



مقاله پژوهشی

اولین گزارش شکم‌پای اردویسین میانی از کوه‌های البرز، شمال ایران

منصوره قبادی‌پور*^۱ و علیرضا نگاری جوکندان^۲

۱- دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶

*مسئول مکاتبات: منصوره قبادی‌پور، mghobadipour@yahoo.co.uk

چکیده

شکم‌پای ائومفالوئید (euomphaloid) به نام *Lesueurilla prima* (Barrande in Perner) برای اولین بار از اردویسین میانی (Darriwilian) سازند لشکرک در البرز شرقی، شمال ایران گزارش می‌شود. این شکم‌پا با پیچش تقریباً پلان‌اسپیرال هیپراستروفیک از لایه‌های آرژیلیت قرمز متمایل به قهوه‌ای با چند لایه سنگ‌آهن ائولیتی پاره‌سازند حاجی‌آباد از برش ده‌ملا واقع در غرب شهر شاهرود جمع‌آوری و مورد مطالعه قرار گرفت. این اولین گزارش از حضور هم‌زمان شکم‌پای *Lesueurilla prima* با بازوپایان زیبای *Saucrorthis* است که به همراه تریلوبیت‌ها تعلق این شکم‌پا را به زمان داریویلین پشتیبانی می‌کند. این گونه که جزئی از زیبای آب سرد مدیترانه‌ای محسوب می‌شود، پیش از این از سنگ‌های فلوئین و داریویلین ایران مرکزی، حوضه‌ی پراگ در جمهوری چک، مونتاناوار در فرانسه و مراکش مرکزی گزارش شده است. با حضور *Lesueurilla prima* در البرز، گسترش زیست‌جغرافیای این گونه در حاشیه شمالی پری-گندوانا وسیع‌تر گردید. الگوی انتشار جغرافیایی این شکم‌پا با جریان مجاور قطب جنوب در طول سواحل غربی گندوانا، و احتمالاً با طبیعت تغذیه‌ی پلانکتونی لارو این شکم‌پا کنترل می‌شده است.

واژه‌های کلیدی: شکم‌پا، زیست‌جغرافیای دیرین، داریویلین، البرز شرقی، سازند لشکرک.

ماخذنگاری: قبادی‌پور، م. و نگاری جوکندان ع. (۱۴۰۲). اولین گزارش شکم‌پای اردویسین میانی از کوه‌های البرز، شمال ایران. دوفصلنامه چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، ۱(۲)، ۱-۱۳.

© حقوق معنوی مقاله برای دوفصلنامه چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی و نویسندگان محفوظ است.

doi 10.30470/zpaleo.2024.2016961.1010



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



First report of Middle Ordovician gastropod from Alborz Mountains, north of Iran

Mansoureh Ghobadipour^{1*} and Alireza Negari-Jokandan²

- 1- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran
- 2- Bachelor student, Department of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

* Corresponding author: Mansoureh Ghobadipour: mghobadipour@yahoo.co.uk

Abstract:

The euomphaloid gastropod *Lesueurilla prima* (Barrande in Perner) is reported for the first time from the Middle Ordovician (Darriwilian) Lashkarak Formation of eastern Alborz, northern Iran. This near planispiral hyperstrophic gastropod was recovered from the reddish-brown argillite and oolitic ironstone beds which belong to the Hajiabad Member in the Deh-Molla section, west of the Shahrud city. This is also the first record of the *Lesueurilla prima* co-occurrence with the *Saucrorthis* brachiopod fauna and associated trilobites which is indicative of the Darriwilian age. This species, which is considered as a component of the Mediterranean cold-water fauna, was previously reported from the Floian and Darriwilian of Central Iran, the Prague Basin in the Czech Republic, Montagne Noire in France, and Central Morocco. The presence of *Lesueurilla prima* in Alborz, extends the biogeographical distribution of this species along the northern peri-Gondwana margin. The observed pattern of the geographical distribution of this gastropod species was controlled by a South Subpolar Current running along the western coast of Gondwana and possibly, by a planktotrophic nature of the gastropod larva.

Keywords: Gastropod, Palaeobiogeography, Darriwilian, Eastern Alborz, Lashkarak Formation.

مقدمه

فسیل‌شناسی و زیست‌جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفتند و با نمونه‌های موجود از داریویلین سازند شیرگشت در ایران مرکزی مقایسه شدند.

زمین‌شناسی منطقه

در شمال ایران، توالی‌های اردویسین در دامنه‌ی جنوبی کوه‌های البرز شرقی، بین میلاکوه و شهر شاهرود رخنمون خوبی دارند. در این نواحی، نهشته‌های اردویسین پس از ناپوستگی بر روی سنگ‌های سازند میلا به سن کامبرین میانی تا فورونگین قرار دارند (Ghobadi Pour et al., 2015؛ Jahangir et al., 2016؛ Álvaro et al., 2022).

در طی دو دهه‌ی اخیر، پیشرفت چشمگیری در دانش چینه‌شناسی و دیرینه‌شناسی اردویسین کوه‌های البرز صورت گرفته و سنگ‌چینه‌شناسی این منطقه بازنگری و ساماندهی شده است (Ghobadi Pour et al., 2022؛ Álvaro et al., 2022؛ Ghobadi Pour & Popov, 2023). اولین بار گانسر و هوبر (Gansser & Huber, 1962) با بازدید از برش علم‌کوه واقع در البرز مرکزی، فسیل‌هایی از سنگ آهک‌های ماری در بخش میانی توالی سنگی روی سازند هزارچال، جمع‌آوری کرده و آن واحد را سازند لشکرک نامگذاری کردند. قبادی پور و همکاران (Ghobadi Pour et al., 2011) با تحلیل فسیل‌های این سازند و مقایسه‌ی آنها با فسیل‌های اردویسین نواحی دیگر در البرز نشان دادند که سن سازند لشکرک، همانگونه که از ابتدا تعیین شده بود، اردویسین میانی است و سنگ‌های قدیمی‌تر از داریویلین را شامل نمی‌شود. بعد از آن، قبادی پور و همکاران (Ghobadi Pour et al., 2022) سازند لشکرک را به دو پاره‌سازند چشمه‌علی و حاجی‌آباد تقسیم کردند.

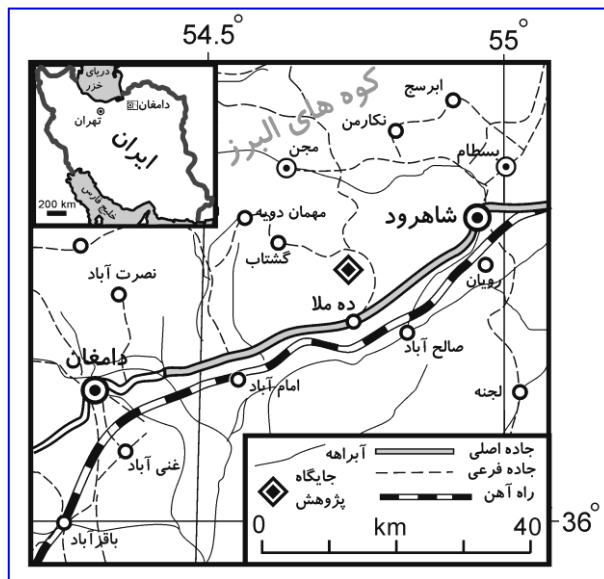
پاره‌سازند چشمه‌علی نماینده‌ی بقایای هم‌تافت‌های کم‌ژرفایی (shoal complex) است که پس از هیاتوس منطقه‌ای، خروج از آب و فرسایش ناهمگن

برای اولین بار، بارانده شکم پای *Lesueurilla prima* (Barrande in Perner, 1903) را از سنگ‌های فلوئین تا داریویلین حوضه‌ی پراگ در جمهوری چک توصیف و نامگذاری نمود. ایستاد و همکاران (Ebbestad et al., 2016) با یافتن شکم‌پای مشابهی از بخش فوقانی سازند شیرگشت در کوه‌های درنجال واقع در شمال طبس از ایران مرکزی به سن داریویلین آن را توصیف کرده و با نمونه‌ی تیپ مقایسه نمودند. تاکنون *Lesueurilla prima* به غیر از داریویلین جمهوری چک، از سنگ‌های فلوئین مونتانا فرانسه، فلوئین و داریویلین مراکش مرکزی و داریویلین ایران مرکزی گزارش شده است و به نظر می‌رسد جغرافیای زیستی آن محدود به نواحی شمالی پری-گندوانا بوده است. این گونه جزئی از زیای آب سرد مدیترانه‌ای در زمان اردویسین زیرین تا میانی محسوب می‌شود (Horný, 1997). در زمان داریویلین، جنس *Lesueurilla* محدوده‌ی زیست‌جغرافیای وسیع‌تری داشته است و محدوده‌هایی از حوضه‌ی بالتوسکاندیا، اسپانیا و آرژانتین را نیز در بر می‌گرفته است (Marco et al., 2000؛ Ebbestad et al., 2016). ایستاد و همکاران (Ebbestad et al., 2016) زیست‌جغرافیای دیرینه‌ی این شکم‌پا را به تفصیل توصیف نموده‌اند.

پاره‌سازند حاجی‌آباد از سازند لشکرک با لایه‌های رسی به رنگ قرمز جگری تا قهوه‌ای و سنگ‌های آهن‌دار انولیتی در منطقه‌ی ده‌ملا دارای فسیل‌های متعددی از بی‌مهرگان دریایی از جمله بازوپایان، سرپایان، خارپوستان، تریلوبیت‌ها و نرم‌تنان است که از این میان تا کنون بازوپایان (Popov et al., 2016)، سرپایان (Evans et al., 2013) و تریلوبیت‌ها (Ghobadi Pour, 2019) بررسی شده‌اند. در این پژوهش، از این پاره‌سازند تعدادی نمونه‌ی شکم‌پای *Lesueurilla prima* جمع‌آوری گردیده و از دیدگاه

خارپوست‌دار از رومبیفران *Echinospherites* و لایه‌ی اُرتوسراتیددار است. لایه‌ی آهن‌دار ائولیتی قرمز تیره تا قهوه‌ای تیره‌ی پاره‌سازند حاجی‌آباد به طور محلی برای آهن استخراج می‌شود. سازند لشکرک به طور ناپیوسته بر روی سازند قومس و یا سازند سیمه‌کوه قرار دارد و انتهای آن در زیر سازند ابرسج به صورت تدریجی و یا با سطح فرسایشی بر روی لایه‌های سنگ آهن‌دار ائولیتی پاره‌سازند حاجی‌آباد است. ضخامت سازند لشکرک در برش الگو در علم‌کوه حدود ۳۵ متر است، اما به سمت شرق ضخامت متغیری دارد، به طوری که ضخامت آن در ده‌ملا ۲۵ متر، در گردکوه ۹۵ متر و در سیمه‌کوه به ۱۰۰ متر می‌رسد (Ghobadi Pour et al., 2022).

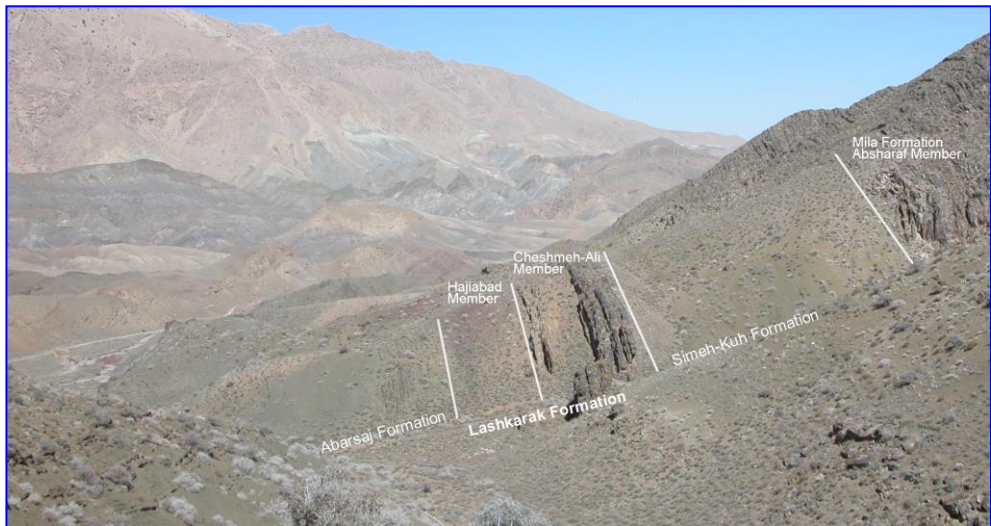
منطقه با ویژگی‌های خاصی تشکیل شده است. سنگ‌شناسی و زیبای ویژه‌ی پاره‌سازند چشمه‌علی از جمله بازوهای *Bastamorthis multicosata* Ghobadi Pour et al., 2011c و *Neseuretus* aff. *tristani* (Brongniart in Desmarest, 1817) در ابتدای سازند لشکرک در تمام رخنمون‌های این سازند قابل مشاهده و ردگیری است. پاره‌سازند حاجی‌آباد واحد ناهمگنی است که از جوش‌سنگ (conglomerate) و سنگ‌فورش (siltstone) با تناوب فرعی ماسه‌سنگ‌های ریزدانه، و چندین لایه در حد دسیمتر از آرژیلیت و آهک بیوکلاستی تشکیل شده است. این واحد یکی از شاخص‌ترین واحدهای سنگ‌چینه‌شناسی در منطقه است، زیرا که همواره دارای لایه‌ی آهن‌دار ائولیتی قرمز جگری، لایه‌های



شکل ۱: نقشه جغرافیایی شمال ایران با نمایش برش ده‌ملا واقع در غرب شهر شاهروود، در دامنه‌ی جنوبی کوه‌های البرز شرقی.

سازند سیمه‌کوه در برش ده‌ملا شامل آرژولیت‌های خاکستری متمایل به سبز با چند میان‌لایه‌ی نازک از آهک بیوکلاستی است (شکل ۲)، که فسیل‌های متعدد آن از جمله تریلوبیت‌ها، کنودونت‌ها، بازوپایان، و استراکودها در مقالات متعددی به تفصیل توصیف شده‌اند (Ghobadi Pour et al., 2011a؛ Ghobadi Pour et al., 2011b؛ Pour, 2019). بر این اساس، سن بخش زیرین سازند سیمه‌کوه در برش ده‌ملا زون تریلوبیتی *Asaphellus inflates - Dactylocephalus* ترمادوسین زیرین و بخش بالایی آن زون کنودونتی *Paltodus deltifer deltifer* معادل ترمادوسین میانی است.

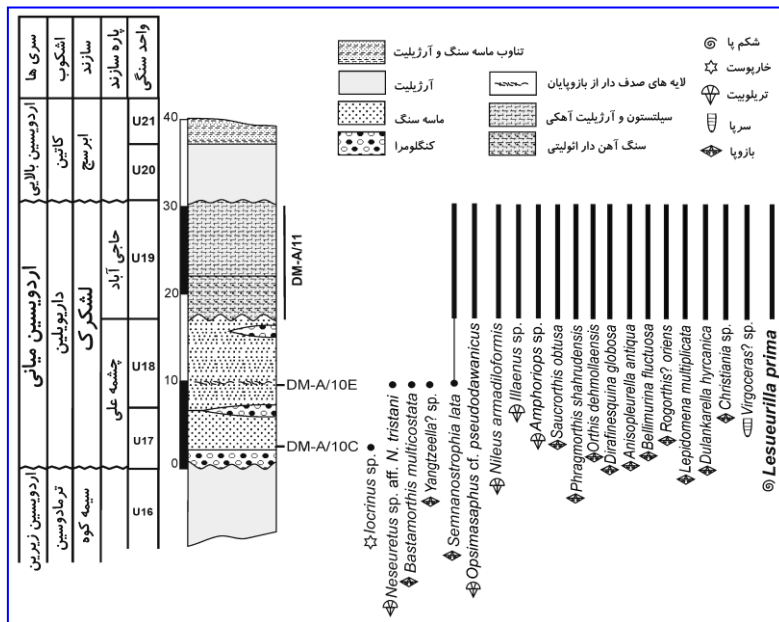
برش مورد مطالعه به نام برش ده‌ملا در حدود ۸/۵ کیلومتری شمال روستای کلات ملا، در حدود یک کیلومتری شمال شرقی کوه قالیانکش و ۶۰۰ متری جنوب غربی ورودی معدن زغالسنگ دانشگاه شاهرود، واقع در جنوب غربی شهر شاهرود، در دامنه جنوبی البرز شرقی قرار دارد (شکل ۱). در این منطقه، نهشته‌های آواری ریزدانه‌ی اردوئیسین زیرین سازند سیمه‌کوه با مرز مشخص فرسایشی بر روی لایه‌ی جوش‌سنگ پولی‌میکت موجود در رأس واحد ماسه‌سنگ کوارتزیتی پاره‌سازند آبشرف از سازند میلا به سن فورونگین با اثرفسیل *Cruziana* قرار دارد (Jahangir et al., 2016).



شکل ۲: نمای رو به شرق رخنمون توالی رسوبی کامبرین (Furongian) تا اردوئیسین در منطقه‌ی ده‌ملا، نشان‌دهنده واحدهای اصلی سنگ‌چینه‌شناسی و مرز آنها

U17). مرز بالایی پاره‌سازند چشمه‌علی در ناحیه ده‌ملا با کاهش شدید ضخامت پاره‌سازند حاجی‌آباد همراه است به طوری که لایه آهن‌دار ائولیتی رأس آن درست در زیر ناپوستگی بعدی قرار گرفته است. سن پاره‌سازند چشمه‌علی بر اساس حضور تریلوبیت *Neseuretus* aff. *tristani* در نظر گرفته شده است (Ghobadi Pour et al., 2007 و 2011b؛ Ghobadi Pour, 2019). گسترش اجتماع تریلوبیت *Neseuretus* در این واحد، سرمایه اقلیمی چشمگیری را در آغاز زمان داریولین نشان می‌دهد (Fortey & Morris, 1982؛ Ghobadi Pour et al., 2007؛ Ghobadi Pour, 2019).

در برش ده‌ملا، پاره‌سازند چشمه‌علی از سازند لشکرک پس از ناپوستگی فرسایشی بر روی سازند سیمه‌کوه رسوبگذاری شده است (شکل‌های ۲ و ۳، واحدهای U17 و U18). قبادی‌پور (Ghobadi Pour, 2019) با مطالعه‌ی تریلوبیت‌های برش ده‌ملا نشان داد که بین سازندهای سیمه‌کوه و لشکرک در این منطقه، نبود چینه‌شناسی (hiatus) بزرگی معادل زمان‌های ترمادوسین پسین، فلوئین، و داپینگین قابل تشخیص است. پاره‌سازند چشمه‌علی به ضخامت ۱۷/۳ متر است که در بخش‌های زیرین و میانی شامل کانال‌های پراکنده‌ی عدسی شکل با رسوبات جوش‌سنگی پبلی و زمینه‌ی ماسه‌ای، به ضخامت ۲۵ سانتیمتر تا ۱ متر است (شکل ۳، واحد



شکل ۳: ستون چینه‌شناسی سازند لشکرک به سن اردوسین میانی (داریولین) در برش ده‌ملا با نمایش گستره‌ی چینه‌شناسی نرم‌تنان آرتوسراتید (Evans et al., 2013) و شکم‌پا، تریلوبیت‌ها (Ghobadi Pour, 2019)، بازوپایان (Popov et al., 2016؛ Ghobadi Pour et al., 2011c) و خارپوست کریئوئید.

واحد سنگی U18: شامل ۱۰/۵ متر ماسه‌سنگ درشت تا متوسط‌دانه به رنگ خاکستری روشن با چند لایه‌ی صدف‌دار از بازوپایان، سنگ‌فورش‌های پیلی عدسی شکل در پایه‌ی واحد و لایه‌های صدف دار از بازوپایان در رأس واحد است. نمونه‌ی DM-10E/A با قطعات خارپوستان، بازوپایان استروفومینید *Semnanostrophia lata Ghobadi Pour et al., 2011c* و *Bastamorthis multicosata*، و تریلوبیت *Neseuretus aff. tristani* از ۲/۵ متری پایه‌ی این واحد برداشت شده است. فورتی و موریس (Fortey & Morris, 1982) اجتماع کم تنوع این تریلوبیت را زیست‌رخساره‌ی *Neseuretus* نامگذاری کردند و عنوان نمودند که این زیست‌رخساره (biofacies) معمولاً با نهشته‌های اپیکراتونی کم‌عمق نزدیک به ساحل در عرض‌های بالای جغرافیایی گندوانا همراه است. در البرز شرقی این اجتماع تریلوبیت در رسوبات سیستم سد در یک محیط نزدیک به ساحل تشکیل شده است.

واحد سنگی U19: (مختصات جغرافیایی قاعده‌ی واحد $36^{\circ}21'17.04''N$ و $54^{\circ}44'35.16''E$ و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۵۵ متر) شامل ۱۶/۶۰ متر آرژیلیت و آرژیلیت‌های آهکی قرمز جگری متمایل به قهوه‌ای با چند لایه سنگ‌آهن‌دار ائولیتی است. ائوئیدها با لامینه‌های ظریف خوب حفظ شده بیشتر از گونه‌تیت و هماتیت تشکیل شده‌اند. هسته‌ی ائوئیدها از خرده‌های اسکلتی و ائوئید، کوارتز و گاهی دانه‌های فلدسپات است.

سیمان آن از آرژیلیت تا آرژیلیت کربناته متغیر است و کانی‌های رسی در آن شامل مونتموریلونیت و ایلیت می‌باشد. علاوه بر ائوئیدها، ذرات بزرگ‌تر از ۲۰ میکرون بیشتر از خرده‌های اسکلتی صدف

پاره‌سازند حاجی‌آباد در برش ده‌ملا شامل حدود ۱۶ متر آرژیلیت و آرژیلیت‌های آهکی قرمز جگری متمایل به قهوه‌ای با چند لایه سنگ‌آهن‌دار ائولیتی است (شکل‌های ۲ و ۳، واحد سنگی U19). محیط تشکیل آن احتمالاً در بخش زیرین رو به ساحل تا بخش بالایی دور از ساحل بوده است (Ghobadi Pour et al., 2022). در این ناحیه، مرز بالایی این واحد با سازند ابرسج به صورت ناپیوستگی و در ظاهر از نوع فرسایشی است. سازند ابرسج به ضخامت تقریبی ۲۱۰ متر شامل تناوبی از ماسه‌سنگ و آرژیلیت با چند روانه‌ی گدازه‌ی بازالتی است. رسوبات آواری ریزدانه‌ی ابتدای این سازند حاوی زون‌های کیتینووا *Euconochitina tanvillensis* تا *Armoricochitina nigerica* به سن کاتین زیرین تا میانی است (Popov et al., 2016)، به طوری که سنگ‌های زمان ساندیین و ابتدای کاتین دیده نمی‌شوند که می‌تواند حاصل فرسایش قبل از آغاز رسوبگذاری سازند ابرسج در این منطقه باشد. توصیف سنگ‌شناسی سازند لشکرک در منطقه‌ی ده‌ملا (شکل ۳) از قدیم به جدید واحدهای سنگی غیررسمی زیر را شامل می‌شود:

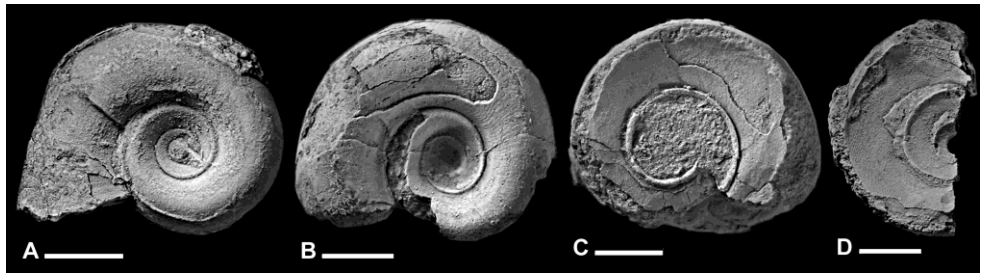
واحد سنگی U17: این واحد از ۶/۸ متر رسوبات تخریبی شامل یک لایه‌ی جوش‌سنگ پولی‌میکت در پایه و در ادامه ماسه‌سنگ خاکستری روشن با چینه‌بندی متقاطع و ریپل‌مارک تشکیل شده و با مرز فرسایشی مشخص بر روی آرژیلیت‌های خاکستری سازند سیمه‌کوه نهشته شده است. نمونه‌ی DM-A/10C با ساقه و قطعات کرینوئیدها از جمله *Iocrinus* sp. خرده‌های بازوپایان و تریلوبیت‌های غیرقابل شناسایی از ۲/۷ متری قاعده این واحد برداشت شده است.

سازند لشکرک پس از یک ناپیوستگی با سازند ابرسج پوشیده شده است. در این برش سازند ابرسج ابتدا شامل ۸ متر آرژیلیت سبز روشن بی‌فسیل (U20)، ۵/۳ متر تناوبی از سیلتستون و آرژیلیت به رنگ سبز روشن بی‌فسیل (U21) (شکل‌های ۲ و ۳) و در ادامه از رسوبات آواری آرژیلیت‌های سبز-خاکستری با میان‌لایه‌های سیلتستون و ماسه‌سنگ‌های ریز دانه با اثر فسیل‌های فراوان و دو روانه‌ی گدازه از سنگ آذرین بازالتی تشکیل شده است.

روش پژوهش

پس از انجام بررسی میدانی و نمونه‌برداری از توالی اردویسین در منطقه‌ی ده‌ملا، نمونه‌های فسیل به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه ابتدا گرد و غبار نمونه‌های فسیل با یک برس در زیر جریان آب با ملایمت و دقت شسته شد.

بازوپایان و قطعات خارپوستان تشکیل شده است. نمونه‌ی DM-A/11 از تمام این واحد برداشت شده است و دارای شکم پای *Lesueurilla prima*، سرپای آرتوسراتید *Virgoceras?* sp.، تریلوبیت‌های *Nileus*، *Iliaenus* sp.، *Amphioriops* sp.، *Opsimasaphus* cf. و *armadilloformis* Lu, 1957 و *pseudodawanicus* (Lu, 1975) و اجتماع متنوع بازوپایان *Saucrorthis* از جمله *Saucrorthis obtusa* Ghobadi Pour et al. 2011c، *Phragmorthis shahrudensis* Popov et al., 2016، *Orthis dehmollaensis* Popov et al., 2016، *Dirafinesquina globosa* Cocks & Zhan, 1998 و *Anisopleurella antiqua* Popov et al., 2016 و *Bellimurina fluctuosa* Popov et al., 2016 است. از فسیل‌های دیگر این واحد، خارپوستان و بریوزوئرها‌ی شناسایی نشده هستند.



شکل ۴: شکم پای *Lesueurilla prima* (Barrande in Perner, 1903) از نمونه‌ی DM/A-11، پاره‌سازند حاجی‌آباد سازند لشکرک، برش ده‌ملا، البرز شرقی، شمال ایران. A-GUGM 1401- نمونه‌ی کامل، نمای سطح قاعده؛ B-GUGM 1402- نمونه‌ی کامل، نمای سطح قاعده؛ C-GUGM 1403- نمونه‌ی کامل، نمای سطح بالایی؛ D-GUGM 1404- نمونه‌ی شکسته، نمای سطح بالایی. نوار مقیاس برای همه ۵ میلی‌متر است.

قطر ۲۲/۳)، GUGM 1408 (بیشترین قطر ۱۹/۱)،
GUGM 1409 (بیشترین قطر ۱۸/۲۳)، GUGM
1410 (بیشترین قطر ۱۰/۹)، GUGM 1411
(بیشترین قطر ۱۳/۴)؛ هفت نمونه‌ی ناقص شامل
GUGM 1404 (شکل ۴D، بیشترین قطر
۱۵)، GUGM 1412 تا GUGM 1418.

موقعیت چینه‌شناسی: نمونه‌ی DM-A/11 از واحد
سنگی غیررسمی U19، پاره‌سازند حاجی‌آباد سازند
لشکرک (اردویسین میانی، داریولین)، برش ده‌ملا،
غرب شهر شاهرود، کوه‌های البرز شرقی، شمال
ایران.

ملاحظات: مقایسه‌ی نمونه‌های صدف شکم‌پایان
یافت شده از سازند لشکرک برش ده‌ملا در البرز
شرقی با صدف‌های شکم‌پای *Lesueurilla prima* از
سازند شیرگشت در ایران مرکزی (Ebbestad et al.,
2016) نشان داد که از نظر ویژگی‌های
ریخت‌شناسی تفاوتی با هم ندارند و از نظر جنس و
گونه یکسان هستند. از ویژگی‌های مشترک آنها
می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: صدف
هیپرستروفیک (hyperstrophic) با قاعده‌ی گرد و
ناف باز کم عمق، پیچه‌های اولیه متراکم اما پیچه
آخر باز شده، ارتفاع پیچه‌ها زیاد و در بالا زاویه
می‌سازد که به صورت نواری برجسته در طول صدف
دیده می‌شود، تعداد پیچش صدف سه تا چهار دور
که به سمت بیرون ارتفاع پیچه افزایش می‌یابد،
پیچش صدف تقریباً از نوع پیچش در سطح
(planspiral) است اما رشد صدف بیشتر به سمت
بالای محور پیچش کشیده شده که ظاهر آن را
کمی بیش از حد راست‌گرد نشان می‌دهد، سطح
بیرونی پیچه دارای تحدب ملایمی است اما از سطح
قاعده به سمت نوار جانبی پرشیب‌تر شده است، در
پیچه‌های اولیه سطح بالایی پیچه با شیب زیادی
خمیده است ولی با رشد صدف شیب آن کمتر شده
است، تزئینات صدف شامل خطوط رشد خمیده‌ای

بخش‌هایی از رسوبات سخت چسبیده به برخی از
نمونه‌ها با سوزن، کارد جراحی ظریف و یا دریل
مخصوص در زیر میکروسکوپ برداشته شدند. قبل
از عکسبرداری، سطح نمونه‌های فسیل ابتدا با جوهر
مخصوص قابل شستشو سیاه شده و سپس با لایه‌ی
نازکی از پودر کلرید آمونیوم یا پودر نشادر پوشیده
شدند.

نمونه‌های شکم‌پای مورد مطالعه با دوربین دیجیتال
نایکن D300s سوار بر پایه عکسبرداری آریستوفوت
لِیتز (Leitz Aristophot) عکسبرداری شدند. تصاویر
دیجیتال با استفاده از نرم‌افزار فوتوشاپ برش خورده
و با طیف خاکستری به صورت شکل آماده گردیدند.

دیرینه‌شناسی سیستماتیک

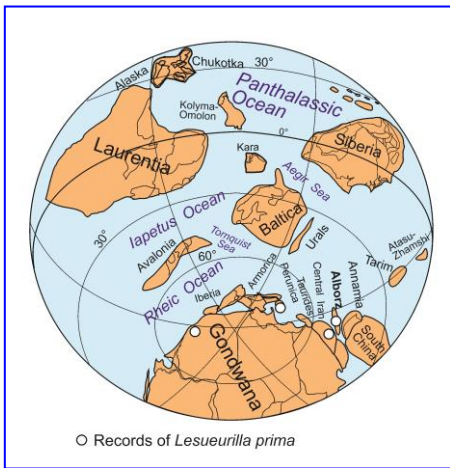
نمونه‌های توصیف شده در این مقاله در موزه گروه
زمین‌شناسی دانشگاه گلستان با علامت اختصار
GUGM (Golestan University Geology Museum)
نگهداری می‌شوند. برای سیستماتیک
شکم‌پایان از طبقه‌بندی بوشه و همکاران (Bouchet
et al., 2005) و برای توصیف نمونه‌ها از واژه‌های
ریخت‌شناسی واگنر (۲۰۰۲) استفاده شده است.
اندازه‌ها بر مبنای میلی‌متر هستند.

Family *Lesueurillidae* Wagner, 2002
Genus *Lesueurilla* Koken, 1898
Lesueurilla prima (Barrande in Perner, 1903)
Fig. 4A–D
1903 *Lessuerella bohémica* Perner; Perner, pl.
73, figs. 17–20.
2016 *Lesueurilla prima* (Perner); Ebbestad et
al., p. 138, figs 2(A–H), 3(A–D).
(برای مترادف‌های بیشتر به ایستاد و همکاران،
۲۰۱۶ مراجعه شود)

نمونه‌های فسیل: ده نمونه‌ی کامل شامل
GUGM 1401 (شکل ۴A، بیشترین قطر ۱۹/۲)،
GUGM 1402 (شکل ۴B، بیشترین قطر ۲۰/۸)،
GUGM 1403 (شکل ۴C، بیشترین قطر ۱۷/۵)،
GUGM 1405 (بیشترین قطر ۲۰)، GUGM 1406
(بیشترین قطر ۱۸/۴)، GUGM 1407 (بیشترین

چین جنوبی، گندوانا و بالتیک نشان می‌دهد (Ghobadi Pour et al., 2007).

از سوی دیگر، فسیل‌های تریلوبیتی و بازوپایان زیادی *Saucrorthis* در برش ده‌ملا ارتباط نزدیکی با زیای چین جنوبی و سیبوماسو (Sibumasu یا میانمار) نشان می‌دهند (Ghobadi Pour, 2019؛ Popov et al., 2016). این اولین گزارش از همراهی شکم‌پای *Lesueurilla prima* با زیای *Saucrorthis* است، اما تا کنون این شکم‌پا از چین جنوبی یا سیبوماسو گزارش نشده است.



شکل ۵: بازسازی جغرافیای دیرین زمان داریویلین (اردوئیسین میانی) با نمایش انتشار شکم‌پا *Lesueurilla prima* (با تغییراتی از Popov & Popov et al., 2016؛ Cocks, 2017).

الگوهای زیست‌جغرافیایی انتشار زیای اردوئیسین میانی در ایران مرکزی، البرز، سیبوماسو و تاورید ترکیه (Turkish Taurides) نشان می‌دهد که این سرزمین‌ها بخشی از «زون هم‌پوشان» (‘overlap’ zone) of Fortey & Cocks, 2003 را تشکیل می‌دهند، جایی که تاکسون‌های کفزی حاره‌ای و عرض‌های جغرافیایی بالاتر در هم مخلوط شده‌اند.

سرزمین‌های «زون همپوشان» در زمان اردوئیسین همچون گذرگاه‌هایی برای تبادل و مهاجرت

است که در سطح قاعده خمیدگی سیگموئید یا S-مانند بوده و واضح‌تر دیده می‌شود. نمونه‌های حاضر از ده‌ملا نسبت به نمونه‌های ایران مرکزی حفظ‌شدگی بهتری دارند به طوری که تزئینات واضح‌تر و بهتر حفظ شده‌اند و نوار حاشیه‌ای نیز دیده می‌شود (شکل ۴A).

از نظر اندازه، قطر نمونه‌های *Lesueurilla prima* از ده‌ملا کمی کوچکتر از نمونه‌های ایران مرکزی هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

مقاله حاضر اولین گزارش از حضور شکم‌پای *Lesueurilla prima* به سن داریویلین (اردوئیسین میانی) از کوه‌های البرز ایران است، و با این یافته گسترش زیست‌جغرافیای آن در طول حاشیه‌ی سرزمین‌های پری-گندوانایی وسعت یافت (شکل ۵). پیش از آن این گونه از اردوئیسین زیرین تا میانی مونتاناوار فرانسه، حوضه‌ی پراگ در جمهوری چک، مراکش مرکزی و ایران مرکزی گزارش شده بود (Ebbestad et al., 2016). هورنی (Horný, 1997) این گونه را ویژه‌ی فونای آب‌های سرد مدیترانه‌ای معرفی کرده است. جنس *Lesueurilla* در زمان داریویلین محدوده‌ی جغرافیایی وسیعتری داشته است و علاوه بر نواحی ذکر شده در حوضه بالتوسکاندیا، اسپانیا، و آرژانتین نیز وجود داشته است (Gutiérrez-Marco et al., 2000). جنس *Lesueurilla* از نظر انتشار زیست‌جغرافیایی در آب‌های سرد عرض‌های بالای جغرافیایی نواحی از پری-گندوانا منشا گرفته است اما در اردوئیسین میانی تا بالایی به عرض‌های پایین‌تر مانند چین شمالی، تاریم (Tarim) و بالتیک (Baltica) راه یافته است (Ebbestad et al., 2016).

علاوه بر *Lesueurilla*، فوناهای تریلوبیتی، بازوپایان و استراکود (در حد جنس) از سازند لشکرک ارتباط زیست‌جغرافیایی سرزمین البرز را با قاره‌های قدیمی

از عوامل کنترل‌کننده الگوی انتشار جغرافیایی *Lesueurilla prima* می‌توان به جریان مجاور قطب جنوب در طول سواحل غربی گندوانا، و احتمالاً به طبیعت تغذیه‌ی پلانکتونی لارو این شکم‌پا می‌توان اشاره نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش با پشتیبانی معاونت پژوهشی محترم دانشگاه گلستان (با شماره گرانت ۹۶۱۴۵۲) انجام شده است. از سردبیر محترم و داوران گرامی برای ارائه پیشنهادات سازنده سپاسگزاری می‌شود. این مقاله مشارکتی است در پروژه‌ی بین‌المللی یونسکو (IGCP 735) به نام 'Rocks and the Rise of Ordovician Life (Rocks n' ROL): Filling knowledge gaps in the Early Palaeozoic Biodiversification'

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی یا انتشار این مقاله ندارند.

منابع:

- Álvaro, J. J., Ghobadi Pour, M., Sánchez-García, T., Kebriaee Zadeh, M. R., Hairapetian, V., & Popov, L. E. (2022). Stratigraphic and volcanic signatures of Miaolingian–Late Ordovician rift pulses in the Alborz Mountains, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 233, art.105240. DOI 10.1016/j.jseas.2022.105240
- Bouchet, P., Rocroi, J.-P., Frýda, J., Hausdorf, B., Ponder, W., Valdés, Á., & Warén, A. (2005). "Classification and nomenclator of gastropod families". *Malacologia: International Journal of Malacology*.
- Hackenheim, Germany: ConchBooks, 47 (1–2), 1–397.
- Cocks, L. R. M., & Zhan, R. (1998). Caradoc brachiopods from the Shan States, Burma (Myanmar). *Bulletin of the Natural History Museum (Geology)*, 54, 109–130.
- Desmarest, A. G. (1817). *Crustacés Fossiles. Nouveau Dictionnaire d'Histoire Naturelle*, 8, 495–519.
- Ebbestad, J. O. R., Ghobadi Pour, M., Bassett, M. G., & Popov, L. E., (2016). First occurrence of *Lesueurilla prima* (Gastropoda) from the Middle Ordovician (Darrivilian) of

موجودات دریایی در طول حاشیه‌ی گندوانا استفاده می‌شده‌اند (Ghobadi Pour & Popov, 2009).

پیدایش شکم‌پای *Lesueurilla prima*، تریلوبیت *Neseuretus* و بازوپایان همراه در البرز در زمان داریویلین پیامد مهاجرت آنها از سرزمین‌های سردتر مجاور بوده است. این مهاجرت همزمان با پس‌روی دریا و تغییرات محیطی مانند پایان یافتن رسوبگذاری سنگ‌های کربناته بوده است که می‌توانند نشانه‌هایی از سرمایه‌ی اقلیمی باشند (Ghobadi Pour et al., 2011c). زیای *Saucrorthis* ویژه‌ی داریویلین چین جنوبی است و ظهور آن زودهنگام‌تر از البرز و در داریویلین زیرین (*Undulograptus* زیست‌پهنه‌ی گرابتولیتی *intersitus*) بوده است (Zhan et al., 2007). به نظر می‌رسد پس از آن در داریویلین میانی (*Lenodus pseudoplanus* زیست‌پهنه‌ی کنودنتی *Saucrorthis* زیای مهاجرت از طریق گذرگاه‌های «زون هم‌پوشان» به سرزمین البرز راه یافته است (Popov et al., 2016).

در زمان اردوئیسین، آرایش قاره‌های اصلی اثر چشمگیری بر شدت و جهت جریان‌اتاقیانوسی و جوی آن زمان داشته است. در این میان، جریان مجاور قطب جنوب (South Subpolar Current) در طول حاشیه‌ی غربی گندوانا به سمت شمال تغییر جهت می‌داده است. مشابه با جریان هامبولت (*Humboldt Current*) که امروزه در طول حاشیه‌ی سواحل غربی امریکای جنوبی در حرکت است، جریان مجاور قطب جنوب در اردوئیسین، آب‌های سرد را به سمت عرض‌های جغرافیایی استوایی هدایت می‌کرده است (Popov et al., 2013).

اثر سرمایه‌ی این جریان در لبه‌ی غربی قطاع استرالایی گندوانا بیشتر بوده و در دوره‌های یخبندان جهانی این جریان به مراتب قوی‌تر بوده است (Jin et al., 2018; Popov & Cocks, 2017).

- Ghobadi Pour, M., Mohibullah, M., Williams, M., Popov, L. E., & Tolmacheva, T. Yu. (2011b). New early ostracods from the Ordovician (Tremadocian) of Iran: systematic, biogeographical and palaeoecological significance. *Alcheringa*, 35, 517–529. DOI 10.1080/03115518.2011.538909
- Ghobadi Pour, M., Popov, L. E., Kebriaee-Zadeh, M. R., & Baars, C. (2011c). Middle Ordovician (Darriwilian) brachiopods associated with the *Neseuretus* biofacies, eastern Alborz Mountains, Iran. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 42, 263–283.
- Ghobadi Pour, M., Popov, L. E., Álvaro, J. J., Amini, A., Hairapetian, V., & Jahangir, H. (2022). Ordovician of North Iran: New lithostratigraphy, palaeogeography and biogeographical links with South China and the Mediterranean peri-Gondwana margin. *Bulletin of Geosciences*, 97(4), 465–538. DOI 10.3140/bull.geosci.1830
- Gutiérrez-Marco, J. C., Aceñolaza, G. F., & Aceñolaza, F.G. (2000). Primer registro del gasterópodo *Lesueurilla* y euomphalomorfos afines en el Ordovícico Inferior de Argentina y España. Su interés paleobiogeográfico. *Boletín Geológico y Minero*, 111, 85–93.
- Horný, R. J. (1997). Ordovician tergomya and gastropoda (Mollusca) of the Anti-Atlas (Morocco). *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B, Natural History*, 53, 37–78.
- Jahangir, H., Ghobadi Pour, M., Ashuri, A., & Amini, A. (2016). Terminal Cambrian and Early Ordovician (Tremadocian) conodonts from Eastern Alborz, north-central Iran. *Alcheringa*, 40, 219–243. DOI 10.1080/03115518.2016.1118298
- Jin, J., Zhan, R., & Wu, R. (2018). Equatorial cold-water tongue in the Late Ordovician. *Geology*, 46(9), 759–762.
- Koken, E. (1898). Ueber untersilurische Gastropoden. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontology*, 1, 1–25.
- Perner, J. (1903). Gastéropodes. 1. Texte (Patellidae et Bellerophonitidae) et Planches 1 à 89. In J. Barrande (Ed.), *Système Silurien du centre de la Bohême* 4, 164 pp. Charles Bellmann.
- Iran. *GFF*, 138, 510–518. DOI 10.1080/11035897.2016.1186110
- Evans, D. H., Ghobadi Pour, M., & Popov, L. E., (2013). Review of the early to mid Ordovician orthoconic cephalopods from Iran. *Bulletin of Geosciences*, 88, 21–44.
- Fortey R. A. & Cocks, L. R. M. (2003). Palaeontological evidence bearing on global Ordovician–Silurian continental reconstructions. *Earth-Science Reviews*, 61(3–4), 245–307.
- Fortey, R. A., & Morris, S. F. (1982). The Ordovician trilobite *Neseuretus* from Saudi Arabia, and the palaeogeography of the *Neseuretus* fauna related to Gondwanaland in the earlier Ordovician. *Bulletin of the British Museum, Natural History (Geology)*, 36, 63–75.
- Gansser, A., & Huber, H. (1962). Geological observations in the Central Elburz, Iran. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 42, 583–630.
- Ghobadi Pour, M. (2019). Ordovician trilobites from Deh-Molla, eastern Alborz, Iran. *Alcheringa*, 43, 381–405. DOI 10.1080/03115518.2019.1616110
- Ghobadi Pour, M., & Popov, L. E. (2009). First report on the occurrence of *Neseuretinus* and *Ovalocephalus* trilobites in the Middle Ordovician of Iran. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54, 125–133.
- Ghobadi Pour, M., & Popov, L. E. (2023). The Ordovician of the Middle East (Iran, Afghanistan, Pakistan). *Geological Society, London, Special Publications*, 533(1), 279–312.
- Ghobadi Pour, M., Williams, M., & Popov, L. E. (2007). A new Middle Ordovician arthropod fauna (Trilobita, Ostracoda, Bradoriida) from the Lashkarak Formation, Eastern Alborz Mountains, northern Iran. *GFF*, 129, 245–254.
- Ghobadi Pour, M., Popov, L. E., Holmer, L. E., Hosseini-Nezhad, M., Rasuli, R., Fallah, Kh., Amini, A., & Jahangir, H. (2015). Early Ordovician (Tremadocian) faunas and biostratigraphy of the Gerd-Kuh section, eastern Alborz, Iran. *Stratigraphy*, 12, 55–61.
- Ghobadi Pour, M., Kebriaee-Zadeh, M. R., & Popov, L. E. (2011a). Early Ordovician (Tremadocian) brachiopods from the Eastern Alborz Mountains, Iran. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60, 65–83. DOI 10.3176/earth.2011.2.01

- of northern Iran. *Australasian Palaeontological Memoirs*, 49, 485–514.
- Wagner, P. J. (2002). Phylogenetic relationships of the earliest anisostrophically coiled gastropods. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 88, 1–152.
 - Zhan, R., Jin, J., & Chen, P. (2007). Brachiopod diversification during the Early–Mid Ordovician: an example from the Dawan Formation, Yichang area, central China. *Canadian Journal of Earth Sciences* 44, 9–24. DOI 10.1139/e06-069
 - Popov, L. E., & Cocks, L. R. M. (2017). Late Ordovician palaeogeography and the positions of the Kazakh terranes through analysis of their brachiopod faunas. *Acta Geologica Polonica*, 67(3), 323–380.
 - Popov, L. E., Holmer, L. E., Bassett, M. G., Ghobadi Pour, M., & Percival, I. G. (2013). Biogeography of Ordovician linguliform and craniiform brachiopods. *Geological Society, London, Memoir*, 38, 117–126.
 - Popov, L. E., Kebriaee-Zadeh, M. R., & Ghobadi Pour, M. (2016). Emergence of the *Saucrorthis* Fauna in the Middle Ordovician