

ریزدیرینه‌شناسی و محیط رسوبی سازند قم در شمال غرب زنجان

جواد ربانی^{۱*}، افشین زهدی^۱

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

*پست الکترونیک: rabbani@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۳

چکیده

به منظور انجام مطالعات ریزدیرینه‌شناسی و بازسازی محیط رسوبی بر روی توالی‌های سازند قم، یک برش چینه‌شناسی در محدوده شمال غربی زنجان نمونه برداری گردید. سازند قم در این ناحیه متشکل از ۱۶۸ متر سنگ‌های کربناته متوسط تا سبتر لایه با میان لایه‌های سنگ آهک رسی می‌باشد که با مرز فرسایشی بر روی توالی‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مارن سازند قرمز زیرین و در زیر ردیف رسوبات تیخیری، مارنی و ماسه‌سنگی سازند قرمز بالایی قرار گرفته‌اند. مطالعات فسیل‌شناسی بر روی ۵۲ مقطع نازک میکروسکوپی به شناسایی ۲۳ گونه از روزن‌داران کف‌زی و شناور منجر شد که شامل گونه‌هایی همچون *Meandropsina anahensis*, *Globigerinoides* sp., *Dendritina rangi*, *Borelis melo curdica*, *Amphistegina* sp., *Sphaerogypsina globulus* و *Meandropsina iranica* می‌باشند. در تمامی زیست‌زون‌های غیر رسمی ارائه شده برای سازند قم، ظهور و گستره گونه شاخص *Borelis melo curdica* شاخصی برای شروع آشکوب بوردیگالین در نظر گرفته شده است. بر این اساس، با توجه به حضور این گونه از ابتدا تا انتهای توالی‌های مورد مطالعه، سن سازند قم در این منطقه بوردیگالین (میوسن پیشین) پیشنهاد می‌گردد. مطالعات رخساره‌ای مقاطع نازک میکروسکوپی به تفکیک ۶ ریزرخساره منجر گردید که بخش‌های سکوی داخلی تا انتهای شیب قاره از یک محیط رسوبی شلف کربناته لبه‌دار را شامل می‌شوند. وجود دو بخش سبتر لایه کربناته حاوی کلنی‌های بزرگ مرجانی و رخساره‌های ریزشی و تورییدایتی در جلوی آنها، سکوی کربناته نوع شلف را تأیید می‌کند. نمودار تغییرات ریزرخساره‌ها در طول ستون چینه نگاری یک روند افزایش نسبی سطح آب دریا از ابتدای برش تا متر ۵۴ متری و یک روند کاهش نسبی سطح آب دریا از این افق تا انتهای برش را نشان می‌دهد. بدین ترتیب یک سکانس رسوبی رده ۳ را می‌توان برای این توالی‌ها در نظر گرفت.

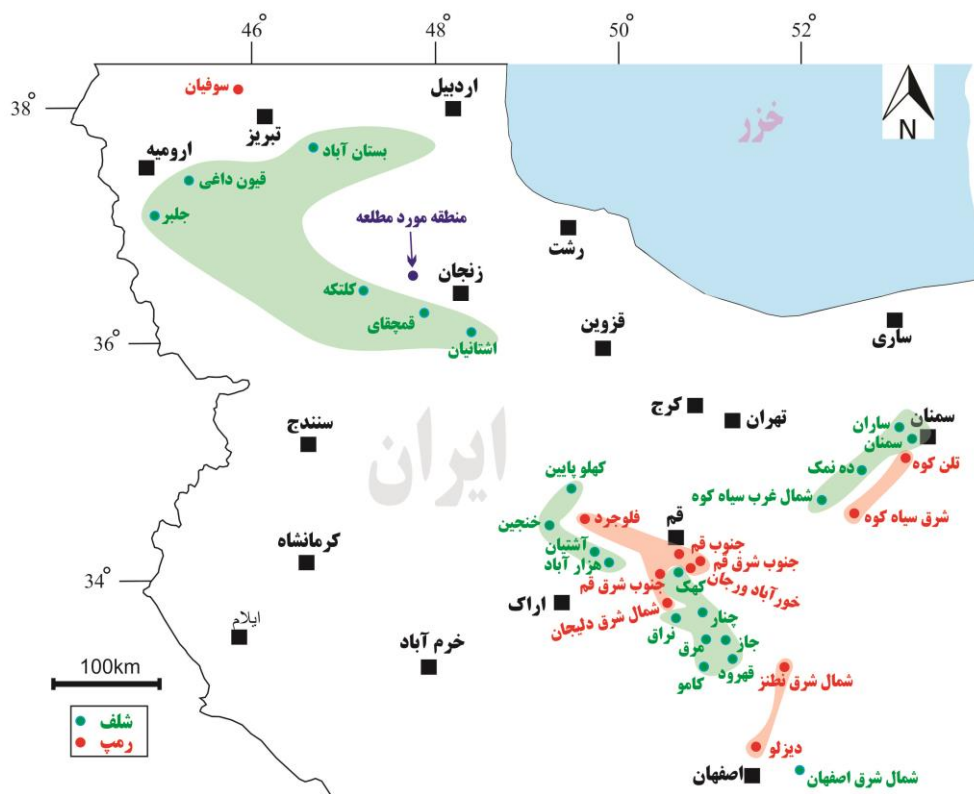
واژه‌های کلیدی: ریزدیرینه‌شناسی؛ محیط رسوبی؛ سازند قم؛ زنجان.

مقدمه

توالی‌های کربناته دریایی مذکور برای اولین بار توسط Dozy (1944) با عنوان سازند قم معرفی گردیدند. ناحیه الگوی این سازند در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر قم معرفی شده که سازند قم در این ناحیه به ۶ عضو A تا F تفکیک گردیده است (Furrer & Soder, 1955). این سازند به لحاظ برخورداری از پتانسیل هیدروکربوری،

پس از رویداد زمین‌ساختی انتهای ائوسن، دریای الیگوسن در حوضه قم پیش‌روی نموده است و باعث تشکیل مجموعه‌ای از ردیف رسوبات کربناته و مارنی گردیده به طوری که این توالی‌ها به صورت ناپیوسته بر روی توالی‌های تخریبی سازند قرمز زیرین قرار گرفته‌اند (Berberian & King, 1981؛ رحیم‌زاده، ۱۳۷۳).

مطالعات انجام شده بر روی محیط رسوبی سازند قم در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد محیط تشکیل این سازند در برخی نقاط شلف کربناته و یا در برخی نقاط رمپ کربناته بوده است (شکل ۱ و جدول ۱). بدین ترتیب محیط رسوبی این سازند در نقاط مختلف گزارش شده است، هرچند عمدتاً به صورت شلف کربناته معرفی شده است. در پژوهش حاضر، به منظور تعیین سن و بازسازی محیط رسوبی این سازند در ناحیه شمال غربی زنجان و تکمیل نقشه جامع و مدل رسوبی این سازند در ایران، یک برش چینه‌شناسی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.



شکل ۱: نقشه جامع پراکندگی محیط رسوبی سازند قم بر اساس مطالعات قبلی انجام شده در نقاط مختلف ایران؛ محدوده‌های سبز رنگ بیانگر محیط شلف کربناته و محدوده‌های قرمز محیط رمپ کربناته را نشان می‌دهند. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، به رنگ سبز مشخص شده است.

ستبر لایه عضو F از سازند قم در بخش جنوبی این روستا ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند و خود روستای اندآباد نیز بر روی توالی‌های تبخیری - تخریبی سازند قرمز بالایی قرار گرفته است.

برش مورد مطالعه در یال شمال شرقی یک تاقدیس بزرگ قرار دارد و هسته این تاقدیس را توالی‌های کربناته سازند

رخساره‌های شاخص، پیچیدگی تکتونیکی، غنای فسیلی و غیره مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است (Daneshian & Dana, 2019). بر مبنای برخی از مطالعات زیست‌چینه‌نگاری بر روی سازند قم، سن ائوسن تا میوسن میانی برای این توالی‌ها پیشنهاد شده بود (برای مثال: Dozy, 1944; Furrer & Soder, 1955; Jaafari, 1963; Bozorgnia, 1966; Zhu et al., 2007). اگرچه مطالعات بعدی سن الیگوسن - میوسن را برای این توالی‌ها تأیید می‌نمایند (برای مثال: Daneshian et al., 2008; Reuter et al., 2009; Daneshian & Aftabi, 2010). مجموعه

زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه

برش مورد مطالعه در ۴۷ کیلومتری شمال غرب شهر زنجان در مسیر زنجان به سمت ماه‌نشان و در بخش جنوبی روستای اندآباد علیا قرار گرفته است (شکل ۲). مختصات جغرافیایی منطقه برش مطالعه $36^{\circ} 48' 10.77''$ عرض شمالی و $47^{\circ} 59' 10.77''$ طول شرقی و $36^{\circ} 48' 8.54''$ عرض شمالی می‌باشد. توالی‌های کربناته

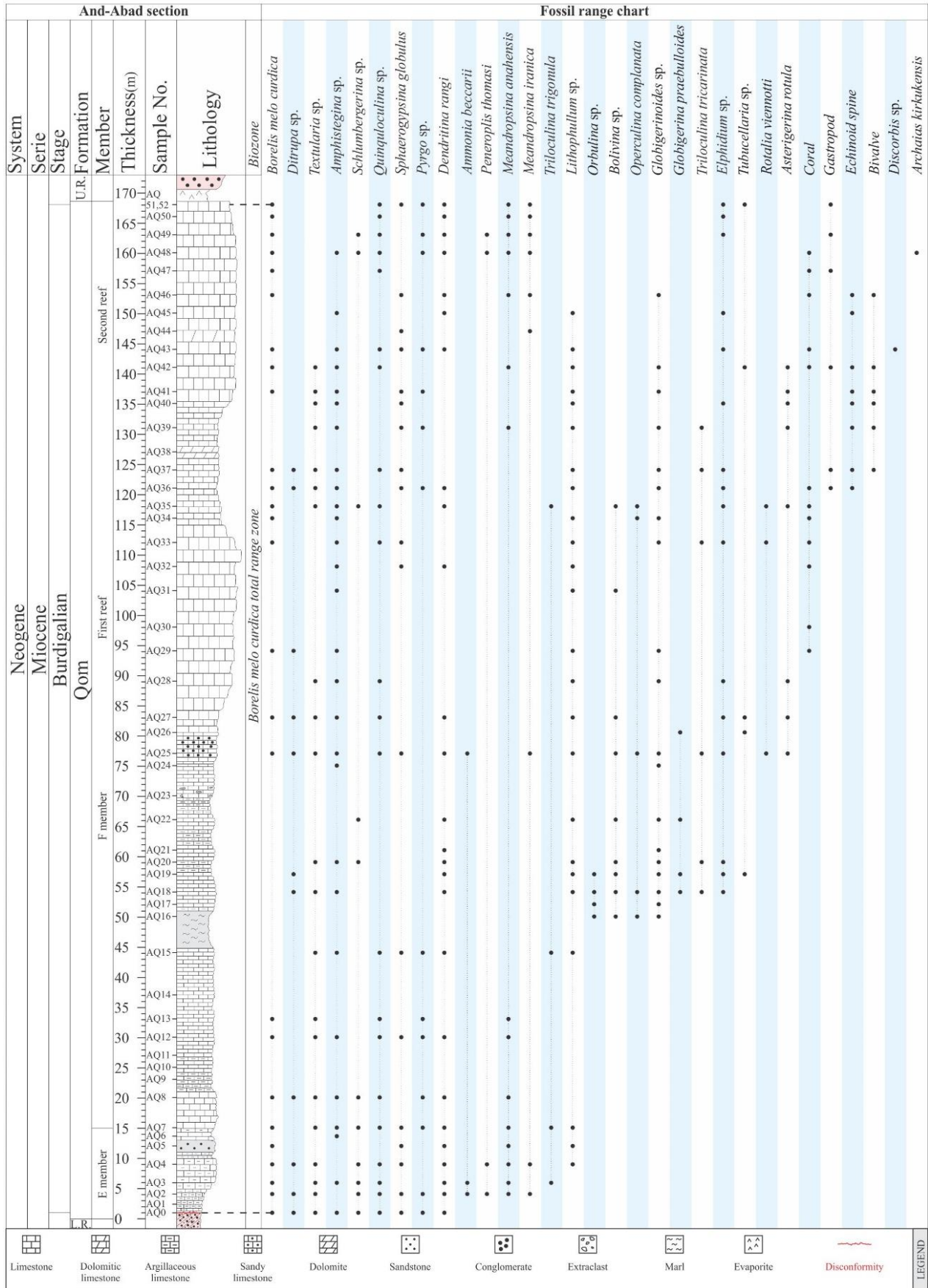
جدول ۱: مطالعات پیشین انجام شده بر روی محیط رسوبی سازند قم

SHELF/RAMP	STUDY AREA	REFERENCES
Shelf	Semnan area	(Sabouhi <i>et al.</i> , 2010)
	منطقه چنار (شمال غرب کاشان)	(بهفروزی و همکاران، ۱۳۸۸)
	Northeastern Esfahan	(Nouradini <i>et al.</i> , 2015)
	برش ده نمک، شمال شرق گرمسار	(دانشیان و همکاران، ۱۳۹۶)
	منطقه جلبر (ارومیه)	(عبداللهی، ۱۳۹۶)
	Chenar area (Northwestern Kashan)	(Behforouzi And Safari, 2011)
	شمال غربی سیاه کوه، جنوب گرمسار	(دانشیان و درخشانی، ۱۳۸۷)
	Urumieh-Dokhtar zone (East of Khenjin, Southeast Ashtian, Southeast Hezarabad)	(Holakouee <i>et al.</i> , 2018)
	Saran (Semnan)	(Karami-Movahed <i>et al.</i> , 2016)
	برش قمجقای (جنوب زنجان)	(عالیپور و همکاران، ۱۳۹۵)
	منطقه مرق (جنوب غرب کاشان)	(آقامیرزایی و همکاران، ۱۳۹۲)
	ناحیه میانه (بستان آباد)	(بخشی و همکاران، ۱۳۹۴)
	برش کلتکه (جنوب غرب ماهنشان)	(دانشیان و اخلاقی، ۱۳۹۲)
	جزیره قیون داغی (دریاچه ارومیه)	(دانشیان و سعیدی‌مهر، ۱۳۸۴)
	برش کهلو پایین (غرب ساوه)	(دانشیان و یزدانی، ۱۳۸۴)
	برش اندآباد (شمال خاور ماهنشان)	(دانشیان و همکاران، ۱۳۸۹)
برش اشتانیاں (جنوب باختر سلطانیه)	(دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸)	
ناحیه قهرود (جنوب کاشان)	(دهقان و همکاران، ۱۳۸۹)	
منطقه کامو (جنوب غرب کاشان)	(ماهر و همکاران، ۱۳۹۴)	
برش کهک (جنوب قم)	(مهیاد و همکاران، ۱۳۹۷)	
ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان)	(منصوری و صفری، ۱۳۹۲)	
ناحیه جزه (جنوب کاشان)	(محمدی و همکاران، ۱۳۸۸)	
Ramp	South of Qom	(Amirshahkarami & Karavan, 2015)
	جنوب شرقی قم	(محمدی و عامری، ۱۳۹۵)
	Sofiyan region, Northwest of Iran (North of Tabriz)	(Khoshtinat & Mahari, 2015)
	شمال شرق نطنز (جنوب شرقی حوضه قم)	(محمدی و همکاران، ۱۳۹۴)
	منطقه خوراآباد-ورجون (غرب کهک، جنوب قم)	(خاکسار و همکاران، ۱۳۸۹)
	شمال خاوری دلیجان (شمال باختری ایران مرکزی)	(کاروان و همکاران، ۱۳۹۳)
	برش تلن کوه (جنوب باختر سمنان)	(حسینی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵)
	Dizlu area (Central Iran)	(Yazdi <i>et al.</i> , 2012)
برش شرق سیاه کوه (جنوب گرمسار)	(جلالی و همکاران، ۱۳۹۵)	
برش فلوجرد (شمال غرب تفرش)	(محمدی و همکاران، ۱۳۹۵)	

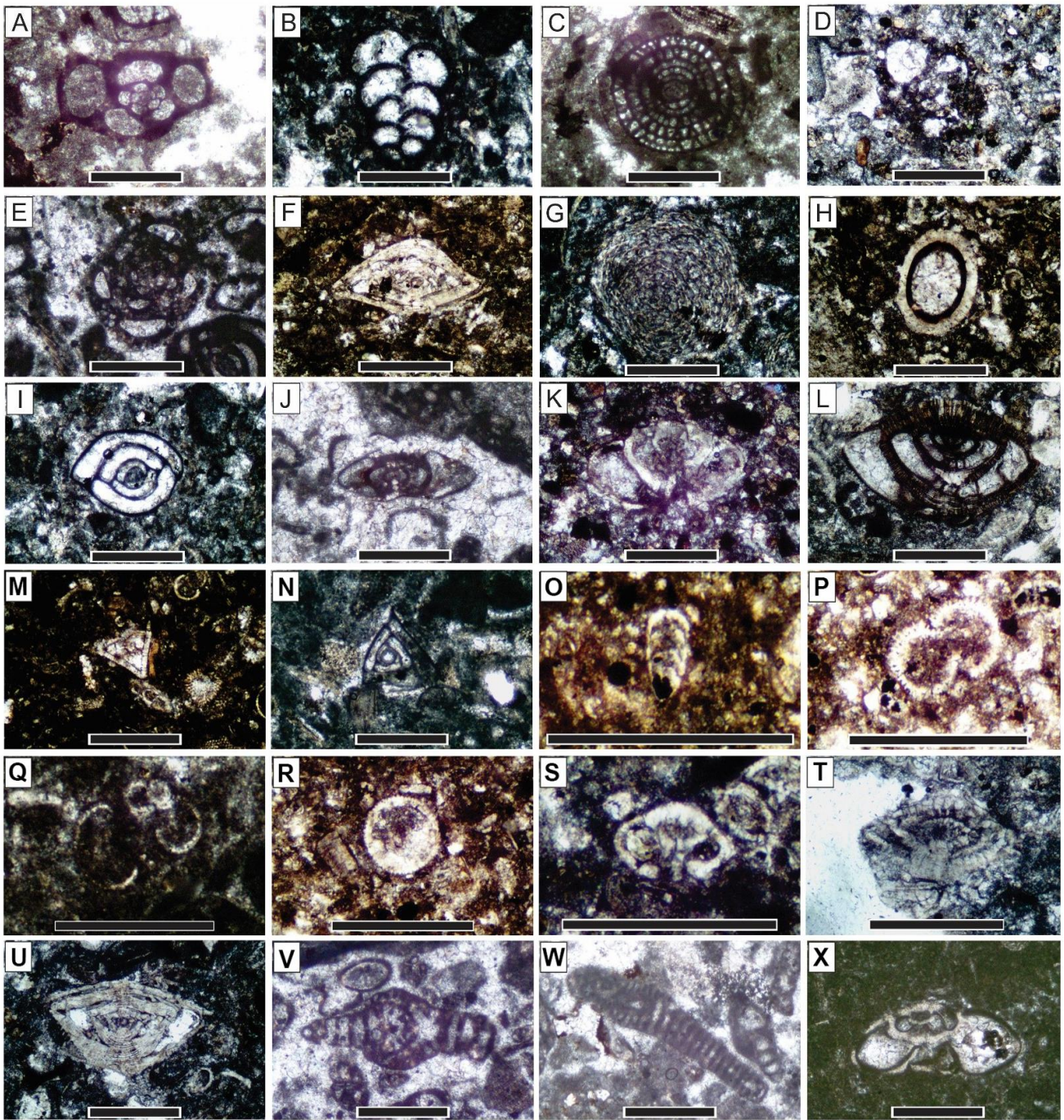
روش مطالعه

از تمامی ۵۳ نمونه سنگی برداشت شده از توالی مورد مطالعه، مقاطع نازک میکروسکپی تهیه گردید و محتوای سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی آنها مورد بررسی قرار گرفت. به منظور شناسایی فسیل‌ها از منابعی همچون Adams & Bourgeois (1967)، Leoblich & Tappan (1988)، کلاتنری (۱۳۷۱) و بهرامی‌زاده سجادی (۱۳۸۸) استفاده شده است. به منظور تعیین محیط رسوبی و ترسیم مدل

لار تشکیل داده‌اند. بر روی سازند لار به ترتیب سنگ‌های آتش‌فشانی سازند کرج، واحدهای تخریبی قرمز تا قهوه‌ای رنگ سازند قرمز زیرین، کربناته‌های ستبر لایه و صخره‌ساز سازند قم و در نهایت توالی‌های تبخیری - تخریبی سبز، خاکستری و قهوه‌ای رنگ سازند قرمز بالایی نهشته شده‌اند (شکل ۳). مرز زیرین سازند قم در منطقه مورد مطالعه با سازند قرمز زیرین دگرشیب و مرز بالایی آن با سازند قرمز بالایی ناگهانی می‌باشد (شکل ۴)



شکل ۶: گسترش فسیل‌های شناسایی شده در توالی‌های مورد مطالعه

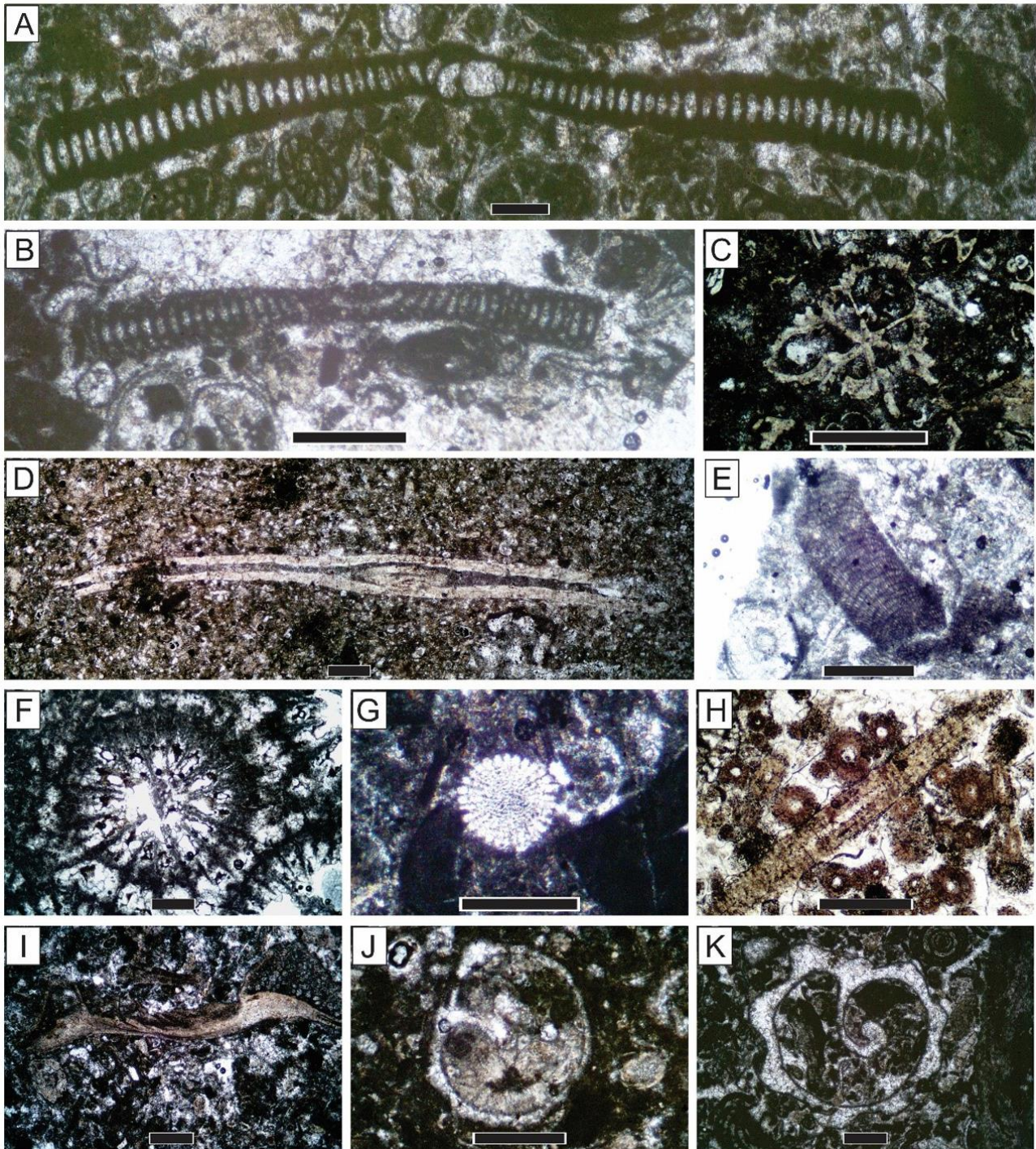


شکل ۷: تصاویری از مهمترین روزن‌داران شناسایی شده در برش مورد مطالعه

A- *Quinguloculina* sp. (Sample AQ0); B- *Textularia* sp. (Sample AQ7); C- *Borelis melo curdica* (Sample AQ0); E- *Schlumbergerina* sp. (Sample AQ48); D- *Schlumbergerina* sp. (Sample AQ4); F- *Amphistegina* sp. (Sample AQ18); G- *Sphaerogypsina globulus* (Sample AQ7); H- *Ditrupa* sp. (Sample AQ18); I- *Pyrgo* sp. (Sample AQ8); J- *Dendritina rangi* (Sample AQ 48); L- *Elphidium* sp. (Sample AQ 25); K- *Ammonia beccarii* (Sample AQ3); M- *Triloculina tricarinata* (Sample AQ18); N- *Triloculina trigonula* (Sample AQ35); O- *Bolivina* sp. (Sample AQ16); P- *Globigerinoides* sp. (Sample AQ16); Q- *Globigerina praebulloides* (Sample AQ26); R- *Orbulina* sp. (Sample AQ16); S- *Ammonia beccari* (Sample AQ 25); T- *Rotalia viennotti* (Sample AQ25); U- *Asterigerina rotula* (Sample AQ25); V- *Archaias kirkukensis* (Sample AQ 48); W- *Peneroplis thomasi* (Sample AQ48); X- *Discorbis* sp. (Sample AQ43); Scale bar: 0.5 mm.

شدن قطعات فسیلی نظیر روزن‌داران کفزی کوچک و جلبک‌های قرمز می‌باشند. زمینه این ریزرخساره را عمدتاً سیمان‌های کلسیتی اسپاری و به میزان کمتر گل تشکیل

و مرجان نیز به میزان کمتر قابل شناسایی می‌باشد. از قطعات غیرفسیلی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌توان به حضور پلوئیدها اشاره نمود که در اغلب موارد حاصل میکریتی



شکل ۸: تصاویری از مهمترین روزن‌داران شناسایی شده در برش مورد مطالعه

A- *Meandropsina iranica* (Sample AQ49); B- *Meandropsina anahensis* (Sample AQ49); C- *Tubucellaria* sp. (Sample AQ19); D- *Operculina complanata* (Sample AQ16); E- *Lithophyllum* sp. (Sample AQ7); F- Coral (Sample AQ30); G- Echinoid spine; H- Echinoid spine; Transversal section (Sample AQ36); Longitudinal section (Sample AQ15); I- Bivalve (Sample AQ37); J- Gastropod (Sample AQ36); K- Gastropod (Sample AQ49); Scale bar: 0.5 mm.

۲- فلوتستون تا رودستون حاوی جلبک قرمز و روزن‌داران کفزی: این ریزرخساره بخش اعظم سازند قم در منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود و در طول توالی این سازند

می‌دهد. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد SMF18 در نوشته Flügel (2010) بوده که محیط سکوی داخلی را برای شماره نمونه‌های ۴۴ تا ۵۲ نشان می‌دهد.

۴- باندستون مرجانی: این ریزرخساره در طول توالی مورد مطالعه و به ویژه در بخش‌های میانی و بالایی سازند قم قابل شناسایی است. مرجان‌ها آلوکم‌های اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند و در مواردی، فراوانی آنها به بیش از ۷۵ درصد سنگ و مقاطع نازک میکروسکوپی می‌رسد (شکل ۹ت). در کنار مرجان‌ها، فسیل‌های جلبک قرمز و بریوزوئر همراه با خرده‌های خارپوست نیز به میزان خیلی کم مشاهده می‌شود. این ریزرخساره عمدتاً در داخل سنگ آهک‌های ستبرلایه سازند قم مشاهده می‌شود، اما در مواردی در نتیجه فرآیند دولومیتی شدن در داخل سنگ آهک‌های دولومیتی شده نیز قابل شناسایی است، به طوری که در نتیجه تأثیر فرآیند دیاژنزی دولومیتی شدن، بخش اعظم آلوکم‌های فسیلی و زمینه سنگ به طور کامل از بین رفته و تنها شبح‌هایی از فسیل‌های مرجان قابل مشاهده می‌باشد. در داخل حفرات و منافذ خالی این مرجان‌ها کانی سلسنتین نیز قابل شناسایی می‌باشد که بخشی از منافذ سنگ را پر کرده است. ریزرخساره مرجانی در بین ریزرخساره‌های شناسایی شده سازند قم در منطقه مورد مطالعه، بیشترین میزان تخلخل را دارد به طوری که در مواردی تا حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد از حجم سنگ را فضاهای خالی و حفرات تشکیل می‌دهند. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد SMF7 در نوشته Flugel (2010) بوده و محیط لبه شلف و ریف‌های مرجانی را مشخص می‌کند.

۵- وکستون حاوی روزن‌داران شناور: این ریزرخساره با ستبرای کم، تنها در بخش‌های میانی سازند قم شناسایی شده و در داخل سنگ آهک‌های نازک لایه و مارنی قرار گرفته است. آلوکم‌های غالب تشکیل دهنده این ریزرخساره را روزن‌داران شناور نظیر *Globigerina* تشکیل می‌دهند (شکل ۹ث). روزن‌داران شناور در این ریزرخساره به صورت نامتراکم با فراوانی در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد، در

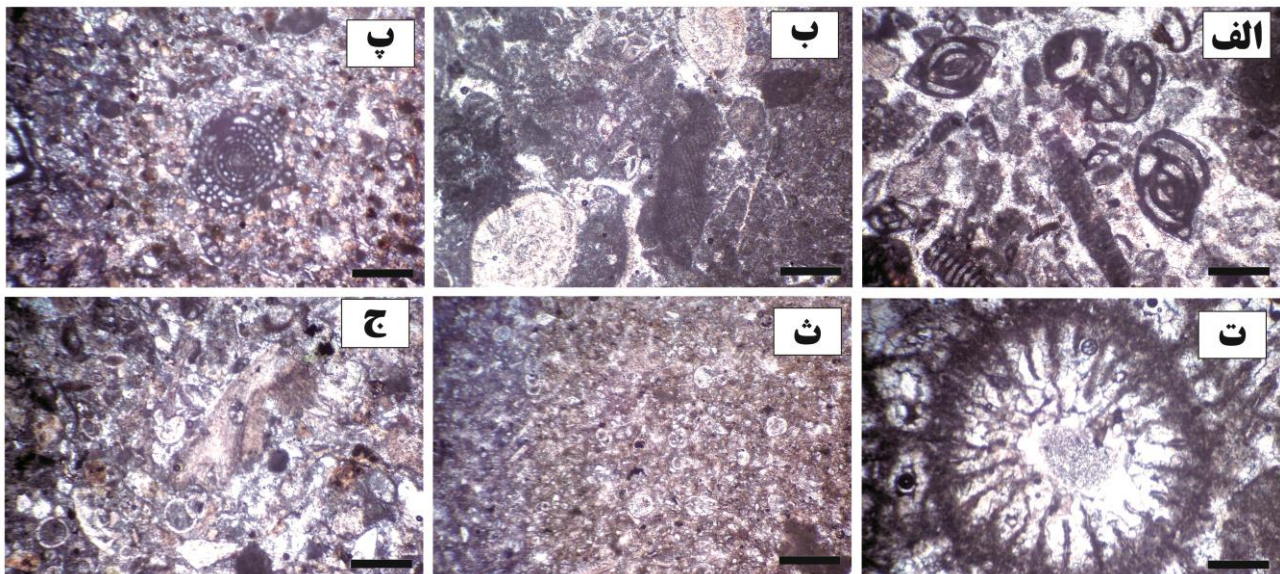
قابل شناسایی است. این ریزرخساره در داخل سنگ آهک‌های نازک تا ستبرلایه فاقد ساختمان رسوبی قرار گرفته است. جلبک‌های قرمز و روزن‌داران کفزی بزرگ با پوسته‌های روشن اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند که صرفاً در یک زمینه گلی قرار گرفته‌اند (شکل ۹ب). از دیگر اجزای تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌توان به خرده‌های خارپوست، مرجان و بریوزوئر همراه با قطعات شکسته دوکفه‌ای به میزان کمتر اشاره نمود. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد SMF18 در نوشته Flugel (2010) بوده و محیط رسوبی سکوی داخلی و جلوی ریف‌های مرجانی را نشان می‌دهد.

۳- وکستون تا پکستون حاوی پلوئید روزن‌داران کفزی کوچک و ذرات ماسه: این رخساره تنها در بخش‌های ابتدایی برش مورد مطالعه و در شماره نمونه‌های ۱ تا ۵ شناسایی شده است. اجزای فسیلی تشکیل دهنده این ریزرخساره را عمدتاً روزن‌داران کفزی کوچک با پوسته‌های پورسلانوز و تیره تشکیل می‌دهد (شکل ۹پ). از دیگر اجزای فسیلی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌توان به حضور جلبک قرمز، خارپوست، دوکفه‌ای و استراکد اشاره نمود. قطعات تخریبی این ریزرخساره که عمدتاً در اندازه ماسه درشت تا خیلی درشت می‌باشند را کوارتزهای تک کریستالی همراه با قطعات آتش‌فشانی و چرت‌ها تشکیل می‌دهند که با فراوانی در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد قابل مشاهده‌اند. در موارد محدودی، اندازه این قطعات تخریبی در حد گراول‌های ریز نیز مشاهده می‌گردد. بافت این ریزرخساره با توجه به فراوانی ذرات تشکیل دهنده و زمینه گلی آن به صورت وکستون تا پکستون در نظر گرفته شده است. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد SMF16 در نوشته Flugel (2010) بوده و محیط سکوی داخلی را نشان می‌دهد.

این ریزرخساره با فراوانی کمتر (در حدود ۵ تا ۷ درصد)، ذرات تخریبی از نوع کوارتز تک کریستالی با خاموشی مستقیم نیز قابل مشاهده است. گلاکونیت و پیریت از دیگر اجزای تشکیل دهنده این ریزرخساره محسوب می‌شوند که در مجموع فراوانی در حدود ۳ درصد از حجم کل سنگ را به خود اختصاص می‌دهند. ترکیب سنگ شناسی این ریزرخساره را سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه تشکیل می‌دهد. این ریزرخساره که در نمونه‌های شماره ۱۸ تا ۲۰ و نیز نمونه شماره ۲۵ و در مترهای ۵۴ تا ۶۰ متری سازند قم شناسایی شده است، معادل ریزرخساره استاندارد SMF3 در نوشته Flugel (2010) بوده و محیط انتهایی شیب قاره را مشخص می‌کند.

یک زمینه کاملاً گلی با بافت و کستون قابل مشاهده می‌باشند. این رخساره در نمونه‌های شماره ۱۶ و ۱۷ سازند قم مشاهده می‌شود. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد SMF5 در نوشته Flugel (2010) می‌باشد و محیط شیب قاره را نشان می‌دهد.

۶- پکستون حاوی روزن‌داران کم ژرفا و ژرف: در این ریزرخساره مخلوطی از فسیل‌های نواحی کم ژرفا و ژرف با جورشدگی ضعیف و خردشدگی بسیار زیاد قابل مشاهده می‌باشند. از مهمترین قطعات فسیلی تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌توان به روزن‌داران شناور و کفزی، قطعات حمل شده مرجان، بریوزوئر و دوکفه‌ای همراه با جلبک قرمز اشاره نمود که شدیداً در طی حمل و نقل خرد شده‌اند (شکل ۹ج). همراه با تنوع بالای قطعات فسیلی در

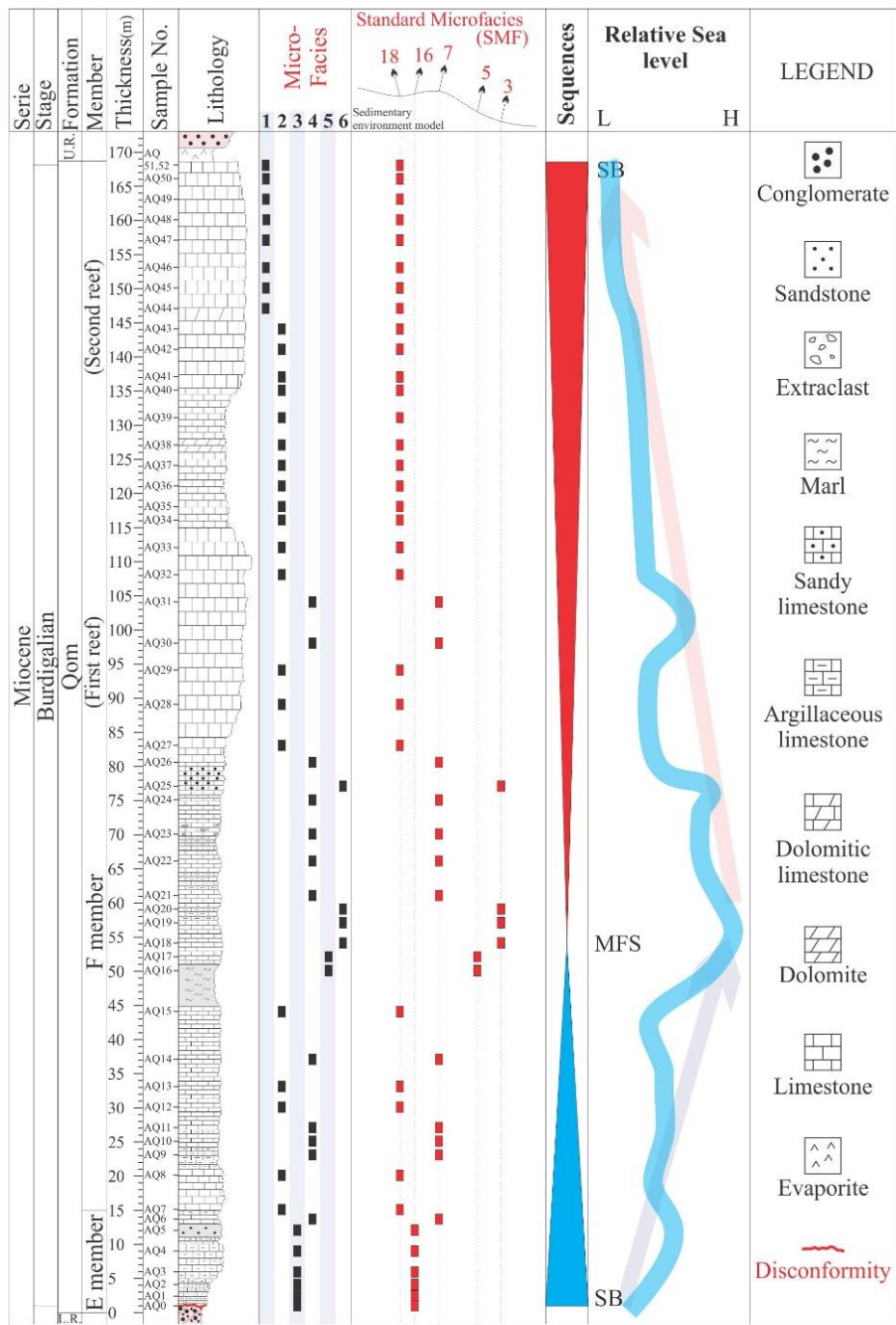


شکل ۹: ریزرخساره‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه: الف) گریستون تا پکستون حاوی روزن‌داران کفزی کوچک؛ ب) فلوتستون تا رودستون حاوی جلبک قرمز و روزن‌داران کفزی؛ پ) وکستون تا پکستون حاوی پلئوئید روزن‌داران کفزی کوچک و ذرات ماسه؛ ت) باندستون مرجانی؛ ث) وکستون حاوی روزن‌داران پلانکتون؛ ج) پکستون حاوی روزن‌داران کم ژرفا و ژرف

قابل توجه و به صورت پیوسته در توالی سازند قم در منطقه شمال غرب زنجان، احتمالاً بیانگر تشکیل شدن این سازند در یک سکوی کربناته از نوع شلف لبه‌دار و عمدتاً در بخش‌های ریفی و مجاور آن می‌باشد (شکل ۱۱). علاوه بر رخساره ریفی گسترده، وجود توالی نابرجا و توربیدیتی نیز

تفسیر محیط رسوبی

در شکل ۱۰ تغییرات رخساره‌های شناسایی شده و محیط رسوبی سازند قم در طول توالی مورد مطالعه ترسیم شده است. حضور قابل ملاحظه رخساره مرجانی و دیگر آلوکم‌های ریف‌ساز همانند جلبک‌های قرمز با ستبرای



Microfacies

- 1: Grainstone - packstone with small benthic foraminifera
- 2: Floatstone - rudestone with benthic foraminifera and red algae
- 3: Wackstone - packstone with pelloid, small benthic foraminifera and sand particles
- 4: Boundstone with coral
- 5: Wackstone with planktonic foraminifer
- 6: Packstone-grainstone with benthic foraminifer

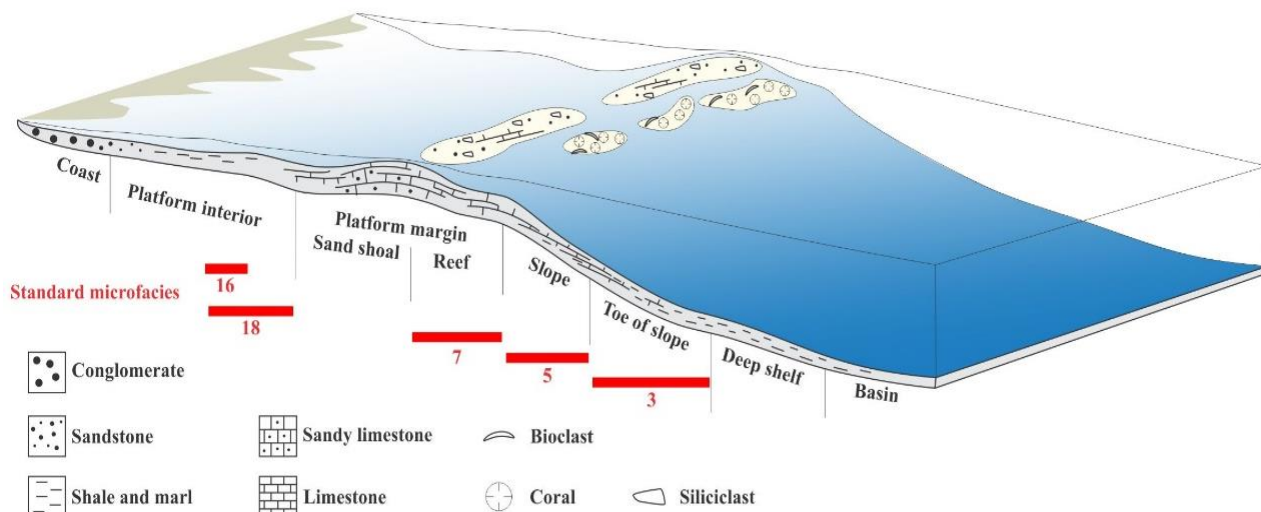
Facies belts

- 3: Toe-of-slope 5: Slope 7: Platform-margin reefs 16,18: Platform interior

Abbreviation:

- SB: Sequence boundary MSF: Maximum flooding surface H: High L: Low

شکل ۱۰: ستون چینه نگاری و نمودار روند تغییرات ریزرخساره‌ها در طول برش



شکل ۱۱: مدل رسوبی پیشنهادی برای توالی‌های سازند قم در برش مورد مطالعه

(جنوب غرب زنجان) با حضور رخساره‌های دریای باز و غنی از روزن‌داران کفزی با پوسته روشن و روزن‌داران شناور مشخص می‌شود (نوری و همکاران، ۱۳۹۹).

چینه نگاری سکانسی

مطالعات چینه‌نگاری سکانسی در منطقه و تفکیک واحدهای سکانسی بر مبنای تغییرات رخساره‌ای و مرزهای فرسایشی صورت گرفت. در این مطالعات به منظور تفکیک دسته رخساره‌ها و مرزهای سکانسی از روش (Van Wagoner *et al.*, 1988) استفاده شده است به طوری که در این روش، انتهای مرحله افت نسبی سطح آب دریا و ابتدای مرحله افزایش نسبی سطح آب دریا به عنوان مرز سکانسی در نظر گرفته می‌شود. شروع توالی‌های کربناته سازند قم در منطقه مورد مطالعه با یک ناپیوستگی فرسایشی از نوع دگرشیبی می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان مرز سکانسی نوع اول (SB type I) در ابتدای این توالی‌ها در نظر گرفت (شکل ۴ب). در ادامه، نمودار تغییرات رخساره‌ای در مجاورت ستون چینه نگاری سازند قم نشان می‌دهد که بعد از ناپیوستگی فرسایشی بین سازندهای قرمز زیرین و قم، یک روند افزایشی در سطح آب دریا از ابتدای

می‌تواند بیانگر شیب زیاد در سکوی کربناته این سازند باشد که در نتیجه آن، بخشی از رسوبات مناطق کم ژرفاتر به مناطق ژرف و جلوی ریف‌های مرجانی جابه‌جا شده‌اند. حضور این ریف‌های عظیم مرجانی سبب تشکیل شدن یک محیط لاگونی محصور و غنی از روزن‌داران کفزی با پوسته تیره همراه با جلبک سبز و شکم‌پا در پشت ریف شده است. در این محیط لاگونی، قطعات و ذرات تخریبی نظیر کوارتز، خرده سنگ‌های آتش‌فشانی و چرت‌ها با فراوانی قابل توجه (در حدود ۱۰ درصد) شناسایی می‌شود. در بخش‌های جلوی ریف نیز رخساره‌های غنی از جلبک قرمز، بریوزوئر و روزن‌داران شناور شکل گرفته است. نظیر چنین سکوی کربناته‌ای برای سازند قم، از دیگر توالی‌های مشابه در دیگر نقاط ایران (حوضه‌های رسوبی البرز و ایران مرکزی) نیز گزارش شده است که در آن مناطق نیز حضور ریف‌های مرجانی بزرگ و پیوسته سبب تشکیل سکوی کربناته شلف لبه‌دار در طی رسوب‌گذاری سازند قم شده است (برای مثال: محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ عالیپور و همکاران، ۱۳۹۵).

لازم به ذکر است بخش‌های ژرف‌تر این سکوی کربناته در مناطق شرقی‌تر ناحیه مورد مطالعه و در نزدیکی شهر قیدار

(سکانس رسوبی شماره ۶) در نظر گرفته شده است که مشابه با سکانس رسوبی معرفی شده برای سازند قم در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد.

نتیجه‌گیری

سازند قم در برش چینه شناسی جنوب روستای اندآباد علیای زنجان به ستبرای ۱۶۸ متر متشکل از توالی‌های مارنی، سنگ آهک رسی و سنگ آهکهای متوسط تا ستبرایه می‌باشد که به طور ناپیوسته و با دگرشیبی بر روی توالی‌های قاره‌ای قرمز رنگ سازند قرمز زیرین و به صورت ناگهانی در زیر توالی‌های تبخیری - تخریبی سازند قرمز بالایی قرار گرفته است. مطالعات دیرینه‌شناسی بر روی مقاطع نازک میکروسکوپی به شناسایی ۲۳ گونه از روزنداران منجر گردید که بر اساس گسترش فسیل شاخص *Borelis melo curdica* در طول سازند، سن این توالی‌ها بوردیگالین تعیین گردید. مطالعات ریزرخساره‌ای بر روی نمونه‌ها به تفکیک ۶ ریزرخساره منجر گردید که معادل ریزرخساره‌های استاندارد 3, 5, 7, 16, 18 SMF می‌باشند و در مجموع محیط رسوبی شلف کربناته را برای این سازند در برش مورد مطالعه مشخص می‌کنند. تغییرات ریزرخساره‌ها در طول ستون چینه‌نگاری نشان دهنده یک روند افزایش نسبی سطح آب دریا از ابتدا تا اواسط برش و روند کاهشی از اواسط تا انتهای برش می‌باشد که در مجموع مشخص کننده یک سکانس رسوبی رده سوم برای توالی‌های مورد مطالعه می‌باشد.

سازند قم تا ۵۴ متری (نمونه شماره ۱۸) مشاهده می‌شود که مجموعه توالی‌های این محدوده را می‌توان به عنوان دسته رخساره پیش‌رونده (TST) در نظر گرفت.

در این افق که با عنوان سطح بیشینه پیش‌روی آب دریا (MFS) در نظر گرفته شده است، روزنداران شناور به میزان قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌گردند به طوری که سبب تشکیل رخساره و کستون حاوی روزنداران شناور با چند متر ستبرای شده‌اند. سطح آب از نمونه شماره ۲۰ (۵۹ متری) تا انتهای برش دوباره روند کاهشی از خود نشان می‌دهد که این محدوده را می‌توان به عنوان دسته رخساره تراز بالا (HST) در نظر گرفت. کم‌ژرفاترین رخساره در توالی مورد مطالعه که غنی از جلبک‌های سبز و روزنداران کفزی با پوسته تیره است، در بخش‌های انتهایی سازند قم و قبل از نهشته شدن سازند قرمز بالایی با ستبرای قابل ملاحظه تشکیل شده است. مرز بین سازند قم و سازند قرمز بالایی را که رخساره‌های محیط کم ژرفای دریایی را از خود نشان می‌دهد می‌توان به عنوان مرز سکانسی نوع دوم (SB type II) در نظر گرفت (شکل ۴ت).

این افزایش و کاهش نسبی سطح آب دریا با توجه به سن سازند قم در توالی مورد مطالعه احتمالاً می‌تواند نشانگر یک سکانس رسوبی رده سوم در طول رسوب‌گذاری این سازند در بخش‌های شمال غرب زنجان باشد (شکل ۱۰). لازم به ذکر است در مطالعات چینه‌نگاری سکانسی صورت گرفته توسط بر روی سازند قم در برش الگو واقع در کوه بیچاره (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۷)، برای نهشته‌های بوردیگالین این سازند یک سکانس رسوبی رده سوم

منابع

آقامیرزایی، ا.، صفری، ا.، وزیری مقدم، ح.، ۱۳۹۲. آنالیز ریزرخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی سازند قم در منطقه مرق (جنوب غرب کاشان). هفتمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه اصفهان، ص ۲۱۷.

- بهرامی زاده سجادی، ح.، ۱۳۸۸. رخساره‌های زیستی میکروسکوپی حوضه رسوبی زاگرس پرمین - نئوژن. اداره مطالعات و تحقیقات زمین شناسی و ژئوسیمی، مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، ۶۲۲ ص.
- بخشی، ا.، لیاقت، م.، فیضی، ا.، ۱۳۹۴. ریزرخساره‌ها، مدل رسوب گذاری و لیتواستراتیگرافی سازند قم در ناحیه میانه - بستان آباد. پژوهش‌های دانش زمین، ۲۱: ۱۹-۳۹.
- بهورزی، ا.، صفری، ا. و وزیری مقدم، ح.، ۱۳۸۸. بررسی ریز رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی سازند قم در منطقه چنار (شمال غرب کاشان). رخساره‌های رسوبی، ۲: ۱۴۳-۱۵۲.
- جلالی، م.، صادقی، ع.، آدابی، م. ح.، ۱۳۹۵. ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند قم در برش سطحی شرق سیاه کوه (جنوب گرمسار). فصلنامه زمین شناسی ایران، ۳۹: ۸۳-۱۰۲.
- حسینی نژاد، س. م.، رامه، ح. اهری پور، ر.، ۱۳۹۵. زیست چینه‌نگاری و محیط رسوبی سازند قم در برش تلن کوه، جنوب باختری سمنان. رسوب شناسی کاربردی، ۷: ۱۰۱-۱۱۶.
- خاکسار، ک.، سهرابی ملایوسفی، م.، رحمانیان، س.، ۱۳۸۹. میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند قم در منطقه خورآباد - ورجون. فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست، ۱۲: ۵۱-۶۱.
- دانشیان، ج.، اخلاقی، م.، ۱۳۹۲. تعیین محیط دیرینه نهشته‌های سازند قم بر اساس فرامینفرا پلانکتیک و بنتیک در برش کلتکه، جنوب غرب ماه‌نشان. هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی، صص ۱۵۱-۱۵۸.
- دانشیان، ج.، درخشانی، م.، ۱۳۸۷. پالئو اکولوژی روزن بران سازند قم در برش قصر بهرام، دامنه‌های شمال غربی سیاه کوه، واقع در جنوب گرمسار. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۳۰ (۱): ۱-۱۶.
- دانشیان، ج.، سعیدی مهر، ا.، ۱۳۸۴. گسترش چینه شناسی فرامینفرای بنتونیک سازند قم در جزیره قیون داغی دریاچه ارومیه. نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، صص ۴۲۹-۴۲۰.
- دانشیان، ج.، یزدانی، ه.، ۱۳۸۴. مطالعه گسترش چینه‌شناسی فرامینفرای بنتونیک سازند قم در برش کهلو پایین، غرب ساوه. نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، صص ۲۴۶-۲۵۰.
- دانشیان، ج.، اسدی مهماندوستی، ا.، رمضانی دانا، ل.، ۱۳۹۶. ریزرخساره، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در برش ده نمک، شمال شرق گرمسار. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۴۱: ۲۳-۴۳.
- دانشیان، ج.، باغبانی، د.، ایمن دوست، ع.، جلالی، م.، ۱۳۸۸. آنالیز رخساره‌های سنگی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در جنوب باختر سلطانیه. سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۹۶-۱۰۰.
- دانشیان، ج.، شهرابی، م.، اخلاقی، م.، ۱۳۸۹. زیست چینه نگاری و محیط دیرینه نهشته‌های سازند قم در شمال خاور ماه‌نشان. مجله علوم زمین، ۷۶: ۴۵-۵۰.
- دانشیان، ج.، مصدق، ح.، خلیج، ح.، قاسمی، ع.، ۱۳۸۷. چینه نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در ناحیه الگو (برش کوه بیچاره) در جنوب شرق قم، شمال ایران مرکزی. مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، ۳۴: ۱۹-۵۴.
- دهقان، ر.، صفری، ا.، وزیری مقدم، ح.، ۱۳۸۹. بررسی ریز رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان). مجله پژوهش‌های دانش زمین، ۳: ۶۰-۷۳.

رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران: الیگوسن، میوسن و پلیوسن. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۱۱ص.

عالیپور، ش.، میرزایی عطاآبادی، م.، زهدی، ا.، رحمانی، ع.، ۱۳۹۵. چینه‌شناسی و ریزرخساره‌های سازند قم در منطقه قمچقایی، جنوب زنجان. یازدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه پیام نور طبرس، ص ۱۹۰.

عبداللهی، ن.، ۱۳۹۶. محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند قم در منطقه جلبر (ارومیه). پایان نامه کارشناسی ارشد چینه‌شناسی و فسیل شناسی، دانشگاه ارومیه، ص ۸۰.

کاروان، م.، محبوبی، ا.، وزیری مقدم، ح.، موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۳. رخساره‌های رسوبی و چینه نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در شمال خاوری دلیجان، شمال باختری ایران مرکزی. فصلنامه علوم زمین ۹۴: ۲۳۷-۲۴۸.

کلانتری، ا.، ۱۳۷۱. سنگ چینه‌ای و رخساره‌های میکروسکوپی زاگرس. آزمایشگاه‌های زمین‌شناسی، اکتشاف و تولید، شرکت ملی نفت ایران، ۴۲۱ص.

لطفی، م.، ۱۳۸۰. نقشه زمین شناسی ماه نشان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

ماهر، ح.، صفری، ا.، کنگازیان، ع.، ۱۳۹۴. بررسی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم در منطقه کامو (جنوب غرب کاشان). نهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۸۶.

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، ۱: ۸۱-۹۴.

محمدی، ا.، وزیری، م.، ر.، داستانیپور، م.، ۱۳۹۳. بررسی ریزرخساره‌ها و بازسازی محیط رسوب گذاری سازند قم در ناحیه سیرجان، جنوب غرب کرمان. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۵۵: ۳۵-۵۴.

محمدی، ا.، عامری، ح.، ۱۳۹۵. ریزرخساره‌ها و مدل رسوب گذاری سازند قم در ناحیه خور آباد (جنوب شرقی قم). پژوهش‌های دانش زمین، ۲۸: ۳۷-۵۸.

محمدی، ا.، عامری، ح.، قائدی، م.، وزیری، م.، ر.، داستانیپور، م.، صادقی، ر.، ۱۳۹۴. زیست‌چینه نگاری، ریزرخساره‌ها و مدل رسوبی گذاری سازند قم در شمال شرق نطنز (جنوب شرقی حوضه پس کمان قم). دیرینه‌شناسی، ۳(۲): ۱۹۸-۲۱۹.

محمدی، م.، یوسفی راد، م.، هدایت، ف.، قاسمی، م.، نیستانی، ع.، ۱۳۹۵. بررسی ریزرخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی نهشته‌های الیگوسن - میوسن (سازند قم) در ناحیه فلوجرد. دهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه فرهنگیان

نیشابور، ص ۱۸۷.

مهیاد، م.، صفری، ا.، وزیری مقدم، ح.، صیرفیان، ع.، ۱۳۹۷. بازسازی شرایط محیط رسوبی دیرینه و شناسایی سکانس‌های رسوبی موجود در سازند قم بر اساس میکروفسیل‌ها در ناحیه کهک (جنوب غرب قم). زمین شناسی نفت ایران، ۱۵: ۳۲-۴۸.

منصوری، پ.، صفری، ا.، ۱۳۹۲. میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند قم در ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان). هفتمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه اصفهان، صص ۱۶۹-۱۷۳.

نوری، م.، زهدی، ا.، کوهستانی، ح.، نباتیان، ق.، مختاری، م.، ع.، ا.، ۱۳۹۹. سنگ چینه‌نگاری، ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم در برش کانسار سلسنتین مادآباد، جنوب زنجان. رخساره‌های رسوبی، ۱۱: ۲۸۸-۳۰۲.

- 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.
- Behforouzi, E., & Safari, A., 2011. Biostratigraphy and paleoecology of the Qom Formation in the Chenar area (northwestern Kashan), Iran. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28: 555-565.
- Berberian, M., & King, G., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Bozorgnia, F., 1966. Qom formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iran Petroleum Institute*, 24: 69-76.
- Daneshian, J., & Aftabi, A., 2010. Foraminiferal biostratigraphy of the Qom Formation on the basis of new investigation at Navab anticline, in southeast Kashan. *Journal of Science University of Tehran*, 35: 137-154.
- Daneshian, J., & Dana, L.R., 2019. Benthic foraminiferal events of the Qom Formation in the north Central Iran Zone. *Paleontological Research*, 23: 10-23.
- Dozy, J., 1944. Comments on geological report no. 1 by Thiebaud (on the Qum-Saveh area). *Geological report*, 308.
- Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqrawi, A.A. M., McArthur, J.M. & Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene–Lower Miocene), SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 30: 107–128.
- Furrer, M., & Soder, P., 1955. The Oligo–Miocene marine formation in the Qom region (Central Iran): *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Rome, Section I/A/5: 267–277.*
- Flügel, E., 2010. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. *Springer Science & Business Media*, 1006 p.
- Holakouee, Z., Maghfouri Moghaddam, I., Yazdi, M., & Yousefi yeganeh, B., 2018. Biostratigraphy and Microfacies of Qom Formation in Urumieh-Dokhtar Zone, Iran. *International Journal of Engineering and Technology*, 10: 1052-1066.
- Jaafari, A., 1963. History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran, *6th World Petroleum Congress, Frankfurt am Main, Germany.*
- Karami-Movahed, F., Aleali, M., & Ghazanfari, P., 2016. Facies analysis, depositional environment and diagenetic features of the Qom Formation in the Saran Semnan, Central Iran. *Open Journal of Geology*, 6: 349-362.
- Khoshtinat, N., & Mehri, M., 2015. Stratigraphy facies and sedimentary environments of Qom Formation Sofiyan region, North West of Iran. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science*, 5: 4621-4628.
- Laursen, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F.S.P., Moallemi, A., & Druillion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation. *First International Petroleum Conference and Exhibition Shiraz, Iran.*
- Leoblich, A.R., & Tappan, J.H., 1988. Foraminiferal General and their Classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, 2: 869.
- 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: 403-423.
- Nouradini, M., Azami, S.H., Hamad, M., Yazdi, M., & Ashouri, A.R., 2015. Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67: 59-73.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, 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: 627-650.

- Sabouhi, M., Sheykh, M., Darvish, Z., & Naghavi Azad, M., 2010. Facies Analysis and Depositional environment of the Oligocene-Miocene Qom Formation in the Central Iran (Semnan area). *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 30 p.
- Van-Wagoner, J.C., W., Posamentier, Mitchum, H. R.M.Jr., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., & Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Posamentier, H., Van Wagoner, J., Ross, Ch.A., & Kendall, Ch.G.St.C. (eds.), Sea Level Changes: An Integrated Approach. SEPM Special Publication*, 42: 39-45.
- Yazdi, M., Parvanenezhad Shirazi, M., Rahiminejad, A.H., & Motavalipoor, R., 2012. Paleobathymetry and paleoecology of colonial corals from the Oligocene–early Miocene (?) Qom Formation (Dizlu area, central Iran). *Carbonates and Evaporites*, 27: 395-405.
- Zhu, Y., Qi, Y., Zhang, B., Yang, H., He, C., Wang, S., Zhou W., Zhu, Q., & Li, Z., 2007. Revision of the age of the Qom Formation in the Central Iran Basin, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 715-721.

Micropaleontology and sedimentary environment of the Qom Formation in the northwest of Zanjan

Rabbani, J.^{1*}, Zohdi, A.^{1*}

1- Assistant Professor, Geology Department, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

* Email: rabbani@znu.ac.ir

Introduction

Qom Formation carbonate succession unconformably deposited over the red clastic layers of Lower Red Formation after the Eocene tectonic movements in Iran (Berberian & King, 1981; Rahimzadeh, 1994). The type area of the Qom Formation is located in the South East of Qom city. Qom Formation has been divided into six members in the type area (Furrer & Soder, 1955). Based on biostratigraphic studies, Eocene to Middle Miocene age has been proposed for the Qom Formation (Bozorgnia, 1966; Dozy, 1944; Furrer & Soder, 1955; Jaafari, 1963; Zhu *et al.*, 2007). Later studies by (Daneshian & Aftabi, 2010; Daneshian *et al.*, 2008; Ruter *et al.*, 2009) show Oligocene – Miocene age for this Formation. Sedimentological studies in different sections show carbonate shelves and ramps in different locations. So, to biostratigraphy and sedimentary environment reconstruction of Qom Formation, one stratigraphic section has been sampled in the North West of Zanjan.

Geological setting

The studied section is located in the North West of Zanjan near And-Abad village. To access the area, we can follow the main road of Zanjan to the Mahneshan. Geological coordination of the studied section is: E 47° 59' 10.77" N 36° 48' 08.54". In the studied section, we can see the F member of the Qom formation that created the heights of the area. The And-Abad village is located on the Upper Red Formation in this area. Qom Formation in this area overlies the Lower Red Formation (with the angular unconformity boundary) and underlies the Upper Red formation (with the sharp stratigraphic boundary).

Material and methods

Fifty-three thin sections have been prepared from 168 meters of carbonate layer related to the Qom Formation. We used Adams & Bourgeois (1967) and Leoblich & Tappan (1988) for our biostratigraphic studies. The microfacies studies and reconstruction of the sedimentary environment have been done based on Flugel (2010), and sequence stratigraphy studies carried out according to Van Wagoner *et al.* (1988). 23 species of foraminifera and 6 microfacies groups have been identified using a transmitted light microscope.

Discussion

Biostratigraphic studies lead to the identification of 23 foraminifera species: *Borelis melo curdica*, *Textularia* sp., *Amphistegina* sp., *Schelumbergerina* sp., *Quinquolucina* sp., *Sphaerogypsina globulus*, *Pyrgo* sp., *Dendritina rangi*, *Ammonia beccarii*, *Peneroplis thomasi*, *Meandropsina anahensis*, *Meandropsina irnica*, *Triloculina trigonula*, *Orbulina* sp., *Bolivina* sp., *Operculina complanata*, *Globigerinoides* sp., *Globigerina praebulloides*, *Triloculina tricarinata*, *Elphidium* sp., *Rotalia viennotti*, *Asterigerina rotula*, *Archaias kirkukensis*. The total range zone of the *Borelis melo curdica* index species shows Burdigalian age in many studies such as (Adams & Bourgeois, 1967; Ehrenberg *et al.*, 2007; Laursen *et al.*, 2009). In this study, the first occurrence datum (FOD) of this species can be seen at the base of the section from the lowermost part of the Qom Formation layers and the last occurrence datum of this species is located at the top of the section. So we can propose the Burdigalian age for all studies layers of the Qom Formation in this section. Microfacies analysis leads to the identification of 6 different microfacies as follow: 1- Grainstone-packstone with small benthic foraminifera, 2- Floatstone-rudestone with benthic foraminifera and red algae, 3- Wackstone-packstone with peloid, small benthic foraminifera, and sand particles, 4- Boundstone with coral, 5- Wackstone with planktonic foraminifer, 6- Packstone-grainstone with benthic foraminifera. These facies are related to the platform interior, platform margin, and slope and toe of slope parts of the carbonate shelf.

Sequence stratigraphic studies is led to identifying one depositional sequence (3rd order) with one sequence boundary type I and one sequence boundary type II. Relative sea-level changes curve and the stratigraphic log show one transgressive-regressive trend during all sections.

Conclusion

To biostratigraphy, microfacies, sedimentary environment, and sequence stratigraphy analysis, one stratigraphic section related to the Qom Formation has been sampled in the North West of the Zanjan. All 53 thin sections have been investigated based on microfacies and fossil contents. 23 foraminifera species have been identified. Based on the total range zone of the *Borelis melo curdica* index species, Bourdigalian age has been proposed for the studied layers. 6 different microfacies have been identified that show interior platform to lower slope areas of a carbonate platform as a sedimentary environment of the studied samples. On depositional sequence has been determined based on microfacies analysis that shows one transgressive-regressive trend during all sections.

Keywords: Micropaleontology, sedimentary environment, Qom Formation. Zanjan.

References

- Adams, T.D., & Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy. Iranian Oil Operating Companies. *Geological and Exploration Division*, Report 1074: 1-37. (Unpublished)
- Berberian, M., & King, G., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Bozorgnia, F., 1966. Qom formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iran Petroleum Institute*, 24: 69-76.
- Daneshian, J., & Aftabi, A., 2010. Foraminiferal biostratigraphy of the Qom Formation on the basis of new investigation at Navab anticline, in southeast Kashan. *Journal of Science University of Tehran*, 35: 137-154.
- Daneshian, J., Mosaddegh, H., Khalaj, H., & Ghasemi, A., 2008. Sequence stratigraphy of the Qom Formation at type area (Kuh-e-Bichareh section), in southeast Qom, north of Central Iran. *Research Journal of University of Isfahan (Science)*, 34: 19-54.
- Dozy, J., 1944. Comments on geological report no. 1 by Thiebaud (on the Qom-Saveh area). *Geological report*, 308.
- Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqrawi, A.A. M., McArthur, J.M. & Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene–Lower Miocene), SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 30: 107–128.
- Furrer, M., & Soder, P., 1955. The Oligo–Miocene marine formation in the Qom region (Central Iran): *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Rome, Section I/A/5: 267–277.*
- Flügel, E., 2010. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. *Springer Science & Business Media*, 1006 p.
- Jaafari, A., 1963. History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran, *6th World Petroleum Congress, Frankfurt am Main, Germany.*
- Laursen, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A.H., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F.S.P., Moallemi, A., & Druillion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation. *First International Petroleum Conference and Exhibition Shiraz, Iran.*
- Leoblich, A.R., & Tappan, J.H., 1988. Foraminiferal Genera and their Classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, 2: 869.
- Rahimzadeh, F., 1994. Treatise on the Geology of Iran: Oligocene, Miocene, Pliocene. *Geological Survey of Iran*, 12: 1-311.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, 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: 627-650.

- Van-Wagoner, J.C., W., Posamentier, Mitchum, H. R.M.Jr., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., & Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Posamentier, H., Van Wagoner, J., Ross, Ch.A., & Kendall, Ch.G.St.C. (eds.), Sea-Level Changes: An Integrated Approach. SEPM Special Publication, 42: 39-45.*
- Zhu, Y., Qi, Y., Zhang, B., Yang, H., He, C., Wang, S., Zhou W., Zhu, Q., & Li, Z., 2007. Revision of the age of the Qom Formation in the Central Iran Basin, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences, 29: 715-721.*