

## نانوپلانکتون‌های آهکی در اقیانوس کافتی میان قاره ای شرق ایران در برش چینه‌شناسی چهکند (شمال بیرجند)

فرح جلیلی<sup>۱\*</sup>، مرضیه نطقی مقدم<sup>۲</sup>، فاطمه هادوی<sup>۳</sup>

۱- دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، پست الکترونیکی: farah\_jalili@birjand.ac.ir

۲- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیکی: m.n.moghaddam@gmail.com

۳- استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، پست الکترونیکی: fhadavi@um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۹

\* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۹

### چکیده

این پژوهش جهت معرفی و بررسی گسترش زمانی نانوپلانکتون‌های آهکی در بخشی از رخساره اقیانوسی (پهنه‌ی زمین‌درز سیستان) در برش چینه‌شناسی چهکند انجام شده است. نهشته‌های بررسی شده شامل ۳۳۲ متر ماسه سنگ و شیل و مارن و گاهی آرژیلیت و توف می‌باشد. در این برش ۱۱۴ نمونه برداشت شد و به روش اسمیر اسلاید آماده سازی و سپس بر اساس نانوفسیل‌های آهکی مطالعه گردید. مطالعه نانوفسیل‌های آهکی این توالی منجر به شناسایی ۱۴ جنس و ۴۰ گونه و تعیین زیست‌زون‌های NP18 تا NP20 شد. بر اساس مطالعات انجام شده، سن نهشته‌های برش چینه‌شناسی چهکند، ائوسن پسین پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: ماسل، نانوپلانکتون‌های آهکی، اقیانوس کافتی، ائوسن پسین، چهکند.

### ۱. مقدمه

به عبارت دیگر با توجه به مدل تکتونیک ورقه‌ای در اثر فرورانش به سوی خاور (زیر بلوک افغان) و نهایتاً برخورد دو بلوک افغان و لوت در زمان ترشیری رخساره اقیانوسی جای-گرفته است که این رخساره اقیانوسی به عنوان پهنه‌ی زمین‌درز سیستان معرفی شد (Tirul et al., 1983). منطقه مورد مطالعه از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی دربرگیرنده‌ی قسمتی از کمربند شرق ایران است. از نظر زمین‌شناسی ساختمانی، برجستگی‌های موجود در منطقه در روندهای مختلف مشاهده می‌گردند که نشان دهنده‌ی گرفتار شدن این منطقه در یک پهنه‌ی فشاری-برشی است که موجب پیدایش فرآیندهای پیچیده و زیاد تکتونیک گردیده است (شهیدی و همکاران، ۱۳۷۹).

توالی مورد پژوهش شامل بخشی از رخساره اقیانوسی نهشته شده بین دو بلوک افغان و لوت در ۵۵ کیلومتری شمال شهر

بر اثر پیدایش یک شکاف طولی (ریف) میان قاره‌ای در شرق ایران، یک اقیانوس کافتی (زون زمین‌درز سیستان) مابین دو بلوک هیرمند و لوت شکل گرفته است. تکوین این رخساره اقیانوسی در ۵ مرحله صورت گرفته است. به این ترتیب که ابتدا طی یک مرحله کافتی شدن بین قاره‌ای و سپس بازشدگی، پوسته اقیانوسی ایجاد و به تدریج گسترش یافته است، پس از آن فعالیت ماگمایی جزایر قوسی حاشیه قاره‌ای و سپس تصادم قاره‌ای بین بلوک‌های لوت و هیلند اتفاق افتاده است و نهایتاً با جایگیری نهشته‌های اقیانوسی و پس از آن با عملکرد آن تکتونیک کششی بعد از تصادم، این فرایند کامل شده است (Camp & Griffis, 1982) (نقل از سامانی و اشتری، ۱۳۷۱).

نانوفسیلهای این توالی مطالعه و بر اساس آن مطالعات زیست-چینه‌ای دقیق انجام شده است.

مطالعات نانوفسیل‌شناسی که در مناطق مختلف بیرجند، بر روی نهشته‌های پالئوژن صورت گرفته عبارتند از: مطالعه هادوی و همکاران (۱۳۹۱؛ ۱۳۹۲)، مهدوی و همکاران (۱۳۹۲) و جلیلی و همکاران (۱۳۹۵). مطالعات ذکر شده منجر به تعیین زیست‌زون‌های نهشته‌های پالئوژن بخشهایی از نهشته‌های شرق ایران گردیده است.

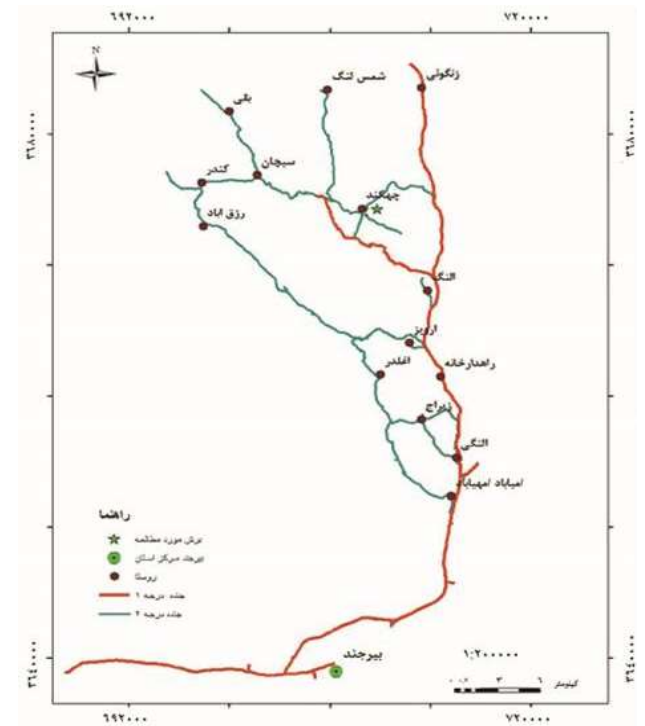
## ۲. روش مطالعه

پس از شناسایی برش چینه‌شناسی مناسبی برای نمونه برداری که کمتر تحت تاثیر فرسایش و هوازدگی قرار گرفته و گسل خوردگی در آن وجود نداشته باشد، عملیات صحرایی جهت نمونه برداری و تهیه ستون چینه‌شناسی انجام شد.

در نمونه برداری از نهشته‌های برش چینه‌شناسی چهکنند، نمونه‌ها از عمق ۵۰cm لایه‌ها برداشت شد. در مورد فواصل بین نمونه برداری‌ها، در مرزهای برش چینه‌شناسی مورد نظر، نمونه برداری با فواصل کمتر به اندازه‌ی ۱ متر و در بخشهای میانی حدود ۳-۵ متر انجام گرفت و سعی شد که از همه‌ی تغییرات لیتولوژیکی موجود در رسوبات مورد مطالعه نمونه‌برداری انجام گیرد.

نمونه‌های برداشت شده به روش Smear Slide آماده سازی شد. در این روش ابتدا در حدود یک سانتی متر مکعب از نمونه انتخاب و توسط کاردک مخصوص نمونه تراشیده شد تا بخش هوازه آن برداشته شود. سپس حدود ده گرم از نمونه با تراشیدن بصورت پودر بر روی لامل قرار داده شد. در ادامه یک قطره آب مقطر روی لامل ریخته و بوسیله یک خلال دندان رسوب معلق ضخیم در تمام سطح لامل پخش شد. پس از آن لامل روی هیتز با حرارت ملایم خشک و مجدداً مرحله قبلی تکرار شد سپس با ریختن آب مقطر رسوب معلق با حرکت دورانی خلال دندان به شکل تجمعات کنترل شده پخش شد. در این مرحله لام بوسیله کانادا بالزام بر روی لامل چسبانیده شد. اسلایدهای آماده شده جهت مطالعه و شناسایی نانوفسیلهای آهکی به کمک میکروسکوپ نوری مطالعه گردید. برای شناسایی نانوفسیلهای آهکی موجود در توالی مورد مطالعه از توصیف ارائه شده توسط Bukry & Perch-Nielsen, 1971; 1985, Martini, 1971

بیرجند و جنوب روستای چهکنند است و قسمتی از زون زمین درز سیستان در شرق ایران می‌باشد. نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش چینه‌شناسی چهکنند

نهشته‌های این توالی به ضخامت ۳۳۲ متر دربرگیرنده تناوبی از ماسه سنگ، شیل، مارن، آرژیلیت و توف است. که مرز زیرین آن به صورت عادی بر روی یک واحد آندزیتی قرار دارد و مرز بالایی آن نیز توسط واحد ماسه سنگی به صورت هم شیب پوشیده می‌شود. ترتیب واحدهای سنگ چینه‌ای این توالی در شکل (۲) آمده است. تعیین سن واحد مورد مطالعه به دلیل جای‌گیری این واحد با مرز عادی بر روی یک واحد آذرین آندزیتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به خصوص که می‌تواند منجر به تشخیص زمان فعالیت‌های آذرین منطقه شود. بدین سبب، مطالعات نانوفسیلهای آهکی با اهداف معرفی نانوفسیلهای برش مذکور و تعیین زیست‌زون‌های چینه‌ای جهت تعیین سن نهشته‌های اقیانوسی نامبرده، ضروری است.

مطالعات انجام شده در برش چینه‌شناسی چهکنند، تاکنون تنها مرتبط با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بوده و هیچگونه مطالعه فسیل‌شناسی با هدف زیست‌چینه‌نگاری و معرفی زیست‌زونهای فسیلی صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش برای اولین بار

از نظر چگونگی حفظ شدگی نانوفسیل‌ها در برش مورد مطالعه می‌توان گفت با وجود این که برخی از گونه‌های نانوفسیلی توالی مورد مطالعه دارای ساختارهای ناقص و یا ضعیف هستند، لکن غالب نانوفسیل‌های آهکی دارای ویژگی‌های ساختاری مناسبی هستند به طوری که برای شناسایی آنان مشکلی ایجاد نمی‌شود و اکثر گونه‌های نانوفسیلی شاخص زونهای زیستی مانند گونه‌های متعلق به جنس‌های *Isthmolithus* و *Chiasmolithus* تقریباً سالم و دارای ساختمان‌های توسعه یافته، دیواره‌های ضخیم، ساختارهای ناحیه مرکزی خوب، پل‌ها و صلیب‌های تقریباً کاملی هستند و *Discoaster*‌ها نیز دارای بازوهای کاملی می‌باشند. اما به طور کلی می‌توان گفت که نانوفسیل‌های آهکی در این برش از حفظ شدگی نسبتاً ضعیف برخوردار هستند. حفظ شدگی نسبتاً ضعیف برخی گونه‌ها می‌تواند ناشی از شرایط تکنیکی پیچیده و نامساعد منطقه باشد که قبلاً در مورد آن صحبت شد. همچنین از آنجا که انحلال و یا دیاژنز نیز می‌تواند حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و یا رشد ثانویه که در مراحل پیشرفته دیاژنز می‌تواند اتفاق بیفتد اثرات بدی بر حفظ‌شدگی گونه‌های نانوفسیلی دارد (Bown, 1998) (Young & Honjo, 1976). بنابراین میتوان نتیجه گرفت که در توالی مورد مطالعه با توجه به وجود تعدادی از گونه‌های نانوفسیلی که حفظ شدگی نسبتاً ضعیف دارند عوامل فوق نیز ممکن است تا حدودی تأثیر بدی بر حفظ شدگی نانوفسیلها گذاشته باشند.

### ۲-۳ زیست‌چینه نگاری و تعیین سن

شایان توجه است که تاکنون زون‌بندی‌های متعددی برای نهشته‌های سنوزوئیک توسط Martini, 1971, Romein, 1979, Okada & Bukry, 1980 و Prech-Nielcen, 1985 ارائه شده است. با توجه به این که غالب گونه‌های شاخص زون‌های Martini (1971) در مطالعه حاضر شناسایی گردید، لذا جهت انجام مطالعات زیست‌چینه نگاری و تعیین سن نهشته‌های اقیانوسی برش چینه شناسی چکهند از زون بندی مذکور استفاده شده است. در این زون بندی بازه زمانی پالئوژن توسط Martini به ۲۵ زون زیستی با علامت مخفف NP تقسیم‌بندی شده است. اساس زون‌بندی Martini (1971) اولین حضور (Fo) و آخرین حضور (Lo) گونه‌های شاخص نانوفسیلی می‌باشد.

Young & Bown, 1998 و Bown, 2005، Bramlette, 1969 استفاده شده است. شایان ذکر است در اسلایدهای متعلق به ماسه سنگها و توفها هیچ نانوفسیلی مشاهده نشد. تصاویر تعدادی از گونه‌های شناسایی شده در پلیت‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۱-۳ نانوفسیل‌های آهکی

در این مطالعه، تعداد ۴۰ گونه متعلق به ۱۴ جنس از نانوفسیل‌های آهکی در نهشته‌های برش چینه شناسی چکهند شناسایی شد که موید تنوع نسبتاً خوب آن‌ها در برش مورد مطالعه است. در این پژوهش مجموعه تاکسای‌های غالب در میان نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده، گونه‌های متعلق به *Micrantholithus*، *Lanternithus*، *Chiasmolithus*، *Tribrachiatus* و *Helicosphaera* بوده به طوری که تقریباً در بیشتر نمونه‌های مطالعه شده دیده می‌شوند. ولی برخی از گونه‌های متعلق به *Discoaster*، *Sphenolithus*، *Chiasmolithus* و *Isthmolithus* در نمونه‌های بخش‌های ابتدا و یا انتهای زونهای زیستی معرفی شده دیده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: گسترش زیست‌چینه ای نانوفسیل‌های آهکی و زیست‌چینه‌نگاری توالی مورد مطالعه در برش چینه شناسی چکهند

تناوب شیل و مارن، ماسه سنگ و تناوب ماسه سنگ و شیل می باشد.

حضور گونه‌های همراه زیر در NP19 در توالی مورد مطالعه مشاهده شد:

*Chiasmolithus oamaruensis*, *Discoaster saipanensis*,  
*Sphenolithus predistentus*,  
*Zygrhablithus bijugatus*, *Orthozygus aureus*,  
*Helicosphaera clarissima*, *Chiasmolithus modestus*  
*Pontosphaera sp.*, *Discoaster tanii*, *Helicosphaera reticulata*, *Helicosphaera lophota*, *Discoaster deflandrei*, *Micrantolithus astrum*, *Sphenolithus pacificus*,  
*Sphenolithus radians*

*Sphenolithus pseudoradians* ZONE (NP20)

محدوده زون‌زیستی NP20 توسط (Martini 1971) از اولین ظهور *Sphenolithus pseudoradians* تا آخرین حضور *Discoaster saipaniensis* و یا آخرین حضور *Discoaster barbadiensis* تعریف شده است. در توالی مورد مطالعه نیز با وجود با اولین ظهور *Sphenolithus pseudoradians* در نمونه‌ی شماره‌ی Ch60 و در ۲۰۶ متری از قاعده توالی، مرز زیرین زون مذکور شناسایی شد. لکن به دلیل ادامه حضور دو گونه‌ی *Discoaster saipaniensis* و *Discoaster barbadiensis* تا آخرین نمونه‌ی مطالعه شده از این توالی، مرز بالای زون زیستی NP20 که در واقع مرز ائوسن-الیگوسن می‌باشد، مشخص نشد. ضخامت زون زیستی NP20 در توالی مورد مطالعه ۱۲۶ متر و شامل واحد‌های سنگ شناسی ماسه سنگ، آرژیلیت، تناوب ماسه سنگ و شیل و تناوب مارن و شیل است. سن این بخش از برش چینه‌شناسی چهکنند (ائوسن پسین) می‌باشد. فسیلهای همراه این زون‌زیستی عبارتند از:

*Chiasmolithus oamaruensis*, *Discoaster saipanensis*,  
*Sphenolithus predistentus*,  
*Zygrhablithus bijugatus*, *Orthozygus aureus*,  
*Helicosphaera clarissima*, *Pontosphaera sp.*,  
*Discoaster tanii*, *Helicosphaera reticulata*, *Helicosphaera lophota*, *Discoaster deflandrei*, *Micrantolithus astrum*, *Sphenolithus pacificus*,  
*Sphenolithus radians*, *Isthmolithus recurves* .

زون‌های زیستی شناسایی شده در پژوهش حاضر به شرح ذیل است:

*Chiasmolithus oamaroensis* ZONE (NP18)

(Martini 1971) این زون زیستی را از اولین ظهور *Chiasmolithus oamaroensis* تا اولین ظهور *Isthmolithus recurvus* تعریف کرده است. بازه زمانی این زون‌زیستی ائوسن پسین (Periabonian) می‌باشد.

در توالی چهکنند مرز زیرین این زون‌زیستی با اولین حضور *Chiasmolithus oamaroensis* در اولین نمونه (نمونه‌ی شماره‌ی Ch1) تعیین شد و رأس این زون‌زیستی بوسیله اولین ظهور *Isthmolithus recurvus* در نمونه‌ی Ch38 شناسایی گردید. گسترش این زون‌زیستی در ستون چینه‌شناسی توالی مورد مطالعه ۱۰۴ متر و شامل واحد‌های سنگ‌شناسی تناوب شیل و مارن، توف، ماسه سنگ و تناوب ماسه سنگ و شیل می‌باشد. فسیلهای همراه این زون‌زیستی عبارتند از:

*Discoaster saipanensis*, *Tribrachiatus digitalis*,  
*Sphenolithus predistentus*, *Zygrhablithus bijugatus*,  
*Tribrachiatus contortus*, *Orthozygus aureus*, *Sphenolithus intercalaris*, *Chiasmolithus solitus*,  
*Chiasmolithus medius*, *Nannotetrina alata*, *Sphenolithus richteri*, *Sphenolithus pacificus*, *Helicosphaera clarissima*, *Discoaster barbadiensis*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Pontosphaera sp.*, *Discoaster tanii*,  
*Sphenolithus spiniger*, *Helicosphaera reticulata*, *Helicosphaera lophota*  
*Isthmolithus recurvus* ZONE (NP19)

مرز زیرین زون‌زیستی NP19 با اولین ظهور *Isthmolithus recurvus* و مرز بالای این زون‌زیستی با اولین ظهور *Sphenolithus pseudoradians* تعیین می‌شود (Martini, 1971). محدوده سنی این زون‌زیستی ائوسن پسین (Periabonian) است. در توالی مورد مطالعه مرز زیرین این زون‌زیستی با اولین ظهور *Isthmolithus recurvus* در نمونه‌ی شماره‌ی Ch38 و در ۱۰۴ متری از شروع توالی مشخص شد و مرز بالای این زون‌زیستی با مشاهده اولین ظهور *Sphenolithus pseudoradians* در نمونه‌ی شماره‌ی Ch60 و در فاصله‌ی ۲۰۶ متری از قاعده توالی تعیین گردید. گسترش این زون‌زیستی در توالی چهکنند ۱۰۲ متر و شامل

Sullivan, 1961) Locker, 1973, 10: *Chiasmolithus solitus* (Bramlette and Sullivan, 1961) Locker, 1968, 11: *Sphenolithus intercalaris* Martini, 1976, 12: *Isthmolithus recurvus* Deflandre in Deflandre and Fert, 1954

زون‌های زیستی تعیین شده موید سن Periabonian (اوسن پسین) برای توالی نهشته‌های اقیانوسی برش چینه شناسی جنوب چکند است. نمودار گسترش زیست‌چینه‌ای نانوفسیل‌های آهکی این برش در شکل (۲) ارائه شده است.

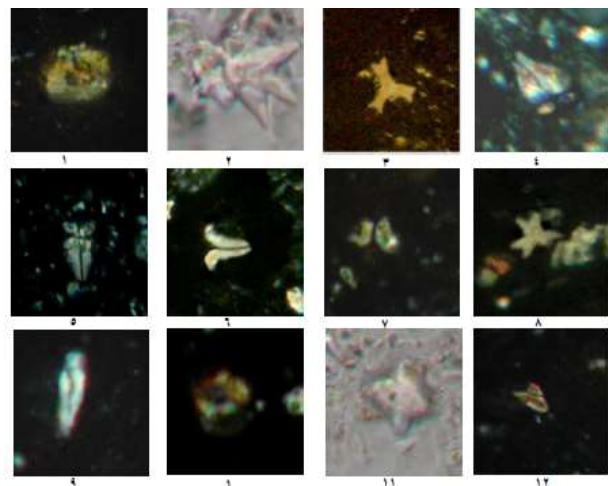
#### ۴. نتیجه‌گیری

توالی مورد مطالعه بخشی از نهشته‌های اقیانوس کافتی میان قاره‌ای در زمین درز سیستان در برش چینه شناسی چکند به ضخامت ۳۳۲ متر است که متشکل از ماسه سنگ و شیل و مارن و در بعضی از قسمت‌ها آرژیلیت و توف می‌باشد. از این توالی ۱۴ نمونه جهت انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری آماده‌سازی گردید. مطالعه نانوفسیلهای آهکی در توالی مورد مطالعه منجر به شناسایی ۱۴ جنس و ۴۰ گونه شد. بر مبنای نانوفسیلهای آهکی شناسایی شده ۳ زیست‌زون NP18 تا NP20 تعیین و با زون‌بندی (1971) Martini مطابقت داده شد. بر مبنای این زیست‌زونها سن ضخامت مطالعه شده در برش چینه شناسی چکند، اوسن پسین (Periabonian) می‌باشد.

در پایان لازم به یادآوری است که همانطور که در بالا ذکر شد، مبنای انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری کنونی (1971) Martini بوده و با توجه به نبودن غالب شاخص‌های زون‌بندی (2014) Agnini et al., از ذکر آنها در اینجا اجتناب گردید.

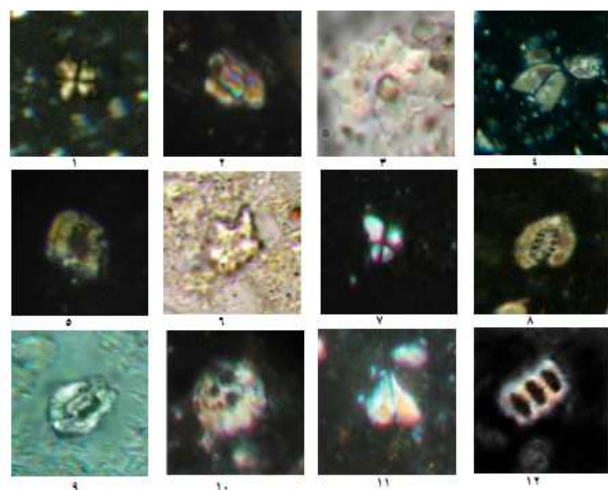
#### منابع

- Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Catanzariti, R., Palike. H., Backman, J., and Rio, D. 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletter on Stratigraphy*, 47(2):131-181.  
<https://doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0042>  
 Bown, P.R., 2005. Palaeogene calcareous nannofossils from the Kilwa and Lindi areas of coastal Tanzania



پلیت ۱: تصاویر میکروسکوپ نوری نانوفسیلهای آهکی شناسایی شده در برش چینه شناسی چکند با بزرگنمایی ۱۲۵۰X

- 1: *Chiasmolithus oamaruensis* (Deflandre, 1954), 2: *Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel, 1954, 3: *Tribrachiatius digitalis* Aubry, 1996, 4: *Sphenolithus predistentus* Bramlette & Wilcoxon, 1967, 5: *Sphenolithus pseudoradians* Bramlette & Wilcoxon, 1967, 6,7: *Zygrhablithus bijugatus* Deflandre, 1959 Hay et al., 1966, 8: *Tribrachiatius contortus* (Stradner, 1958) Bukry, 1972, 9: *Sphenolithus radians* Deflandre in Grassé, 1952, 10: *Chiasmolithus medius* Perch-Nielsen, 197, 11: *Nannotetrina alata* Haq and Lohmann, 1976, 12: *Sphenolithus richteri* Bown & Dunkley Jones, 2012



پلیت ۲: تصاویر میکروسکوپ نوری نانوفسیلهای آهکی شناسایی شده در برش چینه شناسی چکند با بزرگنمایی ۱۲۵۰X

- 1: *Sphenolithus pacificus* Martini (1965), 2: *Helicosphaera clarissima* Bown, 2005, 3: *Discoaster barbadiensis* Tan, 1927, 4: *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler in Hay et al., 1967, 5: *Pontosphaera* sp., 6: *Discoaster tani* var. 2 of Bown & Dunkley Jones 2012, 7: *Sphenolithus spiniger* Bukry, 1971, 8: *Helicosphaera reticulate* Bramlette & Wilcoxon, 1967, 9: *Helicosphaera lophota* (Bramlette &

- Paleontological Society. 1392. University of Esfahan. (in Persian).
- Martini, E.; 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: Farinacci, A. (Ed.), Proc. 2nd Int. Conf. Planktonic Microfossils. Roma. 2:739-785.
- Okada, H.; Bukry, D., 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolithbiostratigraphic zonation (Bukry 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.  
[https://doi.org/10.1016/0377-8398\(80\)90016-X](https://doi.org/10.1016/0377-8398(80)90016-X)
- Perch-Nielsen, K.; 1971. Elektronenmikroskopische untersuchungen an Coccolithen und verwandten Formen aus dem Eozan von Danemark. *Biologiske Skrifter. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*. 18(3): 1-76.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli H.M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen, K (eds.) *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press. Cambridge. 329-426.
- Romein, A.J.T.; 1979. Lineages in Early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 22: 23.
- Samani, B., Ashtari, SH. 1371. Geological Genesis of Sistan and Baluchestan area. *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, (4):14-25. (in Persian).
- Shahidi A, R . 1379. Geological Map of Room 1:100000. Geological Survey of Iran, Tehran. (in Persian).
- Tirul, R.; Bell, I.K., Griffic, Y., and Camp, V.E., 1983. The Sistan suture zone of eastern Iran, *Geological society of American. Bulletin*. 94:134- 150.  
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1983\)94<134:TSSZOE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1983)94<134:TSSZOE>2.0.CO;2)
- (Tanzania Drilling Project 2003-4). *Journal of Nannoplankton Research*, 27(1): 21-95.
- Bukry, D.; Bramlette, M.N., 1969. Some new and stratigraphically useful calcareous nannofossils of the Cenozoic. *Tulane Studies in Geology*, 7: 131-142.
- Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques, In: Bown, P.R. (ed.) *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman & Hall; Kluwer Academic. 16-28.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-011-4902-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4902-0_2)
- Camp, V. E.; Graffis, R.J., 1982. Character, genesis and tectonic setting of igneous rock I the Sistan suture zone. eastern Iran: *Lithos*. 15: 221-239.  
[https://doi.org/10.1016/0024-4937\(82\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0024-4937(82)90014-7)
- Hadavi, F.; Khazaei, A.R.; Moazen, M., 1392. Nanofossils of Paleogene deposits in Beynabad Village section (northwest of Birjand). 7th Geological National Conference Payame Noor University. 1392. Payame Noor Lorestan University. (in Persian).
- Hadavi, F.; Mazhari, N.; Khazaei, A.R., 1391. Biostratigraphy of Paleogene deposits of Kafaz Village (South East of Birjand) based on Calcareous Nannofossils. 16th Symposium of Geological Society of Iran. 1391. Shiraz University. (in Persian).
- Honjo, S.; 1976. Coccoliths: production, transportation and sedimentation. *Mar. Micropaleontol*. 1: 65-79.  
[https://doi.org/10.1016/0377-8398\(76\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0377-8398(76)90005-0)
- Jalili, F., Hadavi, F., Rahimi, B., KHazaei, A. R. 1395. Nannostratigraphy of Afzalabad flyschoids (North Birjand). *Journal of paleontology* (Ferdowsi University of Mashhad), (Under print), (in Persian).
- Mahdavi, F.; Hadavi, F.; Khazaei AR., 1392. Nanofossils of Paleogene deposits in Kalateh Shams section (northwest of Birjand). 7th Symposium Iranian