تفسیر محیط رسوبی سازند کشف رود (باژوسین بالایی– باتونین زیرین)، بر مبنای ایکنوفسیلها در شمال خاور ایران

نوشته: مهدی رضا پورسلطانی*، رضا موسوی حرمی و یعقوب لاسمی*****

* گروه زمین شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران؛ ** گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد
*** گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران

Environmental Interpretation of Kashafrud Formation (Upper Bajocian-Lower Bathonain) based on Ichnofossils, NE Iran

By: M. R. Poursoltani*, R. Moussavi Harami & Y. Lasemi*****

* Department of Geology, Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran
** Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad
*** Department of Geology, Faculty of Science, Tarbiat-e- Moallem University, Tehran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۱۱/۱۸

چکیده

حوضه رسوبی کپه داغ، پس از بسته شدن اقیانوس دیرینه‌تتیس، در اقیانوس نوتتیس، در جنوب صفحه توران تشکیل شد. در این حوضه، توالی رسوبی ستبری از ژوراسیک تا میوسن بدون هیچ گونه وقفه رسوبی مهم نهشته شده است. سازند سیلیسی- آواری کشف رود با سن ژوراسیک میانی، حدود ۲ کیلومتر ستبرا دارد و به طور ناپیوسته بر روی سنگهای رسوبی تریاس و سنگهای اولترابازی نهشته شده و از رخساره‌های رودخانه‌ای- دلتایی و توربیدیتی، شامل ماسه‌سنگ، شیل و کنگلومرا، تشکیل شده است. این لایه‌ها حاوی ایکنوفسیلهای زیادی مربوط به محیطهای مختلف هستند. در رخساره‌های ماسه‌سنگی و شیلی این سازند، ایکنوفسیلهای متعددی همانند: *Skolithos, Palaeophycus tabularizes,Belerhaphe, Thalassinoides suevicus, Psilonichnus , Planololites beverleyensis, Rhizocoralium jenese, Scolicia, Conichnus, Lophactenium, Palaeophycus striatus,Taenidium* شناسایی شده است، که بر اساس این آثار فسیلی و رخساره‌های در برگیرنده آنها، می‌توان محیط ته‌نشینی سازند کشف رود را محیط رودخانه‌ای - دلتایی تا نسبتاً ژرف(شرایط آشفته(توربیدیتی)) تفسیر کرد. این اطلاعات می‌تواند در تفسیر تاریخچه جغرافیای دیرینه و زمین‌ساختی منطقه (در ژوراسیک میانی) کمک کند

کلیدواژه‌ها: ایکنوفسیل، حوضه رسوبی کپه داغ، سازند کشف رود، دیرینه‌تتیس، نوتتیس، رسوبات آشفته(توربیدیتی)، رسوبات دلتایی

Abstract

The Kopet Dagh Basin of northeast Iran formed in the Neotethys Ocean after the closure of Paleotethys in the south of Turan plate. A thick sequence of Jurassic to Miocene sediments has been deposited in this basin without any major break. The siliciclastic Kashafrud Formation (Middle Jurassic), overlying unconformably on Triassic rocks and ultrabasic rocks comprises

nearly 2 km of turbidite and fluvio-deltaic facies, consists of sandstone, shale and conglomerate. Trace-fossil assemblages are presented in some units with different environments. The most important ichnofossils in this formation are Skolithos, Palaeophycus tabularizes,Belerhaphe, Thalassinoides suevicus, Psilonichnus , Planololites beverleyensis, Rhizocoralium jenese, Scolicia, Conichnus, Lophactenium, Palaeophycus striatus,Taenidium. It is interpreted, based on identified ichnofossils, the Kashafrud Formation may have been deposited in fluvio-deltaic and deep water (turbidity conditions) environment. We hope that these data can help in a better understanding of palaeogeography and tectonic setting of the region during Middle Jurassic.

Key words: Ichnofossil, Kopet-Dagh Basin, Kashafrud Formation, Paleotethys, Neotethys, Turbidetic deposition, Fluvio-deltaic depositions.

مقدمه

وجود ذخایر هیدروکربنی در رسوبات توربیدیتی یکی از دلایل مهم برای انجام مطالعات دقیق سامانه‌های رسوبی در نواحی ژرف، بویژه مخروطهای زیر دریایی است. جریانهای آشفته (توربیدیتی) یکی از مهم‌ترین سازوکارهای پخش رسوبات ماسه‌ای و گلی در محیطهای جلو دلتا، شیب قاره‌ای و مخروطهای بخش ژرف دریاست.

همچنین جغرافیای دیرینه، زمین‌ساخت و ابعاد حوضه رسوبی نیز در توزیع رسوبات و ستبرای چینه‌های ماسه‌سنگی در رخساره‌های توربیدیتی دخالت مستقیم دارد (Mutti & Normark,1987;Takano et al.,2005; Shultz & Habbard, 2005). این نهشته‌ها به عنوان سنگ مخزن مواد هیدروکربنی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Lien, et al., 2003; Sixsmith et al., 2004).

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال خاور ایران پس از برخورد صفحه ایران با صفحه توران در مزوزوییک پسین و بسته‌شدن دریای هرسینین در شمال خاور ایران تشکیل شده است (Berberian & King,1981; Garzanti & Gaetani, 2002). در بخش خاوری حوضه، سازند سیلیسی آواری کشف‌رود (باژوسین بالایی - باتونین) نهشته شده است که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است. سازند کشف‌رود از رسوبات سیلیسی آواری رودخانه‌ای- دلتایی و دریایی با ستبرایی در حدود ۲ کیلومتر تشکیل شده است (پورسلطانی و همکاران، ۱۳۸۵).

از آنجا که احتمال می‌رود شیلهای تیره‌رنگ نهشته شده در سازند کشف‌رود و نیز مارنهای دریایی سازند چمن‌بید، سنگ منشأ گاز موجود در سازندهای مزدوران و شوریجه بوده باشند (افشار حرب، ۱۳۷۳)، مطالعه بر روی سازند کشف‌رود به‌عنوان سنگ منشأ و احتمالاً سنگ مخزن حائز اهمیت است.

این سازند در نقاط مختلف حوضه بر روی سنگهایی با سن متفاوت قرار گرفته است. سازند کشف‌رود در منطقه آق‌دربند، با ناپیوستگی بر روی سنگهای دگرگون شده قدیمی‌تر قرار داشته و در حدود روستای قلعه‌سنگی بر روی سازند رسوبی آتشفشان‌زاد سینا (تریاس) با دگرشیبی زاویه‌دار واقع است. در صورتی که در منطقه کل ملک‌آباد (جاده مشهد- صالح‌آباد) و سفیدسنگ (فریمان- تربت‌جام) بر روی سنگهای اولترابازی قدیمی‌تر به‌صورت ناپیوسته نهشته شده است. در مناطق آق‌دربند و کل ملک‌آباد، سازند مزدوران به‌طور هم‌شیب بر روی سازند کشف‌رود قرار گرفته است(Afshar-Harb,1979; Afshar-Harb,1983; Behroozi & Eftekhar-Nezhad,1993 و قائمی، ۱۳۸۴)، در صورتی که در منطقه سفیدسنگ، سازند شوریجه توسط یک گسل رورانده بر روی سازند کشف‌رود قرار دارد (Gaemi,1996؛ شهریاری و همکاران، ۱۳۸۳).

هدف از انجام این تحقیق، تفسیر محیط رسوبی سازند کشف‌رود بر مبنای ایکنوفسیلهای موجود در آن است، چون آثار فسیلی به‌طور درجا تشکیل و حفظ می‌شوند، ازاین‌رو در تفسیر محیط رسوبی حائز اهمیت‌اند. بنابراین طی مطالعات صحرایی، چهار برش چینه‌شناسی به‌طور لایه به لایه اندازه‌گیری و نمونه‌گیری سامان‌مند شده است. در این مطالعه، سعی شده است تا آثار فسیلی موجود در لایه‌های مختلف جمع‌آوری و شناسایی گردد.

روش مطالعه

در این تحقیق علاوه بر شناسایی رخساره‌های رسوبی، ۱۳ اثر فسیلی موجود در این رخساره‌ها نیز مطالعه و شناسایی و برخی از آنها جمع‌آوری شده است. در طی این مطالعات نیز سعی شده است آثار فسیلی در ابعاد مختلف اندازه‌گیری شده و عکسهای صحرایی نیز از آنها تهیه شود. سپس بر مبنای محیط تشکیل آنها، محیط رسوبی سازند کشف‌رود تفسیر گردیده است.

مجموعه رخساره‌های سنگی

مجموعه رخساره‌های سنگی شناسایی شده در سازند کشف‌رود، عمدتاً شامل رخساره‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و گلسنگی است، که از این میان، مجموعه رخساره‌های ماسه‌سنگی و گلسنگی بیش از ۹۰ درصد از این سازند را تشکیل می‌دهد (Poursoltani et al., 2006).

رخساره‌های کنگلومرایی

رخساره‌های کنگلومرایی در بخش قاعده سازند و همچنین در بخشهای میانی و بالایی آن تشکیل شده‌اند. کنگلومراهایی که در بخش زیرین این سازند نهشته شده‌اند، از نظر بافت، ستبرا و ترکیب تغییر می‌کنند. این رخساره براساس میزان وجود خمیره و دانه، بر اساس تقسیم‌بندی Prothero & Schwab (2001) شامل کنگلومرای با دانه افزون و کنگلومرای با خمیره افزون است. کنگلومرای زیرین سازند کشف‌رود، حاصل فرسایش سنگهای قدیمی است که در کانالهای حفرشده و پرشده، شناسایی شده‌اند. اجزای تشکیل‌دهنده این رخساره‌ها از نظر جنس شباهت زیادی با سنگهای قدیمی‌تر منطقه (تریاس) و سنگهای آذرین (بستر) منطقه دارد. وجود دانه‌بندی تدریجی و بافت فلسی(ایمبریکاسیون) نیز احتمال رسوبگذاری توسط جریانهای کانالی را تأیید می‌کند. کنگلومرای بین سازندی دارای قطعاتی در حد تخته‌سنگ با خمیره ماسه‌ای، فقط به‌صورت محلی قابل شناسایی است. همچنین در بخشهای بالایی این سازند میکروکنگلومرا با ماسه‌سنگهای قلوه‌ای که عمدتاً در کف کانالها بر جای گذاشته شده‌اند، نیز شناسایی شده است.

رخساره‌های ماسه سنگی

رخساره‌های ماسه‌سنگی در سازند کشف‌رود، عمدتاً از نوع رودخانه‌ای - دلتایی و آشفته (توربیدیتی) هستند که حجم عظیمی از آنها منحصر به محیطهای آشفته است. لایه‌های ماسه‌سنگی عمدتاً با لایه‌های شیلی اعم از شیل رسی و یا سیلتی تناوب نشان می‌دهند. مجموعه رخساره‌های ماسه‌سنگی عمدتاً شامل ماسه‌سنگهای ستبر لایه، ماسه‌سنگهای نازک‌لایه و ماسه‌سنگهای قلوه‌ای است. رخساره‌های ماسه‌سنگی ستبر لایه، ستبرای متفاوتی داشته و دارای میان‌لایه‌های شیلی است. این رخساره‌ها عمدتاً درکانالهای حفرشده و پرشده زیردریایی بر جای گذاشته شده‌اند. چنین ماسه‌سنگهای توده‌ای بدون ساخت رسوبی، نشانگر رسوبگذاری ناگهانی و سریع هستند که در اثر جریانهای آشفته با چگالی بالا، که نزدیک بستر حمل شده‌اند، نهشته شده است (Haughton et al., 2003). این رخساره در همهٔ برشهای برداشت شده از سازند کشف‌رود بر جای گذاشته شده، و عمدتاً پرکننده کانالهای حفرشده هستند. معمولاً از نظر لایه‌بندی، به‌طرف بالا نازک‌لایه شده و دانه‌بندی نیز به‌طرف بالا ریزشونده است. این تغییرات، نشان‌دهنده کاهش انرژی، طی مراحل رسوبگذاری است.

از دیگر رخساره‌های ماسه‌سنگی شناسایی شده، ماسه‌سنگهای نازک‌لایه است، که عموماً دارای سطوح زیرین ناگهانی بوده و حاوی آثار فسیلی فراوان است. این رخساره از لایه‌های نازک ماسه‌سنگی تشکیل شده است، که عمدتاً با میان‌لایه‌های نازک شیلی تناوب دارند. معمولاً از میزان لایه‌های ماسه‌سنگی به‌طرف بالا کاسته شده و بر میزان لایه‌های شیلی افزوده می‌شود. وجود توالی بوما در این ماسه‌سنگها مشهود است. باید توجه داشت که این رخساره‌های ماسه‌سنگی بیشتر ازنوع رخساره‌های بخش A توالی بوما هستند (شکل ۲- A). رخساره ماسه‌سنگ قلوه‌ای نیز از دیگر رخساره‌های بر جای گذاشته در این سازند بوده، که حجم کمی از توالی رسوبی را شامل می‌گردد. ستبرای این رخساره‌ها از ۰/۵ تا ۱۰ متر در تغییر است. این رخساره در بخش زیرین سازند نهشته شده است، و عمدتاً مربوط به رسوبات رودخانه‌ای است. در برخی از قسمتهای بالایی سازند چنین رخساره‌هایی شناسایی شده است، که مرتبط به جریانهای خرده‌دار و چگالی بالا در بخشهای نسبتاً ژرف است (پورسلطانی و همکاران، ۱۳۸۵).

رخساره‌های گلسنگی

رخساره‌های گلسنگی در سازند کشف‌رود، شامل گلسنگهای سیلتی و رسی یا توده‌ای با ستبراهای مختلف است. رخساره‌های گلسنگی بیشترین حجم این سازند را تشکیل می‌دهند، گرچه میزان آن در برشهای برداشت شده فرق می‌کند.

رخساره‌های گلسنگی توده‌ای در کل سازند شناسایی شده و ستبراهای مختلفی دارند. در این رخساره، میان‌لایه‌های نازک سیلتستونی و ماسه‌سنگ دانه‌ریز با ستبراهای کم، تناوب نشان می‌دهد. این رخساره‌ها در محیطی به دور از سامانه‌های کانالی و نسبتاً ژرف نهشته شده‌اند. نهشته شدن این رسوبات، گویای این است که این رسوبات، در محیط ژرف و تقریباً نزدیک به بستر دریا بر جای گذاشته شده‌اند.

گلسنگهای سیلتی در بخشهای میانی و بالایی سازند شناسایی شده و دارای ستبراهای متغیر است. بر خلاف گلسنگهای توده‌ای، این رخساره‌ها به‌طور ریتمیک با ماسه‌سنگهای خیلی دانه‌ریز تا سیلتی تناوب دارند. براساس مطالعات Sixsmith et al. (2004) که بر روی رخساره‌های مشابهی شده است، چنین رخساره‌هایی در اثر جریانهای کم انرژی که قدرت حمل رسوبات دانه درشت را ندارند، بر جای گذاشته شده‌اند.

ایکنولوژی (Ichnology)

با توجه به این که آثار فسیلی از ساختهای برجا به شمار می‌آیند، بنا براین می‌توانند از شواهدی باشند که در تفسیر محیط رسوبی از آنها استفاده می‌شود. برخی از این آثار فسیلی در سطح لایه تشکیل شده و برخی عمود بر سطح لایه‌بندی در اثر حفاری موجودات ایجاد می‌شوند و برخی از این آثار بر اثر تغذیه جانور تشکیل شده‌اند. سیزده نوع اثر فسیلی در سازند کشف‌رود شناسایی شده که بر مبنای محیط تشکیل در سه مجموعه به شرح زیر تقسیم‌بندی شده‌اند (شکلهای ۳ و ۷).

۱- مجموعه میان کشندی و ساحلی (intertidal to shoreface)

این مجموعه شامل آثار فسیلی Conichnus, Skolithos و Lophoctenium است، که عمدتاً در بخشهای پایین برشهای چینه‌شناسی برداشت شده شناسایی شده‌اند، و منحصر به محیطهای کم‌ژرفا هستند (شکلهای ۳، ۴ و ۷). این آثار در لایه‌های شیلی، سیلتستونی و ماسه‌سنگی تشکیل شده‌اند. لایه‌های ماسه‌سنگی عمدتاً ریزدانه تا متوسط دانه بوده و جورشدگی نسبتاً خوب تا ضعیف دارند. موج‌نقش، چینه‌بندی متقاطع، تراف و لامیناسیون افقی از ساختهای رسوبی شناسایی شده در رخساره‌های دربرگیرنده این آثار فسیلی است. در زیر، این آثار فسیلی توصیف می‌شوند.

Conichnus

در برش سفیدسنگ، در بخشهای زیرین، برخی از لایه‌های ماسه‌سنگی دارای آثار فسیلی بوده که از این میان Conichnus شناسایی شده است (شکلهای ۳ و ۴ -A). شکل ظاهری این ایکنوفسیل، مخروطی بوده و قطر اندازه‌گیری شده آن حدود ۳ و طول آن حدود ۱۰ سانتی‌متر است. نوع کانال به فرم حفاری و عمود بر سطح لایه‌بندی است.

تفسیر: بنا بر مطالعات انجام شده توسط Pemberton et al. (1992) در سازند Blackhawk در کانادا، این اشکال توسط موجوداتی که در شرایط نسبتاً پرانرژی مانند سواحل و یا منطقه تحت تأثیر امواج زندگی می‌کنند، ایجاد می‌شوند. همچنین براساس مطالعات Pattison (2005) بر روی این ایکنوفسیلها در سازند Book Cliffs در ایالت یوتا و سازند Viking در آلبرتای کانادا، محیط تشکیل آن بخش پایینی تا بالای حاشیه ساحلی تعیین شده است. بنابراین براساس مطالعات فوق و با توجه به شواهد رسوب‌شناختی رخساره‌های این بخش از سازند کشف‌رود، چنین استنباط می‌شود که محیط تشکیل رخساره‌های فوق در محیط حاشیه ساحلی و یا تحت نفوذ امواج بوده است.

Skolithos

در برش کل ملک‌آباد لایه‌های ماسه‌سنگی و شیلی با یکدیگر تناوب دارند. ستبرای لایه‌های ماسه‌سنگی از ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر تغییر می‌کند. میان‌لایه‌های سیلتستون و شیل سیلتی در این رخساره‌ها وجود دارد، که ستبراهایی بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. سطح زیرین لایه‌ها ناگهانی است. این رخساره‌ها شامل ایکنوفسیل Skolithos است (شکلهای ۳ و ۴- B). ایکنوفسیل شناسایی شده، تک کانالی بوده و طول آن ۹ سانتی‌متر و قطر آن ۱ سانتی‌متر است. این آثار به‌طور قائم لایه‌های ماسه‌سنگی را قطع کرده است.

تفسیر: Crimes (1977) و Seilacher (1981) بر اساس مطالعه رسوبات مشابهی در اسپانیا اظهار داشته‌اند که این ایکنوفسیل توسط موجودات حفار تشکیل شده و این کانالها برای تغذیه موجود ایجاد شده است. همچنین، بر اساس مطالعات انجام شده توسط Frey et al. (1990) و Pemberton (1992) ، محیط تشکیل این ایکنوفسیل محیطی نسبتاً پرانرژی بوده که در چنین شرایطی، رسوبات دارای جورشدگی خوب می‌باشند. لذا، این امکان وجود دارد که این آثار در رخساره‌های برون کرانه‌ای و یا در مخروطهای زیر دریایی تشکیل شده باشند. مشابه این ایکنوفسیل از رخساره‌های رسوبات آشفته ترس‌پوزس (کرتاسه بالایی) جنوب شیلی توسط Shultz & Hubbard (2005) گزارش شده است، هرچند Pemberton et al. (1992) و Pemberton & Maceachern (2005) بر این باور هستند که امکان تشکیل این ایکنوفسیل در هر محیطی وجود دارد. لذا چنین استنباط می‌شود که رخساره‌های دارای این ایکنوفسیل در برش برداشت شده مربوط به محیط ساحلی و یا کشندی هستند.

Lophoctenium

در بخشهای زیرین برش سفیدسنگ، برخی واحدهای ماسه‌سنگی قهوه‌ای با لایه‌بندی ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری با میان‌لایه‌های شیل سبز به ستبرای حقیقی ۴ متر نهشته شده‌اند. دراین رخساره‌ها، آثار فسیلی Lophoctenium شناسایی شده است. این ایکنوفسیل در سطح لایه‌های ماسه‌سنگی تشکیل شده است (شکلهای ۳ و ۴ - C). ابعاد کانالها از ۱ تا ۳ سانتی‌متر تغییر می‌کند و به‌طور نامنظم در جهتهای مختلف تشکیل شده است. این آثار برای تغذیه جانور حفر شده و می‌توان آن را جزو رده Zoophycos در نظر گرفت (Pemberton,1992).

تفسیر: بر اساس مطالعات Pemberton & Frey (1984), Bromly (1990) Rindsberg & Martin (2003) و Gobertz (2005) که در رخساره‌های مشابهی این ایکنوفسیل را شناسایی کرده‌اند، این آثار فسیلی در منطقه نریتیک،

پس از رسوبگذاری تشکیل شده است. بنابراین، با توجه به رسوب‌شناسی رخساره‌های دارای این ایکنوفسیل در سازند کشف‌رود و نتایج فوق، می‌توان محیط تشکیل آن را نریتیک در نظر گرفت.

۲- مجموعه برون کرانه‌ای (offshore)

این مجموعه از آثار فسیلی شامل Palaeophycus striatus, Palaeophycus tubularis, Thalassinoides suevicus و Belerhaphe بوده، که منحصر به محیطهای برون‌کرانه‌ای و انتهای دلتا و در برخی قسمتها، متأثر از جریانهای آشفته است (شکلهای ۳، ۵ و ۷). رخساره‌های سنگی دربرگیرنده این آثار فسیلی، سیلتستون و ماسه‌سنگهای دانه‌ریز و گاه دانه‌متوسط با جورشدگی ضعیف تا متوسط بوده، که میان‌لایه‌های نازک شیلی نیز دارند. ساختهای رسوبی عمده شناسایی شده در این رخساره‌ها، موج‌نقش و لامیناسیون افقی است. در زیر، این آثار فسیلی توصیف می‌شوند.

Palaeophycus striatus

در بخش میانی برش سفیدسنگ، رخساره‌های ماسه‌سنگی دانه‌ریز تا سیلتستون به صورت میان‌لایه در بین توده‌های شیلی مشاهده می‌شوند. آثار فسیلی Palaeophycus striatus (نام قدیم Fucusopsis sulcatum) (Pemberton et al., 1992)، در این رخساره‌ها شناسایی شده است. این آثار به‌صورت کانالی بوده که به شکل Y در رسوبات حفر شده‌اند (شکلهای ۳ و۵ - E). قطر کانالها از ۱ تا ۲ سانتی‌متر تغییر می‌کند، اما طول آنها متغیر است. کانالها در جهتهای مختلف، یکدیگر را قطع کرده‌اند.

تفسیر: مشابه این ایکنوفسیل از رسوبات شمال مکران، مربوط به محیط ژرف شناسایی شده است (McCall,1985). همچنین به نظر Seilacher (1981)، این ایکنوفسیل در سطح لایه و گاه در درون رسوبات تشکیل می‌شود. Shultz & Hubbard (2005)، نیز در رخساره‌های آشفته سازند ترس پوزس جنوب شیلی، مشابه این ایکنوفسیل را شناسایی کرده‌اند. همچنین مطالعات Beynon et al. (1988) بر روی سازند Grand Rapids (کرتاسه زیرین) در کانادا بیانگر آن است که این ایکنوفسیل در محیطهای دارای جریانهای با چگالی پایین همانند انتهای جریانهای آشفته، تشکیل شده است. لذا بر پایه مطالعات فوق و همچنین شواهد موجود در رخساره‌های سازند کشف‌رود، چنین استنباط می‌شود که رخساره‌های این بخش، در محیطی نسبتاً ژرف و تحت تأثیر جریانهای آشفته تشکیل شده‌اند.

Palaeophycus tubularis

در میانه‌های برش کل ملک‌آباد، رخساره‌های ماسه‌سنگی با میان‌لایه‌های نازک شیلی نهشته شده‌اند. در این رخساره‌ها، ایکنوفسیل Palaeophycus tubularis شناسایی شده است (شکل ۳ و ۵ - C). این آثار فسیلی به‌طور کلی Uشکل بوده و در سطح لایه‌ها تشکیل شده است. در نمونه‌های مطالعه شده طول لوله‌ها بیش از ۵۰ سانتی‌متر بوده و قطر آنها در حدود ۱ الی ۲ سانتی‌متر است. کانالها توسط رسوبات دانه‌ریز یا گل پر شده است. معمولاً این کانالها برای تغذیه جانور بوده و در رسوبات ماسه‌ای تشکیل می‌شود (Pemberton, 1992).

تفسیر: براساس مطالعات Pemberton et al. (1992)، در سازند Blackhawk کانادا، این ایکنوفسیل در محیطهای برون‌کرانه‌ای تشکیل می‌شود. همچنین این ایکنوفسیل را نیز Dam (1990)، از سازند Neill Kliner (ژوراسیک زیرین)، شناسایی کرده که براساس تفسیر وی، در محیطهای آرام تشکیل شده‌اند. Wu(1982) نیز این ایکنوفسیل را در رخساره‌های ماسه‌سنگی مربوط به محیطهای پرانرژی بویژه در محیط تحت تأثیر توفان در سازند Courceyan (کرتاسه زیرین) تفسیر کرده است. لذا براساس مطالعات انجام شده در دیگر نقاط دنیا، و رخساره‌های مشابهی که در سازند کشف‌رود شناسایی شده، محیط تشکیل این ایکنوفسیل مربوط به محیط برون کرانه‌ای پرانرژی است. از جمله شواهد موجود در رخساره‌های دارای این ایکنوفسیل، ساخت رسوبی HCS بوده که منحصر به محیطهای توفانی است (شکل ۲- B).

Thalassinoides suevicus

در بخشهای میانی برش کل ملک‌آباد، واحدهای ماسه‌سنگی با ستبراهای ۳ الی ۵ متر نهشته شده است. این لایه‌ها حالت صفحه‌ای وگسترش جانبی زیادی دارند. میان‌لایه‌های نازک شیل سیلتی در این واحدها وجود دارد. فسیل گیاهی و ایکنوفسیل در این لایه‌ها فراوان است که از این میان انواع Thalassinoides suevicus شناسایی شده است (شکل ۳ و ۵ - B &D). این آثار فسیلی در سطح زیرین لایه‌ها به شکل کانالهای درهم و وسیع مشاهده شده است. شاخه‌های تشکیل‌دهنده کانالها Y شکل است. ستبرای کانالها از ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر تغییر می‌کند. این علائم معمولاً از نوع تغذیه‌ای است.

تفسیر: براساس مطالعات Crimes (1977) و Frey & Goldring (1992) این آثار توسط موجودات، در محیطی با انرژی متوسط تشکیل می‌شوند. همچنین بر اساس مطالعات Frey et al. (1990) و Bromly (1990) این آثار مربوط به دسته Cruziana است، و ممکن است در محیطهای فروکشندی و همچنین منطقه زیر خط اثر امواج تشکیل شود. از طرفی، بر اساس مطالعات

Pemberton et al. (1992) ، که بر روی رخساره‌های مشابه در سازند Blackhawk در کانادا انجام شده است، این آثار فسیلی ممکن است در بخش پایین حاشیه ساحلی تا دور از ساحل نیز تشکیل شوند. همچنین بر اساس مطالعات Shultz & Hubbard (2005)، امکان تشکیل این ایکنوفسیل در محیطهای ژرف که جریانهای آشفته حاکم است، وجود دارد. بنا براین چنین استنباط می‌شود که براساس رخساره‌های مطالعه شده و همچنین ایکنوفسیلهای شناسایی شده، محیط تشکیل نیمه ژرف تا نسبتاً ژرف بوده و احتمالاً جریانهای آشفته در منطقه حاکم بوده و رسوبات تحت تأثیر آن نهشته شده‌اند.

Belerhaphe

در بخشهای میانی برش کل ملک‌آباد نیز رخساره‌های ماسه‌سنگی ریز تا خیلی ریز دارای ایکنوفسیل Belerhaphe نهشته شده است. رخساره‌های ماسه‌سنگی به‌صورت میان‌لایه‌هایی ماسه‌سنگی در درون واحدهای شیلی شناسایی شده است. رخساره‌های شیلی احتمالاً در محیطهای نسبتاً ژرف‌تر نهشته شده است. ایکنوفسیل شناسایی شده زیگزاکی شکل بوده و اندازه هر ضلع آن از ۲ الی ۳ سانتی‌متر در تغییر است (شکل ۳ و ۵ – A).

تفسیر: این ایکنوفسیل را نیز Madani (1977)، از سازند کشف‌رود در برش خارزار گزارش کرده است. مطالعات وی نیز نشانگر این است که این ایکنوفسیل در حین رسوبگذاری در نواحی نسبتاً ژرف تشکیل گردیده است. بنا برشواهد فوق چنین استنباط می‌شود که رخساره‌های دارای این ایکنوفسیل منحصر به محیط برون‌کرانه‌ای هستند.

۳– مجموعه آبهای ژرف‌تر (deeper water)

این مجموعه شامل Rhizocoralium jenese، Psilonichnus، Scolicia، Planololites beverleyensis و Taenidium است. این آثار فسیلی در محیطی ژرف‌تر که عمدتاً متأثر از جریانهای آشفته است، تشکیل شده‌اند (شکل ۳، ۶ و ۷). رخساره‌های حاوی این آثار ماسه‌سنگ دانه‌ریز و گاه دانه‌متوسط با جورشدگی نسبتاً ضعیف تا متوسط و همچنین در برخی از لایه‌ها سیلتستون است. میان‌لایه‌های نازک شیلی نیز در این رخساره‌ها عمومیت دارد. آثار کنده شده و پرشده و لامیناسیون افقی از عمده ساختهای رسوبی شناسایی شده در این رخساره‌هاست. در زیر، این آثار فسیلی توصیف می‌شوند.

Psilonichnus

در بخش بالایی برش کل ملک‌آباد، لایه‌های ماسه‌سنگی که با میان لایه‌های نازک شیلی تناوب دارد، آثار فسیلی Psilonichnus مشاهده و شناسایی شده است. نمونه‌های شناسایی شده دارای طول بیش از ۴۰ سانتی‌متر بوده و قطر بخش بالایی ۳ سانتی‌متر است که به‌طرف پایین به ۱/۵ سانتی‌متر کاهش می‌یابد (شکل ۳ و ۶– C). این آثار فسیلی به صورت کانال تغذیه‌ای بوده و به شکل حفاری عمود بر لایه‌بندی است. این آثار معمولاً پس از رسوبگذاری ایجاد می‌شود (Pemberton, 1992).

تفسیر: محیط تشکیل این ایکنوفسیل مشابه Skolithos بوده و مربوط به محیطهای نسبتاً پرانرژی و احتمالاً مخروطهای زیردریایی است (Frey,1990). بنابراین، بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از ایکنوفسیلها و مطالعات رسوب‌شناسی رخساره‌های سنگی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که محیط تشکیل این بخش از برش نسبتاً پرانرژی و احتمالاً مربوط به نواحی تحت تأثیر جریانهای آشفته بوده است.

Planololites beverleyensis

در بخش بالایی برش کل ملک‌آباد لایه‌های ماسه‌سنگی دانه‌ریز که به‌طور میان‌لایه در بین لایه‌های شیلی قرار دارد، ایکنوفسیل Planololites beverleyensis شناسایی شده است (شکل ۳ و ۶ – B). از نظر شکل ظاهری دارای لوله‌های U شکل بوده و به‌ندرت شاخه‌ای می‌شود. دارای دیواره‌های صاف و یکسان بوده و حالت استوانه‌ای دارد. در این نمونه، قطر لوله‌ها حدود ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر است. طول لوله‌های این ایکنوفسیل از ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر تغییر می‌کند.

تفسیر: Pemberton et al. (1992) در مطالعات خود این ایکنوفسیل را در سازند Blackhawk در کانادا شناسایی کرده و چنین نتیجه گرفته‌اند که امکان تشکیل این اثر فسیلی معمولاً در تمام محیطها، اعم از رودخانه‌ای و دریایی ژرف وجود دارد. مشابه این ایکنوفسیل توسط Beynon et al. (1988) از سازند Grand Rapids (کرتاسه زیرین) کانادا و نیز توسط Shultz & Hubbard(2005) از رخساره‌های آشفته محیطهای ژرف سازند ترس پوزس در جنوب شیلی گزارش شده است. همچنین Haward & Frey (1984) و Frey(1990) از رسوبات نسبتاً ژرف کرتاسه بالایی در ایالت یوتا مشابه این ایکنو فسیل را مطالعه و گزارش کرده‌اند. لذا با توجه به نتایج حاصل از مطالعات فوق و رخساره‌های آشفته دارای این اثر فسیلی در سازند کشف‌رود، چنین می‌توان نتیجه گرفت که محیط تشکیل این ایکنوفسیل رخساره‌های آشفته است.

Rhizocoralium jenese

در بخشهای بالایی برش کل ملک‌آباد واحدهای ماسه‌سنگی به ستبرای ۵ تا

۱۰ متری با میان‌لایه‌های شیل سیلتی شناسایی شده است. در برخی قسمتها، نهشـــته‌های کانالی نیز شناسایی شده است. آثار فســـیلی Rhizocoralium jenese در لایه‌های ماسه‌سنگی ریزدانه میکایی شناسایی شده است (شکل ۳ و ۶ – A). این آثار در سطح لایه تشکیل شده و جزو کانالهای تغذیه‌ای به شمار می‌آید (Pemberton et al.,1992). قطر کانالها بین ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر تغییر می‌کند. این کانالها معمولاً U شکل است.

تفسیر: براساس مطالعات Pemberton et al. (1992) در سازند Blackhawk کانادا بر روی این ایکنوفسیل در رخساره‌های ماسه‌سنگی، این باور وجود دارد که این اثر فسیلی منحصر به محیطهای برون‌کرانه‌ای است. این ایکنوفسیل نیز توسط Dam (1990) از سازند Neill Kliner (ژوراسیک زیرین) و همچنین توسط Wu (1982) از سازند Caurceyen (کرتاسه زیرین) و سازند Arundain گزارش شده، و چنین نتیجه گیری شده است که رخساره‌های مذکور در محیطهای پرانرژی تشکیل شده است. براساس گزارشهای فوق و شواهد رسوب‌شناختی، رخساره‌های دارای این آثار فسیلی در سازند کشف‌رود نیز منحصر به محیطی پرانرژی و نسبتاً برون‌کرانه‌ای و احتمالاً متأثر از جریانهای آشفته هستند.

Scolicia

در بخشهای بالایی برش کل ملک‌آباد توده‌های ماسه‌سنگی با لایه‌بندی لامینه تا ستبر که با شیل سیلتی تا رسی تناوب نشان می‌دهد، قرار دارند. آثار فسیلی Scolicia درسطوح بالایی لایه‌های ماسه‌سنگی دانه‌ریز تشخیص داده شده است (شکل ۳ و ۶ – D). این آثار تغذیه‌ای بوده و طول کانالها اندازه خاصی نداشته و به‌طور نامنظم در سطح لایه تشکیل شده است. کانالها قطری حدود ۰/۵ سانتی‌متر دارند.

تفسیر: این آثار در اثر حرکت موجودات برای فرار یا تغذیه در ماسه‌سنگهای آشفته (آبهای ژرف) ایجاد می‌شود (Frey et al.,1990). با توجه به شواهد موجود در ماسه‌سنگهای دارای این ایکنوفسیل، رخساره‌های این بخش از سازند کشف‌رود مربوط به نهشته‌های محیط ژرف و متأثر از جریانهای آشفته است.

Taenidium

در قسمتهای زیرین، دربرخی از رخساره‌های ماسه‌سنگی با میان‌لایه‌های شیلی برش قلعه‌سنگی، ایکنوفسیل Taenidium شناسایی شـده است (شکل ۳ و ۶– E). این ایکنوفسیل دارای کانالهای به طول ۱۰ سانتی‌متر و یا بیشتر، و قطر حدود ۱ سانتی‌متر است. کانالها معمولاً صاف بوده و در سطح لایه تشکیل شده است.

تفسیر: بر اساس مطالعات انجام شده بر روی این ایکنوفسیل در سازند Neill Klincer (ژوراسیک زیرین) توسط Dam (1990) و نیز مطالعات اخیر Shultz & Hubbard (2005) بر روی رخساره‌های آشفته سازند ترس پوزس، در جنوب شیلی، تشکیل این ایکنوفسیل را در محیطی نسبتاً ژرف تفسیر کرده‌اند. همچنین مشابه این ایکنوفسیل را Madani (1977) در برش خارزار، در سازند کشف‌رود شناسایی کرده و وی نیز محیط تشکیل را برون کرانه‌ای واحتمالاً آشفته اعلام نموده است. بنابراین، این آثار مربوط به رخساره‌هایی است که در محیطی نسبتاً ژرف، و احتمالاً متأثر از جریانهای آشفته نهشته شده‌اند.

نتیجه‌گیری

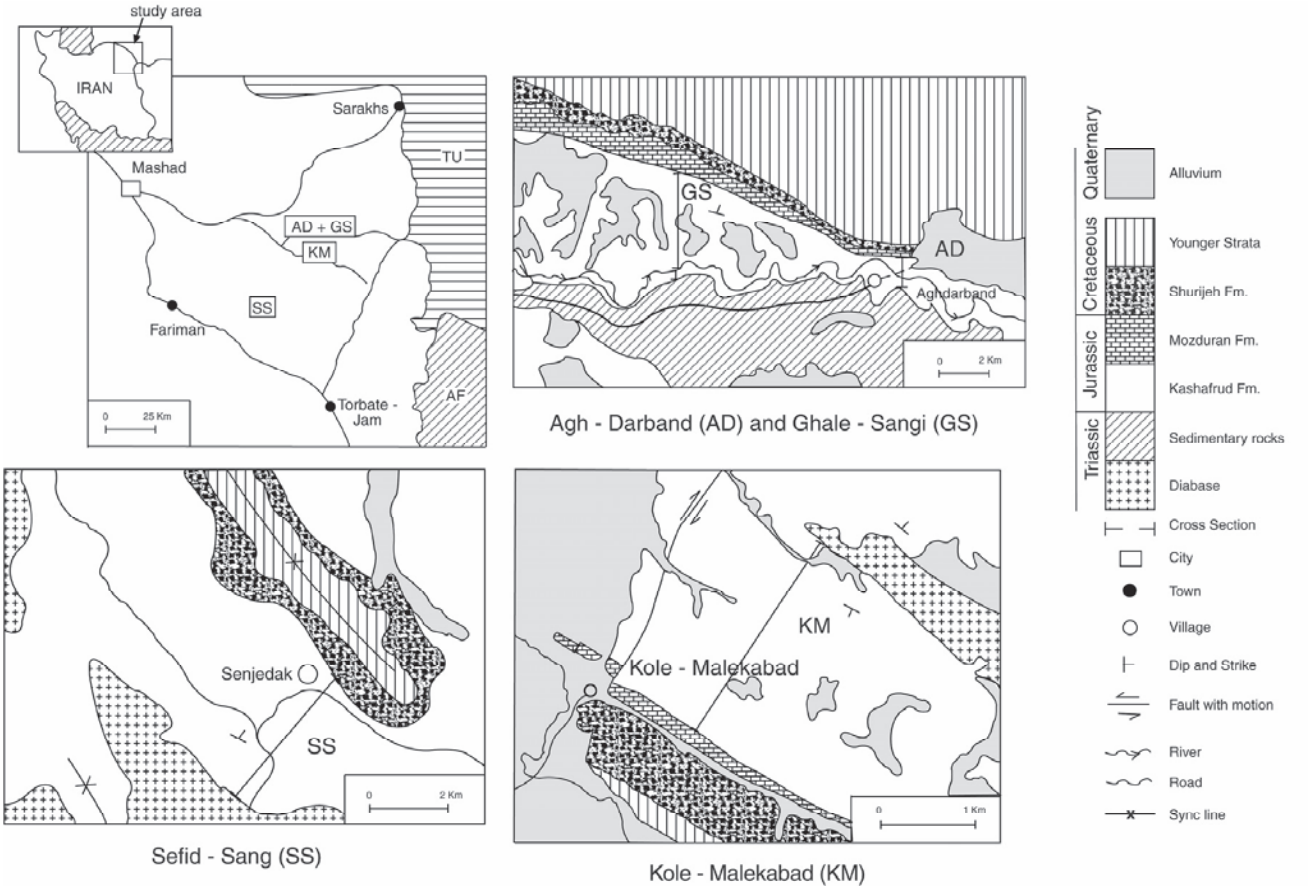
سازند سیلیسی آواری کشف‌رود (باژوسین بالایی – باتونین) در حوضه رسوبی کپه داغ، در بخشهای خاوری گسترش زیادی دارد. در برشهای چینه‌شناسی کل ملک‌آباد، قلعه سنگی و سفید سنگ افقهای سیلتستونی و ماسه سنگی دانه ریز حاوی آثار فسیلی بوده، که از این میان ۱۳ جنس شناسایی شده است. این افقها ستبراهای مختلفی دارند. آثار فسیلی شناسایی شده بر اساس ژرفا تشکیل به سه دسته کلی تقسیم شده‌اند.

آثار فسیلی همچون Conichnus, Skolithos و Lophoctenium مشخص کننده این است که نهشته‌های مربوط به بخشهای پایین‌تر در محیطهای میان‌کشندی و ساحلی نهشته شده‌اند. اما از طرفی، وجود آثار فسیلی همچون Palaeophycus striatus, Palaeophycus tubularis, Thalassinoides suevicus و Belerhaphe مشخص کننده این است که رخساره‌های بخش میانی سازند کشف‌رود عمدتاً در محیط بـــرون‌کرانه‌ای پرانرژی نهشته شده است. همچنین براساس آثار فسیلی همانـند Psilonichnus, Scolicia, Rhizocoralium jenese, Planololites beverleyensis و Taenidium در بخشهای بالایی این سازند، چنین استنباط می‌شود که این رخساره‌ها در محیط ژرف و متأثر از جریانهای آشفته نهشته شده‌اند.

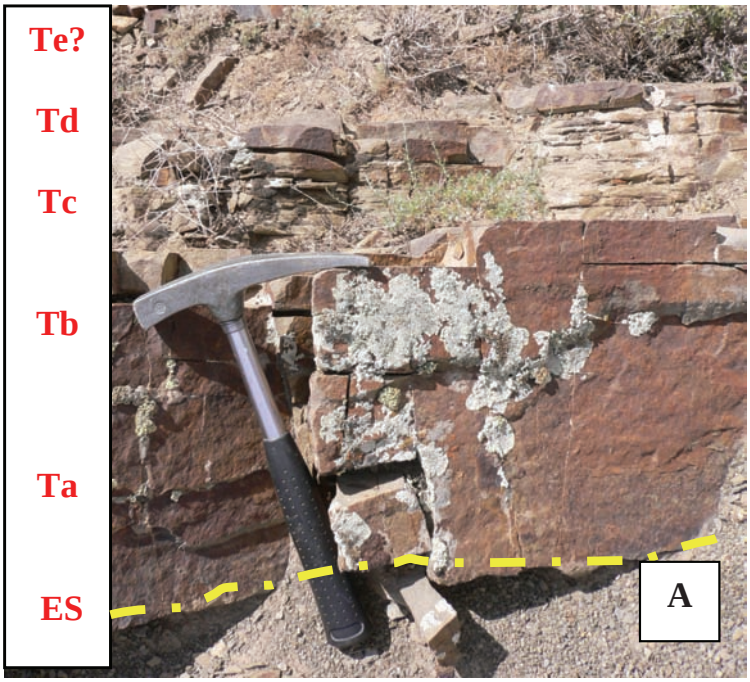
در پایان می‌توان چنین نتیجه گرفت که سازند کشف‌رود در یک محیط رودخانه‌ای – دلتایی و دریایی (بویژه ژرف‌تر حوضه) برجای نهاده شده است. امید است تا این اطلاعات بتواند علاوه بر تفسیر جغرافیای دیرینه منطقه به شناخت شرایط زمین‌ساختی حوضه در زمان رسوبگذاری کمک نماید.

تشکر و قدردانی

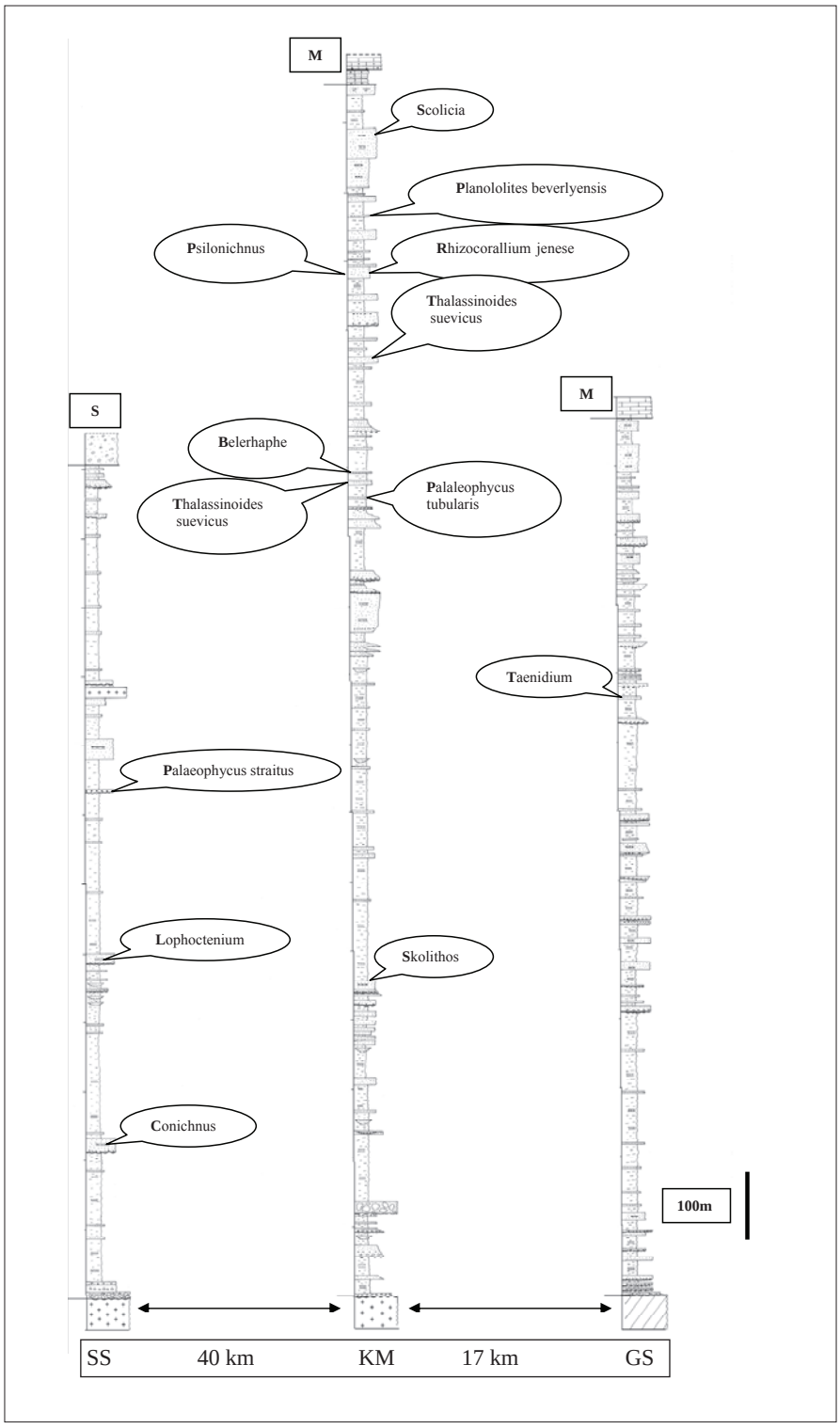
بدین وسیله از همکاری سازمان زمین‌شناسی، مدیریت شمال خاوری کشور تشکر می‌شود. همچنین از پروفسور George. R. Pemberton، دانشگاه آلبرتای کانادا برای تأیید نمونه‌های آثار فسیلی ارسالی صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.



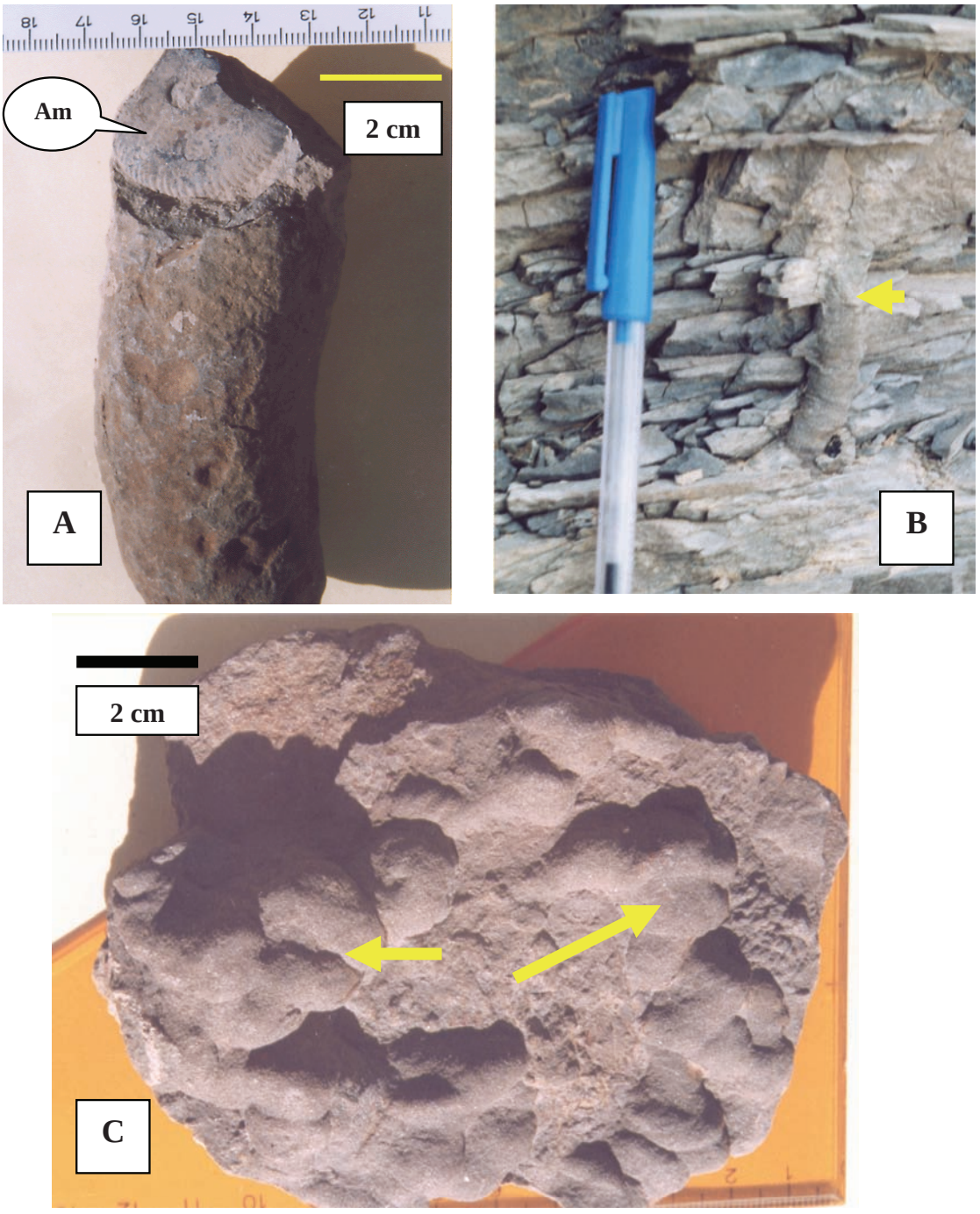
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در حوضه رسوبی کپه داغ، شمال خاور ایران، نقشه‌های زمین‌شناسی موقعیت چهار منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. برشهای چینه‌شناسی اندازه‌گیری شده در روی این نقشه‌ها مشخص است [(اقتباس از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت جام (بهروزی و افتخارنژاد، ۱۹۹۴)، ۱:۱۰۰۰۰۰ آق دربند (قائمی، ۱۳۸۴) و ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس (افشار حرب،۱۹۸۳)].



شکل ۲- A) نمایی از یک توالی بوما در سازند کشف رود. در این توالی بخش Te توالی شناسایی نشده است. [ES: سطح فرسایشی] B) ساخت رسوبی پشته‌ای در ماسه‌سنگهای ریز دانه در محیط تحت تأثیر توفان در سازند کشف رود (پیکانها اختلاف ستبرا را نشان می‌دهند. [طول چکش ۳۰، و طول ماژیک ۱۲ سانتی‌متراست].



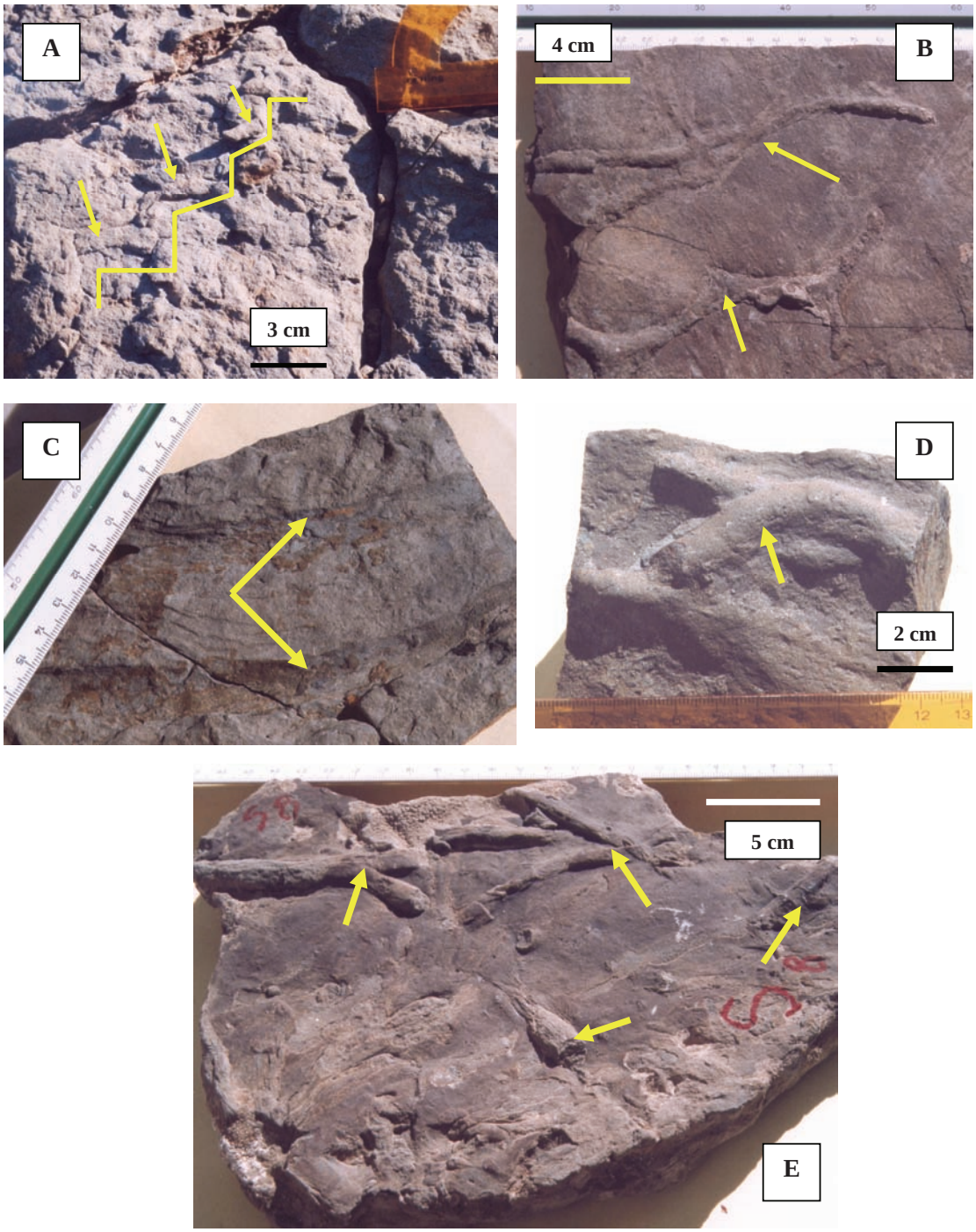
شکل ۳- برشهای چینه‌شناسی برداشت شده سازند کشف رود در (GS) قلعه سنگی، (KM) کل ملک آباد و (SS) سفید سنگ. M) سازند مزدوران، S) سازند شوریجه. موقعیت آثار فسیلی برداشت شده و شناسایی شده بر روی برشها نشان داده شده است. موقعیت جغرافیایی برشها در شکل ۱ نشان داده شده است (فاصله افقی به مقیاس نمی‌باشد).



شکل ۴ – A) Conichnus، B) Skolithos، C) Lophoctenium

(Am فسیل آمونیت باقی مانده در این مجرا را نشان می‌دهد، فلشها آثار فسیلی را نشان می‌دهند. مقیاسها بر حسب سانتی‌متر است.

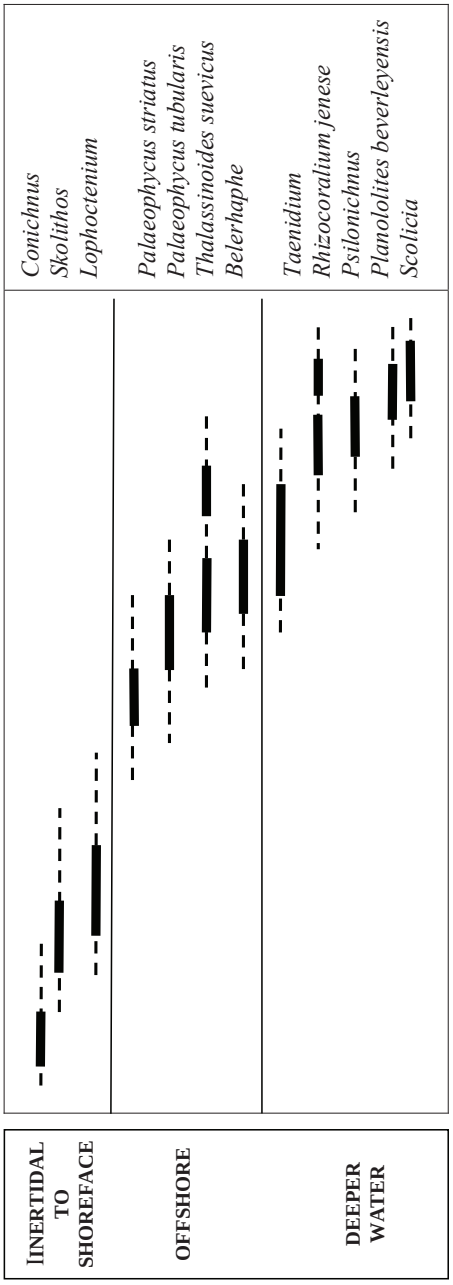
(طول خودکار در شکل A ، ۱۰ سانتی‌متر است).



شکل ۵- A) Belerhaphe، Thalassinoides suevicus (B&D)، Palaeophycus tubularis (C، Palaeophycus striatus (E.

(مسیر خطوط سفید رنگ و پیکانها آثار فسیلی را نشان می‌دهند. مقیاسها بر حسب سانتی‌متر است).

شکل ۶ – A) Rhizocorallium jenese، B) Planololites beverlyensis، C) Psilonichnus، D) Scolicia، E) Taenidium (پیکانها و خطوط آثار فسیلی را نشان می‌دهند. مقیاسها بر حسب سانتی‌متر است. قطر کمپاس ۷ سانتی‌متر است، طول ماژیک ۱۲ و طول قسمت بالای خودکار ۶ سانتی‌متر است).



شکل ۷ - مجموعه آثار فسیلی شناسایی شده بر مبنای ژرفای محیط تشکیل در سازند کشف رود

کتابنگاری

افشار حرب، ع. ۱۳۷۳- زمین‌شناسی کپه داغ، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور شماره ۱۱، ۲۷۶ صفحه.

پورسلطانی، م. ر.، موسوی حرمی، ر.، لاسمی، ی.، ۱۳۸۵- شناخت مجموعه‌های رخساره‌ای سازند کشف رود (ژوراسیک میانی) و تفسیر محیط رسوبی آن، چکیده مقالات دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صفحه ۲۴۸.

شهریاری، س.، قائمی، ف.، موسوی حرمی، ر.، سعیدی، ع.، ۱۳۸۳- تکوین زمین‌ساختی و مدل ساختاری پنجره زمین‌ساختی آق دربند، علوم زمین، ۵۴، ۸۰ ۹۵-.

قائمی، ف. ۱۳۸۴- نقشه زمین‌شناسی آق دربند، مقیاس: ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، یک ورق.

References

Afshar-Harb, A., 1979 - Stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kope- Dagh region, northeast Iran. Doctoral Imperial College of Science and Technology, University of London, England, p. 316.

Afshar-Harb, A., 1983- Geological map of Sarakhs, Scale 1: 250000 National Iranian Oil Company. Tehran, Iran.

Behroozi, A. & Eftekhar-Nezhad., 1993- Geological map of Torbat-e-Jam. Scale 1: 250000, GSOI, No: L5, Tehran.

Berberian, M., King, G. C. P., 1981- Towards a palaeogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18, 210-265.

Beynon,B.M., Pemberton,S.G., Bell,D.A. and Logon.,C.A., 1988- Environmental implications of ichnofacies from the Lower Cretaceous Grand Rapids Formation, Cold Lake Oil Sands Deposit. In D. J. James and D. A. Leckie, (Eds)., Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and Subsurface. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 15: 275-290.

Bromly, R.G., 1990- Trace fossils: Biology and Taphonomy. Unwin Hyman, Boston. 280 p.

Crimes, T.P., 1977- Trace fossils of an Eocene deep sea fan, northern Spain. In: Crimes, T. P., Harper, J. C. (Eds.), Trace fossils 2: Geological Journal, Special Issue 9, Seel House Press, p. 71-90.

Dam, G., 1990- Paleoenvironmental significance of trace fossils from the shallow marine Lower Jurassic Neill Klinter Formation, East Greenland. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 79: 221-248.

Frey, R. W., 1990- Trace fossils and hummocky cross –stratification, Upper Cretaceous of Utah. Palaios 5: 203-218.

Frey, R. W. and Goldring, R., 1992- Marine events beds and reconlonization surfaces are revealed by trace fossil analysis: Geological Magazine, 129, 325-335.

Frey, R.W., Pemberton, S. G. and Saunders, T. D. A., 1990- Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship: Journal of Paleontology, 64, 155-158.

Gaemi, F., 1996- Geological map of Sefidsang, Scale, 1: 100000, GSOI.

Garzanti, E., Gaetani, M., 2002- Unroofing history of Late Paleozoic magmatic arcs within the “Turan plate” (Tuarkyr, Turkmenistan). Sedimentary Geology, 151, 67-87.

Gobetz, K., 2005- Claw Impressions in the Walls of Modern Mole (Scalopus aquaticus) Tunnels as a Means to Identify Fossil Burrows and Interpret Digging Movements, Ichnos, Vol.12, No. 3, pp. 227-231(5).

Haughton, P. D. W., Barker, S. P. and Mccaffrey, W. D., 2003- ´Linked’ debrites in sand-rich turbidite systems-origin and significace: Sedimentology, vol. 5, no. 3, pp. 459-482.

Haward, J.D. and Frey., R. W., 1984- Characteristic trace fossils in nearshore to offshore sequences, Upper Cretaceous of east-central Utah. Canadian Journal of Earth Sciences. 21: 200-219.

Lien, T., Walker, R. G., Martinsen, O. J., 2003- Turbidites in the Upper Carboniferous Ross Formation, western Ireland: reconstruction of a channel and spillover system. Sedimentology, 52, 113-148.

Madani, M., 1977- A study of the sedimentology, stratigraphy and regional geology of the Jurassic rocks of eastern Kopet Dagh (NE Iran). Unpublished Ph.D. thesis, Royal School of Mines, Imperial College, London, 246 p.

McCall, G. J. H., 1985- Area report, East Iran Project – Area no: 1 (North Makran & South Baluchestan), Supervised by: Geology Survey of Iran (J. Eftekhar-Nezhad & M. Samimi-Namin), No: 57, 634 p.

Mutti, E. and Normark, W.R., 1987- Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: problems and concepts. In: Leggett, J. K., Zuffa, G. G., (Eds.), Marine Clastic Sedimentology. Graham and Trotman, London, U.K., 1-38

Pattison, S.A.J., 2005- Storm-influenced prodelta turbidite complex in the Lower Kenilworth Member at Hatch Mesa, Book Cliffs, Utah, U. S. A.: implications for shallow marine facies models. Journal of Sedimentary Research, 75, 420-439.

Pemberton, S. G. and Frey., R. W., 1984- Ichnology of storm-influence shallow marine sequence: Cardium Formation (Upper Cretaceous) at Seebe, Alberta. In D. F. Stott and D. J. Glass, eds., The Mesozoic of Middle North America. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 9: 281-304.

Pemberton, S.G. and Maceachern, J. A., 2005- Significance of Ichnofossils to Applied Stratigraphy, E. A. M. Koutsoukous (ed.), Applied Stratigraphy, 279 -300.

Pemberton, S.G., MacEachern, J.A., Frey, R.W., 1992- Trace fossils facies models: environmental and allostratigraphic significance. In: Walker, R. G., James, N. P., Eds.), Facies Models: Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada, 47-72.

Pembertone, S. G., 1992- Applications of Ichnology to Petroleum Exploration, SEPM Core Workshop No. 17, 428 p.

Poursoltani, M. R., Gibling, R. M., Moussavi Harami, R., 2006- Sedimentology and diagenesis of a turbidite succession: the Jurassic Kashasfrud Formation of the Kopet-Dagh Basin, 17th International Sedimentological Congress, Japan, Abstracts, Vol. B, p. 121.

Prothero, D. R. and Schwab, F., 2001- Sedimentary Geology, Freeman, W. H. and Company, 575 P.

Rindsberg, A.K. and Martin, A.J., 2003- Arthrophycus in the Silurian of Alabama (USA) and the problem of compound trace fossils, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology Vol. 192, No. 33, 2003, pp. 187-219.

Seilacher, A., 1981- Towards an evolutionary stratigraphy. Acta Geologica Hispanica, 16: 39-44.

Shultz, M.R., Hubbard, S.M., 2005- Sedimentology, stratigraphic architecture, and ichnology of gravity-flow deposits partially ponded in a growth-fault-controlled slope minibasin, Tres Pasos Formation (Cretaceous), southern Chile. Journal of Sedimentary Research, 75, 440-453.

Sixsmith, P.J., Flint, S.S., Wickens, H. DeV., Johnson, S.D., 2004- Anatomy and stratigraphic development of a basin floor turbidite system in the Laingsburg Formation, main Karoo Basin, South Africa. Journal of Sedimentary Research, 74, 239-254.

Takano, O., Tateishi, M. and Endo, M., 2005- Tectonic controls of a backarc trough-fill turbidite system: The Pliocene Tamugigawa Formation in the Niigata- Shin'etsu inverted rift basin, Northern Fossa Magna, Centeral Japan: Sedimentology Geology, Vol. 176, Issues. 3-4, pp. 247-279.

Wu, X., 1982- Storm-generated depositional types and associated trace fossils in Lower Cretaceous shallow marine carbonates of Three Cliffs Bay and Ogmore-by-Sea, South Wales. Palaeogeography, Palaeoclimatology, 39: 187-202.