

رخساره‌های سنگی، محیط رسوبی و خاستگاه نهشته‌های مخلوط سیلیسی آواری-کربناتی- تبخیری سازند آسماری در میدان نفتی اهواز با نگرشی بر سازوکارهای مؤثر در آمیختگی

نوشته: محبوبه حسینی‌برزی* و مهدی جعفرزاده*

* دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران.

Lithofacies, sedimentary environment and provenance of mixed siliciclastic- carbonate- evaporate depositions of Asmari Formation in Ahwaz oil field with reference to mixing mechanisms

By : M. Husseini Barzi*, M. Jafarzadeh*

*Shahid Beheshti University, Faculty of earthscience, Geology department, Tehran, Iran.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۵/۲۴

چکیده

هدف این مطالعه، بررسی رخساره‌ای، محیط رسوبی و خاستگاه سازند آسماری (الیگو- میوسن)، به منظور تبیین سازوکار آمیختگی نهشته‌های کربناتی- تبخیری با رسوبات آواری، در فروربار دزفول، در رشته کوه زاگرس است. بررسی مقاطع نازک به دست آمده از این سازند در چاههای ۱۱، ۸۵ و ۸۹ در میدان نفتی اهواز، نشان‌دهنده پنج رخساره کربناتی- تبخیری، مرتبط با یک رمپ کربناتی و ۲ رخساره تخریبی گل‌سنگی و ماسه‌سنگی از بخش ماسه‌سنگی اهواز است. وارد کردن داده‌های حاصل از نقطه‌شماری ۵۰ نمونه انتخاب شده از ماسه‌سنگ اهواز، بر روی نمودارهای $Qt_{93.34}F_{4.10}L_{2.59}$ و $Qm_{86.75}F_{4.10}L_{9.15}$ ، خاستگاه زمین‌ساختی این بخش ماسه‌سنگی را کراتون عربستان دانسته و بر چرخه دوباره رسوبی دلالت می‌کند. از سوی دیگر، این داده‌ها، به انضمام شواهد سنگ‌شناختی به دست آمده، سنگ منشأ این ماسه‌سنگها را رسوبی- دگرگونی درجه پایین تا متوسط نشان می‌دهد. بدین ترتیب، نتایج مذکور در کنار دیگر شواهد مرتبط با سازوکارهای آمیختگی، مانند تغییرات در ورود رسوب به حوضه (sediment supply)، منحنی جهانی سطح آب دریاها و تکامل زمین‌ساخت ناحیه‌ای و محلی، شش مرحله تکاملی را در محیط رسوبی سازند آسماری، نشان می‌دهد. روند تکاملی به دست آمده مبتنی بر نهشت بر روی یک رمپ کربناتی- تبخیری بوده که سازوکارهای متفاوتی، منجر به ورود رسوب آواری به این رمپ شده و در نهایت یک سری مخلوط سیلیسی آواری- کربناتی- تبخیری را ایجاد کرده است. زمان‌یابی دقیق وقایع، نیازمند مطالعات تکمیلی است.

کلید واژه‌ها: محیط رسوبی ماسه‌سنگها، برخاستگاه زمین‌ساختی، سازوکار آمیختگی

Abstract

Petrofacies analyses of Asmari Formation carried out on thin sections, obtained from oil wells of number 11, 85 and 89 in Ahwaz oil field, show 5 carbonate-evaporate microfacies associations (related to a carbonate ramp) and 2 siliciclastic petrofacies. Point counting data plotted on $Qt_{93.34}F_{4.10}L_{2.59}$ and $Qm_{86.75}F_{4.10}L_{9.15}$ diagrams imply the cratonic and recycled orogen tectonic provenance. Furthermore, these results and the other petrographic evidences indicate a source rock with sedimentary and low to medium degree metamorphic composition for Ahwaz sandstone. Combining the obtained results with global sea level changes, variation in sediment supply and regional and local tectonic evolution, assisted us to recognize 6 evolutionary stages for Samara basin. In fact, Asmari Formation deposited in a carbonate-evaporate ramp with different amount of sediment influx through the time.

Keywords: Sandstones depositional environments, Tectonic sources, Mechanism of mixing.

۱- مقدمه

تشکیل نهشته‌های آمیخته آواری-کربناتی می‌تواند طی سازوکارهای متفاوتی از جمله: آمیختگی جانبی رخساره‌ها (spatial variability)،

در مجموعه‌های رسوبی آمیخته (mixed sediments)، تعیین روند تکامل حوضه، بدون در دست داشتن سازوکار آمیختگی میسر نیست.

دانه‌های در اندازه ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ میلی‌متر، ۲۵ دانه به‌طور تصادفی و با استفاده از باینوکولار جداسازی می‌شوند (Krinsley & Doornkamp, 1973; Walley & Langway, 1980; Walley & Krinsley, 1974). سپس، برای نامگذاری و بررسی خاستگاه زمین‌ساختی نمونه‌های ماسه‌سنگی، تحزیه مودال و تعیین ترکیب دقیق ۵۰ نمونه مناسب (شکل ۲) (با جورشدگی خوب و اندازه‌دانه متوسط) (Ingersol, et al., 1984; Johnsson, 1990) از طریق حدود ۳۵۰ شمارش در هر مقطع نازک انجام شد. به منظور حذف اثر اندازه دانه بر ترکیب به‌دست آمده، نقطه شماری مقاطع به روش گزی-دیکینسون (Zuffa, 1985; Weltje, 2002) انجام شد. در انجام این روش، تعاریف خام و محاسبه شده بر اساس جدول ۱ انجام شده است. همچنین، به منظور حذف اثر دیاژنز بر ترکیب و بافت اولیه سنگ، تغییرات دیاژنزی واحد ممکن در حین نقطه شماری مورد توجه قرار گرفتند (McBride, 1985).

۳- نتایج

۳-۱- اجزای تشکیل دهنده

اجزای تشکیل دهنده در مقاطع نازک مطالعه شده، شامل ۳ دسته کلی است:

الف) اجزای کربناتی غیراسکلتی؛ اجزای کربناتی غیراسکلتی مشاهده شده، خود شامل پلویید، اتویید، اینتراکلاست، کورتویید و اگرگات است. پلوییدها بیشتر از نوع باهامیت (میکرایتی شدن دانه‌های اسکلتی و یا اتوییدها) هستند. اتوییدها اغلب از نوع هم مرکز و اتویید عادی (Flugel, 2004) هستند که با حضور در رخساره‌های گرینستونی، نشانگر محیط تشکیل پر انرژی هستند. این اتوییدها اغلب بافت نیمه جور شده نشان می‌دهند. هرچند، تعداد کمی از این اتوییدها تک‌لامینه هستند، ولی بیشتر آنها لامینه‌های زیادی دارند. اینتراکلاستهای با جورشدگی نه‌چندان خوب در اندازه‌های ۰/۳ تا ۰/۷ میلی‌متر در رخساره‌های وکستونی مشاهده شدند. دانه‌های پوشش‌دار و کورتوییدها اغلب به‌صورت پوشش میکرایتی دورتادور دو کفه‌ایها مشاهده می‌شود. دانه‌های اگرگات اغلب از نوع لامپ هستند و گاه نمونه‌های گریپ‌استون نیز مشاهده می‌شود.

ب) اجزای کربناتی اسکلتی؛ از بین اجزای کربناتی اسکلتی مشاهده شده، روزن‌داران (به خصوص میلیولید)، خارپوستان و جلبک سرخ نقش مهم‌تری دارند. هرچند در این نمونه‌ها، دو کفه‌ای، قطعات بازوپایان، مرجان، استراکود و ... نیز وجود دارند.

ج) اجزای آواری؛ شامل کوارتز، فلدسپار، خرده سنگ، کانیهای فرعی مانند بیوتیت، زیرکن و اسفن است. کوارتزهای تک بلور در این نمونه‌ها، از دو نوع دارای خاموشی موجی و فاقد، آن، و به نسبت تقریباً برابر است. کوارتزهای فاقد خاموشی موجی، گاه دارای میانبارهای آپاتیت و سوزنهای

تغییرات سطح آب دریا (sea level changes) و تغییر در میزان ورود رسوب به حوضه (sediment supply) صورت گیرد (Budd and Harris, 1990). همچنین، تشخیص ساز و کار آمیختگی مؤثر در هر مجموعه رسوبی مخلوط، خود نیازمند تعیین محیط رسوبی، خاستگاه زمین‌ساختی و نیز آب و هوای دیرینه است (Budd and Harris, 1990).

سازند آسماری، واحد رسوبی کربناته‌ای است که در محدوده‌هایی از مکان و زمان (spatial & temporal) با رسوبات سیلیسی آواری، بخش ماسه‌سنگی/اهواز، نهشته‌های آمیخته سیلیسی آواری-کربناتی-تبخیری آسماری را تشکیل داده است. تعیین ساز و کار آمیختگی در این نهشته‌ها، نیازمند مطالعات محیط رسوبی، آب و هوا و خاستگاه زمین‌ساختی در کل حوضه زاگرس و به طور خاص در محدوده آمیختگی است. در کار حاضر میدان نفتی اهواز در فروربار دزفول (شکل ۱) به عنوان محدوده‌ای از حوضه زاگرس که در آن گسترش جانبی زبانه‌های ماسه‌سنگی (بخش ماسه‌سنگی اهواز)، در بیشترین مقدار گزارش شده است (مطیعی، ۱۳۷۲)، مورد بررسی قرار گرفت تا با توجه به ساز و کارهای آمیختگی، مدل روند تکامل حوضه ارائه شود.

۲- روش مطالعه

سه چاه به شماره‌های ۱۱، ۸۵ و ۸۹ در میدان اهواز (شکل ۱) پوشش کاملی از سازند آسماری ارائه می‌کنند. فاصله چاه شماره ۱۱ تا ۸۹ حدود ۲۰ کیلومتر، فاصله ۸۹ تا ۸۵ حدود ۲۵ کیلومتر و فاصله چاه ۱۱ تا ۸۵ حدود ۴۵ کیلومتر است. در این مطالعه، ۵۰۰ مقطع نازک به‌دست آمده از مغزه‌ها و ۲۰۰ مقطع نازک حاصل از خرده‌های حفاری (در کل تعداد ۷۰۰ مقطع نازک) از سه چاه مورد نظر، توسط محلول آلیزارین Red-S و فروسیانید پتاسیم (رنگ‌آمیزی سیمانها و اجزای کربناتی) رنگ‌آمیزی شدند.

برای تعیین محیط رسوبی، ابتدا، سنگ‌نگاری این مقاطع توسط میکروسکوپ نوری مطالعه شد. این مطالعات شامل تعیین اجزای تشکیل‌دهنده، بافت و ساخت، رخساره‌ها و روابط آنها و فرایندهای دیاژنزی است. نتایج به‌دست آمده با بررسیهای میکروسکوپ الکترونی، توسط دستگاه LEO 1450 VT و تحت پوششی با ستبرای ۲۰ نانومتر از کربن، بر روی ۵ نمونه انتخابی تلفیق شد تا الگوی مناسبی برای محیط رسوبی این نهشته‌ها ارائه شود. این بررسیها شامل مطالعه بافتهای بسیار ریز سطح دانه‌های ماسه کوارتزی، به عنوان وسیله‌ای برای تمایز محیطهای رسوبی دیرینه بر اساس ساز و کار حمل رسوبات است (Krinsley and Doornkamp, 1973; Higgs, 1979). به منظور کاهش اثر اندازه دانه بر تنوع ویژگیهای سطحی، معمولاً در هر نمونه، از بین

الف) مجموعه‌های رخساره‌های کربناتی - تبخیری

بر اساس اجزای تشکیل دهنده و دیگر ویژگی‌های بافتی و ساختی پنج مجموعه رخساره‌ای کربناتی - تبخیری تشخیص داده شد که شرح آنها در زیر آورده شده است:

۱- مجموعه رخساره‌های میکروسکوپی (microfacies association) محیط فراکشندی (A)

- انیدریت اولیه؛ انیدریت به صورت بلورهای نازک و کشیده‌ای که به شکل موازی یا نیمه موازی مرتب شده‌اند، در بالاترین بخشهای سازند آسماری (A1 تا A3 بر حسب زون‌بندی ارائه شده توسط McCoard (1974)، در محیط سبخایی به صورت انیدریت اولیه تشکیل می‌شود.
- دولومیکرایت حاوی تکه‌های (patches) انیدریت اولیه؛ دولومیکرایتهای بالاترین بخش سازند آسماری (مشاهده شده در زون A1 بر حسب زون‌بندی ارائه شده توسط McCoard (1974)، که احتمالاً اولیه بوده و همزمان با رسوب گذاری تشکیل شده‌اند. برای نهشت این دولومیتها می‌توان مدل سبخایی را در نظر گرفت (Warren, 2000; Flugel, 2004). بدین ترتیب این نوع از دولومیت طی نهشت مستقیم از آبهای منفذی در محیط فراکشندی نهشته شده است.

۲- مجموعه رخساره‌های میکروسکوپی میان کشندی (B)

- اینتراکلاست و کستون دولومیتی شده؛ دارای بیش از ۲۵ درصد اینتراکلاست و کمی پلت، زمینه اغلب دولومیت ریز بلور و دارای آثار زیست آشفستگی است. این رخساره در برخی قسمتها تا بیش از ۱۰ درصد ذرات آواری دارند.
- مادستون دولومیتی شده همراه با فابریک فنسترال: این رخساره سنگی کاملاً فاقد اجزای اسکلتی می‌باشد و عموماً میکرایتی است. مشخصه بارز آن وجود ساخت فنسترال است. آثار و قالبهایی از نهشته‌های تبخیری انحلال یافته نیز کم و بیش در آن مشاهده می‌شود. این ویژگی که در این زیر رخساره این مجموعه رخساره دیده می‌شوند، تأییدی بر تشکیل این نهشته‌ها در محیطهای کشندی است. این رخساره معادل ریز رخساره استاندارد شماره ۲۱ فلوگل و کمر بند رخساره‌ای شماره ۸ و ۹ ویلسون است.

۳- مجموعه رخساره‌های میکروسکوپی لاگون و پشت سدی (C)

- پلوییدال و کستون؛ در این رخساره، پلتها دانه‌های اصلی کربنات را تشکیل می‌دهند که عموماً در یک زمینه گلی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. پلتها جورشدگی خوبی دارند و عموماً فاقد ساختار درونی و

روتیل هستند که می‌توانند حاصل یک سنگ منشأ پلوتونیک و یا چرخه دوباره رسوبی باشند. در این ماسه‌سنگها، فراوان تر بودن فلدسپار پتاسیم نسبت به پلاژیوکلاز را می‌توان به پایداری بیشتر آنها و یا نبود سنگ منشأ پلاژیوکلازدار نسبت داد. با توجه به عدم گسترش قابل توجه تجزیه در فلدسپارهای نمونه‌های مطالعه شده، مورد دوم محتمل تر است. کوارتزهای چند بلوری نیز بیشتر از نوع کوارتزهای دگرگونی باز تبلور یافته بوده و به ندرت از نوع کوارتزهای دگرگونی جهت یافته (stretched metamorphic quartz) است. در هر حال، این نوع از کوارتزهای چند بلوری، شاهدهی بر سنگ منشأ دگرگونی حاصل از حذف پوشش رسوبی (unroofing) طی چرخه دوباره رسوبی است. نبود میانبرهای سیال در کوارتزها، منشأ گرمایی آنها را رد می‌کند. خرده‌سنگها در این ماسه‌سنگها، شامل خرده‌های رسوبی (شیل، ماسه‌سنگ ریز و بسیار ریز دانه و گاه آهک) و رسوبی دگرگونی هستند که نشان دهنده وجود چرخه دوباره رسوبی در خاستگاه این نهشته‌هاست. در این مطالعه، خرده سنگهای آتشفشانی مشاهده نشد. کانی فرعی بیوتیت با مقادیر بسیار ناچیز در این نهشته‌ها وجود دارد. کانیهای سنگین از انواع زیرکن، اسفن و تورمالین با گردشگی خوب و با پراکندگی اندک در کل سازند مشاهده می‌شود.

ماسه‌سنگ اهواز، اغلب جورشدگی خوبی نداشته و ویژگی دونمایی (bimodality) را در اندازه دانه نشان می‌دهد اما در بعضی موارد جورشدگی متوسطی را از خود نشان می‌دهند. دونمایی در ماسه‌سنگها می‌تواند به دلیل دوگانگی در منشأ یا فرسایش از کف بستر حمل باشد. همچنین، رسوب گذاری توسط سازوکارهای مختلف حمل (به خصوص حمل درون حوضه‌ای) مانند حضور توأم اثر امواج و جریانهای کشندی و جریانهای درامتداد ساحل نیز، می‌تواند دونمایی در اندازه دانه را ایجاد کند. با این حال، میزان جورشدگی در بخشهای میانی - بالایی کمی افزایش می‌یابد. این امر با افزایش حضور دانه‌های کوارتز درشت کاملاً گردشده دارای شکستگی همراه است. بنابراین، می‌توان چنین استنباط کرد که انرژی محیط به سمت بخشهای میانی - بالایی افزایش یافته است. همچنین کاهش کلی میزان دونمایی در بخشهای میانی - بالایی، حاکی از تنوع کمتر سازوکارهای حمل درون حوضه در این بخشهاست.

۳-۲- رخساره‌ها

در این مطالعه، سازند آسماری، در دو مجموعه کلی رخساره‌ای (facies associations) کربناتی - تبخیری (شامل ۵ رخساره) و سیلیسی - آواری (شامل ۲ رخساره)، به شرح زیر ارائه می‌شود که ترتیب کلی قرارگیری این نهشته‌ها در ستون چینه‌شناسی شکل ۲ آورده شده است. همچنین شکل ۳، تصاویر میکروسکوپی مرتبط با رخساره‌های مذکور را نشان می‌دهد.

کمربند رخساره‌ای شماره ۷ ویلسون است. این رخساره نیز بخشهایی از سد را نشان می‌دهد که در نزدیکی لاگون قرار گرفته است

۵- مجموعه رخساره‌های میکروسکوپی دریای باز (E)

- باندستون مرجانی؛ در این رخساره فراوان‌ترین جزو، مرجانها هستند. علاوه بر مرجان، دارای قطعات اینتراکلاست و روزن‌داران کفزی نیز هست. این نمونه‌ها را با توجه به این که تنها در ۲ مقطع نازک مشاهده شد به تکه‌های ریفی (patch reef) پراکنده روی بخش دریای باز رمپ داخلی نسبت می‌دهیم. این رخساره معادل رخساره شماره ۷ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۷ ویلسون است.
- پکستون جلبکی؛ خرده‌های جلبک سرخ و خارپوستان اصلی‌ترین آلوکمهای این رخساره را تشکیل می‌دهد. هرچند قطعات بریوزوا، دایتروپا و ... نیز مشاهده شده است.
- اکیونید و کستون/پکستون؛ قطعات خارپوستان مهم‌ترین سازی این رخساره در کنار مقادیر کمی از دیگر بایوکلاستهای مانند روزن‌داران و جلبک سرخ است. این رخساره گاه به صورت دولومیتی شده نیز مشاهده می‌شود.

این دو رخساره معادل ریز رخساره استاندارد شماره ۱۰ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۷ ویلسون است و از بخشهای دریای باز رمپ داخلی تا بخشهای بالایی رمپ میانی می‌توانند نهشته شده باشند.

بر اساس اطلاعات رخساره‌های موجود و کمربندهای رخساره‌ای Wilson (1975)، مدل رخساره‌ای بخشهای کربناتی سازند آسماری در چاههای مطالعه‌شده، با توجه به عدم رشد ریفهای سدی و وجود تکه‌های ریفی، شیب کم حوضه (وجود رخساره‌های پهنه‌های کشندی با گسترش فراوان)، عدم وجود رخساره‌های توریدیتی، تغییرات تدریجی رخساره‌ها (شکل ۲)، عدم تداوم روندهای ریفی و مقادیر بسیار کم دانه‌های آگرگاته، مطابق با یک سکوی کربناتی از نوع رمپ است.

مدل شماتیک پیشنهادی برای سازند آسماری طراحی شده و موقعیت رخساره‌ها بر روی آن مشخص شده است (شکل ۴). به دلیل این که رخساره‌های رمپ خارجی مشاهده نشده است نمی‌توان به طور مشخص و بر مبنای تقسیم بندی رمپها (Read, 1982)، هم شیب بودن رمپ را مشخص کرد. با توجه به عدم وجود رخساره‌های مربوط به رمپ خارجی می‌توان نتیجه گرفت که رمپ کربناتی آسماری فقط از دو بخش رمپ داخلی و رمپ میانی تشکیل شده است. رمپ داخلی، ریز رخساره‌های فراکشندی، میان کشندی، لاگون و سد را در بر می‌گیرد و حاوی جانداران محیطهای کم ژرفا مانند روزن‌داران کفزی و جلبکهای سرخ و همچنین شامل انوبییدها و پلوییدهای مدفوعی و گاه پلوییدهای گلی می‌باشد اما رمپ

میکریتی هستند. این رخساره معادل رخساره شماره ۱۶ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۸ ویلسون است.

- میلیولید و کستون/پکستون؛ در برخی قسمتها دولومیتی شده است. در این رخساره روزن‌داران کفزی، میلیولیده فراوان‌ترین جزو تشکیل دهنده هستند اما علاوه بر آن، می‌توان از قطعات دوکفه‌ای و بویژه جلبکهای سرخ نام برد. این رخساره در برخی قسمتها به صورت کامل یا انتخابی دولومیتی شده است. گاه تا حدود ۱۰ درصد، ماسه‌آواری نیز دارد. مقادیر زیاد روزن‌داران کفزی بویژه از نوع میلیولید در این رخساره، حاکی از شرایط محیطی کم ژرفا مانند لاگون محافظت شده است. این رخساره معادل ریزرخساره استاندارد شماره ۱۰ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۷ ویلسون است.
- روزن‌داران کفزی و کستون/پکستون؛ مهم‌ترین جزو این رخساره روزن‌داران کفزی مانند بوریس و میلیولید و ... هستند. اما از دیگر قطعات مانند قطعات دوکفه‌ای، جلبک سرخ نیز می‌توان نام برد. تفاوت این رخساره با رخساره قبلی در این است که میزان روزن‌داران غیر میلیولید در این رخساره بسیار بیشتر است.
- بایوکلاست و کستون حاوی استراکود: در این رخساره، فراوان‌ترین جزو استراکود است که معمولاً به صورت دوکفه‌ای یا یک کفه‌ای مشاهده می‌شود. در کنار مقادیر قابل توجه استراکود، شکم پایان و روزن دارانی مانند میلیولید در یک زمینه میکریتی نیز دیده می‌شوند. این چنین رخساره‌ای را می‌توان به محیط کم انرژی لاگون نسبت داد.

۴- مجموعه رخساره‌های میکروسکوپی سدی (D)

- میلیولید گرینستون؛ در این رخساره فراوان‌ترین جزو کربنات موجود میلیولیدها است که در فضای بین آنها سیمان اسپاریتی قرار گرفته است. این رخساره، بخشهایی از سد را نشان می‌دهد که در نزدیکی لاگون قرار گرفته است و گاه میزان کمی از دانه‌های آواری را نیز شامل می‌شود. این رخساره معادل ریز رخساره استاندارد شماره ۱۸ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۷ ویلسون است.
- انوبیید گرینستون؛ انوبییدهای هم مرکز با جورشدگی خوب که می‌تواند مربوط به حاشیه روبه دریای سد با، انرژی محیط بالا باشد (Parcell and Williams, 2005). در این قسمت، به دلیل انرژی بالاتر محیط میکرایت شسته شده و سیمان جایگزین شده است. این رخساره معادل ریز رخساره استاندارد شماره ۱۵ فلوگل و کمربند رخساره‌ای شماره ۶ ویلسون است.
- بایوکلاست گرینستون؛ جزو اصلی این رخساره شامل روزن‌داران کفزی، خرده‌های دوکفه‌ای، جلبک سرخ، بریوزوا، خرده‌های خارپوستان است. این رخساره معادل ریز رخساره شماره ۱۸ فلوگل و

بخشهای ماسه‌سنگی و کربناتی ماسه‌ای مشاهده می‌شوند. ماسه‌سنگهای دورگه موجود در میدان نفتی اهواز با توجه به تقسیم‌بندی (Mount 1985)، می‌توانند در گروه ماسه‌سنگهای آلوکم‌دار و ماسه‌سنگهای میکرباتی قرار گیرند. دونمایی در بیشتر ماسه-سنگهای بخشهای میانی و بالایی وجود دارد اما تفاوت اندازه دانه‌ها نسبت به دو نمایی در آسماری پایینی کاهش می‌یابد. جریانهای در امتداد ساحل، می‌توانند این دو نمایی را ایجاد کرده باشند. کاهش کلی میزان دو نمایی در این بخشها می‌تواند حاکی از تنوع کمتر سازوکارهای حمل درون حوضه‌ای در بخشهای میانی و بالایی باشد. وجود کوارتزهای گرد شده شکسته شده و همچنین وجود روزن‌داران کفزی مانند میلیولید، دندرتینا رنجای و آرکیاس و فراوانی قطعات جلبک سرخ و دو کفه‌ای در توالیهای آهکی بین لایه‌های این ماسه‌سنگها در بخشهای میانی و بالایی آسماری می‌تواند نشان دهنده محیطی کم ژرفا تر مانند سواحل ماسه‌ای برای ماسه-سنگهای موجود در این قسمتها باشد. ماسه‌سنگهای بخش میانی و بالایی بیشتر ترکیبی ساب‌آرکوزی و ساب‌لیتارنایتی و گاهی نیز ترکیبی کوارتز-آرنایتی دارند. این ترکیب در آواریهای موجود در بخشهای کربنات ماسه‌ای نیز دیده می‌شود.

۲- مجموعه رخساره‌های سنگی گل‌سنگی (mud rock)؛ شامل رخساره‌های شیلی و سیلتستونی.

رخساره‌های شیلی و سیلتستونی در مغزه‌ها و مقاطع مورد مطالعه، عموماً در بخش پایینی آسماری دیده می‌شوند. به سمت بالای سازند، از میزان رخساره‌های گل‌سنگی کاسته می‌شود. رخساره‌های سنگی شیلی در بخشهای بالاتر نیز به صورت میان لایه‌هایی مشاهده می‌شود و عموماً به رنگ خاکستری تیره و سبز هستند. رنگ خاکستری تیره آن به دلیل وجود مواد آلی و کانیهای تیره است. گاه تا ۱۵ درصد ذرات کوارتز در اندازه سیلت نیز در آن مشاهده شده است.

۳-۳- خاستگاه

وارد کردن داده‌های حاصل از نقطه‌شماری نمونه‌های انتخاب شده از ماسه‌سنگ اهواز (جدول ۲)، در نمودار $Qt_{9.34}F_{4.10}L_{2.59}$ (شکل ۵b) و $Qm_{86.75}F_{4.10}Lt_{9.15}$ (شکل ۵c) خاستگاه زمین‌ساختی ماسه‌سنگ اهواز را کراتون و چرخه دوباره رسوبی نشان می‌دهد.

بر اساس نمودار چهارتابی (Basu 1975)، با تکیه بر خواص دانه‌های کوارتز، سنگ منشأ ماسه‌سنگهای اهواز دگرگونی درجه پایین تا متوسط است (شکل ۵d). وجود کوارتزهای دگرگونی و خرده سنگهای دگرگونی مشاهده شده در مقاطع میکروسکوپی نیز تأییدی بر این سنگ منشأ دگرگونی و حذف پوشش رسوبی طی چرخه دوباره رسوبی است. بدین ترتیب، وجود میانبارهای آپاتیت و سوزنهای روتیل را حاصل

میانی، شامل ریزرخساره‌های قسمتهای جلوی سد (بخش دریای باز از رمپ داخلی و قسمتهای بالایی از رمپ میانی) است. مجموعه جانوری موجود شامل روزن‌داران کفزی بزرگ مانند لپیدوسیکلینا، جلبک سرخ، مرجان، قطعات دو کفه‌ای و خارپوستان است.

ب) مجموعه رخساره‌های سیلیسی آواری

بر اساس اندازه دانه، ۲ مجموعه رخساره سنگی آواری ارائه شد:

- ۱- مجموعه رخساره‌های سنگی ماسه‌سنگی؛ بر حسب داده‌های نقطه‌شماری و بر اساس تقسیم‌بندی (Folk 1978) دارای سنگ‌شناسی کوارتزآرنایت، ساب‌آرکوز و ساب‌لیت‌آرنایت است (شکل ۵a). این ماسه‌سنگها در بسیاری از موارد توسط قطعات زیستی به صورت دورگه (hybrid) درآمده‌اند و از بخشهای کشندی تا بخشهای بالایی رمپ میانی گسترش یافته‌اند بر حسب تعریف (Dickinson 1988) برای رخساره‌های سنگی مرتبط با مطالعات خاستگاه، ماسه‌سنگهای مذکور، شامل دو رخساره سنگی است:
 - رخساره سنگی کوارتزی (Qsst): اغلب دارای Qm به همراه Qp با خاستگاه فرضی کراتون به شدت هوازده یا چرخه دوباره رسوبی.
 - رخساره کوارتزی و قطعه سنگی (Quartzolitic): آمیخته Qp، Qm و Ls با کمی F، چینه‌های رسوبی و رسوبی-دگرگونی بالا آمده است.

رخساره‌های ماسه‌سنگی موجود در میدان نفتی اهواز، بیشتر در بخشهای پایینی و میانی مشاهده می‌شوند. بخش پایینی با ماسه‌سنگهای ریزدانه با جورشدگی متوسط همراه با بخشهای سیلتستونی و شیلی آغاز می‌شود. در لایه‌های ماسه‌ای که با پابده در ارتباط هستند، خمیره رسی-کربناتی در ماسه‌سنگها بیشتر است و به سمت بالای سازند خمیره بیشتر کربناتی می‌شود. تناوب ماسه‌سنگهای دانه‌ریز و شیل در بخش پایینی ماسه‌سنگ اهواز می‌تواند نشانگر محیطی آرام و مربوط به مناطق دور از ساحل باشد (مطیعی، ۱۳۷۲). این ماسه‌سنگهای ریز دانه در ادامه با ماسه‌سنگهایی دونمایی دنبال می‌شوند که جورشدگی خوبی ندارند. تنوع در سازوکارهای حمل درون حوضه‌ای مانند وجود جریانهای در امتداد ساحل می‌توانند دونمایی ایجاد کند. ترکیب این ماسه‌سنگها با توجه به نمونه‌های نقطه‌شماری شده، بیشتر ساب‌آرکوز و کمی کوارتزآرنایت است. ماسه‌سنگهای آسماری پایینی در ادامه توسط ماسه‌سنگهای دورگه با جورشدگی متوسط تا خوب دنبال می‌شوند. همراه بودن این ماسه‌سنگها با رخساره‌های کربناتی مناطق دریای باز مانند باندستونهای مرجانی می‌تواند نشانگر تشکیل آنها در نواحی دور از ساحل باشد. روند اندازه ذرات در ماسه‌سنگها از آسماری پایینی به سمت آسماری میانی به طور کلی روندی درشت‌شونده می‌باشد، بخشهای ماسه‌سنگ دورگه در شروع آسماری میانی نیز دیده می‌شوند و سپس

اگرچه الگوی Mack (1978) در نگاه نخست، در ترکیب این ماسه‌سنگها، چرخه دوباره رسوبی را هم کم‌اهمیت‌تر از محیط رسوبی نشان می‌دهد، اما با دقت به موقعیت داده‌ها در محدوده‌های تعیین شده در نمودارهای QtFL و QmFLt (شکل 5c و 5b) ما را به نتایج دیگری می‌رساند. بدین ترتیب که، حتی اگر افزایش میزان کوارتز در این داده‌ها بیشتر حاصل محیط رسوبی با انرژی بالا باشد (طبق الگوی مک)، و ماسه‌های حاصل از منشأ، کوارتز کمتری را دارا باشند، باز هم داده‌های مربوط به آنها، به‌رغم جابه‌جایی به سمت پایین مثلث، در محدوده چرخه دوباره رسوبی واقع خواهند شد. در ضمن، سنگ منشأ رسوبی - دگرگونی به‌دست آمده توسط دیگر شواهد نیز تأییدی بر چرخه دوباره است.

۴- محیط رسوبی و تکامل حوضه

برخورد صفحه‌های عربی و اوراسیا در کرتاسه، حوضه پیش‌خشکی (forerland basin) را در زاگرس به وجود آورد که نهشته‌های سازند آسماری (الیگو- میوسن) نیز در این حوضه رسوب کرده‌اند (Ziegler, 2001). در همین راستا، Alavi (2004) وجود حوضه پیش‌خشکی (forerland basin) را در زاگرس طی الیگو- میوسن، همراه با شکل‌گیری یک پیش‌برآمدگی (forebulge) می‌داند.

با توجه به شواهد رخساره‌ای به‌دست آمده در این مطالعه و نتایج مطالعات پیشین، سازند آسماری در یک رمپ کربناتی نهشته شده است (شکل ۴) و این رمپ در محدوده‌های زمان و مکان مواجه با ورود متغیری از تخریبهاست. محدوده مکانی ورود این تخریبها، مرتبط با محل ورود رودخانه‌هایی منشأ گرفته از کراتون عربستان، به حوضه دریایی کم‌ژرفای پیش‌خشکی است (Ziegler, 2001). وجود جریانهای درون حوضه‌ای امکان پراکندگی این تخریبها را عمود بر ساحل (مانند جریانهای کشندی) (مطبعی، ۱۳۷۲)، و در امتداد ساحل (longeshore current) (ایجاد پشته‌های ماسه‌ای در امتداد ساحل) فراهم می‌کند. بدین ترتیب، با افزایش ورود رسوب تخریبی، نهشته‌های آسماری ترکیب ماسه‌سنگی یافته و با کاهش آن به ماسه‌سنگ دورگه، کربنات ماسه‌ای یا کربنات تبدیل می‌شوند. در محدوده‌های زمانی، بسته به تکامل زمین‌ساختی ناحیه‌ای و محلی و نیز تغییرات جهانی سطح آب دریاها، میزان تأمین رسوب به حوضه (sediment supply) تغییر کرده که بر این اساس، می‌توان روند تکامل حوضه را به ترتیب زیر ارائه کرد. تغییرات آب و هوایی و دیگر عواملی که نوسانات جزئی را در ترکیب ایجاد کرده‌اند در این روند کلی، لحاظ نشده است. همچنین، زمان دقیق وقایع ارائه شده در زیر، نیازمند مطالعاتی دیگر است.

مرحله اول: به‌دلیل روند بالا آمدن نسبی سطح دریاها طی روپلین

سنگ منشأ پلوتونیک نداشت، بلکه آن را نیز به چرخه دوباره رسوبی نسبت می‌دهیم. افزایش میزان قطعات سنگی بخصوص از نوع رسوبی - دگرگونی، از آسماری پایینی به سمت آسماری میانی - بالایی، روند از بین رفتن پوشش سطحی طی فرسایش (unroofing trend) را در چینه‌های بالا آمده نشان می‌دهد.

با آغاز باز شدن دریای سرخ در الیگوسن (Hempton, 1987)، فراخاست چینه‌های عربستان و فرسایش دوباره آنها را در دو حاشیه این بازشدگی خواهیم داشت (Ziegler, 2001). بر این اساس، داده‌های نقطه شماری نیز حاکی از آن است که منشأ چرخه دوباره رسوبی با افزایش دانه‌های قطعه‌سنگی رسوبی - دگرگونی به سمت بالای سازند آسماری به منشأ کراتونی اضافه می‌شود (شکل 5b). حمل طولانی بر روی کراتون عربستان، بلوغ ترکیبی این رسوبات چرخه دوباره را آن چنان بالا می‌برد که داده‌های مذکور در بالاترین بخش محدوده تعریف شده برای چرخه دوباره رسوبی واقع می‌شوند (شکل 5c, 5b). جا به‌جایی ملاحظه شده در داده‌های نمودار شکل 5b نسبت به محدوده نهشت در حوضه‌های پیشانی خشکی نیز می‌تواند حاصل همین حمل طولانی باشد.

به منظور تعیین تأثیر نوع آب و هوا بر ترکیب رسوبات ماسه‌سنگی، ابتدا داده‌های این مطالعه بر روی نمودار ارائه شده توسط Dutta & Suttner (1986) (شکل 6a)، و سپس بر روی نمودار Suttner et al. (1981) (شکل 6b) وارد شدند. اگرچه، بررسی محل قرارگیری این داده‌ها در هر دو نمودار حاکی از وجود سنگ منشأ دگرگونی تحت تأثیر آب و هوای مرطوب است، اما، از یک طرف، وجود چرخه دوباره رسوبی می‌تواند باعث شود که داده‌های یک محیط با رطوبت کم، روی این نمودارها، به سمت ناحیه خاص محیط مرطوب جابه‌جایی نشان دهد (Girty, 1991). از سوی دیگر، در نمودار ارائه شده توسط Mack (1978)، که در تعیین ترکیب ماسه‌سنگها، اهمیت تأثیر هوازدگی در محیط مرطوب، محیط کم‌ژرفای دریایی و چرخه دوباره رسوبی (از یک سنگ منشأ ثابت) را بر اساس دو نسبت از انواع دانه‌های کوارتز نشان می‌دهد (شکل 6c) ترکیب ماسه‌سنگ اهواز را بیشتر تحت تأثیر محیط دریایی کم‌ژرفا ارائه می‌کند. شواهد سنگ‌نگاری نیز مانند عدم همخوانی گردشگی دانه‌ها و اندازه‌دانه نیز تأثیر عوامل مکانیکی را مهم‌تر از عوامل شیمیایی (تأثیر آب و هوا) نشان می‌دهد. همچنین وجود فلدسپارهای فاقد هوازدگی واضح و گاه فلدسپارهای درشت گرد شده و فاقد هوازدگی قابل توجه، تأییدی بر رطوبت کم‌تر (مانند نیمه مرطوب یا نیمه خشک) در شرایط آب و هوایی مؤثر بر ماسه‌سنگ اهواز است. البته، دستیابی دقیق به شرایط آب و هوایی در ارتباط با این نهشته‌ها نیازمند مطالعات دقیق‌تر، مانند مطالعه کانیهای رسی است.

در آرکتیانین و بوردیگالین (Vail et al., 1977)، ورود آواری به حوضه کاهش یافته و نهشته‌های کربناتی - تخریبی (شکل ۷e) به کربناتی - تبخیری (شکل ۷f) طی نهشت در یک محیط سبخایی (وجود ایندریت و دولومیت اولیه در بالاترین بخشهای آسماری) تا رمپ میانی تبدیل می‌شود.

برخی از محققان (مانند زاهدی‌نژاد، ۱۳۶۶) بر این باورند که کاهش سطح آب دریا در الیگوسن پایانی منجر به ایجاد رخساره‌های قاره‌ای و وادی در آسماری میانی - بالایی و بخصوص بالایی (با سن میوسن) شده‌است. این امر نگارندگان را بر آن داشت تا به بررسی بافت سطح دانه‌های کوارتز در ماسه‌سنگ اهواز در آسماری میانی و بالایی بپردازند. تصاویر SEM به‌دست آمده از نمونه‌های انتخاب شده از ماسه‌سنگهای آسماری میانی و بالایی، ویژگی‌های متداول در آنها را گردشگری خوب همراه با سطوح صیقلی، آثار ضربه در یک محیط آبی با انرژی بالا (شکل ۹a) نشان می‌دهد (Walley & Krinsley, 1974; Walley & Langway, 1980). در این تصاویر، وجود کوارتزهای درشت با گردشگری خوب همراه با آثار شکستگی (شکل ۹b) را که خود حاکی از انرژی بالای یک محیط آبی مانند خط ساحلی است، نشان می‌دهد. در این مطالعات هیچ‌گونه آثار آبله‌رو بودن (puckmark) دانه‌های ماسه، مبنی بر وجود حمل توسط باد مشاهده نشد. بدین ترتیب و براساس شواهد موجود، افت جهانی سطح آب دریا در الیگوسن پایانی (Vail et al., 1977) در محل فروبار دزفول، منجر به کم‌ژرفا شدن حوضه نهشت سازند آسماری تا یک محیط سبخایی (به بخش رخساره و دیاژنز رجوع شود) شده‌است.

۵- نتیجه‌گیری

مطالعه رخساره‌های رسوبی، نقطه‌شماری، مطالعات میکروسکوپ الکترونی و دیگر شواهد سنگ‌شناختی سازند آسماری، در میدان نفتی اهواز واقع شده در فروبار دزفول، نشان می‌دهد که این سازند حاصل آمیختگی نهشته‌های کربناتی - تبخیری رمپ آسماری (رمپ داخلی-میانی) با نهشته‌های آواری، در یک آب‌وهوای نیمه‌مرطوب است. سازوکارهای متفاوت حمل، متأثر از تغییرات جهانی سطح آب دریاها و ورود رسوب به دنبال تغییر در زمین‌ساخت ناحیه‌ای و محلی، ماسه‌های با خاستگاه کراتون عربستان و چرخه دوباره رسوبی، حاصل از فراخاست چینه‌های عربستان (در حاشیه باز شده دریای سرخ) را به این حوضه وارد کرده‌است. بدین ترتیب، تکامل شش مرحله‌ای این حوضه، حاصل ارتباط تغییرات رسوبی با داده‌های زمین‌ساختی ناحیه‌ای و محلی در محدوده تعریف شده از مکان و زمان می‌باشد. رسم دقیق جغرافیای دیرینه برای زاگرس نیازمند تعیین این چنین روابطی در بازه‌های بزرگ‌تری از زمان و مکان است.

(Vail et al., 1977)، نهشت آسماری پایینی در ابتدا با ورود مقادیر ناچیز آواری، از منشأ کراتون عربستان (شکل ۵b)، به صورت نهشته‌های کربناتی یا کربناتی همراه با لایه‌های محدودی از شیل و سیلتستون و ماسه ریز آغاز می‌شود (شکل ۵a).

مرحله دوم: فراخاست چینه‌های بالاآمده عربستان در الیگوسن، به تدریج میزان ورود آواری را به حوضه نهشت آسماری زیاد می‌کند (شکل ۵b). از سوی دیگر، شکل‌گیری پیش برآمدگی در این حوضه، به صورت پاسخ به بارگذاری مرتبط با رورانندگی (overthrust loading) (طبق مدل (Tankard, 1986) (شکل ۵a) یا سازوکارهایی مانند چین خوردگی یا ایجاد فرازمین (horst) همزمان با رسوبگذاری در این مرحله آغاز می‌شود. این برآمدگی در ابتدا، به صورت یک پشته آواری دور از ساحل با ژرفای نهشت زیر اثر امواج بوده که نهشته‌های شیل تا سیلتستون و ماسه ریز در بخش پایینی آسماری حاصل نهشت در این پشته می‌باشند که با نهشته‌های کربناتی دور که رمپ میانی به تناوب نهشته شده‌اند (شکل ۵b).

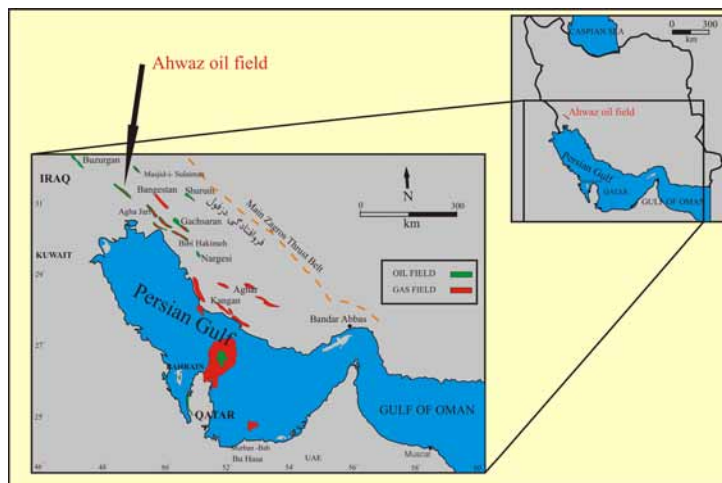
مرحله سوم: وجود روند درشت شونده به سمت بالا در آسماری پایینی، و حضور شواهد سنگ‌نگاری مانند وجود کوارتزهای گردشده شکسته شده، مبنی بر انرژی بالای محیط، از کم ژرفا شدن محیط نهشت به سمت بالای آسماری پایینی در محدوده تأثیر امواج حکایت دارد. افت جهانی سطح آب دریاها در اواخر نهشت آسماری پایینی (شائین آغازین)، همراه با کامل شدن پیش برآمدگی (کامل شدن پیش پاسخ به رورانندگی و مرحله آرامش طبق مدل تانکارد) (شکل ۵b) توجه‌کننده روند درشت شونده به سمت بالا در آسماری پایینی و افزایش انرژی محیط طی نهشت بالاترین بخشهای آسماری پایینی است. فرسایش سطح این برآمدگی، می‌تواند خود به عنوان یک منشأ محلی برای رسوبات تجمع یافته در جلو و پشت این برآمدگی (foredeep and backbulge) محسوب شود (شکل ۵c). این منشأ محلی برای ورود آواری، می‌تواند عدم حضور رخساره‌های ائویدی را روی این برآمدگی و اطراف آن، در این مرحله توجیه کند.

مراحل چهارم تا ششم: این مراحل نهشت آسماری میانی - بالایی را نشان می‌دهند. این مطالعه و مطالعات قبلی (زاهدی‌نژاد، ۱۳۶۶؛ مطیعی، ۱۳۷۲) ماسه‌سنگهای آسماری میانی و بالایی را ماسه‌های ساحلی و نه ماسه‌سنگهای نهشته شده روی پشته‌های دور از ساحل معرفی می‌کند. بدین ترتیب، با بسته شدن تدریجی نوتتیس و پیر شدن تدریجی حوضه پشت برآمدگی (backbulge) (شکل ۵d)، به نظر می‌رسد تشکیل پیش برآمدگی طی نهشت آسماری میانی - بالایی متوقف شده‌است. بنابراین، شکل توپوگرافی کف حوضه در این محدوده زمانی به صورت یک رمپ ساده در می‌آید (شکل ۵d تا شکل ۵f). با فرسایش کامل چینه‌های فراخاسته در عربستان تا میوسن (Hempton, 1987) و روند ملایم افزایش سطح آب دریاها

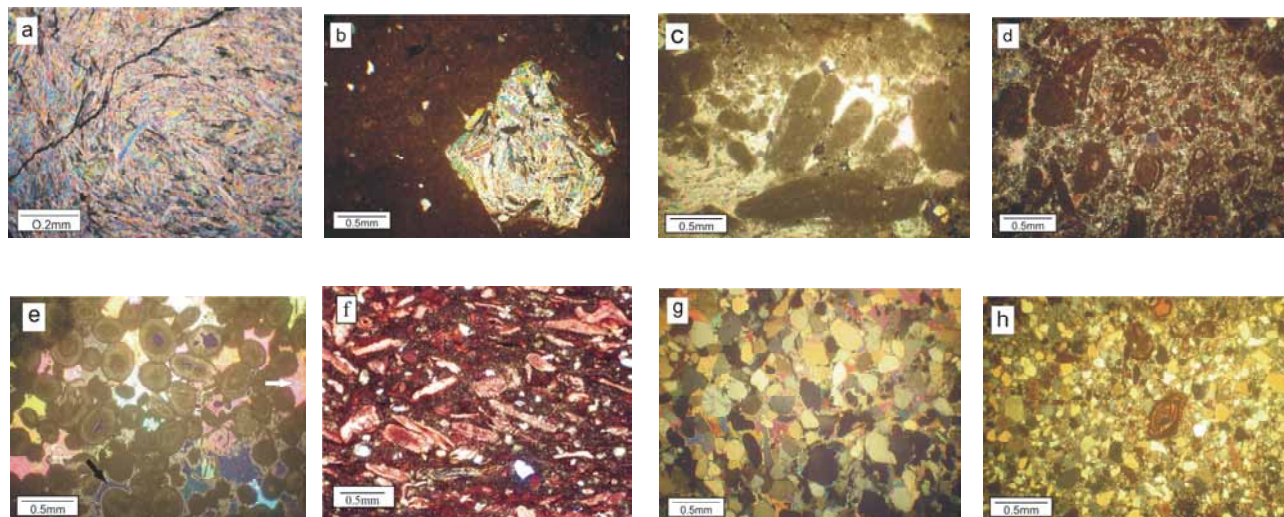
سپاسگزاری

آزمایشگاه‌های دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، به خاطر کمک‌های بی‌شائبه در طول این مطالعه قدردانی می‌شود. همچنین لازم است از داوران محترم که با ارائه نظرات دقیق خود در بهبود سطح علمی این مقاله نقش ارزشمندی داشته‌اند سپاسگزاری نمایم.

نقطه نظرات ارزنده جناب آقای دکتر آدابی در بهبود این مقاله شایان قدردانی است. همچنین، دستیابی به نمونه‌های حاصل از حفاری و دسترسی به برخی از منابع و امکانات دیگر، با همکاری شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب میسر گردید که بدین وسیله از کلیه دست‌اندرکاران محترم آن شرکت به خصوص جناب آقای مهندس فلاوند تشکر می‌شود. از کلیه



شکل ۱- موقعیت میدان نفتی اهواز در منطقه فروافتادگی دزفول (با تغییرات از Insalaco et al., 2006)



شکل ۳- a) بلورهای انیدریت اولیه (بلورهای نازک و کشیده‌ای به شکل موازی یا نیمه موازی) در رخساره انیدریتی که مشخصه محیط‌های سبخایی و فراکشنندی است (نور XPL).

b) رخساره دولومیکرایتی حاوی تکه‌های انیدریتی اولیه که بیانگر محیط فراکشنندی است. در زمینه کوارتزارهای دانه ریز نیز مشاهده می‌شود (نور XPL).

c) اینتراکلیست‌ها در زمینه‌ای از انیدریت، در رخساره اینتراکلیست و کستون که به محیط میان‌کشنندی ارتباط داده می‌شود (نور XPL).

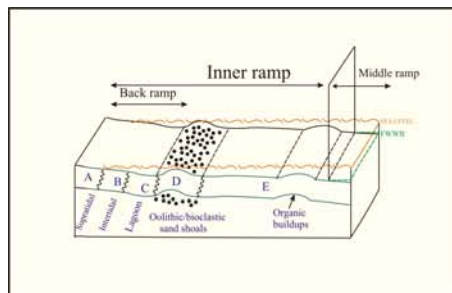
d) در این تصویر، رخساره میلیولید و کستون/پکستون مربوط به محیط لاگونی ملاحظه می‌گردد. دولومیتی شدن انتخابی نیز به خوبی در این شکل دیده می‌شود. چنانچه ملاحظه می‌شود زمینه دولومیتی شده است اما ذرات فسیلی دست نخورده باقی مانده‌اند (نور XPL).

e) رخساره گرینستون ائویدی حاوی ائویدهای هم‌مرکز که تقریباً جورشدگی خوبی از خود نشان می‌دهند - پیکان سفید رنگ، سیمان صفحه‌ای انیدریتی و پیکان سیاه رنگ تخلخل بین دانه‌ای را در بین دانه‌های ائوید نشان می‌دهد (نور XPL).

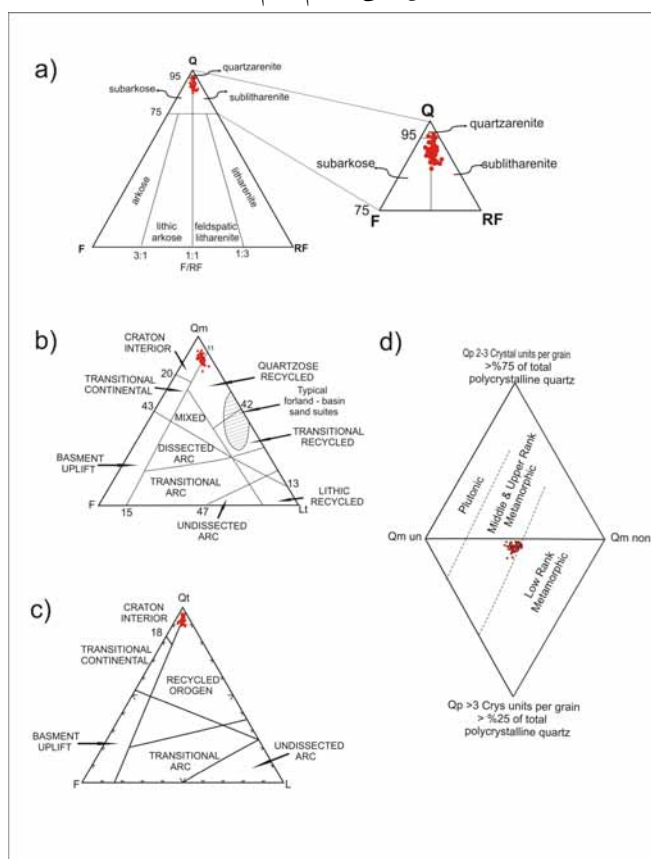
f) رخساره خارپوست‌دار و کستون که مربوط به محیط جلوی سدی می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این میدان این رخساره گاه به همراه ذرات آواری یافت می‌شود (نور XPL).

g) در این تصویر رخساره ماسه‌سنگی با سیمان انیدریتی در بین دانه‌های تخریبی دیده می‌شود. چنانچه ملاحظه می‌شود این ماسه‌سنگها معمولاً جورشدگی خیلی بالایی ندارند (نور XPL).

h) رخساره ماسه‌سنگ دورگه که از دانه‌های ماسه تخریبی و اجزای فسیلی (میلیولید) و سیمانی دولومیتی تشکیل شده است (نور XPL).



شکل ۴- نمودار سه بعدی محیط رسوبی بخشهای کربناتی سازند آسماری که مطابق با رخساره‌های یک رمپ کربناتی شامل رمپ داخلی و میانی است. شکل بدون مقیاس افقی و قائم رسم شده است.

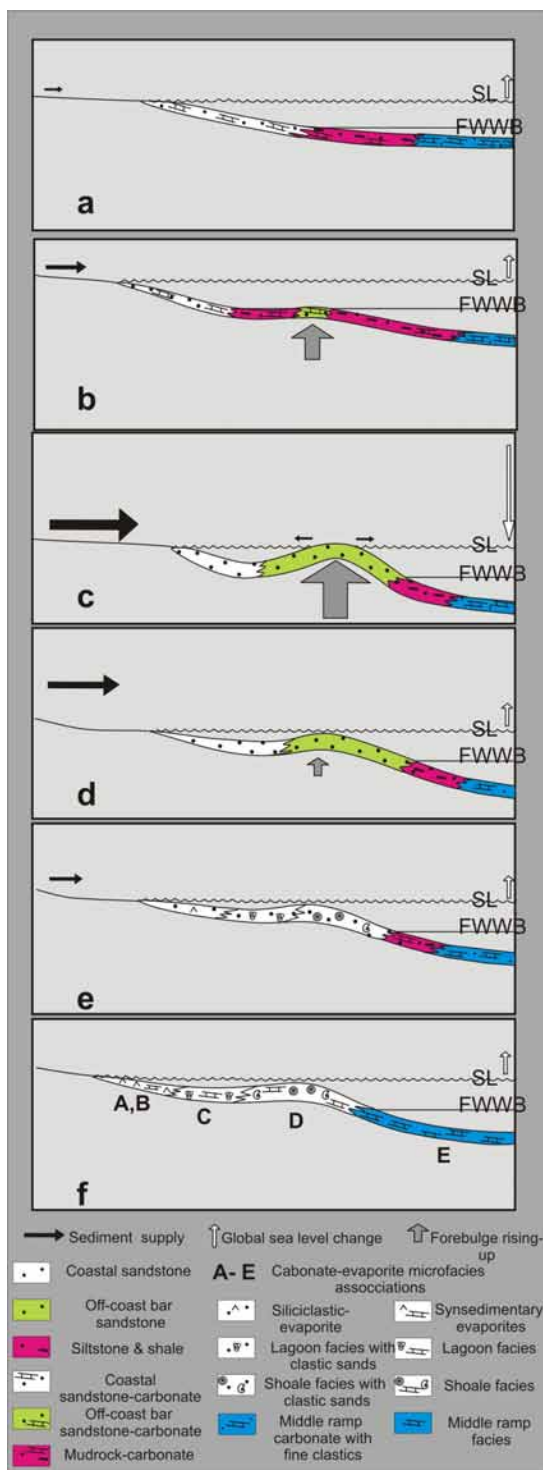


شکل ۵- (a) موقعیت داده‌های حاصل از نقطه شماری در الگوی رده‌بندی Folk (1974) که ترکیب ساب لیتارنایت تا ساب آركوز متمایل به کوارتز آرنایت را برای ماسه‌سنگ اهواز ارائه می‌دهد .

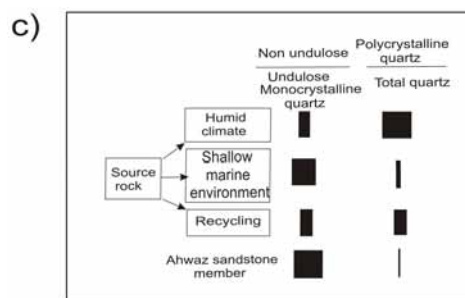
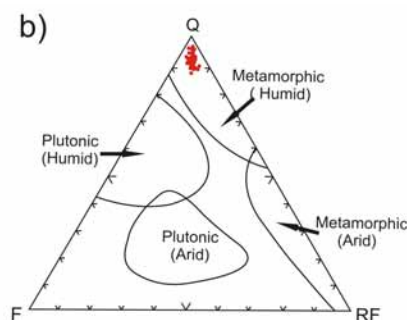
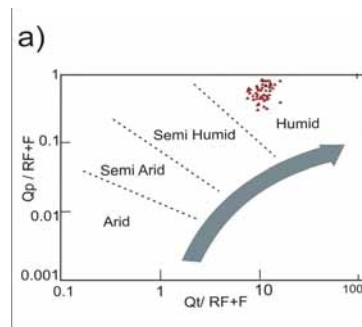
(b) قرار دادن داده‌های ماسه سنگ اهواز در نمودار Qt F L Dickinson (1985) که خاستگاه کراتونی و چرخه رسوبی دوباره را برای ماسه‌سنگهای اهواز نشان می‌دهد.

(c) نمودار Qm F Lt Dickinson (1985)، پیاده کردن نقاط حاصل از نقطه شماری نمونه‌های ماسه‌سنگهای اهواز در این نمودار نیز خاستگاه کراتونی و چرخه رسوبی دوباره را برای این ماسه سنگ تأیید می‌کند. بیضی هاشور زده شده، محل ماسه‌سنگهای حوضه‌های پیش خشکی را نشان می‌دهد که رسوبات آن از کمریندهای راندگی - چین خوردگی بالا آمده منشأ می‌گیرند.

(d) نمودار چهار تایی Basu (1975)، رئوس قطر کوچک این نمودار را کوارتزهای موجی با خاموشی بیش از ۵ درجه و کوارتزهای غیر موجی با خاموشی کمتر از ۵ درجه تشکیل می‌دهند و در رأس قطر بزرگ نیز کوارتزهای چند بلوری (۲ تا ۳ تک بلوری به ازای هر دانه در ۷۵٪ از کل کوارتزهای چند بلوری) و کوارتزهای چند بلوری (بیش از ۳ تک بلور به ازای هر دانه در بیش از ۲۵٪ از کل کوارتز چند بلوری) قرار دارند. داده‌های مربوط به نقطه شماری در این نمودار آورده شده و این نمودار منشأ ماسه‌سنگهای اهواز را سنگهای دگرگونی درجه متوسط تا پایین نشان می‌دهد.



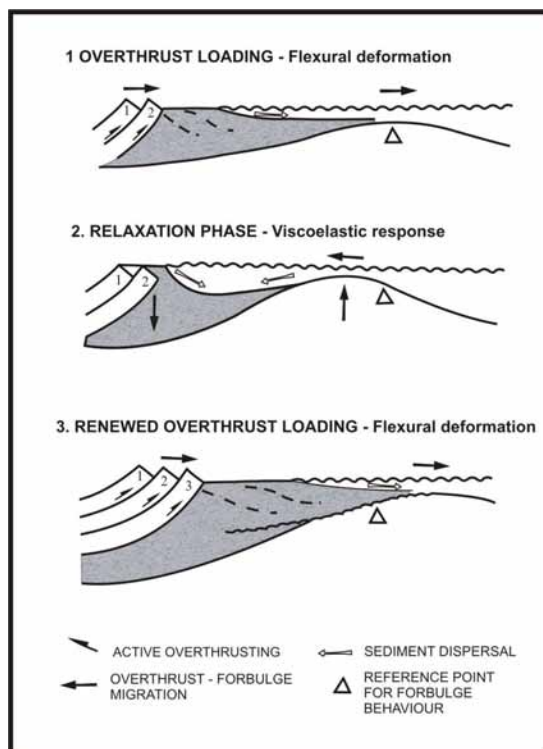
شکل ۷- روند تکامل حوضه نهشت سازند آسماری در محدوده مورد مطالعه براساس رخساره‌های غالب در هر مرحله. تغییرات سطح آب دریا براساس زمان تقریبی وقوع مراحل، طی روپلین تا پایان بوردیگالین، از منحنی جهانی سطح آب دریاها ارائه شده توسط Vail et al. (1977) اقتباس شده است (برای توضیح مراحل مختلف به متن مراجعه شود).



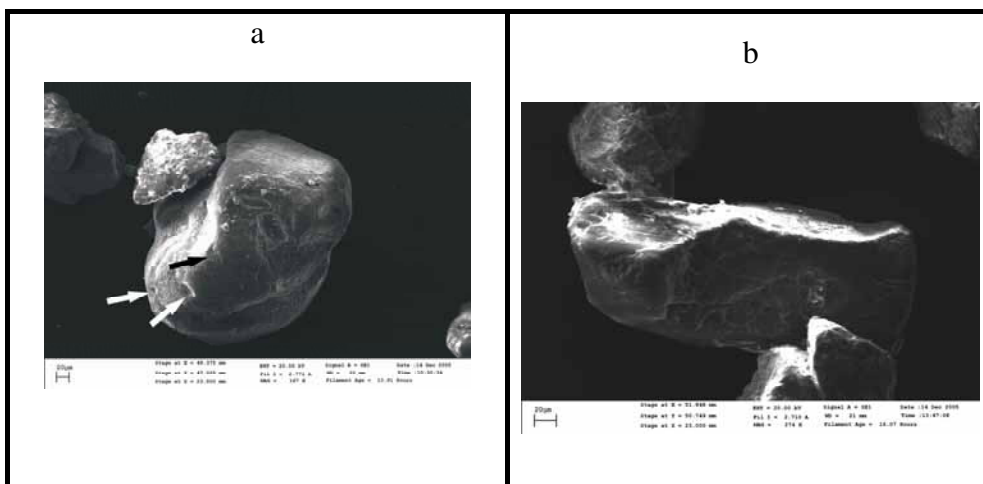
شکل ۶- a) نمودار تغییرات لگاریتمی $Qp/(F+RF)$ و $Qt/(F+RF)$ (Dutta & Suttner, 1986) که بر اساس این نمودار، داده‌های حاصل از نقطه شماری ماسه‌سنگ اهواز در محدوده آب و هوای مرطوب قرار می‌گیرند.

b) نمودار (Suttner et al. 1981) نشان می‌دهد که نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز در محدوده سنگ منشأ دگرگونی و آب و هوای مرطوب قرار گرفته است.

c) ارتباط نسبت انواع مختلف کوارتز با تأثیرات نسبی هواز دگی در محیط کم ژرفای دریایی و چرخه دوباره رسوبی با فرض سنگ منشأ ثابت (Mack, 1978)، داده‌های مربوط به ماسه‌سنگ اهواز به محیط دریایی کم ژرفا شباهت بیشتری نشان می‌دهد که حاکی از اهمیت بیشتر محیط رسوبی در تعیین ترکیب ماسه‌سنگ اهواز نسبت به آب و هوای مرطوب و چرخه دوباره رسوبی است.



شکل ۸- توسعه و مهاجرت یک پیش برآمدگی در پاسخ به چرخه‌هایی از دگرشکلی و سکون زمین ساختی (Tankard, 1) مرحله اول (a) تغییر شکل پیش برآمدگی نسبت به بارگذاری خمشی را نشان می‌دهد. مرحله دوم (b) پاسخ پوسته به بارگذاری به علت ویسکوالاستیک بودن پوسته را نشان می‌دهد و مرحله سوم (c)، مرحله تکرار کوتاه شدگی پوسته است که طی آن برآمدگی پیشانی به سمت کراتون مهاجرت می‌کند. (شکل بدون مقیاس رسم شده است). در این مدل که براساس شواهد موجود در حوضه آپالاشین (دونین میانی - کرنیفر) رسم شده، پیش برآمدگی در حوضه مربوطه، در سمت کمر بند رورانده واقع شده است. حال آن که در زاگراس، طی نهشت سازند آسماری این برآمدگی با توجه به شواهد مربوط به ورود تخریبها و نهشت آنها بر پشته دور از ساحل (Ziegler, 2001، مطیعی ۱۳۷۲)، در موقعیت دورتر از کمر بند رورانده قرار گرفته است. براین اساس سازوکارهای ساده‌تری مانند چین خوردگی یا ایجاد فزاینده همزمان با رسوب گذاری را نیز به عنوان جایگزینهای دیگر برای سازوکار شکل گیری این برآمدگی مطرح کرد.



شکل ۹- (a) سطح صیقلی همراه با آثار ضربه‌ای (پیکانهای سیاه و سفید رنگ) در دانه کوارتز گرد شده که از مشخصات سواحل با انرژی بالا است. (b) آثار شکستگی در کوارتزهای درشت گرد شده، که در یک محیط با انرژی بالای آبی مانند خطوط ساحلی ایجاد شده‌اند.

جدول ۱- تفکیک انواع دانه‌های نقطه‌شماری در نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز.

Qm non	Non undulouse monocrystalline quartz
Qm un	Undulouse monocrystalline quartz
Qpq	Polycrystalline quartz
Qpq>3	Qp >3 Crys units per grain
Qpq2-3	Qp 2-3 Crystal units per grain
Cht	Chert
Qp	Polycrystalline quartzose (or calcedonic) lithic fragments (Qpq +Cht)
Qt	Total quartzose grains (Qm + Qp)
Q	Total monocrystalline and polycrystalline grain, used for Folk (1974) classification (Qm + Qpq)
P	Plagioclase feldspar
K	Pottasium feldspar
F	Total feldspar grains (P + K)
Lv	Volcanic- metavolcanic rock fragments
Ls	Sedimentary (siltstone & mud rock) rock fragments
Lsm	Metasedimentary rock fragments
Lc	Carbonate(reworked fossils and limeclast, include mudstone, wackestone) rock fragments
L	Unstable (siliciclastic) lithic fragments(Lv +Ls+Lsm)
Lt	Total siliciclastic lithic fragments(L + Qp)
RF	Total unstable rock fragments and chert, used for Folk(1978) classification
Bio	In situ bioclast
Acc	Accessory minerals
Cc	Calcite cements (micrite (mic) + sprite(sp))
Dc	Dolomite cements(microdolomite and dolospar)
Ac	Anhydrite cement

جدول ۲- جزئیات داده‌ای حاصل از نقطه شماری ۵۰ نمونه (برای هر نمونه حدود ۳۵۰ شمارش) از بخش ماسه سنگی اهواز و جزئیات آماری این داده‌ها

sample number	Qm non	Qm un	Qpq >3	Qpq 2-3	K	P	Lsm	Lv	Ls	Lc	Cht	Acc	Ac	Dc	Cc	Mic	SP	PR	BIO	SUM	Lt	L	RF	F	Qp1	Qm	Qp	Qt	Q	
8908-az11	65	82	6	3	7	0	7	0	2	1	0	1	0	96	54	0	54	19	5	348	18	9	9	7	9	147	9	156	156	
8929-az11	68	82	7	3	7	2	1	0	2	1	2	1	28	128	0	0	21	0	353	15	3	5	9	10	150	12	162	160		
8936-az11	61	65	8	3	6	2	1	0	3	1	2	2	30	145	0	0	18	0	347	17	4	6	8	11	126	13	139	137		
8949-az11	65	72	5	1	3	1	2	0	2	4	0	2	31	98	25	0	25	14	22	347	10	4	4	4	6	137	6	143	143	
8959-az11	95	101	9	2	7	1	2	0	3	2	3	2	27	71	0	0	0	20	0	345	19	5	8	8	11	196	14	210	207	
9014-az11	77	83	10	2	4	1	2	1	1	2	3	1	28	92	0	0	0	41	10	358	19	4	7	5	12	160	15	175	172	
9054-az11	55	53	5	2	4	2	2	0	2	2	3	0	19	191	0	0	0	30	0	370	14	4	7	6	7	108	10	118	115	
9056-az11	58	51	5	2	6	1	2	0	3	1	3	0	48	165	0	0	0	17	0	362	15	5	8	7	7	109	10	119	116	
9061-az11	78	69	8	3	4	1	2	0	1	2	2	2	48	95	0	0	0	24	0	339	16	3	5	5	11	147	13	160	158	
9062-az11	92	89	7	3	3	0	2	0	2	0	3	4	8	132	9	0	9	10	0	364	17	4	7	3	10	181	13	194	191	
9072-az11	65	79	6	2	4	1	2	0	2	2	2	2	0	116	20	0	0	36	0	319	14	4	6	5	8	144	10	154	152	
9075-az11	71	69	4	1	7	2	2	0	3	4	2	0	27	54	79	44	35	12	15	352	12	5	7	9	5	140	7	147	145	
9076-az11	77	71	5	2	7	2	1	0	3	0	0	2	15	87	48	32	16	24	10	354	11	4	4	9	7	148	7	155	155	
9080-az11	71	75	9	3	4	1	2	0	2	2	3	1	14	0	0	0	23	0	342	19	4	7	5	12	146	15	161	158		
9081-az11	64	57	6	2	5	2	3	0	3	2	2	2	9	118	20	0	20	24	5	324	16	6	8	7	8	121	10	131	129	
9086-az11	70	63	7	3	4	1	2	0	2	2	1	2	12	54	105	42	63	9	16	353	15	4	5	5	10	133	11	144	143	
9119-az11	65	72	9	2	6	2	2	0	3	2	3	1	46	128	0	0	0	10	0	351	19	5	8	8	11	137	14	151	148	
9123-az11	61	56	7	3	4	2	1	0	3	1	2	2	27	162	0	0	0	21	0	352	16	4	6	6	10	117	12	129	127	
9129-az11	75	64	6	3	4	1	2	0	2	2	2	2	21	152	0	0	0	15	0	351	15	4	6	5	9	139	11	150	148	
9344-az11	82	70	8	2	5	1	2	0	2	1	3	1	41	71	20	0	0	38	0	327	17	4	7	6	10	152	13	165	162	
9344-az11	72	69	9	2	5	2	3	0	2	2	2	0	35	35	100	0	0	29	7	274	18	5	7	7	11	141	13	154	152	
9380-az11	79	69	5	2	3	1	1	0	3	0	2	0	0	165	0	0	0	17	0	347	13	4	6	4	7	148	9	157	155	
9425-az11	79	68	9	3	6	1	2	0	3	1	3	1	28	132	0	0	0	15	0	351	20	5	8	7	12	147	15	162	159	
9505-az11	63	58	7	1	6	2	2	0	2	0	2	0	35	45	100	0	0	23	0	246	14	4	6	8	8	121	10	131	129	
9522-az11	79	77	6	3	5	1	2	0	3	4	0	1	0	31	120	0	0	18	13	243	14	5	5	6	9	156	9	165	165	
2592-az 89	62	70	9	4	4	1	1	0	1	9	2	0	0	85	20	20	0	5	65	338	17	2	4	5	13	132	15	147	145	
2700-az 89	69	77	8	3	8	3	2	0	0	0	0	0	0	68	57	0	57	5	45	353	13	2	2	11	11	146	11	157	157	
2709-az 89	71	77	17	8	3	1	1	0	0	2	2	0	0	109	49	60	4	85	380	28	1	3	4	25	148	27	175	173		
2710-az 89	66	69	12	4	5	2	2	0	1	8	3	0	0	91	41	50	11	75	349	22	3	6	7	16	135	19	154	151		
2807-az 89	59	64	8	3	3	1	0	0	2	2	1	1	25	75	10	0	35	15	68	362	14	2	3	4	11	123	12	135	134	
2701-az 89	85	93	6	2	7	3	3	0	4	3	0	3	0	72	30	30	0	5	15	331	15	7	7	10	8	178	8	186	186	
2639-az 89	89	82	13	3	5	1	0	0	2	1	0	0	10	120	0	0	0	15	0	341	18	2	2	6	16	171	16	187	187	
2772-az 89	92	88	6	2	8	1	2	0	4	0	3	1	0	98	0	0	0	28	20	353	17	6	9	9	8	180	11	191	188	
2782-az 89	63	65	6	3	6	2	1	0	3	2	3	0	0	71	91	0	50	29	0	304	16	4	7	8	9	128	12	140	137	
2609-az 89	54	66	17	3	7	4	1	0	1	8	1	2	0	80	32	87	25	13	55	424	23	2	3	11	20	120	21	141	140	
2854-az 89	116	104	9	2	6	2	3	0	4	1	0	3	0	89	0	0	0	9	0	348	18	7	7	8	11	220	11	231	231	
2797-az 89	86	91	8	3	7	1	2	0	5	2	3	1	91	44	0	0	0	8	0	352	21	7	10	8	11	177	14	191	188	
2855-az 89	95	107	7	4	8	3	4	0	4	0	5	5	65	35	0	0	0	5	0	347	24	8	13	11	11	202	16	218	213	
2590-az 89	72	87	8	2	6	3	3	0	1	0	4	1	12	95	10	0	0	32	0	326	18	4	8	9	10	159	14	173	169	
2592-az 89	72	78	4	1	6	2	1	0	5	0	4	0	0	112	30	0	30	30	0	345	15	6	10	8	5	150	9	159	155	
2586-az 89	98	94	5	2	7	3	4	0	4	0	2	2	19	92	20	0	0	5	1	338	17	8	10	10	7	192	9	201	199	
2670-az 89	96	95	6	2	7	4	3	0	2	0	2	2	17	99	0	0	0	20	0	355	15	5	7	11	8	191	10	201	199	
2672-az 89	109	105	6	3	7	2	3	0	2	1	0	1	0	103	0	0	0	7	0	349	14	5	5	9	9	214	9	223	223	
2679-az 89	98	94	5	2	5	3	3	0	3	2	1	1	10	28	81	0	81	9	0	345	14	6	7	8	7	192	8	200	199	
2667-az 89	90	95	6	1	3	0	2	0	1	0	2	2	0	93	45	0	75	12	0	382	12	3	5	3	7	185	9	194	192	
2608-az 89	106	101	6	3	12	3	5	0	3	1	0	2	0	93	0	0	0	15	0	350	17	8	8	15	9	207	9	216	216	
2610-az 89	107	95	7	3	5	2	5	0	4	2	2	10	0	77	0	0	0	22	0	341	21	9	11	7	10	202	12	214	212	
2618-az 89	94	84	5	1	7	3	1	0	4	2	1	3	0	10	109	0	0	0	27	0	242	12	5	6	10	6	178	7	185	184
2600-az 89	71	66	7	2	6	3	1	0	3	2	2	1	30	118	0	0	0	31	35	378	15	4	6	9	9	137	11	148	146	
2620-az 89	84	78	6	2	6	2	4	0	2	1	0	2	0	46	105	20	15	30	0	278	14	6	6	8	8	162	8	170	170	
average	78	78	7	3	6	2	2	0	2	2	2	2	18	89	30	7	13	18	11	340	16	5	6	7	10	156	12	168	166	
max	116	107	17	8	12	4	5	1	5	9	5	10	91	191	120	87	81	41	85	424	26	9	13	15	25	220	27	231	231	
min	54	51	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	10	1	2	3	5	108	6</				

کتابنگاری

زاهدی‌نژاد، ج.، ۱۳۶۶- مطالعه زمین‌شناسی بخش ماسه‌سنگی اهواز در حاشیه جنوب باختری حوضه رسوبی آسماری، گزارش شماره ۴۰۲۸ شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت‌خیز جنوب، ۱۲۵ صفحه.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.

References

- Alavi, M., 2004 - Regional Stratigraphy of the Zagros Fold-Thrust belt of Iran and its Proforland evolution, *American Journal of Science*. V.304, P. 1-20.
- Basu, A., Young, S. W., Suttner, L.J., James, W. C. & Mack, G. H., 1975- Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. *Jour. Sed. Petrology*, 37:1031-44.
- BUDD, D. A. & HARRIS, P. M., 1990- Carbonate-siliciclastic mixtures, SEPM (Society for sedimentary geology) reprint series No. 14, 272p.
- Dickinson, W. R., 1985- Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstone. In: Zuffa, G.G. (ed) *Provenance of Arenites*, Reidel publication, 333-361.
- Dickinson, W. R., 1988- Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basins. In: KLEINSPEHN, K.L. and PAOLA, C. (ed) *New Perspective in basin analysis*. Springer-Verlag, 3-27.
- Dutta, P. K. & Suttner, L. J., 1986- Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *Jour. Sed. Petrology*, 56, 329-345 .
- Flugel, E., 2004 - *Microfacies of carbonate rocks, Analysis, Interpretation and Application*, Springer-Verlog Berlin Heidelberg. 976 P.
- Girty, G. H., 1991- A note on the composition of plutonic sand produced in different climatic belts, *Jour. Sed. Petrology*, 61,428-33.
- Hempton, M. R., 1987- Constraints on Arabian plate motion and extensional history. *Tectonics*, 6, pp. 687-705.
- Higgs, R., 1979- Quartz- grain surface features of Mesozoic-Cenozoic sand from the Labrador and western Greenland continental margins. *J. Sed. Petrology*. 49, 599-610.
- Ingersol, R. V., Bulard, T. F., Ford, R. L., Grimm, J. P., Pickle, J. P. & Sares, S. W., 1984 - The effect of grain size on detrital modes: a text of the Gazzi-Dickinson Point Counting method. *Jour. Sed. Petrology*, 54, 103-116.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M., Monibi, S., 2006- Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia11*, No. 2, Gulf PetroLink, Bahrain, pp 75-176.
- Johnsson, M. J., 1990- Tectonic versus chemical – weathering control on the composition of fluvial sands in tropical environments. *Sedimentology*, 37,713-726.
- Krinsley, D. H. & Doornkamp, J. C., 1973- *Atlas of Quartz Sand Surface Textures*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Mack, G. H., 1978- The survivability of labile light- mineral grain in fluvial, aeolian and littoral marine environments: The permian Cutler and Cadar Mesa formation, Moab, Utah, *Sedimentology*, 25, 587-604
- McBride, E. F., 1985- Diagenesis process that affect provenance determinations in sandstones. In: Zuffa, G.G. (Ed.), *Provenance of Arenites*. Reidel, Boston, MA, pp.95-113.
- McCoard, D. R., 1974 - Regional Asmari geology of Ahwaz-Marun area.
- Parcell, W. C. & Williams, M. K., 2005- Mixed sediment deposition in a retro-arc forland basin: lower ellis group (M. Jurassic), Wyoming and Montana, *Journal of Sedimentary Geology U.S.A* , 75, 34-81.
- Suttner, L. J., Basu, A. & Mack, G. H., 1981- Climate and the origin of quartz arenites. *Jour. Sed. Petrology*, 51, 235-246.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. & Thompson, S., 1977- Global cycles of relative changes in sea level, *American Association of Petroleum Geologist*, No.143, 1-143.
- Walley, W. B. & Krinsley, D. H., 1974 - A scanning electron microscope study of subsurface textures of quartz grains from glacial environments. *Sedimentology* 21, 87-105.
- Walley, W. B. & Langway, C. C., 1980- A scanning electron microscope examination of subglacial quartz grains from Camp Ceentury core, Greenland- a preliminary study. *J. Glacial*. 25, 125-132.
- Warren, J., 2000- Dolomite: Occurrence, Evolution and Economically Important Associations: Elsevier, *Earth-Science Review* 52, 1-81.
- Weltje, G. J., 2002- Quantitative analysis of detrital modes: statistically rigorous confidence regions in ternary diagrams and their use in sedimentary petrology. *Earth-Sci. Rev.* 57, 211-253.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-verlag, Berlin, 471 pp.
- Zuffa, G. G., 1985- Optical analysis of arenites, influence of methodology on compositional results. In: Zuffa, G.G., (ed) *Provenance of Arenites*. Reidel publication, 165-189.