

مدل ایکنولوژیکی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت در زیرپهنه کلمرد، ایران مرکزی

نارام بایت گل، دانشجوی دکتری گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

اسداله محبوبی، دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد*

محبوبه حسینی برزی، استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه شهید بهشتی

رضا موسوی حرمی، استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

نهشته‌های مخلوط آواری-کربناته سازند شیرگشت، به سن اردوئین، در دو برش کوه عاشقان و کوه راهدار، واقع در زیرپهنه کلمرد در ایران مرکزی دارای مجموعه متنوعی از آثار فسیلی هستند. گسترش ایکنوفاسیس‌ها اساساً وابسته به شرایط محیط رسوبی از جمله نوع رسوب، مواد غذایی در دسترس، میزان اکسیژن و سطح انرژی است. نهشته‌های سازند شیرگشت در محیط-های رسوبی چون حاشیه ساحلی، دور از ساحل و جزایر سدی-لاگونی ته‌نشین شده‌اند. در این سازند، ۵ ایکنوفاسیس شناسایی شدند که ۳ نوع ایکنوفاسیس کروزیانا، اسکولایتوس و سیلنیکنوس تحت کنترل بستر و ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس نیز تحت کنترل شرایط رسوبی و شوری محیط تشکیل شده‌اند. همچنین، سطوح پیشرونده فرسایشی (سطوح دوباره فعال شده) مناسبترین نواحی جهت گسترش مجموعه ایکنوفاسیس‌های تحت کنترل بستر یعنی ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس بوده است. در رسوبات حاشیه ساحلی بالایی-پیش ساحل در مجموعه جزایر سدی پیشرونده تحت تاثیر امواج در این سازند، مجموعه اسکولایتوس و سیلنیکنوس با تنوع کم مشاهده می‌شوند. همچنین وجود اثر زیستی جانوران رسوب تا معلق‌خوار (مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس) در نهشته‌های حاشیه ساحلی میانی و قسمت‌های بالایی حاشیه ساحلی پایینی سازند شیرگشت، حاکی از فراوانی مواد غذایی در بستر و ستون آب می‌باشد. رسوبات مخروط‌های شسته شده-لاگونی این سازند که تحت تاثیر نوسانات شوری و اکسیژن قرار گرفته‌اند دارای مجموعه‌ای از مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس می‌باشند. رسوبات حاشیه ساحلی پایینی و دور از ساحل سازند شیرگشت، بوسیله مجموعه متنوعی از آثار فسیلی در محیط کاملاً دریایی مشخص می‌شوند که وجود ساختارهای تغذیه کننده از رسوبات و گریزینگ (ایکنوفاسیس کروزیانا) دلالت بر وجود چنین محیطی است.

واژه های کلیدی: سازند شیرگشت، زیرپهنه کلمرد، ایکنوفاسیس‌ها، بستر

مقدمه

بررسی ساختارهای زیستی جهت تحلیل رخساره‌ای و ارائه مدل رسوبی اهمیت بسزایی دارد. در این میان، ایکنولوژی در تفسیر و شناخت محیط دیرینه و رخساره‌های با آشفستگی زیستی بالا (Buatios et al. 1995)، جلوی دلتایی و حاشیه ساحلی (Moslow and Pemberton 1988)، دلتای تحت کنترل امواج و رودخانه (Ginsgras et al. 1998) و منطقه‌بندی محیط‌های نزدیک ساحل (MacEachern and Pemberton 1992) کاربرد دارد. آثار فسیلی در چینه نگاری سکانشی نیز در تشخیص سطوح آلوستراتیگرافی (MacEachern et al. 1992a)، تعیین دسته رخساره‌ها (Pemberton et al. 1992a; MacEachern et al. 1998, 1999) و توصیف پاراسکانس‌های تحت تاثیر جزر و مد یا امواج به کار رفته است (Pemberton et al. 1992).

بررسی‌های صحرایی و مطالعات پتروگرافی در دو برش از سازند شیرگشت، منجر به تشخیص ۴ مجموعه رخساره میکروسکوپی کربناته و مجموعه متعددی از رخساره‌های سنگی سیلیسی‌آواری گردید. همچنین، بررسی‌های انجام شده، نمایانگر آن است که تغییرات زمانی- مکانی در میزان ورود رسوب به حوضه ممکن است بیشتر با مکانیسم‌های ناحیه‌ای و محلی مانند فعالیت گسل پی‌سنگی کلمرد مرتبط باشد. شرایط انرژی بالا، عمق کم تشکیل و وجود بستر حاوی اکسیژن^۱ سبب عدم وجود زیست آشفستگی و آثار فسیلی می‌گردد (Gil et al. 2006) که این وضعیت در کربنات‌های نهشته شده در محیط رسوبی رمپ داخلی سازند شیرگشت نیز دیده شده است. بنابراین به

دلیل عدم وجود آثار فسیلی در نهشته‌های کربناته سازند شیرگشت، هدف این مقاله مطالعه آثار متنوع فسیلی نهشته- های سیلیسی‌آواری این سازند و ارائه مدل ایکنولوژیکی است.

روش کار

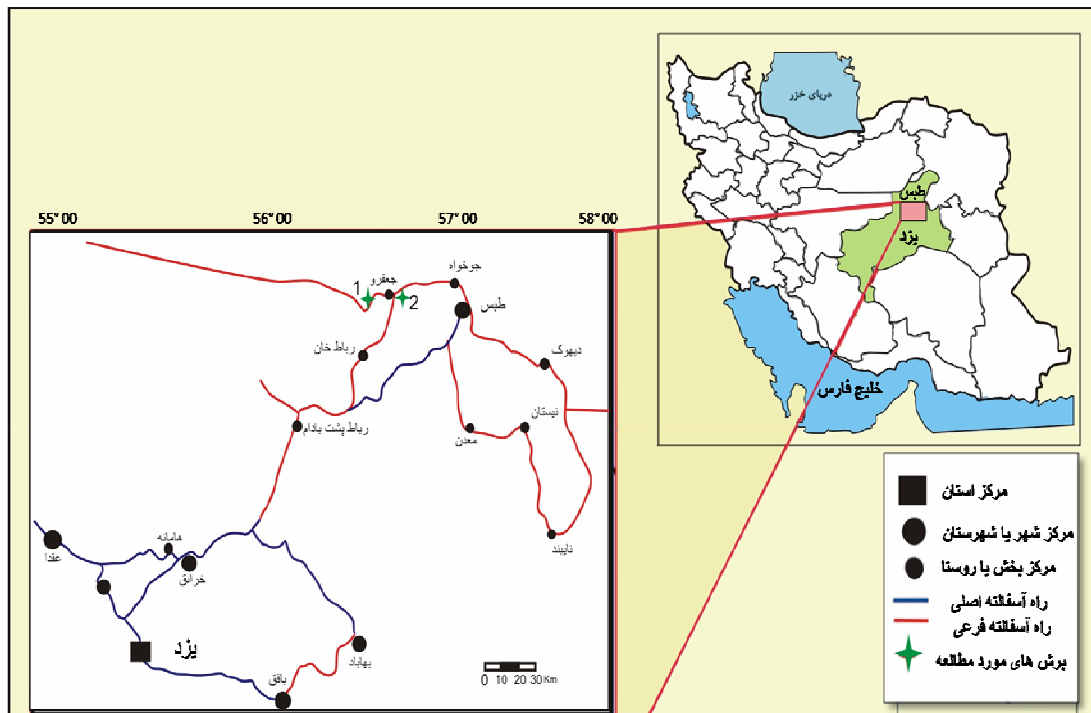
دو برش از سازند شیرگشت در کوه عاشقان و کوه راهدار در باختر طبس برداشت گردیدند (شکل ۱). در این برداشت‌ها ضخامت نهشته‌ها، سطوح لایه‌بندی، ساختارهای رسوبی، اثرات فسیلی، میزان زیست آشفستگی، تغییرات اندازه دانه‌ها و همچنین ارتباط لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تفسیر واحدهای ایکنولوژیکی، بررسی آثار فسیلی در مجموعه‌های ایکنولوژیکی (شامل انواع آثار فسیلی موجود در یک طبقه رسوبی) و ارتباط آنها با یکدیگر (Mellory 2004) و درجه زیست آشفستگی (BI) (Taylor et al. 2003) همراه با تحلیل رخساره‌ای صورت گرفته است. با توصیف مجموعه‌های ایکنولوژیکی بر اساس تجزیه و تحلیل ایکنوفسیل‌ها (MacEachern et al. 2007)، شرایط قبل و بعد از رسوبگذاری طبقات و سطوح چینه‌شناسی در نهشته‌های سازند شیرگشت مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب توصیف رخساره‌ها بر اساس ساخت‌های رسوبی فیزیکی (شناخت جریان غالب رسوبی) و زیستی جهت شناخت الگوی برانبارش (Reading 1996)، به خصوص در توالی‌های برافزاینده و پیشرونده (حاشیه ساحلی) (Moslow and Pemberton 1988) در نهشته‌های سازند شیرگشت بکار برده شده است.

موقعیت زمین شناسی

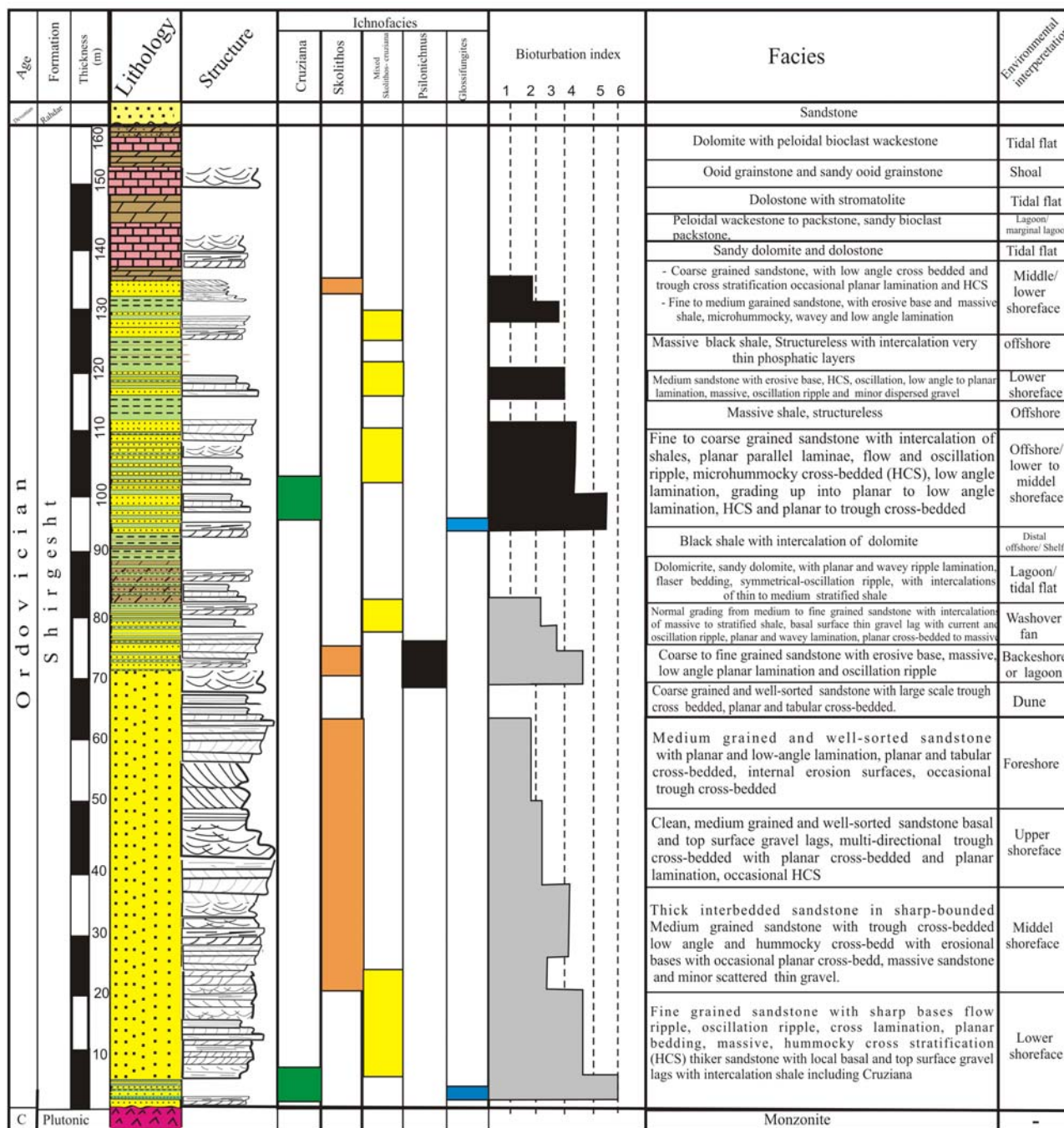
¹ - oxygenated-substrate

($33^{\circ}40'1''N$ و $56^{\circ}12'54''E$) با ضخامت حدود ۲۶۰ متر و کوه راهدار ($33^{\circ}37'23''N$ و $56^{\circ}21'53''E$) با ضخامت حدود ۱۶۰ متر به ترتیب در ۶۰ کیلومتری طبس و ۳۰۰ کیلومتری شمال‌خاوری یزد رخنمون دارد (شکل ۱). این سازند در ناحیه کلمرد (باختر طبس) با ضخامتی در حدود ۲۰۰ متر، عمدتاً از واحدهای شیل، ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ آهکی، سنگ آهک و دولومیت با یک قاعده کوارتزآرنایتی تشکیل شده‌است (شکل ۲ و ۳).

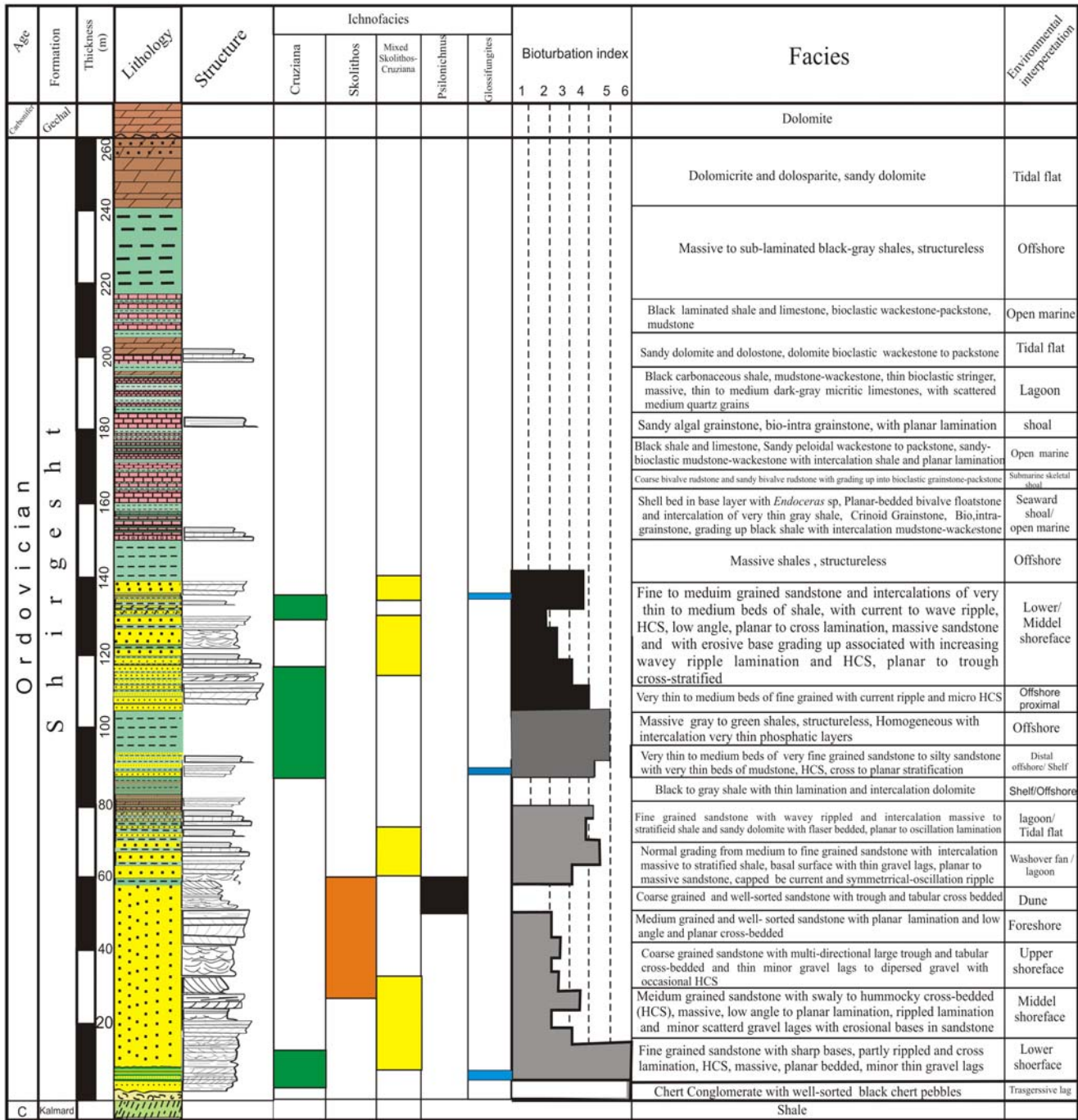
در پهنه کلمرد، توالی‌های رسوبی اردویسین تا تریاس میانی، ضمن داشتن نبوده‌های رسوبگذاری پی‌درپی، یک واحد زمین‌ساختی - چینه‌نگاشتی محدود میان رخداد کاتانگایی - سیمین پیشین محسوب می‌شوند که در محیط‌های پلاتفرمی کم عمق نهشته شده است (آقنابتی ۱۳۸۳). سیستم رسوبی مخلوط کربناته-آواری سازند شیرگشت در زمان اردویسین، در چرخه‌های کوهزایی کالدونین نهشته شده است (آقنابتی ۱۳۸۳). سازند شیرگشت به سن اردویسین در دو برش کوه عاشقان



شکل ۱- نقشه ناحیه طبس و موقعیت جغرافیایی برش‌های چینه‌شناسی: ۱- کوه عاشقان و ۲- کوه راهدار.



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند شیرگشت در برش کوه راهدار.



شکل ۳- ستون چینه شناسی سازند شیرگشت در برش کوه عاشقان.

ایکنولوژی سازند شیرگشت

سازند شیرگشت حاوی مجموعه متفاوتی از آثار فسیلی است که شرایط محیطی این سازند بیشترین تاثیر را بر توزیع آثار فسیلی داشته است. به طوریکه توالی‌های ایکنولوژیکی و ارتباط آنها با هم در طول برش‌های مورد مطالعه با توجه به تغییرات رخساره‌ای و محیطی تایید کننده این مطلب می‌باشد (شکل ۲ و ۳).

در مطالعات حاضر ۵ نوع ایکنوفاسیس در نهشته‌های سازند شیرگشت بر اساس ایکنوجنس‌های شناسایی شده تشخیص داده شدند. بر اساس بستر، ایکنوفاسیس‌ها در دو گروه اصلی مرتبط با بستر نرم^۱ و تحت کنترل بستر^۲ طبقه‌بندی شده‌اند. گروه ایکنوفاسیس‌های مرتبط با بستر نرم شامل کروزیانا، اسکولایتوس و سیلینکنوس و گروه ایکنوفاسیس تحت کنترل بستر شامل گلوسی‌فانجیتس است (شکل ۲). همچنین، ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس تحت کنترل شرایط محیطی و تداوم بستر (Davies et al. 2007) از دیگر ایکنوفاسیس‌های شناسایی شده در نهشته‌های آواری سازند شیرگشت است.

ایکنوفاسیس کروزیانا^۳

توصیف: ایکنوفاسیس کروزیانا در نهشته‌های سازند شیرگشت به صورت مجموعه آثاری از ساختارهای زیست زادی افقی، قائم و انحنادار با تنوع بالا و فراوانی کم است. این آثار غالباً علانم تغذیه‌ای، استراحت و گریزینگ موجودات تغذیه کننده از رسوبات هستند و دارای آثاری

است که بوسیله موجودات متحرک و خزننده ساخته شده‌اند. انواع آثار فسیلی شاخص ایکنوفاسیس کروزیانا به ترتیب از بیشترین به کمترین فراوانی شامل: *Cruziana*, *Bergaueria*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus*, *Planolites*, *Thalassinoides*, *Trichophycus*, *Teichichnus*, *Dimorphichnus*, *Palaeophycus*, *Arenicolites*, *Chondrites*, *Diplichnites*, *Rosselia*, *Cylindrichnus*, *Phycodes*, *Asterosoma*, *Lockeia*, *Skolithos* و *Psammichnites* است (شکل‌های ۴، ۵، ۶، ۷). این نوع ایکنوفاسیس با میزان زیست آشفستگی (BI) بالا (۳ تا ۶) در ماسه‌سنگ‌های دانه ریز، نازک تا متوسط لایه سازند شیرگشت که دارای طبقه‌بندی مورب مسطح، پشته‌ای، تراف، لامیناسیون موجی، قالب‌های وزنی و میان لایه‌های شیلی هستند، دیده شده است.

تفسیر: ایکنوفاسیس کروزیانا نشان‌دهنده فعالیت جانوران تغذیه کننده از رسوبات و شکارچی در محیط‌های حاشیه ساحلی، به خصوص حاشیه ساحلی پایینی^۴ و دور از ساحل در حد بین موجسار هوای آرام و طوفانی در یک بستر نرم با نرخ رسوبگذاری بالا است (Pemberton et al. 1992). شواهد الگوی رفتاری^۵ این ایکنوفاسیس این شرایط را نیز تایید می‌کنند. وجود ایکنوفاسیس کروزیانا در بین ماسه‌سنگ‌ها و سیلتستون‌های دانه ریز با طبقه‌بندی مورب مسطح، پشته‌ای، تراف و ساختارهای وزنی دلالت بر نرخ بالای رسوبگذاری و ته‌نشست سریع رسوبات در نهشته‌های سازند شیرگشت است. شاخص زیست آشفستگی در این رخساره‌ها موید فعالیت موجودات در محیط‌های

^۱ - softground-related

^۲ - substrated-controlled

^۳ - Cruziana Ichnofacies

^۴ - Lower- Shoreface

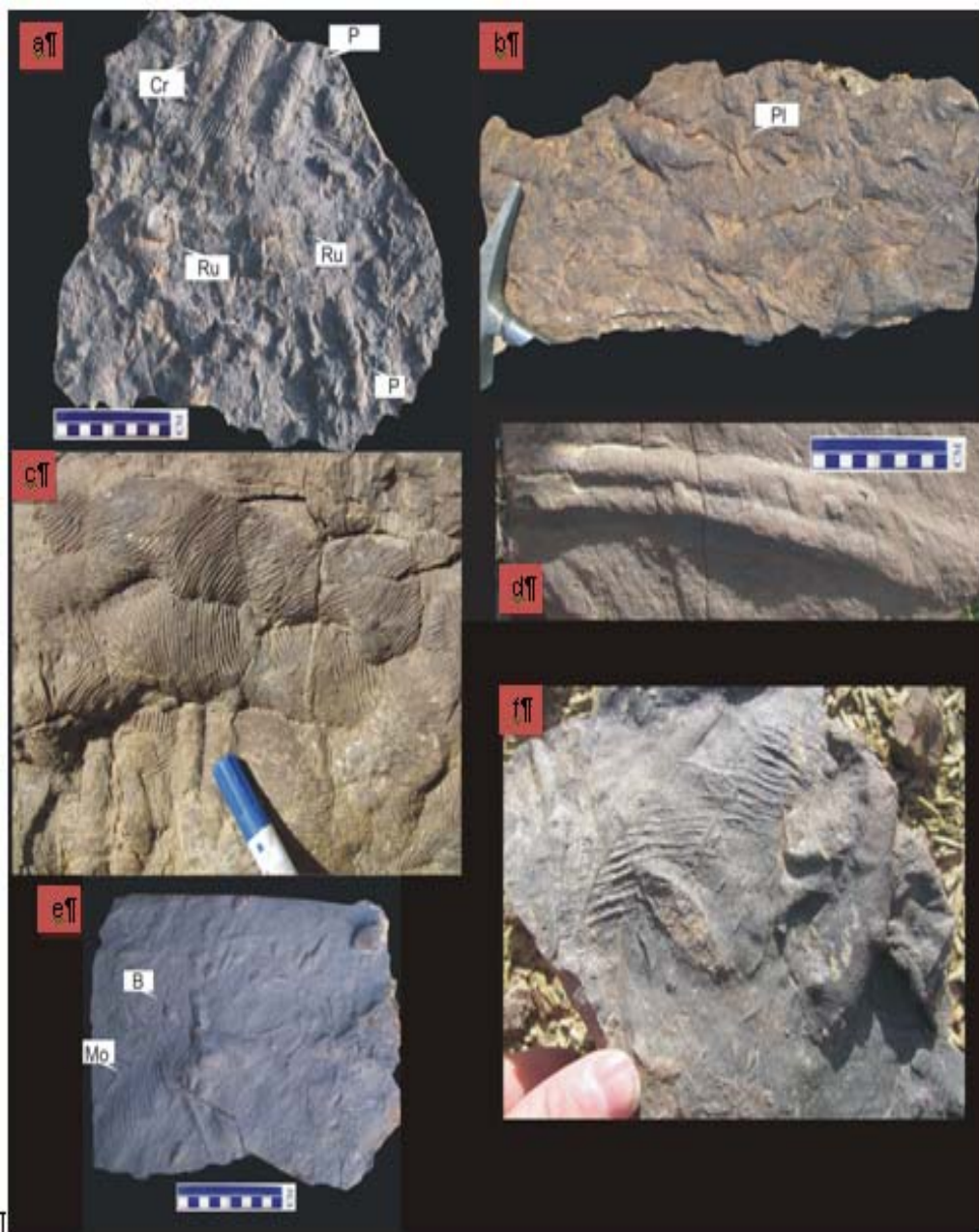
^۵ - ethological

انرژی بالاتر نسبت به رخساره دور از ساحل است بطوریکه این آثار در رخساره‌های پایینی حاشیه ساحلی به صورت لایه‌ای (لایه حاوی کروزیانا) در میان لایه‌های شیلی است. به سمت حوضه و در رخساره‌های دور از ساحل با توجه به شرایط کاملاً آرام محیطی فراوانی آثار گریزینگ و استراحت (*Cruziana*, *Diplichnites*, *Rusophycus*)، *Psammichnites*، *Lockeia*، *Monomorphichnus* (شکل‌های ۴ و ۵) افزایش می‌یابد. همچنین این ایکنوفاسیس به سمت رخساره‌های دور از ساحل افزایش قابل ملاحظه‌ای در ایکنوجنس‌های *Palaeophycus*، *Planolites*، *Thalassinoides* و *Trichophycus* (شکل-های ۶ و ۷) و کاهش قابل ملاحظه‌ای در اندازه پهنای شاخه‌های *Chondrites* نشان می‌دهد. این مجموعه نشان دهنده موقعیت حدواسط بین ایکنوفاسیس‌های دور از ساحل کروزیانا و زئوفیکوس است (MacEachern et al. 2007). به سمت قسمت پایینی دور از ساحل^۳ در نواحی نزدیک به رسوبات شیلی سیاه رخساره شلف (شکل ۲ و ۳) در نهشته‌های ماسه‌سنگی-شیلی این رخساره تعداد خیلی کمی آثار *Helminthopsis*، *Gordia*، *Zoophycos* همراه با آثار *Cruziana*، *Rusophycus*، *Bergaueria*، *Lockeia* و *Planolites* (شکل ۸) دیده شده‌اند. اما فراوانی و تنوع آنها در حدی نمی‌باشد که بتوان آنها را به عنوان ایکنوفاسیس جداگانه‌ای در نظر گرفت. این مجموعه نشان دهنده موقعیت حدواسط بین ایکنوفاسیس‌های دور از ساحل کروزیانا و زئوفیکوس است که در رخساره‌های پایینی دور از ساحل دیده می‌شوند

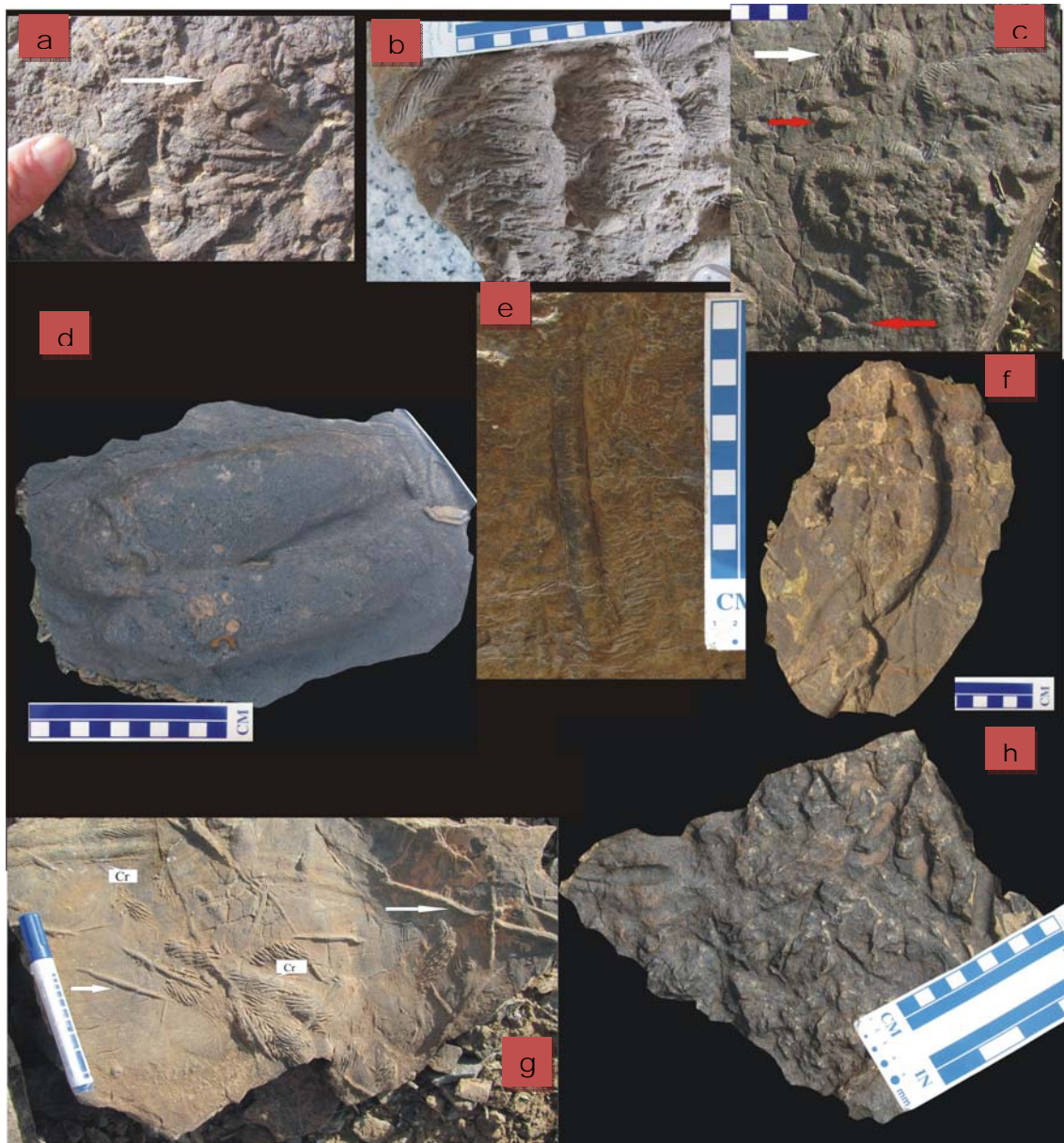
دریایی فاقد تنش‌های محیطی (Taylor et al. 2003) است. بطوریکه میزان زیست آشفستگی در محیط‌های دور از ساحل، بیشترین مقدار (BI=5-6) و در بخش پایینی حاشیه ساحلی دارای کمترین مقدار است (BI=3-4). همچنین تنوع بالا، اما با فراوانی کم آثار فسیلی ایکنوفاسیس کروزیانا تشکیل اینگونه آثار را توسط مجموعه‌های بنتیک حساس به شرایط محیطی از جمله تغییرات در میزان رسوبگذاری به صورت فصلی یا نامنظم (Pemberton et al. 1992) در نهشته‌های سازند شیرگشت نشان می‌دهد. بر اساس ایکنوجنس‌های موجود در رخساره‌های شناسایی شده سازند شیرگشت (شکل ۲ و ۳) و ساخت‌های رسوبی آنها، بخش‌های پایینی دور از ساحل منطبق با ایکنوفاسیس دور از ساحل کروزیانا^۱ و بخش‌های پایینی حاشیه ساحلی همراه با قسمت‌های بالایی دور از ساحل بر ایکنوفاسیس نزدیک به ساحل کروزیانا^۲ منطبق است. در رخساره پایینی حاشیه ساحلی و بالایی دور از ساحل مجموعه ایکنوجنس‌های نزدیک به ساحل کروزیانا، شامل *Palaeophycus*، *Planolites*، *Chondrites*، *Thalassinoides*، *Teichichnus*، *Cylindrichnus*، *Arenicolites*، *Asterosoma*، *Skolithos* و *Rosselia*، *Phycodes* و به میزان کمتر *Skolithos* است. این مجموعه نشان دهنده موقعیت حدواسط بین ایکنوفاسیس‌های اسکولایتوس و دور از ساحل کروزیانا است (MacEachern et al 2007). مجموعه ثار موجود بیشتر شامل آثار تغذیه کننده از رسوبات به همراه مقدار کمی آثار گریزینگ و استراحت است که موید شرایط

1 - Distal Cruziana Ichnofacies

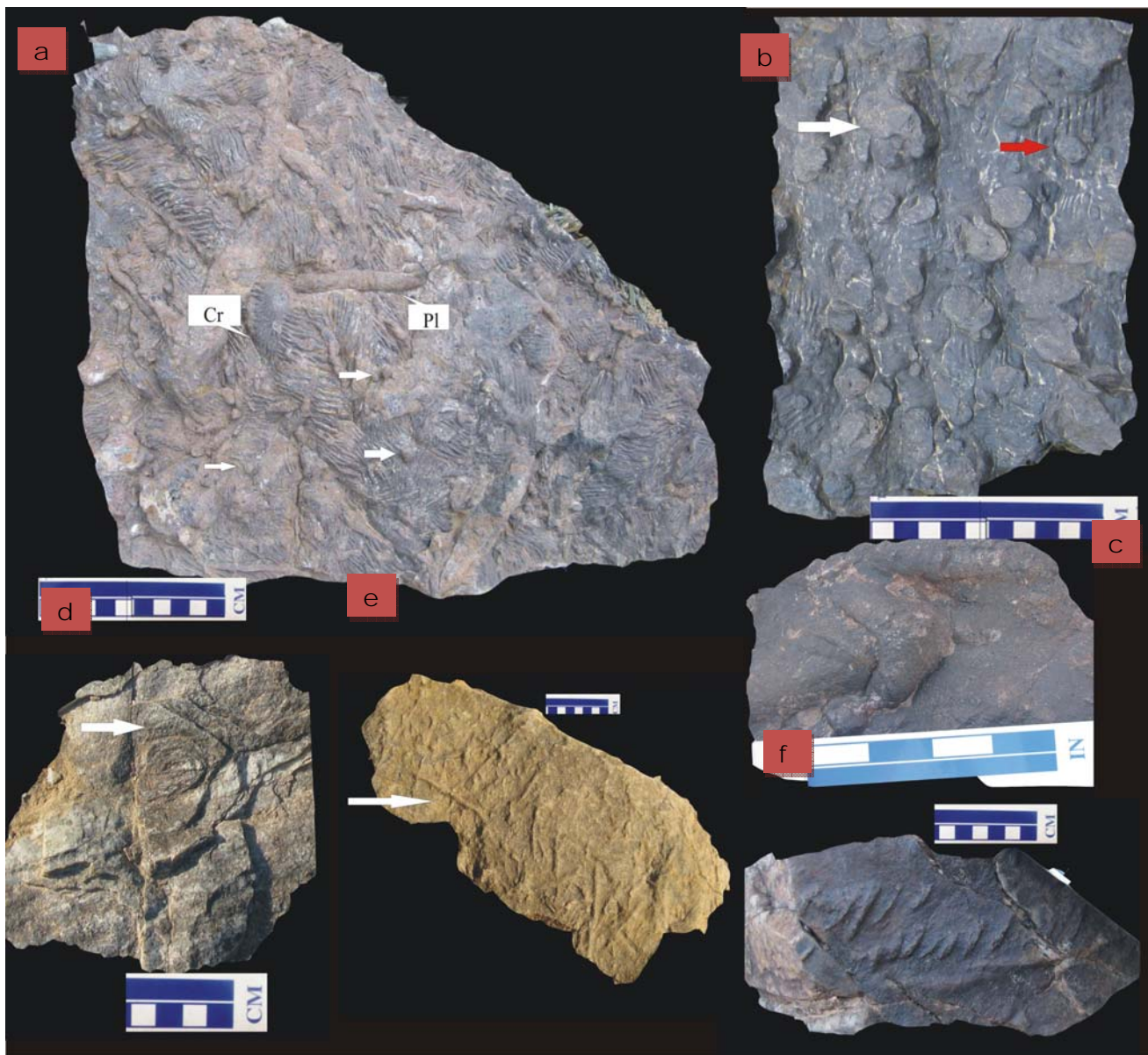
2 - Proximal Cruziana Ichnofacies



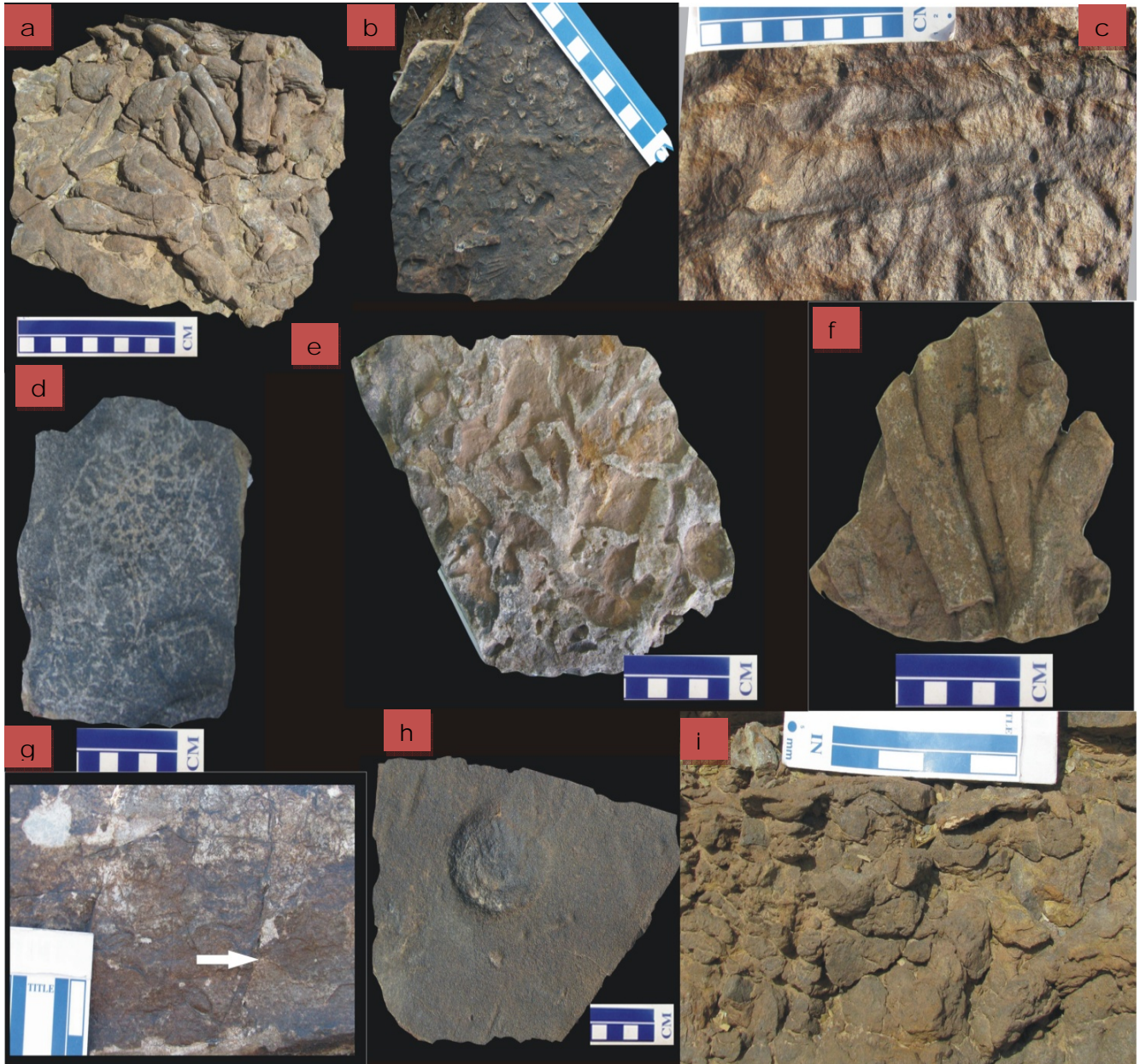
شکل ۴-ایکونوجنس‌های ایکنوفاسیس کروزینا- (Cr) *Cruziana rugosa*، (Ru) *Rusophycus* isp.، (P) *Palaeophycus*، (Pl) *Planolites* isp. و (B) *Bergaueria* isp. -b ارتباط قطع کننده بین *Cruziana rugosa* و *Planolites* isp. -c ارتباط قطع کننده بین *Cruziana rugosa* و *Bergaueria* isp. -d *Washed-out ? Cruziana semiplicata* و *Planolites* isp. -e *Washed-out ? Cruziana semiplicata* و *Monomorphichnus* isp. -f (Mo) *Monomorphichnus* isp. (مقیاس‌ها به سانتی‌متر است).



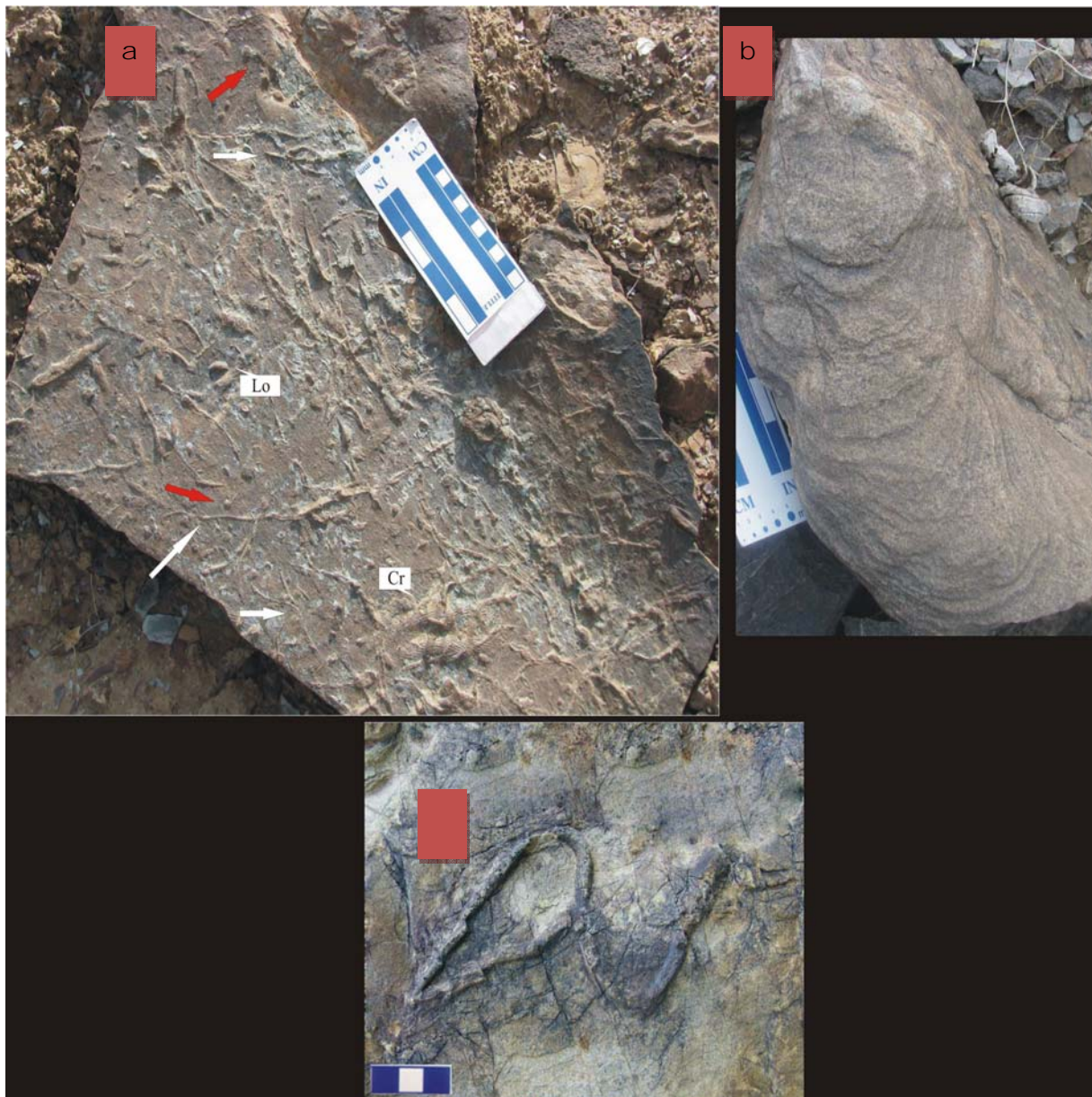
شکل ۵- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس کروزیا نا (ادامه): a - *Bergaueria* isp. (پیکان سفید)، b - *Rusophycus carbonarius* - آثار دو زائده‌ای کوچک *Rusophycus didymus* همراه با شیار میانی (پیکان سفید) با آثار *Palaeophycus heberti* - e *Rusophycus moyensis* - d (پیکان زرد) *Lockeia* isp. شکل صدفی شکل *Palaeophycus tubularis* - g همراه با آثار *Cruziana rugosa* (Cr) همراه با آثار *Palaeophycus* isp. (پیکان سفید)، h - *Palaeophycus tubularis* (مقیاس‌ها به سانتی متر می‌باشند).



شکل ۶- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس کروزیانا (۱۵امه)، a- ارتباط قطع کننده بین *Cruziana rugosa* (Cr) ، *Thalassinoides* isp. -b مقطع عرضی *Bergaueria* isp. (پیکان‌های سفید)، و *Planolites annularius* (Pl) و *Asterosoma* isp. -c *Cruziana* isp. (پیکان تیره)، با آثار خراش (پیکان سفید) *Thalassinoides* isp. -d *Planolites beverleyensis* (پیکان سفید)، e- *Diplichnites* isp. (مقیاس‌ها به سانتی‌متر می‌باشند. مقیاس شکل c به اینچ است).



شکل ۷- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس کروزیانا (ادامه)، -a *Teichichnus isp.* -b *Lockeia isp.* (پیکان سفید)، -c
 -d *Psammichnites saltensis* - شاخه‌های کوچک *Chondrites isp.?* -e شاخه‌های بزرگ *Chondrites isp.*
 -f *Phycodes palmatus* -g *Cylindrichnus isp.* -h *Rosselia rotates* -i *Trichophycus isp.* (مقیاس‌ها
 به سانتی متر می‌باشند. مقیاس شکل g و z به اینچ است).



شکل ۸- اثر جنس‌های ایکنوفاسیس دیستال کروزیانا در حالت تدریجی با ایکنوفاسیس زئوفیکوس در رخساره‌های پایینی دور از ساحل-شلف. a- وجود آثار *Cruziana isp.* (Cr)، آثار مارپیچی و بدون انشعاب *Gordia isp.* (پیکان‌های سفید) همراه با آثار صدفی شکل *Lockeia isp.* (Lo) و *Bergaueria isp.* (پیکان‌های تیره)، b- *Zoophycos isp.* -c *Helminthopsis isp.*

ایکونوفاسیس اسکولایتوس^۱

توصیف: ایکونوفاسیس اسکولایتوس در نهشته‌های سازند شیرگشت شامل آثار ناشی از فعالیت جانداران بصورت حفرات قائم، استوانه‌ای و U شکل در بین ماسه‌سنگ‌های متوسط دانه با جورشدگی بالا دیده می‌شود که دارای تنوع کم اما فراوانی بالای آثار فسیلی است. این آثار اگرچه گاهی اوقات بر روی سطح لایه‌بندی دیده می‌شوند ولی اغلب به صورت سوراخ‌های حفر شده به وسیله موجودات تغذیه‌کننده از مواد معلق در آب، موجودات شکارچی و لاشخورها (Bromley 1996) هستند. انواع آثار فسیلی شاخص ایکونوفاسیس اسکولایتوس در نهشته‌های سازند شیرگشت به ترتیب از بیشترین به کمترین فراوانی شامل *Rosselia*، *Diplocraterion*، *Skolithos* و *Cylindrichnus*، *Arenicolites*، *Monocraterion* و *Bergaueria* است (شکل ۹). در این نوع ایکونوفاسیس آثار حفر فراری حاصل جاندارانی که به صورت درون رسوب-زی^۲ در داخل رسوب زندگی می‌کنند نیز مشاهده شد (شکل ۱۰). این نوع ایکونوفاسیس به صورت جانبی به حالت تدریجی به ایکونوفاسیس کروزیانا و مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس تبدیل می‌شود. ایکونوفاسیس اسکولایتوس در نهشته‌های سازند شیرگشت دارای میزان زیست آشفستگی کمتری است (BI=1-2). این ایکونوفاسیس در رخساره بالایی و میانی حاشیه ساحلی^۳ و پیش ساحل^۴ با واحدی از ماسه‌سنگ متوسط دانه خوب جورشده و درشت‌شونده به سمت بالا، با لامیناسیون موازی، ریپل‌های موجی و طبقه‌بندی مورب مسطح و تراف دیده شده است.

تفسیر: ایکونوفاسیس اسکولایتوس نشان دهنده انرژی بالای امواج و جریان است و در بسترهای ماسه‌ای جورشده محیط‌های دریایی ایجاد می‌شود. این ایکونوفاسیس در محیط‌های بالایی و میانی حاشیه ساحلی و پیش ساحل که تغییرات ناگهانی در میزان رسوبگذاری، فرسایش و انتقال مجدد رسوبات متداول است، تشکیل می‌گردد (MacEachern et al. 2007). وجود ماسه‌سنگ‌های دانه متوسط، خوب جورشده با سطوح فرسایشی، طبقه‌بندی مورب تراف، پشته‌ای و لامیناسیون موازی (شکل ۲ و ۳) نشان دهنده ته‌نشست در شرایط پراثری، حمل مجدد بواسطه امواج و انرژی بالای جریان (Zonneveld et al. 2001) است. در چنین شرایطی وضعیت بستر نامساعد بوده و تعداد کمتری از جانوران توانایی سازگاری با چنین محیطی را دارند. به همین دلیل تنوع و فراوانی ایکونوجنس‌ها در این رخساره‌ها پایین و میزان زیست آشفستگی نیز کم خواهد بود (BI=1-2). همچنین چون در چنین محیط‌های حمل مواد غذایی و رسوب، به صورت معلق صورت می‌گیرد، وضعیت بستر نیز به دلیل انتقال مجدد بوسیله امواج نامساعد است. در نتیجه جانداران موجود در این رخساره‌ها از لحاظ الگوی رفتاری با ایجاد پناهگاهی (حفرات قائم در بستر یا سبک زندگی درون رسوب‌زی) در مقابل شرایط سخت محیطی و نوسانات شوری و اکسیژن، توانایی سازگاری بیشتری را با محیط رسوبی نسبت به ارگانسیم‌های سطح رسوب‌زی^۵ همچون کروزیانا، دارند (Parcha et al. 2005). آثار حفرات قائم موجود در سازند شیرگشت موید این الگوی رفتاری است.

¹ - Skolithos Ichnofacies

² - infaunal

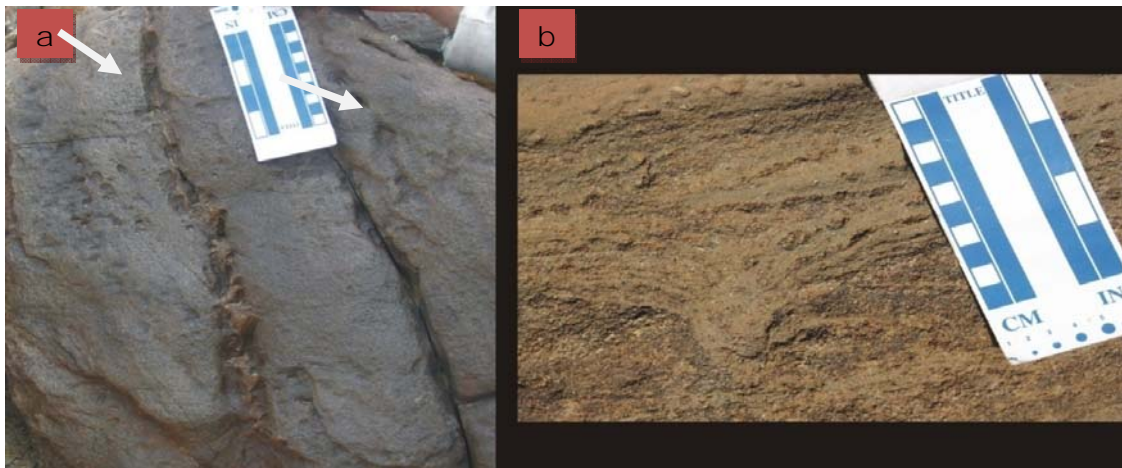
³ - Upper/middle shoreface

⁴ - Foreshore

⁵ - Epifaunal



شکل ۹- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس اسکولایتوس، a- توالی محیط‌های حاشیه ساحلی بالایی (با لامیناسیون موازی و طبقه‌بندی مورب تراف در افق بالاتر) همراه با حفرات قائم، b- *Skolithos isp.*، c- *Skolithos isp.* سطح بالایی لایه در محیط‌های حاشیه ساحلی، c- *Rosselia rotates* -d, f *Arenicolites isp.* -e سطح بالایی لایه در محیط‌های بالایی حاشیه ساحلی *Monocraterion* -h *Monocraterion isp.* -g *Diplocraterion parallellum* -i *tentaculatum* (مقیاس‌ها به سانتی‌متر می‌باشد).



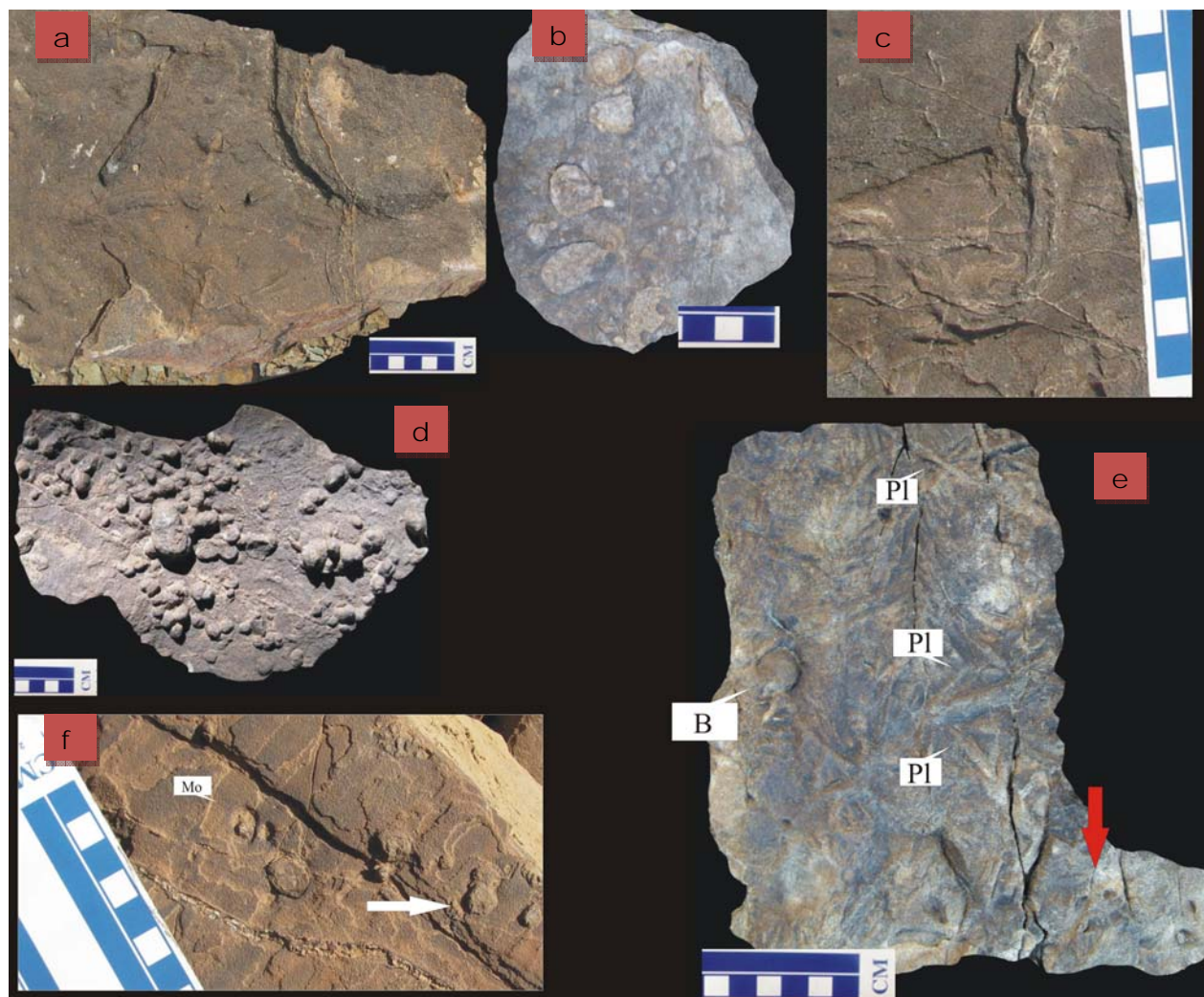
شکل ۱۰- a و b- آثار حفر فراری در رخساره‌های پارانژی همراه ایکنوفاسیس اسکولایتوس.

تفسیر: ایکنوفاسیس سیلینکنوس شامل مجموعه‌ای از ایکنوجنس‌ها با تنوع و فراوانی کم است که می‌تواند نشان دهنده آثار خزش، استراحت و حفاری باشد (MacEachern et al. 2007). این ایکنوفاسیس در محیط‌های با تغییرات شدید در شرایط انرژی محیط رسوبی، تغییرات شاخص در اندازه دانه‌های رسوب و شوری تشکیل می‌گردد (Pemberton et al. 1992). محیط‌های تپیک ایکنوفاسیس سیلینکنوس شامل پهنه‌های بالای جزرومدی، تپه‌های ماسه‌ای و پشت ساحل است. در رسوبات سازند شیرگشت این نوع ایکنوفاسیس در محیط‌های پیش ساحل و پشت ساحل، جایی که تغییرات شرایط انرژی و حمل مجدد ذرات آواری بوسیله جریان‌ات و امواج همراه با جابجایی بستری است (Pemberton and MacEachern 1995)، تشکیل شده است.

ایکنوفاسیس سیلینکنوس^۱

توصیف: این نوع ایکنوفاسیس از آثار فسیلی جانداران تغذیه کننده از رسوب و مواد معلق در آب با تنوع گونه‌ای و فراوانی کم بوجود آمده است که به تدریج به انواع دیگر ایکنوفاسیس‌ها تبدیل می‌شود. انواع آثار فسیلی به ترتیب از بیشترین به کمترین فراوانی شامل: *Psilonichnus*, *Diplocraterion*, *Skolithos*, *Monocraterion*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Bergaueria* و *Lockeia* (شکل ۱۱) است. این نوع ایکنوفاسیس در ماسه‌سنگ‌های دانه ریز و دانه درشت با میزان جورشدگی متفاوت (خوب جورشده تا با جورشدگی ضعیف) دارای طبقه بندی مورب تراف و لایه بندی مسطح یافت می‌شوند. اثر فسیل غالب در این نوع ایکنوفاسیس، ایکنوجنس سیلینکنوس به صورت آثار حفره‌ای کوچک u تا z شکل و با شاخص زیست آشفستگی کم (BI=2-3) است.

^۱ - *Psilonichnus* Ichnofacies



شکل-۱۱- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس سیلینیکنوس، -a - *Psilonichnus isp.* با حالت u تا z شکل، -b - *Psilonichnus isp.* با حالت z-شکل و ایکنوجنس غالب در رخساره پشت ساحلی، -d - *Psilonichnus upsilon* -g - *Diplocraterion habichi* (پیکان سفید)، -f - *Lockeia isp.* -e - *Planolites* (پیکان تیره). (مقیاس‌ها به سانتی‌متر می‌باشد)

های سازند شیرگشت نشان می‌دهد. بطوریکه از قسمت حاشیه ساحلی به سمت محیط‌های ساحلی، پشت ساحل و تپه‌های ماسه‌ای، تغییرات شدید باعث تغییرات زیادی در

به سبب شرایط محیطی، ایکنوفاسیس سیلینیکنوس با ایکنوفاسیس اسکولایتوس همپوشانی جزئی را به سمت محیط‌های پیش ساحل و حاشیه ساحلی بالایی در نهشته-

تغییر می‌کند (MacEachern et al. 2007). وجود فاکتورهائی همچون میزان رسوب‌گذاری، آشفستگی آب (Gingras et al 2007)، سطح انرژی آب (جریانات و امواج) و اندازه دانه‌های رسوب (Reading Pemberton and 2006; Catuneanu 1996)، شوری (Davies et al. 1992) و شرایط تافونومی (Wightman 2007) نیز بر روی ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس‌ها نقش اساسی دارند.

ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس^۲

توصیف: این نوع ایکنوفاسیس از آثار فسیلی موجودات تغذیه کننده از رسوب، مواد معلق در آب و موجودات شکارچی با تنوع گونه‌ای بالا و فراوانی کم بوجود آمده است که به تدریج به انواع دیگر ایکنوفاسیس‌ها تبدیل می‌شوند. انواع آثار فسیلی این نوع ایکنوفاسیس به ترتیب از بیشترین به کمترین فراوانی شامل: *Skolithos*، *Teichichnus*، *Diplocraterion*، *Palaeophycus*، *Asterosoma*، *Arenicolites*، *Lockeia*، *Planolites*، *Rosselia*، *Monocraterion* و *Thalassinoides* است. این نوع ایکنوفاسیس در ماسه‌سنگ‌های دانه متوسط تا دانه ریز دارای طبقه بندی مورب پشته‌ای، لامیناسیون‌های رپیلی موجی، دانه‌بندی تدریجی و تا حد کمتری طبقه بندی مورب تراف و مسطح با میان لایه‌های شیلی نازک تا متوسط لایه یافت می‌شوند. ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس در نهشته‌های سازند شیرگشت دارای شاخص زیست آشفستگی متغییری است (BI= 1-3) و در

میزان جورشدگی و اندازه ذرات می‌شود (Henrik et al. 1998). این تغییر باعث تغییرات تدریجی ایکنوجنس‌ها می‌گردد. به‌طوریکه ماسه‌سنگ‌های محیط‌های پیش ساحل دارای ایکنوفاسیس غالب اسکولایتوس از جانداران تغذیه کننده از مواد معلق در آب همچون *Arenicolites*، *Skolithos*، *Diplocraterion* به سمت بالا تدریجاً به سمت نواحی پشت ساحل همزمان با کاهش ایکنوجنس *Skolithos*، به ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس سیلینیکنوس همانند *Planolites* و *Lockeia*، *Psilonichnus* (شکل ۱۱) تبدیل می‌شوند. این ایکنوفاسیس در رسوبات سازند شیرگشت نسبت به دیگر ایکنوفاسیس‌ها کمترین گسترش را دارد (شکل‌های ۲ و ۳).

ایکنوفاسیس‌های مخلوط^۱

این نوع ایکنوفاسیس‌ها جزء ایکنوفاسیس‌های مرتبط با بستر نرم هستند (MacEachern and Pemberton 1992). تغییرات شرایط محیطی باعث تغییرات در شرایط بستر و محیط زیست جانداران می‌شود که چنین شرایطی باعث تغییرات تدریجی بین ایکنوفاسیس‌های مجاور و نیز تغییر الگوی رفتاری جانداران در روش تغذیه، حرکت، استراحت و تفاوت‌های در نوع حفر بستر می‌گردد. این نوع ایکنوفاسیس‌ها در محیط‌های مختلف دریایی در مکان‌های که تغییرات شرایط جریان وجود دارد (همانند محیط جلوی دلتا و انتها دلتا، حاشیه ساحلی پایینی و دور از ساحل و مخروط‌های زیردریایی عمیق)، گسترش می‌یابد (MacEachern et al. 2007). ایکنوجنس‌های موجود در ایکنوفاسیس‌ها با توجه به تغییر شرایط محیط رسوبی نیز

² - mixed Skolithos-Cruziana Ichnofacies

¹ - mixed Ichnofacies

et al. 2005). چنین محیط‌هایی با داشتن ایکنوفاسیس‌های دریایی با آثار فسیلی که توانایی تحمل تغییرات شرایط محیطی را دارند، مشخص می‌شوند (Buatois et al. 2002, 2005). نوسانات در میزان بار رسوبی وارده به محیط قسمت‌های میانی و پایینی حاشیه ساحلی سازند شیرگشت، باعث تغییرات در شرایط تافونومی، رسوبی و شوری محیط می‌شود. مواد غذایی در چنین محیط‌هایی بوسیله جانوران تغذیه کننده از مواد معلق در هنگام بالا بودن انرژی (ایکنوفاسیس اسکولایتوس) و توسط جانوران تغذیه کننده از رسوب در هنگام پایین بودن انرژی (ایکنوفاسیس کروزیانا) بدست می‌آید. در نتیجه مجموعه جانوران در چنین محیط‌هایی دارای سبک تغذیه‌ای متغیری هستند (Davies et al. 2007). در نتیجه چنین تغییراتی، ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس در نهشته‌های حاشیه ساحلی در بخش پایینی و تاحدی کمتر میانی سازند شیرگشت ایجاد می‌شود. البته این نوع ایکنوفاسیس در نواحی مخروط‌های شسته شده نیز دیده می‌شود، به طوریکه ریزش‌های سریع و ناگهانی مواد آواری به حوضه-های رسوبی در نتیجه عدم وجود گیاهان خشکی تثبیت کننده در طول پالئوزویک پیشین عمومیت داشته است (MacNaughton et al. 1997). به همین دلیل، بسیاری از محیط‌های دریایی کم عمق در زمان پالئوزویک پیشین، دارای سواحل غنی از ماسه هستند که موجودات تغذیه کننده از رسوب (ایکنوفاسیس کروزیانا) و مواد معلق در آب (ایکنوفاسیس اسکولایتوس) در چنین بسترهایی تنوع و فراوانی قابل توجه دارند (Davies et al. 2007). به نظر می‌رسد که ریزش ناگهانی مواد آواری به محیط رسوبی سازند شیرگشت در نواحی پشت سدی در رخساره‌های

محیط‌های میانی و پایینی حاشیه ساحلی و مخروط‌های شسته شده مشاهده گردیده است.

تفسیر: در نواحی ساحلی تحت تاثیر امواج، وجود جریانات متناوب طوفانی و عمل انتقال مجدد رسوبات باعث تغییر شرایط بستر موجودات و شرایط زیستی، تغییر الگوی رفتاری موجودات و تغییر ایکنوجنس‌های موجود می‌گردد (MacEachern et al. 2007). به طوریکه ایکنوجنس‌های با سبک زندگی حفره‌ای در هنگام بالا بودن انرژی محیطی، در هنگام کاهش انرژی محیط به ایکنوجنس‌های با سبک زندگی خزشی-استراحت تغییر می‌یابند (MacEachern et al. 2007). تغییر شرایط بستر در چنین محیط‌هایی باعث ایجاد تناوب مکرر^۱ ایکنوفاسیس‌های کروزیانا و اسکولایتوس می‌شود به طوریکه مجموعه ایکنوجنس‌های مرتبط با ایکنوفاسیس کروزیانا در شرایط آرام و مجموعه ایکنوجنس‌های مرتبط با ایکنوفاسیس اسکولایتوس در شرایط پرانرژی ایجاد می‌شوند. چنین تناوبی از این نوع ایکنوفاسیس‌ها تحت عنوان ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس شناخته شده است (Pemberton et al. 1992; MacEachern and Pemberton 1992; Pemberton et al. 2001). میزان متفاوت شاخص زیست آشفستگی دلالت بر فعالیت موجودات در محیط‌های پرتنش قسمت‌های پایینی و میانی حاشیه ساحلی (Taylor et al. 2003) دارد.

ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس شاخص محیط‌های آبی شور، قسمت‌های میانی و پایینی حاشیه ساحلی، مخروط‌های شسته شده و پایین خلیج‌های دهانه-ای است (Pemberton and Wightman 1992; Buatois

¹ - recurring alternations

اثر فسیل *Diplocraterion* فراوان ترین ایکنوجنس در محیط‌های رسوبی پارانرژی حاشیه ساحلی است. در سازند شیرگشت این ایکنوفاسیس در قاعده توالی به صورت حفرات قائم *Diplocraterion* با فراوانی بالا از ایکنوجنس‌های تغذیه کننده از مواد معلق در آب دیده می‌شوند. همچنین در نواحی کم انرژی و محیط‌های دور از ساحل در قسمت‌های قاعده‌ای این رخساره‌ها (شکل ۲ و ۳) بوسیله ایکنوجنس‌های تغذیه کننده از رسوبات همچون *Thalassinoides* و *Rhizocorallium* (شکل ۱۲) مشخص می‌شود.

تفسیر: ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس بر روی بسترهای نیمه سخت شده^۳ و در محدوده محیطی گسترده از محیط‌های حاشیه دریایی تا دریایی کم عمق تشکیل می‌شود (Catuneanu 2006). به علت فرسایش سطوح تدفین شده و ظهور مجدد آنها در سطح مشترک آب-رسوب، بستر مناسبی را برای تجمع جانوران فراهم نموده است. ایکنوجنس بسترهای نیمه سخت شده، می‌تواند هم توسط جانداران تغذیه کننده از مواد معلق در آب همانند *Diplocraterion*, *Skolithos*, *Psilonichnus*, *Arenicolites*, *Conichnus* در نواحی پارانرژی محیط رسوبی و هم توسط جانداران تغذیه کننده از رسوبات در نواحی کم انرژی محیط رسوبی همانند *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Planolites*, *Spongiomorpha*, *Rhizocorallium* و *Taenidium* ایجاد شوند (MacEachern et al. 2007).

مخروط شسته شده، بواسطه امواج و جریانات دریایی می‌تواند دلیلی دیگر بر وجود ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس باشد. به طوریکه حالت تدریجی دانه‌بندی در این رخساره نشان‌دهنده تبدیل شرایط پارانرژی (ورود رسوب به داخل محیط به طور ناگهانی) به حالت ته‌نشست آرام از حالت معلق با لامیناسیون افقی و ریپل‌های موجی است.

ایکنوفاسیس‌های کنترل شده بوسیله بستر^۱

این گروه ایکنوفاسیس‌ها در تفسیر چینه نگاری سکansı به عنوان ناپیوستگی رسوبی، مهم ارزیابی می‌شوند (Gingras et al. 2000). زیرا وجود بسترهای مرتبط با این نوع ایکنوفاسیس‌ها نشان دهنده نبود رسوبگذاری در توالی‌های رسوبی است. چنین ناپیوستگی‌هایی در هر محیط رسوبی از خشکی تا دریایی تشکیل می‌شود، اما تجمع زیستی سطح مورد نظر نشان دهنده تاثیر فرآیندهای دریایی است (Pemberton et al. 2001). از این گروه، ایکنوفاسیس‌ها، ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس در رسوبات سازند شیرگشت تشخیص داده شد که به شرح زیر است:

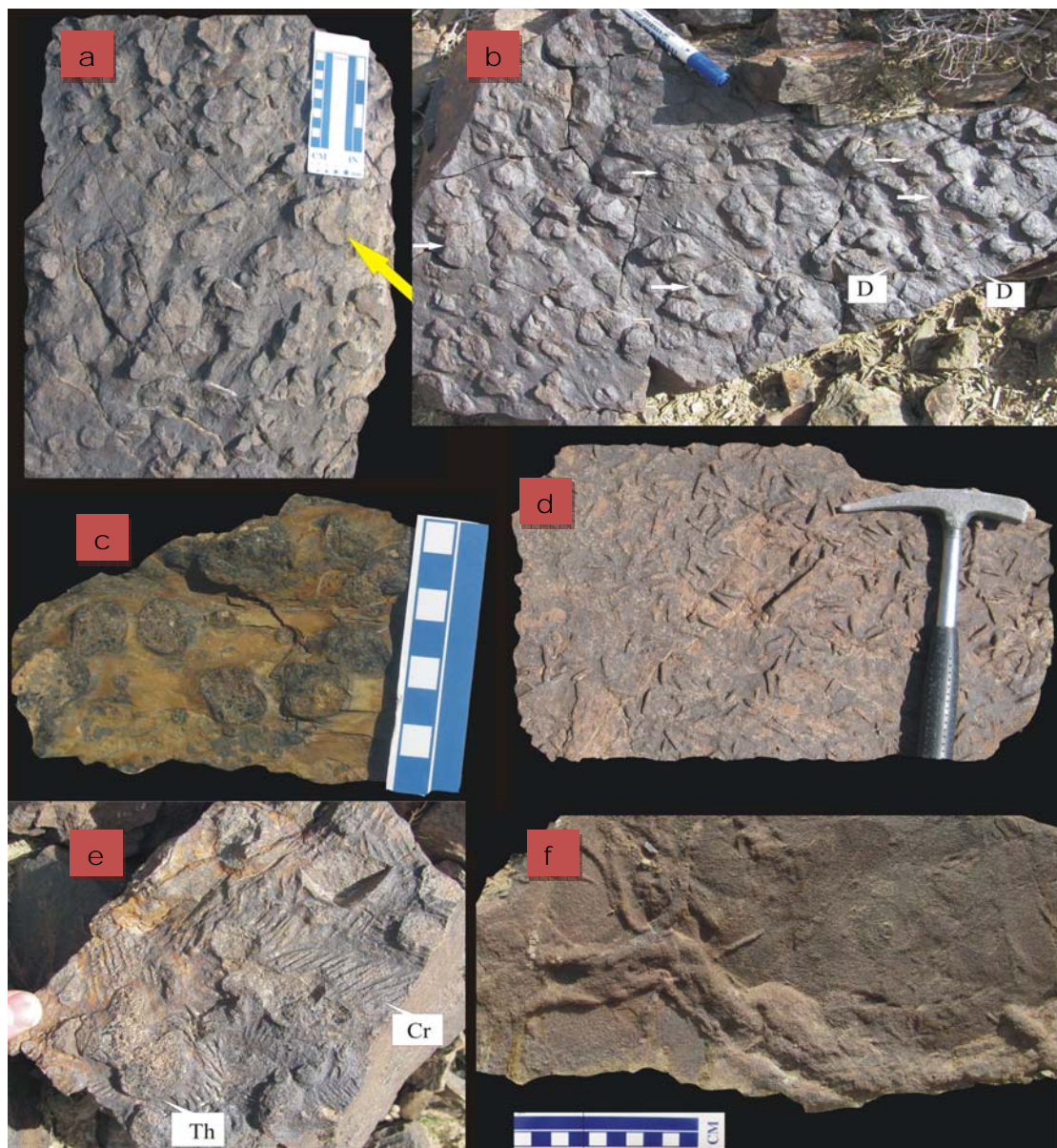
ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس^۲

توصیف: ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس در نهشته‌های سازند شیرگشت به صورت حفرات قائم، استوانه ای و U شکل مترکم تا پراکنده با تنوع گونه‌ای کم و فراوانی بالا است و شامل *Diplocraterion*، *Thalassinoides* و *Rhizocorallium* است (شکل ۱۲). در این ایکنوفاسیس،

¹ - Substrate-controlled Ichnofacies

² - Glossifungites ichnofacies

³ - firmground



شکل-۱۲- ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس - a - *Thalassinoides* isp. (پیکان روشن)، -b - *Thalassinoides* isp. (پیکان‌های سفید) با تعداد محدودی *Diplocraterion* isp. (D)، -c - ماهیت پرشدگی بعد از رسوب گذاری حفرات در سطح بالآمدگی آب دریا *Diplocraterion* isp. -d - لایه رسوبی با تعداد زیادی *Diplocraterion* isp. -e - ارتباط قطع کننده بین *Thalassinoides* isp. (Th) همراه *Cruziana* isp. (Cr) -f - *Rhizocorallium irregular* با رسوبات ماسه‌ای درشت،

معرفی شدند. گروه ایکنوفاسیس‌های مرتبط با بستر نرم شامل ایکنوفاسیس کروزیانا، اسکولایتوس و سیلنیکوس و گروه ایکنوفاسیس‌های تحت کنترل بستر شامل ایکنوفاسیس گلوسی‌فانجیتس است. همچنین، ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس جزء ایکنوفاسیس‌های مخلوط معرفی گردید. ایکنوفاسیس کروزیانا بوسیله مجموعه متنوعی از ساختارهای تغذیه‌ای و گریزینگ (*Cruziana*, *Rusophycus*, *Paleophycos*, *Planolites*, *Chondrites*, *Rosselia*, *Thalassinoides*, *Lockeia*, *Planolites*, *Arenicolites*, *Bergaueria*, *Phycodes*, *Diplichnites*, *Asterosoma* و *Cylindrichnus*, *Skolithos*, *Teichichnus* و *Psammichnites*) شناخته شد. در این ایکنوفاسیس ایکنوجنس‌های محدوده دور از ساحل بیشتر از آثار گریزینگ است و موید این موضوع است که ناحیه دور از ساحل کروزیانا^۲ منطبق بر رخساره دور از ساحل است. در بخش‌های مجاور با رسوبات شیلی سیاه شلف-دور از ساحل^۳ مجموعه با فراوانی کم از ساختارهای گریزینگ (*Zoophycos*, *Gordia*, *Helminthopsis*) با آثار *Rusophycus* و *Planolites*, *Lockeia*, *Cruziana* تشخیص داده شد که نشان دهنده حالت تدریجی بین ایکنوفاسیس‌های کروزیانا و زئوفیکوس در بخش‌های دور از ساحل-شلف (distal offshore-shelf) می‌باشد. همچنین ایکنوجنس‌های محدوده حاشیه ساحلی پایینی و بالایی دور از ساحل بیشتر از آثار تغذیه کننده از رسوبات است که نشان می‌دهد ناحیه نزدیک به ساحل کروزیانا^۴ منطبق بر رخساره پایینی حاشیه ساحلی و بالایی دور از ساحل می‌باشد. ایکنوفاسیس‌های اسکولایتوس و

وجود ایکنوجنس‌های بستر نیمه سخت شده با دیواره مشخص و بدون حاشیه^۱ و ضخیم بویژه در ایکنوجنس‌های *Diplocraterion* و *Thalassinoides* (شکل ۱۲)، نشان-دهنده تجمع زیستی بر روی بسترهای پایدار است (Pemberton et al. 2004). تنوع کم و فراوانی بالای ایکنوفاسیس‌های بسترهای نیمه سخت شده (حفرات قائم *Diplocraterion* با فراوانی بالا در بخش‌های حاشیه ساحلی و *Thalassinoides* در بخش‌های دور از ساحلی) (شکل- ۱۲a, b, d) در نهشته‌های سازند شیرگشت حاکی از تجمع زیستی جانداران با فراوانی بالا در شرایط مساعد بستر است (Gingras et al. 2000). از سایر ویژگی‌های ایکنوجنس‌های ایکنوفاسیس گلوسی‌فانجیتس، پر شدگی حفرات بوسیله رسوبات بعد از رسوبگذاری لایه میزبان است (شکل c, e - ۱۲). این خصوصیت دلالت بر باز ماندن حفرات ایجاد شده بوسیله موجودات است که در زمان رسوبگذاری بعدی این حفرات با موادی متفاوت با زمینه سنگ پر می‌شوند. همچنین ارتباط قطع کننده بین ایکنوجنس‌های بستر نرم (*Cruziana*) با ایکنوجنس‌های بسترهای نیمه سخت شده (*Thalassinoides*) از دیگر ویژگی‌های مهم این ایکنوفاسیس در رسوبات مورد مطالعه می‌باشد (شکل- ۱۲e). چنین خصوصیتی (پر شدگی حفرات بوسیله رسوبات و ارتباط قطع کننده آنها با ایکنوجنس‌های بستر نرم) نشان دهنده ماهیت بعد از رسوبگذاری ایکنوفاسیس گلوسی‌فانجیتس است (MacEachern et al. 2007; Gingras et al. 2000).

مدل ایکنولوژیکی نهشته‌های سازند شیرگشت

۵ نوع ایکنوفاسیس در نهشته‌های سازند شیرگشت بر اساس ایکنوجنس‌های شناسایی شده و نوع بستر در مطالعات

² - distal Cruziana

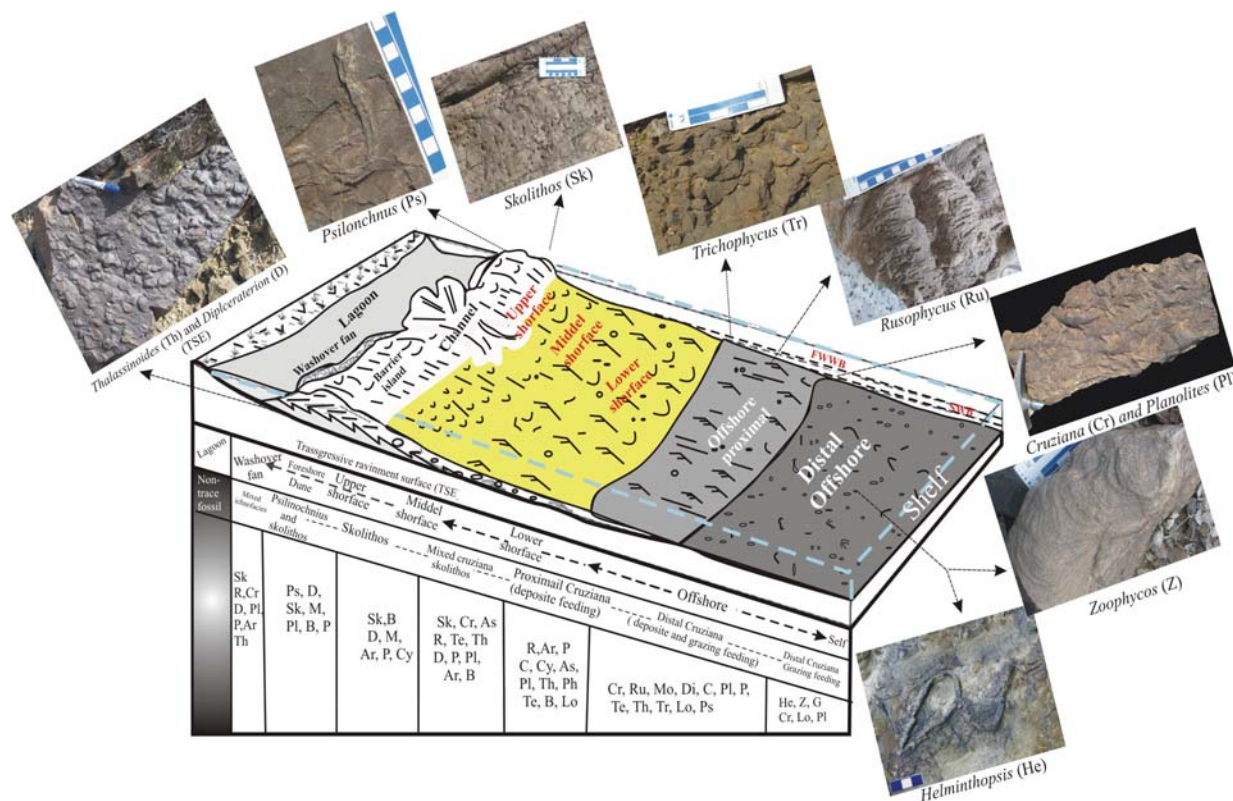
³ - offshore-shelf

⁴ - proximal Cruziana

¹ - Unlined

Asterosoma Arenicolites Lockeia Planolites و *Thalassinoides* شناخته شد که حاکی از تغییرات در فراوانی مواد غذایی در دسترس و سبک غذایی جانوران می باشد. این آثار بر روی ماسه-سنگ های حاوی ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس (بسترهای نیمه سخت شده) قرار دارند. با توجه به توزیع ایکنوجنس-های ایکنوفاسیس ها و مطالعه ساختارهای رسوبی غیرزیستی، مدل ایکنولوژیکی نهشته های سازند شیرگشت در تصویر شکل ۱۳ ارائه شده است.

سیلینکنوس (رسوبات حاشیه ساحلی بالایی - پیش ساحل) بوسیله مجموعه ای آثار فسیلی با تنوع کم و فراوانی بالا شامل *Diplocraterion*, *Bergaueria*, *Skolithos*, *Arenicolites*, *Psilonichnus*, *Rosselia*, *Arenicolites* و *Asterosoma*, *Lockeia*, *Planolites*, *Palaeophycus* می باشد. همچنین رخساره مخلوط *Monocraterion* (در رسوبات پایینی-میانی حاشیه ساحلی و مخروط های شسته شده) با وجود آثار فعالیت جانوران رسوب خوار و معلق خوار شامل *Skolithos*, *Bergaueria*, *Diplocraterion*, *Palaeophycus*



شکل-۱۳- مدل محیط رسوبی پیشنهادی برای رسوبات آواری سازند شیرگشت براساس گسترش اثر فسیل ها، *Lockeia*, *(Sk) Skolithos*, *(Cr) Cruziana*, *(Pl) Planolites*, *(D) Diplocraterion*, *(Ar) Arenicolites*, *(P) Palaeophycus*, *(Ps) Psilonichnus*, *(Th) Thalassinoides*, *(B) Bergaueria*, *(C) Chonrites*, *(Lo)*, *(Mo) Monomorphichnus*, *(Te) Teichichnus*, *(As) Asterosoma*, *(R) Rosselia*, *(Ru) Rusophycus*, *(Tr) Trichophycus*, *(Ph) Phycodes*, *(Cy) Cylindrichnus*, *(M) Monocraterion*, *(Di) Diplichnites*, *(Z) Zoophycos*, *(G) Gordia*, *(He) Helminthopsis* و موجسار هوای آرام (SWB) و موجسار هوای آرام (FWWB). خط چین نشان دهنده تغییرات تدریجی بین محیط ها و ایکنوفاسیس ها می باشد.

نتیجه گیری

مهدی شادان و اسد عبدی به خاطر همراهی در جمع آوری نمونه‌ها و مطالعات صحرایی تشکر می‌شود. همچنین از پروفیسور Murray Gingras از دانشگاه آلبرتا، کانادا، Neil Davies از دانشگاه بیرمنگام انگلستان و Luis Buatois از دانشگاه کانزاس آمریکا به خاطر کمک در شناسایی ایکنوجنس‌ها و نظرات ارزنده شان و از پروفیسور Risto Kumpulainen از دانشگاه استکهلم سوئد، به خاطر نقطه نظرات مفید در تفسیر محیط رسوبی رخساره‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد. در انتها از داوران محترم که با نظرات مفید خود به ارتقای سطح علمی این مقاله کمک نموده‌اند سپاسگزاریم.

منابع

- ۱- آقانباتی، ع. ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- 2-Buatois, L.A and M.G., Mángano, 1995, The palaeoenvironmental and palaeoecological significance of the Mermia ichnofacies: an archetypal subaqueous non-marine trace fossil assemblage. *Ichnos* v.4, p.151-161.
- 3-Buatois, L.A., Mángano, M.G., Alissa, A, and T.R., Carr, 2002, Sequence stratigraphic and sedimentologic significance of biogenic structures from a late Paleozoic marginal- to open-marine reservoir, Morrow Sandstone, subsurface of southwest Kansas, USA. *Sedimentary Geology* v.152, p.99-132.
- 4-Buatois, L.A., Gingras, M.K., MacEachern, J., Mángano, M.G., Zonneveld, J.P., Pemberton, S.G., Netto and R.G., Martin., 2005, Colonization

در نهشته‌های آواری سازند شیرگشت، براساس شناسایی مجموعه متنوعی از ایکنوجنس‌ها، محیط رسوبی شامل ۵ ایکنوفاسیس است. ۳ نوع ایکنوفاسیس کروزیانا، اسکولایتوس و سیلینکنوس جزء ایکنوفاسیس‌های مرتبط با بستر نرم و ایکنوفاسیس مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس، نیز کنترل شده تحت شرایط رسوبی است. همچنین، ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس در ارتباط با سطوح نیمه سخت شده تشکیل شده است که مناسبترین نواحی جهت گسترش مجموعه‌های تحت کنترل بستر است. مطالعه اثر فسیلی سازند شیرگشت نشان می‌دهد که نهشته‌های - آواری در یک محیط رسوبی پیچیده حاشیه ساحلی، دور از ساحل تا جزایر سدی- لاگونی نهشته شده است. تغییرات شرایط محیطی در زمان تشکیل سازند شیرگشت از موقعیت دور از ساحل تا سمت جزایر سدی همراه با کاهش تنوع، فراوانی و نوع آثار فسیلی است. این کاهش به دلیل افزایش میزان رسوبگذاری، سطح انرژی آب، اندازه دانه‌های رسوب، شوری، آشفستگی آب و شرایط تافونومی می‌باشد که باعث تغییر الگوی زندگی و سبک تغذیه‌ای جانوران شده است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۵۲ / پ معاونت پژوهشی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود. از گروه زمین شناسی به خاطر در اختیار گذاشتن امکانات جهت مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی سپاسگزاریم. از همکاری آقایان

- Glossifungites assemblages. *Journal of Sedimentary Research*, v. 70, p. 1017–1025.
- 11-Gingras, M.K., Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. and K.L., Bann, 2007, A conceptual framework for the application of trace fossils. In: MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., Gingras, M.K., Bann, K.L. (Eds.), *Applied Ichnology*. SEPM Core Workshop, p. 1–27.
- 12- Henrik, f., Jgen, M., and S., Peter, 1998, Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene-Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology*, p. 117-132.
- 13 -MacEachern, J.A., and S.G., Pemberton, 1992, Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the Western Interior Seaway of North America, in Pemberton, S.G. (Ed.) *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*, a core workshop: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, v.17, p. 57-84.
- 14- MacEachern, J.A., Bechtel, D.J., and S.G., Pemberton, 1992a, Ichnology and sedimentology of transgressive deposits, transgressively-related deposits and transgressive systems tracts in the Viking Formation of Alberta, in Pemberton, S.G., (Ed.) *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*, A Core Workshop: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop v.17, p. 251-290.
- of brackish-water systems through time: evidence from the trace fossil record. *Palaios* v. 20, p. 321–347.
- 5-Bromley, R.G., 1996, *Trace Fossils: Biology Taphonomy and Applications*, 2nd ed. Chapman & Hall, London, 361 p.
- 6-Catuneanu, O, 2006, *Principles of Sequence Stratigraphy*, Elsevier Science and Technology Rights Department in Oxford, UK. 387P.
- 7- Davies, N. S., Ivan J. S., Guillermo L. A and C., Ricardo 2007, *Ichnology, palaeoecology and taphonomy of a Gondwanan early vertebrate habitat: Insights from the Ordovician Anzaldo Formation, Bolivia*. *Palaeoecology* v. 249, p. 18–35.
- 8-Gil, J., Garcia, J.F, Segura, M., Garcia, A., and B., Carenas, 2006, Stratigraphic architecture, palaeogeography and sea level changes of a third order depositional sequence: The late Turonian-early Coniacian in the northern Iberian Ranges and Central System (Spain). *Sedimentary Geology* v. 191, p. 191-225p.
- 9-Gingras, M.K., MacEachern, J.A., and S.G., Pemberton, 1998, A comparative analysis of the ichnology of wave- and river-dominated allomembers of the Upper Cretaceous Dunvegan Formation. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 46, p. 51–73.
- 10-Gingras, M.K., Pemberton, S.G and T .D .A., Saunders, 2000, Firmness profiles associated with tidal creek deposits: the temporal significance of

- 20-Moslow, T.F. and S.G., Pemberton, 1988, An integrated approach to the sedimentological analysis of some Lower Cretaceous shoreface and delta front sandstone sequences. In: James, D.P., Leckie, D.A. (Eds.), *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and Subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, v. 15, p. 373–386.
- 21-Parcha. S. K., Singh, B., and P., Singh. 2005, Palaeoecological significance of ichnofossils from the Cambrian succession of the Spiti Valley, Tethys Himalaya, India. Wadia Institute of Himalayan Geology, 33 Gen. Mahadeo Singh Road, Dehra Dun 248 001, India.
- 22-Pemberton, S.G., MacEachern, J., and W., Frey, 1992, Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance, in Walker, R.G., and James, N.P. (Eds), *Facies Models: Response to Sea Level Change*: Geological Association of Canada, p. 47-72.
- 23 -Pemberton, S.G., and D.M., Wightman, 1992, Ichnological characteristics of brackish water deposits. In: Pemberton, S.G. (Ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*. SEPM Core Workshop, v. 17, p. 141–169.
- 24-Pemberton, S.G., and J.A., MacEachern, 1995, The sequence stratigraphic significance of trace fossils: examples from the Cretaceous foreland basin of Alberta, Canada. In: Van Wagoner, J.C. and Bertram, G. (Eds.), *Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits: Outcrop and Subsurface Examples from the Cretaceous of North America*,
- 15-MacEachern, J.A., Zaitlin, B.A and S.G., Pemberton, 1998, Highresolution sequence stratigraphy of early transgressive incised shoreface and early transgressive valley/embayment deposits of the Viking Formation, Joffre Field, Alberta, Canada. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 82, p.729–756.
- 16-MacEachern, J.A., Zaitlin, B.A., and S.G., Pemberton, 1999, A sharpbased sandstone succession of the Viking Formation, Joffre Field, Alberta, Canada: criteria for recognition of transgressively incised shoreface complexes. *Journal of Sedimentary Research*, v. 69, p. 876–892.
- 17- MacEachern, J.A., Bann, K.L., Pemberton S.G., and M.K., Gingras, 2007, The ichnofacies paradigm: High-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. In: McIlroy, D. (Ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, Geological Society, London, Special Publication, v. 228, p. 179-212.
- 18-MacNaughton, R.B., Dalrymple, R.W., and G.M., Narbonne, 1997, Early Cambrian braid-delta deposits, MacKenzie Mountains, north-western Canada. *Sedimentology* v.44, p.587–609.
- 19-McIlroy, D., 2004, *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Special Publication of the Geological Society, London, v. 228, p. 1–490.

American Association of Petroleum Geologists, Memoir, v. 64, p. 429–475.

25-Pemberton, S.G., MacEachern, J.A., and T.D.A., Saunders, 2004, Stratigraphic applications of substrate-specific ichnofacies: delineating discontinuities in the rock record. In: McIlroy, D. (Ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis, Geological Society, London, Special Publication, v. 228, p. 29–62.

26-Pemberton, G.S., Spila, M., Pulham, A.J., Saunders, T., Robbins, D., and I.K., Sinclair, 2001, Ichnology and sedimentology of shallow to marginal marine systems. Geological Association of Canada Short Course v. 15.

27-Reading, H. G., 1996, Sedimentary Environment. Third ed., Blackwell, Oxford., 888 p.

28-Taylor, A.M., Goldring, R., and S., Gowland, 2003, Analysis and application of ichnofabrics. Earth Science Reviews v. 60, p. 227–259.

29- Zonneveld J.P., Gingras, M.K., and S.G., Pemberton 2001, Trace fossil assemblages in a Middle Triassic mixed siliciclastic carbonate marginal marine depositional system, British. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology v. 166, p. 249–276.

