

## ریزر خساره‌ها و چینه نگاری سکانسی سازند قم در برش گویلر، جنوب باختر استان زنجان

حمیده نوروزپور<sup>\*۱</sup>

۱- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ساوه، ایران

\*پست الکترونیک: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۱۶

### چکیده

برش چینه شناسی گویلر به سبترای ۱۵۵ متر با هدف تعیین محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی نهشته‌های قم در جنوب باختری استان زنجان، شمال باختر ناحیه ساختاری ایران مرکزی، انتخاب شده است. بر اساس مطالعات دیرینه شناسی و گسترش چینه شناسی روزن‌داران، یک زیست‌زون تجمعی به نام *Borelis melocurdica- Borelis melo melo Assemblage Zone* به سن بوردیگالین (میوسن پیشین) با قطعیت برای سازند قم تشخیص داده شده است. آنالیز رخساره‌های شامل ویژگی‌های فونا، هندسه رخساره و بافت رسوبی به شناسایی هفت ریزرخساره مرتبط با چهار کمربند رخساره‌ای لاگون، ریف، شیب قاره و دریای باز منجر شده است. با توجه به عدم شناسایی رسوبات ثقلی، رخساره‌های توریدایتی و حضور رخساره‌های ریفی (۲۵ درصد نهشته‌های قم) از جمله باندستون حاوی مرجان، جلبک و بریوزوئر، مدل رسوبی سازند قم احتمالاً یک شلف باز باشد. نمودار ریزرخساره‌ها نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن پدیده فرسایش احتمالی، آغاز و پایان رسوب گذاری سازند قم در محیط شیب قاره رخ داده است. بر مبنای مطالعات چینه نگاری سکانسی، پنج سکانس رسوبی رده سوم و شش مرز سکانسی تفکیک شده است که سطوح سکانسی شماره یک و شش از نوع اول می‌باشند. مقایسه سطوح سکانسی این مطالعه با سکانس‌های شناسایی شده در دیگر نواحی حوضه ایران مرکزی و حوضه اروپا، مطابقت قابل قبولی را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** سازند قم؛ ریزرخساره؛ سکانس رسوبی؛ بوردیگالین؛ گویلر.

### مقدمه

صفحه ایران بوده و این فرآیند از دوران مزوزوئیک آغاز شده است (Stoklin, 1991). سازند دریایی قم در امتداد سواحل راه آبی تتیس (Reuter et al., 2009) در زمان الیگومیوسن، در سه حوضه سندج - سیرجان (حوضه جلو کمانی)، کمان ماگمایی ارومیه دختر (حوضه درون کمانی) و ایران مرکزی (حوضه پشت کمانی) با روند شمال باختری - جنوب خاوری (با طول بیش از ۱۷۰۰ کیلومتر) رسوب گذاری کرده است (Mohammadi et al., 2020). زمان رسوب گذاری سازند قم در نواحی مذکور متفاوت

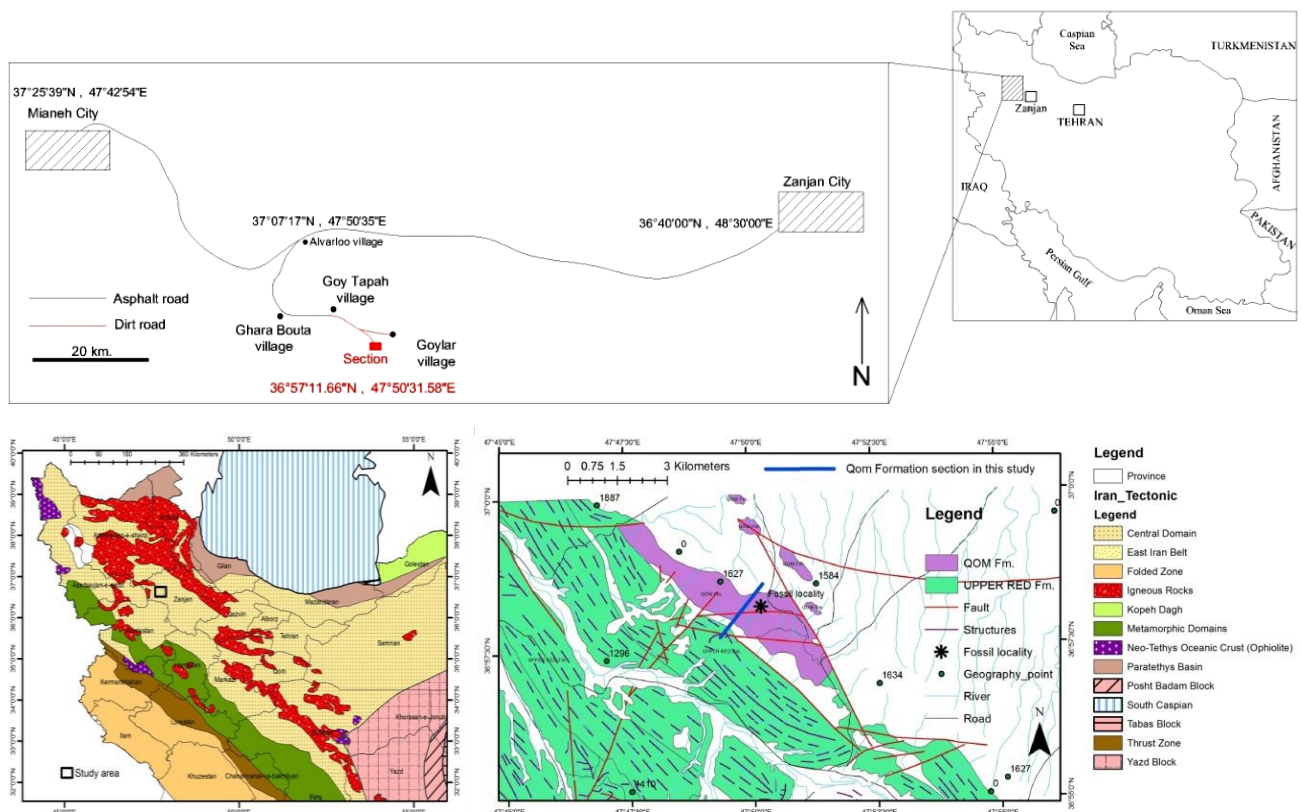
بررسی محیط رسوبی و مطالعات چینه نگاری سکانسی سازند قم به عنوان یک سازند مخزنی و با توجه به پتانسیل وجود منابع هیدروکربوری، از اهمیت بالایی برخوردار است (آقانباتی، ۱۳۸۳). برش چینه شناسی گویلر از سازند قم، در شمال باختری ناحیه ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته است (شکل ۱). میادین نفتی متعددی از جمله البرز، سراجه و زواره در این ناحیه ساختاری واقع شده است (جلالی و همکاران، ۱۳۹۶). ناحیه ساختاری ایران مرکزی تحت تأثیر فرآیند فرورانش صفحه آفریقای/ عربی به زیر

(f, e) به سن روپلین تا بوردیگالین تقسیم بندی کرد که توسط کمیته ملی چینه شناسی ایران نیز پذیرفته شد.

### موقعیت جغرافیایی

برش چینه شناسی گویلر در جنوب باختری استان زنجان قرار گرفته است. جهت دسترسی به برش چینه شناسی گویلر، می توان پس از طی نمودن ۷۰ کیلومتر از مسیر جاده آسفالت زنجان - میانه، به سمت جنوب و به طرف روستاهای قره‌بوتا و گوی تپه تغییر مسیر داده و سپس از طریق راه خاکی به طرف روستای گویلر و برش مورد مطالعه رسید (شکل ۱).

بوده است به طوری که در مناطقی از جمله سبزواران و قم، این پیش‌روی در الیگوسن پیشین و در آذربایجان در میوسن پیشین بوده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). آغاز مطالعات مربوط به سازند قم توسط Loftus (1855) صورت گرفت. در سال ۱۹۵۵ میلادی، Furrer & Soder (1955) سازند قم را به شش عضو a تا f تقسیم کردند (a: سنگ آهک قاعده‌ای، b: مارن‌های ماسه‌ای، c: تناوب مارن و سنگ آهک، d: تبخیری‌ها، e: مارن‌های سبز، f: سنگ آهک). *Abadie et al.* (1964)، سازند قم را در منطقه الگو به ده عضو به سن شاتین تا بوردیگالین تقسیم کردند. سرانجام *Bozorgnia et al.* (1966) سازند قم را به ۹ عضو (a, b, c1, c2, c3, c4, d,



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و جایگاه زمین شناسی برش چینه شناسی گویلر در ناحیه باختر ایران مرکزی؛ نقشه پایه زمین شناسی ایران برگرفته از آقانباتی (۱۳۸۳) و نقشه زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه برگرفته از لطفی (۱۳۸۰)

تعیین سن نهشته‌های سازند قم در برش گویلر از الگوی زیست پهنه‌بندی Wynd (1965) Adams & Bourgeois (1967) و *Laursen et al.* (2009) استفاده شده است. با توجه به ماهیت این مطالعه، از نهشته‌های مارنی سازند قم

### روش مطالعه

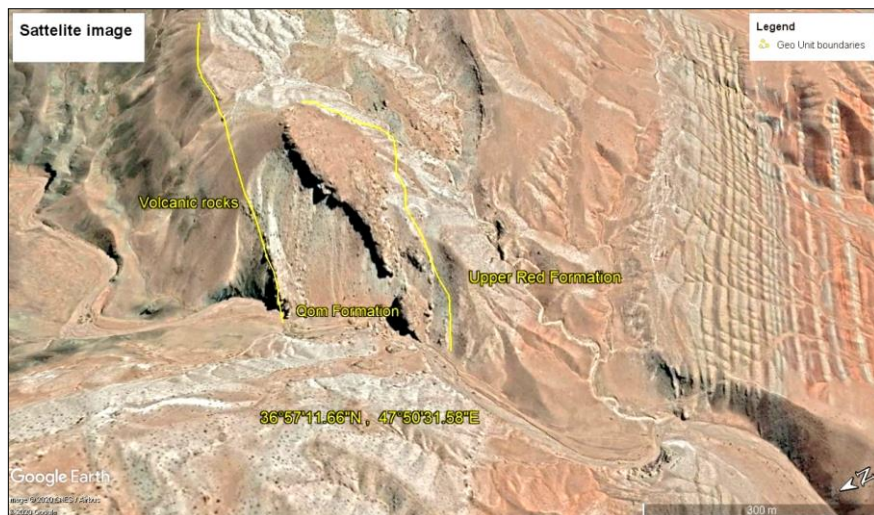
در این مطالعه تعداد ۶۴ مقطع نازک از نمونه‌های سخت سازند قم در برش گویلر تهیه شده است. به دلیل شباهت فونای سازند قم با سازند آسماری در ناحیه زاگرس، جهت

آذرین پی قرار گرفته‌اند و در حقیقت سازند قرمز زیرین در این محدوده رخنمون ندارد. سازند قم از قاعده شامل سنگ آهک کرم رنگ سستیرالایه، سنگ آهک کرم روشن نازک تا متوسط لایه هوازده، سنگ آهک ماسه‌ای سفید تا کرم رنگ نازک تا متوسط لایه پُرفسیل، تناوب شیل و مارن سبز، سنگ آهک قهوه‌ای روشن سستیرالایه پرفسیل، تناوب سنگ آهک گلی با مارن، سنگ آهک ریفی - مرجانی، سنگ آهک نازک لایه تا متوسط لایه به رنگ خاکستری روشن و تناوب مارن سبز و سنگ آهک آرژیلیتی سیلنتی است. همچنین یک دایک بازیگ به رنگ سبز تا ارغوانی تیره درون نهشته‌های سازند قم نفوذ کرده است. بر روی سازند قم، نهشته‌های سازند قرمز بالایی با ۲ متر لایه ژیبسی و به صورت همشیب، اما با ناپیوستگی فرسایشی قرار گرفته‌اند. با توجه به ویژگی‌های سنگی، می‌توان این بخش از سازند قم را معادل عضو f در نظر گرفت. تصویر ماهواره‌ای و صحرایی سازند قم در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

به دلیل عدم لزوم تعیین دقیق جنس و گونه‌های فونای شناور، نمونه‌برداری نشده است، اگرچه شناسایی دقیق جنس و گونه‌های روزن‌داران شناور در تعیین ویژگی‌های دیرینه بوم‌شناختی آنها از جمله ژرفای زیست دیرینه کمک به سزایی می‌کند و در نتیجه آن، می‌توان رخساره‌ها و حداکثر سطوح غرقابی (mfs) در مطالعات چینه‌نگاری سکansı را بهتر تفکیک کرد. با این حال، در پژوهش حاضر شناسایی فونای شناور صرفاً با مطالعه مقاطع نازک انجام گرفته است. برای تعیین ریزرخساره‌ها و مدل رسوب‌گذاری سازند قم، از مطالعات Read (1995) و Flugel Hunt & Tucker (2010) الگوبرداری و جهت شناسایی سکانس‌های رسوبی از روش چینه‌نگاری سکansı Hunt & Tucker (1992, 1993) استفاده شده است.

### سنگ چینه نگاری

نهشته‌های سازند قم در برش گویلر به سستیرالایه ۱۵۵ متر به لحاظ سنگ چینه نگاری بر روی سنگ‌های آتشفشانی از جنس توف، بازالت و آندزیت به صورت ناپیوستگی



شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای برش مورد مطالعه (برگرفته از Google Earth)

Bolli & Saunders, (1983) Kennett & Srinivasan (1985) Wade *et al.* و Iaccarino *et al.* (2005) (2011) استفاده شده است. بر این اساس، در مجموع تعداد ۲۴ جنس و ۳۲ گونه شامل ۱۷ جنس و ۱۹ گونه از

### زیست چینه نگاری

برای شناسایی روزن‌داران کفزی از مطالعات Loeblich & Tappan (1988) و جهت شناسایی جنس و گونه‌های روزن‌داران شناور در مقاطع نازک از منابعی همچون



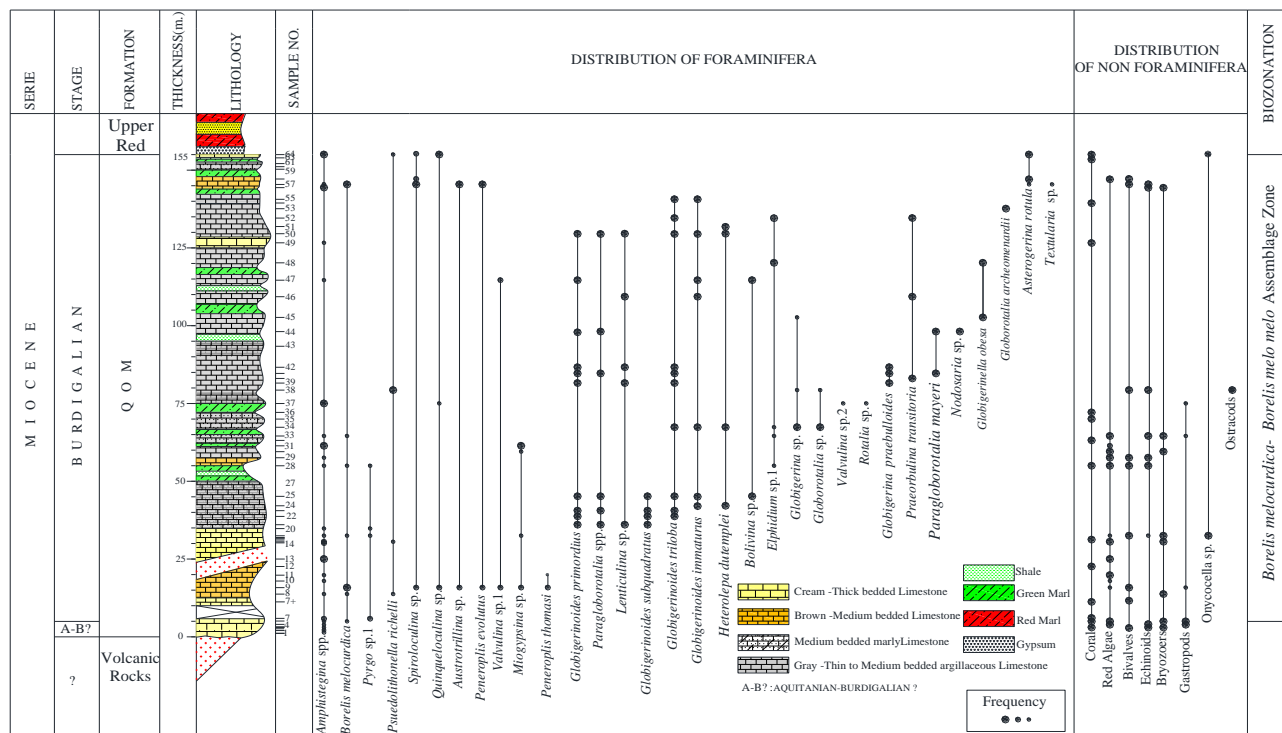
شکل ۳: تصویر صحرایی از برش چینه شناسی گویلر (نگاه به سوی جنوب خاور)

برای سازند قم تشخیص داده شده است. اولین حضور گونه *Borelis melocurdica* در ۵ متری قاعده سازند قم در برش گویلر شناسایی شده است که تا زیر سازند قرمز بالایی هم گسترش دارد. بنابراین ۵ متر قاعده‌ای نهشته‌های سازند قم به سن آکیتانین - یوردیگالین (۴) در نظر گرفته شده است. فونای شناور شناسایی شده سن میوسن پیشین را تأیید می‌کنند و در حقیقت ستبرای قابل توجهی از زیست‌زون *Borelis melocurdica* - *Borelis melo melo* Assemblage zone را شامل می‌شود.

### ریزرخساره‌ها و مدل رسوبی

از دیدگاه تنوع رخصاره‌ای، حوضه قم دارای تغییرات گسترده‌ای است و مدل‌های مختلف رسوب گذاری برای آن معرفی شده است. برای مثال، Vaziri Moghdam & Mohammadi *et al.* (2004) در باختر اردستان، (2011) Sedighi *et al.* در جنوب کاشان، (2012) Sedighi *et al.* در شمال خاور کاشان، دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار و اسدی مهماندوستی (۱۳۹۸) در جنوب خاوری کاشان، مدل رسوب گذاری سازند قم را یک شلف باز معرفی کردند. در مقابل، Rueter *et al.* (2009) در نواحی سیرجان - اصفهان و قم، Amirshahkarami & Karevan (2015)

روزنداران کفزی نظیر *Amphistegina* spp., *Borelis*, *Austrotrillina* sp., *Asterigerina rotula*, *Heterolopa*, *Elphidium* sp.1, *melocurdica*, *Miogypsina* sp., *Lenticulina* sp., *dutemplei*, *Peneroplis*, *Peneroplis evolutus*, *Nodosaria* sp., *Pyrgo* sp.1, *Psuedoilthonella richelli thomasi*, *Spiroloculina* sp., *Rotalia* sp., *Quinqueloculina* sp., *Valvulina* sp.1, *Textularia* sp. و *Valvulina* sp.2 و ۷ جنس و ۱۳ گونه از روزنداران شناور با برش محوری در مقاطع نازک شامل *Globigerina*, *Bolivina* sp., *Globigerinella*, *Globigerina* sp., *praebulloides*, *Globigerinoides immaturus*, *obesa*, *Globigerinoides primordius*, *Globigerinoides triloba*, *subquadratus*, *Globorotalia* sp., *Globorotalia archeomenardii* و *Paragloborotalia* spp., *Paragloborotalia mayeri* و *Praeorbulina transitoria* شناسایی شده است. بر مبنای گسترش چینه شناسی این روزنداران (شکل ۴)، یک زیست‌زون تجمعی به نام *Borelis melocurdica* - *Borelis melomelo* Assemblage zone به سن یوردیگالین (میوسن پیشین) به ستبرای ۱۵۰ متر با قطعیت



شکل ۴: گسترش چینه شناسی روزن‌داران و زیست چینه نگاری سازند قم در برش گویلر

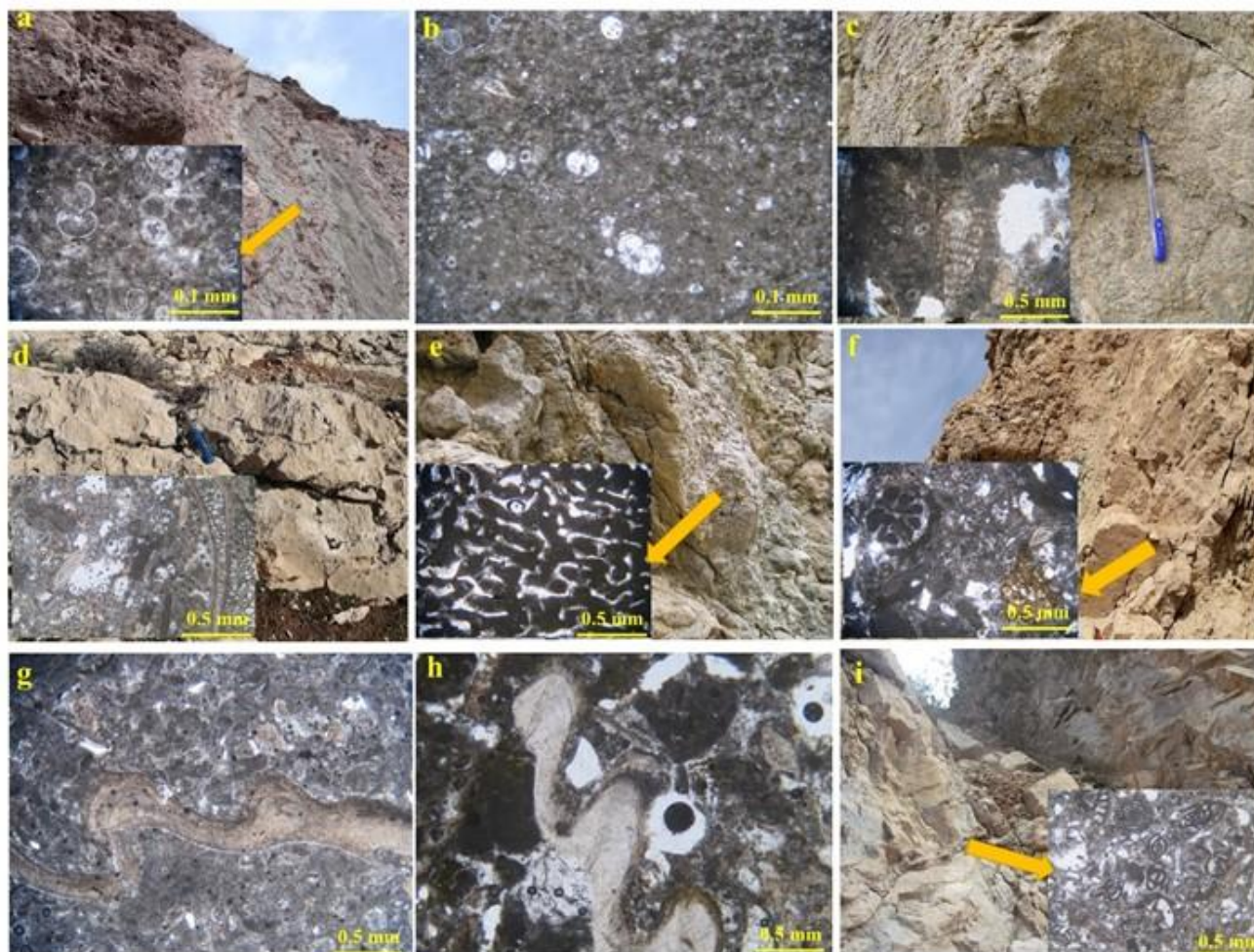
**Mf1- Planktonic foraminifera wackestone-packstone**  
 ترکیب اصلی این ریزرخساره شامل فونای شناور (حدود ۱۰ تا ۴۵ درصد) مشتمل بر روزن‌داران شناوری نظیر *Globigerinoides*، *Globigerina*، *Bolivina*، *Praeorbulina* و *Paragloborotalia* شامل به ندرت (کمتر از ۵ درصد) فونای کفزی شامل *Heterolopa*، *Lenticulina* و *Nodozaria* همراه با قطعات اکتینوئید درون یک بافت میکریتی همگن و کستونی تا پکستونی با جورشدگی ضعیف است (شکل ۵). از لحاظ ماکروسکوپی، این ریزرخساره شامل سنگ آهک‌های آرژیلیتی نازک تا متوسط لایه خاکستری رنگ است که عمدتاً در تناوب با مارن‌های سبز رنگ حاوی فونای شناور قرار گرفته‌اند. نمودار توزیع عمودی ریزرخساره‌ها (شکل ۸) نشان می‌دهد که این ریزرخساره حدود ۴۴ درصد از نهشته‌های سازند قم را به خود اختصاص داده است (شکل ۶). این ریزرخساره با شوری نرمال در زیر سطح اساس امواج نرمال (NWB) و طوفانی دریا (SWB) در محیط

در ناحیه قم، *Mohammadi et al.* (2019) در جنوب باختر کاشان و *Mohammadi* (2020) در نواحی نطنز و خورآباد، به یک محیط رسوبی رمپ کربناته برای سازند قم باور دارند.

بر پایه شناسایی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی و تعیین بافت سنگ، هفت ریزرخساره در این پژوهش برای سازند قم به سن میوسن پیشین شناسایی شده است. این ریزرخساره‌ها با زون‌های رخساره‌ای معرفی شده توسط *Read* (1995) و *Flügel* (2010) مقایسه شده‌اند و مدل رسوب‌گذاری بر مبنای مطالعات ایشان در نظر گرفته شده است. در زیر، با توجه به ریزرخساره‌های شناسایی شده، چهار کمربند رسوبی بر اساس مطالعات *Read* (1995) پیشنهاد شده است:

#### ۱- کمربند رخساره‌ای شلف ژرف/شیب قاره

این کمربند خود شامل سه ریزرخساره مختلف به شرح زیر است:



شکل ۵: تصاویر صحرایی و میکروسکپی ریزرخساره‌های سازند قم در برش گویلر:

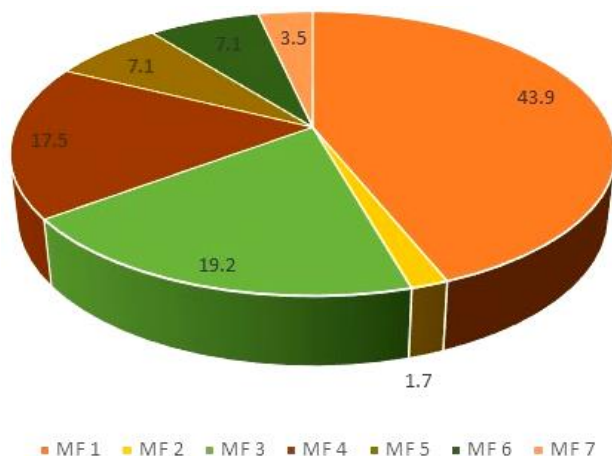
a-b: Mf1. Planktonic foraminifera wackestone-packstone; c: Mf2. Bioclast *Miogypsina* packstone; d: Mf3. *Amphistegina* coral corallinacea packstone; e: Mf4. Coral Boundstone; f: Mf5. Bioclast bryozoan corallinacea Packstone; g-h: Mf6. Bioclast Packstone; i: Mf7. Porcelaneous foraminifera Packstone.

همراه با قطعات اکیئوئید (حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد) و بعضاً جلبک قرمز (حدود ۵ درصد) و به ندرت فونای شناور درون بافت پکستونی دانه درشت با جورشدگی متوسط است (شکل ۵). اندازه دانه‌ها بین ۰/۲ تا ۲ میلی‌متر و بعضاً تا ۵ میلی‌متر و بیشتر است. از لحاظ هندسی، این رخساره از نوع لایه‌ای شامل سنگ آهک‌های خاکستری روشن تا کرم رنگ ستبرلایه با تخلخل بین دانه‌ای است. این ریزرخساره حدود ۲ درصد نهشته‌های قم را در برش گویلر تشکیل داده است (شکل ۶) و مشابه آن (فونای منفذدار) توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط شلف و توسط Mohammadi (2020) در

شلف ژرف از دریای باز تفسیر می‌شود و معادل زون رخساره‌ای شماره ۲ معرفی شده توسط Read (1995) و همچنین ریزرخساره‌های استاندارد 8-10, 12 SMF در نوشته Flugel (2010) است. مشابه این ریزرخساره از سازند قم توسط جلالی و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب تهران و توسط Mohammadi *et al.* (2019) برای رخساره مارن دارای فونای شناور (پیشنهاد شده برای محیط رمپ بیرونی) در جنوب کاشان معرفی شده است.

#### Mf2- Bioclast *Miogypsina* packstone

اجزای اصلی این ریزرخساره شامل روزن‌داران منفذدار (حدود ۴۰ درصد) نظیر *Amphistegina* و *Miogypsina*



شکل ۶: نمودار فراوانی ریزخساره های سازند قم در برش گویلر:

Mf1. Planktonic foraminifera wackestone-packstone; Mf2. Bioclast *Miogypsina* packstone; Mf3. *Amphistegina* coral corallinacea packstone; Mf4. Coral Boundstone; Mf5. Bioclast bryozoan corallinacea Packstone; Mf6. Bioclast Packstone; Mf7. Porcelaneous foraminifera Packstone.

## ۲- کمربند رخساره ای ریف

دو ریزرخساره مختلف به شرح زیر در این کمربند شناسایی شده است:

### Mf4- Coral Boundstone

این ریزرخساره در حقیقت ساختمان های ریفی - مرجانی (بیش از ۸۰ درصد) را در یک بافت رسوبی باندستونی تشکیل می دهد (شکل ۵). جلبک های قرمز، بریوزوئر و قطعات دوکفه ای نیز همراه با کلنی مرجانی مشاهده می شوند. ساختمان های مرجانی خوب حفظ شده نشان دهنده سیستم کم انرژی آب روی سطح بستر پایدار و در منطقه نفوذ نور است (Nebelsick *et al.*, 2005). هندسه رخساره به صورت توده ای و ساختمان ساز، پیوسته و قابل ردیابی در بخش های میانی سازند قم، با ستبرای تا ۴ متر است و حدود ۱۷ درصد نهشته های سازند قم را در برش گویلر تشکیل داده است (شکل ۶). این ریزرخساره مرتبط با محیط ریف است (Wilson, 1975) و معادل زون رخساره ای شماره ۵ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره های استاندارد SMF 7, 11, 12 در نوشته

محدوده های نظنز و خورآباد برای محیط رمپ میانی معرفی شده است. حضور فونای منفذ دار کوچک مرتبط به محیط رسوبی دریای باز (پنجه شیب قاره) در زیر سطح اساس امواج طوفانی دریا (SWB) نسبت داده می شود و معادل زون رخساره ای شماره ۳ معرفی شده Read (1995) و ریزرخساره های استاندارد SMF 2, 3, 4 در نوشته Flugel (2010) است.

### Mf3- *Amphistegina* coral corallinacea packstone

آغاز و پایان رسوب گذاری سازند قم با این ریزرخساره همراه است. اجزای اصلی این ریزرخساره شامل فونای منفذدار نظیر *Amphistegina*، مرجان و جلبک قرمز همراه با قطعات اکینوئید و بریوزوئر درون بافت رسوبی پکستون با جورشدگی و گردشگی ضعیف است (شکل ۵) و عموماً تخلخل های درون دانه ای و بین دانه ای در این رخساره ایجاد شده است. از لحاظ میکروسکوپی شامل سنگ آهک کرم رنگ ستبرلایه تا توده ای است. این ریزرخساره حدود ۱۹/۲ درصد نهشته های سازند قم را در برش گویلر تشکیل داده است (شکل ۶) و در قاعده سازند قم به صورت کلینوفورم (محیط رسوبی شیب قاره از دریای باز) مشاهده می شود. تنوع و فراوانی *Amphistegina* عدسی شکل به همراه جلبک های کورالیناسه و قرمز نشان می دهد که رسوب گذاری در سیستم انرژی کم تا متوسط دریا در زیر سطح اساس امواج عادی (NWB) مربوط به بخش جلوی ریف/شیب/دریای باز صورت گرفته است. این ریزرخساره معادل زون رخساره ای شماره ۴ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره های استاندارد SMF 4, 5, 6 در نوشته Flugel (2010) است. مشابه این ریزرخساره توسط Mohammadi *et al.* (2019) در جنوب کاشان و Mohammadi (2020) در محدوده های نظنز و خورآباد برای محیط رمپ میانی معرفی شده است.

### ۳- کمر بند رخساره‌ای لاگون

ریزرخساره‌های شناسایی شده در این کمر بند شامل دو ریزرخساره مختلف به شرح زیر است:

#### Mf6- Bioclast Packstone

اجزای اصلی این ریزرخساره شامل بریوزوئر (حدود ۱۵ درصد)، جلبک قرمز (حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد)، قطعات دو کفه‌ای (حدود ۵ درصد)، شکم‌پا (حدود ۲ درصد)، استراکد (حدود ۲ درصد) به همراه میلولید و اکتینوئید درون یک بافت پکستونی با جورشدگی متوسط است (شکل ۵). اجزای غیراسکلتی پلت با جورشدگی و گردشدگی خوب در این ریزرخساره حضور دارند. در صحرا، این رخساره به صورت لایه‌های سنگ آهک ستبر لایه است. این ریزرخساره حدود ۷ درصد نهشته‌های سازند قم را در برش گویلر تشکیل داده است و مشابه آن توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط شلف درونی و توسط Mohammadi (2020) در محدوده خورآباد برای بخش دیستال رمپ درونی (لاگون نیمه محصور) معرفی شده است (شکل ۶). تجمع قطعات بایوکستی به همراه برخی فونای بدون منفذ نشان دهنده رسوب گذاری در یک محیط شلف درونی است. این ریزرخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۷ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره‌های استاندارد SMF10 در نوشته Flugel (2010) است.

#### Mf7- Porcelaneous foraminifera Packstone

این ریزرخساره از تنوع زیاد فونای با پوسته پورسلانوز و بدون منفذ (حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد) از جمله *Borelis*، *Quinqueloculina*، *Peneroplis* و *Spiroloculina* به همراه قطعات دو کفه‌ای، شکم‌پا، اکتینوئید و پلت تشکیل شده است. هندسه رخساره به صورت طبقه‌ای مسطح بوده و در صحرا شامل طبقات سنگ آهک کرم رنگ ستبر لایه با

است. مشابه این ریزرخساره توسط Flugel (2010) است. مشابه این ریزرخساره توسط Amirshahkarami & Karevan (2015) در جنوب قم، Mohammadi *et al.* (2019) در جنوب کاشان و Mohammadi (2020) در محدوده‌های نطنز و خورآباد برای بخش دیستال محیط لاگون به عنوان ریف‌های کومه‌ای معرفی شده است.

#### Mf5- Bioclast bryozoan corallinacea Packstone

ترکیب اصلی این ریزرخساره شامل قطعات بریوزوئر (حدود ۱۵ درصد) و جلبک‌های قرمز (حدود ۳۰ درصد) به همراه قطعات مرجان، شکم‌پا، دو کفه‌ای و اکتینوئید با جورشدگی متوسط درون بافت رسوبی پکستونی و گاهی چارچوب ساز است (شکل ۵). تخلخل بین دانه‌ای به خوبی درون این رخساره مشاهده می‌شود. ویژگی صحرایی این رخساره به صورت لایه‌هایی از سنگ آهک قهوه‌ای روشن ستبر لایه است. این ریزرخساره حدود ۷ درصد نهشته‌های سازند قم را در برش گویلر تشکیل داده است و مشابه آن توسط Amirshahkarami & Karevan (2015) در جنوب قم برای محیط دریای باز بدون وجود سد مؤثر، توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط ریف و توسط Mohammadi (2020) در محدوده خورآباد برای بخش پروکسیمال رمپ میانی معرفی شده است (شکل ۶). در این مطالعه، این ریزرخساره مرتبط با محیط ریف است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۵ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره‌های استاندارد SMF 7, 11, 12 در نوشته Flugel (2010) است. تجمع جلبک‌های قرمز و بریوزوئر پیشنهاد می‌کند رسوب گذاری در یک محیط با بستر شن و ماسه در حاشیه سکو انجام گرفته است (سیستم انرژی آب بالا) که معادل زون رخساره‌ای شماره ۶ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره‌های استاندارد SMF 11-15 استاندارد در نوشته Flugel (2010) است.



مقایسه آنها با مطالعات Wilson (1975)، Read (1995) و Flugel (2010) و با توجه به عدم شناسایی رسوبات ثقلی، رخصاره‌های توریدایتی و حضور پیوسته طبقات سنگ آهک به صورت صخره ساز، مدل رسوبی سازند قم در برش گویلر بر اساس شواهد موجود را می‌توان یک شلف باز در نظر گرفت (شکل ۷). این درحالی است که به هر حال احتمالاً بخش‌هایی از توالی قاعده سازند قم و همچنین بخش‌های بالایی آن در زیر سازند قرمز بالایی در اثر فرسایش از بین رفته باشند.

نمودار فراوانی رخصاره‌ها (شکل ۸) نشان می‌دهد کارخانه تولید کربنات کلسیم در میوسن پیشین، بیشترین تولید رسوبات آهکی و مارنی را در محیط ژرف شلف داشته‌اند (رخصاره ۱/ فونای شناور). تغییرات سریع و ناگهانی پس‌رونده و پیش‌رونده رخصاره‌ای مرتبط با سیستم آب ژرف و کم ژرفا در میوسن پیشین اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر، حضور فراوان رخصاره‌های حاوی زیستاران شناور و کمربندهای ریفی در کنار هم، نشانگر نوسانات سریع سطح آب دریا از بخش‌های ژرف شلف تا حاشیه سکو است. همچنین احتمالاً بدون در نظر گرفتن پدیده فرسایش، آغاز و پایان رسوب‌گذاری دریای میوسن پیشین قم در محیط شیب قاره و بسیار سریع رخ داده است.

ستبرای ۲ تا متر است و حدود ۳/۵ درصد نهشته‌های قم را در برش گویلر تشکیل داده است (شکل ۶). مشابه این ریزرخساره توسط Amirshahkarami & Karevan (2015) در جنوب قم برای محیط لاگون از رمپ درونی، توسط دانشیان و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب گرمسار برای محیط شلف درونی، توسط جلالی و همکاران (۱۳۹۶) در جنوب تهران برای محیط شلف درونی و توسط Mohammadi (2020) در محدوده‌های نطنز و خورآباد برای بخش پروکسیمال رمپ درونی معرفی شده است. این ریزرخساره شاخص محیط لاگون در یک سیستم کم ژرفا و شرایط نور شدید مرتبط با محیط شلف درونی است و معادل زون رخصاره‌ای شماره ۸ معرفی شده توسط Read (1995) و ریزرخساره استاندارد SMF18 در نوشته Flugel (2010) است.

### مدل رسوبی سازند قم در برش گویلر

همان‌طور که ذکر شد، به کمک تجزیه و تحلیل رخصاره‌ای شامل ویژگی‌های فونا، هندسه رخصاره، فابریک و بافت رسوبی، هفت ریزرخساره مرتبط با چهار کمر بند رخصاره‌ای لاگون، ریف، شیب قاره و دریای باز شناسایی شده است. بر اساس توزیع رخصاره‌ها در این مطالعه و



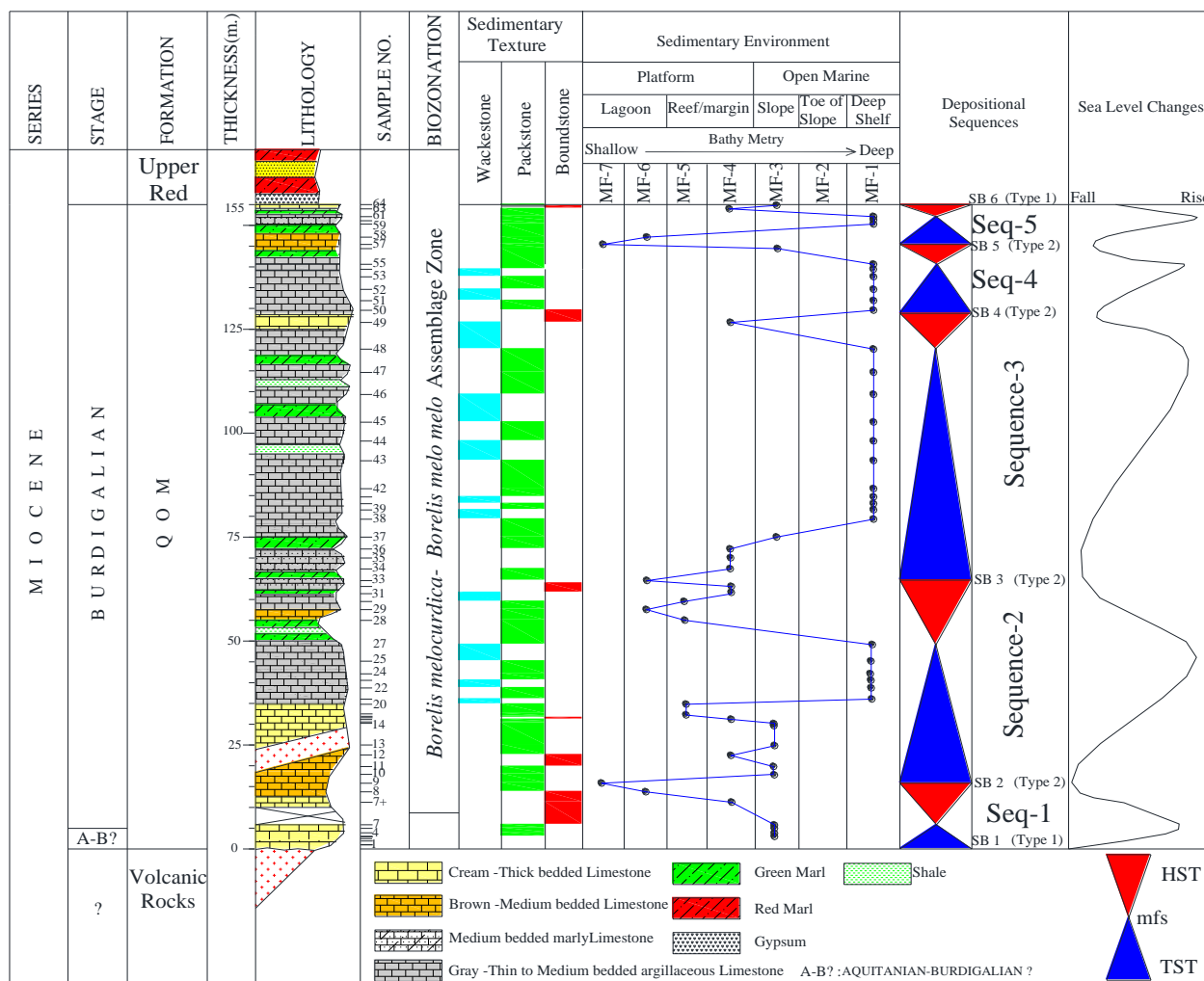
شکل ۷: مدل رسوبی شمانیک سازند قم در برش گویلر (با اندکی تغییر و تلفیق، برگرفته از مطالعات Reed, 1995; Flugel, 2010; دانشیان و همکاران، ۱۳۹۶)

Mf1. Planktonic foraminifera wackestone-packstone; Mf2. Bioclast *Miogyopsina* packstone; Mf3. *Amphistegina* coral corallinacea packstone; Mf4. Coral Boundstone; Mf5. Bioclast bryozoan corallinacea Packstone; Mf6. Bioclast Packstone; Mf7. Porcelaneous foraminifera Packstone.

### چینه نگاری اسکانسی

بر مبنای بررسی‌های صحرایی و شناسایی و نحوه توزیع رخصاره‌های سازند قم در برش گوپلر، پنج سکانس رسوبی رده سوم به سن آکیتانین - بوردیگالین برای نهشته‌های سازند قم تفکیک شده است (شکل ۸). لازم به ذکر است حضور و تکرار توالی مارن‌های سبز رنگ در این برش کاملاً در تناوب با سنگ آهک‌های آرژیلیتی حاوی فونای شناور بوده و به همین دلیل این توالی به عنوان یک بسته

رسوبی در نظر گرفته شده است. لذا از نمونه‌های مارنی نمونه‌گیری نشده است، هرچند بررسی فونای احتمالی موجود در نهشته‌های مارنی به صورت ایزوله بسیار مفید و ارزشمند است و قطعیت نتایج حاصله را افزایش می‌دهد. روش و الگوی انجام مطالعات چینه نگاری اسکانسی در این مطالعه بر پایه مدل چینه نگاری اسکانسی Hunt & Tucker (1992, 1993) صورت گرفته است.

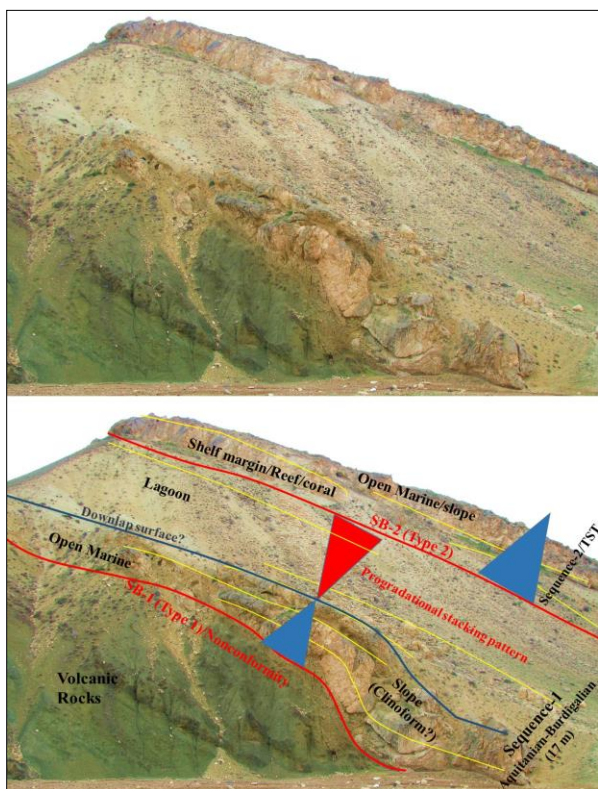


شکل ۸: توزیع عمودی رخصاره‌ها، تغییرات نسبی سطح دریا و سکانس‌های رسوبی سازند قم در برش گوپلر

### سکانس اول

این سکانس به ستبرای ۱۷ متر، قاعده سازند قم را شامل می‌شود و بر مبنای مطالعات زیست چینه نگاری، سن آکیتانین - بوردیگالین؟ دارد. مرز زیرین این سکانس به

دلیل قرار گرفتن سازند قم بر روی سنگ‌های آتشفشانی و وجود ناپیوستگی آذرین پی از نوع اول است و مرز بالایی آن به صورت پیوستگی معادل و از نوع دوم است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) این سکانس با ریزخساره Mf3



شکل ۹: تصویر صحرایی گویا شده سکانس اول سازند قم به سن آکیتانین - بوردیگالین؟ در برش گویلر؛ نمایش هندسه شیب قاره (کلینوفورم؟) در بسته رسوبی پیش‌رونده، طرح برانبارش پیش‌رونده و شناسایی احتمالی سطح زیرهمپوشان (نگاه به سوی جنوب خاور)

### سکانس سوم

این سکانس بیشترین ستبرای از نهشته‌های سازند قم را به سن بوردیگالین دربر گرفته است (۶۵ متر) و مرز زیرین و بالایی آن با تغییرات رخساره‌ای دریایی به صورت پیوستگی معادل و از نوع دوم است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) و حداکثر سطح غرقابی (mfs) این سکانس به ستبرای ۵۷ متر صرفاً به صورت تجمعی، شامل نهشته‌های مارن و سنگ آهک آرژیلیتی نازک لایه حاوی فونای شناور (Mf1) مرتبط با بخش ژرف شلف است. بسته رسوبی تراز بالا یا پس‌رونده (HST) سکانس سوم به ستبرای ۸ متر با پیش‌نشینی رخساره‌ها به سوی محیط ریف همراه است به طوری که ریزرخساره Mf1 از بخش ژرف شلف (زون ریزرخساره شماره ۲ در نوشته Reed, 1995) با ریزرخساره Mf4 جایگزین شده است (شکل‌های ۸ و ۱۱).

به صورت تجمعی<sup>۱</sup> و به ستبرای ۵ متر به عنوان بخشی از هندسه کلینوفورم<sup>۲</sup> حوضه تعیین شده است. حداکثر سطح غرقابی (mfs) این سکانس با کاهش فونای مرجانی و کورالیناسه‌آو ازدیاد در تنوع جنس *Amphistegina* همراه است. بسته رسوبی<sup>۳</sup> تراز بالا یا پس‌رونده (HST) سکانس اول به ستبرای ۱۲ متر با پیش‌نشینی رخساره‌ها (Progradation) به سوی سکو و لاگون همراه است به طوری که ریزرخساره Mf3 از دریای باز به ریزرخساره‌های Mf4 مرتبط با محیط ریف، Mf6 و در نهایت Mf7 از محیط لاگون تغییر کرده است (شکل‌های ۸ و ۹).

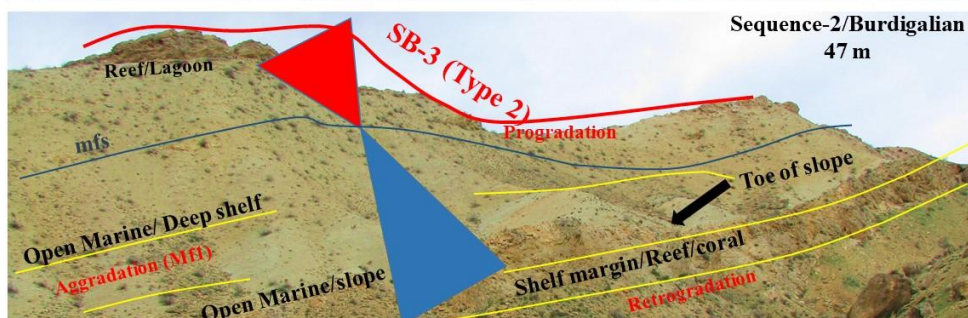
### سکانس دوم

این سکانس با ۴۷ متر ستبرای، سن بوردیگالین دارد و مرز زیرین و بالایی آن با تغییرات رخساره‌ای دریایی به صورت پیوستگی معادل و از نوع دوم است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) در این سکانس با پیش‌نشینی تدریجی رخساره‌ها<sup>۴</sup> شامل رخساره‌های ریف به طرف دریای باز (شیب قاره، پنجه شیب و شلف ژرف) همراه بوده است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) در نهایت با ریزرخساره Mf1 و به صورت تجمعی به ستبرای ۳۳ متر، حداکثر سطح غرقابی (mfs) را تعیین می‌کند. بسته رسوبی تراز بالا یا پس‌رونده (HST) سکانس اول به ستبرای ۱۴ متر با پیش‌نشینی سریع رخساره‌ها<sup>۵</sup> به سوی شلف درونی همراه بوده به طوری که ریزرخساره Mf1 از بخش ژرف شلف به ریزرخساره Mf5 (مرتبط با کمر بند ریف و سکو) و ریزرخساره Mf6 (در ارتباط با کمر بند لاگونی) تغییر کرده است (شکل‌های ۸ و ۱۰).

- 1- Aggradation
- 2- Clinoform
- 3- System tract
- 4- Retrogradation
- 5- Progradation



شکل ۱۰: تصویر صحرایی گویا شده سکانس دوم سازند قم به سن بوردیگالین در برش گویلر؛ پس‌نشینی تدریجی رخساره‌ها به طرف پنجه شیب قاره و طرح برانبارش جمعی در بسته رسوبی پیش‌رونده سکانس دوم به خوبی مشخص است (نگاه به سوی جنوب باختر).



با محیط لاگون با ریزرخساره Mf1 از بخش ژرف شلف جایگزین شده است. افزایش در فراوانی و تنوع فونای شناور به عنوان حداکثر سطح غرقابی (mfs) در این سکانس تعیین شده است. بسته رسوبی تراز بالا یا پس‌رونده (HST) سکانس چهارم به ستبرای ۳ متر با پیش‌نشینی سریع رخساره‌ها به سوی محیط شیب قاره با هندسه کلینوفورم همراه بوده به طوری که شاید بتوان سطح زیرهمپوشان<sup>۶</sup> را با توجه به هندسه رخساره و لایه‌ها در بالاترین حد رخساره شماره ۱ تعیین کرد (شکل‌های ۸ و ۱۲).

### مقایسه سطوح سکانشی این مطالعه با دیگر نواحی حوضه ایران مرکزی

سکانش‌های شناسایی شده در این مطالعه، با سکانش‌های معرفی شده توسط Rueter et al. (2009) برای سازند قم در حوضه ایران مرکزی (حوضه‌های قم و سیرجان - اصفهان) مقایسه شده است. Rueter et al. (2009) در مطالعات خود، چهار برش چینه شناسی از سازند قم به نام‌های قم (حوضه قم)، چاله قره (حوضه قم)، زفره و آباده

### سکانس چهارم

سکانس چهارم به سن بوردیگالین، ۱۷ متر ستبرای دارد و مرز بالایی آن بر مبنای تغییر رخساره شلف ژرف به لاگون به صورت نوع دوم در نظر گرفته شده است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) و حداکثر سطح غرقابی (mfs) این سکانس به ستبرای ۹ متر صرفاً به صورت جمعی، شامل مارن و سنگ آهک آرژیلیتی نازک لایه حاوی فونای شناور (Mf1) مرتبط با بخش ژرف شلف است. بسته رسوبی تراز بالا یا پس‌رونده (HST) سکانس سوم به ستبرای ۸ متر با پیش‌نشینی رخساره‌ها به سوی شیب قاره با ریزرخساره‌های Mf3 و Mf7 مشخص شده است (شکل‌های ۸ و ۱۱).

### سکانس پنجم

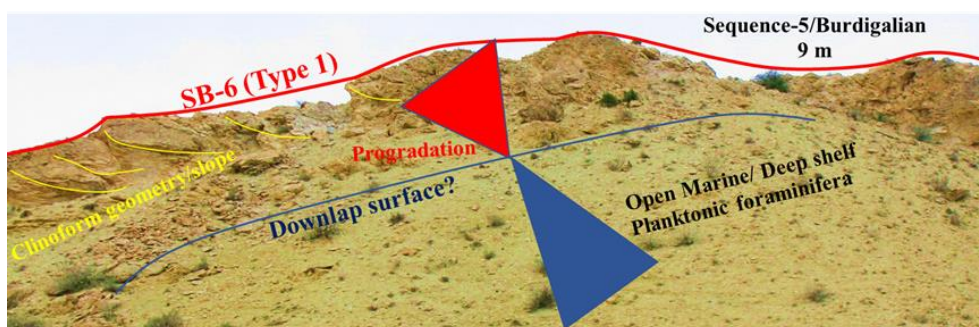
این سکانس با ۹ متر ستبرای و سن بوردیگالین کمترین انباشت رسوب از توالی سازند قم را شامل شده است و مرز بالایی آن منطبق بر قاعده سازند قرمز بالایی با وجود لایه ژپیس، از نوع اول است. بسته رسوبی پیش‌رونده (TST) در این سکانس به ستبرای ۶ متر با پس‌نشینی ناگهانی رخساره‌ها همراه بوده به طوری که ریزرخساره Mf7 مرتبط



شکل ۱۱: تصویر صحرایی گویا شده سکانس‌های سوم و چهارم سازند قم به سن بوردیگالین در برش گویلر؛ طرح برانبارش تجمعی در بسته رسوبی پیش‌رونده و پیش‌نشینی رخساره‌ها به طرف پنجه شیب قاره، شیب قاره و لاگون (نگاه به سوی جنوب باختر)



شکل ۱۲: تصویر صحرایی گویا شده سکانس پنجم سازند قم به سن بوردیگالین در برش گویلر؛ هندسه شیب قاره (کلینوفورم؟) در بسته رسوبی پیش‌رونده و شناسایی احتمالی سطح زیرهمپوشان (نگاه به سوی جنوب باختر)؛ توضیح این که شیب لایه‌ها به سوی جنوب باختر است و مرز بالایی سکانس منطبق با لایه ژیبسی قاعده سازند قرمز بالایی است که در این تصویر مشاهده نمی‌شود.



سکانس ۴ برش‌های زفره و چلهه و سکانس ۶ برش قم باشد. بنابراین سکانس‌های اول و دوم در برش گویلر احتمالاً معادل سکانس ۱ بوردیگالین از مطالعات Hardenbol *et al.* (1998) هستند. سکانس سوم این مطالعه معادل آخرین سکانس (سکانس ۷) معرفی شده

(حوضه سیرجان - اصفهان) را بررسی نمودند. از طرفی ایشان سطوح سکانسی شناسایی شده را با مطالعات Hardenbol *et al.* (1998) برای حوضه اروپا مقایسه کردند. با توجه به بررسی‌های چینه نگاری سکانسی، سکانس‌های اول و دوم در این مطالعه می‌تواند معادل

می‌توان معادل سکانس ۳ بوردیگالین از مطالعات Hardenbol *et al.* (1998) در نظر گرفت. این در حالی است که سکانس‌های مذکور در برش‌های مطالعاتی Rueter *et al.* (2009) قرار نگرفته‌اند (شکل ۱۳).

توسط Rueter *et al.* (2009) در برش قم است. ایشان سکانس ۷ در برش قم را معادل سکانس ۲ بوردیگالین در نوشته Hardenbol *et al.* (1998) برای حوضه اروپا قرار داده‌اند. سکانس‌های چهارم و پنجم در برش گوپلر را

Age (Ma)	Standard Chronostratigraphy GTS 2004		Hardenbol <i>et al.</i> 1998	Reuter <i>et al.</i> 2009			Northwest of Central Iran This study Goylar section	
	Epoch	Stage	European Basin	Esfahan-Sirjan Basin Zefreh section	Qom Basin Chalhe section	Qom section		
20	Miocene	Burdigalian	Bur4				S-5	
			Bur3				S-4	
			Bur2				Seq-7	
		20.43	Bur1	Seq-4	Seq-4	Seq-6	S-3	
		Aquitanian	Aq2					S-2
			Aq1					S-1
23.03	23.03							

شکل ۱۳: مقایسه سکانس‌های پیشنهادی این مطالعه با سکانس‌های شناسایی شده توسط Rueter *et al.* (2009) در حوضه‌های قم و سیرجان - اصفهان (ایران مرکزی) و Hardenbol *et al.* (1998) در حوضه اروپا

ریف، شیب قاره و دریای باز بر اساس توزیع رخساره‌ها شناسایی شد و با توجه به عدم شناسایی رسوبات ثقلی، رخساره‌های توریدایتی و حضور پیوسته رخساره‌های ریفی، مدل رسوبی سازند قم یک شلف باز پیشنهاد گردید. بر مبنای مطالعات چینه نگاری سکانسی، پنج سکانس رسوبی رده سوم و شش مرز سکانسی تفکیک شده است که سطوح سکانسی شماره یک و شش از نوع اول در نظر گرفته شده‌اند. مشاهدات و تفسیر صحرایی و میکروسکوپی رخساره‌ها و سکانس‌ها نشان داد که احتمالاً دو هندسه کلینوفورم مرتبط با محیط شیب قاره و دو سطح زیرهمپوشان برای نهشته‌های سازند قم قابل تشخیص است. مقایسه سکانس‌های شناسایی شده در این مطالعه با دیگر نواحی حوضه ایران مرکزی و سطوح سکانسی حوضه اروپا مطابقت خوبی نشان می‌دهد.

## نتیجه‌گیری

با هدف بررسی‌های چینه نگاری سکانسی سازند قم در شمال باختر ناحیه ساختاری ایران مرکزی (جنوب باختری استان زنجان)، برش چینه شناسی گوپلر با ستبرای ۱۵۵ متر انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است. سازند قم در این برش شامل سنگ آهک‌های نازک تا ستبرایه، سنگ آهک ریفی - مرجانی و تناوب مارن سبز و آهک آرژیلیتی است. مطالعات دیرینه شناسی نشان داده است ۵ متر ابتدایی سازند قم در این برش احتمالاً سن آکیتانین - بوردیگالین؟ دارند، ضمن این که بر اساس اولین ظهور *Borelis melo curdica*، یک زیست‌زون تجمعی به نام *Borelis melo curdica-Borelis melo melo* Assemblage Zone به سن بوردیگالین (میوسن پیشین) به ستبرای ۱۵۰ متر برای سازند قم تعیین شده است. چهار کمر بند رخساره‌ای لاگون

## منابع

- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.  
اسدی مهماندوستی، ا.، دانشیان، ج.، مارگیر، ن.، ۱۳۹۸. ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و فرآیندهای دیاژنری سازند قم در برش چینه شناسی خانی‌آباد، جنوب خاوری کاشان. *رخساره‌های رسوبی*، ۱۲ (۱): ۱-۲۲.

- دانشیان، ج.، اسدی، ا.، و درخشانی، ل.، ۱۳۹۶. ریزرخساره، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند قم در برش ده نمک، شمال شرق گرمسار. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۱: ۲۳-۴۳.
- جلالی، م.، صادقی، ع.، آدابی، م.، ح.، ۱۳۹۶. ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند قم در چاه یورته شاه ۱ و برش سطحی موره کوه (جنوب تهران). پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۶۶(۱): ۲۵-۴۸.
- لطفی، م. ۱۳۸۰. نقشه زمین شناسی ماه نشان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی 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. Iranian Oil Operating Companies. *Geological and Exploration Division*, Report 1074: 1-37. (Unpublished)
- 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.
- Bolli, H.M., & Saunders, J.B., 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktonic foraminifera. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielson, K., (eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, 155-262.
- Bozorgnia, F., 1966. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 24: 69-75.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application. *Springer-Verlag*, Berlin, Heidelberg. 984 p.
- Furrer, M.A., & Soder, P.A., 1955. The Oligo-Miocene Formation in the Qom region (Iran). *Processing of 4<sup>th</sup> World Petroleum Congress*, 6-15 June, Roma, Italy, 267-277.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., De Graclansky, P.C., & Vail, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. *SEPM Special Publications*, 60: 3-14.
- Hunt, D., & Tucker, M.E., 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall. *Sedimentary Geology*, 81: 1-9.
- Hunt, D., & Tucker, M.E., 1993. Sequence stratigraphy of carbonate shelves with an example from the mid-Cretaceous (Urgonian) of southeast France. *International Association of Sedimentologists, Special Publication*, 18: 307-341.
- Iaccarino, S., Premoli-Silva, I., Biolzi, M., Foresi, L.M., Lirer, F., & Petrizzo, M.R., 2005. Practical Manual of Oligocene to Middle Miocene Planktonic Foraminifera. *International School on Planktonic Foraminifera*, course IV, 124 p.
- Kennett, J.M., & Srinivasan, M.S., 1983. Neogene planktonic foraminifera, a phylogenetic atlas. *Hutchinson Ross publish Company Pennsylvania*, 1-263.
- Laursen, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F.S.H., Moallemi, A., & Driullion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation. *First international petroleum conference & exhibition*, Shiraz, Iran, 1-5.
- Loeblich, A.R.Jr., & Tappan, E., 1988. Foraminiferal genera & their classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 1-970.
- Loftus, W.K., 1855. On the geology of the Turko-Persian Frontier and of the districts adjoining, *Quart. Journal of Geological Society of London*, 11: 247-344.
- 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>
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A., & Vaziri-Moghaddam, H., 2019. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan Iran. *Carbonate and Evaporites*, 34: 1293-1306.

- Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghadam, H., Vaziri, M. R., & Ghaedi, M., 2011. Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, South of the Kashan, Central Iran. *Carbonates Evaporites*, 26: 255–271.
- Mohammadi, E., Vaziri, M.R., & 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*, 8 (1): 403-423.
- Nebelsick, J.H., Rasser, M., & Bassi, D., 2005. Facies dynamic in Eocene to Oligocene Circumalpine carbonates. *Facies*, 51 (4): 197-216.
- Read, J.F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds. *SEPM, Short Course Notes*, 35:1-102
- Reuter, M., Piller, 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 the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. *International Journal of Earth Sciences*, 98 (3): 627-650.
- Seddighi, M., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A., & Ghabeishavi, A., 2011. Depositional environment and constraining factors on the facies architecture of the Qom Formation, Central Basin, Iran. *Historical Biology*, 24: 91-100.
- Stocklin, J., & Setudehina, A., 1991. Stratigraphic lexicon of Iran. *Geological Survey of Iran*. 18: 1–376.
- Vaziri-Moghaddam, H., & Torabi, H., 2004. Biofacies and sequence stratigraphy of the Oligocene succession, Central basin, Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, Stuttgart, 6: 321-344.
- Wade, B. S., Pearson, P. N., Berggren, W. A., & Pälike, H., 2011. Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale. *Earth Science Review*, 104 (1-3): 111-142.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. 1<sup>st</sup> edition, *Springer-Verlag*, New York, 1-471.
- Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian Oil Consortium Agreement area. *Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division*, Report 1082. (Unpublished).



# Microfacies and sequence stratigraphy of the Qom Formation; Goylar section; Southwest of Zanjan province

Noroozpour, H.<sup>1\*</sup>

1- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University (PNU), Saveh, Iran

\* Email: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

## Introduction

Sedimentary environment and sequence stratigraphic studies of the Qom Formation as a reservoir rock is of utmost importance in terms of the potential for hydrocarbon resources. Bozorgnia (1966) divided the Qom Formation into nine members (a, b, c1, c2, c3, c4, d, e, f) in the age of Rupelian to Burdigalian, which the National Stratigraphic Committee of Iran accepted. This research is focused on paleoenvironmental interpretations and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Goylar stratigraphic section, which is located northwest of the structural zone of Central Iran.

## Materials and Methods

A total of 64 thin sections of hard samples of Qom Formation in the Goylar section have been prepared. Due to the similarity of foraminifera in the Qom and Asmari formations, the biozonation of the Asmari Formation, which is documented by Wynd (1965), Adams & Bourgeois (1967), and Laursen *et al.* (2009), has been used in this research. Determination of planktonic foraminifera has been done only by studying thin sections. To recognition of the facies and sedimentary model of the Qom Formation, studies of Reed (1995) and Flugel (2010) have been used, and to undertake sequence stratigraphy, the model of Hunt & Tucker (1993, 1995) is used.

## Discussion and Conclusion

Qom Formation in the Goylar section is 155 meters in thickness. Qom Formation includes thick-bedded limestone, thin to medium bedded sandstone, shale and marl, reef-coral limestone, and green marl and argillaceous limestone alternation. According to the lithological characteristics, Qom Formation in this area can be equivalent to member f. A total of 24 genera and 18 species, including 17 genera and species of Benthic foraminifera: *Borelis melocurdica*, *Psuedoithonella richelli*, *Peneroplis evolutus*, *Peneroplis thomasi*, *Heterolopa dutemplei*, *Asterigerina rotula*, *Valvulina* sp.1, *Valvulina* sp.2, *Pyrgo* sp.1., *Amphistegina* spp., *Spiroloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Austrotrillina* sp., *Miogypsina* sp., *Lenticulina* sp., *Elphidium* sp.1., *Rotalia* sp., *Nodosaria* sp., *Textularia* sp.; and 7 genera and 13 species of planktonic foraminifera with an axial incision in thin sections including *Globigerinoides primordius*, *Globigerinoides subquadratus*, *Globigerinoides triloba*, *Globigerinoides immaturus*, *Paragloborotalia mayeri*, *Paragloborotalia* spp., *Globigerina praebulloides*, *Globigerina* sp., *Globigerinella obesa*, *Globorotalia archeomenardii*, *Globorotalia* sp., *Praeorbulina transitoria*, *Bolivina* sp.

According to paleontological studies and based on the stratigraphic distribution of foraminifera, *Borelis melocurdica*-*Borelis melo melo* Assemblage Zone (Burdigalian, Early Miocene) has been recognized certainly for the Qom Formation. Facies analysis, including variety in fauna features, facies geometry, and sedimentary textures, has produced seven microfacies related to the four facies belts of the lagoon, reef, slope, and open marine. Deep Shelf/Slope Facies Belt: Mf.1. Planktonic foraminifera wackestone-packstone, Mf.2. Bioclast *Miogypsina* packstone, and Mf.3. *Amphistegina* coral corallinacea packstone; Shoal/ Reef deposits facies Belt: Mf.4. Coral Boundstone, and Mf.5. Bioclast bryozoan corallinacea Packstone, and Lagoonal facies Belt: Mf.6. Bioclast Packstone, and Mf.7. Porcelaneous foraminifera Packstone.

Consequently, of lacking the sediment gravity flows, turbidity facies, and presence of the reef facies deposits (25 percent of the Qom deposits) including coral boundstone, algae, and bryozoan, sedimentation of the Qom formation occurred likely on an open shelf. Facies distribution chart demonstrates that the beginning and closure of the Qom Formation sedimentation occurred significantly in the continental slope environment (without considering the possible erosion phenomenon). Based on sequence stratigraphic studies, five

depositional sequences and six-sequence surfaces have been separated (the first and sixth sequence surfaces being of the type-1). Comparing the sequence levels of this study with the sequences identified in other regions of the Central Iran Basin and the European Basin shows a good correlation.

**Keywords:** Qom Formation, Microfacies, depositional sequence, Burdigalian, Goylar.

### References

- Adams, T.D., & Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy. Iranian Oil Operating Companies. *Geological and Exploration Division*, Report 1074: 1-37. (Unpublished)
- Bozorgnia, F., 1966. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 24: 69-75.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application. *Springer-Verlage*, Berlin, Heidelberg. 984 p.
- Hunt, D., & Tucker, M.E., 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. *Sedimentary Geology*, 81: 1-9.
- Hunt, D., & Tucker, M.E., 1993. Sequence stratigraphy of carbonate shelves with an example from the mid-Cretaceous (Urgonian) of southeast France. *International Association of Sedimentologists, Special Publication*, 18: 307-341.
- Laursen, G.V, Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiny, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F.S.H., Moallemi, A., & Driullion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation. *First international petroleum conference & exhibition*, Shiraz, Iran, 1-5.
- Mohammadi, E., Vaziri, M.R., & Dastanpour, M., 2015. Biostratigraphy of the nummulitids and Lepidocyclinids bearing Qom Formation based on larger benthic foraminifera (Sanandaj-Sirjan forearc basin and Central Iran back-arc basin, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (1): 403-423.
- Read, J.F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy, and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds. *SEPM, Short Course Notes*, 35:1-102
- Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian Oil Consortium Agreement area. *Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division*, Report 1082. (Unpublished).