

## بیواستراتیگرافی، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های آواری - کربناته کرتاسه زیرین، شرق ایران مرکزی، دیهوک

سیدحسین حسینی، محمد وحیدی‌نیا\*، مهدی نجفی، سیدرضا موسوی‌حرمی؛

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

پذیرش ۹۵/۰۹/۲۰

دریافت ۹۳/۱۰/۰۷

### چکیده

نهشته‌های کرتاسه زیرین در برش دیهوک واقع در جنوب شرق طبس ۷۲/۵ متر ضخامت داشته و از کنگلومرا، ماسه سنگ، سنگ آهک اربیتولین‌دار، سنگ آهک الئیدی، مارن و سنگ آهک ماسه‌ای تشکیل شده‌اند. مرز زیرین این نهشته‌ها با سنگ آهک‌های سازند اسفندیار به صورت گسله و مرز بالایی آن با کنگلومرای کرمان به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. در این پژوهش تعداد ۵۳ نمونه تحلیل شده و بر اساس پژوهش‌های فسیل‌شناسی تعداد چهار جنس و چهار گونه اربیتولین به نام‌های *Palorbitolina lenticularis*, *Preorbitolina cormyi*, *Mesorbitolina texana*, *Orbitolina* sp. و سه بیوزون *Palorbitolina lenticularis* Interval Zone, *Preorbitolina cormyi* Total range Zone, *Mesorbitolina texana* Interval Zone شناسایی شده است. سن بخش کربناته این توالی با استناد به جنس و گونه‌ها و بیوزون‌های اربیتولینی شناسایی شده باره مین پسین تا آپتین پسین است. در این توالی تعداد ۲ رخساره آواری متعلق به کمر بند ساحلی اکسیدی شامل یک رخساره کنگلومرای Gcm پرکننده کانال ساحلی و یک رخساره ماسه سنگی با بین لایه‌های گل‌سنگ متعلق به زیرمحیط دور از ساحل (offshore transition) و ۱۲ رخساره کربناته از دریا به سمت خشکی شامل دو رخساره و پنج ریز رخساره اربیتولینی متعلق به دریای محدود شده تا دریای باز کم عمق، نه رخساره و دو ریز رخساره گریستونی تا پکستونی متعلق به کمر بند پشته‌ای و یک رخساره مارنی فاقد فسیل متعلق به پهنه جزر و مدی شناسایی شده است. این نهشته‌ها طی چهار سکانس رسوبی رده سوم راسب شده‌اند و در این سکانس‌ها هر دسته رخساره خود شامل چند پاراسکانس پیش‌روی و پس‌روی است. مرز بین سکانس‌ها با توجه به حضور فراوان اکسیدهای آهن در اطراف اربیتولین‌ها و دیگر آلوک‌ها SB1? است. مرز سکانسی آغازین توالی با توجه به گسله بودن نامشخص و مرز پایانی توالی با توجه به شواهد خروج از آب SB1 و از نوع RSME است. با توجه به حضور فسیل‌های شاخص در سکانس‌ها، سکانس رسوبی اول (بخش کربناته) در باره مین پسین-آپتین پیشین، سکانس‌های رسوبی دوم و سوم در آپتین پیشین و سکانس رسوبی چهارم در آپتین پسین راسب شده است. تفسیر تغییرات سطح آب این نهشته‌ها در زمان رسوب‌گذاری با منحنی‌های جهانی تا حدودی مطابقت دارد و تفاوت‌های موجود ناشی از پیش‌روی و پس‌روی‌های متناوب به سبب تکتونیک بودن منطقه است.

واژه‌های کلیدی: اربیتولین؛ باره مین پسین تا آپتین پسین؛ چینه‌نگاری سکانسی؛ شرق ایران مرکزی

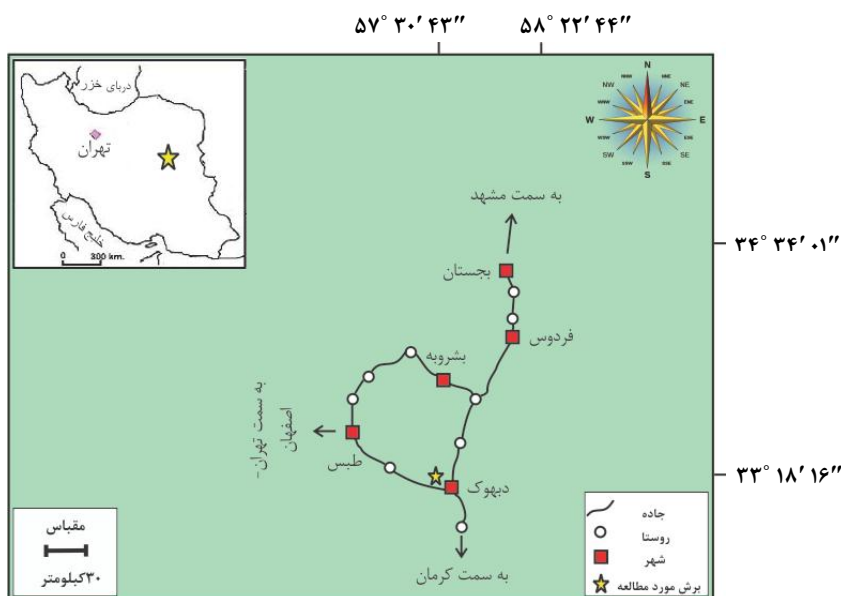
vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir

\*نویسنده مسئول

## مقدمه

شناخت کامل توالی‌های آواری-کربناته نیازمند بررسی ارتباط هندسی و جانبی توالی‌ها، تغییرات سنگ‌شناختی و بررسی‌های دیرینه‌شناسی برای استفاده از فسیل‌ها به‌عنوان نشان‌گرهای حساس به تغییرات محیطی است [۱۳]. ضخامت نهشته‌های آواری-کربناته کرتاسه زیرین در منطقه بررسی شده ۷۲/۵ متر است و از کنگلومرا، ماسه سنگ، سنگ آهک ماسه‌ای، مارن، سنگ آهک اربیتولین‌دار و سنگ آهک ائیددار تشکیل شده‌اند. این نهشته‌ها روی سنگ آهک‌های سازند اسفندیار به‌صورت گسله قرار گرفته‌اند و روی این نهشته‌ها کنگلومرای کرمان با ناپیوستگی فرسایشی راسب شده است. نهشته‌های بررسی شده در غرب شهر دیهوک و در مجاورت دیهوک قدیم و شهر دیهوک (شکل ۱) و در موقعیت جغرافیایی  $33^{\circ} 18' 16''$  طول شرقی و  $57^{\circ} 30' 43''$  عرض شمالی واقع شده‌اند و در نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بشرویه [۳۳] و ۱:۱۰۰۰۰۰ دیهوک [۴] قرار دارند. در منطقه بررسی شده فقط سنگ آهک‌های اسفندیار، واحد کرتاسه و کنگلومرای کرمان با اندکی بیرون‌زدگی‌های آذرین و دگرگونی رخنمون دارند. تا کنون نهشته‌های بررسی شده به‌سبب به‌هم ریختگی نسبتاً شدید تکتونیکی در هیچ زمینه‌ای مورد بررسی دقیق و کامل قرار نگرفته‌اند و تنها بررسی صورت گرفته روی توالی مذکور و منطقه دیهوک، بررسی‌ها انجام شده برای تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه است. از پژوهش‌های پیشین در مناطق اطراف برش بررسی شده و در ارتباط با اربیتولین‌ها می‌توان به بررسی‌های بابازاده و همکاران [۲] و احراری و همکاران [۱]، اشاره کرد. اهداف این تحقیق به‌ترتیب شامل:

۱. تعیین سن نسبی توالی با استفاده از اربیتولین‌های موجود و هم‌چنین جای‌گاه چینه‌شناسی آن‌ها ۲. شناسایی و تحلیل رخساره‌های سنگی و هم‌چنین بررسی تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌ها، ۳. تفسیر محیط رسوب‌گذاری دیرینه و ارائه مدل رسوبی و ۴. شناسایی سکانس‌ها و مرزهای سکانشی با استفاده از اربیتولین‌ها، رخساره‌های رسوبی و بررسی‌های صحرایی (بررسی‌های چینه‌نگاری سکانشی) است.



شکل ۱. راه‌های دسترسی به برش چینه‌شناسی بررسی شده

## روش بررسی

در این تحقیق تعداد ۳۲ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک و بررسی‌های پتروگرافی و تعداد ۱۳ نمونه مارنی برای انجام شستشوی فسیلی و به‌طور کلی تعداد ۴۵ نمونه از نهشته‌های کرتاسه بررسی شده است. تعداد ۴ نمونه سنگی از سنگ‌آهک‌های اسفندیار واقع شده در زیر و تعداد ۴ نمونه سنگی از کنگلومرای کرمان واقع شده روی نهشته‌های مورد بررسی نیز برداشت شده است. نمونه‌های مارنی به‌روش شستشو آماده و با میکروسکوپ بیناکولار بررسی شده‌اند که در نهایت فاقد فسیل بودند. مقاطع کربناته با محلول آلزارین قرمز (برای تفکیک کلسیت از دولومیت) به‌روش دیکسون [۹] رنگ‌آمیزی شده‌اند. از هر نمونه سنگ آهک اربیتولین‌دار حداقل ۳ و حداکثر ۶ مقطع نازک در جهات مختلف (به‌طور کلی ۲۲ نمونه سنگی و ۴۷ مقطع نازک) برای شناسایی حجره جنینی و گونه‌ی اربیتولین تهیه شده است. در این بررسی پروتوکونک، دوتروکونک، ناحیه ساب امبریونیک، تقسیم‌های داخلی اربیتولین‌ها، نسبت پهنا به ارتفاع و میزان تحدب، تقعر و یا مسطح بودن آن‌ها بررسی شده‌اند. شناسایی اربیتولین‌ها با استفاده از [۱]، [۲]، [۶]، [۱۶]، [۲۸]، [۳۱] و زون‌بندی آن‌ها با استفاده از پژوهش‌های شرودر و همکاران [۳۱] انجام گرفته است. نام‌گذاری کنگلومراها طبق طبقه‌بندی کوستر و استیل [۱۸]، ماسه سنگ‌ها طبق طبقه‌بندی فولک [۱۴] و نام‌گذاری کربنات‌ها طبق طبقه‌بندی دانهام [۱۰] و مدل تصحیح شده‌ی آن را امبری و کلون [۱۲] انجام داده‌اند. شناسایی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی با بررسی‌های فلوگل [۱۳] و تعیین درصد فراوانی هر یک از آن‌ها با استفاده از چارت‌های مقایسه‌ای فلوگل [۱۳] انجام شده است. برای بررسی، شناسایی و تفسیر رخساره‌های آواری از کدهای رخساره‌ای میال [۲۱] و برای رخساره‌های کربناته از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] استفاده شده است. در تفسیر رخساره‌های کربناته علاوه بر رخساره‌های استاندارد ذکر شده از نتایج بررسی‌های ریخت‌شناسی اربیتولین‌های موجود نیز کمک گرفته شده است. با استفاده از مدل‌های رسوبی که برای محیط‌های عهد حاضر و ادوار گذشته ارائه شده است، (برای مثال، [۱۱]، [۲۶]، [۳۴]) مدل رسوبی نهشته‌های کرتاسه زیرین در منطقه بررسی شده تفسیر شده است. مطالعه و بررسی چین‌نگاری سکانسی نهشته‌های کرتاسه بر اساس روش‌ها و اصول چین‌نگاری سکانسی [۳۷]، [۳۸] صورت گرفته و برای تکمیل و تأیید این بخش، از پژوهش‌های شرودر و همکاران [۳۱] برای تعیین دسته رخساره‌ها و مرزهای سکانسی با استفاده از گونه‌های اربیتولینی استفاده شده است. هم‌چنین بررسی و تفسیر تغییرات سطح آب دریای منطقه در زمان رسوب‌گذاری با مقایسه با منحنی‌های جهانی [۱۵] انجام گرفته است.

## بحث

### بیواستراتیگرافی

نهشته‌های بررسی شده برای نخستین بار تعیین سن نسبی می‌شوند. تنها گروه فسیلی شاخص موجود در توالی بررسی شده اربیتولین‌ها هستند و از آن‌جا که اربیتولین‌ها جزء فسیل‌های شاخص، چه از نظر سنی و چه از نظر عمق و محیط هستند، بررسی و مطالعه آن‌ها کمک شایانی در رسیدن به اهداف تحقیق کرده است. اربیتولین‌های دیسکی شکل (نسبت زیاد پهنا به ارتفاع) معمولاً در مناطق عمیق‌تری نسبت به اربیتولین‌های مخروطی شکل (نسبت اندک پهنا به ارتفاع) یافت می‌شوند [۳۵]. در توالی بررسی شده ویژگی‌های مورفولوژی اربیتولین‌ها بررسی و از این مهم در

تفاسیر محیطی و سکانسی بهره گرفته شده است. شناسایی اربیتولین‌ها بر اساس ساختمان حجره جنینی و خصوصیات دستگاه جنینی است. حجره جنینی در اربیتولین‌ها از یک پرولوکوس یا پروتوکونک، یک دوتروکونک و حجرات ساب امبریونیک تشکیل شده است. با توجه به این مشخصه جنس‌های اربیتولین از یکدیگر شناسایی و مجزا می‌شوند [۳۱]. با توجه به توضیحات ارائه شده و خصوصیات حجره جنینی و بررسی و چگونگی قرارگیری پروتوکونک دوتروکونک و ناحیه ساب امبریونیک نسبت به یکدیگر و دیگر خصوصیات مرتبط با شناسایی اربیتولین‌ها از قبیل نسبت پهنا به ارتفاع یا به‌طور کلی نسبت ابعاد آن‌ها و میزان تحدب و تفرع و یا مسطح بودنشان در برش‌های طولی، گونه‌های *Orbitolina sp.* و جنس *Palorbitolina lenticularis*, *Mesorbitolina texana*, *Praeorbitolina cormyi* بررسی شده شناسایی شده است (شکل ۲) [۳].

در بررسی‌های انجام گرفته برای بیوزوناسیون این توالی سه بیوزون شناسایی شده است (شکل ۳) [۳۱].

#### بیوزون یک: *Palorbitolina lenticularis* Interval Zone

این زون از اولین حضور *Palorbitolina lenticularis* تا اولین حضور *Praeorbitolina cormyi* است که Schroeder [۲۹] معرفی کرده است و سن آن باره مین پسین تا مرز آپتین پیشین و پسین است. این زون در چندین برش چینه‌شناسی از عمان و نواحی فارس و عسلویه از ایران گزارش شده است [۳۱].

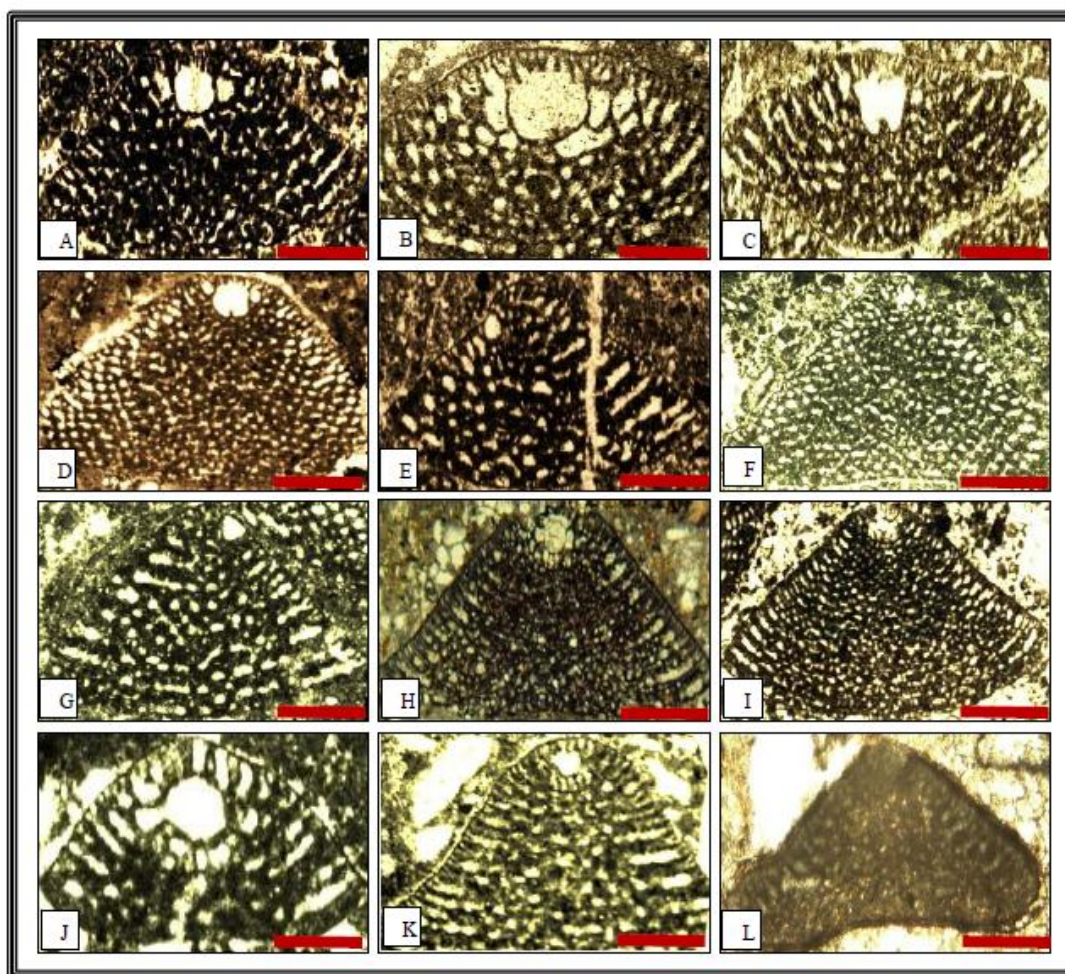
#### بیوزون دو: *Praeorbitolina cormyi* Total range Zone

این زون محدوده حضور گونه *Praeorbitolina cormyi* را شامل می‌شود که Schroeder [۳۰] آن را معرفی کرده و سن آن انتهای آپتین پیشین است. این زون از جنوب شرق اتیوپی، جنوب یمن، شمال عمان و جنوب غرب ایران گزارش شده است [۳۱].

#### بیوزون سه: *Mesorbitolina texana* Interval Zone

این زون از اولین حضور گونه *Mesorbitolina texana* تا اولین حضور گونه *Mesorbitolina subconca* تعریف و Leymerie [۱۹] آن را معرفی کرده و سن آن انتهای آپتین پسین است. این زون از شمال عمان و جنوب غرب ایران گزارش شده است [۳۱]. از آنجا که در توالی بررسی شده ما شاهد حضور *Mesorbitolina texana* هستیم و اولین حضور *Mesorbitolina subconca* مشاهده نشد، بنابراین تنها قسمت ابتدایی این زون را برای توالی بررسی شده می‌توانیم معرفی کنیم که نشان‌گر سن آپتین پسین است.

بنابراین با استناد به جنس و گونه‌های شناسایی شده و زون بندی‌های موجود، سن نسبی بخش کربناته توالی بررسی شده باره مین پسین تا انتهای آپتین پسین است؛ که معادل بخشی از سازندهای تیزکوه در البرز، تیرگان در کپه‌داغ، تفت و شاه‌کوه در ایران مرکزی و گرو، گدون، فهلیان و داریان در زاگرس است. تعیین سن بخش کنگلومرای و ماسه سنگی واقع در زیر سنگ آهک‌های اربیتولین دار باره مین پسین، به سبب ماهیت آواری و وجود نداشتن فسیل به‌طور دقیق ممکن نیست، اما بر اساس موقعیت چینه‌شناسی و با توجه به پیوسته بودن مرز بین ماسه سنگ و سنگ آهک اربیتولین‌دار، احتمالاً به باره مین پیشین (؟) و به‌طور کلی به پیش‌روی‌های ابتدای کرتاسه پیشین تعلق داشته باشند (شکل ۳) [۳].



شکل ۲. اربیتولین‌های شناسایی شده در نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک:

A-B-C-D) *Palorbitolina lenticularis*: (Early Aptian) (samples D-15-18-19-25)

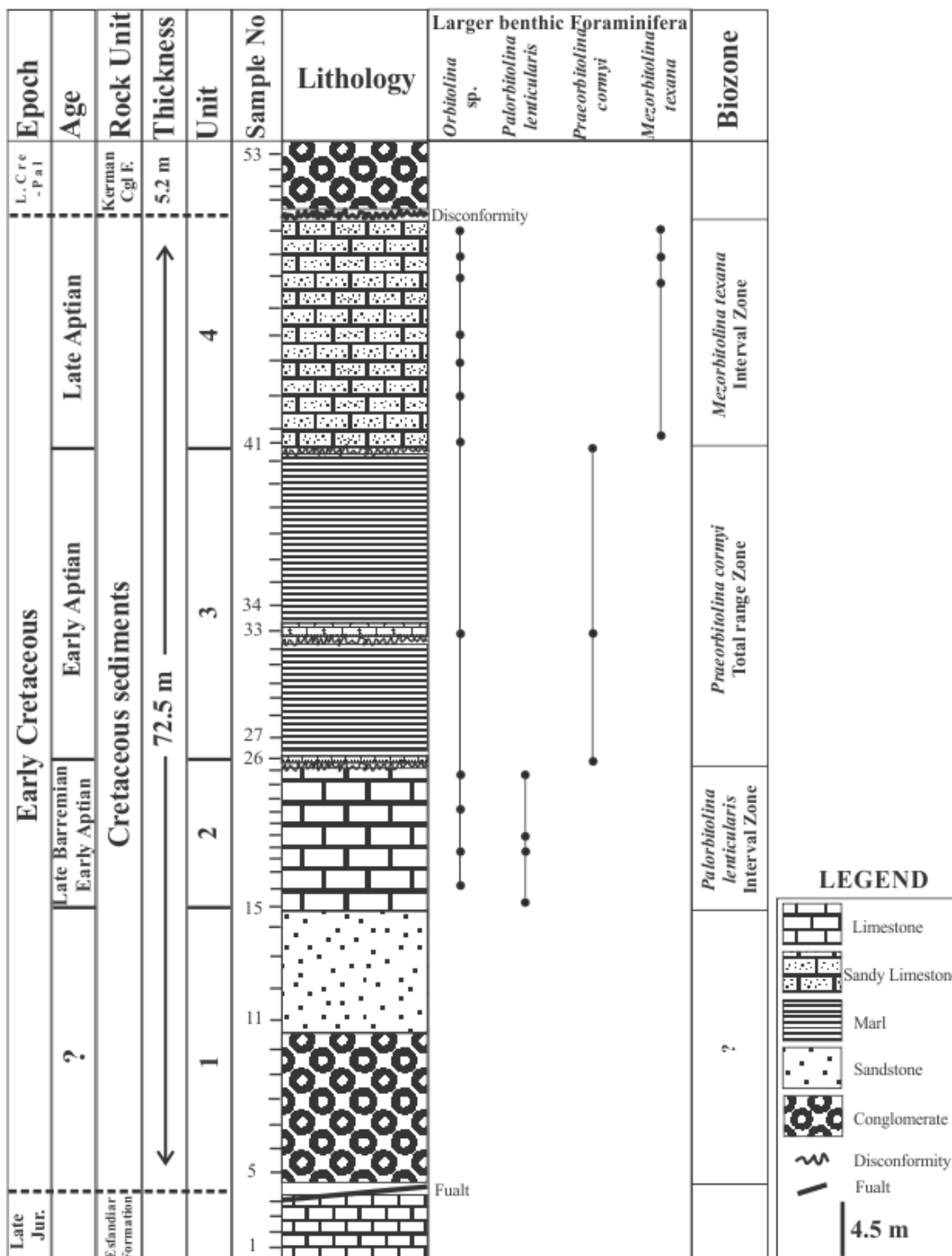
E-F-G) *Praeorbitolina cormyi*: (Early Aptian) (samples D-26-33-41)

H-I-J-K) *Mesorbitolina texana*: (Late Aptian-Early Albian) (samples D-42-47-48-49)

L) *Orbitolina* sp. (sample D-22)

### تحلیل رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی دیرینه

یکی از ابزارهای مهم برای شناسایی محیط رسوبی و فرآیندهای مؤثر در آن بررسی رخساره‌های رسوبی است [۳۲]. بر اساس مشاهدات صحرایی، اختصاصات سنگ‌شناسی، ساختارهای رسوبی، بافت، فرم هندسی، ماهیت سطوح طبقه‌بندی، وضعیت رخساره‌ها در جهت قائم ضخامت و گسترش جانبی رخساره‌ها و تنوع خرده‌های اسکلتی و غیراسکلتی (برای مثال [۱۷]-[۲۴]) در توالی بررسی شده یک مجموعه رخساره‌ای آواری و یک مجموعه رخساره‌ای کرتاسه شناسایی شده است. چنان‌که پیش‌تر نیز اشاره شد، در این تحقیق برای طبقه‌بندی دقیق میکروفاسیس‌های نهشته‌های کرتاسه زیرین علاوه بر معیارهای معمول سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی، مورفولوژی کنشی اربیتولین‌ها نیز در نظر گرفته شده است. عواملی مانند نور، میزان انرژی، عمق و نظایر آن بر ویژگی‌های ریختی و توزیع روزن داران بزرگ از جمله اربیتولین‌ها تأثیر می‌گذارد [۳۵]. اشکال پهن‌تر معمولاً در اعماق بیشتر و زیرلایه‌های نرم‌تر گسترش می‌یابند [۲۵]. واضح است که شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناسی خارجی اربیتولین‌ها با شرایط محیطی در یک گونه



شکل ۳. ستون چینه سنگی و گسترش چینهنگاری گونه‌های اربیتولینید در نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک

تغییر می‌کند [۲۳]-[۲۸]. از طرفی گونه‌هایی از اربیتولین‌ها ذاتاً مخروطی شکل هستند (مانند گونه‌های متعلق به *Conicorbitolina* و تا حدودی *Mesorbitolina*) و این حالت مخروطی هیچ ارتباطی با محیط رسوبی و یا انرژی محیط ندارد، بلکه بیشتر دارای منشأ ژنتیکی است [۱۶]-[۲۰]. از این رو برای دقت کار و استفاده بهینه از اربیتولین‌های

موجود در توالی بررسی شده به‌عنوان شاهدهی معتبر برای بازسازی محیط رسوبی دیرینه، جنس و گونه‌ی اربیتولین‌های موجود شناسایی شده است. به‌طور کلی فقط سه گونه از اربیتولین‌های موجود در توالی قابل شناسایی بودند که پیش‌تر ارائه شد. ویلاس [۳۹] معتقد است که گونه‌ی *Palorbitolina lenticularis* به‌خوبی تغییرات محیطی مانند عمق، انرژی، نور و بستر را در ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فراوانی خود نشان می‌دهد. از آن‌جاکه توالی بررسی شده هم شامل رخساره‌های آواری و هم رخساره‌های کربناته (توالی مخلوط) است، آن‌ها را به‌صورت مجزا و خلاصه همراه با تفسیر نوع محیط دیرینه آن‌ها از دریا به‌سمت خشکی بررسی می‌کنیم و در انتها مدل رسوبی پیشنهادی ارائه می‌شود (شکل ۷).

**مجموعه رخساره‌های کربناته:** این مجموعه خود شامل چهار کمر بند رخساره‌ای است که بر مبنای تشکیل از دریا به‌سمت خشکی بدین‌شرح است (جدول ۲ شکل‌های ۴ و ۶): (درصد فراوانی اجزای تشکیل دهنده رخساره‌ها به سبب خلاصه‌تر شدن به‌صورت جدول ۱ ارائه شده است)

### مجموعه رخساره ای R-O:

این مجموعه شامل دو رخساره و پنج زیر رخساره است (جدول ۲) که در تفسیر این رخساره‌ها ریخت‌شناسی اربیتولین‌ها نقش مؤثری داشته است:

### گرینستون اربیتولینی (R-O1):

این رخساره در صحرا نازک تا متوسط لایه و دارای لایه‌بندی موازی (شکل ۵A) و در مواردی اندک لامیناسیون (شکل ۵B) است. در این رخساره اربیتولین‌ها بیش‌ترین حجم دانه‌ها را شامل می‌شوند. در مواردی اطراف اربیتولین‌ها با لایه اکسید آهن احاطه شده است. هم‌چنین در موارد معدود بعضی اربیتولین‌ها دچار شکستگی شده‌اند، ولی با این وجود باز هم به‌صورت کامل وجود دارند. از دیگر بیوکلاست‌ها با فراوانی اندک به‌ترتیب اکینودرم‌ها، گاستروپودها و دوکفه‌ای‌ها هستند. آلوکم غیراسکلتی این رخساره پلوئیدها هستند (شکل ۴A). این رخساره از لحاظ ریخت‌شناسی اربیتولین‌ها به دو زیررخساره تقسیم می‌شود:

R-O1a: Conical *Orbitolina* grainstone    R-O1b: Discoidal *Orbitolina* grainstone

اکثر قریب به اتفاق این اربیتولین‌ها از نوع R-O1b (صفحه‌ای یا دیسکی) هستند. این زیر رخساره با توجه به نبود ذرات و آلوکم‌های میکرایتی شده که اکثراً در محیط‌های بسته وجود دارند مبین اینست که نمی‌تواند معرف لاگون باشد و با مقایسه با رخساره‌های استاندارد به قسمت‌های انتهایی دریای محدود شده به‌سمت دریای باز مربوط است، جایی که میزان نور و انرژی کم‌تر است و جلبک‌های هم‌زیست گسترش کم‌تری دارند. احتمالاً گسترش این اربیتولین‌ها در دریای باز نیز ادامه داشته است، به این دلیل که گسترش زیاد اربیتولین‌ها معمولاً در محیط‌های دریای باز صورت می‌گیرد و نمی‌توانند در محیط‌های بسته گسترش زیادی داشته باشند (هرچند که ممکن است در محیط‌های محدود نیز یافت شوند، لیکن گسترش زیاد آن‌ها فقط در محیط‌های باز صورت می‌گیرد). زیر رخساره R-O1a که با میزان فراوانی کم‌تری مشاهده می‌شود و با توجه به وجود پلوئیدهای گرد شده مربوط به قسمت‌های کم عمق‌تر دریای محدود شده‌اند، معرف جایی هستند که میزان نور بیش‌تر است. این رخساره (R-O1) معادل RMF 13 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.



**گرینستون اربیتولینی اینتراکلاست دار (R-O2):**

این رخساره در صحرا متوسط لایه و دارای ساخت لایه‌بندی موازی است. آلوکم‌های اصلی این رخساره اربیتولین و اینتراکلاست هستند. جز در بعضی موارد بسیار نادر، تمام اربیتولین‌ها به صورت کامل دیده می‌شوند. دیگر اجزای اسکلتی این رخساره به ترتیب فراوانی خرده‌های دوکفه‌ای، اکینودرم براکیوپود و گاستروپود هستند. در مواردی بعضی از خرده‌های دوکفه‌ای به صورت دولایه دیده می‌شوند. فراوانترین آلوکم غیراسکلتی این رخساره اینتراکلاست است که در کنار اربیتولین‌ها دیده می‌شود. اینتراکلاست‌ها در این رخساره گردشگی متوسط تا ضعیف، ولی جورشدگی متوسط تا خوب دارند که این خود نشان از کم انرژی بودن محیط تشکیلشان است. ائید، پلوئید و آنکوئید از دیگر اجزای این رخساره است که در بعضی موارد با فراوانی بسیار کم دیده می‌شوند. در این رخساره اطراف اکثر بیوکلاست‌ها و دیگر اجزا با یک لایه میکرایتی و در مواردی لایه‌ای از اکسید آهن پوشیده و احاطه شده است (شکل ۴B). این رخساره از لحاظ ریخت‌شناسی اربیتولین‌ها به سه زیررخساره تقسیم می‌شود:

R-O2a: Conical *Orbitolina* intraclast grainstone R-O2b: Discoidal *Orbitolina* intraclast grainstone

R-O2c: Discoidal *Orbitolina* grainstone

اساس و مبنای این تقسیم‌بندی در درجه اول شکل و مورفولوژی اربیتولین‌ها و سپس حضور و یا نبود اینتراکلاست است. زیررخساره R-O2a با توجه به مخروطی بودن اربیتولین‌ها و وجود اینتراکلاست‌های میکرایتی مربوط به قسمت‌های کم عمق دریای محدود شده است که این زیر رخساره دارای فراوانی خیلی کم است. زیررخساره R-O2b که از دیگر زیررخساره‌ها فراوان‌تر است با توجه به اربیتولین‌هایی که کشیده و عریض هستند و همچنین اینتراکلاست‌هایی که کم‌تر میکرایتی‌اند متعلق به قسمت‌های عمیق‌تر دریای محدود شده و به سمت دریای باز هستند. زیررخساره R-O2c با توجه به اربیتولین‌های کاملاً کشیده و صفحه‌ای و نسبت عرض به طول زیاد و نبود آلوکم‌های میکرایتی متعلق به قسمت‌های عمیق دریای محدود شده و همچنین دریای باز هستند. این رخساره معادل RMF 13 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است. از تفاوت‌های رخساره R-O1 با R-O2 وجود براکیوپود، ائید، اینتراکلاست فراوان، آنکوئید و وجود لایه‌ای میکرایتی و اکسید آهن در اطراف اکثر بیوکلاست‌ها در رخساره R-O2 است.

**تفسیر: کمربند رخساره دریای محدود شده تا دریای باز:**

به‌طور کلی این کمربند با فراوانی اندک میکرایت در زمینه، نبود جلبک سبز و حضور فراوان فرامینیفر بنتیک (اربیتولین‌های مخروطی به سمت دریای محدود شده و اربیتولین‌های دیسکی شکل به سمت دریای باز با عمق کم)، گاستروپود، دوکفه‌ای و بریوزوا مشخص می‌شود که به‌طور مفصل در بالا شرح داده شد.

**مجموعه رخساره‌های Sh:**

در این مجموعه تعداد نه رخساره و دو زیررخساره شناسایی شده است. رخساره‌های این مجموعه دارای ساخت‌های طبقه‌بندی مورب مسطح (شکل ۵C) و مورب عدسی شکل (شکل ۵D) هستند. این رخساره‌ها به ترتیب از سمت دریا به خشکی عبارتند از (جدول ۲):



**گرینستون بیوکلاستی بریوزوآ دار (Sh1):**

این رخساره در صحرا نازک لایه است. آلوکم اصلی این رخساره بریوزوآها هستند. دیگر آلوکم‌های اسکلتی این رخساره اکینودرم، دوکفه‌ای، براکیوپود، گاستروپود و کرم حلقوی هستند. هم‌چنین اربیتولین نیز با فراوانی ناچیز در این رخساره به همراه اکینودرم‌ها مشاهده می‌شود. ائید، اینتراکلت و کوارتز آلوکم‌های غیراسکلتی این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۴C). این رخساره از لحاظ مورفولوژی کنشی یا ساختار اربیتولین‌ها به دو زیررخساره تقسیم می‌شود:

Sh1a: Bryozoa bioclastic grainstone with conical *Orbitolina*

Sh1b: Echinoderma grainstone with discoidal *Orbitolina*

این رخساره معادل RMF 26 رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**گرینستون بیوکلاستی ائیدی (Sh2):**

این رخساره در صحرا نازک تا متوسط لایه است. اجزای اصلی این رخساره بیوکلاست‌ها به‌خصوص براکیوپودها، دوکفه‌ای‌ها و ائیدها هستند. دیگر بیوکلاست‌های موجود به‌ترتیب فراوانی بریوزوآها، اکینودرم، گاستروپود و کرم حلقوی هستند. در بعضی موارد بیوکلاست‌ها به‌صورت شکسته شده دیده می‌شوند. فراوانترین آلوکم غیراسکلتی این رخساره ائید است که اکثراً از نوع متحدالمرکز هستند و اینتراکلت‌های با گردشگی خوب و جورشدگی متوسط تا ضعیف دیگر آلوکم غیراسکلتی این رخساره است (شکل ۴D). این رخساره معادل RMF 26 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**گرینستون تا پکستون ائیدی بیوکلاستی (Sh3):**

از اختصاصات صحرایی این رخساره لایه‌بندی نازک است. ائیدهای با ساخت شعاعی از فراوان‌ترین اجزای این رخساره است. بیوکلاست‌های این رخساره به‌ترتیب فراوانی بریوزوآ، دوکفه‌ای، براکیوپود، اکینودرم و ائید هستند. علاوه بر ائید، اینتراکلت‌ها با دیگر اجزای غیراسکلتی این رخساره دارای گردشگی نسبتاً خوب و جورشدگی متوسط است. آلوکم‌های غیراسکلتی دیگری که در این رخساره مشاهده می‌شود آنکوئید (با هسته دوکفه‌ای)، دانه‌های تجمعی (شامل اینتراکلت و ائید) و ذرات سیلیسی آواری کوارتز است. فضای بین آلوکم‌ها بعضاً با میکریت پر شده که در بعضی از قسمت‌ها میکریت با میکرو اسپار و اسپار جانشین شده است (شکل ۴E). این رخساره معادل RMF 27-29 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**گرینستون تا رودستون بیوکلاستی (Sh4):**

این رخساره دارای لایه‌بندی متوسط تا نازک است. آلوکم‌های اصلی این رخساره بریوزوآها و در مواردی کرم‌های حلقوی هستند. در این رخساره خرده‌های دوکفه‌ای و اکینودرم نیز در زمینه‌ای از کلسیت اسپاری با فراوانی ناچیز به چشم می‌خورد. بیوکلاست‌ها به‌صورت سالم حضور دارند. اجزای غیراسکلتی شامل اینتراکلاست‌ها با گردشگی خوب و جورشدگی خوب تا متوسط، دانه‌های تجمعی (شامل ائید و اینتراکلت)، ائیدهای شعاعی و متحدالمرکز و با فراوانی اندک آنکوئید با هسته دوکفه‌ای است (شکل ۴F). این رخساره معادل RMF 26 رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**پکستون تا گرینستون آنلیدی بیوکلاست دار (Sh5):**

متوسط لایه بودن از اختصاصات صحرایی این رخساره است. این رخساره حاوی کرم حلقوی است که در بعضی موارد دچار شکستگی شده‌اند. بیوکلاست‌های تشکیل‌دهنده این رخساره دوکفه‌ای، گاستروپود، بریوزوآ و براکیوپود هستند. اجزای غیراسکلتی موجود در این رخساره اینتراکلاست با گردشگی خوب و جورشدگی متوسط تا ضعیف، پلوئید، آنکوئید با هسته دوکفه‌ای و کوارتز است. در زمینه این مقطع به هم‌خوردگی زیستی دیده می‌شود که ممکن است حاصل فعالیت کرم‌های حلقوی و سایر موجودات باشد (شکل ۴G). در موارد بسیار معدود اربیتولین مخروطی شکل نیز در این رخساره یافت می‌شود. این رخساره معادل RMF 26 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**پکستون انلیدی ماسه‌ای (Sh6):**

این رخساره دارای لایه‌بندی متوسط تا نازک است. کرم‌های حلقوی در کنار دانه‌های سیلیسی آواری کوارتز اجزای اصلی این رخساره را تشکیل می‌دهند. آلوکم‌های اسکلتی این رخساره به‌ترتیب فراوانی دوکفه‌ای‌ها، گاستروپودها و بریوزوآها هستند. هم‌چنین در بعضی موارد اندک از فرامینیفرهای بزرگ بنتیک، اربیتولین در این رخساره مشاهده می‌شود. اینتراکلاست با گردشگی خوب و جورشدگی متوسط تا ضعیف دیگر آلوکم غیراسکلتی این رخساره است (شکل ۴H). این رخساره معادل RMF 27 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**گرینستون انیدی گریپستونی (Sh7):**

این رخساره در صحرا به‌صورت نازک لایه مشاهده می‌شود. در این رخساره اکثر آلوکم‌ها انیده‌های با ساخت شعاعی و دانه‌های تجمعی هستند. دانه‌های تجمعی جورشدگی و گردشگی خوبی دارند و از دیگر قطعات غیراسکلتی نظیر انید، پلوئید و اینتراکلاست تشکیل شده‌اند. هم‌چنین در این رخساره اینتراکلاست با گردشگی خوب و جورشدگی متوسط، خرده‌های دوکفه‌ای، بریوزوآ و اکینودرم به مقدار ناچیز وجود دارد (شکل ۴I). این رخساره معادل RMF 29 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**پکستون تا گرینستون انیدی (Sh8):**

از اختصاصات صحرایی این رخساره متوسط تا نازک لایه بودن آن است. اجزای اصلی این رخساره انیدها هستند. انیدها در این رخساره اکثراً شعاعی هستند، ولی انیده‌های مماسی نیز با فراوانی کم‌تر حضور دارد. علاوه بر انید، اینتراکلاست با گردشگی نسبتاً خوب و جورشدگی متوسط، کوارتز و با فراوانی اندک پیژوئید دیگر ذرات این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۴J). این رخساره معادل RMF 30 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**گرینستون ماسه‌ای بیوکلاست دار (Sh9):**

این رخساره در صحرا به‌صورت متوسط لایه حضور دارد. این رخساره از کوارتز که اکثراً مونوکریستالین و نیمه‌گرد شده و دارای جورشدگی متوسط تا خوب و اغلب خاموشی مستقیم‌اند تشکیل شده است. از دیگر ذرات این رخساره به‌ترتیب فراوانی خرده سنگ‌ها، پلوئیدهای گرد شده و انیدها با فابریک شعاعی هستند. از خصوصیات این رخساره حضور بیوکلاست‌ها در کنار اجتماع دانه‌های کوارتز است. فراوانترین بیوکلاست‌ها بریوزوآها و اکینودرم‌ها و سپس دوکفه‌ای‌ها هستند. در مواردی ذرات اکسید آهن نیز در این رخساره مشاهده می‌شود (شکل ۴K).

**تفسیر: کمربند رخساره پشته (Sh):**

این مجموعه رخساره‌ای که بیش‌ترین رخساره‌های توالی را شامل می‌شود، به‌طور کلی حاوی ائیدهای فراوان است که در محیط‌های کم عمق و پراثرژی تشکیل شده‌اند. این رخساره‌ها به‌دلیل جورشدگی و در برخی موارد گردشگی بالای ذرات و نیز وجود ذرات درشت اسکلتی، دانه‌های ائیدی، فقدان یا حضور خیلی کم گل‌های آهکی و ساخت‌های رسوبی مورب مرتبط با شرایط پراثرژی، در پشته سدی و در شرایط اثرژی زیاد و در بالای خط اثر امواج معمولی تشکیل شده‌اند.

**مجموعه رخساره‌ای T:**

این مجموعه از یک رخساره شکل گرفته است که در آن ساخت رسوبی توده‌ای مشاهده می‌شود: مارن فاقد فسیل (T1): این رخساره مارنی فاقد لامیناسیون، فاقد فسیل، دارای پولک‌های گچی و در مواردی دارای خرده‌های ریز دوکفه‌ای است. این مارن‌ها در صحرا سبزرنگ و به‌صورت توده‌ای هستند (شکل ۵E). این رخساره در صحرا به‌صورت میان‌لایه و متناوب با سنگ آهک‌های قرمز رنگ اربیتولین دار مشاهده می‌شود (شکل ۴L).

**تفسیر: کمربند رخساره پهنه جزر و مدی**

نبودن فسیل در این مجموعه رخساره‌ای مشخص‌کننده چرخش محدود آب و نبودن شرایط مناسب برای زیست موجودات زنده مربوط به دریا است. فقدان فسیل و دانه‌ریز بودن و وجود پولک‌های گچی در این مارن‌ها حاکی از راسب شدنشان در پهنه‌های بین جزر و مدی و بالای جزر و مدی است [۵]-[۲۷]. این مجموعه رخساره‌ای معادل RMF 19 از رخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۳] است.

**مجموعه رخساره‌ای آواری**

این مجموعه رسوبی شامل دو رخساره سنگی کنگلومرایبی و ماسه سنگی است (جدول ۲ شکل‌های ۶ و ۷): رخساره کنگلومرایبی (G): این رخساره کنگلومرایبی قرمز رنگ، از نوع دانه پشتیبان و توده‌ای (در طبقه‌بندی میال [21] Gcm است) و امتداد جانبی اندک است (شکل ۶A). اجزای آن به‌ترتیب فراوانی پیل‌های آهکی فاقد فسیل شاخص هستند، ماسه سنگی و به مقدار اندک آذرین است و به سبب داشتن پیل‌های با جنس متفاوت از نوع پلی میکتیک است. اندازه این پیل‌ها بین ۰/۶ تا ۵۷ سانتی‌متر در تغییر است. در این رخساره میزان ماتریکس کم‌تر از ۱۵ درصد است. خرده سنگ‌ها هم در صحرا و هم در مقاطع نازک دارای گردشگی متوسط تا خوب و جورشدگی متوسط هستند (شکل ۶B) که نشان از دور از منشأ بودن این قطعات و مسافت زیاد جابه‌جایی این قطعات است.

**رخساره ماسه سنگی (S)**

این ماسه سنگ دارای لایه‌بندی نازک تا متوسط است و لامیناسیون (شکل ۶C) و لایه‌بندی موازی (شکل ۶D) با فراوانی کم و ریپل مارک نامتقارن (شکل ۶E) با فراوانی بیشتر از ساخت‌های موجود در این ماسه سنگ است. مشخصه دیگر این ماسه سنگ میان لایه‌های گل‌سنگ موجود در آن با فراوانی زیاد است (شکل ۶F). این رخساره ماسه سنگی از لحاظ پتروفاسیس شامل سه پتروفاسیس ساب لیتارنایت (SG) (شکل ۶I) با فراوانی اندک، لیت آرنایت (S2) (شکل ۶H) با فراوانی زیاد و لیت آرنایت دارای بریوزوآ و اکینودرم (S3) (شکل ۶I) با فراوانی کم‌تر است. این رخساره ماسه سنگی دانه پشتیبان و دارای جورشدگی و گردشگی نسبتاً خوب است و بررسی ساخت این ماسه سنگ تماس‌های طولی و نقطه‌ای را نشان می‌دهد (شکل ۶G-H-I).

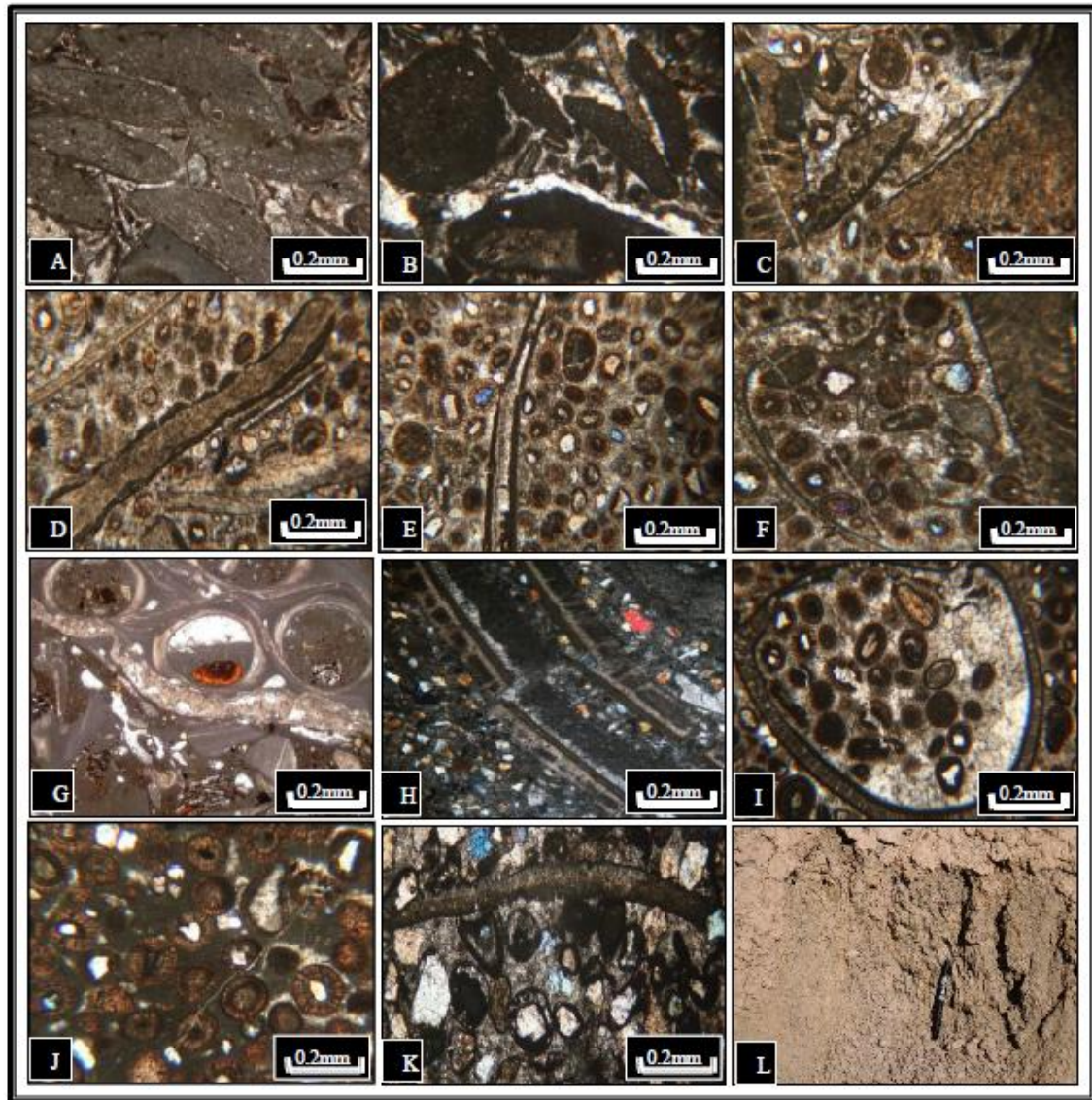
جدول ۱. درصد فراوانی آلومین های غیراسکلتی و اسکلتی رخساره های کربناته نهشته های کرتاسه زیرین برش دیهوک

رخساره	فاستروپود	اکینودرم	کرم حلقوی	دوکفه ای	بروزوآ	براکیوپود	اریتولین	کوارتز	آنکوئید	گریستون	اینترا کلست	پلوئید	پیزوئید	ائید
R-O1	۱-۲	۵-۸		۱-۲			۴۰-۶۵				۱-۲			
R-O2		۳-۵		۵-۷		۱-۲	-۲۰				۱۰-۱۵	۱-۲		
Sh1	۱-۲	۵-۷	۱-۲	۴-۵	-۳۵	۲-۴		۳-۵			۳-۷			-۱۰
Sh2	۱-۲	۱-۲	۱-۲	-۱۲	-۱۰	-۱۵					۴-۵			-۲۰
Sh3		۳-۵	۵-۹	۷-۱۰	-۱۵	۵-۷	۱-۲	۱-۲	۱-۳	۱-۳	۳-۵			-۲۶
Sh4		۱-۲	-۱۲	۱-۲	-۲۳			۱-۲	۱-۲	۲-۴	-۱۵			۳-۷
Sh5	۲-۳		-۳۰	۵-۷	۱-۳	۱-۳	-۱۰	۳-۴			۲-۵	۲-۳		
Sh6	۴-۵		-۳۰	۴-۷	۲-۵		-۳۰	۴-۶			۳-۵			
Sh7		۱-۲		۱-۲	۱-۲						۱-۲			-۴۲
Sh8							-۱۰				۱-۲		۱-۲	-۶۵
Sh9		۶-۹		۱-۳	۶-۹			-۶۴				۴-۵		۲-۳

تفسیر: کمربند رخساره ساحلی اکسیدی

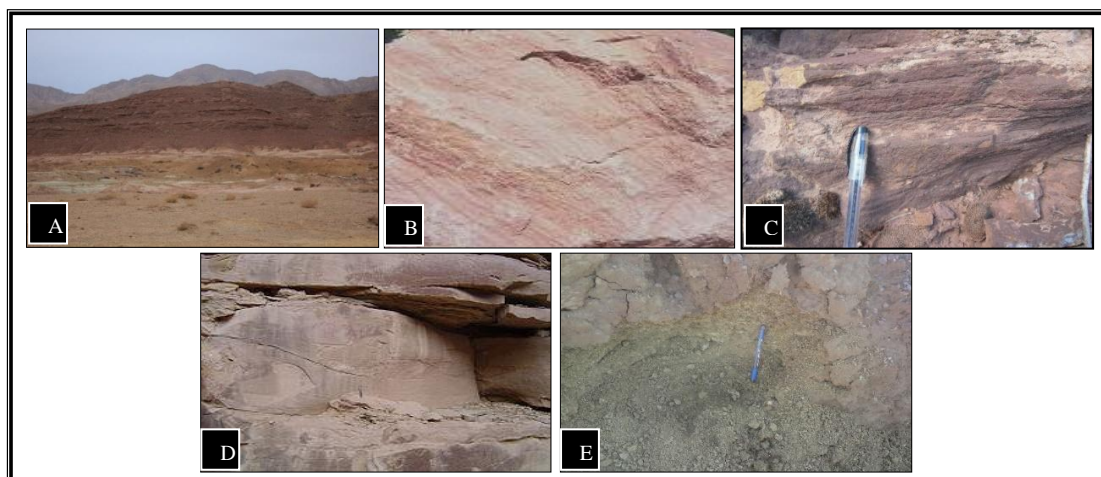
رخساره کنگلومرایبی با ویژگی هایی نظیر تداوم جانبی کم (رخساره کانالی)، جورشدگی و گردشدگی خوب حاکی از یک کانال ساحلی است که این کنگلومرا پرکننده آن کانال بوده است (شکل A-B). قلوه های این رخساره از دیگر سازندهای قدیمی تر منطقه مانند (احتمالاً) سنگ آهک های سازند اسفندیار منشأ گرفته اند. رخساره ماسه سنگی با استناد به شواهد موجود از قبیل جورشدگی و گردشدگی نسبتاً خوب (شکل G-H-I)، ریپل مارک نامتقارن (شکل E)، امتداد جانبی نسبتاً وسیع (شکل F)، دارا بودن میان لایه های گلسنگ (شکل F) و حضور بیوکلاست در آن (شکل I) متعلق به زیر محیط دور از ساحل (Offshore transition) (بین FWB در مرز بالایی و SWB در مرز

زیرین) از کمر بند ساحلی است و هم‌چنین رنگ قرمز و حضور اکسیدهای آهن حاکی از محیط اکسیدی است [۲۲] (جدول ۲).

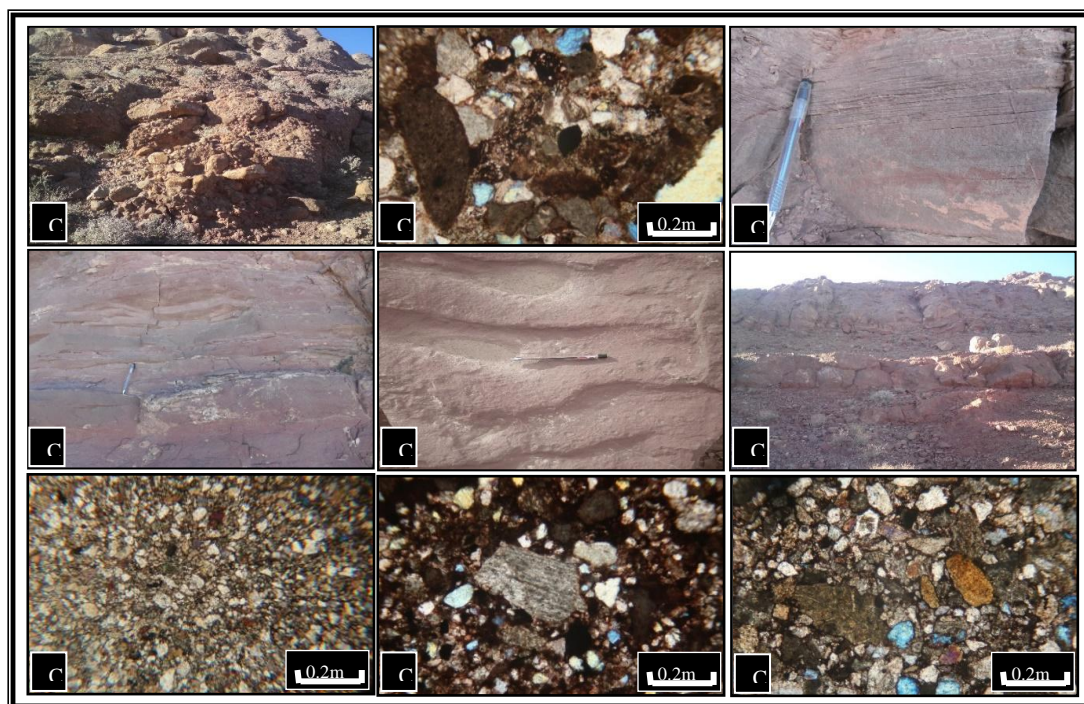


شکل ۴. رخساره‌های کربناته نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک: (A) رخساره R-O1: گریستون اریبتولینی (B) رخساره R-O2: گریستون اریبتولینی اینتراکلاست دار (C) رخساره Sh1: گریستون بیوکلاستی بریوزوآدار (D) رخساره Sh2: گریستون بیوکلاستی ائیدی (E) رخساره Sh3: گریستون تا پکستون ائیدی بیوکلاستی (F) رخساره Sh4: گریستون تا رودستون بیوکلاستی (G) رخساره Sh5: پکستون تا گریستون آنلیدی بیوکلاست‌دار (H) رخساره Sh6: پکستون آنلیدی ماسه‌ای (I) رخساره Sh7: گریستون ائیدی گریپستونی (J) رخساره Sh8: پکستون تا گریستون ائیدی (K) رخساره Sh9: گریستون ماسه‌ای بیوکلاست‌دار (L) رخساره T1: مارن فاقد فسیل

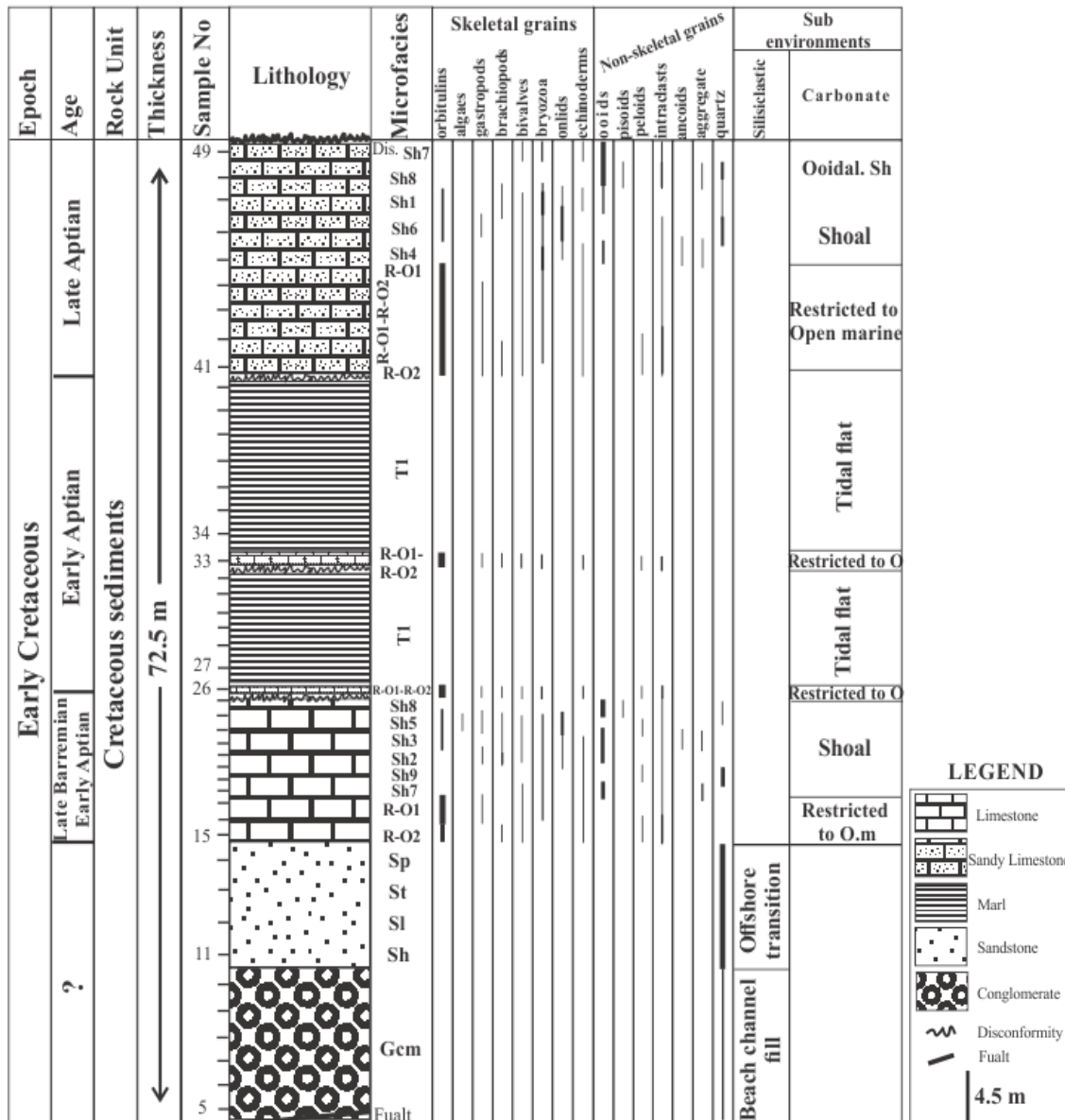




شکل ۵. نمایش اختصاصات صحرایی رخساره‌های کربناته نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک: (A) طبقات نازک تا متوسط لایه با لایه‌بندی موازی (B) لامیناسیون (C) طبقه‌بندی مورب مسطح (D) طبقه‌بندی مورب عدسی شکل (E) مارن با طبقه‌بندی توده‌ای



شکل ۶. مجموعه رخساره‌ای آواری نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک: (A) تصویر صحرایی رخساره کنگلومرای دانه پشتیبان با جورشدگی نسبتاً خوب (B) تصویر میکروسکوپی رخساره کنگلومرای و گردشدگی خوب قطعات (C) لامیناسیون در ماسه سنگ (D) ماسه سنگ با طبقه‌بندی افقی (E) ماسه سنگ دارای ریبیل مارک نامتقارن (F) رخساره ماسه سنگی با میان لایه‌های گل‌سنگ (G) پتروفاسیس ساب لیتارنایت (H) پتروفاسیس لیتارنایتی (I) پتروفاسیس لیتارنایت دارای بریوزوآ و اکتینودرم



شکل ۷. توالی رخساره ای و محیط رسوبی نهشته های کرتاسه زیرین

### مدل رسوبی پیشنهادی

بر اساس قانون والتر و بررسی ارتباط جانبی و عمودی رخساره‌های آواری-کربناته مورد بررسی با مقایسه این توالی با محیط‌های عهد حاضر و دیرینه [۱۱]، [۲۶]، [۳۴] مدل رسوبی این نهشته‌ها شناسایی و ارائه شد. تغییرات تدریجی رخساره‌ها در توالی رخساره‌ای، عدم وجود رسوبات ناشی از تغییرات ناگهانی شیب محیط رسوبی و نیز نبود رخساره‌های ریفی که بیان‌گر حضور سد حاشیه‌ای بر پلاتفرم است [۱۱]، [۳۴]، رسوب‌گذاری نهشته‌های بررسی شده را در یک رمپ کربناته که از نوع هموکلینال است تأیید می‌کند. از داده‌های حاصل از بررسی‌های رخساره‌ای نتیجه می‌شود که دریای زمان رسوب‌گذاری این نهشته‌ها ساحلی تا دریای باز نسبتاً کم عمق بوده است. در این منطقه رودخانه از محیط خشکی وارد محیط ساحلی شده است و پس از طغیان رسوبات دانه درشت را در کانال ساحلی و



رسوبات دانه متوسط را در offshore transition برجای گذاشته است (شکل ۸A). سپس دریای کرتاسه پیشین (باره مین پسین) به پیشروی ادامه داده و رسوبات کربناته رمپ هموکلینال متعلق به کمربندهای جزر و مدی، پشته، دریای محدود شده تا دریای باز با عمق کم را بر رسوبات آواری راسب کرده است (شکل ۸B).

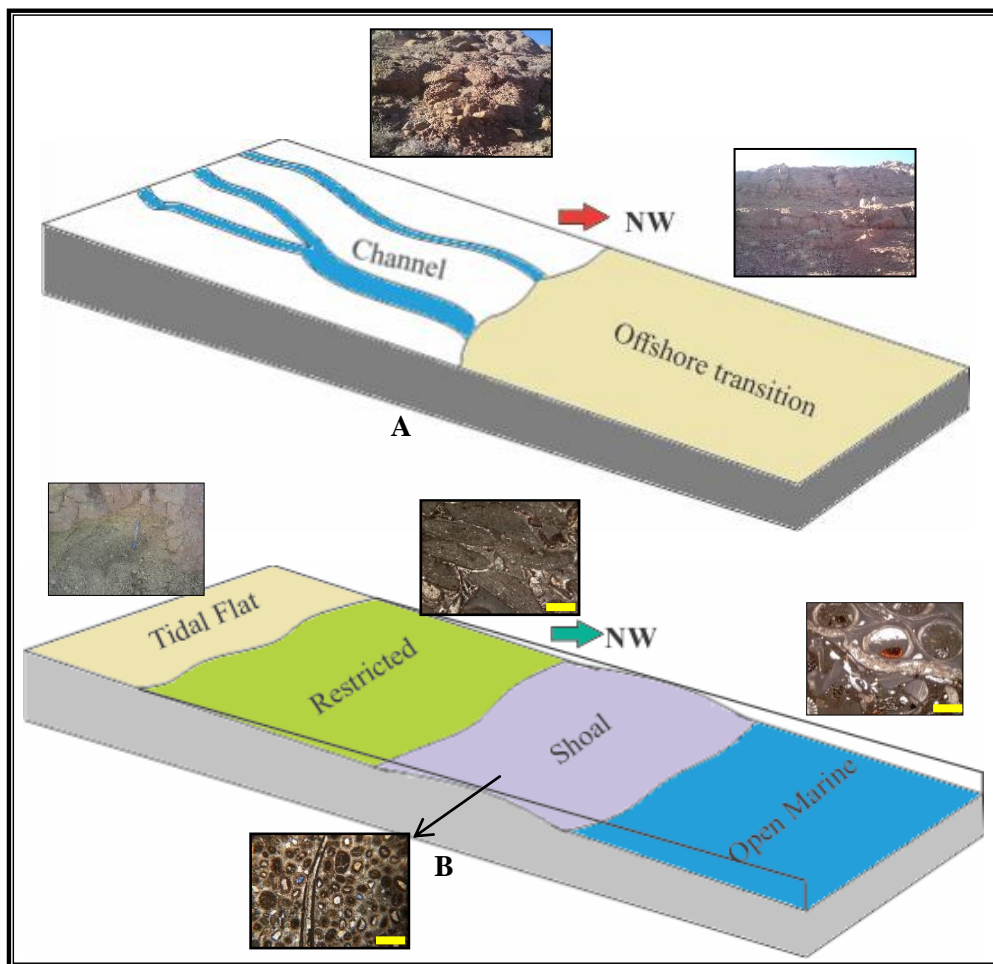
جدول ۲. نمایش مجموعه‌های رخساره‌ای، رخساره‌ها، زیر رخساره‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک به ترتیب از دریا به سمت خشکی

مجموعه رخساره‌ای	رخساره‌ها	محیط
مجموعه رخساره‌ای آواری	کنگلومرای دانه پشتیبان Gcm با امتداد جانبی محدود	<b>Beach Channel Fill</b> پرکننده کانال ساحلی
	ماسه سنگ با امتداد جانبی زیاد، با میان لایه‌های گل‌سنگی، ریپل مارک نامتقارن و طبقه‌بندی مورب	<b>Offshore transition</b> زیر محیط دور از ساحل
مجموعه رخساره‌ای کربناته	مارن فاقد فسیل T1	<b>Tidal flat</b> پهنه جزر و مدی
	گرینستون ماسه‌ای بیوکلاست‌دار Sh9	<b>Shoal</b> پشته
	پکستون تا گرینستون انیدی Sh8	
	گرینستون انیدی گریپستونی Sh7	
	پکستون آنلیدی ماسه‌ای Sh6	
	پکستون تا گرینستون آنلیدی بیوکلاست دار Sh5	
	گرینستون تا رودستون بیوکلاستی Sh4	
	گرینستون تا پکستون انیدی بیوکلاستی Sh3	
	گرینستون بیوکلاستی انیدی Sh2	
	گرینستون بیوکلاستی بریوزوآدار Sh1 Sh1a: Bryozoa bioclastic grainstone with conical <i>Orbitolina</i> Sh1b: Echinoderm grainstone with discoidal <i>Orbitolina</i>	
گرینستون اربیتولینی اینتراکلاست دار R-O2 R-O2a: Conical <i>Orbitolina</i> intraclast grainstone R-O2b: Discoidal <i>Orbitolina</i> intraclast grainstone R-O2c: Discoidal <i>Orbitolina</i> grainstone	<b>Restricted to Open marine</b> دریای محدودشده تا بخش کم عمق دریای باز (رمپ داخلی)	
گرینستون اربیتولینی R-O1 R-O1a: Conical <i>Orbitolina</i> grainstone R-O1b: Discoidal <i>Orbitolina</i> grainstone		

### چینه‌نگاری سکانشی

چینه‌نگاری سکانشی ابزاری است که ارتباط بین توالی‌های رسوبی و مرزهای سکانشی را امکان‌پذیر می‌کند [۸]. در این پژوهش سکانشی‌های رسوبی بر اساس روش [۳۷]، [۳۸] مشخص و تفکیک شده‌اند. هم‌چنین از پژوهش‌های شرودر و همکاران [۳۱] نیز برای مشخص کردن دسته رخساره‌ها و مرزهای سکانشی با استفاده از گونه‌های اربیتولینی

بهره گرفته شده است. بر اساس بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی، توالی بررسی شده طی چهار سکانس رسوبی رده سوم (طبق طبقه‌بندی [۳۶]) راسب شده‌اند که هر کدام از سکانس‌ها (رخساره‌های کربناته) شامل دسته رخساره‌های TST و HST هستند که به ترتیب در دوره‌های پیش‌روی، سکون و پس‌روی سطح آب دریا نهشته شده‌اند (شکل ۹). شناسایی مرز سکانسی زیرین و قسمت آغازین نهشته‌ها به سبب راسب شدن به صورت گسله روی سنگ آهک‌های سازند اسفندیار ممکن نیست. در مرز بین چهار سکانس رسوبی درصد زیاد اکسید آهن در اطراف اربیتولین‌ها و دیگر آلوکوم‌ها در این نقاط مرزی (شکل ۹) می‌تواند نشان‌دهنده خروج رسوبات از آب و ناپیوستگی باشد، اما از آنجا که این اکسیدهای آهن به تنهایی دلیل قانع‌کننده‌ای برای خروج رسوبات از آب نیست [۷]، بنابراین مرز بین سکانس‌ها را می‌توان SB1? در نظر گرفت. سکانس رسوبی نخست با ضخامت ۳۲ متر شامل سه دسته رخساره LST, TST, HST است. توالی کنگلومرای و ماسه سنگی با توجه به وجود عناصر کانالی، نهشته‌های کنگلومرای پرکننده کانال (شکل ۶A) که به سمت بالا به رخساره ماسه سنگی (شکل ۶F) تبدیل می‌شود، شکل گرفته شده از رخساره‌های سنگی



شکل ۸. مدل رسوبی پیشنهادی نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک  
(A) بخش آواری (B) بخش کربناته

Gcm, Sh, Sp, St و همچنین عدم وجود رسوبات دانه‌ریز نشان از پس‌روی سطح آب دریا داشته و مربوط به دسته رخساره LST هستند. به دلیل ماهیت آواری تعیین سن نسبی رسوبات این دسته رخساره امکان‌پذیر نیست، اما بر

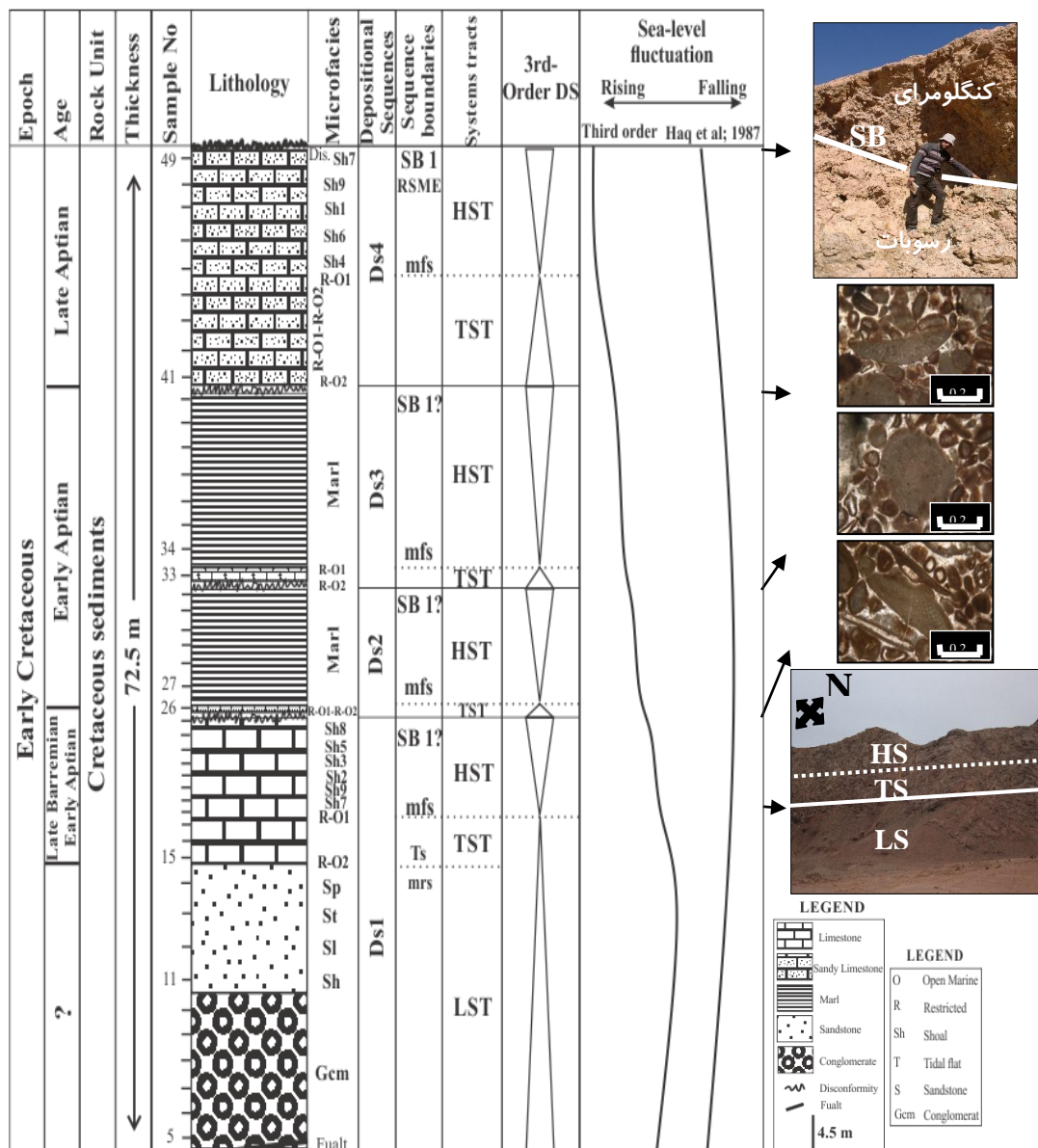
اساس جای‌گاه چینه‌ای احتمالاً به باره‌مین پیشین تعلق دارند. مرز بین توالی ماسه سنگی و سنگ آهک اربیتولین‌دار بیش‌ترین سطح پس‌روی توالی (MRS) است، از طرف دیگر این مرز سطح پیش‌روی (TS) نیز هست (شکل ۹). دسته رخساره پیش‌روی با راسب شدن رخساره‌های اربیتولینی متعلق به دریای محدود شده تا دریای باز بر توالی ماسه سنگی آغاز می‌شود (سطح TS). در این دسته رخساره حضور *Palorbitolina lenticularis* (شکل ۳) و حجم فراوان اربیتولین‌های صفحه‌ای شکل حاکی از پیش‌روی سطح آب دریا و شرایط ایده آل از قبیل اکسیژن و عمق است (TST) [۳۱]. ضخامت این دسته رخساره ۵ متر است. بیش‌ترین سطح پیش‌روی آب دریا (MFS) در این سکانس در زیر رخساره گرینستون اربیتولینی دارای اربیتولین‌های صفحه‌ای یا دیسکی که مربوط به عمیق‌ترین بخش محیط است و هم‌چنین مرز تبدیل محیط دریای محدود شده به کمربند پشته‌ای قرار دارد که بعد از آن سطح آب دریا با توجه به تبدیل رخساره گرینستون اربیتولینی به رخساره‌های پشته‌ای از قبیل پکستون تا گرینستون ائیدی و گرینستون بیوکلاستی ائیدی کاهش می‌یابد که بنابراین این بخش از توالی متعلق به دسته رخساره سکون و پس‌روی (HST) است. دسته رخساره پس‌روی این سکانس ۶ متر ضخامت دارد. سن بخش کربناته این سکانس باره مین پسین تا انتهای آپتین پیشین است. سکانس رسوبی دوم شامل ۹ متر سنگ آهک اربیتولین‌دار و مارن است. در ابتدای این سکانس رخساره‌های اربیتولینی دریای محدود شده بر رخساره‌های پشته‌ای سکانس قبلی راسب شده‌اند که این توالی نشان از پیش‌روی سطح آب دریا (حضور *Palorbitolina lenticularis* [31]) و دسته رخساره TST و سطح TS دارد. این دسته رخساره از ۰/۵ متر سنگ آهک اربیتولین‌دار تشکیل شده است. گونه *Praeorbitolina cormyi* [۳۱] و رخساره گرینستون اربیتولینی اینتراکلت‌دار و زیر رخساره گرینستون اربیتولینی با اربیتولین‌های دیسکی شکل بیش‌ترین سطح پیش‌روی (MFS) این سکانس را نشان می‌دهد. در ادامه رخساره گرینستون اربیتولینی اینتراکلت‌دار توسط رخساره مارنی سبز رنگ فاقد فسیل متعلق به پهنه جزر و مدی با ضخامت ۸/۵ متر پوشیده شده که این توالی نشان از پس‌روی سطح آب دریا و دسته رخساره (HST) دارد. حضور گونه *Palorbitolina lenticularis* و در ادامه *Praeorbitolina cormyi* در این سکانس (شکل ۳) نشان دهنده راسب شدن این سکانس طی آپتین پیشین است. سکانس رسوبی سوم تکرار سکانس رسوبی دوم با شرایط نسبتاً مشابه است. این سکانس با ضخامت ۱۴ متر از دو دسته رخساره TST و HST تشکیل شده است. دسته رخساره TST در این سکانس با پیش‌روی رخساره گرینستون اربیتولینی متعلق به دریای محدود تا دریای باز (سطح TS) بر مارن‌های فاقد فسیل پهنه جزر و مدی قابل تشخیص است. ضخامت این دسته رخساره ۱ متر است. بیش‌ترین حد پیش‌روی آب دریا (MFS) با حضور گونه *Praeorbitolina cormyi* [۳۱] و هم‌چنین زیر رخساره گرینستون اربیتولینی دارای اربیتولین‌های صفحه‌ای که مربوط به عمیق‌ترین بخش است شناسایی می‌شود. پس از به حداکثر رسیدن آب و عمق دریا سطح آب شروع به پس‌روی کرده که این پس‌روی با راسب شدن رخساره مارنی فاقد فسیل محیط جزرومدی روی رخساره گرینستون اربیتولینی مشخص است و این مارن‌ها دسته رخساره HST را با ضخامت ۱۳ متر شکل می‌دهند. این سکانس با توجه به حضور گونه *Praeorbitolina cormyi* (شکل ۳) متعلق به آپتین پیشین است. سکانس رسوبی چهارم و پایانی ۱۷/۵ متر ضخامت داشته و با یک پیش‌روی (سطح TS) روی مارن‌های فاقد فسیل پهنه جزر و مدی شروع شده و با ته نشین شدن ریز رخساره‌های مربوط به مناطق عمیق تر اربیتولینی که شامل اربیتولین‌های دارای نسبت زیاد پهنه به ارتفاعشان هستند و

MFS سکانس را تشکیل می‌دهند ادامه می‌یابد. ضخامت دسته رخساره TST در این سکانس ۸/۵ متر است. پس از تشکیل دسته رخساره پیش‌روی یک پس‌روی که حاصل تبدیل رخساره‌های کمربند دریای محدود شده به رخساره‌های پشته‌ای است صورت می‌گیرد که در این پس‌روی پاراسکانس‌های پیش‌رونده نیز مشاهده می‌شود. هم‌چنین حضور گونه *Mesorbitolina texana* (شکل ۳) نشان از پس‌روی توالی در این بخش از سکانس و دسته رخساره HST دارد [۳۱]. ضخامت این دسته رخساره ۹ متر است. حضور گونه *Mesorbitolina texana* حاکی از راسب شدن این سکانس در زمان آپتین پسین است. روی دسته رخساره HST و به‌طور کلی سکانس رسوبی پایانی کنگلومرای کرمان با ناپیوستگی فرسایشی قرار گرفته که این مرز سکانسی با توجه به شواهد خروج از آب SB1 است. هم‌چنین این مرز می‌تواند RSME (Reggressive Surface of Marine Erosion) (سطح پس‌رونده فرسایشی دریایی) [40] نیز باشد.

طبق بررسی‌های حق و همکاران [15] منحنی تغییرات سطح آب دریای جهانی در محدوده سنی نهشته‌های بررسی شده بدین‌گونه است که از انتهای باره مین پسین تا اوایل آپتین پیشین سطح دریا پس‌روی داشته، سپس از اواخر آپتین پیشین دریا شروع به پیش‌روی کرده و این پیش‌روی تا انتهای آلبین پسین ادامه داشته است و در اواخر آلبین پسین سطح آب به‌صورت سکون بوده است. تغییرات سطح آب دریای نهشته‌های بررسی شده در زمان رسوب‌گذاری با منحنی تغییرات سطح آب دریای جهانی تا حدودی مطابقت می‌کند و تفاوت‌های موجود ناشی از پیش‌روی و پس‌روی‌های متناوب است که به‌سبب فعالیت‌های تکتونیکی منطقه که بخش شمالی بلوک لوت است و با رخدادهای کوه‌زایی سیمیرین و آلپ مستحکم شده است (شکل ۹).

### نتیجه‌گیری

نهشته‌های بررسی شده نشان می‌دهند که این نهشته‌ها دارای چهارچوب رسوبی کربناته هستند که در محدوده‌هایی از زمان و مکان با رسوبات آواری مخلوط شده‌اند که این اختلاط نشانه تغییرات جانبی محیط‌های رسوبی یا تغییر در منشأ رسوبات در طی زمان است. بر اساس بررسی‌های فسیل‌شناسی، بخش کربناته توالی بررسی شده با توجه به بیوزون‌های اربیتولینی شناسایی شده، متعلق به کرتاسه پیشین و آشکوب‌های باره مین پسین تا انتهای آپتین پسین و معادل بخشی از سازندهای تیزکوه در البرز، تیرگان در کپه‌داغ، تفت و شاه‌کوه در ایران مرکزی و گرو، گدون، فهلیان و داریان در زاگرس است. تعیین سن نسبی بخش آواری واقع در زیر سنگ آهک اربیتولین دار باره مین پسین، به سبب ماهیت آواری و نبودن فسیل به‌طور دقیق ممکن نیست، اما بر اساس موقعیت چین‌شناسی و با توجه به پیوسته بودن مرز بین ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک اربیتولین‌دار، احتمالاً به باره مین پیشین (۹) متعلق باشند. این نهشته‌ها از ابتدای توالی به‌سمت انتها در پنج پهنه رسوبی نهشته شده که بخش آواری آن در کمربند ساحلی اکسیدی شامل دو زیر محیط کانال و زیر محیط دور از ساحل و بخش کربناته آن در رمپ هموکلینال کم عمق شامل کمربندهای جزرومدی، پشته، دریای محدود شده تا دریای باز راسب شده است. پژوهش‌های چین‌نگاری سکانسی حاکی از نهشته شدن این رسوبات در چهار سکانس رسوبی رده سوم است و تغییرات سطح آب دریای این نهشته‌ها در زمان رسوب‌گذاری به‌سبب تکتونیکی بودن منطقه تا حدودی متفاوت با منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریاست.



شکل ۹. آنالیز چینهننگاری سکانسی نهشته‌های کرتاسه زیرین برش دیهوک

### منابع

۱. احراری ف.، بابازاده س.ا، رئیس‌السادات س.ن، "یافته‌های جدید در بایواستراتیگرافی اربیتولین‌ها در ناحیه قومنجان، جنوب غرب قاین (شرق ایران)"، سومین همایش تخصصی زمین‌شناسی پیام نور اصفهان (۱۳۸۸) ۴۵-۵۱.
۲. بابازاده س.ا، رئیس‌السادات س.ن، احراری ف.، "بایواستراتیگرافی و بررسی روند تکاملی اربیتولین‌ها در توالی سری‌های رسوبی کرتاسه در حاشیه شرقی بلوک لوت، جنوب غرب قاین"، مجله رخساره رسوبی، دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۸۹) ۱-۱۰.

۳. حسینی س.ح.، وحیدی‌نیا م.، نجفی م.، "لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی نهشته‌های کرتاسه پیشین منطقه دیهوک بر مبنای اربیتولین، شرق ایران مرکزی"، نهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۹۴) ۲۹-۲۴.

4. Akrami M.A., Naderi Mighan N., Bahremand M., "Geological map of Dehuk", scale 1:100000, Geological Survey & Mineral Exploration of Iran, (1996) 1 Sheet.
5. Berbier M., Hamon Y., Callot J.P., Floquet M., Daniel J.M., "Sedimentary and diagenetic controls on the multiscale fracturing pattern of a carbonate reservoir", The Madison Formation (Sheep Mountain, Wyoming, USA), *Marine and Petroleum Geology*, 29 (2012) 50-67.
6. Boudagher-Fadel M.K., "Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera", First edition, *Palaeontology and Stratigraphy* (2008) 571.
7. Catuneanu O., "Principles of sequence stratigraphy", First edition, Elsevier, Amsterdam (2006) 375.
8. Catuneanu O., "International subcommission on stratigraphic classification", Guidelines for sequence stratigraphy, Serach and discovery article, (Vision) Calgary TELUS Convention Centre & ERCB Core Research Centre, Calgary, AB, Canada (2014)1-10.
9. Dickson J.A.D., "A modified staining technique for carbonate in thin section", *Nature*, 205, (1965) 285.
10. Dunham R.J., "Classification of carbonate rocks according to depositional texture", In: W.H. Ham (editor), *Classification of carbonate rocks*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1 (1962) 108-121.
11. Einsele G., "Sedimentary basin evolution, Facies and sediment budget", Second edition, Springer Verlag (2000) 292.
12. Embry A.F., Klovan J.E., "A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island", N.W.T. - *Bull. Canadian, Petroleum Geology*, 19 (1971) 730-781.
13. Flugel E., "Microfacies of carbonate rocks, Analysis, interpretation and application", Second edition, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York (2010) 984 .
14. Folk R.L., "Petrology of sedimentary rocks", Hemphill Publishing Co., Austin, Texas (1980)182.
15. Haq B.U., Hrdenbol J., Vial P.R., "Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic", *Science*, 235 (1987) 1156-1167.

16. Husinec A., Sokac B., "Early Cretaceous benthic associations (foraminifera and calcareous algae) of a shallow tropicalwater platform environment (Mljet Island, southern Croatia)", *Cretaceous Research*, 27, (2006), 418-441.
17. Khan S., Ahmad S., Hanif M., Jan J.U., Azhar M., Swati F., Khan S., Saboor A., Lithofacies, "paleoenvironments and sequence stratigraphic modelling of the Wargal Limestone, Implication for reservoir characterization in the Salt Range", Northwest, Pakistan, *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 47 (1) (2014) 41-60.
18. Koster E.H., Steel R.J., "Sedimentology of gravels and conglomerates", *Canadian Society of Petroleum Geologist, Memoir* 10 (1984) 1-31.
19. Leymerie A., "Description géologique et paléontologique des Pyrénées de la Haute-Garonne", E. Privat, Toulouse, 2 v, (1878-1881), [text (1878), 1010 p; atlas (1881)].
20. Mancinelli A., Chiocchini M., Coccia B., "Orbitolinidae and Alveolinidae (Foraminiferida) from the Upper most Albian-Lower Cenomanian of Monti d'Ocre", (Abruzzi, Italy, *Cretaceous Research*, 24 (2003) 729-741.
21. Miall A.D., "Principle of sedimentary basin analysis", Third edition, Springer-Verlag, (2000) 668.
22. Nichols G., "Sedimentology and stratigraphy" (2009) 432.
23. Omana L., Alencaster G., "Lower Aptian shallow-water benthic foraminiferal assemblage from the Chilacachapa range in the Guerrero-Morelos Platform", south Mexico, *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 26 (2009) 575-586.
24. Onyinyechukwu I.J., Odigi M.I., "Facies analysis and depositional environment of Obua field, Niger delta", Nigeria, *International Journal of Science Inventions Today*, 5(2) (2016) 203-214.
25. Palma R., Lopez-Gomez J., Piethq R., "Oxfordian ramp system (La Manga Formation) in the Bardas Blancas area (Mendoza Province) NeuquØn basin, Argentina, Facies and depositional sequences", *Sedimentary Geology*, 195 (2007) 113-134.
26. Reading H.G., (edit) "Sedimentary environment and facies, Blackwel Scientific Publication" (1986) 615.
27. Rush J., Kerans C., "Stratigraphic response across a structurally dynamic shelf", The latest Guadalupian Composite sequence at Walnut Canyon, New Mexico, USA, *Journal of Sedimentary Research*, 80 (2010) 808-828.



28. Schlagintweit F., Bucur I.I., Rashidi K., Saberzadeh B., "Bioerosive structures in Orbitolinid foraminifera, Examples from the Lower Cretaceous of central Iran", *Studia UBB Geologia*, 58 (2) (2013) 5-12.
29. Schroeder R., "Palorbitolina, ein neues Subgenus der Gattung Orbitolina", *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 117 (1963) 346-359.
30. Schroeder R., "General evolutionary trends in Orbitolinas", *Revista Española de Micropaleontología, Número Especial* (1975) 117-128.
31. Schroeder R., Buchem F., Cherchi A., Baghbani D., Vincent B., Immenhauser A., Granier B., "Revised Orbitolinid biostratigraphic zonation for the Barremian-Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for regional stratigraphic correlations", *GeoArabia Special Publication 4, Gulf Petro Link, Bahrain*, 1 (2010) 49-96.
32. Selley R.C., "Applied sedimentology, Second edition", *Academic Press, California* (2000) 521.
33. Stocklin J., Eftekharneshad J., Hushmandzadeh A., Zahedi M., Nabavi M.H., Tavoasian SH., *Geological Map of Boshruyeh, scale 1:250000, Geological survey & ministry of economy of Iran*, (1969) 1 Sheet.
34. Tucker M.E., Wright V.P., "Carbonate sedimentology, Blackwell Scientific Publications" (1990) 482.
35. Upadhyay R., "Palaeogeographic significance of Yasin-type rudist and Orbitolinid fauna of the Shyok Suture Zone, Saltoro Hills, northern Ladakh, India", *Current Science*, 106 (2) (2014) 223-228.
36. Vail P.R., Audemard F., Bowman S., Einser P.N., Perez-Cruz C., "The stratigraphic signature of tectonics, Eustasy and sedimentology-an overview, In: G. Einsele, W. Ricken and A. Seilacher, (Editors)", *Cycles and event in stratigraphy, Springer-Verlag, Berlin* (1991) 617-659.
37. Van Wagoner J.C., Mitchum R.M.Jr., Campion K.M., Rahmanian V.D., "Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core and outcrops, Concepts for high-resolution correlation of time and facies", *American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series*, 7 (1990) 55.
38. Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum R.M., Vail P.R., Sarg J.F., Loutit T.S., Hardenbol J., "An overview of sequence stratigraphy and key definitions, In: C.K. Wilgus;

- B.S, Hastings; C.G.St.C, Kendall; H.W, Posamentier; C.A, Ross; J.C, Van Wagoner (Eds.), "Sea Level Changes-An Integrated Approach", SEPM Special Publication, 42 (1988) 39-45.
39. Velic I., "Stratigraphy and palaeobiogeography of Mesozoic benthic foraminifera of the Karst Dinarides" (SE Europe) (2007) 252-259.
40. Zecchin M., Catuneanu O., "High- resolution sequence stratigraphy of clastic shelves I, Units and bounding surfaces", Marine and Petroleum Geology, 39 (2013) 1-25 .