش ارتباط میان



نمودار ۱



نمودار ۲

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 میادین بزرگ نفتی جنوب غرب ایران، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۱۰۳-۱۱۹.

توکلی، و.، رحیم‌پوریناب، ح.، الیاسی، م.، رفیعی، م (۱۳۹۶) بررسی دلایل گسترش و تاثیر شکستگی‌های غیر تکتونیکی در مخازن کربناته، شماره ۶۹، ص ۳۷-۵۲. رحیم‌پوریناب، ح (۱۳۸۹) سنگ‌شناسی کربناته (ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۷ص.

سپاسگزاری

از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان برای در اختیار گذاشتن امکانات میدانی سپاسگزاری می‌شود. همچنین از داوران گرامی این مقاله برای حسن توجه و دیدگاه‌های ارزنده-شان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

احمدی‌حیدری، ا.، وزیری‌مقدم، ح.، صیرفیان، ع.، طاهری، ع (۱۳۹۵) زیست‌چینه‌نگاری و چینه‌نگاری سکاسی سازند سروک در تاقدیس فهلیان. نشریه زمین‌شناسی نفت ایران، شماره ۱۱، ص ۴۲-۲۲.

- میرزابابائی، ن.، موسوی، م. ر.، آدابی، م. ح.، اسدی مهماندوستی، ا (۱۳۹۱) میکروفاسیس‌ها و محیط‌رسوبی سازند سروک در میدان نفتی هندیجان، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- Ahr, W. M (2008) *Geology 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. *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 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 ۱۷۳-۱۶۱.
- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۸۸) گزارش مطالعه ژئوالکترونیک دشت‌های قبر کیخا، دشت‌حنا، دشت گاو تپه و دشت کمه.
- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۹۲) گزارش ادامه مطالعه و بیلان محدوده مطالعاتی سمیرم.
- عباساقلی، ف.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، محمودی قزایی، م. ح.، آورجانی، ش (۱۳۹۱) میکروفاسیس، محیط‌رسوبی و دیاژنز سازند سروک در یکی از میداین 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 فروافتادگی دزفول. *فصلنامه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*.
- محسنی، ح.، حبیبی، ا.، قنواتی، ک (۱۳۹۴) ریزرخساره‌ها، محیط‌رسوبی، چینه‌شناسی سکانسی و فرآیندهای دیاژنتزی 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.
- 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.

- 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, Malorca, 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 imparints 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 Stratigraohy 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, NewYork, 471 P.