

ریزرخساره ها و مدل رسوب گذاری سازند قم در ناحیه خورآباد (جنوب شرقی قم)

ابراهیم محمدی^{*}، حامد عامری^۱

۱-استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی
صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۴

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۰

چکیده

سازند قم در حوضه‌های شمال غربی-جنوب شرقی پیش کمان سنندج-سیرجان، درون کمانی ارومیه-دختر و پس کمانی ایران مرکزی نهشته شده است. نهشته‌های سازند قم در جنوب شرقی قم به منظور مطالعه ریزرخساره ها و شرایط حاکم بر رسوب گذاری آنها مورد مطالعه و نمونه برداری قرار گرفتند. سازند قم در ناحیه مورد مطالعه ۲۶۰ متر ضخامت داشته و از نظر سنگ شناسی عمدتاً شامل سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای، آهک‌های مارنی، مارن، نهشته‌های تبخیری و نهشته‌های آواری (کنگومرا، ماسه سنگ و سیلتستون) می‌باشد. این برش با ناپیوستگی آذرین پی بر روی سنگ‌های ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در انتها توسط سازند قرمز بالایی پوشیده شده است. با توجه به پراکندگی فرامینیفرها، سازند قم در ناحیه مورد مطالعه دارای سن روپلین-بوردیگالین می‌باشد. مطالعات میکروسکوپی و شواهد صحرایی منجر به شناسایی ۱۱ ریزرخساره (۸ ریزرخساره کربناته و ۳ رخصساره تبخیری، تخریبی و مارنی) در برش خورآباد گردید. براساس ریزرخساره های شناسایی شده و شواهد صحرایی، نهشته‌های سازند قم در برش خورآباد بر روی یک رمپ کربناته نهشته شده است. رمپ مذکور بطور کلی قابل تقسیم به دو بخش رمپ داخلی (لاگون) و رمپ میانی (دریای باز) می‌باشد و نهشته‌های رمپ خارجی که با حضور روزندان پلانکتون یا ارگانسیم‌های مستقل از نور همچون بریوزوثرها و عدم حضور فرمینیفرهای بنتیک همزیست دار مشخص می‌گردد، در برش مورد مطالعه مشاهده نشده است.

واژه‌های کلیدی: سازند قم، الیگو-میوسن، رمپ، مدل رسوبی.

مقدمه

بررسی ریزرخساره ها کمک شایانی به بازسازی شرایط حاکم بر رسوب گذاری واحدهای رسوبی می نماید. چنین مطالعاتی برای سازند قم که در حوضه های مجزای پیش کمان سنندج-سیرجان، درون کمانی ارومیه-دختر و پس کمانی ایران مرکزی نهشته شده (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵؛ محمدی و عامری، ۲۰۱۵)، از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ چرا که به دلیل رسوب گذاری این سازند در حوضه های مجزا و بین کوهستانی نمی توان مدل رسوبی واحدی را برای رسوب گذاری این سازند (در کل گستره آن) در نظر گرفت. با این حال، با مطالعه برش های مختلف این سازند، پی بردن به تغییرات رخساره ای و مدل رسوب گذاری این سازند و همچنین روند های احتمالی حاکم بر آنها، در نواحی مختلف امکان پذیر می گردد. با وجود اینکه مطالعات بر روی سازند قم از حدود ۱۶۰ سال پیش (لوفتوس، ۱۸۵۵) آغاز شده است، ولی مطالعات بر روی ریزرخساره ها و محیط (های) رسوبی این سازند عمدتاً محدود به ۲۰ سال اخیر می باشد (جدول ۱). لازم به ذکر است که تاکنون هیچکدام از برش های ناحیه قم، (که نام سازند قم از آنجا گرفته شده است)، از نظر ریزرخساره ها و شرایط رسوب گذاری بطور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است، و مطالعاتی هم که در ناحیه قم انجام شده است عمدتاً یک یا چند عضو از کل سازند قم را مورد مطالعه قرار داده اند، به عنوان مثال اخروی و امینی (۱۹۹۸) عضو f، خلیلی و همکاران (۲۰۰۷) عضو تبخیری D و صدیقی و همکاران (۲۰۱۲) عضو C سازند قم را مورد مطالعه قرار داده اند. بنابراین هدف این مقاله مطالعه ریزرخساره های سازند قم و شرایط

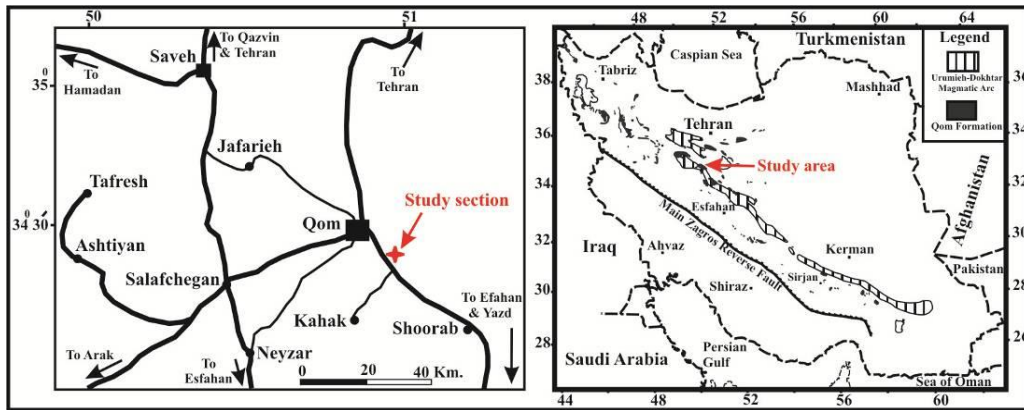
رسوب گذاری آنها در یکی از برش های کامل این سازند (برش خورآباد) در ناحیه قم می باشد. **مطالعات پیشین:** مطالعات زمین شناسی بر روی سازند قم بعد از کشف نفت در این سازند (در سال ۱۹۳۴) و خصوصاً در ۲۰ سال اخیر شتاب بیشتری به خود گرفته است. جنبه های زمین شناسی مختلف این سازند توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج مهمترین مطالعات مرتبط با موضوع این مقاله در جدول ۱ ارائه شده است.

محدوده مورد مطالعه

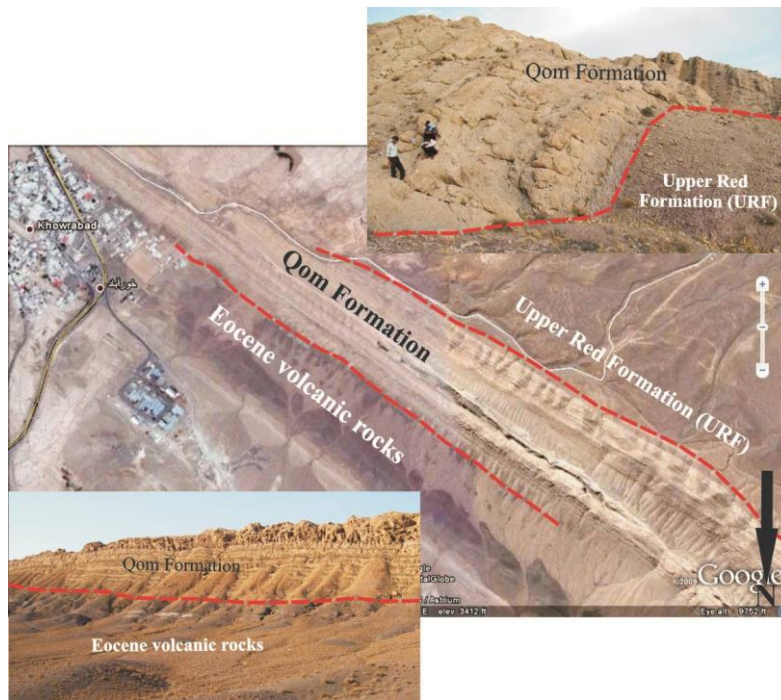
برش خورآباد در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی قم و ۱۳ کیلومتری جنوب شرق مسجد جمکران و شمال غربی روستای خورآباد واقع شده است. این برش دارای مختصات جغرافیایی "۵۳'۳۰" عرض شمالی و "۵۸'۵۶" طول شرقی می باشد. براساس مطالعات ریوتر همکاران (۲۰۰۹) این برش در حوضه پس کمان قم (و در شمال شرقی بلا فصل کمان ماگمایی ارومیه-دختر) واقع شده است. برش خورآباد از طریق آزاد راه قم-کاشان و جاده قم-کهنک قابل دسترسی می باشد (شکل های ۱ و ۲). سازند قم در ناحیه خورآباد ۲۶۰ متر ضخامت داشته و از نظر سنگ شناسی عمدتاً شامل سنگ آهک های متوسط تا ضخیم لایه و توده ای، آهک های مارنی، آهک های نودولار، شیل و مارن می باشد. همچنین نهشته های تبخیری، کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون به نسبت کمتری در این برش وجود دارد. این برش با ناپیوستگی آذرین پی بر روی سنگ های ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در بالا توسط سازند قرمز بالایی پوشیده شده است.

جدول ۱: نتایج مهمترین مطالعات مرتبط با موضوع این مقاله

| سال | نام محقق/محققان | موضوع مورد بررسی | مهمترین نتایج |
|------|-----------------------|--|---|
| ۱۹۹۸ | اخروی و امینی | بازسازی محیط دیرینه عضو f از سازند قم در حوضه ایران مرکزی | پیشنهاد یک رمپ کربناته برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۰۴ | وزیری مقدم و ترابی | رخساره زیستی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در جنوب غرب اردستان | پیشنهاد یک شلف باز برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۰۷ | خلیلی و همکاران | محیط رسوبی واحد تبخیری (عضو D) سازند قم | عضو D در دریاچه‌های کویری کم عمق و احتمالاً در محیط نمکزا (saltern environment) رسوب گذاری شده است. |
| ۲۰۰۹ | ریوتر و همکاران | چینه‌نگاری زیستی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در دو برش از حوضه پیش کمان و دو برش در حوضه پس کمان و تطابق آنها | پیشنهاد یک رمپ کربناته برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۱۱ | محمدی و همکاران | میکروفاسیس ها و محیط دیرینه سازند قم در جنوب کاشان | پیشنهاد یک شلف باز برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۱۲ | صدیقی و همکاران | محیط رسوبی و عوامل محدود کننده رخساره-های عضو C سازند قم در ناحیه قم | پیشنهاد یک شلف باز برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۱۳۹۲ | صفری و همکاران | ریزر رخساره ها و محیط رسوبی سازند قم در ناحیه ورکان | رسوب گذاری در محیط دریای باز و شوری نرمال و احتمالاً در یک شلف باز |
| ۱۳۹۳ | محمدی و همکاران | ریزر رخساره ها و محیط رسوب گذاری سازند قم در ناحیه سیرجان | پیشنهاد یک شلف لبه دار برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۱۴ | امیرشاه کرمی و کاروان | مدل‌های ریزرخساره‌ای و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در برش کهک | پیشنهاد یک رمپ کربناته برای رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه |
| ۲۰۱۵ | محمدی و همکاران | زیست چینه‌نگاری سازند قم در حوضه‌های پیش کمان و پس کمان و از جمله در برش خورآباد | ارائه معیارهای جدیدی برای تعیین سن سازند قم و پیشنهاد سن روپلین-بوردیگالین برای برش خورآباد |



شکل ۱: سمت راست) موقعیت ناحیه خورآباد در نقشه ایران و حوضه پس کمان قم؛ سمت چپ) موقعیت برش خورآباد در جنوب شرقی قم و راه های دسترسی به آن (سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۸۸).



شکل ۲: تصاویر ماهواره ای و صحرایی سازند قم در ناحیه مورد مطالعه.

حوضه پس کمان قم (ایران مرکزی)، یک مقطع چینه-شناسی در جنوب شرقی قم انتخاب گردید (شکل های ۱ و ۲) و از آن ۱۰۱ نمونه بطور سیستماتیک و براساس تغییرات رخصاره ای و بافتی برداشت گردید.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه ریزرخساره های سازند قم و شرایط حاکم بر رسوب گذاری این سازند در بخش مرکزی

نموده‌اند. از آنجا که هدف اصلی این مطالعه بررسی ریزرخساره های سازند قم در برش خورآباد می‌باشد، و همچنین بیواستراتیگرافی برش مورد مطالعه به تفصیل در محمدی و همکاران (۲۰۱۵) به همراه چند برش دیگر- بررسی شده است، لذا در اینجا فقط به طور خلاصه به بیواستراتیگرافی برش مورد مطالعه پرداخته خواهد شد، که در واقع خلاصه بسیار کوتاهی از محمدی و همکاران (۲۰۱۵) می‌باشد. آنها از معیار-ها و فسیل‌های کلیدی زیر برای تعیین سن نهشته-های سازند قم استفاده نموده‌اند.

۱- *Nummulites*: بوداقر-فیدل (۲۰۰۸) انقراض نومولیتس را به الیگوسن پیشین بالایی (انتهای روپلین) نسبت داده است. محمدی و همکاران (۲۰۱۳، ۲۰۱۵) و محمدی و عامری (۲۰۱۵) نیز حضور نومولیتس را همراه یا بدون لپیدوسیکلینا به عنوان شاخص الیگوسن پیشین (روپلین) در نظر گرفته‌اند. و یادآور شده‌اند که تمام لایه‌های سازند قم که دارای نومولیتس برجا می‌باشند باید به روپلین نسبت داده شود.

۲- *Miogypsina*: حضور میوژپسینا در توالی‌های سازند قم شاخص آکیتانین و احتمالاً آخرین بخش-های شاتین نیز می‌باشد.

۳- *Borelis melo curdica*: این جنس شاخص بوردیگالین بوده و اولین حضور آن به عنوان شاخص مرز زیرین بوردیگالین در نظر گرفته شده است.

۴- لازم به ذکر است که شناسایی نهشته‌های شاتین بر اساس موقعیت چینه‌شناسی تعیین می‌گردد، بطوری که لایه‌هایی که جوانتر از توالی‌های دارای نومولیتس های برجا و قدیمی‌تر از توالی‌های دارای *Miogypsina* باشند، به شاتین نسبت داده می‌شود. براساس پراکندگی فرامینیفرها و با توجه به معیارهای ارائه شده توسط محمدی و همکاران (۲۰۱۵)، ۴

هم نمونه‌های سخت و هم نمونه‌های نرم از این برش برداشت شد. نمونه‌های نرم مورد گل‌شویی قرار گرفته و استراکودها و فرامینیفرهایی آن جدا و شناسایی گردید. از نمونه‌های سخت مقاطع نازک تهیه گردید. مقاطع نازک تهیه شده از این نمونه‌ها مورد بررسی دقیق سنگ‌شناسی قرار گرفته و اجزای آن شناسایی و مطالعه گردید. سن برش مورد مطالعه برپایه معیارهای زیست‌چینه‌شناختی و مقایسه با مطالعات قبلی، تعیین گردید. نام‌گذاری ریزرخساره‌ها عمدتاً براساس روش دانهم (۱۹۶۲) و امبری و کلوان (۱۹۷۱) انجام گرفت. مقاطع نازک در شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب مورد تصویربرداری میکروسکوپی قرار گرفتند (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). نمودار پراکندگی عمودی ریزرخساره های سازند قم در ناحیه مورد مطالعه ترسیم (شکل ۷) و شرایط حاکم بر رسوب‌گذاری ریزرخساره‌ها بر اساس منابع مختلفی بررسی گردید. در نهایت با استفاده از شواهد صحرائی و نتایج مباحث قبلی مدل رسوب‌گذاری بازسازی شد.

بحث و نتایج

در ادامه زیست‌چینه‌نگاری، ریزرخساره‌ها و مدل رسوب‌گذاری سازند قم در ناحیه خورآباد مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

زیست‌چینه‌نگاری: هیچ بیوزناسیون رسمی برای سازند قم پیشنهاد نشده است و تعیین سن سازند قم عمدتاً بر مبنای زون‌های زیستی ارائه شده برای سازند آسماری (وایند، ۱۹۶۵ و خصوصاً آدامز و بورژوا، ۱۹۶۷) که اخیراً توسط لارسن و همکاران (۲۰۰۹) و وان بوخم و همکاران (۲۰۱۰) بازبینی شده‌اند، انجام می‌شد. ولی اخیراً محمدی و همکاران (۲۰۱۵) چهارچوبی برای تعیین سن نهشته‌های سازند قم، ارائه

تجمع ۳: این تجمع از متر ۹۳/۵ تا ۲۰۹/۵ متری وجود دارد. فسیل‌های شناسائی شده در این مجموعه به شرح زیر است:

Operculina complanata, Eulepidina dilatata, Nephrolepidina tournoueri, Miogypsina sp., Amphistegina sp., Elphidium sp., Pyrgo sp., Quinqueloculina sp., Triloculina trigonula, Textularia sp., Ditrupa sp.

حضور *Miogypsina* (شاخص آکی تانین و شاتین انتهایی) و توالی تبخیری (نهشته‌های تبخیری سازند قم تماما در میوسن پیشین نهشته شده‌اند)، موقعیت آن بین تجمع ۲ (با سن شاتین) و تجمع ۴ (با سن بوردیگالین) سبب شد تا سن آکی تانین برای این بخش از برش در نظر گرفته شود.

تجمع ۴: این تجمع از متر ۲۰۹/۵ متری تا راس برش را در بر می‌گیرد. فسیل‌های شناسائی شده در این مجموعه به شرح زیر است:

Borelis melo curdica, Peneroplis thomasi, Dendritina rangi, Elphidium sp., Pyrgo sp., Quinqueloculina sp., Triloculina trigonula, Textularia sp., Miogypsina sp., Miogypsinoidea sp.

این تجمع براساس حضور *Borelis melo curdica* به سن بوردیگالین نسبت داده شده است.

بنابراین، با توجه به پراکندگی عمودی فرامینیفرها و براساس معیارهای تعیین سن، رسوب گذاری برش خورآباد به سن روپلین-بوردیگالین نسبت داده می‌شود.

تجمع زیستی در برش خورآباد تشخیص داده شد که به شرح زیر می‌باشند:

تجمع ۱: این تجمع از قاعده تا متر ۶۰/۵ متری گسترش دارد. فسیل‌های شناسائی شده در این مجموعه به شرح زیر است:

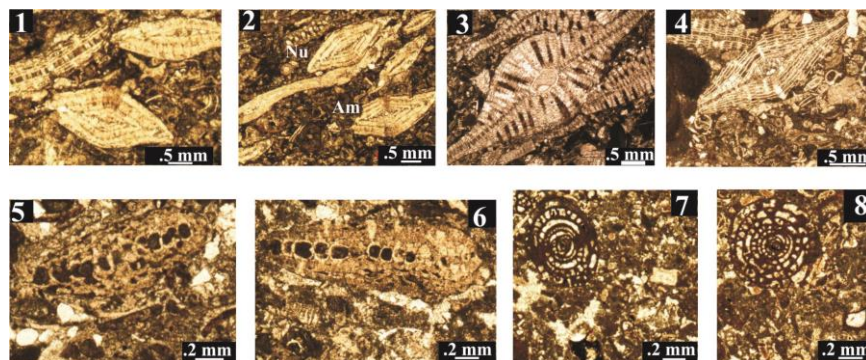
Nummulites vascus, Eulepidina dilatata, Nephrolepidina tournoueri, Rotalia viennoti, Operculina complanata, Amphistegina sp., Textularia sp., Ditrupa sp.

این تجمع براساس حضور *Nummulites vascus* به روپلین نسبت داده شده است.

تجمع ۲: این تجمع از متر ۶۰/۵ تا ۹۳/۵ متری برش را در بر می‌گیرد. فسیل‌های شناسائی شده در این مجموعه به شرح زیر است:

Eulepidina dilatata, Nephrolepidina tournoueri, Rotalia viennoti, Operculina complanata, Elphidium sp., Quinqueloculina sp., Pyrgo sp., Textularia sp.

عدم حضور *Nummulites* (شاخص روپلین)، *Borelis melo curdica* (شاخص مرز زیرین بوردیگالین) و *Miogypsina* (شاخص آکی تانین و شاتین انتهایی)، و همچنین موقعیت آن در بالای تجمع ۱ (با سن روپلین) و زیر اولین توالی تبخیری (نهشته‌های تبخیری سازند قم تماما در میوسن پیشین نهشته شده‌اند) و حضور لپیدوسیکلینیدها بدون نومولیتس سبب شد تا سن شاتین برای این تجمع در نظر گرفته شود.



شکل ۳: مهمترین فسیل‌های شناسایی شده از برش خورآباد: (۱) *Nummulites vascus* (Nu)؛ (۲) *Nummulites vascus*؛ (۳) *Amphistegina* (Am)؛ (۴) *Eulepidina* sp.؛ (۵ و ۶) *Lepidocyclina* (*Nephrolepidina*) sp.؛ (۷ و ۸) *Borelis melo curdica*. برخی از تصاویر فوق در محمدی و همکاران (۲۰۱۵) نیز ارائه شده‌اند.

جلبک‌های قرمز کورالیناسه آ با وجود وابسته بودن به نور، می‌توانند در شرایط الیگوفوتیک نیز زندگی کنند و در آب‌های با نفوذ کم نور نیز به فراوانی دیده می‌شوند (هالفر و موتی، ۲۰۰۵). فراوانی جلبک‌های قرمز بیانگر اعماق ۳۰-۵۰ متری در زون الیگوفوتیک می‌باشد (هالوک، ۱۹۸۷، ۱۹۸۸؛ هالوک و اشلاگر، ۱۹۸۶؛ براندانو و همکاران، ۲۰۱۰). رشد غالب جلبک‌های قرمز کورالیناسه آ در این ریزرخساره، نشان دهنده محیط‌های آبی نسبتاً آرام و میزان رسوب‌گذاری پایین می‌باشد (نبلسیک و بسی، ۲۰۰۰). بنابراین شکوفایی و فراوانی کورالیناسه آ در این ریزرخساره بیانگر نهشته شدن آن در شلف‌ها و پشته‌های نواحی گرمسیری (در زون مزوفوتیک) می‌باشد.

ریزرخساره B (Bioclast bryozoan packstone) (شکل ۴ تصاویر ۵ تا ۶): بریوزوئرها، برجا، سالم و به هم پیوسته عناصر اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌باشند. فرامینیفرهایی از قبیل *Lepidocyclina*، *Operculina*، *Neorotalia* و *Elphidium* نیز در این ریزرخساره به صورت پراکنده دیده می‌شود. به علاوه خرده‌های

ریزرخساره های برش خورآباد: بر اساس شواهد صحرایی، بررسی بافت‌های رسوبی، و فونای موجود، ۱۱ ریزرخساره (۸ ریزرخساره کربناته و ۳ رخساره تبخیری، تخریبی و کلوئیدی) در برش خورآباد شناسایی گردید. که به‌طور کلی آنها را می‌توان به دو گروه کربناته (A تا D، G تا K) و غیرکربناته (E، F و J) تقسیم نمود. ریزرخساره های شناسایی شده براساس ترتیب ظهور در توالی، عبارتند از:

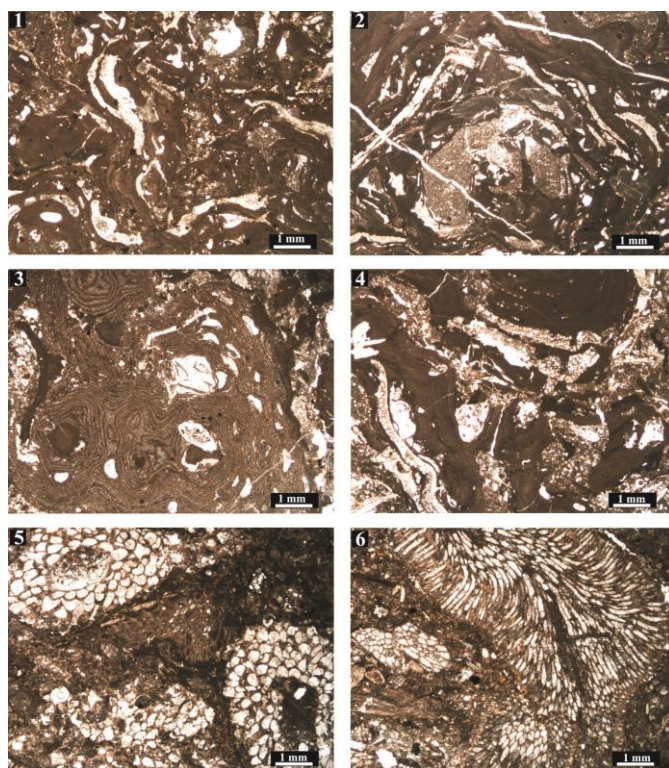
ریزرخساره A **Corallinacea boundstone** (شکل ۴ تصویر ۱ تا ۴): جلبک‌های قرمز کورالیناسه آ مهمترین عنصر زیستی این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. *Lithophyllum*، *Lithotaminiun* و *Lithoporella* غالب‌ترین جنس‌های جلبک‌ها می‌باشند.

شرایط رسوب‌گذاری: جلبک‌های قرمز هم در آب‌های گرمسیری و هم نیمه گرمسیری متداول می‌باشند (براگا و آگویر، ۲۰۰۱؛ براندانو و همکاران، ۲۰۰۹). جلبک‌های قرمز کورالین در زمان الیگوسن بر روی رمپ‌های کربناته، بویژه رمپ میانی غالب بوده و به همراه بایوتای دیگر یکی از مهمترین تولیدکننده‌های رسوب کربنات بوده‌اند. این جلبک‌ها در زمان میوسن نیز گسترش داشته‌اند (براندانو و همکاران، ۲۰۰۹).

Operculina *Lepidocyclina* *Nephrolepidina* و *Heterostegina* و *Amphistegina*) تشکیل می دهند. فرامینیفرهای مذکور معمولاً سالم و نسبتاً کشیده می باشند. در مقاطع نازک مربوط به این ریزرخساره معمولاً جلبک های کورالیناسه آ (شکل ۴، تصاویر ۱ و ۲) و یا بریوزوها (شکل ۴، تصویر ۳) نیز از فراوانی قابل توجهی برخوردارند. بریوزوها معمولاً به صورت برجها و سالم و گاهی خرد شده می باشند. فرامینیفرهای *Elphidium* و *Textularia* نیز به صورت پراکنده دیده می شوند. مهمترین بایوکلاست های دیگر شامل خرده های اکینید، نرم تنان و همچنین دیتروپا می باشند.

خارداران نیز به صورت پراکنده ممکن است وجود داشته باشد. شرایط رسوب گذاری: حضور بریوزوئهای یکپارچه و برجها که مستقل از نور می باشند همراه با روزن داران بزرگ همزیست دار (ولی بصورت پراکنده) حاکی از ته نشینی این ریزرخساره در بخش های پایینی زون نوری و محیط کم انرژی است.

ریزرخساره (C) **Bioclast bryozoan/ corallinacea, perforate foraminifera packstone** (شکل ۵ تصاویر ۱ تا ۳): مهمترین سازندگان زیستی این ریزرخساره را فرامینیفرهای منفذدار (*Eulepidina* *Nummulites*)



شکل ۴: ریزرخساره های یرش خورآباد: ۱ تا ۴- ریزرخساره (A) *Corallinacea packstone*، ۱ (نمونه K24)، ۲ (نمونه K27)، ۳ (نمونه K28) و ۴ (نمونه K30)؛ ۵ و ۶- ریزرخساره (B) *Bioclast bryozoan packstone*، ۵ (نمونه K7) و ۶ (نمونه K10).

جلبک و نرم‌تنان مهمترین بایوکلاست های موجود را تشکیل می‌دهد.

شرایط رسوب‌گذاری: فراوانی فونای محیط‌های محصور (*Borelis*, *Triloculina*, *Pyrgo*، *Dendritina*، *Peneroplis*، *Archaias*) و نبود فونای دریای باز بیانگر شرایط محصور شده می‌باشد. حضور فرامینفرهای پورسلانوز از قبیل *Pyrgo*، *Triloculina*، *Dendritina*، *Borelis*، *Peneroplis*، *Archaias* بیانگر انرژی پایین، نور بالا و لاگون‌های کم‌عمق می‌باشد. فراوانی فرامینفرهای بدون منفذ ریزرخساره بیانگر محیط لاگونی می‌باشد. اکثر میلیولیدها عمدتاً در سکونتگاه‌های یوفوتیک زندگی می‌کنند. پوسته بسیاری از میلیولیدهای بزرگ دیواره‌های خارجی نازک‌تری دارند تا اجازه ورود نور به داخل اتاقک‌ها را بدهند (هالوک و پومار، ۲۰۰۹). آنها نشانگر ته نشست در بخش بالایی زون فوتیک بالایی می‌باشند (براندانو و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به تفاسیر فوق، این ریزرخساره در محیط‌های لاگونی با شوری بالا و گل فراوان، انرژی پایین و شرایط نوری یوفوتیک نهشته شده است.

رخساره (E) **Evaporites**: این رخساره از نهشته‌های تبخیری تشکیل شده است.

شرایط رسوب‌گذاری: در حوضه پس‌کمان قم در میوسن پیشین در نتیجه یک رژیم تکتونیکی فشاری ارتباط با اقیانوس‌های باز قطع شده و بین آب‌های محصور در خشکی و دریای باز، تبادل صورت نمی‌گرفته است. بدین ترتیب در اکتانین در حوضه قم شرایط دریایی محصور حاکم شده و خروج آن از آب به صورت پراکنده و متناوب همراه با ته نشست رسوبات تبخیری صورت گرفته است (رویتز و

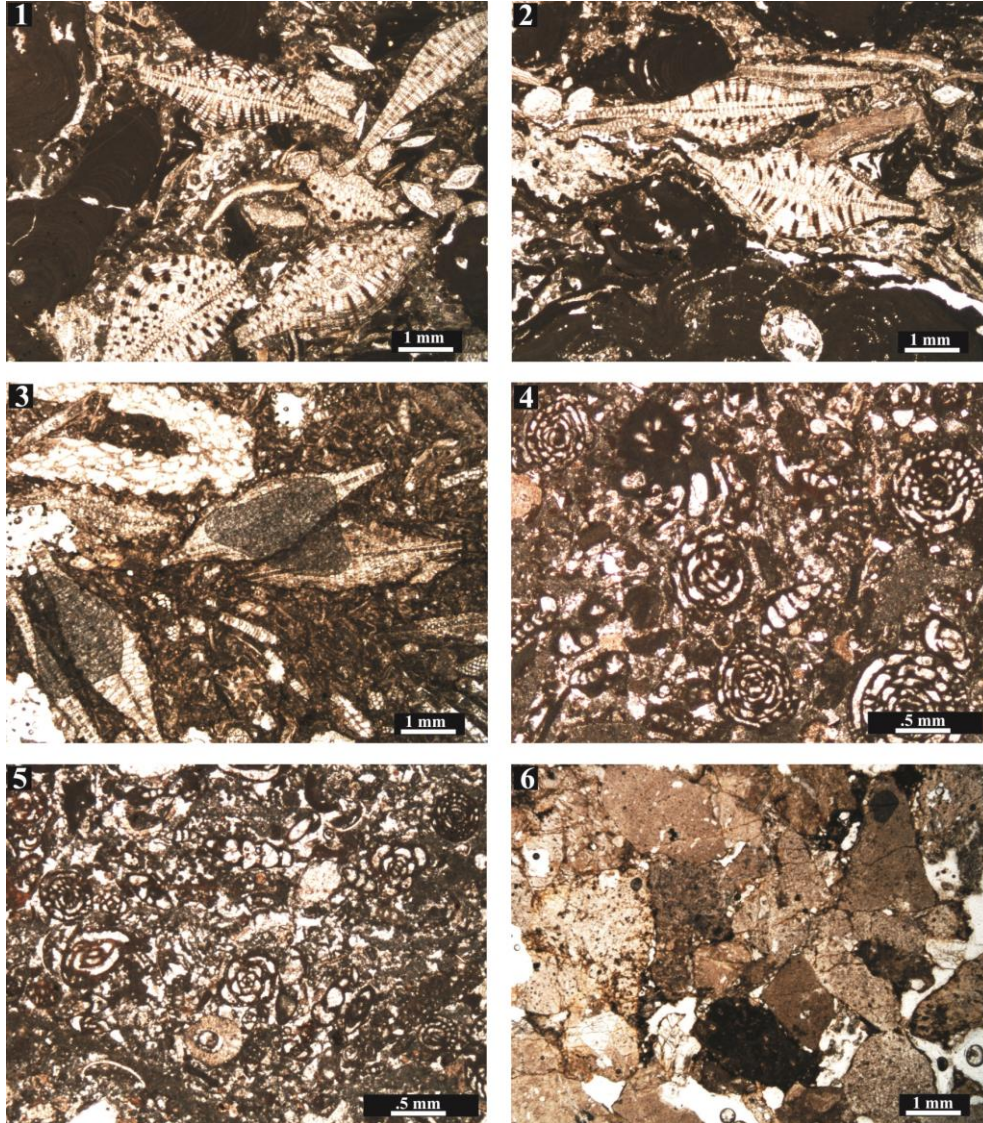
شرایط رسوب‌گذاری: فرامینفرهای بنتیک بزرگ الیگوسن تا میوسن پیشین، از قبیل *Lepidocyclina* و میوژپسینیدها به آب‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری در شرایط الیگوتروفی تا اندکی مزوتروفی محدود می‌شوند (براندانو و همکاران، ۲۰۱۰). حضور جلبک‌های قرمز و روزن داران بنتیک بزرگ همانند *Operculina*، *Heterostegina*، *Amphistegina* لپیدوسیکلینیدها بیانگر نهشته شدن این ریزرخساره در زون الیگوفوتیک می‌باشد (براندانو ۲۰۰۳؛ ماتیو-ویکنز و همکاران، ۲۰۰۹). حضور گسترده فرامینفرهای با دیواره هیالین و عدم حضور انواع پورسلانوز اشاره به شوری نرمال دریایی دارد. روزن داران بزرگ و کشیده عهد حاضر به دلیل حضور همزیست جلبکی به بخش‌های عمیق‌تر زون نوردار محدود می‌شوند (کاوزاک و همکاران، ۲۰۰۴). حضور همزمان فرامینفرهای منفذدار بزرگ نسبتاً کشیده همراه با بریوزوئرها برجا بیانگر نهشته شدن در بخش‌های نسبتاً عمیق زون الیگوفوتیک می‌باشد. بنابراین این ریزرخساره در محیط دریای باز و در بخش‌های نسبتاً عمیق زون نوری (زون مزوفوتیک) و آب‌های با انرژی کم تا متوسط ته‌نشین شده است.

ریزرخساره (D) **Bioclast imperforate (D) foraminifera packstone/ wackestone** (شکل ۵

تصاویر ۴ و ۵): فرامینفرهای بدون منفذ مهمترین عناصر این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. بایوکلاست های مختلف نیز با نسبت کمتری وجود دارند. مهمترین فرامینفرهای موجود عبارتند از: میلیولید (*Pyrgo*، *Triloculina*)، *Borelis*، *Dendritina*، *Peneroplis* و *Archaias*، *Textularia*، *Elphidium* و *Neorotalia* نیز ممکن است به صورت خیلی پراکنده دیده شوند. خرده‌های مرجان، بریوزوئر،

بنابراین این رخصاره تبخیری نشان دهنده قطع ارتباط دریای قم با آب های آزاد در زمان نهشته شدن آن می باشد.

همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر رسوب گذاری نرمال دریایی حوضه پس کمان قم در مدت زمان معینی در اکتانین قطع شده که تبخیری ها حتی در مرکز حوضه قم نیز نهشته شده اند (شاستر و وایلند، ۱۹۹۹).



شکل ۵: ریزرخساره های برش خورآباد: ۱ تا ۳- ریزرخساره C) Bioclast bryozoan/ corallinace, perforate
 ۱ و ۲ (نمونه K23) و ۳ (نمونه K14)؛ ۴ و ۵- ریزرخساره D) Bioclast imperforate
 ۴، foraminifera packstone/ wackestone (نمونه K101) و ۵ (نمونه K92)؛ ۶- رخصاره F) Terrigenous، نمونه K35.

Lepidocyclina ، *Neorotalia* ، *Operculina*

(miliolids) نیز به صورت خیلی پراکنده در این ریزرخساره دیده می‌شود.

شرایط رسوبگذاری: وجود بایوکلاست های مختلف، بیانگر این است که انرژی نسبتا بالای محیط در زمان رسوب گذاری این ریزرخساره سبب شکسته شدن اسکلت موجودات و خرد شدن آنها شده است. ولی انرژی به حدی زیاد نبوده که بتواند گل میکرایتی را از محیط دور کند و سیمان اسپارایتی ته نشین شود. حضور خرده‌های اکینید بیانگر شوری نرمال دریایی می‌باشد. از طرف دیگر فرامینیفرهای پورسلانوز (میلیولیدها) در محیط‌های محصور غالب می‌گردند. تجمع خرده‌های مرجان و بایوکلاست های دیگر نظیر جلبک‌های کورالیناسه نشان‌دهنده نور کافی و انرژی نسبتا زیاد محیط است (ویلسون، ۱۹۷۵؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۱). چنین رخساره‌ای به شرط اینکه انرژی حاکم بر محیط نسبتا بالا باشد می‌تواند در اعماق مختلفی در زون نوری تشکیل گردد و موقعیت رسوب گذاری آن به کمک دانه‌های تشکیل دهنده قابل تشخیص می‌باشد. فراونی بیشتر فرامینیفرهای دارای دیواره هیالین نسبت به فرامینیفرهای بدون منفذ همراه با حضور بایوکلاست های مختلف در این ریزرخساره، بیانگر نهشته شدن آن در لاگون نیمه محصور به سمت دریای باز می‌باشد.

ریزرخساره (H) *Perforate and imperforate foraminifera, bioclast packstone* (شکل ۶

تصویر ۳): بایوکلاست های مختلف و فرامینیفرهای منفذدار و بدون منفذ مهمترین عناصر زیستی این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. بایوکلاست ها شامل قطعات جلبک قرمز کورالیناسه آ، خرده‌های بریوزوئر و نرم‌تنان می‌باشند. فرامینیفرهای موجود نیز شامل

رخساره (F) *Terrigenous* (شکل ۵، تصویر ۶؛ شکل ۶

تصویر ۱): دانه‌های تخریبی (سیلتستون، ماسه‌سنگ و کنگلومرا) تشکیل دهنده این رخساره بوده و هیچ فسیلی در آن یافت نشده است. لازم به ذکر است که چند میان لایه آهک مارنی در بین واحدهای تخریبی مذکور وجود داشته که مطالعه استراکدهای موجود در آنها بیانگر این است که استراکدهای پلاتی کوپید (*Cytherella*) بیش از ۹۰٪ جامعه استراکدی را تشکیل می‌دهند.

شرایط رسوب گذاری: وجود دانه‌های آواری بیانگر حمل شدگی دانه‌ها می‌باشد. موقعیت چینه‌شناسی این رخساره و نهشته شدن آن بعد از تشکیل و ته نشست نهشته‌های تبخیری، احتمالا بیانگر پیشروی مجدد دریای قم در منطقه و در نتیجه ورود مواد آواری به حوضه می‌باشد. در چنین شرایطی به دلیل حاکم بودن شرایط لب شور در محیط‌های نزدیک به ساحل، تنش محیطی و نوسانات شوری زیاد بوده و سبب غلبه استراکدهای پلاتی کوپید شده است که غالب بودن پلاتی کوپیدها در میان-لایه‌های آهک مارنی بیانگر شرایط پرتنش می‌باشد. از آنجا که سازند قم در یک محیط دریایی نهشته شده است بنابراین این رخساره در قسمت‌های کم‌عمق و احتمالا نزدیک به ساحل و با نوسانات زیاد شوری نهشته شده است.

ریزرخساره (G) *Sandy bioclast wackestone*

(شکل ۶ تصویر ۲): بایوکلاست های مختلف مهم‌ترین عناصر زیستی این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. دانه‌های کوارتز نیز به صورت پراکنده در این رخساره دیده می‌شود. خرده‌های بریوزوئر و نرم‌تنان مهم‌ترین بایوکلاست های این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. قطعات جلبک قرمز و خارپوست، دیتروپا و فرامینیفرها (*Textularia* ، *Amphistegina*)

شرایط رسوب گذاری: میلیولاین های آب های کم عمق (آلوئولینیدها و میلیولیدها) در لاگون ها و دیگر محیط های آرام متداولند و به طور کلی توانایی تحمل شوری های بالاتری نسبت به روتالین ها دارند (هالوک و گلن، ۱۹۸۶). حضور فراوان روزن داران با دیواره پورسلانوز (میلیولیدها و آلوئولینیدها) محیط های با گردش بسیار محدود آب و نسبتا هیپرسالین را نشان می دهد (گیل، ۲۰۰۰). با توجه به حضور فرامینیفراهای بدون منفذ، دانه های پراکنده کوراتز و بایوکلاست های مختلف، این ریزرخساره در محیط های لاگونی با شوری نسبتا بالا و گل فراوان نهشته شده است.

رخساره (J) Gypsiferous Marl and Marl: این رخساره در بخش بالایی برش (با سن بوردیگالین) مشاهده شده است و نمونه های برداشت شده از آن معمولا فاقد فسیل های فرامینیفری می باشند ولی تعدادی استراکد پلاتی کوپید (*Cytherella*) از مارن-ها و مارن های ژپس دار به دست آمده است. استراکدهای پلاتی کوپید (*Cytherella*) بیش از ۹۰٪ جامعه استراکدی را تشکیل می دهند.

شرایط رسوب گذاری: وجود بلورهای تبخیری در بین مارن ها، احتمالا می تواند بیانگر افزایش تبخیر در زمان ته نشست آنها باشد که این عامل احتمالا می تواند به دلیل کاهش ارتباط دریای قم با آب های آزاد و تشکیل موقتی یک محیط محصور باشد. فراوانی پلاتی کوپیدها (*Cytherella*) بیانگر شرایط پرتنش می باشد. جنس *Cytherella* صافی خوار بوده و از قابلیت خوبی برای زیستن در محیط های پرتنش و کم اکسیژن برخوردار است (واتلی و همکاران، ۲۰۰۳). پلاتی کوپیدها در محیط های شور و هایپرسالین مثل لاگون ها غالب می گردند (واتلی، ۱۹۹۱). بنابراین این

Miogypsina, *Lepidocyclina*, *Amphistegina*, *Heterostegina*, *Operculina*, *Miogypsinoides* - *Archaias* و *Dendritina*, *Borelis*, *miliolids* باشند.

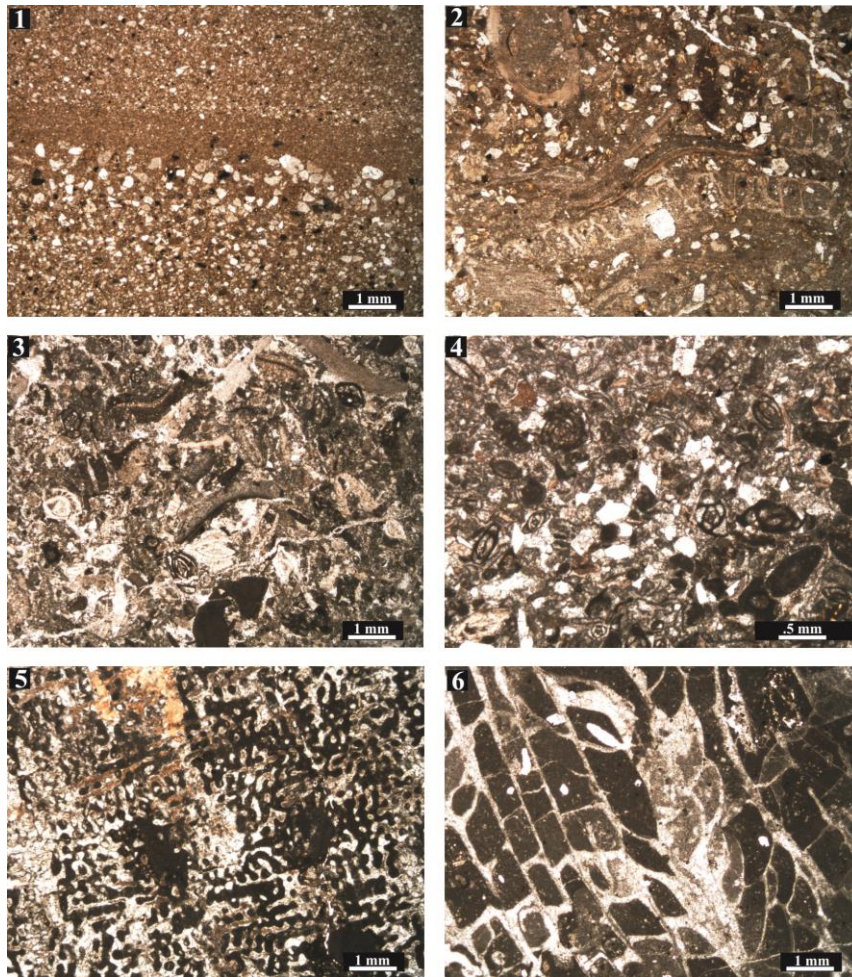
شرایط رسوب گذاری: مورفولوژی فرامینیفراهای بنتیک بزرگ شدیداً تحت تاثیر نور و تحرک آب قرار دارد، بطوریکه اشکال بزرگتر، مسطح تر و شکننده تر مشخصه محیط های کم نور با امواج کم انرژی می باشد (هالوک و پومار، ۲۰۰۹). اشکال کوچک و متورم در محیط های پر نور و انرژی بالاتر زندگی می کنند. فرم های کوچک و متورم نومولیت ها، با فرامینیفراهای پورسلانوز همراه بوده و شاخص آب های کم عمق می باشند (بوینگتون-پنی و رسی، ۲۰۰۴؛ ماتیو-ویکنز و همکاران، ۲۰۱۲) حضور روزن داران منفذدار و بدون منفذ در این ریزرخساره در کنار یکدیگر بیانگر رسوب گذاری آن در لاگون نیمه محصور است (گیل، ۲۰۰۰؛ رومرو و همکاران، ۲۰۰۲). به طور خلاصه می توان گفت که حضور همزمان فرامینیفراهای منفذدار و بدون منفذ و بایوکلاست های دیگر بیانگر نهشته شدن این ریزرخساره در لاگون نیمه محصور می باشد.

ریزرخساره (I) Sandy bioclast imperforate foraminifera packstone (شکل ۶ تصویر ۴):

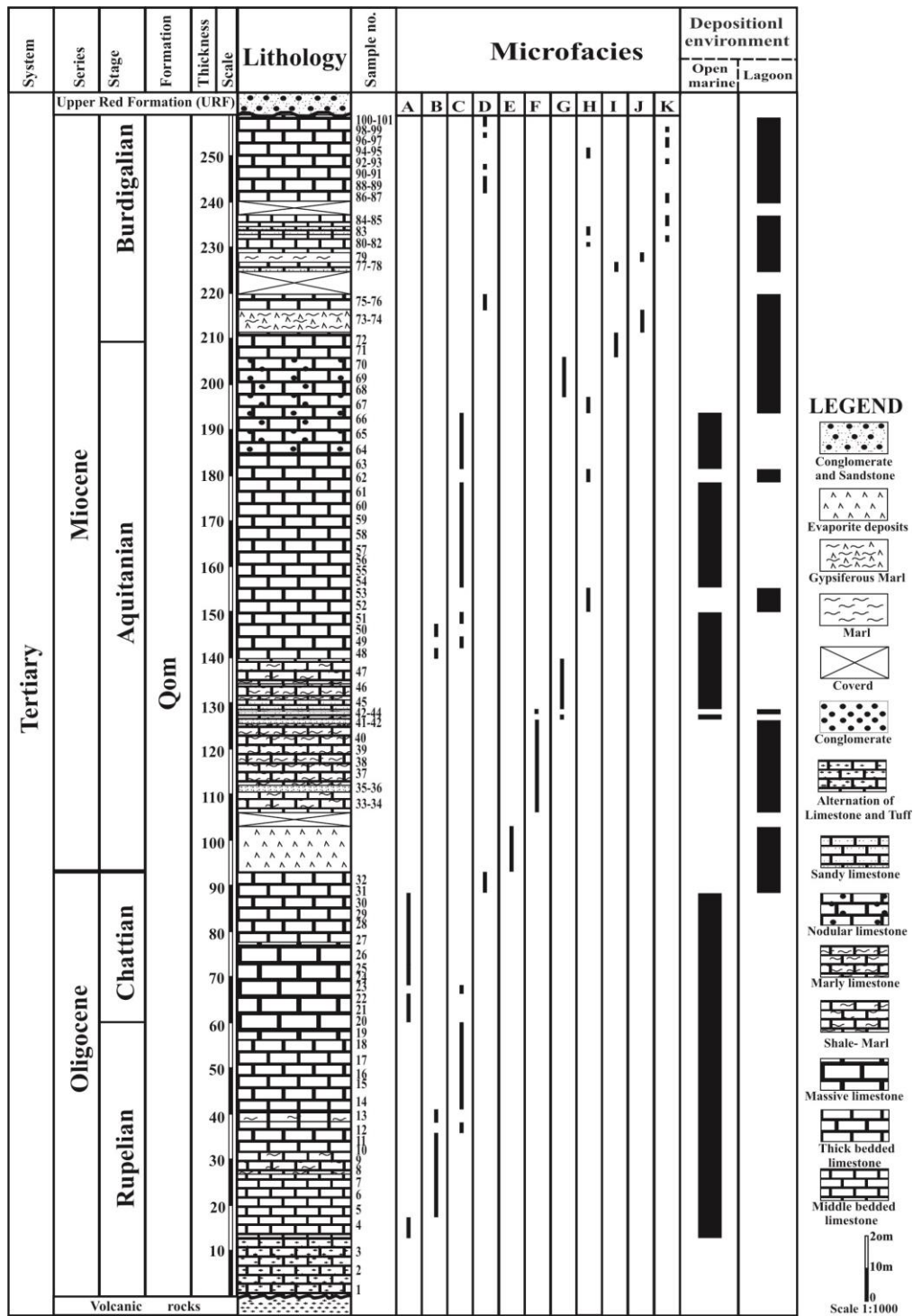
مهمترین عناصر زیستی این ریزرخساره فرامینیفراهای بدون منفذ و بایوکلاست های مختلف می باشد. فرامینیفراهای موجود شامل *miliolids*, *Dendritina*, *Peneroplis*, *Borelis* می باشد. *Haplophragmium* و *Elphidium* نیز ممکن است به صورت پراکنده وجود داشته باشد. خرده جلبک، نرم تنان و خارپوست مهم ترین بایوکلاست های موجود را تشکیل می دهد. دانه های کوارتز نیز به صورت پراکنده وجود دارند.

ریفی) سازند قم در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که علی‌رغم اینکه عضو f در منابع فارسی به عضو ریفی مشهور است، ولی در شواهد صحرایی هیچ اثری از ریف‌های پیوسته مشاهده نمی‌شود، حتی مرجان-های ایزوله نیز به ندرت مشاهده می‌گردد. به علاوه، هیچکدام از مطالعات معتبر انجام شده بر روی ریزرخساره‌ها و محیط دیرینه سازند قم در منطقه قم (اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ رویتر و همکاران، ۲۰۰۹؛ صدیقی و همکاران، ۲۰۱۲، امیرشاه کرمی و کاروان، ۲۰۱۴)، محیط شلف حاشیه‌دار (که مشخصه آن وجود سدهای ریفی پیوسته می‌باشد) را جهت رسوب‌گذاری این سازند پیشنهاد ننموده‌اند. بنابراین، به دلیل تناوب این ریزرخساره با ریزرخساره‌های لاگونی و همچنین با توجه به مشاهدات صحرایی (فراوانی کم، ناپیوسته بودن و قابل تعقیب نبودن آن در مسافت‌های طولانی)، ریف‌های مذکور تکه‌ای بوده و محیط تشکیل این ریزرخساره لاگون بوده است.

رخساره در لاگون‌های محصور و با تبخیر و شوری بالا نهشته شده است.
ریزرخساره **Coral boundstone (K)** (شکل ۶ تصاویر ۵ و ۶): چهارچوب این ریزرخساره، مرجان‌های برج‌آ و سالم می‌باشد. این مرجان‌ها در مشاهدات صحرایی بسیار نادر و ناپیوسته بوده و در مسافت‌های طولانی قابل تعقیب نیستند و به صورت تکه‌ای یافت می‌شوند و حتی در مواردی فقط در مقاطع نازک شناسایی شده و در شواهد صحرایی خیلی مشهود نبوده‌اند.
شرایط رسوب‌گذاری: مرجان‌ها در شرایط آب‌وهوای گرمسیری تا نیمه گرمسیری و کمبود مواد مغذی (الیگوتروفیک) غالب می‌گردند (هالوک، ۲۰۰۱؛ موتی و هالوک، ۲۰۰۳). بر اساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده توسط ویلسون (۱۹۷۵) و فلوگل (۲۰۰۴) این ریزرخساره متعلق به ریف می‌باشد. این ریزرخساره به‌طور کلی در بوردیگالین مشاهده شده است و می‌تواند معادل با مرجان‌های عضو f (عضو



شکل ۶: ریزرخساره های برش خورآباد: (۱) رخساره F: Terrigenous، نمونه K36؛ (۲) ریزرخساره G: Sandy bioclast، نمونه K43؛ (۳) ریزرخساره H: Perforate and imperforate foraminifera, bioclast packstone، نمونه K62؛ (۴) ریزرخساره I: Sandy bioclast imperforate foraminifera packstone، نمونه K78؛ (۵ و ۶) ریزرخساره K: Coral boundstone، (نمونه K87)، (نمونه K95).



شکل ۷: پراکندگی عمودی ریزرخساره های سازند قم در برش ناحیه خورآباد.

نهشته شده است. در اوایل آکیتانین شرایط محیط-های تبخیری (رخساره E) حاکم شده و نهشته‌های تبخیری رسوب گذاری شده‌اند. با بالا آمدن مجدد سطح دریا (یا پیشروی مجدد) شرایط محیط‌های نزدیک به ساحل حاکم شده که با رسوب گذاری نهشته‌های تخریبی رخساره F (سیلتستون، ماسه-سنگ تا میکروکنگلومر) مشخص شده است. رخساره F بیانگر رسوب گذاری در محیط نزدیک به ساحل و کم‌عمق، همراه با ورود موارد آواری از اطراف می‌باشد. به سمت بالای برش، یکبار دیگر شرایط رمپ میانی حاکم شده و ریزرخساره G در رمپ میانی نهشته شده است با این حال همچنان آثار انرژی بالای محیط در این ریزرخساره وجود داشته که با حضور دانه‌های پراکنده کوارتز و شکسته بودن دانه‌های اسکلتی مشخص می‌گردد ولی انرژی محیط کمتر از حدی بوده که بتواند گل میکرایتی را از بین دانه‌ها حذف نماید و گل میکرایتی با سیمان اسپارایتی جایگزین گردد. سپس به سمت بالای برش، در بخش اعظم نهشته‌های آکیتانین (حدوداً تا ضخامت ۲۰۰ متری) عمدتاً شرایط دریای باز و رمپ میانی حاکم بوده و ریزرخساره های B و C نهشته شده‌اند؛ لازم به ذکر است در این بخش ریزرخساره H نیز (که شاخص لاگون نیمه محصور می‌باشد) به صورت متناوب دیده می‌شود و بالاترین لایه‌های آکیتانین با ریزرخساره های لاگون نیمه محصور (H) و لاگون محصور (I) مشخص می‌گردد. مجموعه ریزرخساره های نهشته شده در بخش‌های بالایی آکیتانین بیانگر نوسانات سطح دریا، کاهش تدریجی عمق و در نتیجه گذر تدریجی از دریای باز به محیط لاگونی (رمپ داخلی) می‌باشند. اولین لایه‌های بوردیگالین با ریزرخساره لاگونی I مشخص شده و سپس مارن‌های ژیبس‌دار رخساره J نهشته شده است که بیانگر رسوب گذاری

مدل رسوبی: شواهد صحرایی و پراکندگی عمودی ریزرخساره ها (شکل ۷) مهمترین ابزار کلیدی برای بازسازی مدل رسوب گذاری می‌باشند. جهت تفسیر و بازسازی مدل رسوبی علاوه بر مطالعه منابع مختلف با متخصصین نامداری از جمله پرفسور براندانو، پرفسور هالوک و پرفسور بسی مکاتباتی انجام شد و مدل رسوبی برش مورد مطالعه با در نظر گرفتن شواهدی همچون عدم حضور توالی‌های ریفی پیوسته، نهشته‌های ریزشی و توربیدایتی، سدهای اوئیدی، بایو کلاستی و ریفی بازسازی شد. با توجه به تکه‌ای بودن توالی‌های ریفی و موقعیت لاگونی آنها و همچنین عدم وجود رخساره‌های توربیدایتی و ریزشی رسوب-گذاری برش مورد مطالعه بر روی یک شلف غیر ممکن بوده و برش مورد مطالعه بر روی یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ نهشته شده است. رمپ مذکور به‌طور کلی قابل تقسیم به دو بخش رمپ داخلی (لاگون) و رمپ میانی (دریای باز) می‌باشد و نهشته‌های رمپ خارجی که با حضور روزنداران پلانکتون یا دیگر ارگانیسم‌های مستقل از نور همچون بربوزواها و عدم حضور فرمینیفرهای بنتیک همزیست‌دار مشخص می‌گردد، در برش مورد مطالعه مشاهده نشده است. لازم به ذکر است که براندانو (گفتگوی شخصی، ۲۰۱۶) رخساره-های لاگونی برش مورد مطالعه را به عنوان علفزارهای دریایی تفسیر می‌نماید و معتقد است که رسوباتی هستند که توسط علفزارها به دام افتاده‌اند و وجود گل آهکی الزاماً نشانگر انرژی کم نیست. به عبارت دیگر علی‌رغم عدم حضور سدهای اوئیدی و بایو کلاستی علفزارهای دریایی سبب به دام انداختن گل آهکی شده‌اند. به‌طور کلی ریزرخساره های روپلین و شاتین (A تا C) در دریای باز و در رمپ میانی نهشته شده‌اند و فقط در انتهای شاتین با کاهش عمق محیط و غالب شدن شرایط لاگونی ریزرخساره D در رمپ داخلی

در ۲۰۱۴)، محیط شلف حاشیه‌دار (که مشخصه آن وجود سدهای ریفی پیوسته می‌باشد) را جهت رسوب‌گذاری این سازند پیشنهاد نموده‌اند. بنابراین، به دلیل تناوب ریزرخساره مذکور با ریزرخساره‌های لاگونی و همچنین با توجه به مشاهدات صحرایی (ناپیوسته بودن و قابل تعقیب نبودن آن در مسافت-های طولانی)، ریف‌های مذکور تکه‌ای بوده و محیط تشکیل این ریزرخساره لاگون بوده است. آخرین توالی‌های بوردیگالین (ریزرخساره‌های D و K) نیز تماماً در لاگون نهشته شده‌اند.

در پایان باید یادآور شد که به‌طور کلی ریزرخساره‌های A، B و C در دریای باز (رمپ میانی) و ریزرخساره‌های E تا K در رمپ داخلی (لاگون و محیط‌های تبخیری و نزدیک به ساحل) نهشته شده‌اند.

۳- با توجه به پراکندگی فرامینیفرها، سازند قم در ناحیه مورد مطالعه دارای سن روپلین-بوردیگالین می‌باشد.

۴- مطالعات میکروسکوپی و شواهد صحرایی منجر به شناسایی ۱۱ ریزرخساره (۸ ریزرخساره کربناته و ۳ ریزرخساره تبخیری، تخریبی و کلوئیدی) در برش خورآباد گردید. براساس ریزرخساره‌های شناسایی شده، شواهد صحرایی و مقایسه با مطالعات پیشین، سازند قم در ناحیه خورآباد بر روی یک رمپ نهشته شده است.

۵- رمپ مذکور بطور کلی قابل تقسیم به دو بخش رمپ داخلی (لاگون) و رمپ میانی (دریای باز) می‌باشد و نهشته‌های رمپ خارجی در برش مورد مطالعه مشاهده نشده است.

در محیط کم‌عمق و تحت شرایط تبخیر و شوری بالا می‌باشد. به سمت بالای برش عمدتاً ریزرخساره کاملاً لاگونی D و رخساره مرجانی K رسوب‌گذاری شده‌اند، البته لایه‌هایی از این بخش در لاگون‌های نیمه محصور (H) نهشته شده است. لازم به ذکر است که ریزرخساره مرجانی K بطور کلی در بوردیگالین مشاهده شده است و می‌تواند معادل با مرجان‌های عضو ریفی f سازند قم در نظر گرفته شود. با این حال علیرغم اینکه عضو f در منابع فارسی به عضو ریفی مشهور است، ولی در شواهد صحرایی هیچ اثری از ریف‌های پیوسته مشاهده نمی‌شود، حتی مرجان‌های ایزوله نیز به ندرت مشاهده می‌گردد. به علاوه، هیچکدام از مطالعات معتبر انجام شده بر روی ریزرخساره‌ها و محیط دیرینه سازند قم در منطقه قم (اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ رویتر و همکاران، ۲۰۰۹؛ صدیقی و همکاران، ۲۰۱۱؛ امیرشاه کرمی و کاروان،

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی ریزرخساره‌ها و شرایط رسوبگذاری نهشته‌های سازند قم در جنوب شرقی قم (بخش مرکزی حوضه پس کمان قم) نتایج زیر حاصل شد:

۱- سازند قم در جنوب شرقی قم (برش خورآباد) ۲۶۰ متر ضخامت داشته و از نظر سنگ شناسی عمدتاً شامل سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و توده ای، آهک‌های مارنی، آهک‌های نودولار، شیل و مارن می‌باشد. همچنین نهشته‌های تبخیری، کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون به نسبت کمتری در این برش وجود دارد. برش خورآباد با ناپیوستگی آذرین پی برروی ولکانیک‌های ائوسن، قرار گرفته و در بالا توسط سازند قرمز بالایی پوشیده شده‌اند.

را در مطالعات صحرایی یاری نموده‌اند سپاسگزاری نمایند. از مسئولین و کارکنان محترم شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب: جناب آقای دکتر محمد الله کرم پور دیل، جناب آقای دکتر علی رحمانی، جناب آقای دکتر علی غبیشاوی، جناب آقای دکتر روح الله شب افروز، جناب آقای مهندس علی اپرا و سرکار خانم مهندس هاله رضائیان که فرصت عکس‌برداری از مقاطع نازک میکروسکوپی را در آزمایشگاه‌های آن شرکت برای نویسندگان فراهم نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. از نظرات، پیشنهادات و همکاری‌های ارزنده تمامی متخصصین و همکاران (خصوصاً پرفسور براندانو) که باعث ارتقاء سطح علمی این پژوهش گردیده‌اند، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌گردد. از دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان به عنوان حامی مالی طرح پژوهشی با شماره قرارداد ۹۵/۱۹۴۰/ص/۷ جهت فراهم آوردن امکانات آزمایشگاهی و مالی سپاسگزاری می‌شود.

ناحیه ورکان (جنوب غربی کاشان)، حوضه پیش کمان سنندج-سیرجان، نشریه علمی-پژوهشی دیرینه‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۲، ص ۱۸۷-۲۰۴.

-محمدی، ا.، وزیری، م.ر. و داستانیپور، م.، ۱۳۹۳.

بررسی ریزرخساره ها و بازسازی محیط رسوب‌گذاری سازند قم در ناحیه سیرجان، جنوب غرب کرمان، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۵۵، ص ۳۵-۵۴.

۶- ریزرخساره مرجانی شناسایی شده از برش خورآباد بطور کلی در بوردیگالین مشاهده شده است و با توجه به شواهد صحرایی (ناپیوسته بودن و قابل تعقیب نبودن آن در مسافت‌های طولانی)، تناوب آن با ریزرخساره‌های لاگونی و همچنین مقایسه با مطالعات معتبر قبلی، ریف‌های مذکور تکه ای بوده و محیط تشکیل این ریزرخساره لاگون بوده است.

۷- در بخش پایینی برش خورآباد (روپلین و بخش اعظم شاتین) نهشته‌های دریای باز نهشته شده است به سمت بخش‌های میانی برش (آخرین لایه‌های متعلق به شاتین و بخش پایینی آکیتانین)، در نتیجه کاهش عمق حوضه نهشته‌های لاگونی و نزدیک به ساحل نهشته شده اند. سپس (در طول آکیتانین) مجدداً دریا پیشروی کرده و رسوبگذاری با یک روند پیشرونده ادامه یافته است و بعد از یک پیشروی کلی، مجدداً (در انتهای آکیتانین و سرتاسر بوردیگالین) شرایط لاگونی و کم عمق حاصل شده است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای دکتر محمد شریفی و جناب آقای مهندس سعید لطیفیان که آنها

منابع

-دانشیان، ج.، شهرابی، م. و اخلاقی، م.، ۱۳۸۹. زیست‌چینه‌نگاری و محیط دیرینه نهشته‌های سازند قم در شمال خاور ماه‌نشان، علوم زمین، شماره ۷۶، ص ۴۵-۵۰.

-سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۸۸. نقشه راه‌های ایران، ۱:۲۵۰۰۰۰۰.

-صفری، ا.، عامری، ح.، وزیری، م.ر. و محمدی، ا.، ۱۳۹۲. ریزرخساره ها و محیط رسوبی سازند قم،

- Adams, T.D. and Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy: geological and exploration, IOOC Report, No. 1074 (unpublished).
- Amirshahkarami, M. and Karavan, M., 2014. Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran, *Geoscience Frontiers*, v. 6, p. 593-604.
- Beavington-Penney, S.J. and Racey, A., 2004. Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis, *Earth Science Review*, v. 67, p. 219-265.
- BouDagher-Fadel, M.K., 2008. Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera, The Netherlands Linacre House, Jordan Hill, 540 p.
- Brandano, M., 2003. Tropical/subtropical inner ramp facies in Lower Miocene "Calcari a Briozoi e Litotamni" of the Monte Lungo area, Cassino Plain, Central Apennines, Italy, *Società Geologica Italiana, Bollettino*, v. 122, p. 85-98.
- Brandano, M., Frezza, V., Tomassetti, L. and Cuffaro, M., 2009. Heterozoan carbonates in oligotrophic tropical waters: The Attard member of the lower coralline limestone formation (Upper Oligocene, Malta), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 274, p. 54-63.
- Brandano, M., Morsilli, M., Vannucci, G., Parente, M., Bosellini, F. and Vicens, G., 2010. Rhodolith-rich lithofacies of the Porto Badisco Calcarenites (upper Chattian, Salento, southern Italy), *Italian Journal of Geosciences*, v. 129, p. 119-131.
- Braga, J.C. and Aguirre, J., 2001. Coralline algal assemblages in Upper Neogene reef and temperate carbonates in Southern Spain, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 175, p. 27-41.
- Daneshian, J. and Ramezani Dana, L., 2007. Early Miocene benthic foraminifera and biostratigraphy of the Qom Formation, Deh Namak, Central Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 29, p. 844-858.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, In: Ham, W.E., (eds.), *Classification of Carbonate Rocks- A symposium*, American Association Petroleum Geologist, v. 1, p. 108-121.
- Embry, A.F. and Klovan, J.E., 1971. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, Northwest territories, *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 19, 730-781.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies Analysis of Carbonate Rocks: Interpretation and Application*: Springer – Verlag, Berlin, 976 p.
- Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 155, p. 211-238.
- Halfar, J. and Mutti, M., 2005. Global Dominance of coralline red-algal facies: a response to Miocene oceanographic-events, *Geology*, v. 33, p. 481-484.
- Hallock, P., 1987. Fluctuations in the trophic resource continuum: A factor in global diversity cycles? *Paleoceanography*, v. 2, p. 457-471.
- Hallock, P., 1988. The role of nutrient availability in bioerosion: consequences to carbonate buildups, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63, p. 275-291.
- Hallock, P., 1999. Symbiont-bearing Foraminifera, in Sen Gupta, B.K., ed., *Modern Foraminifera*: Dordrecht, The

- Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p. 123-139.
- Hallock, P., 2001. Coral Reefs, Carbonate Sedimentation, Nutrients, and Global Change, In Stanley, G.D. (eds.) The History and Sedimentology of Ancient Reef Ecosystems, Kluwer Academic/Plenum Publishers, p. 387-427.
- Hallock, P. and Glenn, E.C., 1986. Larger foraminifera: A Tool for Paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies, *Palaios*, v. 1, p. 55-64.
- Hallock, P. and Pomar, L., 2009. Cenozoic Evolution of Larger Benthic Foraminifers: Paleooceanographic Evidence for Changing Habitats, Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium.
- Hallock, P. and Schlager, W., 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms, *Palaios*, v. 1, p. 389-398.
- Harzhauser, M., 2000. Paleobiogeography and paleoecology of Oligocene and Lower Miocene gastropods in the eastern Mediterranean and the western Indo-Pacific, PhD Dissertation, University of Vienna.
- Harzhauser, M., 2004. Oligocene Gastropod Faunas of the Eastern Mediterranean (Mesohellenic Trough/Greece and Esfahan-Sirjan Basin/Central Iran), *Cour Forsch Inst Senckenberg*, v. 248, p. 93-18.
- Hasani, M.J. and Vaziri, M.R., 2011. Early-Miocene Gastropods from Khavich Area, South of Sirjan, (Kerman, Iran): Biostratigraphy, Paleogeography and Paleoecology, *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, v. 22, p. 125-133.
- Khaksar, K. and Maghfouri Moghadam, I., 2007. Paleontological study of the Echinoderms in the Qom Formation, (Central Iran), *Earth Sciences Research Journal*, v. 11, p. 57-79.
- Khalili, M., Beavers, R. and Torabi, H., 2007. Depositional environment of the evaporitic unit (D-member) of the Qom Formation (Central Iran), *Carbonates and Evaporites*, v. 22, p. 101-112.
- Krstic, N., 1979. Ostracods of the Lower Miocene in the area between Shams Abad and Rahniz, *Iranian Journal of Geology Pays Hellen hors serie fase*, v. 11, p. 673-697.
- Laurson, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., van Buchem, F.S.P.V., Moallemi, A. and Druillion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation, In: Shiraz-first international petroleum conference and exhibition.
- Lee, J.J. and Anderson, O.R., 1991. Symbiosis in foraminifera in Lee, J.J. and Anderson, O.R., eds., *Biology of Foraminifera*, San Diego, Academic Press, v. p. 157-220.
- Loftus, W.K., 1854. On the geology of portions of the Turko-Persian frontier, and of the districts adjoining, *Quarterly Journal of Geological Society of London*, v. 11, p. 247-344.
- Mandic, O., 2000. Oligocene to Early Miocene pectinid bivalves of the Western Tethys (N-Greece, S-Turkey, Central Iran and NE-Egypt)-taxonomy and paleobiogeography, PhD Dissertation, University Vienna.
- Mateu-Vicens, G., Hallock, P. and Brandano, M., 2009. Test shape variability of *Amphistegina d'Orbigny* 1826 as a paleobathymetric proxy: application to two Miocene examples, In: Demchuk, T., and Gary, A., (eds.), *Geologic problems solving with microfossils, SEPM Special Volume*, v. 93, p. 67-82.

- Mateu-Vicens, G., Pomar, L. and Ferràndez-Cañadell, C., 2012. Nummulitic banks in the upper Lutetian 'Buil level', Ainsa Basin, South Central Pyrenean Zone: the impact of internal waves, *Sedimentology*, v. 59, p. 527-552.
- Mohammadi, E. and Ameri, H., 2015. Biotic components and biostratigraphy of the Qom Formation in northern Abadeh, Sanandaj-Sirjan fore-arc basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway), *Arabian Journal of Geosciences*, v. 8, p. 10789-10802.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Ghaedi, M., Dehghan, R., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Baizidi, C., Vaziri, M.R. and Sfidari, E., 2013. The Tethyan Seaway Iranian Plate Oligo-Miocene deposits (the Qom Formation): distribution of Rupelian (Early Oligocene) and evaporate deposits as evidences for timing and trending of opening and closure of the Tethyan Seaway, *Carbonates and Evaporites*, v. 28, p. 321-345.
- Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Vaziri, M.R. and Ghaedi, M., 2011. Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, south of the Kashan, Central Iran, *Carbonates and Evaporites*, v. 26, p. 255-271.
- Mohammadi, E., Vaziri, M.R. and Dastanpour, M., 2015. Biostratigraphy of the Nummulitids and Lepidocyclinids bearing Qom Formation based on Larger Benthic Foraminifera (Sanandaj-Sirjan fore-arc basin and Central Iran back-arc basin, Iran), *Arabian Journal of Geosciences*, v. 8, p. 403-423.
- Mutti, M. and Hallock, P., 2003. Carbonate systems along nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constraints, *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, v. 92, p. 465-475.
- Nebelsick, J. and Bassi, D., 2000. Diversity, growth-forms and taphonomy: key factors controlling the fabric of coralline algal dominated shelf carbonates, In: Insalaco E, Skelton P, Palmer T (eds.) *Carbonate platform systems: components and interactions*, Geological Society of London Special Publication, v. 178, p. 89-10.
- Okhravi, R., 1998. Synsedimentary cementation in the lower Miocene reefal carbonates of the central basin Iran, *Carbonates and Evaporites*, v. 13, p. 136-144.
- Okhravi, R. and Amini, A., 1998. An example of mixed carbonate-pyroclastic sedimentation (Miocene, Central Basin, Iran), *Sedimentology*, v. 118, p. 37-54.
- Rahaghi, A., 1980, Tertiary faunal assemblage of Qum-Kashan, Sabzewar and Jahrum areas, *NIOC*, v. 8, p. 1-64.
- Reuter, M., Piller, W.E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, F., Kroh, A., Aubry, M.P., Wielandt-Schuster, U. and Hamedani, A., 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways, *International Journal of Earth Sciences*, v. 98, p. 627-650.
- Romero, J., Caus, E. and Rossel, J., 2002. A model for the Palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on Late Middle Eocene deposits on the margin of the south Pyrenean Basin (SE Spain), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 179, p. 43-56.
- Sadeghi, R., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2010. Biostratigraphy and paleoecology of the Oligo-Miocene succession in Fars and Khuzestan areas

- (Zagros Basin, SW Iran), *Historical Biology*, v. 21, p. 17-31.
- Seddighi, M., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. and Ghabeshavi, A., 2011. Depositional environment and constraining factors on the facies architecture of the Qom Formation, Central Basin, Iran, *Historical Biology*, v. 24, p. 91-100.
- Seyrafian, A. and Torabi, H., 2005. Petrofacies and sequence stratigraphy of the Qom Formation (Late Oligocene-Early Miocene?), north of Nain, Southern trend of the Central Iranian Basins, *Carbonates and Evaporites*, v. 20, p. 82-90.
- Schuster, F. and Wielandt, U., 1999. Oligocene and Early Miocene coral faunas from Iran: paleoecology and paleobiogeography, *International Journal of Earth Sciences*, v. 88, p. 571-581.
- Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpoor, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V. and Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran, *Geological Society of London Special Publication*, v. 329, p. 219-263.
- Vaziri-Moghaddam, H. and Torabi, H., 2004. Biofacies and sequence stratigraphy of the Oligocene succession, Central basin, Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, Stuttgart, v. 6, p. 321-344.
- Yazdi-Moghaddam, M., 2011. Early Oligocene Larger Foraminiferal Biostratigraphy of the Qom Formation, South of Uromieh (NW Iran), *Turkish Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 847-856.
- Yazdi, M., Shirazi, M.P., Rahiminejad, A.H. and Motavalipoor, R., 2012. Paleobathymetry and paleoecology of colonial corals from the Oligocene-Early Miocene (?) Qom Formation (Dizlu area, central Iran), *Carbonates and Evaporites*, v. 27, p. 395-405.
- Whatley, R., 1991. The platycopid signal: a means of detecting anoxic events using ostracoda, *Micropaleontology*, v. 10, p. 181-185.
- Whatley, R.C., Pyne, R.S. and Wilkinson, I.P., 2003. Ostracodes and palaeo-oxygen levels, with particular reference to the Upper Cretaceous of East Anglia, *Palaeogeography, Paleocology, Palaeoclimatology*, v. 194, p. 355-386.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer, 471 p.
- Wynd, J., 1965. Biofacies of the Iranian consortium agreement area: Iranian Oil Offshore Company Report 1082 (unpublished).