

## تحلیل زمانی-مکانی محیط رسوبی نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه بجنستان (شمال بلوک لوت)

زهرا رضازاده<sup>۱</sup>، عباس صادقی<sup>۲\*</sup>، محبوبه حسینی برزی<sup>۳</sup> و احمدرضا خزاعی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۲. استاد گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۳. دانشیار گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۴. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۰۹

### چکیده

در این پژوهش میکروفاسیس، محیط رسوبی و مدل رسوبی نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه بجنستان در چهار برش چاچول، شهرک صنعتی، مزار و بهاباد مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت. این نهشته‌ها در برش‌های متفاوت با ضخامت‌های متفاوت رخنمون پیدا کرده است. بر اساس بافت رسوبی، شواهد پتروگرافی و فونای موجود در این نهشته‌ها شش میکروفاسیس کربناته متعلق به سه کمربند رخساره‌ای لاگون، سد و دریای باز کم‌عمق واقع در رمپ داخلی شناسایی شد. مقایسه میکروفاسیس‌ها و کمربندهای رخساره‌ای برش‌های مختلف، روند افزایش ملایم و تدریجی عمق را برای سنومانین و افزایش محسوسی را در سانتونین-کامپانین پیشین نسبت به سنومانین نشان می‌دهند. همچنین عمق نهشت این رسوبات در دو برش چاچول و شهرک صنعتی کم‌عمق‌تر و کم‌وبیش مشابه بوده و به نسبت دو برش مزار و بهاباد عمق بیشتری را نشان می‌دهند. بر این اساس امتداد خط ساحل کم‌وبیش شرق، شمال شرق-غرب، جنوب غرب پیشنهاد می‌شود. ماسه‌ای شدن برخی رخساره‌ها نیز می‌تواند حاکی از فعالیت‌های زمین‌ساختی در امتداد گسل‌های پی‌سنگی منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: میکروفاسیس، کرتاسه بالایی، سنومانین، سانتونین-کامپانین پیشین، بجنستان.

### مقدمه

و مرز جنوبی آن به فرونشست جازموریان محصور شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

مناطق وسیعی از بلوک لوت توسط سنگ‌های ولکانیکی پالئوژن، نئوژن و کواترنری و درصد کمی توسط سنگ‌های رسوبی در بر گرفته شده‌اند (Assadi and Kolahdani, 2016; Saadat and Stern, 2014). با این وجود بیشترین درصد رخنمون‌های رسوبی منطقه بجنستان مربوط به مزوزوئیک و بیشتر کرتاسه هستند که پورلطفی (۱۳۸۱)

منطقه بجنستان در حاشیه‌ی شمالی بلوک لوت واقع شده است. بلوک لوت، با طول حدود ۹۰۰ کیلومتر، شرقی‌ترین بخش خردقاره‌ی ایران مرکزی است. مرز شرقی آن با گسل نهبندان و حوضه‌ی فلیشی شرق ایران و مرز غربی آن با گسل نایبند و بلوک طبس مشخص می‌شود. در روی نقشه‌ی زمین‌ساخت ایران (Stoklin and Nabavi, 1973) مرز شمالی این بلوک به فروافتادگی جنوب کاشمر

\* نویسنده مرتب: a-sadeghi@sbu.ac.ir

مورد مطالعه برداشته شود. در واقع هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات رخساره‌ای حاصل از تغییرات عمق، ورود رسوبات سیلیسی آواری در مکان و زمان و رسیدن به مدل رسوبی مناسب این نهشته‌ها در منطقه مورد نظر می‌باشد.

### موقعیت جغرافیایی

- برش‌های مورد مطالعه در جنوب غرب استان خراسان رضوی و در گستره شهرستان بجستان واقع شده‌اند (شکل‌های ۱ و ۲). راه‌های دسترسی و مختصات جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشند:

- برش چاچول: این برش در شمال شرق شهرستان بجستان و کوه چاچول واقع شده است. در کیلومتر ۱۸ جاده بجستان-گناباد، در سمت چپ جاده، جاده فرعی و خاکی خارفیروزی قرار دارد که به کوه چاچول منتهی می‌شود. این برش در گستره نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) واقع شده است. مختصات جغرافیایی قاعده این برش  $34^{\circ} 34' 58''$  عرض شمالی و  $58^{\circ} 23' 19''$  طول شرقی می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

- برش شهرک صنعتی: این برش در کیلومتر پنج جاده بجستان-بردسکن و در نزدیکی شهرک صنعتی شهرستان بجستان در گستره نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان قرار دارد. مختصات جغرافیایی قاعده این برش  $34^{\circ} 35' 53''$  عرض شمالی و  $58^{\circ} 12' 23''$  طول شرقی می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

- برش مزار: این برش در دو کیلومتری جنوب غرب شهرستان بجستان و جنوب غرب روستای مزار انتخاب شده است و در گستره نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس قرار دارد. مختصات جغرافیایی قاعده این برش  $34^{\circ} 28' 21''$  عرض شمالی و  $58^{\circ} 07' 13''$  طول شرقی می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

- برش بهاباد: برش بهاباد در شش کیلومتری جنوب غرب شهرستان بجستان و جنوب غرب روستای مزار واقع شده است. این برش در گستره نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس قرار دارد. مختصات جغرافیایی قاعده این برش  $34^{\circ} 28' 57''$  عرض شمالی و  $58^{\circ} 06' 07''$  طول شرقی

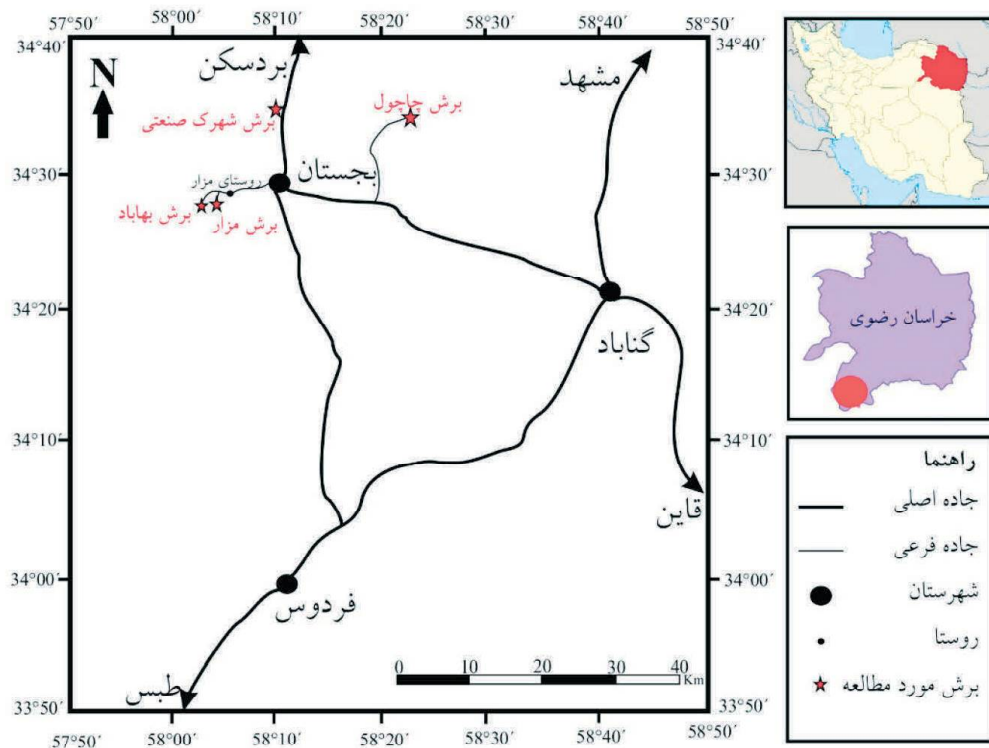
آن‌ها را به کرتاسه پایینی و عاشوری و همکاران (۱۳۸۶) به کرتاسه بالایی نسبت داده‌اند.

بر خلاف نهشته‌های کرتاسه زیرین که دارای شرایط کم‌وبیش یکسان رسوبی است، حوضه‌های رسوبی کرتاسه بالایی از یکدیگر جدا و دارای شرایط خاص خود بوده‌اند. در نتیجه نهشته‌های کرتاسه بالایی ویژگی‌های رخساره‌ای یکسانی ندارند. از این رو واحدهای سنگ چینه‌ای کرتاسه بالایی ایران، به جز زاگرس و کپه داغ، نام‌گذاری نشده‌اند و یا نام‌های محلی دارند. تکرار حرکات زمین ساختی مرتبط با رخدادهای قابل قیاس با چرخه ساب هرسی نین سبب ایجاد وقفه‌های رسوبی و چرخه‌های فرسایشی درون‌سازندی در نهشته‌های کرتاسه بالایی ایران شده است (آقنابتی، ۱۳۸۵).

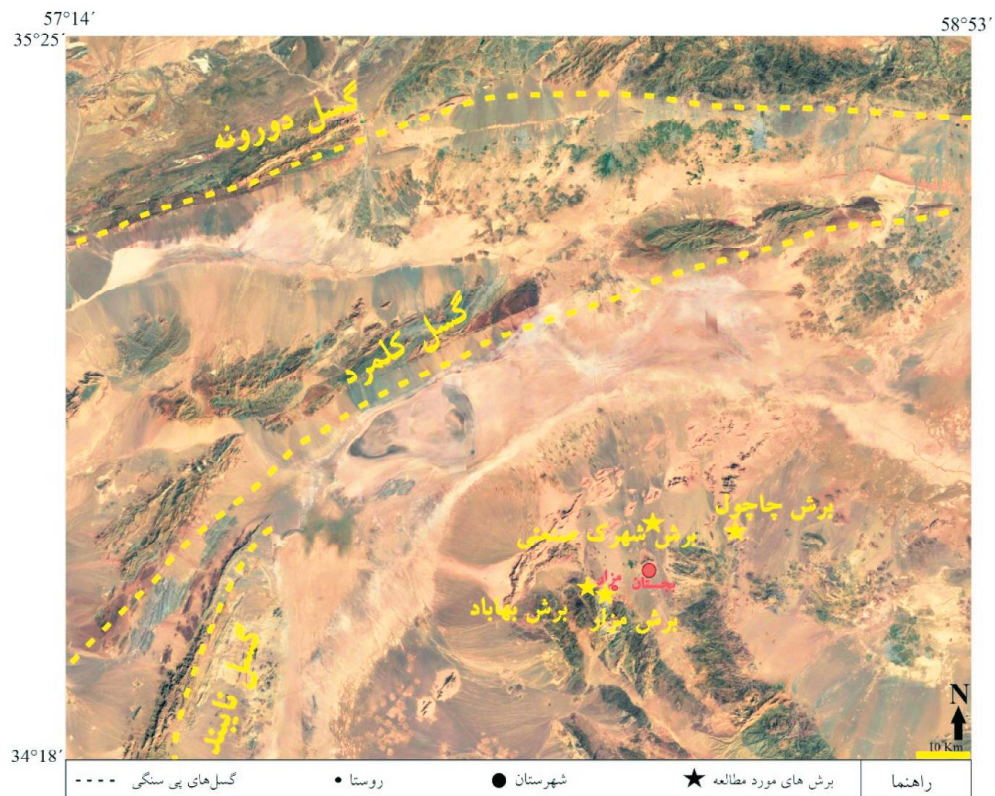
نهشته‌های رسوبی کرتاسه بالایی در منطقه بجستان شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک، سنگ‌آهک ماسه‌ای، مارن و آهک‌های ضخیم لایه هستند که در نقشه زمین‌شناسی منطقه توسط پورلطیفی (۱۳۸۱) به صورت دو واحد  $K_m$  و  $K_L$  (کرتاسه زیرین) و توسط عاشوری و همکاران (۱۳۸۶) در قالب سه واحد  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  (کرتاسه بالایی) معرفی شده‌اند.

ضخامت نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه بجستان به طور کامل متغیر است، به طوری که در شمال شرق بجستان و برش چاچول ۱۸۲ متر، شمال بجستان و برش شهرک صنعتی ۷۷ متر، جنوب غرب بجستان و برش مزار  $60/6$  متر و در برش بهاباد  $152/48$  متر از آن رخنمون شده است. فصل مشترک این رسوبات با رسوبات قدیمی‌تر به صورت هم‌شیب و مرز بالای آن فرسایشی است.

تغییرات شدید رخساره‌ای، نبود مطالعات جامع، نبود نام‌گذاری در قالب واحدهای لیتواستراتیگرافی رسمی و نیز ابهام در تاریخچه و روند تکامل محیط‌های کرتاسه بالایی در منطقه مورد نظر، اهمیت مطالعات محیط رسوبی دیرینه را برای این نهشته‌ها دوچندان کرده است. در همین راستا چهار برش چاچول، بهاباد، مزار و شهرک صنعتی در منطقه بجستان با هدف شناسایی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی برای مطالعه و مقایسه جانبی آن‌ها با یکدیگر انتخاب شد تا گامی برای رسم جغرافیای دیرینه کرتاسه پسین در منطقه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه (موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۹۸)



شکل ۲. عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه و موقعیت برش‌های مورد مطالعه

می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

## روش مطالعه

در مرحله نخست، برش‌های فوق در گستره مورد مطالعه انتخاب و مورد مطالعات صحرایی قرار گرفتند. نمونه‌برداری بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و رخساره‌ای در جهت عمود بر امتداد لایه‌ها صورت گرفت. در این پژوهش تعداد ۳۰۲ مقطع نازک از مجموع ۴۱۸ متر ضخامت رسوبات کرتاسه بالایی تهیه شد که ۱۱۶ نمونه به برش بهاباد، ۷۴ نمونه به برش چاچول، ۶۲ نمونه به برش مزار و ۳۸ نمونه به برش شهرک صنعتی تعلق دارد.

همچنین نام‌گذاری سنگ‌های آهکی به روش (Dunham, 1962) صورت گرفت. رخساره‌های برش‌های مورد مطالعه با کمر بند رخساره‌ای و میکروفاسیس‌های (Flügel, 2010) و لیتوفاسیس‌ها با تقسیم‌بندی (Miall, 2000) مورد مقایسه قرار گرفتند. رنگ‌آمیزی مقاطع نازک به روش (Dickson, 1965) توسط محلول آلیزاین قرمز و فروسیانید پتاسیم برای تفکیک انواع کانی‌های کربناته در آزمایشگاه دانشگاه شهید بهشتی انجام شد. در پایان مدل رسوبی منطقه مورد مطالعه رسم شد.

## میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی

این پژوهش به منظور شناسایی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه بجنستان انجام شده است. مطالعه مقاطع نازک نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی برش‌های مورد مطالعه منجر به شناسایی شش میکروفاسیس کربناته شده است که مربوط به سه کمر بند رخساره‌ای لاگون، سد واقع در رمپ داخلی و دریای باز کم عمق هستند.

علاوه بر بررسی نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه مورد مطالعه، با توجه به وجود یک واحد آذرآواری در دو برش بهاباد و چاچول و ارزش این واحد در تطابق بین ستون‌ها، بر آن شدیم تا در ابتدا به شرح مختصر مشاهدات مربوط به این واحد و نهشته‌های روی این واحد توفی و همچنین ماسه‌سنگ‌های زیر آن پرداخته شود و سپس میکروفاسیس‌های کربناته معرفی شوند.

## واحدهای لیتولوژیکی و لیتوفاسیس‌های غیر کربناته

### A1: کنگلومرا- ماسه‌سنگ

نهشته‌های کرتاسه بالایی در دو برش بهاباد و چاچول بایک واحد کنگلومرا- ماسه‌سنگ آغاز می‌شوند که با توجه به ضخامت کم کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌ها (برش چاچول سه متر و برش بهاباد در مجموع ۷/۵ متر)، آن‌ها را در یک لیتوفاسیس معرفی می‌کنیم. در دو برش‌های دیگر به دلیل پوشیده بودن قاعده برش، این واحد قابل بررسی نمی‌باشد. این واحد دارای تناوبی از کنگلومرا و ماسه‌سنگ است. کنگلومرای این واحد قرمز تا ارغوانی رنگ و ضخیم لایه، از لحاظ فابریک اغلب اورتو کنگلومرا (گاهی پارا کنگلومرا)، همراه با ساختارهای کانالی در قاعده، دانه پشتیبان، توده‌ای و دارای کد رخساره‌ای Gcm است (شکل ۳-۱). این کنگلومرا دارای قطعاتی در اندازه‌های متفاوت (بین ۲۰ سانتی‌متر تا یک سانتی‌متر) با گردشگی خوب، جورشدگی به نسبت ضعیف و از لحاظ جنس، پلی میکتیک است. قلوها بیشتر از جنس ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک هستند. سیمان این کنگلومرا بیشتر کربناته (کلسیت و دولومیت آهن دار) است. اطراف قلوها را اکسید آهن می‌پوشاند. لایه‌های ماسه‌سنگی همراه این کنگلومراها در واحد مورد نظر نیز قرمز تا ارغوانی رنگ و اندازه آن‌ها متوسط تا خیلی ریزدانه هستند. این ماسه‌سنگ‌ها در مشاهدات صحرایی به صورت متوسط تا نازک لایه با ساختارهای کانالی و لایه‌بندی مورب عدسی (کد رخساره‌ای St و Sh) دیده می‌شوند (شکل ۳-۲). با توجه به مطالعه مقاطع نازک تهیه شده، ماسه‌سنگ‌های ذکر شده از نوع لیتارنایت تا ساب‌لیتارنایت متوسط تا خوب جور شده و نیمه‌زویه‌دار تا گرد شده هستند. (شکل‌های ۳-۱، ۳-۲، ۳-۳). درصد فلدسپات در این ماسه‌سنگ‌ها پایین است و لیتیک‌ها بیشتر از نوع چرتی، شیلی و چرت‌های دگرگون شده هستند. لیتیک‌های رسوبی در حال متلاشی شدن هم دیده می‌شود که سنگ مادر رسوبی- دگرگونی حاصل از فرسایش کوهزایی و چرخه مجدد رسوبی را تداعی می‌کنند. سیمان در این ماسه‌سنگ‌ها کربناته و از جنس کلسیت و دولومیت است که در بعضی نقاط در اطراف دانه‌ها خوردگی ایجاد کرده است. ماسه‌سنگ‌های ذکر شده دارای حدود ۱۰ درصد زمینه

قابل مشاهده است. وجود میان لایه‌های ظریف ژپیس و درصد جزئی قطعات فسیلی به صورت شکسته شده، می‌تواند به عنوان شاخص محیط سوپراتایدال تا اینترتایدال در نظر گرفته شود. این رخساره در برش‌های بهاباد، شهرک صنعتی و چاچول مشاهده شد. در برش شهرک صنعتی و چاچول، وجود شیل آهکی ژپیس دار در این واحد می‌تواند تاییدی بر آن باشد که محیط رسوبی رسوبات برش شهرک صنعتی و چاچول نسبت به برش بهاباد به خشکی نزدیک‌تر هستند.

#### A4: مارن حاوی دوکفه‌ای

این واحد شامل مارن خاکستری روشن تا نخودی رنگ با سطح تازه خاکستری رنگ و لامیناسیون مشخص (کد رخساره‌ای FI) است (شکل ۳-۱). این مارن حاوی فسیل فراوان شامل دوکفه‌ای کوچک، استراکد، قطعات رودیست، براکیوپودا و خارپوست می‌باشد. این فاسیس در دو برش بهاباد و چاچول دیده می‌شود. در برش چاچول ضخامت این واحد و فراوانی دوکفه‌ای‌ها بیشتر است. در برش بهاباد ضخامت این نهشته‌ها کمتر و دارای میان لایه‌های آهکی و فراوانی بیشتر خارپوست‌ها و براکیوپودا نسبت به برش چاچول می‌باشد. این واحد با توجه به واحدهای آهکی موجود در آن و محتوی ماکروفسیلی به دو سمت سد یعنی لاگون و دریای باز کم عمق نسبت داده شده است. در برش بهاباد با توجه به وجود میان لایه‌های آهکی متعلق به دریای باز کم عمق و کانال جزر و مدی و همچنین فسیل فراوان خارپوست و رودیست این واحد به دریای باز کم عمق و در برش چاچول این واحد با توجه به مجاورت با واحدهای شیلی-ماسه‌ای ژپیس دار، افزایش فاحش محتوی دوکفه‌ای و کاهش چشمگیر خارپوست و رودیست به محیط لاگون نسبت داده شدند.

#### میکروفاسیس‌های کربناته

##### B1: وکستون/مادستون میلیولیدار سیلتی

در این میکروفاسیس قطعات فسیلی ۳۰-۱۰ درصد مقطع نازک را تشکیل می‌دهند که اغلب فرامینیفراهای بنتیک و به خصوص میلیولیدها، مقدار کمی استراکدها و جلبک‌ها هستند. فضای داخلی بعضی از فسیل‌ها با اکسید آهن پر

هستند. با این حال با توجه به شواهد واضح از متلاشی شدن دانه‌های خرده‌سنگی رسوبی و نیز جورشدگی و گردشدگی به نسبت خوب دانه‌ها به نظر می‌رسد که منشا زمینه در این ماسه‌سنگ‌ها کم‌وبیش دیاژنزی بوده و بلوغ بافتی آن‌ها قبل از دیاژنز مچور تا ساب‌مچور ارزیابی می‌شود. با توجه به مشاهده کانال، رنگ قرمز نهشته‌ها، جورشدگی و گردشدگی به نسبت خوب ماسه‌سنگ‌ها و فابریک دانه‌پشتیبان کنگلومراها این نهشته‌ها به محیط قاره‌ای رودخانه‌ای تا حد واسط نسبت داده می‌شوند (Nichols, 2009).

#### A2: آذرآواری‌ها

این واحد شامل توف ضخیم لایه و متراکم با سطح هوازده سبزه تا خاکستری تیره و سطح شکست تازه سبز تیره تا دودی رنگ است (شکل ۳-۲). لایه بندی این توف‌ها موازی لایه‌های بالا و پایین آن‌ها است و گسترش جانبی خوبی دارند. این نمونه‌ها بر اساس مطالعه مقاطع نازک با فراوانی شیشه در زمینه و همچنین وجود بلورهای اتومورف تا اتومورف شکسته شده فلدسپات (شکل ۳-۲ f و g) کریستال ویتریک توف نام‌گذاری می‌شوند (Tucker, 2001). با توجه به موقعیت چینه‌شناسی در برش‌های چاچول و بهاباد و تعداد اندک و شکسته شده قطعات فسیلی، این واحد در محیط دریایی نهشته شده است.

واحدهای A4 و A3 جز رخساره‌های مخلوط هستند ولی با توجه به این‌که، تفکیک این واحدها بر اساس ویژگی‌های صحرایی انجام شده است، به جای معرفی در بخش میکروفاسیس در این بخش توصیف می‌شوند.

#### A3: مارن ژپیس‌دار

این واحد از مارن‌های صورتی تا قرمز رنگ با میان لایه‌های ظریف ژپیس (کد رخساره‌ای E) تا سیلتستون (کد رخساره‌ای FI) و شیل‌های آهکی ژپیس دار متغیر هستند (شکل ۳-۲). قطعات سیلیسی در سیلتستون‌ها بیشتر کوارتز بوده و دانه‌های کربناته این نمونه‌ها با توجه به رنگ آمیزی مقاطع نازک اغلب کلسیت و مقدار کمتری دولومیت و دولومیت آهن‌دار هستند. این رخساره دارای درصد بالای پیریت است. سیمان کربناته به صورت کلسیت و دولومیت

1. Tidal inlet



شکل ۳. لیتوفاسیس‌ها و پتروفاسیس‌های غیر کربناته، (a) کنگلومرا دانه پشتیبان و توده‌ای (کد رخساره‌ای Gcm)، واحد A1، (b) ماسه‌سنگ (کد رخساره‌ای Sh) واحد A1، (c,d) ماسه‌سنگ لیتارنایت واحد A1 در نور معمولی (c) و پلاریزه (d,e) واحد آذراواری A2، (f,g) کریستال ویتریک توف واحد A2 در نور معمولی (f) و پلاریزه (g,h) واحد A3، مارن ژپیس‌دار (کد رخساره‌ای FI)، (i) واحد A4، مارن خاکستری حاوی فسیل دوکفه‌ای (کد رخساره‌ای FI)

۳۰ درصد و اینتراکلاست‌ها ۱۰ درصد و پلوئیدها کمتر از ۱۰ درصد این میکروفاسیس را تشکیل می‌دهند. در این میکروفاسیس تنوع فرامینیفراهای بنتیک زیاد است و فراوانی قطعات رودیستی کم می‌شود. فضای داخلی بعضی از فسیل‌ها با اکسید آهن پر شده است. در این میکروفاسیس کمتر از پنج درصد ماسه‌های کوارتزی به صورت مونوکریستالین با خاموشی مستقیم وجود دارد. در بعضی بخش‌ها (اغلب به دلیل نئومورفسم) این میکروفاسیس به گرینستون نزدیک می‌شود (شکل ۴-b). این میکروفاسیس در هر چهار برش

شده است. ۱۵-۱۰ درصد مقطع نازک را کوارتز با اندازه‌ی کمتر از ۰/۰۵ میلی‌متر، مونوکریستالین و با خاموشی مستقیم در برمی‌گیرد (شکل ۴-a). این میکروفاسیس در برش شهرک صنعتی و بهاباد وجود دارد. در برش شهرک صنعتی درصد کوارتز و قطعات فسیلی بیشتر است. این میکروفاسیس متعلق به RMF 17 و کمر بند رخساره‌ای لاگون است (شکل ۶).

**B2: وکستون/پکستون بایوکلاست، اینتراکلاست‌دار**  
 قطعات فسیلی که اغلب شامل فرامینیفراهای بنتیک و مقدار کمتری جلبک، استراکد و قطعات رودیستی هستند،

هستند و ۳۰ درصد مقطع را در برمی گیرند. اینتراکلاست‌ها ۱۰ درصد این میکروفاسیس را تشکیل می‌دهند. کمتر از پنج درصد میکريت در زمینه سنگ وجود دارد و مابقی مقطع را سیمان اسپاری تشکیل می‌دهد (شکل ۴-۵). این میکروفاسیس در سه برش مزار، شهرک صنعتی و چاچول وجود دارد. در برش شهرک صنعتی درصد سیمان اسپاری بیشتر و قطعات فسیلی کمتر است. این میکروفاسیس متعلق به RMF 27 و کمربند رخساره‌ای بخش جلویی سد<sup>۲</sup> واقع در رمپ داخلی است.

#### B6: وکستون/پکستون بایوکلاست‌دار ماسه‌ای

در این میکروفاسیس قطعات فسیلی شامل فرامینفرهای بنتیک، استراکدها، قطعات رودیستی، جلبک سبز، قطعات اکینوئید، بریوزوئر و سرپولا هستند و ۳۵-۱۰ درصد این میکروفاسیس را تشکیل می‌دهند. کمتر از پنج درصد پلوئید و پنج درصد سیمان اسپاری دیده می‌شود. ماسه‌های کوارتزی به صورت مونوکریستالین با خاموشی مستقیم ۱۵-۱۰ درصد وجود دارند (شکل ۴-۴). این میکروفاسیس در هر چهار برش مورد مطالعه وجود دارد و متعلق به RMF 18 و کمربند رخساره‌ای دریای باز کم عمق تا کانال جزر و مدی است.

#### بحث

با توجه به این که نهشته‌های مورد مطالعه متعلق به بخش‌های کم عمق و نزدیک به ساحل پلت فرم کربناته هستند و رخساره‌های عمیق دریای باز مشاهده نشده‌اند نمی‌توان شواهدی مانند واریزه کربناته یا سد حاشیه‌ای<sup>۴</sup> را بررسی کرد بنابراین علی‌رغم وجود شواهد قطعی محیط رمپ، با توجه به وجود میکروفاسیس گرینستون ائید، پلوئید و بایوکلاست‌دار در دو برش چاچول و شهرک صنعتی، بهترین محیط پیشنهادی برای نهشته شدن میکروفاسیس‌های مورد مطالعه، محیط رمپ کربناته می‌باشد. با توجه به موارد فوق و میکروفاسیس‌های شناسایی شده، تمام میکروفاسیس‌های کربناته منطقه مورد پژوهش به رمپ داخلی نسبت داده شدند

وجود دارد. در برش شهرک صنعتی پدیده نفومورفیسیم شدت بیشتری دارد. این میکروفاسیس متعلق به RMF 26 و کمربند رخساره‌ای بخش پشتی سد<sup>۱</sup> واقع در رمپ داخلی است (شکل ۶).

#### B3: گرینستون ائید، پلوئید و بایوکلاست‌دار

در این میکروفاسیس ائیدها به صورت Micritic ooids و Half-moon ooids هستند و ۴۰-۳۰ درصد مقطع نازک را در برمی گیرند. هسته اغلب ائیدها را میلیولیدها تشکیل می‌دهند. پلوئیدها ۲۰ درصد و اینتراکلاست‌ها پنج درصد مقطع را در برمی گیرند. در این میکروفاسیس ۱۰-۵ درصد ذرات را قطعات فسیلی تشکیل می‌دهند که شامل فرامینفرهای بنتیک (بیشتر میلیولیدها) و جلبک‌ها می‌شوند و اغلب به صورت کورتوئید وجود دارند (شکل ۴-۴). این میکروفاسیس در دو برش چاچول و شهرک صنعتی وجود دارد. در برش شهرک صنعتی ائیدها فراوانی بیشتری دارند و از نظر اندازه از ائیدهای برش چاچول کمی بزرگتر هستند. ائیدها در مکان‌های با عملکرد شدید و مداوم امواج و جریانات تشکیل می‌شوند (آدابی، ۱۳۹۰). این میکروفاسیس متعلق به RMF 29 و کمربند رخساره‌ای سد<sup>۲</sup> واقع در رمپ داخلی است.

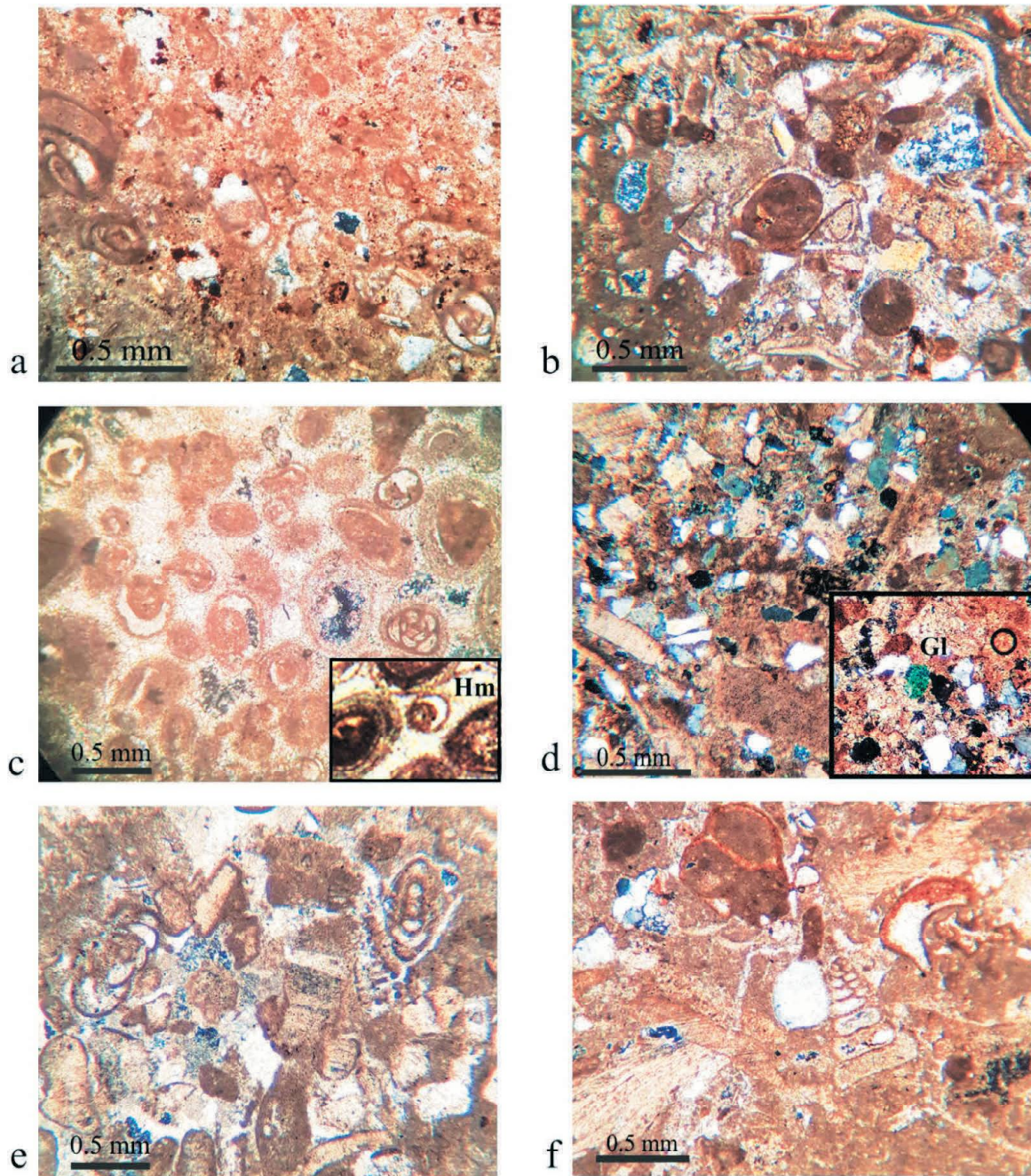
#### B4: وکستون بایوکلاست‌دار ماسه‌ای گلوکونیت‌دار

در این میکروفاسیس قطعات فسیلی اغلب شامل قطعات رودیستی، فرامینفرهای بنتیک، جلبک، خرده‌های حمل شده بریوزوئر و استراکد هستند که ۲۰-۱۰ درصد این میکروفاسیس را در برمی گیرند. پلوئیدها هم پنج درصد این میکروفاسیس را تشکیل می‌دهند. ذرات آواری در حد ماسه که بیشتر کوارتز هستند، ۴۵-۳۰ درصد نمونه را فرا می‌گیرند. در این میکروفاسیس مقدار بیش از یک درصد گلاکونیت نیز مشاهده می‌شود (شکل ۴-۴). این میکروفاسیس در دو برش مزار و بهاباد وجود دارد و متعلق به RMF 18 و کمربند رخساره‌ای کانال جزر و مدی تا دریای باز کم عمق است (Hegab et al., 2016; Bansal et al., 2019).

#### B5: گرینستون بایوکلاست و اینتراکلاست‌دار

قطعات فسیلی در این میکروفاسیس اغلب شامل قطعات رودیستی به صورت کورتوئید، فرامینفرهای بنتیک و جلبک‌ها

1. Leeward shoal  
2. Shoal  
3. Seaward shoal  
4. Platform- margin reefs

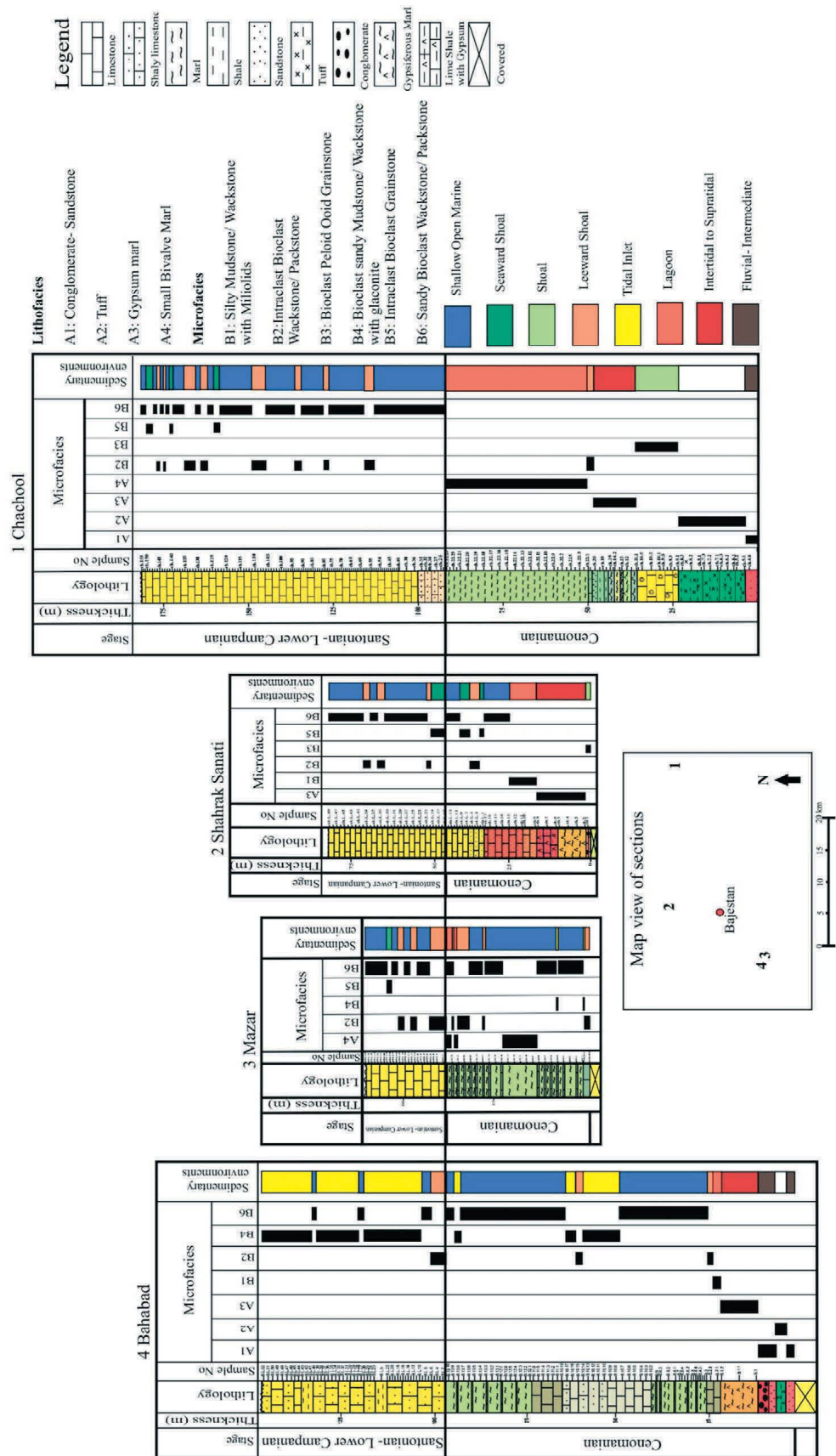


شکل ۴. میکروفاسیس‌های شناسایی شده در برش‌های مورد مطالعه، (a) وکستون/مادستون میلیولیددار سیلتی (B1)، (b) وکستون/پکستون بایوکلاست، اینتراکلاست‌دار (B2)، (c) گرینستون ائید، پلوئید و بایوکلاست‌دار، Hm (Half-moon ooid)، (B3)، (d) وکستون بایوکلاست‌دار ماسه‌ای گلوکونیت‌دار (B4)، (e) گلوکونیت، (f) وکستون/پکستون بایوکلاست‌دار (B5)، (g) وکستون/پکستون بایوکلاست‌دار ماسه‌ای (B6)

شد. در برش بهاباد نهشته‌های سیلیسی آواری پس از لایه‌های آذرآواری با ضخامت کم هنوز ادامه دارند و با رخساره سوپراتایدال (مارن ژئیس‌دار) دنبال می‌شوند و در ادامه به آهک‌های بخش‌های مختلف رمپ داخلی کربناته تبدیل می‌شود (شکل ۵).

(شکل ۶). (Hosseini et al., 2017) نیز در نگاه کلی به محیط رسوبی برش چاچول، محیط رمپ کربناته را برای این نهشته‌ها پیشنهاد کردند. در دو برش چاچول و بهاباد در قاعده برش‌ها، نهشته‌های سیلیسی آواری (ماسه‌سنگ کنگلومرایی) و نیز توفی مشاهده





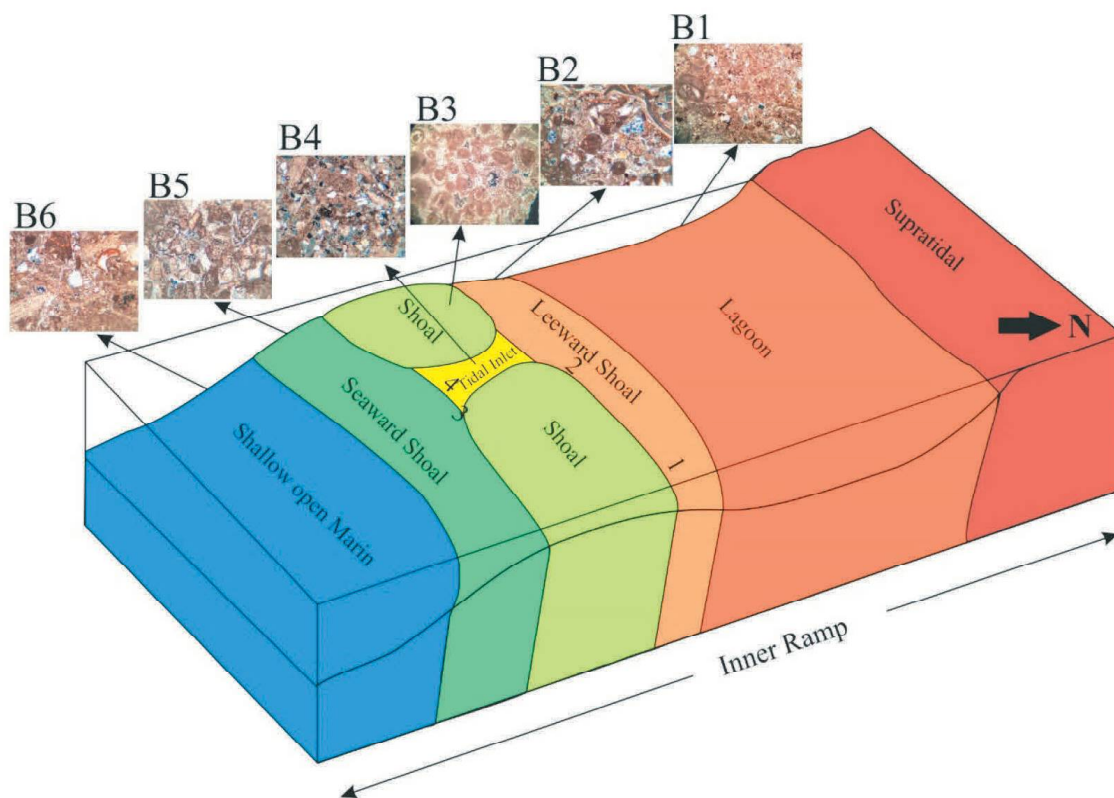
شکل ۵. ستون چینه‌شناسی، میکروفاسیس و محیط رسوبی نهشته‌های کرتاسه بالایی در برش‌های مورد مطالعه

مختلف رمپ داخلی دنبال می‌شوند (شکل ۵). در برش چاچول بر روی نهشته‌های سیلیسی آواری قاعده برش، واحد توفی قرار دارد. این واحد با میکروفاسیس‌های سد، سوپراتایدال و لاگون دنبال می‌شوند (شکل ۵). به‌طور کلی در هر چهار برش در بخش پایینی نهشته‌ها (سنومانین) یک روند افزایش ملایم عمق دیده می‌شود. دو برش بهاباد و برش مزار کم‌وبیش عمق مشابهی دارند و نسبت به برش‌های شهرک صنعتی و چاچول عمق بیشتری را نشان می‌دهند. دو برش اخیر با شرایط عمق مشابه در امتداد خط ساحل که کم‌وبیش شرقی-غربی (شرق، شمال شرق-غرب، جنوب غرب) است، قرار دارند (شکل ۶). بعد از سانتونین یکنواختی در رخساره‌ها دیده می‌شود که البته نسبت به سنومانین عمیق‌تر و بیشتر مرتبط با دریای باز کم‌عمق هستند. علی‌رغم نزدیکی دو برش بهاباد و مزار و با توجه به تفاوت فاحش لیتولوژی برش بهاباد (در صد بالای ماسه) به‌خصوص بعد از سانتونین، موقعیت نزدیک به کانال جزر و مدی برای این برش پیشنهاد می‌شود.

با توجه به ماسه‌ای شدن بسیاری از رخساره‌های کربناته در بدنه اصلی نهشته‌های کربناته کرتاسه در منطقه بجزستان، به نظر می‌رسد که فعالیت‌های زمین‌ساختی مرتبط با گسل‌های پی‌سنگی در ورود آواری‌ها به حوضه دخیل بوده‌اند. همچنین با توجه به این‌که نهشت ماسه‌سنگ‌ها در برش بهاباد پس از رسوب‌گذاری واحد آذراواری هنوز اندکی ادامه دارد و نیز نزدیکی این برش به گسل‌های پی‌سنگی منطقه (به‌خصوص گسل نایبند و محل تلاقی گسل نایبند و گسل کلرمد)، فعالیت این گسل‌ها به‌عنوان کنترل‌کننده اصلی ورود رسوب آواری به حوضه تایید می‌شود (شکل ۲).

در برش مزار قاعده برش در زیر رسوبات دشت از نظر پنهان است اما در ادامه واحد مارنی با میان لایه‌های آهکی وجود دارد که بیشتر این واحد به‌جز ضخامت کم مارن بخش انتهایی که متعلق به لاگون می‌باشد به محیط سد و دریای باز کم‌عمق تعلق دارند (شکل ۵).

در برش شهرک صنعتی هم قاعده برش در زیر رسوبات دشت مدفون است و شروع برش با آهک‌های اولیتی است که با مارن ژیبس‌دار (سوپراتایدال) و سپس آهک‌های بخش‌های



شکل ۶. مدل رسوبی منطقه مورد مطالعه، (۱) برش چاچول، (۲) برش شهرک صنعتی، (۳) برش مزار، (۴) برش بهاباد

## نتیجه‌گیری

- در قاعده نهشته‌های کرتاسه بالایی منطقه بجنستان واحدهای سیلیسی آواری، آذرآواری، مارن ژئوپس دار بیرون‌زدگی دارند که واحد سیلیسی آواری (واحد کنگلومرا- ماسه‌سنگ) به محیط رودخانه‌ای تا حد واسط و واحد مارن ژئوپس دار به محیط سوپرتاییدال- اینترتاییدال تعلق دارد. واحد آذرآواری با توجه به موقعیت چینه‌شناسی در برش‌های چاچول و بهاباد و تعداد اندک و شکسته شده قطعات فسیلی، در محیط دریایی نهشته شده است.
- امتداد خط ساحلی شرق-شمال شرق و غرب- جنوب غرب قرار داشتند.
- در منطقه بجنستان، دریای سانتونین عمق بیشتری نسبت به دریای سنومانین داشته است.
- وجود درصد بیشتر ماسه در بدنه اصلی نهشته‌های کربناته در برش بهاباد، مرتبط با نزدیکی بیشتر این برش به گسل‌های پی‌سنگی منطقه (به‌خصوص گسل نایبند و محل تلاقی گسل نایبند و گسل کلمرد) می‌باشد (شکل ۲).

## منابع

- آداب‌ی، م. ح.، ۱۳۹۰. ژئوشیمی رسوبی. انتشارات آراین زمین، ۵۰۳.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۵۸۶.
- پورلطیفی، ع.، ۱۳۸۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰: فردوس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- عاشوری، ع.، کریم‌پور، م. ح. و سعادت، س.، ۱۳۸۶. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰: بجنستان.
- موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۹۸. نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰: راه‌های ایران.
- Assadi, S. and Kolahdani, S., 2014. Tectono-magmatic evolution of Lut Block eastern Iran, A model for spatial localization of porphyry Cu mineralization. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3, 9, 1058-1069.
- Bansal, U., Baneryee, S., Pande, K. and Ruidas, D. K., 2019, Unusual seawater composition of Late Cretaceous Tethys imprinted in glauconite of Narmada basin, Central India. Published online by Cambridge University, 233- 247.
- Dickson, J. A. D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205, 587.
- Dunham, R., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture.
- واحد مارن حاوی دوکفه‌ای در دو برش بهاباد و چاچول دیده می‌شود. در برش بهاباد با توجه به میان لایه‌های آهکی متعلق به دریای باز کم‌عمق و کانال جزر و مدی، درصد بالای رودیست و خارپوست و میزان کمتر دوکفه‌ای به دریای باز کم‌عمق و در برش چاچول با توجه به مجاورت با واحدهای شیلی-ماسه‌ای ژئوپس دار و افزایش چشمگیر دوکفه‌ای و کاهش خارپوست به لاگون نسبت داده شدند.
- نهشته‌های کربناته کرتاسه بالایی در منطقه مورد مطالعه شامل شش میکروفاسیس کربناته مربوط به سه کمربند رخساره‌ای لاگون، سد و دریای باز کم‌عمق واقع در رمپ داخلی هستند.
- رخساره‌های مرتبط با محیط سدی در چهار زیر محیط پشت سد، جلوی سد و کانال جزر و مدی تشکیل شده‌اند.
- توالی رسوبات سنومانین در برش‌های مورد مطالعه روند عمیق شونده ملایم و تدریجی را نشان می‌دهند.
- توالی رسوبات سنومانین در دو برش بهاباد و مزار نسبت به دو برش شهرک صنعتی و چاچول از عمق بیشتری برخوردار بودند.
- برش بهاباد به‌خصوص در زمان بعد از سانتونین، با توجه به وجود درصد قابل ملاحظه ماسه در اکثر لایه‌های سنگ‌آهک، موقعیت نزدیک‌تری نسبت به کانال جزر و مدی داشته است.
- برش چاچول و برش شهرک صنعتی در کرتاسه بالایی در

- In: Classification of Carbonate Rocks. Journal of American Association Petroleum Geology, 1, 121.
- Flugel, E., 2010. Microfacies Analysis of Limestones, Analysis Interpretational Application. Springer-Verlag, 976.
  - Hegab, O. A., Serry, M. A., Anan. T. I. and El- Wahed, A. G., 2016. Facies analysis, Glauconite distribution and sequence stratigraphy of the Middle Eocene Qarara Formation, El- Minya area, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied, 3, 1, 71- 87.
  - Hosseini, S. H., Vahidinia, M., Najafi, M. and Mousavi Harami, S. R., 2017. Biostratigraphy, depositional environment and sequence stratigraphy of Late Cretaceous clastic-evaporite-carbonate deposits, east of Central Iran, Bajestan, Journal of Himalayan Earth Sciences, 50, 1A, 41- 56
  - Miall, A. D., 2000. Principle of Sedimentary Basin Analysis, third edition, Springer-Verlag, 319.
  - Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy, Blackwell Publishing, 432.
  - Saadat, S. and Stern, C., 2016. Distribution and geochemical variations among paleogene volcanic rocks from the north-central Lut block, Eastern Iran, Iranian Journal of Earth Sciences, 8, 1-24.
  - Stoklin, J. and Nabavi, M. H., 1973. Tectonic Map of Iran 1: 2500000. Geological Survey of Iran.
  - Tucker, M. E., 2001. Sedimentary Petrology: An introduction to the origin of sedimentary rock. Blackwell Science, 262.