

زیست‌چینه‌نگاری و بوم‌دیرینه‌شناسی سازند سورگه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در برش شاه‌نخجیر (جنوب باختر ایلام)

محمدحسن شکری^۱، فاطمه هادوی^۲، لیدا خدادادی^۳، مرضیه نطقی‌مقدم^۴ و حسین کامیابی شادان^۵

^۱دانشجوی دکترا، پردیس بین‌الملل، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳دکتر، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۵دکتر، مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۱

چکیده

سازند سورگه در حوضه رسوبی زاگرس به لحاظ اقتصادی اهمیت فراوانی دارد. در این مطالعه، نانوفسیل‌های آهکی سازند سورگه در جنوب باختر ایلام در برش شاه‌نخجیر مورد بررسی قرار گرفتند. ضخامت سازند سورگه در این مطالعه حدود ۱۴۷ متر و متشکل از ته‌نشست‌های مارنی و با تنوع و حفظ‌شدگی خوبی از نانوفسیل‌های آهکی است. در مجموع ۴۱ گونه متعلق به ۲۲ جنس تعیین و با زون‌های استاندارد جهانی نانوفسیلی حوضه تیس مقایسه شد. بر اساس گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده، سن سنومانین میانی - سانتونین میانی مطابق با زون‌بندی زیستی Sissingh (1977) شامل زون‌های زیستی *Lucianorhabdus* Zone (CC10)، *Quadrum gartneri* Zone (CC11)، *Lucianorhabdus* Zone (CC12)، *Marthasterites furcatus* Zone (CC13)، *Micula decussata* Zone (CC14)، *Reinhardtites anthophorus* Zone (CC15) و *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone (CC16)، *Calculites obscurus* Zone (CC17) برای سازند سورگه در برش مورد مطالعه پیشنهاد شد. همچنین تفسیرهای بوم‌دیرینه‌شناسی بر اساس گونه‌های شناسایی شده معرف شرایط آب‌وهوایی گرم و کم‌عمق در عرض‌های جغرافیایی پایین برای ته‌نشست‌های رسوبات سازند سورگه در ناحیه جنوب باختری ایلام (برش شاه‌نخجیر) است.

کلیدواژه‌ها: زیست‌چینه‌نگاری، بوم‌دیرینه‌شناسی، سازند سورگه، نانوفسیل‌های آهکی، ایلام.

*نویسنده مسئول: فاطمه هادوی

E-mail: fhadavi@ferdowsi.um.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

(مطیعی، ۱۳۷۲). گروه بنگستان شامل سازندهای کژدمی، سروک، سورگه و ایلام بوده و در فاصله زمانی آلین - کامپانین در حوضه رسوبی زاگرس با محتوای نفت و گاز فراوان ته‌نشین شده است. از این رو سازند سورگه در پی جویب هیدروکربور حائز توجه فراوانی است. لکن تاکنون بر روی آن مطالعات محدودی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی انجام شده است. نانوفسیل‌های آهکی بقایایی از جلبک‌های هاپتوفیت با اندازه کمتر از ۳۰ میکرون هستند که برای اولین بار از رسوبات تریاس بالایی ظاهر شدند. این گروه فسیلی به عنوان یکی از اصلی‌ترین اجزای رسوبات دریا‌های عمیق در طی دوران‌های مزوزوییک و سنوزوییک محسوب می‌شوند. از ویژگی‌های مهم این گروه می‌توان به گسترش جغرافیایی وسیع، تنوع زیاد، فراوانی بالا و محدوده زمانی کوتاه به همراه قدرت تفکیک نسبی در حد نیم‌میلیون سال اشاره کرد که آنها را به یکی از دقیق‌ترین ابزارهای زیست‌چینه‌نگاری تبدیل کرده است (Perch-Nielsen, 1985). همچنین به عقیده برخی از نویسندگان (Hay, 1970; Berger, 1973; Blaj et al., 2009) این گروه در مقایسه با روزن‌بران پلانکتونیک در مواقعی دارای حساسیت کمتری در انحلال کربنات از محیط‌های دریایی هستند. لذا ابزار بسیار سودمندی نیز در مباحث بوم‌دیرینه‌شناسی محسوب می‌شوند. اصلی‌ترین اهداف مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از: (۱) شناسایی نانوفسیل‌های آهکی، تعیین زیست‌زون‌بندی و تطابق با زون‌های زیستی استاندارد حوضه تیس (Cretaceous Coccoliths = CC Sissingh, 1977) و (۲) تفسیر محیط رسوبی و شرایط دیرینه‌بوم‌شناختی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی از توالی‌های مورد مطالعه.

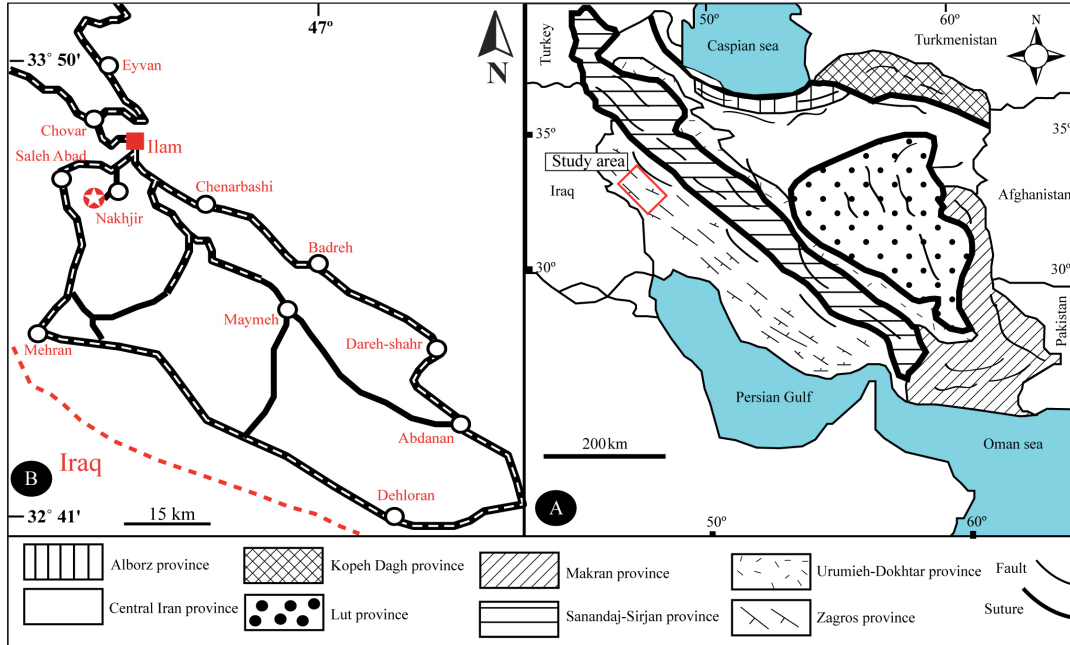
۲- مواد و روش‌ها

سازند سورگه در برش شاه‌نخجیر با ضخامت ۱۴۷ متر در بردارنده توالی سنگ‌چینه‌ای از مارن‌های خاکستری - سبز مایل به خاکستری به سن کرتاسه با مختصات جغرافیایی طول خاوری ۴۵°۲۵' ۲۱' و عرض شمالی ۳۰° ۱۳' ۳۳'

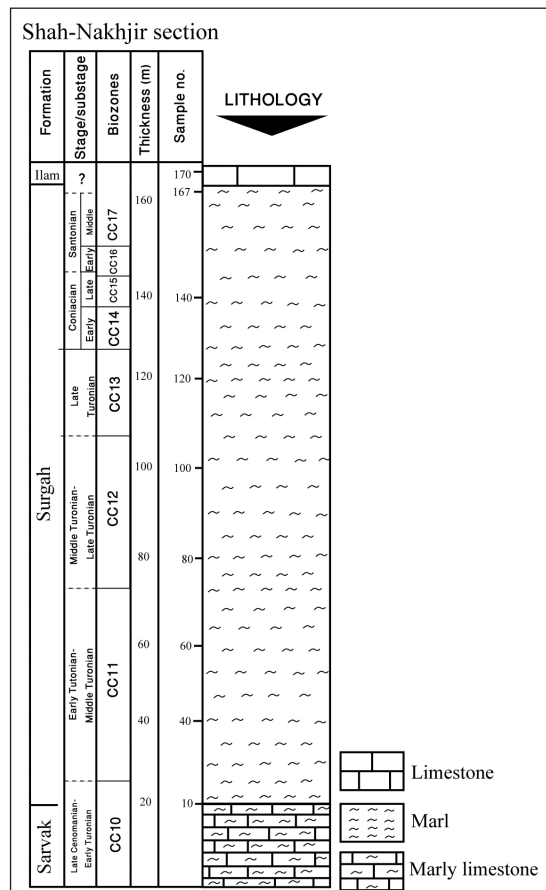
پهنه‌بندی رسوبی - ساختمانی ایران از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان بوده است. به طوری که بر اساس مرزبندی‌های گسل‌های اصلی، پهنه‌هایی با خصوصیات مختلف سکانس‌های رسوبی و ماگماتیسم در آن تفکیک شده‌اند (Berberian and King, 1981). بدین ترتیب تا به امروز در آخرین تقسیم‌بندی‌ها، ۸ پهنه رسوبی - ساختمانی شامل: (۱) زاگرس، (۲) البرز، (۳) کپه‌داغ، (۴) ایران مرکزی، (۵) بلوک لوت، (۶) سنندج - سیرجان، (۷) ارومیه - دختر و (۸) مکران برای فلات ایران مشخص شد (شکل ۱- الف). حوضه رسوبی زاگرس در جنوب و جنوب باختر ایران به عنوان یک حوضه نفتی مورد توجه است و با گستره‌ای وسیع در حاشیه شمال خاوری و رقه عربی با راستای شمال خاوری - جنوب باختری از ترکیه تا تنگه هرمز با طول بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر گسترش دارد (Alavi, 1994 and 2007). سازند شیلی سورگه به عنوان یکی از مهم‌ترین سازندهای گروه بنگستان و سنگ‌پوش مخازن سروک در ناحیه لرستان به سن کرتاسه میانی اولین بار از کوه سورگه در تنگ گراب و شمال باختری تاقدیس کبیرکوه در ۴۵ کیلومتری جنوب خاوری شهر ایلام به وسیله James and Wynd (1965) معرفی شد. این سازند در ناحیه لرستان به خوبی توسعه یافته است و به سمت جنوب خاوری به تدریج از ضخامت توالی مذکور کاهش می‌یابد و در برخی نواحی به صفر می‌رسد (مطیعی، ۱۳۷۲). بدین ترتیب در نواحی خوزستان سازند ایلام به‌طور مستقیم بر روی سازند سروک قرار می‌گیرد، در حالی که در ناحیه لرستان توسعه گسترده‌ای از سازند سورگه با مرز پایینی آن با سنگ‌آهک‌های مارنی سازند سروک و مرز بالایی آن با سنگ‌آهک‌های رس‌دار سازند ایلام به‌طور هم‌شیب مشاهده می‌شود. برای مثال در لرستان ضخامت این سازند به وسیله منجزی (۱۳۸۵) در برش الگو ۱۶۶ متر گزارش شد، در حالی که قلاوند (۱۳۸۸) در ناحیه خوزستان ضخامت آن را حدود ۵۰ متر اندازه‌گیری کرد. همچنین سازند مذکور از نواحی مرکزی لرستان به سوی شمال باختری لرستان و عراق تغییر رخساره می‌دهد و به شیل‌های سیاه رنگ و آهک‌های رسی سازند گرو تبدیل می‌شود

پژوهش ۱۷۰ نمونه در فواصل حدود ۱ متر برداشت و مقاطع نازک به روش اسمیر-اسلاید (Smear-Slide) معرفی شده به وسیله Bown and Young (1998) آماده‌سازی شد.

در حدود ۲۰ کیلومتری شهر ایلام و در مسیر سد چهارگلان قرار دارد (شکل‌های ۱-ب و ۲). مرزهای زیرین و بالایی از سازند سورگانه در برش مورد مطالعه به ترتیب با سازندهای سروک و ایلام همشیب است (شکل ۲). در این



شکل ۱- الف) نقشه کلی از ۸ زون ساختاری زمین‌شناسی ایران با موقعیت مشخص ناحیه مورد مطالعه (اقتباس از Heydari et al., 2003)؛ ب) راه‌های دسترسی به برش شاه‌نخجیر (ناحیه ایلام).



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند سورگانه در برش شاه‌نخجیر (ایلام).

۲) منجری (۱۳۸۵) سن تورنین پسین - سانتونین پسین را برای توالی سازند سورگه در برش الگو پیشنهاد کردند؛ (۳) قلندری و همکاران (۱۳۹۰) در ناحیه پلدختر سن سانتونین پیشین را برای واحدهای رأسی سازند سورگه در نظر گرفتند؛ (۴) دانشیان و همکاران (۱۳۹۱) سن تورنین میانی - سانتونین را برای توالی سازند سورگه را در تنگ چنارباشی (کبیرکوه) تعیین کردند؛ (۵) حدادی و وحیدی‌نیا (۱۳۹۲) در چاه‌های شماره ۱ میادین نفتی سرکان و ماله‌کوه سن انتهای تورنین میانی - سانتونین پسین را در مطالعات تحت‌الارضی برای سازند سورگه معرفی کردند؛ (۶) صادقی و رازیانی (۱۳۹۳) در مطالعات انجام شده برای رسوبات سازند سورگه در ناقدیس شاه‌نخجیر زون‌های زیستی تورنین پسین - سانتونین پسین مشخص کردند.

۴- چینه‌نگاری زیستی نانوفسیل‌های آهکی

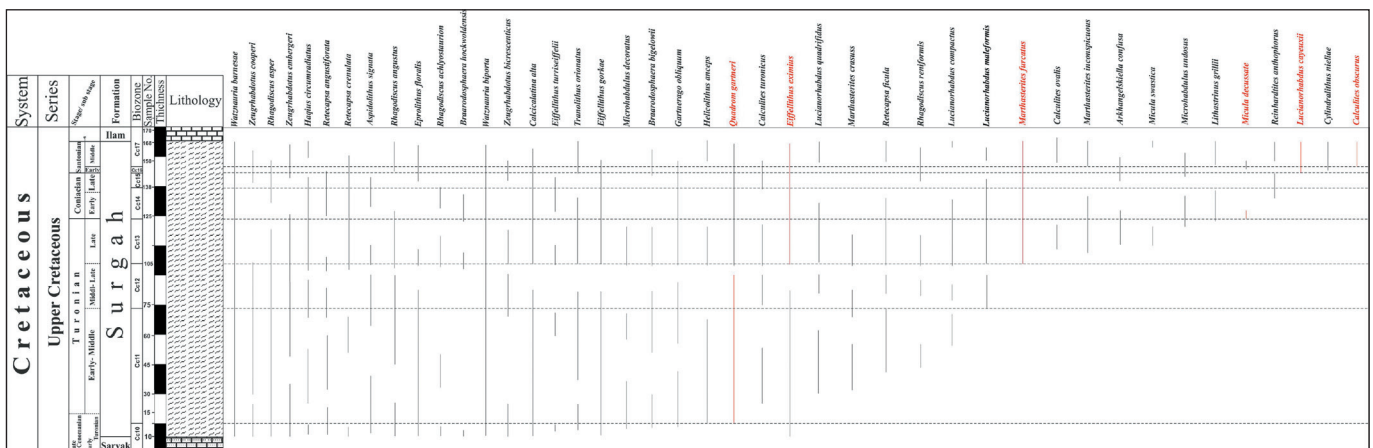
همان‌طور که بیان شد نانوفسیل‌های آهکی یکی از کارآمدترین ابزارهای چینه‌نگاری زیستی به‌ویژه در طی موزوویک هستند. از این رو مطالعات گسترده‌ای برای زون‌بندی‌های نانوفسیلی به‌ویژه برای رسوبات کرتاسه توسط محققین مختلفی همچون (Sissingh (1977), Roth and Bowdler (1981), Perch-Nielsen (1979) and در 1985 و در سرتاسر جهان انجام پذیرفت که منجر به ارائه زون‌بندی‌های استاندارد جهانی شد. همچنین مطالعات نانوفسیلی گسترده‌ای بر روی توالی‌های کرتاسه در ایران نیز انجام شده که تمرکز این مطالعات بیشتر در نواحی کپه‌داغ و زاگرس است (Lichtenberg et al., 2011; Foroughi et al., 2017; Mahanipour et al., 2011; Senemari, 2007; Hadavi, 2004). لکن در این مطالعه برای اولین بار نانوفسیل‌های آهکی نهشته‌های سازند سورگه در برش شاه‌نخجیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

نتایج حاصل از این مطالعات منجر به شناسایی ۲۲ جنس و ۴۱ گونه (شکل ۳ و Plate ۱ و ۲) از توالی سازند سورگه به سن سنومانین پسین - سانتونین پسین شد که مطابق با زون‌های زیستی CC10-CC17 معرفی شده به وسیله Sissingh (1977) است.

مقاطع نازک تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ نوری پلاریزان Nikon E100 و با بزرگنمایی ۱۰۰۰× جهت شناسایی جنس‌ها و گونه‌های نانوفسیلی، مورد مطالعه و عکس‌برداری قرار گرفت. جهت مطالعات بوم‌دیرینه‌شناسی در این پژوهش نمونه‌های شناسایی شده به تعداد ۳۰۰ عدد در هر مقطع نازک شمارش شد. پس از شمارش گونه‌ها فراوانی نسبی آنها مشخص شد که مبنای بازسازی شرایط دیرینه‌شناسی در این مطالعه بوده است. به علاوه در این مطالعه برای تشخیص نمونه‌های نانوفسیلی از برخی منابع علمی همچون (Bown (1998), Perch-Nielsen (1985) و هادوی (۱۳۸۶) استفاده شد. همچنین زون‌بندی زیست‌چینه‌ای استاندارد (Sissingh (1977) برای نمونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده کرتاسه در این مطالعه به عنوان یک ابزار سودمند بر روی توالی سازند سورگه نشان داده شد.

۳- تاریخچه مطالعات پیشین

تاکنون مطالعات زیست‌چینه‌نگاری متعددی بر روی سازند سورگه انجام گرفته که معرف سن‌های مختلفی هستند. اکثر این مطالعات صرفاً بر مبنای روزن‌بران پلانکتونیک است (به‌عنوان مثال حدادی و وحیدی‌نیا، ۱۳۹۲؛ صادقی و رازیانی، ۱۳۹۳) و از تنها مطالعات انجام شده بر روی سازند سورگه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی می‌توان به کار انجام شده به‌وسیله فرهاد و همکاران (۱۳۸۹) در چاه شماره ۱۰ میدان گازی تنگ بیجار (منطقه پلدختر) اشاره کرد که معرف سن تورنین میانی - سانتونین پیشین بود. در حالی که اولین مطالعات زیست‌چینه‌نگاری روزن‌بران پلانکتونیک بر روی توالی‌های سازند سورگه به‌وسیله Wynd (1965) معرف زیست‌زون شماره ۲۸ و سن تورنین - کنیاسین بود. به‌طور کلی زون‌های زیستی مختلفی در مطالعات انجام شده بر اساس روزن‌بران پلانکتونیک بر روی توالی سازند سورگه توسط محققین مختلف ارائه شد مانند: (۱) اله بخش اله‌بخش غیاثوند و قاسمی (۱۳۸۲) سن کنیاسین را برای توالی‌های سازند سورگه در میادین نفتی سرکان و ماله‌کوه نشان دادند؛



شکل ۳- گسترش زمان - چینه‌ای نانوفسیل‌های آهکی سازند سورگه با زون‌بندی‌های استاندارد جهانی در برش شاه‌نخجیر (ایلام).

— مؤلف: Sissingh (1977) و Manivit et al. (1977)

— سن: سنومانین میانی - تورنین پیشین

— گستره: با توجه به اینکه در اولین نمونه مطالعه شده از سازند سورگه گونه *Quadrum gartneri* در ۲۵ متری از قاعده سازند دیده شد؛ لذا اولین زون زیستی تعیین شده در سازند سورگه CC10 است. بنابراین زون زیستی مذکور ۲۵ متر ضخامت دارد. این زون معادل زون‌های زیستی UC3 تا UC6 از زون‌بندی (Burnett (1988) با محدوده زمانی سنومانین میانی تا

در این مطالعات با توجه به دلیل حضور اکثر گونه‌های زون‌ساز مطابق با زون بندی پیشنهادی (Sissingh (1977)، از این طرح جهت زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های سازند سورگه بر اساس الگوی گسترش، اولین حضور (FO) و آخرین حضور (LO) استفاده شد. زون‌های زیستی معرفی شده به شرح زیر است (شکل ۳):

۴-۱. *Microrhabdulus decoratus* Zone (CC10)

— تعریف: اولین حضور گونه *Microrhabdulus decoratus* تا نخستین حضور گونه *Quadrum gartneri*

همچنین زون مذکور معادل زون زیستی NC11 و NC12 از زون‌بندی Roth (1978) نیز است. مجموع این دو زون زیستی نشانگر سن سنومانین میانی تا تورونین پیشین هستند.

تورونین پیشین است. گونه‌های شاخص زون‌های Burnett (1988) به استثنای *Quadrum gartneri* که نشان‌دهنده لبه بالایی زون UC6 است، در این مطالعه مشاهده نشده‌اند.

PLATE 1

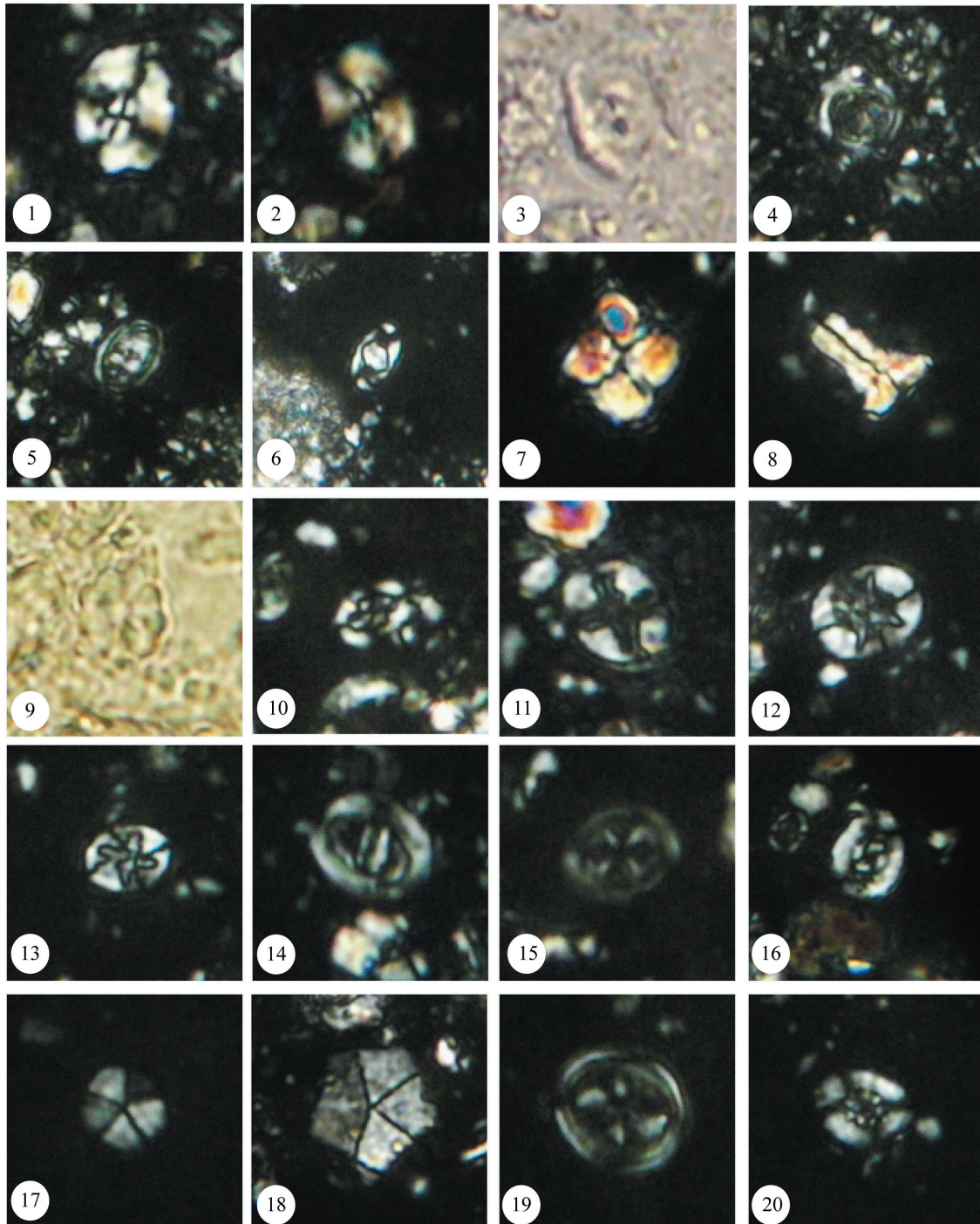


Plate 1. Calcareous nannofossils of the Surgah Formation in the Shah- Nakhjir section. (all figures light micrographs magnified $\times 3500$).

1. *Watznaureria barnesae*, 2-3. *Watznaureria biporta*, 4. *Cylindralithus nieliae*, 5. *Tranolithus orionatus*, 6. *Zeugrhabdotus cooperi*, 7. *Quadrum gartneri*, 8. *Lucianorhabdus maleformis*, 9. *Eprolithus floralis*, 10. *Aspidolithus signata*, 11. *Eiffellithus eximius*, 12. *Eiffellithus turriseiffelii*, 13. *Eiffellithus gorkae*, 14. *Zeugrhabdotus bicrescenticus*, 15. *Helicolithus anceps*, 16. *Rhagodiscus achlyostaurion*, 17. *Braarudosphaera hockwoldensis*, 18. *Braarudosphaera bigelowii*, 19. *Gartnerago obliquum*, 20. *Retecapsa angustiforata*.

PLATE 2

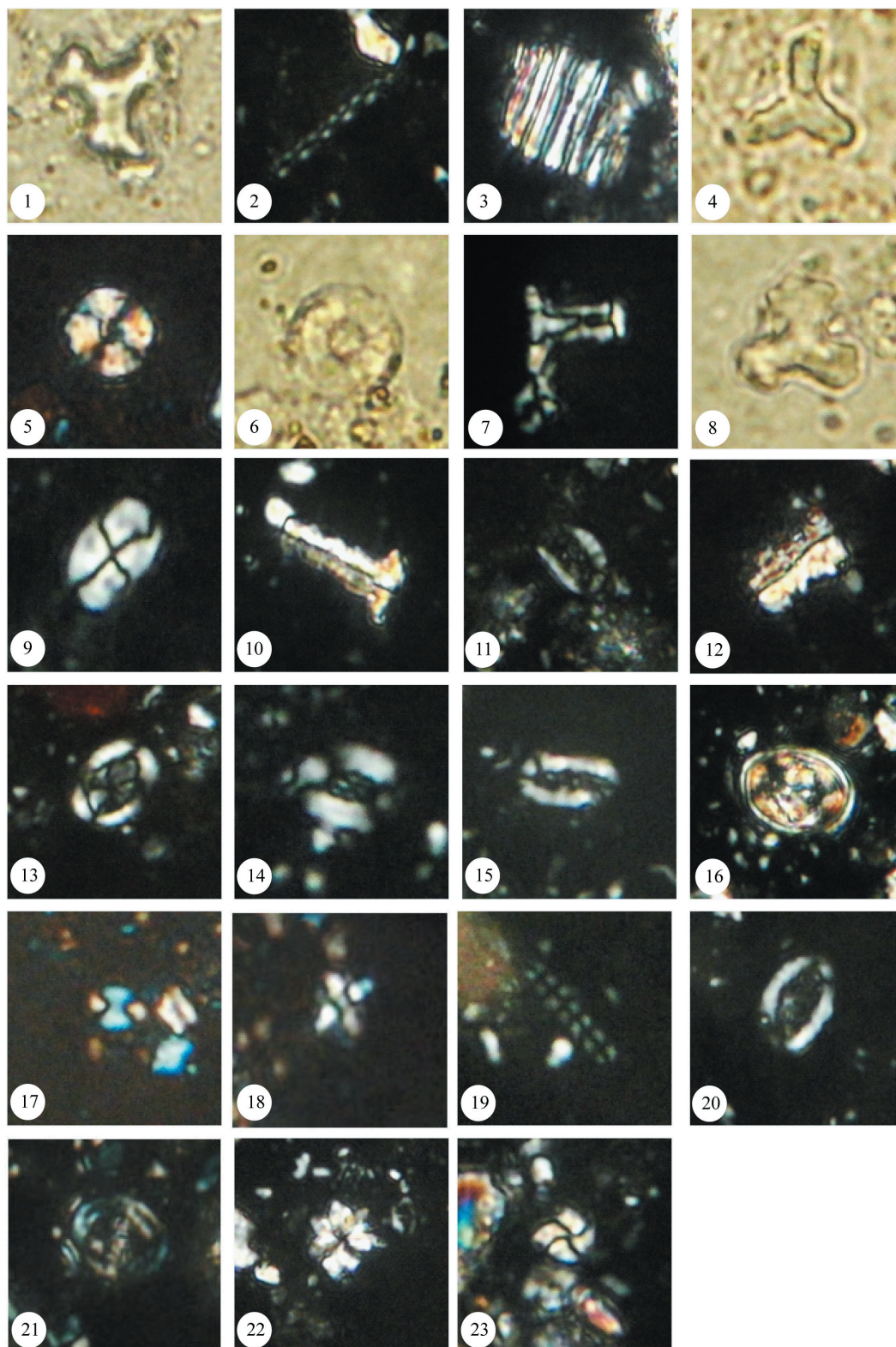


Plate 2. Calcareous nannofossils of the Surgah Formation in the Shah- Nakhjir section. (all figures light micrographs magnified $\times 3500$).

1. *Marthasterites furcatus*, 2. *Microrhabdulus decoratus*, 3. *Calcicalatina alta*, 4. *Marthasterites inconspicuous*, 5-6. *Haquiscircum radiatus*, 7. *Lucianorhabdus compactus*, 8. *Marthasterites crasus*, 9. *Caculites ovalis*, 10. *Lucianorhabdus quadrifidus*, 11. *Rhagodiscus reniformis*, 12. *Lucianorhabdus cayeuxii*, 13. *Arkhangelskiella confuse*, 14. *Retecapsa ficula*, 15. *Rhagodiscus angustus*, 16. *Zeugrhabdotus embergeri*, 17. *Calculites obscurus*, 18. *Micula decussata*, 19. *Microrhabdulus undosus*, 20. *Rhagodiscus asper*, 21. *Reinhardtites anthophorus*, 22. *Lithastrimus grillii*, 23. *Micula swastika*.

Reinhardtites anthophorus در فاصله ۱۲۴ متری و اولین ظهور *Micula decussata* در ۱۳۶ متری قاعده شناسایی شد. این زون معادل زون زیستی UC10 از زون‌بندی (1988) Burnett با محدوده زمانی کنیاسین میانی تا ابتدای کنیاسین پسین است. گونه‌های شاخص این زون (1988) Burnett شامل *Micula staurophora* و *L. grillii* هستند که گونه شاخص لبه بالایی زون (*L. grillii*) در این مطالعه مشاهده شد. زون CC14 معادل قسمت‌های میانی زون زیستی NC16 از زون‌بندی (1978) Roth نیز است.

۴-۶. *Reinhardtites anthophorus* Zone (CC15)

تعریف: از اولین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تا اولین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii*

مؤلف: Sissingh (1977)

سن: کنیاسین پسین

گستره: ضخامت این زون زیستی ۶ متر است. اولین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* در فاصله ۱۳۶ متری و اولین حضور *Lucianorhabdus cayeuxii* در ۱۴۲ متری قاعده، نشانگر محدوده این زون است. این زون معادل بخش زیرین و میانی زون‌زیستی UC11 از زون‌بندی (1988) Burnett است. محدوده مذکور دارای سن کنیاسین پسین است. گونه‌های شاخص این زون (1988) Burnett شامل *L. septenarius* و *L. grillii* است که فقط گونه دوم در این مطالعه مشاهده شد. زون CC15 معادل بخش ابتدایی قسمت فوقانی زون NC16 از زون‌بندی (1978) Roth نیز است. محدوده‌های ذکر شده نشانگر سن کنیاسین پسین هستند.

۴-۷. *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone (CC16)

تعریف: از اولین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* تا اولین حضور گونه *Calulites obscurus*

مؤلف: Sissingh (1977)

سن: کنیاسین پسین - ابتدای سانتونین میانی

گستره: این زون زیستی ضخامت ۴ متر دارد. با توجه به اولین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* در فاصله ۱۴۲ متری و اولین حضور *Calulites obscurus* در ۱۴۶ متری قاعده، این زون شناسایی شد. این زون معادل بخش فوقانی زون زیستی UC11 و بخش تحتانی زون UC12 از زون‌بندی (1988) Burnett است که سن سانتونین پیشین - ابتدای سانتونین میانی دارد. همچنین زون CC16 معادل بخش فوقانی زون NC16 از زون‌بندی (1978) Roth با سن سانتونین پیشین - ابتدای سانتونین میانی نیز است.

۴-۸. *Calulites obscurus* Zone (CC17)

تعریف: از اولین حضور گونه *Calulites obscurus* تا اولین حضور گونه *Aspidolithus.ex.gr.parcus*

مؤلف: Sissingh (1977)

سن: سانتونین میانی - پسین - کامپانین پیشین

گستره: با توجه به نخستین حضور گونه *Calulites obscurus* در فاصله ۱۴۶ متری از قاعده سازند، لبه پایینی این زون زیستی در انتهایی‌ترین بخش‌های سازند تعیین شد. لکن به دلیل عدم مشاهده گونه *Aspidolithus.ex.gr.parcus* انتهایی زون و در نتیجه ضخامت این زون زیستی نامشخص است. این زون معادل زون زیستی UC12 و UC13 از زون‌بندی (1988) Burnett است که نشانگر سن سانتونین میانی تا کامپانین پیشین هستند. گونه‌های شاخص زون‌های ذکر شده شامل انقراض *L. septenarius* و ظهور *A. cymbiformis* است که در مطالعه حاضر مشاهده نشد. زون CC17 معادل زون زیستی NC17 از زون‌بندی (1978) Roth با سن سانتونین میانی تا کامپانین پیشین نیز است.

در این مطالعه بر مبنای گونه‌های نانوفسیلی شاخص شناسایی شده، سن سازند سورگه در برش شاه‌نخجیر سنومانین میانی تا سانتونین میانی پیشنهاد می‌شود.

۴-۲. *Quadrum gartneri* Zone (CC11)

تعریف: از اولین حضور گونه *Quadrum gartneri* تا اولین حضور گونه *Lucianorhabdus maleformis*

مؤلف: این زون به وسیله Reinhardt (1966) پیشنهاد و توسط Sissingh (1977) اصلاح شد.

سن: تورونین پیشین

گستره: این زون زیستی با نخستین حضور گونه *Quadrum gartneri* در فاصله ۲۵ متری شروع می‌شود و با مشاهده اولین حضور *Lucianorhabdus maleformis* در ۷۵ متری از قاعده سازند خاتمه می‌یابد. زون CC11 دارای ضخامت ۵۰ متر است. این زون معادل زون زیستی UC7 از زون‌بندی (1988) Burnett با محدوده زمانی تورونین پیشین است. گونه‌های شاخص این زون (1988) Burnett شامل *Quadrum gartneri* و *Eiffellithus eximius* هستند که گونه اول در این مطالعه مشاهده شده است. همچنین زون مذکور معادل زون زیستی NC13 و NC14 از زون‌بندی (1978) Roth نیز است. مجموع این دو زون‌زیستی مؤید سن تورونین پیشین است.

۴-۳. *Lucianorhabdus maleformis* Zone (CC12)

تعریف: از اولین حضور گونه *Lucianorhabdus maleformis* تا اولین حضور گونه *Marthasterites furcatus*

مؤلف: Sissingh (1977)

سن: تورونین میانی

گستره: ضخامت این زون زیستی ۳۳ متر است. شروع این زون با اولین حضور گونه *Lucianorhabdus maleformis* در فاصله ۷۵ متری و انتهای این زون زیستی با اولین حضور *Marthasterites furcatus* در ۱۰۸ متری از قاعده مشخص شد. این زون معادل زون زیستی UC8 از زون‌بندی (1988) Burnett با محدوده زمانی تورونین میانی است. گونه‌های شاخص این زون (1988) Burnett شامل *Eiffellithus eximius* و *L. septenarius* هستند که در این مطالعه مشاهده نشده‌اند. زون CC12 معادل بخش پایینی زون زیستی NC15 از زون‌بندی (1978) Roth نیز است. این بخش از زون NC15 سنی معادل تورونین میانی دارد.

۴-۴. *Marthasterites furcatus* Zone (CC13)

تعریف: از اولین حضور گونه *Marthasterites furcatus* تا اولین حضور گونه *Micula decussata*

مؤلف: Sissingh (1977)

سن: تورونین میانی - پسین تا کنیاسین پیشین

گستره: ضخامت این زون زیستی ۱۶ متر است و بر اساس اولین ظهور گونه *Marthasterites furcatus* در فاصله ۱۰۸ متری و اولین ظهور *Micula decussata* در ۱۲۴ متری از قاعده تعیین شد. این زون معادل زون زیستی UC9 از زون‌بندی (1988) Burnett با محدوده زمانی انتهایی تورونین میانی تا ابتدای کنیاسین میانی است. گونه‌های شاخص این زون (1988) Burnett شامل *L. septenarius* و *Micula staurophora* هستند که در این مطالعه مشاهده نشده‌اند. زون CC13 معادل بخش بالایی زون زیستی NC15 و بخش تحتانی NC16 از زون‌بندی (1978) Roth نیز است. محدوده‌های ذکر شده نشانگر سن تورونین میانی - پسین و کنیاسین پیشین هستند.

۴-۵. *Micula decussata* Zone (CC14)

تعریف: از اولین حضور گونه *Micula decussata* تا اولین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus*

مؤلف: این زون به وسیله Reinhardt (1966) پیشنهاد و توسط Sissingh (1977) اصلاح شد.

سن: کنیاسین میانی - ابتدای کنیاسین پسین

گستره: ضخامت این زون زیستی ۱۲ متر است و با توجه به نخستین حضور گونه

۵- بوم‌دیرینه‌شناسی سازند سورگه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی

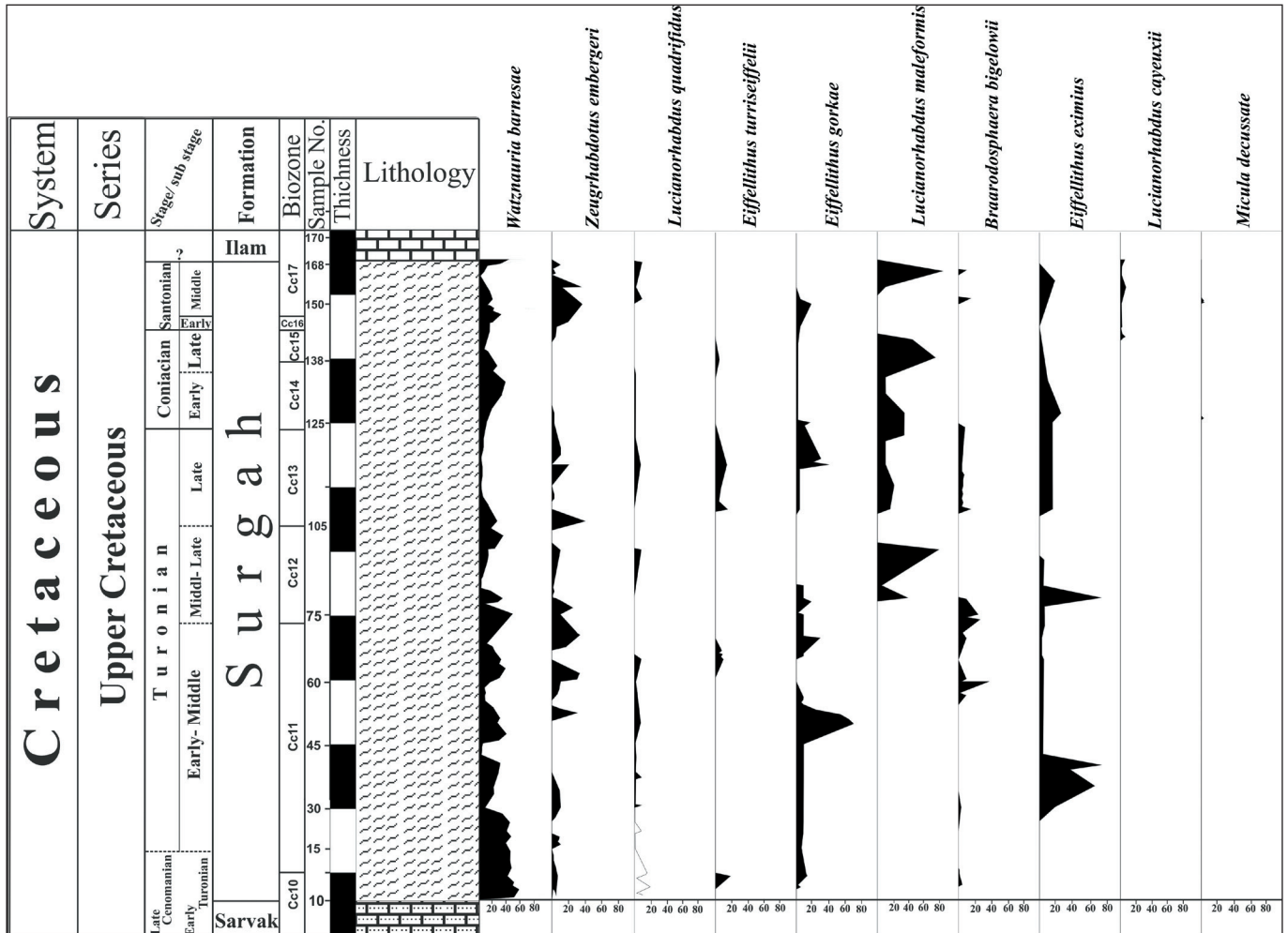
نانوفسیل‌های آهکی همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گروه‌های فسیلی به منظور تعیین سن و تطابق لایه‌های رسوبی به کار گرفته می‌شوند (Thirestein, 1976). چنان که بر اساس پراکندگی و گسترش گونه‌های شاخص آنها می‌توان به تفسیر محدوده‌های جغرافیای زیستی و بوم‌دیرینه‌شناسی پرداخت (Perch-Nielsen, 1985). بر این اساس نانوفسیل‌های آهکی در مزوزویک و سنوزویک از شاخص‌های بسیار خوب جهت تشخیص شرایط بوم‌شناختی اقیانوسی دیرینه قدیمی محسوب می‌شوند (Shamrock and Watkins, 2009; Linnert and Mutterlose, 2009; Thibault and Husson, 2016). تاکنون مطالعات بسیاری توسط نویسندگان متعدد جهت تفسیر شرایط بوم‌شناختی دیرینه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در نهشته‌های کرتاسه بالایی ایران انجام گرفته است (Senemari and Bakhshandeh, 2014; Najafpour et al., 2015; Hadavi et al., 2016; Foroughi et al., 2017). عوامل محیطی بسیاری در روندهای تغییرات شرایط بوم‌شناختی زیست‌مندان تأثیرگذار هستند. به‌طوری که تغییرات شرایط محیطی همچون عمق نفوذ نور، درجه حرارت، میزان شوری و جریان‌ات اقیانوسی در طی زمان‌های ته‌نشست رسوب به خوبی می‌تواند درون این گروه از زیست‌مندان بازتاب پیدا کنند. چنانچه به عقیده (Lübke et al., 2015) میزان نفوذ نور عامل بسیار مهمی در افزایش تنوع جمعیت‌های نانوفسیل‌های آهکی محسوب می‌شود. به علاوه (Lübke et al., 2015) بیان کردند که نمونه‌های بزرگ‌تر به‌طور معمول در آب‌های شفاف دریای باز (open ocean) فراوان بودند، در حالی که نمونه‌های کوچک‌تر در نواحی کم‌عمق‌تر از زون نوری توسعه داشتند. بدین ترتیب میزان نفوذ نور یکی از مهم‌ترین عوامل در توزیع و فراوانی نانوفسیل‌های آهکی است. به‌طوری که به عقیده برخی نویسندگان بیشترین فراوانی آنها در زون نوری (photic zone) و در عرض‌های جغرافیایی ۴۵ درجه شمال- جنوب و خط استواست (Winter and Siesser, 1994; Watkins, 1996). کوکولیتوفرهای الگوی افزایش تنوع را در طی زمان مزوزویک نشان می‌دهند که بیان‌کننده شرایط تغذیه‌ای الیگوتروفیک در آب‌های سطحی به خصوص در فاصله زمانی کرتاسه بالایی و در ارتباط با دمای آب‌های دیرینه است (Thibault and Husson, 2016). به‌طوری که به باور (Linnert and Mutterlose, 2013) درجه حرارت سطحی آب‌های دیرینه در طی زمان کرتاسه پسین مهم‌ترین عامل بوم‌دیرینه‌شناسی تجمعات نانوفسیل‌های آهکی محسوب می‌شود. همچنین (Young et al., 2015) گرم شدن شرایط آب‌وهوایی را یکی از کلیدی‌ترین عوامل تأثیرگذار در افزایش میزان تنوع در تجمعات نانوفسیل‌های آهکی بیان کردند.

یکی از گونه‌های شاخص در مطالعات دیرینه‌بوم‌شناسی *Watznaueria barnesae* است که در مطالعه انجام شده دارای فراوانی بالایی (بیش از ۸۰٪) در رسوبات سنومانین بالایی- تورنین زیرین است و در ادامه به سوی ته‌نشست‌های جدیدتر نوسانات متعددی در میزان فراوانی آنها (کمتر از ۱۰٪) مشاهده می‌شود (شکل ۴). از آنجایی که این گونه نشان‌دهنده یک شرایط آب‌وهوایی گرم و عرض جغرافیایی پایین بوده (Thirestein, 1976; Perch-Nielsen, 1985) و در عرض‌های جغرافیایی بالا کمیاب است (Huber and Watkins, 1992; Huber and Hodel, 1995) می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که حوضه رسوبی مورد مطالعه در طی زمان‌های سنومانین پسین- سانتونین پسین در عرض جغرافیایی دیرینه پایین و آب‌وهوای گرم واقع بوده است. همچنین این گونه شاخص خوبی برای نشان دادن شرایط کم میزان مواد غذایی است (Roth and Krumbach, 1986; Fisher and Hay, 1999). در حالی که در مطالعات انجام شده به‌وسیله دیگر محققان همچون (Lees et al., 2006; Sucheras-Marx et al., 2015) گونه *W. Barnesae* به‌عنوان یک تاکسای فرصت‌طلب معرفی شد که نشانگر شرایط یوتروفیک است. بدین ترتیب به‌طور کلی به نظر می‌رسد که این گونه سازگاری بالایی با نوسانات شرایط محیطی یوتروفیک- الیگوتروفیک دارد. در واقع، توزیع جهانی این گونه این باور را برای محققین به وجود آورد که گونه *W. barnesae* می‌تواند قابل مقایسه با

گونه امروزی *Emiliania huxleyi* (Mutterlose and Kessels, 2000) و معرف شرایط الیگوتروفیک باشد (Svobodova and Kostak, 2016). این مسئله می‌تواند عاملی توجیه‌کننده در میزان فراوانی بالای گونه *W. barnesae* در سرتاسر برش مورد مطالعه باشد. در طی زمان رسوب‌گذاری دریای سورگه فقط در بازه زمانی تورنین پسین کاهش فراوانی *W. barnesae* دیده می‌شود و در مقابل گونه *Eiffellithus turriseiffelii* با فراوانی ۲۰ درصد در این محدوده وجود دارد (شکل ۴). این شرایط می‌تواند نشان‌دهنده شرایط مزوتروفیک (الیگوتروفیک ضعیف) باشد. (Roth and Krumbach, 1986) نیز فراوانی گونه *E. turriseiffelii* در محیط‌های نریتیک و با میزان مواد غذایی بالا را پیشنهاد دادند. همچنین (Linnert et al., 2011) بیان کردند که جنس *Eiffellithus* شاهد معتبری برای نشان دادن ناحیه‌های خاصی از دریای باز و سلف نیست. فراوانی گونه‌هایی از جنس *Eiffellithus* همچون *E. eximius* و *E. gorkae* در نمونه‌های حاضر بر اساس آنچه که توسط (Eshet and Almogilabin, 1996) بیان شد می‌تواند شهادی قابل اطمینان بر توسعه شرایط نامطلوب محیطی و نرخ باروری پایین در سطوح آب باشد. این نرخ باروری پایین در بازه زمانی تورنین را می‌تواند در نتیجه فراوانی بالا (حداکثر فراوانی ۷۰ تا ۸۰ درصد) از تاکساهای *Eiffellithus* و پایین بودن میزان فراوانی (۳۰ تا ۴۰ درصد) یا عدم حضور گونه *Zeughrabdotus embergeri* به خوبی توجیه کرد (شکل ۴). از آنجا که هولوکولیت‌ها در محیط‌های ساحلی فراوان هستند و با دور شدن از ساحل از میزان آنها کاسته می‌شود (Perch-Nielsen, 1985)، تغییرات حضور هولوکولیت‌ها نیز می‌تواند شاخص مفیدی برای تعیین عمق باشد. از این رو، در این پژوهش چگونگی تغییرات فراوانی آنها نیز در طول برش مورد مطالعه بررسی شد. مطالعات نشانگر این است که در بخش‌های میانی و بالایی از توالی مورد مطالعه هولوکولیت‌ها فراوانی بالایی دارند. این فراوانی در کنار ظهور گونه *Lucianorhabdus maleformis* (۲۰ تا ۸۰ درصد) به همراه *Brauridosphaera bigelowii* (حداکثر ۳۵ درصد) می‌تواند نشانگر ته‌نشست رسوبات در یک حوضه رسوب‌گذاری عمیق‌تر نسبت به بخش‌های قاعده‌ای باشد، ولو اینکه در محیط‌های نریتیک و بخش‌های داخلی پلانترم کرناته باشد (شکل ۴). در حقیقت، مطالعات بوم‌دیرینه‌شناسی بر روی توالی‌های کرتاسه بالایی نشان داد که حضور گونه‌های شاخص جنس *Lucianorhabdus* معرف شرایط آب‌وهوای گرم است (Thirestein, 1976; Watkins, 1996). بنابراین حضور گونه‌های متعلق به جنس مذکور در نمونه‌های مورد مطالعه تأییدی دیگر بر حاکم بودن شرایط آب و هوایی گرم در زمان ته‌نشست رسوبات در یک حوضه کم‌عمق است. در مقابل حضور اندکی از گونه *Micula decussata* (کمتر از ۵ درصد) نشانگر شرایط نامساعد محیطی برای فراوانی این گونه است. چنانچه مطالعات انجام شده توسط برخی محققین نشان داده که فراوانی گونه مذکور درون آب‌های سرد و عرض‌های جغرافیایی بالاست (Watkins and Self-Trail, 2005). بر این اساس حتی در طی بازه زمانی کنیاسین- کامپانین آغازین نیز، همچنان شرایط آب‌وهوایی گرم بر دریای سورگه حکمفرما بوده است. (Thierstein, 1981) بیان کرد که الگوی توزیع دمایی عرض‌ها حاصل جمع نزدیک تاکساهای غالب شامل *W. barnesae* و *M. decussata* است. به علاوه او توضیح داد که تاکساهایی با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد، شاخص‌های مناسبی برای تفسیر عرض‌های حرارتی نیستند. با این حال حضور هر چند متغیر گونه *W. barnesae*، در سرتاسر برش مورد مطالعه تأییدی بر تغییرات شرایط محیطی تفسیر شده است. اگر چه در بخش بالایی از توالی‌های سازند سورگه و در بازه زمانی کنیاسین پسین- سانتونین فراوانی کم (حداکثر ۲۰ درصد) گونه *W. barnesae*، در مقابل افزایش فراوانی گونه *Z. embergeri* (حدود ۷۰ درصد) معرف وجود شرایط کمتر الیگوتروفیک (الیگوتروفیک ضعیف) است (شکل ۴). در واقع، فراوانی دو جنس *Biscutum* و *Zeughrabdotus* در بسیاری از مطالعات نشان‌دهنده شرایط مزوتروفیک و باروری بالا در نواحی آپ‌ولینگ (upwelling) است. به‌طوری که برخی نویسندگان یک رابطه معکوس از نسبت فراوانی این گونه

تغییرات شمارش جنس‌ها و گونه‌های نانوفسیلی، در ابتدا یک شرایط الیگوتروفیک در بخش پایینی از توالی مورد بررسی وجود دارد و سپس به سمت بخش رأسی از میزان شرایط الیگوتروفیک حاکم کاسته می‌شود و شرایط موجود به مزوتروفیک (الیگوتروفیک ضعیف) خاتمه می‌یابد.

با افزایش عمق آب نشان دادند (Lees, 2002; Thibault and Gardin, 2010). به‌طور کلی تغییرات میزان فراوانی جنس‌ها و گونه‌های شناسایی شده معرف تنشست رسوبات دریای سورگاه تحت تأثیر یک شرایط آب‌وهوایی گرم و عرض‌های جغرافیایی پایین است. به‌طوری که در قاعده برش به‌سوی واحدهای جدیدتر بر اساس



شکل ۴- نمودار فراوانی گونه‌های نانوفسیلی سازند سورگاه در برش شاه‌نخجیر (ناحیه ایلام).

۶- نتیجه‌گیری

بر اساس جنس‌ها و گونه‌های متنوع نانوفسیل‌های آهکی معرف شرایط آب‌وهوایی گرم و عرض‌های جغرافیایی پایین هستند. از طرفی تغییر فراوانی نانوفسیل‌های آهکی نشان‌دهنده نوسانات محیطی از تغییرات میزان نرخ باروری در سطوح آب و در نهایت کاسته شدن از میزان شرایط الیگوتروفیک حاکم در گذر زمان است.

مطالعات انجام شده بر روی سازند سورگاه در برش شاه‌نخجیر (ناحیه ایلام) منجر به شناسایی ۲۲ جنس و ۴۱ گونه از نانوفسیل‌های آهکی شد. گونه‌های شناسایی شده قابل تطابق با زون‌های زیستی Sissingh (1977) و معرف ۸ زون زیستی (CC10-CC17) به سن سنومانین میانی - سانتونین میانی هستند. همچنین تفسیرهای بوم‌دیرینه‌شناسی

کتابنگاری

- اله‌بخش غیاثوند، گک، و قاسمی‌نژاد، ا.، ۱۳۸۲- بایواستراتیگرافی و تطابق چینه‌ای گروه بنگستان در میدان نفتی سرکان و ماله‌کوه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۱۸ ص.
- حدادی، م. و وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۹۲- زیست‌چینه‌نگاری سازند سورگه بر مبنای روزن‌داران پلانکتونیک در میدان نفتی ماله‌کوه و سرکان در منطقه پل دختر. نشریه علمی پژوهشی دیرینه‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، صص. ۳۷ تا ۵۰.
- دانشیان، ج.، یونسی، کک. و معلمی، ع.، ۱۳۹۱- نقش تغییرات سطح آب دریا در گسترش چینه‌شناسی روزن‌بران پلانکتونیک سازند سورگه در تنگ چنارباشی - کبیرکوه ایلام. فصلنامه زمین‌شناسی ایران سال ششم، صص. ۵۷ تا ۶۳.
- صادقی، ع. و رازیانی، م.، ۱۳۹۳- زیست‌چینه‌نگاری سازند سورگه در برش تاقدیس کوه شاه‌نخجیر (جنوب باختر ایلام)، بر پایه روزن‌داران پلانکتونی و مقایسه آن با برش نمونه. مجله علوم زمین سال بیست و چهارم، صص. ۱۱۹ تا ۱۲۶.
- فرهاد، ف.، کتی، ا. و صالحی، ف.، ۱۳۸۹- نانوآستراتیگرافی و پالئواکولوژی سازند سورگه در میدان گازی تنگ بیجار (چاه شماره ۱۰)، و تطابق آن با برش نمونه. فصلنامه زمین‌شناسی دانشگاه زاهدان، صص. ۲۰۹ تا ۲۱۶.
- قلاوند، ه.، ۱۳۸۸- لیتواستراتیگرافی و بایواستراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در بخش شمال‌خاوری فروافتادگی دزفول و مقایسه آنها با مقاطع تحت الارضی مجاور. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- قلندری، ز. و وحیدی‌نیا، م. و فروغی، ف.، ۱۳۹۰- تعیین مرز سازندهای سورگه و ایلام در منطقه‌ی پل دختر بر اساس نانوفسیل‌های آهکی. پنجمین همایش دانشگاه پیام‌نور ابر، صص. ۵ تا ۱۵.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- چینه‌شناسی زاگرس. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۶۳ ص.
- منجری، ن.، ۱۳۸۵- زیست‌چینه‌نگاری سازند سورگه (جنوب‌خاور ایلام)، بر اساس روزن‌داران پلانکتونیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۹۵ ص.
- هادوی، ف.، ۱۳۸۶- نانوفسیل‌های آهکی. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۹۳ ص.

References

- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*, 229 (3-4), 211-238.
- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American journal of Science*, 307: 1064-1095.
- Berberian, M. and King, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian journal of earth sciences*, 18 (2), 210-265.
- Berger, W. H., 1973- Deep-sea carbonates: Pleistocene dissolution cycles. *Journal of Foraminiferal Research*, 3:187-195.
- Blaj, T., Backman, J. and Raffi, I., 2009- Late Eocene to Oligo-cene preservation history and biochronology of calcareous nannofossils from paleo-equatorial Pacific Ocean sediments. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 115: 67-85.
- Bown, P. R., and Young, J. R., 1998- Techniques. In Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*: Dordrecht, The Netherlands (Kluwer Academic Publ.), 16-28.
- Bown, P., 1998- *Calcareous nannofossil biostratigraphy* (pp. 1-315). Chapman and Hall; Kluwer Academic.
- Burnett, J. A., 1988- North- West European Late Cretaceous calcareous nannofossils: Biostratigraphy and selected evolutionary lineages, unpublished Ph D thesis, university college London. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R., (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall /Kluwer Academic Publishers, pp. 132-199.
- Eshet, Y. and Almogilabin, A., 1996- Calcareous nannofossils as paleoproductivity indicators in Upper Cretaceous organic-rich sequences in Israel. *Marine Micropaleontology* 29(1), 37-61.
- Fisher, C. G. and Hay, W. W., 1999- Calcareous nannofossils as indicators of mid-Cretaceous paleofertility along an ocean front, US Western Interior. *Special papers-Geological society of America*, 161-180.
- Foroughi, F., Gardin, S., Kani, A. L. and Vahidinia, M., 2017- Calcareous nannofossil biostratigraphy of Campanian strata (Abtalkh Formation) from the eastern Kopeh-Dagh Basin, NE Iran. *Cretaceous Research*, 70: 55-70.
- Hadavi, F., 2004- Calcareous nannofossils from the Abtalkh Formation (Campanian-Maastrichtian), Kopet Dogh range, NE Iran. 10th International Nannoplankton Association Conference, Lisbon.
- Hadavi, F., Notghi Moghadam, M. and Khodadadi, L., 2016- Biostratigraphy and paleoecology of Cretaceous rocks based on calcareous nannofossil in Sarayan section, East Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 8:52-68.
- Hay, W. W., 1970- Sedimentation rates: Calcium carbonate compensation. In: Bader, R. G., Gerard, R. D. et al., *Initial Reports DSDP 4*, Washington (U. S. Govt. Printing Office), 668-672.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J. and Ghazi, A. M., 2003- Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction. Part 1. *Sedimentology. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 193:405-423.
- Huber, B. T. and Hodel, D. A., 1995- Middle-Late Cretaceous climate of the southern high latitudes: stable isotopic evidence for minimal equator-to-pole thermal gradients. *Geological Society of America Bulletin*, 107(10): 1164-1191.
- Huber, B. T. and Watkins, D. K., 1992- Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of Southern Ocean: paleogeographic and paleoclimatic simplifications. In: Kennett, J.P., and Warnke, D.A., (eds.), *The Antarctic paleoenvironment: a perspective on global change*. AGU, Antarctic Research Series, 56: 31-60.
- James, G. and Wynd, J., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, 49(12): 2182-2245.
- Lees, J. A., 2002- Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research*, 23(5): 537-634.

- Lees, J. A., Bown, P. R. and Young, J. R., 2006- Photic zone palaeoenvironments of the Kimmeridge Clay Formation (Upper Jurassic, UK) suggested by calcareous nannoplankton palaeoecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 235(1): 110-134.
- Linnert, C. and Mutterlose, J., 2009- Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian–Maastrichtian boundary interval: Calcareous nannofossils from DSDP Hole 390A (Blake Nose). *Marine Micropaleontology*, 73(1): pp.26-36.
- Linnert, C. and Mutterlose, J., 2013- Biometry of Cenomanian-Turonian placoliths: a proxy for changes of fertility and surface-water temperature. *Lethaia* 46, 82-97.
- Linnert, C., Mutterlose, J. and Herrle, J. O., 2011- Late Cretaceous (Cenomanian–Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299(3), pp.507-528.
- Lübke, N., Mutterlose, J. and Bottini, C., 2015- Size variations of coccoliths in Cretaceous oceanic result of preservation, genetics and ecology. *Marine Micropaleontology* 117: 25-39.
- Mahanipour, A., Mutterlose, J.L., Kani, A. and Adabi, M. H., 2011- Palaeoecology and biostratigraphy of early Cretaceous (Aptian) calcareous nannofossils and the $\delta^{13}\text{C}$ Carbon isotope record from NE Iran. *Cretaceous Res.*, 32: 331-356.
- Manivit, H., Perch-Nielsen, K. and Verbeek, J. W., 1977- Mid Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy. *Proc. R. Neth. Acad. Sci. B*.
- Mutterlose, J. and Kessels, K., 2000- Early Cretaceous calcareous nannofossils from high latitudes: implications for palaeobiogeography and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160(3), pp.347-372.
- Najafpour, A., Mahanipour, A. and Dastanpour, M., 2015- Calcareous nannofossil biostratigraphy of Late Campanian–Early Maastrichtian sediments in southwest Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(8), pp.6037-6046.
- Perch-Nielsen, K., 1979- Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In Wiedmann, J. (Ed.), *Aspekte der Kreide Europas*. *Int. Union Geol. Sci. Ser. A*, 6:223–272.
- Perch-Nielsen, K., 1985- Cenozoic calcareous nannofossils. *Plankton stratigraphy*: 427-554.
- Reinhardt, P., 1966- Zur Taxonomie und Biostratigraphie des fossilen Nannoplanktons aus dem Malm, der Kreide und dem Alttertiär Mitteleuropas: mit 1 Tabelle. Ein Beitrag zur Kenntnis von *Palaeocrangon problematicum*, v. Schlotheim, aus dem germanischen und englischen Oberen Perm, Dt. Verlag für Grundstoffindustrie.
- Roth, P. H. and Bowdler, J. L., 1981- Middle Cretaceous Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy and Oceanography of The Atlantic Ocean; *SEPM Sp. Publ.*; V.32;517-546.
- Roth, P. H. and Krumbach, K. R., 1986- Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, 10(1), pp.235-266.
- Roth, P. H., 1978- Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 44(731): 759.
- Senemari, S. and Bakhshandeh, L., 2014- The distribution of calcareous nannofossils in the late Santonian–Late Maastrichtian deposits in the southwest of Iran (Khuzestan Province). *Arabian Journal of Geosciences*, 7(5), pp.1899-1906.
- Senemari, S., 2007- The study of biostratigraphy of planktonic foraminifera and calcareous nannofossils of Gurpi Formation in North of Gachsaran and West Shiraz, PhD Thesis. Islamic-Azad University, Tehran, p. 223.
- Shamrock, J. L. and Watkins, D. K., 2009- Evolution of the Cretaceous calcareous nannofossil genus *Eiffellithus* and its biostratigraphic significance. *Cretaceous Research* 30(5): 1083-1102.
- Sissingh, W., 1977- Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en minibouw* 56:37-65.
- Suchéras-Marx, B., Mattioli, E., Giraud, F. and Escarguel, G., 2015- Paleoenvironmental and paleobiological origins of coccolithophorid genus *Watznaueria* emergence during the late Aalenian—early Bajocian. *Paleobiology*, 41(3), pp.415-435.
- Svobodova, A. and Kostak, M., 2016- Vapnite nanofosilie a stratigrafie nejmladsich kridovych sedimentu na uzemi Jicina. *Zpravy o geologických vyzkumech*, 49, pp.13-18.
- Thibault, N. and Gardin, S., 2010- The calcareous nannofossil response to the end-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291(3): 239-252.
- Thibault, N. and Husson, D., 2016- Climatic fluctuations and sea-surface water circulation patterns at the end of the Cretaceous era: Calcareous nannofossil evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 441, pp.152-164.
- Thierstein, H. R., 1976- Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology* 1: 325-362.
- Thierstein, H. R., 1981- Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous Tertiary boundary.
- Watkins, D. K. and Self-Trail, J. M., 2005- Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian. *Paleoceanography*, 20(3).
- Watkins, D. K., 1996- Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Moguelesky, A., and Whatley, R., (eds.), *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales Aberystwyth Press, 355-381.
- Winter, A. and Siesser, W., 1994- *Coccolithophores* Cambridge University Press. 242p.
- Wynd, J., 1965- Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area. *IOOC Report* 1082.
- Young, J., Bown, Pr. and Lees, J. A., 2015- Nannotax3 website. *International Nannoplankton Association* 13.

Biostratigraphy and palaeoecology of the Surgah Formation based on calcareous nannofossils in shah-Nakhjir section (southwest Ilam)

M. H. Shokri¹, F. Hadavi^{2*}, L. Khodadadi³, M. Notghi Moghaddam⁴ and H. Kamyabi Shadan⁵

¹Ph. D. Student, International Campus, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³Ph. D., Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁴Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

⁵Ph. D., Exploration Directorate, National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

Received: 2017 March 06

Accepted: 2018 January 21

Abstract

Economically the Surgah Formation is the most significant in the Zagros sedimentary basin. In this study, the calcareous nannofossils have been investigated of the Surgah Formation from the Shah-nakhjir section. The thickness of the Surgah Formation is about 147 meters and composed of marly limestone deposits with diversity and well-preservation of calcareous nannofossil assemblages. In total, 41 species belong to 22 genera were determinate and ultimately have compared with nannofossil standard zones. According to identified nannofossils, the age of the Middle Cenomanian- Middle Santonian corresponding to CC10- CC17 (Sissingh, 1977) includes *Microrhabdulus decoratus* Zone (CC10), *Quadrum gartneri* Zone (CC11), *Lucianorhabdus maleformis* Zone (CC12), *Marthasterites furcatus* Zone (CC13), *Micula decussata* Zone (CC14), *Reinhardtites anthophorus* Zone (CC15), *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone (CC16), *Calculites obscurus* Zone (CC17) were suggested for the Surgah Formation in the studied section. Palaeoecological interpretations based on the identified species show warm climate and low depth conditions in low latitudes for deposits of the Surgah Formation in southwest of Ilam city (Shah-nakhjir section).

Keywords: Biostratigraphy, Palaeoecology, Surgah Formation, Calcareous Nannofossils, Ilam

For Persian Version see pages 183 to 192

*Corresponding author: F. Hadavi; E-mail: fhadavi@ferdowsi.um.ac.ir