

چینه نگاری زیستی و بوم شناسی دیرینه سازند قم در ناحیه قمصر (جنوب غرب کاشان)

طیب بینازاده^۱، امراله صفری^{۲*}، حسین وزیری-مقدم^۳

- ۱- دانشجوی دکتری چینه شناسی و فسیل شناسی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۲- دانشیار چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۳- استاد چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
- *safari@sci.ui.ac.ir

دریافت اسفند ۱۴۰۲، پذیرش خرداد ۱۴۰۳

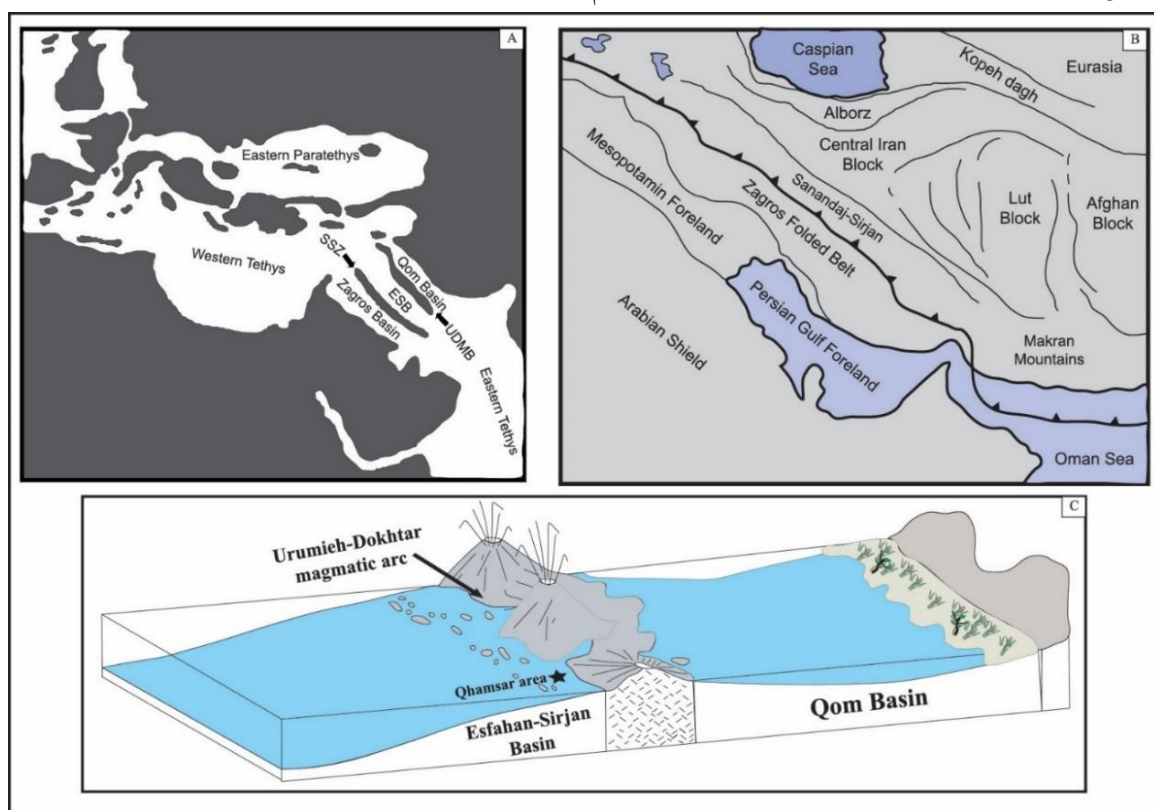
چکیده

به منظور مطالعات چینه نگاری زیستی و بوم شناسی دیرینه، سازند قم در برش قمصر کاشان مورد مطالعه قرار گرفته است. برش مورد مطالعه با ۳۱۳ متر ضخامت شامل سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای و شیل بوده که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن قرار گرفته و به وسیله آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده شده است. بر اساس مطالعات انجام شده در مجموع ۲۱ جنس و ۳۵ گونه از روزن‌داران کفزی شناسایی گردید. با توجه به مجموعه روزن‌داران کفزی سن سازند قم در این برش روپلین پسین- شاتین تعیین شده است. با توجه به شرایط دیرینه بوم شناسی مطرح شده، در بخش‌های پایین برش قمصر (روپلین پسین)، شرایط نوری یوفوتیک و شرایط غذایی ابتدا یوتروفی و سپس مزو-الیگوتروفی می‌باشد. در طی شاتین، شرایط غذایی ابتدا مزو-الیگوتروفی و سپس بین یوتروفی و مزو-الیگوتروفی در نوسان است. شرایط نوری نیز بین یوفوتیک، مزو-الیگوفوتیک و آفوتیک متغیر می‌باشد. شرایط شوری در طی روپلین پسین و شاتین نیز عمدتاً بین شوری نرمال دریایی و ۵۰-۴۰ psu در نوسان است. روزن‌داران کفزی بزرگ با دیواره هیالین مانند *Lepidocyclina*، *Amphistegina* و *nummulitids* در محیط‌های کم عمق با انرژی زیاد، دارای پوسته ضخیم‌تر و اندازه صدف کوچک‌تر و در محیط‌های عمیق، به علت کاهش شدت نور و تحرک کم آب، دارای پوسته‌های نازک‌تر و کشیده‌تر می‌باشند. نتایج حاصل از مورفومتری ۱۸۶ نمونه *Amphistegina* نشان می‌دهد که عمق دیرینه آب در برش قمصر (روپلین پسین- شاتین) از کمتر از ۱۱ متر تا کمتر از ۴۴ متر در نوسان بوده است.

کلمات کلیدی: زیست چینه نگاری؛ بوم شناسی دیرینه؛ سازند قم؛ ایران مرکزی

۱- مقدمه

ایران مرکزی در شمال به خط درز پالتوتیس و در جنوب به خط درز نئوتیس محدود می‌شود [۱]. سازند قم (الیگومیوسن) در زون رسوبی-ساختاری ایران مرکزی [۱] و در حاشیه شمالی راه دریایی نئوتیس [۲۷ و ۵۲] واقع شده است. روتر و همکاران [۵۲] حوضه قم را به دو زیر حوضه پس کمان قم و پیش کمان اصفهان-سیرجان تقسیم کردند. با این حال، در سال (۲۰۱۳) محمدی و همکاران [۴۰] سومین زیر حوضه (زیر حوضه درون کمان ماگمایی ارومیه-دختر) را به حوضه قم اضافه کردند (شکل ۱). اهمیت اقتصادی از یک طرف و نقش ارتباطی بین تیس شرقی (The proto-Indian Ocean) و تیس غربی (The proto-Mediterranean Sea) به طور هم‌زمان در صفحه ایران، مطالعه دقیق سازند قم را ضروری می‌سازد [۳۹ و ۴۰]. اهداف این پژوهش: (۱) تجزیه و تحلیل زیست چینه نگاری سازند قم در منطقه قمصر کاشان (۲) شناسایی گونه‌های *Amphistegina* براساس تجزیه و تحلیل مورفومتری. (۳) بررسی شرایط پالئواکولوژی سازند قم در برش قمصر.

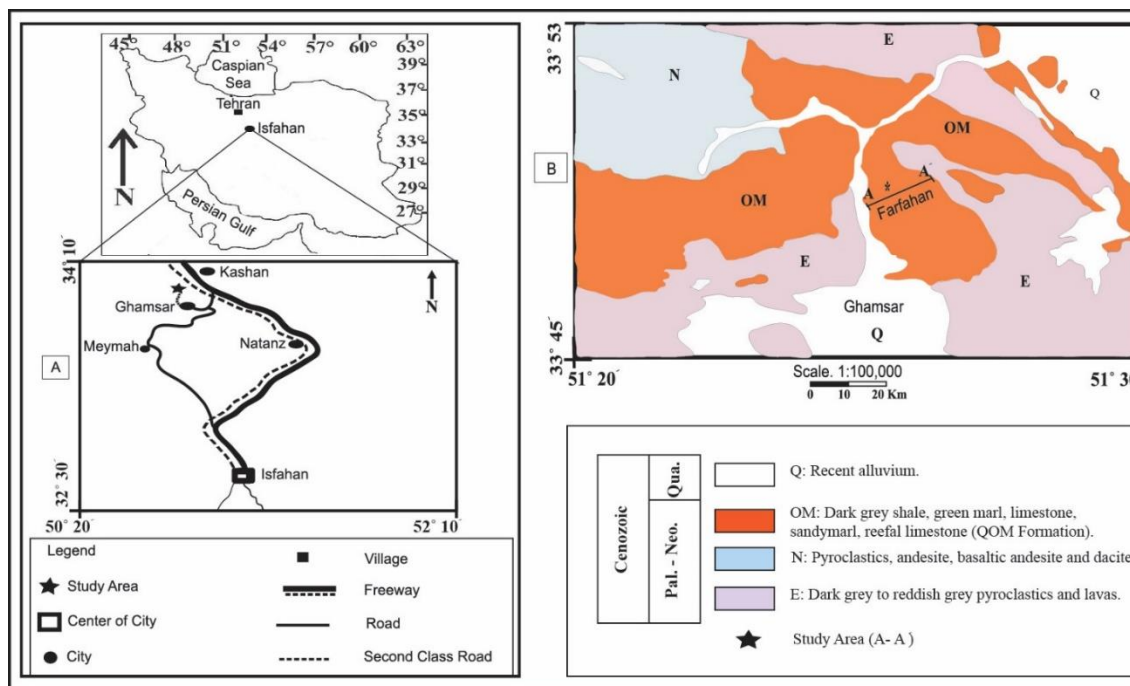


شکل ۱. A. نقشه جغرافیایی دیرینه راه دریایی تتیان در طی زمان‌های الیگو-میوسن. QB: حوضه قم؛ ESB: حوضه اصفهان-سیرجان؛ ZB: حوضه زاگرس؛ UDMB: حوضه کمان ماگمایی ارومیه-دختر [۲۷ و ۵۲]. B. زون‌های رسوبی-ساختاری ایران [۲۹]. C. دیاگرام شماتیک از حوضه رسوبی سازند قم در طی زمان الیگو-میوسن (برگرفته از [۵۲]).

۲- روش‌ها و مواد

برای دستیابی به اهداف مورد نظر، برش چینه شناسی مناسبی از سازند قم در ناحیه قمصر (جنوب غرب کاشان) انتخاب گردید. این برش با مختصات جغرافیایی "E: 51° 26' 13" و "N: 33° 46' 45" در ۳۴ کیلومتری جنوب غرب کاشان و ۳ کیلومتری شمال شهر قمصر قرار دارد (شکل ۲). بر اساس مطالعات روتر و همکاران (۲۰۰۹) برش مورد مطالعه در کمان ماگمایی ارومیه-دختر قرار گرفته است [۵۲].

(شکل ۲). در مجموع از برش قمصر ۲۵۲ نمونه آهکی و ۱۷ نمونه شیلی برای مطالعه برداشت گردید. شناسایی جنس و گونه‌های روزن‌داران کفزی براساس مطالعات پیشین [۱۰ و ۳۵ و ۵۳ و ۲۲]. همچنین شناسایی جنس و گونه‌های *Amphistegina* براساس آنالیز مورفومتری [۲۲ و ۵۳] انجام شده است. به دلیل شباهت سازند قم با سازند آسماری [۵۶] و ۱۵ و ۳۲، از زیست‌زون ارائه شده برای سازند آسماری [۱۹] و زیست‌زون‌های ارائه شده برای سازند قم توسط محمدی [۳۷] استفاده شده است.



شکل ۲. A. نقشه راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه B. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه [۱۱].

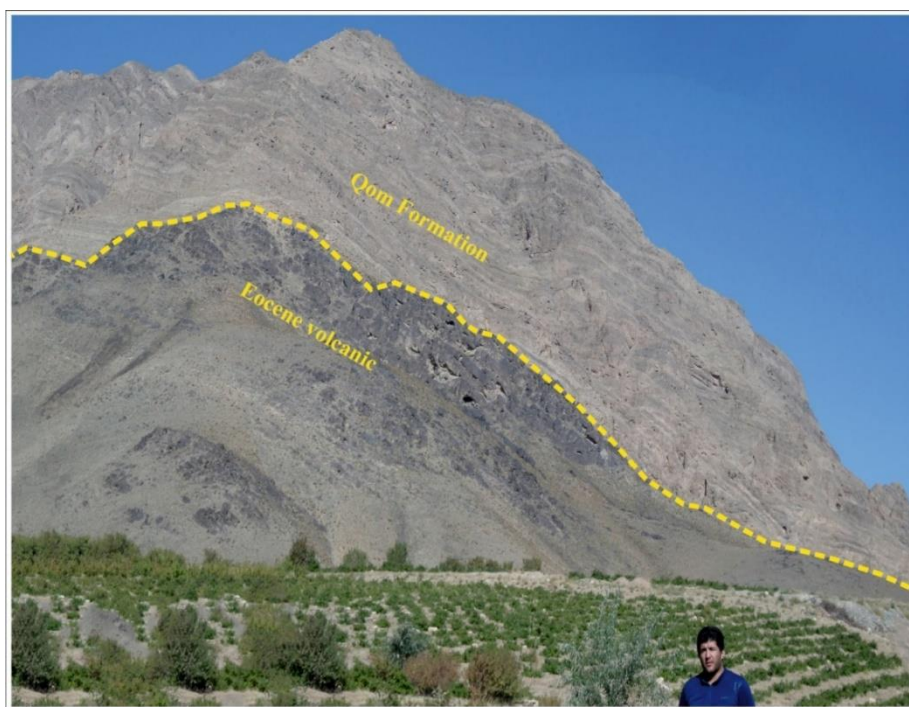
۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

پژوهشگران صفحه ایران را به هشت زون ساختاری-رسوبی شامل (۱) زاگرس، (۲) سندج- سیرجان، (۳) کمان ماگمایی ارومیه-دختر، (۴) ایران مرکزی، (۵) البرز، (۶) لوت، (۷) کپه داغ و (۸) مکران تقسیم کردند [۱۴ و ۲۹] (شکل ۱). ایران مرکزی در درون سیستم کوهزایی آلپ- هیمالیا قرار گرفته و از شمال به خط درز پالتوتیس و از جنوب به خط درز ثوتتیس ختم می‌شود [۴۴].

سازند دریایی قم در شمال شرقی ساحل راه دریایی تتیان [۵۲]، همزمان با آخرین پیشروی دریا در الیگو-میوسن [۲۰] در حوضه‌های پیش کمان سندج- سیرجان، کمان ماگمایی ارومیه- دختر و پس کمان ایران مرکزی [۴۰] ته‌نشست شده است. یکی از پیامدهای برخورد صفحه‌ها تشکیل حوضه پیش کمانی (حوضه اصفهان- سیرجان) و حوضه پس کمانی (حوضه قم) روی ورق ایرانی درحاشیه شمال شرق راه دریایی تتیس بوده است [۵۷ و ۵۲]. این حوضه‌ها توسط یک سیستم کمان ولکانیکی جدا شده، که بارها در طول ائوسن توسعه یافته اند [۵۷].

از کارهای انجام گرفته بر روی سازند قم می‌توان به پژوهش محمدی و همکاران [۷] در برش چینه‌شناسی جزه اشاره کرد که بیانگر سن روپیلن- شاتین بود. همچنین بهفروزی و صفری [۲] سازند قم در برش چینه‌شناسی چنار را مورد ارزیابی قرار دادند و سن الیگوسن را برای آن در نظر گرفتند. همچنین در محدوده مورد مطالعه، محمدی و همکاران [۴۱] ضمن بررسی برش چینه‌شناسی برزوک، سن روپیلن را برای آن پیشنهاد دادند.

محمدی [۵] از گروه‌های شکلی روزن داران سازند قم در سیرجان و کاشان برای تفسیر دیرینه محیطی و پالئوکلوزیکی استفاده نمود که شرایط نوری، شوری و غذایی برش چینه شناسی ورکان (غرب کاشان) شباهت‌های بسیار زیادی با برش مورد مطالعه دارد. منوچهری و همکاران [۸] سازند قم در جنوب غرب کاشان را مورد مطالعه قرار دادند و سن آکی تانین-بوردیگالین را برای آن در نظر گرفتند. محمدی و حسنی [۶] با بررسی استراکدهای سازند قم در دو برش ورکان و بوجان در حوضه پیش کمان قم، شرایط بوم شناسی هر دو برش را مساعد و همراه با فراوانی اکسیژن دانستند. از دیگر مطالعات صورت گرفته بر روی سازند قم در سال‌های اخیر می‌توان به بازسازی شرایط محیط رسوبی دیرینه و شناسایی سکانس‌های رسوبی موجود در سازند قم براساس میکروفاسیس‌ها در ناحیه کهک [۹]، زیست چینه نگاری نهشته‌های دریایی الیگو-میوسن حوضه ایران مرکزی بر مبنای نانو پلانکتون‌های آهکی [۳] و نقش فسیل‌ها در مطالعات ریز رخساره‌ها و تشخیص مرزهای سکانشی سازند قم: یک مطالعه موردی در برش قصر بهرام، شمال غرب سیاه کوه، جنوب گرمسار [۴] اشاره کرد. سازند قم در برش قمصر ۳۱۳ متر ضخامت دارد و از لحاظ سنگ شناسی بیشتر شامل سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و توده ای و شیل می‌باشد (شکل ۳). این سازند با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگ‌های آتشفشانی اتوسن قرار گرفته و به وسیله آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده شده است.



شکل ۳. نمای کلی از سازند قم در برش قمصر و مرز زیرین آن با ولکانیک‌های اتوسن.

۴- بحث

۴-۱- ریزرخساره‌ها

سازند قم در برش قمصر براساس پراکندگی روزن‌داران کفزی، دیگر اجزای اسکلتی و ویژگی‌های رسوب‌شناسی ۸ ریزرخساره شناسایی گردید.

ریزرخساره ۱ (MF 1): اجزای اصلی ریزرخساره سندی بایوکلست و کستون- پکستون- گرینستون شامل خرده‌های *Elphidium*, *Neorotalia*, *miliolids*, جلبک قرمز *corallinaceae*, *gastropods*, *echinoderms* و اجزای آواری (دانه‌های

کوارتز) می باشد (شکل ۴-۱). حضور دانه‌های کوارتز به همراه آلوکم‌های اسکلتی (miliolids و gastropods) در رسوبات کربناته گویای این مطلب است که این رسوبات در محیط دریایی کم عمق (رمپ داخلی) [۴۷] حاوی آب‌های با شوری بالا و شرایط نوری یوفوتیک تشکیل شده اند.

ریزرخساره ۲ (MF 2): روزن‌داران بدون منفذ (*Peneroplis*, *Triloculina*, *Austrotrillina*, *Quinqueloculina*, *miliolids*) و جلبک قرمز *corallinaceae* از اجزای اصلی ریزرخساره بایوکلست کورالیناسه آ روزن‌داران بدون منفذ و کستون-پکستون-گرینستون می‌باشند (شکل ۴-۲). همراهی روزن‌داران بدون منفذ با جلبک قرمز *corallinaceae*، یک محیط دریایی کم عمق (رمپ داخلی) با بستری پوشیده از علفزارهای دریایی را نشان می‌دهد.

ریزرخساره ۳ (MF 3): روزن‌داران بدون منفذ (*miliolids*, *Peneroplis*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Austrotrillina*) و *Dendritina*, *Borelis*، و روزن‌دارن منفذدار (*Amphistegina* و *Lepidocyclina*, *Neorotalia*) و جلبک قرمز *corallinaceae* در ریزرخساره بایوکلست *corallinaceae* روزن‌داران منفذدار و بدون منفذ و کستون-پکستون فراوان هستند (شکل ۴-۳). فراوانی روزن‌داران منفذدار و بدون منفذ و همچنین جلبک *corallinaceae* نشان دهنده محیط کم عمق (رمپ داخلی) با بستری پوشیده از علف‌های دریایی است.

ریزرخساره ۴ (MF 4): این ریزرخساره کورال باندستون می‌باشد. چهارچوب این ریزرخساره مرجان‌های سالم و برجا می‌باشد که به صورت کلنی‌های پراکنده و ریف‌های تکه‌ای (Patch) و ناپیوسته در مشاهدات صحرایی یافت می‌شوند (شکل ۴-۴). (D-۴)

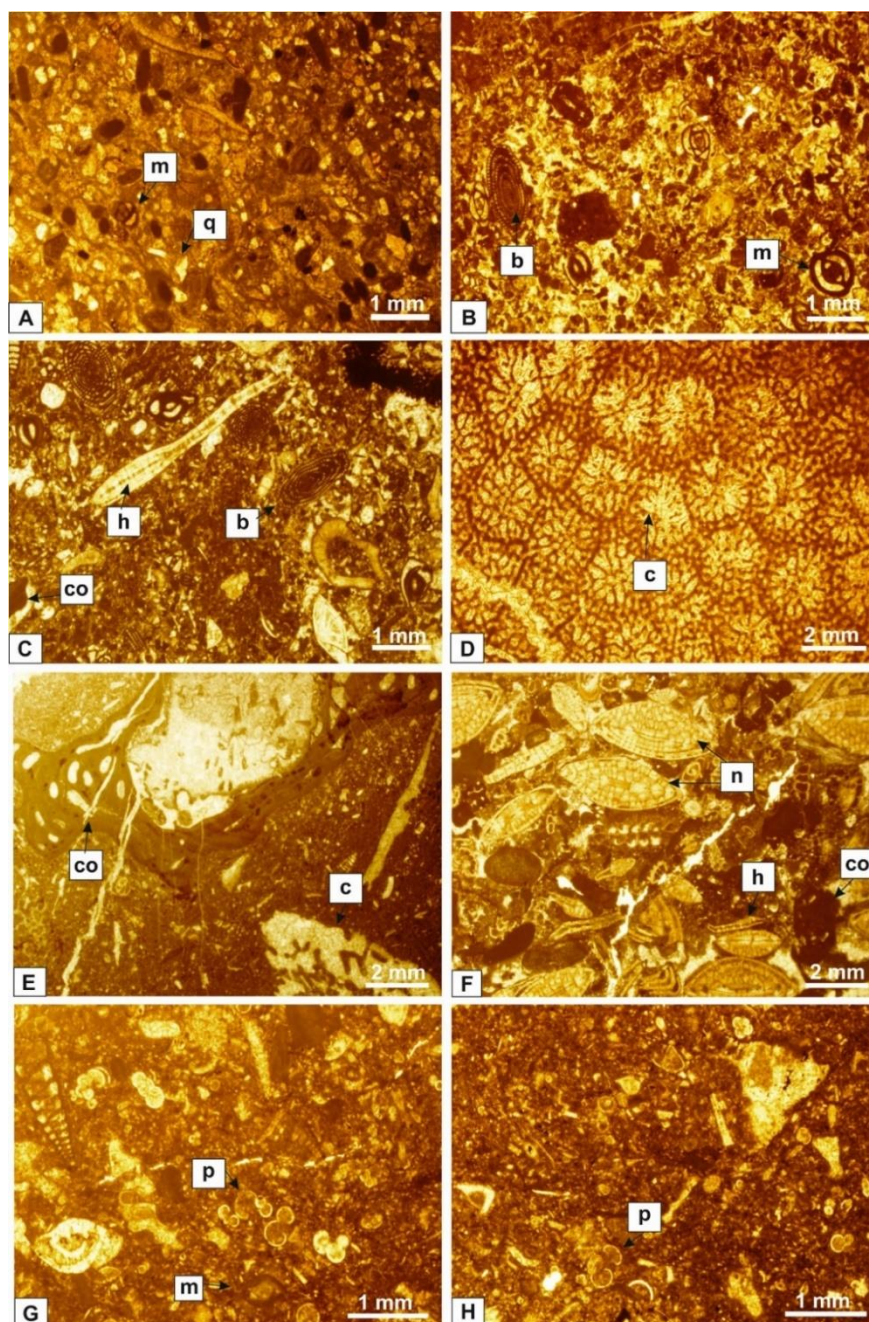
ریزرخساره ۵ (MF 5): مرجان و جلبک قرمز *corallinaceae* از اجزای اصلی ریزرخساره بایوکلست کورال کورالیناسه آ و کستون-پکستون (فلوتستون-رودستون) می‌باشد (شکل ۴-۵). فراوانی خرده‌های مرجان و جلبک قرمز *corallinaceae*، نشان دهنده محیط رمپ میانی و شرایط نوری مزوفوتیک تا الیگوفوتیک است.

ریزرخساره ۶ (MF 6): جلبک قرمز *corallinaceae* و روزن‌داران منفذدار (*Neorotalia nummulitids*، *Lepidocyclina*) از عناصر اصلی ریزرخساره بایوکلست کورالیناسه آ روزن‌داران منفذدار و کستون-پکستون-گرینستون (فلوتستون-رودستون) می‌باشند (شکل ۴-۶). روزن‌داران کف‌زی بزرگ (*Amphistegina*، *Nummulites*، *Heterostegina*) و *Operculina*، *Neorotalia* و جلبک قرمز در بخش پروکسیمال رمپ میانی فراوان هستند [۴۷] و شرایط مزوفوتیک تا الیگوفوتیک را نشان می‌دهند.

ریزرخساره ۷ (MF 7): روزن‌داران پلانکتون و قطعات ریز پوسته روزن‌داران کف‌زی بزرگ و *miliolids* از اجزای اصلی ریزرخساره پلانکتونیک فرامینیفرای بایوکلست پکستون-گرینستون می‌باشد (شکل ۴-۷). حمل شدگی و خرد شدگی آلوکم‌های فسیلی (روزن‌داران کف‌زی بزرگ و کوچک، *corallinaceae*) از مناطق کم عمق به عمیق [۱۸]، نشان دهنده رسوبگذاری این ریزرخساره در محیط دریایی باز (بین محیط شلف میانی و خارجی) می‌باشد.

ریزرخساره ۸ (MF 8): روزن‌داران پلانکتون از اجزای اصلی ریزرخساره بایوکلست پلانکتونیک فرامینیفرای پکستون-گرینستون به شمار می‌روند (شکل ۴-۸). عدم مشاهده روزن‌داران کف‌زی همزیست دار به همراه روزن‌داران پلانکتون، گویای رسوبگذاری در محیط رمپ بیرونی با شرایط نوری آفوتیک است.

رخساره شیل: بر اساس آزمایش کلسی متری، میزان آهک در نمونه رخساره‌های آواری کمتر از ۱۰ درصد و ذرات آواری در محدوده اندازه سیلت و رس بیش از ۹۰ درصد بود. همچنین طبق قانون والتر، این رخساره آواری که حاوی روزن‌داران بدون منفذ (*miliolids* و *Borelis*) و بریوزوئرها می‌باشد، در تناوب با ریز رخساره‌های (MF 2 و MF 4) می‌باشد.



شکل ۴. ریزرخساره‌های رسوبی سازند قم در برش قمصر کاشان. A ریزرخساره MF 1، B ریزرخساره MF 2، C ریزرخساره MF 3، D ریزرخساره MF 4، E ریزرخساره MF 5، F ریزرخساره MF 6، G ریزرخساره MF 7 و H ریزرخساره MF 8. (q: quartz grains; m: Miliolids; b: Borelis; h: Heterostegina; co: Corallinaceae; c: Coral; n: Nummulites; p: Planktonic foraminifera).

۴-۲-۴ چینه نگاری

به منظور تعیین سن نهشته‌های سازند قم در برش مورد مطالعه ۲۵۲ مقطع نازک میکروسکوپی مورد بررسی قرار گرفت و در مجموع ۲۱ جنس و ۳۵ گونه از روزن‌داران کفزی شناسائی گردید (شکل ۶) که منجر به شناسایی دو مجموعه فونی زیر گردید (شکل ۷).

مجموعه فونی ۱

این مجموعه فونی از قاعده تا ضخامت ۳۶ متری و شامل روزن‌داران زیر می باشد:

Nummulites fichteli-intermedius, *Nummulites* sp., *Elphidium* sp., *Neorotalia viennotti*, *Amphistegina* sp., *Amphistegina bohdanowiczi*, *Amphistegina mammilla*, *Pyrgo* sp., *Quinqueloculina* sp., *Peneroplis* sp., *Lepidocyclina* sp., *Operculina complanata*, *Heterostegina* sp., *Triloculina* sp., *Triloculina tricarinata*, *Austrotrillina asmariensis*, *Austrotrillina* sp., *Borelis pygmaea*, *Dendritina rangi*, *Eulepidina* sp.

به همراه مجموعه فوق، فسیل‌های Ostracod، Gastropods، Echinoid، Coralinacean، Textularids نیز شناسایی گردید.

پژوهشگران معتقدند که گونه‌های جنس *Nummulites* در حوضه جنوبی نئوتتیس (سازند آسماری) در آشکوب شاتین حضور ندارند [۲۱ و ۳۴ و ۵۸]. به باور محمدی و عامری، جنس *Nummulites* در حوضه شمالی نئوتتیس (سازند قم) در انتهای آشکوب روپلین منقرض شده‌اند [۳۸]. آخرین حضور جنس *Nummulites* در سازند قم در برش قمصر تا ضخامت ۳۶ متری می‌باشد. با توجه به حضور همزمان جنس‌های *Lepidocyclina* و *Nummulites* این زون زیستی می‌تواند با SBZ 22A معرفی شده توسط کوزاک و پیگنات [۱۹] و زون زیستی شماره ۲ *Lepidocyclina-Nummulites concurrent range zone* گزارش شده از بخش زیرین سازند قم توسط محمدی [۳۷] شباهت دارد بنابراین، بخش پایین سازند قم در برش قمصر (تا ضخامت ۳۶ متری) در طی آشکوب روپلین پسین نهشته شده است (شکل ۵).

مجموعه فونی ۲

این مجموعه فونی از ضخامت ۳۶ تا ۳۱۳ متری و شامل روزن‌داران زیر می‌باشد:

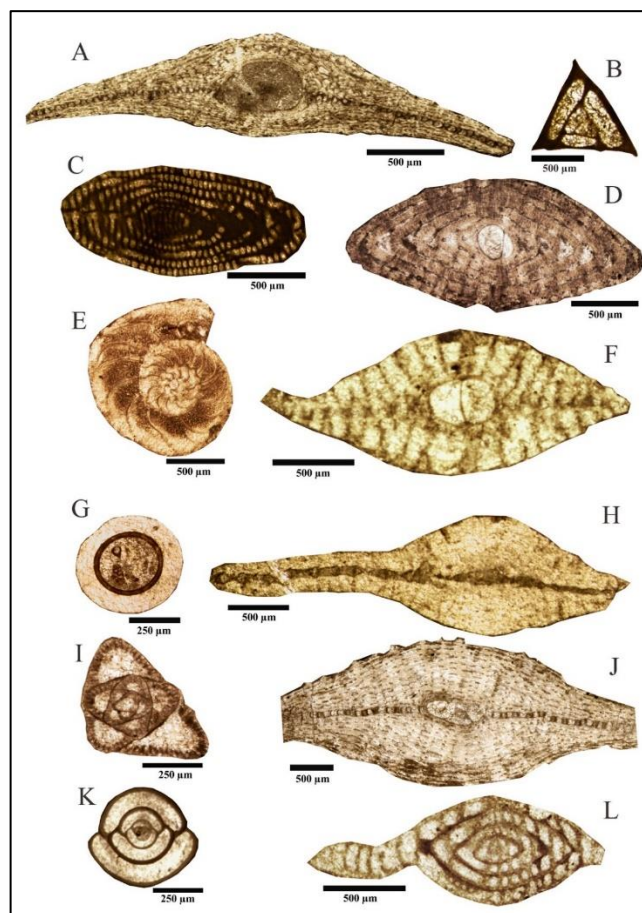
Elphidium sp., *Neorotalia viennotti*, *Amphistegina* sp., *Amphistegina lessonii*, *Pyrgo* sp., *Quinqueloculina* sp., *Peneroplis* sp., *Lepidocyclina* sp., *Operculina complanata*, *Heterostegina* sp., *Triloculina* sp., *Triloculina tricarinata*, *Austrotrillina asmariensis*, *Austrotrillina* sp., *Borelis pygmaea*, *Dendritina rangi*, *Eulepidina* sp., *Valvulinid* sp., *Peneroplis thomasi*, *Planorbulina* sp., *Discorbis* sp., *Haplophragmium* sp., *Bigenerina* sp., *Sphaerogypsina globulus*, *Ditrupea* sp., *Nephrolepidina* sp.

به همراه مجموعه فوق، فسیل‌های Ostracod، Coralinacean، Textularids نیز شناسایی گردید.

روزن‌داران کفزی زون تجمعی ۲ می‌تواند با زون تجمعی *Lepidocyclina-Operculina-Ditrupea assemblage zone* لارسن و همکاران [۳۴] و وم بوخن و همکاران [۵۸] تطابق داده شود که بیانگر سن روپلین- شاتین می‌باشد [۳۴ و ۵۸]. از آنجا که زون تجمعی ۲ بر روی زون تجمعی ۱ (به سن روپلین پسین) قرار دارد و مرز روپلین- شاتین با انقراض جنس *Nummulites* مشخص می‌شود [۲۱ و ۳۴ و ۵۸ و ۳۸]، بنابراین زون تجمعی ۲ در برش قمصر نشان دهنده سن شاتین می‌باشند. زون تجمعی ۲ با زون‌های تجمعی SBZ 22B و SBZ 23 معرفی شده توسط کوزاک و پیگنات [۱۹] و زون زیستی *Lepidocyclina partial range zone* ارائه شده توسط محمدی [۳۷] تطابق داده شود که بیانگر سن شاتین می‌باشد. (شکل ۵).

Age	Epoch	Stage	Biozonations of Qom Formation (Mohammadi, 2022)	Biozonations of Cahuzac & Poignant (1997)
20	Miocene	Burdigalian	<i>Borelis melo curdica</i> Taxon range zone (5)	SBZ 25 <i>Borelis melo curdica</i> - <i>Miogypsina</i>
		Aquitanian	<i>Miogypsina</i> spp. Interval zone (4)	SBZ 24 <i>Austrotrillina howechni</i> <i>Miogypsina</i> - <i>M. dehaartii</i>
25	Oligocene	Chattian	<i>Lepidocyclina</i> partial range zone (3)	SBZ 23 <i>Miogypsinoidea</i> <i>Eulepidina</i>
SBZ 22B <i>Nummulites. vascus</i> - <i>Nummulites. fichteli</i> <i>Eulepidina</i>				
30		Rupelian	<i>Lepidocyclina</i> - <i>Nummulites</i> Concurrent range zone (2)	SBZ 22A <i>Eulepidina formosoides</i>
	<i>Nummulites Fichteli/intermewius</i> , <i>Nummulites.</i> <i>Vascus</i> Interval zone (1)		SBZ 21 <i>Nummulites. vascus</i> - <i>Nummulites. fichteli</i>	

شکل ۵. زون بندی سازند قم [۳۷ و ۱۹].



شکل ۶. برخی از روزن داران سازند قم در برش مورد مطالعه.

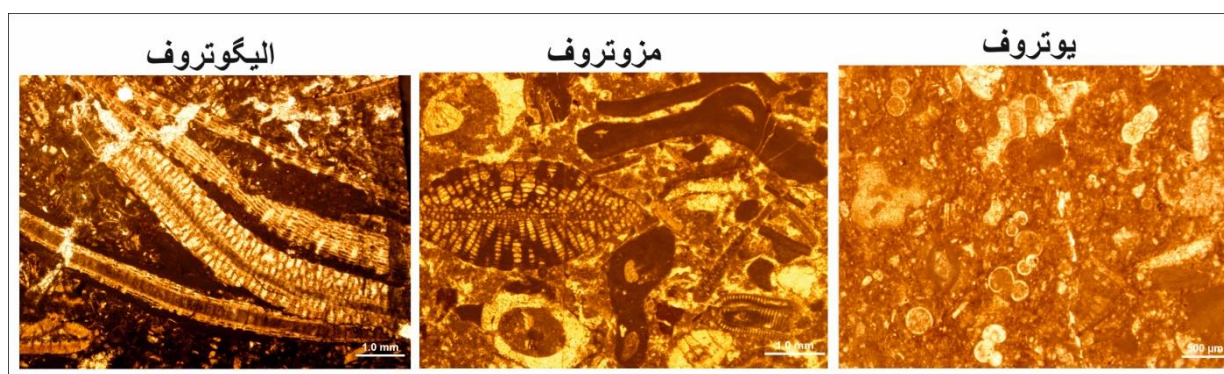
A, J *Eulepidina* sp. (Sample No. 56) B *Triloculina tricarinata*. (Sample No. 38) C *Borelis* cf. *pygmaea*. (Sample No. 40)
D *Nummulites fichteli/intermedius*. (Sample No. 87) E *Operculina complanata*. (Sample No. 87) F *Nephrolepidina* sp.

۴-۳- شرایط پالئوآکولوژی

۴-۳-۱- مواد غذایی

از جمله فاکتورهایی است که توزیع و تنوع روزن داران کفزی را کنترل می کند، افزایش ورود مواد مغذی به محیط رسوب گذاری می باشد [۱۲]. با افزایش ورود مواد غذایی به محیط دریا موجودات فرصت طلب و مصرف کننده مواد غذایی افزایش یافته و روزن داران کفزی بزرگ دارای همزیست توان رقابت با این موجودات را ندارند و تعداد آن ها کاهش پیدا می کند [۱۳]. کمبود مواد غذایی در دسترس روزن داران و دیگر موجودات موجود در دریا باعث می شود که روزن داران کفزی بزرگ و همچنین مرجان های دارای همزیست به حداکثر فراوانی خود برسند [۴۶].

فراوانی موجودات غیر وابسته به نور مانند miliolids گویای شرایط غذایی یوتروفی می باشد [۴۳ و ۱۳]. برخی از روزن داران پلانکتون در شرایط یوتروفی به حداکثر فراوانی می رسند [۱۳]. با توجه به حضور miliolids در ریزرخساره ۱ و حضور روزن داران پلانکتون در ریزرخساره های ۷ و ۸، این سه ریزرخساره در شرایط یوتروفی ته نشست شده اند (شکل های ۸ و ۱۲). حضور همزمان روزن داران کفزی بدون منفذ (مانند *Peneroplis*, *miliolids* و *Borelis*)، روزن داران کفزی منفذدار (*Amphistegina*، *Lepidocyclina* و *Neorotalia*)، کورال کورالیناسه آ در محیط رسوب گذاری، نشان دهنده شرایط الیگوتروفی تا مزوتروفی است [۳۱ و ۳۳ و ۴۵ و ۴۷]. در نتیجه ریزرخساره های ۲ و ۳ بیانگر شرایط الیگو- مزوتروفی می باشد. فراوانی روزن داران بنتیک بزرگ نشان دهنده شرایط کمبود مواد غذایی یا الیگوتروفیک در مناطق نزدیک استوا می باشد ولی در شرایط مزوتروفی نیز یافت می شوند [۴۳]. کلنی های مرجان ناپیوسته [۲۴] و حضور همزمان روزن داران منفذدار کفزی بزرگ (*Amphistegina* و *Neorotalia*، *Lepidocyclina*) همراه با خرده های جلبک *corallinaceae* و مرجان [۴۹ و ۱۸ و ۵۴] شرایط غذایی مزو- الیگوتروفی را نشان می دهند. بنابراین، ریزرخساره های ۴، ۵ و ۶ در شرایط مزو- الیگوتروفی ته نشست شده اند (شکل های ۸ و ۱۲).



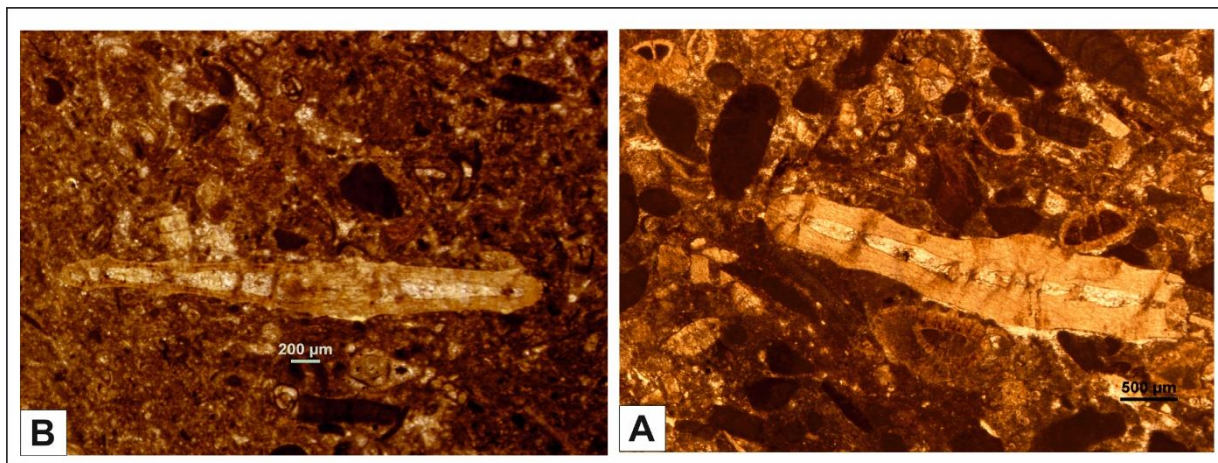
شکل ۸ ارتباط بین تغییر شرایط غذایی و توزیع و تنوع روزن داران در برش مورد مطالعه.

۴-۳-۲- نور

شدت نور در دسترس موجودات فتوسنتز کننده در محیط های دریایی توسط شفافیت و عمق آب دریا کنترل می شود [۳۰]. علاوه بر این شدت نور بر عمق زندگی روزن داران همزیست دار به شدت تاثیر گذاشته و همچنین بر توزیع جغرافیایی روزن داران کفزی بزرگ موثر است [۳۳ و ۵۰]. روزن داران بدون منفذ همزیست دار، small miliolids و همچنین *Amphistegina* با دیواره ضخیم در شرایط نوری یوفوتیک به فراوانی یافت می شوند [۴۷]. با توجه به حضور روزن داران بدون منفذ در ریزرخساره های ۱، ۲ و ۳، این سه ریزرخساره در محدوده زون یوفوتیک نهشته شده اند. مرجان و همچنین

روزن‌داران بدون منفذ در شرایط یوفوتیک به حداکثر فراوانی می‌رسند [۵۱ و ۱۳ و ۴۷]. بنابراین؛ ریزرخساره ۴ به دلیل داشتن مرجان و روزن‌داران بدون منفذ در محدوده زون یوفوتیک ته‌نشین شده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۲). فراوانی جلبک قرمز *corallinaceae* و مرجان در محیط نشان دهنده شرایط الیگوفوتیک تا مزوفوتیک است [۴۸]. حضور روزن‌داران منفذدار به همراه جلبک قرمز نشان دهنده شرایط الیگوفوتیک- مزوفوتیک در محیط است [۴۷ و ۴۸]. با توجه به حضور مرجان و جلبک قرمز *corallinaceae* در ریزرخساره ۵ و همچنین حضور همزمان جلبک قرمز *corallinaceae* و روزن‌داران منفذدار در ریزرخساره ۶، این دو ریزرخساره در محدوده زون الیگوفوتیک- مزوفوتیک نهشته شده‌اند. در شرایط نوری آفوتیک می‌توان روزن‌داران پلانکتون به همراه بریوزئر و *gastropods* را به فراوانی مشاهده کرد و در این شرایط نوری روزن‌داران بتتیک بزرگ و جلبک قرمز حضور ندارند [۱۶ و ۱۸]. پس، حضور روزن‌داران پلانکتون در ریزرخساره‌های ۷ و ۸ بیانگر ته‌نشینی این دو ریزرخساره در محدوده زون آفوتیک نهشته می‌باشد (شکل ۱۰ و ۱۲).

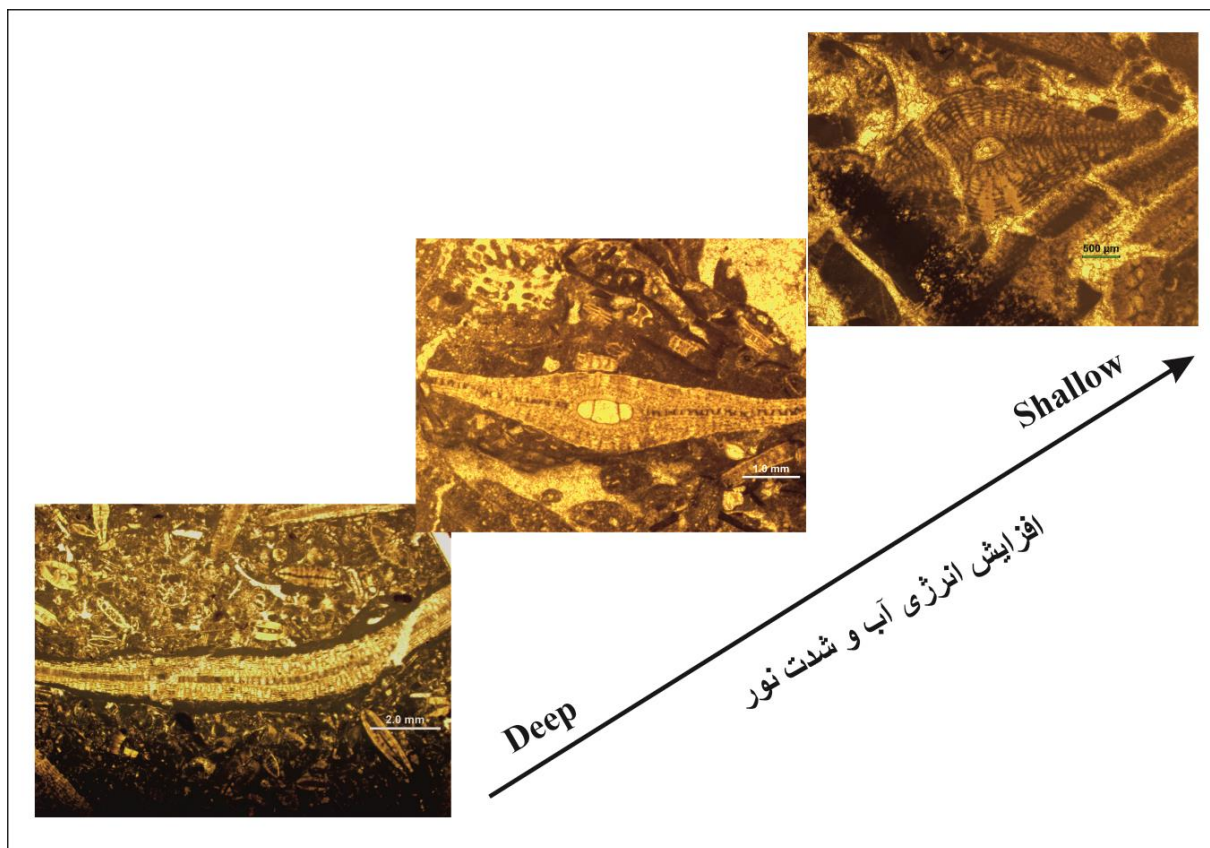
در برش مورد مطالعه تغییر شکل پوسته با توجه به شدت نور در جنس *Operculina* مشاهده می‌شود. آنها در محیط کم عمق جهت محافظت از هم زیست خود در مقابل نور شدید و جلوگیری از تخریب پوسته در آب‌های آشفته، دارای دیواره نسبتاً ضخیم بوده ولی با افزایش عمق و کاهش نور، دیواره آن نازک می‌شود و در نواحی نسبتاً عمیق حالت کشیده تری از خود نشان می‌دهند (شکل ۹).



شکل ۹. A. *Operculina* با دیواره ضخیم، بیانگر عمق کم و افزایش شدت نور (در مقطع ۹۱) B. *Operculina* با دیواره نازک، بیانگر عمق زیاد و کاهش شدت نور (در مقطع ۲۴).

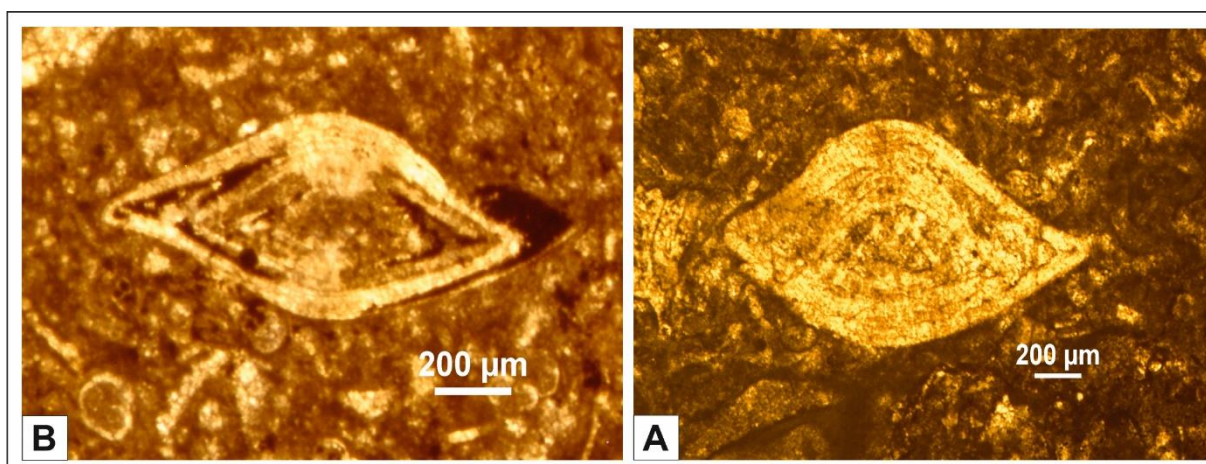
۴-۳-۳- تحرک و انرژی هیدرودینامیکی در ارتباط با عمق

شکل ظاهری موجودات کف زی گویای انرژی محیط (کم یا پر انرژی) زندگی این جانوران است [۲۳] (شکل ۱۱). در محیط‌های کم عمق با تحرک و آشفتگی زیاد آب، روزن‌داران دارای پوسته ضخیم‌تر و اندازه صدف کوچک‌تر دارند. این در حالی است که با افزایش عمق به علت کاهش شدت نور و تحرک کم آب، این جانوران تغییر شکل داده و پوسته‌های نازک‌تر و کشیده‌تر دارند [۲۵]. از طرفی روزن‌داران همزیست‌دار نیز جهت حفاظت از جلبک همزیست در شدت نور بالا، پوسته ضخیم‌تری ایجاد می‌کند [۱۳].



شکل ۱۰. ارتباط بین تغییر شرایط نوری و عمق در برش مورد مطالعه.

در برش مورد مطالعه، جنس *Amphistegina* با پوسته لاملاز و ضخیم و *Lepidocyclina* دارای صدف عدسی شکل و متورم نشان دهنده عمق کم و انرژی بیشتر محیط و *Lepidocyclina*، اپرکولینا و *Amphistegina* با پوسته های نازک، مسطح و کشیده بیانگر افزایش عمق و انرژی کمتر محیط می باشند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. A. *Amphistegina* با دیواره ضخیم و اندازه کوچک، بیانگر افزایش تحرک آب (در مقطع ۱۶) B. *Amphistegina* با دیواره نازک و اندازه بزرگ، بیانگر تحرک کم آب (در مقطع ۸۶)

۴-۳-۴- مورفومتری *Amphistegina*

در اقیانوس های عهد حاضر و در مناطق کم عمق حاره ای و نیمه حاره ای *Amphistegina* به فراوانی یافت می شوند [۵۳]. هاینز معتقد بود که فاکتورهای محیطی تاثیرات فراوانی بر روی شکل روزن داران همزیست دار دارد [۲۸]. فاکتورهای

مورفومتری جنس *Amphistegina* عبارتند از ضخامت پوسته (T)، قطر پوسته (D) و نسبت ضخامت به قطر پوسته (T/D) [۲۶]. محققان برای شناسایی گونه‌های مختلف جنس *Amphistegina* از فاکتورهای مورفومتری کمک گرفته و براساس کارهای آماری و بایومتری این گونه‌ها را از یکدیگر تفکیک می‌نمایند [۲۲]. در مجموع ۱۸۶ نمونه *Amphistegina* در برش قمصر مورفومتری گردید و بر این اساس ۴ گونه *Amphistegina* در برش مورد مطالعه شناسایی شد [۵۳ و ۲۲]. نتایج تجزیه و تحلیل گونه‌های *Amphistegina* در جدول زیر آورده شده است (جدول ۱).

گونه	تعداد نمونه	میانگین ضخامت (T) mm	میانگین قطر (D) mm	حداقل نسبت T به D	حداکثر نسبت T به D
<i>Amphistegina bohdanowiczi</i>	84	0.65	1.4	0.31	0.62
<i>Amphistegina mammilla</i>	84	0.98	2.26	0.28	0.61
<i>Amphistegina lessonii</i>	17	0.44	0.82	0.36	0.62
<i>Amphistegina</i> sp.	1	1.3	1.7	0.76	0.76
مجموع	186	0.6	1.54	0.42	0.65

جدول ۱. اندازه گیری مورفومتریک نمونه‌های جنس *Amphistegina* در برش قمصر (جنوب غرب کاشان) [۵۳].

با استفاده مورفومتری جنس *Amphistegina* علاوه بر شناسایی گونه‌های آن، می‌توان عمق محیط رسوبی را شناسایی کرد [۳۶]. در جدول ۲ نسبت بین ضخامت به قطر جنس *Amphistegina* و عمق محیط رسوبی در ریزرخساره‌های موجود آورده شده است.

ریزرخساره	ضخامت (T) بر حسب mm	قطر (D) بر حسب mm	نسبت T به D (T/D) بر حسب mm	عمق
MF 1	0/65	1/25	0/52	<11 m
MF 2	0/6	1/2	0/5	12 m
MF 3	0/6	1/25	0/48	13 m
MF 4	0/65	1/6	0/4	19 m
MF 5	0/65	1/85	0/35	26 m
MF 6	0/7	2/1	0/33	29 m
MF 7	0/9	2/9	0/31	34 m
MF 8	0/6	2/1	0/28	44 m

جدول ۲. رابطه بین نسبت ضخامت به قطر جنس *Amphistegina* و عمق محیط رسوبی در برش قمصر (جنوب غرب کاشان) [۳۶].

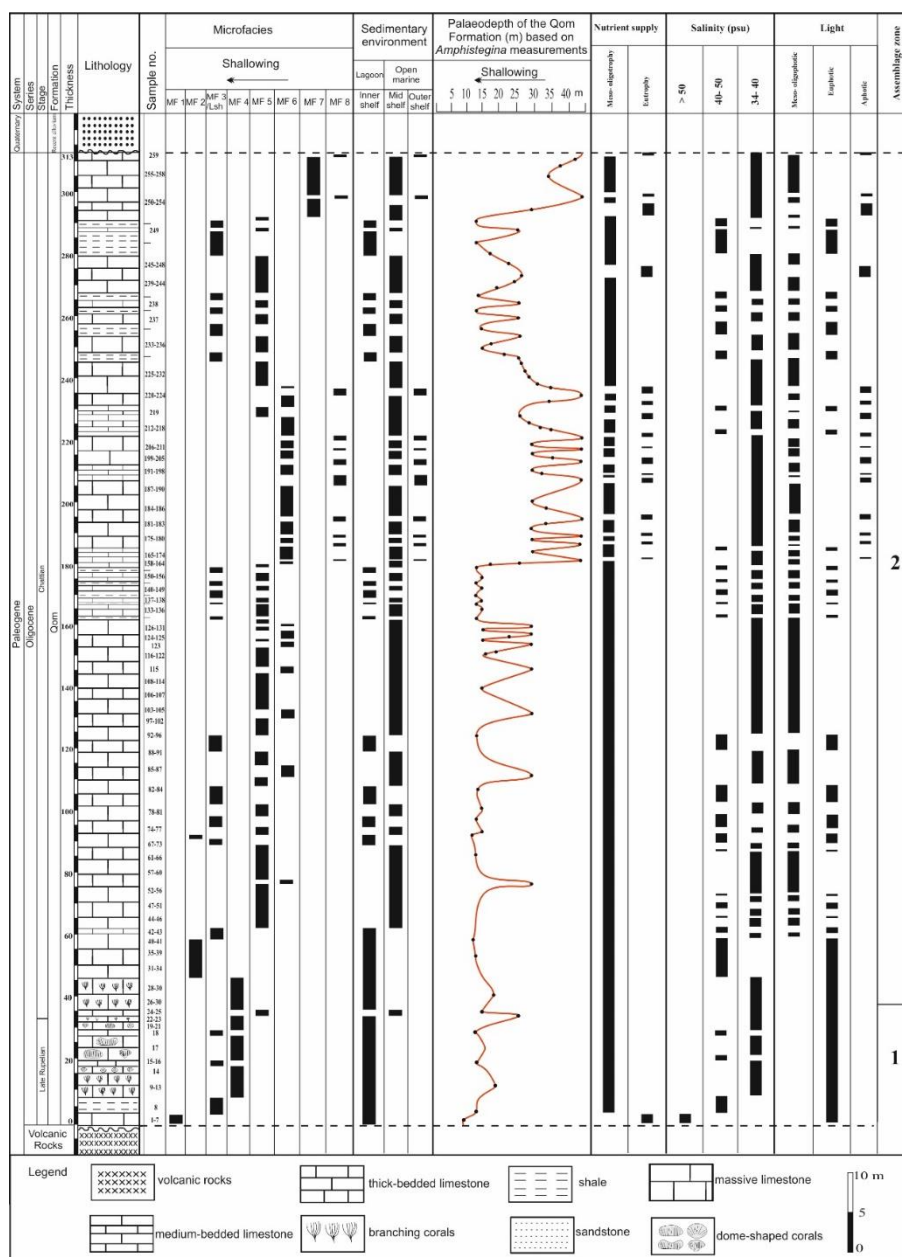
نتایج این مطالعه نشان داد که عمق آب دریای قم در برش قمصر، از کمتر از ۱۱ متر تا کمتر از ۴۴ متر متغیر بوده و در زمان شاتین عمق بیشتری داشته است (شکل ۱۲).

۴-۳-۵- شوری

آب‌های با شوری بالا (> ۵۰ psu) حاوی مقادیر فراوانی از ذرات تخریبی مانند کوارتز و روزن‌داران بدون منفذ (مثل miliolids و خانواده پنیولیده) هستند [۵۱ و ۱۷ و ۲۳]. بنابراین، حضور همزمان miliolids و خرده‌های کوارتز در ریزرخساره ۱، بیانگر ته‌نشینی این ریزرخساره در شرایط شوری بالای دریا می‌باشد. روزن‌داران منفذدار و بدون منفذ در لاگون نیمه محصور با شوری ۴۰-۵۰ psu یافت می‌شوند [۴۲]. در نتیجه؛ حضور روزن‌داران منفذدار در ریزرخساره ۲ و همچنین حضور همزمان روزن‌داران منفذدار و بدون منفذ در ریزرخساره ۳، شرایط شوری متوسط دریا (۴۰-۵۰ psu) را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). به عقیده هوتینگر [۳۱] جلبک corallinaceae و مرجان در محیط با شوری ۴۰-۳۰ زندگی می‌کنند. بنابراین،

ریزرخساره ۴ (کورال باندستون) و ۵ (بایوکست کورال کورالیناسه آ وکستون- پکستون) بیانگر رسوبگذاری در شرایط شوری نرمال دریا می باشند. حداکثر فراوانی روزن داران منفذدار (*Amphistegina* و *Nummulites* *Neorotalia*) را می توان در شوری ۴۰-۳۰ psu مشاهده کرد [۴۲ و ۲۳]. در نتیجه؛ ریزرخساره های ۶ و ۷ در شرایط شوری نرمال دریا (۴۰ psu- ۳۰) ته نشست شده اند (شکل ۱۲).

با توجه به شرایط دیرینه بوم شناسی مطرح شده، در طی زمان روپلین پسین، شرایط نوری و غذایی به ترتیب یوفوتیک و ابتدا یوتروفی و سپس مزو-الیگوتروفی را نشان می دهد. در طی زمان شاتین، شرایط غذایی ابتدا مزوالیگوتروفی و سپس بین یوتروفی و مزو-الیگوتروفی در نوسان است. شرایط نوری نیز بین یوفوتیک، مزو-الیگوتوفتیک و آفوتیک متغیر می باشد. در طی زمان های روپلین پسین و شاتین، شرایط شوری غالباً بین شوری نرمال دریایی و ۵۰-۴۰ psu در نوسان می باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. پراکندگی ریزرخساره ها و تغییرات عمودی شرایط بوم شناسی دیرینه سازند قم در برش مورد مطالعه.

۵- نتیجه گیری

سازند قم در برش قمصر (جنوب غرب کاشان) دارای ۳۱۳ متر ضخامت و شامل ۲۱ جنس و ۳۵ گونه از روزن داران کفزی می باشد. براساس پراکندگی و فراوانی جنس و گونه های شناسائی شده، دو زون تجمعی تشخیص داده شد. زون تجمعی ۱ با زون زیستی شماره ۲ *Lepidocyclina-Nummulites concurrent range zone* معرفی شده توسط محمدی [۳۷] تطابق داشته و بیانگر سن روپلین پسین می باشد. زون تجمعی ۲ با زون *Lepidocyclina partial range zone* ارائه شده توسط محمدی [۳۷] تطابق داشته و نشان دهنده زمان شاتین می باشند. از قاعده برش قمصر (روپلین پسین)، شرایط نوری یوفوتیک، شرایط غذایی ابتدا یوتروفی و سپس مزو-الیگوتروفی با شوری نرمال دریایی و ۵۰-۴۰ psu می باشد. در طی زمان شاتین، شرایط غذایی ابتدا مزو-الیگوتروفی و سپس بین یوتروفی و مزو-الیگوتروفی متغیر است. شرایط نوری نیز بین یوفوتیک، مزو-الیگوفوتیک و آفوتیک متغیر می باشد. همچنین شرایط شوری در طی شاتین عمدتاً بین شوری نرمال دریایی و ۵۰-۴۰ psu در نوسان است. در برش مورد مطالعه، با کاهش عمق و افزایش شدت نور و تحرک آب، روزن داران کفزی بزرگ با همزیست جلبکی، دارای پوسته ضخیم تر و اندازه صدف کوچک تر و با افزایش عمق، به علت کاهش شدت نور و انرژی کم آب، دارای پوسته های نازک تر و کشیده تر می باشند. بررسی مورفومتری ۱۸۶ نمونه *Amphistegina* نشان می دهد که عمق دریای قم در برش قمصر (روپلین پسین-شاتین) از کمتر از ۱۱ متر تا کمتر از ۴۴ متر در نوسان بوده و در طی زمان شاتین عمق بیشتری داشته است.

سپاس و قدردانی

از دانشگاه اصفهان جهت تأمین هزینه های این تحقیق، قدردانی می شود. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر ابراهیم محمدی (استادیار دانشگاه اصفهان) و خانم دکتر مهناز امیرشاهکرمی (استادیار دانشگاه پیام نور اصفهان) تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- [۱] آقائاتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- [۲] بهفروزی، ا.، صفری، ا.، وزیری مقدم، ح. ۱۳۸۸. بررسی ریز رخساره ها و تفسیر محیط رسوبی سازند قم در منطقه چنار (شمال غرب کاشان)، رخساره های رسوبی، جلد ۲، شماره ۲، ص ۱۴۳-۱۵۲.
- [۳] پرندآور، م.، هادوی، ف. آقائاتی، س. ع. ۱۴۰۱. زیست چینه نگاری نهشته های دریایی الیگو-میوسن حوضه ایران مرکزی بزمبنای نانو پلانکتون های آهکی، اقیانوس شناسی، شماره ۵۱، ص ۱۳-۲۴.
- [۴] دانشیان، ج. درخشانی، م. ۱۴۰۱. نقش فسیل ها در مطالعات ریز رخساره ها و تشخیص مرز های سکانسی سازند قم: یک مطالعه موردی در برش قصر بهرام، شمال غرب سیاه کوه، جنوب گرمسار، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، شماره ۳۸، ص ۹۵-۱۱۸.
- [۵] محمدی، ا. ۱۴۰۰. مورفولوژی های فرامینفیری سازند قم در شرق سیرجان و جنوب غربی کاشان: کاربرد آنها در تفسیر دیرینه محیطی و پالئو اکولوژیکی، نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال دهم، شماره ۱۹، ص ۸۲-۹۴.

- [۶] محمدی، ا.، حسنی، م.ج. ۱۴۰۰. دیرینه بوم‌شناسی استراکودهای سازند قم در خاور سیرجان و جنوب باختری کاشان (حوضه پیش کمان سنندج-سیرجان)، علوم زمین، شماره ۲، ص ۶۵-۷۸.
- [۷] محمدی، ا.، صفری، ا.، وزیری مقدم، ح. محمدی منفرد، م. ۱۳۸۸. بررسی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم در ناحیه جزه (جنوب کاشان)، رخساره‌های رسوبی، جلد ۲، شماره ۱، ص ۸۱-۹۴.
- [۸] زینب منوچهری، ز. محتاط، ط. آقائباتی، س.ع. خلعت بری جعفری، م. وکیل باغمیشه، ف. ۱۴۰۰. زیست چینه نگاری و سنگ چینه نگاری نهشته‌های سازند قم در برش تاقدیس نواب (جنوب خاور کاشان)، فصلنامه علمی علوم زمین، شماره ۳، ص ۱۴۵-۱۵۶.
- [۹] مهیاد، م. صفری، ا. وزیری مقدم، ح. صیرفیان، ع. ۱۳۹۷. بازسازی شرایط محیط رسوبی دیرینه و شناسایی سکانس های رسوبی موجود در سازند قم براساس میکروفاسیس‌ها در ناحیه کهک (جنوب غرب قم)، نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، شماره ۱۵، ص ۳۲-۴۸.

- [۱۰] ADAMS, T.D. and BOURGEOIS, F., 1967, Asmari biostratigraphy: *Iranian Oil Operating Companies. Geological and Exploration Division. Report 1074*: 59.
- [۱۱] AMIDI, S.M. and ZAHEDI, M., 1991, *Geological quadrangle map of Iran no. F7 (Kashan), Scale 1:250000*.
- [۱۲] AMAO, A.O., KAMINSKI, M.A. ROSTAMI, M.A., GHARAIE, M.H.M., LAK, R. and FRONTALINI, F., 2019, Distribution of benthic foraminifera along the Iranian coast: *Marine Biodiversity*. **49**: 933-946.
- [۱۳] BEAVINGTON-PENNEY, S.J. & RACEY, A., 2004, Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis: *Earth-Science Reviews*, **67**: 219-265.
- [۱۴] BERBERIAN, M. & KING, G.C.P., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*: **18**: 210-265
- [۱۵] BOZORGNIA, F., 1966. Qum formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position: *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, **24**: 69-76.
- [۱۶] BRANDANO, M. and CORDA, L., 2002, Nutrients, sea level and tectonics: constrains for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy: *Terra Nova*, **14**: 257-262.
- [۱۷] BRANDANO, M., FREZZA, V., TOMASSETTI, L. and PEDLEY, M., 2009, Facies analysis paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member (Lower Corallie Limestone Formation), Malta: *Sedimentology*, **26**: 1138-1158.
- [۱۸] BRANDANO, M., CORNACCHIA, I., RFFI, I. and TOMASSETTI, L., 2016, The Oligocene-Miocene stratigraphic evolution of the Majella carbonate platform (Central Apennines, Italy): *Sedimentary Geology*, **333**: 1-14.
- [۱۹] CAHUZAC, B. and PPIGNANT, A., 1997, Essai de biozonation de l'Oligo-Miocene dans les bassins europeens a l'aide des grands foraminiferes neritiques: *Bulletin de la Société géologique de France*. **168**: 155-169.

- [۲۰] 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 Science*, **29**: 844-858.
- [۲۱] EHRENBERG, S.N., PICARD, N.A.H., LAURSEN, G.V., MONIBI, S., MOSSADEGH, Z.K., SVANA, T.A., AQRAWI, A.A.M., MCARTHUR, J.M. and THIRLWALL, M.F., 2007, Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene–Lower Miocene), SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, **30**: 107-128.
- [۲۲] FERRANDEZ-CANADELL, C. and T. BOVER-ARNAL, 2017, Late Chattian larger foraminifera from the prebetic domain (se spain): new data on shallow benthic zone 23: *Palaios*, **32**: 83-109.
- [۲۳] FLUGEL, E., 2010, Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application: Berlin, *Springer- Verlag*. 984.
- [۲۴] HALFAR, J., GODINEZ-ORTA, L., MUTTI, M., VALDEZ-HOLGUÍN, J.E. and BORGES, J.M., 2004, Nutrient and temperature controls on modern carbonate production: an example from the Gulf of California, Mexico: *Geology*, **32**: 213-216.
- [۲۵] HALLOCK, P., and GLENN, E. C., 1986, Numerical analysis of foraminiferal assemblages: A tool for recognizing depositional facies in Lower Miocene reef complexes: *Journal of Paleontology*, 1382-1394.
- [۲۶] HALLOCK, P., FORWARD, L. B. and HANSEN, H. J., 1986, Influence of environment on the test shape of *Amphistegina*: *Journal of Foraminiferal Research*, **16**: 224-231.
- [۲۷] HARZHAUSER, M. and PILLER, W.E., 2007, Benchmark data of a changing sea-palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **253**: 8-31.
- [۲۸] HAYNES, J., 1965, Symbiosis, wall structure and habitat in foraminifera: Contributions from the *Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, **16**: 40-43.
- [۲۹] HEYDARI, E., 2008, Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran: *Tectonophysics*, **451**: 56-70.
- [۳۰] HOTTINGER, L., 1997, Shallow benthic foraminiferal assemblage as signals for depth of their deposition and their limestones: *Society Geology France Bulletin*. **168**: 491-505.
- [۳۱] HOTTINGER, L., 2000, Functional Morphology of Benthic Foraminiferal Shells, Envelopes of Cells beyond Measure: *Micropaleontology*, **46**: 57–86.
- [۳۲] KASHFI, M.S., 1988, Evidence for non-collision geology in the Middle East. *Journal of Petroleum Geology*: **11**: 443-460.
- [۳۳] LANGER, M.R. and HOTTINGER, L., 2000, Biogeography of selected “larger” foraminifera. *Micropaleontology*, **46**: 105-126.
- [۳۴] LAURSEN, G.V., MONIBI, S., ALLAN, T.L., PICKARD, N.A., HOSSEINEY, A., VINCENT, B., HAMON, Y., VAN-BUCHEM, F.S.P., MOALLEMI, A. and DRUILLION, G., 2009, The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation: *First International Petroleum Conference and Exhibition*. Iran B 19.
- [۳۵] LOEBLICH, A.R. and TAPPAN, J.H., 1987, Foraminiferal genera and their classification: Van Nostrand Reinhold. 970.

- [۳۶] MATEU-VICENS, G., HALLOCK, P. and BRANDANO, M., 2009, A depositional model and paleoecological reconstruction of the Lower Tortonian distally steepend ramp of Menorca. *Palaios*, **23**, 465-481.
- [۳۷] MOHAMMADI, E., 2023, Foraminiferal biozonation, biostratigraphy and trans-basinal correlation of the Oligo-Miocene Qom Formation, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway): *Palaeoworld*, **32**: 156-173.
- [۳۸] MOHAMMADI, E. and AMERI, H., 2015, Biotic components and biostratigraphy of the Qom Formation in northern Abadeh, Sanandaj–Sirjan forearc basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway): *Arabian Journal of Geosciences*, **8**: 10789–10802
- [۳۹] MOHAMMADI, E., SAFARI, A., VAZIRI- MOGHADAM, H., VAZIRI, M. and GHAEDI, M., 2011, Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, South of the Kashan, Central Iran: *Carbonates and Evaporites*, **26**: 255–271.
- [۴۰] MOHAMMADI, E., HASANZADEH-DASTGERDI, M., GHAEDI, M., DEGHAN, 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*, **28**: 321-345.
- [۴۱] MOHAMMADI, E., HASANZADEH-DASTGERDI, SAFARI, A., VAZIRI-MOGHADDAM, H., 2019, Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran: *Carbonates and Evaporites*, **34**: 1293–1306
- [۴۲] MOSSADEGH, Z.K., HAIG, D.W., ALLAN, T., HDABI, M.H. and SADEGHI A., 2009, Salinity changes during late Oligocene to early Miocene Asmari Formation deposition, Zagros Mountains. Iran: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **272**: 17–36.
- [۴۳] MUTTI, M. and HALLOCK, P., 2003, Carbonate system nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constraints: *International Journal of Earth Science*. **92**: 465-475.
- [۴۴] NADIMI, A., 2007, Evolution of the Central Iranian basement: *Gondwana Research*, **12**: 324-333.
- [۴۵] PAYROS, A., PUJALTE, V., TOSQUELLA J. and ORUE-ETXEARRIA, X., 2010, The Eocene storm-dominated foralgal ramp of the western Pyrenees (Urbasa-Andia Formation): An analogue of future shallow-marine carbonate systems: *Sedimentary Geology*, **228**: 184-204.
- [۴۶] POMAR, L. and HALLOCK, P., 2008: Carbonate factories: A conundrum in sedimentary geology: *Earth-Science Reviews*. **87**: 134-168.
- [۴۷] POMAR, L., MATEU-VICENS, G., MORSILLI, M. and BRANDANO, M., 2014, Carbonate ramp evolution during the Late Oligocene (Chattian), Salento Peninsula, southern Italy: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **404**: 109-132.
- [۴۸] POMAR, L., BACETA, J.I., HALLOCK, P., MATEU-VICENS, G. and BASSO, D., 2017, Reef building and carbonate production modes in the west-central Tethys during the Cenozoic: *Marine and Petroleum Geology*, **83**: 261-304.

- [۴۹] QUARANTA, F., TOMASSETTI, L., VANNUCCI, G. and BRANDANO, M., 2012, Coralline algae as environmental indicators: a case study from the Attard member (Chattian, Malta): *Geodiversitas*, **34**: 151–166.
- [۵۰] RENEMA, W., 2019, Large Benthic Foraminifera in Low-Light Environments, In: Loya Y., Puglise, K., Bridge, T., eds., Mesophotic Coral Ecosystems: *Coral Reefs of the World*, **12**: 553-561.
- [۵۱] ROMERO, J., CAUS, E. and ROSELL, 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 (NE Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **179**: 43-56.
- [۵۲] REUTER, M., PILLER, W.E., HARZHAUSER, M., MANDIC, O., BERNING, B., RÖGL, 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 the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways: *International Journal of Earth Sciences*, **98**: 627-650.
- [۵۳] RÖGL, F. and BRANDSTÄTTER, F., 1993, The foraminifera genus *Amphistegina* in the Korytnica Clays (Holy Cross Mts, Central Poland) and its significance in the Miocene of the Paratethys: *Acta Geologica Polonica*, **43**: 121–146.
- [۵۴] SARKAR, S., 2017, Microfacies analysis of larger benthic foraminifera-dominated Middle Eocene carbonates: a palaeoenvironmental case study from Meghalaya, NE India (Eastern Tethys): *Arabian Journal of Geosciences*, **5**: 1-13.
- [۵۵] SCHUSTER, F. and WIELANDT, U., 1999, Oligocene and Early Miocene coral faunas from Iran. palaeoecology and palaeobiogeography: *International Journal of Earth Sciences*, **88**: 571-581.
- [۵۶] STOCKLIN, J., 1952, Stratigraphical investigation in the Qom-Arak-Gulpaigan-Delijan area. *Iran Oil Company*. Report, no. 95.
- [۵۷] STOCKLIN, J. and SETUDEHNIA, A., 1991, Stratigraphic Lexicon of Iran: *Geological Survey of Iran Publication*, Report **18**: 1-376.
- [۵۸] VAN BUCHEM, F.S.P., ALLAN, T.L., LAURSEN, G.V., LOTFPOUR, 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 Publications*, **32**: 219-263.

Biostratigraphy and palaeoecology of the Qom Formation in the Ghamsar section (SW of the Kashan)

Tayyeb Binazadeh¹, Amrollah Safari^{*2}, Hossein Vaziri-Moghaddam³

1-Ph.D. in Paleontology & Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

safari@sci.ui.ac.ir

Received: March 2024, Accepted: June 2024

Abstract

In order to study the biostratigraphy and palaeoecology, the Qom Formation has been studied in the Ghamsar section of Kashan. The studied section, with a thickness of 314 m, consists of medium to thick-bedded to massive limestones and shale. The Qom Formation overlies the Eocene volcanic rocks in the Ghamsar section and is covered by the Recent alluvial sediments. A total of 21 genera and 9 species of benthic foraminifera were identified in this section and the results indicated the age of the Late Rupelian-Chattian. According to the palaeoecological conditions, in the lower parts of this section (Late Rupelian), the light conditions are euphotic. The nutrient conditions are first eutrophic and then meso-oligotrophic. During Chattian, the trophic state first meso-oligotrophic and then fluctuate between eutrophic and meso-oligotrophic. The light conditions are also variable between euphotic, meso-oligophotic and aphotic. Salinity conditions during Late Rupelian and Chattian, mainly fluctuate between normal marine salinity and 40-50 psu. Large benthic foraminifera with hyaline walls, such as *Amphistegina*, *Lepidocyclinide* and *Nummulitide*, in shallow environments with high energy, have thicker shells and smaller shell size, and in deep environments, due to reduced light intensity and low water circulation, they have thinner and more elongated shells. The results of the morphometry of 186 samples of *Amphistegina* show that the seawater depth in the Ghamsar section (Late Rupelian-Chattian) fluctuated from less than 11 meters to less than 44 meters.

Keywords: Biostratigraphy; Palaeoecology; Qom Formation; Central Iran.