

## نانواستراتیگرافی مرز سازندهای تیرگان - سرچشمه در برش قلعه زو (غرب کپه‌داغ)

محمد انور محقی<sup>۱\*</sup>، فاطمه هادوی<sup>۲</sup>، بهنام رحیمی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

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

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\*پست الکترونیک: moheghy@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۸

### چکیده

مرز سازندهای تیرگان و سرچشمه در برش قلعه زو واقع در غرب کپه‌داغ بر مبنای نانوفسیلهای آهکی مورد بررسی قرار گرفت. از مطالعه نمونه‌های برداشت شده، ۱۷ جنس و ۳۵ گونه شناسایی گردید. با توجه به اولین حضور گونه‌های شاخص و تجمع فسیلی همراه، دو بایوزون CC7 تا CC8 از زون‌بندی سیسینگ (۱۹۷۷) برای این مرز پیشنهاد می‌گردد. بر مبنای بایوزونهای مذکور سن مرز مطالعه شده، آپتین پسین تا آلبین پیشین می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** نانواستراتیگرافی، تیرگان، سرچشمه، قلعه زو، کپه‌داغ.

### مقدمه

فلات قاره تا اعماق اقیانوس وجود دارند. به دلیل ویژگی‌هایی مانند فراوانی نسبی و تنوع زیاد در محیط‌های رسوبی استوایی و نیمه استوایی، محدوده سنی کوتاه و گسترش وسیع جغرافیایی، برای چینه‌شناسان اهمیت ویژه‌ای دارند. رسوبات مزوزوییک به ویژه در کرتاسه پسین دارای نانوفسیلهای بسیار فراوانند. با وجود این اولین مزیت کاربردی این گروه در زیست‌چینه‌نگاری است. با توجه به ویژگی‌های مذکور تعداد ۲۶ نمونه از مرز سازندهای تیرگان - سرچشمه برای دستیابی به اهداف زیر مورد مطالعه قرار گرفت:

۱- شناسایی و معرفی نانوپلانکتونهای آهکی مرز سازندهای تیرگان - سرچشمه.

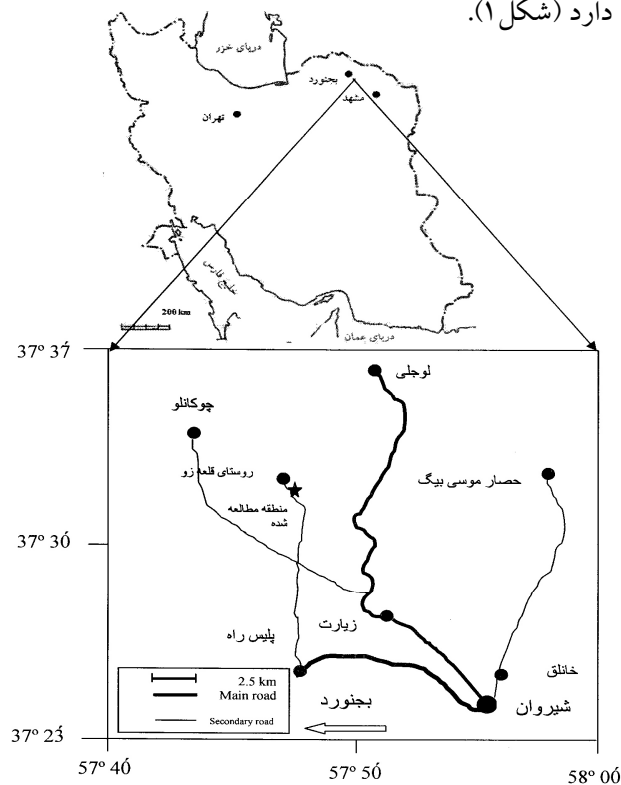
۲- تعیین سن این مرز با استفاده از نانوپلانکتونهای آهکی.

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال شرق ایران، بخش وسیعی از ترکمنستان و شمال افغانستان را دربرمی‌گیرد. بخش ایرانی حوضه بین  $35^{\circ} 30'$  تا  $38^{\circ} 15'$  عرض شمالی و  $54^{\circ} 00'$  تا  $61^{\circ} 13'$  طول شرقی قرار دارد (افشارحرب، ۱۳۷۳).

در این تحقیق مرز سازندهای تیرگان - سرچشمه بر مبنای نانوفسیلهای آهکی مورد مطالعه قرار گرفته است. این گروه فسیلی با اشکال متنوع خود از بقایای جلبکهای هاپتوفیت بوده که اندازه‌ای کمتر از ۳۰ میکرون دارند و شامل صفحات دیسکی شکلی به نام کوکولیت هستند که توسط سلول زنده ایجاد می‌شوند. نانوپلانکتونهای آهکی در تریاس بالا ظاهر شده و در طول دورانهای مزوزوییک و سنوزوییک متنوع شده و در دریا‌های امروزی در ژرفای مختلفی از

آقانباتی، ۱۳۸۳). سازند سرچشمه از دو بخش تشکیل می‌شود: بخش زیرین که از مارن خاکستری و خاکستری تیره تشکیل شده است و بخش بالایی که شامل تناوب لایه‌های شیل تیره و لایه‌های نازک سنگ آهک است (افشارحرب، ۱۳۷۳). تغییرات ضخامت سازند سرچشمه در خور توجه است. در یک نگاه کلی، ستبرا از شرق به غرب افزایش می‌یابد. در برش نار (شرقی‌ترین برش)، سازند سرچشمه ۱۵۰ متر ضخامت دارد و در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی گنبد کاووس ضخامت سازند سرچشمه ۱۰۹۰ متر است (آقانباتی، ۱۳۸۳). کمترین ضخامت این سازند با ۱۷ متر در برش شمال و شمال شرق شترپا در بخش مرکزی حوضه رسوبی کپه‌داغ (منطقه چناران) قرار دارد (نوروزی و همکاران، ۱۳۸۸).

برش مورد مطالعه در این پژوهش در نزدیکی روستای قلعه‌زو واقع در ۲۴ کیلومتری شیروان با مختصات  $37^{\circ} 31' 42''$  عرض شمالی و  $57^{\circ} 47' 30''$  طول شرقی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

۳- تعیین زونهای زیستی موجود در این مرز براساس نانوفسیلهای آهکی و مقایسه آن با زون بندیهای استاندارد جهانی.

۴- بررسی چگونگی سطح تماس دو سازند تیرگان و سرچشمه بر مبنای نانوفسیلهای آهکی.

۵- تفسیر پالئواکولوژیکی در حد امکان.

### چینه‌شناسی سازند تیرگان

نام این سازند از روستای تیرگان واقع در ۳۹ کیلومتری جنوب شرق شهرستان درگز گرفته شده است. (افشارحرب، ۱۳۷۳). برش الگوی سازند تیرگان در کوه تیرگان واقع در ۳۹ کیلومتری جنوب شرقی درگز مطالعه شده است. این سازند دارای برش مرجعی نیز در جنوب شرقی روستای جوزک (غرب کپه‌داغ) می‌باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). سازند تیرگان از سنگ آهکهای آلیتی و زیست‌آوری و لایه‌های جزئی از سنگ آهکهای مارنی، مارن و شیل آهکی تشکیل شده است. در تمام رخنمونهای سازند، لایه‌هایی از سنگ آهکهای اریتولین‌دار وجود دارد (افشارحرب، ۱۳۷۳). در شرق کپه‌داغ (برش شوراب)، سازند تیرگان کمترین ستبرا (۲۰ متر) را دارد ولی به سمت غرب، ضخامت سازند افزایش می‌یابد به گونه‌ای که در محل برش مرجع ۳۱۰ متر و در برش الگو ۷۸۰ متر ستبرا دارد و حتی در چاه قزل‌تپه شماره ۲ ضخامت سازند تیرگان ۱۰۰۵ متر است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

### چینه‌شناسی سازند سرچشمه

نام این سازند از روستای سرچشمه واقع در ۱۴ کیلومتری شمال شرق شهر بجنورد گرفته شده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). برش الگوی آن در دماغه شرقی تاقدیس خور، کنار راه مشهد به کلات مطالعه شده است. سازند سرچشمه در محل برش الگو ۳۱۰ متر ستبرا دارد

## مطالعات فسیل شناسی

از آن جا که در این پژوهش مطالعات فسیل شناسی به بخش بالایی سازند تیرگان و بخش پایینی سازند سرچشمه منحصر شده است، به پیشینه مطالعات فسیل شناسی در هر کدام از این دو بخش به طور جدا اشاره می شود. شایان ذکر است که مهمترین مطالعات انجام شده در این دو بخش غالباً بر مبنای روزنداران، خارپوستان، آمونیتها، پالینومورفها، دوکفه ایها، براکیوپودها و نانوفسیلهای آهکی بوده که جزئیات آن در مبحث فسیل شناسی هر سازند آمده است.

پاره ای از مطالعات رسوب شناسی نیز در سازند تیرگان انجام شده است که از میان آنها می توان به گزارشهای آریایی و همکاران (۱۳۸۵)، ریوندی و همکاران (۱۳۸۶)، موسوی زاده و همکاران (۱۳۸۷)، کباری و همکاران (۱۳۸۸)، یاورمنش و همکاران (۱۳۸۹) و طاهر پورخلیل آباد و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد. در مورد سازند سرچشمه نیز می توان از مقالات اخلاقی و همکاران (۱۳۸۵) و نوروزی و همکاران (۱۳۸۸) نام برد.

## فسیل شناسی سازند تیرگان

۳۸۷ متر زیرین سازند تیرگان در برش الگو با توجه به فسیلهای *Choffatella* sp., *Ammocyclolocolina* sp., *Gavalinella baremina*, *Cuneolina cf. hensoni*, *Nautiloculina oolitica*, *Haplophragmium* sp., *Pseudocyclamina*, *Pseudocyclamina cf. hedbergi* توسط *Trocholina alpina* و *Textularia foeda ditus* کلانتری (۱۹۶۹) به نئوکومین - آپتین نسبت داده شده است. وی ۴۰۰ متر بالایی این سازند را نیز بر مبنای فسیلهای *Nautiloculina*, *Lituola* sp., *Dictyoconus* sp., *Orbitolina discoidea-conoidea* و *circularis* به آپتین نسبت داده است. رهقی نیز با توجه به روزنداران *Chofattella*, *Ammobaculites* sp., *Acicularia* sp.

*Macroporella*, *Dictyoconus* aff. *Arabicus decipiens*, *Nautiloculina* sp., *Nautiloculina oolitica*, sp., *Orbitolina* aff. *kurdica*, *Orbitolina* aff. *Lenticularis*, *Textularia* sp. و *Pseudocyclamina* sp., *Orbitolina* sp. برش مرجع (جنوب شرق روستای جوزک) سازند تیرگان را به سن نئوکومین - آپتین معرفی نموده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). برش جوزک بر مبنای روزنداران بنتونیک و جلبکهای سبز نیز به سن بarmین - آپتین پیشین گزارش شده است (ریوندی و همکاران، ۱۳۸۶). سازند تیرگان در شمال شرق کپه داغ بر مبنای مجموعه فونا و میکروفاسیسهای تعیین شده آپتین در نظر گرفته شده است (آفاداداشی ابهری و همکاران، ۱۳۸۰). در برش شترپا (در ۷۸ کیلومتری مشهد در جاده فرعی چناران در نزدیکی روستای شترپا) این سازند با ضخامت تقریبی ۸۳ متر مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به شناسایی ۴ گونه از خارپوستان خانواده توگزاstrیده سن اواخر کرتاسه آغازین (نئوکومین) برای آن ذکر شده است (هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۶). در برش ارکان در ۱۰ کیلومتری جنوب غرب بجنورد نیز بر مبنای جلبکهای آهکی و با توجه به وجود گونه های *Chypeina gigantean*, *Actinoporella podolica* و *Praturlonella dalmatica* در بخش زیرین سازند تیرگان، سنی بarmین و با توجه به وجود گونه *Praturlonella nerae* در بخش بالایی آن، سنی معادل آپتین پیشنهاد شده است (طاهر پور خلیل آباد و همکاران، ۲۰۱۰). برای سازند تیرگان در برش چمن بید در غرب حوضه کپه داغ هم بر مبنای روزنداران بنتونیک، سن بarmین - آپتین پیشین پیشنهاد گردیده است (ریوندی و همکاران، ۱۳۸۸). تاکنون مطالعات نانوفسیل شناسی بسیار اندکی در سازند تیرگان انجام شده که در میان آنها می توان به گزارش هادوی (۱۳۸۶) اشاره کرد. در گزارش مذکور تعداد اندکی

*coxvellensis* و شماری از دوکفه‌ایها، سن سازند سرچشمه آپتین (پیشین و پسین) تعیین شده است (داوطلب زرقی و همکاران، ۱۳۸۸). همین برش بر مبنای داینوفلاژله‌ها نیز به سن آپتین معرفی شده است (داوطلب زرقی و همکاران، ۱۳۸۸). سازند سرچشمه برای نخستین بار بر مبنای نانوفسیلهای آهکی در برش الگو توسط هادوی و شکری (۱۳۷۹) و هادوی و شکری (۱۳۸۵) مطالعه شده که نتایج این بررسی در بخش زیست چینه‌ای سازند سرچشمه خواهد آمد.

### روش مطالعه و آماده سازی

نمونه برداری از اعماق ۳۰ تا ۵۰ سانتی متری انجام می‌شود تا نمونه تازه و هوانزده باشد. آماده سازی با روش اسمیراسلاید (Smear slide) صورت می‌گیرد. در این روش در ابتدا حدود یک سانتی متر مکعب از نمونه توسط کاردک تراشیده می‌شود تا میزان تأثیر آلودگی و هوازدگی به حداقل ممکن برسد. آن گاه مقداری از نمونه به میزان تقریبی ۱۰ گرم را خراشیده تا به صورت پودر درآید. پودر حاصله را روی لام ریخته، سپس با افزودن قطره‌ای آب مقطر و به کمک یک خلال دندان نمونه روی لام پهن می‌شود. با ایجاد حرکات زیگزاکی توسط خلال دندان، ضخامتهای مختلفی از نمونه روی لام ایجاد کرده و پس از خشک کردن نمونه روی اجاق برقی، به وسیله چسب کانادابالزام لامل آماده شده روی لام چسبیده می‌شود. مطالعه و عکس برداری با میکروسکپ پلاریزان المپوس BX51 و با عدسی شیئی ۱۰۰ و روغن ایمرسیون انجام می‌شود. در برش قلعه زو، ۱۰ نمونه از ۷۰ متر بالای سازند تیرگان که عمدتاً دارای سنگ آهک ماسه‌ای اریتولین دار می‌باشند و ۱۶ نمونه از ۱۰۵ متر زیرین سازند سرچشمه که از دو بخش سنگ آهک مارنی و مارن تشکیل شده، مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۲). به منظور شناسایی

نانوفسیل از بخش زیرین این سازند با سن آلبین گزارش شده است.

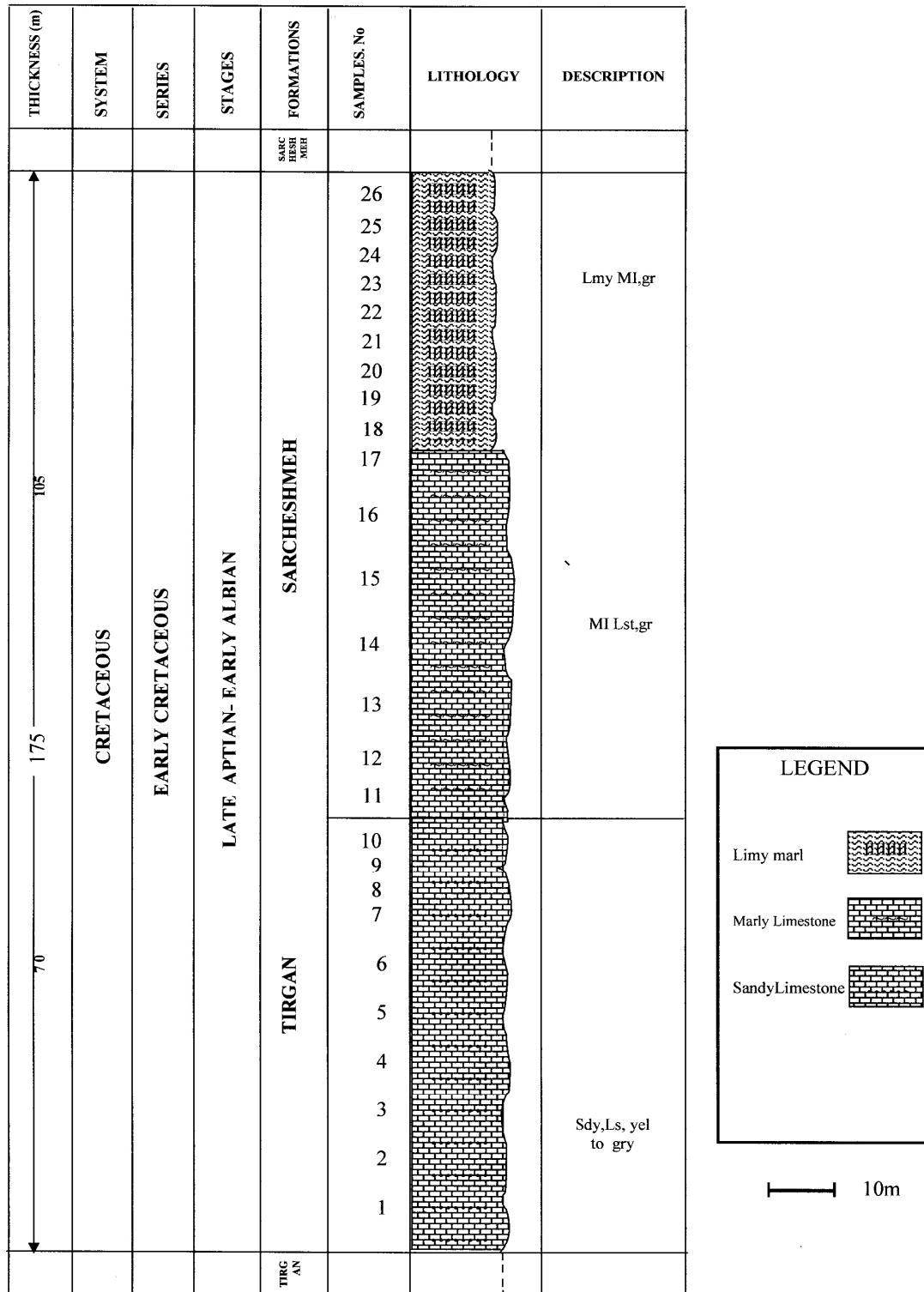
### فسیل شناسی سازند سرچشمه

سن سازند سرچشمه در برش الگو بر اساس وجود روزن‌دارانی چون *Orbitolina conica*، *Orbitolina discoidea* و *Orbitolina kurdica* به سن آپتین گزارش شده است (کلانتری، ۱۹۶۹). سید امامی با توجه به شناسایی آمونیت‌های (*ORB*) *Deshayesites deshayesi*، *Deshayesites sp.* و *Hypacanthoplites sp.* در سازند سرچشمه در غرب حوضه کپه‌داغ سن آن را آپتین پیشین تعیین نموده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). رئیس السادات و موسوی حرمی (۱۳۷۲) بر مبنای روزن‌داران موجود، سن آپتین را برای سازند سرچشمه پیشنهاد کرده‌اند. این سازند در برش الگو نیز توسط رئیس السادات (۱۳۸۱) و بر مبنای وجود آمونیت‌های زیر به سن بارمین پسین - آپتین پیشین نسبت داده شده است:

*Aconeceras (Aconeceras) haugi*, *Ancyloceras cf. mantelli*, *Argvethites sp.*, *Australiceras sp.*, *Barremites cf. difficilis*, *Chelonicerases (Chelonicerases) spp.*, *Deshayesites cf. consobrinoides*, *D. cf. dechyi*, *D. cf. euglyphus*, *D. cf. involutus*, *D. luppovi*, *D. cf. multicostatus*, *D. oglanlensis*, *D. cf. planus*, *D. cf. Tuarkyricus*, *D. weissii*, *D. cf. Weissiformis*, *D. sp. 1*, *D. sp. 2*, *D. spp.*, *Dufrenoyia sp.*, *Eogaudryceras (Eogaudrycerases) sp.*, *Eogaudryceras (Eotetragonites) sp.*, *Heteroceras cf. colchicus*, *H. spp.*, *Imerites sparcicostatus*, *Martelites cf. Tenuicostatus*, *M. cf. Tinae*, *M. securiformis*, *M. sp. 1*, *M. sp. 2*, *Paraimerites sp.*, *Pedioceras cf. Anthulai*, *Pedioceras sp.*, *Phylloceras sp.*, *Phyllopachyceras sp.*, *Toxoceratoides sp.*, *Turkmeniceras multicostatum*, *Turkmeniceras cf. tumidum*.

با توجه به مطالعه ماکروفسیلهای سازند سرچشمه در برش انجیربلاغ (شمال شرق مشهد) و شناسایی آمونیت‌هایی نظیر *Chelonicerases cornuelianum*، خارپوستانی چون *Epiaster toxasteroides*، براکیوپودهایی نظیر *Sellithyris*

نانوفسیلها و نیز مطالعات زیست چینه‌ای از گزارشهای متعددی مانند پرش - نیلسن (۱۹۸۳ و ۱۹۸۵)، بارنت (۱۹۹۸)، یانگ (۲۰۰۸)، هادوی (۱۳۸۶) و هادوی و همکاران (۱۳۸۷) استفاده شده است. گسترش زمان گونه‌ها و بیوزونهای شناسایی شده در نمونه‌های مطالعه شده در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل ۲: ستون چینه شناسی مرز سازندهای تیرگان و سرچشمه در برش قلعه زو (غرب کپه داغ)

### نانوفسیلهای آهکی سازند تیرگان در برش قلعه زو

تاکنون مطالعات متعدد تاکسونومیک بر روی نانوپلانکتونهای آهکی به ویژه انواع مزوزویک انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات واتکینز (۱۹۸۶)، ۱۹۸۹، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۶ برای مناطق دارای عرض جغرافیایی بالا اشاره کرد. نانوفسیلهای کامپانین - ماستریشتین آغازین در جنوب غرب اقیانوس اطلس توسط واینند و وایز (۱۹۸۳) از دیدگاه زیست‌چینه‌ای و پالئواکولوژی بررسی گردیده است. در گزارش وایز (۱۹۸۸)، علاوه بر تاکسونومی، شرایط آب و هوایی، جغرافیا و محیط زیست قدیمه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. گزارش بارنت (۱۹۸۸) هم یکی از کامل‌ترین مجموعه‌های نانوفسیلهای آهکی معرفی شده تا کنون است، اما متأسفانه توصیفی برای نانوفسیلهای معرفی شده در این مقاله ذکر نشده است. گزارش پرش - نیلسن (۱۹۸۵) مجموعه جامعی از نانوفسیلهای شناسایی شده تا آن سال را ارائه می‌کند. وی در این مجموعه به توصیف کامل تاکسونهای نانوفسیلی، تفاوت تاکسونها با یکدیگر و بازه سنی آنها می‌پردازد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، بر روی نانوفسیلهای سازند تیرگان مطالعات چندانی انجام نشده و فقط می‌توان به گزارش هادوی (۱۳۸۶) اشاره نمود که در این گزارش به معرفی اندکی از نانوفسیلهای موجود در چند نمونه از بخش زیرین سازند تیرگان پرداخته شده است. بدین سبب از بخش بالایی سازند تیرگان به ضخامت ۷۰ متر، تعداد ۱۰ نمونه برداشت و مطالعه گردید. از آن جا که سنگ شناسی این بخش از سازند، سنگ آهک ماسه‌ای سخت است، جهت حفظ نانوفسیلهای آهکی چندان مناسب نیست. لذا فراوانی و تنوع گونه‌های نانوفسیلی آن چندان زیاد نمی‌باشد. با وجود این، نوشتار حاضر اولین گزارش از نانوفسیلهای آهکی این بخش از سازند تیرگان به ویژه در مرز آن با سازند سرچشمه

می‌باشد. از طرفی به دلیل این که نانوفسیلهای آهکی می‌توانند از نظر سنی محدوده‌های کوتاهی را معرفی کنند اهمیت فراوانی دارند. شایان ذکر است تعدادی از این گونه‌ها حتی با حفظ شدگی متوسط تا ضعیف نیز می‌توانند گویای بازه زمانی این بخش از نهشته‌ها باشند. در مجموع تعداد ۲۰ گونه متعلق به ۹ جنس از بخش زیرین سازند تیرگان به شرح زیر معرفی می‌شود:

*Calcicalathina alta* Perch-Nielson 1979a, *Conus phaera mexicana* Trejo 1969, *Cyclogelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielson 1968) Romein 1977, *Lithraphidites bollii* (Thierstein 1971) Thierstein 1973, *Micrantholithus obtusus* Stradner 1963, *Nannoconus abundans* Stradner & Grun 1973, *Nannoconus bermudezii* Bronnimann 1955, *Nannoconus boletus* Deflandre & Deflandre-Rigaud 1967, *Nannoconus borealis* Perch-Nielson 1979, *Nannoconus bucheri* Bronnimann 1955, *Nannoconus colomii* Remane et al. 1986, *Nannoconus dolomiticus* Cita & Pasquare 1959, *Nannoconus elongatus* Bronnimann 1955, *Nannoconus kamptneri* Bronnimann 1955, *Nannoconus quadriangulus* Deflandre & Deflandre 1967, *Nannoconus steinmannii* Kamptner 1931, *Radiolithus planus* Stover 1966, *Tetralithus cassianus* Gardet 1955, *Watznaueria barnesiae* (Black 1959) Perch-Nielsen 1968, *Watznaueria biporta* Bukry 1969.

گسترش چینه‌شناسی نانوفسیلهای شناسایی شده در بخش بالایی سازند تیرگان در برش قلعه زو در شکل ۳ نشان داده شده است.

### نانوفسیلهای آهکی سازند سرچشمه در برش قلعه زو

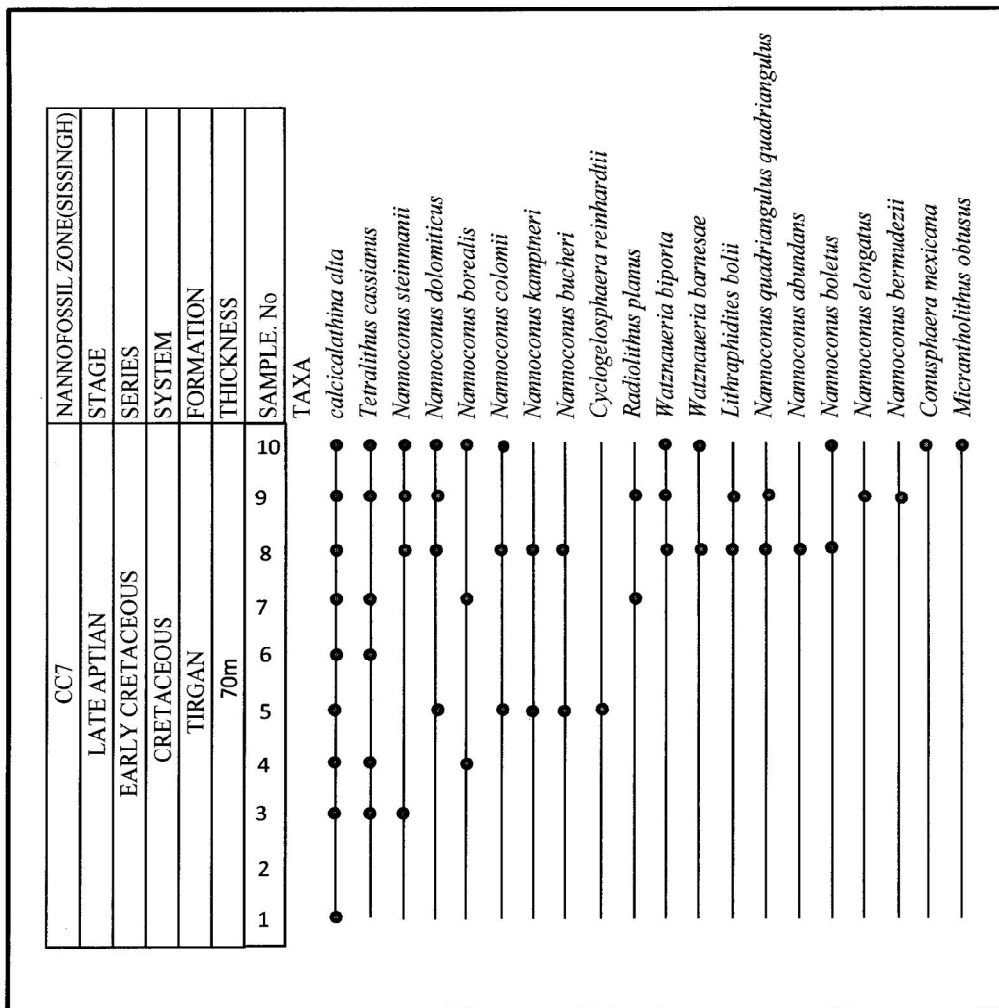
چنان که قبلاً گفته شد، ترکیب سنگ شناسی این بخش از نهشته‌های سازند سرچشمه در ابتدا سنگ آهک مارنی و سپس مارن می‌باشد. از این رو به سبب تأثیر کمتر دیاژنز، حفظ شدگی نانوفسیلهای موجود بهتر، فراوانی آنها بیشتر و

1986, *Nannoconus elongatus* Bronnimann 1955, *Nannoconus kamptneri* Bronnimann 1955, *Nannoconus regularis* Deres & Acheriteguy 1980, *Nannoconus steinmannii* Kamptner 1931, *Nannoconus truittii truittii* Brönnimann 1955, *Nannoconus wassallii* Bronnimann 1955, *Polycostella beckmanii* Thierstein 1971, *Prediscosphaera columnata* (Stover 1966) Perch-Nielson 1984, *Tegulalithus tessellatus* (Stradner et al. 1968) Crux 1986, *Tetralithus cassianus* Gardet 1955, *Watznaueria barnesiae* (Black 1959) Perch-Nielsen 1968, *Watznaueria biporta* Bukry 1969.

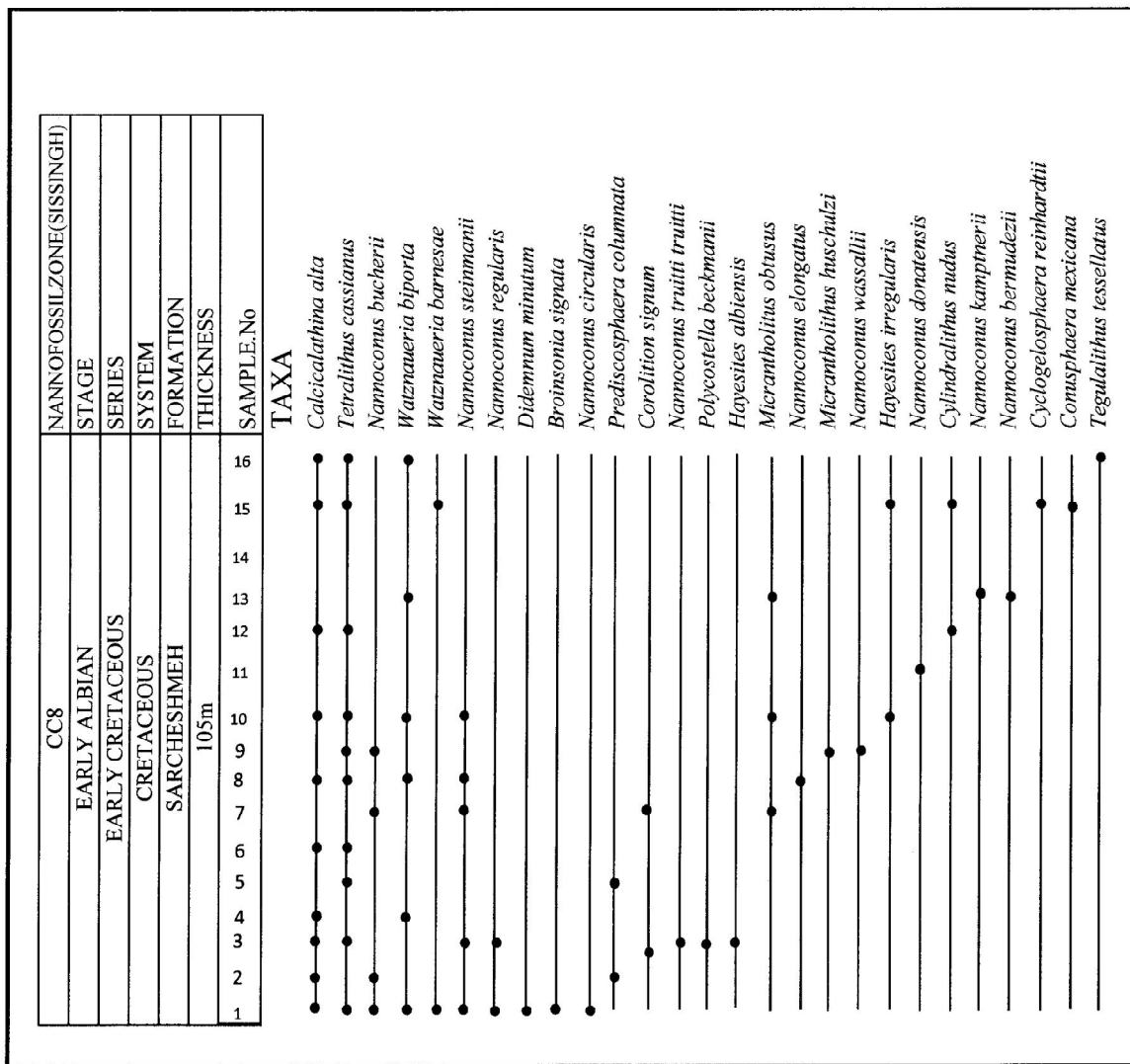
گسترش چینه شناسی نانوفسیلهای معرفی شده در بخش زیرین سازند سرچشمه در برش قلعه زو در شکل ۴ نشان داده شده است.

تنوع آنها نیز زیادتر است. بررسی این بخش از نهشته‌ها به شناسایی ۲۷ گونه و ۱۵ جنس به شرح زیر منجر شده است:

*Broinsonia signata* (Noël 1969) Noël 1970, *Calcicalathina alta* Perch-Nielson 1979a, *Conus phaera mexicana* Trejo 1969, *Corolithion signum* Stradner 1963, *Cyclogelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielson 1968) Romein 1977, *Cylindralithus nudus* Bukry 1969, *Didemnum minutum* Bonet & Benveniste-Velasquez 1971, *Hayesites albiensis* Manivit 1971, *Hayesites irregularis* Thierstein in Roth & Thierstein 1972, *Micrantholithus hoschulzii* (Reinhardt 1966) Thierstein 1971, *Micrantholithus obtusus* Stradner 1963, *Nannoconus bermudezii* Bronnimann 1955, *Nannoconus bucheri* Brönnimann 1955, *Nannoconus circularis* Deres & Acheriteguy 1980, *Nannoconus donatensis* Deres & Acheriteguy



شکل ۳: نمودار زیست چینه‌ای نانوفسیلهای آهکی بخش بالایی سازند تیرگان در برش قلعه زو (غرب کپه داغ)



شکل ۴: نمودار زیست چینه‌ای نانوفسیلهای آهکی بخش زیرین سازند سرچشمه در برش قلعه زو (غرب کپه داغ)

### زیست چینه نگاری

از آن جا که نانوفسیلهای آهکی برای بررسی چینه شناسی زیستی بسیار مناسبند در این جا به نتایج حاصل از این بررسی و به طور جداگانه در هر کدام از دو بخش مطالعه شده در سازندهای تیرگان و سرچشمه می پردازیم.

### سازند تیرگان

با نگاهی به شکل ۳ می توان گفت که برخی از گونه‌ها مانند *Calcicalathina alta* و *Tetralithus cassianus* و گونه‌های مختلف جنس *Nannoconus* در کل ضخامت

مورد مطالعه، کم و بیش و به طور پراکنده وجود دارند، ولی بر اساس اولین حضور (FO) گونه شاخص *Radiolithus planus* و تجمع فسیلی همراه مانند *Nannoconus quadriangulus quadriangulus* در بخش بالایی سازند تیرگان یک بایوزون از زون بندی سسیسنگ (۱۹۷۷) به سن آپتین پسین به شرح زیر شناسایی شده است:

### CHIASTOZYGUS LITTERARIUS ZONE (CC 7)

این بایوزون از اولین حضور گونه *Chiastozygus litterarius* تا اولین حضور گونه *Prediscosphaera*



برش روستای آتشگان و امیرآباد مورد بررسی قرار دادند و بر اساس گونه‌های شناسایی شده خود، بازه زمانی تشکیل سازند سرچشمه در برش آتشگان را با بایوزونهای CC8-CC9 از زون بندی سیسینگ (۱۹۷۷) مطابق دانسته و سن آن برش را آلبین تا آلبین پسین - سنومانین پیشین معرفی نمودند. آنها برای برش امیرآباد نیز بایوزون CC8 از زون بندی سیسینگ (۱۹۷۷) را پیشنهاد نموده و لذا سن سازند سرچشمه در برش امیرآباد را آلبین گزارش کردند. از آن جا که بررسی مطالعات کنونی بر روی ۱۰۵ متر زیرین سازند سرچشمه متمرکز شده است، می‌توان به وجود یک بایوزون در این بخش اشاره نمود. بایوزون شناسایی شده معادل بایوزون CC8 از زون بندی سیسینگ (۱۹۷۷) است که بر مبنای اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* به شرح زیر معرفی می‌شود:

#### **PREDISCOSPHAERA COLUMNATA ZONE (CC8)**

این بایوزون از اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تا اولین حضور گونه *Eiffellithus turriseiffelii* تعریف می‌شود. طبق گزارشهای تیرشتین (۱۹۷۱) و مانیویست و همکاران (۱۹۷۷)، ظهور گونه *Prediscosphaera columnata* در بایوزون CC8 در بازه زمانی آلبین می‌باشد. پرش - نیلسن (۱۹۷۹) این بایوزون را بر اساس اولین حضور گونه‌های *Corollithion signum*، *Tranolithus phacelisus* و جنس *Cribrosphaera* به دو زیر زون a و b تقسیم کرده است.

در این پژوهش در بخش زیرین سازند سرچشمه گونه‌های *Corollithion signum* و *Prediscosphaera columnata* شناسایی شده‌اند که نشان دهنده بایوزون CC8 سیسینگ (۱۹۷۷) با سن آلبین و بایوزون CC8a پرش - نیلسن (۱۹۷۹) معادل آلبین پیشین می‌باشد. از طرف دیگر گونه‌های *Tegulalithus tessellatus* و *Cylindralithud nudus* گونه‌های همراه در این بایوزون هستند.

*columnata* تعریف می‌شود که نشانگر بازه زمانی آبتین و ابتدای آلبین آغازی است. تیرشتین (۱۹۷۶) اولین حضور گونه‌های *Rhagodiscos angustus* و *Eprolithus floralis* را در بایوزون CC7 (آبتین پیشین) پیشنهاد می‌کند. سیسینگ (۱۹۷۷) بر اساس آخرین حضور گونه *Micrantholithus hoschulzii* بایوزون CC7 را به CC7a و CC7b تقسیم می‌کند. پرش - نیلسن (۱۹۷۹) مجدداً بر پایه آخرین حضور گونه‌های *Conusphaera* و *Nannoconus steinmanii* و *mexicana* زیرزون CC7b را معرفی نموده است. وی آخرین حضور گونه‌های *Nannoconus wassallii* و *Rhagodiscus antiquus* و اولین حضور گونه *angustus* را در آبتین پسین برای معرفی زیرزون CC7a استفاده کرده است.

در مطالعات کنونی هر چند در برش قلعه زو در بخش بالایی سازند تیرگان گونه *Chiastozygus litterarius* دیده نشده است، گونه *Radiolithus planus* که شاخص بایوزون BC21 بون و همکاران (۱۹۹۸) می‌باشد مشاهده گردید. بایوزون یادشده را می‌توان معادل بخش بالایی بایوزون CC7 سیسینگ (۱۹۷۷) و بایوزون CC7b پرش - نیلسن (۱۹۷۹) دانست که بیانگر سنی معادل آبتین پسین است.

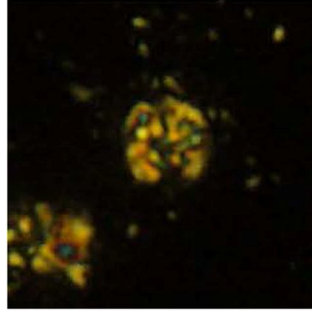
#### **سازند سرچشمه**

همان طور که قبلاً گفته شد، مطالعات کمی بر روی نانوفسیلهای سازند سرچشمه انجام شده است. این سازند برای نخستین بار بر مبنای نانوفسیلهای آهکی در برش الگو توسط هادوی و شکری (۱۳۷۹) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و بایوزونهای CC7-CC8-CC9 از زون بندی سیسینگ (۱۹۷۷) برای آن پیشنهاد گردید. با توجه به ارزش چینه شناسی بایوزونهای مذکور نیز سن سازند سرچشمه در برش الگو آبتین پیشین - آلبین پسین تعیین شد. هادوی و شکری (۱۳۸۵) نانوفسیلهای آهکی سازند سرچشمه را در دو

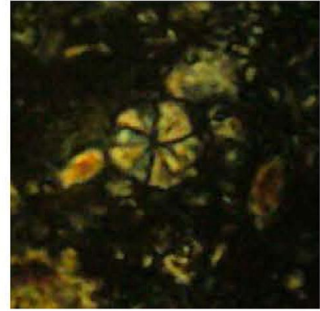
Plate 1  
All figures light micrographs magnified x 2500



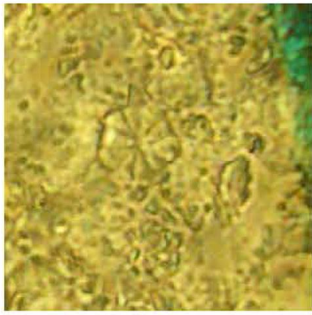
*Broinsonia signata*



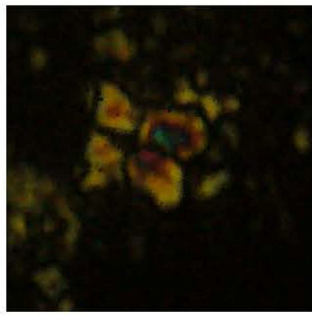
*Polycostella beckmanii*



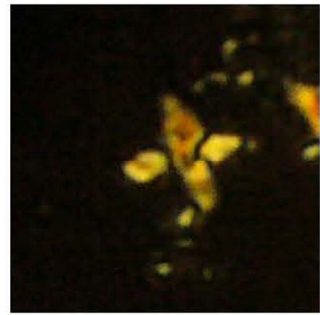
*Radiolitus planus*



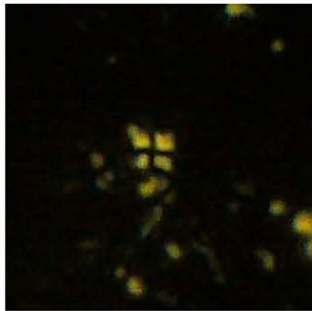
*Radiolitus planus*



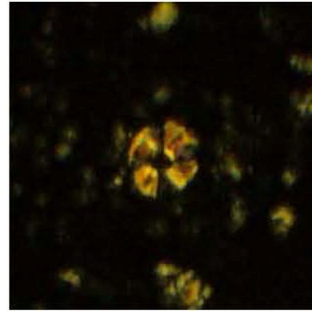
*Tetralithus cassianus*



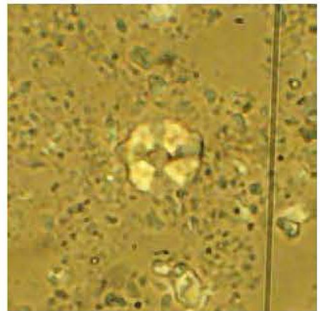
*Tetralithus cassianus*



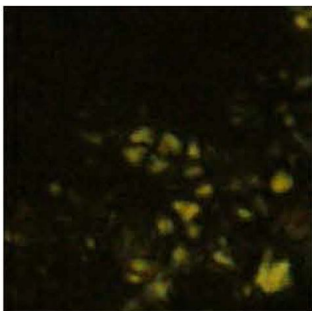
*Tetralithus cassianus*



*Tegulalithus tesselatus*



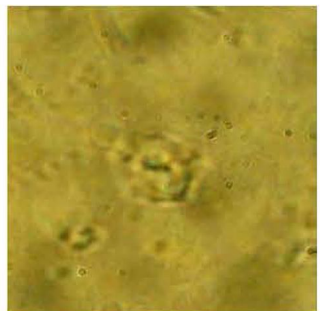
*Tegulalithus tesselatus*



*Watznaueria barnesae*

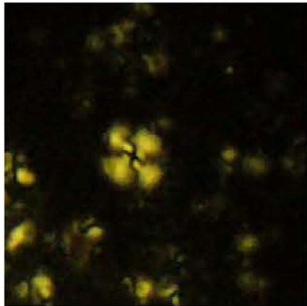


*Watznaueria barnesae*

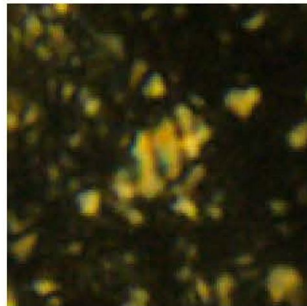


*Watznaueria barnesae*

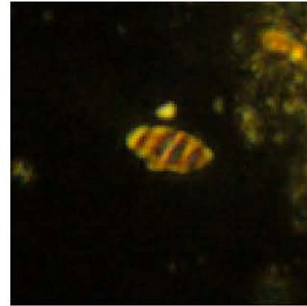
Plate 2  
All figures light micrographs magnified x 2500



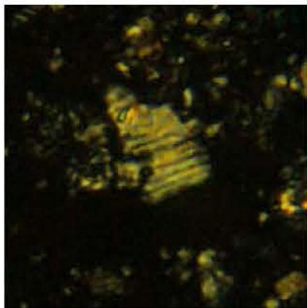
*Watznaueria biporta*



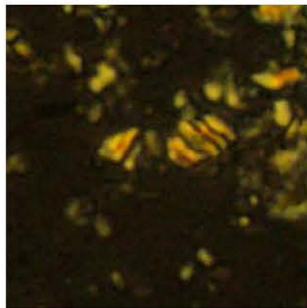
*Calcicalathina alta*



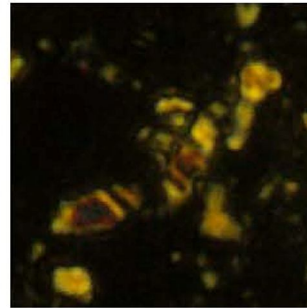
*Calcicalathina alta*



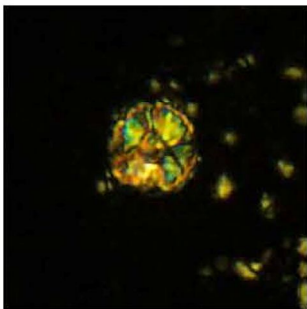
*Calcicalathina alta*



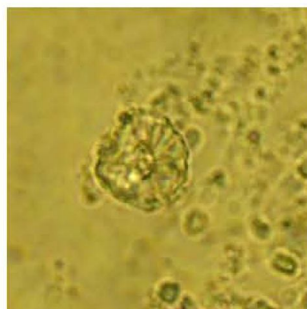
*Comusphaera mexicana*



*Corollithion signum*



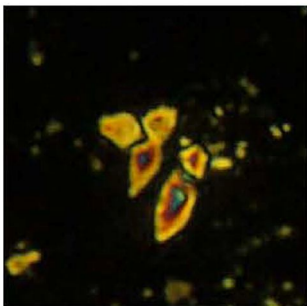
*Cylindralithus nudus*



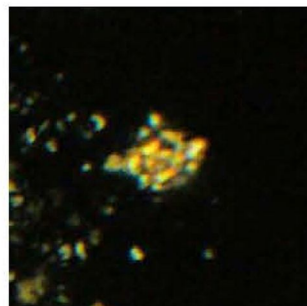
*Cylindralithus nudus*



*Cyclogelosphaera reinhardtii*



*Diademnum minutum*

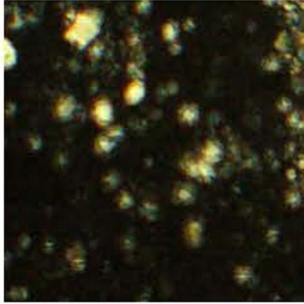


*Prediscosphaera columnata*

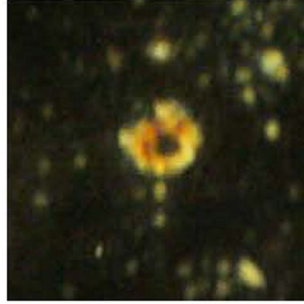


*Prediscosphaera columnata*

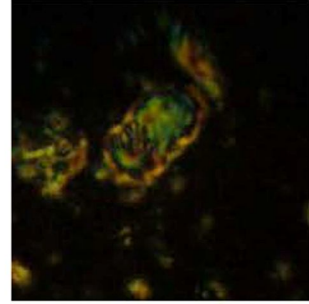
Plate 3  
All figures light micrographs magnified x 2500



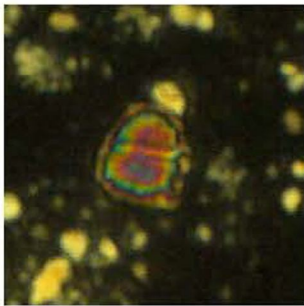
*Prediscosphaera* sp



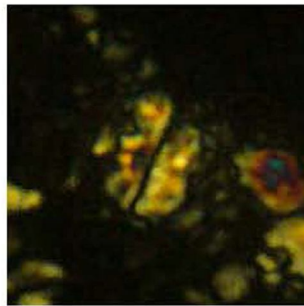
*Nannoconus truitti truitt*



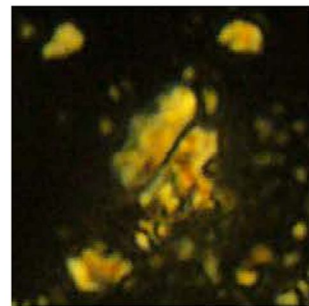
*Nannoconus bucheri*



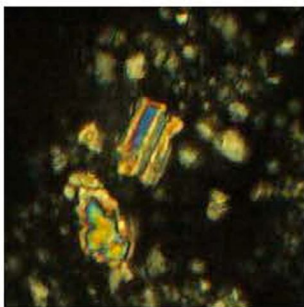
*Nannoconus circularis*



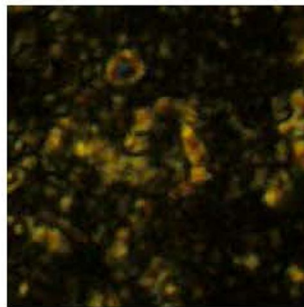
*Nannoconus dolomiticus*



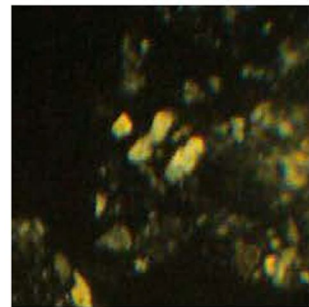
*Nannoconus dolomiticus*



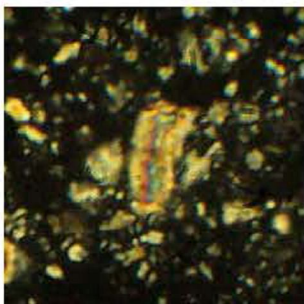
*Nannoconus elongatus*



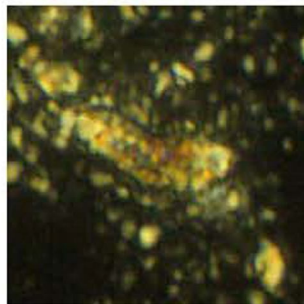
*Nannoconus wassallii*



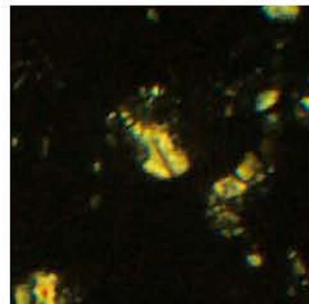
*N. quadriangulus quadriangulus*



*Nannoconus steinmanii*

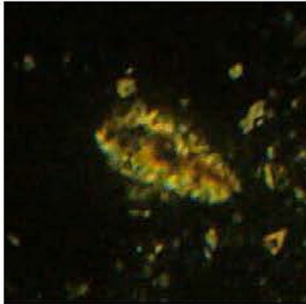


*Nannoconus steinmanii*

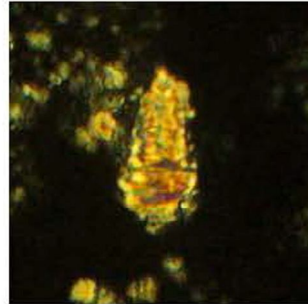


*Nannoconus borealis*

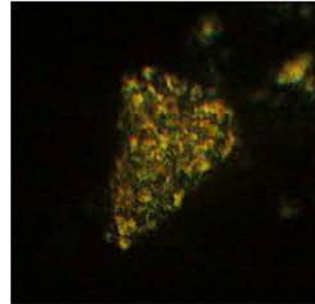
Plate 4  
All figures light micrographs magnified x 2500



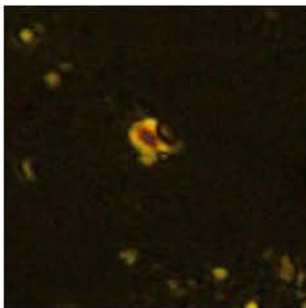
*Nannocomus bermudezii*



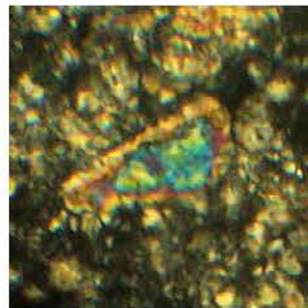
*Nannocomus colomii*



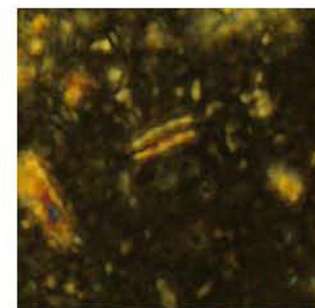
*Nannocomus boletus*



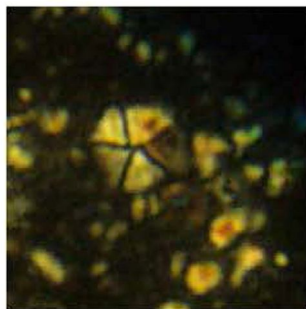
*Nannocomus abundans*



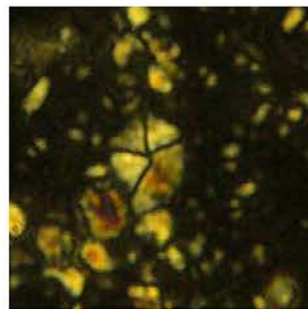
*Nannocomus kamptneri*



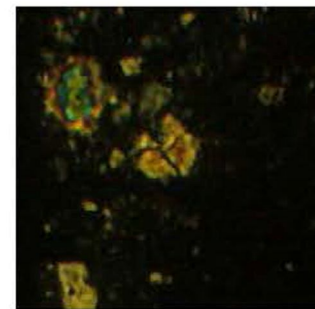
*Lithraphidites bollii*



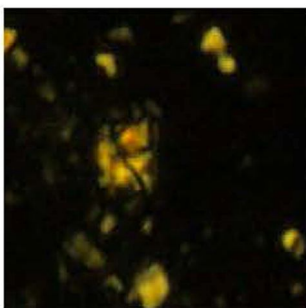
*Micrantholithu huschulzi*



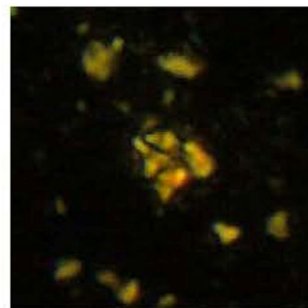
*Micrantholithu huschulzi*



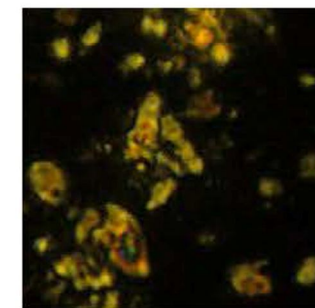
*Micrantholithus obtusus*



*Hayesites albiensis*



*Hayesites albiensis*



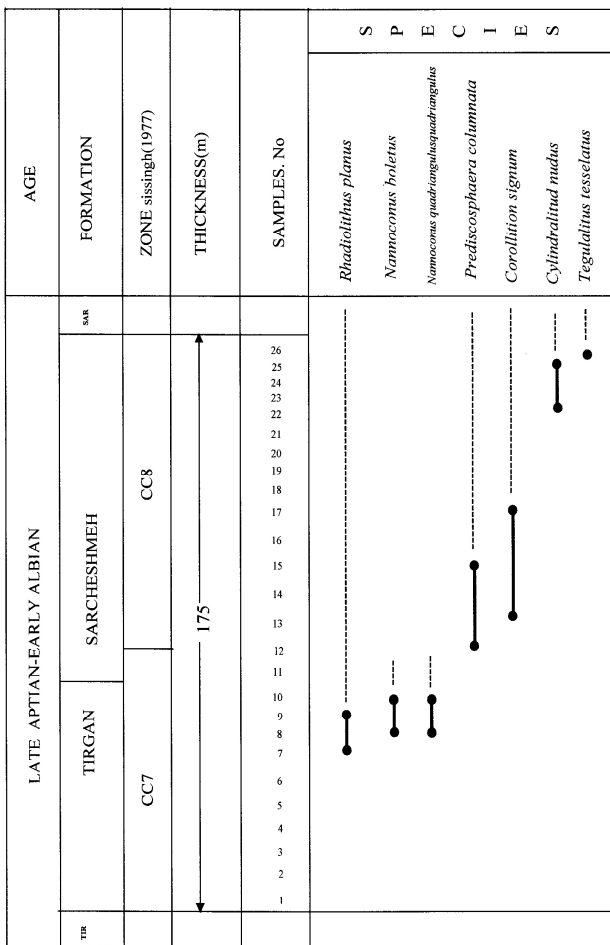
*Hayesites irregularis*

بحث

با توجه به مطالعات انجام شده بخش بالایی سازند تیرگان با بایوزون CC7 سیسینگ (۱۹۷۷) هم‌خوانی دارد. در مقایسه با مطالعات انجام شده بر روی سایر شاخه‌های فسیلی (که پیش‌تر بدان اشاره شد) که بازه زمانی بارمین - آپتین را در مجموع نشان می‌داد، بازه سنی نشان داده شده توسط نانوفسیلهای آهکی برای بخش بالایی سازند تیرگان، آپتین پسین است.

مطالعات فسیلهای مختلف نشانگر بازه زمانی آپتین برای کل سازند سرچشمه می‌باشد، اما همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شد، در مطالعات کنونی سن بخش زیرین این سازند آلبین پیشین معرفی شده که با سایر مطالعات نانوفسیلی بر روی این سازند هم‌خوانی دارد. با توجه به وجود بایوزون CC7 در بخش بالایی سازند تیرگان و ادامه آن در بخش ابتدایی سازند سرچشمه، می‌توان مرز بین این دو سازند را پیوسته دانست (شکل ۵).

از طرف دیگر بر اساس چگونگی پراکنندگی و گسترش گونه‌ها در عرضهای مختلف جغرافیایی می‌توان عرضهای جغرافیایی منطقه مورد نظر را بررسی کرد. طبق مطالعات انجام شده توسط باکری (۱۹۷۳)، گونه *Watznaueria barnesa* در عرضهای بالا وجود ندارد و در عرضهای پایین فراوان است. این مطلب در گزارشهای تیرشتین (۱۹۸۱)، واینز و وایز (۱۹۸۳) و واتکینز (۱۹۹۲) نیز تأکید شده است. همچنین گونه‌های *Micrantholithus*، *Hayesites irregularis*، *obtusus* و گونه‌های مختلف *Nannoconus* مشخصه عرضهای جغرافیایی پایین می‌باشند. با توجه به حضور گونه‌های فوق در برش مورد مطالعه در مرز سازندهای تیرگان و سرچشمه به نظر می‌رسد که حوضه مورد مطالعه از نظر عرض جغرافیایی دیرینه در عرضهای پایین واقع شده است. از سوی دیگر تیرشتین (۱۹۷۱) آب و هوای استوایی



شکل ۵: بایوزوناسیون مرز سازندهای تیرگان و سرچشمه در برش قلعه زو (غرب کپه داغ)

و نیمه استوایی را بر اساس گونه‌هایی مانند *Calcicalathina oblongata* و *Lithraphidites bollii* مشخص کرده و حضور این دو گونه را همراه با گونه‌های *Diadorombus Nannoconus spp.*، *Micrantholithus obtusus*، *rectus* و *Rusinolithus irregularis* مشخصه نواحی کم عمق از قبیل دریا‌های حاشیه‌ای و دریا‌های کنار قاره‌ای می‌داند. با توجه به حضور گونه‌های *Lithraphidites bollii*، *Micrantholithus obtusus* و وفور گونه‌های مختلف *Nannoconus* مانند *Nannoconus bucheri*، *Nannoconus kamptneri* و *Nannoconus steinmanii*، محیط رسوب‌گذاری سازندهای تیرگان و سرچشمه یک دریای کم عمق با آب و هوای استوایی تا نیمه استوایی بوده است.

## نتیجه گیری

سرچشمه آپتین پسین و برای بخش زیرین سازند سرچشمه آلبین پیشین می باشد. با توجه به شواهد نانوفسیل شناسی، محیط رسوب گذاری سازندهای تیرگان و سرچشمه یک دریای کم عمق با آب و هوای استوایی تا نیمه استوایی بوده است. از طرف دیگر وجود حفظ شدگی بهتر و تنوع و فراوانی بیشتر نانوفسیلهای آهکی نشانگر عمیق تر شدن دریای تیرگان به سمت دریای سرچشمه است.

در این پژوهش در مجموع ۱۷ جنس و ۳۵ گونه معرفی گردید. با توجه به گسترش چینه شناسی نانوفسیلهای آهکی موجود در مقاطع مورد مطالعه و اولین حضور گونه های شاخص و تجمع فسیلی همراه، بایوزون CC7 سیسینگ (۱۹۷۷) برای مرز سازندهای تیرگان و سرچشمه و بایوزون CC8 سیسینگ (۱۹۷۷) برای بخش زیرین سازند سرچشمه پیشنهاد می گردد. بر اساس ارزش چینه شناسی بایوزونهای مذکور سن بخش مطالعه شده برای مرز سازندهای تیرگان و

## منابع

- آریایی، ع.ا.، هاشمیان، ن.، علامه، م.، ۱۳۸۵. رخساره اورگونین در حوضه کپه داغ. دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- آقاداتاشی ابهری، ف.، هاشمی، م.، آقابناتی، ع.، ۱۳۸۰. بررسی و مطالعه بیوفاسیس و لیتوفاسیس سازند تیرگان در بخش خاوری کپه داغ. بیستمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۳۶.
- آقابناتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- اخلاقی، م.، محبوبی، ا.، موسوی حرمی، س.ر.، نجفی، م.، ۱۳۸۵. تفسیر تاریخیچه رسوب گذاری و پس از رسوب گذاری سازند سرچشمه (آپسین زیرین) در ناحیه جنوب آق دربند، شرق حوضه کپه داغ - شمال شرق ایران. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، ۲۳: ۱۷۷-۱۹۴.
- افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران: زمین شناسی کپه داغ. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ ص.
- داوطلب زرقی، ا.، رئوفیان، ا.، عاشوری، ع.ر.، ذبیحی زوارم، ف.، ۱۳۸۸. مطالعه ماکروفسیلهای سازند سرچشمه در برش انجیربلاغ (شمال شرق مشهد)، سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۳۵۳.
- داوطلب زرقی، ا.، قاسمی نژاد، ا.، عاشوری، ع.ر.، وحیدی نیا، م.، ۱۳۸۸. پالینو استراتیگرافی سازند سرچشمه در برش انجیربلاغ شرق کپه داغ، سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۱۰۱-۱۰۴.
- ریوندی، ب.، نجفی، م.، موسوی حرمی، س.ر.، محبوبی، ا.، ۱۳۸۶. لیتواستراتیگرافی و بایواستراتیگرافی سازند تیرگان در برش مرجع، غرب حوضه کپه داغ. بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ریوندی، ب.، نجفی، م.، موسوی حرمی، س.ر.، محبوبی، ا.، وحیدی نیا، م.، ۱۳۸۸. مطالعه بیواستراتیگرافی و میکروفاسیس سازند تیرگان در برش چمن بید (غرب حوضه کپه داغ)، سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۳۵۵.

- ریوندی، ب.، نجفی، م.، موسوی حرمی، س.ر.، محبوبی، ا.، وحیدی‌نیا، م.، موسوی زاده، س.م.ع.، ۱۳۸۶. چینه‌نگاری زیستی و سکانسی سازند تیرگان در ناودیس خور در شمال شرق مشهد. *یازدهمین انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۵۶۳.*
- رئیس السادات، س.ن.، ۱۳۸۱. چینه شناسی و آمونیت‌های سازند سرچشمه در حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. *بیست و یکمین گردهمایی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صص ۱۳-۱۴.*
- رئیس السادات، س.ن.، موسوی حرمی، س.ر.، ۱۳۷۲. چینه شناسی و بایوزوناسیون سازندهای سرچشمه و سنگانه در شرق حوضه کپه‌داغ - شمال شرق ایران. *فصلنامه علوم زمین، ۷: ۵۸-۷۳.*
- کباری، ر.، محمودی قرایی، م.ح.، محبوبی، الف.، موسوی حرمی، س.ر.، ۱۳۸۸. آنالیز رخساره‌ها و سکانسهای رسوبی سازند تیرگان در شمال چناران، بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- موسوی زاده، س.م.ع.، محبوبی، ا.، موسوی حرمی، س.ر.، نجفی، م.، ۱۳۸۷. رخساره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند تیرگان در برشهای جوزک و چمن بید در غرب حوضه رسوبی کپه‌داغ و انطباق با نواحی شرق حوضه. *مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، ۳۲: ۳۳-۵۶.*
- نوروزی، ز.، محبوبی، ا.، محمودی قرایی، م.ح.، موسوی حرمی، س.ر.، ۱۳۸۸. آنالیز رخساره‌های کربناته و چینه‌نگاری سکانسی سازند سرچشمه در شمال مشهد بخش مرکزی کپه‌داغ. *فصلنامه رسوب و سنگ رسوب، ۳: ۲۰-۲۶.*
- هادوی، ف.، پوراسماعیل، ا.، ۱۳۸۶. بررسی گذر سازندهای تیرگان، سرچشمه، سنگانه، آیتامیر و آب‌دراز بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در مقطع جاده مشهد - سرخس. *یازدهمین همایش زمین شناسی ایران، ص ۶۲۸.*
- هادوی، ف.، شگری، م.، ۱۳۸۵. بایواستراتیگرافی سازند سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در برش آتشیگان و امیرآباد (رشته کوه کپه داغ). *دهمین همایش زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۱۴۴۵-۱۴۶۴.*
- هادوی، ف.، شگری، م.ح.، ۱۳۷۹. بایواستراتیگرافی سازند سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در مقطع تپ. *نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*
- هادوی، ف.، ۱۳۸۱. نانوفسیلهای آهکی ایران. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۲۹ ص.*
- هادوی، ف.، ۱۳۸۶. نانوفسیلهای آهکی کرتاسه کپه‌داغ، ایران مرکزی، مکران. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۹۳ ص.*
- هادوی، ف.، ۱۳۸۷. نانوپلانکتونهای آهکی. *نشر بنفشه مشهد، ۵۷۶ ص.*
- هاشمیان، ن.، آریایی، ع.ا.، ۱۳۸۶. معرفی گونه‌های از خارپوستان سازند تیرگان. *اولین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، سازمان حفاظت محیط زیست کشور، تهران.*
- یاورمنش، ه.، آریایی، ع.ا.، عاشوری، ع.ر.، ۱۳۸۹. ریزرخساره‌های سازند تیرگان در برش گلیان، جنوب شیروان. *بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین و چهاردهمین همایش زمین شناسی ایران، دانشگاه ارومیه.*
- Bown, P.R., Rutledge, D.C., Cruickshank, J.A., & Gallagher, L.T., 1998. Lower Cretaceous. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman & Hall /Kluwer Academic Publishers*, pp. 86-131.



- Bukry, D. 1973. Coccolith stratigraphy, eastern equatorial Pacific, Leg 16, Deep Sea Drilling Project. In: Van Andel, T.H., Heath, G.R., et al., (eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. *U.S. Govt. Printing Office*, Washington, 16: 653-711.
- Kalantari, A., 1969. Foraminifera from the Middle Jurassic – Cretaceous successions of Kopet-Dagh region (N.E. IRAN). *NIOC. Laboratories*, Tehran, Publication No. 3.
- Manivit, H., Perch-Nielsen, K., Prins, B., & Verbeek, J.W., 1977. Mid Cretaceous Calcareous Nannoplankton. Biostratigraphy. *Proceedings of the Koninklijke Nederlands Akademie Van Wetenschappen*, 80: 169-181.
- Perch-Nielsen, K., 1979. Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and Mediterranean. *Aspekte der Kreide Europas, IUGS series A*, 6 :223-272
- Perch-Nielsen, K., 1983. Recognition of Cretaceous stage boundaries by means of calcareous nannofossils. In: Birkelund, T., Bromley, R., Christensen, W.K., Hakansson, E., & Surlyk, F., (eds.), *Symposium on Cretaceous Stage Boundaries, Copenhagen*, 152–156.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K., (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Univ. Press. 329-426.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en mijnbouw*, 56: 37-65.
- Taherpour Khalil-Abad, Aryaei, A.A., Ashouri, A.R., & Hosseini, A., 2010. Benthic foraminiferal assemblages in Tirgan formation (Urgonien facies type), West of Kopet-Dagh sedimentary basin, NE of Iran. *The 1<sup>st</sup> International Applied Geological Congress, Islamic Azad University-Mashad Branch*, pp. 1027-1032.
- Taherpour Khalil-Abad, M., Conrad, M.A., Aryaei, A.A., & Ashouri, A.A., 2010. Barremian-Aptian Dasycladalean algae, new and revisited, from the Tirgan Formation in the Kopet Dagh, NE Iran, *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology - Article 2010/05 (CG2010\_A05)*.
- Thierstein, H.R., 1971. Tentative Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Zonation. *Eclogae Geologica Helvetica*, 64: 459-488
- Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplankton. *Micropaleontology*, 1: 325-362.
- Thierstein, H.R., 1981. Late Cretaceous Nannoplankton and the change at the Cretaceous–Tertiary boundary. In: Warme, J.E., Douglas, R.G., Winterer, E.L. (eds.), *The Deep Sea Drilling Project of progress. SEPM Spec. Pub.* 32: 355-394
- Watkins, D.K., 1986. Calcareous nannofossil paleoceanography of the Cretaceous Greenhorn Sea. *Geological Society of America Bulletin*, 97:1239-1249.
- Watkins, D.K., 1989. Nannoplankton productivity fluctuations and ritmically-bedded pelagic carbonates of Greenhorn Limestone (Upper Cretaceous). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 74: 75-86.
- Watkins, D.K., 1992. Upper cretaceous nannofossils from Leg 120, Kerguelen plateau, southern ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 120: 343-370.
- Watkins, D.K., Wise, S.W., Jr., Pospichal, J.J., & Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mokuilevsky, A., & Whatley, R., (eds.), *Microfossils and Oceanic Environments. Univ. of Wales (Aberystwyth Press)*, 355–381.
- Wind, F.H., & Wise, S.W., 1983. Corelation of Upper Campanian-Lower Maestrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and lower piston cores from the Falkland plateau, Southwest Atlantic ocean. In: Ludwig, W.J., Krashineninnikov, V.A., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. U.S. Govt. Printing Office*, Washington, 551-563.
- Wise, S.W., 1988. Mesozoic-Cenozoic history of calcareous nannofossil in the region of the southern ocean. *Palaeogeog. Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 67:157-179.
- Young, J.R., 2008. Nannotax oblong. [www.nannotax.org](http://www.nannotax.org)