

زیست‌چینه‌نگاری، ریزرخساره‌ها و مدل رسوبی سازند قم در برش چینه‌شناسی پشت دربند، شمال‌باختر همدان

حمیده نوروزپور

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

نویسنده مسئول: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

دریافت: ۹۹/۴/۱۵ پذیرش: ۹۹/۸/۲۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

جهت تعیین زیست‌زون‌ها، ریزرخساره‌ها و آرایه مدل رسوبی سازند قم برش چینه‌شناسی پشت دربند به ضخامت ۳۳۰ متر واقع در شمال باختری همدان، ناحیه ساختاری سنندج سیرجان مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس مشاهدات میدانی، سازند قم از مجموعه سنگ‌آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه تا توده‌ای (عضو a) و تناوب سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ و مارن سبز (عضو b) تشکیل شده است. براساس مطالعات دیرینه‌شناسی ۱۷ جنس و ۹ گونه از فرامینفرهای بنتیک و سایر اجزای اسکلتی در برش پشت دربند شناسایی شده است و با توجه به توزیع چینه‌شناسی فرامینفرها، بیوزون تجمعی *Lepidocyclina - Operculina - Ditrupa* به سن الیگوسن برای سازند قم پیشنهاد می‌گردد. آنالیز رخساره‌ای شامل ویژگی‌های فونا، هندسه رخساره، فابریک و بافت رسوبی منجر به شناسایی هشت ریزرخساره مرتبط با سه کمربند رخساره‌ای جزر و مدی، ریف، شیب‌قاره و دریای باز شده است. براساس حضور رخساره‌های ریفی از جمله باندستون مرجان، جلبک و بریوزوئر، مدل رسوبی سازند قم یک شلف باز پیشنهاد می‌شود. نمودار توزیع عمودی ریزرخساره‌ها حاکی از آن است که بدون در نظر گرفته پدیده فرسایش احتمالی، تغییرات رخساره‌ای در عضو a به صورت تدریجی اما در عضو b به صورت سریع، با پس‌نشینی و پیش‌نشینی رخساره‌ای سیستم آب عمیق و کم عمق همراه است.

واژگان کلیدی: رخساره، سازند قم، الیگوسن، همدان

۱- پیشگفتار

به باور آقائاتی (۱۳۸۳) ناحیه ساختاری سنندج سیرجان یک نوار باریک از کوهزاد زاگرس است که بین شهرهای سیرجان و اسفندقه در جنوب‌خاوری، و ارومیه و سنندج در شمال‌باختری قرار دارد (قاسمی و تالیوت، ۲۰۰۶). سازند قم در نواحی ایران مرکزی، سنندج سیرجان و کمان ماگمایی ارومیه دختر توسعه دارد و توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. آغاز مطالعات مربوط به سازند قم توسط لوفتوز (۱۸۵۵) صورت گرفت. فورر و سودر (۱۹۵۵) نهشته‌های سازند قم را به شش عضو a تا f تقسیم کردند (a: سنگ‌آهک قاعده‌ای، b: مارن‌های ماسه‌ای، c: تناوب مارن و سنگ‌آهک، d: تخییری‌ها، e: مارن‌های سبز و f: سنگ‌آهک). آبایی و همکاران (۱۹۶۴)، سازند قم را در برش تیپ به ده عضو به سن شاتین تا بوردیگالین تقسیم کردند. سرانجام بزرگ‌نیا (۱۹۶۶) سازند قم را به ۹ عضو (a, b, c1, c2, c3, c4, d,)

e, f) به سن روپلین تا بوردیگالین تقسیم‌بندی کرد که توسط کمیته ملی چینه‌شناسی ایران پذیرفته شد. پس از آن، مطالعات گسترده‌تر بر روی این سازند از جمله: دانشیان و رضائی دانا (۲۰۰۷)، رویتز و همکاران (۲۰۰۹)، رحیمی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱)، یزدی و همکاران (۲۰۱۲)، امیرشاه کرمی و کاروان (۲۰۱۵)، حسینی‌نژاد (۱۳۹۵)، محمدی و همکاران (۲۰۱۵) و (۲۰۱۹)، اسدی‌مهماندوستی (۱۳۹۸) و محمدی (۲۰۲۰) انجام گرفته است.

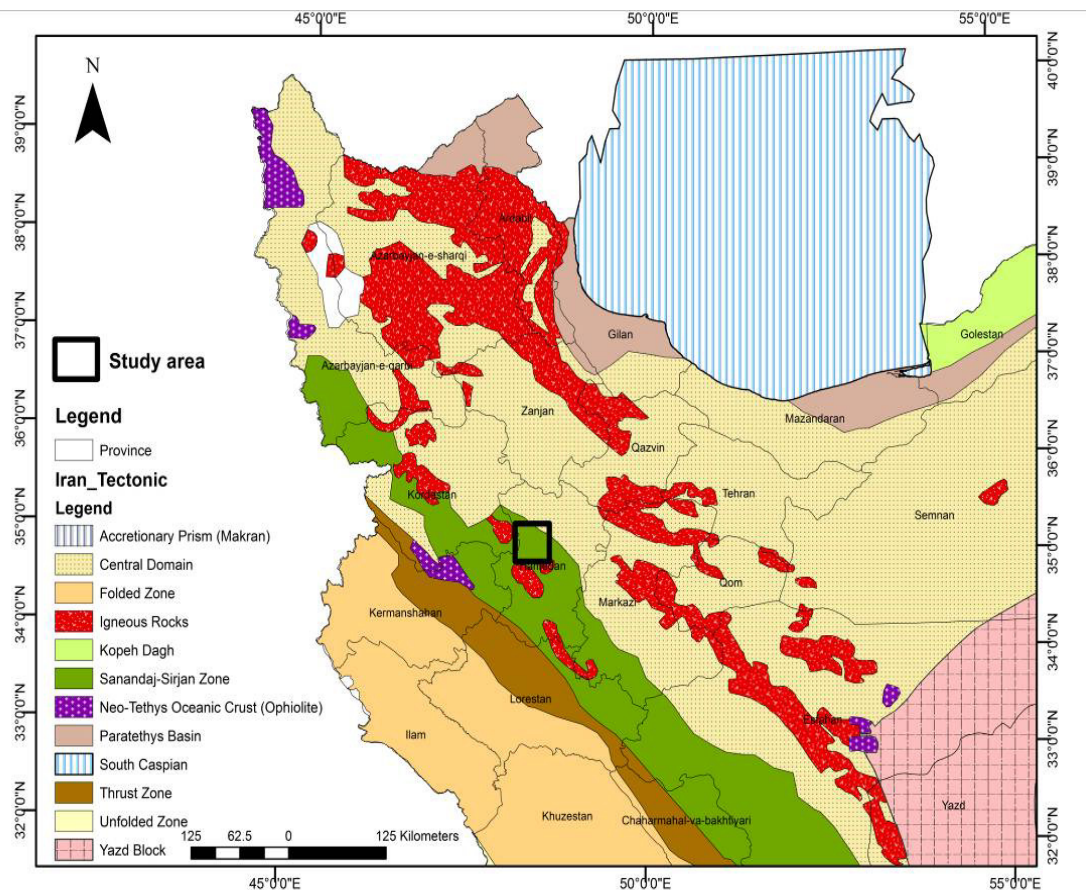
هدف از انجام این تحقیق، مطالعه زیست‌زون‌ها، ریزرخساره‌ها و آرایه یک مدل احتمالی رسوبی برای سازند قم به عنوان یک سازند مخزنی به لحاظ پتانسیل وجود منابع هیدروکربوری است. سازند قم در برش پشت دربند، در شمال‌باختری ناحیه ساختاری سنندج- سیرجان (شکل ۱) و در برکه زمین‌شناسی یکصد هزار توپسراکان

هم‌چنین، نهشته‌های کنگلومرای پلیوسن با ناپیوستگی سازند قم را پوشش داده‌اند. در برش پشت دربند، سازند قم ۳۳۰ متر ضخامت دارد و از لحاظ سنگ‌چینه‌نگاری می‌تواند معادل عضوهای a (از پایین برش تا ۱۶۵ متر) و b (۱۶۵ تا ۳۳۰ متر) باشد. عضو a از پایین شامل سنگ‌آهک‌های کرم تا خاکستری رنگ، ضخیم‌لایه تا توده‌ای پرفسیل (ضخامت یک لایه حداکثر ۲/۸ متر)، سنگ‌آهک مرجانی- صخره‌ای و سنگ‌آهک قهوه‌ای روشن، ضخیم‌لایه (ضخامت یک لایه حداکثر ۲ متر) تشکیل شده است. لازم بذکر است ۳۰ متر از نهشته‌های عضو a پوشیده است که در ستون سنگ‌چینه‌نگاری نمایش داده شده است. عضو b شامل تناوب ماسه‌سنگ‌های نازک‌لایه هوازده به رنگ خاکستری روشن (ضخامت یک لایه حداکثر ۰/۳ متر)، مارن سبز و سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه کرم‌رنگ است (شکل ۴). در عضو b نیز حدود ۵۵ متر از رسوبات پوشیده شده‌اند.

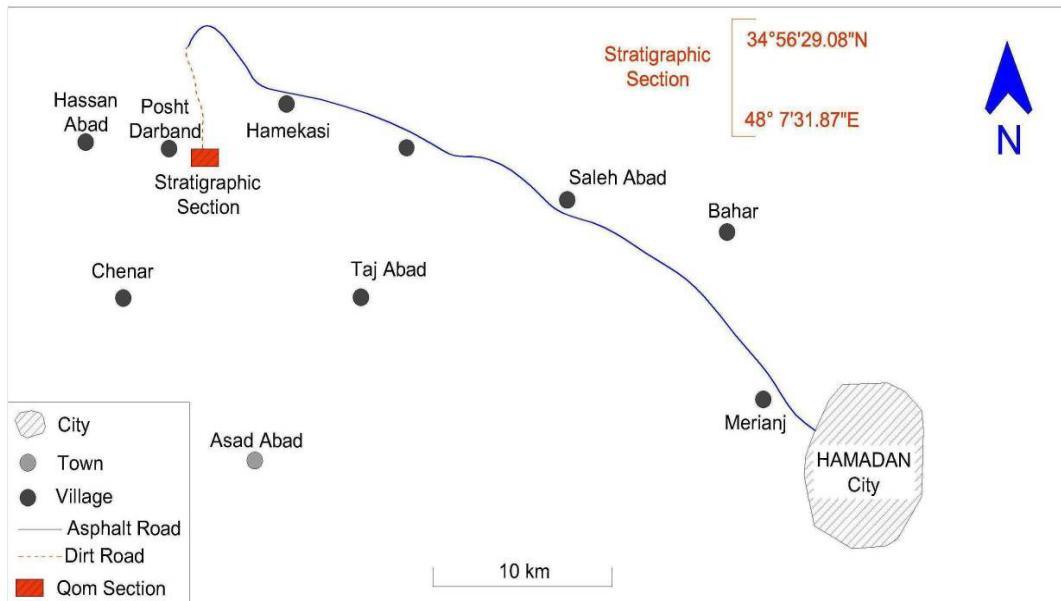
(سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۲) قرار گرفته است.

۲- جایگاه جغرافیایی و زمین‌شناسی برش پشت دربند

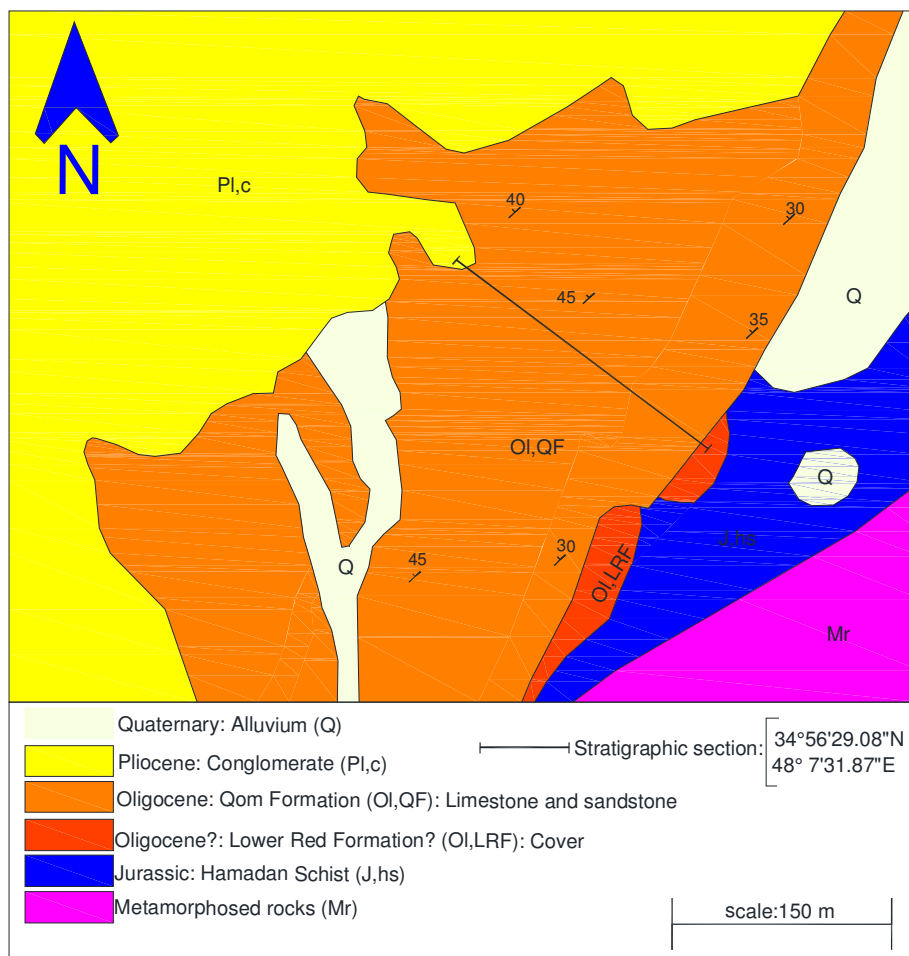
از لحاظ جغرافیایی، برش پشت دربند در ۷۰ کیلومتری شمال‌باختر شهر همدان با مختصات جغرافیایی $34^{\circ}56'29''$ و $50^{\circ}48'07''$ واقع شده است (شکل ۲). ناحیه سنندج- سیرجان در فرودپواره گسل اصلی و تراستی زاگرس از سنگ‌های دگرگونی، آذرین و رسوبی به سن نئوپروتوزویک تا نئوژن تشکیل شده است (فرگوسن و همکاران، ۲۰۱۶). شیست‌های همدان در منطقه مورد مطالعه بخوبی رخمون دارند و با ناپیوستگی در پایین سازند قم قرار گرفته‌اند. در برش پشت دربند، بر روی شیست‌های همدان، سازند قرمز زیرین در زیر سازند قم به طور ناپیوسته قرار دارد، اما به دلیل پوشیدگی رسوبات به خوبی قابل تشخیص نیست (شکل ۳).



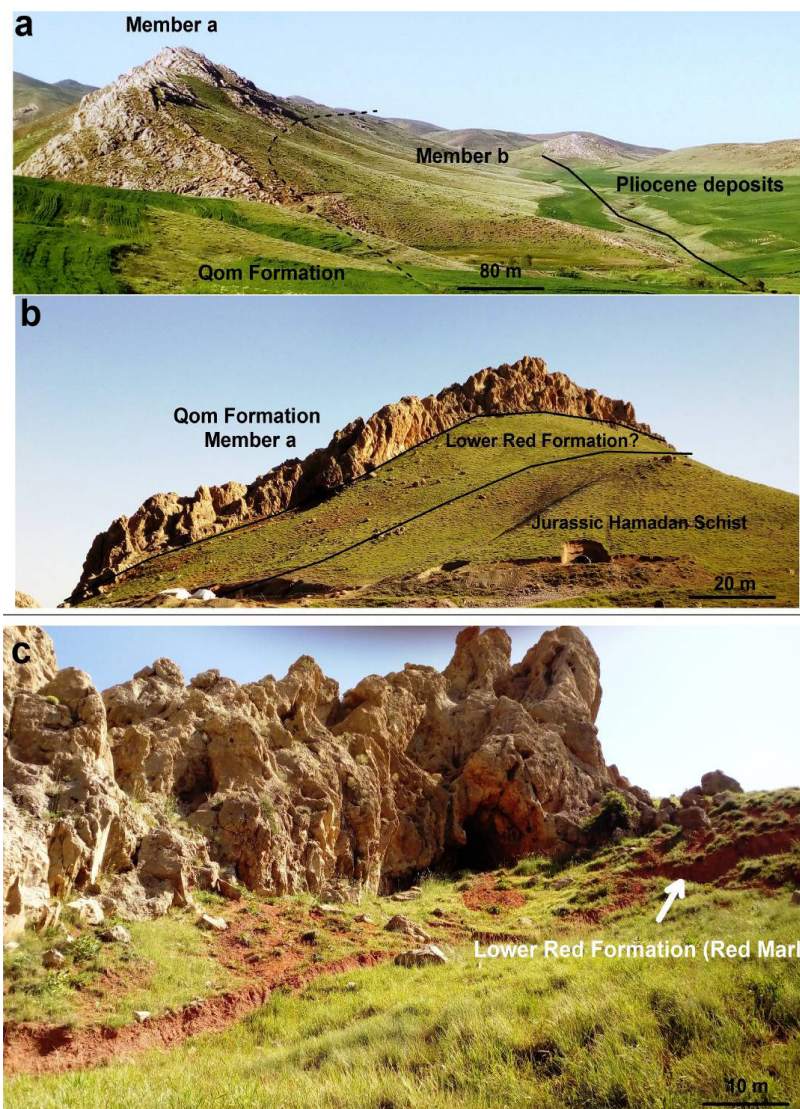
شکل ۱. موقعیت برش پشت‌دربند در شمال‌باختر ناحیه سنندج- سیرجان (برگرفته از تقسیمات نواحی ساختاری ایران، آقاباتی، ۱۳۸۲)



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی برش چینه‌شناسی پشت دربند (محل برش در شکل ۱)



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی برش پشت‌دربند (با اندکی تغییر و تلفیق، برگرفته از اشراقی (۱۳۸۲)).

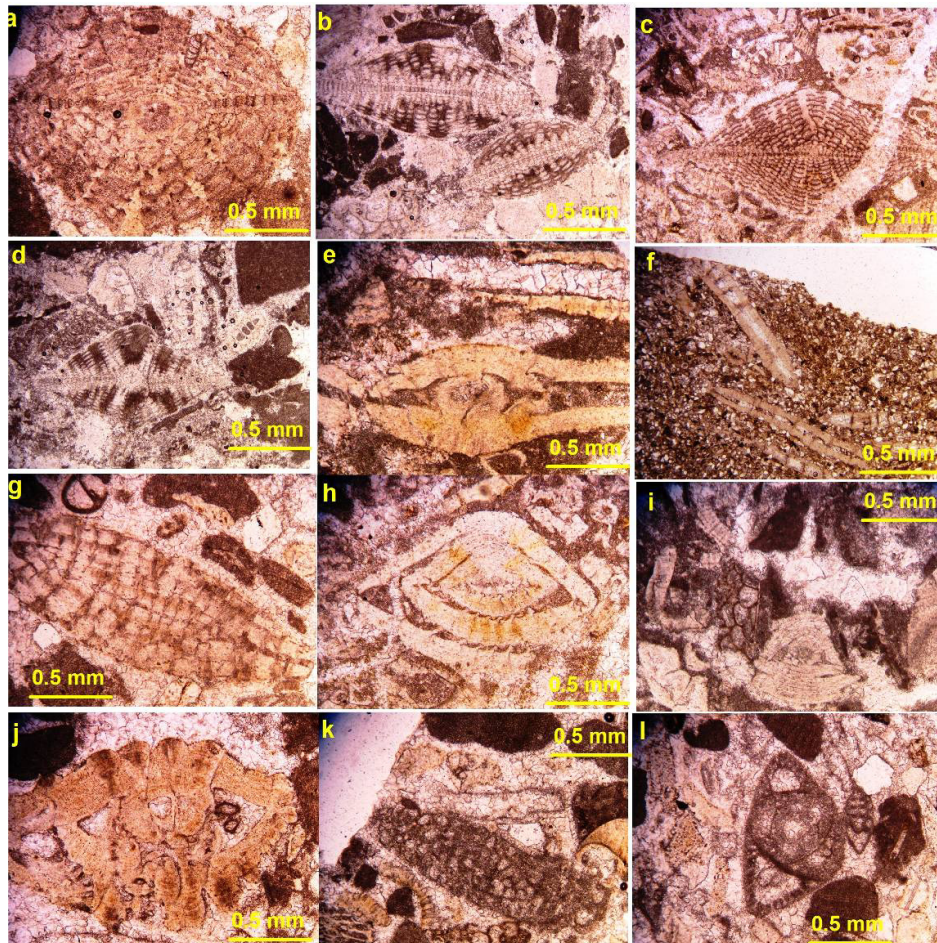


شکل ۴. تصاویر صحرایی از برش چینه‌شناسی پشت‌دربند a: نمای کامل برش قم شامل عضوهای a و b (سوی نگاه جنوب‌خاوری است). b: نمایی از مرز چینه‌شناسی پایینی سازند قم (سوی نگاه شمال‌خاوری است)، x: مارن‌های قرمز سازند قرمز زیرین (احتمالاً). توضیح اینکه عنوان نهشته‌های پلیوسن به عنوان مرز بالایی سازند قم در تصویر فوق، براساس نقشه زمین‌شناسی یکصد هزار توپوگرافیک (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) درج شده است.

۳- روش مطالعه

زاگرس، بررسی شده است. برای تعیین ریزرخساره‌ها و مدل رسوب‌گذاری سازند قم از میکروسکوپ پلاریزان استفاده شده است. در مشاهدات میدانی، جهت توصیف ماکروسکوپی رخساره‌ها از هندسه لایه‌ها تصویربرداری شده است. منابع اصلی مورد استفاده برای شناسایی ریزرخساره‌ها و تعیین مدل رسوبی، استفاده از نتایج مطالعات رید (۱۹۹۵) و فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشند. دیگر منابع مورد استفاده در هرکدام از بخش‌های زیست‌چینه‌نگاری و رخساره‌ها ذکر گردیده‌اند.

این تحقیق در دو مرحله میدانی و آزمایشگاهی انجام شده است. به طور کلی تعداد ۴۱ نمونه سخت از سازند قم به ضخامت ۳۳۰ متر در برش چینه‌شناسی پشت‌دربند جمع‌آوری شده است. تجزیه و تحلیل دیرینه‌شناسی بوسیله میکروسکوپ نوری انجام شده و منابع اصلی مورد استفاده برای شناسایی فرامینیفرها شامل: بزرگ‌نیا (۱۹۶۶) و لوبلیش و تاپان (۱۹۸۸) می‌باشند. مطالعات زیست‌چینه‌نگاری با توجه بیوزوناسیون پیشنهادی لارسن و همکاران (۲۰۰۹) برای سازند آسماری در حوضه



شکل ۵. برخی فرامینیفرهای شناسایی شده از سازند قم در برش پشت دریند

a, b and c: *Lepidocyclus* spp., Axial section d: *Lepidocyclus* (*Nephrolepidina tournouri*), Axial section, e and f: *Operculina* sp., Axial section, g: *Heterostegina* sp., Axial section, h: *Amphistegina* sp., Axial section, i: *Asterigerina rotula*, Axial section, j: *Rotalia vienotti*, Axial section, k: *Archaia* sp., Axial section, l: *Austrotrillina howchini*, Axial section.

howchini, *Elphidium* sp.1., *Rotalia vienotti*, *Textularia* sp., *Triloculina trigonula*, and *Archaia* sp.

شناسایی شده است. بر مبنای گسترش چینه‌شناسی فرامینیفرها (شکل ۶) یک بیوزون تجمعی به نام *Lepidocyclus* - *Operculina* - *Ditrupe* الیگوسن (روپلین-شاتین) به ضخامت ۲۹۲ متر تشخیص داده شده است. این بیوزون در حقیقت زون شماره ۵۶ معرفی شده توسط وایند (۱۹۶۵) در حوضه زاگرس است که توسط لارسن و همکاران (۲۰۰۹) مجدداً ذکر گردیده است. بیوزون مذکور هم‌چنین معادل زون شماره ۳ معرفی شده توسط آدامز و بورژوا (۱۹۶۷) تحت عنوان *Eulepidina-Nephrolepidina-Nummulites* Assemblage Zone در حوضه زاگرس و معادل بیوزون

۴- زیست‌چینه‌نگاری

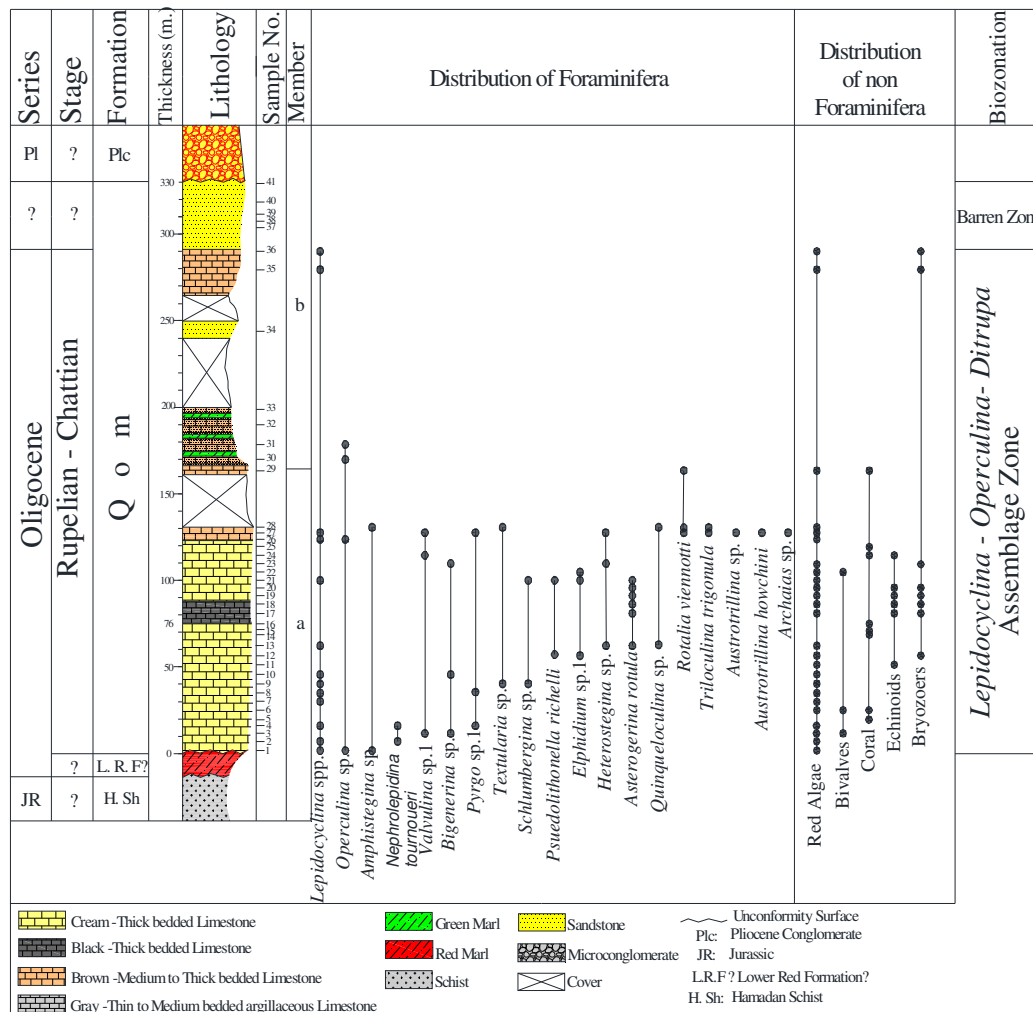
مطالعات فراوانی در خصوص زیست‌چینه‌نگاری و تعیین سن سازند قم منتشر شده است از جمله: دانشیان و رضانی دانا (۲۰۰۷)، بهفروزی و صفری (۲۰۱۱)، رحیمی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) و محمدی و همکاران (۲۰۱۵ و ۲۰۱۹).

بر اساس مطالعه دیرینه‌شناسی تعداد ۴۱ برش‌نازک برگرفته از سازند قم، تعداد ۱۷ جنس و ۹ گونه از فرامینیفرهای بنتیک شامل (شکل ۵):

Lepidocyclus spp., *Operculina* sp., *Amphistegina* sp., *Nephrolepidina tournouri*, *Heterostegina* sp., *Bigenerina* sp., *Schlumbergina* sp., *Psuedoilthonella richelli*, *Asterigerina rotula*, *Valvulina* sp.1, *Pyrgo* sp.1., *Quinqueloculina* sp., *Austrotrillina* sp., A.

(۱۳۹۵) نیز معرفی شده است. به دلیل تغییرات لیتولوژیکی نهشته‌های سنگ‌آهک به ماسه‌سنگ در نیمه فوقانی سازند قم، از تعداد و تنوع فونای ثبت شده در توالی قم کاسته شده است تا جایی که در ۳۸ متر بالایی هیچگونه فسیلی در برش‌های نازک ماسه‌سنگی یافت نشده است. این بخش از نهشته‌های سازند قم به عنوان زون خالی (Barren zone) در نظر گرفته شده است. از این رو تعیین سن این بخش از سازند قم میسر نمی‌باشد.

های (SBZ22a) *Eulepidina fosomosoides* zone و (SBZ23) *Miogypsinoides- Eulepidina* معرفی شده توسط کائوزاک و پویگنانت (۱۹۹۷) در حوضه اروپا است. بیوزون *Lepidocyclina - Operculina - Ditrupa* - Assemblage zone در جنوب خاوری ناحیه سنندج- سیرجان و شمال‌باختر ناحیه ارومیه دختر توسط انجم شعاع (۱۳۹۲)، انجم‌شعاع و امیرشاه کرمی (۱۳۹۲)، کاروان و همکاران (۱۳۹۳) و امیرشاه کرمی و نعیمی



شکل ۶. ستون سنگ‌شناسی و گسترش چینه‌شناسی فرامینیفرها و بیوزوناسیون سازند قم در برش پشت دربند

۵- ریزرخساره‌ها

به لحاظ تنوع رخساره‌ای، حوضه قم دارای تغییرات گسترده‌ای است و مدل‌های مختلف رسوب‌گذاری برای آن معرفی شده است. به عنوان مثال رویتر و همکاران (۲۰۰۹) در نواحی سیرجان- اصفهان و قم، امیرشاه کرمی و کاروان (۲۰۱۵) در ناحیه قم، محمدی و

همکاران (۲۰۱۹) در جنوب‌باختر کاشان و محمدی (۲۰۲۰) در نواحی کاشان، نطنز و قم، محیط‌رسوبی سازند قم را یک رمپ کربناته در نظر گرفتند. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) در جنوب کاشان، صدیقی و همکاران (۲۰۱۲) در شمال‌خاور کاشان، وزیری‌مقدم و ترابی (۲۰۰۴) در باختر اردستان، دانشیان و همکاران (۱۳۹۶)

همراه با جلبک قرمز و میزان کمتر بریوزوئر درون بافت پکستونی دانه‌درشت با جورشدگی متوسط است (شکل ۷b). اندازه دانه‌ها بین ۰/۳ تا ۱/۵ میلی‌متر و به لحاظ هندسه این رخساره از نوع ملافه‌ای - صفحه‌ای^۳ شامل سنگ‌آهک‌های کرم‌رنگ ضخیم‌لایه است. این رخساره حدود ۲۲ درصد از نهشته‌های سازند قم را در برش پشت دریند تشکیل داده است و مشابه آن (فونای منفذدار) توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط شلف و محمدی (۲۰۲۰) در محدوده‌های نطنز و خورآباد برای محیط رمپ میانی معرفی شده است. حضور فونای منفذدار کوچک به همراه جلبک‌های قرمز را می‌توان به محیط‌رسوبی دریای باز، پنجه شیب‌قاره در زیر سطح اساس امواج توفانی دریا (SWB) نسبت داد. این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۳ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 2, 3, 4 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است.

Mf.3 *Lepidocyclina* Bryozoan packstone

این رخساره با حضور فراوان جنس *Lepidocyclina* دوکی شکل همراه با بریوزوئر درون بافت پکستونی دانه‌درشت با جورشدگی متوسط معرفی شده است (شکل ۷c). اندازه دانه‌ها بین ۰/۳ تا ۲ میلی‌متر در مقیاس میکروسکوپی و تا ۶ سانتی‌متر در مقیاس ماکروسکوپی مشاهده می‌شود. به لحاظ هندسه این رخساره از نوع لایه‌ای شامل سنگ‌آهک‌های کرم‌رنگ ضخیم‌لایه است. این رخساره حدود ۵ درصد از نهشته‌های سازند قم را در برش پشت دریند تشکیل داده است و مشابه آن توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط شلف و محمدی (۲۰۲۰) در محدوده‌های نطنز و خورآباد برای محیط رمپ میانی معرفی شده است. حضور فونای منفذدار کوچک از جمله *Asterogerina* و *Amphistegina* به همراه جلبک‌های قرمز را می‌توان به محیط‌رسوبی دریای باز، شیب‌قاره در زیر سطح اساس امواج توفانی دریا (SWB) نسبت داد. این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۴ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 4, 5, 6 فلوگل (۲۰۱۰) است.

Mf.4 *Rotalia* Corralinacea packstone

اجزای اصلی این رخساره شامل فونای منفذدار *Rotalia* لنزی‌شکل، مرجان و جلبک‌های قرمز همراه با قطعات

در جنوب گرمسار، اسدی‌مهماندوستی (۱۳۹۸) در جنوب خاوری کاشان مدل رسوب‌گذاری سازند قم را یک شلف باز معرفی کردند. بر پایه شناسایی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی و تعیین بافت سنگ، هشت ریزرخساره برای سازند قم به سن الیگوسن شناسایی شده است. این ریزرخساره‌ها با زون‌های رخساره‌ای معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و فلوگل (۲۰۱۰) مقایسه شده‌اند و مدل رسوب‌گذاری بر مبنای مطالعات رید (۱۹۹۵) در نظر گرفته شده است. در ذیل با توجه به ریزرخساره‌های شناسایی شده، سه کمربند رسوبی پیشنهاد شده است:

۵-۱- کمربند رخساره‌ای بخش عمیق شلف، شیب قاره و حوضه (Deep Shelf/Slope and Basin Facies Belt)

Mf.1 Bioclast *Lepidocyclina* packstone

اجزای اصلی این رخساره شامل فرامینیفرها منفذدار دوکی شکل لپیدوسیکلینا بعضاً همراه با جلبک قرمز و به ندرت فونای پلانکتونیک درون بافت پکستونی دانه‌درشت با جورشدگی ضعیف است (شکل ۷a). اندازه دانه‌ها بین ۰/۲ تا ۲ میلی‌متر بعضاً تا ۵ میلی‌متر و بیش‌تر است و به لحاظ هندسه این رخساره از نوع لایه‌ای^۱ شامل سنگ‌آهک‌های قهوه‌ای روشن ضخیم لایه است. این رخساره حدود دو درصد از نهشته‌های قم را در برش پشت دریند تشکیل داده است. حضور فونای منفذدار دوکی شکل کشیده مرتبط با محیط‌رسوبی بخش عمیق شلف^۲ در زیر سطح اساس امواج توفانی دریا (SWB) نسبت داده می‌شود (باکستون و پدلی، ۱۹۸۹؛ گیل، ۲۰۰۰؛ بوینگتون و رسی، ۲۰۰۴؛ بسی و همکاران، ۲۰۰۷؛ براندو و همکاران، ۲۰۰۹) و معادل زون رخساره‌ای شماره ۲ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 8-10, 12 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است. مشابه این رخساره از سازند قم توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار، توسط جلالی و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب تهران و توسط محمدی و همکاران (۲۰۱۹) در جنوب کاشان معرفی شده است.

Mf.2 *Lepidocyclina* Corralinacea packstone

آغاز رسوب‌گذاری سازند قم با این رخساره همراه بوده است. آلوکم‌های این رخساره لپیدوسیکلینا دوکی شکل

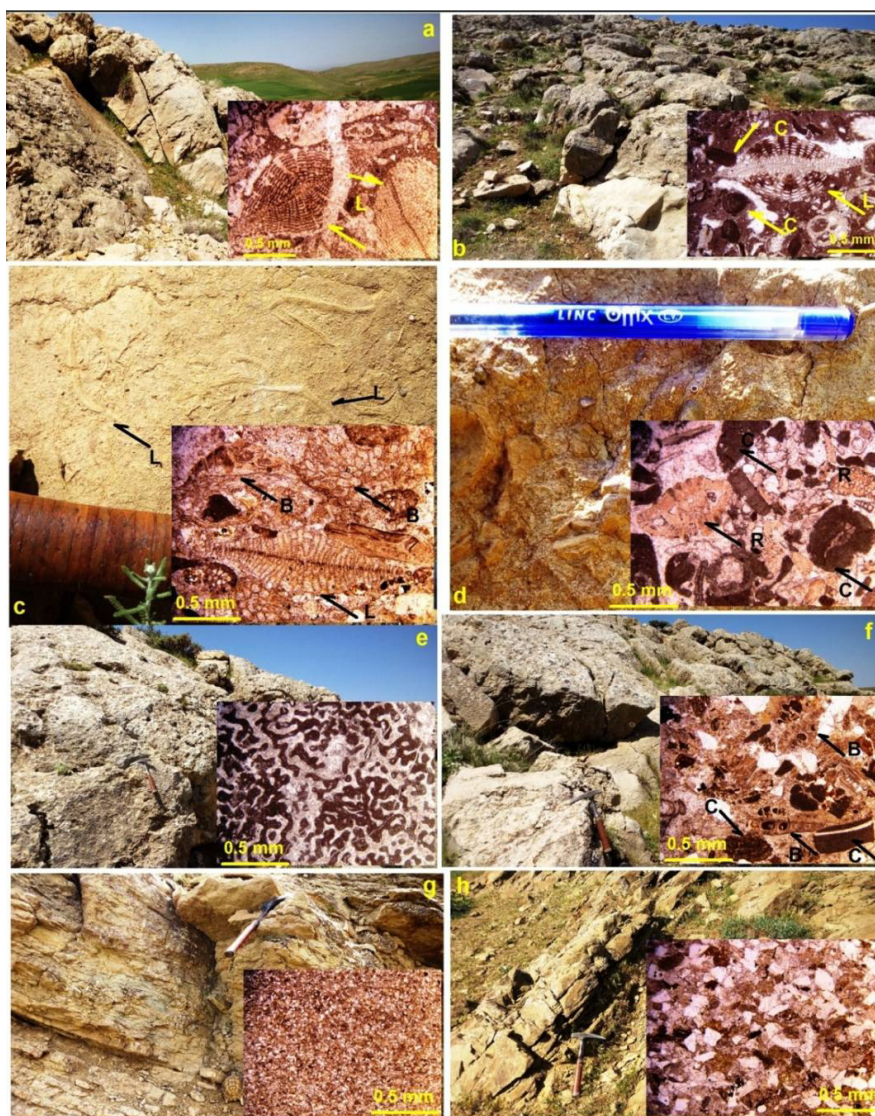
³ planar

¹ bedding

² deep shelf

نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری در سیستم انرژی کم تا متوسط دریایی در زیر سطح اساس امواج عادی (NWB) مربوط به بخش جلوی ریف/ شیب/ دریای باز صورت گرفته است (ویلسون، ۱۹۷۵؛ کورادو و براندو، ۲۰۰۳؛ بوینگتون و ریسی، ۲۰۰۴؛ بسی و همکاران، ۲۰۰۷ و باراتلو و همکاران، ۲۰۰۷). این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۴ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و 4, 5, 6 SMF مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است.

اکینوئید و بریوزوئر درون بافت رسوبی پکستون با چورشدگی و گردشدگی ضعیف است (شکل ۷d) و عموماً تخلخل‌های درون‌دانه‌ای و بین‌دانه‌ای در این رخساره ایجاد شده است. هندسه رخساره به صورت لایه‌ای ندولار (nodular)، سنگ‌آهک قهوه‌ای روشن ضخیم لایه تا ۲ متر است. این رخساره حدود هشت درصد نهشته‌های سازند قم را در برش مورد مطالعه تشکیل داده است. فراوانی *Rotalia* عدسی شکل تا حدود ۳۰ درصد از آلوکم‌های تشکیل‌دهنده سنگ به همراه جلبک‌های مرجانی و قرمز



شکل ۷. رخساره‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی سازند قم در برش پشت دربند

a: Mf.1 Bioclast *Lepidocyclina* packstone; b: Mf.2 *Lepidocyclina* Corralinacea packstone; c: Mf.3 *Lepidocyclina* Bryozoan packstone; d: Mf.4 *Rotalia* Corralinacea packstone; e: Mf.5 Coral Boundstone; f: Mf.6 Corallinacea Bryozoan Packstone; g: Mf.7 Fine grain calcareous sandstone; h: Mf.8 Coarse grain sandstone; (L: *Lepidocyclina*; B: Bryozoan; C: Corralinacea; R: *Rotalia*).

(سیستم انرژی زیاد آب) (فلوگل ۲۰۱۰). مشابه این رخساره توسط امیرشاه کرمی و کاروان (۲۰۱۵) در جنوب قم برای محیط دریای باز بدون وجود سد موثر، توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط ریف و توسط محمدی (۲۰۲۰) در محدوده خورآباد برای بخش پروکسیمال^۵ رمپ میانی معرفی شده است.

۵-۳- کمربند رخساره‌ای جزرومدی (Tidal Flat facies Belt)

Mf.7 Fine grain calcareous sandstone

رخساره ماسه‌سنگ‌آهکی فاقد هرگونه آلوکم و ارتوکم است و به لحاظ ماکروسکوپی شامل طبقات با هندسه ورقه‌ای^۶، به رنگ کرم تا خاکستری، نازک تا متوسط لایه (تا ۳۰ سانتی‌متر) است. دانه‌های کوارتز و فلدسپات تشکیل‌دهنده در خمیره ماسه‌ای- گلی به صورت ریزبلور با جورشدگی متوسط و گردشدگی ضعیف مشاهده می‌شوند (شکل ۷). این رخساره حدود ۹ درصد از نهشته‌های سازند قم را در ناحیه مورد مطالعه تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط کم‌عمق جزرومدی نزدیک به حاشیه لاگون^۷ است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۹ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 20, 23, 25 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است.

Mf.8 Coarse grain sandstone

این رخساره در حقیقت یک لیتوفاسیس محسوب می‌شود و بخش‌های بالایی سازند قم را تشکیل می‌دهد. ماسه‌سنگ‌ها فاقد هرگونه آلوکم و ارتوکم می‌باشند و به لحاظ ماکروسکوپی شامل طبقات با هندسه ورقه‌ای- لایه‌ای^۸، به رنگ کرم تا خاکستری، نازک تا متوسط لایه (تا ۴۰ سانتی‌متر) است. دانه‌های کوارتز و فلدسپات تشکیل‌دهنده به صورت درشت‌بلور با جورشدگی ضعیف تا متوسط و گردشدگی ضعیف مشاهده می‌شوند (شکل ۷h). این رخساره حدود ۱۴ درصد نهشته‌های سازند قم را در برش پشت‌دربند تشکیل داده است. این لیتوفاسیس مرتبط با محیط کم‌عمق جزرومدی (بالای جزرومدی) نزدیک به حاشیه ساحل است و معادل زون رخساره‌ای

۵-۲- کمربند رخساره‌ای ریف (Shoal/ Reef deposits facies Belt)

Mf.5 Coral Boundstone

ای رخساره در حقیقت ساختمان‌های ریفی- مرجانی (بیش از ۸۰ درصد) را در یک بافت رسوبی باندستونی تشکیل می‌دهد (شکل ۷e). بعضاً جلبک‌های قرمز، بریوزوئر و قطعات دوکفه‌ای همراه با کلتی مرجانی مشاهده می‌شود. ساختمان‌های مرجانی خوب حفظ شده نشان‌دهنده سیستم کم انرژی آب روی سطح بستر پایدار و در منطقه نفوذ نور است (نیلسیک و همکاران، ۲۰۰۵). هندسه رخساره به صورت سنگ‌آهک ریفی، توده‌ای و ساختمان ساز، پیوسته و قابل ردیابی با ضخامت تا ۴ متر است و حدود ۱۵ درصد از نهشته‌های سازند قم را در برش مورد تحقیق تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط حاشیه پلت‌فرم، ریف^۱ است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۵ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 7, 11, 12 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است. مشابه این رخساره توسط امیرشاه کرمی و کاروان (۲۰۱۵) در جنوب قم، محمدی و همکاران (۲۰۱۹) در جنوب کاشان و محمدی (۲۰۲۰) در محدوده‌های نطنز و خورآباد برای بخش دیستال^۲ محیط لاگون به عنوان ریف‌های کومه‌ای^۳ معرفی شده است.

Mf.6 Corallinacea Bryozoan Packstone

ترکیبات اصلی رخساره شامل قطعات بریوزوئر و جلبک‌های قرمز به همراه قطعات مرجان، گاستروپود، دوکفه‌ای و اکینویید با جورشدگی متوسط درون بافت رسوبی پکستونی و گاهی فریم‌استونی است (شکل ۷f). تخلخل بین‌دانه‌ای به خوبی درون این رخساره مشاهده می‌شود. هندسه رخساره به صورت لایه‌ای سنگ‌آهک کرم‌رنگ ضخیم لایه (تا ۲ متر) و حدود ۲۵ درصد از توالی سازند قم را در برش پشت‌دربند تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط حاشیه پلت‌فرم، شول ماسه‌ای^۴ است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۶ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 7, 11, 12 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است. تجمع جلبک‌های قرمز و بریوزوئر نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری در یک محیط با بستر شن و ماسه در حاشیه سکو انجام گرفته است

⁵ proximal

⁶ sheet

⁷ tidal flat/evaporitic

⁸ bedding/sheet

¹ platform margin/reef

² distal

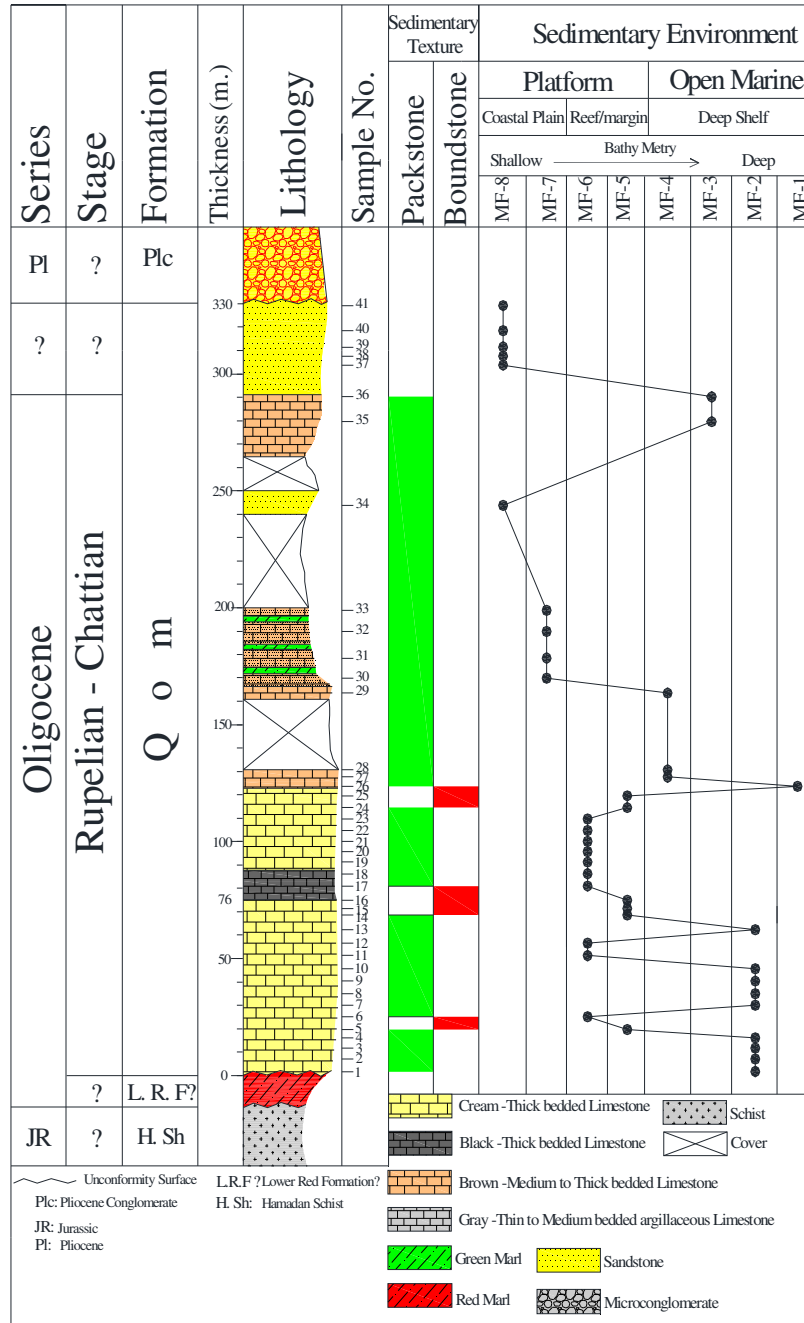
³ patch reefs

⁴ platform margin/sand shoal

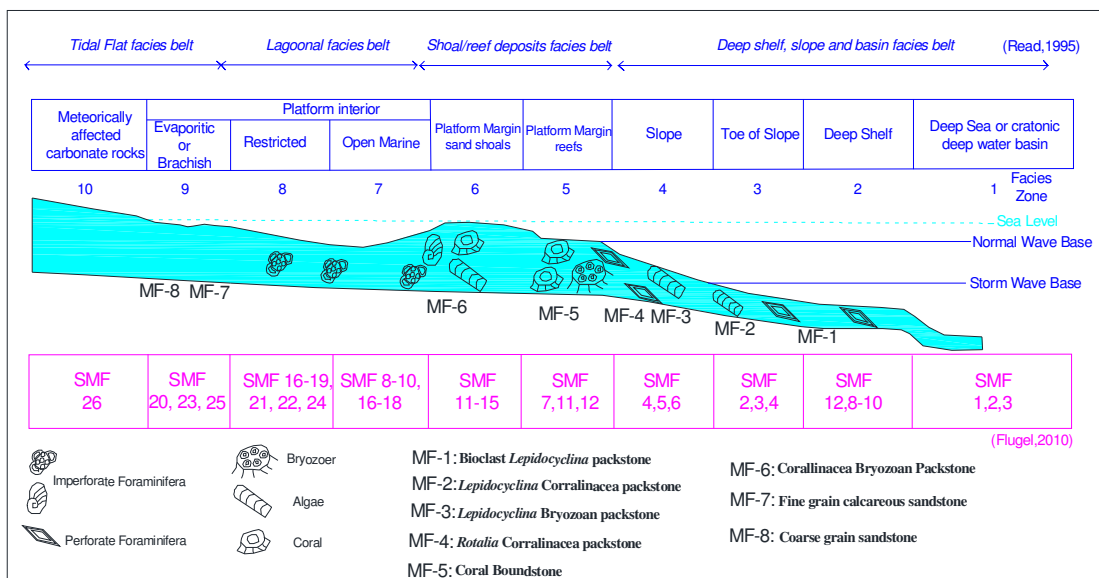
شیب‌قاره و دریای باز شناسایی شده است. براساس توزیع رخساره‌ها در این مطالعه و مقایسه آن‌ها با مطالعات رید (۱۹۹۵)، فلوگل (۲۰۱۰) و ویلسون (۱۹۷۵) و با توجه حضور فراوان رخساره‌های ریفی و حضور پیوسته طبقات سنگ‌آهک به صورت صخره‌ساز (Build up)، مدل رسوبی سازند قم در برش پشت دربند را می‌توان یک شلف باز در نظر گرفت (شکل ۹).

شماره ۹ معرفی شده توسط رید (۱۹۹۵) و SMF 20, 23، و 25 مستند شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است.

۴-۵- مدل رسوبی سازند قم در برش پشت دربند
همانطور که ذکر گردید بوسیله تجزیه و تحلیل رخساره‌ای شامل ویژگی‌های فونا، هندسه رخساره، فابریک و بافت رسوبی، هشت ریزرخساره (شکل ۸) مرتبط با سه کمربند رخساره‌ای جزرومدی، ریف،



شکل ۸. توزیع عمودی رخساره‌های سازند قم در برش پشت دربند



شکل ۹. پروفیل رسوبی سازند قم به عنوان یک شلف باز در برش پشت در بند بر اساس مدل ارائه شده توسط رید (۱۹۹۵)

چینه‌شناسی فرامینیفرها، بیوزون تجمعی *Lepidocyclina* - *Operculina* - *Ditrupe* الیگوسن (روپلین- شاتین) برای سازند قم پیشنهاد گردید. بررسی‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی رخساره‌ها شامل ویژگی‌های فونا، هندسه، فابریک و بافت رسوبی، به شناسایی هشت ریزرخساره مرتبط با سه کمر بند رخساره‌ای جزرومدی، ریف، شیب‌قاره و دریای باز منجر شد. بر مبنای حضور قابل ردیابی رخساره‌های ریفی، مدل رسوبی سازند قم یک شلف باز پیشنهاد شد. تغییرات رخساره‌ای سریع در عضو b سازند قم، احتمالاً نمایانگر زمین‌ساخت پویا در منطقه مورد مطالعه در زمان الیگوسن پسین (شاتین) بوده است.

تشکر و قدردانی

از سردبیر و داوران محترم این نشریه که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آقاباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۶۸ ص
اسدی‌مهماندوستی، ا.، دانشیان، ج.، و مارگیر، ن (۱۳۹۸) ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و فرآیندهای دیاژنزی سازند قم در برش چینه‌شناسی خانی‌آباد، جنوب‌خاوری کاشان، مجله رخساره‌های رسوبی، دوره ۱۲، شماره ۱، ص ۱-۲۲.

نمودار فراوانی رخساره‌ها (شکل ۸) نشان می‌دهد که کارخانه‌های کربنات‌سازی در الیگوسن، بیش‌ترین تولید رسوبات آهکی را در محیط شیب‌قاره و حاشیه شلف در شمال‌باختری ناحیه سندانج-سیرجان داشته‌اند (رخساره‌های ۲ و ۳). تغییرات رخساره‌ای در عضو "a" به صورت تدریجی اما در عضو "b" به صورت سریع، با پس‌نشینی و پیش‌نشینی رخساره‌ای سیستم آب عمیق و کم‌عمق همراه است. به عبارت دیگر، حضور فراوان رخساره‌های لپیدوسیکلینا و کمر بندهای جزرومدی در کنار هم، نشانگر نوسانات سریع سطح آب دریا از بخش‌های عمیق شلف تا پهنه کم عمق جزرومدی است. این فرآیند را می‌توان با احتمال به پویا بودن زمین‌ساخت منطقه مورد مطالعه در زمان الیگوسن پسین نسبت داد.

نتیجه‌گیری

یک برش چینه‌شناسی به ضخامت ۳۳۰ متر به منظور تعیین سن، ریزرخساره‌ها و ارائه مدل رسوبی سازند قم در شمال‌باختر ناحیه ساختاری سندانج-سیرجان انتخاب شد. بررسی‌های صحرایی نشان داد که سازند قم از مجموعه سنگ‌آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه تا توده‌ای (عضو a) و تناوب سنگ‌آهک‌ماسه‌ای و ماسه‌سنگ (عضو b) تشکیل شده است. فونای سازند قم در برش پشت در بند شامل ۱۷ جنس و ۹ گونه از فرامینیفرهای بنتیک و سایر اجزای اسکلتی بود که با توجه به توزیع

- Geological Exploration, Report No, 1074: 1-37.
- Amirshahkarami, M., & Karavan, M (2015) Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran, *Geoscience Frontiers*, 6: 593-604.
- Bassi, D., Hottinger, L., and Nebelsick, J (2007) Larger foraminifera from the upper Oligocene of the Venetian, Northrast Italy. *Palaeontology*, 4: 845-868.
- Behforouzi, E, Safari, A (2011) Biostratigraphy and paleoecology of the Qom Formation in Chenar area (northwestern Khashan), Iran. *Rev Mexican Cienc Geol*, 28(3): 555-565.
- Beavington-Penney, S., J., and Racey, A (2004) Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in paleoenvironmental analysis. *Earth Science Review*, 67: 219-265.
- Bozorgnia, F (1966) Qum Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bull Iran Pet Inst*, 24: 69-75.
- Brandano, M., Frezza, V., Tomassetti, L., and Cuffaro, M (2009a) Facies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member (Lower Coralline Limestone Formation), Malta: *Sedimentology*, 56: 1138-1158.
- Brandano, M., Frezza, V., Tomassetti, L., and Cuffaro, M (2009b) Heterozoan carbonates in oligotrophic tropical water: The Attard member of the lower coralline limestone formation (Upper Oligocene, Malta): *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 274: 54-63.
- Buxton, M. W. N., and Pedley, H. M (1989) A Standardized Model for Tethyan Tertiary Carbonates Ramps. *Journal of the Geological Society*, 146: 746-748
- Cahuzac, B, and Poignant, A (1997) An attempt of biozonation of the European basin, by means of larger neritic foraminifera. *Bulletin de la Société géologique de France*, 168 (2): 155-169.
- Daneshian, J., Ramezani Dana, L (2007) Early Miocene benthic foraminifera and biostratigraphy of Qom Formation, Deh Namak, Central Iran. *Earth Science*, 29(5): 844-858.
- Fergusson, C., Nutman, A. P., Mohajjel, M. & Bennett, V (2016) The Sanandaj-Sirjan Zone in the Neo-Tethyan suture, western Iran: Zircon U-Pb evidence of late Palaeozoic rifting of northern Gondwana and mid-Jurassic orogenesis. *Gondwana Research*, 40: 43-57.
- اسدی‌مهماندوستی، ا.، معلمی، ع.، دانشیان، ج.، و لشگری، ع (۱۳۹۸) تعیین هندسه ساختاری سازند آسماری و بررسی روند تغییرات آن در حوضه رسوبی زاگرس با استفاده از روش مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو، *دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۷، شماره ۱۴، ص ۲۲-۱، 10.22084/PSJ.2019.3401.
- حسینی‌نژاد، م.، رامه، ج.، و اهری‌پور، ر (۱۳۹۵) زیست چینه‌نگاری و محیط‌رسوبی سازند قم در برش تلن‌کوه، جنوب‌باختری سمنان، *دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۴، شماره ۷، ص ۱۱۶-۱۰۱.
- جلالی، م.، صادقی، ع.، و آدابی، م.، ح (۱۳۹۶) ریزرخساره‌ها، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند قم در چاه یورته شاه-۱ و برش سطحی موره کوه (جنوب تهران)، *پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، دوره ۳۳، شماره ۶۶(۱)، ص ۴۸-۲۵.
- امیرشاه کرمی، م.، نعیمی، م (۱۳۹۵) زیست‌چینه‌نگاری روزن‌داران کفزی بزرگ در نهشته‌های الیگوسن-میوسن از سازند قم، *پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، دوره ۳۲، شماره ۲، ص ۱۰۸-۹۱.
- انجم‌شعاع، ع (۱۳۹۲) زیست‌چینه‌نگاری و ریزرخساره‌های نهشته‌های الیگوسن و میوسن در برش بوجان، شمال شرق سیرجان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه پیام‌نور شیراز، ۱۹۷ ص.
- انجم‌شعاع، ع.، امیرشاه کرمی، م (۱۳۹۲) چینه‌نگاری زیستی و محیط‌رسوبی دیرین نهشته‌های الیگوسن پسین در برش تنبور (جنوب‌باختر کرمان، ایران مرکزی)، *دوفصلنامه رخصاره‌های رسوبی*، شماره ۶(۲)، ص ۱۴۹-۱۳۰.
- دانشیان، ج.، اسدی، ا.، و درخشانی، ل (۱۳۹۶) ریزرخساره، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند قم در برش دهنمک، شمال‌خاور گرمسار، *فصلنامه زمین‌شناسی ایران*، سال ۱۱، ص ۴۳-۲۳.
- کاروان، م.، محبوبی، ا.، وزیری‌مقدم، ح (۱۳۹۳) رخصاره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند قم در شمال‌خاوری دلچیان- شمال‌باختری ایران مرکزی، *فصلنامه علوم زمین*، دوره ۲۴ (۹۴)، ص ۲۳۶-۲۲۹.
- اشراقی، ص.، ع.، محمودی‌قرایی، م (۱۳۸۲) نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم توپوگرافیک، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Abaie, I., Ansari, H. J., Badakhshan, A., Jaafari, A (1964) History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran, *Bulletin of Iranian Petroleum Institute*, 15: 561-574.
- Adams, T., D., Bourgeois, F (1967) *Asmari biostratigraphy Iran*, Oil Operation Company,

- Nebelsick, J. H., Rasser, M., and Bassi, D (2005) Facies dynamic in Eocene to Oligocene Circumalpine carbonates: *Facies*, 51(4): 197-216.
- Rahiminejad, A. H., Yazdi, M., Ashouri, A. R (2011) Miocene scleractinian corals from a mix siliciclastic - carbonate system: Bakhtiari succession, Zagros Basin (central western Iran). *Alcheringa*, 35: 571-592.
- Read, J. F (1995) Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds. *SEPM, Short Course Note*, 35: 1-102.
- Reuter, M., Pillar, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rögl, F., Kroh, A., Aubry, M. P., Wielandt Schuster., U., 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*, 98: 627-650.
- Seddighi, M., VaziriMoghadam, H., Taheri, A., Ghabeishavi, A (2012) Depositional environment and constraining factors on the facies architecture of the Qom Formation, Central Basin, Iran. *Historical Biology*, 24 (1): 91-100.
- Yazdi, M., Shirazi, M. P., Rahiminejad, A. H., Motavalipour, R (2012) Paleobathymetry and paleoecology of colonial corals from the Oligocene-Early Miocene (?) Qom formation (Dizlu area, central Iran). *Carbonates and Evaporites*, 27(3): 395-405.
- Vaziri Moghadam, H., & Torabi, H (2004) Biofacies and sequence stratigraphy of the Oligocene succession, Central Basin, Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, (6): 321-33
- Wilson, J. L (1975) *Carbonate Facies in Geologic History*. Berlin-Heidelberg, New York, Springer.
- Wynd, J (1965) Biofacies of the Iranian consortium agreement area. *Iranian Oil Offshore Company Report No. 1082*.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks, analysis interpretation and application*. Berlin-Heidelberg, New York, Springer.
- Furrer, M. A., and Soder, P. A (1955) The Oligo-Miocene marine Formation in the Qom region (Central Iran). In: *Proceedings of 4th World Petrology Congress*. Roma, section I/A/5, 267-277.
- Ghasemi, A., and Talbot, C. J (2006) A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran). *Asian Earth Science*, 26: 683-693.
- 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*, 155: 211-238.
- Laursen, G. V., Monibi, S., Allan, T. L., Pickard, N. A., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F. H., Moallemi, A., Driullion, G (2009) The Asmari Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation. In: *Shiraz First international petroleum conference and exhibition*, Iran, 4-6.
- Loeblich, A., R., Tappan, J., H (1988) *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company, 869 p.
- Loftus, W. K (1855) on the geology of portions of the Turko-Persian frontier, and of the districts adjoining. *Quarterly journal of the Geological Society of London*, 11: 247-344.
- Mohammadi, E., Safari, A., VaziriMoghadam, H., Vaziri, M. R., Ghaedi, M (2011) Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, South of the Kashan, Central Iran. *Carbonates and Evaporites*, 26(3): 255-271.
- Mohammadi, E., Vaziri, M., 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). *Arab Journal Geosciences*, 8(1): 403-423.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A., Vaziri- Moghadam, H (2019) Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan Iran. *Carbonate and Evaporites*, 34: 1293-1306
- Mohammadi, E (2020) Sedimentary facies and depositional environments of the Oligocene-early Miocene marine Qom Formation, Central Iran Back Arc Basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway). *Carbonate and Evaporites*, 35:20, <https://doi.org/10.1007/s13146-020-00553-0>