



<http://ui.ac.ir/en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan  
Vol. 36, Issue 1, No. 78, Spring 2020  
pp. 115-134  
Received: 27.11.2019 Accepted: 03.02.2020

## Microfacies, sedimentary environmental model and relative sea level change of marly strata of the Qom Formation in Zarrin-Abad section, South of Zanjan

**Rabbani Javad**

Assistant Professor, Department of Geology, University of Zanjan, Zanjan, Iran  
[rabbani@znu.ac.ir](mailto:rabbani@znu.ac.ir)

**Mirzaie Ataabadi Majid**

Assistant Professor, Department of Geology, University of Zanjan, Zanjan, Iran  
[majid.mirzaie@znu.ac.ir](mailto:majid.mirzaie@znu.ac.ir)

**Shaahsavari Elham**

MSc. student in stratigraphy & paleontology, University of Zanjan, Zanjan, Iran.  
[Shaahsavari.Elham@znu.ac.ir](mailto:Shaahsavari.Elham@znu.ac.ir)

### Abstract

In order to reconstruct the sedimentary environment of marly strata related to the upper parts of Qom Formation, one stratigraphic outcrop have been studied. Studied section is located in the Zarrin-Abad area (South of Zanjan) and is composed of 135 meters of marls and argillaceous limestones. These strata are limited by thick bedded limestone (related to the F Member of the Qom Formation) at the base. There is a thick bed of evaporate layer at the top of these strata with sharp boundary that can be stratigraphically related to the Upper Red Formation. Based on petrographic and texture studies, eight microfacies have been identified. These microfacies are related to the distal parts of inner shelf, patch reef, slope, toe of slope and deep shelf sub environments. Based on microfacies analysis we can propose an open shelf as sedimentary environment for these strata. Relative abundance of allochems show one cycle (rise and fall) in relative sea level along the stratigraphic column that can be correlated with eustasy curve.

**Keywords:** Microfacies, Sedimentary model, Qom Formation, Zarrin-Abad, Zanjan.

### Introduction

The Qom Formation (Oligocene–Miocene) in central Iran is composed of carbonate and siliclastic strata that is related to the lagoon, reef and basin sedimentary environments (Reuter et al. 2009). Due to the hydrocarbon potential, this formation has been considered by many geologists. Different sedimentary environment (ramp and/or shelf) have been proposed for this formation. Thus, this study try to reconstruct the sedimentary environment for these strata in the south of Zanjan to complete the comprehensive plan for the sedimentary environment of the Qom Formation. This formation in the studied section (Zarrin-Abad) is unconformably underlain by siliclastic strata of the Lower Red Formation (Aalipour et al. 2017) and overlain (covered boundary) by the evaporitic package of Upper Red Formation. This study focused on upper parts of Qom Formation (marls and argillaceous limestones) in order to reconstruct sedimentary environment.

### Material & Method

One stratigraphic section has been sampled in the South of Zanjan (Southwest of Zarrin-Abad). Forty two samples from 135 meters of marls and argillaceous limestones (Upper parts of Qom Formation) have been collected and thin sections

were prepared. Sampling intervals were about three meters in average and included hard and semi-hard sediments. The microfacies analysis using polarized microscope have allowed the reconstruction on carbonate environment of upper parts of the Qom Formation in this section. Carbonate rock classification, facies study and environmental interpretation on thin sections was based on Dunham (1962) and Flugel (2010). All thin sections have been housed in Paleontological Laboratory, Department of Geology, University of Zanjan.

### Discussion of Results & Conclusions

Biostratigraphic studies confirm a Burdigalian age for these strata based on two index fossils (*Borelis meo curdica*, *Meandropsina Iranica*). One biozone has been identified based on first occurrence of *Borelis meo curdica* in the base of section (S1) and last occurrence of *Meandropsina Iranica* in the top of section (S39). This biozone can be correlated with (Adams and Bourgeois 1967) and (Daneshian and Ramezani Dana 2019) zonations. Microfacies analysis lead to identification of eight microfacies (1- Bioclast benthic foraminifera algal grainstone, 2- Coral boundstone, 3- Bioclast wackestone, 4- Sandy bioclast grainstone, 5- Sandy bioclast packstone, 6- Bioclast mudstone, 7- Pelagic

\*Corresponding author

mudstone/wackestone and 8- Pelagic packstone) related to the middle to outer carbonate shelf environment. Coral reef facies in lower parts of studied section can approve a carbonate shelf as sedimentary environment. Moreover, bioclast particles that consist of corals, benthic foraminifera, algae and some other fossils beside coral boundstone facies show fore reef facies in front of the platform margin. Based on presence of clastic particles in pelagic facies, we can conclude that there were some channels in coral reef areas that connect back reef environments to the open marine areas. Based on field observation and microfacies analysis, we proposed non-rimmed carbonate shelf as sedimentary

environment for the studied strata. Based on quantitative analysis on environmental data, most of samples (strata) are related to the deep shelf environment. Quantitative analysis diagrams (allochems percentage) shows in each samples that there were rising trend in relative sea level from the base of section to the middle part. Following this trend the falling trend towards the end of the section have been recorded. This trends can be correlated with the global sea level changes during this time (Burdigalian). Thus it can be concluded that the Burdigalian basin in this area had been connected to the open oceans.

## ریزرخساره‌ها، مدل رسوبی و نوسان‌های نسبی سطح آب در توالی‌های مارنی سازند قم در برش زرین‌آباد، جنوب زنجان

جواد ربانی\*، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

rabbani@znu.ac.ir

مجید میرزایی عطاآبادی، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

majid.mirzaie@znu.ac.ir

الهام شاهسواری، دانشجوی کارشناسی ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

Shahsavari.Elham@znu.ac.ir

### چکیده

به منظور بازسازی محیط رسوبی دیرینه توالی‌های مارنی انتهای سازند قم، یک برش چینه‌شناسی سطح‌الارضی در منطقه جنوب زنجان مطالعه شد. این برش در منطقه زرین‌آباد شامل ۱۳۵ متر توالی‌های مارنی و آهک رسی مربوط به بخش‌های انتهایی سازند قم است که روی توالی‌های کربناته ضخیم‌لایه عضو F این سازند قرار گرفته‌اند. یک واحد ضخیم‌لایه تبخیری به‌طور ناگهانی روی توالی‌های یادشده قرار گرفته است که می‌توان آن را به سازند قرمز بالایی نسبت داد. مطالعه ۴۲ مقطع نازک میکروسکوپی از این توالی‌ها به شناسایی و تفکیک ۸ ریزرخساره منجر شد که مجموع این رخساره‌ها، محیط رسوبی شلف مرتبط با دریای آزاد (Non-rimmed shwlf) شامل زیرمحیط‌های بخش‌های دور از ساحل شلف درونی، ریف، شیب قاره، بخش‌های انتهایی شیب قاره و شلف عمیق را برای این توالی‌ها پیشنهاد می‌کند. بررسی نمودارهای فراوانی نسبی آلومک‌ها و تغییرات رخساره‌ای در مجاورت ستون چینه‌شناسی، چرخه نوسان افزایشی و کاهش سطح آب دریا به‌طور نسبی در طول ستون چینه‌شناسی را نشان می‌دهد؛ این موضوع با نمودار جهانی نوسان‌های سطح آب دریا در این محدوده سنی منطبق است. **واژه‌های کلیدی:** ریزرخساره، مدل رسوبی، سازند قم، زرین‌آباد، زنجان

\* نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۵۰۲۴۱۰۱

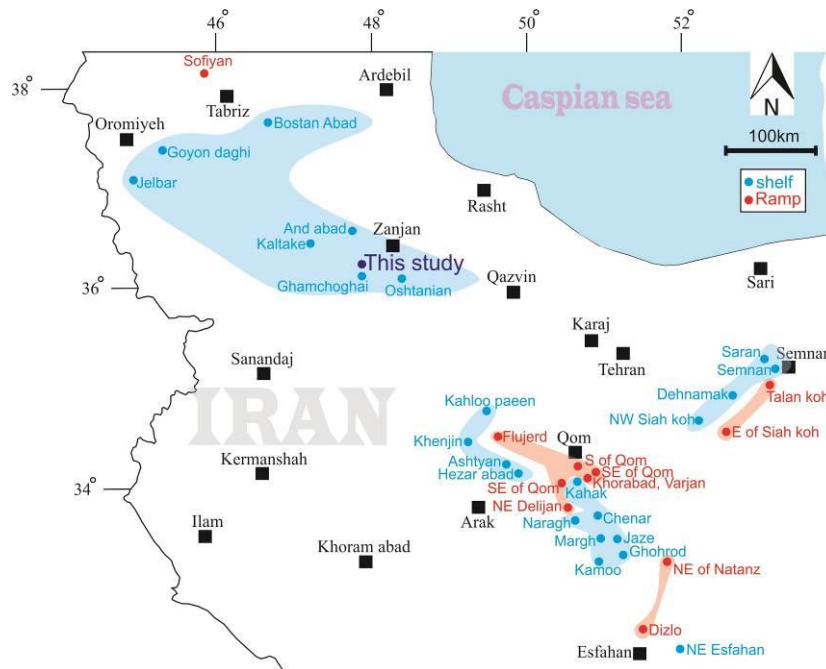
مقدمه

میکروسکوپی توالی‌های مارنی انتهایی سازند قم به‌منظور شناسایی رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی این توالی‌ها و درنهایت، ترسیم و ارائه مدل رسوبی پیشنهادی انجام شد. ارائه مدل رسوبی برای این توالی‌ها در برش مطالعه‌شده می‌تواند در ترسیم مدل جامع حوضه رسوبی قم در ایران استفاده شود.

تاریخچه موضوع و پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعه‌های مختلفی درباره محیط رسوبی سازند قم در بخش‌های مختلف ایران انجام شده‌اند که نتایج آنها در جدول ۱ دیده می‌شوند. نقشه پراکندگی مطالعه‌های پیشین در زمینه سازند قم در نواحی مختلف ایران نشان می‌دهد محیط رسوبی سازند قم عمدتاً شلف کربناته گزارش شده و تنها در برخی نقاط مانند جنوب قم، جنوب سمنان و شمال اصفهان، محیط رسوبی رمپ کربناته برای این سازند پیشنهاد شده است (شکل ۱، جدول ۱).

سازند قم به سن الیگوسن - میوسن در بخش‌های مرکزی ایران، در حوضه‌های قم و سیرجان- اصفهان شامل مجموعه‌ای از توالی‌های کربناته و تخریبی است که در نواحی لاگون‌های محصور، ریف و نواحی عمیق دور از ساحل نهشته شده است (Reuter et al. 2009). گستردگی زیاد این سازند و داشتن مواد هیدروکربنی سبب شده است مدنظر زمین‌شناسان قرار گیرد. مطالعه‌های مختلف در زمینه سازند قم که بر مبنای رخساره‌های رسوبی در نواحی مختلف ایران انجام شده‌اند، محیط‌های رسوبی مختلفی را برای این سازند پیشنهاد کرده‌اند؛ به‌طوری‌که در برخی از این مطالعه‌ها، محیط رسوبی رمپ کربناته و در برخی دیگر، محیط شلف کربناته برای این سازند پیشنهاد شده است (جدول ۱)؛ از این‌رو، به‌منظور تعیین محیط رسوبی و ارائه مدل رسوبی برای توالی‌های انتهایی سازند قم در جنوب زنجان، یک برش چینه‌شناسی در منطقه زرین‌آباد نمونه‌برداری و مطالعه شد. در پژوهش حاضر، مطالعه سنگ‌شناسی و رخساره‌های



شکل ۱- نقشه پراکندگی محیط رسوبی سازند قم در بخش‌های مختلف ایران (تهیه‌شده بر اساس مطالعه‌های انجام‌شده در زمینه این سازند) محدوده‌های قرمز رنگ، محیط رسوبی رمپ کربناته و محدوده‌های آبی، محیط رسوبی شلف کربناته را نشان می‌دهند.

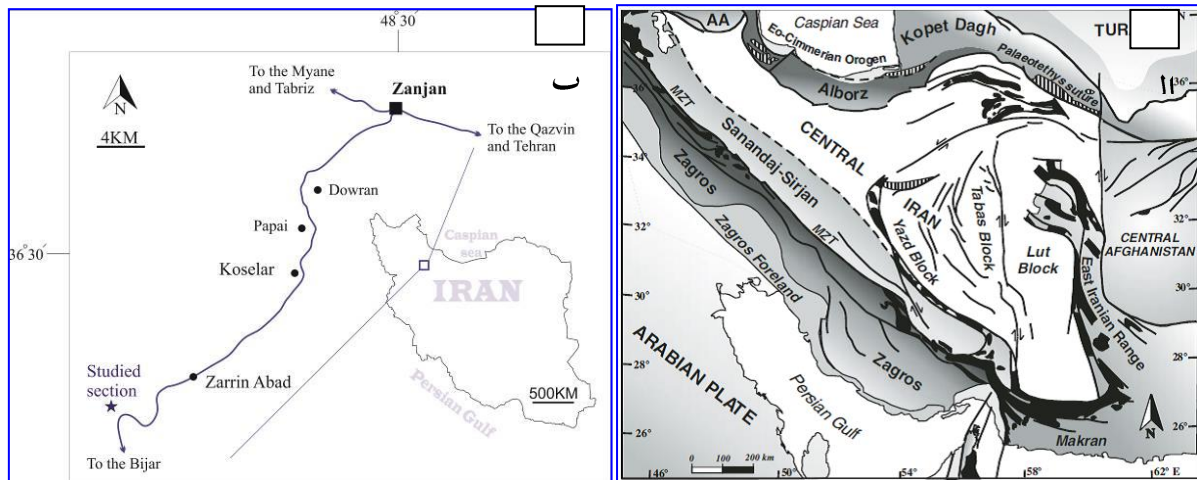
جدول ۱- مطالعه‌های انجام شده درباره سازند قم بر اساس محیط رسوبی پیشنهادی

منبع	منطقه مطالعه شده	شلف / رمپ
(Sabouhi et al. 2010)	منطقه سمنان	شلف
(Behforouzi et al. 2010)	منطقه چنار (شمال غرب کاشان)	
(Nouradini et al. 2015)	شمال شرق اصفهان	
(Daneshian et al. 2017)	برش دهنمک، شمال شرق گرمسار	
(Abdollahi 2017)	منطقه جلبر (ارومیه)	
(Behforouzi and Safari 2011)	منطقه چنار (شمال غرب کاشان)	
(Daneshian and Derakhshani 2008)	شمال غربی سیاه کوه، جنوب گرمسار	
(Holakouee et al. 2018)	زون ارومیه دختر (شرق خانیچین، جنوب شرق آشتیان، جنوب شرق هزارآباد)	
(Karami-Movahed et al. 2016)	ساران (سمنان)	
(Aalipour et al. 2017)	برش قمچقایی (جنوب زنجان)	
(Aghamirzaie et al. 2013)	منطقه مرق (جنوب غرب کاشان)	
(Bakhshi et al. 2015)	ناحیه میانه (بستان‌آباد)	
(Daneshian and Akhlaghi 2013)	برش کلنگه (جنوب غرب ماهنشان)	
(Daneshian and Saiedi Mehr 2005)	جزیره قیون داغی (دریاچه ارومیه)	
(Daneshian and Yazdani 2005)	برش کهلو پایین (غرب ساوه)	
(Daneshian et al. 2010)	برش اندآباد (شمال خاور ماهنشان)	
(Daneshian et al. 2009)	برش اشتانان (جنوب باختر سلطانیه)	
(Dehghan et al 2010)	ناحیه قهرود (جنوب کاشان)	
(Maher et al. 2015)	منطقه کامو (جنوب غرب کاشان)	
(Mahyad et al. 2018)	برش کهک (جنوب قم)	
(Mansouri and Safari 2013)	ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان)	
(Mohammadi et al. 2009)	ناحیه جزه (جنوب کاشان)	
This study	جنوب زنجان	
(Amirshahkarami and Karavan 2015)	جنوب قم	رمپ
(Mohammadi and Ameri 2016)	جنوب شرقی قم	
(Khoshtinat and Mahari 2015)	منطقه سوفیان، شمال غرب ایران (شمال تبریز)	
(Mohammadi et al. 2015)	شمال شرق نطنز (جنوب شرقی حوضه قم)	
(Khaksar et al. 2010)	منطقه خورآباد- ورجون (غرب کهک، جنوب قم)	
(Karavan et al. 2015)	شمال خاوری دلیجان (شمال باختری ایران مرکزی)	
(Hoseyni nejad et al. 2016)	برش تلن کوه (جنوب باختر سمنان)	
(Yazdi et al. 2012)	منطقه دیزلو (ایران مرکزی)	
(Jalali et al. 2016)	برش شرق سیاه کوه (جنوب گرمسار)	
(Mohammadi et al. 1395)	برش فلوجرد (شمال غرب تفرش)	

موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به برش مطالعه شده

به منظور شناسایی ریزرخساره‌ها و بازسازی محیط رسوبی سازند قم، یک برش سطح‌الارضی در جنوب زنجان انتخاب شد. برش مطالعه شده از نظر تکتونیکی در محدوده زون ایران مرکزی (Angiolini et al. 2007) (شکل ۲، الف) و در ۴۰ کیلومتری جاده زنجان به بیجار و در منطقه جنوب غربی شهر

زرین‌آباد قرار دارد؛ به طوری که پس از عبور از شهر زرین‌آباد در مسیر زنجان به سمت بیجار، برش مطالعه شده در سمت راست جاده و در مجاورت کارخانه سیمان در دسترس است (شکل ۲، ب). مختصات جغرافیایی برش یاد شده شامل طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۸ ثانیه شمالی است.

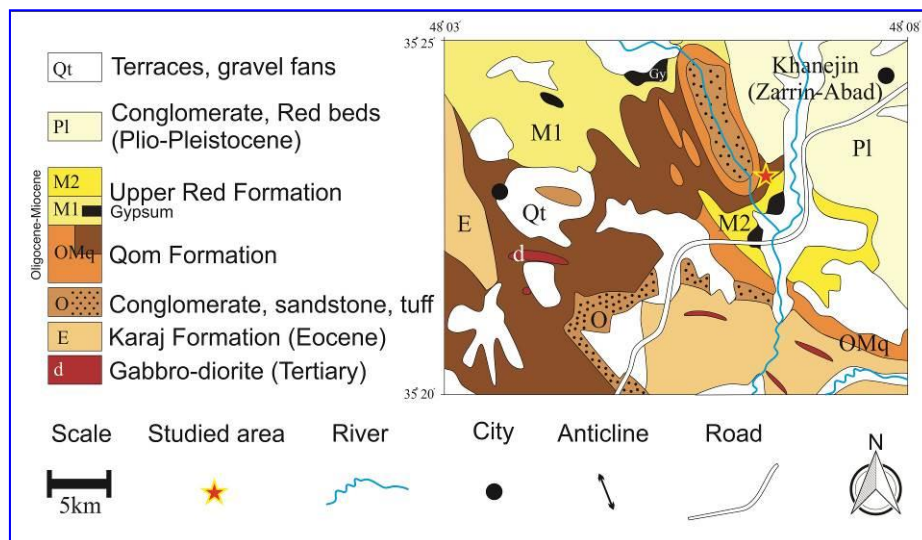


شکل ۲- الف. موقعیت منطقه روی نقشهٔ تکتونیکی ایران (برگرفته از Angiolini et al. 2007). ب. نقشهٔ راه دسترسی به برش مطالعه‌شده

سازند قم که ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند، به شکل ناپیوسته و فرسایشی (Aalipour et al. 2016) روی توالی‌های معادل سازند قرمز زیرین قرار دارند؛ توالی‌های معادل با سازند قرمز زیرین به رنگ قهوه‌ای روشن در نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه مطالعه‌شده مشاهده می‌شوند (شکل ۳).

### زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه مطالعه‌شده

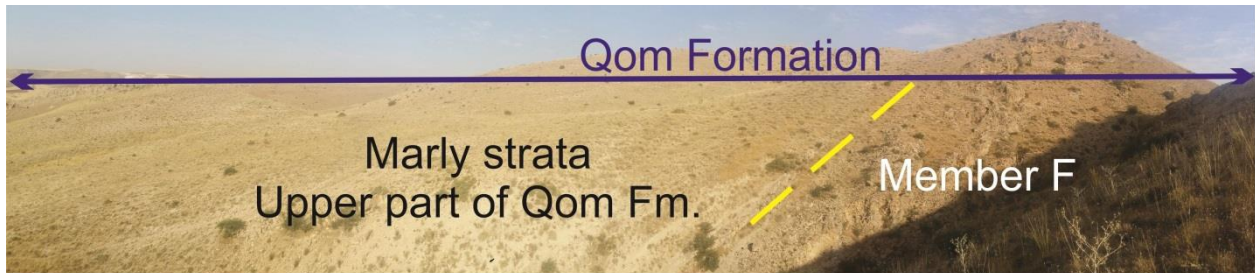
برش مطالعه‌شده از نظر ساختاری در یال شرقی تاقدیس شهرک واقع در جنوب‌غربی شهر زرین‌آباد (خانجین) قرار دارد. در این منطقه، توالی‌های معادل سازند قرمز زیرین با محتوای سنگی کنگلومرا، ماسه‌سنگ و توف در هستهٔ این تاقدیس رخمون دارند و در ادامه، کربنات‌های ضخیم‌لایه



شکل ۳- نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه مطالعه‌شده (برگرفته از نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ زنجان) (Stocklin and Eftekharneshad 1969)

صخره‌ساز عضو F سازند قم رخنمون دارد که حاوی فسیل‌های پلانکتونیک فراوان است. توالی‌های یادشده را می‌توان معادل عضو انتهایی سازند قم (پیشنهادی Jaafari 1963) در نظر گرفت (شکل‌های ۴ و ۵).

طبق نظر (Jaafari 1963)، یک عضو انتهایی غیررسمی در بخش انتهایی سازند قم قرار دارد که حاوی فسیل‌های پلانکتون است و پایان پیشروی دریا در آن زمان را نشان می‌دهد. در برش مطالعه‌شده، مجموعه‌ای از توالی‌های مارنی و آهک رسی با مرز تدریجی روی توالی‌های کربناته



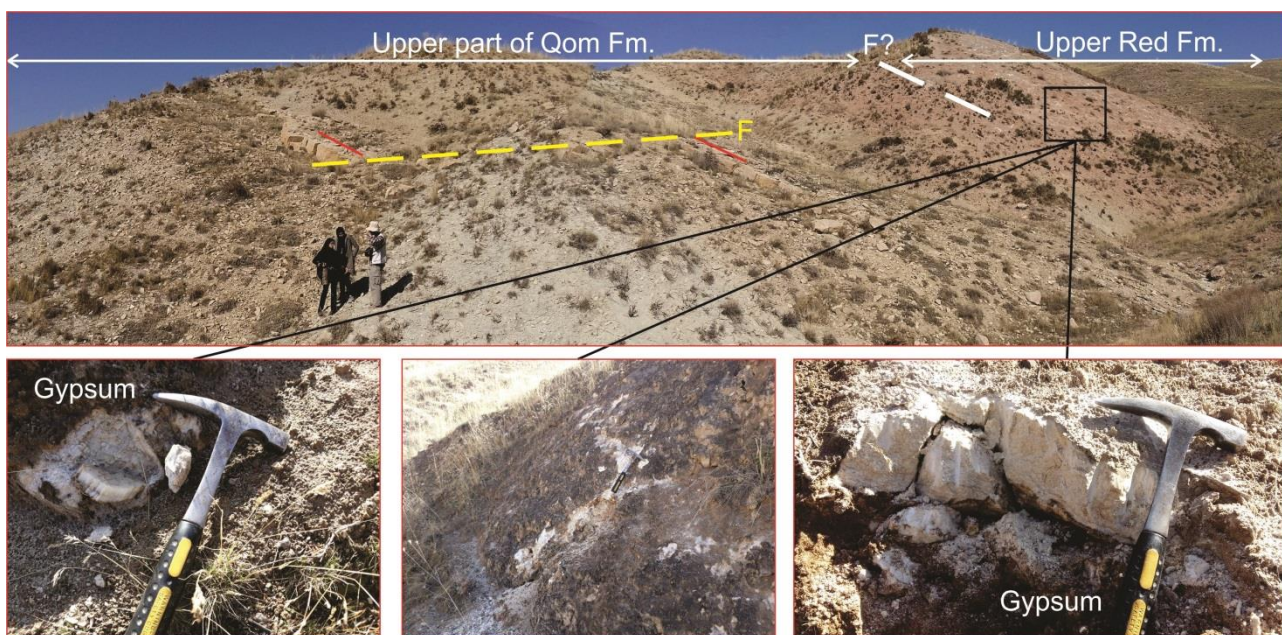
شکل ۴- مرز تدریجی بین توالی‌های مارنی بخش بالایی سازند قم با توالی‌های کربناته ضخیم‌لایه عضو F سازند قم (دید به سمت جنوب)



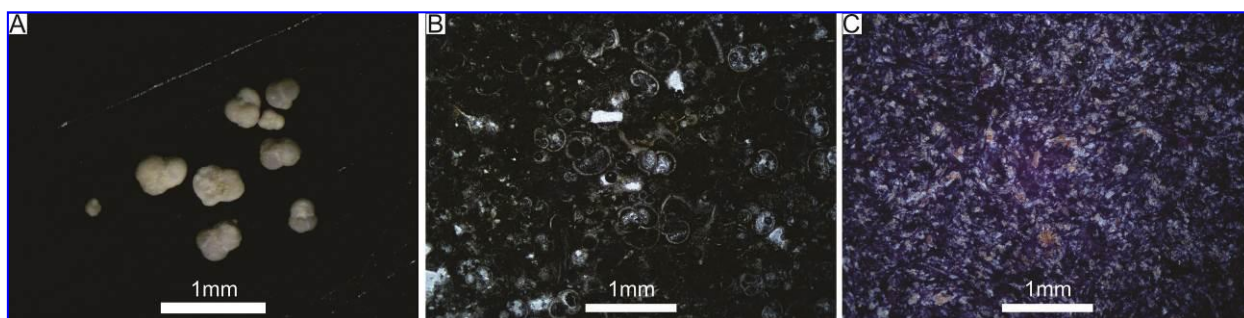
شکل ۵- تصویر صحرایی توالی‌های انتهایی سازند قم و توالی‌های ابتدای سازند قرمز بالایی (دید به سمت شمال)

باشد؛ بنابراین، مرز بالایی سازند قم با توالی‌های تبخیری سازند قرمز بالایی به‌طور ناگهانی است. در منطقه آندآباد (شمال غربی زنجان)، سازند قرمز بالایی با مجموعه‌ای از توالی‌های ضخیم‌لایه تبخیری (مشابه با آنچه در انتهای این برش رخنمون دارد) آغاز می‌شود (شکل ۸)؛ همچنین در نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعه‌شده، سازند قرمز بالایی در این ناحیه تفکیک شده است و در نتیجه، این مجموعه تبخیری را می‌توان به سازند قرمز بالایی نسبت داد.

در انتهای برش مطالعه‌شده، یک واحد تبخیری (ژپس و گچ) ضخیم‌لایه به‌طور ناگهانی روی بخش‌های مارنی انتهایی سازند قم قرار گرفته است (شکل ۶). ناگهانی بودن مرز بالایی سازند قم به این علت است که توالی‌های تبخیری به‌طور ناگهانی روی مارن‌های مملو از فسیل روزن‌بران پلانکتون قرار گرفته‌اند (شکل ۷) و از این رو، مرز مدنظر نمی‌تواند تدریجی باشد. فرسایشی بودن این مرز نیز امکان‌پذیر نیست؛ زیرا وجود روزن‌بران پلانکتون نشان‌دهنده عمق زیاد حوضه در این بخش است و این محدوده نمی‌تواند ناگهان از آب خارج شده



شکل ۶- نمایی از مرز سازند قم با سازند قرمز بالایی؛ در این ناحیه، یک واحد تبخیری (گچ و ژپس) ضخیم‌لایه به‌طور ناگهانی روی آخرین توالی‌های مارنی سازند قم نهشته شده است (دید به سمت غرب).



شکل ۷- A. روزن‌بران پلانکتون به‌شکل ایزوله در نمونه S42، B. روزن‌بران پلانکتون (رخساره پکستون پلاژیکی دارای ذرات تبخیری) در نمونه S42، C. رخساره تبخیری ابتدای سازند قرمز بالایی



شکل ۸- تصاویر صحرایی منطقه اندآباد که طی مطالعه‌های میدانی منطقه شمال‌غرب زنجان تهیه شده‌اند (دید به سمت شمال‌غربی)، A. نمایی از انتهای سازند قم و ابتدای سازند قرمز بالایی، B. مرز سازند قم و قرمز بالایی، C. رخنمونی از یک واحد تبخیری ضخیم‌لایه در ابتدای سازند قرمز بالایی

بررسی نقشه‌های منطقه، عملیات صحرایی و نمونه‌برداری طی دو روز و با در نظر گرفتن تغییر سنگ‌شناسی و رخساره‌ها

روش کار و انجام مطالعه پس از جمع‌آوری و مطالعه منابع و مطالعه‌های پیشین و



**باندستون مرجانی (Coral boundstone)**

این ریزرخساره شامل نمونه‌های ابتدایی برش مطالعه‌شده (نمونه‌های S1 و S2) است و انتهای‌ترین توالی‌های عضو F سازند قم را شامل می‌شود. مجموعه‌ای از مرجان‌ها به شکل کلنی و به فراوانی در این ریزرخساره دیده می‌شود (شکل ۹). فراوانی جلبک‌ها در این ریزرخساره در حد متوسط است؛ همچنین دارای مقادیر بسیار کمی از روزن‌بران شناگر و مقادیر کمی از روزن‌بران کفزی (از جمله *Borelis melo curdica*) است (شکل ۱۱، B). این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد شماره ۷ و زون رخساره‌ای شماره ۵ (Flügel 2010) است؛ به این ترتیب، محیط رسوبی حاشیه سکو (Platform margin) را می‌توان برای این بخش از توالی‌ها پیشنهاد کرد. باتوجه به اینکه در بخش‌های انتهایی برش مطالعه‌شده، مجموعه‌ای از ذرات تخریبی دارای ساخت رسوبی طبقه‌بندی مورب در ماتریکس حاوی روزن‌بران شناگر با فراوانی زیاد دیده می‌شود (ریزرخساره‌های ۴ و ۵)، این ریزرخساره بیان‌کننده ریف‌های لبه شلف غیرمحصور (Non-rimmed shelf) است؛ به طوری که ذرات تخریبی توانسته‌اند از طریق کانال‌های موجود بین توده‌های ریف از نواحی کم عمق به مناطق عمیق دریا در بخش‌های انتهایی شیب قاره راه یابند.

**وکستون بایوکلستی (Bioclast wackestone)**

این ریزرخساره عمدتاً در نواحی ابتدایی برش (نمونه‌های S3، S4 و S12) دیده می‌شود. مجموعه‌ای از خرده‌های اسکلتی شامل جلبک با فراوانی بسیار کم و خارپوست با فراوانی کم همراه با روزن‌بران کفزی (جنس‌هایی از جمله *Amphistegina* و *Elphidium*) و شناگر (مانند جنس *Globigerina*) با فراوانی متوسط در این ریزرخساره دیده می‌شوند (شکل ۱۱، C). این ریزرخساره را می‌توان معادل ریزرخساره استاندارد شماره ۵ و زون رخساره‌ای شماره ۴ (Flügel 2010) دانست؛ بر همین اساس و باتوجه به وجود ذرات اسکلتی خردشده که بیان‌کننده حمل و نقل در محیط رسوبی است، محیط رسوبی ابتدای شیب قاره را می‌توان برای این بخش از توالی‌های مطالعه‌شده در نظر گرفت.

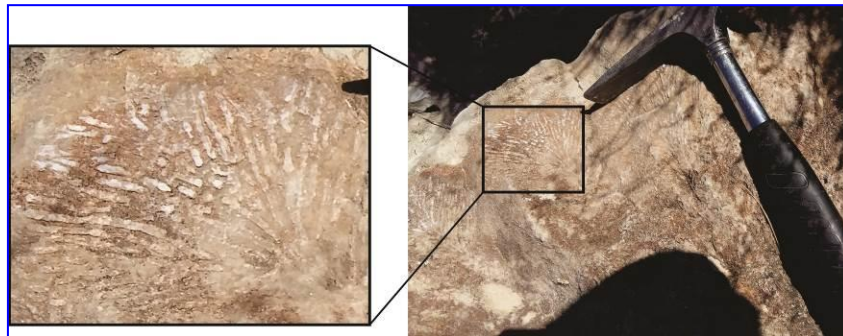
انجام شد. در توالی‌هایی که تغییر رخساره چندانی نداشتند، فواصل نمونه‌برداری افزایش یافت. تعداد ۴۲ نمونه سنگی از ۱۳۵ متر توالی‌های مارنی و آهک رسی بخش انتهایی سازند قم برداشت شدند. مقاطع تهیه‌شده از این نمونه‌ها با میکروسکوپ پلاریزان به‌طور دقیق بررسی و نتایج در مجاورت ستون چینه‌شناسی ترسیم شدند و در نهایت، تفسیر محیط رسوبی انجام شد. شناسایی و تفکیک رخساره‌ها بر اساس طبقه‌بندی (Dunham 1962) و تفسیر رخساره‌های شناسایی‌شده بر اساس مدل استاندارد (Flügel 2010) انجام شد؛ در نهایت، مدل رسوبی پیشنهادی ترسیم و نتایج با دیگر نقاط ایران مقایسه شدند.

**بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش**

مطالعه‌های انجام‌شده در زمینه مقاطع نازک میکروسکوپی به تفکیک ۸ رخساره رسوبی منجر شدند که در ادامه شرح داده می‌شوند:

**گرینستون جلبکی حاوی روزن‌بران کفزی و خرده‌های زیستی (Bioclast Benthic foraminifera algal grainstone)**

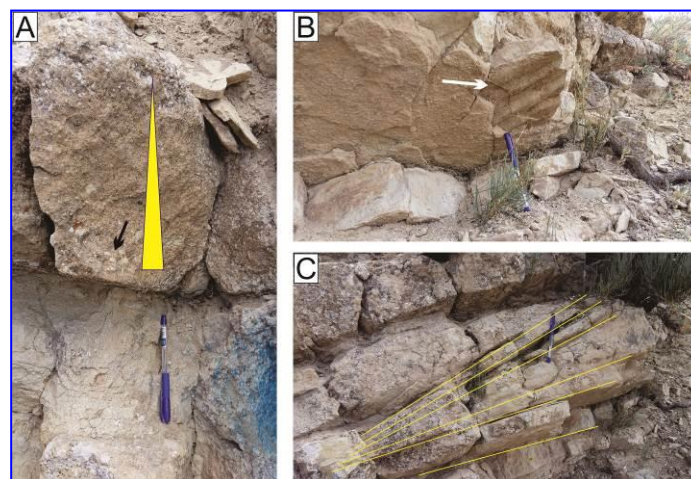
این ریزرخساره به شکل محدود در نمونه‌های S6، S10 و S28 مشاهده می‌شود و عمدتاً از جلبک‌های قرمز همراه با روزن‌بران کفزی فراوان (مانند *Borelis melo curdica*) با ماتریکس بسیار کم تشکیل شده است؛ علاوه بر این، فراوانی مرجان و روزن‌بران شناگر بسیار کم است. در این رخساره، بریوزوآ فراوانی کم و خرده‌های خارپوست فراوانی نسبتاً زیادی دارند (شکل ۱۱، A). این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد شماره ۱۸ (MFS=18) و زون رخساره‌ای شماره ۷ (FZ=7) (Flügel 2010) است که محیط رسوبی بخش دور از ساحل سکوی درونی (Distal part of platform interior) را برای این نمونه‌ها مشخص می‌کند. حضور خرده‌های فسیلی از جمله جلبک و مرجان نشان‌دهنده محیط رسوبی پراثرژی مربوط به پشت ریف‌های اسکلتی (Back reef) است.



شکل ۹- تصویری صحرایی از کلنی‌های مرجانی (برش طولی) در رخساره باندستون مرجانی

دانه‌بندی تدریجی، ریپل مارک نامتقارن و طبقه‌بندی مورب به‌وضوح دیده می‌شود (شکل ۱۰). وجود ذرات تخریبی در میان روزن‌بران شناگر و همچنین وجود ساخت‌های رسوبی یادشده بیان‌کننده وجود جریان‌های بستر دریا در منطقه شیب قاره است که مجموعه‌ای از ذرات تخریبی را از نواحی کم‌عمق به بخش انتهایی شیب قاره در نواحی عمیق حمل کرده است. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد ۴ و زون رخساره‌ای ۴ (Flügel 2010) است که محیط رسوبی شیب قاره (Slope) را برای این بخش از توالی‌ها پیشنهاد می‌کند.

**گرینستون بایوکلاستی حاوی ذرات تخریبی (Sandy bioclasts grainstone)**  
این ریزرخساره به بخش انتهایی برش مطالعه‌شده (نمونه S41) تعلق دارد که حاوی خرده‌های خارپوست و روزن‌بران کفزی (جنس‌هایی مانند *Amphistegina* و *Elphidium*) به مقدار کم و مقادیر بسیار زیاد ذرات تخریبی همراه با روزن‌بران شناگر (از جمله جنس *Globigerina*) در زمینه‌ای از سیمان کربناته است (شکل ۱۱، D). مطالعه‌های صحرایی نشان می‌دهند این توالی دارای رخساره تخریبی است. در این واحد سنگی، مجموعه‌ای از ساخت‌های رسوبی شامل



شکل ۱۰- ساخت‌های رسوبی بخش انتهایی سازند قم در برش مطالعه‌شده؛ A. دانه‌بندی تدریجی، B. ریپل مارک نامتقارن، C. طبقه‌بندی مورب

این ریزرخساره بخش‌های میانی و پایانی برش مطالعه‌شده را شامل می‌شود که دربرگیرنده نمونه‌های S17، S20، S25، S30، S31، S33، S36 و S39 است. فراوانی زیاد روزن‌بران شناگر و فراوانی بسیار کم روزن‌بران کف‌زی و خارپوستان از ویژگی‌های این ریزرخساره به شمار می‌آید (شکل ۱۱، G). وجود ماتریکس فراوان در این ریزرخساره، محیط رسوبی بسیار آرام و وجود روزن‌بران پلانکتون با فراوانی زیاد، محیط رسوبی دور از ساحل (Deep shelf) را برای این توالی‌ها مشخص می‌کند. این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد ۳ و زون رخساره‌ای ۲ (Flügel 2010) است.

#### پکستون پلاژیک (Pelagic packstone)

این ریزرخساره در بیشتر بخش‌های برش مطالعه‌شده به‌ویژه در بخش‌های میانی و بالایی دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که مجموعه‌ای از نمونه‌های S5، S7، S8، S13، S14، S15، S16، S18، S19، S21، S22، S23، S24، S26، S27، S29، S32، S34، S35، S37 و S38 را شامل می‌شود. این ریزرخساره مشابه با ریزرخساره شماره ۷ است (معادل ریزرخساره استاندارد ۳ و زون رخساره‌ای ۲ بیان‌کننده محیط رسوبی شلف عمیق)؛ با این تفاوت که فراوانی فسیل روزن‌بران شناگر در این ریزرخساره بسیار بیشتر است (شکل ۱۱، H). فراوانی زیاد روزن‌بران پلانکتون می‌تواند به‌علت عمیق‌تر بودن حوضه رسوبی و مناسب‌بودن شرایط اکولوژی برای روزن‌بران پلانکتون باشد؛ ازاین‌رو، محیط رسوبی دورتر از ساحل نسبت به ریزرخساره شماره ۷ را می‌توان برای این توالی‌ها پیشنهاد کرد.

تصاویر مربوط به هر ریزرخساره شناسایی‌شده در شکل ۱۱ و داده‌های حاصل از مطالعه ریزرخساره‌ها در جدول ۳ آورده شده‌اند.

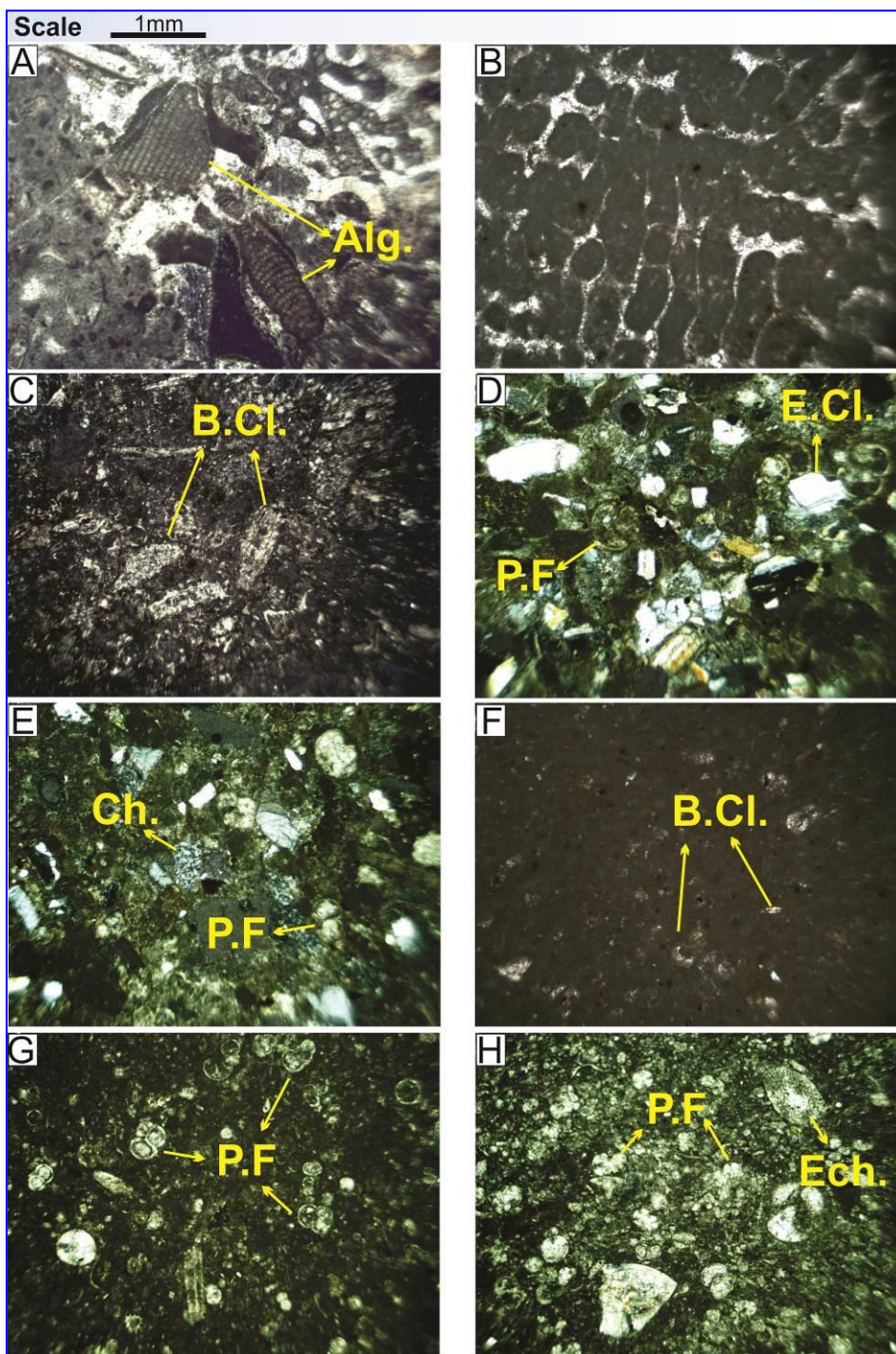
#### پکستون بایوکلاستی حاوی ذرات تخریبی (Sandy bioclasts packstone)

این ریزرخساره همانند ریزرخساره شماره ۴ است که بخش‌های انتهایی برش مطالعه‌شده (نمونه‌های S40 و S42) را شامل می‌شود؛ با این تفاوت که حاوی فسیل‌های روزن‌بران شناگر و خرده‌های خارپوست بیشتری است که در زمینه‌ای از ماتریکس پراکنده شده‌اند (شکل ۱۱، E). خرده‌های تخریبی در این ریزرخساره کمترند که این موضوع نشان می‌دهد محیط رسوبی این ریزرخساره انرژی کمتر و عمیق‌تری نسبت به ریزرخساره شماره ۴ دارد؛ ازاین‌رو، این ریزرخساره را می‌توان معادل ریزرخساره استاندارد ۴ و زون رخساره‌ای ۳ (Flügel 2010) دانست و محیط رسوبی بخش‌های عمیق‌تر شیب قاره (Toe of slope) را به این توالی نسبت داد.

#### مادستون بایوکلاستی (Bioclast mudstone)

این ریزرخساره به بخش‌های ابتدایی برش مطالعه‌شده (نمونه‌های S9 و S11) مربوط است. در این ریزرخساره، مجموعه‌ای از خرده‌های اسکلتی از جمله خارپوست، روزن‌بران کف‌زی و شناگر با فراوانی کم و بسیار کم در زمینه‌ای از ماتریکس پراکنده شده‌اند (شکل ۱۱، F). این ریزرخساره را می‌توان معادل ریزرخساره استاندارد ۳ و زون رخساره‌ای ۲ (Flügel 2010) دانست. وجود خرده‌های اسکلتی نشان‌دهنده حمل‌ونقل آنها در محیط رسوبی است و باتوجه‌به وجودنداشتن ذرات تخریبی و اندازه بسیار کوچک ذرات یادشده و زمینه ماتریکس غالب در این ریزرخساره، بخش انتهایی شیب قاره و ابتدای شلف عمیق (Deep shelf) را می‌توان محیط رسوبی این توالی‌ها در نظر گرفت.

#### مادستون/وکستون پلاژیک (Pelagic mudstone/wackestone)



شکل ۱۱- تصاویر ریزرخساره‌های شناسایی شده در برش مطالعه شده؛ A. Bioclast benthic

.C. Coral boundstone (Sample S2) .B. Foraminifera algal grainstone (Sample S28)

.E. Sandy bioclast grainstone (Sample S41) .D. Bioclast wackestone (Sample S12)

.G. Bioclast mudstone (Sample S9) .F. Sandy bioclast packstone (Sample S40)

Pelagic packstone (Sample S32) .H. Pelagic Mudstone/Wackestone (Sample S36)

Abbreviation: Ech.= Echinoid, Alg.= Algae, B.Cl.= Bioclast, Ch.= Chert, E.Cl.= Extraclast, P.F.= Planktonic Foraminifera

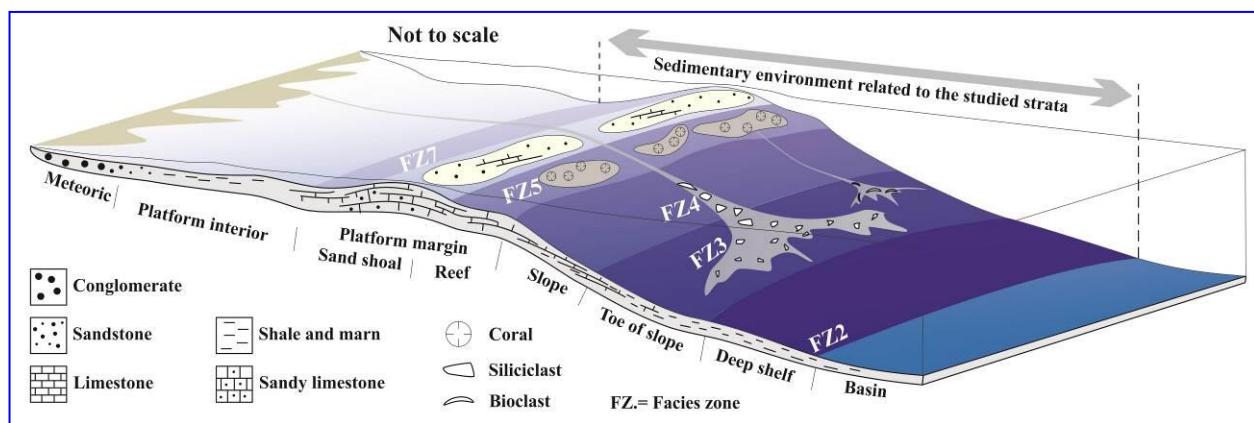
**بحث و ارائه مدل رسوبی**

در نواحی ابتدایی توالی‌های مطالعه‌شده، مجموعه‌ای از توالی‌های کربناته متوسط تا ضخیم‌لایه حاوی کلنی‌های مرجانی (رخساره ۲) وجود دارد و می‌توان گفت این رخساره به آخرین توالی‌های عضو F سازند قم مربوط است. کلنی‌های مرجانی در این رخساره به‌فراوانی و در ضخامت درخور توجهی دیده می‌شوند که می‌توان این رخساره را مربوط به ریف‌های لبه شلف در نظر گرفت. رخساره مشابهی در مجموعه توالی‌های منطقه ماهنشان (روستای اندآباد) وجود دارد و در این منطقه نیز کلنی‌های مرجانی با وسعت و ضخامت شایان توجه مشاهده می‌شوند؛ به‌طوری‌که محدوده لبه شلف را تأیید می‌کند (Rabbani and Zohdi 1396). در مجاورت این رخساره، مجموعه‌ای از توالی‌های حاوی خرده‌های مرجانی و اسکلتی وجود دارد (رخساره ۱)؛ به‌طوری‌که رخساره حاشیه ریف را نشان می‌دهد. حضور روزن‌بران با پوسته بدون منفذ همراه با روزن‌بران منفذدار در این توالی‌ها، محیط رسوبی نیمه‌محصور تا غیرمحصور را برای رخساره‌های پشت ریف پیشنهاد می‌کند (Nafarieh et al. 2010). وجود ساختارهای رسوبی طبقه‌بندی مورب و ریپل

مارک نامتقارن همراه با دانه‌بندی تدریجی در رخساره‌های ۴ و ۵ نشان‌دهنده وجود جریان‌های یک‌طرفه و حمل‌شدگی ذرات و نابرجابودن آنهاست.

بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی در این دو رخساره نشان می‌دهد مجموعه‌ای از ذرات تخریبی حمل و دوباره در بخش‌های عمیق دریا، در رخساره پلاژیک نهشته شده‌اند که این موضوع، نابرجابودن این رخساره را تأیید می‌کند. مجموع شواهد یادشده دلیلی بر وجود کانال‌های ارتباطی در ریف‌های سدی است که مجموعه ذرات تخریبی توانسته‌اند از نواحی کم‌عمق به بخش‌های انتهایی شیب قاره راه یابند؛ این موضوع، فرضیه محیط رسوبی شلف غیرمحصور را برای این نهشته‌ها قوت می‌بخشد.

باتوجه به وجود تغییرات رخساره‌ای فراوان از محیط پلت‌فرم درونی تا شلف عمیق، وجود رخساره‌های ریف و ورود ذرات تخریبی در رخساره‌های عمیق دریایی حاوی فسیل روزن‌بران شناگر بیان‌کننده اینست که محیط رسوبی توالی‌های مطالعه‌شده، محیط شلف کربناته مرتبط با آب‌های آزاد (Non-rimmed shelf)، دارای سرانشیب قاره با شیب تند و رخساره‌های ریفی در بخش لبه قاره است (شکل ۱۲).

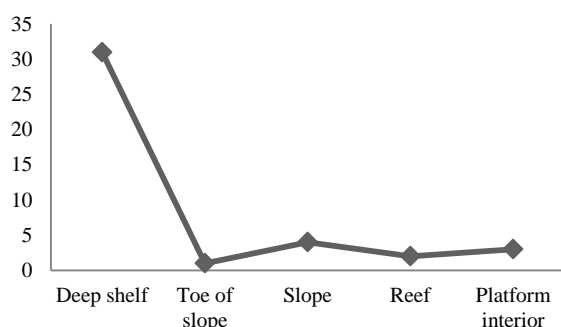


شکل ۱۲- مدل رسوبی پیشنهادی برای توالی‌های مطالعه‌شده

ازجمله استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و غربی، بخش‌های جنوب‌غربی سمنان و جنوب و غرب قم مطابقت

نتایج مطالعه‌های محیط رسوبی در این برش با نتایج مطالعه‌های انجام‌شده درباره سازند قم در نواحی مختلف

Abundance of environment



شکل ۱۳- نمودار فراوانی محیط رسوبی بر اساس تعداد نمونه‌های مربوط به هر محیط

به منظور بررسی نوسان‌های نسبی سطح آب دریا، فراوانی نسبی آلوکم‌های اصلی مقاطع نازک میکروسکوپی در هر نمونه تعیین (جدول ۳) و نمودار مربوط به آن در مجاورت ستون چینه‌شناسی ترسیم شد. بررسی نمودارهای ترسیم‌شده فراوانی آلوکم‌ها همراه با نمودار نوسان‌های محیط رسوبی در طول ستون چینه‌شناسی نشان می‌دهد افزایش نسبی سطح آب دریا به سمت بخش‌های میانی برش است و در ادامه به سمت انتهای برش مطالعه‌شده، روند کاهش نسبی سطح آب مشاهده می‌شود؛ علاوه بر این، کاهش ناگهانی در بخش‌های میانی برش (نمونه S28) نیز دیده می‌شود (شکل ۱۴).

دارند. مطالعه‌های انجام‌شده درباره عضو F سازند قم در این برش (Aalipour et al 2017) نیز محیط رسوبی شلف کربناته را تأیید می‌کنند. با توجه به نقشه پراکندگی جغرافیایی محیطی سازند قم (شکل ۱) می‌توان گفت سازند قم در ایران عمدتاً در محیط شلف کربناته نهشته شده است.

نتایج مطالعه‌های سنگ‌شناسی، صحرایی و مقاطع نازک میکروسکوپی از جمله فراوانی زیاد رخساره‌های پلاژیک و گسترش زیاد توالی‌های مارنی (دانه‌ریز) در این برش نشان می‌دهند بیشتر توالی‌ها در محیط شلف عمیق (کم‌انرژی) نهشته شده‌اند (شکل ۱۳، جدول ۲)؛ از این رو، محیط شلف عمیق (Deep shelf) را می‌توان محیط اصلی رسوب‌گذاری این توالی‌ها معرفی کرد.

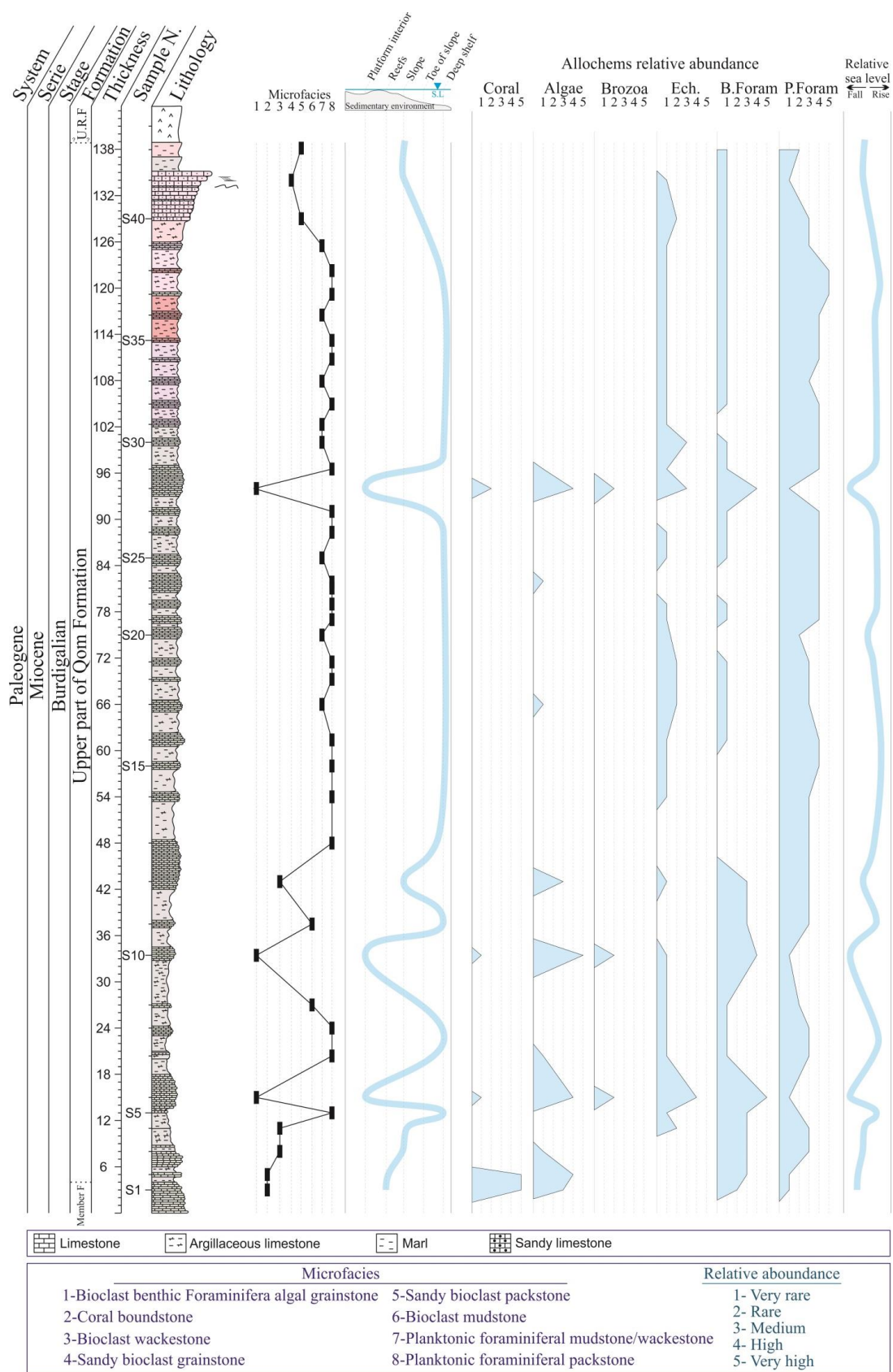
جدول ۲- فراوانی محیط رسوبی بر اساس تعداد نمونه‌های مربوط به هر محیط

Environment	Number of samples
FZ2= Deep shelf	31
FZ3= Toe of slope	1
FZ4= Slope	4
FZ5= Reef	2
FZ7= Platform interior	3

جدول ۳- داده‌های حاصل از مطالعه‌های ریزرخساره‌ها؛

Abbreviation: V.L.: Very Low, L.: Low, M.: Medium, H.: High, V.H.: Very High, Bry.: Bryozoans, Ech.: Echinoderm, B.F.: Benthic Foraminifera, P.F.: Planktonic Foraminifera, S.M.F.: Standard Microfacies, F.Z.: Facies Zone

Sample	Facies Name	Coral	Algae	Bry.	Ech.	B. F.	P. F.	SMF	FZ
S1	Coral boundstone	V.H.	M.	-	-	L.	V.L.	7	5
S2	Coral boundstone	V.H.	H.	-	-	M.	V.L.	7	5
S3	Bioclast wackestone	-	V.L.	-	-	M.	M.	5	4
S4	Bioclast wackestone	-	-	-	L.	M.	M.	5	4
S5	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	M.	H.	3	2
S6	Benthic foraminifera algal grainstone	V.L.	H.	L.	H.	V.H.	V.L.	18	7
S7	Pelagic packstone	-	V.L.	-	V.L.	V.L.	M.	3	2
S8	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	M.	3	2
S9	Bioclast mudstone	-	-	-	V.L.	V.L.	L.	3	2
S10	Benthic foraminifera algal grainstone	V.L.	V.H.	L.	V.L.	H.	V.L.	18	7
S11	Bioclast mudstone	-	-	-	-	M.	M.	3	2
S12	Bioclast wackestone	-	M.	-	V.L.	M.	M.	5	4
S13	Pelagic packstone	-	-	-	-	-	M.	3	2
S14	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	-	M.	3	2
S15	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	-	H.	3	2
S16	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	M.	3	2
S17	Pelagic mudstone/wackestone	-	V.L.	-	L.	V.L.	M.	3	2
S18	Pelagic packstone	-	-	-	L.	V.L.	M.	3	2
S19	Pelagic packstone	-	-	-	L.	V.L.	L.	3	2
S20	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	-	-	H.	3	2
S21	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S22	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S23	Pelagic packstone	-	-	-	-	-	H.	3	2
S24	Pelagic packstone	-	V.L.	-	-	-	H.	3	2
S25	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S26	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S27	Pelagic packstone	-	-	-	-	V.L.	H.	3	2
S28	Benthic foraminifera algal grainstone	L.	H.	L.	M.	H.	V.L.	18	7
S29	Pelagic packstone	-	V.L.	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S30	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	M.	V.L.	H.	3	2
S31	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	V.L.	-	H.	3	2
S32	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S33	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	V.L.	V.L.	M.	3	2
S34	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S35	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S36	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	V.L.	V.L.	H.	3	2
S37	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	V.H.	3	2
S38	Pelagic packstone	-	-	-	V.L.	V.L.	V.H.	3	2
S39	Pelagic mudstone/wackestone	-	-	-	V.L.	V.L.	M.	3	2
S40	Sandy bioclasts packstone	-	-	-	L.	V.L.	M.	4	3
S41	Sandy bioclasts grainstone	-	-	-	V.L.	V.L.	L.	4	4

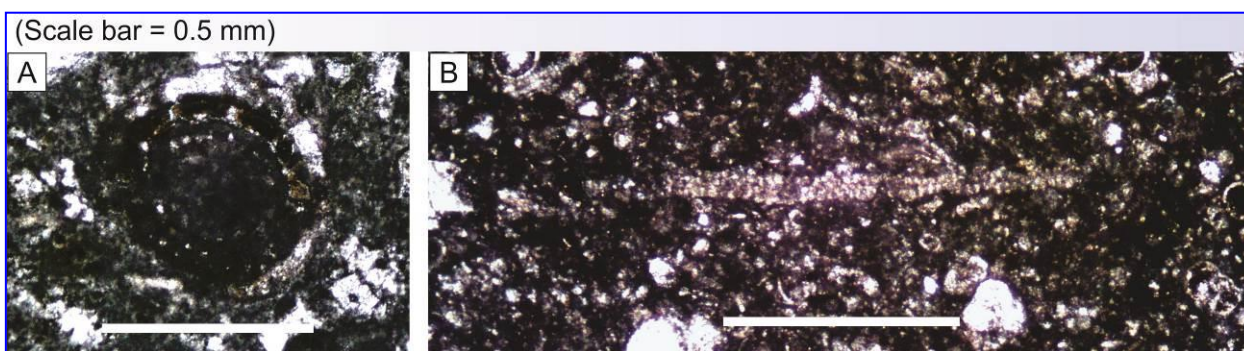


شکل ۱۴- ستون چینه‌شناسی، نمودار تغییرات محیط رسوبی، فراوانی نسبی آلوکم‌ها و نوسان‌های نسبی سطح آب دریا



می‌کند. این بایوزون با بایوزون‌های دیگر (Adams and Bourgeois, 1967; Daneshian and Ramezani Dana 2019) منطبق است (شکل ۱۵ و جدول ۴). انطباق نمودار نوسان‌های نسبی سطح آب در برش مطالعه‌شده با نمودار جهانی (شکل ۱۶) نشان می‌دهد حوضه رسوبی مطالعه‌شده در زمان میوسن پیشین با حوضه‌های جهانی در ارتباط بوده است.

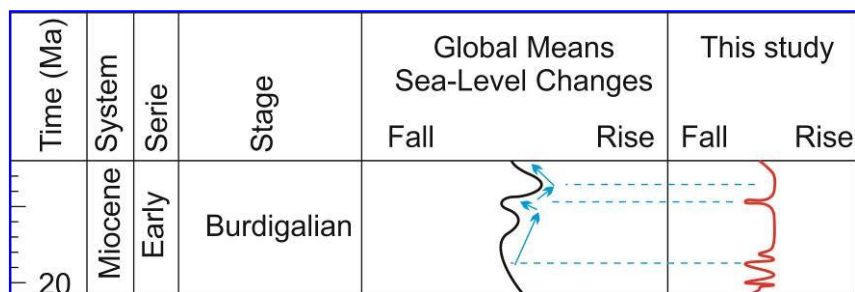
مطالعه‌های دیرینه‌شناسی در زمینه روزن‌بران در توالی‌های مطالعه‌شده به تفکیک زون زیستی *Borelis melo curdica*-*Meandropsina iranica* interval zone شدند. زون یادشده بر مبنای نخستین حضور فسیل *Borelis melo curdica* تا آخرین حضور *Meandropsina iranica* تفکیک شد که از نمونه S1 تا S39 را در بر می‌گیرد و محدوده سنی بوردیگالین را برای توالی‌های مطالعه‌شده تعیین



شکل ۱۵- فسیل‌های شاخص سنی شناسایی شده در برش مطالعه‌شده؛ A. *Borelis melo curdica* (Sample S1) B. *Meandropsina iranica* (Sample S34)

جدول ۴- انطباق بایوزوناسیون در محدوده سنی الیگوسن- میوسن با زوناسیون برش مطالعه‌شده

Epoch	Age	Adams and Bourgeois, 1967	Daneshian and Ramezani Dana, 2019	This study
Early Miocene	Burdigalian	<i>Borelis melo</i> group- <i>Meandropsina iranica</i> assemblage zone	<i>Borelis melo curdica</i> total range zone	<i>Borelis melo curdica</i> - <i>Meandropsina iranica</i> interval zone
	Aquitanian	<i>Miogypsinoides</i> - <i>Archaias</i> - <i>Valvulinid</i> assemblage zone	<i>Elphidium</i> sp.14 interval zone <i>Peneroplis farsensis</i> interval zone	
Oligocene	Chatian	<i>Eulepidina</i> - <i>Nephrolepidina</i> - <i>Nummulites</i> assemblage zone		
	Rupelian			



شکل ۱۶- انطباق نمودار نوسان‌های نسبی سطح آب دریا در برش مطالعه‌شده با نمودار جهانی (برگرفته از Haq and Al-Qahtani 2005)

## نتیجه

سازند قم در برش مطالعه‌شده متشکل از مجموعه توالی‌های کربناته ضخیم‌لایه مربوط به عضو F و بخش مارنی انتهایی است و به‌طور ناپیوسته روی توالی‌های ماسه‌سنگی، کنگلومرای و توف معادل سازند قرمز زیرین و به‌طور ناگهانی زیر واحدهای تبخیری سازند قرمز بالایی قرار گرفته است. مطالعه‌های مقاطع نازک میکروسکوپی به تفکیک ۸ ریزرخساره منجر شدند که نهایتاً محیط رسوبی شلف مرتبط با دریای آزاد (شامل زیرمحیط‌های بخش‌های دور از ساحل شلف درونی، ریف، شیب قاره، بخش‌های انتهایی شیب قاره و شلف عمیق) را برای این توالی‌ها پیشنهاد کرد.

نمایش داده‌های حاصل از مطالعه‌های ریزرخساره‌ها در مجاورت ستون چینه‌شناسی نشان می‌دهد محیط رسوبی توالی‌های مطالعه‌شده عمدتاً شلف عمیق است، اما تغییرات محسوسی از ابتدای برش به سمت انتها دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که روند نسبتاً افزایشی در عمق نسبی از ابتدای برش به سمت بخش‌های میانی دیده می‌شود. نمودار تغییرات محیط رسوبی نشان می‌دهد در انتهای برش دوباره محیط رسوبی از بخش‌های عمیق به تدریج به سمت نواحی شیب قاره تغییر می‌کند که این موضوع بیان‌کننده آغاز کاهش نسبی عمق حوضه و جابه‌جایی محیط رسوبی به سمت خط ساحلی است.

## سپاسگزاری

پژوهش حاضر در راستای پایان‌نامه تحصیلات تکمیلی در دانشگاه زنجان انجام شد؛ از این‌رو، نویسندگان از گروه زمین‌شناسی دانشگاه زنجان برای حمایت از پژوهش حاضر و در اختیار گذاشتن امکانات لازم برای نمونه‌برداری و مطالعه سپاسگزاری می‌کنند.

## References

- 11<sup>th</sup> Symposium of Iranian Paleontological Society, 190. In Persian with English abstract.
- Abdollahi N. 2017. Sedimentary environment and sequence stratigraphy of Qom Formation in Jelber (Urmiah) area, M.Sc. thesis, Urmiah University, Iran, 80 p. In Persian with English abstract.
- Adams T. D. and Bourgeois F. 1967. Asmari biostratigraphy. Iranian Oil Operating Company, Geological and Exploration Division, (1074): 1-37.
- Aghamirzaei E. Safari A. and Vaziri Moghaddam H. 2013. Microfacies analysis and depositional environment interpreted of the Qom Formation in Maragh area (Southwest of Kashan). 7<sup>th</sup> Symposium of Iranina Paleontological Society, 217. In Persian with English abstract.
- Amirshahkarami M. and Karavan M. 2015. Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran. *Geoscience Frontiers*, 6(4): 593-604.
- Angiolini L. Gaetani M. Muttoni G. Stephenson M.H. and Zanchi A. 2007. Tethyan oceanic currents and climate gradients 300 my ago. *Geology*, 35(12): 1071-1074.
- Bakhshi A. Liyaghat M. and Feysi A. 2015. Microfacies, sedimentary model and lithostratigraphy of Qom Formation in Miyane - Bostan Abad area. *Journal of earth science research*, 6(21): 19-39. In Persian with English abstract.
- Behforouzi E. and Safari A. 2011. Biostratigraphy and paleoecology of the Qom Formation in the Chenar area (northwestern Kashan), Iran. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(3): 555-565.
- Behforousi E. Safari A. and Vaziri-Moghaddam H. 2010. Microfacies analysis and environmental interpretation of the Qom Formation in Chenar area (Northwest of Kashan). *Sedimentary Facies*, 2(2): 143-152. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. and Akhlaghi 2013. Paleoenvironment of Qom Formation strata based on planktonic and benthic Foraminifera in Kaltake section, Southwest of Mahnesan. 7<sup>th</sup> Symposium of Geological Society of Iran, 151-158. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. Asadi Mehmandosti E. and Ramezani L. 2017. Microfacies, Sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Qom Formation, Deh Namak, Northwest of Garmsar. *Sedimentary Facies*, 11(41): 23-43. In Persian with English abstract.
- Aalipour S. Mirzaei Ataabadi M. Zohdi A. and Rahmani A. 2017. Stratigraphy and microfacies analyses of the Qom Formation in Ghamchoghay region, South of the Zanjan.

- Karami-Movahed F. Aleali M. and 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(6): 349-362.
- Karavan M. Mahboubi A. Vaziri-Moghaddam H. and Moussavi-Harami R. 2015. Sedimentary Facies and Sequence Stratigraphy of Qom Formation Deposits in NE Delijan, NW Central Iran. *Scientific Quarterly Journal, Geoscience*, 24(92): 237-248. In Persian with English abstract.
- Khaksar K. Sohrabi-Mollayousefy M. and Rahmanian S. 2010. Microfacies and sedimentary environment of the Qom Formation in Verjun-Khur Abad area. *Journal of Environmental Geology*, 4(12): 51-62.
- Khoshtinat N. and 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(S1): 4621-4628.
- Maher H. Safari A. and Kangazian A. 2015. Microfacies analysis and depositional environment of the Qom Formation in the Kamo area (Southwest of Kashan). 9<sup>th</sup> Symposium of Iranian Paleontological Society. 186. In Persian with English abstract.
- Mansouri P. and Safari A. 2013. Microfacies and depositional environment of the Qom Formation in Naragh area (Northeast of Delijan). 7<sup>th</sup> Symposium of Iranina Paleontological Society, 169-173. In Persian with English abstract.
- Mahyad M. Safari A. Vaziri-Moghaddam H. and Seyrafiyan A. 2018. Reconstruction of sedimentary environment, and depositional sequences based on Microfacies of the Qom Formation in the Kahak area (Southwest of Qom city). *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 8(15): 32-48. In Persian with English abstract.
- Mohammadi M. Yousefi Rad M. Hedayat F. Ghasemi M. and Neyestani A. 2016. Microfacies and depositional environment interpretation of Oligocene-Miocene deposits (Qom Formation) in Felojerd area. 12<sup>th</sup> Semposium of Iranian Paleontological society, 187. In Persian with English abstract.
- Mohammadi E. Ameri H. Ghaedi M. Vaziri M. R. Dastanpour M. and Sadeghi R. 2015. Biostratigraphy, microfacies and depositional model of the Qom Formation in northeastern Natanz (southeastern Qom back arc basin). *Paleontology*, 3(2): 198-219. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. and Derakhshani M. 2008. Paleocology of Foraminifera of the Qom Formation in Ghasr-e- Bahram Section. Northwest Part of Siahkuh, South Garmsar. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Reseaches*, 30(1): 1-16. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. and Ramezani Dana L. 2019. Benthic foraminiferal events of the Qom Formation in the north Central Iran Zone. *Paleontological Research*, 23(1): 10-23.
- Daneshian J. and Saiedi Mehr A. 2005. Stratigraphical distribution of the benthic foraminifera from the Qom Formation in Qoyundaghi island, Urmieh lake. 9<sup>th</sup> Symposium of Geological Society of Iran, 420-429. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. and Yazdani H. 2005. Study of stratigraphic distribution of benthonic foraminifera of the Qom Formation in west Saveh. 9<sup>th</sup> Symposium of Geological Society of Iran, 246-250. In Persian with English abstract.
- Daneshian J. Baghbani D. Imendoust A. and Jalali M. 2009. Lithofacies analysis and sequence stratigraphy og the Qom Formation in Southwest of Soltanyeh. 3<sup>th</sup> Symposium of Iranian Paleontological Society. 96-100. In Persian with English abstract.
- Dehghan R. Safari A. and Vaziri-Moghaddam H. 2010. Microfacies and sedimentary environment of Qom Formation in Ghohrud section (South of Kashan). *Journal of Research in Earth Science*, 1(3): 60-73. In Persian with English abstract.
- Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. *AAPG Special Volumes*: 108-121.
- Flügel E. 2010. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Springer Science & Business Media. P. 984.
- Hoseyni-Nejad S. M. Rameh H. and Aharipour R. 2016. Biostratigraphy and sedimentary environment of the Qom Formation in Talenkuh Section in Southwest of Semnan. *Journal of Applied Sedimentology*, 4(7): 101-116. In Persian with English abstract.
- Jaafari A. 1963. History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran, 6<sup>th</sup> World Petroleum Congress.
- Jalali M. Sadeghi A. and Adabi M. H. 2016. Microfacies, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Qom Formation in East Siyah Kuh surface section (South of Garmsar). *Iranian Journal of Geology*, 10(39): 83-102. In Persian with English abstract.

- Change and Global Warming (CRCC). Institute for Advanced Studies in Basic Science, 5. In Persian with English abstract.
- Reuter M. Piller W. 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(3): 627-650.
- Sabouhi M. Sheykh M. Darvish Z. and 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, pp. 30.
- Yazdi, M. Shirazi M.P. Rahiminejad A.H. and Motavalipoor R. 2012. Paleobathymetry and paleoecology of colonial corals from the Oligocene-early Miocene (?) Qom Formation (Dizlu area, central Iran). *Carbonates and Evaporites*, 27(3-4): 395-405.
- Mohammadi E. and Ameri H. 2016. Microfacies and depositional model of Qom Formation in the Khurabad area (Southeastern Qom). *Journal of Researches in Earth Science*, 7(28): 37-58. In Persian with English abstract.
- Mohammadi E. Safari A. Vaziri-Moghaddam H. and Mohammadi Monfared M. 2009. Microfacies analysis and depositional environment of the Qom Formation in the Jaze area (South of Kashan). *Sedimentary Facies*, 2(1): 81-94. In Persian with English abstract.
- Nafarieh E. Vaziri-Moghaddam H. and Taheri A. 2010. Biostratigraphy and paleoecology of Jahrum Formation in northern of the Kuh-e Gach anticline, Lar area. *Journal of Science*, University of Tehran, 35(4): 11-19.
- Nouradini M. Azami S.H. Hamad M. Yazdi M. and 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(1): 59-73.
- Rabbani J. and Zohdi A. 1396. Paleoecology of Early Miocene coral reef colonies in Northwest of Zanjan. Center for Research in Climate