پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی
سال سی و یکم، شماره پیاپی ٦١، شماره چهارم، زمستان ١٣٩٤
تاریخ وصول: ١٣٩٣/١٢/٢ تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٦/٩
صص ٨٧-١٠٤

رخساره‌ها، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سنگ‌های کربونیفر زبرین- پرمین زیرین ناحیه ازبک‌کوه (برش زلدو)، شرق ایران مرکزی

محمدنبی گرگیج، *استادیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران*
علی احمدی، *استادیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران*
فاطمه برائی‌نژاد، *کارشناس ارشد زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران**

چکیده

برش زلدو در کوه‌های ازبک‌کوه و در بخش شمالی بلوک طبس قرار گرفته است و از نظر سنگ‌شناسی شامل شیل، ماسه‌سنگ آهکی، سنگ-آهک و دولومیت می‌باشد. ارتباط پیوسته بالاترین افق‌های کربونیفر بالایی و پایین‌ترین افق‌های پرمین زیرین در برش زلدو کاملاً نمایان است. مرز پایین این توالی با یک ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند آبشنی از گروه سردر قرار گرفته است. مرز بالای این توالی نیز توسط یک سطح ناپیوسته و افق بوکسیتی از سازند باغ‌ونگ جدا می‌شود. بر طبق مطالعات سنگ‌شناختی و میکروسکوپی، زیرمحیط‌های پهنه جزر و مدی، لاگون، سد، گذرگاه جزر و مدی و دریای باز در این توالی شناسایی شده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که برش زلدو در کربونیفر پسین در یک رمپ هموکلینال مخلوط آواری- کربناته و در پرمین پیشین در یک رمپ هموکلینال کربناته نهشته شده است. مشاهدات صحرایی، مطالعه رخساره‌ها و بررسی‌های سکانسی، به شناسایی سطوح اصلی چینه‌نگاری سکانسی مانند مرز سکانسی، سطح حداکثر عمق، سطح سیلاب دریایی، دسته‌های رخساره‌ای و دو سکانس ته‌نشستی، در این برش منجر شده است.

کلیدواژه‌ها: برش زلدو، ازبک‌کوه، محیط‌رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، مرز کربونیفر پسین- پرمین پیشین

---

* نویسنده مسؤول: ٠٩١٣٢٩٦٣٨٥٨ Email: fatemehboraei@yahoo.com

مقدمه

برش زلدو در دره‌ای به همین نام (دره زلـدو) و در کـوه تیـغ معدنو در روستای گوشه‌کمر، ناحیـه ازبـک کـوه و در بخـش شـمالی بلـوک طـبس قـرار گرفتـه اسـت. بـرش زلـدو ١٦٤ کیلومتری جاده اصـلی طـبس- درونـه- بردسـکن قـرار دارد (شکل ۱). مختصات جغرافیایی این برش، " ۳۳´ ۱۱° ۵۷ طول شرقی و " ٤١ ´٣٩° ٣٤ عرض شمالی اسـت. امتـداد عمـومی لایه‌ها N 5°E و شیب عمومی لایه‌ها 45°NW می‌باشد. بـرش مورد مطالعه بین سازند آبشنی از گروه سردر و سازند باغ‌ونگ قرار دارد. این نهشته‌ها شامل دو سازند زلدو در بخش زیـرین و سـازند تیـغ معـدنو در بخـش بـالایی (Leven and 2003 Taheri؛ Leven et al. 2006) می‌باشند که با عنوان گـروه انـارک معرفـی شـده‌انـد (Leven et al. 2006 ؛ Leven and 2011, 2008 Gorgij). مرز بین سازندهای زلدو و تیـغ معـدنو بـه صـورت پیوسته می‌باشد. برش زلدو با یـک ناپیوسـتگی فرسایشـی در قاعده آغـاز و در نهایـت نیـز بـه یـک سـطح ناپیوسـته خـتم می‌شود. به طور کلی برش زلدو از واحدهای شیل، کنگلـومرا، ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک ماسه‌ای، سنگ‌آهک و دولومیت تشکیل شده است. بـر مبنـای مطالعـات بیواسـتراتیگرافی و شناسـایی فوزولینیـــــــــــدهایی از قبیــــــــــــل: Ruzhentzevites، Rauserites، Andersonites و Praepsudofusulina سن سـازند زلدو قزلین- آسلین پیشـنهاد شـده اسـت (Leven and Taheri 2003). سازند تیغ‌معدنو فاقد محتویات فسیلی است و با توجه به موقعیت چینه‌شناسی سن ساکمارین برای آن در نظر گرفتـه شده است (Leven and Gorgij 2011).

هدف از بررسی

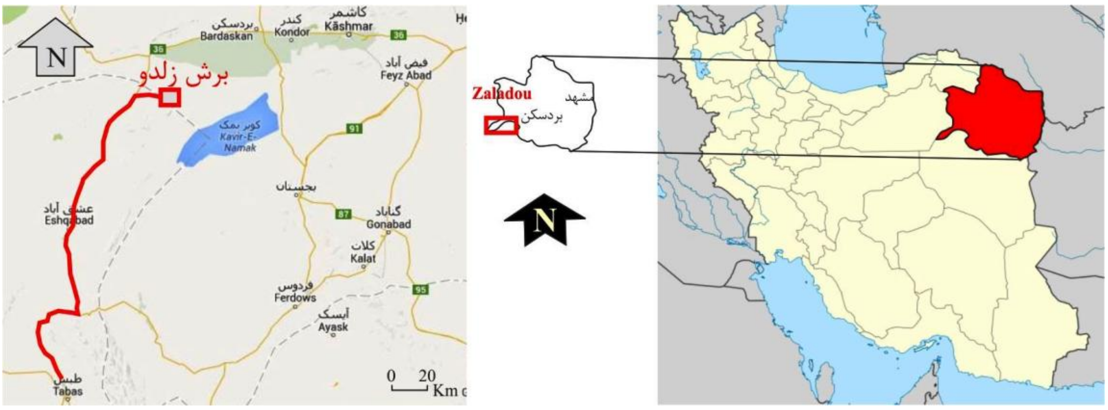
در ایـن پـژوهش سـعی بـر آن اسـت تـا بـا بررسـی دقیـق رخساره‌ها، بازسازی محیط رسوبی و شناسایی افق‌های کلیدی چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های کربونیفر بالایی- پرمین زیرین ناحیه ازبک‌کوه (بـرش زلـدو)، تصـویر صـحیحی از مراحـل تکوین رسوبی و چینه‌نگاری حوضه رسوبی مربوط بـه زمـان اواخر کربونیفر و اوایل پرمین ارائه گردد.

روش کار

جهت انجام مطالعات چینه‌نگاری سنگی، شناسایی رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی مـرز کربـونیفر پسـین- پرمین پیشین، در بازدید از برش زلدو با پیمایش توالی و ثبت اطلاعات، واحدهای سنگی توصیف و جهت انجام مطالعـات، بر اساس اصول و مبـانی مطالعـات سیسـتماتیک صـحرایی و متناسب با تغییرات رخساره‌ای و با توجه به تعداد سیکل‌هـای رسوبی، نمونه‌برداری انجام پذیرفت و تعداد ۱۳۰ برش نـازک میکروسکوپی تهیه گردید. برش‌های نـازک میکروسـکوپی در جهت لایه‌بندی و عمود بر آن می‌باشند. با استفاده از اطلاعات حاصل از مطالعه برش‌های نازک، محیط رسـوبی ایـن بخـش تعبیر و تفسیر گردید. برای نام‌گذاری رخساره‌های کربناتـه از روش نـام‌گـذاری Dunham (1962) و Embry and (1971) Klovan استفاده شده است. همچنین بررسی تغییرات جـانبی و عمودی رخساره‌ها و مقایسه آن‌ها با محیط‌های رسوبی عهد حاضـر بـا بهـره‌گیـری از منـابع Wilson (1975)، (1989) Carozzi، Tucker and Wright (1990)، Burchette (1992) and Wright و Flügel (2010) صورت گرفته اسـت. در ایـن مرحلـه عـلاوه بـر شناسـایی رخسـاره‌هـای میکروسـکوپی سنگ‌های کربناته، نمودار تغییـرات رخسـاره‌ای ترسـیم شـده است.

همچنـــین در مطالعـــات صـــحرایی الگـــوی برانبـــارش پاراسکانس‌ها ثبت و در نهایت، سطوح کلیـدی چینـه‌نگـاری سکانسـی از قبیـل سـطح حـداکثر عمـق[1] (mfs)، مرزهـای سکانسـی[2] (SB)، سـطح پیشـرونده[3] (TS)، سـطح سـیلاب دریایی[4] (Mfs) مورد شناسایی قرار گرفـت. تجزیـه و تحلیـل اطلاعات چینه‌نگاری سکانسی بر اساس مدل جدید اکسون[5] و مدل استاندارد آن (Catuneanu et al. 2009) صـورت گرفتـه است.

[1] maximum flooding surface
[2] Sequence Boundry
[3] Transgressive Surface
[4] Marine flooding surface
[5] Exxon



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به برش زلدو

رخساره‌های شناسایی شده در سنگ‌های آهکی برش زلدو

بر اساس بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی و همچنین تجزیه و تحلیل‌های سنگ‌شناسی و میکروسکوپی، در سنگ‌های کربناته کربونیفر- پرمین برش زلدو چندین گروه رخساره‌ای شناسایی شده است. زیرمحیط‌های رسوبی به ترتیب دور شدن از ساحل عبارتند از: ۱- پهنه جزر و مدی (T)[1] ۲- لاگون نیمه محصور و باز (L)[2] ۳- گذرگاه جزر و مدی (I)[3] ٤- سد (B)[4] ۵- دریای باز (O)[5].

گروه رخساره‌های زیرمحیط پهنه جزر و مدی (T)

پتروفاسیس کوارتز آرنایت[6]

این رخساره از ۹۵ درصد کوارتز با جورشدگی و گردشدگی خوب و کمتر از ۲٪ ذرات و دانه‌های اسکلتی تشکیل شده است که در زمینه‌ای از سیمان سیلیسی قرار گرفته‌اند. رخساره مذکور در بخش زیرین منطقه بین جزر و مدی تحتانی[7] نهشته شده است. در برخی نمونه‌ها، خرده‌های اسکلتی نیز مشاهده شده‌اند (شکل ۲ A).

رخساره T2: مادستون[8]

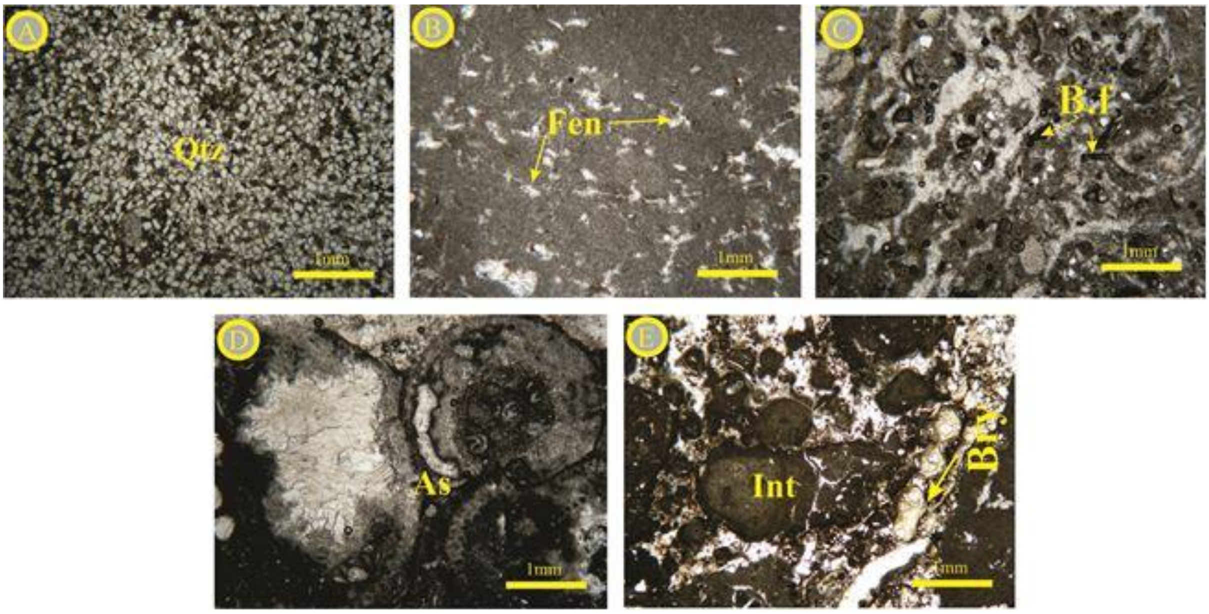
این رخساره غالباً به صورت مادستون دیده می‌شود و دارای مقادیر ناچیزی از دانه‌های کوارتز و فاقد دانه‌های اسکلتی است. ویژگی شاخص این رخساره، وجود حفرات چشم پرنده‌ای یا فابریک فنسترال است که مبین خروج از آب می‌باشد. آثار خشک شدگی در متن میکرایتی مشاهده می‌شود. این رخساره‌ها در بخش‌های کم انرژی‌تر پهنه بین جزر و مدی (بخش بالایی) تشکیل شده‌اند (Shinn 1983) (شکل ۲ B).

رخساره T3: مادستون/ وکستون بیوکلاست‌دار[9]

این رخساره به صورت مادستون – وکستون دیده می‌شود. دارای قطعات اسکلتی مانند پلسی‌پود و فرامینیفرهای کف‌زی کوچک، قطعات غیر اسکلتی مانند پلت و کوارتز حدود ۱۰ درصد می‌باشند. وجود فابریک فنسترال، ترک‌های گلی و آشفتگی‌های زیستی، حاکی از ته‌نشین شدن این رخساره در زیرمحیط بین جزر و مدی است (Warren 2000) (شکل ۲ C).

[1] Tidal flat sub-environment
[2] Open and semi-restricted sub-environment lagoon
[3] Tidal inlet sub-environment
[4] Bar sub-environment
[5] Open marine sub-environment
[6] Quartzarenite
[7] Lower lower intertidal

[8] Mudstone
[9] Mudstone/Bioclastic Wackestone



شکل ۲- گروه رخساره‌های زیرمحیط پهنه جزر و مدی: A- کوارتز آرنایت B- مادستون دارای فابریک فنسترال C- مادستون/ وکستون بیوکلاست‌دار D- جلبک *Anthracoporella spectabilis* (*As*) در وکستون/ پکستون اینتراکلاستی، بیوکلاست‌دار E- پکستون/ گرینستون اینتراکلاستی، بیوکلاست‌دار، ماسه‌دار (Qtz: کوارتز، Fen: فابریک فنسترال، B.f: فرامینیفرهای بنتیک، Int: اینتراکلاست، Bry: بریوزوئر).

رخساره T4: وکستون/ پکستون اینتراکلاستی بیوکلاست‌دار[1]

آلوکم اصلی در این رخساره قطعات اینتراکلاست با فراوانی ۴۰-۴۵ درصد می‌باشند که دارای ترک گلی، آثار خشک‌شدگی و فابریک فنسترال هستند. همچنین در این رخساره گونه خاص جلبک داسی کلاداسه آ به نام *Anthracoporella spectabilis* وجود دارد (شکل ۲ D).

رخساره T5: پکستون/ گرینستون اینتراکلاستی بیوکلاست‌دار ماسه‌دار[2]

در این رخساره قطعات اینتراکلاست با فراوانی ۴۵ درصد در یک متن اسپارایتی قرار گرفته‌اند و آلوکم اصلی را تشکیل می‌دهند. اینتراکلاست‌ها دارای فابریک فنسترال بوده و گرد شده می‌باشند. در این رخساره حدود ۲۰ درصد خرده‌های اسکلتی مانند بریوزوئر و اکینید و ۱۰ درصد کوارتز وجود دارد (شکل ۲ E).

گروه رخساره‌های زیرمحیط لاگون باز تا نیمه محصور (L)

رخساره L1 : پکستون اینتراکلاستی بیوکلاست‌دار ماسه‌دار[3]

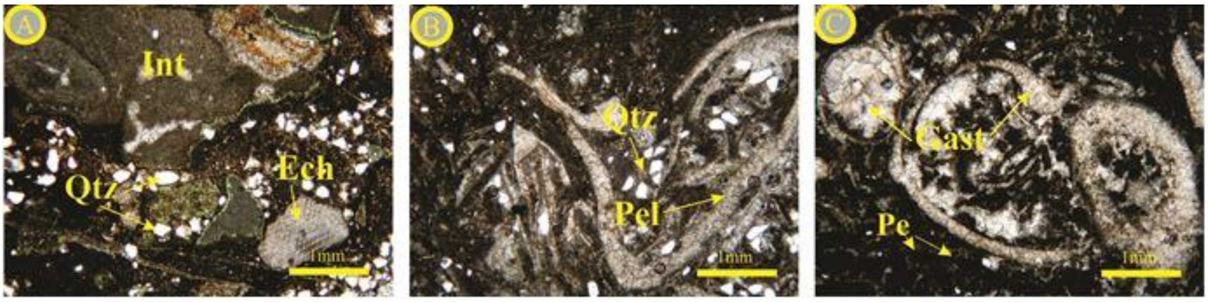
اینتراکلاست با فراوانی ۷۰ درصد و کوارتز با فراوانی ۲۰ درصد، آلوکم اصلی در این رخساره می‌باشند. بریوزوئر، اکینید و پلسی‌پود از سایر آلوکم‌های موجود در این رخساره هستند. شواهد صحرایی از جمله چینه‌بندی مورب پشته‌ای[4] (HCS) (شکل ٤) در این رخساره حاکی از تەنشست آن در شرایط طوفانی و در بخش زیر جزری است (شکل ۳ A).

رخساره L2 : وکستون/ پکستون پلسی‌پودی ماسه‌دار[5]

این رخساره دارای ۳۵-٤۰ درصد پلسی‌پود و حدود ۱۰ درصد قطعات اینتراکلاست و ذرات کوارتز در یک زمینه میکرایتی می‌باشد. آشفتگی زیستی و عدم تنوع قطعات اسکلتی نشان‌دهنده تشکیل این رخساره در زیرمحیط لاگون نیمه محصور است (شکل ۳ B).

---

[1] Bioclastic Intraclast Wackestone/Packstone
[2] Silty Bioclastic Intraclast Packstone/Grainstone
[3] Sandy Bioclastic Intraclast Packstone
[4] Hummocky cross stratification
[5] Sandy Pelecypoda Wackestone/Packstone



شکل ۳- گروه رخساره‌های زیرمحیط لاگون: A- پکستون اینتراکلاستی، بیوکلاست‌دار، ماسه‌دار B- وکستون/ پکستون پلسی‌پودی، ماسه‌دار C- وکستون/ پکستون گاستروپودی، پلوئیدی (Qtz: کوارتز، Int: اینتراکلاست، Ech: اکینید، Pel: پلسیپود، Pe: پلوئید، Gast: گاستروپود).

شکل ٤- نمایی از چینه‌بندی مورب پشته‌ای در محل مقیاس در برش زلدو که حاکی از تشکیل آن در شرایط طوفانی است. طول مقیاس ۱۵ سانتیمتر

رخساره L3 : وکستون/ پکستون گاستروپودی پلوئیددار[1]

این رخساره شامل ۳۰ درصد گاستروپود می‌باشد که حتی برخی به صورت صدف‌های کامل باقی‌مانده‌اند. گاستروپودها به‌همراه سایر بیوکلاست‌ها و حدود ۱۲ درصد پلت در یک زمینه میکرایتی قرار گرفته‌اند. آشفتگی زیستی نیز در این رخساره مشاهده می‌شود. عدم تنوع قطعات اسکلتی و فراوانی گاستروپود نشان‌دهنده تشکیل رخساره مذکور در زیرمحیط لاگون نیمه محصور است (Khalifa and Abed 2010) (شکل ۳ C).

رخساره L4 : پکستون پلوئیدی دارای فرامینیفرهای کف‌زی[2]

این رخساره عمدتاً از پلت و فرامینیفرهای کف‌زی کوچک تشکیل شده است. سایر بیوکلاست‌ها مانند اکینید، بریوزوئر، براکیوپود، گاستروپود، پلسی‌پود و جلبک فیلوئیدی دیگر آلوکم‌های این رخساره می‌باشند.

آشفتگی‌های زیستی در متن میکرایتی نشان‌دهنده تشکیل تشکیل این رخساره در زیرمحیط لاگون باز است (شکل ۵ D).

رخساره L5: وکستون بیوکلاستی[3]

این رخساره دارای ۳۰ تا ٤۰ درصد خرده‌های اسکلتی مانند گاستروپود، استراکد، بریوزوئر و پلسی‌پود می‌باشد که در یک زمینه میکرایتی قرار دارند. وجود آشفتگی زیستی حاکی از ته‌نشین شدن این رخساره در زیرمحیط لاگون باز می‌باشد (شکل ۵ E).

---

[1] Pelloidal Gastropoda Wackestone/Packstone
[2] Benthic foraminiferal Pelloid Packstone
[3] Bioclast Wackestone

رخساره L6 : وکستون پلوئیدی بیوکلاست‌دار ماسه‌دار[1]

در این رخساره ۲۵ درصد کوارتز ریزدانه، ۱۰- ۱۵ درصد پلت به‌همراه قطعات بیوکلاست در یک زمینه میکرایتی قرار گرفته‌اند. آثار آشفتگی زیستی نیز در این رخساره مشاهده می‌شود (شکل ۵ F).

رخساره L7 : پکستون انکوئیدی بیوکلاست‌دار[2]

در این رخساره انکوئید ۲۰- ۲۵ ٪ و اکینید ۱۰-۱۲ ٪ آلوکم‌های اصلی را تشکیل می‌دهند. پلسی‌پود، فوزولین، بریوزوئر، فرامینیفرهای کف زی کوچک و کوارتز نیز عناصر فرعی تشکیل دهنده این رخساره می‌باشند. این رخساره در زیرمحیط لاگون حاشیه سد ته‌نشین و قسمت‌هایی از آن دولومیتی شده است (شکل ۵ G).

رخساره L8: وکستون استراکدی[3]

آلوکم اصلی این رخساره ۲۵-۳۰ درصد استراکد می‌باشد که به همراه قطعات بیوکلاست و آشفتگی‌های زیستی در یک متن میکرایتی قرار گرفته‌اند که نشانگر تشکیل این رخساره در نزدیکی بخش عمیق محیط لاگون است (شکل ۵ H).

رخساره L9 : مادستون/ وکستون بیوکلاست‌دار ماسه‌دار[4]

در این رخساره دانه‌های کوارتز با فراوانی ۱۵-۴۰ درصد، پلوئید و قطعات بیوکلاستی در متنی میکرایتی قرار گرفته‌اند. عدم تنوع قطعات اسکلتی حاکی از شکل‌گیری این رخساره در بخش عمیق محیط لاگون می‌باشد (شکل ۵ I).

گروه رخساره‌های زیرمحیط سد (B)

رخساره B1: گرینستون اأیدی بیوکلاست‌دار[5]

مهم‌ترین آلوکم موجود در این رخساره ااییـد ۳۰- ۶۰ درصد است. هسته این ااییدها بریوزوئر، اکینید، پلسی‌پود و اینتراکلاست می‌باشد. ۱۰-۱۵درصد اکینید نیز به همراه انکوئید، گاستروپود، فرامینیفرهای کف‌زی به‌ویژه استافلیدا و انواع جلبک داسی‌کلاداسه‌آ در متنی اسپارایتی قرار گرفته‌اند. حضور ااییدها با فابریک متحدالمرکز و شعاعی نشان‌دهنده شکل‌گیری این رخساره در محیط پر انرژی و کم‌عمق می‌باشد (Jongautchariaku and Uttamo 2008). برخی نمونه‌ها دولومیتی شده‌اند و به‌دلیل جنس متفاوت هسته و لایه‌های پوشاننده ااییدهای دولومیتی شده، درصد دولومیتی شدن در آن‌ها متفاوت است. شواهدی از معکوس شدگی بافتی نیز در این رخساره‌ها دیده می‌شود (شکل ٦ B ,A).

رخساره B2: گرینستون بیوکلاستی انکوئیددار[6]

مهم‌ترین و فراوان‌ترین اجزاء تشکیل‌دهنده این رخساره ۱۵- ۵۰ درصد بریوزوئر، ۱۸-٦٥ درصد اکینید، ۱۵-۵۰ درصد فوزولین، ۳۰-٤۰ درصد پلسی‌پود، ۲۵-۳۰ درصد فرامینیفرهای کف‌زی و ۱۰-۱۵ درصد انکوئید می‌باشند که به همراه قطعاتی از سایر آلوکم‌ها مانند گاستروپود، براکیوپود، آمونوئید، جلبک فیلوئیدی، استافلید و کوارتز در زمینه‌ای اسپارایتی قرار گرفته‌اند. انرژی بالای محیط باعث شسته شدن گل از لابلای ذرات شده است. لازم به ذکر است که در این رخساره، در جهت عمودی میزان دولومیت افزایش یافته و در نهایت به دولومیت کامل تبدیل می‌شود. دولومیت‌های این رخساره در زیر محیط لاگون و یا احتمالاً در پهنه جزر و مدی نهشته شده‌اند. حضور جلبک افلوژلیا[7] در این رخساره، معرف پایان پالئوزوئیک می‌باشد (شکل ٦ F ,E ,D ,C).

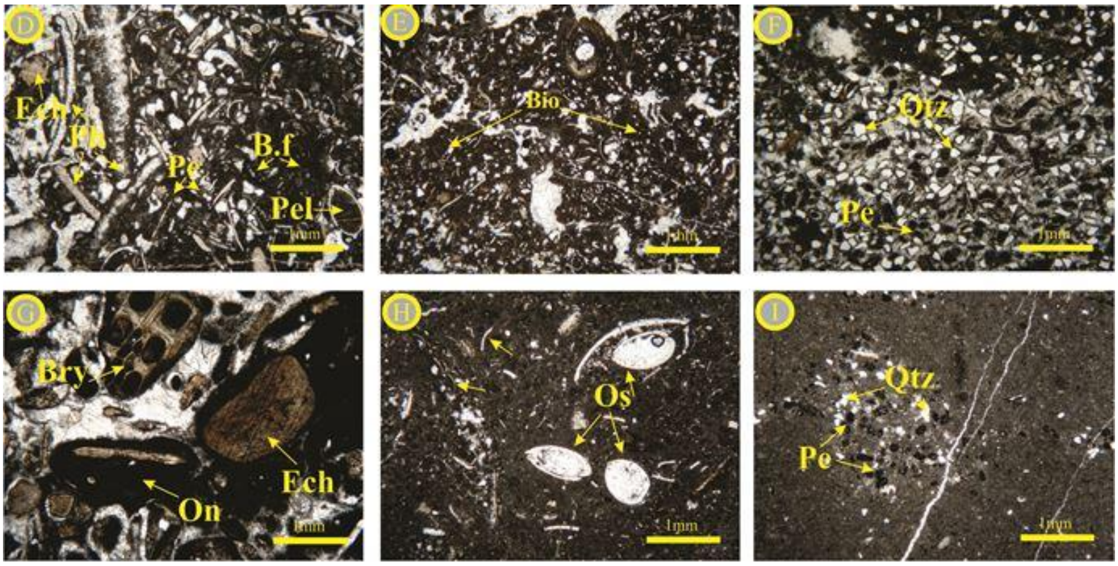
گروه رخساره‌های زیرمحیط گذرگاه جزر و مدی

رخساره I : گرینستون اکینیدی[8]

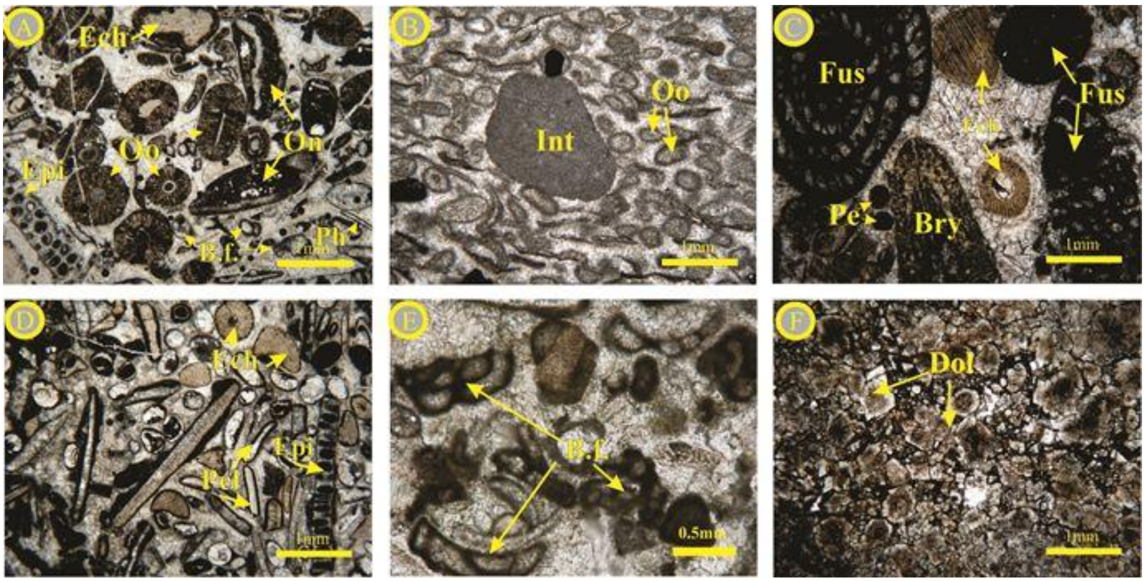
اکینید ۷۰-۷۵ ٪ آلوکم اصلی این رخساره را تشکیل می‌دهد. بریوزوئر، براکیوپود، فوزولین و فرامینیفرهای کف‌زی از دیگر آلوکم‌ها می‌باشند که در متنی اسپارایتی قرار گرفته‌اند. آلوکم‌ها

1 Silty Bioclastic Pelloidal Wackestone
2 Bioclastic Oncoid Packstone
3 Ostracoda Wackestone
4 Sandy Mudstone/Bioclastic Wackestone
5 Bioclastic Ooid Grainstone
6 Oncoid Benthic foraminiferal Pelecypoda Fusulinida Bryozoan Echinid Grainstone
7 Euflugelia
8 Echinid Grainstone

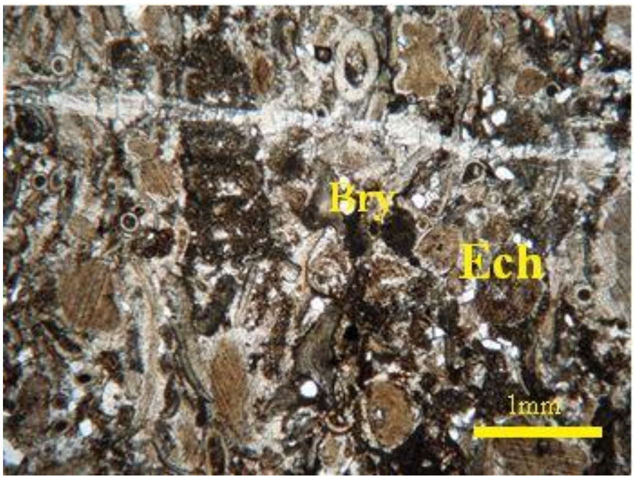
در این نمونه، حالت جهت‌دار نشان می‌دهند. بافت گرینستون نشان‌دهنده تشکیل این رخساره در شرایط محیطی بـا انـرژی نسبتاً بالا است. با توجه به شواهد صحرایی و جهت‌دار بـودن آلوکم‌ها، این رخساره را می‌توان به زیرمحیط گذرگاه جـزر و مدی نسبت داد (شکل ۷).



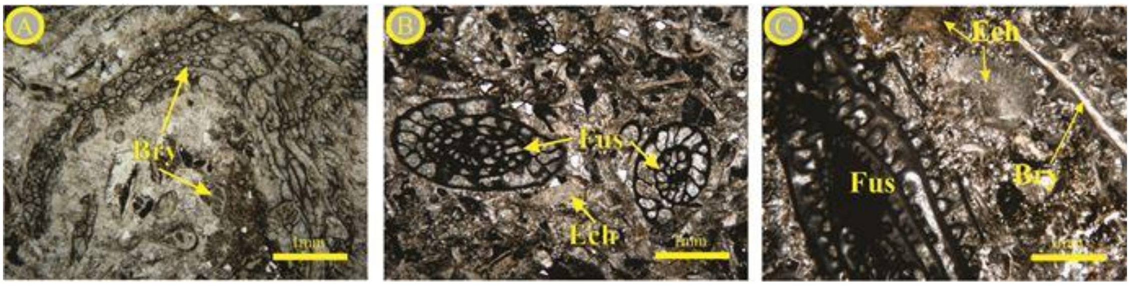
شکل ۵- ادامه رخساره‌های زیرمحیط لاگون: D- پکستون پلوئیدی، فرامینیفرادار E- وکستون بیوکلاستی F- وکستون پلوئیدی، بیوکلاسـت‌دار، ماسـه‌دار G- پکستون انکوئیدی، بیوکلاست‌دار H- وکستون استراکدی I- مادستون/ وکستون بیوکلاست‌دار، ماسه‌دار (Ech: اکینید، Ph: جلبک فیلوئید، Pe:پلوئید، B.f: فرامینیفر بنتیک، Pel: پلسیپود، Bio: بیوکلاست، Qtz: کوارتز، Bry: بریوزوئر، On: انکوئید، Os: استراکد).



شکل ٦- گروه رخساره‌های زیرمحیط سد: A- گرینستون ااییدی، اکینیدی B- گرینستون اااییدی C- گرینسـتون فوزولینیـدی، اکینیـدی، بریـوزوئری D- گرینستون پلسی‌پودی، اکینیدی E- گرینستون فرامینیفرا، اکینیدیF- دولومیت متوسط تا درشت بلور (Ech: اکینید، Epi: جلبک اپی ماستوپورا، Oo، اایید، Ph: جلبک فیلوئید، On، انکوئید، B.f: فرامینیفر بنتیک، Int: اینتراکلاست، Fus: فوزولینید، Pe: پلوئید، Bry: بریوزوئر، Pel: پلسیپود، Dol: دولومیت).



شکل ۷- رخساره زیرمحیط گذرگاه جزرومدی: گرینستون اکینیدی (Bry: بریوزوئر، Ech: اکینید).



شکل ۸- گروه رخساره‌های زیرمحیط دریای باز: A- وکستون/ پکستون بریوزوئری B- وکستون/ پکستون فوزولینیدی، اکینیدی، ماسه‌دار C- وکستون/پکستون بریوزوئری، اکینیدی (Bry: بریوزئر، Fus: فوزولینید، Ech: اکینید).

گروه رخساره‌های زیرمحیط دریای باز (O)

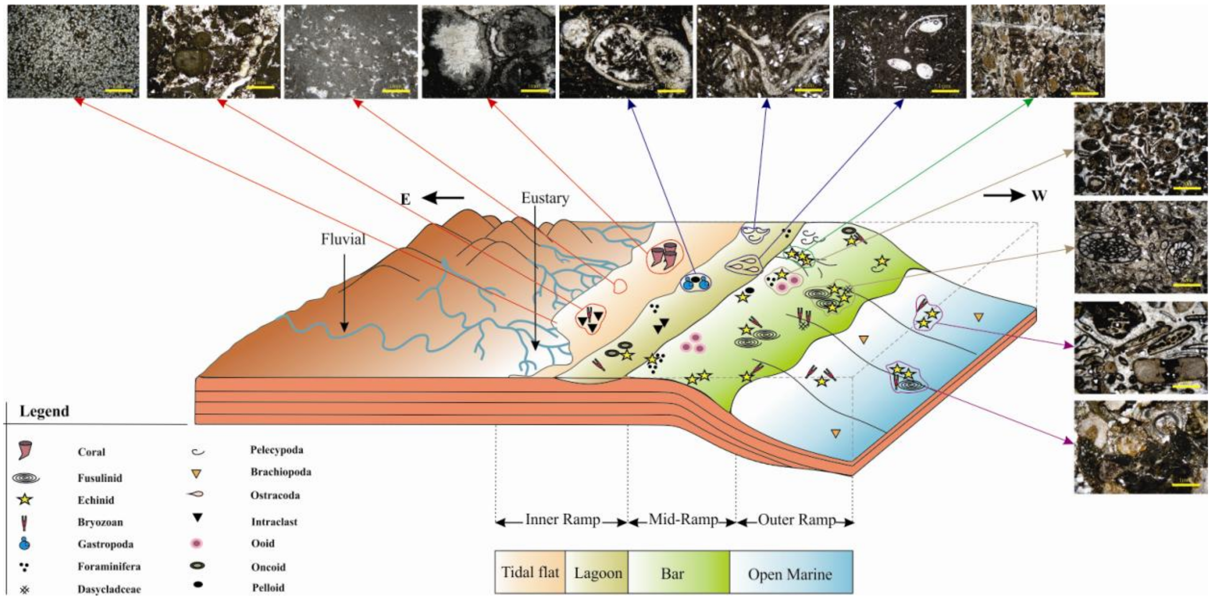
رخساره O : وکستون/ پکستون فوزولینیدی اکینیدی بریوزوئری[1]

آلوکم‌های اصلی این رخساره بریوزوئر با فراوانی ۲۰-۲۵درصد، فوزولین با فراوانی ۴۰ درصد و اکینید با فراوانی۴۰ در صد می‌باشند. قطعات دو کفه‌ای، براکیوپود، بریوزوئر و فرامینیفرهای کف‌زی کوچک از دیگر آلوکم‌های موجود در این رخساره هستند. نظر به وجود برخی از بیوکلاست‌های دریای باز می‌توان گفت که این رخساره در دامنه سد (رو به دریای باز) تشکیل شده است (شکل ۸).

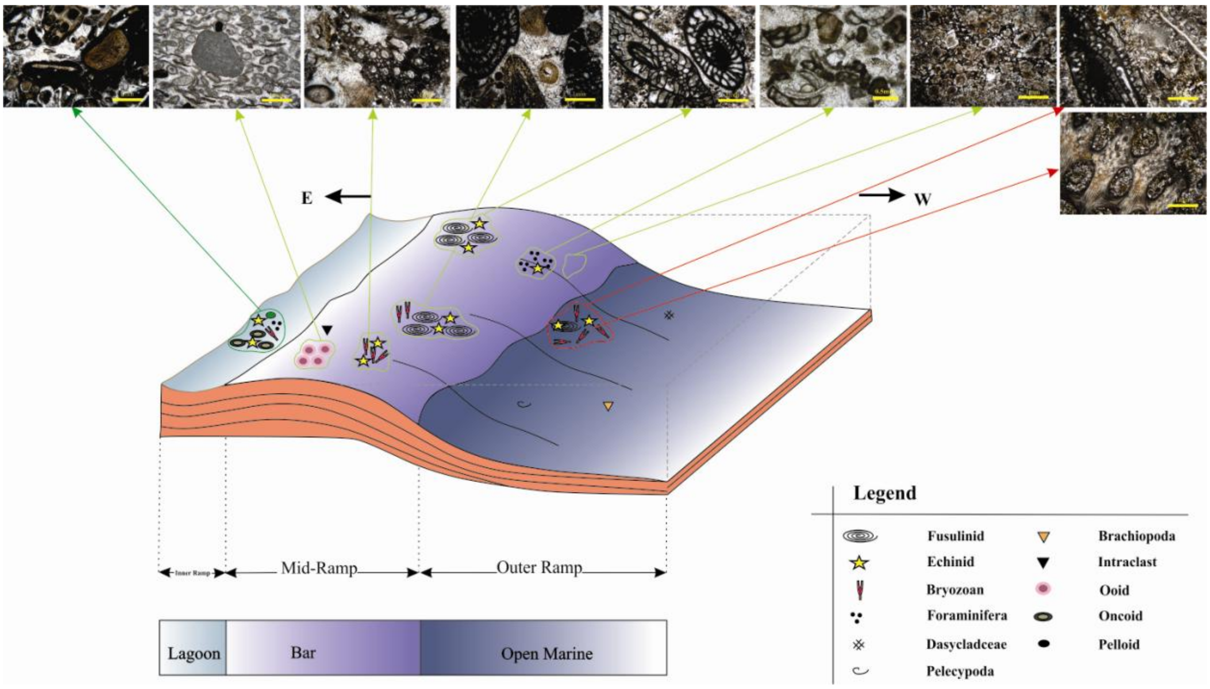
مدل محیط رسوبی نهشته‌های کربونیفر بالایی- پرمین زیرین برش زلدو

با توجه به نتایج بررسی‌های میکروسکوپی و برداشت‌های صحرایی، ارتباط عمودی رخساره‌ها و مقایسه رخساره‌های برش زلدو، با رخساره‌های رسوبی مختلف در محیط‌های امروزی، نبود سدهای بیوکلاستیک پیوسته و ردیف‌های ارگانیک قابل تعقیب در صحرا و همچنین نبود رسوبات مربوط به جریان‌های توربیدایتی، عدم تنوع رخساره‌ها، دسته‌بندی آن‌ها و مدل‌های ارائه شده توسط Flügel (2010)، Read (1985) و Wilson (1975)، یک مدل محیط رسوبی به شکل رمپ مخلوط کربناته- آواری کم‌شیب از نوع هموکلینال برای نهشته‌های کربونیفر بالایی در بخش زیرین برش، یک مدل محیط‌رسوبی به شکل رمپ کربناته هموکلینال برای نهشته‌های پرمین زیرین در بخش بالایی برش زلدو مطابق شکل‌های ۹ و ۱۰ پیشنهاد می‌گردد.

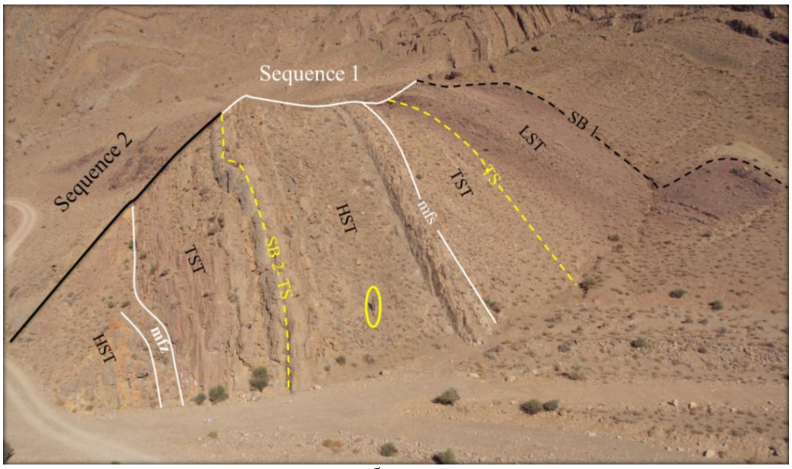
[1] Bryozoan Echinid Fusulinida Wackestone/Packstone



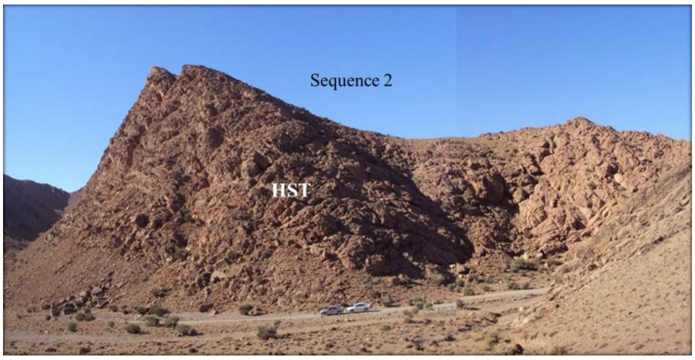
شکل ۹- مدل سه بعدی محیط رسوبی نهشته‌های آهکی کربونیفر بالایی در برش زلدو



شکل ۱۰- مدل سه بعدی محیط رسوبی نهشته‌های آهکی پرمین زیرین در برش زلدو



شکل ۱۱- نمای کلی از سکانس رسوبی اول و دوم برش زلدو و نحوه ارتباط آن‌ها. سکانس رسوبی اول با مرز سکانسی نوع ۱ (SB1) در قاعده آغاز می‌شود. دسته رخساره‌ای LST در این سکانس شامل: بوکسیت متعلق به محیط قاره‌ای و شیل بنفش می‌باشد. سطح TS در قاعده واحد دوم قرار دارد و با لایه‌ای از سنگ‌آهک پیل‌دار مشخص شده است. دسته رخساره‌ای TST شامل: تناوبی از سنگ‌آهک متوسط لایه، سنگ آهک ماسه‌ای متوسط لایه، ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه و شیل مربوط به زیرمحیط لاگون تا سد می‌باشد. دسته رخساره‌ای HST شامل سنگ‌آهک و سنگ‌آهک مارنی قلوه‌ای نازک و ضخیم لایه بیوکلاست‌دار و شیل می‌باشد. رأس پاراسکانس‌های این بخش به مرز سکانسی نوع ۲ (SB2) منتهی می‌شود. در سکانس رسوبی دوم سطح TS منطبق بر مرز سکانسی نوع ۲ می‌باشد. دسته رخساره‌ای TST شامل سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه بیوکلاست اینتراکلاست‌دار خاکستری رنگ و سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه صورتی رنگ حاوی فوزولین فراوان است که مربوط به زیرمحیط‌های پهنه جزر و مدی، لاگون تا سد می‌باشند. این دسته رخساره‌ای به صورت پیشرونده به منطقه حداکثر عمق یا mfz می‌رسد که جنس آن شیل است. دسته رخساره‌ای HST، از نظر سنگ‌شناسی شامل لایه‌های متوسط تا ضخیم از سنگ‌آهک و سنگ‌آهک دولومیتی دارای اکینید، پلسی‌پود و فوزولین فراوان، و لایه‌های متوسط و ضخیم تا توده‌ای از دولومیت‌آهکی و دولومیت می‌باشد. مقیاس شخص ایستاده ۱/۶۰ متر (دید به سمت شمال- شمال‌شرق).



شکل ۱۲- نمایی از بخش انتهایی برش زلدو (دید به سمت غرب).

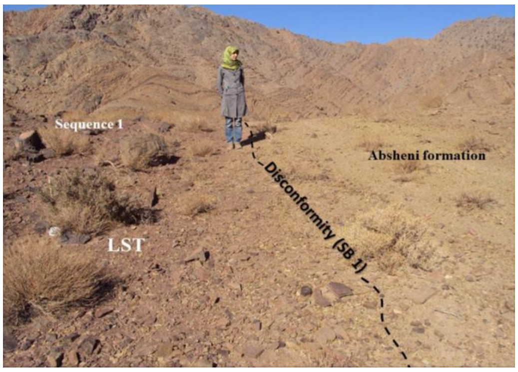
چینه‌نگاری سکانسی و سکانس‌های ته‌نشستی[1] برش زلدو

نهشته‌های کربونیفر بالایی- پرمین زیرین سازندهای زلدو و تیغ‌معدنو شامل دو سکانس ته‌نشستی کامل (شکل ۱۱ و ۱۲) است که بر اساس مفاهیم چینه‌نگاری سکانسی شناسایی شده‌اند (Catuneanu 2006; Hunt and Tucker 1992; Haq 1991) شناسایی دسته‌های رخساره‌ای و سکانس‌های مورد نظر بر اساس شناسایی الگوی برانبارش پاراسکانس‌ها در صحرا، مرز سکانسی نوع ۱ و ۲ (SB1 و SB2)، سطح حداکثر عمق (mfs)، منطقه حداکثر عمق (mfz)، سطح پیشرونده (TS)، روند عمودی کاهش و یا افزایش نهشته‌های کربناته و آواری در توالی و مطالعه پتروگرافی و میکروسکوپی نمونه‌ها صورت گرفته است.

[1] Sequence stratigraphy and depositional sequences

سکانس رسوبی اول

سکانس نخست به سن کازیموین؟– قزلین (Leven and Taheri 2003; Leven and Gorgij 2008 a, b, c و 2011 a, b) و ضخامت ۴۵/۷ متر، با سطح ناپیوسته فرسایشی (مرز سکانسی نوع ۱[1]) بر روی شیل‌های سبز رنگ سازند آب‌شنی (گروه سردر) با سن مسکوین قرار گرفته است (شکل ۱۳).

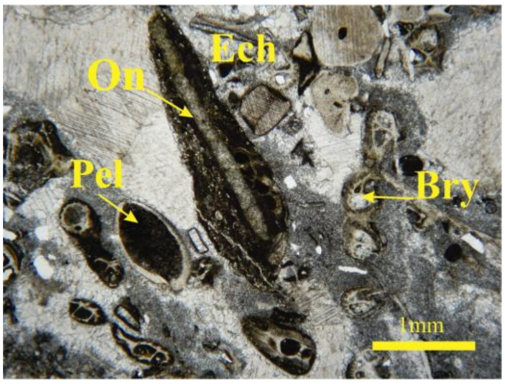


شکل ۱۳– نمایی از ابتدای سکانس رسوبی اول. مقیاس شخص ایستاده ۱/۶۰ متر (دید به سمت شمال).

دسته رخساره‌ای تراز پایین (LST)[2] ۲۵/۳۵ متر ضخامت دارد. از نظر سنگ‌شناسی دسته رخساره‌ای تراز پایین شامل شیل بنفش متعلق به محیط خلیج‌دهانه‌ای[3] و ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک‌ماسه‌ای متوسط تا ضخیم لایه، میکروکنگلومرا، ماسه‌سنگ با چینه‌بندی مورب پشته‌ای و شیل سبز رنگ می‌باشد که در زیرمحیط‌های خلیج دهانه‌ای، پهنه جزر و مدی، سد و لاگون تشکیل شده‌اند. بالا آمدن اولیه سطح آب دریا در دسته رخساره‌ای LST، سبب ایجاد پیشروی‌هایی در وسعت کم و محدود شده که تنها نواحی حاشیه‌ای را دربر می‌گرفته است. این پیشروی‌ها توان تبدیل رخساره‌های تخریبی به کربناته را نداشته‌اند. بنابراین رژیم رسوب‌گذاری در مقیاس کوچک تغییر یافته و میکروسیکل‌هایی کربناته–آواری برجای گذاشته است.

در ادامه با پیشروی آب دریا لایه‌هایی از سنگ آهک پیل‌دار ته‌نشست کرده است که نشان‌دهنده سطح پیشرونده[4] می‌باشد. سطح TS (شکل E.۲) شروع بالا آمدگی سریع سطح آب دریا را نشان می‌دهد. این سطح در قاعده واحد ۲ سنگی به‌خوبی دیده می‌شود. دسته رخساره‌ای پیشرونده این سکانس رسوبی، ۷/۹۵ متر ضخامت داشته و از دو پاراسکانس کربناته–آواری تشکیل شده است.

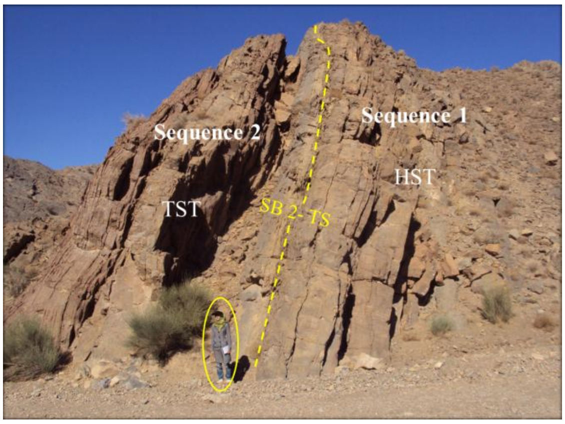
این دسته رخساره‌ای از نظر سنگ‌شناسی حاوی سنگ‌آهک متوسط لایه، سنگ‌آهک ماسه‌ای متوسط لایه، ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه و شیل مربوط به زیرمحیط لاگون تا سد می‌باشد. دسته رخساره‌ای پیشرونده (TST) با رخساره Sandy Bioclast Packstone/Grainstone شروع می‌شود. در رأس TST سطح حداکثر عمق[5] وجود دارد. mfs تفکیک کننده رخساره‌های TST و HST بوده و عمیق‌ترین رخساره را دارد. این سطح در رخساره Bryozoan Echinid Wackestone/Packstone قرار داشته و مربوط به زیرمحیط دریای باز می‌باشد (شکل ۱۴). دسته رخساره‌ای تراز بالا (HST) در این سکانس، با ضخامت ۱۲/۵ متر و طرح برانبارش پسرونده، از انباشتگی سیکل‌های سد و لاگون تشکیل شده است.



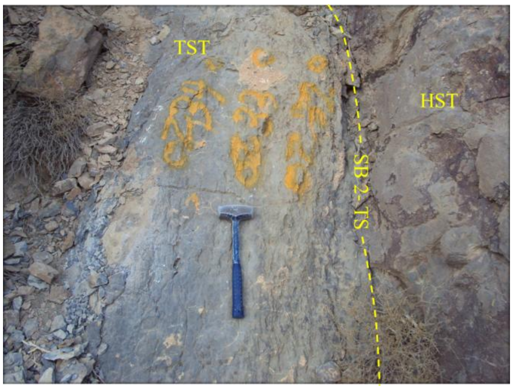
شکل ۱۴– سطح mfs در رخساره وکستون/ پکستون اکینیدی بریوزوئری (Bry: بریوزوئر، Ech: اکینید، On: انکوئید، Pel: پلسیپود).

[1] Sequence Boundry type 1 (SB1)
[2] Lowstand System Tract (LST)
[3] Eustary
[4] Transgressive Surface (TS)
[5] Maximum flooding surface (mfs)

از نظر سنگ‌شناسی این دسته رخساره‌ای شامل سنگ‌آهک و سنگ‌آهک مارنی قلوه‌ای نازک و ضخیم لایه بیوکلاست‌دار و شیل می‌باشد. رأس پاراسکانس‌های این بخش به مرز سکانسی نوع ۲ (SB2) منتهی می‌شود (شکل ۱۵ و ١٦).



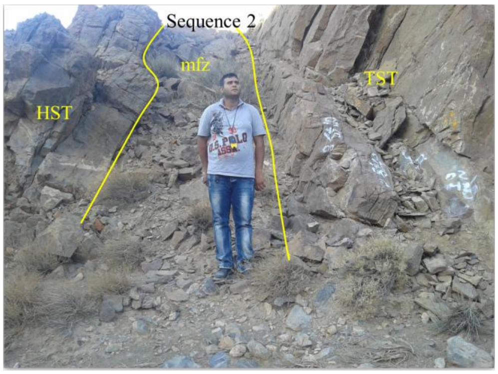
شکل ۱۵- نمایی از ارتباط بین سکانس رسوبی اول و دوم در برش زلدو. سکانس رسوبی اول به واسطه مرز سکانسی نوع دوم (SB2) در زیر سکانس رسوبی دوم قرار گرفته است. مرز سکانسی نوع دوم و سطح TS بر هم منطبق اند. مقیاس شخص ایستاده ۱/٦۰ متر (دید به سمت شمال).



شکل ١٦- نمایی نزدیک از ارتباط بین سکانس رسوبی اول و دوم برش زلدو. طول مقیاس ۳۰ سانتیمتر.

سکانس رسوبی دوم

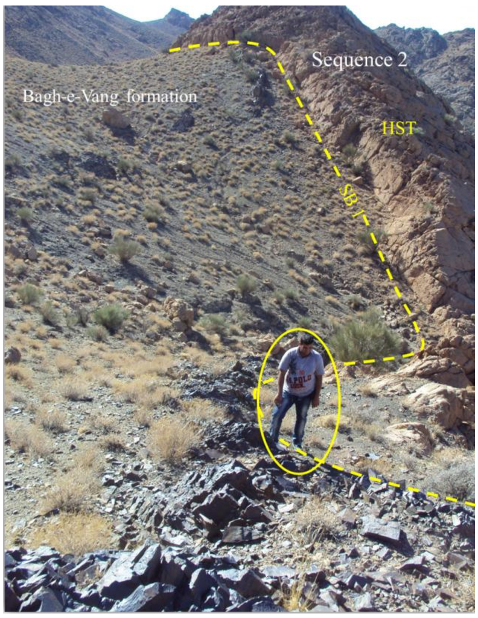
ضخامت سکانس رسوبی دوم ۱۱٤/۱۵ متر است. دسته رخساره‌ای پیشرونده این سکانس با مرز سکانسی نوع ۲ (SB2)[1] سکانس رسوبی اول را می‌پوشاند. سطح پیشرونده (TS) و مرز سکانسی نوع ۲ در این سکانس بر یکدیگر منطبق بوده (شکل B.۲) و با لایه‌ای از سنگ‌آهک اینتراکلاست‌دار قابل تشخیص می‌باشد. دسته رخساره‌ای پیشرونده (TST) از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه بیو کلاست اینترا کلاست‌دار خاکستری رنگ و سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه صورتی رنگ حاوی فوزولین فراوان است که مربوط به زیرمحیط‌های پهنه جزر و مدی، لاگون تا سد می‌باشند (شکل ۷). فوزولین‌های شناسایی شده شامل *Ruzhentzevites*، *R.ferganensis*، *R.immutabilis* و *Rauserites tabasensis* می‌باشند (Leven and Taheri 2003) که سن قزلین را برای سکانس رسوبی اول و بخش زیرین سکانس رسوبی دوم پیشنهاد می‌کنند. این دسته رخساره‌ای، با رخساره Mudstone/Bioclast Wackestone آغاز و به رخساره Fusulinida Echinid Packstone ختم می‌شود و در رأس به منطقه حداکثر عمق[2] (mfz) می‌رسد. منطقه حداکثر عمق آب در شیل‌های سیاه[3] متعلق به بخش عمیق دریای باز قرار گرفته است. مرز کربونیفر پسین- پرمین پیشین در درون شیل‌های سیاه منطقه حداکثر عمق واقع شده است (شکل ١٦).



شکل ١٧- نمایی از لایه شیلی که نشان‌دهنده منطقه حداکثر عمق (mfz) در سکانس رسوبی دوم برش زلدو است. مقیاس شخص ایستاده ۱/۸۱ متر (دید به سمت شمال)

[1] Sequence boundry type 2 (SB2)
[2] Maximum flooding zone
[3] Dysanoxic Shale

دسته رخساره‌ای تراز بالا (HST)، از نظر سنگ‌شناسی شامل لایه‌های متوسط تا ضخیم از سنگ‌آهک و سنگ‌آهک دولومیتی دارای اکینید، پلسی‌پود و فوزولین فراوان و لایه‌های متوسط و ضخیم تا توده‌ای از دولومیت‌آهکی و دولومیت می‌باشد (شکل ٦). فوزولین‌های شناسایی شده در این دسته رخساره‌ای شامل *P.Velebetica* ،*P.Parabeedei*، *Ruzhenzevites* ،*Pseudoschwageriha Uddeni* ،*Zaladouensis* و *R.Zaladouensis brevis* (Leven and Taheri 2003) می‌باشند که سن آسلین را برای سکانس مورد نظر نشان می‌دهند. ضخامت این دسته رخساره‌ای ۱۰٤/۹۵ متر است. مرز بالای این سکانس بیانگر خروج حوضه از آب و پدید آمدن مرز سکانسی نوع اول (SB1) می‌باشد. این مرز توسط افقی بوکسیتی در رأس برش مورد مطالعه قابل رؤیت است و سنگ‌های کربناته برش زلدو را از رسوبات بلورین سازند باغ‌ونگ جدا می‌سازد (شکل ۱۸).

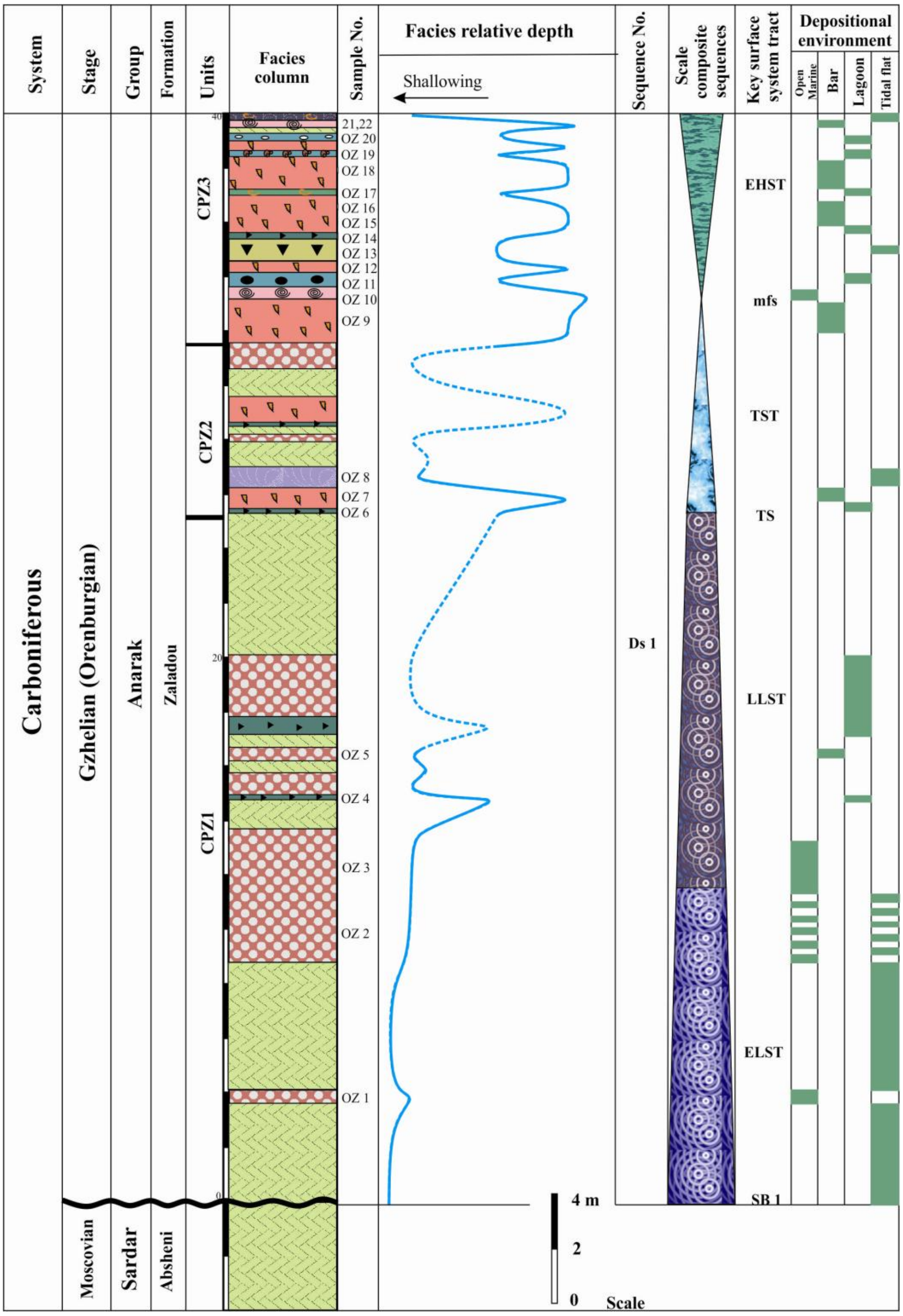


شکل ۱۸- نمایی از انتهای سکانس رسوبی دوم که به واسطه مرز سکانسی نوع اول یا افق بوکسیتی، از رسوبات سازند باغ‌ونگ جدا شده است. مقیاس شخص ایستاده ۱/۸۱ متر (دید به سمت شمال).

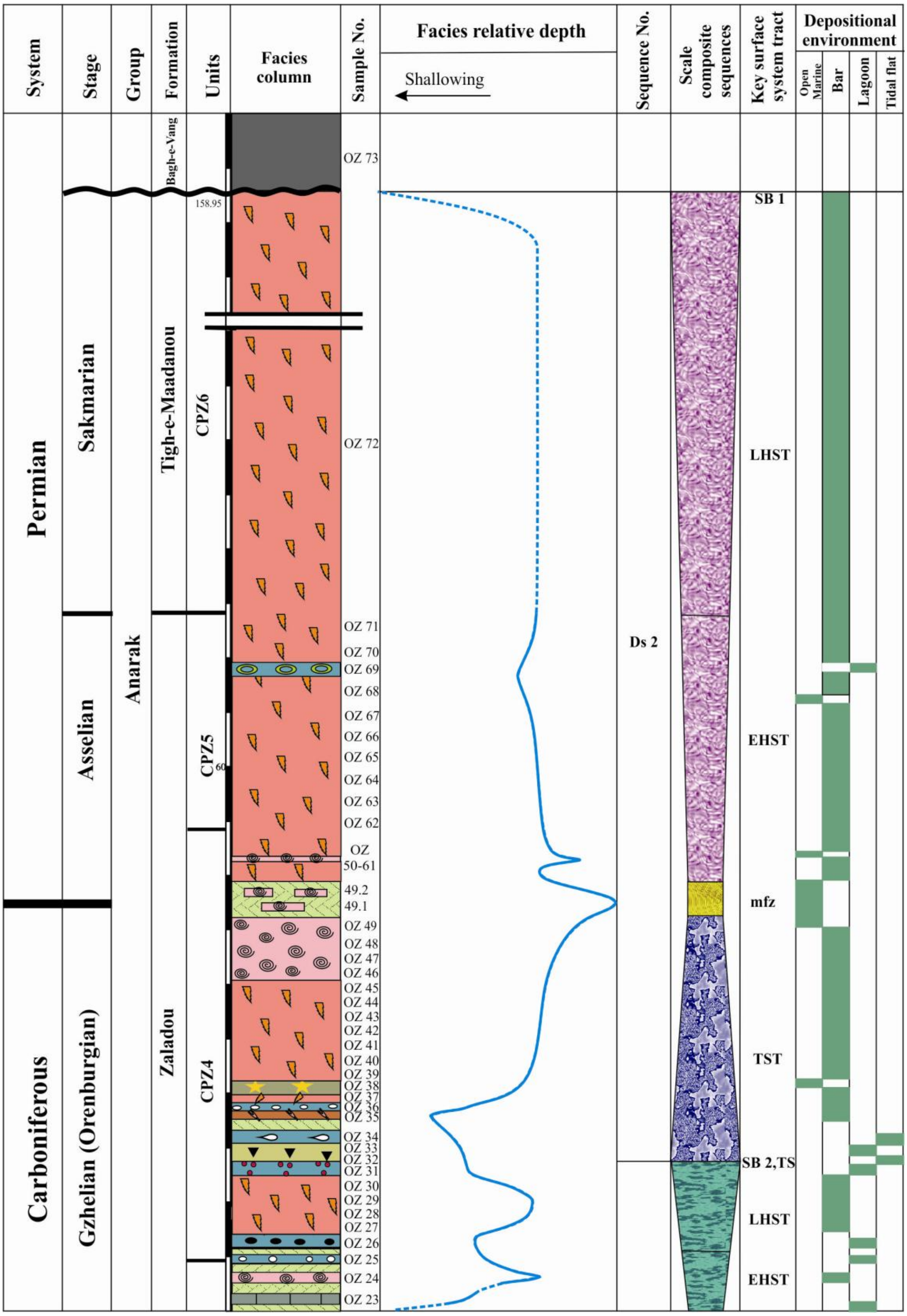
نتیجه

مطالعات حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که به‌تدریج با گذر از زمان کربونیفر پسین به پرمین پیشین، با افزایش عمق سطح آب دریا و مهیا شدن شرایط جهت ته‌نشست عناصر کربناته، محیط رسوبی از آواری- کربناته به کربناته تبدیل می‌شود. بر اساس مطالعات میکروسکوپی و مشاهدات صحرایی، رخساره‌های کربناته این برش در پنج زیرمحیط رسوبی تشکیل شده‌اند که به ترتیب دور شدن از ساحل عبارتند از: پهنه جزر و مدی، لاگون نیمه‌محصور و باز، سد، گذرگاه جزر و مدی و دریای باز. مدل محیط رسوبی پیشنهادی برای این برش، به شکل رمپ مخلوط کربناته- آواری کم‌شیب از نوع هموکلینال برای نهشته‌های کربونیفر بالایی در بخش زیرین برش، یک رمپ کربناته هموکلینال برای نهشته‌های پرمین زیرین در بخش بالایی برش زلدو می‌باشد. بر پایه بررسی‌های میکروسکوپی، مشاهدات صحرایی و مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، برش مورد نظر دربردارنده دو سکانس رسوبی می‌باشد. اولین سکانس رسوبی با ناپیوستگی فرسایشی یا مرز سکانسی نوع ۱ (SB1)، در قاعده آغاز می‌شود. نهشته‌های متعلق به این سکانس به‌طور متناوب از سیکل‌های کربناته- آواری تشکیل گردیده است. افت نسبی سطح آب دریا، به تشکیل شیل بنفش در قسمت ابتدایی این سکانس منجر شده است. این سکانس رسوبی از دسته‌های رخساره‌ای LST، TST و HST تشکیل شده و در نهایت به مرز سکانسی نوع ۲ منتهی می‌شود. سکانس رسوبی دوم با مرز سکانسی نوع ۲ (SB2) بر روی سکانس اول قرار گرفته است. در این سکانس، سطح پیشرونده (TS) و مرز سکانسی نوع ۲ منطبق بر یکدیگر هستند. این سکانس از دسته‌های رخساره‌ای TST و HST تشکیل شده است و از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه حاوی فوزولینید فراوان و دولومیت‌های توده‌ای تا ضخیم لایه فاقد فسیل می‌باشد. این سکانس با مرز سکانسی نوع ۱ (SB1) به پایان می‌رسد و خروج حوضه از آب را نشان می‌دهد. الگوی برانبارش در سکانس رسوبی دوم در کربونیفر پسین و دسته رخساره‌ای TST، پیشرونده و در پرمین پیشین و دسته رخساره‌ای HST، در ابتدا افزاینده و سپس پسرونده

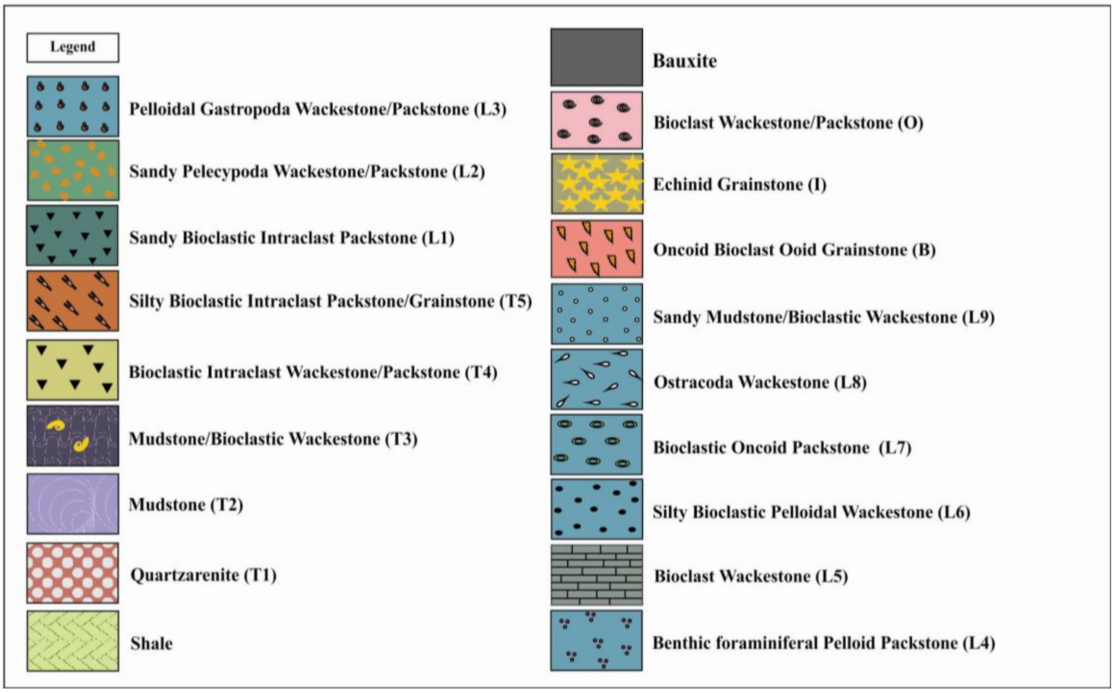
می‌باشد. سطح حداکثر عمق (mfs) در سکانس رسوبی اول در رخساره Bryozoan Echinid Wackestone /Packstone و در سکانس رسوبی دوم در افق شیلی متعلق به دریای باز قرار دارد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- نمایی از سکانس‌های رسوبی، منحنی تغییرات سطح آب دریا و محیط‌های ته‌نشستی در برش زلدو


System
Stage
Group
Formation
Units
Facies column
Sample No.
Facies relative depth
Shallowing
Sequence No.
Scale composite sequences
Key surface system tract
Depositional environment
Open Marine
Bar
Lagoon
Tidal flat
Permian
Carboniferous
Sakmarian
Asselian
Gzhelian (Orenburgian)
Anarak
Bagh-e-Vang
Tigh-e-Maadanou
Zaladou
CPZ6
CPZ5
CPZ4
158.95
60
OZ 73
OZ 72
OZ 71
OZ 70
OZ 69
OZ 68
OZ 67
OZ 66
OZ 65
OZ 64
OZ 63
OZ 62
OZ 50-61
49.2
49.1
OZ 49
OZ 48
OZ 47
OZ 46
OZ 45
OZ 44
OZ 43
OZ 42
OZ 41
OZ 40
OZ 39
OZ 38
OZ 37
OZ 36
OZ 35
OZ 34
OZ 33
OZ 32
OZ 31
OZ 30
OZ 29
OZ 28
OZ 27
OZ 26
OZ 25
OZ 24
OZ 23
Ds 2
SB 1
LHST
EHST
mfz
TST
SB 2,TS
LHST
EHST

شکل ۱۹- ادامه



شکل ۱۹- ادامه.

References

Burchette, T.P. and V.P. Wright, 1992, Carbonate ramp depositional systems: Sed. Geol. **v.** 79, p. 3-57.

Carozzi, A.V., 1989, Carbonate Racks Depositional Models: Prentice Hall, Newjersy, 604 p.

Catuneanu, O., 2006, Principles of Sequence Stratigraphy: (first edition) Elsevier, Amsterdam, 375 p.

Catuneanu, O., V. Abreu, J.P. Bhattacharya, M.D. Blum, R.W. Dalrymple, P.G. Eriksson, C.R. Fielding, W.L. Fisher, W.E. Galloway, M.R. Gibling, K.A. Giles, J.M. Holbrook, R. Jordan, C.G.St.C. Kendall, B. Macurda, O.J. Martinsealln, A.D. Mi, J.E. Neal, D. Nummedal, L. Pomar, H.W. Posamentier, B.R. Pratt, J.F. Sarg, K.W. Shanley, R.J. Steel, A. Strasser, M.E. Tucker and C. Winker, 2009, Towards the standardization of sequence stratigraphy: Jour. Earth-Science Reviews, **v.** 92 , p. 1–33.

Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture: AAPG Mem. **v.** 1, p. 108-121.

Embry, A.F., and J.E. Klovan, 1971, A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island: N.W.T.-Bull.Canadian Petrol. Geol., **no.** 19, p. 730-781.

Flügel, E., 2010, Microfacies of carbonate rocks, Analysis, Interpretation and application: Springer-Verlag Berlin-Heidelberg Germany, 976 p.

Haq, B.U., 1991, Sequence stratigraphy, sea level change and sign can for the deep sea: Sed., **v.** 12, p. 3-39.

Hunt, D. and M.M. Tucker, 1992, Standard Para sequence and the forced regressive wedge system tracts depositional during base-level fall: Sed. Geol., **v.** 81, p. 1-9.

Jongautchariaku, S. and W. Uttamo, 2008, Lithofacies and Fossils of Carboniferous and Permian Carbonate Rocks from the Chiang Dao Area, Northen Thailand: Chiang Mai J. SCi.; **v.** 35, no. 2, p. 294-310.

Khalifaa, M. and A.M. Abed, 2010, Lithostratigraphy and Microfacies Analysis of the Ajlun Group (Cenomanian to Turonian) in Wadi Sirhan Basin, SE Jordan: Jour. of Earth and Enviromental Sciences, p. 1995-6681.

Leven, E.Ja. and A. Taheri, 2003, Carboniferous–Permian Stratigraphy and Fusulinids of East Iran. Gzhelian and Asselian Deposits of the Ozbak-Kuh Region: Riv. Ital. Paleontol. Stratigr., **v.** 109, no. 3, p. 399–415.

Leven, E.Ja., V.I. Davydov, and M.N. Gorgij, 2006, Pennsylvanian Stratigraphy and Fusulinids of Central and Eastern Iran: Palaeontologia Electronica, 9.1.1A, http://palaeoelectronica.org

Leven, E.Ja. and M.N. Gorgij, 2008a, New Data About the Permian Section and Fusulinids in the Kalmard Area (Central Iran, Yazd Province): Permophiles, **v.** 51, p. 22–27.

Leven, E.Ja. and M.N. Gorgij, 2008b, Bolorian and Kubergandian Stages of the Permian in the Sanandaj-Sirjan Zone of Iran: Stratigr. Geol. Korrelatsya, vol. 16, no. 5, p. 3–14 [Stratigr. Geol. Correlation (Engl. Transl.), **v.** 16, no. 5, p. 455–466].

Leven, E.Ja. and M.N. Gorgij, 2008c, New Fusulinids of the Moscovian Stage Found in Iran: Stratigr. Geol. Korrelatsya, **v.** 16, no. 4, p. 40–56 [Stratigr. Geol. Correlation (Engl. Transl.), vol.16, no. 4, p. 164–173].

Leven, E.Ja. and M.N. Gorgij, 2011a, First Record of Gzhelian and Asselian Fusulinids from the Vazhnan Formation (Sanandaj-Sirjan Zone of Iran): Startigr. Geol. Correlation, vol. 19, no. 5, p. 16–31 [Stratigr. Geol. Correlation (Engl. Transl.), vol. 19, no. 5, p. 486–501].

Leven, E.Ja. and Gorgij, M.N., 2011b, Fusulinids and Stratigraphy of the Carboniferous and Permian in Iran: Stratigr. Geol. Correlation, **v.** 19, no.7, p. 687–776.

Read, J.F., 1985, Carbonate platform facies models: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., **v**. 69, no. 1, p. 1-21.

Shinn, A., 1983, Tidal flat Enviroment: In: P.A., Schlle, D.G., Debout and C.H., Moore (Ed.), Carbonate depositional enviriment: AAPG Mem, **v.** 33, p. 173-210.

Tucker, M.E. and P. Wright, 1990, Carbonate Sedimentology: Blackwell Scientific Pub., Oxford, 482 p.

Warren, J.K., 2000, Dolomite, occurrence, evolution and economical important association: Earth Science Review, **v.** 52, p. 1-81.

Wilson, J.L., 1975, Carbonate Facies in Geologic History: Springer, Verlag, Berlin, 471 p.