

بررسی رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و دیاژنز کربنات‌های بالایی سازند دالان در خلیج فارس

محمدرضا کمالی^۱، سمیه پرهام^۲ و فرج‌اله فیاضی^۳

^۱ دانشیار، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران
^۲ دانشجوی دکترا، دانشگاه هرمزگان؛ پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران
^۳ استادیار، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۶

چکیده

سازند دالان به سن پرمین بالایی دارای رخساره‌های کربناتی با میان لایه‌های تبخیری، یکی از مهم‌ترین سازندهای مخزنی گازدار در نواحی زاگرس چین‌خورده و بخش‌های وسیعی از خلیج فارس به شمار می‌آید. رخساره‌های مخزنی به ویژه سنگ‌آهک‌های آلئیتی این سازند به طور عمده مربوط به واحد دالان بالایی است. بر اساس مطالعات رسوب‌شناسی در واحد دالان بالایی در چاه مورد مطالعه هفت رخساره تشخیص داده شده است که در کمرندهای رخساره‌ای پهنه کشندی، لاگون و سدهای زیر آبی ماسه‌ای نهشته شده‌اند. رسوبات این بخش در یک سکوی کربناتی از نوع رمپ کم‌شیب مشابه امروزی خلیج فارس تشکیل شده است. فرایندهای دیاژنزی گوناگونی بر این واحد تأثیر گذاشته است. مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی شامل آشفستگی زیستی، میکربیتی شدن توسط موجودات میکروسکوپی، نوشکلی، جان‌شینی، دولومیتی شدن، انیدریتی شدن، فشردگی و انحلال فشاری، سیمانی شدن، انحلال و شکستگی است. با توجه به شواهدی چون انحلال گسترده و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و تشکیل انواع سیمان‌های مربوط به محیط جوی (متئوریک) (تیغه‌ای، هم‌بعد و ...) و ترتیب تقدم و تأخر فرایندها می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات مورد مطالعه، پس از طی محیط دیاژنز دریایی مستقیماً وارد محیط دفنی نشده‌اند، بلکه دست کم بخش‌هایی مانند سد آلئیتی (Shoal)، فرایندهای دیاژنزی محیط فراتیک آب شیرین را تحمل کرده و پس از آن دیاژنز محیط دفنی را پشت سر گذاشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: محیط رسوبی، دیاژنز، تاریخچه دیاژنزی، سازند دالان، خلیج فارس.

*نویسنده مسئول: سمیه پرهام

E-mail: Parhams@ripi.ir

۱- مقدمه

سازند دالان به سن پرمین بالایی، رخساره‌های کربناتی با میان لایه‌های تبخیری دارد و یکی از مهم‌ترین سازندهای مخزنی گازدار در نواحی زاگرس چین‌خورده و بخش‌های وسیعی از خلیج فارس به شمار می‌آید (Kashfi, 1992). ستبرای این سازند در تنها رخنمون آن یعنی در دامنه خاوری کوه سورمه به ۶۳۸ متر می‌رسد. مرز بالایی این سازند با سازند کربناتی کنگان ناپیوسته بوده و با نبود چینه‌شناسی و دگرشیبی جزئی همراه است، در صورتی که مرز زیرین با سازند تخریبی فراقان تدریجی و همساز است (مطیعی، ۱۳۷۲).

مطالعات رسوب‌شناسی نشان می‌دهد که گسترش رخساره‌های مخزنی به‌ویژه سنگ‌آهک‌های آلئیتی این سازند به طور چیره به واحد دالان بالایی محدود می‌شود. گفتنی است که میدان‌های مهمی در استان‌های فارس و بوشهر وجود دارد که هم‌اکنون از بخش بالایی سازند دالان، گاز و میعانات گازی تولید می‌شود (لطف‌پور، ۱۳۸۴). این توالی در خلیج فارس نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. مطالعات سنگ‌نگاری نشان داده است که بخش بالایی سازند دالان به طور چیره شامل تناوبی از سنگ‌آهک و دولومیت است. در این مطالعه به بررسی رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی این واحد در یکی از میدان‌های موجود در خلیج فارس (شکل ۱) پرداخته می‌شود و سپس فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر آن و در ادامه توالی رخساره‌های دیاژنزی و تاریخچه دیاژنزی بررسی می‌شود.

مورد رخنمون سازند دالان در کوه سورمه وجود دارد.

در زیر، هر یک از واحدهای سازند دالان به طور کلی شرح داده می‌شود.

- واحد K5 از تناوب سنگ‌های آهکی و دولومیتی تشکیل شده است.
- واحد تبخیری نار که در خلیج فارس و کشورهای عربی حاشیه خلیج فارس ستبرا و گسترش زیادی دارد، از تناوب لایه‌های ستبر انیدریت و دولومیت تشکیل شده است. ستبرای این بخش به سمت نواحی درونی زاگرس کم می‌شود.
- واحد K4 با ستبرای ۱۵۰/۸ متر، بهترین افق مخزنی سازند دالان را تشکیل می‌دهد و شامل رخساره‌های گریستونی به‌ویژه آلئیتی است که تخلخل بسیار خوبی را نشان می‌دهد. این بخش بر اساس تغییرات ترکیب‌سنگی به ۴ زیر واحد قابل تقسیم است:

- واحد دولومیت بالایی شامل مادستون در بخش بالایی و گریستون آلئیتی در بخش پایین است.

- واحد آهکی: سنگ‌آهک آلئیتی تخلخل قالبی دارد که در بخش پایین به پکستون زیست‌آواری گل‌دار تبدیل می‌شود.

- واحد آهکی دولومیتی: تناوبی از سنگ‌آهک و دولومیت، رخساره‌های گریستون آلئیدی را در بر می‌گیرد.

- واحد دولومیت پایینی: به طور چیره از دولومیت تشکیل شده و دارای رخساره‌های گریستون آلئیدی و پلییدی در بالا و رخساره‌های مادستونی در پایین است.

۲- چینه‌نگاری سازند دالان در چاه مورد مطالعه

سازند دالان بر اساس ترکیب‌سنگی به سه بخش دالان بالایی، نار و دالان پایینی تقسیم شده است (Edgell, 1977). این سازند به همراه سازند کنگان در بخش عربی خلیج فارس و عربستان، معادل سازند خوف است. در مقطع‌های زیرزمینی خلیج فارس، برای این دو سازند تقسیم‌بندی دیگری انجام شده است. بر اساس این تقسیم‌بندی، این دو سازند به واحدهای غیر رسمی K1 تا K5 تقسیم شده‌اند (K مخفف سازند

– واحد K3 از تناوب سنگ‌های آهکی و دولومیتی همراه با میان‌لایه‌های تبخیری تشکیل شده است.

۳- روش مطالعه

به منظور مطالعه رسوب‌شناسی بخش بالایی سازند دالان ۱۵۰ متر مغزه چاه اکتشافی مطالعه و بررسی شد. ۴۵۰ نمونه نیز از توالی مورد نظر، با فواصل بیشینه ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. همه نمونه‌ها پس از تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی با محلول آلزارین سرخ (Alizarin Red S) به روش Dickson (1965) رنگ‌آمیزی شدند. رنگ‌آمیزی به منظور تفکیک بهتر سنگ‌های آهکی از دولومیتی صورت گرفته است. پس از آن نمونه‌ها مورد مطالعه سنگ‌نگاری قرار گرفته‌اند. نام‌گذاری رخساره‌های کربناتی بر اساس طبقه‌بندی Dunham (1962) انجام شده است. در تفسیر محیط‌های رسوبی، الگوی ارایه شده توسط Flügel (2004) استفاده شده است. به منظور بررسی دولومیت‌های ریز بلور، ۶ نمونه انتخاب و برای عکس‌برداری توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی SEM به پژوهشگاه صنعت نفت ارسال شد.

۴- ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی

بر اساس مطالعات رسوب‌شناسی هفت رخساره در چاه مورد مطالعه تشخیص داده شده است که در کمرندهای رخساره‌ای پهنه کشندی، لاگون و سدهای زیر آبی ماسه‌ای نهشته شده‌اند. این رخساره‌ها در ادامه آورده شده‌اند.

۴-۱. رخساره‌های پهنه کشندی

– دولومادستون/فنسترال دولومادستون: این رخساره به طور عمده شامل دولومیت‌های ریزبلور با اندازه بین ۵ تا ۱۶ میکرون است (شکل ۳- الف). فابریک فنسترال، قالب کانی‌های تبخیری و گره‌ک‌های انیدریت در این رخساره یافت می‌شود. تخلخل در این رخساره به صورت تخلخل زمینه، بین بلورهای ریز دولومیت وجود دارد اما به دلیل کوچک بودن گلوگاه‌ها در ایجاد تراوایی نقش مهمی ایفا نمی‌کند. درصد پایینی تخلخل حفره‌ای و فنسترال نیز وجود دارد که عمدتاً با سیمان انیدریتی پر شده‌اند.

– باندستون استروماتولیتی دولومیتی شده: این رخساره در تناوب با رخساره دولومادستون دیده می‌شود و دارای لامینه‌های تیره و روشن است. وجود آثاری چون فابریک فنسترال و قالب کانی‌های تبخیری نشان‌دهنده تشکیل این رخساره در محیط پهنه‌های کشندی گرم و خشک است. تخلخل در این رخساره پایین بوده و شامل تخلخل زمینه (ماتریکس) و تخلخل حفره‌ای است که با سیمان انیدریتی پر شده یا کاهش یافته است (شکل ۳- ب).

۴-۲. رخساره‌های محیط لاگون

وکتون بیوکستی و پکتون بیوکستی: این دو رخساره به طور چیره اسکت موجودات لاگونی مانند گاستروپود، میلیولید، مرجان، خرده‌های صدف، جلبک سبز و پلویید را دارند. جانورانی چون *Mizzia velebitana*, *Paradagmarita*, *Earlandia minima*, *Globivalvulina*, *scaphoidea*, *Hemigodiopsis* sp., *Rectomillerella* نیز گزارش شده است (Insalaco et al., 2006). میکربیتی شدن در آلوکم‌ها به فراوانی دیده می‌شود. تراکم مکانیکی و انحلال فشاری در این واحد باعث ایجاد جهت‌یابی ترجیحی در برخی نمونه‌ها شده است (شکل‌های ۳- ج و د). تخلخل قابل توجهی در این رخساره قابل تشخیص نیست. تفاوت دو رخساره یادشده، در میزان و درصد آلوکم‌های موجود است. فراوانی رخساره لاگونی در توالی مورد مطالعه کم است و در مجموع وکتون بیوکستی نیز فراوانی کمتری نسبت به نمونه‌های پکتونی دارد.

۴-۳. رخساره‌های محیط تپه‌های سدی زیر آبی

– گرینستون بیوکستی میکربیتی شده از رخساره‌های تشکیل شده در محیط کناره‌های

رو به لاگون تپه‌های زیر آبی است. آلوکم‌هایی چون پلویید، دوکفه‌ای و جلبک در این رخساره قابل شناسایی است. میکربیتی شدن در برخی نمونه‌ها به حدی است که تشخیص نوع آلوکم امکان‌پذیر نیست. در اطراف آلوکم‌ها یک فاز سیمان دریایی به صورت حاشیه هم‌ستبراً تشکیل شده است که نشان از انرژی بالای محیط دارد (Tucker & Wright, 1990) (شکل ۳- ه).

– گرینستون آئیدی بیوکستی: آئیدها فراوان‌ترین آلوکم قابل تشخیص در این رخساره هستند و درصد کمتری از خرده‌های فسیلی، مانند صدف دوکفه‌ای‌ها و جلبک سبز در آن دیده می‌شود. اطراف برخی از خرده‌های فسیلی، پوشش میکربیتی دیده می‌شود و برخی دیگر از زیست‌آواری‌ها (بیوکست‌ها) نیز به طور کامل میکربیتی شده‌اند. سیمان دریایی به شکل حاشیه هم‌ستبراً در نمونه‌ها دیده می‌شود.

– گرینستون آئیدی از رخساره‌های تشکیل شده در محیط تپه‌های زیر آبی است. آئید در این واحد به فراوانی تشکیل شده است. پیدایش این حجم آئیدهای آراگونیتی در ارتباط با تغییرات جهانی سطح آب دریا و تا حدودی افت نسبی سطح آب دریا در اواخر پرمین است (Miall, 1991 & 1995). انحلال گسترده در برخی از نمونه‌ها باعث شده تخلخل قالبی به خوبی در این رخساره‌ها توسعه یابد. فرایند دولومیتی شدن تأثیر زیادی روی این رخساره داشته است. در برخی نمونه‌ها آئیدها دولومیتی شده‌اند و سیمان به صورت آهکی باقی مانده است و در پاره‌ای دیگر، سیمان دولومیتی شده و آئیدها آهکی باقی مانده‌اند. این تفاوت ترکیب‌سنگی باعث انحلال انتخابی در نمونه‌ها شده است. زیرا بخش‌های آهکی در برابر انحلال ناپایدارترند و راحت‌تر حل می‌شوند. این تخلخل در مراحل بعد با سیمان انیدریتی پر شده و یا کاهش یافته است.

بخش قابل توجهی از نمونه‌ها مربوط به رخساره‌های این محیط است (شکل ۳- و). – گرینستون آئیدهای بیوکستی اینتراکستی: در این رخساره افزون‌بر آئید و خرده‌های اسکلتی، قطعات اینتراکست نیز یافت می‌شود. وجود قطعات اینتراکست نشان‌دهنده انرژی بالای محیطی است. این رخساره در کناره‌های رو به دریای تپه‌های سدی زیر آبی تشکیل شده است.

از میان رخساره‌های تشکیل شده در این محیط، رخساره‌های مربوط به مرکز تپه‌های سدی گسترش بالایی دارند. در حالی که رخساره‌های کناره‌های لاگون و کناره‌های رو به دریای تپه‌های سدی به طور نسبی فراوانی کمتری دارند.

شواهدی از جمله نبود ریف‌های بزرگ حاشیه‌ای، تغییرات تدریجی رخساره‌ها (Ahr, 2008) و نبود نهشته‌های توریدیتی نشان‌دهنده این است که رسوبات بخش بالایی سازند دالان در یک سکوی کربناتی کم‌شیب (Homoclinal ramp carbonate platform) (Wright, 1986; Tucker et al., 1993) ته‌نشست یافته‌اند. در شکل ۴ تصویر نمادینی از محیط رسوبی بخش بالایی سازند دالان ارائه شده است.

۵- فرایندهای اصلی دیاژنز

در بخش بالایی سازند دالان منطقه مورد مطالعه، فرایندهای گوناگون دیاژنری در سنگ‌های کربناتی شناسایی شده است. فرایندهای دیاژنز از هنگام رسوب‌گذاری شروع شده و تا مرحله بالاآمدگی و دفن ادامه داشته است. مطالعه مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان و تعدادی با میکروسکوپ الکترونی (SEM) به شناسایی فرایندهای زیر انجامیده است:

۵-۱. آشفتنگی زیستی (Bioturbation)

این فرایند در مقاطع مورد مطالعه در رخساره‌های مربوط به لاگون دیده می‌شود. فعالیت موجودات باعث تغییر رنگ رسوبات به صورت تیره و روشن شده است. در برخی موارد حفر دالان‌های زیرزمینی هم دیده می‌شود (شکل ۵- الف). از آنجا که رخساره‌های لاگون در توالی مورد مطالعه محدود است این فرایند نیز کمتر به چشم می‌خورد.

۲-۵. میکربیتی شدن توسط موجودات میکروسکوپی

(Microbial micritization)

در این فرایند زیست آواری‌ها و به‌ویژه آئیدها در کف دریا در نزدیک فصل مشترک آب و رسوب یا حتی در ژرفای بیشتر از یک متر (Kobluk & Risk, 1977) توسط جلبک‌های اندولیتیک (Endolithic)، قارچ‌ها و باکتری‌ها متأثر شده‌اند. حاشیه دانه‌های اسکلتی خورده شده و حفره‌ها با رسوبات ریزدانه یا سیمان پر شده‌اند (Tucker, 1991). این فرایند در محیط فراتیک دریایی رخ می‌دهد (Longman, 1980) و نشانگر آهنگ پایین رسوب‌گذاری است (لاسمی، ۱۳۷۹). میکربیتی شدن دانه‌ها مانع از انحلال آنها در مراحل بعدی دیاژنز شده است. این فرایند در رخساره‌هایی چون وکستون تا پکستون بیوکستی در محیط تالاب به فراوانی دیده می‌شود (شکل ۵-ب).

۳-۵. نوشکلی (Neomorphism)

این فرایند به دو شکل در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود:

الف- تغییر آراگونیت به کلسیت در پوسته‌های فیسیلی که بقایای ساختار اولیه اسکلت توسط میانبارهای (اینکلوژن‌های) مواد آلی و بلورهای ریز آراگونیت حفظ شده‌اند. ب- نوشکلی افزایشی (Aggrading neomorphism): این فرایند در سنگ‌های آهکی شامل تبلور دوباره میکربیت (۵ تا ۱۰ میکرون) تشکیل میکرواسپار یا اسپار دروغین (۳۰ میکرون) (Folk, 1965; Tucker & Wright, 1990) است. در سنگ‌های دولومیتی این فرایند شامل تبدیل دولومیکربیت به دولومیکرواسپاریت است (شکل ۶-ج).

۴-۵. جانشینی (Replacement)

– **دولومیتی شدن (Dolomitization)**: این فرایند مهم‌ترین فرایند جانشینی است که در مقاطع میکروسکوپی به طور گسترده دیده می‌شود. در این مطالعه از رده‌بندی بافتی دولومیت ارائه شده توسط Gregg & Sibley (1984) و Sibley & Gregg (1987) و Mazzullo (1992) برای اندازه بلورهای دولومیت از مقیاس ارائه شده توسط Folk (1974) استفاده شده است. دولومیت‌های یادشده بر اساس اندازه بلورها (یک یا چند اندازه) و شکل مرز بلورها تقسیم شده‌اند. انواع دولومیت مشاهده شده شامل موارد زیر است:

(۱) دولومیکربیت (۲) دولومیکرواسپاریت (۳) دولومیت‌های پراکنده در زمینه آهکی (۴) سیمان دولومیتی (۵) دولومیت‌های جانشینی (۶) دولومیت‌های مجاور استیلولیت‌ها. – **انیدریتی شدن (Anhydritization)**: در این فرایند انیدریت در جاهای خالی آلوکم‌هایی مانند آئید و زیست‌آواری‌ها جایگزین شده است و تنها آثاری از آلوکم برجای مانده است.

– **تبدیل ژپس به انیدریت**: در این پدیده که به طور کمیاب در نمونه‌ها دیده می‌شود بلورهای شکل دار ژپس به انیدریت تبدیل شده‌اند (شکل‌های ۷-الف و ب). انیدریت شکل پایدار ژپس (سولفات کلسیم) در ژرفاهای بیشتر از ۳۰۰۰ فوت (تقریباً ۱۰۰۰ متری) در زیر سطح زمین است (Hardi, 1967; Ahr, 2008) که می‌تواند تغییر شکل یافته ژپس در محیط دفنی باشد (Ahr, 2008). گفتنی است که انیدریت در شرایط گرم و خشک به صورت اولیه نیز تشکیل می‌شود.

۵-۵. فشردگی مکانیکی (Mechanical Compaction)

این فرایند در اثر فشار رسوبات بالایی در طی مراحل دفن رسوب رخ داده و بافت‌های گوناگونی مانند تغییر شکل پلاستیک، خرد شدن و نزدیک شدن دانه‌ها و تداخل آنها در یکدیگر را موجب شده است. در برخی نمونه‌ها این فرایند پیش از سیمانی شدن رسوبات رخ داده است و با توجه به میزان فشردگی باعث ایجاد تماس‌های نقطه‌ای، خطی (مماسی) و نفوذی (محدب-مقعر) شده است. اما در بیشتر نمونه‌ها، فشردگی پس از یک فاز سیمان دریایی رخ داده است، به طور مثال در رخساره‌های گریستونی در محل تماس دانه‌ها یک نوار سیمان دریایی هم‌ستبر قابل مشاهده است. سیمان اولیه چه در محیط دریایی یا محیط دیاژنزی جوی (متئوریک)

می‌تواند موجب حفظ دانه‌ها در برابر افزایش فشار رسوبات بالایی در طول دفن شود (Shinn & Robbins, 1983). افزون بر این، فشردگی مکانیکی باعث لغزش دانه‌ها در کنار هم و جهت‌یابی دوباره دانه‌ها در جهت عمود بر فشارش شده است.

۶-۵. انحلال فشاری (Pressure solution)

انواع فابریک‌هایی که در نمونه‌های مورد مطالعه محصول انحلال فشاری است شامل فابریک‌های فشرده یا درهم، رگه‌های انحلالی و استیلولیت‌ها است. فابریک‌های فشرده یا درهم در برخی از گریستون‌هایی که سیمان اولیه آنها کم است و یا بدون سیمان هستند و در اثر تحمل فشردگی نسبتاً زیاد، دانه‌ها به هم تماس بیشتری پیدا می‌کنند و کمی در محل تماس انحلال می‌یابند، مشاهده می‌شود. انواع مختلفی از استیلولیت به صورت منفرد و دسته‌ای در نمونه‌ها مشاهده می‌شود از جمله استیلولیت‌های کوچک با دامنه کوتاه (حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون)، استیلولیت نامنظم که دارای دامنه نامنظم و بی‌قاعده است، استیلولیت با دامنه نوک تیز و کوتاه، استیلولیت با دامنه نوک تیز و بلند، استیلولیت ستونی با دامنه بلند، استیلولیت‌های دسته‌ای به شکل نامنظم و پیوسته. تعدادی از استیلولیت‌ها در این چاه به صورت مجرایی برای حرکت سیال‌های دولومیت‌ساز رفتار کرده و باعث تشکیل دولومیت در امتداد استیلولیت شده است.

۷-۵. سیمانی شدن (Cementation)

مطالعه سنگ‌نگاری سنگ‌های واحد دالان بالایی به تشخیص انواع سیمان‌های کلسیتی، دولومیتی و انیدریتی با فابریک‌های مختلف انجامیده که گویای محیط‌های مختلف دیاژنزی است. در ادامه ابتدا انواع سیمان‌های کلسیتی که فراوان‌تر و متنوع‌تراند بررسی شده و سپس سیمان‌های انیدریتی و دولومیتی مورد بحث قرار می‌گیرد. – **سیمان سوزنی تا فیبری هم‌ستبر (Acicular to fibrous cement)**: این سیمان با حواشی هم‌ستبر (Isopachous fringe) در اطراف آلوکم‌هایی مانند آئیدها، پلوییدها و برخی دوکفه‌ای‌ها مشاهده می‌شود (شکل‌های ۸-الف، ج و د). همزمان با رسوب‌گذاری یا کمی پس از آن در اثر جریان آب دریا (کشند یا امواج) این نوع سیمان تشکیل می‌شود. تشکیل سیمان به صورت حاشیه هم‌ستبر در مراحل اولیه دیاژنز و پیش از تراکم قابل توجه، از ویژگی‌های محیط فراتیک دریایی است (Shinn, 1969; Folk, 1974; Moore, 1989). ترکیب کانی‌شناسی آنها به علت تشابه با سیمان‌های آراگونیتی دریایی آب‌های گرم و کم ژرفای امروزی، احتمالاً آراگونیتی است (Adabi & Rao, 1991). در مقاطع مورد مطالعه این سیمان تبدیل به کلسیت کم‌متیزیم شده یا در مواردی با دولومیت جانشین شده است. سیمان یادشده به عنوان سیمان اولیه موجب حفظ بافت و تخلخل سنگ به‌ویژه تخلخل بین‌دانه‌ای در رخساره‌های دانه پشیمان شده است. از نظر ویژگی‌های مخزنی این تخلخل از بهترین نوع تخلخل‌ها به شمار می‌رود، زیرا همزمان با تخلخل بالا، نفوذپذیری بسیار خوبی نیز دارد (Lucia, 1999). این نوع سیمان در رخساره‌های آئید گریستون بخش مرکزی تپه‌های سدی و اینتراکست بیوکست گریستون کناره‌های رو به دریای آن به فراوانی مشاهده می‌شود.

– **سیمان تیغه‌ای (Bladed)**: بلورهای سیمان تیغه‌ای با ترکیب کانی‌شناسی کلسیت پرمیزیم (Tucker & Wright, 1990; Al-Sharhan & Whittle, 1995) طولی بین ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون و پهنای کمتر از ۱۰ میکرون دارند. این سیمان به صورت حاشیه‌ای از بلورهای تیغه‌ای و با انتهای اسکالوهدرال اطراف آئیدها، خرده‌های اسکلتی و پلوییدها و در مواردی درون تخلخل‌های درون‌دانه‌ای تشکیل شده است (شکل ۸-ب). سیمان یادشده در رسوبات دانه‌پشیمان وجود دارد و تا حدی باعث حفظ تخلخل بین‌دانه‌ای شده است. تخلخل حاصل در مراحل بعد از انیدریت یا کلسیت پر شده یا کاهش یافته است. این سیمان در محیط مخلوط آب دریا و آب شیرین (Mixed marine and meteoric environment) تشکیل شده است.

مشکل از بلورهای شکل‌دار رومبئردی (Planar-C) مجزا و با اندازه ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون (بیشینه ۷۰۰ میکرون) است که معمولاً در تماس با سنگ میزبان و درون تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای قرار دارد. فراوانی این سیمان در نمونه‌ها چندان زیاد نیست (شکل ۹-ب).

– انحلال (Dissolution): انحلال در نمونه‌های مورد مطالعه به طور گسترده‌ای باعث تشکیل تخلخل قالبی حاصل از انحلال آئیدها در رخساره‌های گریستونی از جمله آئید گریستون می‌شود که در اثر دفن و تأثیر آب‌های فرورو در مراحل مختلف انحلال یافته‌اند. برخی از پژوهشگران نیز اعتقاد دارند که فرایند انحلال گسترده آئیدها در اثر خروج از آب ناگهانی حوضه و قرار گرفتن آنها در یک پهنه تحت تأثیر آب‌های فرورو به وجود آمده است (Husseini, 1992). افزایش انحلال سبب تبدیل تخلخل قالبی به حفره‌ای شده است. این فرایند نقش بسیار مهمی در افزایش کیفیت مخزنی داشته است.

۶- توالی رخدادهای دیاژنی واحد دالان بالایی

بر مبنای بافت‌های مشاهده شده و ارتباط زمانی بین پدیده‌ها، تاریخچه دیاژنی رسوبات کربناتی و توالی پاراژنی (Paragenetic sequence) آنها تعیین شده است. در جدول ۱ زیر توالی فرایندهای اصلی مؤثر بر بخش بالایی سازند دالان آورده شده است.

۷- تاریخچه دیاژنی

۷-۱. فرایندهای دیاژنی همزمان با رسوب‌گذاری

دیاژنز اولیه فرایندهای دیاژنی محیط دریایی انوزن از جمله تشکیل پوشش‌های میکربیتی در اطراف آلوکم‌ها و میکربیتی شدن کامل دانه‌ها، تشکیل سیمان‌های حاشیه هم‌ستبرای سوزنی بین‌دانه‌ها را شامل می‌شود. آشفتگی زیستی در رسوبات گل‌پشتیان از فرایندهای مربوط به این مرحله است.

دولومیتی شدن رسوبات سطحی (دولومیکریت) در منطقه فراکشندی در ارتباط با فرایند تبخیر و افزایش نسبت Mg/Ca به دلیل تشکیل کانی‌های تبخیری ژپس و انیدریت در این مرحله رخ می‌دهد.

در رخساره‌های مربوط به فراکشندی گرهک‌های انیدریتی و سیمان نسل اول انیدریتی (چیکن‌وایر) در این مرحله تشکیل می‌شود.

۷-۲. مرحله دیاژنز حدواسط

تشکیل دولومیت‌های جان‌شینی در اثر فرایند تراوش - بازگشت شورابه را از فرایندهای مربوط به این مرحله می‌توان به شمار آورد.

تشکیل سیمان‌های هم‌بعد، هم‌محور، دروزی، تیغه‌ای، انحلال جزئی دانه‌ها، نوشکلی قطعات زیست‌آواری آراگونیتی به کلسیتی نشانه تغییر از محیط فراتیک دریایی به فراتیک آب شیرین است، در ادامه این مرحله (تلوژنز) انحلال انتخابی آلوکم‌ها در رسوبات دارای آئید و قطعات زیست‌آواری که به طور قابل توجهی باعث ایجاد کیفیت مخزنی شده صورت گرفته است. ورود آب شیرین تحت اشباع از آراگونیت و کلسیت منیزیم‌دار باعث انحلال دانه‌های آراگونیتی شده است.

آب اشباع شده حاصل در مرحله بعد باعث ته‌نشست سیمان با فازهای پایدارتر مانند کلسیت هم‌بعد شده است. این مسئله متفاوت بودن تراوایی در محیط سد آلیتی را توضیح می‌دهد، چون از یک طرف پدیده انحلال که در محیط جوی به نوع دانه‌ها، کانی‌شناسی، اندازه آنها و میزان حرکت آب وابسته است و از طرف دیگر ته‌نشست سیمان از آب اشباعی حاصل، وجود دارد.

۷-۳. مرحله دیاژنز پسین

تخلخل‌های بین‌دانه‌ای حفظ‌شده به طور بخشی تا کامل در این مرحله با سیمان نسل دوم انیدریتی به فرم فراگیر مسدود شده‌اند. تراکم فیزیکی به صورت خرد شدن قطعات زیست‌آواری و قالب‌های آئیدی و جهت‌یابی ترجیحی در نمونه‌ها ایجاد

(Tucker, 1991). از طرفی شواهد بافتی همچون تشکیل سیمان دور دانه‌ها پیش از فشرده‌گی و حفظ آنها در برابر فشارش نشان‌دهنده تشکیل آنها پیش از دفن است.

– سیمان کلسیت هم‌بعد (Equant Calcite cement): سیمان هم‌بعد به طور چیره بین دانه‌ها، در شکستگی‌ها، درون حفرات صدف برخی ارگانسیم‌ها مانند دوکفه‌ای‌ها، روزن‌بران و همچنین حفرات انحلالی دیده می‌شود (شکل ۸-ج). شکل کلسیت هم‌بعد به میزان CO_3^{2-} موجود و سرعت سیال‌های بستگی دارد. مثلاً در محیط‌های جوی که دما پایین، سرعت سیال‌های کم و میزان عرضه CO_3^{2-} پایین است، این نوع سیمان بسیار فراوان است (Given & Wilkinson, 1985). این سیمان به صورت موزائیکی از بلورهای درشت کلسیت است که شکل هندسی خاصی ندارد. بلورهای سیمان هم‌بعد با ابعاد حدود ۶۰ میکرون (Tucker, 1991) تا ۱۰۰ میکرون (Hardwood, 1988) در محیط‌های فریاتیک جوی و دفنی تشکیل می‌شوند. ترکیب کانی‌شناسی این سیمان کلسیت کم‌منیزیم (LMC) است. با توجه به مطالعات ایزوتوپ پایدار کربن و اکسیژن در میدان پارس جنوبی و بررسی‌های بافتی، این سیمان وابسته به محیط جوی است (شیخ‌پور، ۱۳۸۴). در نمونه‌هایی که تحت تأثیر این سیمان در مرحله جوی قرار گرفته بودند، در مرحله دفن فواصل بین دانه‌ها تغییر نکرده است. این نشان می‌دهد که رسوبات پس از تحمل دیاژنز به طور مستقیم وارد محیط دفن نشده‌اند بلکه ابتدا دیاژنز تحت جوی و محیط فراتیک را تحمل کرده‌اند. این سیمان شبیه سیمان‌هایی است که در منطقه فراتیک جوی کم ژرفا در سدهای آلیتی تشکیل می‌شود (Halley & Harris, 1979; James & Choquette, 1984; Heasley et al., 2000).

– سیمان هم‌محور (Syntaxial cement): این سیمان بر روی قطعات اکتینودرم تشکیل شده به طوری که هم‌سو با محور بلوری قطعات اکتینودرم است. سیمان یادشده مشخصه محیط دیاژنی خاصی نیست. در برخی موارد به عنوان سیمان محیط جوی (Longman, 1980; Flügel, 1982) به شمار می‌آید و یا به عنوان سیمان دفنی (Kaufman et al., 1988) در نظر گرفته می‌شود. بر اساس مطالعات CL این سیمان در محیط دیاژنی دریایی نیز تشکیل شده است (کاووسی، ۱۳۸۸). چنین سیمانی در موقعیت دریایی کم ژرفای امروزی کمتر مشاهده می‌شود اما در محیط فراتیک آب شیرین با سرعت بیشتری شکل می‌گیرد. در نمونه‌های مورد مطالعه در رخساره‌های لاگونی قابل مشاهده است (شکل ۳-د).

– سیمان کلسیت دروزی (Drusy mosaic cement): در نمونه‌های مورد مطالعه این سیمان در مقاطع عرضی صدف دوکفه‌ای‌ها دیده می‌شود و یک سیمان پرکننده حفره است که اندازه بلورها از دیواره حفره به سمت مرکز آن بزرگ‌تر می‌شود (شکل ۸-د). این سیمان حاصل رشد بلوری در یک حفره اشباع از آب و در فضای کافی است که مرزهای بین بلوری مسطح دارند. ترکیب کانی‌شناسی این سیمان کلسیت کم‌منیزیم (LMC) است (Tucker & Wright, 1990). بر اساس مطالعات ایزوتوپی انجام شده به وسیله شیخ‌پور (۱۳۸۴) و نیز شواهد بافتی این سیمان در محیط فراتیک جوی توسط کلسیت اسپاری با ترکیب LMC پر شده است.

– سیمان‌های انیدریتی (Anhydrite cement): سیمان انیدریتی به دو صورت در نمونه‌ها وجود دارد: ۱. به صورت بلورهای درشت اسپاری که به طور تأخیری فضای خالی بین‌دانه‌ای، قالبی و حفره‌ای را پر کرده است. این سیمان در نمونه‌های مورد مطالعه به میزان کم یافت می‌شود. ۲. به صورت سیمان فراگیر (Poikilotopic)، این سیمان از یک یا چند بلور بزرگ با ابعاد چند میلی‌متر یا بیشتر تشکیل شده که چندین دانه را در بر می‌گیرد (Tucker, 1991) (شکل ۹-الف). بلورهای درشت این سیمان به علت سرعت کند هسته‌سازی و رشد آرام آن است. این سیمان به میزان فراوان در نمونه‌های چاه مورد مطالعه، مشاهده شده و نقش بسزایی در کاهش تخلخل به‌ویژه تخلخل‌های بین‌دانه‌ای (Intergranular) و حفره‌ای و در نتیجه کاهش کیفیت مخزنی دارد.

– سیمان دولومیتی رومبیک (Rhombic dolomite): دولومیت‌های این فاز سیمان

سیمان حاشیه هم‌ستبر نشان‌دهنده طی محیط دیاژنز دریایی است. با توجه به شواهدی چون انحلال گسترده و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و تشکیل انواع سیمان‌های مربوط به محیط جوی (تیغه‌ای، هم‌بعد و ...) و ترتیب تقدم، تأخر فرایندها می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات چاه یادشده پس از طی محیط دیاژنز دریایی مستقیماً وارد محیط دفنی نشده‌اند، بلکه دست‌کم بخش‌هایی مانند سد آلیتی (Shoal) ابتدا محیط دیاژنزی جوی را تحمل کرده و پس از طی فرایندهای مربوط به این محیط وارد محیط دیاژنز دفنی شده‌اند.

- تشکیل دولومیت‌های جان‌شینی، تشکیل سیمان‌های هم‌بعد، هم‌محور، دروزی و تیغه‌ای، انحلال جزئی دانه‌ها و نوشکلی قطعات زیست‌آوری آراگونیتی به کلسیتی نشانه تغییر از محیط فراتیک دریایی به فراتیک آب شیرین است، در ادامه این مرحله (تلوژنز) انحلال انتخابی آلوکم‌ها در رسوبات دارای آلیت و قطعات زیست‌آوری در مرحله دیاژنز حدواسط رخ داده است.

- تراکم فیزیکی به صورت خرد شدن قطعات زیست‌آوری و قالب‌های آلیدی و جهت‌یابی ترجیحی در نمونه‌ها، تراکم شیمیایی به شکل انحلال فشاری، تشکیل فابریک درهم و انواع استیلولیت، دولومیت‌های مجاور استیلولیت‌ها، انیدریت به صورت فراگیر در ادامه فرایند دفن رخ داده است.

- از میان فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر این سازند، انحلال مهم‌ترین عامل افزایش تخلخل و تراوایی است. فرایندهایی مانند فشردگی مکانیکی و شیمیایی و سیمانی شدن به طور مؤثری بر کاهش میزان تخلخل تأثیر داشته و کیفیت مخزنی را کاهش داده‌اند. سیمانی شدن مهم‌ترین عامل در کاهش و تخریب تخلخل است. سیمان انیدریتی تأخیری به صورت فراگیر مهم‌ترین عامل کاهش تخلخل و کیفیت مخزنی است. سیمان‌های هم‌بعد، تیغه‌ای و ... در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. فرایندهایی چون آشفته‌گی زیستی، میکربیتی شدن و نوشکلی تأثیر چندانی بر میزان تخلخل و کیفیت مخزنی نداشته است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از پژوهشگاه صنعت نفت که اجازه انتشار مقاله را دادند، کمال تشکر و قدرانی به عمل آورند.

شده است. تراکم شیمیایی به شکل انحلال فشاری، تشکیل فابریک درهم و انواع استیلولیت در ادامه فرایند دفن رخ داده است. دولومیت‌های مجاور استیلولیت‌ها نیز در این مرحله تشکیل شده‌اند.

۸- تأثیر دیاژنز بر کیفیت مخزنی

از دیدگاه کیفیت مخزنی فرایندهای دیاژنزی به سه دسته قابل تقسیم هستند:

(۱) فرایندهایی که تأثیر مثبت و سازنده در ایجاد کیفیت مخزنی دارند؛ (۲) فرایندهایی که تأثیر منفی و مخرب بر ویژگی‌های مخزنی دارند و (۳) فرایندهایی که تأثیر ناچیزی روی خواص مخزنی دارند یا بی‌تأثیرند (Ahr, 2008). از میان فرایندهای دیاژنزی یادشده، انحلال مهم‌ترین عامل افزایش تخلخل و تراوایی در توالی مورد مطالعه است که سبب تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای شده است.

فرایندهایی مانند فشردگی مکانیکی، فشردگی شیمیایی و سیمانی شدن به طور مؤثری بر کاهش میزان تخلخل تأثیر داشته و کیفیت مخزنی را کاهش داده‌اند. سیمانی شدن مهم‌ترین عامل در کاهش و تخریب تخلخل است. سیمان انیدریتی تأخیری به صورت فراگیر مهم‌ترین عامل کاهش تخلخل و کیفیت مخزنی است. سیمان‌های هم‌بعد، تیغه‌ای و ... در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. آشفته‌گی زیستی، میکربیتی شدن و نوشکلی تأثیر چندانی بر میزان تخلخل و کیفیت مخزنی نداشته‌اند.

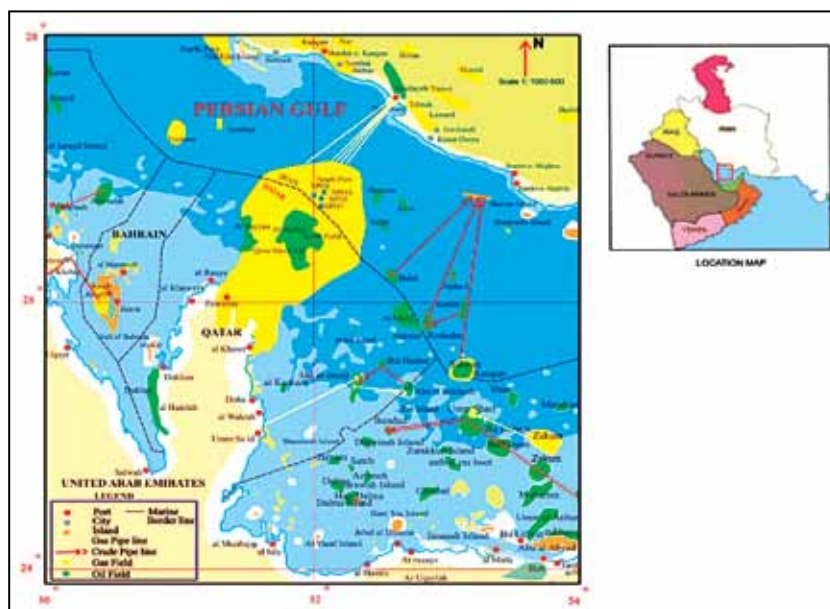
۹- نتیجه‌گیری

- بر اساس مطالعات انجام شده در چاه مورد مطالعه ۷ رخساره تشخیص داده شده است که در کمربندهای رخساره‌ای پهنه کشندی گرم و خشک، لاگون و سدهای زیر آبی ماسه‌ای نهشته شده‌اند.

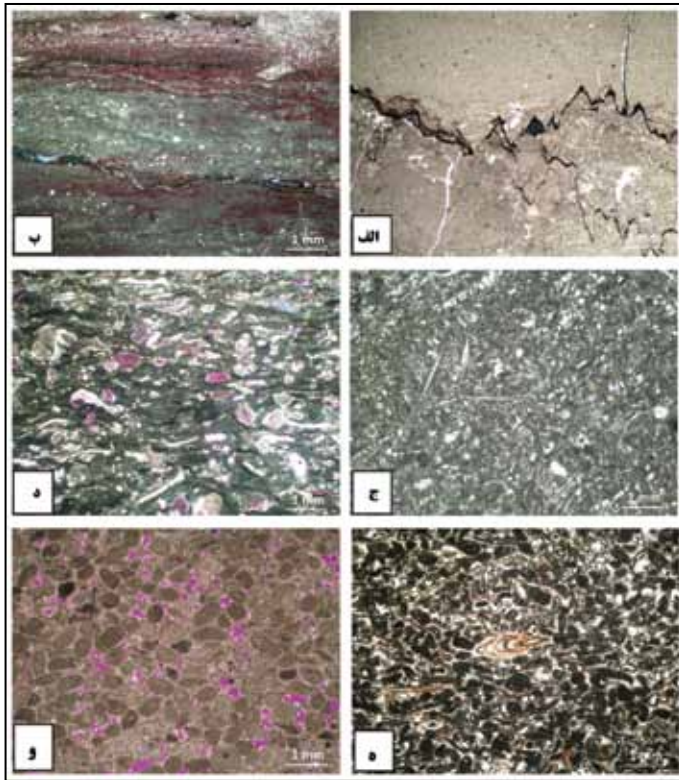
- رسوبات این بخش در یک سکوی کربناتی از نوع رمپ کم‌شیب تشکیل شده است.

- فرایندهای دیاژنزی گوناگونی بر این واحد تأثیر گذاشته است. مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی شامل آشفته‌گی زیستی، میکربیتی شدن توسط موجودات میکروسکوپی، نوشکلی، جان‌شینی، دولومیتی شدن، انیدریتی شدن، فشردگی و انحلال فشاری، سیمانی شدن، انحلال و شکستگی است.

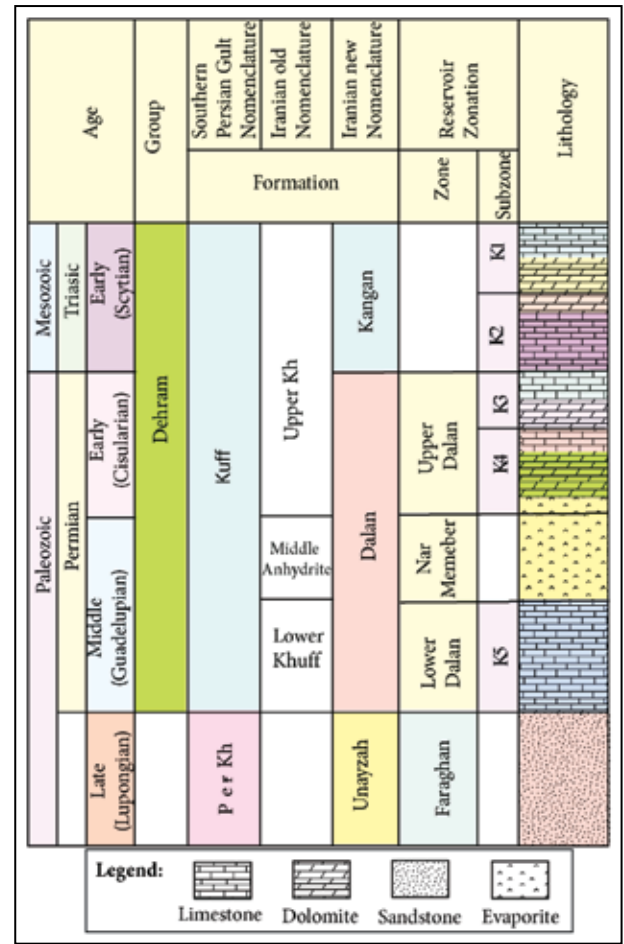
- در نمونه‌های چاه مورد مطالعه فرایندهایی چون آشفته‌گی زیستی، میکربیتی شدن و



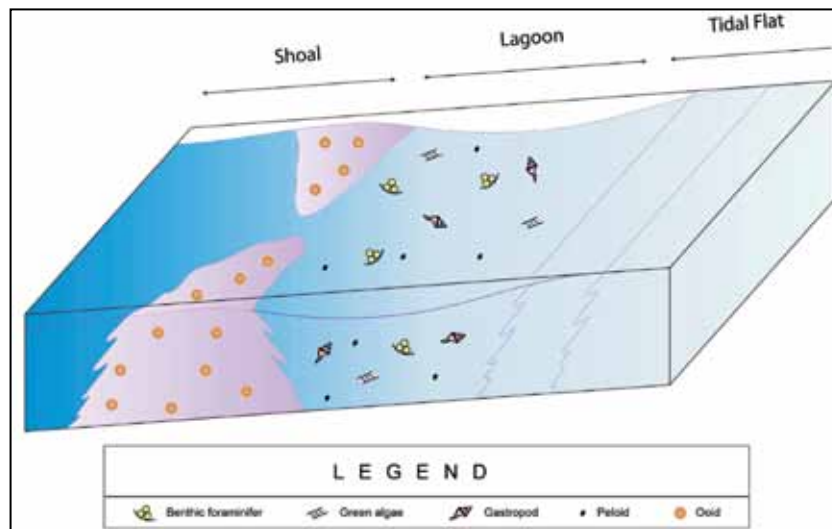
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- انواع رخساره‌های مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه. الف) رخساره دولومادستون همراه با استیلولیت. ب) استروماتولیت باندستون. ج و د) پکستون بیوکستی مربوط به محیط لاگون. ه) گرینستون بیوکستی میکریتی شده مربوط به کناره‌های تپه‌های سدی زیر آبی. و) گرینستون آئیدی تشکیل شده در تپه‌های سدی زیر آبی.



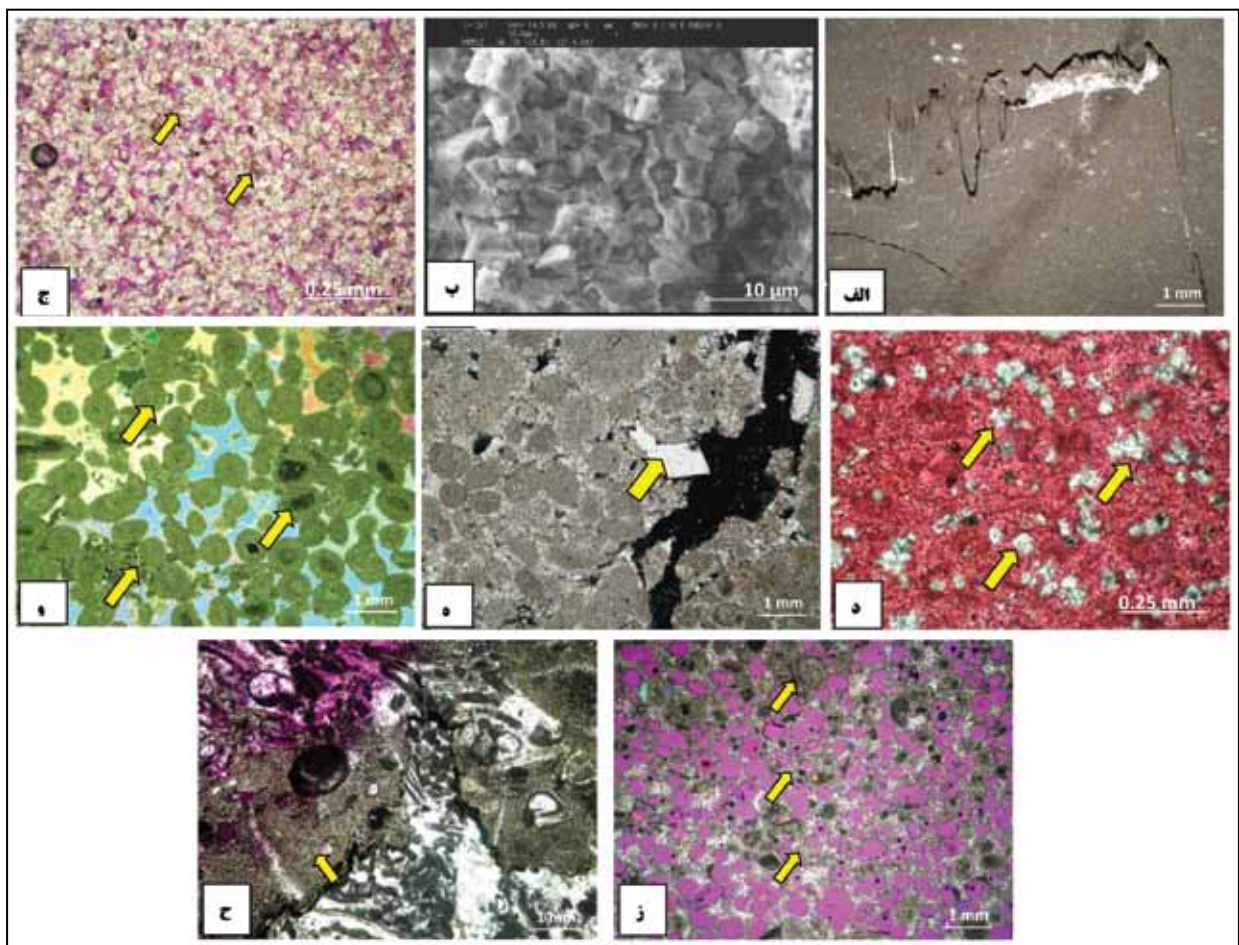
شکل ۲- ستون چینه‌نگاری سازند دالان (Moradpour et al., 2008)



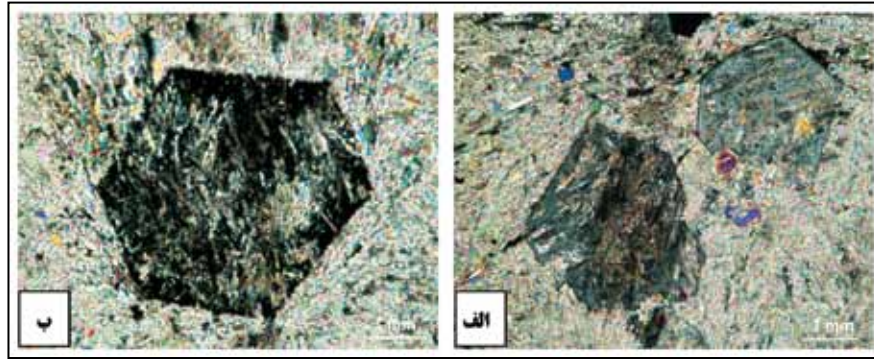
شکل ۴- تصویر نمادینی از محیط رسوبی سازند دالان در منطقه مورد مطالعه



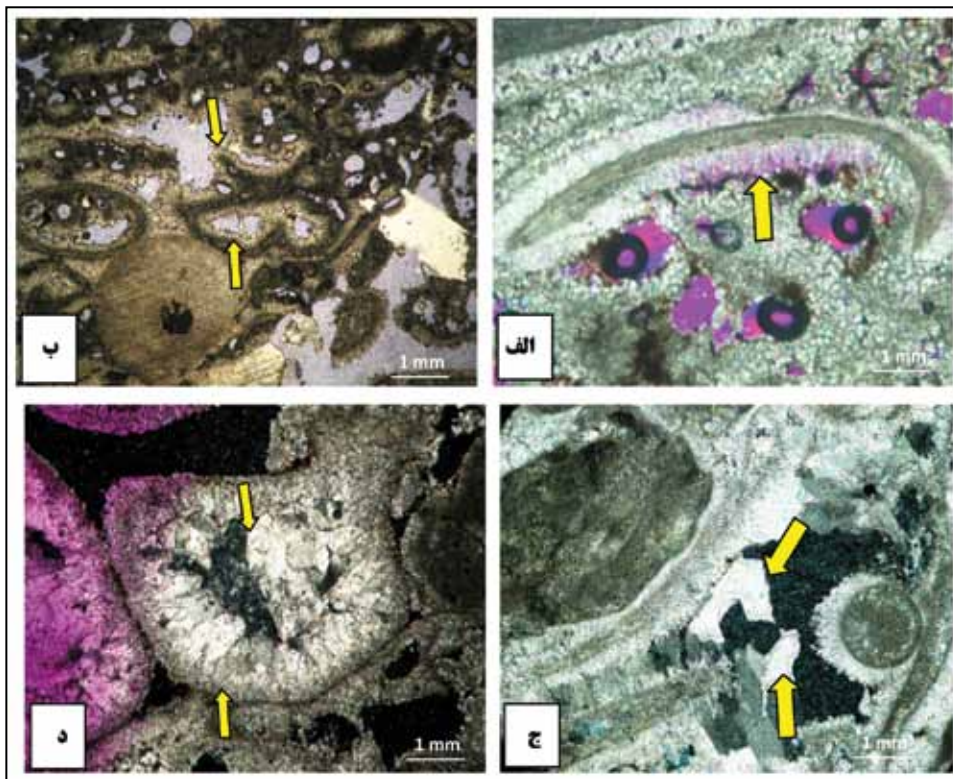
شکل ۵- الف) آشفته‌گی زیستی. حفره ایجاد شده در مراحل بعدی با رسوب پر شده است. ب) میکریته شدن گسترده خرده‌های فسیلی.



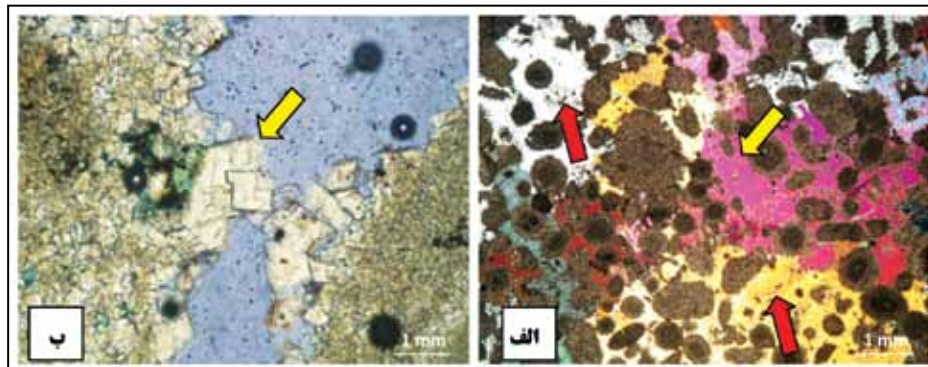
شکل ۶- انواع دولومیت. الف) دولومیکریت. ب) تصویر SEM از دولومیکریت. ج) دولومیکرواسپاریت. د) دولومیت‌های پراکنده در زمینه آهکی. ه) سیمان دولومیتی. و، ز) دولومیت‌های جانشینی. ح) دولومیت اطراف استیلولیت‌ها.



شکل ۷- بلورهای شکل دار ژیس که در حال تبدیل به انیدریت است.



شکل ۸- انواع سیمان کلسیتی. الف) سیمان سوزنی که در اطراف فسیل خرده صدف، حاشیه هم‌سترا ایجاد کرده است. ب) سیمان تیغه‌ای. ج) سیمان هم‌بعد که پس از سیمان سوزنی در فضای خالی تشکیل شده است. د) سیمان دروزی.



شکل ۹- انواع سیمان‌های انیدریتی و دولومیتی. الف) سیمان انیدریتی فراگیر. ب) سیمان دولومیت رومییک.

جدول ۱- روند فرایندهای دیاژنزی بخش بالایی سازند دالان در منطقه مورد مطالعه .

فرایندهای دیاژنزی	در زمان رسوب گذاری	مرحله بالا آمدگی	مرحله دفن
آشفتگی زیستی	_____		
میکریتی شدن	_____		
سیمان سوزنی	_____		
دولومیکریت	_____		
انیدریت لانه مرغی	_____		
نوشکلی پوسته‌های آراگونیتی	_____		
انحلال	_____		
سیمان تیغه‌ای	_____		
سیمان کلسیتی هم‌محور	_____		
دولومیت‌های جانیشینی	_____		
سیمان انیدریت فراگیر	_____		
سیمان کلسیت هم‌بعد	_____		
سیمان دروزی	_____		
فشردگی مکانیکی	_____		
فشردگی شیمیایی	_____		
دولومیت اطراف استیلولیت‌ها	_____		

کتابنگاری

- شیخ‌پور، ح.، ۱۳۸۴- دیاژنز و ژئوشیمی بخش فوقانی سازند دالان و کنگان زیرین در میدان گازی پارس جنوبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۱۶۷ صفحه.
- کاووسی، م.، ع.، ۱۳۸۸- محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند مزدوران (ژوراسیک بالایی) در حوضه رسوبی کپه داغ، رساله دکتری دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۷۱ ص.
- لاسمی، ی.، ۱۳۷۹- رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک ایران، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۸۰ ص.
- لطف‌پور، م.، ۱۳۸۴- چینه‌شناسی توالی‌ها، محیط رسوبی و بیواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان در ناحیه زاگرس جنوبی با نگرشی ویژه بر مرز پرموتریاس. رساله دکتری دانشگاه شهید بهشتی. ۴۰۰ صفحه.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- چینه‌شناسی زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- نجم‌آبادی، س.، ۱۳۷۲- گزارش نهایی زمین‌شناسی چاه شماره ۱ میدان گازی پارس جنوبی، گزارش داخلی شرکت ملی نفت ایران.

References

- Adabi, M. H. & Rao, C. H., 1991- Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic Carbonates (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran: *Sedimentary. Geology*, v.72, p.253-267.
- Ahr, W. M., 2008- *Geology of carbonate reservoirs*. Wiley Pub. 277p.
- Al-Sharhan, A. S. & Whittle, G. L., 1995- Carbonate – Evaporite Sequences of the Late Jurassic, Southern and Southwestern Arabian Gulf. *AAPG Bull.*, v.79, No.11, p.1608-1630.
- Dickson, J. A. D., 1965- A modified staining technique for carbonate in thin section: *Nature*, v.205, p.587.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. AAPG Memoir, 1, 108-121.

- Edgell, H. S., 1977- The Permian system as an oil and gas reservoir in Iran, Iraq and Arabia. Proc. Second Iranian Geological symposium, Tehran, p. 161-201.
- Flügel, E., 2004- Microfacies of carbonate rocks, Springer – Verlag, New York, 967p.
- Folk, R. L., 1965- Some aspect of recrystallization in ancient limestone, in: L.C., Pray and R.C. Murray (eds.), Dolomitization and Limestone Diagenesis, A Symposium. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication no. 13, p.14-48.
- Folk, R. L., 1974- Petrology of sedimentary Rocks: Hemphill. Pub., Co., Austin, Texas, 182p.
- Given, R. K. & Wilkinson, B. H., 1985- Kinetic control of morphology, composition, and mineralogy of abiotic sedimentary carbonates. J. Sedimentary Petrology, 55. p.109-119.
- Gregg, J. M. & Sibley, D. F., 1984- Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture reply: Jour. Sed. Petrology, v.56, p.735-763.
- Halley, R. B. & Harris, P. M., 1979- Fresh-water cementation of a 1.000 year-old oolite. J. Sedimentary Petrology, v.49, p.969-988.
- Hardi, L. A., 1967- The gypsum-anhydrite equilibrium at one atmosphere pressure. American Mineralogist. v. 52, p.172-200.
- Hardwood, G. M., 1988- Principles of sedimentary petrography. In: Tucker, M.E. (ed.), Technique in Sedimentology, Blackwell Oxford. p.108-174.
- Heasley, E. C., Worden, K. H. & Hendry, J. P., 2000- Cement distribution in a carbonate reservoir: recognition of a palaeo oil-water contact and its relationship to reservoir quality in the Humbly Grove field, onshore, UK. Marine and Petroleum Geology. v.17, p.639-654.
- Husseini, M. I., 1992- Upper Paleozoic tectono-sedimentary evolution of the Arabian and adjoining plates. Jour. Geol. Soc. London, v.149, p.419-429.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, S. A., Lotfpoor, M. & Monibi, S., 2006- Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. Georabia, v.11, No. 2, p.75-176.
- James, N. P. & Choquette, P. W., 1984- Diagenesis 9. Limestone – The meteoric seafloor diagenetic environment: Geosciences Canada, v.11, p.161-194.
- Kashfi, M. S., 1992- Geology of the Permian super-giant gas reservoirs in the greater Persian Gulf area: Jour. Petrol. Geol.,15, p.465-480.
- Kaufman, A. J., Cander, H. S., Daniels, L. D. & Meyers, W. J., 1988- Calcite cement stratigraphy and cementation history of the Burlington – Kcokek Formation (Mississippian), Illinois and Missouri, Journal of Sed. Petrol. v.58, p.312-326.
- Kobluk, D. R. & Risk, M. J., 1977- Calcification of exposed filaments of endolithic algae, micrite envelope formation and sediment production. Jour. Sed. Petrol. No.47, P.517-528.
- Longman, M. W., 1980- Carbonate diagenetic texture from nearshore diagenetic environment, AAPG. Bull., v.64. p.461-487.
- Lucia, F. J., 1999- Carbonate reservoir characterization, Springer – Verlag., Berlin, 226p.
- Mazzullo, S. J., 1992- Geochemical and neomorphic alteration of dolomite: a review. Carbonate and Evaporates. v.7, p.21-37.
- Miall, A. D., 1991- Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation, Journal of Sedimentary Petrology. v.61, p.487-505.
- Miall, A. D., 1995- Whiter Stratigraphy. Sedimentary Geology. v.100, p.5-20.
- Moore, C. H., 1989- Carbonate Diagenesis and Porosity: Elsevier, Amsterdam, 338p.
- Moradpour, M., Zamani, Z. & Moallemi, S. A., 2008- Control on reservoir quality in Lower Triassic Kangan Formation, Southern Persian Gulf. Journal of Petroleum Geology, v. 31(4), pp.367-386.
- Shinn, E. A. & Robbins, D. M., 1983- Mechanical and chemical Compaction in fine grained shallow – water limestone. J. Sedimentary Petrology. 53, 595-618.
- Shinn, E. A., 1969- Submarine Lithification of Holocene Carbonate Sediment in the Persian Gulf. Sedimentology 12, 109-144.
- Sibley, D. F. & Gregg, J. M., 1987- Classification of dolomite rock texture, Journal of Sedimentary Petrology, v.57, p.967-975.
- Tucker, M. E. & Wright, V. P., 1990- Carbonate Sedimentology, Blackwell. Sci. Pub., p.482.
- Tucker, M. E., 1991- Sedimentary Petrology: An Introduction to the origin of sedimentary rocks: Blackwell, Sci. Pub., London, p.260.
- Tucker, M. E., Calvet, F. & Hunt, D., 1993- Sequence stratigraphy of carbonate ramps: systems tracts, models, and application to the Muschelkalk carbonate platform of eastern Spain. In: Posamentier, H.W., Summerhayes, C.P., Haq, B.U., Allen, G.P. (Eds), Sequence stratigraphy and facies associations, v.18. International Association of Sedimentology, Special Publication, pp.397-415.
- Wright, V. P., 1986- Facies sequences on a carbonate ramp: the carboniferous Limestone of South Wales. Sedimentology. V.33, p.221-244.