نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
زمستان 1389، 3 (2): 99-109

Sedimentary Facies
Winter 2011, 3 (2): 99-109

اثرفسیلهای سازند سرچشمه (آپسین) در برش ناودیس خور (شمال مشهد) و کاربرد آنها در تفسیر شرایط رسوبی

سید محمد علی موسوی زاده[1]، اسداله محبوبی[2*]، رضا موسوی حرمی[3]، محمد حسین محمودی قرایی[4]، مهدی نجفی[2]

1ـ دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

2ـ دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران 2ـ استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

2ـ استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: amahboobi2001@yahoo.com

تاریخ دریافت: 88/2/6 **تاریخ پذیرش**: 89/5/4

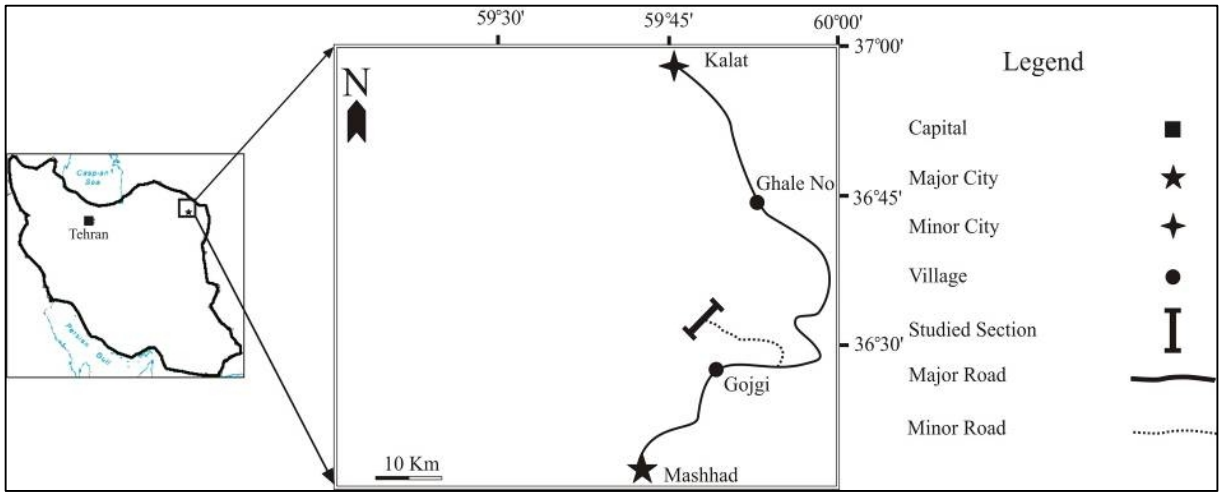
چکیده

سازند سرچشمه به سن آپسین با امتداد شمال باختری ـ جنوب خاوری در ناودیس خور واقع در شمال مشهد (خاور کپه داغ) رخنمون دارد. این سازند در برش مورد مطالعه به طور عمده از شیل، مارن و سنگ آهکهای نازک لایه حاوی اثرات فسیلی تشکیل شده است. مرز پایینی سازند سرچشمه با سازند تیرگان به صورت تدریجی و هم شیب و مرز بالایی آن در هسته ناودیس به صورت فرسایش یافته است. در این مطالعه پنج اثرجنس *Paleodictyon*، *Zoophycos*، *Scolicia*، *Arthrophycus* و *Chondrites* و سه اثرگونه *Paleodictyon maximum*، *Paleodyction strozzi* و *Paleodictyon miocenicum* شناسایی شده است. با توجه به گسترش مکانی اثرفسیلها، شرایط رسوب‌گذاری سازند سرچشمه در این برش به احتمال زیاد در بخش رمپ خارجی (Outer ramp) و مکانی با سطح اکسیژن پایین و با عمق بیشتر بوده است. این شرایط متفاوت از آن چیزی است که قبلاً برای این سازند در این برش تفسیر می‌شد.

واژه‌های کلیدی: اثرفسیل، سازند سرچشمه، آپسین، کپه داغ.

مقدمه

حوضه رسوبی کپه داغ در شمال خاور ایران، شمال افغانستان و بخش وسیعی از ترکمنستان واقع است. این حوضه درون قاره‌ای، پس از بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس و در اثر کوه‌زایی سیمرین پیشین در زمان تریاس میانی تشکیل شده است (روتنر، 1993). سازند سرچشمه یکی از واحدهای چینه شناسی کرتاسه پیشین در این حوضه است که در شمال مشهد نیز رخنمون دارد. برش چینه شناسی مورد مطالعه در ناودیس خور در 50 کیلومتری مشهد، در مسیر جاده مشهد ـ کلات واقع است. منطقه مورد نظر در حد فاصل طولهای جغرافیایی ´45 °59 تا ´00 °60 و عرضهای جغرافیایی "30 °36 تا ´45 °36 قرار دارد (شکل 1). اثرفسیلهای موجود در سازند سرچشمه که با وجود فراوانی زیاد، هنوز به طور دقیق بررسی نشده‌اند، موضوع مورد مطالعه در این پژوهش هستند و هدف از انجام آن، شناسایی این اثرفسیلها و به کارگیری آنها در تفسیر شرایط رسوب‌گذاری سازند سرچشمه در برش ناودیس خور است.



شکل 1: موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه.

اثرفسیلها در مطالعات رسوب شناسی و دیرینه شناسی از اهمیت زیادی برخوردارند و از شاخصهای محیطی مهم هستند (میلر، 2007). اثرفسیلها به طور برجا تشکیل شده و در اکثر موارد چنانچه رسوب دربرگیرنده آنها جابه‌جا شود این آثار از بین می‌روند. این آثار معمولاً در رسوبات فاقد فسیلهای پیکری (Body fossils) و به خصوص در رسوبات آواری از اهمیت بالایی برخوردار هستند (جعفریان و همکاران، 1383). فسیلهای پیکری ممکن است بر اثر عمل دیاژنز از بین بروند، در حالی که اثرفسیلها در طی دیاژنز مشخص‌تر می‌شوند، زیرا اختلاف نوع ذرات رسوبی بین زمینه سنگ و پرشدگی اثرفسیلها باعث وضوح بیشتر آنها می‌گردد (جعفریان و همکاران، 1383).

با توجه به قابلیت اثرفسیلها در تفسیر محیط رسوبی و با توجه به عدم وجود فسیلهای پیکری در مارنهای سازند سرچشمه و مقادیر ناچیز این فسیلها در لایه‌های آهکی، سعی شده است تا با استفاده از اطلاعات موجود اثرفسیلها به همراه اختصاصات سنگ شناسی و رسوب شناسی، ویژگیهای شرایط رسوبی سازند سرچشمه در برش ناودیس خور مورد بررسی قرار گیرد.

روش مطالعه

در این مطالعه سازند سرچشمه در برش یال جنوب باختری ناودیس خور به ضخامت 31 متر اندازه‌گیری و از آن تعداد 25 نمونه اثر فسیل برداشت شد. اثرفسیلهای جمع آوری شده بر اساس ریخت شناسی، تزیینات و همچنین اندازه و ابعاد اجزای مختلف شناسایی شدند (سیلاخر، 2007، میلر، 2007). به دلیل تنوع و حفظ شدگی خوب اثرجنس (Ichnogenus) پالئودیکتیون، این اثرجنس با استفاده از نمودار آچمن (1995) تعیین گونه شده است. در خاتمه نیز از تلفیق داده‌های سنگ شناسی، دیرینه شناسی فسیلهای پیکری و اثرفسیل جهت بازسازی شرایط حوضه در زمان رسوب‌گذاری استفاده شده است.

توصیف اثر فسیلها

در رسوبات سازند سرچشمه در برش ناودیس خور، تعداد پنج اثرجنس *Paleodictyon*، *Zoophycos*، *Scolicia*، *Arthrophycus* و *Chondrites* شناسایی شدند. همچنین بر اساس نمودارهای آچمن (1995) سه گونه پالئودیکتیون شامل *Paleodictyon maximum*، *Paleodictyon strozzii* و *Paleodictyon miocenicum* که همگی دارای شبکه

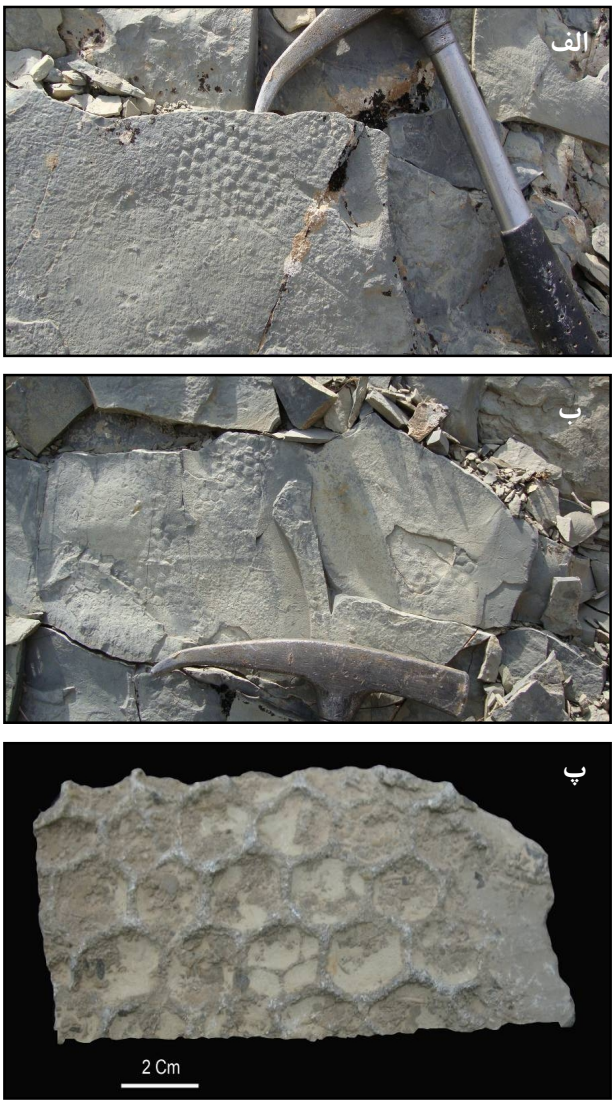
لانه زنبوری هستند و به زیرجنس *Glenodictyon* تعلق دارند، تشخیص داده شدند. ویژگیهای هر یک از این اثرفسیلها به شرح زیر است:

پالئودیکتیون (*Paleodictyon*)

متعلق به گروهی به نام گرافوگلیپتید (*graphogliptids*) است و اولین بار توسط منگینی (1850) توصیف شده است. این اثرفسیلی به وسیله شبکه واضح چند گوشه در سطوح چینه‌بندی مشخص می‌شود و اگر چه از انواع متمایز کننده ایکنوفاسیس نرئیتس (Nereites) متعلق به آبهای عمیق محسوب می‌شود، ولی از رسوبات مناطق کم عمق‌تر نیز گزارش شده است (فورزیش و همکاران، 2007). اعتقاد بر این است که پالئودیکتیون دارای رفتار کشت میکروبی در محل زیست دائمی خود بوده و این رفتار منجر به تشکیل این نوع اثرفسیل شده است (بروملی، 1996؛ سیلاخر، 2007). اثرفسیل پالئودیکتیون فراوانترین اثرفسیل یافت شده در سازند سرچشمه است که به خصوص در بخشهای انتهایی برش به همراه اثرفسیل کندریتس دیده شده است. البته پالئودیکتیون در برش مورد مطالعه به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. سه گونه پالئودیکتیون شناسایی شده بر اساس نسبت بین اندازه حجرات و قطر لوله‌ها به شرح زیرند:

1- ***Paleodictyon strozzi***

گونه *P. Strozz* به صورت اپی‌رلیف بر روی مارنهای خاکستری رنگ تشکیل شده و شبکه‌های (Meshes) آن به صورت برجسته و لوله‌ها (Strings) به صورت فرورفته دیده می‌شوند (شکل 2 الف). اندازه شبکه‌ها بین 4/7 تا 4/85 میلی‌متر و قطر لوله‌ها از 0/9 تا 1/1 میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. بر اثر فرسایش شکل شش گوشه‌ای این آثار تاحدودی از بین رفته و در نگاه اول حالت گرد مانند در آنها به چشم می‌خورد. این گونه در ضخامت 15 متری اولیه همراه با گونه *P. maximum* و نیز در ضخامت 25 متری تا انتهای سازند سرچشمه دیده شده است.



شکل 2: اثر گونه‌های پالئودیکیون (*Paleodictyon*) در سازند سرچشمه؛ الف) *P. miocenicum* ، ب) *P.strozzii*، پ) *P.maximum*.

2- ***Paleodictyon miocenicum***

این گونه نسبت به دو گونه قبلی پالئودیکتیون فراوانی کمتری در سازند سرچشمه دارد. این اثر به صورت اپی‌رلیف در مارنهای خاکستری باقی مانده است. اندازه شبکه‌های آن از 5/15 تا 5/85 میلی‌متر در تغییر است. قطر لوله‌ها 1/1 تا 1/4 میلی‌متر و به صورت فرورفته دیده می‌شوند. دیواره‌های شبکه‌ها در این گونه همانند گونه *P. strozzi* دچار فرسایش شده و حالت گرد مانند به خود گرفته‌اند، اما هنوز هم شش گوشه بودن آنها قابل تشخیص

است (شکل 2 ب). این اثر فسیلی از 25 متری تا انتهای سازند و به همراه جنس *P. strozzi* وجود دارد.

3- *Paleodictyon maximum*

این گونه به صورت شبکه شش گوشه افقی با لوله‌های نیمه گرد دیده می‌شوند که بر روی بستری از سنگ آهک گلی تشکیل شده است. لوله‌ها توسط رسوبات آهکی دانه درشت پر شده‌اند که در واقع نشان دهنده ایجاد آنها به صورت ساختمانهای قبل از رسوب‌گذاری است. حجره‌ها به صورت شش گوشه‌های متقارن هستند. اندازه آنها 13/7 میلی‌متر و اندازه لوله‌ها 2/3-1/9 میلی‌متر اندازه‌گیری شده است (شکل 2 پ). طول یالهای شبکه در شش گوشه‌های متقارن معادل 10/7 میلی‌متر است. این اثر به صورت اپیکنیال و اپی‌رلیف تشکیل شده است. برخی از ردیفهای حجرات در نتیجه تراکم ناشی از فشار از حالت متقارن خارج شده‌اند. این جنس در 15 متری ابتدای سازند سرچشمه یافت شده است.

زوفیکوس (*Zoophycos*)

این نام اولین بار در سال 1855 برای ماکروفسیلهای جلبکی و نه برای اثرفسیلها به کار برده شد (ماسالانگو، 1855). زوفیکوس اثرفسیلی بسیار پیچیده‌ای است و هنوز توافقی درباره تاکسونومی این اثرفسیل وجود ندارد (سیلاخر، 2007). زوفیکوس دارای محدوده زمانی طولانی، از اردوویسین تا عهد حاضر است و از اثرفسیلهای مهم محسوب می‌شود (ساوری و همکاران، 2004؛ سیلاخر، 2007؛ میلر، 2007). این اثرفسیل احتمالاً اثر فعالیت کرمهای غیر متحرک است (الیورو، 2003). ایکنوجنس زوفیکوس در محدوده رخساره اثرفسیلی زوفیکوس قرار می‌گیرد که در عمق سنجی کلی بین رخساره‌های کروزیانا و نرئیتس و در موقعیتهای کم و بیش مرتبط با شیب قاره دیده می‌شود (فری و پمبرتون، 1985). سیستم کلی زوفیکوسهای موجود در سازند سرچشمه دارای طول 9/2 سانتیمتر و عرض 8/3 سانتیمتر است.

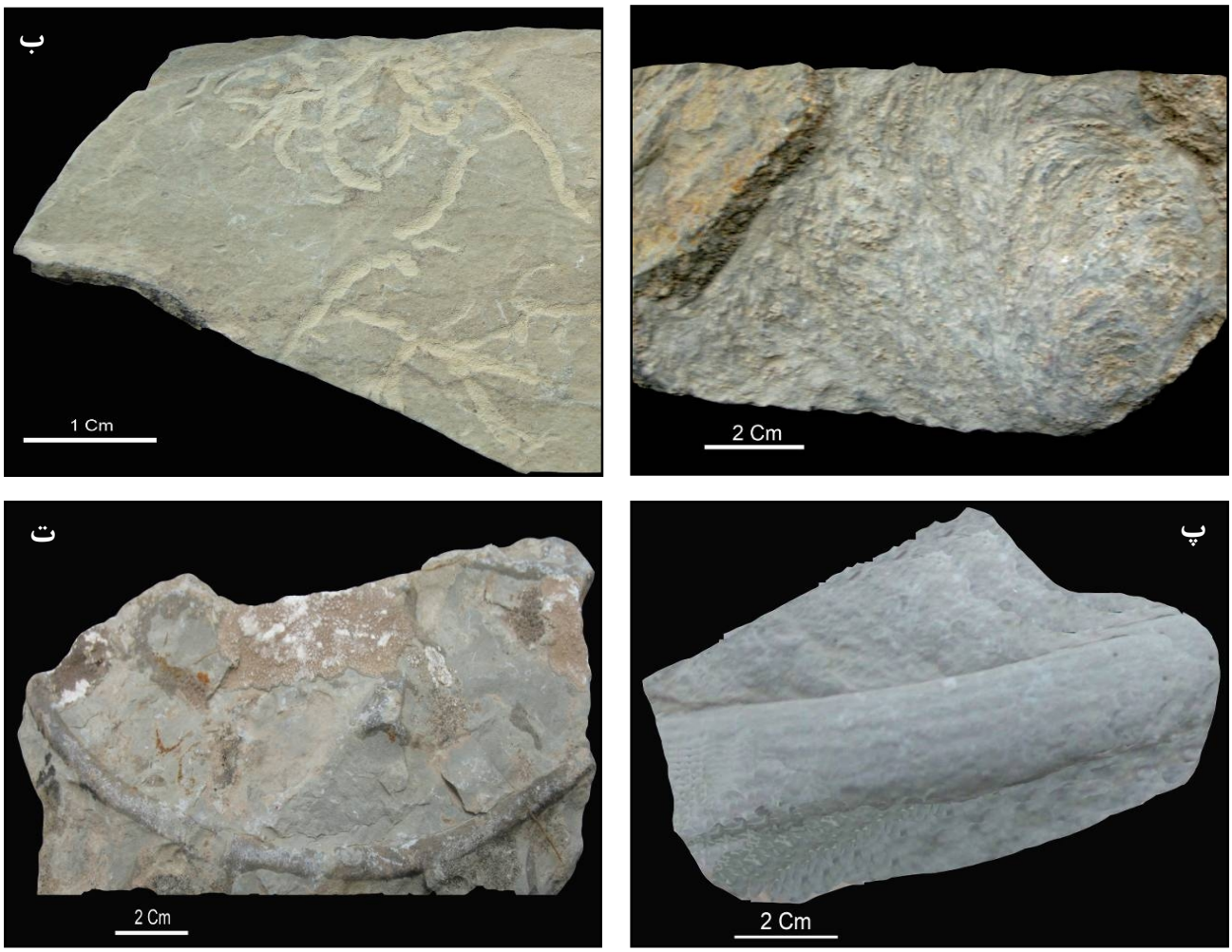
زوفیکوسها دارای لامینه‌های ظریفی هستند که به صورت دسته جارویی آرایش یافته‌اند. اغلب لامینه‌ها کامل نبوده و به صورت منقطع هستند. حداکثر طول لامینه‌ها 8/6 سانتی‌متر و به صورت منحنیهای واگرا هستند. پهنای لامینه‌ها بین 1/9 تا 2/2 میلی‌متر در تغییر است. فاصله بین لامینه‌ها 1/6 تا 2/1 اندازه‌گیری شده است که در محل همگرایی کمتر و با فاصله گرفتن از آن افزایش پیدا می‌کند. در محل همگرایی، لامینه‌ها حالت پیچشی و چرخشی به خود می‌گیرند (شکل 3 الف). این ساخت حالت اپی‌رلیف دارد. لوله حاشیه‌ای آن 3-3/8 میلی‌متر ضخامت دارد که در نقاط مختلف متغییر است. این اثرفسیل در مارنها و در 20 متری ابتدایی توالی سازند سرچشمه در ناحیه مورد مطالعه مشاهده شده است (شکل 4). فراوانی اثرفسیل زوفیکوس در قسمتهای انتهایی برش بیشتر بوده و بیشترین تراکم این اثر فیسل در 20 متر انتهایی برش دیده می‌شود.

کندریتس (*Chondrites*)

کندریتس شامل دهلیزهای افقی تا مایل است که حالت شاخه‌ای را نشان می‌دهند. کندریتس اثر کرمهای رسوب‌خوار سیفون‌دار است. این سیفون در این جانداران نقش تغذیه‌ای دارد. این کرمها دارای خرطوم جمع شدنی هستند که به موجود اجازه می‌دهد بستر حوضه را از یک نقطه ثابت حفر کند. به طور کلی کندریتس دهلیزهای ساده کم عمقی هستند که برای تغذیه در رسوبات با اکسیژن پایین حفر می‌شود (سیمپسون، 1957؛ برواملی، 1996). این اثرجنس در نتیجه فعالیت موجودات همزیست شیمیایی (Chemosymbiotic) ایجاد می‌شود (ناست، 2009).

این اثر فسیلی در سازند سرچشمه به صورت شبکه‌ای از تونلهای انشعابی تشکیل شده‌اند که به موازات سطوح لایه بندی ایجاد شده است. این انشعابات حداکثر 21/5 میلی‌متر طول و 1/6 میلی‌متر قطر دارند. قطر تونلها در سرتاسر طول

آن تقریباً ثابت است. این تونلها هم به صورت مستقیم و هم به صورت انحنایی دیده می‌شوند. زمینه سنگ آهک گلی خاکستری تیره است، به طوری که تونلها با رسوبات دانه ریز و رنگ روشن از زمینه قابل تمایز است. زاویه بین انشعابات 35 تا 70 درجه است (شکل 3 ب). این اثرفسیل در قسمت انتهایی سازند و در فاصله 30 متری از قاعده یافت شده است (شکل 4). این اثرفسیل نسبت به پالئودیکتیون فراوانی کمتری دارد. بیشترین حضور کندریتس در انتهای برش و به همراه اثرفسیل پالئودیکتیون است. عمق نفوذ این اثرفسیل محدود بوده و آشفتگی چندانی ایجاد نکرده است.



شکل3: دیگر اثرفسیلهای سازند سرچشمه؛ الف) *Zoophycos* isp.، ب) *Chondrites* isp.، پ) *Scolicia* isp.، ت) *Arthrophycus* isp. .

اسکولیسیا (*Scolicia*)

اسکولیسیا یک ساختار رسوبی زیست زادی (Biogenic) است که هم در رسوبات منطقه کم عمق و هم در رسوبات منطقه عمیق حضور گسترده دارد (آچمن، 1995). سازندگان اثر فسیلی اسکولیسیا در عهد حاضر با سازندگان آن در پالئوزوئیک متفاوت هستند. احتمالاً خارداران نامنظم *Hemiaster expergitus* از زمان مزوزوئیک ایجاد کننده این اثر بوده‌اند (سیلاخر، 1986؛ فو و ورنر، 2000). شرایط زیست محیطی ایجاد این اثرفسیل مشابه شرایط کندریتس و زوفیکوس است (فو و ورنر، 2000). مطالعه‌ای که توسط فو و ورنر (2000) بر روی رسوبات منطقه شیب قاره صورت گرفته است، نشان می‌دهد که اسکولیسیا به طور عمده در

روی دامنه جنوبی کانالها، جایی که نرخ رسوب‌گذاری بیشتر است ایجاد می‌شود.

اثر فسیل اسکولیسیا در برش مورد مطالعه دارای ابعادی به طول 12/2 سانتی‌متر و قطر 2/3 سانتی‌متر است که به صورت هیپورلیف در شیلها باقی مانده است. سه شیار طولی در سرتاسر طول اثر دیده می‌شود. لبه‌های این اثرفسیل در یک سمت کاملاً صاف و بدون موج بوده ولی در طرف دیگر یکنواخت نیست. در یک سمت تونل، سطوح عمیق‌تر اثر نیز دیده می‌شود که دارای تزئینات ظریف‌تر و بیشتری است. پهنای شیارهای اصلی 4/3 میلی‌متر و فاصله بین شیارها 2/2 میلی‌متر است. این اثر به صورت یک تونل مستقیم و فاقد پیچش است که البته مقدار کمی انحنا در طول آن دیده می‌شود (شکل 3 پ). این اثر فسیلی بیشتر در 8 تا 10 متری قاعده سازند سرچشمه یافت شد (شکل 4). فراوانی اثرفسیل اسکولیسیا به طرف انتهای برش کاهش می‌یابد و بیشترین حضور این اثرفسیل در ضخامت 10 متری قاعده برش است. البته در قسمت انتهایی برش این اثرفسیل به صورت انگشت شمار نیز دیده می‌شود.

آشفتگی زیستی با عمق زیاد در رسوبات توسط جانوران مهمترین عامل تخریب اثر فسیلی اسکولیسیا است. بهترین شرایط برای حفظ این اثر فسیلی، حفاری اثرساز اسکولیسیا در فصل مشترک رسوبات ماسه ـ سیلت/گل است (فو و ورنر، 2000).

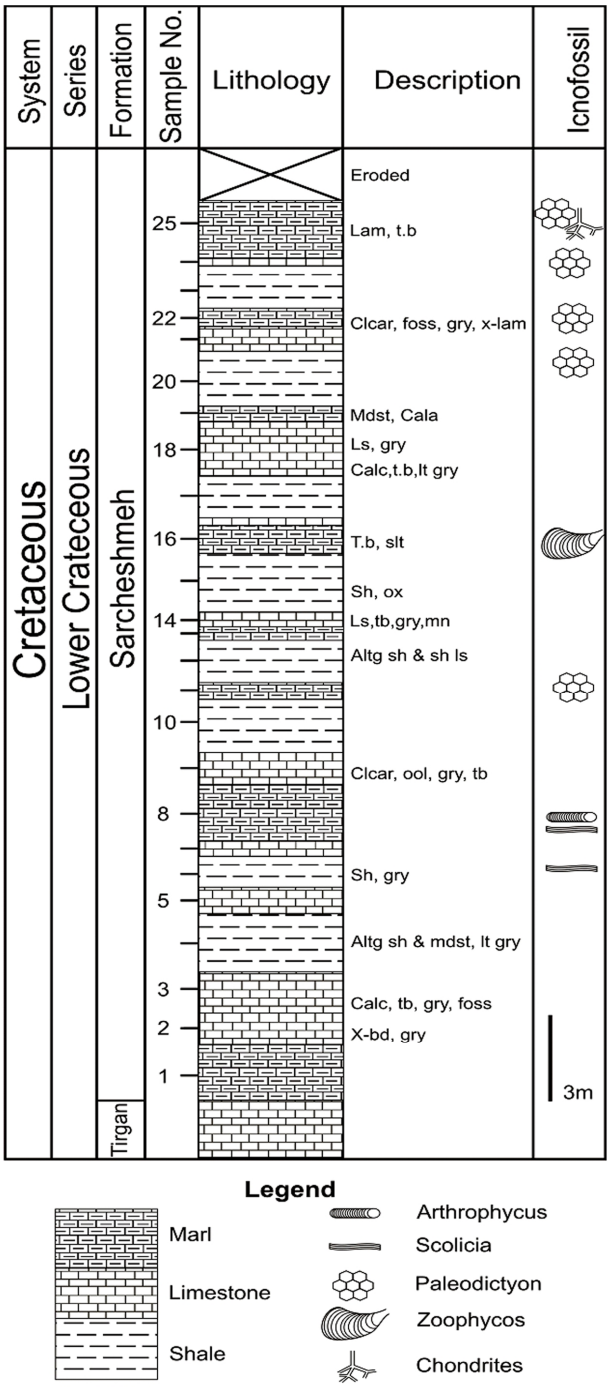
آرتروفیکوس *Arthrophycus*

این اثر فسیلی به گروهی از کرمها به نام کرمهای بی‌خانمان (Homeless Worm) نسبت داده می‌شود، زیرا از لحاظ تاکسونومی اثرسازان آرتروفیکوس به رده‌های خاصی وابسته نیستند (سیلاخر، 2007). این آثار دارای اشکال و تزیینات ظریف و برجسته‌ای بوده و از حفظ شدگی خوبی برخوردارند. آرتروفیکوسها دارای یک دسته ساختمانهای پس‌ریزی عرضی هستند که انتهای تونل در آنها مسدود است، البته اسپریتهای آنها با آثار U شکل که در ریزوکورالیوم (*Rhizocorallium*) و دیپلوکراتریون (*Diplocraterion*) وجود دارد، متفاوت است. برای انطباق گندوانا در اردوویسین و سیلورین، از این اثر فسیلی استفاده شده است (سیلاخر، 2007). انواع آرتروفیسیدها تنوعی را نشان می‌دهند که می‌توانند به عنوان اثرفسیل راهنما در مناطق فاقد فسیلهای پیکری مورد استفاده قرار گیرند (سیلاخر، 2007).

آرتروفیکوسهای سازند سرچشمه به صورت لوله‌ای شکل باقی مانده‌اند. این لوله به صورت مستقیم و بدون پیچش است که دارای یک انحنای کلی بوده و شبیه به قسمتی از کمان یک دایره است. قطر لوله 6/3 میلی‌متر و طول آن 16/3 سانتی‌متر است. تنها در یک قسمت از کمان یک انشعاب دیده می‌شود که به لوله مجاور وصل شده است. قطر لوله در سرتاسر طول آن تقریباً ثابت است. این لوله به صورت افقی است که البته میزان ناچیزی پیچش در طول آن دیده می‌شود (شکل 3 ت). آرتروفیکوس به همراه اسکولیسیا در قسمت ابتدایی و در فاصله 10 متری قاعده سازند مشاهده شده است (شکل 4). این اثرفسیل کمترین فراوانی را در برش مورد مطالعه دارد و تنها به همراه اثرفسیل اسکولیسیا در قسمت ابتدایی برش و به صورت محدود دیده شد.

بحث

به طور کلی اثرفسیلهای موجود در سازند سرچشمه از تنوع زیادی برخوردار نیستند. کرایمس (1974) تعداد کل ایکنوتاکساها را برای دوره‌های زمین شناسی به دست آورده و یک افزایش تنوع در طی فانروزوئیک را نشان داده است به طوری که اثرفسیلها با فراوانی و افزایش تنوع از کرتاسه تا پالئوژن همراه هستند.



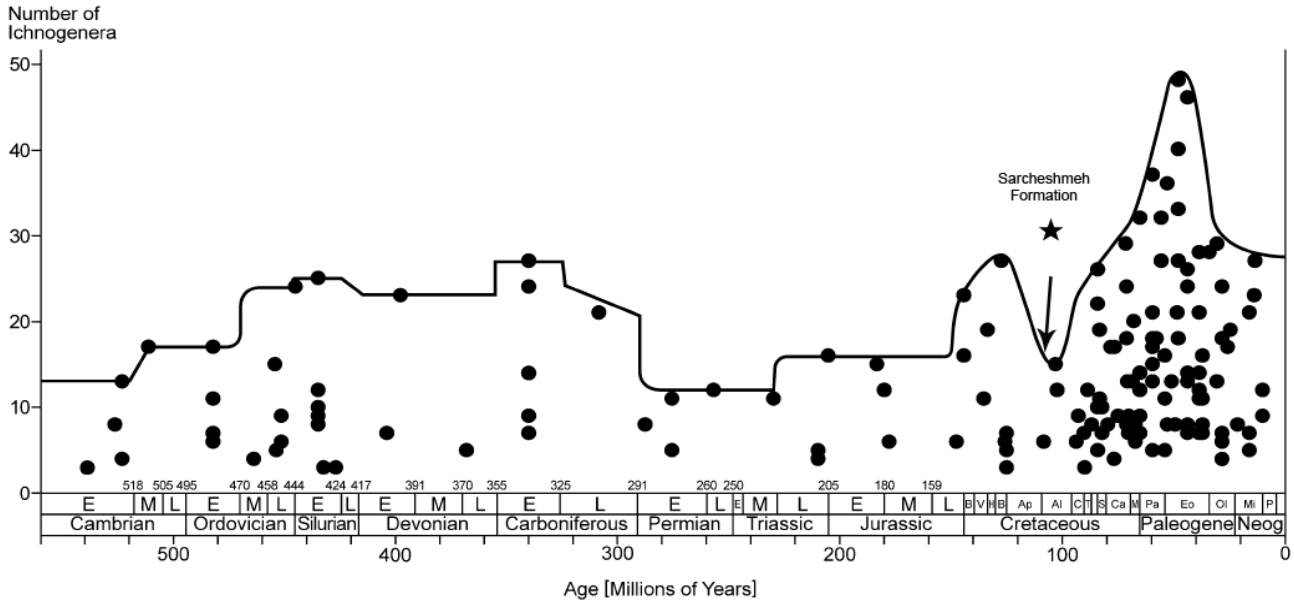
شکل 4: ستون چینه شناسی سازند سرچشمه در ناودیس خور همراه با محل آثار فسیل یافت شده، علائم توصیف سنگ شناسی شامل:

Altg: Alternating, x-bd: Cross bedded, x-l: Cross laminated, Calcar: Calcarenite, Calc: Calcareous, Foss: Fossiliferous, Gry: Gray, Lam: lamination, Lt: Light, Ls: Limestone, Mn: Manganiferous, Mdst: Mmudstone, Ool: Oolitic, Sh: Shale, Slt: Silty, T.b: Thin-bedded.

آچمن (2004) مقادیر دقیق تنوع اثرفسیلی دریایی عمیق را ارائه کرده است. وی در این بررسی، بیشینه تنوع اثرفسیلها را در طول کربنیفر پیشین برای پالئوزوئیک و در کرتاسه پیشین برای مزوزوئیک به دست آورده که بعد از یک کمینه مرحله‌ای کوتاه مدت در آلبین روند رو به افزایش آن تا ائوسن دنبال می‌شود (شکل 5). از آن جایی که سن سازند سرچشمه در شرق حوضه رسوبی کپه داغ (شکل 6) آپسین پسین است (رئیس‌السادات، 2004)، بنابراین تنوع آثار فسیلی در بخشهای ابتدایی آن منطبق با داده‌هایی است که آچمن (2004) ارائه کرده است (شکل 5). همچنین نوروزی و همکاران (1387) نیز اثر فسیل پالئودیکتیون سازند سرچشمه در برش رادکان واقع در ناودیس غروق در 8 کیلومتری شمال رادکان را در 50 تا 70 متر بخشهای ابتدایی سازند سرچشمه شناسایی و گزارش نموده‌اند.

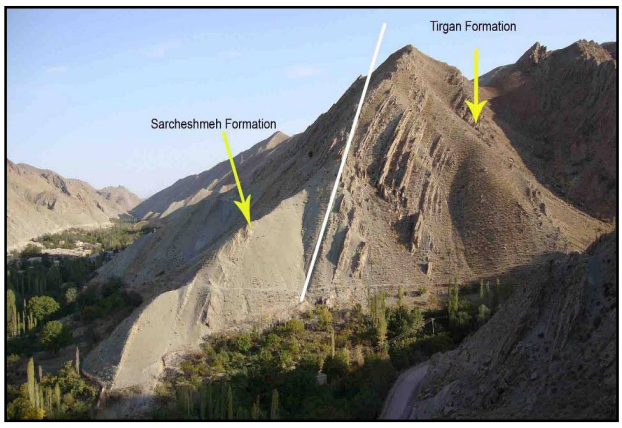
در بارمین پیشین، بالا آمدن سطح آب دریا در مقیاس جهانی زمینه پیش‌روی وسیع دریا را در سطح خشکیها فراهم کرده است (هک و همکاران، 1987). این بالا آمدن سطح دریا در منطقه کپه داغ باعث نهشته شدن رسوبات کربناته اُالیتی و بیوکلاستی سازند تیرگان در محیط کم عمق دریایی گردیده است. پیش‌روی از شمال باختری حوضه رسوبی کپه داغ شروع و به سمت جنوب خاوری آن ادامه داشته است (افشارحرب، 1373). پس از آن سازند سرچشمه در محیطی آرامتر و با فرونشینی بیشتر نهشته شده است. در طی بارمین - آپسین پسین سطح آب دریا بیشتر بالا آمده و حوضه عمیق‌تر شده است (رئیس‌السادات و موسوی حرمی، 2000). الگوی کلی روی هم چینی سازندها در حوضه کپه داغ، پیش‌روی آب را در اواخر کرتاسه پیشین و اوایل کرتاسه پسین در حوضه تأیید می‌کند و تبدیل محیط از رودخانه‌ای (سازند شوریجه) (موسوی حرمی و برنر، 1990 و 1992) به یک پلاتفرم کربناته (سازند تیرگان) (ریوندی و همکاران، 1386؛ موسوی زاده و همکاران، 1387) و پس از آن مناطق عمیق‌تر (سازندهای سرچشمه و سنگانه) (رئیس‌السادات و موسوی حرمی، 2000) نشان دهنده همخوانی با بالاآمدگی

جهانی سطح آبها در این زمان (هک و همکاران، 1987) است. با توجه به این روند، امکان تشکیل سازند سرچشمه در محیطهای عمیق‌تر نسبت به سازند تیرگان و در محدوده رمپ خارجی (Outer ramp) و حتی عمیق‌تر وجود دارد.



شکل 5: نمودار تغییرات تنوع اثرفسیلها در طول زمان زمین شناسی (آچمن، 2004) و موقعیت سنی سازند سرچشمه در این نمودار.

از نظر سنگ شناسی، قسمت زیادی از سازند سرچشمه را شیل و مارن تشکیل می‌دهند (شکل 4). براساس مطالعه ریوندی (1386)، سازند سرچشمه در برش ناودیس خور شامل رخساره‌های گرینستون اُائیدی و بیوکلاستی نهشته شده در مناطق پرانرژی و رخساره‌های پکستونی بریوزوئری و اکینودرمی تشکیل شده در محیطهای کم انرژی دریای باز است. علاوه بر این شیل و مارنهای این سازند با توجه به عدم حضور فسیل پیکری به محیطهای ساحلی نسبت داده شده‌اند. این تفسیر با توجه به وجود اثرفسیلهایی نظیر زئوفیکوس، پالئودیکتیون و کندریتس در این رسوبات که به محیطهای عمیق‌تر و شرایط فاقد اکسیژن تعلق دارند (میلر، 2007؛ سیلاخر، 2007)، بعید به نظر می‌رسد. همچنین نوروزی (1387) نیز به دلیل عدم وجود فسیلهای پیکری در شیل و مارنهای این سازند و همچنین وجود پولکهایی از ژیپس، تشکیل این رسوبات را در محیط کم عمق ساحلی تفسیر کرده است در حالی که برش مورد مطالعه وی نیز اثرفسیل پالئودیکتیون گزارش شده است (نوروزی و همکاران، 1387).



شکل 6: رخنمون سازندهای سرچشمه و تیرگان در ناودیس خور

همان طور که قبلاً اشاره شد زوفیکوسهای محیطهای کم عمق مربوط به زمان پالئوزوئیک هستند و نمونه‌های مربوط به مزوزوئیک تنها در محیطهای عمیق و عمدتاً در شیب قاره یافت شده‌اند (سیلاخر، 1986؛ چمبرلاین، 2000؛ الیورو، 2003). جنسهای پالئودیکتیون و کندریتس مربوط به

جانداران با فعالیت کشت میکروبی در محیطهای با سطح اکسیژن پایین و میزان مواد غذایی بالا هستند (برواملی، 1996؛ ناست، 2004؛ سیلاخر، 2007). این شرایط معمولاً با محیطهای نسبتاً عمیق و دور از دسترس اکسیژن همخوانی دارد. اگر چه این شرایط در محیطهای کم عمق نیز ممکن است به صورت موقتی ایجاد شود ولی با توجه به وجود گونه *P. maximum* که شاخص محیط عمیق است (سیلاخر، 2007)، این احتمال کمتر است. از طرفی مناطق کم عمق غالباً دارای مقدار بالای اکسیژن هستند و ایجاد شرایطی که منجر به رفتارهای کشت میکروبی همانند پالئودیکتیون و کندریتس شود، نیازمند کاهش شدید میزان اکسیژن در محیط است که شواهدی مبنی بر چنین شرایطی در سازند سرچشمه مشاهده نمی‌شود. بر اساس نمودار مربوط به بازه عمق سنجی برخی از اثرفسیلهای شاخص، امکان وجود پالئودیکتیون در عمق کمتر از 200 متر غیر معمول و حضور غالب این اثر فسیلی از عمق 600 متری تا اعماق 2600 متر است (ژانگ و همکاران، 2008). همچنین در مورد پالئودیکتیون باید اشاره کرد که حفظ شدگی این اثرفسیل در رسوبات مناطق کم عمق‌تر، مستلزم وجود شرایطی نظیر جریانهای طوفانی یا توربیدایتهای دلتایی است (فورزیش و همکاران، 2007) که هیچ گونه شواهدی از این رویدادها در سازند سرچشمه گزارش یا مشاهده نشده است. اثرفسیل اسکولیسیا که به خارداران نامنظم (Exocyclic) مربوط می شود و به محیطهای عمیق تعلق دارد (فو و ورنر، 2000) نیز در سنگ آهکهای رسی سازند سرچشمه دیده می‌شوند و همان طور که اشاره شد موجودات سازنده این اثر در مزوزوئیک فقط در محیطهای عمیق زیست می‌کرده‌اند (چوماچنکو و آچمن، 2001). از لحاظ شرایط زیستی نیز این اثرجنس شرایط مشابه کندریتس، پلانولیتس و زوفیکوس دارد (فو و ورنر، 2000). با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط سیلاخر (2007)، اثرفسیلهای موجود در این برش به رخساره زوفیکوس تعلق دارد. البته با در نظر گرفتن بازه حضور ایکنوجنس پالئودیکتیون بین رخساره زوفیکوس و کروزیانا این مجموعه را می‌توان متعلق به قسمتهای انتهایی رخساره کروزیانا (Distal *Cruziana*) دانست.

نتیجه گیری

در سازند سرچشمه پنج اثرجنس *Paleodictyon*، *Zoophycos*، *Scolicia*، *Arthrophycus* و *Chondrites* و سه گونه *Paleodictyon maximum*، *Paleodictyon strozzi* و *Paleodictyon miocenicum* شناسایی شدند که هر سه گونه به زیراثرجنس (Subichnogenus) گلنودیکتیون (*Glenodictyon*) تعلق دارند. از آن جا که بیشتر این آثار فسیل متعلق به بخش خارجی رمپ و شرایط با اکسیژن پایین هستند، به احتمال زیاد رسوبات دانه ریز این سازند برخلاف تفسیرهای گذشته در محیطهای عمیق‌تر برجای گذاشته شده است.

تشکر و قدر دانی

در پایان از همکاری پروفسور سیلاخر عضو مؤسسه علوم زمین توبینگن (Tubingen) آلمان به خاطر تأیید اثرفسیلهای شناسایی شده سپاسگزاری می‌شود.

منابع

افشارحرب، ع.، 1373. زمین شناسی کپه داغ. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور*، 275 ص.

جعفریان، م.ع.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع.، 1383. بی مهرگان (سنگواره). *انتشارات دانشگاه اصفهان*، 356 ص.

ریوندی، ب.، 1386. چینه نگاری زیستی و سکانسی سازندهای تیرگان و سرچشمه در ناودیس خور (شمال شرق مشهد). *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*، 162 ص.

ریوندی، ب.، نجفی، م.، موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، وحیدی‌نیا، م.، موسوی‌زاده، م.، 1386. چینه نگاری زیستی و سکانسی سازند تیرگان در ناودیس خور در شمال شرق مشهد. *یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران*، صص: 1620-1613.

موسوی زاده، م.، محبوبی، ا.، موسوی حرمی، ر.، نجفی، م.، 1387. رخساره‌های رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند تیرگان در برشهای جوزک و چمن بید در غرب حوضه رسوبی کپه داغ و انطباق با نواحی شرق حوضه. *مجله پژوهشی علوم پایه، دانشگاه اصفهان*، 32 (3): 65-33.

نوروزی، ز.، محمودی قرائی، م.ح.، محبوبی، ا.، موسوی حرمی، ر.، کباری، ر.، 1387. شناسایی ایکنوفسیل پالئودیکتیون در رسوبات سازند سرچشمه منطقه کپه داغ. *دومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران*. ص 176.

نوروزی، ز.، 1387. بررسی تاریخچه رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری سازند سرچشمه در بخش مرکزی حوضه رسوبی کپه داغ (منطقه چناران). *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*، 187ص.

Bromley, R.G., 1996. Trace Fossils: Biology, Taphonomy and Applications. Second Edition, *Chapman and Hall*, London, 361 p.

Chamberlain, C.K., 2000. Prologue to the study of Zoophycos. *Ichnol. Newsl.*, 22: 13-23.

Crimes, T.P., 1974. Colonization of the early ocean floor. *Nature*, 248: 328–330.

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

Fu, S., & Werner, F., 2000. Distribution, ecology and taphonomy of the organism trace, Scolicia, in northeast Atlantic deep-sea sediments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 156: 289–300.

Fürsich, F.T., Taheri, J., & Wilmsen, M., 2007. New occurrence of the trace fossil paleodictyon in shallow marine environments: example from the Triassic-Jurassic of Iran. *Palaios*, 22 (4): 408-416.

Haq, .B.U., Hrdenbol, J., & Vial, R., 1987. Chronology of fluctuating sea level. *Science*, 235: 1156-1167.

Knaust, D., 2004. The oldest Mesozoic nearshore *Zoophycos*: evidence from the German Triassic. *Lethaia*, 37: 297-306.

Knaust, D., 2009. Characterisation of a Campanian deep-sea fan system in the Norwegian Sea by means of ichnofabrics. *Marine and Petroleum Geology*, 26: 1199–1211.

Massalongo, A., 1855. Zoophycos, novum genus Plantorum fossilium, Typis Antonellianis. *Veronae*: 45–52.

Menghini, G.G., 1850, *In*: Savi, P. & Menghini, G.G., (Eds.), Osservazioni stratigrafische e paleontologische concernanti la geologia della Toscana e dei paesi limitrofi. Appendix in: Murchison, R.I. (Ed.), *Memoria sulla struttura geologica delle Alpi degli Apennini e dei Carpazi. Stemparia granucale, Firenze*: 246–528.

Miller, W., 2007. Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects. *Elsevier*, 611p.

Moussavi-Harami, R., & Brenner, R.L., 1990. Lower Cretaceous (Neocomian) fluvial deposition eastern Kopet-Dagh Basin, Northeastern Iran. *Cretaceous Research*, 11: 163-174.

Moussavi-Harami, R., & Brenner, R.L., 1992. Geohistory analysis and petroleum reservoir characteristics of Lower Cretaceous (Neocomian) Sandstones, Eastern Kopet-Dagh Basin, Northeastern Iran. *American Association Petroleum Geology Bulletin*, 76: 1200-1208.

Olivero, D., 2003. Early Jurassic to Late Cretaceous evolution of Zoophycos in the French Subalpine Basin (southeastern France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 192: 59-78.

Raisossadat, S.N., 2004. The ammonite family Deshayestidae in the Kopet Dagh Basin, north-east, Iran. *Cretaceous Research*, 25: 115-136.

Raisossadat, S.N. & Moussavi-Harami, R., 2000. Lithostratigraphic and facies analyses of the Sarcheshmeh Formation (Lower Cretaceous) in the eastern Kopet Dagh Basin, NE Iran. *Cretaceous Research*, 21 (4): 507-516.

Ruttner, A.W., 1993. Southern borderland of Triassic Laurasia in northeast Iran. *Geol. Rund.*, 82: 110-120.

Savary, B., Olivero, D., & Gaillard, C., 2004. Calciturbidite dynamics and endobenthic colonisation: example from a Late Barremian (Early Cretaceous) succession in southeastern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211: 221–239.

Seilacher, A., 1986. Evolution of behavior as expressed in marine trace fossils. *In:* Nitecki, M.H., & Kitchell, J.A., (Eds.), Evolution of Animal Behavior. *Oxford University Press*, New York: 62–87.

Seilacher, A., 2007. Trace Fossil Analysis. *Springer-Verlag*, Berlin, 226 p.

Simpson, S., 1957. On the trace-fossil Chondirites. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 112: 475-499.

Tchoumatchenco, P., & Uchman, A., 2001. The oldest deep-sea Ophiomorpha and Scolicia and associated trace fossils from the Upper Jurassic - Lower Cretaceous deep-water turbidite deposits of SW Bulgaria. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 169 (1-2): 85-99.

Uchman, A., 1995. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: The Marnoso- arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Appenines, Italy). *Beringeria*, 15: 1–114.

Uchman, A., 2004. Phanerozoic history of deep-sea trace fossils, *In:* McIlroy, D., (ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphical Analysis. *Geological Society of London, Special Publication*, 228: 125–139.

Zhang, X., Shi, G.R., & Gong, Y., 2008. Middle Jurassic trace fossils from the Ridang Formation in Sajia County, South Tibet and their palaeoenvironmental significance. *Facies*, 54: 45-60.