بررسی ایکنوفسیلها و ایکنوفاسیسهای بخش بالایی سازند شمشک در ناحیه طزره (شمال خاوری دامغان)

نوشته: دکتر حسین وزیری مقدم* و دکتر عریزالله طاهری**

Study of ichnofossils and ichnofacies of the upper part of the Shemshak Formation at Tazareh area (North east Damghan)

By:Dr. H. V. Moghaddam* and A. Taheri**

چکیده

رسوبات بخش بالایی سازند شمشک در ناحیه طزره شامل ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل بوده که حـــاوی فسیلهای دریایی است. بر اســاس مطالعه سیستماتیـــک ایکنوفسیلهای این رسوبـــات تعداد ۹ ایکنوجـنس در دو مجموعه مجزا تشخیص داده شـــده است. مجمـوعه اول با تنوع ایکنوفونای کـــم (*Arenicolites, Skolithos, Diplocraterion*) در لایه‌های ماســه‌ســنـــگی و سیلتستونی حضـور دارد. این مجموعه از ایکنوفسیلها نشانـگر ایکنورخسـاره اسکولیتوس بوده که در یک محیـــط نسبتـا پرانرژی تشکیل شـده است. مجـمـوعـــه دوم با تنوع ایکنوفونای بیشتر (*Planolites, Palaeophycus, Neonerites, Cochlichnus, Rhizocorallium, Chondrites*) در لایه های شیلی تشکیل شده و معرف ایکنورخساره کروزیانا بوده که در یک محیط با انرژی کمتر تشکیل شده است.

واژه های کلیدی: ایکنوفسیل، ایکنوفاسیس، سازند شمشک، طرزه ، دامغان ، ایران .

Abstract

The upper part of the Shemshak Formation at Tazareh area consists of sandstone, siltstone, and shale beds with marine fossils. Based on systematic study of the ichnofossils in these sediments, 9 ichnogenera, in two assemblages have been identified . The first assemblage with low ichnodiversity (*Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion*) occurs in the siltstone and sandstone beds. This assemblage of ichnofauna represents the *skolithos* ichnofacies which formed in a relatively high energy condition. The second assemblage with higher ichnodiversity (*Planolites*, *Palaeophycus*, *Neonerites*, *Cochlichnus*, *Rhizocorallium*, *Chondrites*) is very common in the shale beds. This assemblage represents the *cruziana* ichnofacies which formed in a relatively lower energy condition.

Kaywords: Ichnofossils , Ichnofacies, Shemshak F., Tazareh, Damghan, Iran.

۱- مقدمه

ناحیه مورد مطالعه در حدود ۷۰ کیلومتری شهرستان دامغان واقع شده است (شکل۱). این ناحیه در دامنه جنوبی رشته کـوه البـرز قـرار دارد. در ناحیـه طزره علاوه بر رسوبات شمشک، سازندهای الیکا، دلیچای و لار رخنمـون دارنـد. تـشکیل سـنگ هـای ژوراسـیک ایـران در ارتبـاط بـا رویـدادهای تکتونیکی بوده و به همین دلیل آنها را به دو سیکل رسوبی تقسیم نموده‌اند (آقانباتی، ۱۳۷۷). رسـوبات تریـاس بـالا-ژوراسـیک میـانی حوضـه البـرز مربـوط بـه نخـستین سـیکل رسـوبی هـستند. آنهـا بیـشتر آواری و معـرف حوضه‌های مردابی- رودخانه ای و گاهی دریایی کـم ژرفـا میباشـند. ایـن رســوبات بوســیله Assereto(1967) تحـت عنـوان ســازند شمــشک نامگذاری گردید. کارشناسان شرکت ملی فـولاد رسـوبات تریـاس بـالا-

دوگر را به لحاظ داشتن ذغالسنگ، رسوب های ذغالدار نامگذاری کرده و آنها را به دو سازند طزره و گانو و چند بخش و زیربخش تقسیم نموده و از نام کلی گروه شمشک برای آنها استفاده میکنند (آقانباتی، ۱۳۷۷). بخش تحتانی رسوبات شمشک در یک محیط رودخانه‌ای (مئاندری) و بخشهای بالایی دلتا تشکیل شده است. بخش فوقانی آن مربوط به فاسیسهای زیر آب محیط دلتایی می‌باشد (شفیعی، ۱۳۷۰).

رسوبات منطقه مورد مطالعه معادل بخش بالایی سازند گانو بوده و متشکل از سیلتستون، ماسه سنگ و شیل به رنگ سبز تا خاکستری میباشد. بر اساس سنگواره های جانوری دریایی سن توآرسین-باژوسین برای آن در نظر گرفته شده است (آقانباتی ۱۳۷۷). رسوبات منطقه مورد مطالعه توسط شیلها و آهکهای دریایی سازند دلیچای پوشیده می‌شود (شکل ۲) .

هدف از این مطالعه معرفی ایکنوفسیلها وتفسیر ایکنوفاسیس های بخش بالایی سازند شمشک میباشد.

۲- سیستماتیک ایکنوفسیلها

Ichnogenus *Arenicolites* Salter, 1857
***Arenicolites* ichnosp.**
(Plate 1, C)

مشخصه (Diagnosis) : یک بارو U شکل ساده که فاقد اسپریت بوده وعمود بر سطح لایه‌بندی قرار می‌گیرد. اندازه قطر و فاصله لوله‌ها و ژرفای حفاری در نمونه‌های مختلف متفاوت است. برخی از آنها دارای یک دهانه قیفی شکل در انتها می‌باشند. دیواره بطور معمول صاف ولی گاهی دارای آستر (Lining) است (Hantzschel,1975).

در بعضی موارد ژرفای حفاری تا ۴۰ سانتیمتر هم می‌رسد.

توصیف (Description): باروهای U شکل با دهانه استوانه‌ای، عمود بر سطح لایه‌بندی که دیواره آنها صاف می‌باشد. قطر بازوها ۱- ۰/۵ سانتیمتر و فاصله بین دو بازو ۱۳-۱۰ سانتیمتر می‌باشد. ژرفای حفاری ۱۴-۱۰ سانتیمتر است.**(Discussion)**

بحث (Discussion) : این ایکنوجنس توسط موجوداتی که به طریقه معلق تغذیه می‌کنند ایجاد شده است. دهانه در این گروه عموما استوانه‌ای است. درفرمهایی که دهانه بصورت قیفی شکل می‌باشد سیستم تغذیه‌ای احتمالا از نوع رسوب‌خواری بوده است Bromley, 1996. این ایکنوجنس از محیطهای کم ژرف با انرژی بالا (Frey, 1990; Frey and Howard, 1990; Frey and Goldring, 1992; Buckman, 1992) از رسوبات آب شیرین (Bromley and Asgaard, 1979) ماسه های بعد از جریانهای آشفته (post- turbidite) Uchman, 1991a, b, 1992a) گزارش شده است (Crimes, 1977;

Ichnogenus *Cochlichnus* Hichcock, 1858
***Cochlichnus* ichnosp.**
(Plate 1, A)

مشخصه (Diagnosis) : یک تریل افقی ساده و بدون تزئین با مئاندرهای کم و بیش منظم. سینوسهای این تریل ممکن است بطورکامل منظم و یا تا حدودی نامنظم باشند. قطر، طول موج سینوسها و طول تریل در نمونه‌های مختلف متغیر می‌باشد.

توصیف (Description): نمونه‌های مورد مطالعه، تریلهایی با بیجان رود تقریبا منظم به قطر ۴-۲ میلیمتر، درازای ۱۳ -۱۰سانتیمتر و طول موج ۴-۲ میلیمتر می‌باشند. نمونه های یافت شده بطور عمده به صورت هیپوایکنیال برجسته می باشند.

بحث (Discussion): این اثر فسیلی به گمان نشانگر ساختمانهای حاصل از حرکت یا تغذیه موجودات کرمی شکل است. در محیطهای امروزی اثراتی مشابه با این ایکنوجنس بوسیله نماتودها (Nematodes) ایجاد می‌شود (Moussa, 1970). ایکنوجنس *Cochlichnus* به احتمال در محیطهای با شوری به نسبت پایین مشاهده شده (Michelau 1956; Hakes, 1976) و از رسوبات توربیدایت، دامنه دلتا و بخش پیشانی دلتا تا خلیج‌های بین شاخه‌ای رأس دلتا گزارش شده‌اند (Eager et al. 1985).

Ichnogenus *Diplocraterion* Torell, 1870
***Diplocraterion* ichnosp.**
(Plate 3, B)

مشخصه (Diagnosis): یک بارو U شکل، قائم با اسپریت. بازوهای این بارو اغلب بموازات هم بوده و دهانه آن ممکن است استوانه‌ای یا قیفی شکل باشد. کف قسمت U شکل (کف بارو) بصورت نیم دایره و بندرت بصورت مستقیم مشاهده می‌شود. اسپریتها ممکن است در زیر بخش U (retrusive) و یا در داخل U (protrosive) قرار گیرند. قطر لوله‌های آن ۱۵-۵ میلیمتر و فاصله بین آنها عموما ۷-۱ سانتیمتر ولی گاهی بیشتر است. ژرفای حفاری بطور معمول ۱۵-۷ سانتیمتر ولی گاهی تا ۳۵ سانتیمتر هم می‌رسد.

توصیف (Description) : باروهای U شکل، عمود بر سطح لایه‌بندی با اسپریت ، دارای دهانه استوانه ای شکل بوده و کف بارو تقریبا مستقیم است. اسپریت ها در داخل U قرار دارند. قطر لوله ها ۱-۰/۵ سانتیمترو فاصله بین آنها ۱۳-۵ سانتیمتر می باشد. ژرفای حفاری بطورعموم ۱۴-۱۰ سانتیمتر است.

بحث (Discussion): این ایکنوجنس از نظر رفتاری حالت توازنی (equilibrichnia) داشته (Frey and Pemberton, 1985) و نشانگر محیطهای رسوبی با انرژی بالا می‌باشد. موجودات مولد آن اغلب به روش سوسپانسیون تغذیه می کنند.
(Rodringuez and Gutschick, 1970; Fürsich, 1975; Crimes et al, 1977; Hereford, 1977; legg, 1985; Crimes and Germs, 1982; and Cornish, 1987)
اشکال protrusive آن نشانگر فرسایش کف بستر و یا سرعت رسوبگذاری نسبتا پایین می‌باشند. فرمهای retrusive نشانگر سرعت رسوبگذاری به نسبت بالا هستند (Ekdale et al. 1984)

Ichnogenus *Neonerites* Seilacher 1960
***Neonerites* ichnosp.**

مشخصه (Diagnosis): شامل زنجیره‌ای از دانه‌های پلتی که ممکن است در یک، دو یا چند ردیف در کنار هم قرار داشته باشند. فاصله دانه‌ها با یکدیگر ناچیز و در صورت دو یا چند ردیفی بودن فاصله ردیفها بسیار کم است. بطورکلی از نظر شکل مستقیم یا مئاندری می‌باشد.

***Neonerites biserialis* Seilacher (1960)**
(Plate 1, E)

توصیف (Description): یک تریل شامل دو ردیف دانه‌های کروی تا بیضوی که در کنار یکدیگر با فاصله اندک قرار گرفته‌اند. نمونه‌های یافت شده به طول ۱۷-۱۱ و عرض ۱-۰/۷ سانتی متر می باشند.

Ichnogenus *Palaeophycus* Hall, 1847
***Palaeophycus* ichnosp.**
(Plate 1, F)

مشخصه (Diagnosis): یک بارو افقی تا کمی مایل، کم‌وبیش مستقیم تا سینوسی، غیرمنشعب که بطور واضح دارای آستر (Lining) است. شکل بارو استوانه‌ای می‌باشد. پرشدگی بارو می‌تواند از نظر جنس مشابه و یا متفاوت از سنگ میزبان باشد.
توصیف (Description): یک بارو استوانه‌ای غیرمنشعب به قطر ۷-۴ میلیمتر و طول متغیر که دارای خطوط طولی واضح می‌باشد. هر کدام از این خطوط کمتر از ۱ میلیمتر عرض دارد. نمونه های یافت شده بطور عمده به صورت هیپوایکنیال برجسته می باشند.

Ichnogenus *Planolites* Nicholson 1873
***Planolites* ichnosp.**
(Plate 1, D)

مشخصه: (Diagnosis): یک بارو ساده و کم وبیش افقی، استوانه‌ای شکل، بطور معمول مستقیم و غیرمنشعب که فاقد هرگونه آستر و تزئین می‌باشد. پرشدگی این بارو از نظر جنس می‌تواند مشابه و یا متفاوت از سنگ میزبان باشد.
توصیف (Description): یک بارو صاف تا کمی خمیده، استوانه‌ای شکل به قطر ۴-۲ میلیمتر که فاقد آستر می‌باشد. نمونه های یافت شده بطور عمده به صورت هیپوایکنیال برجسته و ندرتا اپی ایکنیال فرورفته می باشند.

Ichnogenus *Rhizocorallium* Zenker, 1836
***Rizocorallium* ichnosp.**
(Plate 2, A&B)

مشخصه (Diagnosis): یک باروی ساده U شکل حاوی اسپریت که اغلب دوشاخه‌ای بوده و نسبت به سطح لایه‌بندی به صورت افقی یا کمی مایل قرار گرفته‌اند. بازوها کم وبیش موازی و فاصله آنها از یکدیگر تا چند سانتیمتر می‌رسد. درازای بازوهایش بیش از ۲۰ سانتیمتر ولی معمولا کمتر از این مقدار می‌باشد. لوله‌ها معمولا ضخیم (۱ سانتیمتر یا بیشتر) که در سطح آنها گاهی خراشهایی دیده می‌شود. این بارو بطور معمول protrusive می‌باشد.
توصیف (Description): باروهای U شکل کم و بیش افقی با اسپریت کاملا مشخص که بازوهای آن بصورت تقریبا موازی، مستقیم یا کمی خمیده مشاهده می‌شوند. قطر بازو ۱/۵-۱ سانتیمتر، درازا ۱۸-۱۵ سانتیمتر و فاصله بین دو بازو ۵-۳ سانتیمتر می‌باشد. نمونه های یاقت شده بطور عمده به صورت هیپوایکنیال برجسته می باشند.
بحث (Discussion): این ایکنوجنس بوسیله موجودات اینفونای رسوبخوار که بطور سیستماتیک رسوبات را برای تغذیه حفاری می کنند ایجاد شده است (Bromley, 1996). از نظر مورفولوژی قابل تقسیم به دو حاشیه می‌باشد. در یک حاشیه اسپریت با زاویه‌ای ملایم (تقریبا ۱۰°) به بازو متصل می‌شود (marging arm) و درحاشیه مقابل اسپریت با زاویه‌ای تند به بازو متصل می‌شود (truncating arm). اسپریت بین بازوها از یکسری شیارها و برجستگیهای متحدالمرکز تشکیل شده است (Basan and Scott, 1979).

Ichnogenus *Skolithos* Haldeman, 1840
***Skolithos* ichnosp.**
(Plate 1, B)

مشخصه (Diagnosis): باروهای منفرد، غیرمنشعب که معمولا قائم می‌باشند. آنها استوانه‌ای شکل مستقیم تا کمی منحنی با طول متغیر (از چند

سانتیمتر تا یک متر) و قطر ۱۵-۱ میلیمتر هستند. دیواره صاف و یا ممکن است حلقه حلقه باشد. مواد پرکننده آن فاقد ساختمان داخلی بوده و پرشدگی ممکن است از نظر جنس مشابه و یا متفاوت از رسوبات مجاور باشد.

توصیف (Description): بارو مستقیم تا کمی خمیده، که عمود بر سطح لایه‌بندی قرار گرفته است. دیواره آن صاف می‌باشد. طول آنها ۱۰-۸ سانتیمتر و قطر آن عمدتا ۰/۵ سانتیمتر است.

بحث (Discussion): براساس نظر Crimes (1970) و Seilacher (1967) این ایکنوجنس شاخص محیطهای ساحلی پرانرژی و خیلی کم عمق می‌باشد. از نظر رفتاری *Skolithos* نشانگر باروهای حاصل از موجودات سوسپانسیون خواری است که رسوبات را حفاری (Dwelling) میکرده‌اند.

Ichnogenus *Chondrites* von Sternberg, 1833

***Chondrites* ichnosp.**
(Plate 2, C)

مشخصه (Diagnosis): یک سیستم بارو بصورت شاخه درختی با دیواره صاف که اغلب بصورت افقی (بموازات سطح لایه‌بندی) می‌باشد. قطر باروها معمولا ۸-۲ میلیمتر است. قطر باروها در درون هر سیستم ثابت باقی‌مانده است.

توصیف (Discription): یک سیستم بارو به صورت شاخه درختی با دیواره صاف که اغلب به صورت افقی (به موازات سطح لایه بندی) می باشد. قطر باروها بطور عموم ۲-۱ میلیمتر است. قطر باروها در درون هر سیستم ثابت باقی مانده است. هیچ یک از تونلها یکدیگر را قطع نمی نمایند. در نمونه های مورد مطالعه تونل عمودی اصلی (Shaft) مشاهده نگردید. رسوبات پرکننده بارو فاقد ساختمان می باشند.

بحث (Discussion): باروهای *Chondrites* اغلب با رسوبات لایه بالایی پرشده‌اند. این نشان‌دهنده آن است که سیستم بارو جهت ارتباط موجود با سطح کف بستر دریا باز بوده است (Osgood, 1970; Bromley & Ekdale, 1984).

۳- بحث و تفسیر

سازند شمشک با رخساره تخریبی خاص خود از گسترش زیادی در حوضه البرز برخوردار بوده و با توجه به لایه‌های زغال‌سنگ و اهمیت اقتصادی از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان واقع بوده است. رسوبات این سازند پس از بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس و خاتمه حرکات کوهزایی در حوضه پیشکمان (Foreland) البرز تەنشست پیدا کرده است (Alavi, 1996).

مطالعات انجام گرفته بر روی سازند شمشک (Rad, 1986 و شفیعی، ۱۳۷۰) حاکی از آن است که رسوبات آن در یک محیط دلتایی تحت‌تاثیر رودخانه تشکیل شده است. توالی رسوبی سازند شمشک نشانگر یک پیشروی تدریجی است که با رسوبات رودخانه‌آی (مئاندری) شروع و به تدریج به رسوبات دلتایی تبدیل شده است و در نهایت به شیلها و آهکهای دریایی سازند دلیچای ختم می‌گردد (شفیعی، ۱۳۷۰). بنابراین بخش قاعده‌ای آن در محیطهای رودخانه‌ای (مئاندری) و بخش‌های دلتایی خارج از آب (کانالهای اصلی و انشعابی و نواحی بین کانالها) ته نشست پیدا نموده است. بخش بالایی آن شامل رخسارههای زیرآب (پیشانی دلتا و پرودلتا) می‌باشد (شفیعی، ۱۳۷۰).

ایکنوفسیلهای مورد مطالعه در این ناحیه مربوط به بخش پرودلتا می‌باشند. بخش پرودلتا نسبت به سایر بخشهای محیطهای دلتایی، دارای انرژی کمتری بوده ولی در مقایسه با محیط دریایی از انرژی نسبتا بالایی برخوردار می‌باشد (Coleman, 1976). لیتولوژی غالب بخش پرودلتا شامل شیل، سیلتستون و ماسه‌سنگ است. در این محیط شرایط زیست محیطی برای گسترش و پراکندگی موجودات زنده بسیار مناسب بوده، به همین دلیل بیشترین تنوع فسیلهای جانوری را در این محیط مشاهده می نمائیم. فسیلهای بی‌مهرگان از قبیل دوکفه‌ای‌های تریگونیا، فولادومیا و میتیلوس و همچنین آمونیتها به وفور در این رسوبات دیده می‌شوند. آخرین لایه‌های مربوط به محیط پرودلتا بطور تدریجی به رسوبات دریایی دلیچای ختم می‌شوند.

همانطور که عنوان گردید شرایط زیست محیطی برای موجودات در این بخش از دلتا مناسبتر از سایر بخشهای آن بوده و بنابراین آثار فسیلی (ایکنوفسیلها) از تنوع به نسبت بالایی برخوردار می‌باشند. ایکنوفسیلهای مطالعه شده مربوط به دو ایکنورخساره کروزیانا و اسکولیتوس می‌باشند.

ایکنورخساره کروزیانا در رسوبات شیلی و دانه ریز بخش پرودلتا که مربوط به یک محیط نسبتا کم انرژی است مشاهده شده و شامل ایکنوجنسهای *Cochlichnus*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Chondrites*, ,*Rhizocorallium*, *Neonerites*, می‌باشد (شکل ۳). این ایکنورخساره برای اولین بار توسط Seilacher (1967) معرفی شده و بصورت تیپیک در حدفاصل بین سطح اساس امواج عادی و سطح اساس امواج طوفانی در فلاتهای قاره‌أی یا دریاهای اپیریک کم‌ژرف تشکیل می‌شود (Frey and Seilacher, 1980).

کارهای اخیر نشتان داده است این ایکنورخساره می‌تواند در محیطهایی نظیر مرداب و خلیجها هم تشکیل شود (Frey and Pemberton, 1985). در نواحی با سرعت رسوبگذاری بالا زیست آشفتگی بصورت کامل مشاهده نمی گردد. در نتیجه ساختمانهای بیوژنیکی که در سطح ایجاد گردیده‌اند توسط ساختمانهای بیوژنیک دیگر

که در ژرفای رسوب نفوذ می کنند از بین نمی‌روند، بنابراین تنوع ایکنوتاکسا زیاد می گردد. سرعت رسوبگذاری بالا سبب می‌شود که اجتماعات جانوری به حد بلوغ خود نرسیده و در نتیجه ساختمانهای بیوژنیک که در ژرفای زیادتر رسوب ایجاد می گردند (نظیر *Chondrites*) مشاهده نشوند (Bromley, 1996). در ناحیه مورد مطالعه تعداد ۶ ایکنوجنس از این ایکنورخساره تشخیص داده شده است. از آنجا که ایکنوجنس *Chondrites* از فراوانی به نسبت بالایی برخوردار می‌باشد می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در منطقه مورد مطالعه رسوبگذاری از سرعت بالایی برخوردار نبوده است.

در این ایکنورخساره تنوع بالای جانوری سبب ایجاد انواع ساختمانهای بیوژنیک شده که این امر در اثر تنوع رفتاری موجودات ایجاد گردیده است (Bromley, 1996). آثار رفتاری ایکنوجنسهای تشخیص داده شده در این ایکنورخساره شامل آثار تغذیه‌ای از انواع Feeding traces (*Rhizocorallium Planolites, Chondrites*) و Grazing traces (*Neonerites, Cochlichnus*) و همچنین آثار حفاری Dwelling traces (*Palaeophycus*) می‌باشند.

ایکنورخساره اسکولیتوس در رسوبات سیلتستونی و ماسه‌سنگی که مربوط به یک بخش به نسبت پرانرژی می‌باشند مشاهده شده و شامل ایکنوجنسهای *Skolithos, Arenicolites, Diplocraterion* می‌باشد (شکل۳). ایکنورخساره اسکولیتوس برای اولین بار توسط Seillacher (1967) معرفی گردیده است. این ایکنورخساره نشانگر انرژی به نسبت بالای حاصل از امواج و جریانات بوده (Pemberton et al, 1992) و در رسوبات ماسه‌سنگی با جورشدگی به نسبت خوب بوجود می‌آید (Frey et al, 1990). این ایکنورخساره شاخص محیطهای ساحلی، حاشیه ساحلی و سدها می‌باشد. در این محیطها ساختمانهای رسوبی فیزیکی (شامل لامینه‌های موازی تا نیمه‌موازی، لایه‌های متقاطع در مقیاس کوچک) غالب هستند (Howard, 1972, 1975). زیست آشفتگی زیادی بوسیله انواع دوکفه‌ایهای سوسپانسیون‌خوار و دیگر موجودات بنتیک رسوب‌خوار متحرک در محیطهای یاد شده (در ماسه هایی با جورشدگی به نسبت بالا) بوجود می‌آید (Clifton and Thompson, 1987; Ronan et al, 1981). ولی بدلیل انرژی بالای محیط شانس حفظ‌شدگی آنها بسیار پایین می‌باشد (Howard and Reineck, 1981). بنابراین تنوع و تراکم ایکنوفسیلها کم شده و ایکنوجنسهای سوسپانسیون‌خوار قائمی که در ژرفای رسوبات نفوذ می کنند مانند *Skolithos, Arenicolites, Diplocraterion* مشاهده می‌شوند.

در یک توالی متشکل از رسوبات ساحلی تا ناحیه دور از ساحل (beach – to – offshore) ایکنورخساره اسکولیتوس به سمت ناحیه دور از ساحل به ایکنورخساره کروزیانا تبدیل شده و به سمت خشکی به محیط سوپراتایدال یا زون تخریبی منتهی می‌شود. تبدیل این ایکنورخساره به رخساره کروزیانا به سمت ناحیه دور از ساحل بصورت خیلی تدریجی صورت می گیرد و بستگی به میزان انرژی دارد. یک مجموعه مخلوط از ایکنورخساره‌های اسکولیتوس - کروزیانا خیلی معمول می‌باشد (Howard and Frey, 1975).

اگرچه این ایکنورخساره بصورت تیپیک همراه با رخساره‌های ساحلی دیده می‌شود ولی می‌تواند در محیطهای دیگر که دارای پارامترهای موجود در ساحل هستند (کف بستر ماسه‌ای، انرژی بالا، مقدار زیاد موادغذایی معلق در محیط و...) نیز تشکیل شود (Crimes, 1977). بنابراین ایکنورخساره اسکولیتوس ممکن است در بخشهایی از محیطهایی نظیر پهنه جزرومدی، دلتاها و خلیج ها که دارای انرژی بالا هستند نیز تشکیل شود (Frey and Howard , 1980). ساختمانهای فیزیکی همراه نیز می‌توانند برای تشخیص چنین محیطهایی مورد استفاده قرار گیرند.

آثار رفتاری ایکنوجنسهای تشخیص داده شده در این ایکنورخساره شامل آثار حفاری Dwelling traces (*Arenicolites, Skolithos*) و توازنی Equilibrium traces (*Diplocraterion*) می‌باشند.

Diplocraterion موجود در لایه‌های ماسه‌سنگی از نوع protrusive است. این نوع *Diplocraterion* نشانگر آن است که سرعت رسوبگذاری آهسته بوده و یا اینکه میزان فرسایش بیشتر از میزان رسوبگذاری می‌باشد (Glodring, 1964).

با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که رسوبات بخش بالایی سازند شمشک بدلیل دارا بودن دو ایکنورخساره کروزیانا و اسکولیتوس در دو شرایط متفاوت از نظر انرژی و نوع رسوب ایجاد گردیده‌اند. ایکنورخساره کروزیانا معرف انرژی پائینتر محیط و کف بستر گلی و ایکنورخساره اسکولیتوس نشانگر انرژی نسبتا بالای محیط و کف بستر سیلتی یا ماسه‌ای می‌باشد. علاوه بر ایکنورخساره‌های تشخیص داده شده، ساختمانهای رسوبی از قبیل ریپل‌مارکهای جریانی و موجی، طبقه‌بندی مورب و پراکندگی فسیلهای دریایی حاکی از تشکیل رسوبات بخش بالایی سازند شمشک در محیط ساحلی-دلتایی می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

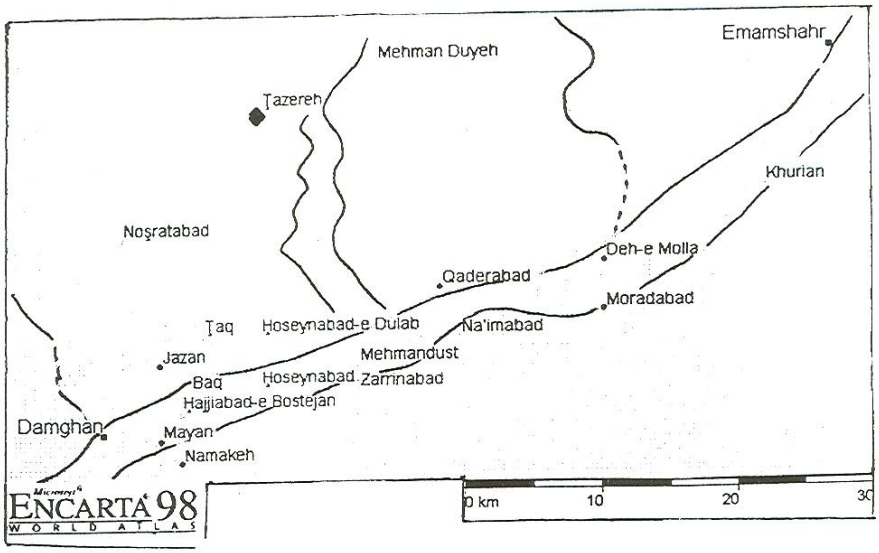
مطالعه ایکنوفسیلها و ایکنوفاسیس‌های رسوبات بخش بالایی سازند شمشک در ناحیه طزره نشانگر آن است که:

الف: تعداد ۹ ایکنوجنس تشخیص داده شده است.

ب: ایکنوجنسهای *Skolithos, Arenicolites, Diplocraterion* نشانگر ایکنورخساره اسکولیتوس بوده و ایکنوفسیلهای *Planolites, Palaeophycus, Cochlichnus*, *Rhizocorallium, Chondrites Neonerites,* نشاندهنده ایکنورخساره کروزیانا هستند.

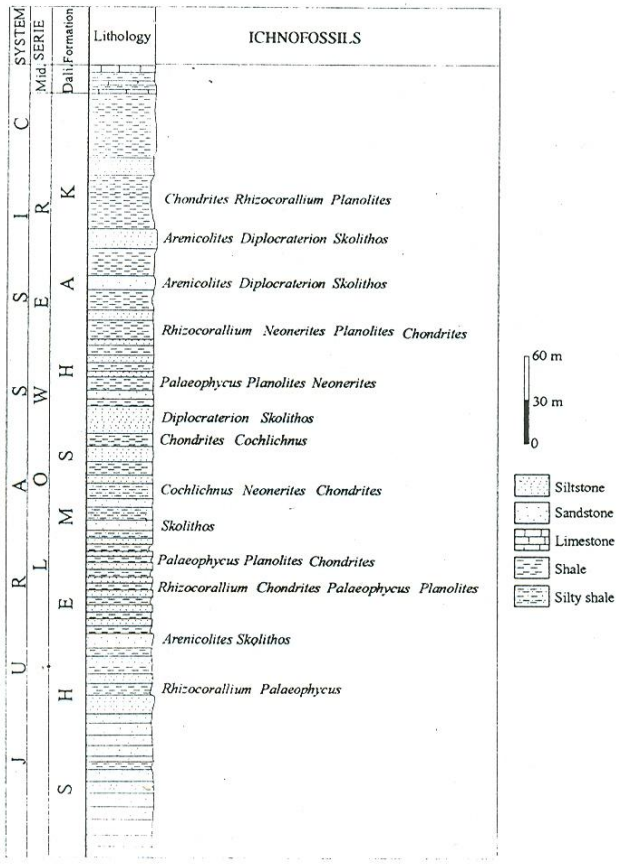
ج: ایکنورخساره اسکولیتوس نشانگر شرایط پرانرژی‌تر و کف بستر سیلتی یا ماسه‌ای بوده در صورتی که ایکنورخساره کروزیانا در شرایط کم‌انرژی‌تر و کف بستر گلی تشکیل گردیده است.

د: شواهد رسوبی و مطالعه ایکنورخساره‌ها حاکی از آن است که رسوبات بخش بالای سازند شمشک در محیط دلتایی-ساحلی ته نشست پیدا کرده‌اند.

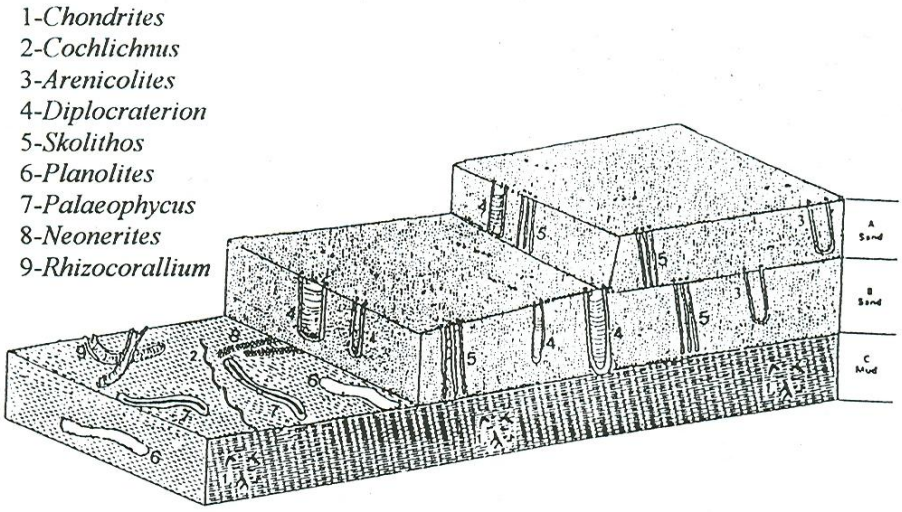


شکل ۱- راههای دستیابی به منطقه مورد مطالعه

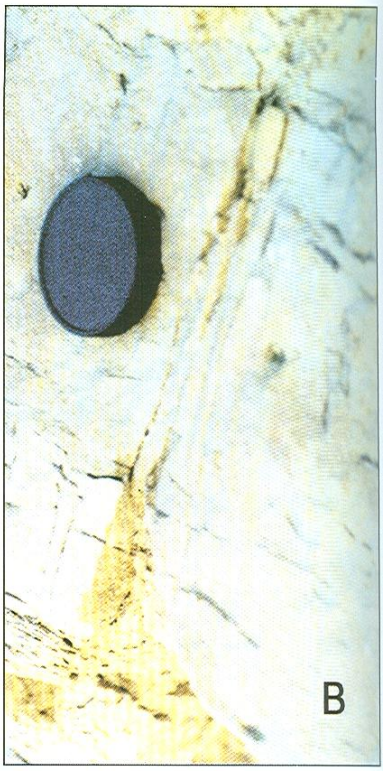
◆ مقطع مورد مطالعه

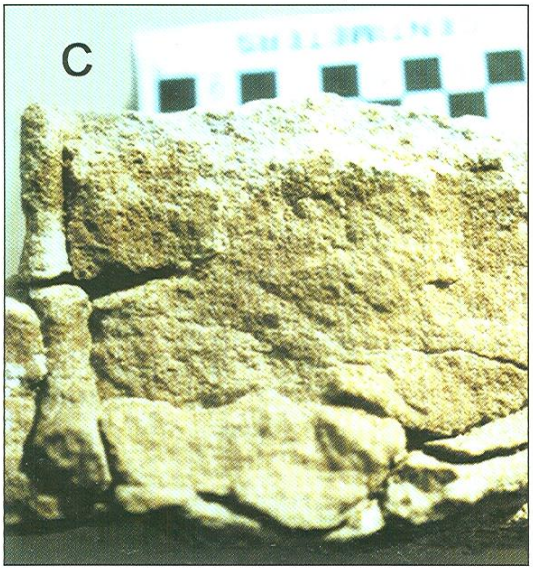


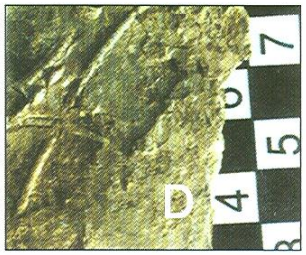
شکل ۲- ستون چینه شناسی و توزیع ایکنوفسیلهای رسوبات بخش بالایی سازند شمشک در ناحیه طرزه



شکل ۳- تجمعی از ایکنوفسیلها که سبب تشکیل دو ایکنورخساره اسکولیتوس و کروزیانا گردیده اند . ایکنورخساره اسکولیتوس در رسوبات پر انرژی ماسه سنگی مشاهده می شود. ایکنورخساره کروزیانا در رسوبات کم انرژی شیلی وجود دارد.







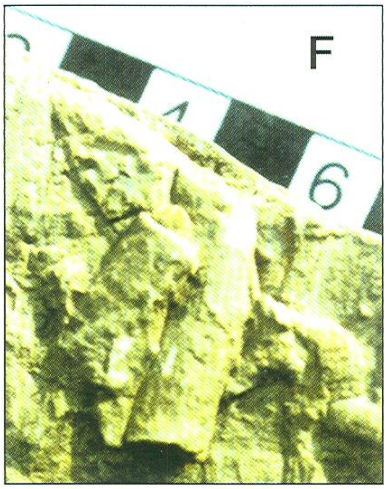


PLATE 1

A: *Cochlichnus* ichnosp. در قاعده لایه سیلتستونی به صورت هیپوایکنیال برجسته می باشد.

B: *Skolithos* ichnosp. درون لایه ماسه سنگی، نمای طولی مشاهده می شود.

C: *Arenicolites* ichnosp. درون لایه ماسه سنگی، نمای طولی مشاهده می شود.

D: *Planolites* ichnosp. در قاعده لایه سیلتستونی به صورت هیپوایکنیال برجسته می باشد.

E: *Neonerites biserialis*

F: *Palaeophycus* ichnosp در قاعده لایه سیلتستونی به صورت هیپوایکنیال مشاهده می شود.

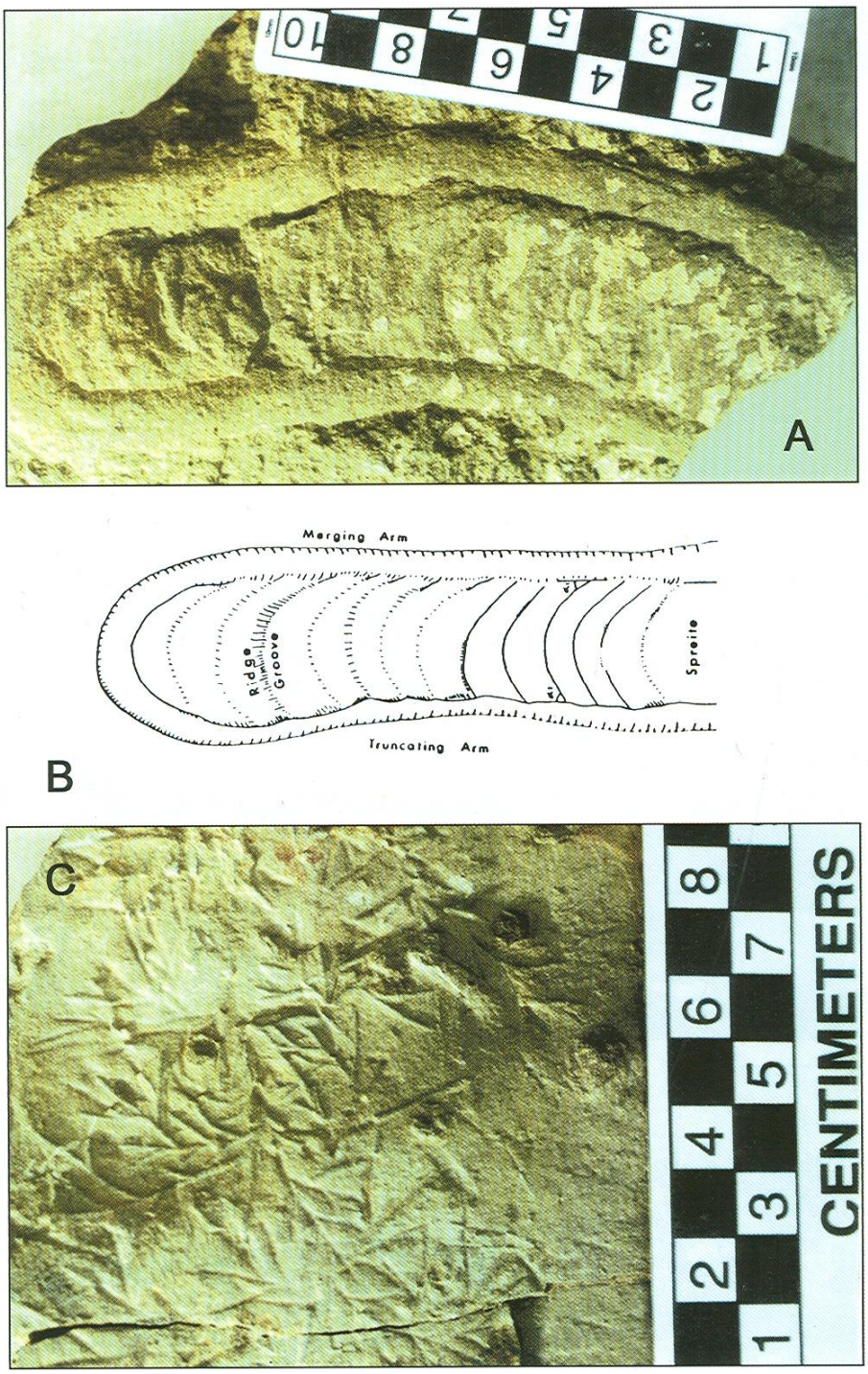


PLATE 2

A, B: *Rhizocorallium* ichnosp. (B: after Basan and Scott, 1979). نمونه (A) در قاعده لایه سیلتستونی به صورت هیپوایکنیال برجسته مشاهده می‌شود.

C: *Chondrites* ichnosp.

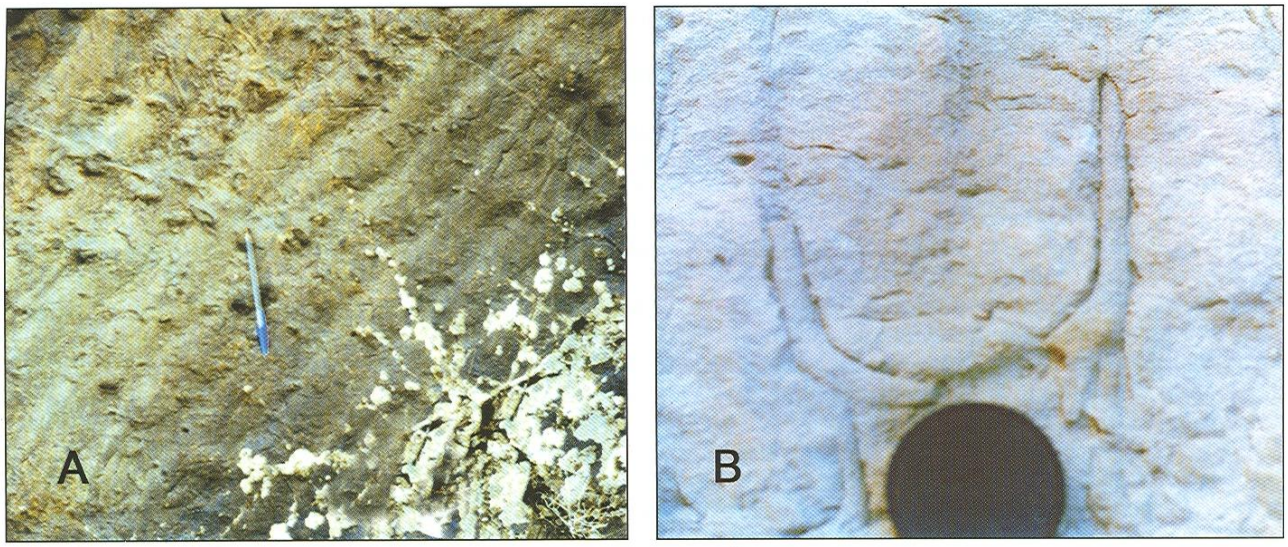


PLATE 3

A :Ripple mark

B: *Diplocraterion* ichnosp. درون لایه ماسه سنگی، نمای طولی مشاهده می شود.

کتابنگاری

آقا نباتی ، ع. ۱۳۷۷ – چینه شناسی ژوراسیک ایران–۱ سازمان زمین شناسی کشور کتاب شماره۶۵، ۳۵۵ ص.

شرکت زغالسنگ البرز شرقی ۱۳۵۴، نتایج تحقیقات اکتشافی منطقه پشکلات، جلد ۲،۱.

شفیعی، ۱. ۱۳۷۰– مطالعه لیتواستراتیگرافی و محیط رسوبی سازند شمشک در ناحیه امامزاده هاشم، پایان نامه فوق لیسانس، دانشگاه تربیت معلم، ۱۸۰ص.

Reference

Alavi, M., 1996- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Northern Iran,*Tectonophysics*, 21 (1), p.1-33.

Assereto, R., 1967, The geology of the upper Djadjerud and Lar valleys (North Iran);Stratigraphy and tectonics, Riv. Ital. Paleont, Strat. Met. Milano.

Basan, P. B., and Scott, R.W., 1979, Morphology of *Rhizocorallium* and associated trace from the Lower Cretaceous Purgatoire Formation, Colorado, *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, Elsivier Scientific Publishing Company, Amesterdam, 28**,** p. 5-23.

Bromley, R. G. and Asgaard, U., 1979, Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, 28**,** p. 39-80.

Bromley, R. G. and Ekdale, A. A., 1984, *Chondrites*: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. *Science*, 224, p. 872-874.

Bromley, R. G., 1996, Trace fossils: biology and taphonomy. Unwin Hyman, London, 280 p.

Buckman, J. O., 1992, Palaeoenvironment of a Lower Carboniferous sandstone succession northwest Ireland: ichnological and sedimentolodgical studies, In: Parnell, J. (ed), *Basins on the Atlantic Seaboard: Petroleum Sedimentology and Basin Evolution, Geological Society of London Special Publications*, 62, p. 217-41.

Clifton, H. E. and Thompson, j. k., 1978, *Macaronichnus segregatis*: a feeding structure of shallow marine polychaetes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48, p. 1293-301.

Coleman. I. M., 1976, Deltas proscesses of Deposition and models for Exploration. 2nd ed., IHROC, Boston, 124p.

Cornish. F. G., 1987, The trace-fossil *Diplocraterion*; evidence of animal-sediment interactions in Cambrian tidal deposits. *Palaios*, 1**,** p. 333-337.

Crimes, T. P., 1977, Trace fossils of an Eocene deep-sea fan, northern Spain, In: . Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds), *Trace Fossils* 2, *Geological Journal* , *Special Issues*, 9**,** p. 71-90.

Crimes, T. P. and Germs, G. J. B., 1982, Trace fossils from the Nama Group (Precambrian-Cambrian) of Southwest Africa (Namibia). *Journal of Paleontology*, 56, p. 890-907.

Crimes, T. P., 1970, The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy, and paleoecology, with examples from Lower Paleozoic strata. In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds.), *Trace Fossils*. *Geological Journal*, *Special Issue* 3, p.101-126.

Crimes, T. P., Legg. I., Marcos, A. and Arboleya, M., 1977, ? Late Precambrain- Lower Cambrian trace fossils from Spain. In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds), Trace Fossils 2. *Geological Journal Special Isue*, 9, Seel House Press, Liverpool p. 91- 138.

Eagar, R. M. C., Baines, J. G., Collinson, J. D., Hardy, P. G., Okolo, S. A., and Pollard, J. E., 1985, Trace fossil assemblages and their occurrence in Silesian (Mid-Carboniferous) deltaic sediments of the Central Pennin Basin, England. In: Curran, A (ed), *Biogenic Structures: their use in interpreting depositional environments. SEPM,* 35, p. 99-149.

Ekdale, A. A., Bromley, R.G. and Pemberton, S. G., 1984, Ichnoligy- the ues of trace fossils in sedimentology and stratigrphy. *SEPM Short Course*, 15. 317p.

Fery, R. W. and Pemberton, S. G., 1985, Biogenic structures in outcrops and cores. I. Approaches to ichnology. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 33, p. 72-115.

Frey, R. W. and Howard, J. D., 1980, Physical and biogenic processes in Georgia estuaries, II, Intertidal facies, In: McCann, S. B. (ed), *Sedimentary proceses and animal-sediment relationships in tidal environment: Geol. Assoc. canada, Sh. Course* **1,** p.183-220.

Frey, R. W. and Goldring, R., 1992, Marine event beds and recolonization surfaces as revealed by trace fossil analysis. *Geological Magazine*, 129, p. 325-35.

Frey, R. W. and Howard, J. D., 1990, Trace fossils and depositional sequences in a clastic shelf setting, Upper Certaceous of Utah. *Journal of Paleontology*, 64, p. 803-20.

Frey, R. W. and Seilacher, A., 1980, Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 13, p. 183-207.

Frey, R. W., 1990, Trace fossils and hummocky cross-stratification, Upper Cretaceous of Utah. *Palaios*, 5, p. 203-18.

Frey, R. W. and Pemberton, S. G. and Saunders, T. D., 1990, Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. *Journal of Paleontology*, 64, p. 155-8.

Fürsich, F. T., 1975, Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, 8, p. 151-172.

Goldring, R., 1964, Trace fossils and the sedimentary surface in shallow water marine sediments. *Developments in Sedimentology*, 1, p. 136-43.

Hakes, W. G., 1976, Trace fossils and depositional environments of four clastic units, Upper Pennsylvanian megacyclothems, northeast Kansas: *Univ. Kansas Paleont. Contributions, Art*, 63**,** p.1-46

Haldemann, S. S., 1840, Supplement to number one of "A monograph of the Liminiades, and other freshwater univalve shells of North America", containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera in *Paludina* and *Anculosa* Philadelphia, 3p.

Hall, J., 1847, Natural History of NewYork, Paleontology. Albany, NewYork, 1, 338p.

Hantzschel, W., 1975, Trace fossils and problematica, In: C. Teichert (ed.), *Treatise on invertebrate Paleontology*, W. Geological Society of America and Kansas University Press, Boulder and Lawrence.

Hereford, R., 1977. Deposition of the Tapeats Sandstone (Cambrian) in central Arizona, *Bulletin of the Geological Society of America*, 88, p.199-211.

Hithchcock, E., 1858, Ichnology of New England. A report on the Sandstone of the Connecticut Valley, especially its footprints. Boston: W. White.

Howard, J. D., 1975, The sedimentological significance of trace fossils, In: Frey, R. W. (ed), *the study of trace fossils*: Springer- Verlag, New York, p.131-146.

Howard, J. D. and Frey, R. W., 1975, Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima*, 4, p. 33-103.

Howard, J. D. and Reineck, H. E., 1981, Depositional facies of high-energy beach-to-offshore sequence: comparison with low energy sequence. *American Association of petrolum Geologists*, *Bulletin*, 65, p. 807-30.

Howard, J. D., 1972, Trace fossils as criteria for recognizing ancient shorelines, In: Rigby, J. K., and Hambin, W. K. (eds), *Recognition of ancient sedimentary environments: Soc. Econ. Paleontols. Minerals., Spec. Pub.* \ p. 215-225.

Legg, I. C., 1985, Trace fossils from a Middle Cambrain deltaic sequence, north Spain. In: Curran, H. A. (ed.), Biogenic structures; their use in interpreting depositional environments. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogitsts*, *Special Publication*, **35,** p. 151-166.

Michelau, P., 1956, *Belorhaphe kochi* (Ludwig 1869), Eine Wurmspur im europäischen Karbon; *Geologisch Jahrbuch*, 71, p.
Moussa, M. T., 1970, Nematode fossil trails from the Green River Formation (Eocene) in the Uinta Basinm, *Journal of Paleontology*, 44, p. 304-307.
Nicholson, H. A., 1873, Contributions to the study of the errant annelides of the older Paleozoic rocks. *Royal Society of London Proceeding*, 21, p. 288-290.
Osgood, R. G., 1970, Trace fossils of the Cincinnati area. *Palaeontographica Americana*, 6, p. 281-444.
Pemberton, S. G., and MacEachern, J. A. and Frey, R. W., 1992, Trace fossils facies models: environmental and allostigraphic significance, In: Walker, R. G. and James, N. P. (eds), *Facies Models- Response to Sea Level Change, Geological Association of Canada, Ottawa*, pp. 47-72.
Rad, F. K., 1986, A Jurassic delta in the eastern Alborz, NE Iran: Jour. Petrol. Geol., 9, P. 281-294.
Rodriguez, J. and Gutschick, R. D., 1970, Late Devonian-early Mississippian ichnofossils from western Montana and northern Utah, In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds.), Trace fossils. *Geological Journal, Special Issue*, 3, Seel House Press, Liverpool, p. 407-438.
Ronan, T. E., Miler, M. F. and Farmer, J. D., 1981, Organism- sediment relationships on a modern tidal flat, Bodega Harbor, Calfornia. *Annual Meeting, pacific Section of the SEPM, Field Trip* 3, p. 15-31.
Salter, J. W., 1857, On annelide-burrows and surface marking from the Cambrian rocks of the Longmynd. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 13, p. 199-206.
Seilacher, A., 1967, Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5, p. 413-28.
Silacher, A., 1960, Lebensspuren als Leitofossilien. *Geol. Run.* 49, p. 41-50.
Sternberg, K. M. von, 1833, Versuch einer geognostish-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. *Fleischer, Lepizig, Prague*, 80p.
Torell, O. M., 1870, Petrificata Suecana Formations Cambricae. *Lunds Universitets Arsskrift*, 62, p. 1-14.
Uchman, A., 1991a, 'Shallow water' trace fossil in Paleogene flysch of the southern part of the Magura Nappe, Polish Outer Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 61, p. 61-75.
Uchman, A., 1991b, Diverse tiering patterns in Paleogene flysch trace fossils, Magura Nappe, Carpathian Mountains, Poland. *Ichnos*, 1, p. 287-92.
Uchman, A., 1992a, An opportunistic trace fossil assemblage from the flysch of the Inoceramian beds (Campanian – Palaeocene), Bystrica Zone of the Magura Nappe, Carpathians, Poland. *Cretaceous Research*, 13, p. 539-47.
Zenker, J. C., 1863, Historish-topographiches Taschenbuch von Jena und seiner Umgebung besonders in naturwis-senschaftlicher und medicinischer Beziehung. Wackenhoder, Jena, 338p.

* دانشکده علوم ، دانشگاه اصفهان ، ایران
** دانشگاه شاهرود، ایران

* Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan , Iran
** University of Shahrud, Shahrud, Iran.