

## سنگ چینه نگاری، رخساره ها و شرایط ته نشینی سازند آسماری (روپلین- بوردیگالین) در جنوب خاوری زاگرس چین خورده، فروافتادگی بندرلنگه (برش کوه نمکی خمیر)

پیمان رضائی<sup>۱\*</sup>، سیده اکرم جویباری<sup>۲</sup>، عبدالله نجفی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان، ایران

۲- دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان، ایران

۳- کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان، ایران

\*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

دریافت مهر ۱۴۰۲، پذیرش آبان ۱۴۰۲

### چکیده

سازند آسماری (روپلین-بوردیگالین) یکی از شناخته‌ترین سازندهای ایران است. به منظور بررسی سنگ چینه نگاری و محیط رسوبی برشی از این سازند در کوه نمکی خمیر و واقع در فروافتادگی بندرلنگه انتخاب گردید. در این برش تعداد ۷۰ مقطع نازک میکروسکوپی آهکی و ۳ نمونه مارنی (XRF) برای شناخت ریزرخساره‌ها شرایط ته‌نشینی مورد ارزیابی قرار گرفت. سازند آسماری در این برش ۲۲۵ متر ستبراً داشته و شامل رخساره آهکی و مارنی است. مطالعه پتروگرافی منجر به شناسایی ۱۰ ریزرخساره متعلق به کمربندهای رخساره‌ای پهنه جزر و مدی، لاگون، پشته کربناته و دریای باز گردید که در محیط رمپ کربناته تک شیب نهشته شده‌اند. ترکیب اکسیدهای رخساره مارنی نیز حاکی از وجود کانی‌های کربناتی، کوارتز و کانی‌های رسی می‌باشد که همراه با مشاهدات صحرائی و تناوب رخساره‌های آهکی نشانگر ته‌نشست این رخساره در یک محیط از نوع دریای باز می‌باشد. در نهایت به نظر می‌رسد تنوع رخساره‌ای و فسیلی سازند آسماری در برش مذکور به گونه‌ای که در زمان اکتانین این سازند در فاصله نزدیک‌تری به خط ساحل و در زمان روپلین و شاتین-بوردیگالین در فاصله دورتری نسبت به خط ساحل قرار داشته است.

کلمات کلیدی: سازند آسماری، محیط رسوبی، سنگ چینه نگاری، کوه نمکی خمیر، فروافتادگی بندر لنگه.

## ۱. مقدمه

توالی کربناتی سازند آسماری در سری زمانی الیگو-میوسن یکی از شناخته‌ترین مخازن هیدروکربوری ایران و خاورمیانه می‌باشد. این سازند در حوضه رسوبی زاگرس (حاشیه جنوبی نئوتیس) با سن الیگوسن تا میوسن نهشته شده است و گسترش آن از سوی باختر تا عراق و از سمت جنوب تا عمان کشیده می‌شود [۲۰]. نهشته‌های سازند آسماری در سراسر زاگرس به دنبال پیشروی آب دریا در ترشیری در نواحی فارس (داخلی و ساحلی)، خوزستان، لرستان، بیرون زدگی‌هایی دارد که در فرو افتادگی دزفول کامل‌ترین توالی را از خود به جای گذاشته است برش الگوی سازند آسماری در تنگ گل ترش واقع در کوه آسماری می‌باشد. این سازند در بیشتر نواحی زاگرس دارای ترکیب سنگ شناسی غالب آهکی است اما در برخی نقاط مانند زون خوزستان دارای رسوبات تخریبی (بخش ماسه سنگی) و در زون لرستان حاوی نهشته‌های تبخیری (بخش ژئیس و انیدریت کلهر) می‌باشد [۲۰]. مطالعات زیادی بر روی سازند آسماری از نگاه سنگ چینه نگاری، محیط رسوبی و دیاژنز صورت گرفته است. از جمله مطالعات فارسی می‌توان به پژوهش دهقان زاده و همکاران [۶] در برش کوه آسماری و کوه گوری، سنماری و ده بزرگی [۸] در برش نره جهرم، احمدی و همکاران [۲] در تاق‌دیس میش، امامی میبدی و همکاران [۴] در تاق‌دیس چنار و رجبی و همکاران [۷] در برش مخمل کوه اشاره نمود. از جمله مطالعات لاتین نیز می‌توان به پژوهش‌های خلیلی<sup>۱</sup> و همکاران [۲۵] در جنوب غرب ایران، طاهری<sup>۲</sup> و همکاران [۴۰] زون ایزه، کرمی<sup>۳</sup> و همکاران [۲۴] [۴] در زون فارس داخلی، کمالی فر<sup>۴</sup> و همکاران [۲۳] در زون فارس، وطن دوست<sup>۵</sup> و همکاران [۴۳] در تاق‌دیس آغاچاری و رجبی<sup>۶</sup> [۳۲] در تاق‌دیس چناره و امیران اشاره نمود. هدف از این پژوهش مطالعه سنگ چینه نگاری، ریزرخساره و محیط رسوبی نهشته‌های سازند آسماری در برش کوه نمکی خمیر در فروافتادگی بندرلنگه می‌باشد.

## ۲. موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

گستره مورد مطالعه به لحاظ جغرافیایی در استان هرمزگان و در محدوده شهرستان بندرخمیر واقع شده است. این شهرستان به مرکزیت شهر بندرخمیر در موقعیتی ساحلی در فاصله ۷۵ کیلومتری جنوب باختری مرکز استان (بندرعباس) قرار دارد (شکل ۱) ناحیه مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران و از دیدگاه ساختاری در جنوب خاوری پهنه زاگرس چین‌خورده جای گرفته است. این پهنه، بین زاگرس مرتفع از شمال، گسل کازرون از باختر، خلیج فارس از جنوب و گسل میناب از خاور محصور شده است (شکل ۲).

<sup>1</sup> Khalili

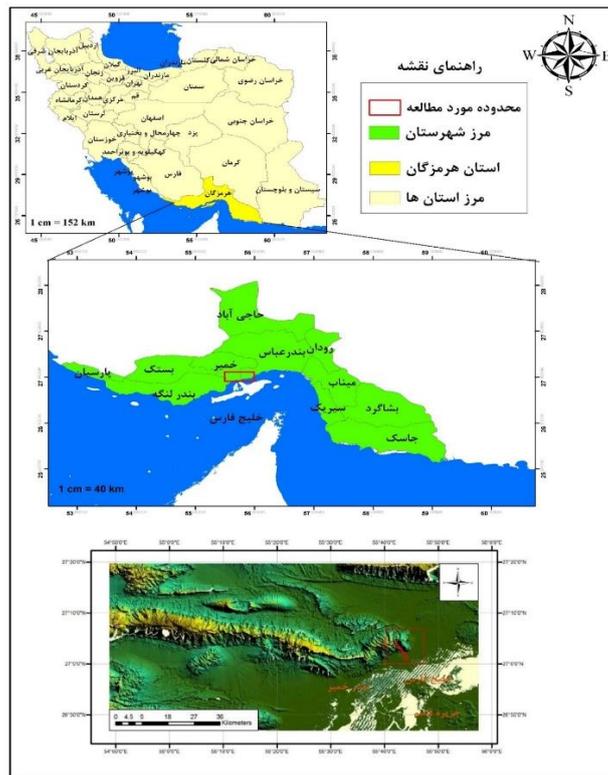
<sup>2</sup> Taheri

<sup>3</sup> Karami

<sup>4</sup> Kamalifar

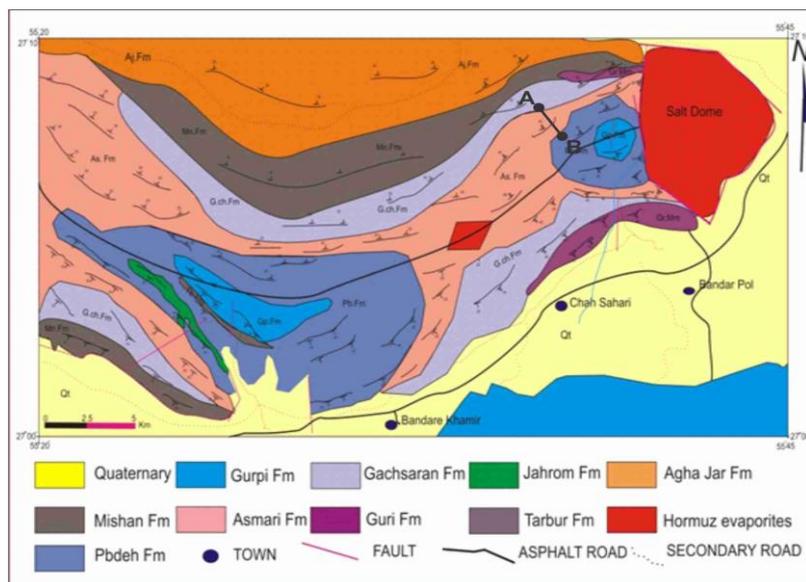
<sup>5</sup> Vatandoust

<sup>6</sup> Rajabi



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه استان هرمزگان و تصویر DEM

توالی چینهای در این گستره دربرگیرنده نهشته‌های پرکامبرین پسین، پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است که در میوسن-پلیوسن تغییر شکل یافته و دچار چین خوردگی شدند [۳۷]. از سوی دیگر، محدوده مورد مطالعه جزئی از پس خشکی بندرعباس است. از ویژگی‌های بارز زمین شناسی این منطقه از زاگرس، وجود گنبد‌های نمکی در ارتباط با تاقدیس‌های کوچک و بزرگ است که همگی متأثر از عملکرد دیپایریسم سری هرمز با روند شمال خاوری-جنوب باختری و خلاف روند عمومی زاگرس می‌باشند. مدرس [۱۰] در پژوهشی سن سازند آسماری در این برش را روپلین- بوردیگالین مشخص نمود.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ساده شده کوه خمیر (برگرفته از فخاری [۹]) و موقعیت برش مورد مطالعه (AB).

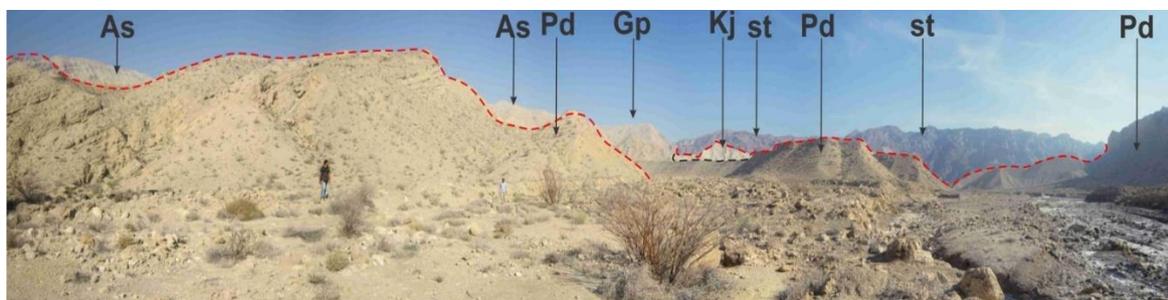
### ۳. مواد و روش ها

برای انجام این تحقیق، یک برش چینه شناسی از سازند آسماری در باختر بندرعباس (کوه نمکی خمیر) مورد مطالعه قرار گرفته است (خط AB شکل ۲). در ادامه، با در نظر گرفتن مسائلی چون مرزهای زیرین و بالایی، سنگ‌های متشکله، اختصاصات فسیل شناسی، تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌های متشکله سازند آسماری بطور متوسط هر ۳ متر یک نمونه برای تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی برداشت گردید. در مجموع از نمونه‌های برداشت شده تعداد ۷۰ برش نازک میکروسکوپی تهیه و مطالعات پتروگرافی در آزمایشگاه زمین شناسی دانشگاه هرمزگان با میکروسکوپ پلاریزان انجام گردید. به منظور بررسی نهشته‌های مارنی این سازند گمانه‌هایی به عمق ۱ تا ۲ متر در مناسب‌ترین بیرون زدگی‌های این سازند حفر گردید و ۳ نمونه از بخش‌های غیرهوازده مارنی در بخش‌های تحتانی، میانی و فوقانی سازند آسماری برداشت شده و به منظور تعیین اکسیدهای اصلی مورد آنالیز ژئوشیمیایی XRF قرار گرفت. نامگذاری ریزرخساره‌ها بر اساس طبقه بندی دانهام<sup>۷</sup> [۱۸] و تفسیر شرایط ته‌نشینی با کمک رخساره‌ها و مدل‌های رسوبی استاندارد فلوگل<sup>۸</sup> [۱۹] و ویلسون<sup>۹</sup> [۴۶] انجام شد.

### ۴. بحث و نتایج

#### ۴-۱. سنگ چینه نگاری

در کوه نمکی خمیر سازندها و توالی‌های آسماری، پابده، گورپی، کژدمی و سری نمکی هرمز به خوبی رخنمون دارند (شکل ۳). سازند آسماری در این کوه، ۲۲۵ متر ستبراً دارد و با یک مرز ناپیوستگی فرسایشی بر روی مارن‌های سازند پابده (پائوسن-ائوسن) قرار گرفته است (شکل ۳-الف). مرز بالایی این سازند در برش مذکور از نوع مرز تدریجی است که توسط نهشته‌های تبخیری سازند گچساران (میوسن) پوشیده می‌شود (شکل ۳-ب).



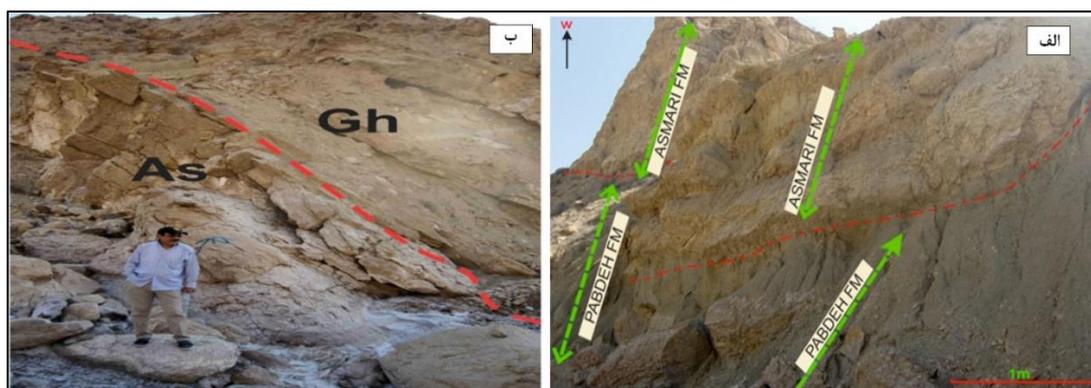
شکل ۳- نمای کلی از منطقه مورد مطالعه و سازندهای موجود. As: سازند آسماری، Pd: سازند پابده، Gp: سازند گورپی، Kj: سازند کژدمی، St: گنبد نمکی خمیر (دید رو به شمال باختر).

توالی سازند آسماری در برش کوه نمکی خمیر شامل دو رخساره آهک و مارن می‌باشد (شکل ۴). رخساره‌های مارنی رنگ هوازده سبزه کم رنگ، رنگ اصلی سبزه پر رنگ (در قسمت ابتدایی مقطع)، رنگ‌های هوازده خاکستری تیره و سبزه روشن، رنگ اصلی خاکستری کم رنگ و سبزه تیره (در قسمت‌های میانی مقطع)، رنگ هوازده سبز روشن و رنگ اصلی سبزه تیره (در قسمت‌های پایانی)، دیده می‌شوند که عمدتاً به صورت توده‌ای دیده می‌شوند. در نهشته‌های مارنی قسمت انتهایی دارای رگه‌های ژئوپس ثانویه وجود دارد. این رخساره فرسایش پذیری بسیار بالایی دارد و اشکال فرسایش شیاری در آن مشهود است.

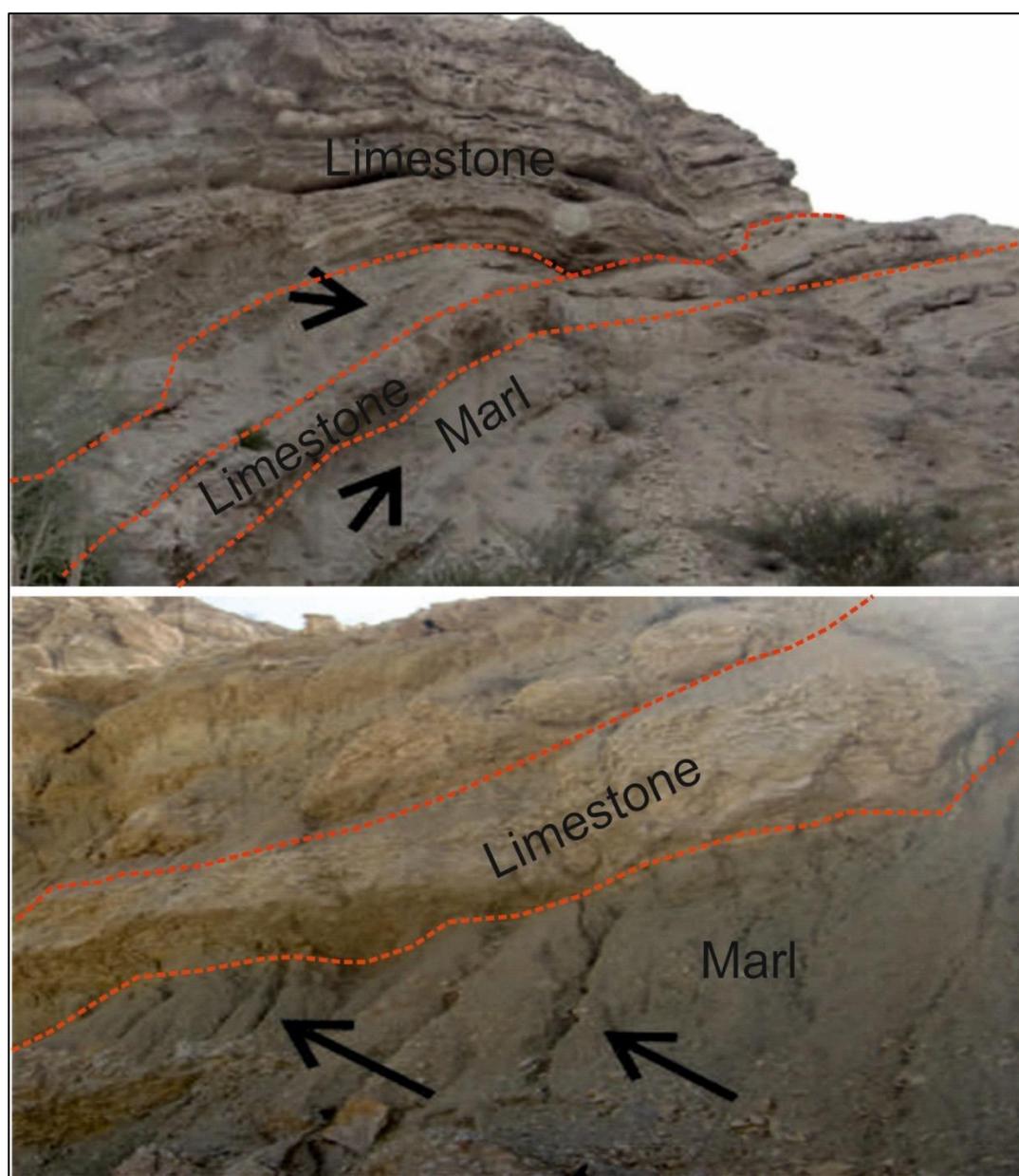
<sup>7</sup> Dunham

<sup>8</sup> Flugel

<sup>9</sup> Wilson



شکل ۴- الف: نمایی از مرز زیرین سازند آسماری با سازند پابده، در برش کوه نمکی خمیر، سازند پابده با یک مرز ناپیوستگی فرسایشی به سازند آسماری ختم می‌شود. ب: نمایی از مرز زیرین سازند آسماری، در برش کوه نمکی خمیر، سازند آسماری با یک مرز تدریجی به سازند گچساران ختم می‌شود. As: سازند آسماری، Gh: سازند گچساران.



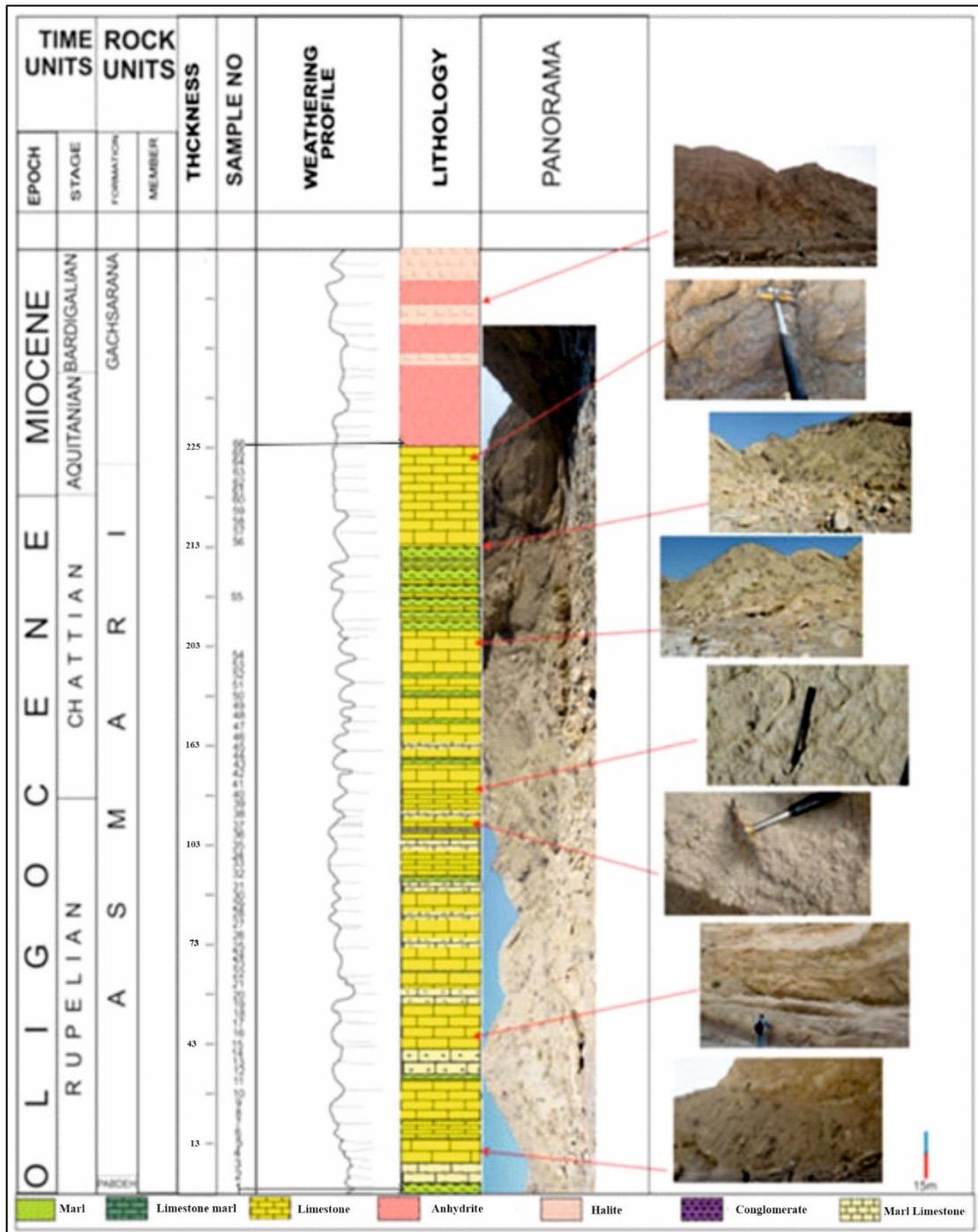
شکل ۴- نمایی از توالی رخساره‌های آهکی و مارنی سازند آسماری.

رخساره آهکی سازند آسماری که قسمت عمده توالی را شامل می شوند به صورت نازک تا ضخیم لایه و توده‌ای در رنگ‌های هوازده خاکستری، کرمی، زرد روشن، و رنگ اصلی خاکستری تیره تا کم رنگ، کرمی روشن تا کرمی مایل به زرد و زرد کم رنگ تا زرد پرتقالی در بخش‌های مختلف برش مورد مطالعه، دیده می شوند (شکل ۴). این رخساره‌ها فرسایش پذیری بالایی (بخصوص در بخش‌های انتهایی مقطع) از خود می‌دهد و رگه‌هایی از تبخیری‌ها (ژیپس و نمک) که بصورت ثانویه تشکیل شده‌اند هم در بخش انتهایی برش دیده می شوند اجزای اصلی این رخساره، فسیل‌ها هستند که در این میان باید به فرامینیفرها، شکم پایان، دوکفه‌ای‌ها، خزّه و شان، خارپوستان، جلبک‌ها و مرجان‌ها اشاره کرد (شکل ۵).



شکل ۵- الف: نمایی از دوکفه‌ای‌های موجود در لایه‌های سخت بخش ابتدایی، ب: نمایی از قطعات حمل شده و فسیل‌های برج، پ: نمایی از جان‌شینی‌ها لایت بر سنگ آهک در قسمت انتهایی سازند آسماری. و ت: نمایی از فسیل‌های نومولیت در بخش ابتدایی سازند آسماری در برش کوه نمکی خمیر.

ستون سنگ چینه نگاری سازند آسماری در شکل ۶ ارائه شده است آنچه مشهود است برتری آهک در این ستون و تناوب آن با مارن می‌باشد که در انتها به نهشته‌های تبخیری سازند گچساران ختم می‌گردند. ۲۳ درصد توالی ستون سنگ چینه نگاری سازند آسماری را در برش کوه نمکی خمیر رخساره مارنی و ۷۷ درصد را رخساره کربناته (غالباً سنگ آهک) تشکیل می‌دهد.



شکل ۶- ستون سنگ چینه نگاری سازند آسماری در برش کوه نمکی خمیر.

۲-۴. رخساره و محیط رسوبی

۱-۲-۴. رخساره آهکی

تعیین ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی به منظور آشنایی و شناخت شرایط ته‌نشینی توالی‌های رسوبی امری متداول و رایج می‌باشد [۱۷، ۳۰] و بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی در سازند آسماری منجر به شناسایی ۱۰ ریزرخساره شد که در چهار گروه ریزرخساره‌ای زیر توصیف و تفسیر می‌شوند.

گروه ریزرخساره‌ای A

### MF1: ریزرخساره اینتراکست بایوکلست پکستون

**توصیف:** بافت این ریزرخساره دانه پشٹیبان و زمینه میکرایتی می باشد. این ریزرخساره بطور کلی از قطعات اینتراکلاست در اندازه های بزرگ و پوسته های روزنبران های کفزی به همراه قطعاتی از صدف خارداران تشکیل گردیده است. آلومکها شامل خرده های اسکلتی موجودات با اندازه های نسبتاً بزرگ در کنار اجزاء اینتراکلاستی با اندازه های کوچک می باشند. بایوکلستها عمدتاً نومولیت و گاهی جلبک قرمز و خرده های بریوزوآ می باشد (شکل ۷-الف).

**تفسیر:** وجود گل آهکی به شکل میکرایت نشان دهنده رسوب گذاری در شرایط آرام محیط رسوبی می باشد [۳۹، ۳۳، ۱۹]. پوسته های بزرگ و مسطح روزن داران برای زندگی در محیط های پرانرژی مناسب نیستند چون آشفتگی کم آب نیز سبب شناور شدن آنها می شوند. با توجه به حضور فون ها با دیواره ی هیالین و اندازه درشت آنها محیط تشکیل این ریزرخساره دریای باز با شوری نرمال دریایی و شدت نور بالا می باشد. مشابه این ترکیب ریزرخساره ای در مطالعه احمدی و همکاران [۲]. در تاقدیس کوه میش گزارش شده است. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد RMF-7 فلوگل [۱۹] است.

### MF2: ریزرخساره بایوکلست پکستون

**توصیف:** بافت این ریزرخساره دانه پشٹیبان و زمینه، گل آهکی است. مهم ترین اجزای این ریزرخساره را قطعات اکینودرم، تعدادی از فرامینفرهای خانواده نومولیت با پوسته هیالین مانند: اپرکولینا، هتروستژینا، روزنبران کفزی، دوکفه ای ها و جلبک قرمز تشکیل می دهد. در این ریزرخساره به صورت محدود فسیل های پلاژیک وجود داشته که معمولاً هسته آنها تحت تاثیر انحلال قرار گرفته و تنها شبیحی از آنها باقی مانده است (شکل ۷-ب).

**تفسیر:** حضور روزن داران هیالین کف زی بزرگ که اسکلت آنها خوب حفظ شده است نشانگر این است که این ریزرخساره ها در دریای باز تحت تاثیر انرژی متوسط تا پایین بین قاعده امواج طوفانی و امواج عادی نهشته شده اند. مجموعه فسیلی تشکیل دهنده این رخساره نشان دهنده دریای باز با شوری عادی [۲۸، ۳۵] می باشد. مشابه این ریزرخساره در سازند آسماری برش تنگ سرخ توسط ابطحی فروشانی و صیرفیان [۱]. گزارش شده است. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد RMF-13 فلوگل [۱۹] است.

### MF3: ریزرخساره کورال باند استون

**توصیف:** این ریزرخساره از ستبرای کمی برخوردار است اجزای تشکیل دهنده آن تماماً از اسکلت مرجان های ریف ساز می باشد و بنابراین نوعی رخساره زیستی محسوب می گردد. حفرات موجود در مرجانها توسط اکسیدهای آهن و کلسیت های ثانویه جایگزین شده است (شکل ۷-پ).

**تفسیر:** این ریزرخساره با ارگانسیم های برجا به صورت یک ریف ارگانیکی در حاشیه پلاتفرم و به صورت محلی بالاتر از سطح قاعده امواج معمولی تشکیل می شود [۴۶]. مقدار زیاد گل کربناته و حفظ شدگی خوب مجموعه روزن داران هم زیست بیان کننده تشکیل این مجموعه رخساره ای در شرایطی نسبتاً کم انرژی در حاشیه پلاتفرم کربناته است [۲۳، ۳۶]. بنابراین با توجه به تناوب این ریزرخساره با رخساره های همراه، محیط تشکیل آن به انتهایی ترین بخش رو به دریای باز رمپ داخلی در حاشیه پلتفرم، بالای سطح اساس امواج عادی است. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره استاندارد RMF-12 فلوگل [۱۹] می باشد که معرف محیط دریای باز و انتهایی رمپ داخلی است. در واقع این رخساره بیانگر ریف های منفرد هستند که در محیط های دریای باز عموماً جلوی پشته ها که انرژی و نور کافی در اختیار دارند، گسترش یافته اند.

### MF4: ریزرخساره کورال نومولیت پکستون

**توصیف:** زمینه این ریزرخساره گلی و بافت نیز دانه پشتیبان می‌باشد. این ریزرخساره دارای روزندارانی با دیواره هیالین و قطعات مرجانی می‌باشد. از جمله این روزنداران نومولیت می‌باشد. حجرات مرجانی موجود توسط سیمان کلسیتی شده‌اند. روزن داران مانند میلیولیدا به صورت فرعی نیز به صورت محدود در آن دیده می‌شوند (شکل ۷-ت).

**تفسیر:** وجود مرجان‌های خرد شده در اندازه‌ی بزرگ نشان دهنده تشکیل این ریزرخساره در جلوی سد می‌باشد. در این محیط شدت امواج نسبتاً بالا بوده به طوری که با برخورد امواج به کلنی‌های مرجانی، کورال‌ها خرد شده و این قطعات خرد شده به داخل دریا ریخته و در محیط جلوی سد ته‌نشست پیدا کرده‌اند. این ریزرخساره قابل مقایسه با ریزرخساره استاندارد RMF-13 فلوگل [۱۹] می‌باشد که معرف محیط دریای باز و انتهای رمپ داخلی است. حضور روزن داران کفزی بزرگ منفذدار (نومولیتیداها) به همراه خرده‌های مرجان حاکی از تشکیل این ریزرخساره در محیط دریای باز تحت شوری عادی با انرژی هیدرودینامیک متوسط است. این ریزرخساره در سازند آسماری برش تنگ سرخ توسط پژوهش ابطحی فروشانی و صبرفیان [۱] نیز گزارش شده است.

### گروه ریزرخساره‌ای B

#### MF5: ریزرخساره بایوکلاست گریستون

**توصیف:** بافت این رخصاره دانه پشتیبان و زمینه اسپارایتی می‌باشد. در آن ذرات ایتراکلاستی به مقدار کم و بایوکلاست‌هایی همچون قطعات نرم‌تان، فسیل نومولیت، بریوزوئرها، خارداران و جلبک قرمز، که توسط سیمانی دانه درشت و اسپاری به یکدیگر متصل گردیده‌اند، مشاهده می‌گردد. این آلوکم‌ها و بایوکلاست‌ها در بعضی مقاطع نازک به شدت میکرایتی شده‌اند. جورشدگی آلوکم‌ها متوسط می‌باشد (شکل ۷-ث).

**تفسیر:** وجود بافت گریستونی، ناچیز بودن گل آهکی و همچنین جورشدگی و گردشدگی نسبتاً خوب دانه‌ها مؤید تشکیل این ریزرخساره در یک محیط پر انرژی می‌باشد [۱۴،۳۰]. این ریزرخساره معادل RMF-27 فلوگل [۱۹] مربوط به پشته کربناته می‌باشد. مشابه این ریزرخساره در پژوهش امامی میدی و همکاران [۴] در سازند آسماری برش تاقدیس چناره استان لرستان گزارش شد.

#### MF6: ریزرخساره نومولیت گریستون

**توصیف:** بافت این ریزرخساره بین گل پشتیبان تا عموماً دانه پشتیبان می‌باشد. اجزای آلوکم‌ها توسط سیمان اسپارایتی به هم متصل هستند. اجزای اصلی این ریزرخساره روزان داران بدون منفذ مانند می‌لی‌ولی‌دا می‌باشد. روزن داران هیالین مانند نومولیت و قطعات اکینودرم نیز در این ریزرخساره مشاهده می‌شوند (شکل ۷-ج).

**تفسیر:** افزایش روزنداران تیره و کاهش روزنداران با پوسته هیالین حاکی از تغیری محیط رسوبی از رمپ میانی به رمپ داخلی می‌باشد. فراوانی آلوکم‌ها، مقدار کم گل آهکی و فراوانی سیمان در این ریزرخساره‌ها، انرژی بالای محیط را نشان می‌دهد [۱۴،۳۰]. در این ریزرخساره‌ها، میکرایت از فضای بین اجزاء شسته شده و سیمان اسپارایتی جایگزین آن گردیده است که این نشان دهنده یک محیط پر انرژی است [۱۷]. حضور ایتراکلاست‌ها در زمینه اسپارایتی را نیز می‌توان به محیط‌های پر انرژی نسبت داد [۲۲،۳۳]. با توجه به وجود روزنداران تیره و روشن در زمینه‌ای اسپارایتی این ریزرخساره مربوط به قسمت جلوی سد کربناته به سمت رمپ میانی می‌باشد. این ریزرخساره معادل RMF-27 فلوگل [۱۹] و متعلق به رمپ داخلی و پشته کربناته است.

### گروه ریزرخساره‌ای C

#### MF7: ریزرخساره میلیولیدا پکستون

**توصیف:** بافت این ری‌زرخساره دانه پشتیبان بوده و میزان گل و ماتریکس کم می‌باشد این ری‌زرخساره دارای روزن‌داران کفزی به مقدار فراوان شامل انواع میلیولیدها می‌باشد. خرده‌های اکیئوئید و دوکفه‌ای به میزان کم در برخی موارد حضور دارند (شکل ۷-چ).

**تفسیر:** فراوانی میلیولیدها و همچنین کاهش تنوع فرامینیفراهای بدون منفذ، بیانگر افزایش شوری آب در محیط می‌باشد. تعداد زیاد میلیولیدها نشان دهنده‌ی محیط لاگون با شدت نور بالا، عمق کم آب، شوری زیاد محیط و مقدار مواد غذایی فراوان می‌باشد [۲۲،۲۴]. با توجه به عدم حضور روزن‌داران با دیواره روشن نشان دهنده‌ی عدم ارتباط این محیط با آب‌های دریای آزاد می‌باشد. حضور می‌لی‌ولی‌دا در زمینه گلی مؤید زیر محیط لاگون است و این ری‌زرخساره معادل ری‌زرخساره استاندارد RMF-16 فلوگل [۱۹] می‌باشد.

#### **MF8: ری‌زرخساره پلوئید بایوکلست و کستون / پکستون**

**توصیف:** این ری‌زرخساره از سنگ آهک با بافت پکستون، گاهی و کستون تشکیل شده است و دارای قطعات فسیلی متعددی از جمله میلیولید، مقدار کمی جلبک، و قطعات دوکفه‌ای می‌باشد که در یک زمینه‌ای از میکرایت قرار گرفته‌اند. دانه‌های پلوئید در این ری‌زرخساره فراوان بوده و مقدار آن‌ها حدود ۲۵ درصد می‌باشد (شکل ۷-ح).

**تفسیر:** ویژگی مهم این رخساره وجود گل آهکی و اسپارایت در بین دانه‌های اصلی و وجود بایوکلست‌هایی از قبیل میلیولیدا و اکیئودرم است. این ری‌زرخساره به دلیل وجود پلوئید به همراه روزن‌داران کفی زی نظیر میلیولیدا و زمینه گل آهکی نشان دهنده شرایط رسوبی لاگون می‌باشد [۳۹]. این ری‌زرخساره معادل ری‌زرخساره استاندارد RMF-20 فلوگل [۱۹] می‌باشد.

#### **MF9: ری‌زرخساره بایوکلست و کستون / پکستون**

**توصیف:** این رخساره دارای بافت و کستون تا پکستون و فرامینیفراهای بنتیک از جمله میلیولیدا می‌باشد. اجزای فرعی نیز شامل: خرده‌های دو کفه‌ای، جلبک، اکیئوئید و بایوکلست‌هایی می‌باشد که به شدت می‌کرایتی شده و غیرقابل تشخیص هستند.

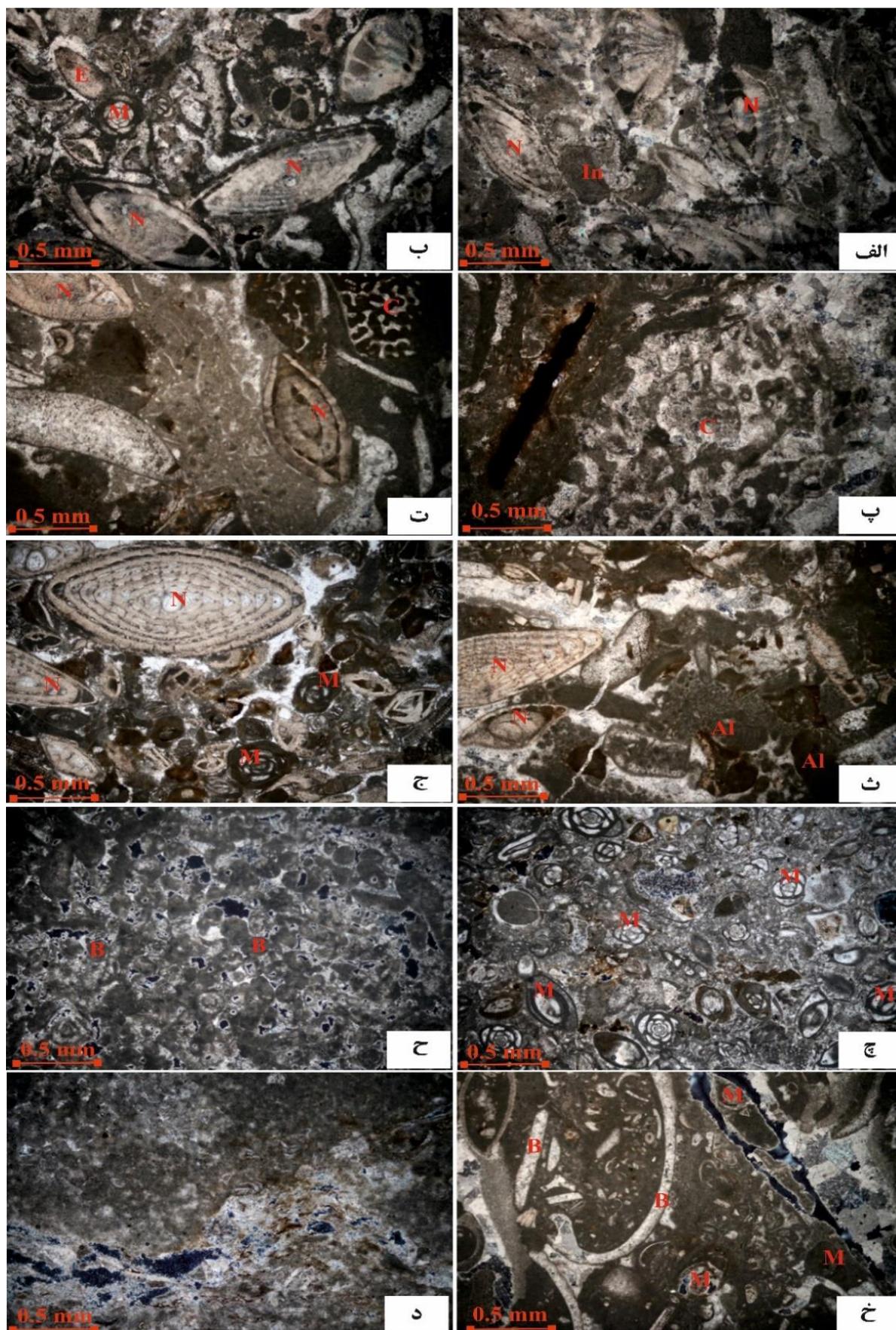
**تفسیر:** وجود زمینه‌ای می‌کرایتی حاکی از انرژی کم محیط می‌باشد [۲۳،۳۶]. وجود روزن‌داران بنتیک مانند میلیولیدا در زمینه میکرایتی مؤید محیط رسوبی با چرخش محدود آب همچون لاگون هستند [۱۴]. این ری‌زرخساره معادل ری‌زرخساره استاندارد RMF-20 فلوگل [۱۹] است.

#### **گروه ری‌زرخساره‌ای D**

#### **MF10: ری‌زرخساره مادستون**

**توصیف:** این ری‌زرخساره به صورت لایه‌های آهکی بارنگ خاکستری تیره، با ستبرای مجموع نازک تا متوسط لایه در توالی چینه‌شناسی برش کوه خمیر مشاهده گردیده، که دارای حفرات چشم پرنده‌ای متعددی می‌باشد. آلوکم‌های اسکلتی مشاهده شده در این ری‌زرخساره میکرو سکویی شامل مقدار کمی (کمتر از ۵ درصد) از فسیل میلیولیدا می‌باشد که در زمینه‌ای از گل آهکی شناور هستند و عموماً می‌کرایتی شده‌اند (شکل ۷-د).

**تفسیر:** ساختارهای چشم پرنده‌ای عمدتاً حاصل شکل‌گیری حباب‌های گاز به علت تجزیه ارگانیکی و فرار هوا در طی غرق شدن رسوبات هستند [۱۲] عدم وجود اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی و وجود فابریک چشم پرنده‌ای، شکل‌گیری این ری‌زرخساره را در پهنه جزر و مدی تقویت می‌نماید [۱۲]. مشابه این ری‌زرخساره توسط دهقان زاده و همکاران [۶] برای سازند آسماری در برش کوه آسماری و گورپی گزارش گردید. این ری‌زرخساره معادل ری‌زرخساره استاندارد RMF-22 فلوگل [۱۹] است.



شکل ۷. الف: ریزرخساره ایتراکلیست بایوکلست پکستون (N نومولیت In ایتراکلیست) ب: ریزرخساره بیوکلست پکستون (N نومولیت M میلیولیدا E اکتینودرم) پ: ریزرخساره کورال بانداستون (C مرجان) ت: ریزرخساره کورال نومولیت پکستون (C مرجان N نومولیت) ث: میلیولیدا E اکتینودرم) پ: ریزرخساره کورال بانداستون (C مرجان) ت: ریزرخساره کورال نومولیت پکستون (C مرجان N نومولیت) ث:

ریزرخساره بیوکست گریستون (Al جلبک N نومولیت) ج: ریزرخساره نومولیت گریستون (N نومولیت M میلیولیدا) ج: ریزرخساره میلیولیدا پکستون (M میلیولیدا) ح: ریزرخساره بیوکست وکستون/پکستون ریزرخساره (B قطعات بیوکستی میکرایتی شده که غیر قابل تشخیص می باشند) خ: پلوتید بیوکست وکستون/پکستون (M میلیولیدا B قطعات صدف دوکفه ای) د: مادستون.

#### ۴-۲-۱. رخساره مارنی

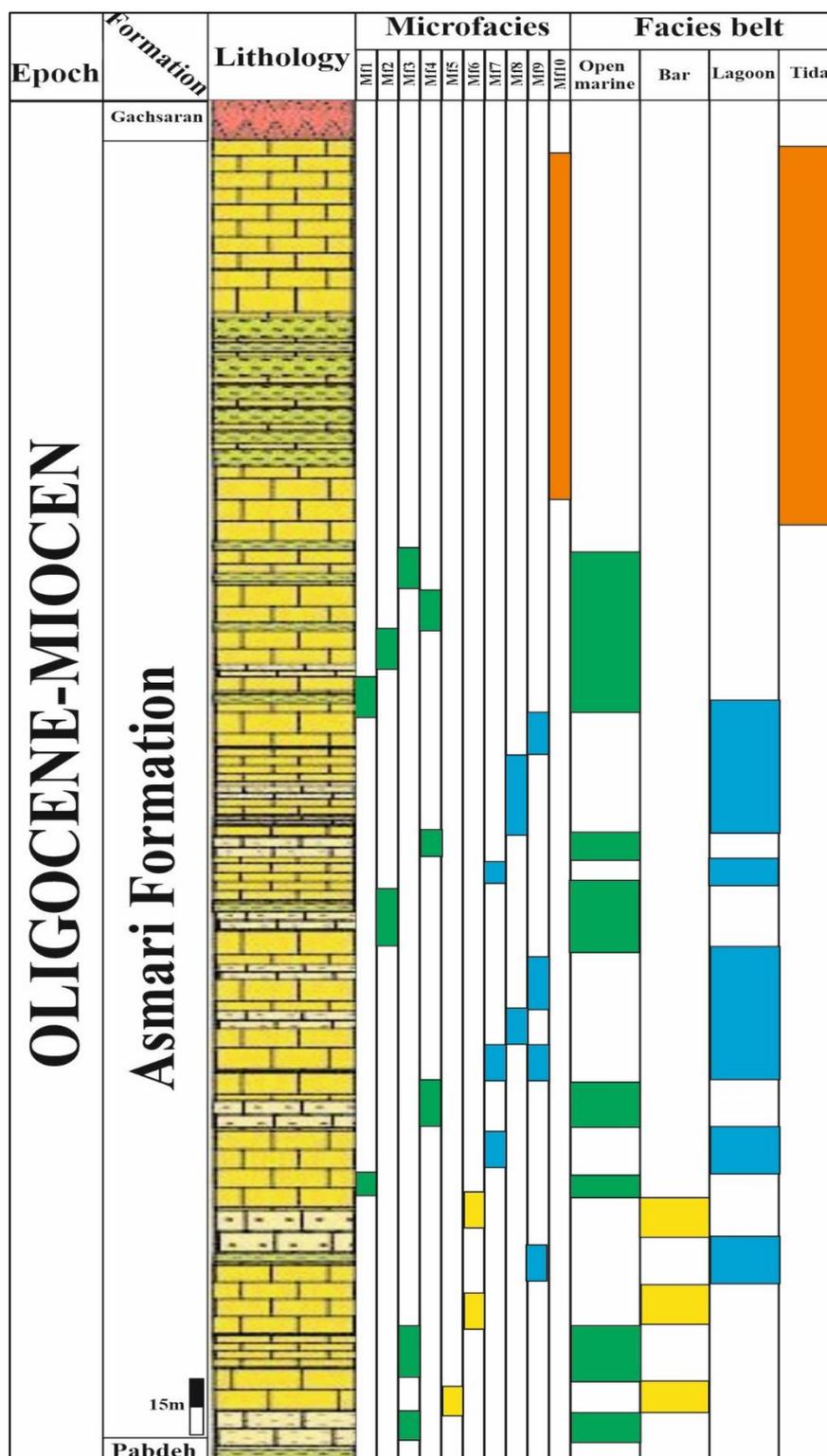
بررسی رخساره مارنی عموماً توسط مطالعات ژئوشیمیایی صورت می گیرد. نتایج اکسیدهای اصلی ۳ نمونه مارن بخش تحتانی، میانی و بالایی توالی سازند آسماری در جدول ۱ ارائه شده است. اکسید سیلیسیم، کربناته و بعد از آن اکسیدهای آلومینیوم و آهن بیشترین مقدار را در بین اکسیدهای اصلی دارا می باشند. میزان آلومینیوم  $Al_2O_3$ ،  $TiO_2$  و  $K_2O$  بالا در مارن ها ممکن است به دلیل وجود ایلیت و مسکوویت باشد [۲۱، ۳۵]. وجود سیلیس در نمونه های مارنی بیانگر فراوانی دانه های کوآرتز و کانی های رسی در نهشته های ریزدانه می باشند [۲۶]. وجود اکسید کربنات نیز در ارتباط مستقیم با کانی کلسیت و فوور آن در نهشته های مورد مطالعه می باشد. غلظت اکسید منیزیوم (MgO) در ارتباط با وجود کانی دولومیت می باشد و از سوی دیگر، کانی های رسی اسمکتیت، کلریت و ورمیکولیت دارای منیزیم در ساختار خود می باشند [۲۱].

جدول ۱- مقدار اکسیدهای نمونه های مارن سازند آغاجاری

نمونه	L.O.I	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
A1	۲۱/۷۵	۳۱/۳۶	۸/۱۱	۵/۲۰	۰/۵۱	۱۷/۳۳	۶/۴۴	۵/۷۵	۲/۳۸	۰/۷۲	۱	۰/۰۹
A2	۲۳/۶۲	۲۹/۴۱	۶/۷۵	۴/۳۲	۰/۲۱	۲۳/۴۳	۶/۶۴	۴/۳۶	۱/۶۸	۰/۳۵	۰/۹۸	۰/۰۹
A3	۲۷/۳۴	۳۰/۱۰	۸/۲۱	۳/۶۶	۰/۰۵	۲۰/۵۱	۵/۸۲	۲/۴۲	۱/۰۲	۰/۲۱	۱/۱۳	۰/۰۸
میانگین	۲۴/۲۴	۳۰/۲۹	۷/۸۸	۴/۳۹	۰/۲۶	۲۰/۳۹	۶/۳	۴/۱۸	۱/۷	۰/۴۳	۱/۰۴	۰/۰۸۶

#### ۴-۳. تفسیر شرایط ته نشینی

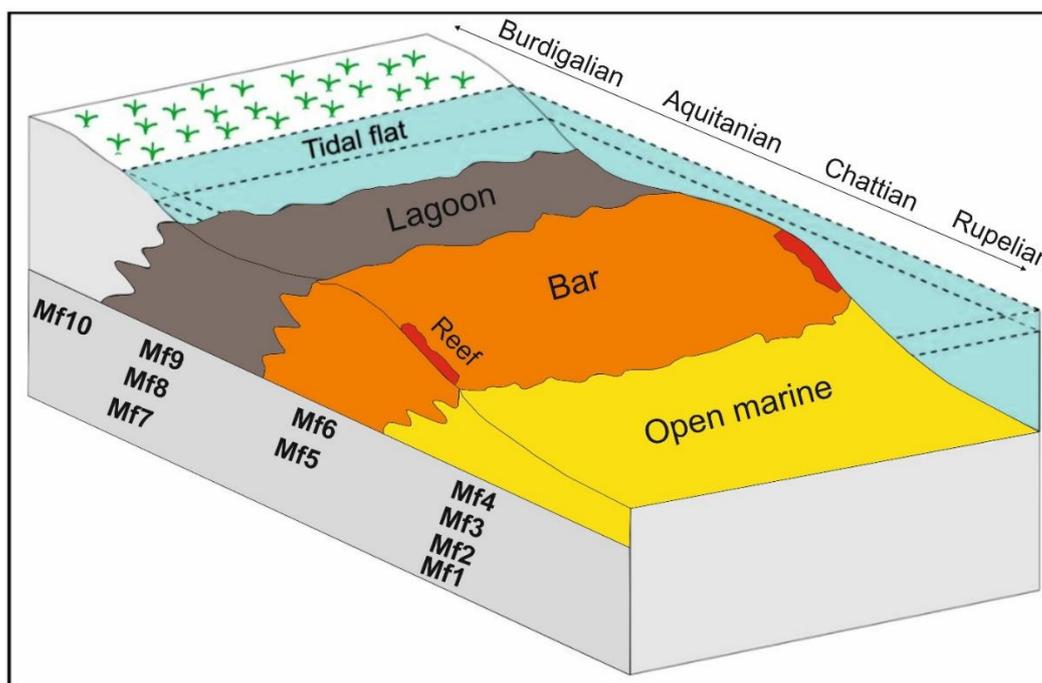
ریزرخساره های سازند آسماری در برش کوه نمکی خمیر، در ۴ گروه A تا D معرفی گردیدند. گروه ریزرخساره های A که شامل ۴ ریزرخساره می باشد در صحرا به صورت آهک نازک تا ضخیم لایه همراه با میان لایه هایی از مارن های سبز رنگ و داشتن آلومک های چون نومولیت هایی با اندازه بزرگ، اینتراکست، پوسته های دوکفه ای، مرجان های منفرد، اکتینودرم ها و بریوزنوا می باشد که در زمینه ای از میکرایت قرار دارند. از دیگر ویژگی های این گروه می توان به عدم وجود دانه های آواری در ریزرخساره ها، تنوع زیاد بایوکست ها و دارا بودن مقدار کمی از فسیل های پلاژیک، در ریزرخساره ها اشاره کرد. در ریزرخساره های مورد مطالعه زمینه از نوع میکرایت می باشد وجود گل آهکی به شکل میکرایت نشان دهنده رسوب گذاری در شرایط آرام محیط رسوبی می باشد [۴۲، ۱۹، ۳۰].



شکل ۸- موقعیت ری زرخساره‌ها و کمربندهای رخساره‌ای بر روی ستون سنگ چینه‌نگاری سازند آسماری در برش نمکی کوه خمیر پوسته‌های بزرگ و مسطح روزن‌داران برای زندگی در محیط‌های پارانرژی مناسب نیستند زیرا که آشفستگی کم آب نیز سبب شناور شدن آن‌ها می‌شوند. با توجه به حضور فون‌ها با دیواره‌ی هیالین و اندازه درشت آن‌ها محیط تشکیل این ریزرخساره دریای باز با شوری نرمال دریایی و شدت نور بالا می‌باشد. در این گروه دو رخساره دارای محتوای مرجان نیز گزارش شده است که با توجه به تناوب این ریزرخساره‌ها با رخساره‌های همراه، محیط تشکیل آن به انتهایی‌ترین بخش رو به دریای باز رمپ داخلی در حاشیه پلاتفرم، بالای سطح اساس امواج عادی است که معرف محیط دریای باز و انتهایی رمپ داخلی است،

مربوط می‌باشد. ریزرخساره‌های مرجانی توالی آسماری در این برش ریف‌های منفرد هستند که در محیط‌های دریای باز عموماً جلوی پشته‌ها که انرژی و نور کافی در اختیار دارند، گسترش یافته‌اند [۱۴،۲۵]. گروه رخساره‌ای B شامل ۲ ریزرخساره می‌باشد. از جمله ویژگی‌های مهم این گروه ریزرخساره‌ای، فراوانی آلوکم‌ها و شناوری در سیمان اسپارایتی می‌باشد. آلوکم‌های موجود در این ریزرخساره‌ها شامل: انواع نومولیت، اینتراکلیست، بریوزوآ، پوسته و خار اکینودرم و فرامینفرها می‌باشد که در یک زمینه‌ای از سیمان اسپاری قرار دارند. فراوانی آلوکم‌ها، مقدار کم گل آهکی و فراوانی سیمان در این ریزرخساره‌ها، انرژی بالای محیط را نشان می‌دهد [۲۲، ۲۵، ۳۹]. در این ریزرخساره‌ها، میکرایت از فضای بین اجزاء شسته شده و سیمان اسپارایتی جایگزین آن گردیده است که این نشان دهنده یک محیط پرنرژی است [۲۳]. بنابراین تمام ویژگی‌های ذکر شده موید نهشت این گروه ریزرخساره‌ای در یک محیط سد کربناته می‌باشد. گروه رخساره‌ای C نیز شامل ۳ ریزرخساره می‌باشد. از جمله ویژگی‌های مهم این گروه ریزرخساره‌ای، دیده شدن بصورت نازک تا ضخیم لایه و داشتن آلوکم‌هایی چون میلیولید، پلوئید، نومولیت، اینتراکلیست، استراکودها، فرامینفرهای بتتیک، گاستروپودها، جلبک‌ها، پوسته‌های دوکفه‌ای و اکینودرم‌ها می‌باشد که در یک زمینه‌ای از میکرایت قرار دارند. وجود گل آهکی به شکل میکرایت نشان دهنده رسوب‌گذاری در شرایط آرام و سطح انرژی در حد پایین تا متوسط می‌باشد [۱۹، ۲۳]. فراوانی پلوئیدها می‌تواند نشانگر محیطی آرام برای زیست موجوداتی همچون میلیولید باشد [۲۲، ۲۹]. میلیولیدها در انواع محیط‌های آبی کم عمق از نیمه شور تا خیلی شور قادر به زندگی می‌باشند. با مقایسه ویژگی‌های اشاره شده با محیط‌های کربناته عهد حاضر به ویژه رخساره‌های مربوط به محیط کم عمق سواحل جنوبی خلیج فارس که توسط تاکر و رایت [۴۲] گزارش شده، مشخص می‌گردد که شباهت زیادی بین ویژگی‌های این ریزرخساره‌ها با ریزرخساره‌های کم عمق خلیج فارس وجود دارد. این ریزرخساره‌ها معادل کمربند رخساره‌ای لاگون می‌باشند. آخرین گروه ریزرخساره‌ای که شامل تنها یک ریزرخساره است گروه رخساره‌ای D می‌باشد. از جمله ویژگی‌های مهم این گروه ریزرخساره‌ای، زمینه‌ی میکرایتی، وجود دولومیت‌های ریزبلور در بعضی مقاطع، فقدان بایوکلست‌ها و فابریک چشم پرنده‌ای، می‌باشد. فراوانی گل آهکی فقیر از بایوکلست نشان دهنده ته‌نشست در قسمت‌های بالایی محیط جزر و مدی است [۲۴، ۳۰، ۴۴]. نبود فسیل در این ریزرخساره‌ها، از چرخش محدود آب، شوری بالا و نبود شرایط مناسب برای زیست موجودات دریایی حکایت می‌کند [۲۷، ۳۰]. مشابه این ریزرخساره‌ها در محیط‌های کربناته عهد حاضر، پهنه جزر و مدی سواحل جنوبی خلیج فارس است که در آن اینتراکلیست‌ها به همراه گل‌های آهکی گسترش دارند [۴۲]. نهشته‌های مارنی سازند آسماری در برش کوه خمیر عمدتاً به صورت توده‌ای بوده و دارای بافت یکنواخت می‌باشند. این نهشته‌ها در روی زمین با رنگ سبز تیره در تناوب با رخساره‌های آهکی در قسمت‌های مختلف برش مورد مطالعه رخنمون دارند. تناوب لایه‌های مارن، و میان لایه‌های آهکی مربوط به پیشروی سطح آب دریا بوده است [۱۶، ۳۱]. تناوب مارن و آهک در بیشتر موارد نشان دهنده نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی می‌باشد [۲۹، ۴۵]. رنگ سبز موجود در مارن‌ها، نشان دهنده ته‌نشست آن‌ها در یک محیط احیایی می‌باشد که در زیر خط تاثیر امواج قرار دارد [۱۵، ۴۱]. بنابراین با توجه به شواهد موجود از جمله ترکیب اکسیدهای این مارن‌ها، رنگ سبز تیره و در تناوب بودن این رخساره با گروه ریزرخساره‌های دریای باز، می‌توان نتیجه گرفت که این رخساره در یک محیطی از نوع دریای باز نهشته شده است. همچنین مقایسه‌ی داده‌های ژئوشیمیایی این رخساره، با یافته‌های آدابی و همکاران [۳] [پیرامون سازند آسماری، تاکید می‌باشد بر رسوب‌گذاری رخساره مارنی در یک محیط رسوبی از نوع دریای باز. ستون ریزرخساره‌ای سازند آسماری در شکل ۸ ارائه شده است. قسمت زیادی از توالی سنگ چینه‌ای سازند آسماری مربوط به کمربند رخساره‌ای دریای باز می‌باشند و حاکی از عمیق بودن حوضه در این برش دارد. رضایی و نژاد [۳۴] در پژوهشی

اذهان نمودند که فعالیت‌های گنبد نمکی کوه خمیر سبب عمیق شدن حوضه رسوبی افزایش ضخامت توالی عمیق سازند آسماری در این برش نسبت به برش‌های جنوب غرب زاگرس شده است. در نهایت به نظر می‌رسد با توجه به شواهد صحرایی و ریزرخساره‌های شناسایی شده در برش چینه شناسی مورد مطالعه و با توجه به نبود وجود روندهای ریفي پیوسته، نمی‌توان محیط رسوبگذاری رسوبات مورد مطالعه را به پلتفرم کربناته نوع حاشیه‌دار نسبت داد. وجود شواهدی نظیر فراوانی روزن‌داران بنتیک بدون منفذ با پوسته پورسلانوز در بافتی از وکستون تا پکستون، جلبکهای قرمز و بافت گل پشتیان، محیط رسوبی نهشته‌های سازند آسماری در برش چینه شناسی کوه خمیر را در یک رمپ کربناته با شیب یکنواخت شامل زیر محیط‌های رمپ داخلی، رمپ میانی و رمپ خارجی نشان می‌دهد. مدل رسوبی پیشنهادی در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۹- مدل رسوبی رمپ کربناته تک شیب سازند آسماری برش کوه نمکی خمیر

بخش ابتدایی توالی سازند آسماری عموماً نهشته‌های دریای باز، بخش میانی نهشته‌های لاگون و پشته کربناته بوده و بخش انتهایی توالی ریزرخساره پهنه جزر و مدی نهشته شده است. به نظر می‌رسد، در طی اوایل الیگوسن و اشکوب روپلین<sup>۱۱</sup> در منطقه شرایط رمپ خارجی حاکم بوده است به گونه‌ای که نهشته‌های سازند پاینده و قسمت کمی از نهشته‌های سازند آسماری تحت این شرایط نهشته شده‌اند و در ادامه در اواخر الیگوسن و اشکوب چاتین<sup>۱۲</sup> شرایط رمپ میانی و رمپ داخلی در منطقه حاکم بوده است که نهشته‌های سازند آسماری تحت این شرایط بر جای گذاشته شده‌اند. در اوایل میوسن و اشکوب اکتانین<sup>۱۳</sup> - بوردیگالین<sup>۱۴</sup> با خارج شدن دائمی این رمپ کربناته از آب چرخه آسماری به پایان می‌رسد و رسوب‌گذاری نهشته‌های تبخیری سازند گچساران آغاز می‌شود. مشابه این شرایط برای سازند آسماری در پژوهش‌های رجبی و همکاران [۷] در یال جنوبی تاق‌دیس میش و منجزی و سعیدی رضوی [۱۱] در میدان نفتی گچساران گزارش شده است.

<sup>11</sup> Rupelian

<sup>12</sup> Chattian

<sup>13</sup> Aquitanian

<sup>14</sup> Burdigalian

## ۵- نتیجه گیری

مطالعه‌ی سنگ چینه نگاری سازند آسماری در برش کوه خمیر، نشان می‌دهد، که این سازند عمدتاً آهک‌های نازک لایه تا ضخیم لایه همراه با میان لایه‌های آهک مارنی و مارن می‌باشد. مطالعه صحرایی منجر به شناسایی دو رخساره آهکی و مارنی گردید. بررسی‌های پتروگرافی منجر به شناسایی ۱۰ ریزرخساره گردید که در زیر محیط‌های پهنه جزر و مدی، لاگون، سد و دریای باز نهشته شده‌اند. توالی رخساره‌ها موید تشکیل آن‌ها در یک محیط پلتفرم کربناته از نوع رمپ تک شیب است. به نظر می‌رسد از نقطه نظر رسوبی، سازند آسماری در برش کوه خمیر یک محیط رسوبی باریک، کشیده با آبی کم عمق که بسیار شبیه خلیج فارس امروزی بوده، نهشته شده است. بر مبنای فسیل‌ها و ریزرخساره‌های شناسایی شده در طی اوایل الیگوسن و اشکوب روپلین در منطقه شرایط رمپ خارجی حاکم بوده است به گونه‌ای که نهشته‌های سازند پابده و قسمت کمی از نهشته‌های سازند آسماری تحت این شرایط نهشته شده‌اند. فعالیت گنبد نمکی خمیر سبب افزایش ضخامت این نهشته‌های عمیق شده است. در ادامه در اواخر الیگوسن و اشکوب چاتین شرایط رمپ میانی و رمپ داخلی در منطقه حاکم بوده است که نهشته‌های سازند آسماری تحت این شرایط بر جای گذاشته شده‌اند. در اوایل میوسن و اشکوب اکتانین و بوردیگالین با خارج شدن دائمی این رمپ کربناته از آب چرخه آسماری به پایان می‌رسد و رسوب‌گذاری نهشته‌های تبخیری سازند گچساران آغاز می‌شود. در نهایت می‌توان گفت که محیط رسوب‌گذاری سازند آسماری در برش کوه خمیر یک رمپ کربناته است که در طول زمان از رمپ خارجی تا رمپ داخلی متغیر بوده، به گونه‌ای که در زمان اکتانین این سازند در فاصله نزدیک‌تری به خط ساحل و در زمان روپلین و چاتین-بوردیگالین در فاصله دورتری نسبت به خط ساحل قرار داشته است.

## سپاس و قدردانی

از داوران مقاله جناب آقای دکتر افشین زهدی (دانشیار دانشگاه زنجان) و خانم دکتر الهه ستاری (مدیر داخلی مجله زمین شناسی نفت ایران) تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

- [۱] ابطحی فروشانی، ز. صیرفیان، ع. ۱۳۹۳. ریزرخساره‌ها چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در برش تنگ سرخ، جنوب شرقی یاسوج، نشریه رخساره‌های رسوبی، دوره ۷، شماره ۱، ص ۱-۱۸.
- [۲] احمدی، ص. صیرفیان، ع. وزیری مقدم، ح. ۱۳۹۹. زیست چینه نگاری و ریزرخساره‌های سازند آسماری در یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)، نشریه علمی پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال دهم، شماره ۱۹، ص ۶۹-۹۱.
- [۳] آدابی، م، جعفرزاده، م، ۱۳۸۷. گسترش و منشا افقهای ماسه سنگی سازند آسماری در زون ایزه، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۳۷-۴۴.
- [۴] امامی میدی، م. مغفوری مقدم، ا. صداقت نیا، م. برمالم، ا. ۱۴۰۱. ریزرخساره‌ها محیط رسوبی و توالی‌های دیاژنزی سنگ‌های کربناته سازند آسماری (تاقدیس چناره، جنوب لرستان)، نشریه رسوب شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۲۰، ص ۷۳-۹۱.
- [۵] براری، م. صیرفیان، ع. وزیری مقدم، ح. ۱۳۹۶. زیست چینه نگاری و ریزرخساره‌های سازند آسماری در تاقدیس لار (شمال خاوری گچساران): تطابق زیست چینه‌ای، سال ششم، شماره ۱۴، ص ۴۹-۷۳.
- [۶] دهقان زاده، م. آدابی، م. موسوی، م. صادقی، ع. اورجانی، ش. ۱۳۹۵. محیط رسوب‌گذاری و چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در برش‌های سطحی کوه آسماری و کوه گورپی، نشریه پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال ۳۲، شماره ۶۲، ص ۱-۲۴.

- [۷] رجبی، م. سنماری، س. پروانه نژاد شیرازی، م. بهرام منش تهرانی، م. ۱۴۰۰. زیست چینه نگاری، ریزرخساره ها و دیرینه بوم شناسی سازند آسماری در برش مخملکوه، ناحیه لرستان، باختر ایران، نشریه رسوب شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۷، ص ۲۰۴-۲۱۹.
- [۸] سنماری، س.، ده بزرگی، ا. ۱۴۰۱. چینه نگاری زیستی نهشته های دریایی بخش فوقانی سازند پابده - بخش تحتانی سازند آسماری در برش نره (پهنه فارس، تیس شرقی)، نشریه اقیانوس شناسی، جلد ۱۳، شماره ۴۹، ص ۳۹-۴۷.
- [۹] فخاری، ح. ۱۳۷۴، نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰۰/بندر عباس، شرکت ملی نفت ایران، ۱ ص.
- [۱۰] مدرس، ف. ۱۳۹۶. زیست چینه نگاری و چینه نگاری سکانشی سازند آسماری در جنوب باختر بندرعباس (برش کوه خمیر)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه ارومیه، ۹۰ ص.
- [۱۱] منجری، ن. سعیدی رضوی، ب. ۱۳۹۹. زیست چینه نگاری سازند آسماری در میدان نفتی گچساران، جنوب غرب ایران، نشریه رخصاره های رسوبی، دوره ۱۳، شماره ۲، ص ۲۳۹-۲۵۱.

[12] ABDOLAH, A., BAHREHVAR, M., CHEHRAZI, A., KADKHODAIE, A., and WOOD, D. A. 2023. Integration of geoscience data to delineate quality of the Asmari reservoir, Iranian part of the Persian Gulf basin. *Marine and Petroleum Geology*, **152**, 106229.

[13] ABDULLAH, H., COLLIER, R., and MOUNTNEY, N. 2021. Variations in carbonate-evaporite shoreline and ramp facies trends: Middle Miocene Fatha Formation, Kurdistan Region, NE Iraq. *Journal of African Earth Sciences*, **184**, 104351.

[14] ABYAT, Y., ABYAT, A., and ABYAT, A. 2019. Microfacies and depositional environment of Asmari formation in the Zeloi oil field, Zagros basin, south-west Iran. *Carbonates and Evaporites*, **34**, 1583-1593.

[15] AMES, C. J., CORDOVA, C. E., BOYD, K., SCHMIDT, C., DEGERING, D., KALBE, J., ... and NOWELL, A. 2022. Middle to Late Quaternary palaeolandscapes of the central Azraq Basin, Jordan: Deciphering discontinuous records of human-environment dynamics at the arid margin of the Levant. *Quaternary International*, **635**, 31-52.

[16] BERRA, F., RANDAZZO, V., ZANCHI, A., PETRIZZO, M. R., SCHLAGINTWEIT, F., ZANCHETTA, S., and JAVADI, H. R. 2023. Mode and timing of the Early Cretaceous transgression in Iran: insights from the stratigraphic evidence of sea-level changes and geodynamic events. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105736.

[17] BILAL, A., YANG, R., JANJUHAH, H. T., MUGHAL, M. S., LI, Y., KONTAKIOTIS, G., and LENHARDT, N. 2023. Microfacies analysis of the Palaeocene Lockhart limestone on the eastern margin of the Upper Indus Basin (Pakistan): Implications for the depositional environment and reservoir characteristics. *The Depositional Record*, **9**(1), 152-173.

[18] DUNHAM, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Classification of Carbonate Rocks, Ham, W.E. (Ed.). Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1, pp: 108-121.

[19] FLUGEL, E., 2010. Microfacies Analysis of Limestones. Springer-Verlag, Berlin, ISBN: 9780387112695, pp: 633.

[20] GHORBANI, M. 2019. Lithostratigraphy of Iran (p. 296). Cham: Springer.

[21] HAKIMI, M. H., GHARIB, A. F., ALQUDAH, M., AHMED, A., HATEM, B. A., MUSTAPHA, K. A., ... and ALQUBALEE, A. M. 2022. Geochemistry and organofacies characteristics of organic-rich chalky marl deposits, northern Jordan: Insights into Type II-S source rock. *Journal of Asian Earth Sciences*, **225**, 105040.

[22] JOOYBARI, A., and REZAIE, P. 2017. Petrophysical evaluation of the Sarvak formation based on well logs in Dezful Embayment, Zagros Fold Zone, south west of Iran. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, **7**(1), 1358-1362.

- [23] KAMALIFAR, F., ALEALI, M., AHAMADI, V., and MIRZAIEE, A. 2020. Facies distribution, paleoenvironment and sequence stratigraphy model of the Oligo-Miocene Asmari Formation (Fars Province, south of Iran). *Turkish Journal of Earth Sciences*, **29**(4), 664-683.
- [24] KARAMI, S., AHMADI, V., SAROOE, H., and BAHRAMI, M. 2020. Facies analysis and depositional environment of the Oligocene–Miocene Asmari Formation, in Interior Fars (Zagros Basin, Iran). *Carbonates and Evaporites*, **35**, 1-11.
- [25] KHALILI, A., VAZIRI-MOGHADDAM, H., ARIAN, M., and SEYRAFIAN, A. 2021. Carbonate platform evolution of the Asmari Formation in the east of Dezful Embayment, Zagros Basin, SW Iran. *Journal of African Earth Sciences*, **181**, 104229.
- [26] LI, J., CAI, Z., CHEN, H., CONG, F., WANG, L., WEI, Q., and LUO, Y. 2018. Influence of differential diagenesis on primary depositional signals in limestone-marl alternations: an example from Middle Permian marine successions, South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **495**, 139-151.
- [27] MAHMOODABADI, R. M., and ZAHIRI, S. 2023. Formation evaluation and rock type classification of Asmari Formation based on petrophysical-petrographic data: A case study in one of super fields in Iran southwest. *Petroleum*, **9**(2), 143-165.
- [28] MOHSIN, S. A., MOHAMMED, A. H., and ALNAJIM, F. M. 2023. Facies Architecture And Depositional Marine Systems of the Yamama Formation in Selected Wells, Southern Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 730-749.
- [29] PEYROTTY, G., UEDA, H., PEYBERNES, C., RETTORI, R., and MARTINI, R. 2020. Upper Triassic shallow–water carbonates from the Naizawa accretionary complex, Hokkaido (Japan): New insights from Panthalassa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **554**, 109832.
- [30] RAJABI, M., SENEMARI, S., and TEHRANI, M. B. 2023. Microfacies correlation, analysis and palaeoecological reconstruction of Rupelian–Aquitainian succession in the central part of Lorestan Province, Northwestern Iran. *Journal of the Palaeontological Society of India*, 05529360231181862.
- [31] RAJABI, M., SENEMARI, S., PARVANEH NEJAD SHIRAZI, M., and BAHRAMMANESH TEHRANI, M. 2021. Depositional environment and microfacies analysis: An example of the Asmari Formation in West Zagros Basin, Lorestan province (Iran). *Iranian Journal of Earth Sciences*, **13**(2), 94-114.
- [32] RAJABI, P. 2022. Biostratigraphy and Lithostratigraphy of Asmari Formation in The Chenareh Anticline and compare with Amiran Anticline Stratigraphical section in the Zagros Folded Belt, Lorestan, Iran. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, **32**(4), 177-192.
- [33] RAMZAN, M., ULLAH, A., and AHMAD, T. 2023. Sedimentological Attributes of the Middle Jurassic Samana Suk Formation Exposed in Village Rani-Wah Haripur, Southern Hazara Basin (NW Himalayan Fold and Thrust Belt, Pakistan). *Lithology and Mineral Resources*, **58**(5), 501-519.
- [34] REZAEI, P., and NEJAD, S. A. A. 2014. Depositional evolution and sediment facies pattern of the tertiary basin in southern Zagros, South Iran. *Asian Journal of Earth Sciences*, **7**(2), 27.
- [35] REZAEI, P., KHANEHBAD, M., EZATIFAR, M., JOOYBARI, S. A., and HOSSEINI, K. 2022. Facies analysis, sedimentation conditions and geochemistry of clastic deposits of Ashin formation (Late Ladinian-Early Carnian), Northeast of Nain, East of Central Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, **14**(3), 221-240.
- [36] SADEGHI, R., MOUSSAVI-HARAMI, R., KADKHODAIE, A., MAHBOUBI, A., and ASHTARI, A. 2021. Reservoir rock typing of the Asmari Formation using integrating geological and petrophysical data for unraveling the reservoir heterogeneity: a case study from the Ramshir oilfield, southwest Iran. *Carbonates and Evaporites*, **36**, 1-28.
- [37] SHERKATI, S., LETOUZEY, J. and FRIZON DE LAMOTTE, D., 2006. The Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation and sandbox modeling. *Tectonics*, **25**, 4.

- [38] SHERKATI, S., MOLINARO, M., FRIZON DE LAMOTTE, D. and LETOUZEY, J., 2005. Detachment folding in the Central and eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and final basement control. *J Struct. Geol.* **27**, 1680–1696.
- [39] SINGH, Y. R., DEVI, K. R., ABBOTT, M. B., SINGH, T. L., TONGBRAM, G., and SINGH, N. S. 2023. Petrography and stable isotope geochemistry of Middle Eocene Garampani limestone (Assam), India: implications for the depositional environment and diagenesis. *Carbonates and Evaporites*, **38**(2), 26.
- [40] TAHERI, M. R., VAZIRI-MOGADDAM, H., TAHERI, A., and GHABEISHAVI, A. 2017. Biostratigraphy and paleoecology of the oligo-miocene Asmari formation in the Izeh zone (Zagros Basin, SW Iran). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, **69**(1), 59-85.
- [41] TUCKER, M. E., 1991. *Sedimentary Petrology*, Blackwell Scientific Publication, 260 pp.
- [42] TUCKER, M.E., and WRIGHT, V.P., 1990. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science, Inc. 482 pp
- [43] VATANDOUST, M., and FARZIPOUR SAEIN, A. 2017. Prediction of open fractures in the Asmari Formation using geometrical analysis: Aghajari Anticline, Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, **40**(4), 413-426.
- [44] WARREN, J., 2000. Dolomite occurrences, evolution and economical important association, *Earth science Review*, Vol. 52, p.1-87
- [45] WEEDON, G. P., JENKYN, H. C., and PAGE, K. N. 2018. Combined sea-level and climate controls on limestone formation, hiatuses and ammonite preservation in the Blue Lias Formation, South Britain (uppermost Triassic–Lower Jurassic). *Geological Magazine*, **155**(5), 1117-1149.
- [46] WILSON, J.L., 1975. *Carbonate facies in geological history*. Springer, Berlin Heidelberg New York 471 pp.

# Stratigraphy, facies and depositional conditions of the Asmari Formation (Rupelian-Burdigalian) in the south-eastern folded Zagros, Bandarlengeh embayment (Khamir salt mountain section)

Payman Rezaee<sup>1\*</sup>, Seyedeh Akram Jooybari<sup>2</sup>, Abdullah Najafi<sup>3</sup>

- 1- Department of Geology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran
- 2- PhD in Sedimentology and sedimentary petrology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran
- 3- Master of Sedimentology and sedimentary petrology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran

\*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

Received: October 2023, Accepted: November 2023

## Abstract

Asmari Formation (Rupelian-Burdigalian) is one of the most well-known formations in Iran. In order to investigate the stratigraphy and sedimentary environment, a section of this formation was selected in Khamir salt mountain section in Bandarlengeh embayment. In this number, 70 limestone microscopic thin sections and 3 marl samples (XRF) were evaluated to identify the microfacies and the sedimentation conditions. The petrographic study led to the identification of 10 microfacies belonging to the facies belts of tidal, lagoon, carbonate bar, open marine, which were deposited in the homoclinal carbonate ramp environment. The composition of marl facies oxides also indicates the presence of carbonate minerals, quartz and clay minerals, which along with field observations and alternating calcareous facies suggest that this facies was deposited in an open marine environment. Finally, it seems that the facies and fossil diversity of the Asmari Formation in the mentioned section is such that during the Aquitanian stage, this formation was located closer to the coast line and during the Rupelian and Chattian-Burdigalian times, it was located at a further distance from the coast line.

**Keywords:** Asmari formation, sedimentary environment, Lithostratigraphy, Khamir salt mountain, Bandarlengeh embayment