

# زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه براساس نانوفسیل‌های آهکی در برش چینه‌شناسی خونیک (غرب قاین، شرق ایران)

مرضیه نطقی مقدم<sup>۱\*</sup>، فرح جلیلی<sup>۲</sup> و سعیده سنماری<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۲. دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. دانشیار گروه معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰

## چکیده

در این پژوهش زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه حاشیه شرقی بلوک لوت در برش چینه‌شناسی خونیک واقع در غرب قاین بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی بررسی شد. برش چینه‌شناسی مورد مطالعه با ضخامت ۱۹۶ متر بیشتر شامل مارن‌های سبزرنگ با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ می‌باشد. براساس مطالعات سیستماتیک، ۳۰ گونه نانوفسیلی متعلق به ۲۰ جنس شناسایی شد. بر مبنای مطالعه نانوفسیل‌های آهکی شاخص نظیر *Calcicalathina oblongata*، *Eiffellithus striatus* و *Spectonia colligata* مجموعه فسیل‌های همراه، زیست‌زون‌های *Lithraphidites bollii* Zone (CC5) و *oblongata* Zone (CC3)، *Cretarhabdus lorici* Zone (CC4) تعیین شد که معادل زیست‌زون‌های NK3A تا بخش میانی زیرزون NC5B است. مطابق زیست‌زون‌های تعیین شده، بازه زمانی نهشته‌های مورد مطالعه والانزینین پیشین تا هوتروین پسین پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بلوک لوت، خونیک، زیست‌چینه‌نگاری، قاین، کرتاسه، نانوفسیل‌های آهکی.

## مقدمه

بلوک لوت گستره جغرافیایی وسیعی است و پدیده‌های متعدد زمین‌شناختی درخور توجهی دارد. این بلوک با درازایی حدود ۹۰۰ کیلومتر و عرض حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر، شرقی‌ترین بخش خردقاره ایران مرکزی است (آقانباتی، ۱۳۸۳) و به همراه بلوک طبس و یزد، بخش شرقی صفحه ایران را تشکیل می‌دهد (Davoudzadeh and Schmidt, 1982). بنابر عقیده برخی از زمین‌شناسان، مرز شرقی بلوک لوت با گسل نهبندان؛ مرز غربی با گسل نایبند؛ مرز شمالی با گسل درونه و مرز جنوبی این کمربند ساختاری فروافتادگی جازموریان است (Stocklin, 1972; Nowroozi, 1972).

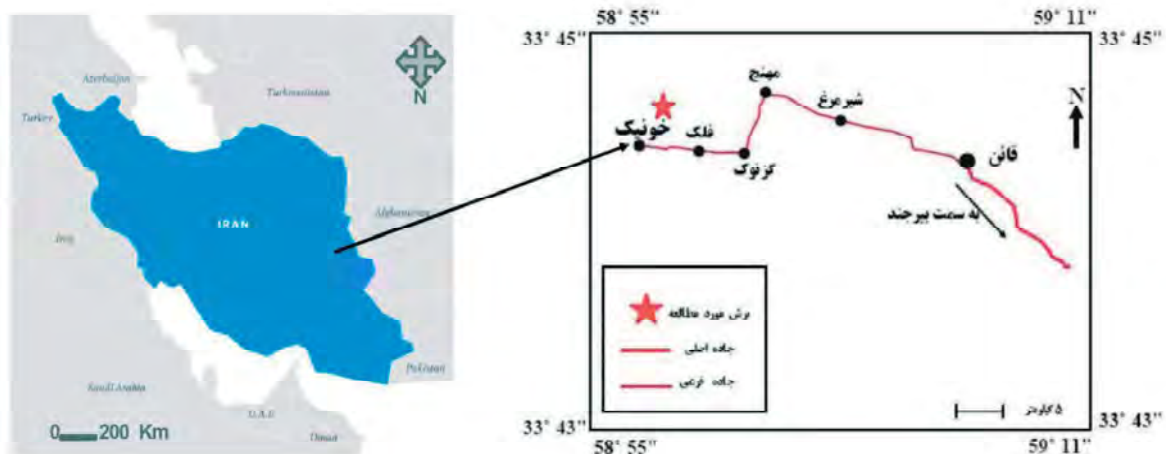
زمین‌شناسان پهنه‌های زمین‌شناختی ایران را به واحدهای مختلف تقسیم کرده‌اند. یکی از این پهنه‌ها ایران مرکزی است و تا مرزهای شرقی و غربی ایران ادامه دارد. ایران مرکزی با زمین‌درزهای افیولیتی سیستان، نائین، بافت، گسل دورونه و افیولیت‌های کاشمر-سبزوار احاطه شده و توسط گسل‌های طویلی که به سمت غرب خمیدگی دارند، قابل تقسیم به بلوک لوت، فرازمین شتری، فرونشست طبس، فرازمین کلمرد، بلوک پشت بادام، فروافتادگی بیاضه-بردسیر و بلوک یزد است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

\* نویسنده مرتبط: m.n.moghaddam@gmail.com; notghi.m@pnu.ac.ir

(Stocklin and Navabi, 1973; Gansser, 1995).

نمونه‌برداری و بررسی شد. براساس تقسیم‌بندی آقانباتی (۱۳۸۳) پهنه مورد مطالعه در حاشیه شرقی بلوک لوت در شرق ایران قرار دارد. همان‌طور که ذکر شد در بلوک لوت و به‌طور کلی شرق ایران مجموعه‌های رسوبی کرتاسه گزارش شده و تاکنون مطالعات چندی بر روی آن انجام شده است. از جمله مطالعات انجام شده بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در زمان کرتاسه می‌توان به تحقیقات انجام شده در برش‌های چینه‌شناسی سیلک (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۸)، ماله‌آباد (نظقی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵)، تیغدر (نظقی مقدم و خدادادی، ۱۳۹۵)، رمشتیک (نظقی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴)، فتح‌آباد (هادوی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ۱۳۹۳)، شوشود (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۳) و سرایان (Hadavi et al., 2015) اشاره کرد. سایر مطالعات نانوفسیلی انجام شده بر روی نهشته‌های پالئوژن و نئوژن متمرکز می‌باشد (نظقی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹؛ جلیلی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۳۹۵، ۱۳۹۴؛ مهدوی، ۱۳۹۲؛ نظری سیاه‌سر، ۱۳۹۰؛ احراری، ۱۳۸۹).

تاریخچه چینه‌ای بلوک لوت بسیار نزدیک با دیگر نواحی خردقاره ایران مرکزی است. وجود فعالیت‌های شدید ماگمایی و حضور توده‌های نفوذی، وجود گسل‌ها و درز و شکاف‌های فراوان و وجود رخساره‌های مختلف دگرگونی در واحدهای مختلف سنگی از ویژگی‌های شاخص آن می‌باشد. در خصوص سنگ‌های آتشفشانی در این بلوک نقطه نظرات متعددی بیان شده است (خلعت‌بری جعفری و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه بر آن به صورت محدودتر سنگ‌های رسوبی نظیر سنگ آهک، مارن و ماسه‌سنگ نیز در این کمربند ساختاری دیده می‌شود (آقانباتی، ۱۳۸۳). در این میان توالی رسوبات کرتاسه در بلوک لوت از گستردگی و ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیست. در بسیاری از نقاط نیز به دلیل وجود شرایط تکتونیکی خاص، مطالعه توالی‌های موجود سخت و دشوار است. با این وجود در این پژوهش برای شناسایی نانوفسیل‌های آهکی، تعیین زیست‌زون‌های نانوفسیلی و تعیین سن دقیق، نهشته‌های کرتاسه شمال شرق روستای خونیک (غرب قاین)،



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه (با استفاده از نقشه راه‌های خراسان جنوبی، دفتر آمار، اطلاعات و GIS استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۹)

## موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش چینه‌شناسی مورد مطالعه

گستره نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گریمونج قرار دارد. برای دسترسی به پهنه مورد نظر در مسیر جاده بیرجند-قاین و بعد از گذشتن از قاین در جاده فرعی قاین-خونیک و در سه کیلومتری شمال شرق روستای خونیک، نهشته‌های مارنی مورد مطالعه قرار دارد (شکل ۱).

توالی مورد مطالعه در نزدیکی روستای خونیک (غرب قاین، استان خراسان جنوبی) واقع شده است. مختصات جغرافیایی برش چینه‌شناسی مورد مطالعه ۵۸° ۵۶' ۲۵" طول شرقی و ۳۳° ۴۴' ۵۳" عرض شمالی است که در

مرضیه نطقی مقدم و همکاران

دو تا چهار متر، ۵۵ نمونه برداشت شد و پس از آماده‌سازی مورد بررسی قرار گرفت. برای مطالعه واحدهای ماسه‌سنگی و سنگ آهکی سه نمونه از ۱۰ متر انتهایی بخش ماسه‌سنگی و سه نمونه از ۱۰ متر ابتدایی سنگ آهک‌های بالایی توالی مورد مطالعه برداشت شد (شکل‌های ۲ و ۳).

ضخامت توالی مورد مطالعه در برش چینه‌شناسی بیان شده ۱۹۶ متر است و مشتمل بر مارن‌های نرم سبز رنگ با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی می‌باشد. مارن‌های برداشت شده با مرز عادی بر روی واحد ماسه‌سنگی و در زیر سنگ‌آهک‌های توده‌ای روشن قرار دارند. از این نهشته‌ها با فواصل حدود



شکل ۲. تصویر مارن‌های مورد مطالعه و مرز فوقانی (دید به سمت شمال غرب)

## روش مطالعه

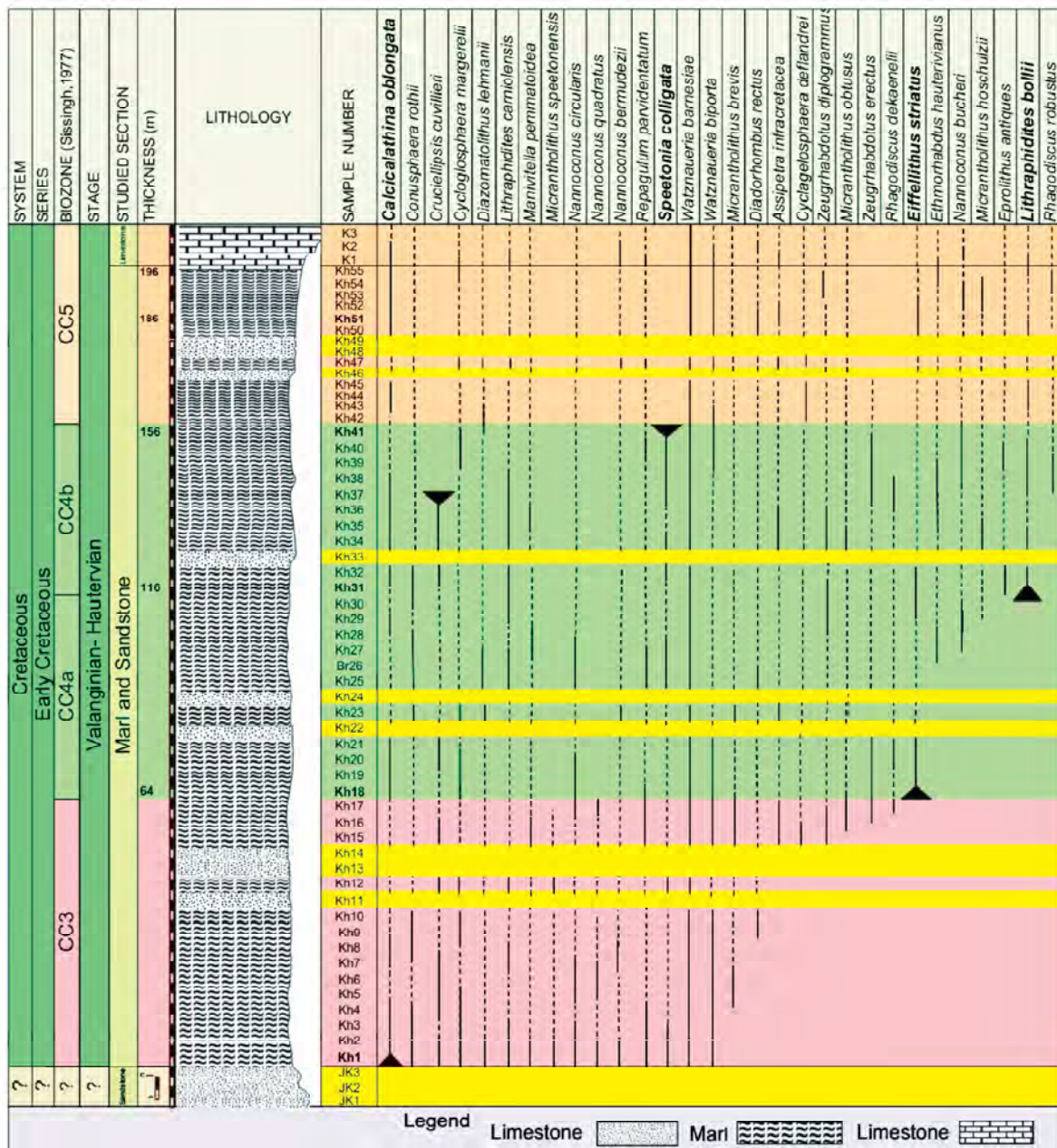
پس از انجام مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش اسمیراسلاید استفاده شد (Bown and Young, 1998). اسلایدهای آماده شده با میکروسکوپ نوری المپوس مدل BH2 مطالعه و سپس با دوربین Canon عکس‌برداری شد. مطالعه و شناسایی نانوفسیل‌های آهکی با استناد بر تعاریف Perch-Nielsen (1985) و Bown and Young (1997) انجام شد. گسترش زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی در شکل ۳ و تصاویر غالب گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده در پلیت ۱ ارائه شده است.

در این پژوهش ۳۰ گونه متعلق به ۲۰ جنس نانوفسیلی شناسایی شد (شکل ۳ و پلیت ۱). گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده در برش چینه‌شناسی خونیک از حفظ‌شدگی خوبی برخوردار هستند. به طوری که پل‌ها، کانال مرکزی، صلیب‌ها و حفرات در غالب گونه‌های شناسایی شده مانند *Eiffelithus striatus* و *Nannoconus* به خوبی مشاهده می‌شود. مجموعه جنس و گونه‌های غالب نانوفسیلی در بخش تحتانی نهشته‌های مورد مطالعه شامل گونه‌های *Micrantholithus speetonensis*، *Nannoconus circularis* و *quadratus* گونه‌های *Lithraphidites bollii* و *Rhagodiscus robustus* بیشتر در بخش فوقانی برش چینه‌شناسی مورد مطالعه و گونه‌های *Watznaueria barnesiae*، *Cycloglosphaera margerelii* و *Watznaueria biporta* تقریباً در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد.

پس از انجام مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش اسمیراسلاید استفاده شد (Bown and Young, 1998). اسلایدهای آماده شده با میکروسکوپ نوری المپوس مدل BH2 مطالعه و سپس با دوربین Canon عکس‌برداری شد. مطالعه و شناسایی نانوفسیل‌های آهکی با استناد بر تعاریف Perch-Nielsen (1985) و Bown and Young (1997) انجام شد. گسترش زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی در شکل ۳ و تصاویر غالب گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده در پلیت ۱ ارائه شده است.

## بحث

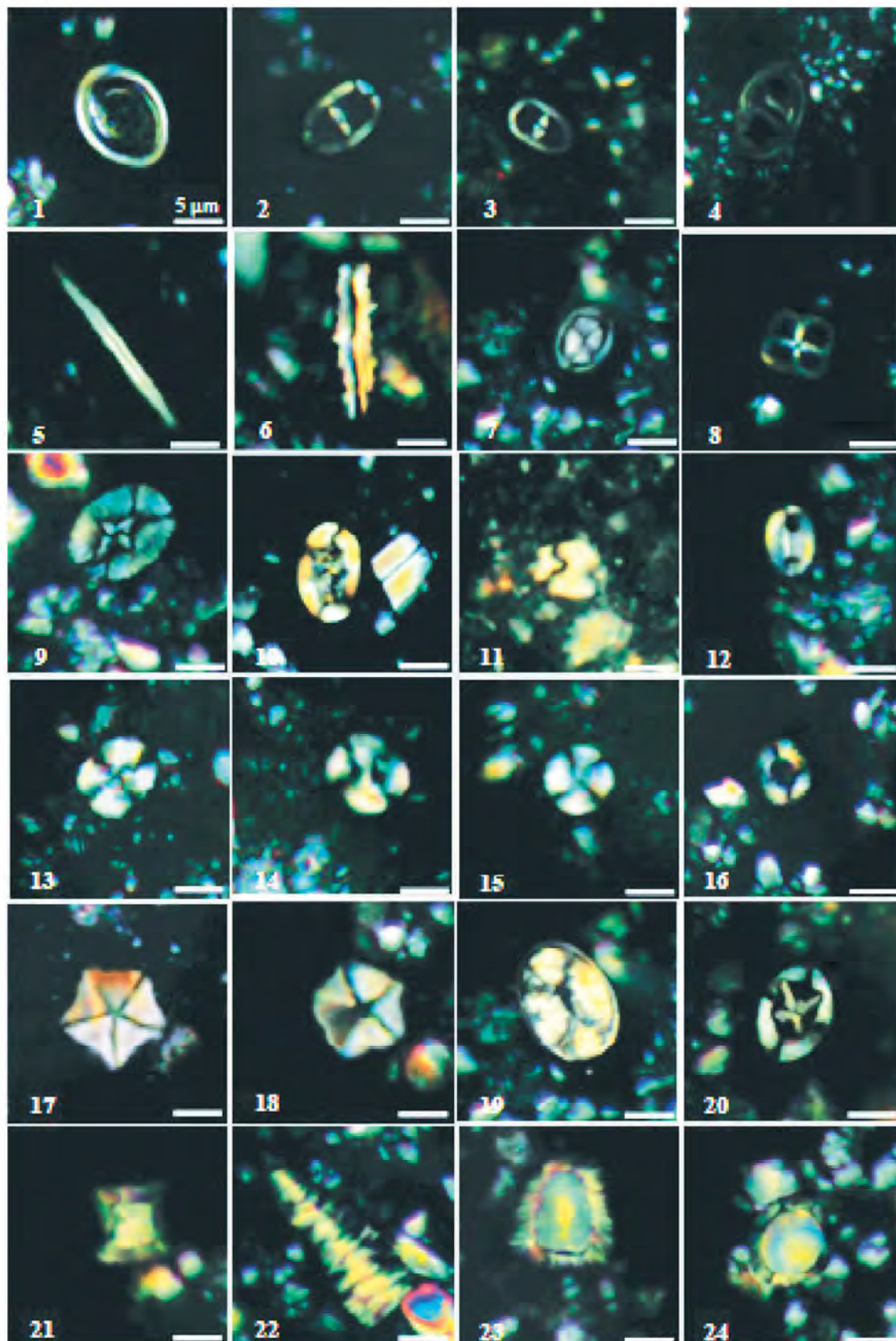
نانوفسیل‌های آهکی (حفظ‌شدگی، ترکیب گونه‌ای) انحلال، دیاژنز و رشد ثانویه عواملی هستند که بر حفظ‌شدگی گونه‌های نانوفسیلی تاثیر می‌گذارد (Bown and Young, 1998; Andruleit, 1997; Steinmetz,



شکل ۳. ستون چینه‌سنگی و گسترش زیست‌چینه‌ای نانوفسیل‌های آهکی در برش خونیک، شرق ایران

- |   |   |
|---|---|
| <p>2. <i>Speetonia colligata</i> Black, 1971 (Sample No.: PNU. Kh 26; Fig. 2: XPL, 45°)</p> <p>3. <i>Zeughrabdolus erectus</i> (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Reinhardt, 1965 (Sample No.: PNU. Kh 20; Fig. 3: XPL, 60°)</p> <p>4. <i>Zeughrabdolus diplogrammus</i> (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Burnett in Gale et al., 1996 (Sample No.: PNU. Kh 35; Fig. 4:</p> | <p>اسامی نانوفسیل‌های آهکی پلیت ۱. (علامت‌های اختصاری XPL معرف تصویر نمونه در Cross-polarized light، معرف محل نگهداری نمونه‌ها در آزمایشگاه زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور استان خراسان جنوبی و Kh معرف برش خونیک است)</p> <p>1. <i>Ethmorhabdus hauterivianus</i> (Black, 1971) Applegate et al. in Covington and Wise, 1987 (Sample No.: PNU. Kh 36; Fig. 1: XPL, 45°)</p> |
|---|---|

Plate1



پلیت ۱. تصاویر نانوفسیل های آهکی شناسایی شده در برش خونیک

- Thierstein, 1971 (Sample No.: PNU. Kh 1; Fig. 19: XPL, 45°)
20. *Eiffellithus striatus* (Black, 1971) Applegate and Bergen, 1988 (Sample No.: PNU. Kh 18; Fig. 20: XPL, 45°)
21. *Nannoconus quadrates* (Noël 1959) Deres and Achéritéguy 1980 (Sample No.: PNU. Kh 6; Fig. 21: XPL, 0°)
22. *Nannoconus bermudezii* Brönnimann, 1955 (Sample No.: PNU. Kh 8; Fig. 22: XPL, 45°)
23. *Nannoconus bucheri* Brönnimann, 1955 (Sample No.: PNU. Kh 28; Fig. 23: XPL, 0°)
24. *Nannoconus circularis* Deres and Achéritéguy, 1980 (Sample No.: PNU. Kh 19; Fig. 24: XPL, 0°)
- XPL, 30°)
5. *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963 (Sample No.: PNU. Kh 7; Fig. 5: XPL, 45°)
6. *Lithraphidites bollii* (Thierstein, 1971) Thierstein, 1973 (Sample No.: PNU. Kh 31; Fig. 6: XPL, 0°)
7. *Rhagodiscus dekaenelii* Bergen, 1994 (Sample No.: PNU. Kh 21; Fig. 7: XPL, 30°)
8. *Diadorhombus rectus* Worsley, 1971 (Sample No.: PNU. Kh 25; Fig. 8: XPL, 45°)
9. *Cruciellopsis cuvillieri* (Manivit, 1966) Thierstein, 1971 (Sample No.: PNU. Kh 37; Fig. 9: XPL, 45°)
10. *Rhagodiscus robustus* Bown, 2005 (Sample No.: PNU. Kh 52; Fig. 10: XPL, 0°)
11. *Assipetra infracretacea* (Thierstein, 1973) Roth, 1973 (Sample No.: PNU. Kh 51; Fig. 11: XPL, 0)
12. *Repagulum parvidentatum* (Deflandre and Fert, 1954) Forchheimer, 1972 (Sample No.: PNU. Kh 40; Fig. 12: XPL, 0°)
13. *Watznaueria barnesiae* (Black in Black and Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968 (Sample No.: PNU. Kh 2; Fig. 13: XPL, 30°)
14. *Watznaueria biporta* Bukry, 1969 (Sample No.: PNU. Kh 3; Fig. 14: XPL, 0°)
15. *Cyclagelosphaera margerelii* Noël, 1965 (Sample No.: PNU. Kh 5; Fig. 15: XPL, 0°)
16. *Diazomatolithus lehmanii* Noël, 1965 (Sample No.: PNU. Kh 2; Fig. 16: XPL, 0°)
- 17.18: *Micrantholithus hoschulzii* (Reinhardt, 1966) Thierstein, 1971 (Sample No.: PNU. Kh 54 (17) and Kh 35 (18); Figs. 17 and 18: XPL, 0°)
19. *Calcicalathina oblongata* (Worsley, 1971)

### زیست‌چینه‌نگاری و تعیین سن

نانوفسیل‌های آهکی به علت تنوع زیاد، بازه زمانی کوتاه، شناوری و پراکندگی اهمیتی فوق‌العاده در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و تطابق بین‌ناحیه‌ای دارند (Perch-Nielsen, 1985). از این رو مطالعات وسیعی در زمان‌های مختلف بر مبنای این گروه فسیلی انجام شده و بر اساس آن تقسیم‌بندی‌های زیست‌چینه‌ای متعددی توسط پژوهشگرهای مختلف ارائه شده است. اولین تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای نهشته‌های کرتاسه پیشین توسط Thierstein (1971; 1973) به دنبال مطالعه نمونه‌های مربوط به جنوب شرق فرانسه انجام شد. سپس Roth (1978) و Sissingh (1977) تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای نانوفسیلی در حوضه تتیس ارائه دادند. زیست‌زون‌های معرفی شده Sissingh (1977) با علامت اختصاری CC و زیست‌زون‌های معرفی شده Roth (1978) با علامت اختصاری NK/NC توسط پژوهشگرهای مختلف مانند Bralower et al (1989; 1993) Perch-Nielsen (1979; 1985); Bralower (1987); Applegate and Bergen (1988) مورد استفاده و بازبینی قرار گرفت.

زیست‌زون CC3 منطبق بر زیرزون NK3A و نیمه ابتدایی زیرزون NK3B از زون‌بندی (Roth 1978) است. مرز زیرین و بالایی زیرزون NK3A به ترتیب با اولین ظهور *Calcicalathina oblongata* و آخرین حضور *Rucinolithus wisei* و مرز زیرین و بالایی زیرزون NK3B به ترتیب با آخرین حضور *Rucinolithus wisei* و آخرین حضور *Tubodiscus verenae* تعیین می‌شود. اولین حضور *Eiffellithus striatus* مطابق با بخش میانی زیرزون NK3B است.

توضیحات: در توالی مورد مطالعه اولین حضور گونه *Calcicalathina oblongata* در اولین نمونه بررسی شده، نشانگر آغاز زیست‌زون CC3 در قاعده برش چینه‌شناسی خونیک است. از آن جا که گونه شاخص مرز فوقانی (*Cretarhabdus loriei*) در نمونه‌های مطالعه شده مشاهده نشد، بنابراین برای تعیین مرز فوقانی زون به اولین حضور *Eiffellithus striatus* (نمونه شماره ۱۸) استناد شد. از این رو گستره زیست‌زون بیان شده از قاعده توالی مورد بررسی تا ضخامت ۶۴ متری (نمونه شماره ۱ تا نمونه شماره ۱۸) تعیین شد. در این مطالعه اولین حضور گونه *Eiffellithus windii* ثبت نشد. بنابراین تعیین دو زیرزون CC3a و CC3b در این توالی امکان‌پذیر نشد. علاوه بر این با وجود ثبت اولین حضور گونه *Calcicalathina oblongata* و اولین حضور *Eiffellithus striatus*، تعیین مرز زیرین زیرزون NK3A و بخش میانی زیرزون NK3B امکان‌پذیر شد ولی به دلیل نبود حضور گونه *Rucinolithus wisei* تعیین مرز NK3A و NK3B میسر نشد.

#### زیست‌زون (CC4) *Cretarhabdus loriei* Zone

طبق نظر (Sissingh 1977)، زون *Cretarhabdus loriei* از اولین حضور گونه *Cretarhabdus loriei* تا آخرین حضور گونه *Speetonia colligata* ادامه دارد (Perch-Nielsen, 1985). تقسیمات فرعی این زیست‌زون در قلمرو Tethyan توسط (Thierstein 1976) براساس اولین حضور گونه *Lithraphidites bollii* انجام پذیرفته و دو زیرزون CC4a و CC4b مشخص شده است. آخرین حضور گونه *Cruciellipsis cuvillieri* نیز توسط Thierstein

در این میان تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای Sissingh (1977, 1978) که یک تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای کامل در بازه زمانی کرتاسه است و در غالب مطالعات زیست‌چینه‌نگاری کرتاسه مورد استفاده پژوهشگرهای مختلف قرار دارد (سنماری، ۱۳۹۷؛ سنماری و فروغی، ۱۳۹۸)، مبنای مطالعه حاضر نیز می‌باشد. در این مطالعه زیست‌زون‌های تعیین شده براساس (Sissingh 1977, 1978) با تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای (Roth 1978) مقایسه و معادل‌سازی شده است. از آن جا که گونه‌های شاخص بکار رفته در این تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای به‌خصوص در کرتاسه از گسترش خوبی برخوردار هستند، بنابراین اکثر پژوهشگرها برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری کرتاسه از این تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای استفاده می‌کنند. بازنگری تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای مورد نظر توسط Applegate and Bergen (1988) و (Perch-Nielsen 1979, 1985) انجام شد. در تقسیم‌بندی زیست‌چینه‌ای (Sissingh 1977)، زون‌ها با علامت اختصاری CC (کوکولیت‌های کرتاسه) مشخص شده است. اساس زون‌های معرفی شده در این زون‌بندی، اولین حضور و یا آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی است. در این برش چینه‌شناسی برپایه اولین حضور گونه‌های شاخص و مجموعه فسیل‌های همراه، زون‌های زیستی CC3، CC4 و CC5 برای توالی مورد مطالعه پیشنهاد شد (شکل ۳). در زیر شرح هر یک از زون‌های زیستی در برش چینه‌شناسی خونیک ارائه شده است.

#### زیست‌زون (CC3) *Calcicalathina oblongata* Zone

بازه‌زمانی این زیست‌زون طبق تعریف (Thierstein 1971) و (Sissingh 1977) از اولین حضور گونه *Calcicalathina oblongata* تا اولین حضور گونه *Cretarhabdus loriei* می‌باشد (Applegate and Bergen 1985). (Perch-Nielsen, 1985) اولین ظهور گونه *Eiffellithus striatus* را شاخصی برای تعیین مرز بالایی این زون معرفی کردند. سن این زیست‌زون والانژینین پیشین تا نیمه ابتدایی والانژینین پسین است. زیست‌زون بیان شده بر مبنای اولین حضور *Eiffellithus windii* به دو زیرزون CC3a و CC3b تقسیم می‌شود.

دلیل نبود گونه‌ی *Tubodiscus verenae* تعیین مرز بالایی و به دنبال آن شروع زیرزون NC4A ممکن نبود. اولین حضور *Lithraphidites bollii* در نمونه‌های مورد مطالعه، انتهای زیرزون NC4A و شروع زیرزون NC4B را مشخص کرده است. با این وجود به دلیل نبود حضور *Crucellipsis cuvillieri* انتهای زیرزون NC4B و شروع زیرزون NC5A و نیز به دلیل نبود حضور *Rucinolithus windleyae* تعیین انتهای زیرزون NC5A و شروع زیرزون NC5B امکان‌پذیر نبود. در این مطالعه آخرین حضور *Speetonia colligate* نشانگر بخش میانی زیرزون NC5B در نمونه شماره ۴۱ (۱۵۶ متری از قاعده توالی) است.

#### زیست‌زون (CC5) *Lithraphidites bollii* Zone

طبق نظر Thierstein (1971) و Sissingh (1977) این زون از آخرین حضور گونه *Speetonia colligata* تا آخرین حضور گونه *Calcicalathina oblongata* ادامه دارد و سن آن معادل هوتروین پسین تا بarmین پیشین است (Perch-Nielsen, 1985).

زیست‌زون CC5 منطبق بر نیمه‌انتهایی زیرزون NC5B و زیرزون NC5C از زون‌بندی (Roth 1978) است. نیمه‌انتهایی زیرزون NC5B به ترتیب با آخرین حضور *Speetonia colligate* و آخرین حضور *Lithraphidites bollii* مشخص می‌شود. به دنبال آخرین حضور *Lithraphidites bollii* زیرزون NC5C شروع و با آخرین حضور *Calcicalathina oblongata* خاتمه می‌یابد.

توضیحات: همان‌طور که در زون قبلی اشاره شد آخرین حضور گونه *Speetonia colligata* در نمونه شماره ۴۱ ثبت گردید. اما آخرین حضور گونه *Calcicalathina oblongata* در توالی مورد مطالعه ثبت نشد. از این‌رو تعیین ضخامت زیست‌زون CC5 در برش چینه‌شناسی خونیک امکان‌پذیر نیست. بنابراین برمبنای مرز تحتانی زون (نمونه شماره ۴۱)، ۴۰ متر انتهای توالی مورد مطالعه به زون بیان شده اختصاص دارد. در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه آخرین حضور *Lithraphidites bollii* ثبت نشد. بنابراین تفکیک دو زیرزون میسر نشد.

در این مطالعه آخرین حضور *Speetonia colligate*

(1976) به‌عنوان شاخص دیگری برای تعیین مرز بالایی این زیست‌زون معرفی شده است. سن زون مورد نظر انتهای والائزینین پسین تا اوایل هوتروین پسین است.

زیست‌زون CC4 منطبق بر نیمه‌انتهایی زیرزون NK3B و زیرزون‌های NC4A، NC4B، NC5A و نیمه ابتدایی زیرزون NC5B از زون‌بندی (Roth 1978) است. نیمه‌انتهایی زیرزون NK3B به ترتیب با اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* و آخرین حضور *Tubodiscus verenae* مشخص می‌شود. آخرین حضور *Tubodiscus verenae* منطبق با شروع زیرزون NC4A و اولین حضور *Lithraphidites bollii* مطابق با انتهای زیرزون NC4A و شروع زیرزون NC4B است. به دنبال آخرین حضور *Crucellipsis cuvillieri*، نشان‌دهنده انتهای زیرزون NC4B و شروع زیرزون NC5A می‌باشد. زیرزون NC5A با آخرین حضور *Rucinolithus windleyae* خاتمه یافته و زیرزون NC5B آغاز می‌شود. آخرین حضور *Speetonia colligate* منطبق با قسمت میانی زیرزون NC5B است.

توضیحات: باتوجه به معرفی اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* برای تعیین مرز فوقانی زون CC3 و به دنبال تعیین مرز تحتانی زون CC4 توسط Applegate and Bergen (1988)، در این مطالعه گستره زون CC4 از اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* (نمونه شماره ۱۸) تا آخرین حضور گونه *Speetonia colligata* (نمونه شماره ۴۱) تعیین شد. شواهد نانوفسیلی بیان شده، نشانگر وجود زیست‌زون CC4 از متر ۶۴ متری از قاعده توالی تا ۱۵۶ متری است. بنابراین زون CC4، ۹۲ متر از نهشته‌های مارنی توالی مورد مطالعه را در می‌گیرد. شایان ذکر است برمبنای اولین حضور *Lithraphidites bollii* (نمونه ۳۱)، زیست‌زون CC4 به دو زیرزون CC4a با ضخامت ۵۲ متر از اولین حضور *Eiffellithus striatus* تا اولین حضور *Lithraphidites bollii* و زیرزون CC4b با ضخامت ۴۰ متر از اولین حضور *Lithraphidites bollii* تا آخرین حضور *Speetonia colligata* تفکیک شد.

در این مطالعه آغاز نیمه‌انتهایی زیرزون NK3B با اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* مشخص شد ولی به



و GIS، گروه آمار و GIS، ۱۳۹۹. نقشه راه‌های خراسان جنوبی.

- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶.

- جلیلی، ف.، نطقی مقدم، م. و هادوی، ف.، ۱۳۹۸. نانوپلانکتون‌های آهکی در اقیانوس میان‌کافتی شرق ایران در برش چینه‌شناسی چهکند (شمال بیرجند). نشریه علمی-پژوهشی اقیانوس‌شناسی، ۱۰، ۳۹، ۷۳-۷۹.

- جلیلی، ف.، نطقی مقدم، م. و هادوی، ف.، ۱۳۹۸. بررسی زیست‌چینه‌ای نهشته‌های شبه فلیش برش سیلک براساس نانوفسیل‌های آهکی و مقایسه آن با برش‌های شوشود و سراپان (شرق بلوک لوت). نشریه علوم زمین خوارزمی، ۵، ۲، ۱۵۹-۱۷۴.

- جلیلی، ف.، نطقی مقدم، م. و هادوی، ف.، ۱۳۹۵. بررسی فیلیشوئیدهای میوسن میانی و پسین خاور افضل‌آباد (شمال بیرجند) برپایه نانوفسیل‌های آهکی. فصلنامه علوم زمین، ۲۶، ۱۰۲، ۱۷۷-۱۸۴.

- جلیلی، ف.، هادوی، ف.، رحیمی، ب. و خزاعی، ا.ر.، ۱۳۹۴. نانواستراتیگرافی فیلیشوئیدهای افضل‌آباد (شمال بیرجند). نشریه علمی-پژوهشی دیرینه‌شناسی، ۳، ۲، ۱۳۲-۱۴۳.

- جلیلی، ف.، هادوی، ف. و نطقی مقدم، م.، ۱۳۹۳. زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه برمبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش شوشود (شمال بیرجند). نشریه علمی-پژوهشی رخساره‌های رسوبی، ۷، ۲، ۲۰۸-۲۱۷.

- خلعت‌بری جعفری، م.، بانه‌ای، ن. و فریدی، م.، ۱۳۹۹. پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی الیگوسن گستره ده‌ته، جنوب دیهوک، بلوک لوت. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۴، ۲۱، ۵۶-۴۱.

- سنماری، س. و فروغی، ف.، ۱۳۹۸. ارزیابی نهشته‌های منسوب به سازند گورپی برمبنای نانوفسیل‌های آهکی واقع در جنوب‌غرب بروجن، استان چهارمحال بختیاری. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۳، ۵۰، ۱-۱۴.

- سنماری، س.، ۱۳۹۷. بیواستراتیگرافی گذر مزوزوئیک-سنوزوئیک برمبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش تنگ بوالفارس، جنوب‌غرب ایران. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۲، ۴۶، ۹-۱.

- مهدوی، ف.، ۱۳۹۲. نانواستراتیگرافی نهشته‌های منسوب به پالئوزن در برش روستای کلاته‌شمس (شمال

نشانگر قسمت میانی زیرزون NC5B در نمونه شماره ۴۱ است ولی با توجه به تداوم حضور *Lithraphidites bollii* و *Calcicalathina oblongata* در نمونه‌های مورد مطالعه، زیرزون NC5B خاتمه نیافته و زیرزون NC5C نیز شروع نمی‌شود.

شایان ذکر است در پژوهش حاضر تداوم حضور گونه *Calcicalathina oblongata* در نمونه‌های ابتدایی واحد سنگ آهک بالایی ثبت شد. از این‌رو گستره سنی بخش تحتانی واحد سنگ آهک بیان شده به ضخامت ۱۰ متر و نیز مرز واحد مارنی با واحد سنگ آهک بالایی، برمبنای مرز تحتانی زون CC5، هوترورین پسین می‌باشد. در نمونه‌های مطالعه شده از واحد ماسه‌سنگی، نانوفسیلی ثبت نشد. بنابراین تعیین سن واحد ماسه‌سنگی زیر توالی در این مطالعه امکان‌پذیر نشد.

در نتیجه در این مطالعه براساس زون‌های زیستی مطالعه شده، سن توالی مورد مطالعه والانژینین پیشین تا هوترورین پسین پیشنهاد می‌شود.

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای اولین بار تعداد ۳۰ گونه از گروه نانوفسیل‌های آهکی در نهشته‌های مارنی واقع در برش چینه‌شناسی شمال شرق خونیک شناسایی شد. این نمونه‌ها از حفظ‌شدگی به نسبت خوب و فراوانی متوسطی برخوردار بودند. در توالی مورد مطالعه براساس وجود گونه‌های شاخص، زون‌های زیستی CC3، CC4، و CC5 بر پایه تقسیم‌بندی‌های زیست‌چینه‌ای (Sissingh 1977) تعیین شد. براساس زیست‌زون‌های ارائه شده، بازه زمانی توالی رسوبی از والانژینین پیشین تا هوترورین پسین پیشنهاد می‌شود.

## منابع

- احراری، ا.، ۱۳۸۹. معرفی نانوپلانکتون‌های آهکی نهشته‌های نئوزن جنوب غرب افضل‌آباد (جنوب شرق بیرجند). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام‌نور خراسان جنوبی (بیرجند)، ۱۵۷.

- استانداری خراسان جنوبی، دفتر آمار، اطلاعات

- Station, TX (Ocean Drilling Program), 293-348.
- Bown, P.R. and Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R. Ed. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publication, 16-28.
  - Bown, P.R. and Young, J.R., 1997. Mesozoic calcareous nannoplankton classification. *Journal of Nannoplankton Research*, 19, 21-36.
  - Bralower, T.J., Sliter, W.V., Arthur, M.A., Leckie, R.M., Allard, D. and Schlanger, S.O., 1993. Dysoxic/anoxic episodes in the Aptian-Albian (Early Cretaceous). *Geophysical Monograph*, 77, 5-37.
  - Bralower, T.J., Monechi, S. and Thierstein, H.R., 1989. Calcareous nannofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the geomagnetic polarity timescale. *Marin Micropalaeontology*, 14, 153-235.
  - Bralower, T.J., 1987. Valanginian to Aptian calcareous nannofossil stratigraphy and correlation with the upper M-sequence magnetic anomalies. *Marin Micropalaeontology*, 11, 293-310.
  - Davoudzadeh, M. and Schmidt, K., 1982. Zur Trias des Iran.-*Geologische Rundschau*, 71, 3, 1021-1039.
  - Gansser, A., 1995. New aspects of the geology in central Iran-4th World Petroleum Congress Proceedings Rome, Section, I/A/5, Paper2, 279-300.
  - Hadavi, F., Notghi Moghaddam, M. and Khodadadi, L., 2015. Biostratigraphy and paleoecology of Cretaceous rocks based on calcareous nannofossil in Sarayan section, East Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 8, 52-68.
  - Honjo, S., 1976. Coccoliths: production, transportation and sedimentation. *Marin Micropalaeontology*, 1, 65-79.
  - Nowroozi, A. A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the mid-Gulf of Persia. *Journal of Geophysical Research*, 77, 293-348.
- غرب بیرجند). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۹.
- نطقی‌مقدم، م.، جلیلی، ف. و هادوی، ف.، ۱۳۹۹. نانواستراتیگرافی نهشته‌های برش اویج (حاشیه شرقی بلوک لوت). *نشریه علمی-پژوهشی رخصاره‌های رسوبی*، ۱۳، ۱، ۱۱۳-۱۲۵.
  - نطقی‌مقدم، م.، هادوی، ف. و خدادادی، ل.، ۱۳۹۵. نانواستراتیگرافی نهشته‌های کرتاسه پیشین در برش ماله‌آباد. *یازدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران*، ۱۹۶.
  - نطقی‌مقدم، م. و خدادادی، ل.، ۱۳۹۵. نانوفسیل‌های آهکی کرتاسه پیشین: بیواستراتیگرافی حاشیه شرقی بلوک لوت. *یازدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران*، ۱۳۲-۱۳۶.
  - نطقی‌مقدم، م.، هادوی، ف. و خدادادی، ل.، ۱۳۹۴. بررسی نانوفسیل‌های آهکی کرتاسه پیشین در برش رمشتیک (جنوب شرق سرایان). *نشریه علمی-پژوهشی رخصاره‌های رسوبی*، ۲، ۸، ۲۷۸-۲۸۹.
  - نظری سیاه‌سر، ز.، ۱۳۹۰. نانواستراتیگرافی نهشته‌های مارنی شمال شرقی ماله‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام‌نور خراسان جنوبی (بیرجند)، ۱۴۶.
  - هادوی، ف.، نطقی‌مقدم، م.، خدادادی، ل. و رضازاده، ف.، ۱۳۹۴. بررسی شرایط رسوب‌گذاری نهشته‌های هوتروپین براساس نانوفسیل‌های آهکی در برش فتح‌آباد (شمال غرب قاین). *نهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران*، ۱۴۰-۱۴۴.
  - هادوی، ف.، نطقی‌مقدم، م.، خدادادی، ل. و رضازاده، ف.، ۱۳۹۳. نانواستراتیگرافی نهشته‌های کرتاسه پیشین در فتح‌آباد (شمال غرب قاین). *سی و سومین گردهمایی ملی علوم زمین*، ۱-۱۰.
  - Andrleit, H., 1997. Coccolithophore fluxes in the Norwegian-Greenland Sea, seasonality, And assemblage alterations. *Marin Micropalaeontology*, 1, 31, 45-64.
  - Applegate, J.L. and Bergen, J.A., 1988. Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. In Boillot, G., Winterer, E.L., et al., *Proc. ODP, Science Results*, 103: College

- dle east. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 62, 3, 823-850.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils, in *Plankton Stratigraphy* (eds Bolli, H.M., Saunders, J.B. and Perch-Nielsen, K.). Cambridge University Press, 329-426.
  - Perch-Nielsen, K., 1979. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. *Aspekte der Kreide Europas*. International Union of Geological Sciences Series A, 6, 223-272.
  - Roth, P.H., 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 44, 731-760.
  - Sissingh, W., 1978. Microfossil biostratigraphy and stage-stratotypes of the Cretaceous. *Geologie en Minjbouw*, 57, 3, 433-440.
  - Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Minjbouw*, 56, 1, 37-65.
  - Steinmetz, J.C., 1994. Stable isotopes in modern coccolithophores. In: Winter, A., Siesser, W.G. (Eds.), *Coccolithophores*. Cambridge University Press, Cambridge, 219-229.
  - Stocklin, J. and Nabavi, M. H., 1973. Tectonic map of Iran. Geological Survey of Iran.
  - Stocklin, J., 1972. *Lexique stratigraphique international*, 3, Fascicule 9b, Iran.
  - Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton: *Micropaleontology*, 1, 325-362.
  - Thierstein, H.R., 1973. Lower cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 29, 1-52.
  - Thierstein, H.R., 1971. Tentative lower cretaceous calcareous nannoplankton zonation. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 64, 459-488.