

# آنالیز رخساره‌های اوولیتی سازند بادامو در جنوب شرق کرمان، جنوب بلوک طبس: الگوی از مدل ساحل و پشته‌های ساحلی

حامد زندهمقدم\*

استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷

## چکیده

سازند بادامو به سن ژوراسیک میانی - بالایی (توراسین پسین - باژوسین پیشین) به عنوان سومین سازند از گروه شمشک در ایران مرکزی محسوب می‌شود که جهت مطالعات رخساره‌ای و محیط رسوب‌گذاری، برش بلبلویه در جنوب شرق کرمان با ضخامت ۱۴۴ متر انتخاب و نمونه‌برداری شده است. آنالیز رخساره‌های سازند بادامو سبب شناسایی ۱۶ لیتوفاسیس شد که در چهار مجموعه کربناته، آواری، هترولیتیکی کربناته-آواری و سنگ آهن اوولیتی دسته‌بندی می‌شوند. مهم‌ترین رخساره سازند بادامو در برش مورد مطالعه شامل رخساره کالک‌آرنایت آلیتی (La) است که بر اساس مشخصات بافت و ساخت رسوبی به شش رخساره سنگی (Lar، Lam، Lap، Lal، Lah و Lat) تقسیم شده است. حضور میکروفاسیس گرینستونی با آلیدهای جور شده همراه با ساخت‌هایی از قبیل طبقات مورب با الگوی جهت جریان بایمدال و بایبولار، طبقات مورب پشته‌ای و مورب در هم، سطوح دوباره فعال شده، ریبیل مارک‌های موجی و آثار باران بیانگر رسوب‌گذاری در محیط کم‌عمق ساحلی است. ویژگی‌های بافت و ساخت رسوبی از قبیل بلوغ بافتی و ترکیبی بالا همراه با طبقات فلاسر در رخساره‌های همراه (رخساره‌های ماسه‌سنگی و هترولیتیکی) نیز گواهی بر این مدعاست. گسترش جانبی و عمودی رخساره‌های شناسایی شده نشان می‌دهد که نهشته‌های سازند بادامو اغلب در زیر محیط حاشیه ساحلی و در چهارچوب مدل ساحل و پشته‌های ساحلی تشکیل شده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** آنالیز رخساره‌های آلیتی، محیط ساحلی، سازند بادامو، ژوراسیک میانی - بالایی، جنوب شرق کرمان.

\*نویسنده مسئول: حامد زندهمقدم

E-mail: Zand1883@uk.ac.ir

## ۱- پیش‌نوشتار

نام‌گذاری میکروفاسیس‌ها بر اساس تقسیم‌بندی (Dunham 1962) و نام‌گذاری پتروفاسیس‌های آواری نیز بر اساس تقسیم‌بندی (Folk 1980) انجام شده است.

سازند بادامو به سن توراسین بالایی - باژوسین زیرین (Seyed-Emami, 1967, 1988) به عنوان سومین سازند از گروه شمشک در ایران مرکزی معرفی شده (Aghanabati, 1975) که در ناحیه کرمان به صورت فرسایشی و همشیب روی ماسه‌سنگ‌های سازند آب‌حاجی و به صورت پیوسته و تدریجی در زیر نهشته‌های آواری و زغال‌دار سازند هجدک قرار گرفته است. برش مورد مطالعه در جنوبی‌ترین بخش بلوک طبس قرار دارد و از آن به عنوان برش بلبلویه (دوراهی شهداد) یاد می‌شود (شکل‌های ۱-A و B). سازند بادامو در برش بلبلویه به ضخامت ۱۴۴ متر از سنگ‌آهک‌های آلیتی با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی، شیلی، سنگ آهن آلیتی و بعضاً کنگلومرایی تشکیل شده است (شکل ۱-C). از این میان، آهک‌های آلیتی قریب به ۱۰۰ متر از این توالی را به خود اختصاص داده‌اند که شرایط تشکیل آنها با مدل‌های مرسوم نهشته شدن سنگ‌های کربناته توجیه‌پذیر نیست؛ لذا هدف از این تحقیق، مطالعه رخساره‌های رسوبی سازند بادامو و ارائه شرایط رسوب‌گذاری آن در برش مورد مطالعه است. لازم به ذکر است که در مطالعات سنگ‌های آهکی اغلب به مشخصات میکروسکوپی رخساره‌ها (میکروفاسیس‌ها) توجه شده و کمتر از مشخصات صحرایی رخساره‌ها (لیتوفاسیس‌ها) جهت دسته‌بندی و تفسیر رخساره‌ها استفاده می‌شود. فراوانی اوویدها که بعضاً همراه با ذرات آواری کوارتز نیز هستند؛ سبب تشکیل انواع ساخت‌های رسوبی در نهشته‌های مورد مطالعه شده است. از این رو، در این تحقیق اندازه دانه‌ها و ساخت‌های رسوبی در نهشته‌های کربناته سازند بادامو مورد توجه قرار گرفته و برای توصیف و تفسیر آنها، کدهای رخساره‌ای ارائه شده است که می‌تواند به عنوان یک الگو جهت مطالعه سایر نهشته‌های آهکی نیز مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۱).

## ۲- آنالیز رخساره‌ها

رخساره‌های سازند بادامو در برش مورد مطالعه، در چهار مجموعه رخساره‌ای زیر تقسیم‌بندی شده‌اند (جدول ۱).

### ۳-۱. مجموعه رخساره‌های کربناته

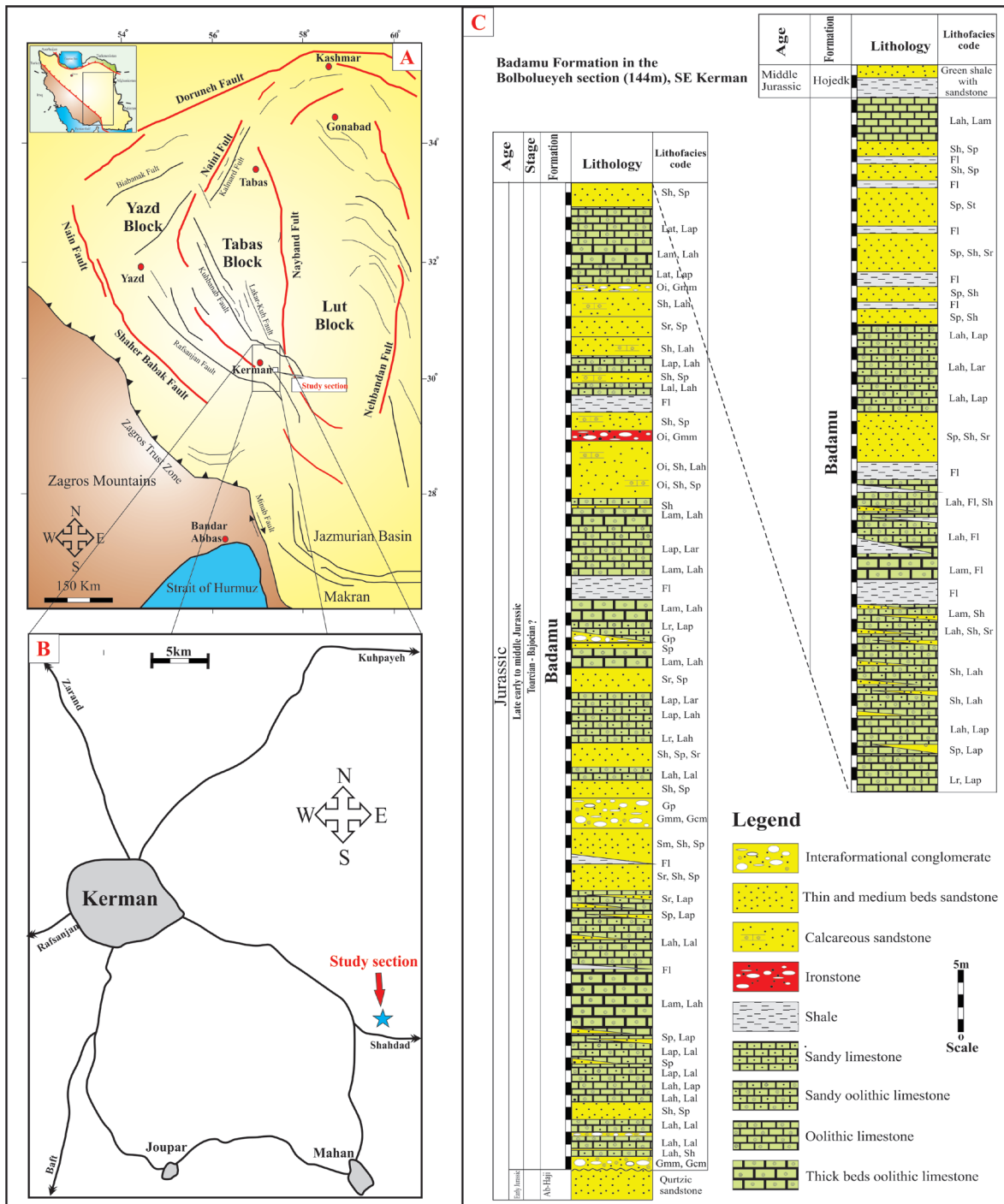
- **توصیف:** این مجموعه اغلب از سنگ‌های آهکی آلیتی تشکیل شده است و بر اساس شواهد بافت (بالاخص اندازه دانه‌ها) و ساخت رسوبی به دو دسته La و Lr تقسیم می‌شود (جدول ۱).

• **لیتوفاسیس Lr (سنگ‌آهک کلسی رودایتی):** این لیتوفاسیس شامل سنگ‌آهک‌های کلسی رودایتی با دامنه اندازه دانه بین ۰/۵ تا ۴ میلی‌متر است (شکل‌های ۲-A و B). ذرات دانه‌درشت (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) اغلب شامل خرده‌های مختلف اسکلتی (گاستروپودا، خارپوست و دوکفه‌ای) است که در زمینه‌ای از آئید (۲ تا ۲۵ درصد)، پلت (کمتر از ۱۰ درصد)، ذرات آواری کوارتز (بین ۲ تا ۱۸ درصد) و سیمان اسپارایتی-میکرایتی قرار دارند. از این رو، میکروفاسیس غالب این رخساره شامل رودستون-گرینستون بایوکلستی آئیددار است (شکل ۲-B). قاعده فرسایشی همراه با طبقه‌بندی توده‌ای و به‌ندرت لایه‌بندی موازی تا مورب کم‌زاویه از مهم‌ترین ساخت‌های رسوبی در این رخساره به شمار می‌روند. در نهشته‌های مورد مطالعه، لیتوفاسیس Lr از فراوانی اندکی برخوردار است (کمتر از ۵ درصد) و اغلب در قاعده سیکل‌های ۱ متری و به سمت بالا ریزشونده مشاهده می‌شود (شکل ۲-A).

• **لیتوفاسیس La (سنگ‌آهک کالک‌آرنایتی):** لیتوفاسیس La مهم‌ترین و فراوان‌ترین لیتوفاسیس شناسایی شده در نهشته‌های سازند بادامو در برش مورد مطالعه محسوب می‌شود. مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که این لیتوفاسیس اغلب از ذرات آئیدی تشکیل شده است که بعضاً دارای خرده‌های اندک و مختلف اسکلتی نیز هستند. این لیتوفاسیس بر اساس ساخت‌های رسوبی شناسایی شده، به ۶ زیر رخساره دسته‌بندی می‌شود که به ترتیب فراوانی در ادامه آورده شده‌اند (جدول ۱).

## ۲- روش مطالعه

در این تحقیق، سازند بادامو به ضخامت ۱۴۴ متر در برش بلبلویه اندازه‌گیری شده و از ۱۴۰ نمونه سنگی برداشت شده، ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفته است. تعریف کدهای رخساره‌های سنگی بر اساس ساخت و بافت رسوبی در صحرا انجام شده است (Miall, 1985). همچنین برای نام‌گذاری رخساره‌های آهکی در صحرا از تقسیم‌بندی (Grabau 1904) استفاده شده است.



شکل ۱- A) موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختاری برش مورد مطالعه در جنوبی‌ترین بخش بلوک طیس (اقتباس با تغییراتی از Nadimi, 2007)؛ B) راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه در جنوب شرق کرمان؛ C) ستون چینه‌شناسی سازند بادامو در برش مورد مطالعه. توجه شود که پراکندگی رخساره‌های شناسایی شده در کنار لیتولوژی سازند آورده شده است (جهت شناسایی رخساره‌ها به متن و جدول ۱ مراجعه شود).

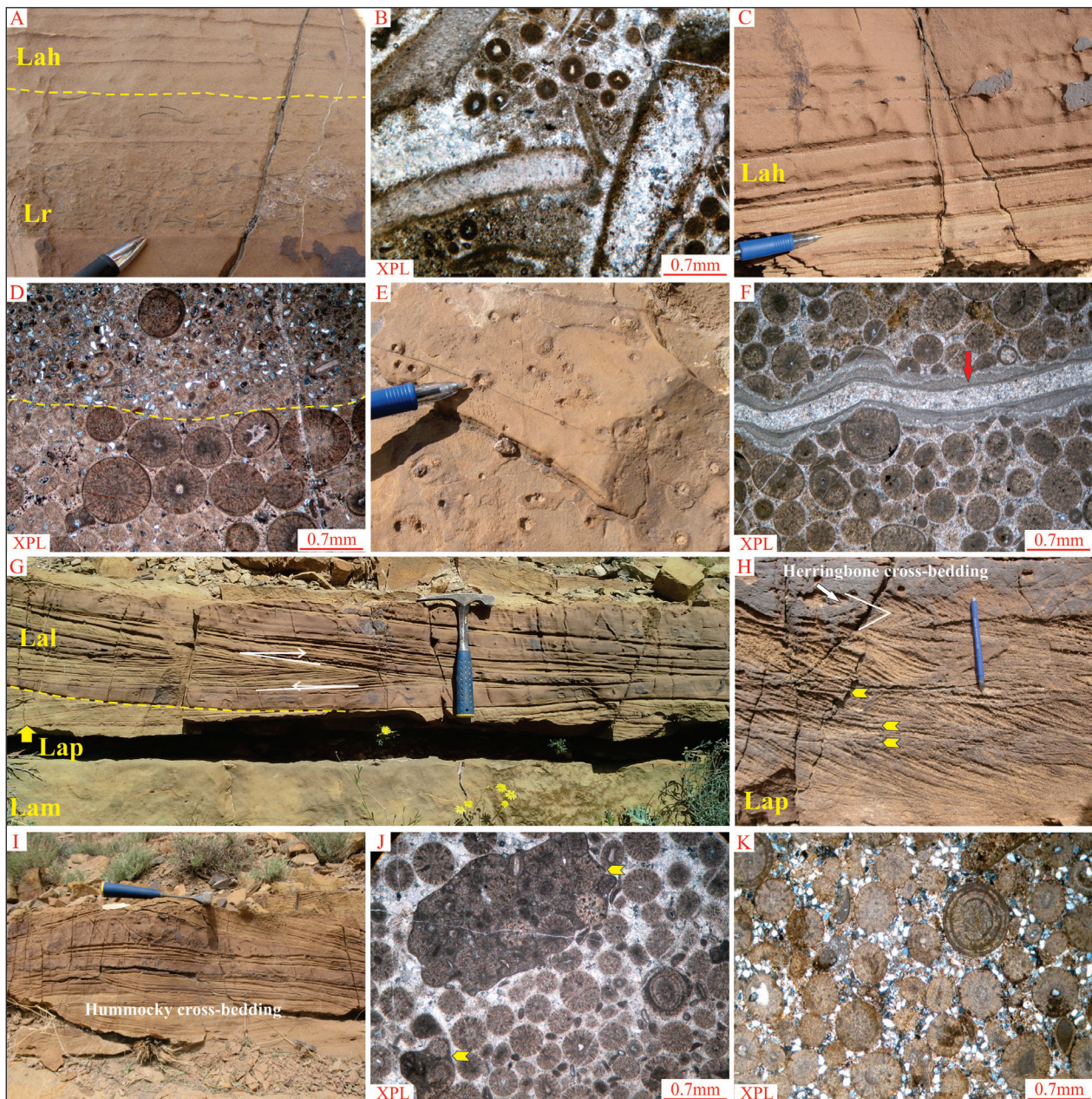
• **لیتوفاسیس Lah:** لایه‌بندی و لامیناسیون موازی (افقی) مهم‌ترین ساخت رسوبی جهت تفکیک این لیتوفاسیس محسوب می‌شود (شکل ۲- C). این رخساره اغلب از گریستون‌های آئیدی تشکیل شده است. اندازه و فراوانی آئیدها به عنوان مهم‌ترین عوامل در تفکیک لایه‌ها و لامیناسیون‌های افقی به شمار می‌روند (شکل‌های ۲- C و D). در سطح برخی از لایه‌های افقی، آثار باران به خوبی مشهود است (شکل ۲- E). از سایر ساخت‌های رسوبی در این رخساره می‌توان به آثار حرکت موجودات (ایکنوفسیل) اشاره کرد که به خوبی در مقیاس میکروسکوپی مشاهده می‌شوند (شکل ۲- F). این رخساره به‌طور جانبی و عمودی به لیتوفاسیس‌های Lah و Lap تبدیل می‌شود.

• **لیتوفاسیس Lal:** لایه‌بندی مورب با زاویه کمتر از ۱۰ درجه مشخصه اصلی در این رخساره محسوب می‌شود (شکل ۲- G). این رخساره خصوصیات بافتی و ساختی تقریباً مشابهی با لیتوفاسیس‌های Lah دارد. طرح جهت جریان در این رخساره عمدتاً بایمدال است؛ با این وجود در برخی قسمت‌ها از توالی مورد مطالعه، اندکی یونیمدال نیز مشاهده می‌شود. میکروفاسیس غالب در این رخساره شامل گریستون آئیدی است که بعضاً دارای مقادیر متفاوتی خرده‌های اسکلتی و ذرات دانه‌متوسط کوارتز نیز است.

• **لیتوفاسیس Lap:** لایه‌بندی مورب مسطح مهم‌ترین ساخت رسوبی در این رخساره به شمار می‌رود. لایه‌های مورب دارای شیبی بین ۱۰ تا ۳۰ درجه هستند و به‌طور پراکنده

می شوند (شکل ۲-۲). فراوانی آئیدها بین ۳۰ تا ۸۰ درصد و دامنه اندازه دانه‌ها بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی متر متغیر است. این رخساره به‌طور جانبی و عمودی به لیتوفاسیس های Lat، Lah و بعضاً به رخساره‌های ماسه‌سنگی (Sh و Sp) تبدیل می‌شود. لازم به ذکر است که در محل تبدیل به رخساره‌های ماسه‌سنگی، مجموعه‌ای از رخساره‌های هترولیتیکی آهکی - ماسه‌سنگی مشاهده می‌شود. به‌طوری که درصد متفاوتی از آئیدها (بین ۱۰ تا ۴۰ درصد) در زمینه‌ای از ماسه دانه‌ریز تا متوسط‌دانه قرار گرفته است (شکل ۲-۲-K).

در توالی سازند بادامو مشاهده می‌شوند. طرح جهت جریان در این رخساره اغلب بایمدال و بعضاً بایولار است. سطوح دوباره فعال شده همراه با طبقه‌بندی مورب در هم و طبقه‌بندی مورب پشته‌ای از مهم‌ترین ساخت‌های شناسایی شده در این رخساره به شمار می‌روند (شکل‌های ۲-H و I). گریستون آئیدی میکروفاسیس غالب این رخساره محسوب می‌شود و از سایر میکروفاسیس‌ها می‌توان به گریستون آئیدی اینتراکلت‌دار و یا گریستون آئیدی بایو کلت‌دار اشاره کرد که به ندرت و به‌صورت پراکنده مشاهده



شکل ۲- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی برخی از رخساره‌های سازند بادامو. (A) رخساره Lr که در قاعده سیکل به سمت بالا ریز شونده مشاهده می‌شود. به جهت یافتگی پوسته‌های فسیلی به موازات لایه‌بندی توجه شود؛ (B) نمای از میکروفاسیس غالب رخساره Lr (رودستون) که در آن پوسته‌های فسیلی درشت‌دانه در بین آئیدها و سیمان اسپارایتی قرار گرفته است؛ (C) رخساره Lah که لایه‌ها با توجه به فراوانی آئیدها تفکیک شده‌اند؛ (D) تصویر میکروسکوپی از رخساره Lah. در این تصویر اندازه آئیدها سبب تفکیک لایه‌ها شده است؛ (E) آثار باران روی سطح لایه‌ها در رخساره Lah؛ (F) آثار حرکت موجودات (ایکونوفسیل) در میکروفاسیس گریستون آئیدی از رخساره Lah؛ (G) نمای از رخساره Lal که دارای جهت جریان بایمدال (خطوط سفید رنگ) است؛ (H) طبقه‌بندی مورب در هم و سطوح دوباره فعال شده (نوک پیکان) در رخساره Lap؛ (I) طبقه‌بندی مورب پشته‌ای در رخساره Lap؛ (J) میکروفاسیس گریستون آئیدی اینتراکلت‌دار در رخساره Lap. نوک پیکان نشان‌دهنده اینتراکلت‌ها هستند؛ (K) میکروفاسیس آئیدی - کوارتزی که دانه‌های آئید در زمینه‌ای از ذرات دانه ریز کوارتز پخش شده‌اند.

جدول ۱- رخساره‌های شناسایی شده سازند بادامو در برش بلبوئیه بر اساس بافت و ساخت رسوبی.

تفسیر	رخساره میکروسکوپی	مشخصات (بافت و ساخت رسوبی)	کد	رخساره های سنگی
				<b>رخساره های کربناته</b>
تشکیل در کانال های ساحلی و بعضاً جریانهای طوفانی در ساحل	رودستون-گرینستون بایوکستی اوونیدار	اندازه دانه ها بین ۰/۵ تا ۴ میلیمتر و اغلب از پوسته های فسیلی تشکیل شده است. دارای طبقه بندی توده ای و لایه بندی موازی	Lr	کلسی رودایت
تشکیل در سرعت های بالا و پایین جریانهای کشتی در حاشیه ساحلی	گرینستون اوونیدی	اندازه دانه ها بین ۰/۲ تا ۰/۷ میلیمتر، دارای لایه بندی موازی، ضخامت هر دسته بین ۰/۳ تا ۱ متر	Lah	کالک آرنایت با لایه بندی موازی
تشکیل در پشته های ساحلی	گرینستون اوونیدی	اندازه دانه ها بین ۰/۱ تا ۰/۵ میلیمتر، دارای لایه بندی مورب با زاویه کمتر از ۱۰ درجه، ضخامت هر دسته بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر	Lal	کالک آرنایت با لایه بندی مورب کم زاویه
حرکت ریپلها و مگاریپلهای دوبعدی در محیطهای حاشیه ساحلی	گرینستون اوونیدی، گرینستون اوونیدی کوارتزار	اندازه دانه ها بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلیمتر، لایه بندی مورب مسطح با طرح جهت جریان بایمدال و بایپولار، طبقات مورب درهم و پشته ای	Lap	کالک آرنایت با لایه بندی مورب مسطح
تشکیل در محیط کم انرژی دور از ساحل	وکستون-پکستون اوونیدی	اندازه دانه ها بین ۰/۳ تا ۰/۷ میلیمتر، دارای طبقه بندی توده ای	Lam	کالک آرنایت توده ای
تشکیل در پهنه ساحلی	گرینستون اوونیدی کوارتزار	اندازه دانه ها بین ۰/۱ تا ۰/۴ میلیمتر، ریپل موجی و بعضاً جریانی	Lar	کالک آرنایت ریپلی
تشکیل در کانالهای موجود در حاشیه ساحلی	گرینستون اوونیدی	اندازه دانه ها بین ۰/۵ تا ۲ میلیمتر، دارای لایه بندی مورب عدسی	Lat	کالک آرنایت با لایه بندی مورب عدسی
				<b>رخساره های آواری</b>
تشکیل در کانالهای حاشیه ساحلی و تحت تاثیر جریان های طوفانی موجود در ساحل (تمپستایت)	ارتوکنگومرا تا پاراکنگومرا	اندازه دانه ها بین ۲ تا ۵۰ سانتیمتر، دارای طبقه بندی توده ای و بعضاً مورب کم زاویه و مورب پشته ای، به صورت رخساره های حادثه ای با گسترش جانبی کمتر از ۱۰۰ متر، دارای خرده های آهکی و ماسه سنگی با جهت یافتگی در امتداد لایه بندی	G Gem Gmg Gp	کنگومرا توده ای دانه پشتیبان توده ای ماتریکس پشتیبان دارای لایه بندی مورب
تشکیل در زیر محیط حاشیه ساحلی و در هنگام ورود مواد آواری به محیط و بعضاً ماسه سنگ هیبریدی	چرت آرنایت تا کوارتزارنایت و بعضاً ماسه سنگ هیبریدی	اندازه دانه ها بین ۰/۱ تا ۰/۴ میلیمتر، مجبور تا سوپر مجور همراه با لایه بندی موازی، مورب درهم، مورب پشته ای و سطوح دوباره فعال شده	S Sh Sm Sp	ماسه سنگ دارای لایه بندی موازی توده ای دارای لایه بندی مورب
تشکیل در محیط های دور از ساحل	سیلنتستون تا رس سنگ	اندازه دانه ها کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر، محتوای کربناته گاهی به بیش از ۵۰ درصد نیز می رسد	F Fl	گلسنگ دارای لایه بندی موازی و مورب
تشکیل در پهنه ساحلی تحت تاثیر جریانهای امواج و جزر و مد	گرینستون-کوارتزارنایت	دارای لنزهای ماسه سنگی در میان آهکهای اوولیتی به صورت طبقات فلاسر، موجی و عدسی	La/S	رخساره حدواسط آهکی-ماسه سنگی
حمل آهن توسط رس های آواری و ورود آنها به محیط ساحلی و تشکیل اوونیدهای آهن دار طی مراحل اولیه دیازنز	سنگ آهن اوولیتی بایوکست دار	دارای اوونیدهای آهن دار در اندازه های ۰/۱ تا ۰/۳ میلیمتر و خرده های فسیلی آهن دار از نوع گاستروپودا و خارپوست، حضور پیل های گرد شده ماسه سنگی	Oi	رخساره آهن دار سنگ آهن اوولیتی

• **لیتوفاسیس Lat:** این لیتوفاسیس از کمترین فراوانی در بین مجموعه رخساره‌های کالک آرنایتی برخوردار است و مشخصه اصلی آن شامل لایه‌بندی مورب عدسی است (شکل‌های ۳- D و E). در اکثر موارد، لیتوفاسیس Lat دارای قاعده فرسایشی بوده و در ابتدای سیکل‌های ریزشونده و در زیر لیتوفاسیس Lap مشاهده می‌شود. میکروفاسیس غالب این رخساره نیز شامل گرینستون آئیدی است که مقادیر متفاوتی از خرده‌های اسکلتی (۵ تا ۱۵ درصد)، ذرات کوارتز (۲ تا ۲۵ درصد) و اینتراکست‌های آلیتی (۲ تا ۱۰ درصد) دارد.

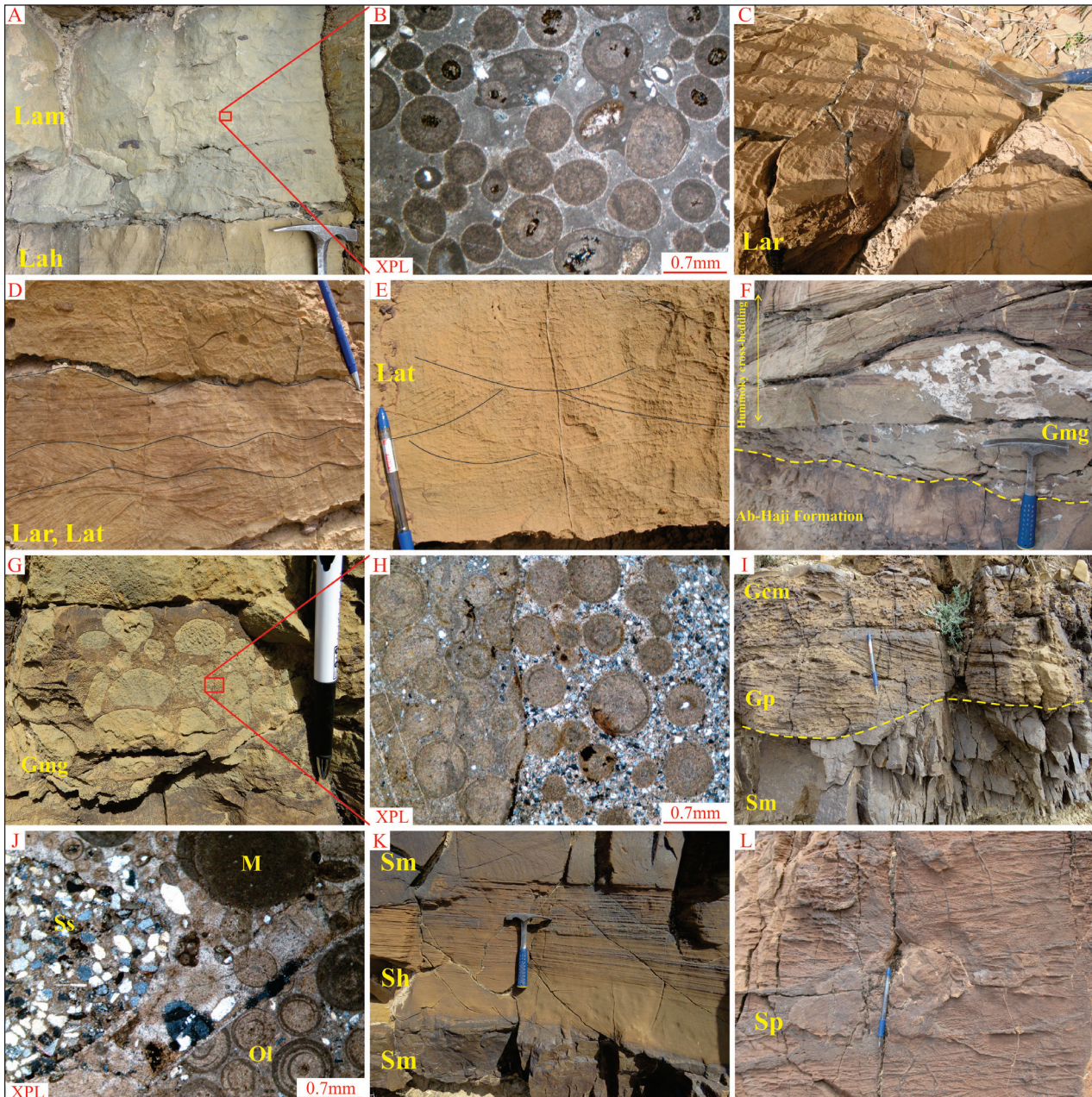
- **تفسیر:** همان‌طور که ذکر شد، دانه‌های آئید مهم‌ترین تشکیل‌دهنده رخساره‌های سازند بادامو در برش مورد مطالعه به شمار می‌روند. این دانه‌ها اغلب دارای فابریک مماسی هستند که نشان از انرژی بالای محیط در زمان تشکیل آنها دارد (Simone, 1981). شواهد بافتی همچون حفظ‌شدگی ریزساختارها در آئیدها نشان می‌دهد که آئیدهای سازند بادامو اغلب از نوع کلسیتی هستند و فابریک مماسی و متحدالمرکز آنها عمدتاً در ارتباط با شرایط محیطی است؛ به‌طوری که این آئیدها تحت شرایط انرژی بالا، آب‌وهوای گرم و شوری نرمال آب دریا تشکیل شده‌اند. جورشدگی بالای

• **لیتوفاسیس Lam:** ساخت توده‌ای از مشخصه‌های اصلی این رخساره محسوب می‌شود (شکل ۳- A). این رخساره دارای میکروفاسیس غالب و کستون- پکستون آئیدی است (شکل ۳- B). علاوه بر آئیدها، خرده‌های اسکلتی در اندازه کمتر از ۱ میلی‌متر نیز با فراوانی متفاوتی مشاهده می‌شوند (۸ تا ۱۴ درصد). این رخساره دارای گسترش جانبی تقریباً زیاد بوده (بیش از ۸۰ متر) اما به‌طور عمودی دارای ضخامت ۱ تا ۸ متر است و به لیتوفاسیس‌های Lah و Lal تبدیل می‌شود.

• **لیتوفاسیس Lar:** لایه‌بندی مورب ریپلی همراه با حضور ریپل‌مارک‌های موجی با خط‌الرأس مستقیم تا سینوسی از ویژگی‌های اصلی در تفکیک این لیتوفاسیس به شمار می‌روند (شکل‌های ۳- C و D). این لیتوفاسیس اغلب در بخش‌های میانی تا بالایی توالی سازند بادامو و به‌صورت متناوب با رخساره‌های ماسه‌سنگی مشاهده می‌شود. میکروفاسیس غالب این رخساره شامل گرینستون آئیدی کوارتزار است که فراوانی ذرات کوارتز به شدت در تغییر است (بین ۱۰ تا ۴۰ درصد). اندازه آئیدها در این رخساره اندکی کوچک‌تر از سایر لیتوفاسیس‌هاست؛ به‌طوری که دامنه اندازه آنها بین ۰/۱ تا ۰/۴ میلی‌متر و فراوانی آنها بین ۲۰ تا ۵۰ درصد در تغییر است.

و پشته‌ای، سطوح دوباره فعال شده، ریبیل مارک‌های موجی و حضور آثار باران در مجموعه لیتوفاسیس‌های آلییدی (La) نیز منعکس کننده محیط‌های ساحلی و تأثیر شدید امواج و جزرومد در این محیط هاست (Zand-Moghadam et al., 2013 and 2014); و Lr، Lap، لیتوفاسیس جزیی، به طور جزیی، (Lasemi e al., 2012; Pomar et al., 2015) در ابتدای سیکل‌های به سمت بالا ریزشونده و با گسترش جانبی اندک و عدسی شکل می‌توانند نشان‌دهنده کانال‌های ساحلی شکل گرفته در جریان‌های توفانی یا جزرومدی قوی باشند (Tamura, 2012; Bádenas et al., 2012).

رخساره‌های آلییدی همراه با سیمان غالب اسپارایتی نیز منعکس کننده شرایط پر انرژی محیط رسوب‌گذاری است. از طرف دیگر، با توجه به اینکه آلیدها اغلب در اعماق کمتر از ۵ متر مشاهده می‌شوند (Simone, 1981)؛ چنین به نظر می‌رسد که توالی ضخیم کالک‌آرنایت‌های آلییدی سازند بادامو در قسمت‌های داخلی پلتفرم کریناته و در ساحلی پر انرژی تشکیل شده‌اند. این تفسیر با ساخت‌های رسوبی موجود در لیتوفاسیس‌های آهکی سازند بادامو نیز همخوانی دارد؛ به طوری که ساخت‌هایی از قبیل لایه‌بندی مورب مسطح با طرح جهت جریان بایمدال، لایه‌بندی مورب در هم



شکل ۳- برخی تصاویر صحرایی و میکروسکوپی. (A) نمایی از رخساره Lam که بدون لایه‌بندی و به رنگ سبز تیره نسبت به سایر رخساره‌ها مشخص است؛ (B) میکروفاسیس و کستون-پکستونی در رخساره Lam؛ (C) ریبیل مارک‌های موجی با خط‌آلرس مستقیم در رخساره lar؛ (D) همراهی رخساره‌های lar و Lat. به طوری که حرکت ریبیل مارک‌های با خط‌آلرس سینوسی- پیچیده سبب تشکیل طبقات مورب ریپلی و مورب عدسی شده است؛ (E) نمایی از لایه‌بندی مورب عدسی در رخساره Lat؛ (F) رخساره‌های کنگلومرایی (حادثه‌ای) که به صورت گوه‌ای شکل با مرزی فرسایشی در قاعده سازند بادامو مشاهده می‌شود. به طبقه‌بندی مورب پشته‌ای در رأس این رخساره توجه شود؛ (G) نمای صحرایی نزدیک و تصویر میکروسکوپی از رخساره کنگلومرایی درون سازندی که پیل‌هایی از جنس آهک آلییدی درون زمینه‌ای از آلید و ماسه قرار گرفته‌اند؛ (I) رخساره‌های Gp و Gem از افق دوم حادثه‌ای که با مرزی فرسایشی روی رخساره‌های ماسه‌سنگی قرار گرفته است؛ (J) حضور پیل‌های آهک آلییدی (OI)، ماسه‌سنگی (Ss) و گل‌سنگی (M) در رخساره کنگلومرایی؛ (K) نمایی از رخساره‌های ماسه‌سنگی (Sm و Sh؛ L) لایه‌بندی مورب و سطوح دوباره فعال شده در رخساره Sp.

طرح جهت جریان دیرینه در لیتوفاسیس Sp اغلب بایمدال بوده و بعضاً طبقه‌بندی مورب درهم و سطوح دوباره فعال شده در آن مشخص است. مشخصه‌های بافتی در ۳ لیتوفاسیس، مشابه یکدیگر است؛ به طوری که اندازه دانه‌ها بین ۱/۱ تا ۰/۴ میلی‌متر در تغییر است و ماسه‌سنگ‌ها از جورشدگی خوب و گردشدگی متوسطی برخوردارند. چرت آرنایت و کوارتز آرنایت (بعضاً ساب‌لایت آرنایت) ۲ پتروفاسیس غالب در این مجموعه به شمار می‌روند. بنابراین، لیتوفاسیس‌های ماسه‌سنگی سازند بادامو مجعوریتی بافتی و ترکیبی بالایی دارند.

• **لیتوفاسیس F (گل‌سنگی):** لیتوفاسیس FI تنها رخساره شناسایی شده در گل‌سنگ‌ها به شمار می‌رود که حضور لامیناسیون‌های موازی و مورب از مهم‌ترین ویژگی‌های آن به شمار می‌رود (شکل ۴-۴). اندازه دانه‌ها عمدتاً در اندازه سیلت و رس است؛ اما مقدار اندکی کوارتز در اندازه ماسه دانه‌ریز نیز مشاهده می‌شود. از این رو پتروفاسیس غالب این مجموعه، سیلتستون و رس سنگ است. سیمان کربناته مهم‌ترین نوع سیمان در این رخساره محسوب می‌شود و مقدار آن بین ۱۰ تا ۵۰ درصد در تغییر است. با توجه به حجم بالای کانی‌های کربناته، در برخی موارد رخساره‌های مارنی نیز تشکیل شده است.

- **تفسیر:** تغییرات جانبی و عمودی مجموعه رخساره‌های آواری به رخساره‌های کربناته آلئیتی نشان از شرایط یکسان محیط رسوب‌گذاری این دو مجموعه دارد. لیتوفاسیس‌های ماسه‌سنگی با پتروفاسیس مجعور کوارتز آرنایتی تا چرت آرنایتی مهم‌ترین رخساره آواری سازند بادامو محسوب می‌شود؛ که منعکس‌کننده انرژی بالا و حرکات رفت و برگشتی در محیط رسوبی بوده که سبب حذف دانه‌های ناپایدار شده است. ساخت‌های رسوبی از قبیل لایه‌بندی مورب مسطح با طرح جهت جریان بایمدال، طبقه‌بندی مورب درهم و حضور سطوح دوباره فعال شده نیز نشان‌دهنده تأثیر امواج و جزرومد در رسوب‌گذاری این رخساره‌هاست (Zand-Moghadam et al., 2013 and 2016). به‌طور مشخص، طبقات مورب در لیتوفاسیس Sp می‌توانند بر اثر حرکت ریپل‌مارک‌ها و دون‌های موجی با خط‌آلرس مستقیم تشکیل شده باشند (Strand, 2005; Davis, 2012). همچنین، فقدان لایه‌بندی در لیتوفاسیس Sm نیز می‌تواند به سرعت بالای رسوب‌گذاری و یا تأثیر فرایندهای دیاژنزی در ارتباط باشد (Tewari et al., 2012). لیتوفاسیس‌های دانه‌درشت کنگلومرای (رخساره‌های حادثه‌ای) از نوع درون‌سازندی هستند و به‌صورت فرسایشی در ابتدای سیکل‌های ریز شونده و به‌صورت عدسی شکل وجود دارند. ویژگی‌های این رخساره‌ها نیز نشان‌دهنده عنصر ساختاری کانال است که در محیط‌های ساحلی و کم‌عمق دریا شکل گرفته‌اند (Zand-Moghadam et al., 2013). خصوصیات بافت و ساخت رسوبی نشان می‌دهد که رخساره‌های حادثه‌ای در زمان پیشروی محسوس آب دریا و غالب شدن شرایط رسوب‌گذاری کربناته نسبت به آواری تشکیل شده‌اند. با توجه به عمق کم محیط رسوبی و همچنین تأثیر شدید امواج سطحی توفانی در این محیط‌ها، به نظر می‌رسد که اغلب رخساره‌های حادثه‌ای در برش مورد مطالعه از نوع رخساره‌های توفانی یا تمپستایت باشند که این تفسیر با حضور طبقات مورب پشته‌ای نیز تأیید می‌شود (Myrow, 2005; Bádenas et al., 2012). این رخساره‌ها اغلب منطبق با پیشروی آب دریا هستند و به عنوان کنگلومرای درون‌سازندی و پیشرونده محسوب می‌شوند. شدت بالای جریان در کانال‌ها سبب فرسایش لایه‌های زیرین شده و در نتیجه قطعاتی از آنها در قالب خرده‌سنگ روی مرز فرسایشی قرار می‌گیرد. حضور خرده‌سنگ‌های از نوع آهک آلئیتی (لیتوفاسیس La) و ماسه‌سنگی (لیتوفاسیس S) در لیتوفاسیس‌های G مؤید این تفسیر است. به عقیده زندمقدم (۱۳۹۶) این رخساره‌ها در طی ۳ مرحله تشکیل شده‌اند. در مرحله اول، امواج توفانی بر اثر جریان‌های بادی شکل گرفته و سبب ایجاد جریان‌های بالارونده (up-flow) در ساحل شده‌اند. امواج بالارونده توفانی و استرس برشی موجود در کف بستر حاصل از شکست امواج (breaking waves) سبب فرسایش رسوبات پیشین می‌شوند؛ که به‌صورت خرده‌هایی (rip-up clasts) در اندازه‌های مختلف ماسه تا گراول فرسایش می‌یابند. در مرحله

طبقات مورب مسطح و عدسی می‌توانند به ترتیب بر اثر حرکت ریپل‌ها و مگاریپل‌های دوبعدی و سه‌بعدی تشکیل شوند. حضور ریپل‌مارک‌های متقارن به همراه لایه‌بندی مورب ریپلی در لیتوفاسیس Lar نیز نشان‌دهنده تأثیر مستمر امواج در محیط رسوبی ساحلی است. در این میان، بافت گل‌پشتیان در لیتوفاسیس Lam منعکس‌کننده کاهش انرژی در محیط رسوب‌گذاری است. تغییرات عمودی و جانبی لیتوفاسیس Lam با سایر لیتوفاسیس‌های دانه‌پشتیان حاکی از قرابت بالای این رخساره‌ها با یکدیگر است. از این رو، به نظر می‌رسد که این لیتوفاسیس در بخش‌های خارجی تر پلتفرم و بخش‌های دور از ساحل (لاگون ساب‌تایدال) بر جای گذاشته شده است.

### ۳-۲. مجموعه رخساره آواری

- **توصیف:** در توالی مورد مطالعه، این مجموعه فراوانی کمتری (۲۰ درصد از کل توالی) نسبت به مجموعه رخساره‌های کربناته دارد و بر اساس اندازه ذرات به سه دسته کنگلومرای (G)، ماسه‌سنگی (S) و گل‌سنگی (F) تقسیم‌بندی شده است (جدول ۱).

• **لیتوفاسیس G (کنگلومرای):** بر اساس ویژگی‌های بافت و ساخت رسوبی، لیتوفاسیس‌های کنگلومرای موجود در نهشته‌های مورد مطالعه به سه دسته Gcm (دانه‌پشتیان یا ارتوکنگلومرا) و Gmg (ماتریکس‌پشتیان یا پاراکنگلومرا) و Gp (کنگلومرای با طبقات مورب مسطح) تقسیم می‌شوند. ضخامت رخساره‌های کنگلومرای کمتر از ۲ متر است و در حالت معمول، لیتوفاسیس‌های Gmc و Gmg در قاعده سیکل‌های ریزشونده مشاهده و به سمت بالا به لیتوفاسیس Gp تبدیل می‌شوند. در برخی از موارد، ریزشوندگی ذرات به سمت بالای لایه یا طبقه‌بندی تدریجی نرمال نیز مشاهده می‌شود. مرز زیرین لیتوفاسیس‌های کنگلومرای به‌صورت فرسایشی است و به‌طور جانبی و در فواصل اندک (کمتر از ۳۰ متر) به لیتوفاسیس‌های آهکی و ماسه‌سنگی تبدیل می‌شود (شکل‌های ۳-F و G). گردشدگی ذرات، دامنه‌ای از ضعیف تا خوب را در بر گرفته و اندازه دانه‌ها بین ۲ تا ۵۰ سانتی‌متر (به‌طور متوسط بین ۲ تا ۸ سانتی‌متر) در تغییر است. رخساره‌های کنگلومرای سازند بادامو در برش مورد مطالعه از نوع درون‌سازندی (intraformational) و دارای خرده‌های آهکی و ماسه‌سنگی است (شکل‌های ۳-G و I). خرده‌سنگ‌های آهکی عمدتاً از نوع گریستون-پکستون‌های آلئیتی و خرده‌سنگ‌های ماسه‌سنگی نیز دارای پتروفاسیس‌های مشابه با رخساره‌های ماسه‌سنگی سازند بادامو هستند. به‌طور کلی در توالی سازند بادامو در برش بلبولیه ۵ رخساره کنگلومرای مشاهده شده است که از ویژگی‌های تقریباً مشابهی برخوردار هستند. این رخساره‌ها تحت عنوان رخساره‌های حادثه‌ای (eventites) معرفی شده (زندمقدم، ۱۳۹۶) که همگی روی افق‌های ماسه‌سنگی تشکیل شده‌اند. از ویژگی‌های مشترک این افق‌ها می‌توان به گسترش جانبی کمتر از ۱۰۰ متر آنها اشاره کرد که به‌صورت گوه‌ای شکل به رخساره‌های ماسه‌سنگی و یا آهک آلئیدی تبدیل می‌شوند. تمامی این رخساره‌ها همراه طبقات مورب پشته‌ای نیز هستند (شکل ۳-F). رخساره‌های حادثه‌ای در قاعده سازند بادامو به‌صورت مجموعه رخساره‌هایی و در قالب سیکل‌های عمدتاً ریزشونده و متعدد به ضخامت ۰/۵ تا ۱/۵ متری مشاهده می‌شوند که با مرزهای فرسایشی روی یکدیگر قرار گرفته‌اند. اولین و ضخیم‌ترین رخساره حادثه‌ای را می‌توان در قاعده سازند بادامو و در مرز مشترک آن با سازند آب‌حاجی مشاهده کرد. این مرز در تمامی نقاط به‌صورت فرسایشی و همشیب روی ماسه‌سنگ‌های سازند آب‌حاجی مشخص می‌شود. سایر رخساره‌های حادثه‌ای (کنگلومرای) که به ترتیب در فواصل ۳۲، ۴۸، ۶۶ و ۷۰ متری از قاعده سازند بادامو مشاهده شده‌اند؛ دارای ویژگی‌های تقریباً یکسان و اغلب از پیل‌های کشیده ماسه‌سنگی، گل‌سنگی و آهک آلئیتی و خرده‌های فیلی هستند که در زمینه‌های کوارتزی و آلئیدی در اندازه ماسه قرار گرفته‌اند.

• **لیتوفاسیس S (ماسه‌سنگی):** در مجموعه رخساره ماسه‌سنگی سازند بادامو، به ترتیب فراوانی، ۳ لیتوفاسیس Sh (ماسه‌سنگ با لایه‌بندی موازی)، Sm (ماسه‌سنگ توده‌ای) و Sp (ماسه‌سنگ با لایه‌بندی مورب مسطح) مشخص شده است (شکل‌های ۳-K و L).

دوم، جریان‌های پایین‌رونده یا برگشتی (down-flow or return flow) اتفاق افتاده است؛ که این جریان‌ها در حالت افزایش انرژی همچنان به فرسایش ادامه داده اما در زمان کاهش انرژی، رسوبات فرسایش یافته پیشین رسوب‌گذاری کرده‌اند. حرکت کشتی دانه‌ها به موازات کف بستر در محیطی کاملاً آبی سبب جهت یافتگی دانه‌ها (فابریک ایمبریکاسیون) به موازات سطح بستر یا سطح لایه‌بندی شده است. مرحله سوم از تشکیل رخساره‌های توفانی عمدتاً مربوط به رسوب‌گذاری دانه‌های در اندازه ماسه (آئیدها، ذرات کوارتز) و گل است که در قالب سیکل‌های ریزشونده مشاهده می‌شوند. میزان انرژی و نوع جریان، همراه با سرعت رسوب‌گذاری، عوامل اصلی و کنترل‌کننده مشخصات بافتی و بالاخص فابریک دانه‌پشتیبان یا ماتریکس‌پشتیبان در رخساره‌های کنگلومرایی هستند (Davies et al., 2010). به طوری که لیتوفاسیس Gcm نسبت به لیتوفاسیس Gmg در انرژی بالایی محیط راسب شده و این امر از تنه‌شست ذرات ریز جلویی گرفته است. به علت تشکیل در جریان با ویسکوزیته بالا، هر دوی این لیتوفاسیس‌ها حالت توده‌ای به خود گرفته‌اند و این در حالی است که لیتوفاسیس Gp در ویسکوزیته کمتر تشکیل شده است. حضور لیتوفاسیس FI نشان از رسوب‌گذاری وسیع در بار معلق دارد (Higgs et al., 2012). ساخت‌های رسوبی لامینه‌ای و ورقه‌ای به علاوه رخساره‌های همراه (رخساره‌های آهک آلیتی و ماسه‌سنگی) و همچنین میزان بالای کانی‌های کربناته، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در بخش‌های دور از ساحل (offshore) است (Davis, 2012).

### ۳-۳. رخساره هترولیتیکی آهکی - ماسه‌سنگی

**توصیف:** در برخی از قسمت‌های توالی سازند بادامو، لایه‌های نازک و متناوب آهکی و ماسه‌سنگی مشاهده می‌شود که تفکیک آنها در قالب لیتوفاسیس‌های فوق امکان‌پذیر نیست. لایه‌بندی و لامیناسیون مورب مسطح کم‌زاویه و به ندرت لامیناسیون مورب ریپلی در مجموعه‌ای آهکی - ماسه‌سنگی از مشخصه‌های اصلی در این مجموعه رخساره‌ای به شمار می‌رود (شکل‌های ۴- B تا E). در مجموع، مقدار رخساره‌های آهکی نسبت به ماسه‌سنگی از فراوانی نسبی بیشتری برخوردار است و ماسه‌سنگ‌ها به صورت لایه‌های نازک با ضخامت کمتر از ۲ سانتی‌متری و بعضاً به صورت عدسی‌شکل در مجموعه‌ای از رخساره‌های آهک آلیتی (لیتوفاسیس La) مشاهده می‌شوند. این ویژگی‌ها مشابه طبقات فلاس و موجی است که در نهشته‌های آواری (بین ماسه‌سنگ و گلسنگ) و کربناته (بین گرینستون و مادستون) مشاهده می‌شود (Zand-Moghadam et al., 2013 and 2014) که در اینجا بین نهشته‌های حدواسط کربناته و آواری (گرینستون و کوارتزآرنایت آهکی) وجود دارد (شکل ۴- F). این مجموعه در قالب لیتوفاسیس La/S نام‌گذاری شده است؛ به طوری که ویژگی‌های بافتی و ساختی در مجموعه رخساره‌های آهکی اغلب مشابه لیتوفاسیس Lah و Lap بوده و لیتوفاسیس غالب ماسه‌سنگی نیز از نوع Sp است (شکل‌های ۴- D و E).

**تفسیر:** این مجموعه رخساره‌ای در اثر تغییرات متناوب انرژی محیط همراه با میزان ورود مواد آواری حاصل شده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد که در هنگام تشکیل رخساره‌های آهک آلیتی، انرژی جریان‌های ورودی بیشتر و سبب ورود مواد آواری به محیطی کربناته شده است. تکرار بسیار این فرایند سبب تشکیل رخساره حدواسطی می‌شود که اغلب آهکی و دارای لزه‌های ماسه‌سنگی بوده و به عبارت دیگر رخساره سنگی La(Sp) شکل گرفته است. این فرایند همانند تشکیل طبقات عدسی (طبقات فلاسر) در محیط‌های تحت تأثیر امواج و جزرومدی آواری یا کربناته است (Strand, 2005; Lasemi et al., 2012; Zand-Moghadam et al., 2013).

### ۳-۴. رخساره سنگ آهک آلیتی

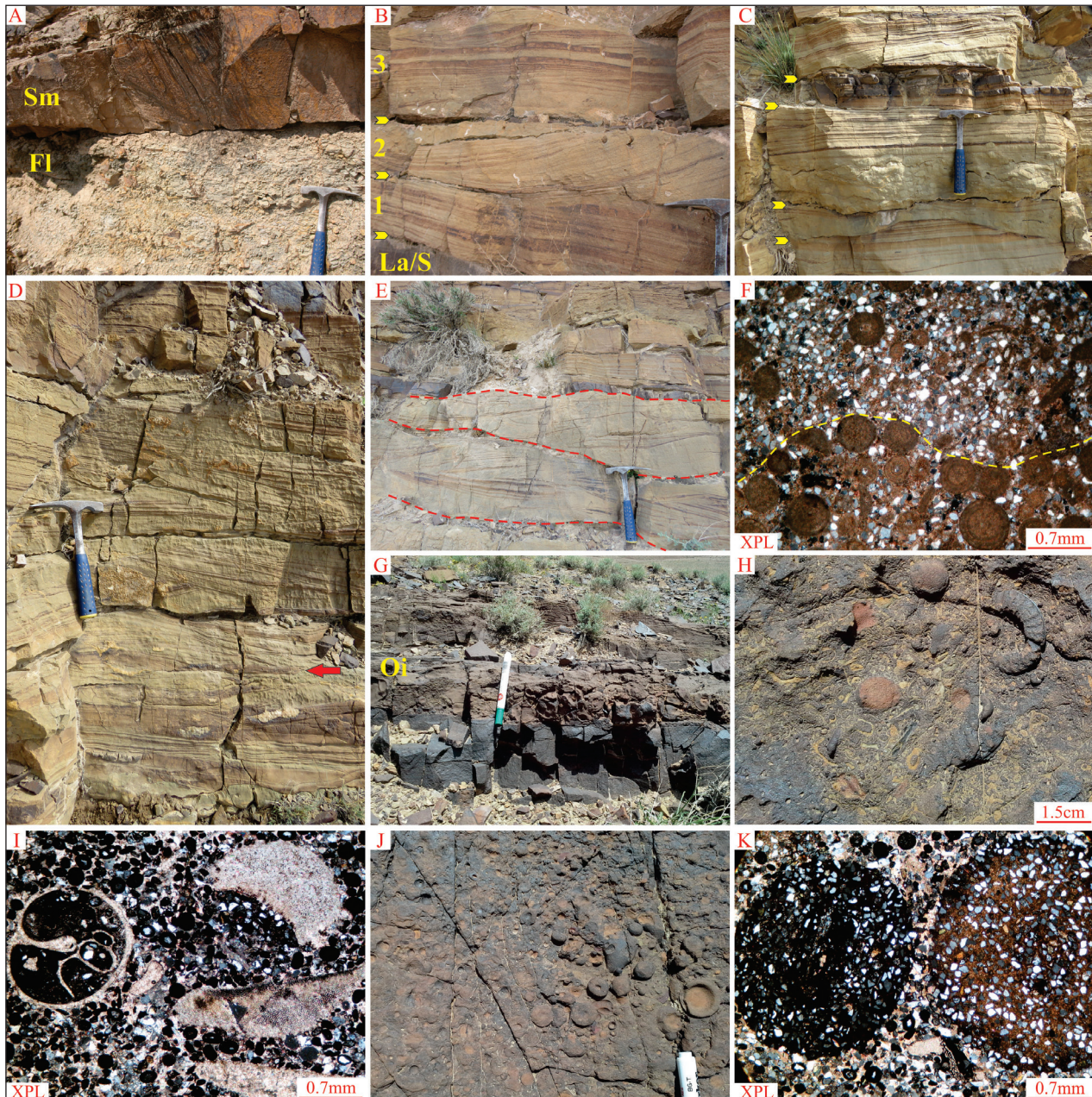
### ۴-۴. مدل رسوب‌گذاری

آنالیز رخساره‌ها نشان می‌دهد که رخساره‌های آلیتی در نهشته‌های سازند بادامو به صورت غالب مشاهده می‌شود. به طور کلی، رخساره‌های آلیتی در سه مدل اصلی پشته‌های سدی (bank-margin shoal; Sparks and Rankey, 2013; Purkis et al., 2014) گوه‌های پیشرونده زیرساحلی (infaerallittoral prograding wedge; Mateu-Vicens et al., 2008; Pomar et al., 2015) و سواحل و پشته‌های ساحلی (beaches and beach ridges; Tamura, 2012; Mauz et al., 2013) قابل بحث و بررسی هستند. در بیشتر مطالعات سنگ‌های آهکی، رخساره‌های گرینستون آئیدی در مدل پشته‌های سدی (Bahama bank oolites) بحث و تفسیر می‌شوند که در مورد سازند بادامو نیز ارائه شده است (خردمند و همکاران، ۱۳۸۲؛ Mohammadi Ghiasabadi et al., 2014). اما مشخصات ساخت و بافت رسوبی در لیتوفاسیس‌های شناسایی شده سازند بادامو در برش مورد مطالعه منعکس‌کننده رسوب‌گذاری در محیط‌های حاشیه ساحلی (shoreface) است و نمی‌توان در برش

توصیف: این رخساره تنها در انتهای بخش میانی توالی مورد مطالعه و در مجموعه لایه‌هایی به ضخامت ۷ متر مشاهده می‌شود و از رخساره‌های منحصر به فرد سازند بادامو بوده که تاکنون تنها در برش بلبلوئیة معرفی شده است (زندمقدم و رحیمی‌نژاد، ۱۳۹۵). آلیت‌های آهن‌دار در اندازه‌های ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر (بین ۲۰ تا ۵۰ درصد) همراه با پوسته‌های مختلف فسیلی با اندازه‌های بزرگ‌تر از ۰/۵ میلی‌متر از قبیل گاستروپودا (۲ تا ۲۲ درصد)، خارپوست (۲ تا ۱۵ درصد)، دوکفه‌ای (کمتر از ۸ درصد) و

هر دو مدل، امواج و جریان‌های توفانی به عنوان مهم‌ترین فرایندها در تولید رسوبات به شمار می‌روند؛ اما با توجه به مشاهده نشدن مجموعه طبقات مورب بزرگ مقیاس گوه‌های شکل (builds of clinodded lithosome or clinothem) دارای شیب زیاد (یونیمدال) به سمت بخش‌های داخلی تر حوضه (Pomar et al., 2015) در نهشته‌های مورد مطالعه، نمی‌توان آنها را در مدل گوه‌های پیشرونده ساحلی در نظر گرفت.

مورد مطالعه گستره‌ای از مناطق ساحلی تا دریای عمیق را مشاهده کرد. از این رو مدل پشته‌های سدی که اغلب با گسترش اندک در محیط‌های کم‌عمق ساب‌تایدال تشکیل می‌شوند؛ نمی‌تواند پاسخگوی حجم بالای نهشته‌های آلئیتی در ناحیه مورد مطالعه باشد. این در حالی است که در دو مدل گوه‌های پیشرونده ساحلی و سواحل و پشته‌های ساحلی، رخساره‌های آلئیتی می‌توانند در مقیاس گسترده تشکیل شوند. در

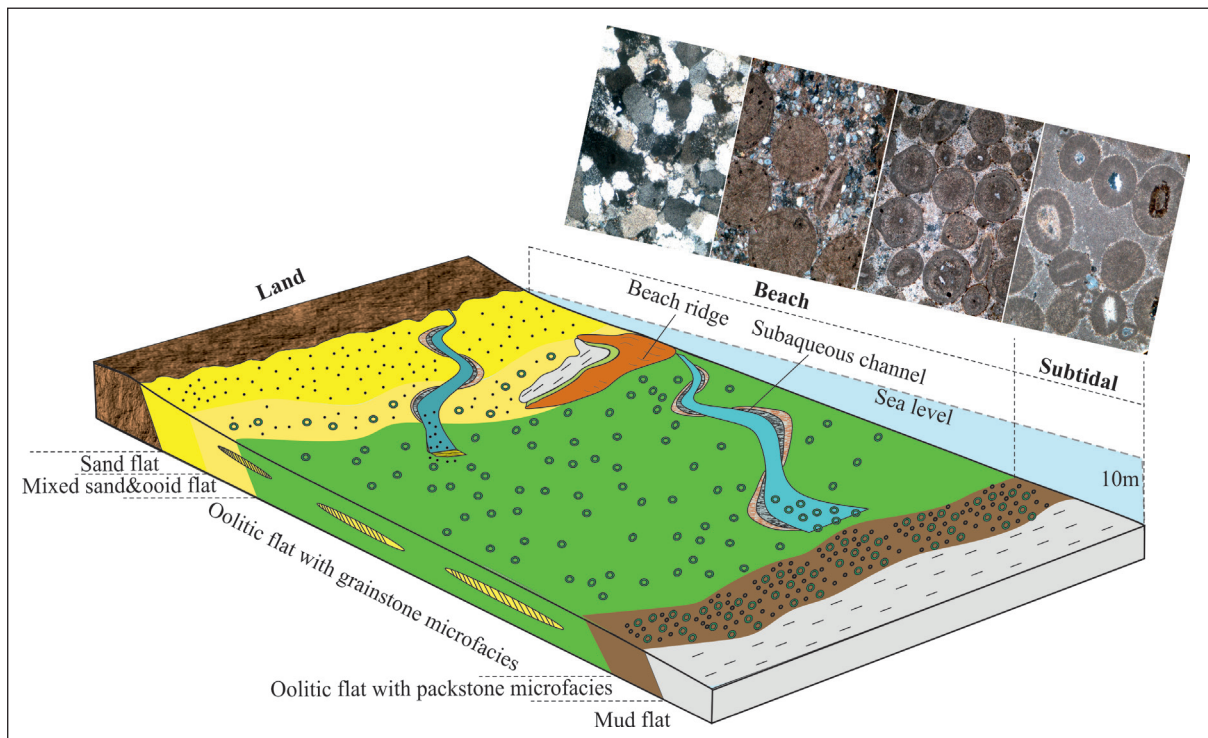


شکل ۴- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی برخی از رخساره‌های سازند بادامو؛ (A) رخساره دانه ریز گل‌سنگی (Fl) در زیر رخساره ماسه‌سنگی؛ (B) نمایی از رخساره هترولیتیکی آهکی- ماسه‌سنگی. لایه‌های تیره ماسه‌سنگی و لایه‌های روشن آهکی هستند. در این تصویر سه دسته رخساره هترولیتیکی مشاهده می‌شود که با مرزی مشخص روی یکدیگر قرار گرفته‌اند؛ (C) همراهی رخساره‌های هترولیتیکی با افق‌های حادثه‌ای. نوک پیکان‌ها نشان‌دهنده سطوح فرسایشی و مشخص میان دسته‌های رخساره‌ای است. (D) نمایی عمودی از تبدیل رخساره‌های هترولیتیکی با ساخت‌های مختلف موازی تا مورب به یکدیگر. نوک پیکان نشان‌دهنده طبقات مورب پشته‌ای در این مجموعه رخساره‌ای است؛ (E) دسته جات مختلف هترولیتیکی با مرزی فرسایشی و گسترش جانبی اندک و طرح جهت جریان بایمدال (معرف شکل‌گیری در کانال‌های ساحلی)؛ (F) حالت ریبلی در تصاویر میکروسکوپی از رخساره‌های هترولیتیکی به وضوح مشخص می‌شود؛ (G) نمایی از لایه‌های آلئیتی آهن‌دار. یکی از مهم‌ترین لایه‌های آلئیتی، افقی دانه درشت از ذرات مختلف فسیلی و پیل‌های ماسه‌سنگی است که به‌صورت جانبی ضخامت آن کاهش و یا افزایش می‌یابد؛ (H و I) نمایی صحرایی نزدیک و تصویر میکروسکوپی از لایه‌های پر فسیل آهن‌دار. همان‌طور که در تصویر I مشخص است، ذرات کوآرتز همراه با رس‌های آهن‌دار به‌صورت آواری وارد حجرات گاستروپودا شده‌اند. (J و K) نمای صحرایی نزدیک و تصویر میکروسکوپی از پیل‌های ماسه‌سنگی. این پیل‌ها اغلب کروی شکل و دارای یک هسته هستند که دور آنها ذرات آواری در اندازه ماسه ریز و گل قرار دارد.



به نظر می‌رسد که رخساره‌های آلیتی سازند بادامو در برش مورد مطالعه با مدل ساحلی و پشته‌های ساحلی قرابت بیشتری داشته باشند (شکل ۵).

این در حالی است که مجموعه طبقات مورب سازند بادامو کم‌شیب بوده و الگوی جهت جریان در آنها اغلب به صورت بایمدال و بعضاً بایپولار است. از این رو، محتمل



شکل ۵- شکل شماتیک سه‌بعدی از محیط رسوبی سازند بادامو در برش بلبلویه. نهشته‌های آلیتی و رخساره‌های همراه آن در سازند بادامو اغلب در پهنه ساحلی (beach) و در زیر محیط حاشیه ساحلی (shoreface) بر جا گذاشته شده‌اند. گسترش پشته‌های ساحلی در این مدل کم است و کانال‌های ساحلی که اغلب تحت تأثیر امواج و جزرومد بوده اند نیز می‌توانند سبب ایجاد انواع رخساره‌های کانالی در نهشته‌های سازند بادامو شده باشند. همان‌طور که در این تصویر مشخص است، رخساره‌های ماسه‌سنگی در بخش‌های بالایی ساحل (خط ساحلی) و رخساره‌های کربناته اوولیتی به سمت دریا تشکیل شده‌اند. رخساره‌های هترولیتیکی نیز می‌توانسته‌اند در منطقه‌ای حدواسط رخساره‌های کربناته آلیتی و ماسه‌سنگی تشکیل شوند.

عبارتند از: اختلاف بین پشته‌ها و فرورفتگی‌ها (پشته‌های کوچک یا بزرگ)، میزان تجمع رسوب روی ساحل در نتیجه پیشروندگی خط ساحلی و تفکیک و شناسایی ساخت‌های رسوبی داخلی. مجموعه طبقات مورب سازند بادامو عمدتاً کم‌زاویه هستند (شامل مجموعه رخساره‌های Lal, Lah و La (Sp) و گسترش جانبی آنها به بیش از ۳۰ متر می‌رسد. از این رو، پشته‌های ساحلی در ساحل پیشرونده سازند بادامو چندان گسترده به نظر نمی‌رسند؛ اما نهشته‌های ساحلی موجود در پشت تپه‌ها از گسترش بیشتری برخوردار هستند. مشخصات بافت، ساخت و ترکیب رخساره‌ها می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عوامل کلیدی در تفکیک و تفسیر پشته‌های ساحلی عمل کند؛ به طوری که پشته‌های گراولی نسبت به پشته‌های ماسه‌ای ارتفاع بیشتری از سطح میانگین امواج دارند و اغلب در طی امواج انرژی بالا (بالاخص جریان‌های توفانی) حاصل می‌شوند (Otvos, 2000; Plater et al., 2009). با توجه به اینکه رخساره‌های دانه‌درشت در نهشته‌های سازند بادامو نسبت به رخساره‌های متوسط‌دانه (در اندازه ماسه) گسترش بسیار کمتری دارند؛ به نظر می‌رسد که پشته‌های کالک‌آرنایتی و هترولیتیکی آهکی- ماسه‌سنگی سازند بادامو در اثر پیشروی بخش جلویی ساحل (beachface)، در نوسانات اندک آب دریا و تحت تأثیر امواج عادی (fair-weather) تشکیل شده‌اند (برای این تفسیر می‌توان به مطالعات، Hesp (2006), Otvos (2000), Anthony (2009) و Tamura (2012) اشاره کرد). در نهشته‌های مورد مطالعه، توالی رخساره‌های متشکل از لایه‌ها و لامیناسیون‌های مربوط به پشته‌های ساحلی توسط

سواحل و پشته‌های ساحلی در برگیرنده زیرمحیط‌های اینترتایدال و یا سوپرتایدالی است که اغلب تحت تأثیر امواج هستند و توسط طبقات مورب بزرگ مقیاس با زاویه کم مشخص می‌شوند (Tamura, 2012; Mauz et al., 2013). پشته‌های ساحلی شامل تپه‌های کشیده شده به موازات ساحل هستند که اغلب در سواحل پیشرونده (prograded beaches) تشکیل می‌شوند. واژه پشته‌های ساحلی برای اولین بار توسط Redman (1852) معرفی شد. وی امواج توفانی را مهم‌ترین فرایند در تشکیل پشته‌ها می‌داند. بعدها محققین دیگری (Stapor, 1975; Taylor and Stone, 1996; Otvos, 2000) تأثیر فرایندهای مختلف (رودخانه، باد، امواج و جزر و مد) را در شکلگیری این عوارض بررسی کردند. اغلب این پشته‌ها از توده‌های ماسه‌ای تشکیل شده که به سمت دریا رشد کرده‌اند و اندازه آنها تابعی از فعالیت جزرومد، امواج و مورفولوژی ساحل است. در حالت نرمال، این پشته‌ها دارای چند متر ارتفاع و ده‌ها متر عرض هستند و مجموعه آنها توسط سطوح فرسایشی از یکدیگر جدا می‌شوند. مجموعه پشته‌های ساحلی می‌توانند با گسترش ده‌ها کیلومتر در طول خط ساحلی گسترش یابند و مجموعه طبقات مورب بزرگ مقیاس کم‌زاویه ای (کمتر از ۱۰ درجه) را تشکیل دهند که شیب لامیناسیون‌ها در آنها به سمت دریا و یا خشکی است؛ با این وجود، شیب به سمت دریا غالب‌تر است (Bristow and Pucillo, 2006; Buynevich et al., 2007). به طور کلی، تشخیص و توصیف پشته‌های ساحلی بر اساس ۳ مورد انجام می‌گیرد (Tamura, 2012) که

کالک آرنایتی آلیتی) است. رخساره La بیشترین گسترش را در نهشته‌های سازند بادامو دارد و بر اساس ساخت و بافت رسوبی به ۶ زیررخساره Lah، Lal، Lap، Lam، Lar و Lat تقسیم‌بندی می‌شود که اغلب دارای میکروفاسیس گرینستون آلیتی هستند. مجموعه رخساره آواری نیز شامل ۷ لیئوفاسیس، Gcm، Gmg، Gp، Sp، Sm، Sh و Fl است که در ۳ مجموعه کنگلومرای، ماسه‌سنگی و گل‌سنگی تقسیم‌بندی شده‌اند. علاوه بر ۲ مجموعه رخساره‌ای فوق، ۲ مجموعه رخساره هترولیتیکی آهکی-ماسه‌سنگی (La (Sp)) و سنگ آهن آلیتی (Oi) نیز شناسایی شده است. مشخصات بافت و ساخت رسوبی (همچون لایه‌بندی موازی، طبقات مورب با الگوی جهت جریان بایمدال و بایولار، طبقات مورب درهم و پشته‌ای، سطوح دوباره فعال شده، ریپل‌مارک‌های موجی و آثار باران) در رخساره‌های شناسایی شده همراه با فقدان نهشته‌های عمیق دریایی نشان می‌دهد که نهشته‌های آلیتی سازند بادامو در برش مورد مطالعه در مدل ساحل و پشته‌های ساحلی تشکیل شده‌اند. به طوری که گرینستون‌های آلیتی و ماسه‌سنگ‌های کوارتز آرنایتی و چرت آرنایتی و رخساره‌های هترولیتیکی آهکی-ماسه‌سنگی در زیرمحیط حاشیه ساحلی و بعضاً پشته‌های ساحلی، پکستون- و کستون‌های آلیتی و گل‌سنگ‌ها در نواحی دور از ساحل و لاگون ساب‌تایدال، رخساره‌های کنگلومرای و بعضاً آهک‌های کلسی‌رودایتی در کانال‌های ساحلی و در طی جریان‌های توفانی (رخساره‌های تمپستایت) تشکیل شده‌اند. رخساره‌های آهن‌دار آلیتی نیز می‌توانند بر اثر ورود رس‌های آواری حاوی آهن در محیط کم‌عمق حاشیه ساحلی و در طی مراحل مختلف دپازنر تشکیل شده باشند.

چندین سطح منقطع (truncation surface) به واحدهای مجزایی تفکیک شده‌اند. به عقیده Tamura et al. (2008) سطوح منقطع می‌توانند بر اثر عقب‌نشینی آب دریا و یا توسط رویدادهای ناگهانی انرژی بالا همچون جریان‌های توفانی تشکیل شده باشند. در قاعده این سطوح ساخت‌های کنده شده و پر شده (cut and fill structures) مشاهده شده و روی آنها پیل‌های گرد شده‌ای و از جنس رخساره‌های زیرین (کالک آرنایت آلیتی) مشاهده می‌شود (رخساره‌های Lr و Gmm). به دنبال این پیل‌ها، لایه‌ها و لامیناسیون‌های آهکی (مجموعه رخساره‌های La) و بعضاً هترولیتیکی سنگ‌آهک و ماسه‌سنگ (La (Sp)) تشکیل شده است. هر کدام از این واحدها (سیکل‌های ریزشونده) می‌توانند منعکس‌کننده دوره‌ای از تجمع نهشته‌های ساحلی (beach accretion) باشند. مطالعات زنده‌مقدم (۱۳۹۶) نشان داد که این سطوح اغلب در اثر جریان‌های توفانی حاصل شده و مجموعه نهشته‌های آنها در قالب رخساره‌های حادثه‌ای و در زمان افزایش محسوس آب دریا و غالب شدن شرایط رسوب‌گذاری کربناته نسبت به آواری راسب شده‌اند.

## ۵- نتیجه‌گیری

سازند بادامو در برش مورد مطالعه اغلب از سنگ‌آهک‌های آلیتی و بعضاً میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی و گل‌سنگی به ضخامت ۱۴۴ متر تشکیل شده است. آنالیز رخساره‌ها بر اساس مطالعات بافتی و ساختی در صحرا و آزمایشگاه، منعکس‌کننده ۴ مجموعه رخساره‌ای و ۱۶ رخساره سنگی است. مجموعه رخساره کربناته شامل ۲ لیئوفاسیس اصلی Lr (سنگ‌آهک کلسی رودایتی) و La (سنگ‌آهک

## کتابنگاری

- خرمدند، ع.، لاسمی، ی. و سیدامامی، ک.، ۱۳۸۲- رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی سازند بادامو در اطراف زرنند کرمان، فصلنامه علوم زمین ۴۹-۵۰، صص. ۱۴ تا ۳۱.
- زنده‌مقدم، ح.، ۱۳۹۶- آنالیز رخساره‌های حادثه‌ای (اونتایت‌ها) در سازند بادامو واقع در شرق کرمان: تمپستایت یا اینترنالت؟ سومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران- تهران، صص. ۲۶۱ تا ۲۶۷.
- زنده‌مقدم، ح. و رحیمی‌نژاد، ا. ح.، ۱۳۹۵- مطالعه فسیل‌های آهن‌دار بی‌مهرگان ژوراسیک در سازند بادامو در شرق کرمان، جنوب ایران مرکزی. دهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه فرهنگیان نیشابور، ۸۰ تا ۸۴.

## References

- Aghanabati, S. A., 1975- Etude geologique de la region de Kalmard (W. Tabas). Stratigraphie et tectonique. Geological Survey of Iran Report 53, 1-239.
- Anthony, E. J., 2009- Shore Processes and Their Palaeoenvironmental Applicatons. Developments in Marine Geology No. 4. Elsevier, Amsterdam. 519 pp.
- Bádenas, B., Pomar, L., Aurell, M. and Morsilli, M., 2012- A facies model for internalites (internal wave deposits) on a gently sloping carbonate ramp (Upper Jurassic, Ricla, NE Spain). Sedimentary Geology 271-272, 44-57.
- Bristow, C. S. and Pucillo, K., 2006- Quantifying rates of coastal progradation from sediment volume using GPR and OSL: the Holocene fill of Guichen Bay, south-east South Australia. Sedimentology 53, 769-788.
- Buynevich, I. V., FitzGerald, D. M., and Goble, R. J., 2007- A 1500 yr record of North Atlantic storm activity based on optically dated relict beach scarps. Geology 35, 543-546.
- Dahanayake, K. and Krumbein, W. E., 1985- Microbial structures in oolitic iron formations. Mineral Deposits 21, 85-94.
- Davies, C., Allen, M. B., Buslov, M. M., and Safonova, I., 2010- Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: Insights into the Permian- Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 295, 307-322.
- Davis, R. A., 2012- Tidal signatures and their preservation potential in stratigraphic sequences. In: Davis, R.A., Dalrymple, R.W. (Eds.), Principles of Tidal Sedimentology. Springer, Heidelberg, pp. 35-55.
- Dubois, D. and Icole, M., 1977- Les formation à oolite ferrugineuses du Bassin des Iullemeden (Niger Occidental) et les cuirassement ulterieurs. Abstract 5th Ann. Reunion, Sci. de la Terre, p.207.

- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham, W.E. (ed.), Classification of carbonate rocks – a symposium: American Association of Petroleum Geologists, 1, 108-121.
- Folk, R. L., 1980- Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 182p.
- Grabau, A. W., 1904, On the classification of sedimentary rocks. American Geologists 33, 228-247.
- Harder, H., 1989- Mineral genesis in ironstones: A model based upon laboratory experiments and petrographic observation. Spec. Publ. Geol. Soc. Lond. 46, 918p.
- Hesp, P. A., 2006- Sand beach ridges: definitions and re-definition. Journal of Coastal Research Special Issue 39, 72–75.
- Higgs, K. E., King, P. R., Raine, J. I., Sykes, R., Browne, G. H., Crouch, E. M., Baur, J. R., 2012- Sequence stratigraphy and controls on reservoir sandstone distribution in an Eocene marginal marine- coastal plain fairway, Taranaki Basin, New Zealand. Marine and Petroleum Geology 32, 110-137.
- Lasemi, Y., Jahani, D., Amin-Rasouli, H. and Lasemi, Z., 2012- Ancient carbonate tidalites. In: Davis, R.A., Dalrymple, R.W. (Eds.), Principles of Tidal Sedimentology. Springer, Heidelberg, 567-607.
- Mateu-Vicens, G., Pomar, L. and Tropeano, M., 2008- Architectural complexity of a carbonate transgressive systems tract induced by basement physiography. Sedimentology 55, 1815-1848.
- Mauz, B., Hijma, M. P., Amorosi, A., Porat, N., Galili, E. and Bloemendal, J., 2013- Aeolian beach ridges and their significance for climate and sea level: concept and insight from the Levant coast (East Mediterranean). Earth Science Review 121, 31-54.
- Miall, A. D., 1985- Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Science Review 22, 261-308.
- Mohammadi Ghiasabadi, Kh., Mirab Shabestari, Gh. and Khazaei, A., 2014- Microfacies, sedimentary environment and geochemistry of the Badamu Formation (Lower-Middle Jurassic) in Lut Block, east of Iran. Journal of Tethys 2(1), 29–44.
- Myrow, P. M., 2005- Storms and storm deposits. In: Selley, R.C., Cocks, R., Pilmer, I. (Eds.), Encyclopedia of Geology. Elsevier Limited, Oxford, UK, 580–587.
- Nadimi, A., 2007- Evolution of the Central Iranian basement, Gondwana Research 12, 324-333.
- Otvos, E. G., 2000- Beach Ridges-definitions and significance. Geomorphology 32,
- Plater, A. J., Stupples, P. and Roberts, H. M., 2009- Evidence of episodic coastal change during the Late Holocene: the Dungeness barrier complex, SE England. Geomorphology 104, 47–58.
- Pomar, L., Aurell, M., Badenas, B., Morsilli, M. and Al-Awwad, S. F., 2015- Depositional model for a prograding oolitic wedge, Upper Jurassic, Iberian basin. Marine and Petroleum Geology 67, 556-582.
- Purkis, S., Kerr, J., Dempsey, A., Calhoun, A., Metsamaa, L., Riegl, B., Kourafalou, V., Bruckner, A. and Renaud, P., 2014- Large-scale carbonate platform development of Cay Sal Bank, Bahamas, and implications for associated reef geomorphology. Geomorphology 222, 25-38.
- Rahiminejad, A. H. and Zand-Moghadam, H., 2018- Synsedimentary formation of ooidal ironstone: an example from the Jurassic deposits of SE central Iran. Ore Geology Review 95, 238-257.
- Redman, J. B., 1852- On the alluvial formations, and the local changes of the south coast of England. Minutes of Proceedings Institution of Civil Engineers 11, 162–223.
- Seyed-Emami, K., 1967- Zur Ammoniten-Fauna und Stratigraphie der Badamu-Kalke (Jura, oberes Unterloarcium bis minieres Bajocium) bei Kerman. PhD Thesis. Ludwig-Maximilians Univ. München. 1-180.
- Seyed-Emami, K., 1988- Eine Ammoniten-Fauna aus der Badamu-Formation (t'nterbajocium. sauzei-Zone) westlich von Kerman (Zentraliran). Paläont. Z. 62, 71-86.
- Simone, L., 1981- Ooids: A review. Earth-Science Review 16, 319-355
- Sparks, A. G. and Rankey, E. C., 2013- Relations between geomorphic form and sedimentologic-stratigraphic variability: Holocene ooid sand shoal, Lily Bank. Bahamas. American Association Petroleum Geology Bulletin 97, 61-85.
- Stapor, F. W., 1975- Holocene beach-ridge plain development, northwest Florida. Zeitschrift für Geomorphologie suppl. Bd. 22, 116–144.
- Strand, K., 2005- Sequence stratigraphy of the siliclastic east Puolanka Group the Palaeoproterozoic Kainuu Belt, Finland. Sedimentary Geology 176, 149-166.
- Tamura, T., 2012- Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records. Earth Science Review 114, 279-297.
- Tamura, T., Murakami, F., Nanayama, F., Watanabe, K. and Saito, Y., 2008- Groundpenetrating radar profiles of Holocene raised-beach deposits in the Kujukuri strand plain, Pacific coast of eastern Japan. Marine Geology 248, 11–27.
- Taylor, M. J. and Stone, G. W., 1996- Beach-ridges: a review. Journal of Coastal Research 12, 612–621.
- Tewari, R. C., Nath Hota, R. and Maejima, W., 2012- Fluvial architecture of Early Permian Barakar rocks of Korba Gondwana basin, eastern-central India. Journal of Asian Earth Sciences 52, 43-52.

- Zand-Moghadam, H., Moussavi-Harami, R. and Mahboubi, A., 2014- Sequence stratigraphy of the Early-Middle Devonian succession (Padeha Formation) in Tabas Block, East-Central Iran: Implication for mixed tidal flat deposits. *Palaeoworld* 23, 31-49.
- Zand-Moghadam, H., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A. and Aghaei, A., 2016- Lithofacies and sequence stratigraphic analysis of the Upper Jurassic siliciclastics in the eastern Kopet-Dagh Basin, NE Iran. *Journal of African Earth Sciences* 117, 48-61.
- Zand-Moghadam, H., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A. and Bavi, H., 2013- Comparison of tidalites in siliciclastic, carbonate, and mixed siliciclastic-carbonate Systems: examples from Cambrian and Devonian deposits of East-Central Iran. *ISRN Geology*.

# Oolitic facies analyses of Badamu Formation at the southeast of Kerman, south of Tabas block: a pattern of beach and beach ridges

H. Zand-Moghadam<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

Received: 2017 May 28

Accepted: 2017 September 18

## Abstract

The Badamu Formation with Middle-Upper Jurassic (late Toarcian-Early Bajocian) age introduced as the third the formation of Shemshak Group in the Central Iran that for facies studies and depositional environment, the Bolbolueih section in SE Kerman with a thickness 144m was selected and sampled. Facies analyses of the Badamu Formation led to identification of 16 lithofacies that were classified into four facies associations including carbonate, siliciclastic, hetrolithic carbonate-siliciclastic and oolitic ironstone. The important facies of the Badamu Formation in studied section is oolitic calcarenite facies (La) that according to textural and structural features classified into six lithofacies (Lah, Lal, Lap, Lam, Lar and Lat). The sorted ooides in grainstone microfacies accompanied by structural evidences such as cross-bedding with bimodal to bipolar palaeocurrents, hummocky and herringbone cross-beds, reactivation surfaces, wavy ripple marks and rain drop imprints reveal that this facies were deposited in shallow beach environment. Textural and structural characterizes in the associated facies (sandstone and hetrolithic fasies) such as high textural and compositional maturity and flaser bedding is consistent with this interpretation. Vertical and lateral accretions of the recognized facies show that the Badamu Formation successions have been deposited in a shoreface subenvironment in the beach and beach ridges model framework.

**Keywords:** Oolitic facies analyses, Beach environment, Badamu Formation, Middle-Upper Jurassic, SE Kerman

For Persian Version see pages 83 to 94

\*Corresponding author: H. Zand-Moghadam; E-mail: Zand1883@uk.ac.ir