

## بررسی زیست‌چینه‌ای نهشته‌های شبه فلیش برش سیلک بر اساس نانوفسیل‌های آهکی و مقایسه آن با برش‌های شوشود و سرایان (شرق بلوک لوت)

فرح جلیلی؛ دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی،  
مرضیه نطقی‌مقدم؛ دانشگاه پیام نور، گروه زمین‌شناسی، تهران،  
فاطمه‌هادوی؛ دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

پذیرش ۹۸/۱۲/۰۴

دریافت ۹۷/۱۱/۰۱

### چکیده

در پژوهش کنونی زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های شبه فلیش برش سیلک واقع در شرق بلوک لوت بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی بررسی شد. نهشته‌های مذکور در این برش حدود ۴۲۰ متر ضخامت دارد و عمدتاً شامل واحدهای شیلی، مارنی، ماسه‌سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ است. از این برش ۱۱۸ نمونه برداشت شد و به‌روش اسمیر اسلاید آماده‌سازی و سپس بر اساس نانوفسیل‌های آهکی بررسی شد. براساس پژوهش‌های انجام شده، در نمونه‌های برداشت شده ۳۴ گونه نانوفسیلی متعلق به ۱۷ جنس با حفظ‌شدگی متوسط شناسایی و عکس‌برداری شد. نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده و زیست‌زون‌های تعیین شده نشان‌گر سن کامپانین پسین تا انتهای ماستریشتین پسین برای نهشته‌های بررسی شده در برش سیلک هستند. بررسی و مقایسه تعداد گونه‌های نانوفسیل شناسایی شده و زیست‌زون‌های تعیین شده در سه برش سیلک، سرایان و شوشود در بلوک لوت، نشانگر تنوع گونه‌ای تقریباً یک‌سان در این برش‌ها است. علاوه بر آن تفاوت ضخامت زیست‌زون‌ها در برش‌های بررسی شده، می‌تواند حاکی از نرخ رسوب‌گذاری متفاوت در بازه‌های زمانی مربوط به هر زیست‌زون در بخش‌های مختلف مذکور در شرق حوضه رسوب‌گذاری بلوک لوت باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بلوک لوت، زیست‌چینه‌نگاری، سیلک، فلیش، کامپانین، ماستریشتین.

### مقدمه

بلوک لوت در خاور ایران و حد فاصل دو گسل نهپندان در باختر و گسل هریرود در خاور، به‌وسعت ۸۰۰ کیلومتر درازا و ۲۰۰ کیلومتر پهنا واقع شده است. بلوک لوت شامل انباشته‌هایی ضخیم از نهشته‌های شبه فلیش است که پی-سنگ افیولیتی وابسته به پوسته اقیانوسی دارند [۱]. اگرچه مرزهای خاوری و باختری این پهنه به‌وضوح به‌وسیله دو گسل نهپندان و هریرود مشخص شده‌اند، اما مرزهای شمالی و جنوبی آن چندان واضح نیستند. عملکرد گسل‌های امتداد لغز در منطقه، موجب شاخه-شاخه شدن پایانه شمالی این پهنه شده و امتداد آن پس از گرایش به‌سوی جنوب باختری-باختری، تا جنوب بیرجند و بصیران ادامه می‌یابد [۱]. وجود فعالیت‌های شدید ماگمایی و توده‌های نفوذی، حضور گسل‌ها و درز و شکاف‌های فراوان و وجود رخساره‌های مختلف دگرگونی در واحدهای مختلف سنگی از ویژگی‌های شاخص آن است. علاوه بر آن به‌صورت محدودتر سنگ‌های رسوبی نظیر آهک، مارن و ماسه‌سنگ نیز در این زون ساختاری دیده می‌شود [۱].

در پژوهش کنونی زیست چینه‌نگاری شبه فلیش‌های برش سیلک واقع در بلوک لوت بررسی شده است. برش سیلک براساس تقسیم‌بندی [۱] در شرق ایران و حاشیه شرقی بلوک لوت قرار دارد.

بررسی زمین‌شناسی رسوبات کرتاسه در شرق بلوک لوت، با ارائه گزارش ۲۲ سازمان زمین‌شناسی کشور به‌وسیله [۲۷] آغاز شده است. به‌دنبال آن برای تعیین سن نهشته‌های مذکور در این بلوک بررسی‌های فسیل‌شناسی چندی انجام شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:

- بررسی فرامینی فرهای بنتیک و پلاژیک نهشته‌های کوه مولی و شمال شرق کوه پره هندوستان و پیشنهاد سن کامپانین- ماستریشتین برای این نهشته‌ها [۱۸].

- بررسی رودیست‌ها و فرامینی فرهای بنتیک و پلاژیک چهارگوش گزیک و گزارش نهشته‌های کرتاسه بالایی و ماستریشتین از این منطقه [۱۹].

- گزارش رسوبات ماستریشتین در ۷۰ کیلومتری شمال بیرجند [۸].

- تحقیقات انجام شده روی فرامینی فرهای بنتیک ناحیه کوه شیشه و ناحیه بصیران و پیشنهاد سن کرتاسه بالایی و ماستریشتین برای این نهشته‌ها [۶]، [۷].

- گزارش فرامینی فرهای بنتیک و مجموعه رودیست ناحیه گزیک- درج و ارائه سن ماستریشتین برای این توالی [۲۲].

- گزارش نهشته‌های ماستریشتین بلوک لوت بر اساس فرامینی فرهای بنتیک از منطقه شوشود [۲].

- از آن‌جا که نانوفسیل‌های آهکی از دقیق‌ترین ابزارهای زیست چینه‌نگاری برای تعیین سن و تطابق لایه‌های رسوبی است، بررسی نهشته‌ها به لحاظ محتوای نانوفسیلی در دهه‌های اخیر در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌های نانوفسیل‌شناسی که تا کنون روی نهشته‌های کرتاسه بالایی بلوک لوت انجام شده است، به‌وسیله جلیلی و همکاران [۳] و کاستنس و همکاران [۲۰] انجام پذیرفته است که به نتایج این پژوهش بعداً اشاره می‌شود.

چون هیچ گزارشی از نانوفسیل‌های آهکی نهشته‌های شبه فلیش شرق بلوک لوت در برش سیلک تاکنون، در دسترس نیست، از این‌رو، بررسی کنونی با اهداف شناسایی و معرفی نانوفسیل‌های آهکی، ارائه زیست‌زون‌های دقیق بر مبنای آن‌ها، سن‌یابی نهشته‌های مذکور و در پایان مقایسه این نهشته‌ها با برش‌های بررسی شده قبلی کرتاسه بالایی (بر اساس نانوفسیل‌های آهکی) در بلوک لوت، انجام شده است.

### راه‌های دسترسی و معرفی برش بررسی شده

توالی بررسی شده در شمال غرب شهر خوسف (شمال بیرجند) و شمال غرب روستای سیلک قرار دارد. دسترسی به این برش از طریق جاده بیرجند-خوسف امکان‌پذیر است (شکل ۱). برش مذکور در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خوسف [۹] شکل ۲ و در چهارگوش زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند [۱۶] واقع شده است. ضخامت برش بررسی شده ۴۲۰ متر است و مشتمل بر رسوبات شبه فلیش شامل ماسه‌سنگ، مارن، شیل، ماسه سنگ‌های آهکی، تناوب ماسه‌سنگ و شیل و تناوب مارن و شیل است (شکل ۳). مرز زیرین برش بررسی شده به‌وسیله آبرفت پوشیده شده است و مرز بالایی برش به‌صورت عادی با یک واحد شبه فلیش پالتوسن مشخص است (اگرچه در نقشه زمین‌شناسی مرز بالایی

گسله نشان داده شده است، لکن در روی زمین شواهدی دال بر وجود گسل مشاهده نشد و همچنین واحد بالایی بدون نانوفسیل نیز بود).

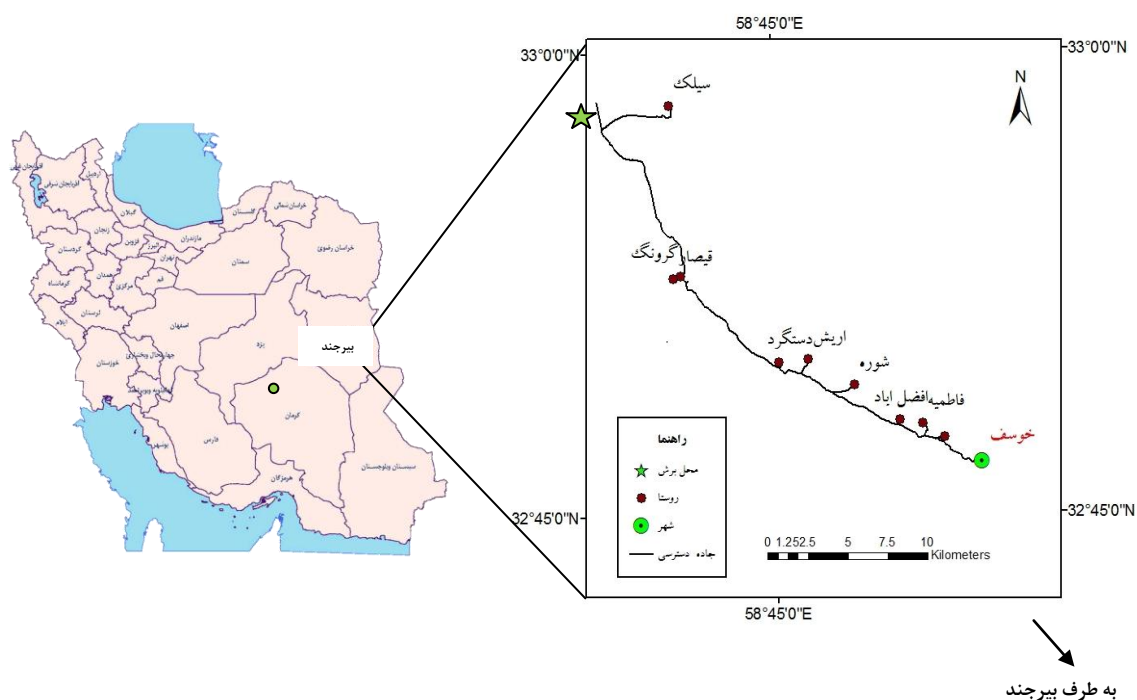
### روش پژوهش

در پژوهش حاضر تعداد ۱۱۸ نمونه از ضخامت ۴۲۰ متر از نهشته‌های برش سلیک و غالباً از بخش‌های شیلی و مارنی با فواصل مختلف برداشت شد (فاصله‌های نمونه‌برداری در شکل ۳ نمایش داده شده است اما در شکل ۴ برای اجتناب از طول‌شدگی تصویر، این فواصل رعایت نشده است لکن ضخامت زیست زون‌ها بر مبنای شکل ۳ محاسبه شده است). برای اجتناب از هوازدگی نمونه‌ها از عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری برداشت شدند. افزون بر نمونه‌های برداشت شده، ۵ نمونه از واحد بالایی برداشت شد که بدون نانوفسیل بود. پس از انجام بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری، آماده‌سازی نمونه‌ها به روش اسمیراسلاید [۱۲] بدین شرح انجام شد: ابتدا مقدار کمی از نمونه به صورت خرد شده روی لامل ریخته می‌شود. سپس با اضافه کردن یک یا دو قطره آب مقطر و سابش آن به وسیله خلال دندان روی لامل پخش می‌شود. این عمل طوری انجام می‌شود که مواد معلق به صورت یکنواخت و لایه‌ای نازک روی سطح اسلاید پخش شود.

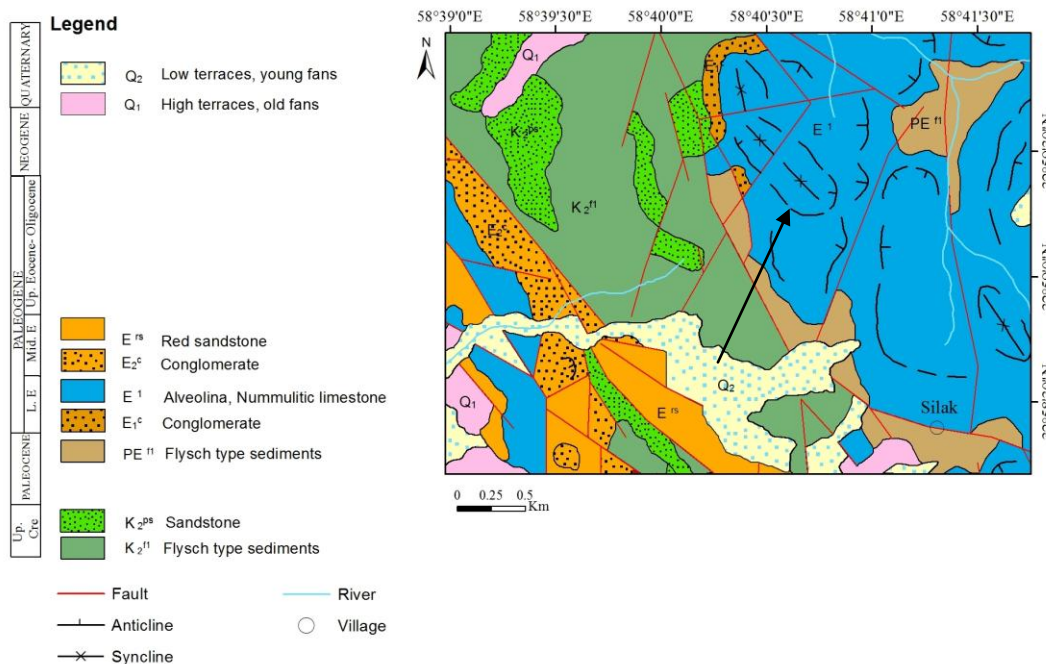
استفاده از یک خلال دندان جدید برای هر نمونه برای جلوگیری از آلودگی ضروری است. این مرحله سه بار تکرار می‌شود تا ذرات درشت کاملاً حل شوند. سپس لامل روی یک صفحه گرم خشک شده و در مرحله آخر لامل و لام با استفاده از چسب اپوکسی چسبانده می‌شوند. اسلایدهای آماده شده با میکروسکوپ نوری المپیوس مدل BH2 با عدسی شیئی ۱۰۰X بررسی و با دوربین (Canon مدل SD 870IS) عکس‌برداری و در یک پلیت تنظیم می‌شود که غالباً شامل تصاویر گونه‌های شاخص است (پلیت ۱). پس از بررسی اسلایدهای آماده شده، برای تعیین زیست زون‌های مربوط از اولین و آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی استفاده می‌شود. برای طبقه‌بندی زیست چینه‌نگاری برش بررسی شده، از زون‌بندی زیست چینه‌ای [۲۶] استفاده و در حد امکان حضور شاخص‌ها با زون‌بندی [۱۴] مقایسه شده است. در پایان مقایسه (تطبیق زمانی بر اساس زیست زون‌ها) این نهشته‌ها با برش‌های بررسی شده قبلی کرتاسه بالایی در بلوک لوت به وسیله [۳] و [۲۰] انجام شد. به این صورت که پس از ترسیم ستون‌های چینه‌نگاری سه برش و خطوط انطباق زیست زون‌ها، زیست زون‌های شناسایی شده مقایسه شدند.

### زیست‌چینه‌نگاری

نانوفلوراها به دلیل تنوع زیاد، فراوانی نسبی، بازه زمانی کوتاه، شناوری و در نتیجه گستردگی زیاد برای چینه‌شناسان زیستی اهمیتی فوق‌العاده دارند و در بررسی‌های زیست‌چینه‌نگاری و تطابق بین ناحیه‌ای استفاده می‌شوند [۱۰]. از این رو پژوهش‌های زیست‌چینه‌نگاری وسیعی در زمان‌های مختلف بر مبنای این گروه میکروفسیلی انجام شده و زون‌بندی‌های متعددی نیز به وسیله محققان مختلف ارائه شده است [۲۴]. در بازه زمانی کرتاسه زون بندی‌هایی به وسیله [۱۴]، [۲۴]، [۲۵]، [۲۶] ارائه شده است. چنان‌که قبلاً ذکر شد در پژوهش کنونی از زون‌بندی زیست چینه‌ای [۲۶] استفاده شده است و در حد امکان در برش سلیک حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی در زون‌بندی [۲۶] با شاخص‌های زون‌بندی [۱۴] مقایسه شده است.



شکل ۱. راه‌های دسترسی به برش بررسی شده



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی برش سیلک اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خوسف [۹]. (برش بررسی شده با علامت فلش مشخص شده است).

در نمونه‌های برداشت شده از نهشته‌های مذکور ۳۴ گونه نانوفسیلی متعلق به ۱۷ جنس شناسایی و عکس‌برداری شد. لازم به ذکر است که لایه‌های ماسه سنگی برش مذکور بدون نانوفسیل بودند. با توجه به این که در تعدادی از

گونه‌ها آثار ظریفی از شکستگی دیده شد و نیز پل‌ها، صلیب‌ها و حفره‌های ناحیه مرکزی در برخی از گونه‌ها با وضوح نسبتاً کاملی مشاهده نشد، می‌توان اذعان داشت که گونه‌های موجود از حفظ‌شدگی متوسطی برخوردارند. شایان ذکر است که حفظ‌شدگی متوسط برخی از گونه‌ها مشکلی در تعیین زیست‌زون‌ها ایجاد نکرده است. بر مبنای پژوهش‌های انجام شده، زیست‌زون‌های CC21-CC26 از زون‌بندی [۲۶] شناسایی شد (شکل ۴).

#### ***Quadrum sissinghii* ZONE (CC 21)**

بر اساس تعریف [۲۶] محدوده زمانی این زیست‌زون از اولین حضور گونه (= *Uniplanarius sissinghii*) تا اولین حضور گونه (= *Uniplanarius trifidus*) *Quadrum trifidum* است و دربرگیرنده بازه زمانی ابتدای کامپانین پسین است [۲۴].

در منطقه بررسی شده در نمونه شماره ۱ گونه (= *U. sissinghii*) *Quadrum sissinghii* مشاهده شده است ولی از آن‌جاکه مرز زیرین این نهشته‌ها با آبرفت پوشیده شده است، در مورد اولین حضور گونه *Quadrum sissinghii* نمی‌توان به‌طور موثق اظهار نظر کرد. اما مرز بالایی این زیست‌زون با مشاهده اولین حضور گونه (= *U. trifidus*) *Quadrum trifidum* در نمونه ۲۲ و در ۲۰ متری قاعده توالی مشخص شد. بنابر این ضخامت زیست‌زون CC21 در برش سیلک به‌طور قطعی مشخص نمی‌شود (این ضخامت تقریباً ۲۰ متر است). شایان ذکر است که شاخص‌های مذکور (اولین حضور گونه (= *U. sissinghii*) *Quadrum sissinghii* تا اولین حضور گونه (= *U. trifidus*) *Quadrum trifidum* به‌ترتیب برای مرز پایینی و بالایی زیر زون UC15c از زون‌بندی [۱۴] نیز صادق است و چنان‌که قبلاً ذکر شد در برش بررسی شده نیز وجود دارد.

#### ***Quadrum trifidum* ZONE (CC 22)**

بر اساس تعریف [۲۶] اولین حضور گونه (= *U. trifidus*) *Quadrum trifidum* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* نشان‌گر زیست‌زون CC 22 است. این زیست‌زون در محدوده سنی انتهای کامپانین پسین قرار دارد. علی‌رغم این که همگان گونه (= *U. trifidus*) *Quadrum trifidum* را منطبق با قاعده این زون می‌دانند، در مورد مرز بالایی این زون توافق نظر وجود ندارد [۲۴]. در برش بررسی شده اولین حضور گونه (= *U. trifidus*) *Quadrum trifidum* که شاخص مرز پایینی زیست‌زون CC22 از زون‌بندی [۲۶] و زیرزون UC15d<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] است در نمونه ۲۲ و در ۲۰ متری از قاعده توالی مشاهده شد. در توالی بررسی شده مرز بالایی زیرزون UC15d<sup>TP</sup> و مرز زیرین زیرزون UC15e<sup>TP</sup> که با اولین حضور گونه *Eiffelithus paralellus* مشخص می‌شود به‌دلیل نبود گونه مذکور در نمونه‌های بررسی شده، ثبت نشد.

مرز بالایی زیست‌زون CC22 که با آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* مشخص می‌شود با مرز بالایی زیرزون UC15e<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] که شاخص آن آخرین حضور گونه *Eiffelithus eximius* است، معادل است. در نمونه‌های بررسی شده، آخرین حضور دو گونه مذکور در نمونه ۳۸ و در ۶۹ متری از قاعده توالی ثبت شده است. بنابر این ضخامت زیست‌زون CC22 در توالی مورد پژوهش ۴۹ متر است.

#### ***Tranolithus phacelosus* ZONE (CC 23)**

طبق تعریف [۲۶] محدوده این زیست زون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تا آخرین حضور گونه *(=Tranolithus orionatus) Tranolithus phacelosus* را شامل می‌شود و سن آن انتهای ترین بخش کامپانین تا ماستریشتین پیشین است [۲]. زیست زون‌های UC16 و UC17 نیز که به وسیله [۱۴] معرفی شده معادل با زیست زون CC23 در نظر گرفته شده است. طبق تعریف [۱۴] زیست زون UC16 از آخرین حضور گونه *Eiffelithus eximius* تا آخرین حضور گونه *Aspidolirhus parvus constrictus* و زیست زون UC17 از آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* تا آخرین حضور گونه *T. orionatus* مشخص شده است. در برش سیلک مرز زیرین زیست زون CC23 (آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus*) که معادل با مرز پایینی زیست زون UC16 (آخرین حضور گونه *Eiffelithus eximius*) است، در نمونه ۳۸ و در ۶۹ متری از قاعده توالی تعیین شد. مرز بالایی زیست زون CC23 (آخرین حضور گونه *(=T. orionatus)*) *Tranolithus phacelosus* که معادل با مرز بالایی زیست زون UC17 (آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus*) است، در نمونه ۶۷ و در ۲۳۶ متری از شروع توالی مشخص شد. بر اساس موارد مذکور گسترش این زیست زون در توالی مورد پژوهش ۱۶۷ متر تعیین شد. لازم به ذکر است مرز دو زیست زون UC16 و UC17 که با آخرین حضور گونه *Aspidolirhus parvus constrictus* مشخص می‌شود در برش سیلک در نمونه ۴۹ و در ۱۴۲ متری از قاعده توالی مشاهده شد.

#### ***Reinhardtites levis* ZONE (CC 24)**

این زیست‌زون بر اساس تعریف [۲۶] دربرگیرنده آخرین حضور گونه *(=T. orionatus) Tranolithus phacelosus* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* است و بازه زمانی ماستریشتین پیشین را در بر می‌گیرد [۲۴]. این زیست‌زون با زیست‌زون UC18 از زون‌بندی [۱۴] (از آخرین حضور گونه *Tranolithus orionatus* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis*) تطبیق داده شده است. در نهشته‌های بررسی شده آخرین حضور گونه *(=T. orionatus) Tranolithus phacelosus* که مرز زیرین زیست‌زون CC24 و مرز پایینی زیست‌زون UC18 را مشخص می‌کند، در نمونه ۶۷ و در ۲۳۶ متری از شروع توالی مشاهده شده‌اند. مرز بالایی هر دو زیست‌زون نامبرده که با آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* محرز است، در برش بررسی شده در نمونه ۸۶ و در ۳۲۸ متری از قاعده توالی مشاهده شد. بنابراین ضخامت زیست‌زون مذکور در توالی مورد بحث ۹۲ متر است.

#### ***Arkhangelskiella cymbiformis* ZONE (CC 25)**

تعریف این زیست‌زون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* است. محدوده سنی زیست‌زون مذکور ماستریشتین پسین است [۲۳] اصلاح شده به وسیله استوکلین<sup>۱</sup> و همکاران [۲۶]. البته تعاریف مختلفی برای این زیست‌زون مطرح شده است: طبق نظر روت<sup>۲</sup> [۲۴]، به دلیل نادر بودن گونه *Nephrolithus frequens* در عرض‌های جغرافیایی پایین در این مناطق برای شناسایی زیست‌زون CC25 از اولین حضور گونه *Micula murus* به عنوان شاخص مرز بالای این زیست‌زون استفاده می‌شود.

1. Stocklin

2. Roth

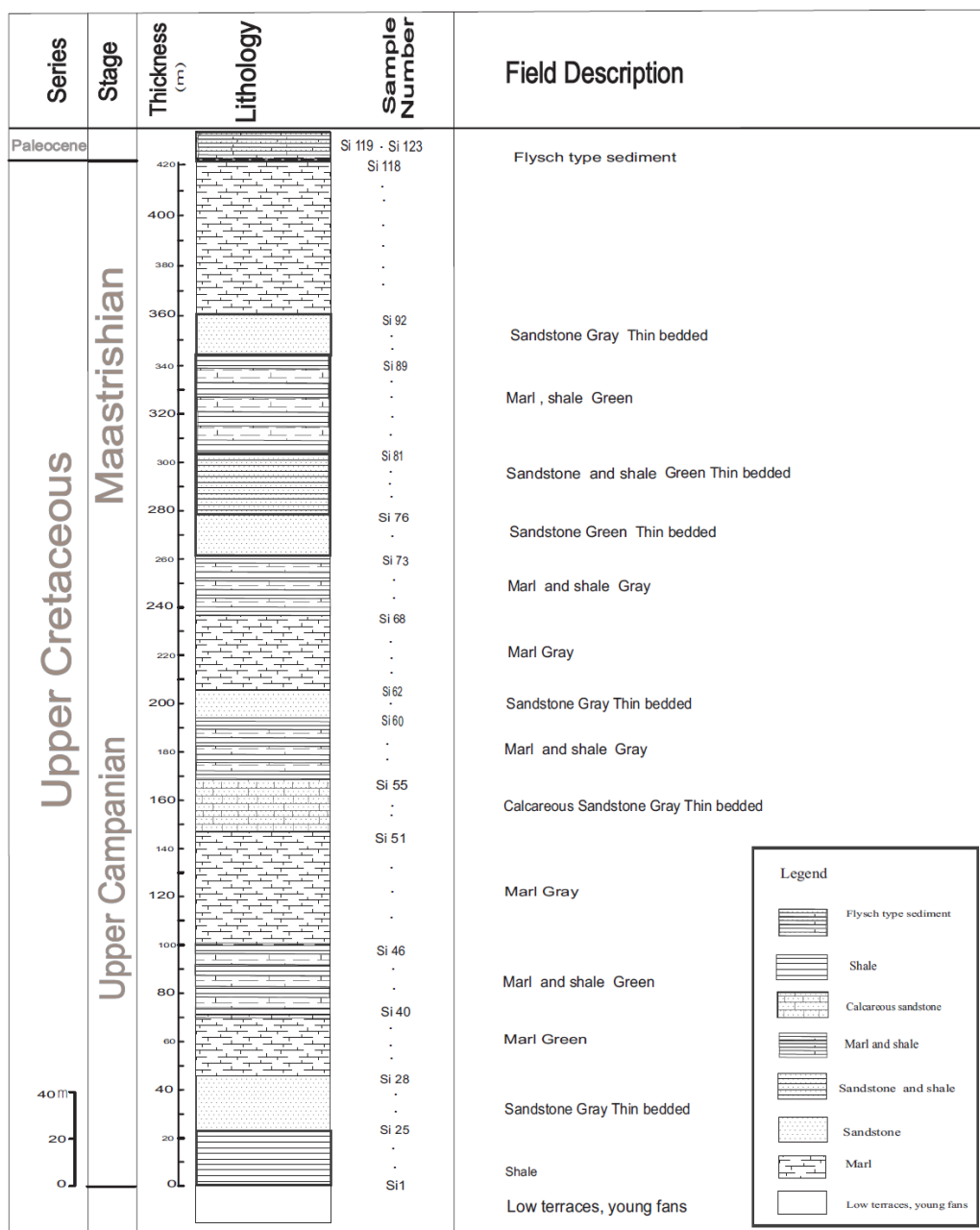
زیست‌زون CC25 از زون‌بندی [۲۶] معادل زیست‌زون UC19 و زیرزون‌های UC20a<sup>TP</sup> و UC20b<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] است. مرز پایینی زیست‌زون CC25 و UC19 با آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تعریف می‌شود. در برش سیلک آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* در نمونه ۸۶ و در ۳۲۸ متری از قاعده توالی مشاهده شد. بنابراین مرز زیرین زون‌های مذکور از هر دو زون‌بندی در توالی بررسی شده وجود دارد. مرز بالایی زیست‌زون CC25 که در بالا ذکر شده به‌وسیله اولین حضور گونه *Micula murus* تعریف می‌شود و با مرز بالایی زیرزون UC20b<sup>TP</sup> که با اولین حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* تعریف می‌شود تطابق دارد. یادآوری می‌شود که در توالی مورد پژوهش اولین حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* به‌همراه اولین حضور گونه *Micula murus* در نمونه ۱۰۷ و در ۴۰۴ متری از قاعده توالی مشاهده شده است. بنابراین ضخامت زیست‌زون CC25 در توالی بررسی شده ۷۶ متر است.

### *Nephrolithus frequens* ZONE (CC 26)

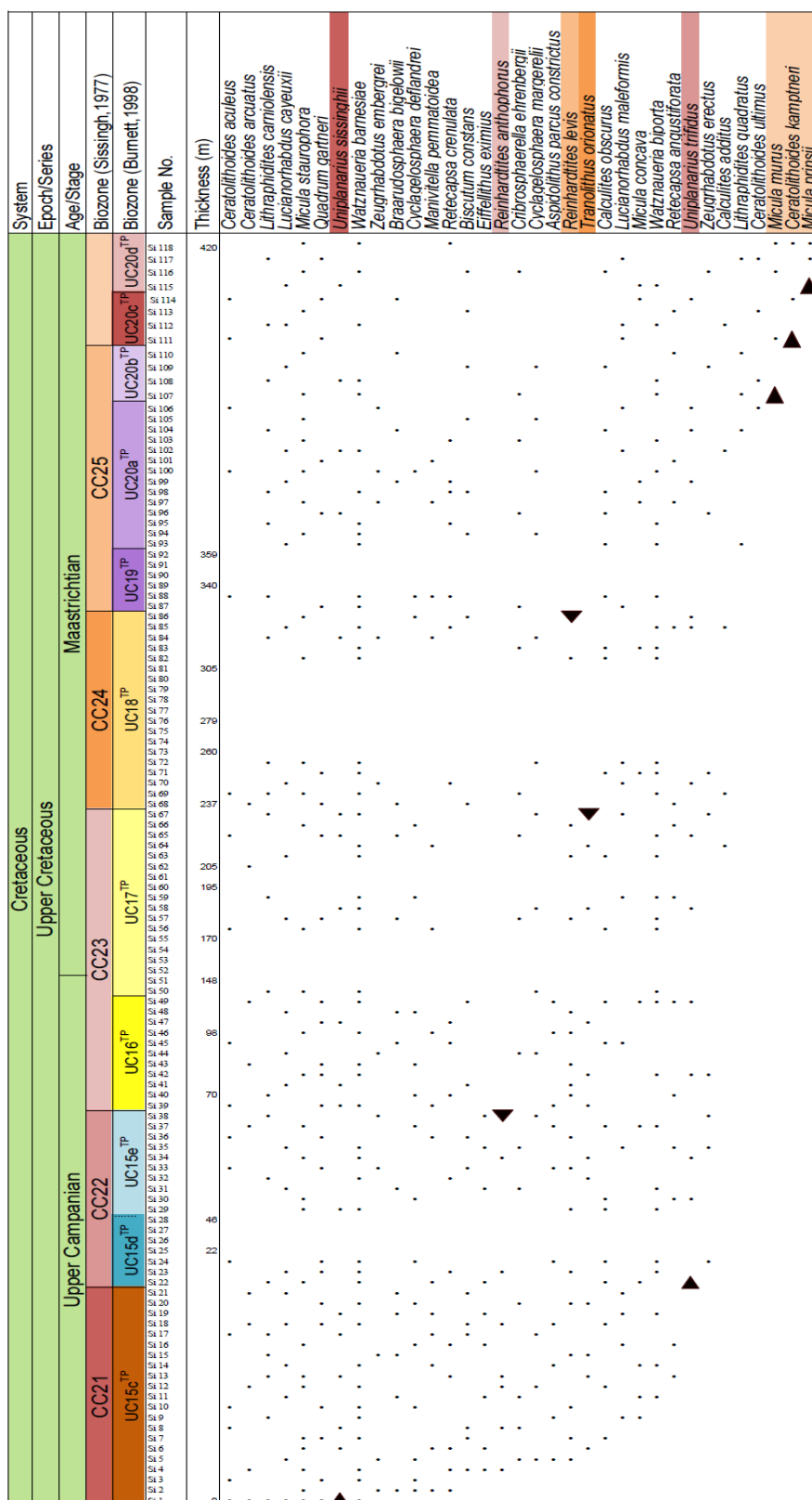
این زیست‌زون طبق تعریف [۱۵] از اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* تا آخرین حضور گونه *Nephrolithus frequens* مشخص می‌شود. محدوده سنی این زیست‌زون انتهای ماستریشتین پسین است [۲۴]. چنان‌که قبلاً گفته شد در عرض‌های پایین حضور گونه *Nephrolithus frequens* بسیار نادر است و در این مناطق اولین حضور گونه *Micula murus* و گونه *Micula prinsii* برای تقسیمات فرعی بازه زمانی بین اولین حضور گونه *Lithraphidites quadratus* و بالای ماستریشتین استفاده می‌شود [۲۴]. از طرف دیگر بر اساس اولین حضور گونه‌های *Ceratolithoides kamptneri* و *Micula prinsii* زیرزون‌های UC20c<sup>TP</sup> و UC20d<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] با زیست‌زون CC26 مطابقت دارد.

در برش سیلک مرز زیرین زیست‌زون CC26 که به‌وسیله اولین حضور گونه *Micula murus* تعریف می‌شود با مرز زیرین زیرزون UC20c<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] که با اولین حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* تعریف می‌شود تطابق دارد و در نمونه ۱۰۷ و در ۴۰۴ متری از شروع توالی ثبت شده است. هم‌چنین بر اساس اولین حضور گونه *Micula prinsii* زیرزون UC20d<sup>TP</sup> از زون‌بندی [۱۴] در نمونه ۱۱۵ قابل تشخیص است. بنا بر مطالب مذکور ضخامت ۱۶ متر بالایی این برش به زیست‌زون CC26 اختصاص دارد.

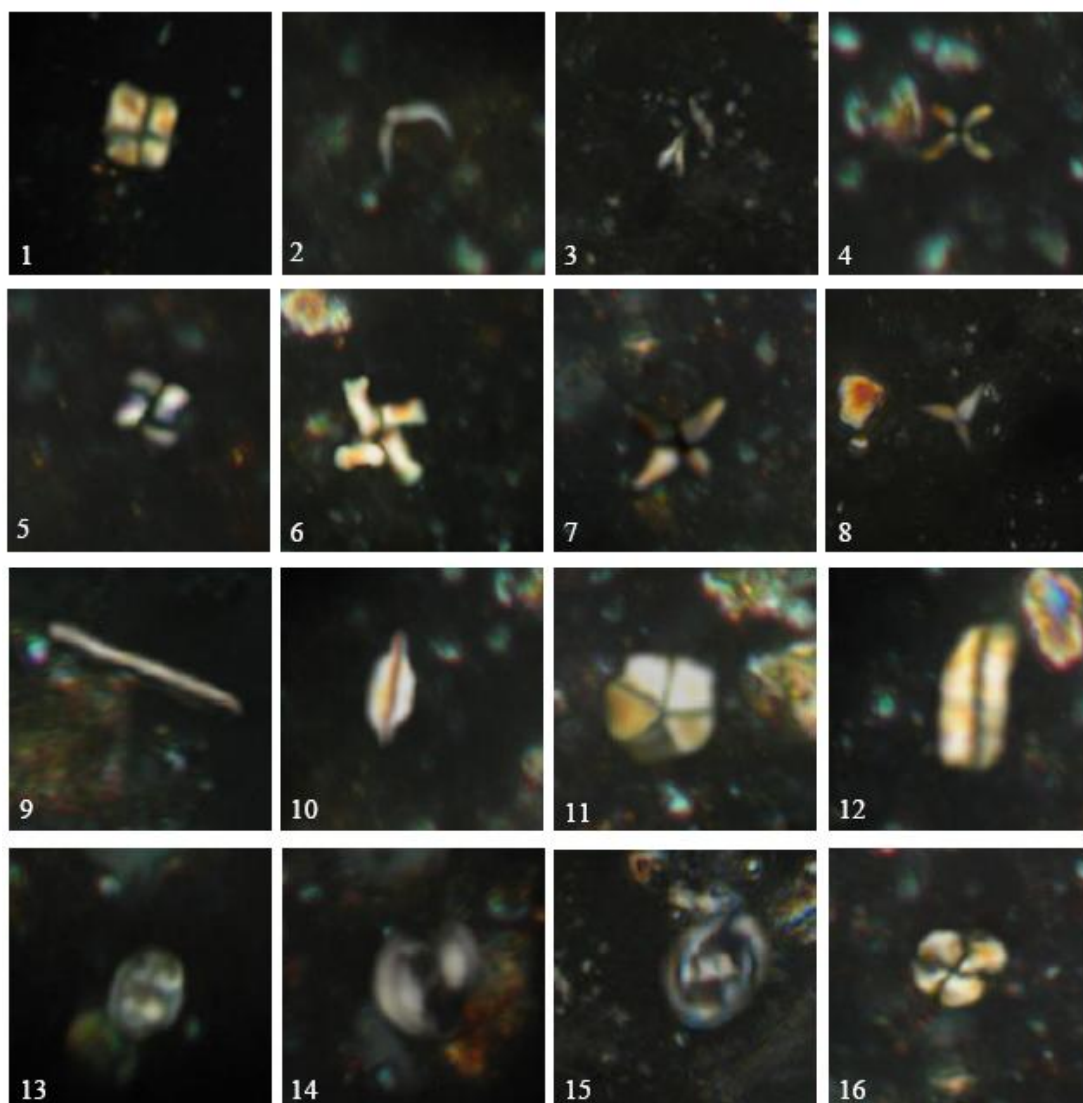
از این‌رو بر پایه زیست‌زون‌های معرفی شده، سن برش بررسی شده ابتدای کامپانین پسین تا انتهای ماستریشتین پسین است.



شکل ۳. ستون چینه‌سنگی، نهشته‌های برش سیلک



شکل ۴. نمودار زیست چینه‌نگاری، نهشته‌های برش سیلک (در این شکل برای اجتناب از طول شدن تصویر این فاصله‌ها رعایت نشده است لکن ضخامت زیست زون‌ها بر مبنای شکل ۳ محاسبه شده است).



پلیت ۱. تصاویر میکروسکوپ نوری برخی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده با بزرگ‌نمایی  $\times 1250$

1. *Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al., 1977- Si 10; 2. *Ceratolithoides kamptneri* Bramlette & Martini, 1964- Si 111; 3. *Ceratolithoides aculeus* (Stradner, 1961) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977- Si 11; 4. *Micula staurophora* (Gardet, 1955) Stradner, 1963- Si 86; 5. *Micula murus* (Martini, 1961) Bukry, 1973-Si 116; 6. *Micula prinsii* Perch-Nielsen, 1979-Si 117; 7. *Uliplanarius sissinghii* (Perch-Nielsen, 1986) Farhan 1987- Si 6; 8. *Uliplanarius trifidus* (Stradner in Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, in Wind & Wise 1983- Si 22; 9. *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963- Si 104; 10. *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini, 1964-Si 107; 11. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud 1935) Deflandre, 1947; 12. *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959- Si 41; 13. *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966- Si 58; 14. *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977 Si 66; 15. *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen, 1968-Si 34; 16. *Watznaueria barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968-Si 59.

## تطابق و بحث

نهشته‌های کرتاسه بالایی در شرق ایران گسترش نسبتاً فراوانی دارد. در گزارش‌ها و نقشه‌های زمین‌شناسی مربوط به ناحیه شرق ایران، رسوبات کرتاسه بالایی به صورت ممتد و یا در بعضی نقاط دارای وقفه رسوب‌گذاری گزارش شده است [۲۷] به نظر [۲۸] گسترش نهشته‌های کرتاسه بالایی در شرق ایران و تکوین اقیانوس سیستان، در این ناحیه قابل بررسی است.

از این‌رو، در این پژوهش برای بررسی بیش‌تر نهشته‌های مذکور از نانوفسیل‌های آهکی که از دقیق‌ترین ابزارهای زیست چینه‌نگاری برای تعیین سن و تطابق لایه‌های رسوبی هستند، استفاده شده است و برای انجام این مهم نهشته‌های سیلک با نهشته‌های بررسی شده به وسیله مؤلفان، در برش شوشود [۳] و برش سرایان [۲۰] به صورت تطبیق زمانی (بر اساس زیست زون‌های نانوفسیلی) مقایسه شده‌اند. در این مقایسه زیست زون‌های مشخص شده در هر زمان به عنوان شاخص در تطابق و همبستگی چینه‌نگاری استفاده شده است (شکل ۵).

شایان ذکر است که نرخ رسوب‌گذاری با ضخامت زیست زون‌ها ارتباط مستقیم دارد [۱۷]، [۲۱]، از این‌رو در بررسی اخیر نیز پس از تطابق زمانی زیست زون‌ها در سه برش مقایسه شده، بر مبنای ضخامت‌های مختلف زیست زون‌ها، نرخ رسوب‌گذاری در زمان مربوط نتیجه‌گیری شده است. برای انجام این مقایسه ابتدا مختصری به معرفی بررسی‌های انجام شده قبلی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی روی نهشته‌های کرتاسه بالایی (برش‌های سرایان و شوشود واقع در شرق بلوک لوت) اشاره می‌شود:

برش سرایان که به وسیله کاستن<sup>۳</sup> [۲۰] بررسی شده است، در شرق بلوک لوت و در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گریمنج [۱۱] قرار دارد و شامل ۳۶۰ متر از نهشته‌های شیل و مارنی است. مجموعه فسیلی این برش شامل ۳۰ گونه نانوفسیل با حفظ‌شدگی متوسط تا خوب است که با سنی معادل ابتدای کامپانین پسین-ماستریشتین با زیست زون‌های CC21-CC25 از زون‌بندی [۲۶] هم‌خوانی دارد.

حوضه رسوبی شوشود در شمال بیرجند یکی از شاخه‌های حوضه فلیشی خاور ایران است که به سمت شمال غرب و غرب یعنی بصیران در بیرجند امتداد می‌یابد [۵]. برش شوشود در ۳۵ کیلومتری شمال بیرجند و در محدوده نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ روم [۱۴] قرار دارد. ضخامت این نهشته‌ها ۴۸۰ متر شبه فلیش، و متشکل از شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک، تناوب شیل و آهک ماسه‌ای، سنگ آهک ماسه‌ای و مارن است. در این برش تعداد ۲۵ گونه از نانوفسیل‌های آهکی که از حفظ‌شدگی متوسط تا ضعیف برخوردارند، شناسایی شده است. بر مبنای نانوفسیل‌های مذکور، زیست زون‌های CC20-CC22 (انتهای کامپانین پیشین تا کامپانین پسین) و CC26 و CC25 (ماستریشتین پسین) معرفی شد [۳].

در بررسی کنونی، چنان‌که ذکر شد برش سیلک به ضخامت ۴۲۰ متر متشکل از رسوبات شبه فلیش شامل ماسه سنگ، مارن، شیل، ماسه سنگ‌های آهکی، تناوب ماسه سنگ و شیل و تناوب مارن و شیل بررسی شد و در آن تعداد ۳۴ گونه نانوفسیلی با حفظ‌شدگی متوسط شناسایی و بر اساس آن ۶ زیست زون نانوفسیلی CC21-CC26 معرفی شد. از مقایسه بررسی‌های زیست چینه‌نگاری برش سیلک با بررسی‌های زیست چینه‌نگاری قبلی در برش‌های سرایان و شوشود این نتایج به دست آمد (شکل ۵):

3. Kastens

- مقایسه حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی در سه برش مذکور، نشان‌گر این است که نانوفسیل‌ها در برش سرایان نسبت به دو برش دیگر حفظ‌شدگی بهتری دارند و این می‌تواند در ارتباط با سنگ‌شناسی برش‌های مذکور باشد. زیرا در برش سرایان نهشته‌های بررسی شده ماری است که برای حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی مناسب‌ترند و در دو برش دیگر نهشته‌های بررسی شده شبه فلیش بوده‌اند.

- با توجه به تنوع گونه‌ای تقریباً یک‌سان در سه برش مذکور و قرار گرفتن موقعیت هر سه برش در شرق حوزه رسوب‌گذاری بلوک لوت، به‌نظر می‌رسد که شرق حوزه بلوک لوت در زمان کرتاسه بالایی دارای شرایط تقریباً مناسبی برای زیست نانوپلانکتون‌های آهکی بوده است.

- زیست زون CC20 (انتهای کامپانین پیشین) در ۱۴۵ متر پایینی برش شوشود مشاهده شد اما این بازه زمانی در برش‌های سرایان و سیلک ثبت نشده است. از این رو شاید بتوان گفت که رسوب‌گذاری در شرق بلوک لوت از شرق نسبت به غرب زودتر آغاز شده است. اگرچه مرز زیرین در برش سیلک به‌وسیله آبرفت پوشیده شده است.

- حضور زیست زون CC21 (به سن ابتدای کامپانین پسین) در هر سه برش با ضخامت‌های متفاوت دیده شده است (برش شوشود با ضخامت ۱۲۰ متر، برش سیلک با ضخامت ۲۰ متر و برش سرایان با ضخامت ۶۵ متر) و این نشان‌گر تفاوت نرخ رسوب‌گذاری در سه برش مذکور در شرق حوزه بلوک لوت در بازه زمانی ذکر شده است.

- زیست زون CC22 با سن انتهای کامپانین پسین، با ضخامت‌های مختلف در برش سرایان ۱۱۰ متر و برش سیلک ۴۹ متر وجود دارد.

شایان ذکر است که فقط مرز پایین زیست زون CC22 در برش شوشود مشخص شده است. و به‌دلیل وجود واحد ماسه سنگی بدون نانوفسیل به ضخامت ۵۰ متر، شاخص نانوفسیلی بخش بالای زیست زون CC22 و نیز زیست زون‌های CC23 و CC24 و مرز پایین زیست زون CC25 قابل شناسایی نبوده است. بدین سبب زیست زون‌های مذکور در برش شوشود از نظر ضخامت نمی‌تواند با دو برش دیگر مقایسه شود.

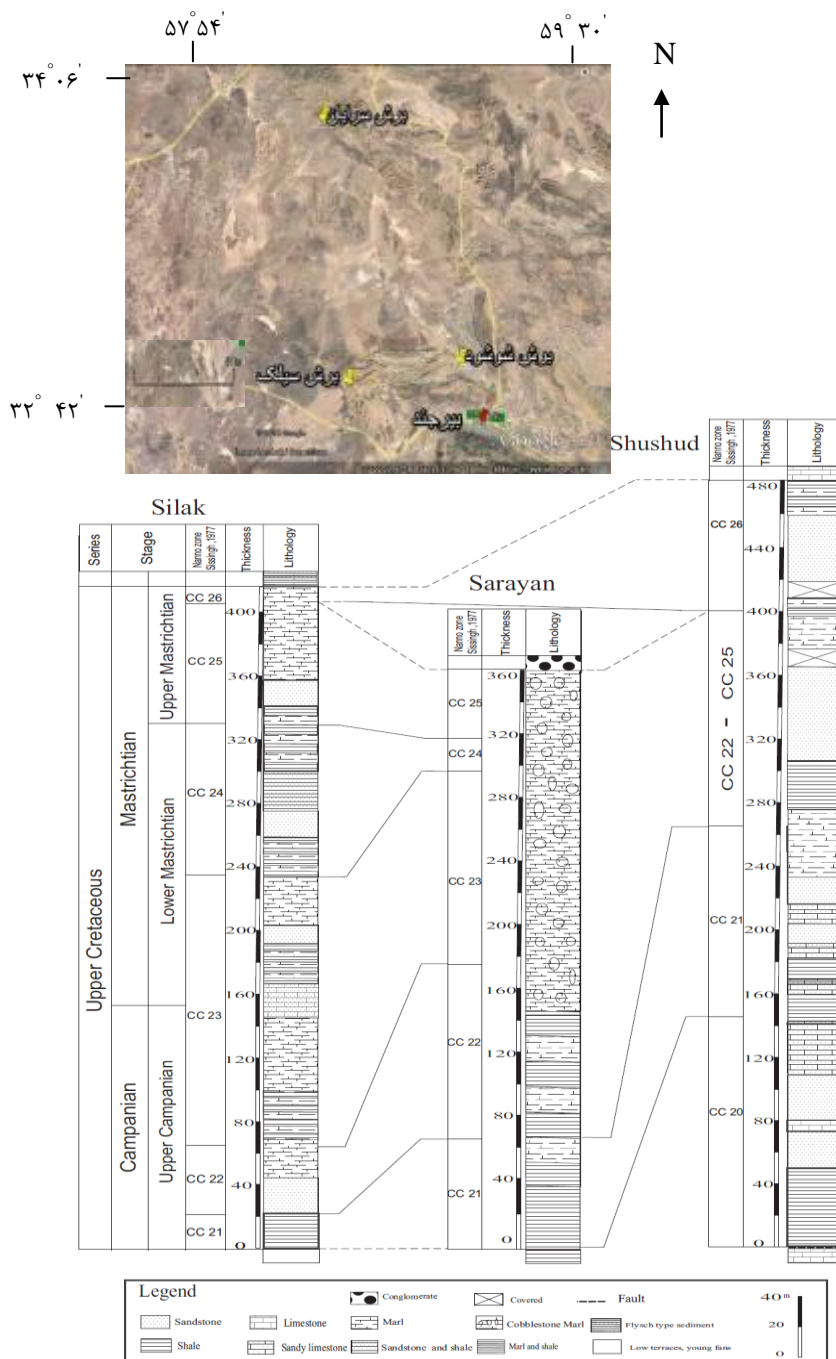
- زیست زون CC23 (با سن انتهایی‌ترین بخش کامپانین تا ماستریشتین پیشین) در برش سیلک ضخامت ۱۶۸ متر و در برش سرایان دارای ضخامت ۱۲۰ متر است.

- ضخامت زیست زون CC24 به سن ماستریشتین پیشین، در برش سیلک ۹۱ متر و در برش سرایان ۲۰ متر است. زیست زون‌های CC23 و CC24 نیز در برش شوشود مشاهده نشده‌اند که علت نبود زیست زون‌های مذکور در توضیح زیست زون CC22 آمده است.

- شاخص‌های زیست زون CC25 به سن ماستریشتین پسین در برش‌های سیلک و سرایان دیده شده است و این زیست زون در برش سیلک ۷۶ متر و در برش سرایان ۴۵ متر ضخامت دارد. ولی در برش شوشود فقط شاخص مرز بالایی این زیست زون ثبت شده است.

- زیست زون CC26 (با سن انتهایی‌ترین بخش ماستریشتین پسین) با ضخامت ۸۰ متر از برش شوشود و با ضخامت ۱۶ متر از برش سیلک گزارش شده است. این زیست زون در برش سرایان ثبت نشده است. با توجه به حضور کنگلومرا در بخش بالایی برش سرایان، می‌توان گفت که شاید در زمان تهنشینی نهشته‌های ماستریشتین بالایی (زیست زون CC26)، این بخش از حوضه خارج از آب بوده است و رسوب‌گذاری در زمان مذکور انجام نشده است، در حالی که وجود نهشته‌های مذکور در بازه زمانی CC26 در برش‌های شوشود و سیلک ادامه رسوب‌گذاری در این دو بخش حوضه بلوک لوت را تأیید می‌کند (شکل ۵).

- بنابراین با مقایسه زیست زون‌های نانوفسیلی ثبت شده در برش بررسی شده (سیلک) و برش‌های سرایان و شوشود می‌توان اذعان داشت که رسوب‌گذاری نهشته‌های کرتاسه بالایی در برش سیلک و شوشود با توجه به وجود زیست زون CC26 در انتهای برش‌های یاد شده دیرتر از برش سرایان پایان یافته است.



شکل ۵. تصویر هوایی موقعیت برش‌های مقایسه شده و تطابق زمانی (بر اساس زیست زون‌ها) برش بررسی شده با برش شوشود، [۳] و برش سرایان [۲۰]

بررسی و مقایسه زیست زون‌های نانو فسیلی در سه برش سیلک، سرایان و شوشود از بلوک لوت و نیز تفاوت ضخامت زیست زون‌ها، می‌تواند حاکی از نرخ رسوب‌گذاری متفاوت در بازه زمانی مربوط به هر زیست زون در بخش‌های مختلف شرق حوضه رسوب‌گذاری بلوک لوت باشد.

### نتایج

بررسی نانوفسیلی انجام شده روی نهشته‌های کرتاسه برش سیلک منجر به شناسایی ۳۴ گونه نانوفسیلی شده است. در برش سیلک بر اساس وجود گونه‌های شاخص، زیست زون‌های CC21 - CC26 از زون‌بندی [۲۶] تعیین و در حد امکان با زون‌بندی [۱۴] مقایسه شد. براساس نانوفسیل‌های آهکی موجود و زیست زون‌های تعیین شده، سن ضخامت بررسی شده در برش سیلک آغاز کامپاین پسین تا انتهای ماستریشتین پسین پیشنهاد می‌شود. مقایسه برش مذکور با بررسی‌های انجام شده قبلی در برش‌های شوشود و سرایان در شرق بلوک لوت نیز این نتایج را به‌دنبال داشته است:

تنوع گونه‌ای در برش‌های سیلک و سرایان و شوشود، می‌تواند حاکی از آن باشد که به‌طور کلی شرایط زیستی حوضه شرق بلوک لوت برای نانوپلانکتون‌های آهکی در بازه زمانی کرتاسه بالایی نسبتاً مناسب بوده است. از دیگر نتایج حاصل از این بررسی و مقایسه زیست زون‌های سه برش مذکور، این است که تفاوت ضخامت زیست زون‌ها در سه برش سیلک و سرایان و شوشود در هر بازه زمانی می‌تواند نشان‌دهنده نرخ رسوب‌گذاری متفاوت در آن بازه زمانی در بخش‌های مختلف شرق حوضه رسوب‌گذاری بلوک لوت باشد.

### منابع

۱. آقائباتی س.، ع.، زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳) ۵۸۶.
۲. جلیلی ف.، رئیس‌السادات س.، ن.، امیرشاه‌کرمی م.، میراب شبستری غ.، "زیست چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه بالایی در شمال بیرجند (برش شوشود)"، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی (۱۳۹۳ الف) ۶۱-۴۷.
۳. جلیلی ف.، هادوی ف.، نطقی مقدم م.، "بایواستراتیگرافی نهشته‌های کرتاسه برمبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش شوشود (شمال بیرجند)، رخساره‌های رسوبی (۱۳۹۳ ب) ۲۱۷-۲۰۸.
۴. شهیدی ع.، بهارفیروزی خ.، شافعی ع.، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، روم، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۹).
۵. شهیدی ع.، سلامتی ر.، "نگرشی بر چینه‌شناختی و تکتواستراتیگرافی حوضه رسوبی شوشود"، خلاصه مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین (۱۳۸۱).
۶. گرگیچ م.، ن.، "بررسی چینه‌شناسی زیستی نهشته‌های ماستریشتین در مقطع کوه شیشه (شمال غرب نهبندان)، چکیده مقالات بیستمین گردهمایی علوم زمین (۱۳۸۰).
۷. گرگیچ م.، د.، نجفی م.، بردبار ح.، "فرامینیفرهای بنتیک شاخص کرتاسه پسین در شمال غرب نهبندان (برش بصیران)"، سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران (۱۳۸۸) ۲۵۷-۲۵۴.
۸. مطیع بیرجندی م.، "لیتواستراتیگرافی و بایواستراتیگرافی منطقه جنوب شرق قاین (زمانی و اسفدن)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد (۱۳۸۹) ۱۲۹.

۹. وحدتی دانشمند ف.، خلقی م.، ح.، "نقشه زمین‌شناسی چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ خوسف"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۵).
۱۰. هادوی ف.، "نانوپلانکتون‌های آهکی"، انتشارات بنفشه (۱۳۸۷) ۵۵۸.
10. Amindi S. M., Navai I., "Geological Map of Grimonj1:100000", Geological Survey of Iran, Tehran (2005).
11. Bown P. R., Young J. R., "Techniques In: Bown. P. R., (Ed.), "Calcareous nannofossil biostratigraphy", British Micropaleontology Society Publication, London., (1998) 16-28.
12. Bown P. R., "Calcareous nannofossil biostratigraphy", Kluwer Academic publ (1999) 315.
13. Burnett J. A., "with contributions from Gallagher L. T., and Hampton M. J., Upper Cretaceous. In Bown, P. R. (Ed.), "Calcareous Nannofossil Biostratigraphy", Dordrecht, The Netherlands (Kluwer Academic Publ.) (1998) 132-199.
14. Cepek P., Hay W. W., "Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous", Trans. Gulf Coast Assoc. geol. Soc., 19 (1969) 323-36.
15. Eftekharnjad J., (Supervior), "Geological Map of Birjand: No. K8, 1:250000 scales", Geological Survey of Iran (1991).
16. El Gammal R., Orabi J., "Coniacian-late Campanian Planktonic Events in the Duwi Formation, Red Sea Region, Egypt", Geol Geophys, 8 (2019) 1-16.
17. Fauvelet E., Eftekhar-nezhad J., "Explanatory text of the Qayen, Quadrangle map (1:250000 scales)", Geological Survey of Iran, (1990a) 200.
18. Fauvelet E., Eftekhar-nezhad J., (Complier), "Explanatory text of the Gazic, Quadrangle map (1: 250000 scales)", Geological Survey of Iran, (1990b) 200.
19. Hadavi F., Notghi Moghaddam M., Khodadadi L., "Biostratigraphy and paleoecology of Cretaceous rocks based on calcareous nannofossil in Sarayan section, East Iran", Iranian Journal of Earth Sciences, 84 (2016) 52-68.
20. Kastens K. A., Mascle J., Auroux C., et al., "Proc. Init. Repts. (Pt. Af), ODP", 107 (1987) 423-425.
21. Khazaei A. R., Mirab Shabestari G., Saeipour Karamjavan L., "Late Cretaceous rudist limestones synchronic with igneous rocks in the east of Iran, biostratigraphical and paleoecological significant", 10<sup>th</sup> International Congress on Rudist Bivalves. Scientific program and abstracts, (2014) 15-16, Uinversitat Autonomia de Barcelona (June 2014) 22-27.
22. Perch-Nielsen K., "Remarks on Late cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic", Initial Reports- Deep Sea Drilling Project, 12 (1972) 1003-1069.
23. Perch-Nielsen K., "Mesozoic Calcareous Nannofossils", In: Bolli, H.M. Saunders, J.B., Perch-Nielsen K., (Eds.), "Plankton Stratigraphy", Cambridge Univ. Press. (1985) 329-426.

24. Roth P. H., "Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean", In Benson WE, Sheridan RE, et al., Init. Repts. DSDP, 44: Washington (U.S. Govt. Printing Office) (1978) 731-759.
25. Sissingh W., "Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton", *Geologie en Minjbouw*, 56 (1977) 3765.
26. Stocklin J., Eftekhar-nezhad J., Hushmand-zadeh A., "Central Lut Reconnaissance; East Iran", Geological Survey of Iran, Report 21 (1972) 62.
27. Tirrul R., Bell I. R., Griffis R. J., Camp V. E., "The Sistan suture zone of eastern Iran", *Geological Society of America Bulletin*, 84 (1983) 134-150.