

# سنگ‌چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری توالی‌های سیلورین در برش چینه‌شناسی رباط قره‌بیل بر پایه کنودونت‌ها

عباس قادری<sup>۱</sup>، جعفر طاهری<sup>۲</sup>، اعظم کراچیان<sup>۳</sup> و عبدالمجید موسوی نیا<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۲</sup>دکتر، اداره کل زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق، مشهد، ایران

<sup>۳</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، مشهد، ایران

<sup>۴</sup>دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷

## چکیده

بررسی چینه‌های رسوبی سیلورین معادل با سازند نیور در شمال باختری رباط قره‌بیل، باختر بجنورد (جنوب بلافضل کپه‌داغ باختری)، افزون بر تهیه ستون چینه‌شناسی و معرفی دقیق واحدهای سنگ‌چینه‌ای به شناسایی شماری از کنودونت‌های لاندوری انجامیده است. چینه‌های برداشت شده از این برش چینه‌شناسی با ستبرای ۲۹۵/۵ متر و سنگ‌شناسی چیره شیل، سنگ‌آهک سنگواره‌دار، ماسه‌سنگ و دولومیت، با گذر همیشب و به واسطه یک واحد آتشفشانی زیردریایی، روی شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های منتسب به اردوویسین جای گرفته است و خود توسط ماسه‌سنگ‌های کوارتزآرنایتی و شیل‌های سرخ رنگ معادل با سازند پادها پوشیده می‌شوند. کنودونت‌های به دست آمده از این چینه‌ها که شامل عناصر مخروطی، میله‌ای و صفحه‌ای متعلق به ۱۹ گونه از ۱۰ جنس مختلف هستند، حضور زیست‌زون بینایی *Aspelundia expansa* را تأیید می‌کنند و شاخص بخش بالایی اشکوب رودانین تا آثرونین هستند. این بازه زمانی همخوانی خوبی با سن ارائه شده توسط بازوپایان، پابرسران و پالینومورف‌هایی دارد که پیش از این از توالی‌های مشابه در باختر کپه‌داغ معرفی شده بودند.

**کلیدواژه‌ها:** سیلورین، کنودونت، رباط قره‌بیل، زیست‌زون، سازند نیور.

**\*نویسنده مسئول:** عباس قادری

E-mail: aghaderi@um.ac.ir

## ۱- پیش‌نوشتار

درنجال در شمال طیس با منطقه کپه‌داغ-البرز خاوری را تأیید کند. مقایسه و مطابقت سنگ‌چینه‌ای و زیست‌چینه‌ای این دو ناحیه در آینده، می‌تواند ارتباط احتمالی این دو ناحیه را آشکار سازد.

اولین گزارش رسمی منتشر شده از چینه‌های سیلورین در باختر حوضه کپه‌داغ، در (Brice et al., 1974) آمده است. ایشان با مطالعه بازوپایان و مرجان‌های برش رباط قره‌بیل، این توالی‌ها را به سن لاندووری تا ونلوک نسبت داده‌اند. (Cocks (1979) به مطالعه بازوپایان چینه‌های سیلورین برش رباط قره‌بیل پرداخته است. (Afshar-Harb (1979 بخشی از توالی‌های رسوبی پالئوزویک جنوب بجنورد را به سازند نیور و زمان سیلورین مربوط دانسته است. (Ghavidel-Syooki (2000 and 2006) و (Ghavidel-Syooki and Vecoli (2007) نیز توالی‌های یاد شده در کوه‌های سالوک جنوب باختر بجنورد را بر پایه آکریتارک‌ها و کیتینوزوئن‌ها به سازند نیور با سن سیلورین پیشین تا ونلوک نسبت داده‌اند. (Popov and Cocks (2013) با مطالعه بازوپایان توالی‌های سیلورین پیرامون بجنورد در برش چینه‌شناسی گردو در گردنه پلمیس و نیز منطقه رباط قره‌بیل، ضمن معرفی جنس جدیدی از اسپیریفری‌دها با نام *Irano-spirifer* بر سن سیلورین پیشین (آثرونین) برای این نواحی تأکید کرده‌اند. (Evans et al. (2015 هم پابرسران سیلورین به سن آثرونین را از ناحیه رباط قره‌بیل گزارش کرده‌اند و جالب آن که برخی از این پابرسران کهن‌ترین سنگواره‌های سیلورین از این نوع موجودات در عرض‌های میانه نیمکره جنوبی و حاشیه گندوانا پس از رخداد انقراض جانداران در هیرناتین بوده‌اند. (Nowrouzi et al. (2015) نیز رسوب‌گذاری چینه‌های سیلورین در باختر حوضه کپه‌داغ را مرتبط با یک رمپ کرناته دانسته و ضمن مقایسه این ردیف‌ها با توالی‌های هم‌ارز در کوه‌های درنجال شمال طیس، محیط تشکیل آنها را از پهنه‌های کشندی تا بخش‌های ژرف دریای باز دانسته‌اند.

در جنوب بلافضل حوضه رسوبی کپه‌داغ، رخنمون‌های پراکنده‌ای از رسوبات پالئوزویک وجود دارد. در این میان، چینه‌های رسوبی سیلورین در شمال باختری روستای رباط قره‌بیل وجود دارد که بر خلاف دیگر نواحی ایران به ویژه پهنه ایران مرکزی، اطلاعات کمتری از آنها در اختیار است. تاکنون پژوهش‌های بسیاری روی توالی‌های سیلورین ایران مرکزی به ویژه نواحی همچون کوه‌های درنجال، جنوب کاشمر و کرمان انجام شده است (برای نمونه: Ruttner et al., 1968; Flugel, 1962; Hubmann, 1991; Hamedi et al., 1997; Brice, 1999; Männik et al., 2013; Hairapetian et al., 2008, 2011 and 2012؛ طاهری و شمعیان، ۱۳۷۸؛ طاهری، ۱۳۸۲؛ صاحب‌جمعی، ۱۳۹۰؛ فیروزه‌مقدم، ۱۳۹۰) که بیشتر متمرکز بر مطالعه بازوپایان، مرجان‌ها، کنودونت‌ها، و تلودونت‌ها بوده و چینه‌های هم‌سن در شمال خاور ایران کمتر مورد توجه بوده‌اند.

از دیدگاه جغرافیای دیرینه، شمال خاور ایران متعلق به بخش خاوری پری‌گندوانا است که در زمان سیلورین در عرض‌های میانی نیمکره جنوبی (حدود ۴۵°) جای داشته است (Scotese and Mckerrow, 1990)؛ اگرچه بر پایه نقشه‌های دیرینه جغرافیایی ارائه شده در نوشته‌های (Cocks and Torsvik (2004) و (Hairapetian et al. (2008) شمال خاور ایران در زمان اواخر اردوویسین-سیلورین در عرض جغرافیایی کمتر از ۳۰ درجه در شمال گندوانا جای داشته است. (Ruban et al. (2007) نیز کپه‌داغ و توران را بخشی از سرزمین هون دانسته‌اند که در زمان سیلورین از ابرقاره گندوانا جدا شده است. (Ghavidel-Syooki (2016) با مطالعه مجموعه اسپوره‌های سازند قلی (اردوویسین پسین) در کوه سالوک بجنورد که مستقیماً در زیر ردیف رسوبات سازند نیور جای گرفته‌اند، قرابت سنگواره‌ای موجود را مشابه با دیگر مجموعه‌های گزارش شده از حاشیه شمالی پری‌گندوانا و بنابراین منطقه کوه‌های سالوک را به عنوان بخشی از پهنه البرز خاوری، مرتبط با این سرزمین کهن دانسته است. (انتساب زیادی استراکودی سازند نیور در خاور ایران مرکزی به پری‌گندوانا (Hairapetian et al., 2011) نیز شاید ارتباط این دو ناحیه یعنی منطقه کوه‌های

همان‌طور که از توضیحات بالا مشخص است، بیشتر بررسی‌ها در توالی‌های منتسب به سیلورین در باختر حوضه کپه‌داغ متمرکز بر مطالعه زیبای بازوپایان،

استان خراسان شمالی جای دارد. دستیابی به این برش از راه جاده بجنورد-گرگان میسر است. کافی است پس از رسیدن به این آبادی، از یکی از راه‌های خاکی و یا آبراه‌های موجود در شمال رباط قره‌بیل، پیمایش را آغاز کرد و پس از حدود ۲/۵ کیلومتر به برش مورد نظر رسید. مختصات قاعده برش  $24^{\circ} 37'$  عرض شمالی و  $20' 17'' 56^{\circ}$  طول خاوری است (شکل ۱).

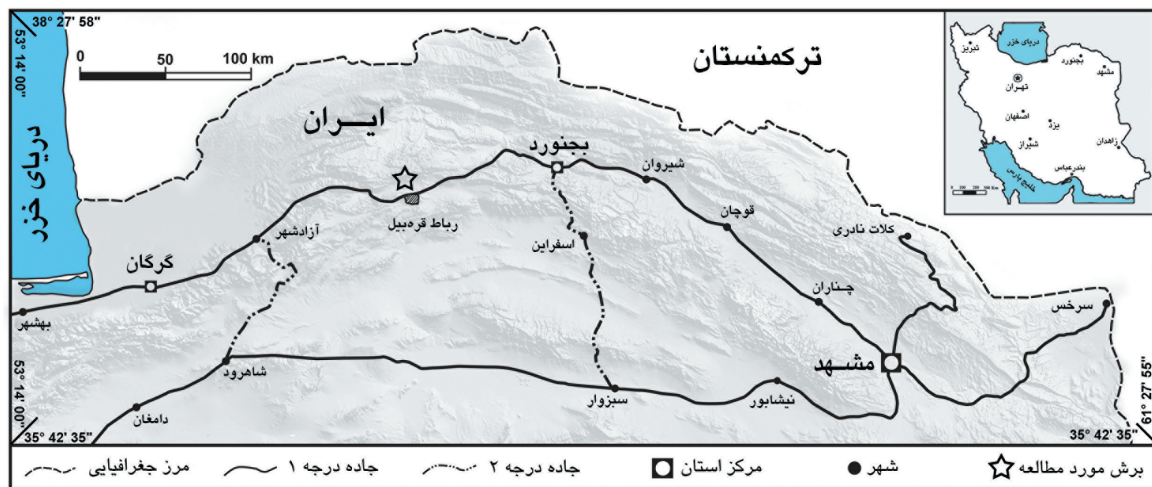
### ۳- روش مطالعه

در مجموع ۵۲ نمونه از لایه‌های مختلف سنگ‌آهکی سازند نیور در برش رباط قره‌بیل برداشت و همگی در آزمایشگاه دیرینه‌شناسی مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال خاوری آماده سازی شد.

پابرسران و پالینومورف‌ها بوده و زیای کنودنتی کمتر مورد توجه بوده‌اند. به همین دلیل در این پژوهش، مطالعه و بررسی این زیا مدنظر قرار گرفته است تا ضمن تعیین سن چینه‌های برش رباط قره‌بیل بر پایه این سنگواره‌های شاخص و ارزشمند، گستره حضور کنودنت‌ها برای تعریف زیست‌زون‌های احتمالی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و در حد توان، با دیگر برش‌های چینه‌شناسی سیلورین ایران مقایسه شود.

### ۲- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه

برش چینه‌شناسی مورد نظر در این نوشتار در فاصله ۱۱۰ کیلومتری باختر شهرستان بجنورد و به فاصله تقریبی ۲/۵ کیلومتری شمال آبادی کوچک رباط قره‌بیل در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه.

قره‌بیل همراه با شکست چینه‌شناسی است که با ۹۰ متر از سنگ‌آهک‌های نازک لایه و مارن و گاهی ماسه‌سنگ دنبال و در ادامه به وسیله ۲۰۰ متر کوارتزآرنایت و شیل و سپس ۱۳۰۰ متر سکانس آواری و سنگ‌های کربناته به سن دونین پوشیده می‌شود. (Afshar-Harb (1979) چینه‌های متناسب به سیلورین سازند نیور در کوه سالوک را در قالب دو عضو زیرین و بالایی معرفی کرده است. عضو زیرین بیشتر شامل شیل‌های سبز رنگ و سنگ‌آهک‌های سنگواره‌دار دارای مرجان به سبزی ۵۰۰ است که توسط (Ghavidel-Syooki (2000) به سیلورین پیشین نسبت داده شده است. عضو بالایی نیز از ۲۵۰ متر ماسه‌سنگ‌های کوارتزآرنایتی سفید رنگ و شیل‌های سرخ تا سبز رنگ تشکیل شده است که با توجه به محتوای کریپتواسپورهای شناسایی شده توسط (Ghavidel-Syooki (2000) به سیلورین میانی (ونلوک) متناسب شده‌اند. برداشت‌های چینه‌شناسی انجام شده در پژوهش حاضر روی برش رباط قره‌بیل نشان می‌دهد که چینه‌های سازند نیور در این برش را می‌توان در قالب ۶ بخش مختلف به شرح زیر رده‌بندی کرد:

**بخش شماره ۱:** آغازگر چینه‌های سازند نیور سنگ‌های آذرین زیردریایی (Nowrouzi et al., 2015) مانند بازالت‌های آندزیتی و گدازه‌های حفره‌دار همراه با توف‌های متبلور و برش‌های آتشفشانی به سبزی ۲۹ متر است. این سنگ‌ها که روی شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های متناسب به اردووسین جای گرفته‌اند (وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰)؛ از قاعده سازند نیور در بیشتر رخنمون‌های موجود در ایران مرکزی و شمال خاور ایران گزارش شده‌اند. به باور (Alavi (1991) سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی قاعده سیلورین در ایران مرکزی و باختر کپه‌داغ و حتی البرز نشان‌دهنده بازشدگی درون قاره‌ای در زمان سیلورین پیشین هستند که به ایجاد اقیانوس پالئوتتیس انجامیده است.

**بخش شماره ۲:** این چینه‌ها با تناوبی از سنگ‌آهک‌های گرهکی، ماسه‌سنگ‌های

بدین منظور، مقدار یک کیلوگرم از هر نمونه پس از گل‌شویی اولیه، به مدت یک هفته در محلول اسید استیک ۱۰ درصد قرار گرفت و پس از انحلال، رسوب حاصل به کمک الک‌های ۱۸ و ۲۳۰ مش شست‌وشو داده شد. پس از بررسی رسوبات گردآوری شده از این مرحله در زیر میکروسکپ نوری دوچشمی و جداسازی همه سنگواره‌های کنودنت، شناسایی اولیه انجام و سپس به کمک میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Leo 1450VP مرکزی دانشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد از نمونه‌های مناسب‌تر تصویربرداری شد. گفتنی است که همه نمونه‌های کنودنتی به دست آمده با پیشوند FUM نام‌گذاری شده‌اند و در مخزن گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نگهداری می‌شوند.

### ۴- سنگ‌چینه‌نگاری برش مورد مطالعه

منطقه رباط قره‌بیل اولین بار توسط گروهی از کارشناسان دانشگاه آکسفورد در سال ۱۹۷۲ مورد بازدید قرار گرفت و اولین نقشه زمین‌شناسی منطقه توسط ایشان تهیه شد (Cocks, 1979). سپس (Brice et al. (1974) ضمن توصیف چینه‌شناسی چینه‌های سیلورین-دونین این منطقه، بازویایانی را که بیشتر متعلق به زمان دونین بودند، شرح داده‌اند. ایشان ردیف رسوباتی متشکل از مارن‌های آهکی و ماسه‌سنگ‌دارای قطعات بازویایان را در قالب افق شماره ۱ به عنوان آغازگر توالی‌های سیلورین-دونین منطقه معرفی کرده‌اند. این چینه‌ها بعدها توسط (Cocks (1979) هنگام مطالعه بازویایان موجود، با عنوان «سازند سنگ‌آهکی رباط قره‌بیل» معرفی شده‌اند. وی، سازند قره‌بیل را متشکل از ۵۲ متر سنگ‌آهک با میان‌لایه‌هایی از مارن دارای سنگواره‌های مرجان و بازویا دانسته که روی گدازه‌ها و توف‌های بی‌نام و با سن نامشخص (احتمالاً معادل با سازند سلطان میدان) جای گرفته‌اند. به باور (Cocks (1979) مرز بالایی سازند

*Ozarkodina cf. derenjalensis*, *Ozarkodina cf. oldhamensis*, *Ozarkodina sp.*, *Panderodus unicosatus* و *Ozarkodina oldhamensis*, *Wurmiella excvata* *Aspelundia sp.*, *Aspelundia expansa*, *Walliserodus sp.*. گونه‌های ۳، بخش ۳، *Oulodus cf. expansus*, *Oulodus cf. jeannae*, *Oulodus cf. panuarensis*, *Oulodus cf. sigmoideus*, *Panderodus recurvatus*, *Panderodus unicosatus*, *Wurmiella cf. excvata* و *Pseudooneotodus beckmanni* در بخش ۴ و گونه *Panderodus sp.* در بخش ۶ شناسایی شده‌اند. زیای کنودونتی یاد شده عموماً معرف بازه زمانی رودانین پسین - آثرونین از سری لاندوری هستند (شکل ۲).

- زیست‌زون کنودونتی *Aspelundia expansa*: در میان همه کنودونت‌های به دست آمده از برش رباط قره‌بیل، تنها گونه *Aspelundia expansa* به عنوان یک سنگواره زیست‌زون‌ساز شناخته می‌شود. این گونه که اولین بار در رودانین پسین ظاهر شده (Cramer et al., 2011) از افق‌های مختلفی در بخش‌های شماره ۳ و ۴ این برش به دست آمده است. اولین حضور این کنودونت که معرف قاعده زیست‌زون بینایی *Aspelundia expansa* نیز بوده و در برش رباط قره‌بیل به فاصله ۸۱/۵ متری از قاعده سازند شناسایی شده است که این امر نشان می‌دهد سن توالی‌های سازند نیور بر پایه زیای کنودونتی، دست کم از این افق به بعد رودانین پسین - آثرونین است؛ ضمن اینکه آخرین حضور این گونه تا اواخر سیلورین نیز گزارش شده است. حضور همزمان گونه *Aspelundia expansa* با گونه *Wurmiella excavata* که آن هم اولین بار در رودانین پسین ظاهر شده و تا دوتین هم ادامه یافته است (Murphy et al., 2004) سن ارائه شده برای این بخش از سازند نیور را تأیید می‌کند. افزون بر این، گونه *Pseudooneotodus beckmanni* نیز که از فرم‌های مخروطی با حفره قاعده‌ای گسترده و کاسپ کوتاه بوده و از فاصله ۱۵۰ متری از قاعده برش در میانه بخش ۴ به دست آمده؛ عموماً از چینه‌های اردوویسین بالایی تا آثرونین گزارش شده است که این بازه زمانی نیز سن ارائه شده برای برش مورد مطالعه را تأیید می‌کند. با این حال، تا پایان برش هیچ شواهدی از پایان زیست‌زون *Aspelundia expansa* و شروع زیست‌زون بعدی یعنی *Pranognathus tenuis* دیده نشده است. همچنین، هیچ شواهدی از گونه شاخص *Distomodus staurogathoides* که در قالب زیست‌زون *Distomodus staurogathoides* توسط Mannik et al. (2013) از ناحیه کوه‌های درنجال گزارش شده نیز شناسایی نشده است. بنابراین پایان زیست‌زون *Aspelundia expansa* در برش رباط قره‌بیل، دست کم بر پایه کنودونت‌های معرفی شده در این نوشتار، مشخص نیست. بر این اساس، سن همین زیست‌زون برای توالی مورد مطالعه در نظر گرفته شده و بنابراین حد بالایی زیست‌زون *Aspelundia expansa* نامشخص است.

## ۶- بحث

تأثیر رویداد انقراض هیرنانتین در انتهای اردوویسین که خود ناشی از گسترش صفحه‌های سترگ یخی روی ابرقاره گندوانا بوده است (Armstrong, 2007)؛ با کاهش به نسبت شدید حیات در این زمان مشخص می‌شود. این گسترش یخچالی و ذوب آن در سیلورین نوسان‌های چشمگیری در سطح نسبی آب دریاها و سیلورین پیشین داشته است؛ به طوری که نهشته‌های رسوبی آواری یخچالی هیرنانتین در بسیاری از مناطق با چینه‌های پس از یخچال‌زایی (Post glacial) شروع لاندووری پوشیده می‌شوند که بیشتر از نوع آواری‌های دانه‌ریز سنگواره‌دار و سنگ‌های کربناته هستند. این ویژگی در بسیاری از سرزمین‌های وابسته به گندوانا و حتی در کوه‌های زاگرس ایران نیز شناخته شده است (Ghavidel Syooki et al., 2011).

احتمالاً گوناگونی رخساره‌ای به نسبت بالای سازند نیور در برش رباط قره‌بیل تحت تأثیر نوسان‌های زیاد سطح آب دریا در سیلورین پیشین بوده است. این امر که گاه با رخداد آشفستگی زیاد و بروز جریان‌های توربیدیتی نیز همراه بوده (Schofield et al., 2009)؛ نقش مهمی در جابه‌جایی خط ساحلی و بروز تغییرات رخساره‌ای در توالی‌های سیلورین ایران داشته است که در آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار گرفته بودند.

دانه‌ریز و سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه سرخ رنگ دارای مرجان و بازوپا با ستبرای کلی ۳۳/۵ متر مشخص می‌شوند.

- **بخش شماره ۳:** این ردیف‌ها با ستبرای کلی ۵۱/۵ متر، در بردارنده ماسه‌سنگ‌های ریزدانه و شیل‌های سیلتی هستند که گاه تناوب‌هایی از لایه‌های سنگواره‌دار دارند.

- **بخش شماره ۴:** این واحد با ستبرای ۷۵ متر، متشکل از سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه قهوه‌ای رنگ سنگواره‌دار دارای مرجان، بازوپا و تریلوبیت همراه با لایه‌های اندکی از سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای است. شواهدی از ردواره‌های *Skolithos* و *Chondrites* در بخش‌های بالایی این بخش دیده می‌شود.

- **بخش شماره ۵:** این بخش با ۷۴ متر ستبرای، شامل سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای، توف‌های متبلور و کوارتزآرنایت‌های متوسط تا ستر لایه در بخش بالایی خود است. وجود ساختمان‌هایی همچون لامیناسیون‌های مورب، نشان از تشدید جریان‌های یک سویه و احتمالاً چیرگی شرایط توفانی در زمان نهشته شدن نیمه بالایی واحد پنجم دارد.

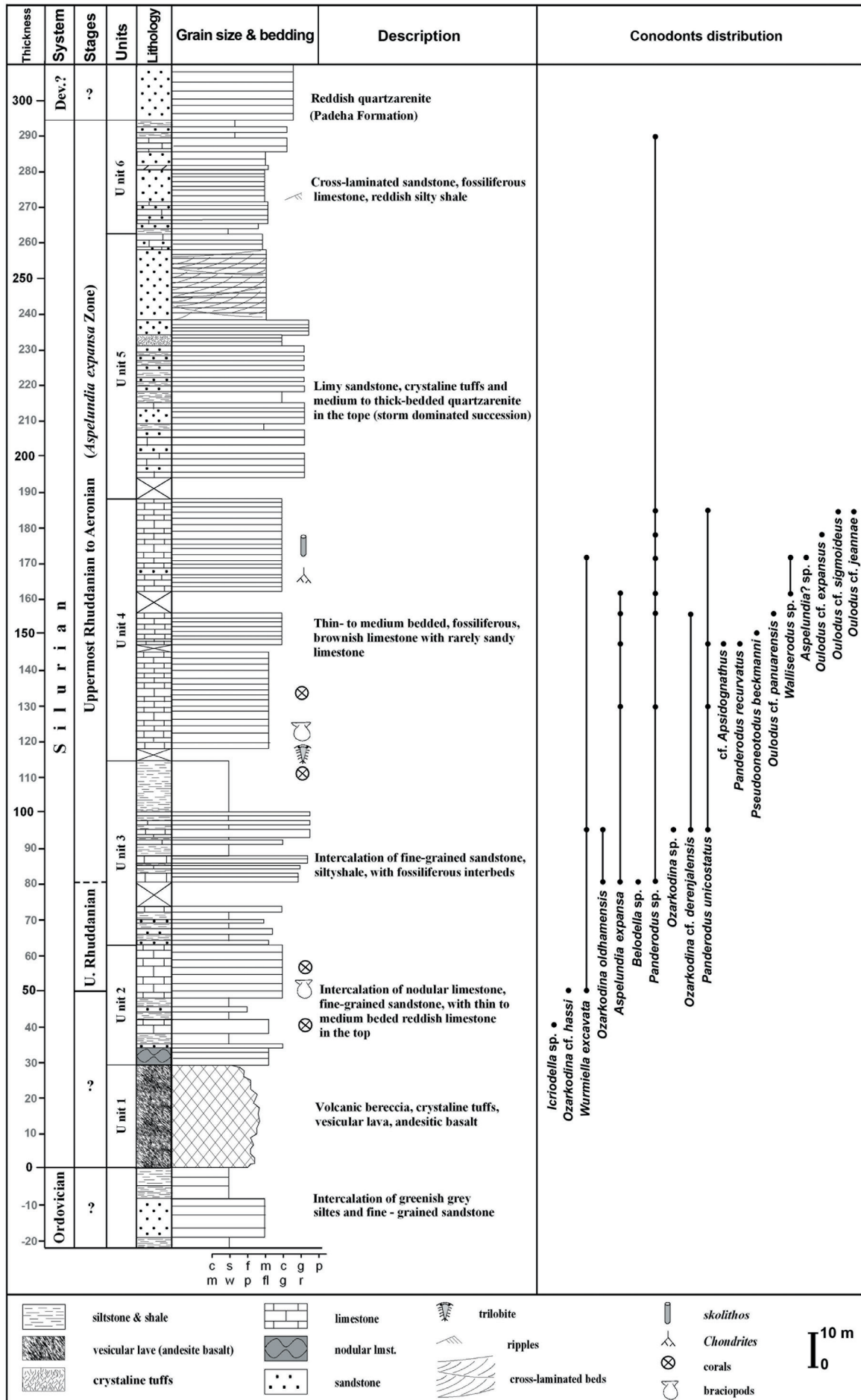
- بخش شماره ۶: این چینه‌ها که آخرین واحدهای سنگی برداشت شده متسبب به سازند نیور در برش رباط قره‌بیل هستند؛ از ماسه‌سنگ‌های دارای چینه‌بندی مورب، سنگ‌آهک‌های سنگواره‌دار و شیل‌های سیلتی سرخ رنگ به ستبرای ۳۲/۵ متر تشکیل شده‌اند که به صورت همیشب توسط کوارتزآرنایت‌های سرخ رنگ پوشیده می‌شوند. جایگاه چینه‌شناسی این چینه‌های آواری سرخ رنگ و تعلق آنها به زمان سیلورین و یا انتساب احتمالی آنها به ماسه‌سنگ‌های معادل با سازند پادها به سن دوتین، نیازمند بررسی‌های بیشتر است.

بر این اساس، مجموع ستبرای برداشت شده از سازند نیور در این پژوهش ۲۹۵/۵ متر بوده است (شکل ۲). نکته مهم در برش رباط قره‌بیل، تغییرات به نسبت شدید رخساره‌ای سازند نیور از ماسه‌سنگ‌های محیط‌های ساحلی تا شیل‌ها و سنگ‌های کربناته نواحی کم‌ژرفا و نیمه‌ژرفا است که با زیای کف‌زی فراوانی از مرجان‌ها و بازوپایان همراه بوده است.

## ۵- زیست‌چینه‌نگاری برش مورد مطالعه

مقایسه زیای کنودونتی سیلورین نقاط مختلف دنیا با یکدیگر در یک مقیاس جهانی همیشه سخت و مشکل‌ساز بوده است (Cramer et al., 2011). با این حال، Walliser (1964) اولین کسی بود که پیشنهاد زیست‌پهنه‌بندی رسوبات دریایی سیلورین را بر پایه پراکندگی عناصر کنودونتی در قالب ۱۱ واحد مختلف کنودونت‌دار ارائه کرد. با انجام نمونه‌برداری‌های دقیق و مطالعات با قدرت تفکیک‌پذیری بالاتر در سال‌های بعد، زیست‌پهنه‌های کنودونتی فراوانی از توالی‌های سیلورین مناطق مختلف به ویژه ناحیه بالتیک (Jeppsson, 1997) معرفی شده‌اند. زیر کمیته چینه‌شناسی سیلورین نیز در سال زیست‌زون‌های کنودونتی استاندارد رادر مقیاس جهانی ارائه داده است (Subcommission on Silurian Stratigraphy, 1995). در سال‌های گذشته هم مطالعات بسیاری روی چینه‌های سیلورین نقاط مختلف دنیا و به ویژه روی زیای کنودونتی آنها انجام شده است (Männik, 1998 and 2007; Zhang and Barnes, 2002; Jeppsson and Calner, 2003; Cramer et al., 2011; Corriga and Corradini, 2009; Corradini et al., 2015; Waid and Over, 2016). در ایران نیز پژوهش‌های انجام شده توسط Männik et al. (2013 and 2015) اهمیت دارند. همه زیست‌زون‌های معرفی شده در این مطالعات از نوع بینابینی و بر پایه اولین ظهور کنودونت‌های مختلف این دوره زمانی تعریف شده‌اند. شرح کاملی از این زیست‌زون‌ها و مقایسه آنها با داده‌های ایزوتوپی <sup>13</sup>C در نوشته Cramer et al. (2011) آمده است.

بخش ۱ سازند نیور در برش رباط قره‌بیل دارای منشأ آتشفشانی است و سنگواره ندارد. کنودونت‌های به دست آمده بیشتر در بخش‌های شماره ۲ تا ۴ یافت می‌شوند؛ بخش ۵ هم بدون هر گونه اجزای اسکلتی و در بخش ۶ هم تنها یک گونه کنودونت شناسایی شده است. بر این اساس، گونه‌های *Ozarkodina cf. hassi*، *Icriodella sp.* و *Wurmiella excvata* در بخش ۲، گونه‌های *Aspelundia expansa*، *Belodella sp.*،



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی و نمودار گسترش عمودی کنودونتهای شناسایی شده در برش رباط قره‌بیل.

## ۷- نتیجه گیری

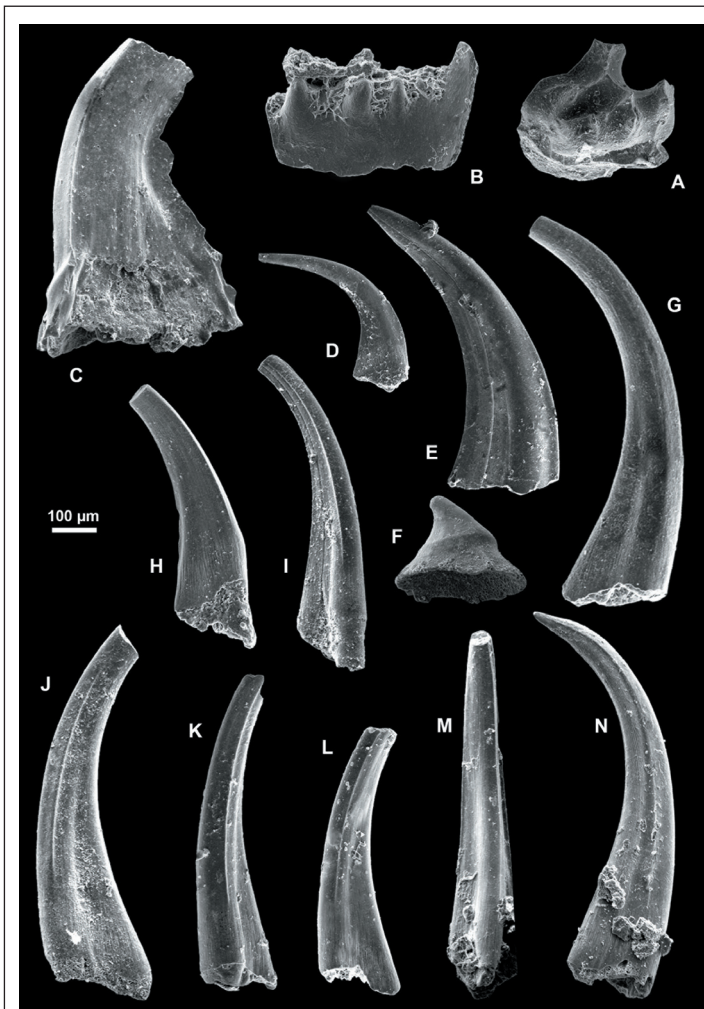
۱۹ گونه از ۱۰ جنس مختلف کنودونتی به دست آمده از توالی‌های معادل با سازند نیور در شمال رباط قره‌بیل نشان‌دهنده سن لاندوری (بخش بالایی اشکوب رودانین تا آثرونین) برای این چینه‌ها هستند. این کنودونت‌ها که بیشتر در بخش‌های ۲ تا ۴ برش مورد مطالعه یافت شده‌اند؛ گونه‌های مختلفی از جنس‌های *Icriodella*, *Walliserodus* را دربر می‌گیرند و مؤید حضور زیست‌زون بینایی *Aspelundia expansa* هستند. سن ارائه شده بر پایه این کنودونت‌ها همخوانی خوبی با تعیین سن انجام شده بر پایه بازوپایان، پابرسران و پالینومورف‌های شناسایی شده توسط دیگر پژوهشگران در مطالعات پیشین، از توالی‌های مشابه در باختر کپه‌داغ دارند. یافته‌های به دست آمده از این پژوهش، ضرورت انجام مطالعات مشابه در دیگر رخنمون‌های پالئوزویک منطقه را به ویژه در رسوبات سیلورین با دقت بالا تأکید می‌کند.

## سپاسگزاری

نگارندگان از زحمات ارزنده آقای پروفیسور Peep Männik از دانشگاه تالین استونی و آقای دکتر وایچیک هایراپطیان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان برای کمک در شناسایی کنودونت‌ها و نیز از همکاری سرکار خانم مهندس مریم بهره‌مند، آقای مهندس فرخ قائمی و آقای مهندس حسن عزمی از مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال خاوری برای کمک‌های در خور توجه صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

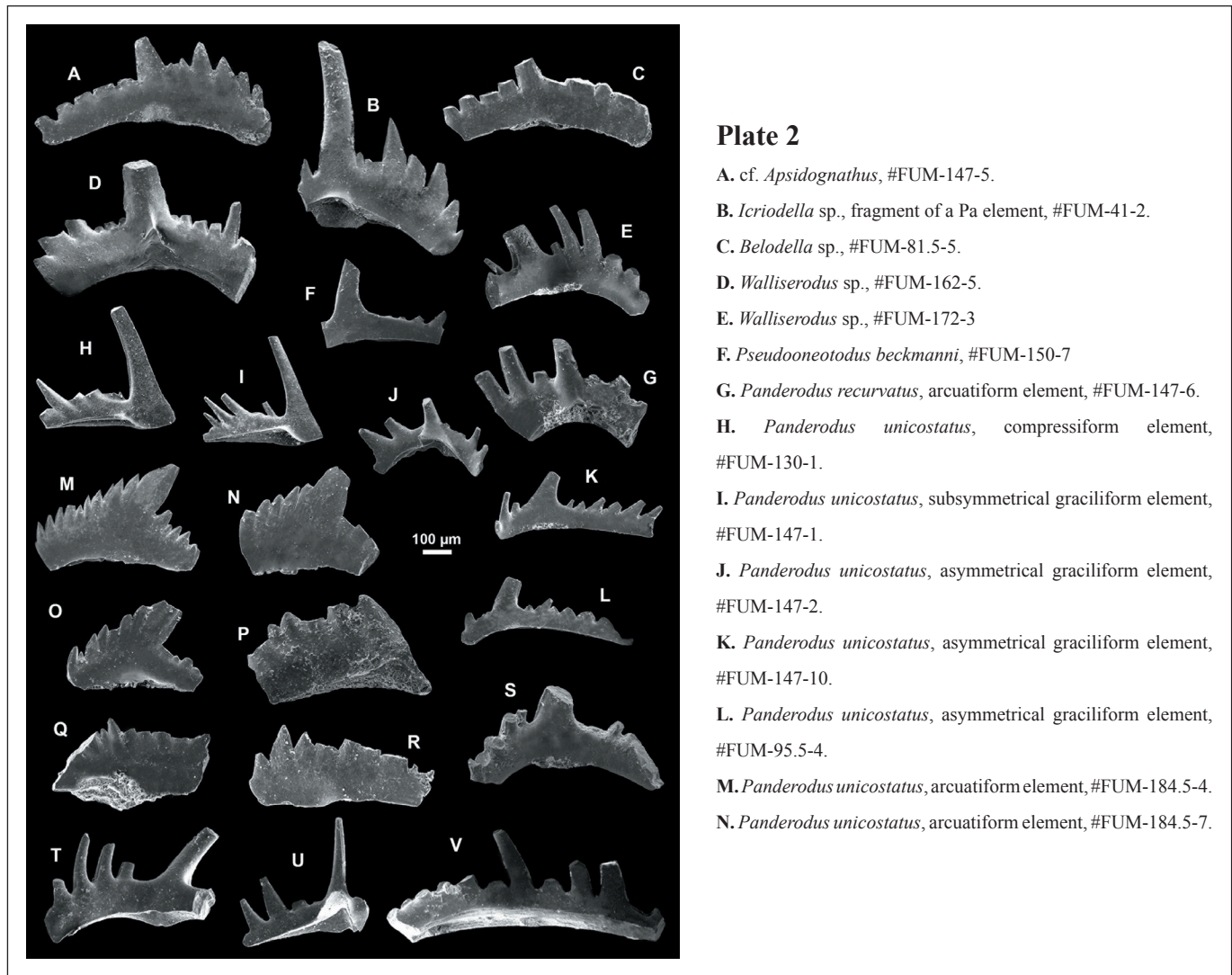
بنابراین، با وجود چنین تغییرات رخساره‌ای به نسبت شدید در سازند نیور و واحدهای معادل با آن در دیگر مناطق ایران و رسوب‌گذاری این توالی‌ها در محیط‌های کم‌ژرفای حاشیه قاره‌ای، کمبود زیادی کنودونتی که بیشتر شاخص محیط دریای باز هستند؛ چندان دور از انتظار نیست.

(Männik et al. (2013 در محل برش مرجع سازند نیور در منطقه دهانه کلوت (شمال طیس)، تجمع نسبتاً مشابهی را با کنودونت‌های موجود در واحدهای شماره ۳ و ۴ برش رباط قره‌بیل معرفی کرده‌اند که البته به دلیل نبود گونه *Aspelundia expansa* در یافته‌های ایشان و نیز با توجه به حضور گونه شاخص *Distomodus staurognathoides* توالی سازند نیور در برش دهانه کلوت به این زیست‌زون نسبت داده شده است. با وجود شباهت زیاد مجموعه‌های زیادی برش رباط قره‌بیل با برش الگوی سازند نیور و البته تلاش بسیار برای یافتن گونه *Distomodus staurognathoides* در این برش، هیچ اثری از آن در گستره سازند یافت نشد و بنابراین زیست‌زون *Distomodus staurognathoides* در این برش آشکار نشد. بنابراین زیست‌پهنه‌بندی صورت گرفته تنها با توجه به حضور گونه *Aspelundia expansa* صورت گرفته است. گفتنی است سن ارائه شده بر پایه زیست‌زون کنودونتی به دست آمده از برش رباط قره‌بیل با تعیین سن‌های انجام شده با آکریتارک‌ها و کیتینوزون‌ها توسط (Ghavidel-Syooki and Vecoli (2007)، Evans et al. (2015) و Popov and Cocks (2013) و پابرسران توسط (Evans et al. (2015) همخوانی خوبی دارد.



## Plate 1

- A. *Wurmiella excavata*, Pa element, #FUM-50-2.
- B. *Wurmiella cf. excavata*, Pb element, #FUM-172-1.
- C. *Wurmiella excavata*, Pb element, #FUM-95.5-2.
- D. *Wurmiella cf. excavata*, Sb element, #FUM-172-2.
- E. *Aspelundia expansa*, Sc element, #FUM-156-4.
- F. *Aspelundia expansa*, Sc element, #FUM-130-2.
- G. *Aspelundia* sp., Sb element, #FUM-172-5.
- H. *Aspelundia expansa*, M element, #FUM-147-4.
- I. *Aspelundia expansa*, M element, #FUM-147-3.
- J. *Aspelundia expansa*, Sb element, #FUM-81.5-2.
- K. *Aspelundia expansa*, Sc element, #FUM-162-6.
- L. *Aspelundia expansa*, Sc element, #FUM-172-10.
- M. *Ozarkodina oldhamensis*, Pb element, #FUM-81.5-1.
- N. *Ozarkodina* sp., Pb element, #FUM-95.5-1.
- O. *Ozarkodina cf. oldhamensis*, Pb element, #FUM-95.5-3.
- Q. *Ozarkodina cf. derenjalensis*, fragment of Pa element, #FUM-95.5-5.
- R. *Ozarkodina cf. derenjalensis*, fragment of Pa element, #FUM-156-7.
- S. *Oulodus cf. panuarensis*, Sc element, #FUM-156-1.
- T. *Oulodus cf. sigmoideus*, Sc element, #FUM-184.5-1.
- U. *Oulodus cf. expansus*, Sa element, #FUM-178.5-2.
- V. *Oulodus cf. jeannae*, Sc element, #FUM-184.5-3.



## Plate 2

- A. cf. *Apsidognathus*, #FUM-147-5.  
 B. *Icriodella* sp., fragment of a Pa element, #FUM-41-2.  
 C. *Belodella* sp., #FUM-81.5-5.  
 D. *Walliserodus* sp., #FUM-162-5.  
 E. *Walliserodus* sp., #FUM-172-3  
 F. *Pseudooneotodus beckmanni*, #FUM-150-7  
 G. *Panderodus recurvatus*, arcuatiform element, #FUM-147-6.  
 H. *Panderodus unicastatus*, compressiform element, #FUM-130-1.  
 I. *Panderodus unicastatus*, subsymmetrical graciliform element, #FUM-147-1.  
 J. *Panderodus unicastatus*, asymmetrical graciliform element, #FUM-147-2.  
 K. *Panderodus unicastatus*, asymmetrical graciliform element, #FUM-147-10.  
 L. *Panderodus unicastatus*, asymmetrical graciliform element, #FUM-95.5-4.  
 M. *Panderodus unicastatus*, arcuatiform element, #FUM-184.5-4.  
 N. *Panderodus unicastatus*, arcuatiform element, #FUM-184.5-7.

## کتابنگاری

- صاحب‌جمعی، س.، ۱۳۹۰- پالینولوژی و پالیواستراتیگرافی رسوبات بخش زیرین سازند نیور در جنوب غرب کاشمر در برش چاه تجری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ۱۷۶ص.
- طاهری، ج. و شمعیان، غ. ح.، ۱۳۷۸- نقشه زمین‌شناسی کاشمر با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- طاهری، ج.، ۱۳۸۲- چینه‌شناسی رسوبات در نواحی جنوب باختری کاشمر و شمال طبرس بر اساس کنودونتها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۴۷ص.
- فیروزه‌مقدم، ج.، ۱۳۹۰- بایواستراتیگرافی نهشته‌های سیستم سیلورین برش شیرویه جنوب بجنورد با نگرش ویژه بر کنودونتها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۲۱۸ص.
- وزیری، س. ح. و سلامتی، ر.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی رباط قره‌بیل در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Afshar-harb, A., 1979- The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of Kopet-Dagh region, Northern Iran. Ph.D. Thesis, Petroleum Geology Section, Royal School of Mines, Imperial College, London, 316 pp.
- Alavi, M., 1991- Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. Geological Society of America Bulletin, 103: 983-992.
- Armstrong, H. A., 2007- On the cause of Ordovician glaciation. In: Williams, M., Haywood, A.M., Gregory, F.J., and Schmidt, D.N., (eds.), Deep-Time Perspectives on Climate Change: Marrying the Signal from Computer Models and Biological Proxies. The Micropalaeontological Society Special Publications. Geological Society Publishing House, pp. 101-121.
- Brice, D., 1999- Middle Silurian Rhynchonellid and Spiriferid brachiopod faunas from Eastern Central Iran. Annales de la Société géologique du Nord, 7 (2): 5-12.

- Brice, D., Lafuste, J., Lapparent, A. F. de, Pillet, J. and Yassini, I. 1974- Etude de deux gisements paleozoïques (Silurien et Devonien) de l'Elbourz oriental (Iran). *Annales de la Société géologique du Nord, Lille*, 93: 177-218.
- Cocks, L. R. M. and Torsvik, T. H., 2004- Major terranes in the Ordovician. In: Webby, B.D., Paris, F., Droser, M.L., and Percival, I., (eds.), *The great Ordovician biodiversification event*. Columbia University Press, New York, pp. 61–67.
- Cocks, L. R. M., 1979- A silicified brachiopod fauna from the Silurian of Iran. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*, 32 (1): 25-42.
- Corradini, C., Corrigan, M. G., Männik, P. and Schonlaub, H. P., 2015- Revised conodont stratigraphy of the Cellon section (Silurian, Carnic Alps). *Lethaia*, 48: 56-71.
- Corrigan, M. G. and Corradini, C., 2009- Upper Silurian and Lower Devonian conodonts from the Monte Cocco II section (Carnic Alps, Italy). *Bulletin of Geosciences*, 84: 155-168.
- Cramer, B. D., Brett, C. E., Melchin, M. J., Männik, P., Kleffner, M. A., McLaughlin, P. I., Loydell, D. K., Munnecke, A., Jeppsson, L., Corradini, C., Brunton, F. R. and Saltzman, M. R., 2011- Revised correlation of Silurian Provincial Series of North America with global and regional chronostratigraphic units and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  chemostratigraphy. *Lethaia*, 44: 185-202.
- Evans, D. H., Ghobadi Pour, M., Popov, L. E. and Jahangir, H., 2015- An Early Silurian (Aeronian) cephalopod fauna from Kopet-Dagh, north-eastern Iran: including the earliest records of non-orthocerid cephalopods from the Silurian of Northern Gondwana. *Bulletin of Geosciences*, 90 (2): 479–507.
- Flügel, H. W., 1962- Korallen aus dem Silur von Ozbak-Kuh (NE-Iran). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 105: 287-330.
- Ghavidel-Syooki, M. and Vecoli, M., 2007- Latest Ordovician/early Silurian chitinozoans from the eastern Alborz Mountain Range, Kopet-Dagh region, northeastern Iran: biostratigraphy and paleobiogeography. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 145: 173-192.
- Ghavidel-Syooki, M., 2000- Palynostratigraphy and palaeobiogeography of Lower Palaeozoic strata in the Ghelli area, northeastern Alborz Range of Iran (Kopet–Dagh region). *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 11: 305-318.
- Ghavidel-Syooki, M., 2006- Chitinozoan biostratigraphy and palaeogeography of Silurian strata (Niur Formation) at eastern Alborz Mountain Range (Kopeh-Dagh region), northeastern Iran. *Journal of Sciences, University of Tehran*, 32 (3): 127-146.
- Ghavidel-Syooki, M., 2016- Miospore assemblages from Late Ordovician (Katian/Hirnantian), Ghelli Formation, Alborz Mountain Range North-eastern Iran: Palaeophytogeographic and palaeoclimatic implications. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran* 27 (2): 135-159.
- Ghavidel-Syooki, M., Álvaro, J. J., Popov, L. E., Ghobadi Pour, M., Ehsani, M. H. and Suyarkova, A., 2011- Stratigraphic evidence for the Hirnantian (latest Ordovician) glaciation in the Zagros Mountains, Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307: 1–16.
- Hairapetian, V., Blom, H. and Miller, C. G. 2008- Silurian thelodonts from the Niur Formation, central Iran. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53 (1): 85–95.
- Hairapetian, V., Ghobadi Pour, M., Popov, L. E., and Modzalevskaya, T. L., 2012- Stegocornu and associated brachiopods from the Silurian (Llandovery) of Central Iran. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 61 (2): 82–104.
- Hairapetian, V., Mohibullah, M., Tilley, L. J., Williams, M., Miller, C. G., Afzal, J., Ghobadi Pour, M. and Hejazi, S. H., 2011- Early Silurian carbonate platform ostracods from Iran: A peri-Gondwanan fauna with strong Laurentian affinities. *Gondwana Research* 20: 645-653.
- Hamed, M. A., Wright, A. J., Aldridge, R. J., Bécot, A. J., Bruton, D. L., Chatterton, B. D. E., Jones, P., Nicoll, R. S., Rickards, R. B. and Ross, J. R. P., 1997- Cambrian to Silurian of East-Central Iran: new biostratigraphic and biogeographic data. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 7: 412–24.
- Hubmann, B., 1991- Halysitidae aus dem tiefen Silur E-Irans (Niur-Formation). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 134: 711–733.
- Jeppsson, L. and Calner, M., 2003- The Silurian Mulde Event and a scenario for secundo–secundo events. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 93: 135–154.
- Jeppsson, L., 1997- A new latest Telychian, Sheinwoodian and Early Homerian (Early Silurian) Standard Conodont Zonation. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*, 88: 91-114.
- Männik, P., 1998- Evolution and taxonomy of the Silurian conodont *Pterospathodus*. *Palaeontology* 41: 1001–1050.
- Männik, P., 2007- An updated Telychian (Late Llandovery, Silurian) conodont zonation based on Baltic faunas. *Lethaia* 40: 45–60.
- Männik, P., Miller, C. G. and Hairapetian, V., 2013- Conodonts from the Niur Formation (Silurian) of the Derenj Mountains, Central Iran. *Geological Magazine*, 150 (4): 639-650.
- Männik, P., Miller, C. G. and Hairapetian, V., 2015- A new early Silurian prioniodontid conodont with three P elements from Iran and associated species. *Acta Palaeontologica Polonica*, 60 (3): 733-746.
- Murphy, M. A., Valenzuela-Ríos, J. I. and Carls, P., 2004- On classification of Pridoli (Silurian)-Lochkovian (Devonian) Spathognathodontidae (Conodonts). *University of California, Riverside, Campus Museum Contribution*, 6: 1-25.
- Nowrouzi, Z., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Mahmudy Gharai, M. H. and Ghaemi, F., 2015- Facies Analysis and Sequence Stratigraphy of Silurian Carbonate Ramps in the Turan (Kopeh-Dagh) and Central Iran Plates with Emphasis on Gondwana Tectonic Event. *Acta Geologica Sinica*, 89 (4): 1801–1840.

- Popov, L. E. and Cocks, L. R. M., 2013- The radiation of early Silurian spiriferide brachiopods, with new taxa from the Llandovery of Iran. *Alcheringa* 37: 558–564.
- Ruban, D. A., Al-Husseini, M. I. and Iwasaki, Y., 2007- Review of Middle East Paleozoic plate tectonics. *GeoArabia*, 12: 35–56.
- Ruttner, A., Nabavi, M. H., Hajian, J., Bozorgnia, F., Eftekharneshad, J., Seyed Emami, K., Flugel, E., Flugel, H. W., Haghypour, A., Iwao, S., Kahler, F., Ruttner-Kolisko, A., Sartenaer, P., Stepanov, D. L., Valeh, N., Walliser, O. H. and Winsnes, T. S., 1968- Geology of the Shirgesht Area (Tabas area, East Iran). Geological Survey of Iran, Report No. 4: 1 - 140.
- Schofield, D. I., Davies, J. R., Waters, R. A., Williams, M. and Wilson, D., 2009- A new Early Silurian turbidite system in Central Wales: insights into eustatic and tectonic controls on deposition in the southern Welsh Basin. *Geological Magazine*, 146: 121-132.
- Scotese, C. R. and McKerrow, W. S., 1990- Revised world maps and introduction. In: McKerrow, W.S., and Scotese, C.R. (eds.), *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. Geological Society Memoir, 12: 1-21.
- Subcommission on Silurian Stratigraphy, 1995- Left hand column for correlation charts: *Silurian Times*. 2: 7-8.
- Waid, C. B. and Over, D. J., 2016- Aeronian (Llandovery, Silurian) conodonts from the Densmore Creek Phosphate Bed and the Budd Road Phosphate Bed, Clinton Group, western New York State. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 53: 645–650.
- Walliser, O. H., 1964- Conodonten des Silurs. *Abhandlungen Hessisches Landesamt Bodenforschungshäfte* 41: 1-106.
- Zhang, Sh. and Barnes, C. R., 2002- A new Llandovery (Early Silurian) conodont biozonation and conodonts from the Becscie, Merrimack, and Gun River formations, Anticosti Island, Quebec. *Journal of Paleontology* 76: 1-46.



## Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Silurian sequence at Robat-e-Qarebil stratigraphic section, based on conodonts

A. Ghaderi<sup>1\*</sup>, J. Taheri<sup>2</sup>, A. Kerachian<sup>3</sup> and A. Mousavinia<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Ph.D., Geological Survey of Iran, Northeast Territory, Mashhad, Iran

<sup>3</sup>M.Sc. Student, Department of Geology, Payam-e-Noor University, Mashhad, Iran

<sup>4</sup>Associate Professor, Department of Geology, Payam-e-Noor University, Mashhad, Iran

Received: 2017 January 04

Accepted: 2017 July 08

### Abstract

Investigation of Silurian succession equivalent to the Niur Formation at the northwest of Robat-e-Qarebil (instantly south of Western Kopeh-Dagh), is led to introduction of lithostratigraphical units in details and identification of some Llandovery conodonts. The sampled interval in this stratigraphic section is composed of shale, fossiliferous limestone, sandstone, and dolomite with 295.5 meter thickness. With a marine volcanic rock unit at the base, this succession is conformably overlaid shales and sandstones attributed to the Ordovician system and overlain by quartzarenite and red shales of the Padeha Formation. Obtained conodonts from these sequences comprise different coniform, ramiform and pectiniform elements. Nineteen species of 10 genera belong to *Aspelundia expansa* Interval Zone which confirms uppermost Late Rhuddanian to Aeronian for the section. This age coincides with the ages which have already been given on the basis of brachiopods, cephalopods and palynomorphs for the same outcrops at the Western Kopeh-Dagh.

**Keywords:** Silurian, Conodont, Robat-e-Qarebil, Biozone, Niur Formation.

For Persian Version see pages 165 to 172

\*Corresponding author: A. Ghaderi; E-mail: aghaderi@um.ac.ir