

عوامل موثر بر کیفیت مخزنی سازند سورمه فوقانی (عرب) در میادین بلال و سلمان - خلیج فارس

رومینا همپائیان^{۱*}، حسین رحیم پور بناب^۲، محمدرضا کمالی^۳ و سیدرضا موسوی حرمی^۴

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۲- دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران

۳- پردیس پژوهش و توسعه صنایع بالادستی پژوهشگاه صنعت نفت، ایران

۴- دانشکده علوم، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۴

چکیده

سازند سورمه از مخازن بزرگ نفتی در ایران و خاورمیانه محسوب می‌شود. لیتولوژی این سازند از نهشته‌های کربناته دولومیتی در بخش فوقانی و آهکی دولومیتی در بخش تحتانی به همراه انیدریت به صورت بین لایه‌ای و درون لایه‌ای تشکیل شده است. با توجه به مطالعاتی که در این میدان‌ها انجام گرفته، تغییراتی از جمله تغییر رخساره، نوع و شدت عملکرد فرآیندهای دیاژنزی و نوع لیتولوژی بر روی تخلخل و نفوذپذیری موثر می‌باشند. با مقایسه این عوامل در این دو میدان می‌توان به این نتیجه رسید که نهشته‌های دولومیتی میدان بلال بیشتر شامل رخساره‌های محیط سدی و لاگونی می‌باشد که به سمت جنوب شرقی از میزان نهشته‌های دولوگرینستونی سدی با فابریک دانه افزون کاسته شده و میزان نهشته‌های دولوپکستونی لاگونی افزایش می‌یابد و در میدان سلمان رخساره‌های دولووکستون و دولومادستون محیط پهنه جزرومدی با فابریک گل افزون بالاترین تعداد را به خود اختصاص می‌دهند که به دلیل گسترش بالای سیمان انیدریتی از مقدار تخلخل و تراوایی آنها کاسته شده است و علت آن می‌تواند کمتر شدن عمق حوضه از سمت میدان بلال به طرف میدان سلمان باشد به طور کلی این دو میدان در مقایسه با هم دارای رخساره‌های تقریباً مشابه‌اند اما بیشترین تفاوت که روی کیفیت مخزنی آنها تاثیر داشته میزان فراوانی رخساره‌های دانه افزون و درصد سیمانی شدگی انیدریتی می‌باشد.

کلمات کلیدی: سورمه فوقانی (عرب)، میدان بلال، میدان سلمان، کیفیت مخزنی، تغییر رخساره

مقدمه

بوده به عنوان یک سازند اکتشافی مهم به‌ویژه در بخش ایرانی خلیج فارس مورد توجه است [۲]. میادین سلمان و بلال از مهمترین میادینی هستند که بخش بالایی سازند سورمه (عرب زون) در آنها مخزن اصلی می‌باشد [۲]. میدان نفتی بلال در منطقه خلیج فارس و در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب غرب جزیره لاوان قرار دارد و میدان سلمان در ۱۴۴ کیلومتری آن واقع شده است. محدوده جغرافیایی

سازند سورمه فوقانی به عنوان یک توالی کلاسیک کربناته دولومیتی و انیدریتی یکی از سازندهای مخزنی مهم دنیا بوده که میادین هیدروکربنی مهمی را در خاورمیانه تشکیل می‌دهد [۱]. بخش بالایی سازند سورمه که معادل با سازند عرب

*مسئول مکاتبات
r.hampaiyan@yahoo.com

آدرس الکترونیکی

بلال و سلمان و مقایسه آنها پرداخته شده است [۴].

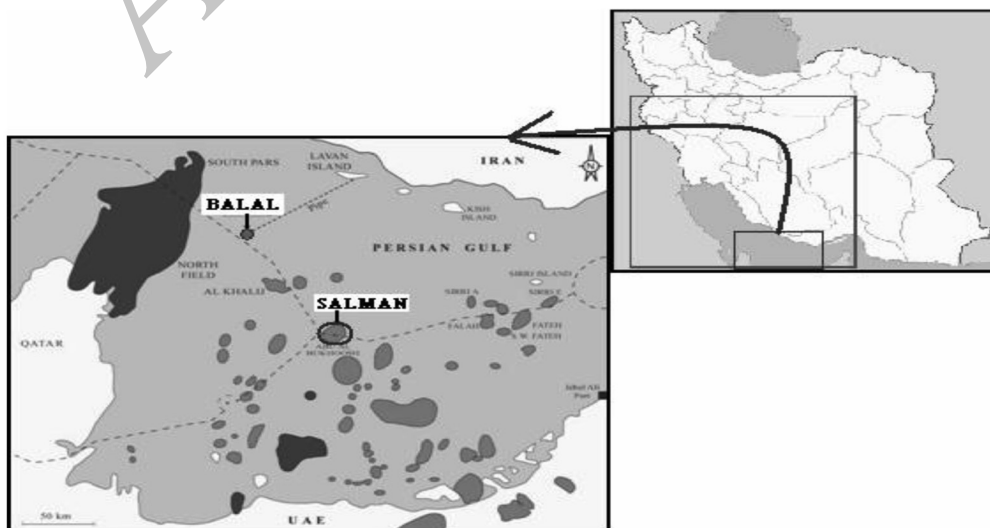
روش کار

به منظور بررسی رخساره‌های رسوبی و شرایط حاکم بر محیط رسوب‌گذاری سازند سورمه فوقانی در دو میدان بلال و سلمان و همچنین درک فرآیندهای دیاژنزی موثر بر کیفیت مخزنی آنها در حدود ۲۰۰ نمونه مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از نمونه‌های مغزه متعلق به چاه‌های میدان بلال و ۱۵۰ نمونه متعلق به چاه‌های میدان سلمان مورد مطالعه قرار گرفتند.

به منظور تفکیک سنگ‌های آهکی از دولومیتی و تعیین درصد آنها از مقاطع نازک رنگ آمیزی شده با محلول آلزارین قرمز استفاده گردیده است. برای شناسایی میکروفاسیس‌ها و نام‌گذاری دقیق آنها از روش‌های رایج فلوگل [۵] و دانه‌ام [۶] و همچنین گرگ و سیبلی [۷] استفاده گردید. در تقسیم‌بندی کمرندهای رخساره‌ای در ارتباط با انواع رخساره‌ها نیز از طبقه‌بندی ویلسون [۸] استفاده شده است. برای طبقه‌بندی پتروفیزیکی و زمین‌شناسی فضاهای خالی و فابریک آنها از طبقه‌بندی ارائه شده توسط چوکت و پری [۹] و لوسیا [۱۰ و ۱۱] استفاده شده است.

میدان بلال عبارت است از فواصل جغرافیایی "۳۰°۱۲'۲۶" تا "۵۰°۲۳'۲۶" عرض شمالی و "۵۲°۲۷'۵۰" تا "۲۰°۳۶'۵۲" طول شرقی و چاه‌های مورد مطالعه عبارتند از، BL-1P و 3W-02 و میدان سلمان در حد فاصل "۱۴°۵۳" تا "۲۰°۵۳" طول شرقی و "۲۷°۲۵" تا "۳۸°۲۵" عرض شمالی قرار گرفته است. چاه‌های مورد مطالعه در این میدان، 2S-2 و 2S-4 می‌باشند (شکل ۱).

کیفیت مخزنی نهشته‌های کربنات‌ها عموماً تحت کنترل چند عامل است که مهمترین آنها نوع رخساره‌های رسوبی، گسترش و توزیع فضایی آنها و همچنین عوامل دیاژنزی ثانویه است [۳]. به دلیل پتانسیل بالای نفتی و گستردگی حوضه رسوبی این سازند در خلیج فارس مطالعات متعددی به ویژه در کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس از جمله قطر و عربستان صورت گرفته است [۱ و ۲]. در میداین بلال و سلمان این سازند شامل بخش آهکی-آهک دولومیتی و دولومیتی تحتانی و بخش دولومیتی بالایی است که به وسیله لایه‌های انیدریتی از یکدیگر جدا شده‌اند. با توجه به اهمیت مخزنی این سازند و به منظور گسترش تعداد چاه‌های منطقه در آینده در این مطالعه به بررسی و مقایسه رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی و عوامل تأثیر گذار بر روی کیفیت مخزنی این سازند در میدان‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میداین بلال و سلمان در منطقه خلیج فارس

از انحلال آلوکم‌ها را پر کرده است. دولومیتی شدن هم از جمله فرآیندهایی است که بر کیفیت مخزنی سنگ آهک اولیه تأثیر بسزایی دارد. اما این الزاماً به معنی بهبود کیفیت مخزنی نیست. به طور کلی اندازه بلورهای دولومیت می‌تواند برای تشخیص دولومیت‌های دیاژنتیک اولیه از ثانویه مورد استفاده قرار بگیرد [۱۴]. در نمونه‌های آهکی بخش سورمه فوقانی تحتانی که به صورت بخشی و یا خیلی خفیف دولومیتی شده‌اند سیمان دولومیتی مشاهده می‌شود. (جدول ۱).

بررسی کیفیت مخزنی رخساره‌های رسوبی سازند سورمه فوقانی

رخساره‌های مورد بررسی در چهار چاه از میدین بلال و سلمان را به طور کلی می‌توان به دو دسته کلی سورمه فوقانی تحتانی و فوقانی تقسیم نمود:

رخساره‌های آهکی و آهک دولومیتی بخش تحتانی سازند سورمه فوقانی:

این رخساره‌ها شامل رخساره‌های آهکی (گرینستون بیوکلاستی و گرینستون/پکستون حفره‌ای)، آهکی دولومیتی (گرینستون دولومیتی و پکستون/وکستون دولومیتی) و نیز جهت بررسی شرایط تغییر و تحول از سنگ آهک به دولومیت و مقایسه پارامترهای تخلخل و تراوایی از داده‌های نمونه‌های کاملاً دولومیتی هم در این بخش استفاده شده است. فرآیندهای دیاژنتری عمده قابل شناسایی در بخش تحتانی سازند سورمه فوقانی عبارتند از میکرایتی شدن، تشکیل سیمان دریایی اولیه، تراکم، انحلال و دولومیتی شدن. رخساره‌های آهکی دانه افزون به دلیل تشکیل سیمان فریاتیکی دریایی دوردانه‌ای اولیه بخش اعظم تخلخل خود را به خوبی حفظ کرده‌اند و به همین دلیل از تراوایی بالایی هم برخوردارند. فابریک‌های گل افزون دولومیتی ظاهراً بخش اعظم تخلخل خود را در اثر تراکم از دست داده‌اند، در حالی که در گرینستون دولومیتی و تاحدی در وکستون/پکستون دولومیتی به صورت فاز پرکننده فضاهای خالی عمل کرده و در نتیجه باعث کاهش تخلخل و تراوایی شده است.

پهنه جزرومدی، لاگون و سد با ۱۵ میکروفاسیس در میدان بلال و ۱۳ میکروفاسیس در میدان سلمان شناسایی شده است (جدول ۱). بر اساس اطلاعات و نتایج حاصل از بررسی رخساره‌های سنگی و میکروسکوپی اجزاء تشکیل دهنده آنها در این مطالعه و با توجه به عدم وجود نشانه‌هایی دال بر رشد و گسترش ریف‌های سدی، عدم وجود رخساره‌های توریدیتی و یا آهک‌های حاصل از کلاست‌های ریزشی (آلوداپیک) مدل پیشنهادی برای محیط رسوبی سازند سورمه فوقانی در میدان بلال و سلمان یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلاسن می‌باشد که در حاشیه شرق و شمال شرقی حوضه درون شلفی^۱ که در انتهای ژوراسیک در این منطقه گسترش داشته تشکیل شده است [۴].

فرآیندهای دیاژنتری موثر بر سازند سورمه فوقانی در میدان‌های بلال و سلمان

متنوع بودن خصوصیات مخزنی در محیط‌های کم‌عمق امری متداول است که این امر تأثیر فرآیندهای مختلف رسوبی و شرایط رسوبی و فرآیندهای دیاژنتری را منعکس می‌کند [۱۲]. فرآیندهای دیاژنتری از جمله مهمترین عواملی هستند که در کنترل کیفیت مخزنی مخازن کربناته می‌توانند موثر باشند [۱۳].

بر اساس مطالعات پتروگرافی مشخص گردید که هر سه محیط دیاژنتری شامل دریایی، متئوریک و دفنی بر این بخش از سازند سورمه فوقانی مؤثر بوده‌اند. فرآیندهای دیاژنتری دریایی عموماً به صورت تراکم اولیه، میکرایتی شدن و تشکیل سیمان‌های دریایی به ویژه در بخش پایینی قابل شناسایی‌اند. در بخش بالایی سازند سورمه فوقانی به دلیل دولومیتی شدن گسترده، این فرآیندها قابل شناسایی نبودند. شاید بتوان گفت که دیاژنتز متئوریک و دفنی کم عمق مهمترین فرآیندهای شکل دهنده وضعیت کنونی سازند هستند. سیمان انیدریتی بعد از پدیده دولومیتی شدن مهمترین پدیده دیاژنتری در سازند سورمه فوقانی می‌باشد و فضای بین اغلب آلوکم‌ها و یا فضاهای ناشی

1. Intra-Shelf Basin

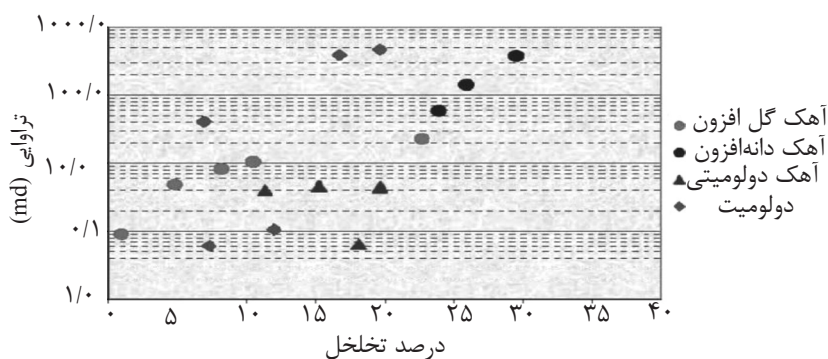
جدول ۱- انواع رخساره‌های سازند سورمه فوقانی در میداین مورد مطالعه [۴].

فرایندهای دیاژنزی	اجزای اصلی سازنده	محیط	میدان سلمان	میدان بلال	رخساره‌های مورد مطالعه
سیمان دولومیتی، انحلال انحلال و سیمان انیدریتی انحلال و سیمان انیدریتی	انیدریت بلوری لیتوکلاستهای جلبکی و پلوئیدی دولومیکرایت تا بلورهای ریز دولومیت بلورهای بسیار ریز دولومیت	پهنه جزر و مدی پهنه جزر و مدی پهنه جزر و مدی پهنه جزر و مدی	MF ₁ MF ₂ MF ₃ MF ₄	MF ₁ MF ₂ MF ₃ MF ₄	انیدریت دولوبایندستون دولومادستون / وکستون دولوووکستون
سیمان، انحلال و تراکم دولومیت زدایی خیلی کم سیمان دولومیتی و انحلال سیمان دریایی وانحلال دولومیتی شدن سیمان، میکرایتی شدن	دولومیت جانشین ائید و پلوئید گل آهکی و بلورهای دولومیت گل آهکی، دولومیت و خرده فسیل گل آهکی و خرده فسیل فرامینیفر، خرده های جلبک و پلوئید فرامینیفر بویژه میلیولید، پلوئید	لاگون لاگون لاگون لاگون لاگون	MF ₅ MF ₆ ----- MF ₇ ----- MF ₈	MF ₅ MF ₆ MF ₇ MF ₈ MF ₉ MF ₁₀	دولوگرینستون / پکستون ائیدی، پلوئیدی مادستون / وکستون دولومیتی وکستون / پکستون دولومیتی وکستون / پکستون بیو کلاستی، پلوئیدی گرینستون بیو کلاستی، پلوئیدی، دولومیتی گرینستون بیو کلاستی میلیولیددار
سیمان دولومیتی و انحلال دولومیتی شدن سیمانی شدن میکرایتی شدن، دولومیتی شدن، سیمان وانحلال سیمان و میکرایتی شدن	خرده فسیل، ائید، پلوئید، دولومیت خرده های کرینوئید و دولومیت خرده کرینوئید، دوکفه ای و جلبک ائید، خرده فسیل، دولومیت خرده فسیل، پلوئید، اینتراکست	سد سد سد سد سد	MF ₉ MF ₁₀ MF ₁₁ MF ₁₂ MF ₁₃	MF ₁₁ MF ₁₂ MF ₁₃ MF ₁₄ MF ₁₅	دولوگرینستون بیو کلاستی، ائیدی و پلوئیدی دولوپکستون / گرینستون بیو کلاستی کرینوئیدی پکستون / گرینستون بیو کلاستی دولوگرینستون ائیدی، بیو کلاستی انیدریتی گرینستون بیو کلاستی، پلوئیدی، اینتراکلاستی

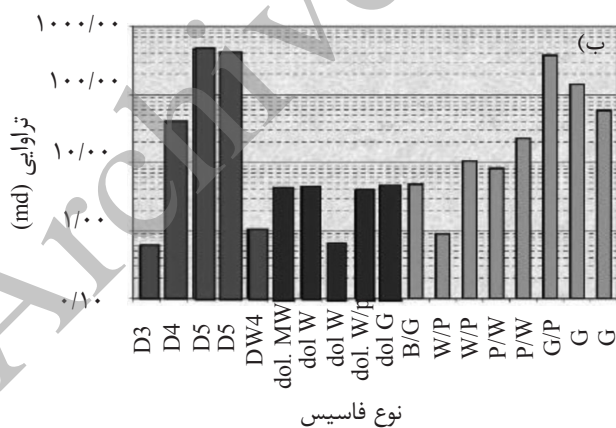
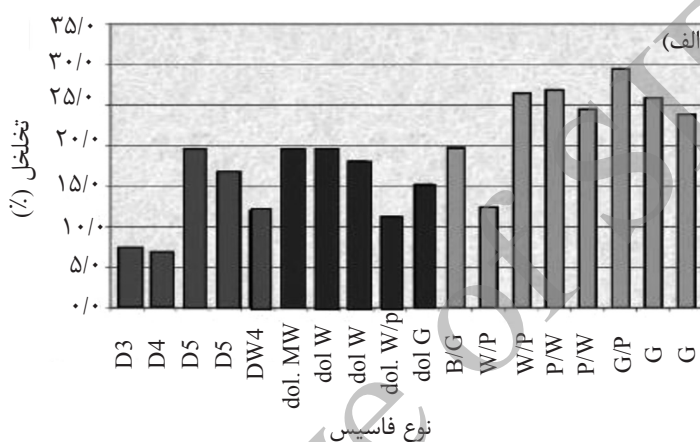
در فابریک‌های دانه افزون و یا جان‌نشینی زمینه گل آهکی در فابریک‌های گل افزون در کاهش تخلخل و تراوایی در هر دو فابریک به‌ویژه در فابریک‌های دانه افزون نقش مؤثری دارد به‌ویژه در گرینستون‌ها و پکستون‌ها با تشکیل در فضاهای بین دانه‌ای و بستن گلوگاه‌ها عامل مهم کاهش تراوایی و تخلخل می‌باشد. در شکل ۳ نمودار تغییرات تخلخل و تراوایی بر اساس رخساره‌های میکروسکوپی و در شکل ۴ نمونه‌هایی از رخساره‌های سورمه فوقانی تحتانی نشان داده شده است. براساس شکل ۳ رخساره‌های آهکی با فابریک دانه افزون (G,GPvug) و رخساره‌های دولوستونی درشت بلور با فابریک باز و بلورهای خودشکل از کیفیت مخزنی خیلی خوبی برخوردارند.

در نمونه‌های دولوستونی تخلخل و تراوایی بیشتر متأثر از فابریک بلوری نمونه‌های (فابریک باز با بلورهای خود شکل و نیمه شکل دار و یا فابریک درهم و فشرده با بلورهای بی‌شکل) است. نمودار شکل ۲ تغییرات تخلخل و تراوایی در مقابل فابریک را نشان می‌دهد. فابریک‌های گل افزون و دانه افزون در شرایط تقریباً یکسانی قرار دارند که البته نشان دهنده این است که فابریک‌های گل افزون احتمالاً در اثر فرآیند تراکم نسبت به فابریک‌های دانه افزون درصد بیشتری از تخلخل خود را از دست داده‌اند [۱۵].

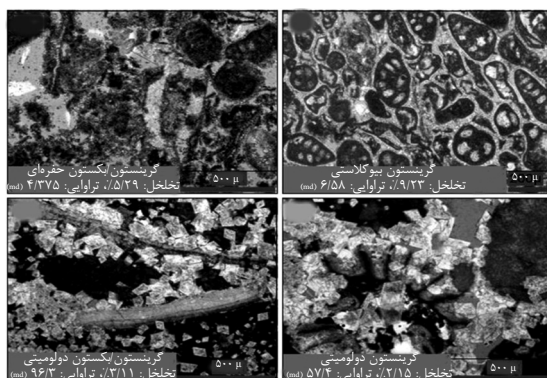
اگرچه فضاهای خالی انحلالی در ماتریکس گلی این فابریک‌ها هم نقش داشته است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد فرآیند دولومیتی شدن هر چند بخشی بیشتر به‌صورت سیمان و به شکل فاز پرکننده فضاهای بین دانه‌ای



شکل ۲- نمودار تخلخل- تراوایی برای رخساره‌های میکروسکوپی بخش تختانی سازند سورمه فوقانی



شکل ۳- نمودار تغییرات تخلخل (الف) و تراوایی (ب) براساس رخساره‌های میکروسکوپی در بخش تختانی سازند سورمه فوقانی



شکل ۴- نمونه‌هایی از رخساره‌های میکروسکوپی آهکی و آهک دولومیتی بخش تختانی سازند سورمه فوقانی. نور: XPL عمق: ۱۷۷۰ m - ۱۷۹۰ m

دولومیتی شدن ابتدا به صورت فاز جانشینی و پرکننده فضاهای خالی عمل کرده و سپس یک فاز انحلالی باعث تشکیل فضاهای خالی انحلالی قالبی و ارتباط آنها با یکدیگر شده است. با توجه به داده‌های آماری (شکل ۶-ب)، در این رخساره کمترین میزان تخلخل ۱۴/۶٪ و بیشترین آن ۲۸/۷٪ و مقدار متوسط ۲۱/۷٪ و برای تراوایی کمترین مقدار ۱۰۴/۱ md و بیشترین مقدار ۱۳۰۸/۸ md و مقدار متوسط آن هم ۵۶۴/۷ md است.

ج- رخساره دولوگرینستون آئیدی، انیدریتی با تخلخل قالبی (شکل ۵-پ): در این رخساره با فابریک دانه افزون فضاهای خالی از نوع حفره‌ای غیرمرتبط و عمدتاً متشکل از قالب‌های انحلالی آئیدها هستند که به وسیله بلورهای خیلی ریز دولومیت احاطه شده‌اند. فاز انحلالی که قبل از تکمیل شدن فرآیند دولومیتی شدن و یا پس از آن صورت گرفته تخلخل زیادی را ایجاد کرده است به طوری که متوسط تخلخل در این رخساره ۲۴/۶٪ است که مقدار بالایی می‌باشد (شکل ۶-پ). با این حال همان‌گونه که در نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی مشاهده می‌شود دامنه تغییرات تراوایی در این رخساره زیاد است به طوری که کمترین مقدار آن ۰/۱۶ md و بیشترین آن ۲۱۱/۵ md است که یکی از عوامل اصلی کنترل آن اندازه و بافت بلورهای دولومیت در این رخساره است. همچنین نمونه‌های این رخساره دارای ۱۵٪ تا ۴۰٪ انیدریت می‌باشند که به عنوان سیمان در مراحل تأخیری دپازن با رسوب در فضاهای خالی قالبی ضمن کاهش تخلخل و تراوایی در کاهش کیفیت مخزنی مؤثر بوده است. به هر حال در این رخساره در صورتی که ارتباط مناسبی بین فضاهای خالی قالبی از طریق فضاهای بین دانه‌ای و از مجرای بافت دولومیتی وجود داشته باشد تراوایی مناسبی هم ایجاد خواهد شد.

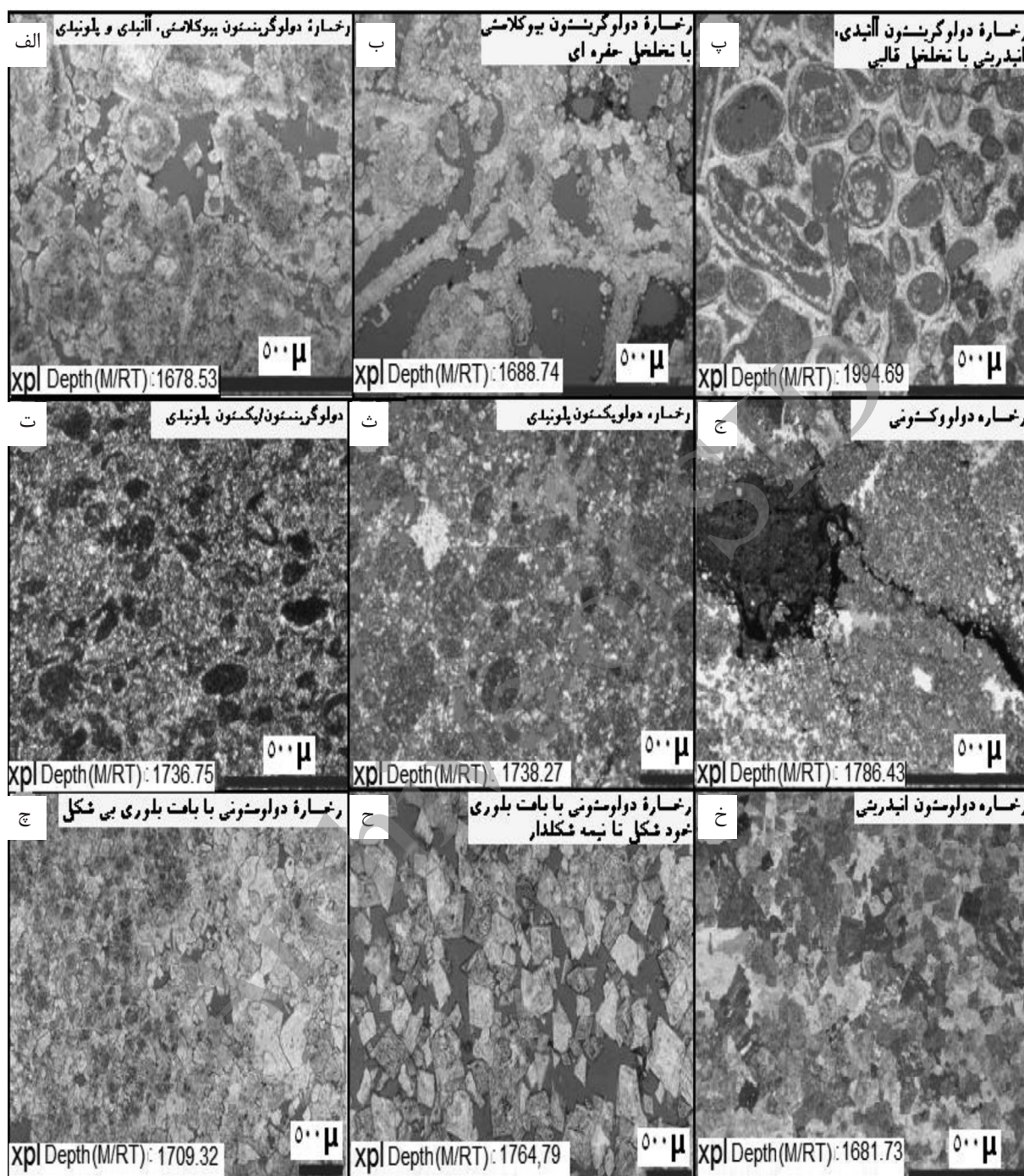
در حالی که رخساره‌های آهکی با فابریک گل‌افزون (P/W, Gd, W/) و رخساره‌های آهک دولومیتی (W/P, B/G) و رخساره‌های دولوستونی متوسط بلور با بافت فشرده از کیفیت مخزنی ضعیف برخوردارند. متوسط تخلخل برای نمونه‌های آهکی ۲۳/۷٪ و از آن برای تراوایی ۷۷/۸ md است. متوسط تخلخل برای نمونه‌های آهک دولومیتی ۱۶/۸٪ و از آن تراوایی ۳/۵۷ md می‌باشد. همچنین متوسط تخلخل و تراوایی برای نمونه‌های دولومیتی علیرغم پراکندگی توزیع داده‌ها در نمودار به ترتیب ۱۲/۵٪ و ۱۷۷/۷ md است.

رخساره‌های دولومیتی بخش فوقانی سازند سورمه فوقانی

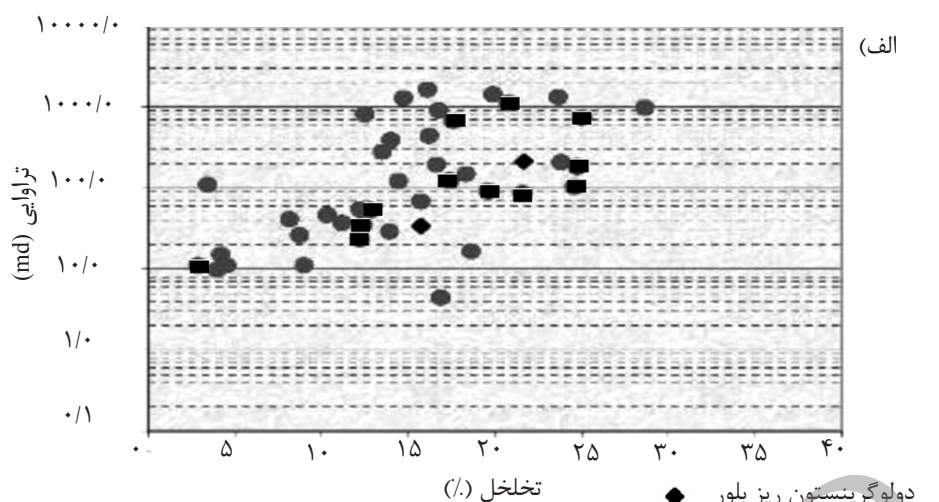
الف- رخساره دولوگرینستون بیوکلاستی، آئیدی^۱ و پلوئیدی^۲ ریز تا درشت بلور (شکل ۵-الف) ویژگی مهم این رخساره با فابریک دانه افزون این است که در اکثر نمونه‌های آن درصد زیادی از تخلخل اولیه باقیمانده است. در این حالت نمونه‌ها از تخلخل بین دانه‌ای اولیه و تراوایی بالایی برخوردارند. در این رخساره تغییرات عمده تخلخل و تراوایی در واقع تحت تأثیر فاز پرکننده فضاهای خالی است. اندازه بلورهای دولومیت نوع چهارم (دولواسپارایت) با درصد حدود ۸۰ تا ۹۰٪ همان‌گونه که در نمودار تخلخل-تراوایی (شکل ۶-الف) مشخص است تأثیری در تغییرات تخلخل و تراوایی و در نهایت کیفیت مخزنی ندارد. کمترین میزان تخلخل ۲/۸۸٪ و بیشترین آن ۲۸/۶۵٪ و مقدار متوسط آن هم ۱۵/۳٪ می‌باشد. کمترین میزان تراوایی ۴/۴ md و بیشترین آن ۱۶۲۲ md و مقدار متوسط آن هم ۳۳۴/۸ md است. با این شرایط این رخساره از جمله رخساره‌های مخزنی خوب در سازند سورمه فوقانی می‌باشد. به‌ویژه اینکه در اکثر زون‌های مخزنی این سازند گسترش دارد.

ب- رخساره دولوگرینستون بیوکلاستی با تخلخل حفره‌ای (شکل ۵-ب): در این رخساره که فابریک دانه افزون دارد، فضاهای خالی قالبی با گسترش فرآیند انحلال تشکیل حفرات انحلالی مرکب و بزرگ داده و موجب افزایش تخلخل و تراوایی و در نتیجه افزایش کیفیت مخزنی و تشکیل یکی از بهترین رخساره‌های مخزنی سازند سورمه فوقانی شده است و فرآیند

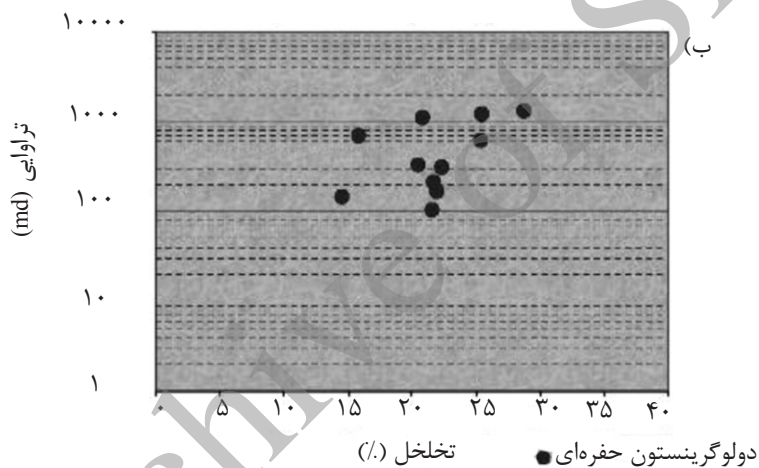
1. Ooidal
2. Peloidal



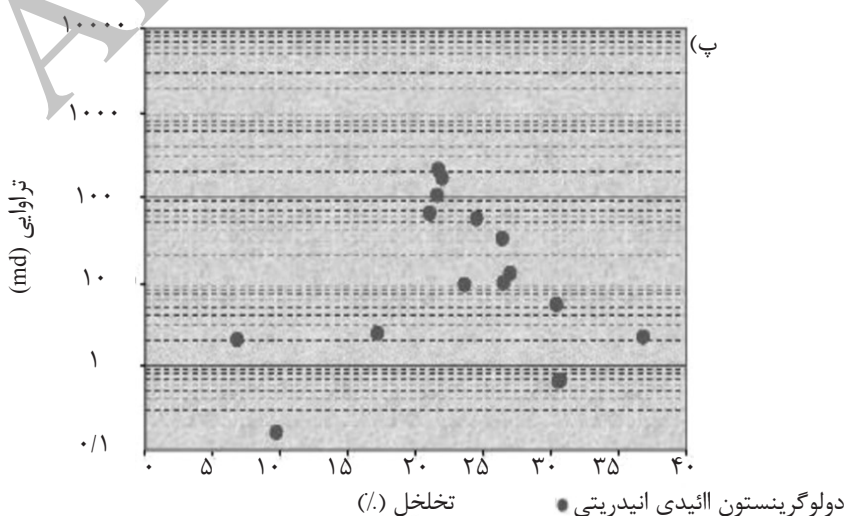
شکل ۵- نمونه‌هایی از رخساره‌های میکروسکوپی دولومیتی بخش فوقانی سازند سورمه فوقانی



رخساره دولوگرنیستون بیوکلاستی الئیدی پلوئیدی ریز تا درشت بلور

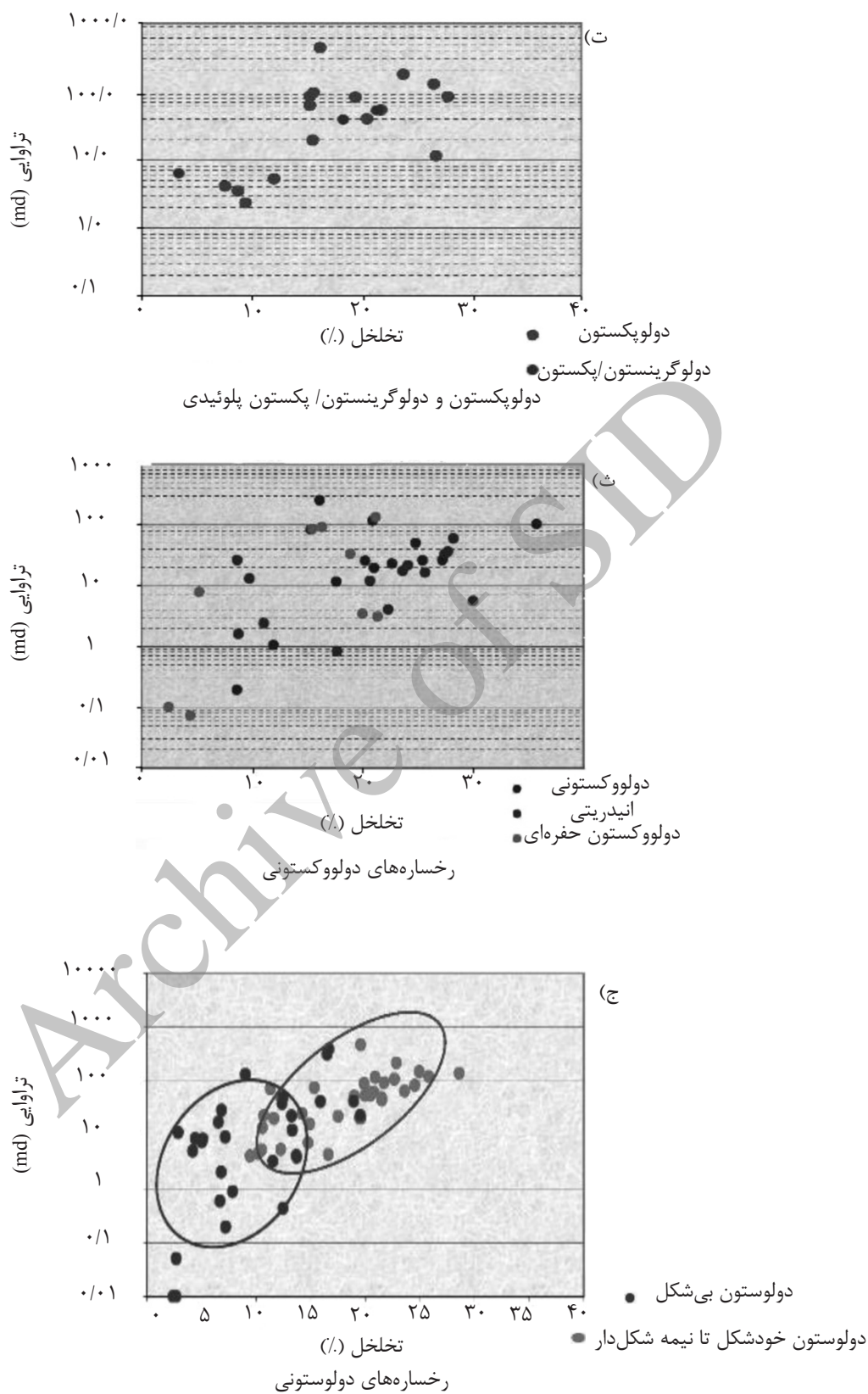


رخساره دولوگرنیستون بیوکلاستی با تخلخل حفره‌ای

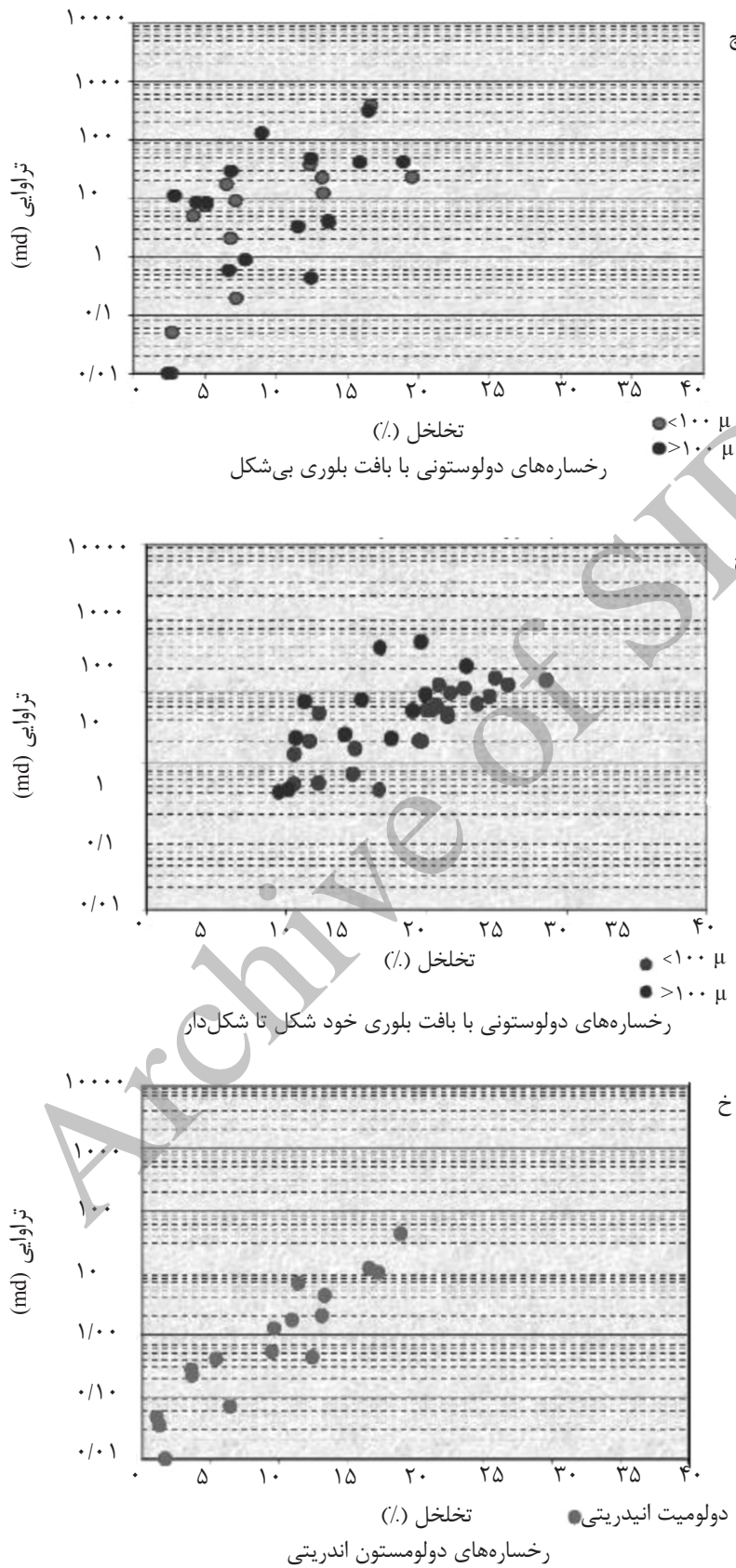


رخساره دولوگرنیستون انیدریتی با تخلخل قالبی

شکل ۶- نمودارهای تخلخل- تراوایی برای انواع رخساره‌های دولومیتی سازند سورمه فوقانی (ادامه دارد)



شکل ۶- نمودارهای تخلخل- تراوایی برای انواع رخساره‌های دولومیتی سازند سورمه فوقانی (ادامه دارد)



شکل ۶- نمودارهای تخلخل- تراوایی برای انواع رخساره‌های دولومیتی سازند سورمه فوقانی

داشته است. فرآیند انحلال به خصوص در رخساره‌های گل غالب از نوع دولومیتی باعث ایجاد تخلخل از نوع حفره‌ای و بعضاً قالبی می‌گردد [۱۷]. بررسی آماری داده‌ها نشان می‌دهد متوسط تخلخل برای دولووکستون ۲۱/۰۵٪، دولووکستون انیدریتی ۲۰/۰۹٪ و برای دولووکستون با تخلخل حفره‌ای ۱۳/۹۵٪ و میزان تراوایی به ترتیب برای دولووکستون ۵۴/۷ md، دولووکستون انیدریتی ۲۲/۲۳ md و دولووکستون با تخلخل حفره‌ای ۳۹/۹ md است. متوسط تخلخل برای کل داده‌های این رخساره‌ها ۱۸/۹٪ و تراوایی ۳۷/۵ md است و در مقایسه با سایر رخساره‌های سازند سورمه فوقانی در شرایط متوسطی قرار می‌گیرد.

و- رخساره دولوستونی (شکل ۵-ج و شکل ۵-ح): در فضا‌های خالی بین بلوری این رخساره هیچ گلی وجود ندارد. بررسی داده‌های تخلخل و تراوایی نمونه‌های این رخساره نشان می‌دهد که ظاهراً در کل نمونه‌ها بافت بلوری دولومیت (از لحاظ شکل مرز بلوری) در تغییرات تخلخل و تراوایی و در نتیجه کیفیت مخزنی بیشتر از اندازه بلورها مؤثر بوده است که البته خود متأثر از نرخ و شدت دولومیتی شدن، تعدد نقاط هسته‌زایی، میزان تأمین یون‌های منیزیم، کربنات و کلسیم توسط سیال دولومیتی کننده می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت دولومیتی شدن بیش از حد از عوامل اصلی کاهنده تخلخل و تراوایی در این رخساره است به این دلیل که دولومیتی شدن تخلخل‌های موجود را به یکدیگر وصل کرده و لذا تراوایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۸]. از این جهت این رخساره در دو گروه بافتی بی‌شکل و نیمه شکلدار تا خودشکل مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۶-ج). رخساره دولوستونی با بافت بلوری بی‌شکل: توزیع و پراکندگی داده‌ها در نمودار تخلخل و تراوایی برای این رخساره که به تفکیک اندازه بلورهای دولومیت رسم شده است (شکل ۶-ج) نشان می‌دهد که در این گروه از دولوستون‌ها اندازه بلورهای دولومیت نقش تعیین کننده‌ای در تغییرات تخلخل و تراوایی

د- رخساره‌های دولوپکستون و دولوگرینستون/پکستون پلوئیدی (شکل ۵-ت و شکل ۵-ث): از بافت بلوری خیلی ریز تشکیل شده‌اند. اندازه آلوکوم‌ها متغیر است. تخلخل‌های بین بلوری و قالبی و حفرات انحلالی بیشتر از سایر موارد گسترش دارد. آلوکوم‌ها معمولاً از بافت بلوری ریزتری نسبت به بافت زمینه برخوردارند. فرآیند تراکم، تشکیل سیمان انیدریتی و کلسیتی مراحل تأخیری دیاژنز و به مقدار کمتری شکستگی در تغییرات تخلخل و تراوایی در این رخساره مؤثر بوده است. شکستگی به علت مقاومت بالای دولومیت نسبت به آهک در برابر فشار، در رخساره‌های آهکی نسبت به رخساره‌های دولومیتی کمتر است [۱۶]. توزیع داده‌های تخلخل و تراوایی از پراکندگی نسبتاً زیادی برخوردار است که می‌تواند در نتیجه تأثیر پارامترهای مختلف دیاژنزی باشد. براساس نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی (شکل ۶-ت) کمترین مقدار تخلخل ۳/۴٪ و بیشترین آن ۲۷/۹٪ و مقدار متوسط هم ۱۷/۲٪ و از آن برای تراوایی کمترین مقدار ۲/۳ md و بیشترین آن ۴۳۷/۲ md و مقدار متوسط هم ۷۲/۸ md است که از جهت کیفیت مخزنی در سازند سورمه فوقانی در شرایط خوبی قرار می‌گیرد. همچنین روند مشخصی از افزایش متناسب تخلخل و تراوایی با یکدیگر وجود دارد.

ه- رخساره‌های دولووکستونی (شکل ۵-ج): نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی در سه گروه دولووکستون، دولووکستون انیدریتی و دولووکستون با تخلخل حفره‌ای رسم شده است (شکل ۶-ث). از جهت این تقسیم‌بندی تفکیک قابل ملاحظه‌ای بین داده‌ها مشاهده نمی‌شود. اگرچه اختلاف اندکی هم در متوسط داده‌های تخلخل و تراوایی برای هر گروه وجود دارد با اینحال به نظر می‌رسد بافت بلوری از جهت باز یا متراکم و فشرده بودن، اندازه بلورها، تشکیل سیمان انیدریتی و کلسیتی در فضا‌های بین بلوری و برخی شکستگی‌ها تأثیر زیادی در میزان و نحوه ارتباط فضا‌های خالی بین بلوری و یا قالبی و حفره‌ای و همچنین در کیفیت تراوایی در این گروه‌ها

رخساره‌ها به صورت اولیه و به شکل دربرگیرنده بافت بلوری بسیار ریز دولومیت و یا به صورت ثانویه و به شکل نودول و یا تک بلورها و تجمعات بلوری درشت در فضاهای بین بلوری دولوستون‌ها تشکیل شده است. مقدار انیدریت در این نمونه‌ها بیش از ۱۰٪ حجمی و تا ۵۰٪ هم می‌باشد. نمودار تخلخل و تراوایی براساس داده‌های موجود رسم شده است (شکل ۶-خ). بر اساس این داده‌ها مقدار متوسط تخلخل در این رخساره ۸/۹٪ و از آن برای تراوایی ۴/۴ md است و از این جهت در مقایسه با سایر رخساره‌ها در سازند سورمه فوقانی در شرایط ضعیفی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

با مقایسه لیتولوژی و فرآیندهای دیاژنزی موثر و نیز بررسی انواع رخساره‌های تشکیل دهنده و تحلیل داده‌های پتروفیزیکی و آماری مربوط به نمونه‌های سازند سورمه فوقانی برگرفته شده از میدین نفتی بلال و سلمان به این نتیجه می‌توان رسید که بخش دولومیتی فوقانی این سازند در چاه‌های میدان سلمان بیشتر به صورت گل افزون بوده و شامل رخساره‌های دولومادستون و دولوکستون می‌شود که در محیط پهنه جزرومدی تشکیل شده‌اند. بیشتر تخلخل‌های موجود از نوع از حفره‌ای است که غالباً حاصل انحلال و شکستگی می‌باشند و فضاهای خالی نیز اکثراً توسط سیمان انیدریتی پر شده‌اند. رخساره انیدریت بیشتر به صورت سیمان و در درون لایه‌ها ایجاد شده است. بیشترین رخساره‌های آهکی بخش تحتانی سازند سورمه در میدان بلال شامل رخساره گرینستون بیوکلاستی پلوئیدی با فابریک دانه‌افزون و رخساره وکستون/پکستون بیوکلاستی پلوئیدی با فابریک گل افزون می‌شود. اما نمونه‌های دولومیتی فوقانی در میدان بلال بیشتر از نوع دولوگرینستون ائیدی پلوئیدی و دولوپکستون/گرینستون بیوکلاستی مربوط به محیط

ندارد ولی از بررسی و مقایسه داده‌های تخلخل و تراوایی با بافت بلوری نمونه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که هرچه نمونه بافت موزائیکی فشرده و درهم و متراکم دارد میزان تخلخل و تراوایی هم کاهش پیدا می‌کند. به‌طور کلی خصوصیات پتروفیزیکی توسط بافت سنگ نیز کنترل می‌شوند [۱۹ و ۲۰]. بر اساس داده‌های موجود کمترین میزان تخلخل ۲/۴۱٪ و بیشترین آن ۱۹/۵۵٪ و مقدار متوسط هم ۹/۶۶٪ و از آن برای تراوایی کمترین مقدار ۰/۰۱ و بیشترین مقدار ۳۸۶/۲ md و مقدار متوسط هم ۳۹/۰۱ md است و از این جهت و در مقایسه با سایر رخساره‌های سازند سورمه فوقانی از لحاظ کیفیت مخزنی در شرایط متوسط قرار می‌گیرد. رخساره دولوستونی با بافت بلوری خودشکل تا نیمه شکل‌دار: این گروه از دولوستون‌ها غالباً از بافت بلوری خودشکل تا نیمه شکل‌دار و معمولاً از فابریک بلوری باز دارند و در مجموع نسبت به گروه قبلی از شرایط تخلخل و تراوایی بهتری برخوردارند. در (شکل ۶-ح) که داده‌ها به تفکیک اندازه بلورها در دو گروه کوچکتر و بزرگتر از ۱۰۰ میکرون در آن رسم شده‌اند نشان می‌دهد در این گروه از دولوستون‌ها اندازه بلورها در تغییرات تخلخل و تراوایی بیش از بافت بلوری تأثیرگذار است. براساس داده‌های تخلخل و تراوایی در این رخساره کمترین مقدار تخلخل ۹/۴۶٪ و بیشترین مقدار آن ۲۸/۶٪ و مقدار متوسط هم ۱۷/۹٪ و از آن برای تراوایی کمترین مقدار ۴ md و بیشترین مقدار ۴۶۴/۹ md و مقدار متوسط هم ۷۶ است که از جهت کیفیت مخزنی در مقایسه با سایر رخساره‌های رسوبی سازند سورمه فوقانی در شرایط خوبی قرار می‌گیرد.

ی- دولوستون انیدریتی (شکل ۵-خ): انیدریت معمولاً با دولومیتی شدن بوده و مستلزم ورود سولفات به سیستم از آب‌های هیپرسالین می‌باشد [۲۱ و ۲۲] این رخساره بیشتر در نزدیکی لایه‌های پوش سنگ انیدریتی و یا به صورت میان لایه‌ها گسترش دارد و ارزش مخزنی ندارد. انیدریت در این

توالی مورد مطالعه دولوگرینستون‌ها و دولومیت‌های دانه شکری که به‌طور کامل رخساره اولیه آنها از بین رفته و نیز رخساره‌های گل غالب دولومیتی شده در توالی سورمه فوقانی بالایی و گرینستون‌های دولومیتی نشده سورمه فوقانی پایینی بهترین کیفیت مخزنی را دارند. دولومیت‌هایی که به میزان قابل توجه انیدریتی شده و یا بیش از حد دولومیتی شده‌اند دارای ضعیف‌ترین کیفیت مخزنی هستند. فرآیند انحلال نقش مهمی در افزایش کیفیت مخزنی داشته است. به‌طور کلی در مقایسه این دو میدان با هم به این نتیجه می‌رسیم که سازند سورمه فوقانی در این دو میدان از لحاظ محیط تشکیل و انواع رخساره‌های موجود در آنها به‌طور تقریب مشابه‌اند ولی با در نظر گرفتن اختلافاتی که در تعداد و گسترش برخی رخساره‌ها دارند و نیز میزان فراوانی سیمان انیدریتی در این رخساره‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که حوضه رسوب‌گذاری میدان بلال در زمان تشکیل عمیق‌تر از حوضه تشکیل سازند سورمه در میدان سلمان بوده که نتیجه آن گستردگی رخساره‌های دانه‌افزون محیط سدی در نمونه‌های میدان بلال و فراوانی رخساره‌های گل‌افزون لاگون و پهنه جزرومدی در نمونه‌های میدان سلمان می‌باشد.

سدی و نیز رخساره دولوپکستون/گرینستون انیدیدی پلوئیدی مربوط به محیط لاگون می‌باشند که این رخساره‌ها به علت دانه‌افزون بودن از تخلخل و تراوایی خوبی برخوردارند. انیدریت در بخش فوقانی سازند سورمه در میدان بلال بیشتر به صورت بین لایه‌ای تشکیل شده و این قسمت را به چند زون مخزنی مجزا تقسیم کرده و سیمان انیدریتی نیز در حد بسیار کم در برخی رخساره‌ها باعث پر شدن فضاهای خالی شده است. رخساره‌های آهکی بخش تحتانی سازند سورمه فوقانی بیشتر شامل گرینستون بیوکلاستی پلوئیدی و نیز وکستون/پکستون بیوکلاستی پلوئیدی می‌شود که دارای تخلخل و تراوایی در حد خوب می‌باشند. به‌طور کلی در توالی سورمه فوقانی بالایی دولومیتی شدن بیش از حد یکی از عواملی است که کیفیت مخزنی را در رخساره‌های مختلف کاهش می‌دهد. در توالی سورمه فوقانی پایینی که لیتولوژی آن آهک و دولومیت است فرآیند دولومیتی شدن کیفیت مخزنی ایجاد نکرده چون نتوانسته جانشین زمینه گل غالب اولیه در رخساره‌های وکستون و مادستون گردد. رخساره‌های گرینستونی سورمه فوقانی پایینی که انحلال نیز تحمل نموده‌اند در این بخش بهترین کیفیت مخزنی را دارند. در مجموع در

مراجع

- [۱] لطفی س.، «مطالعه محیط رسوبی و بررسی کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سورمه (سازند سورمه فوقانی) در میدان بلال»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران، ص ۱۴۵، ۱۳۸۵.
- [۲] یوسف‌پور م.، «مطالعه محیط رسوبی و کیفیت مخزنی سازند سورمه فوقانی در میدان رشادت واقع در خلیج فارس»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران، ص ۱۳۸، ۱۳۸۳.
- [۳] رحیم‌پور بناب ه.، «سنگ‌شناسی کربناته: ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل»، ۲۷۳۳، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۸۷، ۱۳۸۴.
- [۴] همپایان ر.، «بررسی و مقایسه محیط رسوبی، دیاژنز و سکانس استراتیگرافی، با نگرشی بر کیفیت مخزنی سازند سورمه فوقانی در میداین نفتی بلال و سلمان در منطقه خلیج فارس»، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران، ص ۱۸۲، ۱۳۹۲.

[5]. Flugel E., "Microfacies analysis of limestone," Springer-Verlag, Berlin, pp. 610, 2010.

[6]. Dunham R. J., "Classification of carbonate rocks according to depositional texture," In: Classification of car-

- bonate rocks (Ed. By W. E. Ham), AAPG. No 10, pp.108-121, 1962.
- [7]. Sibley D. F., and Greegg J. M., "Classification of dolomite rock textures," Jour. Sed. Petrol., Vol. 57, No. 6, pp. 967-975. cial Publications January 1., Vol. 235, pp. 1411, 1987.
- [8]. Wilson J. L., "Carbonate facies in geologic history," Springer-Verlag, New Yourk, pp. 471, 1975.
- [9]. Choquette P. W. and Pray L., "Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates," American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, Vol. 54, pp. 207-250, 1970.
- [10]. Lucia F. J. and Rock Fabric, "Petrophysical classification of Carbonate Pore space for reservoir characterization," AAPG, 79, No. 79, pp. 1275-1300, 1995.
- [11]. Lucia F. J., and Conti R. D., "Rock fabric, permeability, and log relationships in an upward-shoaling, vuggy carbonate sequence: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Geological Circular 87-5, pp. 22, 1987.
- [12]. Vincent B., Emmanuel L., Houel P., and Loreau J. P., "Geodynamic control on carbonate diagenesis: Petrographic and isotopic investigation of the Upper Jurassic formations of the Paris Basin (France): Sedimentary Geology," Vol. 197, pp. 267-289. 2007.
- [13]. Flugel E., "Microfacies of carbonate rocks: Analysis," Interpretation and Application, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 976, 2010.
- [14]. Amthor R. S. and Friedman G. M., "Early-to late diagenetic dolomitization of platform carbonates: Lower Ordovician Ellenburger Group, Permian basin," West Texas, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 62, pp. 131-144, 1992.
- [15]. Lucia F. J., "Carbonate reservo characterization," Springer Verlag, Berl Heidelberg. 2007.
- [16]. Moore C. H., "Carbonate reservoirs porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework," Amsterdam, Elsevier, pp. 444, 2001.
- [17]. Buyukutku A. G., "Reservoir properties of Karaisalı formation in the Adana Basin," Southern Turkey: Journal of Petroleum Science, 2009.
- [18]. Lucia F. J., "Origin and petrophysics of dolostone pore space," Gical Society of London, Special Publications, Vol. 235, pp.141-155, 2004.
- [19]. Enos p. and Sawatsky L. H., "Pore networks in Holocene carbonate sediments," Journal of Sedimentary Research, Vol. 51 No. pp. 3, 1981.
- [20]. Lucia F. J., "Carbonate reservoir characterization," New York, Springer-Verlag, pp. 226 ,1999.
- [21]. Warren J. and Dolomite, "Occurenc evolution and economically importa associations," Earth Science Reviews, Vol. 52, pp. 81. 2000.
- [22]. El-Tabakh M., A. Mory, Schreiber B. C., and Yasin R., "Anhydrite cements after dolomitization of shallow marine Silurian carbonates of the Gascoyne Platform," Southern Carnarvon Basin: Western Australia Sedimentary Geology, Vol. 164, pp. 75-87., 2004 .