



## ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marin Science)

## Biostratigraphy of the Neotethys Ocean Early Cretaceous deposits in the Lut Block based on nannoplankton fauna

Marziyeh Notghi Moghaddam<sup>1\*</sup>, Farah Jalili<sup>2</sup><sup>1</sup> Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran<sup>2</sup> Department of Geology, Faculty of science, University of Birjand, Iran

## ARTICLE INFO

## Article History:

Received: 2024/02/4

Revised: 2024/04/17

Accepted: 2024/04/20

## Keywords:

Biostratigraphy

Cretaceous

Lut Block

Calcareous nannoplankton

Charmeh

\*Corresponding author:

✉ [notghi.m@pnu.ac.ir](mailto:notghi.m@pnu.ac.ir)

orcid: 0000-0001-6542-4101

doi: [10.52547/joc.14.56.1](https://doi.org/10.52547/joc.14.56.1)

## ABSTRACT

**Background and Objectives:** Calcareous nannoplankton organisms evolved rapidly during the Mesozoic especially in Cretaceous, and are of great value as stratigraphic indicators. The early Cretaceous rocks are well developed in the Lut Block basin. These sediments have attracted the attention of many stratigraphers and paleontologists because of their fossil content. In the present research, in order to studies of the calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Lut Block Cretaceous deposits and age determination, stratigraphic section of the Charmeh in the northwest of Sarayan (east margin of Lut Block) was selected and sampled. Thickness of the studied section is 209 meters and lithology of this section contains grey to dark green silty marls. The lower boundary of these deposits is conglomerate and sandstones and its upper boundary is grey massive limestone.

**Methods:** In the present research 91 smear slides of the studied sediment prepared following the standard smear slide technique. These slides were examined at standard light microscope techniques under XPL and PPL in order to estimate relative calcareous nannoplankton abundance and preservation. All species were identified according to researchers' descriptions and morphological characteristics. The preservation of nannoplanktons was evaluated qualitatively by using visual criteria concerning degree of etching and overgrowth. For the age determination of the Cretaceous deposits, standard zonation was utilized.

**Findings:** In this study, a common and index calcareous nannoplankton assemblage (34 species and 19 genera) is documented for the first time in this account from the early Cretaceous deposits succession of the Lut Block Basin (Charmeh section). Calcareous nannoplanktons are medium to well-preserved in this section, which facilitates detailed identification of the floral assemblages. First occurrence of the *Cretarhabdus loriei* and *Nannoconus abundans* and last occurrence of the *Speetonia colligate* are bio-events that records in this research.

**Conclusion:** Based on index nannoplankton species and associated fossil assemblages, *Cretarhabdus loriei* Zone (CC4) and *Lithraphidites bollii* Zone (CC5) were determined. The identified zones are consistent with middle last part of NK3B and NC4A .NC4B and NC5. The nannoplankton species show the age of early Hauterivian to late Hauterivian for the studied successions. Furthermore investigation of the relationship between change in abundance, size and paleoenvironmental conditions in the Charmeh section allows to reconstruction paleo-conditions and possibility of discussing the influencing factors in the form of paleoenvironmental conditions during the Hauterivian in the Lut Block sedimentary basin. The genus *Nannoconus* appears to be particularly sensitive to global fertility conditions and local continental input while change in abundance of *Micrantholithus* is clearly associated with salinity levels. In calcareous nannoplankton assemblages of the early Cretaceous deposits of the Charmeh section, the warming event with mesotrophic to oligotrophic conditions is marked by appearance of the low latitudinal species and an acme of tropical species such as *Watznaueria barnesaiae*, *Lithraphidites* spp., *Eiffellithus* spp., *Nannoconus* spp., and *Micrantholithus* spp. Therefore base on the abundance of index nannoplankton species, studied sequence was deposited in shallow marine environment in relatively low latitude and warm surface water condition with low productivity at the early Hauterivian - late Hauterivian were suggested.



NUMBER OF TABLES

1



NUMBER OF FIGURES

6



NUMBER OF REFERENCES

70

## مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

## زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه پیشین اقیانوس نئوتتیس در بلوک لوت براساس فونای نانوپلانکتون

مرضیه نطقی مقدم<sup>۱\*</sup>، فرح جلیلی<sup>۲</sup><sup>۱</sup>دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران<sup>۲</sup>گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، ایران

## اطلاعات مقاله

## چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۱

## واژگان کلیدی:

زیست‌چینه‌نگاری

کرتاسه

بلوک لوت

نانوپلانکتون‌های آهکی

چرمه

\*نویسنده مسئول

✉ notghi.m@pnu.ac.ir

orcid: 0000-0001-6542-4101

doi: 10.52547/joc.14.56.1

**پیشینه و اهداف** نانوپلانکتون‌های آهکی ارگانسیم‌هایی هستند که در طول مزوزوئیک و به‌ویژه کرتاسه به سرعت تکامل یافته و به عنوان شاخص‌های چینه‌شناسی ارزشمند هستند. سنگ‌های کرتاسه پیشین به خوبی در حوضه بلوک لوت توسعه یافته‌اند. این رسوبات توجه بسیاری از چینه‌شناسان و فسیل‌شناسان را به دلیل محتوای فسیلی به خود جلب کرده است. در پژوهش حاضر به منظور انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری نانوپلانکتون‌های آهکی نهشته‌های کرتاسه بلوک لوت و تعیین سن آن، برش چینه‌شناسی چرمه در شمال شرق سرایان (حاشیه شرقی بلوک لوت)، انتخاب و نمونه‌برداری شد. برش مورد مطالعه دارای ۲۰۹ متر ضخامت بوده و سنگ‌شناسی این برش شامل مارن‌های سیلتی خاکستری تا سبز تیره می‌باشد. مرز زیرین این نهشته‌ها، کنگلومرا و ماسه‌سنگ بوده و مرز فوقانی آن سنگ‌آهک‌های توده‌ای خاکستری است.

**روش‌ها:** در پژوهش کنونی ۹۱ اسمیراسلاید از رسوبات مورد مطالعه با روش استاندارد اسلاید اسمیر تهیه شد. اسلایدهای آماده شده با میکروسکوپ نوری در دو نور XPL و PPL به منظور تعیین فراوانی نسبی و حفظ‌شدگی نانوپلانکتون‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفتند. هم‌هی گونه‌ها با توجه به توضیحات محققین و ویژگی‌های ریخت‌شناسی شناسایی شدند. حفظ‌شدگی تمامی گونه‌های نانوپلانکتون‌های آهکی با توجه به میزان شکستگی و درجه انحلال مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین سن نهشته‌های کرتاسه از زون‌بندی‌های استاندارد جهانی استفاده شده است.

**یافته‌ها:** در این مطالعه، مجموعه‌ای از نانوپلانکتون‌های معمول و شاخص (۳۴ گونه و ۱۹ جنس) برای اولین بار از توالی نهشته‌های کرتاسه پیشین بلوک لوت (برش چرمه) گزارش شده است. نانوپلانکتون‌های آهکی حفظ‌شدگی متوسط تا خوبی در این برش دارند به طوری که شناسایی گونه‌ها را آسان می‌سازد. اولین حضور *Cretarhabdus loriei* و *Nannoconus abundans* و آخرین حضور *Speetonia colligata* رخدادهای نانوفسیلی ثبت شده در این پژوهش است.

**نتیجه‌گیری:** بر مبنای گونه‌های شاخص نانوفسیلی و مجموعه فسیلی همراه، زیست‌زون‌های (CC4) *Cretarhabdus loriei* Zone و *Lithraphidites bollii* Zone (CC5) تعیین شدند. زیست‌زون‌های تعریف شده، با نیمه پایانی NK3B و NC4A، NC4B و NC4C مطابقت دارند. گونه‌های نانوپلانکتون نشان‌دهنده سن هوتروین پیشین تا هوتروین پسین برای توالی مورد مطالعه هستند. علاوه بر این بررسی ارتباط بین تغییرات فراوانی، اندازه و شرایط محیطی دیرینه در برش چرمه اجازه بازسازی شرایط دیرینه و امکان بحث در خصوص عوامل تأثیرگذار در قالب شرایط محیط دیرینه را در طول هوتروین در حوضه رسوبی بلوک لوت می‌دهد. جنس *Nannoconus* به طور ویژه به شرایط باروری جهانی و به طور محلی به ورودی مواد قاره‌ای حساس است. در حالی که تغییرات فراوانی *Micrantholithus* به طور آشکارا مرتبط با سطح شوری است. در مجموعه نانوپلانکتون‌های آهکی نهشته‌های کرتاسه پیشین برش چرمه، رویداد گرم شدن با شرایط مزوتروفیک تا الیگوتروفیک با ظهور گونه‌های عرض‌های جغرافیایی پایین و تجمع گونه‌های گرمسیری مانند *Watznaueria barnesaiae* spp.، *Lithraphidites* spp.، *Eiffelithus* spp. و *Nannoconus* spp. و *Micrantholithus* spp. ثبت شد. بنابراین بر مبنای حضور و فراوانی گونه‌های نانوپلانکتون شاخص، توالی مورد مطالعه در هوتروین پیشین تا هوتروین پسین در محیط‌های دریایی کم عمق در عرض‌های جغرافیایی نسبتاً پایین با آب‌های سطحی گرم و مواد غذایی کم نهشته شده است.

## مقدمه

همکاران، ۱۳۹۳؛ ۱۳۹۴) که طی آن نهشته‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک بررسی شده است.

در این پژوهش سعی شده تا با مطالعه نانوپلانکتون‌های آهکی در سنگ‌های رسوبی رخنمون یافته در منطقه چرمه واقع در شمال شرق سرایان و حاشیه شرقی بلوک لوت در شرق ایران (شکل‌های ۱ و ۲)، زیست‌زون‌های نانوفسیلی و تعیین سن نهشته‌های منطقه که در رابطه با شناخت بیشتر بلوک لوت و شرق ایران اهمیت دارد، مورد بررسی قرار گیرد.

## روش پژوهش

## ۱- زمین‌شناسی عمومی و موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه

طبق مطالعات Stocklin and Nabavi (1973)، بلوک لوت در شرق ایران به عنوان یک منطقه ساختاری جداگانه مشخص گردیده و تحت عنوان "توده میانه شرق ایران" توصیف شده است.

برش چینه‌شناسی مورد مطالعه با نام چرمه در حاشیه شرقی این بلوک قرار دارد و مختصات جغرافیایی آن طول '۳۶° ۵۸' شرقی و عرض '۵۷° ۳۳' شمالی است. برای رسیدن به برش چرمه در ۱۵ کیلومتری شمال شرق سرایان، می‌توان از جاده بیرجند-سرایان استفاده کرد (شکل ۲).

در شرق ایران مشابه سایر نقاط ایران مرکزی، پیشروی دریا منجر به تشکیل نهشته‌های آواری درشت دانه در ابتدای برش شده است. نهشته‌های موجود به سمت راس برش ریزدانه شده و در نهایت با یک گذر تدریجی از رسوبات مارن سیلتی به سنگ‌آهک‌های ضخیم لایه منتهی می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، مارن‌های سیلتی خاکستری تا سبز تیره با ضخامت ۲۰۹ متر (نمونه‌های شماره Ch5-Ch87) بر روی یک واحد کنگلومرای و ماسه‌سنگی (نمونه‌های شماره Ch1-Ch4 / مرز پایین) قرار گرفته و با سنگ‌آهک‌های توده‌ای خاکستری (نمونه‌های شماره Ch88-Ch91 / مرز بالایی) پوشیده شده است (شکل ۳).

## ۲- روش مطالعه و آماده‌سازی

جهت مطالعه نانوپلانکتون‌های آهکی در برش مورد مطالعه، تعداد ۹۱ نمونه از ضخامتی معادل ۲۰۹ متر از نهشته‌های مارن سیلتی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های موجود به روش اسلاید اسمیر و مطابق توضیحات Bown and Young (1998) آماده‌سازی و با میکروسکوپ پلاریزان المپوس مدل BX50 مطالعه شد. شناسایی نانوپلانکتون‌های آهکی با استناد بر تعاریف Perch-Nielsen (1985) و Bown and Young (1998) انجام شد. گسترش زیست‌چینه‌نگاری نانوپلانکتون‌های آهکی در جدول ۱ و تصاویر غالب گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده در پلیت‌های ۱ و ۲ ارائه گردیده است.

مثلت میانی ایران مرکزی از جمله خرد قاره‌های سیمین در پهنه برخوردی قاره‌ای عربی - آفریقایی گندوانایی با اوراسیا است. در ابتدای کرتاسه این خرد قاره از ورقه توران جدا شده و توسط حوضه اقیانوسی کوچکی موسوم به اقیانوس سیستان-سبزوار-نابین-بافت احاطه شده (Dercourt *et al.*, 1986; Philip, and Floquet, 2000) و به عنوان یک واحد رسوبگذاری-تکتونیکی مجزا عمل کرده است (Wilmsen, *et al.*, 2018).

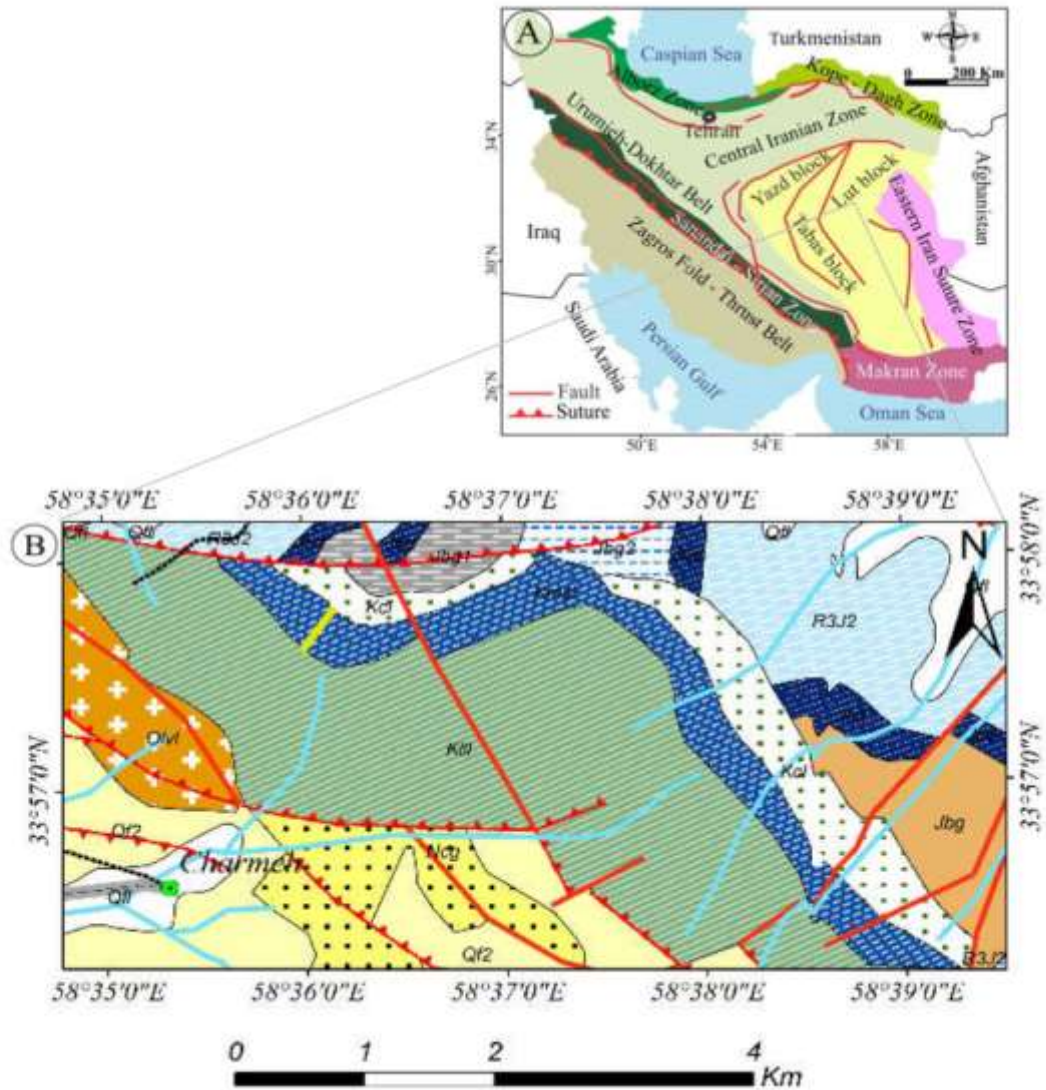
ایران مرکزی طی جدایش از ابرقاره گندوانا و حرکت به سمت حاشیه جنوبی اوراسیا سبب بسته‌شدن اقیانوس پالئوتتیس در شمال و پیدایش نئوتتیس در بخش جنوب این خرد قاره شده است (Sengör, 1987; Stampfli, Brunet *et al.*, 2003; Bagheri 2000; Stampfli and Borel, 2002; and Stampfli, 2008). از لحاظ جغرافیای قدیم، خرد قاره ایران مرکزی در حاشیه شمال شرقی اقیانوس نئوتتیس قرار داشته است.

این خرد قاره از شرق به غرب از سه بلوک لوت، طیس و یزد (شکل ۱) تشکیل شده (آقناباتی، ۱۳۸۳) و بلوک لوت شرقی‌ترین بخش خرد قاره ایران مرکزی است که بین گسل‌های نه‌بندان در شرق، نابین در غرب، دورونه در شمال و فرونشست جازموریان در جنوب، محصور شده است (Stocklin, 1972; Gansser, 1995; Nowroozi, 1972; Stocklin and Navabi, 1973).

فعالیت‌های ماگمایی در بلوک لوت از ژوراسیک میانی شروع شده (Esmaeily *et al.*, 2005) و در ترشیری و به ویژه در ائوسن میانی (Arjmandzadeh and Santos, 2014) به اوج خود رسیده است. این بلوک شامل پی‌سنگ ژوراسیک پیشین، سنگ‌های رسوبی ژوراسیک، کرتاسه و ترشیری و چند نسل سنگ‌های نفوذی-آتشفشانی مزوزوئیک و سنوزوئیک است (Tirrul *et al.*, 1983; Camp and Griffis, 1982).

توالی‌های رسوبی رخنمون یافته در بسیاری از نقاط بلوک لوت به دلیل وجود شرایط تکتونیکی خاص، مورد مطالعه فسیل‌شناسی قرار نگرفته و غالب مطالعات انجام شده مرتبط با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی، ماگمایی و یا مطالعات تکتونیکی بوده است (شهیدی و سلامتی، ۱۳۸۱؛ Saadat and Karimpour (2010) and Sharifiyan (2012)؛ Mazhari Attar (2012)؛ Asadi and Kolahdani, 2014).

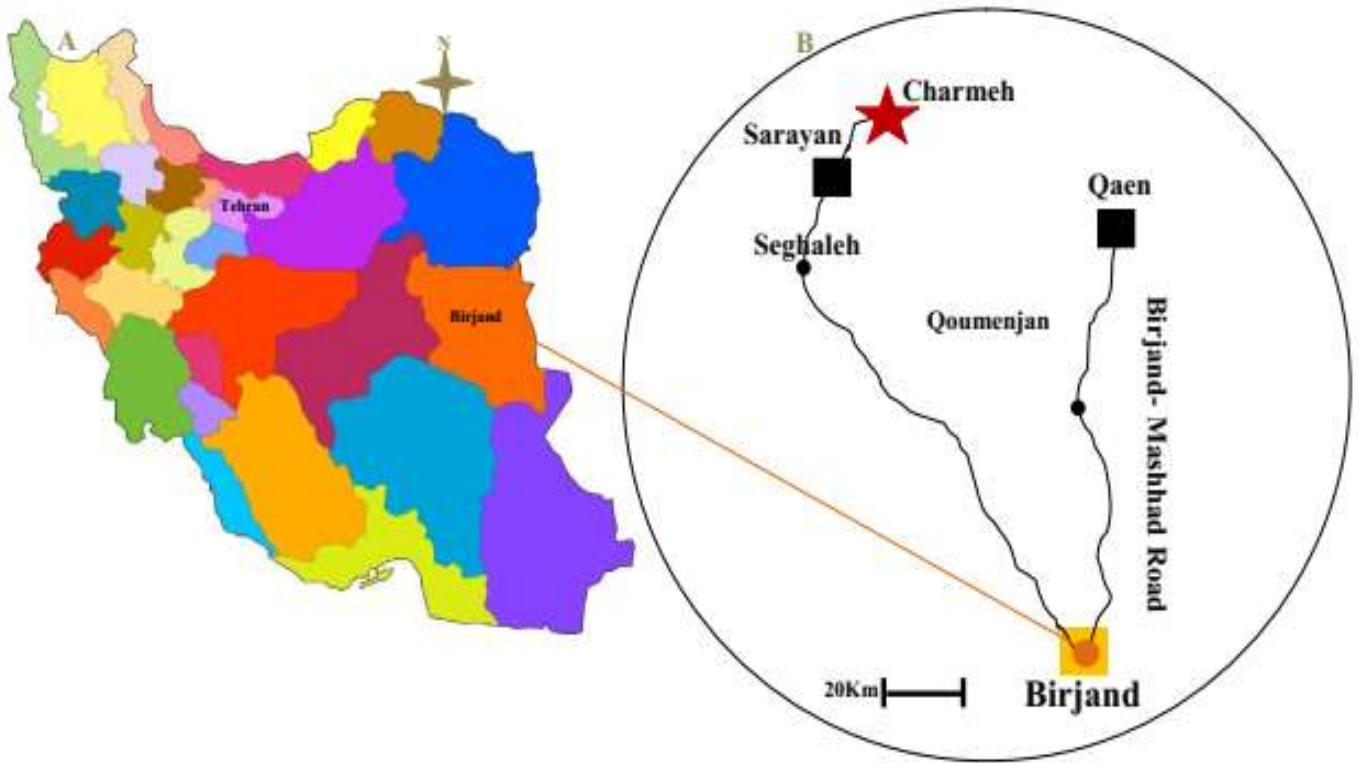
با این وجود تعدادی پژوهش فسیل‌شناسی بر اساس فرامینیفرها و نانوپلانکتون‌های آهکی در بلوک لوت انجام شده (مانند: بابازاده و همکاران، ۱۳۸۹؛ جلیلی و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۳۹۵، ۱۳۹۸؛ نطقی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۳۹۹؛ نظری و هادوی، ۱۳۹۰؛ هادوی و زهروی، ۱۳۸۸؛ هادوی و



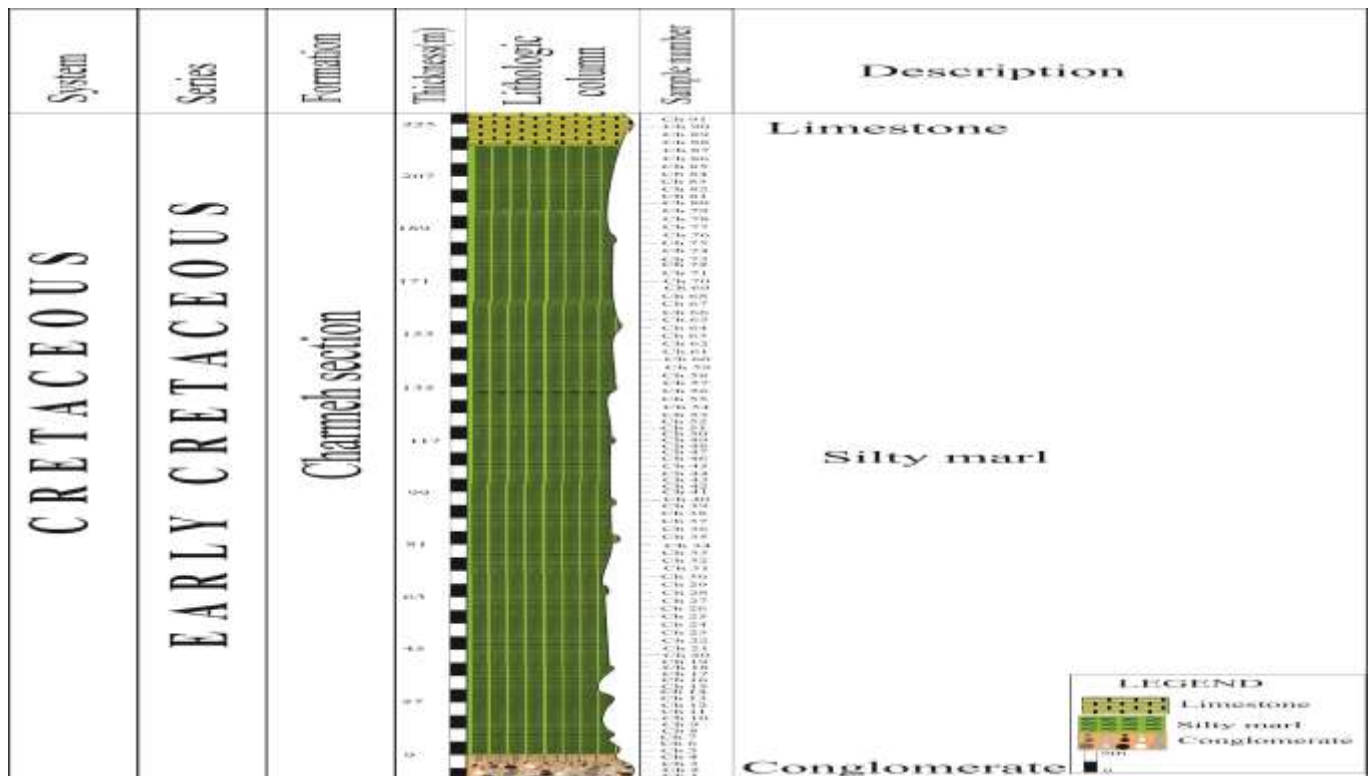
**Explanation**



شکل (A) نقشه واحدهای ساختاری اصلی ایران (B نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. موقعیت برش چینه‌شناسی چرمه



شکل ۳. ستون چینه‌سنگی نهشته‌های کرتاسه پیشین در برش چرمه

## نتایج و بحث

## ۱. نانوپلانکتون‌های آهکی (حفظ‌شدگی؛ ترکیب گونه‌ای؛ فراوانی)

نانوپلانکتون‌های آهکی از اجزای مهم کربنات‌های پلاژیک هستند که اطلاعات مهمی در مورد اقیانوس‌های مزوزوئیک، توده‌های آب، جریان‌های آب و الگوهای رسوب‌گذاری در اختیار محققان قرار می‌دهند. با اینکه اولین حضور آن‌ها در رسوبات تریاس ثبت شده اما در این زمان به صورت پراکنده دیده شده و تنها بخش کوچکی را در رسوبات به خود اختصاص داده‌اند (Bown, 2005; Bralower et al., 1989).

اولین افزایش فراوانی و تنوع نانوفلوراها در ژوراسیک رخ داده است. سپس در کرتاسه شکوفایی فوق‌العاده‌ای را تجربه کردند و این مسئله منجر شده تا سهم عمده‌ای در کربنات‌های پلاژیک داشته باشند. نانوپلانکتون‌های آهکی گروهی حساس به انحلال و دیاژنز هستند و تحت تأثیر عوامل یادشده به شدت ترکیب مجموعه‌های نانوفسیلی تغییر می‌کند (Bown and Young, 1998; Andruleit, 1997; Honjo, 1976). از این‌رو فراوانی، تنوع گونه‌ای و ترکیب مجموعه‌های نانوفسیلی اطلاعات ارزشمندی در مورد نوع و درجه تغییرات دیاژنتیکی ارائه می‌نماید.

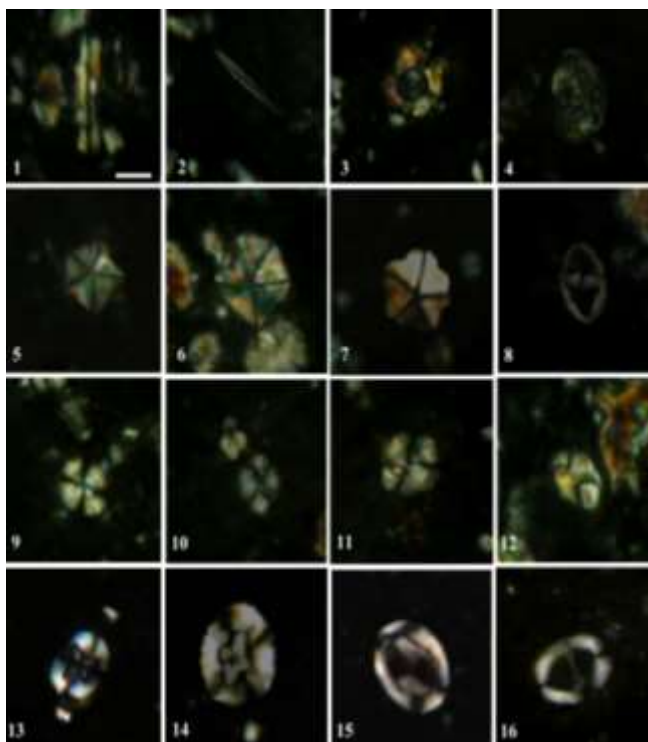
انحلال بیشتر در فصل مشترک رسوب/آب اتفاق می‌افتد و پس از مدفون شدن رسوبات متوقف نمی‌شود. علاوه بر آن گاهی در رسوبات نزدیک به فصل مشترک رسوب-آب مقدار کمی رشد ثانویه کلسیت بر روی پلاکولیت‌ها دیده می‌شود (Berger and Roth, 1975). دیاژنز نیز پس از مدفون شدن کربنات‌ها در زیر چند ده تا حدود ۲۰۰ متر رسوب، تشدید می‌شود و گاهی وجود رشد بیش از حد کلسیت ثانویه روی کریستال‌های کلسیتی حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها را دستخوش تغییر می‌کند (Adelseck et al., 1973).

در این مطالعه حفظ‌شدگی نانوپلانکتون‌های آهکی مبتنی بر توضیحات Roth (1984) در سه دسته ضعیف (مجموعه‌های نانوفسیلی با خردگی قوی، رشد بیش از حد یا تکه تکه شدن)، متوسط (نانوپلانکتون‌هایی که بعضاً تکه تکه شده‌اند ولی ساختارهای ظریف ناحیه مرکزی آن‌ها نسبتاً قابل رویت است) و خوب (گونه‌هایی با ساختارهای ظریف ناحیه مرکزی مشخص و فاقد آثار خردشدگی یا خردشدگی بسیار محدود) در کنار حضور گونه‌های مقاوم در برابر انحلال، بررسی شد. شایان ذکر است در میان گونه‌های نانوفسیلی کرتاسه پیشین، *Watznaueria barnesiae* رایج‌ترین تاکسونی است که به عنوان گونه‌ای مقاوم در برابر انحلال در نظر گرفته شده (Roth and Bowdler, 1995; Williams and Bralower, 1981) و به عنوان یک نماینده دیاژنتیکی استفاده می‌شود (Erba et al., 1992).

در این مطالعه ۳۴ گونه متعلق به ۱۹ جنس از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شد که دارای ساختارهای ناحیه مرکزی مشخصی هستند. به طوری که سوراخ‌ها، میله‌ها و دیگر ساختارهای ناحیه مرکزی هتروکوکولیت‌ها و کانال‌های مرکزی در گونه‌های *Nannoconus* به خوبی مشاهده می‌شود (پلیت‌های ۱ و ۲). از طرفی، اگرچه *Watznaueria barnesiae* در نمونه‌های مورد مطالعه فراوان است، اما شواهد موجود گویای آن است که فرآیندهای دیاژنتیکی مجموعه‌های نانوفسیلی را عمیقاً تحت تأثیر قرار نداده و بیشتر نمونه‌های بررسی شده علائمی از انحلال و رشد بیش‌ازحد کلسیت ثانویه را نشان نمی‌دهند. با استناد بر

توضیحات بالا می‌توان گفت که نانوفسیل‌های کرتاسه پیشین در برش چرمه از حفظ‌شدگی متوسط تا خوبی برخوردارند.

در این مطالعه جنس و گونه‌های نانوفسیلی با فراوانی‌های متفاوتی مشاهده و ثبت شدند. جنس و گونه‌های غالب در نهشته‌های مورد مطالعه عبارتند از: *Watznaueria barnesiae* (متوسط فراوانی ۳۱/۸٪) و حداکثر فراوانی ۴۹/۶٪، *Lithraphidites* spp. (متوسط فراوانی ۸/۹٪) و حداکثر فراوانی ۲۵/۳٪، *Nannoconus* spp. (متوسط فراوانی ۱۱/۸٪) و حداکثر فراوانی ۳۹/۷٪، *Micrantholithus* spp. (متوسط فراوانی ۲/۱٪) و حداکثر فراوانی ۱۲/۶٪. سایر گونه‌های شناسایی شده از فراوانی پایین‌تری برخوردار بوده‌اند. به عنوان مثال *Zeugrhabdotus* spp. (متوسط فراوانی ۰/۸٪) و حداکثر فراوانی ۳/۶٪.



پلیت ۱. تصاویر منتخبی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در این پژوهش

(Scale bar: 5µm)

1: *Lithraphidites bollii* (Thierstein, 1971) Thierstein, 1973 (PNU. Ch37); 2: *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963 (PNU. Ch72); 3: *Tubodiscus veranae* Thierstein, 1973 (PNU. Ch10); 4: *Calcicalathina oblongata* (Worsley, 1971) Thierstein, 1971 (PNU. Ch76); 5: *Micrantholithus brevis* Jakubowski, 1986 (PNU. Ch21); 6: *Micrantholithus hoschulzii* (Reinhardt, 1966) Thierstein, 1971 (PNU. Ch79); 7: *Micrantholithus obtusus* Stradner, 1963 (PNU. Ch10); 8: *Zeugrhabdotus erectus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965 (PNU. Ch75); 9: *Cyclagelosphaera margerelii* Noël, 1965 (PNU. Ch17); 10: *Watznaueria barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968 (PNU. Ch8); 11: *Watznaueria biporta* Bukry, 1969 (PNU. Ch6); 12: *Assipetra infracretacea* (Thierstein, 1973) Roth, 1973 (PNU. Ch8); 13: *Eiffellithus striatus* (Black, 1971) Applegate & Bergen, 1988 (PNU. Ch28); 14: *Crucellipsis cuvillieri* (Manivit, 1966) Thierstein, 1971 (PNU. Ch20); 15: *Cretarhabdus loriei* Gartner 1968 (PNU. Ch5); 16: *Speetonia colligata* Black, 1971 (PNU. Ch10).

دریای شمال ارائه نموده است. وی زون‌های خود را با علامت اختصاری CC (Coccolith Cretaceous) مشخص کرده و اساس معرفی زیست‌زون‌ها را اولین حضور و یا آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی می‌داند.

در این برش جهت تعیین سن و معرفی زیست‌زون‌های نانوفسیلی برش چینه‌شناسی چرمه از زون‌بندی Sissingh (1977; 1978) استفاده شد (شکل ۴) و زیست‌زون‌های تعیین شده با زیست‌زون‌های معرفی شده توسط Bralower et al. (1989) و Roth (1978) مقایسه گردید.

مطالعات انجام شده موید وجود زیست‌زون‌های CC4 و CC5 از زون‌بندی Sissingh (1977; 1978)، نیمه پایانی زیست‌زون NK3B از زون‌بندی Bralower et al. (1989) و زیست‌زون‌های NC4A، NC4B و NC5 از زون‌بندی Roth (1978) است.

در ذیل شرح زون‌های زیستی شناسایی شده و نتایج زیست‌چینه‌نگاری حاصل در برش چرمه آورده شده است.

#### ۱.۲. زیست‌زون شماره ۱

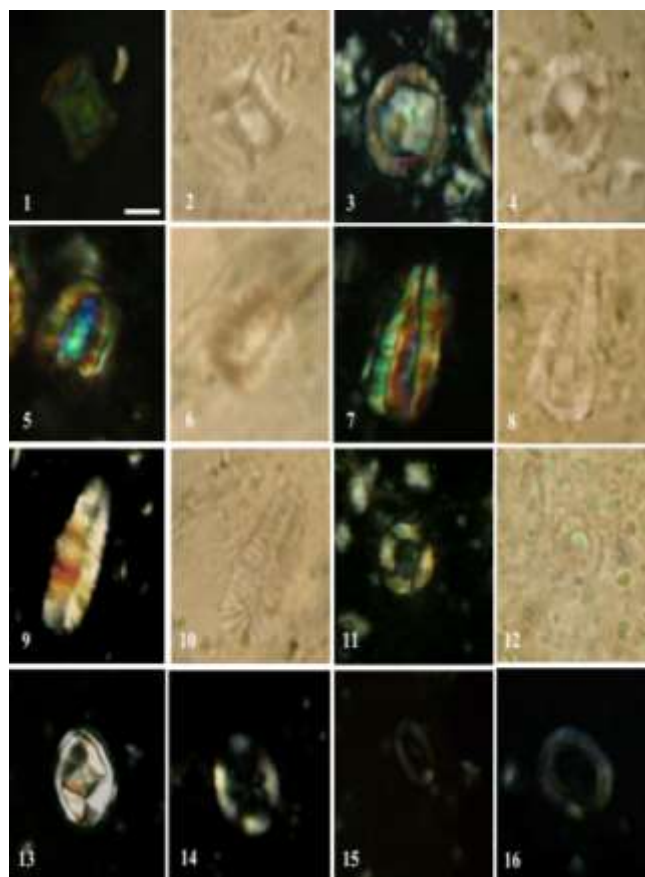
##### *Cretarhabdus loriei* Zone (CC 4)

این زیست‌زون طبق مطالعات Sissingh (1977) از اولین حضور *Cretarhabdus loriei* تا آخرین حضور *Speetonia colligata* تعریف شده است. بازه زمانی زیست‌زون CC4 هوتروین پیشین است (Nielsen, 1985).

در منطقه Boreal اولین حضور گونه *Chiastozygus striatus* به عنوان شاخص تعیین زون و جانشین *Cretarhabdus loriei* معرفی شده است. Sissingh (1977) بر اساس آخرین حضور گونه *Biscutum salebrosum* تقسیمات فرعی زیست‌زون CC4 را مشخص کرده است. اولین حضور گونه *Eprolithus antiquus* و آخرین حضور گونه *Cruciellipsis cuvillieri* توسط Perch-Nielsen (1979) برای تقسیمات فرعی هوتروین در منطقه Boreal پیشنهاد شده است.

محققانی چون Applegate and Bergen (1988) و Perch-Nielsen (1979) اولین ظهور گونه *Eiffellithus striatus* را شاخصی برای تعیین مرز زیرین این زون معرفی نموده‌اند. علاوه بر آن‌ها Thierstein (1976) آخرین حضور گونه *Cruciellipsis cuvillieri* را شاخص تعیین مرز بالایی زون می‌داند. وی برای تقسیمات فرعی هوتروین در منطقه Tethyan، آخرین حضور گونه مذکور را به همراه اولین حضور گونه *Lithraphidites bollii* مورد استفاده قرار می‌دهد و دو زیرزون CC4a و CC4b را معرفی می‌کند. لازم به ذکر است که تاکنون گزارشی از حضور گونه *Lithraphidites bollii* در منطقه Boreal ارائه نشده و این گونه در منطقه مذکور یافت نمی‌شود.

زیست‌زون CC4 منطبق بر نیمه انتهایی زیرزون NK3B از زون‌بندی Bralower et al. (1989)، زیرزون‌های NC4A، NC4B و NC5A و نیمه ابتدایی زیرزون NC5B از زون‌بندی Roth (1978) است. نیمه انتهایی زیرزون NK3B به ترتیب با اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* و آخرین حضور *Tubodiscus verenae* مشخص می‌شود. آخرین حضور *Tubodiscus verenae* منطبق با شروع زیرزون NC4A و اولین حضور *Lithraphidites bollii* مطابق با انتهای زیرزون NC4A و شروع زیرزون



پلیت ۲. تصاویر منتخبی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در این پژوهش

(Scale bar: 5µm)

1, 2: *Nannoconus abundans* Stradner and Grün, 1973 (PNU. Ch62); 3, 4: *Nannoconus circularis* Deres and Achéritéguy, 1980 (PNU. Ch72); 5, 6: *Nannoconus steinmannii* Kamptner, 1931 (PNU. Ch49); 7, 8: *Nannoconus kamptneri* Brönnimann, 1955 (PNU. Ch45); 9, 10: *Nannoconus bermudezii* Brönnimann, 1955 (PNU. Ch57); 11, 12: *Diazomatolithus lehmanii* Noël, 1965 (PNU. Ch54); 13: *Zeugrhabdotus embergeri* (Noël, 1959) Perch-Nielsen, 1984 (PNU. Ch42); 14: *Retecapsa angustiforata* Black, 1971 (PNU. Ch31); 15: *Repagulum parvidentatum* (Deflandre & Fert, 1954) Forchheimer, 1972 (PNU. Ch25); 16: *Manivitella pemmatoidea* (Deflandre in Manivit, 1965) Thierstein, 1971 (PNU. Ch6).

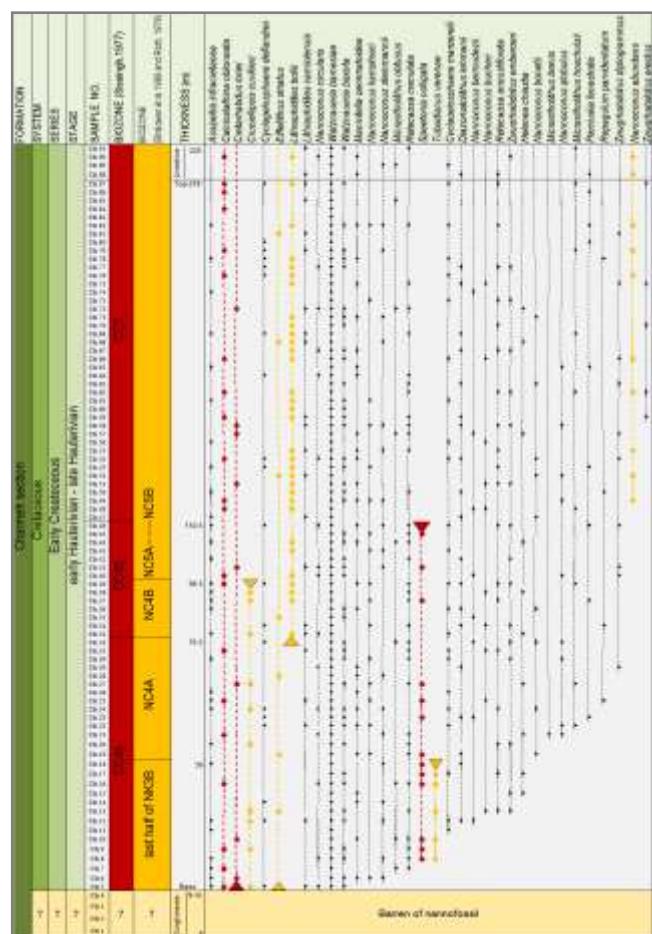
#### ۲. زیست‌چینه‌نگاری

نانوفلوراها به جهت تنوع زیاد، فراوانی نسبی در محیط‌های رسوبی استوایی و نیمه استوایی، بازه زمانی کوتاه، شناسایی و پراکندگی برای چینه‌شناسان زیستی اهمیتی فوق‌العاده دارند و در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و تطابق بین‌ناحیه‌ای مورد استفاده هستند. از این رو مطالعات زیست‌چینه‌نگاری وسیعی در زمان‌های مختلف بر مبنای این گروه میکروفسیلی انجام شده و زون‌بندی‌های متعددی نیز توسط محققین مختلف ارائه گردیده است (Perch-Nielsen, 1985). در این میان زون‌بندی Sissingh (1977) و اصلاح شده آن در سال ۱۳۷۸ در کرتاسه به دلیل فراوانی و گسترش جهانی گونه‌های شاخص زون‌های زیستی آن، توسط غالب محققین در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری کرتاسه استفاده می‌شود. Sissingh (1977) زون‌بندی خود را بر مبنای مطالعات نانوفسیل‌ها در اروپای غربی، تونس، فرانسه و

در این مطالعه آخرین حضور *Speetonia colligata* نشانگر قسمت میانی زیرزون NC5B در نمونه شماره ۴۶ است ولی با توجه به تداوم حضور در نمونه‌های *Calcicalathina oblongata* و *Lithraphidites bollii* مورد مطالعه، زیرزون NC5B خاتمه نیافته و شروع زیرزون NC5C نیز در محدوده مورد مطالعه قرار ندارد. از دیگر حوادث نانوفسیلی ثبت شده، اولین حضور *Nannoconus abundans* در نمونه شماره ۴۹ است. اولین حضور گونه مذکور در هوتروین پسین رخ می‌دهد. مبتنی بر شواهد نانوفسیلی مذکور، سن بخش پایانی نهشته‌های مورد مطالعه در برش چرمه، هوتروین پسین است.

شایان ذکر است در پژوهش حاضر تداوم حضور گونه *Calcicalathina oblongata* و حضور *Nannoconus abundans* در نمونه‌های ابتدایی واحد سنگ آهک بالایی نیز ثبت شد. از این رو محدوده سنی بخش تحتانی واحد سنگ آهک مذکور به ضخامت ۷ متر و نیز مرز واحد مارنی با واحد سنگ آهک بالایی، بر مبنای حضور دو گونه ذکر شده، هوتروین پسین می‌باشد. در نمونه‌های مطالعه شده از واحد کنگلومرایی، نانوفسیلی ثبت نشد و تعیین سن آن بر اساس شواهد نانوفسیلی امکان‌پذیر نیست. به طور کلی در این مطالعه بر اساس زون‌های زیستی مطالعه شده، سن توالی مورد مطالعه هوتروین پیشین تا هوتروین پسین پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱. انتشار قائم نانوپلانکتون‌های آهکی و محدوده زیست‌زون‌های تعیین شده در برش چرمه



NC4B است. متعاقباً آخرین حضور *Cruciellipsis cuvillieri* موید انتهای زیرزون NC4B و شروع زیرزون NC5A می‌باشد. زیرزون NC5A با اولین حضور *Rucinolithus windleyae* خاتمه یافته و زیرزون NC5B آغاز می‌شود. آخرین حضور *Speetonia colligata* منطبق با قسمت میانی زیرزون NC5B است.

در این مطالعه باتوجه به حضور گونه *Cretarhabdus loriei* در اولین نمونه مطالعه شده از واحد مارن سیلتی (Ch5) و ثبت آخرین حضور *Speetonia colligata* در نمونه شماره ۴۶، محدوده زیست‌زون CC4 به عنوان اولین و قدیمی‌ترین زیست‌زون با ضخامت ۱۱۰/۵ متر تعیین گردید. علاوه بر رخداد‌های نانوفسیلی ذکر شده، از دیگر رخداد‌های نانوفسیلی می‌توان به اولین حضور گونه *Eiffellithus striatus* در نمونه Ch5، آخرین حضور *Tubodiscus verenae* در نمونه Ch18، اولین حضور *Lithraphidites bollii* در نمونه Ch32 و آخرین حضور *Cruciellipsis cuvillieri* در نمونه Ch39 اشاره کرد. شواهد نانوفسیلی ثبت‌شده موید حضور نیمه انتهایی زیست‌زون NK3B از زون‌بندی Bralower et al., (1989) با ۳۰ متر ضخامت و زیست‌زون‌های NC4A با ۳۷/۵ متر ضخامت و NC4B با ۲۰ متر ضخامت از زون‌بندی Roth (1978) هستند. در نمونه‌های مطالعه شده با ثبت آخرین حضور *Cruciellipsis cuvillieri* شروع زیرزون NC5A محرز است، لکن اولین حضور *Rucinolithus windleyae* مشاهده نشد و امکان تفکیک مرز بین زیرزون NC5A و NC5B نیست. لکن آخرین حضور *Speetonia colligata* وجود قسمت میانی زیرزون NC5B را اثبات می‌کند.

## ۲.۲. زیست‌زون شماره ۲

### *Lithraphidites bollii* Zone (CC 5)

تعریف این زیست‌زون طبق مطالعات Sissingh (1977) و Thierstein (1971) از آخرین حضور *Speetonia colligata* تا آخرین حضور *Calcicalathina oblongata* می‌باشد. بازه زمانی زیست‌زون CC5 هوتروین پسین تا بارمین پیشین است (Perch-Nielsen, 1985). در مناطقی که *Speetonia colligata* یافت نشود، طبق مطالعات Perch-Nielsen (1979) آخرین حضور گونه *Chiastozygus striatus* را می‌توان جانشین آخرین حضور *Speetonia colligata* در تعیین زیست‌زون مذکور استفاده کرد. اولین حضور گونه‌های *Dodekapodorhabdus noeliae* و *Nannoconus abundans* بر اساس گزارش Taylor (1982) در هوتروین پسین رخ داده است.

زیست‌زون CC5 منطبق بر نیمه انتهایی زیرزون NC5B و زیرزون NC5C از زون‌بندی Roth (1978) است که به ترتیب با آخرین حضور *Speetonia colligata*، آخرین حضور *Lithraphidites bollii* و با آخرین حضور *Calcicalathina oblongata* مشخص می‌شوند.

در پژوهش کنونی آخرین حضور گونه *Speetonia colligata* در نمونه شماره ۴۶ موید آغاز زیست‌زون CC5 است ولی به دلیل عدم ثبت آخرین حضور گونه *Lithraphidites bollii* و *Calcicalathina oblongata* در نمونه‌های مورد مطالعه، تعیین ضخامت زیست‌زون CC5 و تفکیک دو زیرزون در برش چینه‌شناسی چرمه میسر نیست.



## ۳. بحث

این گونه به همراه *Eiffellithus* spp. و *Lithraphidites* spp. در شرایط الیگوتروفیک و کم‌عمق، پایدار و فراوان می‌باشد و با فراوانی گونه‌های شاخص عرض‌های جغرافیایی بالا همچون *Biscutum constans* و *Zeughrhabdatus* spp. ارتباطی معکوس دارد (Friedrich et al., 2005; Mutterlose and Kessele, 2000).

نانوکونوس‌ها نیز یکی از گروه‌های نانوفسیلی هستند که در تیتونین ظاهر و از تجمعات شاخص کرتاسه پیشین در Tethyan محسوب می‌شوند. این گروه نانوفسیلی با آب‌های گرم و محیط‌های اپی کنتیننتال و همچنین مناطق با عمق کم که میزان رسوبگذاری در آن‌ها پایین بوده، سازگار هستند (Street and Bown, 2000; Mutterlose, 1992). همچنین در عرض‌های جغرافیایی پایین (کمتر از ۳۰ درجه) فراوان بوده و به ندرت در عرض‌های بالاتر دیده می‌شوند (Street and Bown, 2000; Roth and Krumbach, 1986).

در این مطالعه نانوکونوس‌های موجود مبتنی بر توضیحات Erba (1994)، Barbarin et al. (2012) و Duchamp-Alphones et al. (2014) در سه گروه نانوکونوس‌های با کانال عریض شامل *Nannoconus bucheri* و *Nannoconus circularis* و نانوکونوس‌های با کانال متوسط شامل *Nannoconus kamptneri* و نانوکونوس‌های با کانال باریک شامل *Nannoconus steinmannii* مشاهده شده‌اند.

نانوکونیدها را شاخص دریا‌های الیگوتروفیک و گرم معرفی کرده‌اند که متاثر از شرایط باروری حوضه بوده و در آب‌های چینه‌بندی شده و در زمان ورودی آواری کم دارای حداکثر شکوفایی هستند (Barbarin et al., 2012; Mutterlose and Bottini, 2013; Bown, 2005; Pauly et al., 2012) و با فراوانی اشکال کوكولیتوفری رابطه‌ای معکوس دارند (Busson and Noel, 1991; Coccioni et al., 2006; Herrle et al., 1992; Tremolada et al., 2003).

از دیگر گونه‌های مشاهده شده در این مطالعه spp. *Micrantholithus* است. پنتالیت‌هایی که در آب‌های گرم محیط‌های کم عمق، از فراوانی بالایی برخوردارند و تحت تأثیر شوری می‌باشند (Duchamp-Alphones et al., 2014; Bown, 2005).

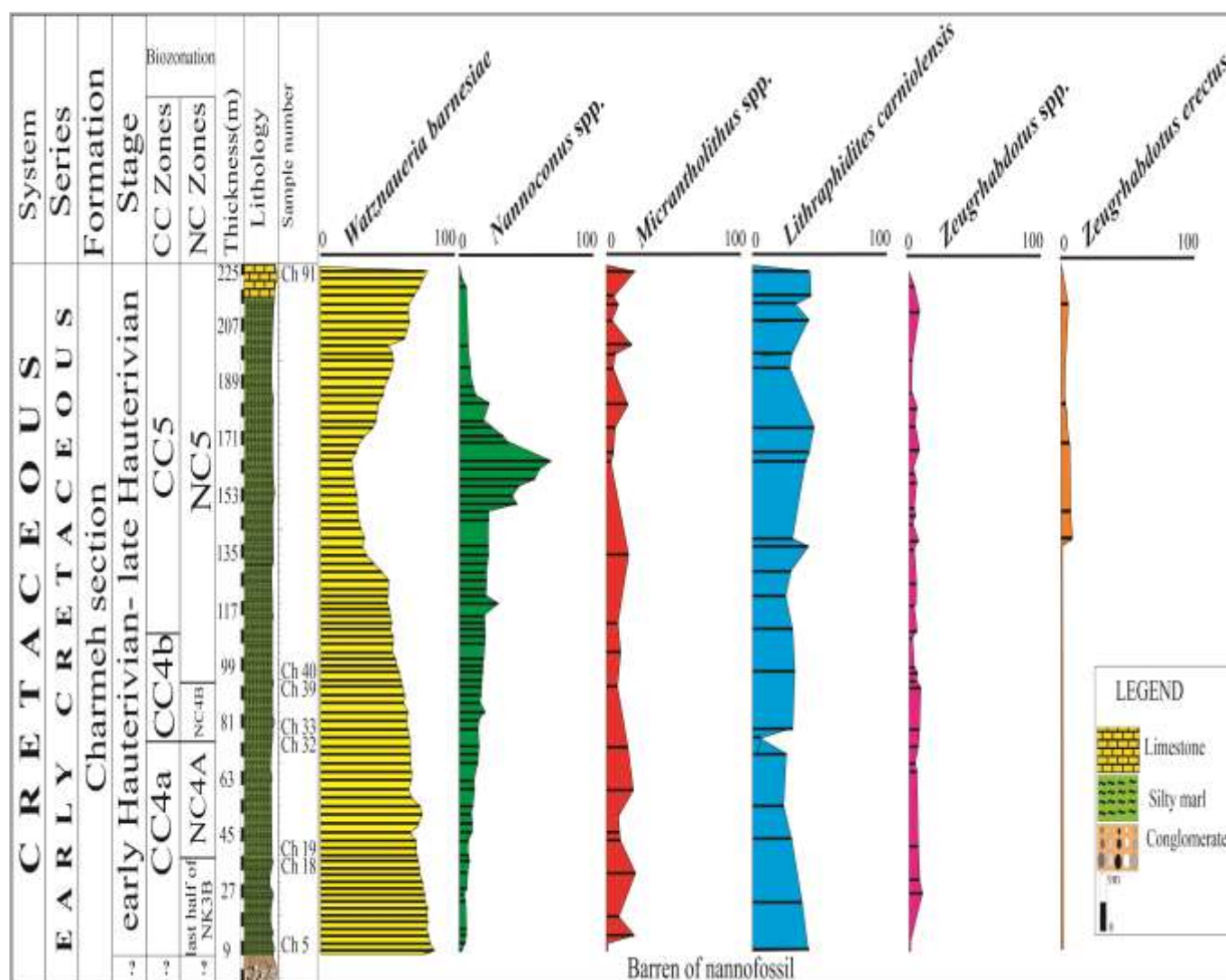
بررسی درصد فراوانی گونه‌های نانوفسیلی شاخص که شرح آن در بالا آورده شد، نشان‌دهنده افت و خیزهای جزئی در فراوانی گونه‌ها در طول برش مورد مطالعه است (شکل ۴). لکن موید وجود یک محیط کم عمق و گرم با شرایط الیگوتروفیک در زمان نهشته شدن رسوبات در بازه زمانی هوترین است.

دوره کرتاسه از ۱۴۵ میلیون تا ۶۵ میلیون سال قبل گسترش داشته و از چند جنبه عمده با جهان کنونی متفاوت بوده است. اولاً این دوره به عنوان زمانی توصیف شده که طی آن شرایط گلخانه‌ای و گرم جهانی حاکم بوده و هیچ کلاهک یخی قطبی وجود نداشته است. لکن شواهدی دال بر تغییرات آب و هوایی قابل توجه وجود دارد که نشانگر تغییراتی در الگوهای دما و رطوبت در این زمان است. ثانیاً در نتیجه تبخیر زیاد در مناطق کم عرض جغرافیایی، آب اقیانوس‌های عمیق در کرتاسه گرم و شور بوده و ثالثاً سطح آب دریاها بالا بوده و فضای داخلی قاره‌ها با دریا‌های کم عمق پوشیده شده بود (Gale, 2000).

نانوپلانکتون‌ها بخشی از جامعه فیتوپلانکتون‌ها در محیط‌های دریایی هستند که نسبت به شرایط محیطی و تغییرات دما، شوری، مواد غذایی و ... حساس می‌باشند (Hussein et al., 2023). لذا تغییرات در ترکیب و فراوانی نانوفسیل‌های آهکی ابزاری مناسب در مطالعات دیرینه اقیانوس‌شناسی برای بازسازی و بررسی تغییر شرایط آب‌های سطحی است. این مسئله به ویژه در کرتاسه که تفاوت‌های قابل توجهی در ترکیب مجموعه‌های نانوفسیلی بین قلمرو شمالی، قلمرو تیان و منطقه اقیانوس آرام هند شناخته شده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mutterlose and Kessels, 2000; Street and Bown, 2000).

محققان مختلف مانند Corbett and Watkins, 2013 (2013)، Tiraboschi et al., (2009) ، Mutterlose et al., (2005) و Thibault et al., (2023) با توجه به تحلیل‌های کمی و آماری، دیرینه‌بوم‌شناسی نانوفسیل‌های آهکی را در چندین توالی دریایی کرتاسه مورد بررسی قرار داده و زیستگاه‌ها و نحوه زندگی بیشتر گونه‌های مزوزوئیک را معرفی کرده‌اند. در این مطالعه با استناد بر گزارشات موجود، بازسازی محیط دیرینه در برش چرمه انجام شد و نتایج ذیل به دست آمد.

همان‌طور که ذکر شد در میان ۳۴ گونه شناسایی شده، بیشترین فراوانی مربوط به *Watznaueria* spp. و به ویژه گونه‌ی *Watznaueria barnesaiae* است (شکل ۴). فراوانی بیش از ۴۰ درصدی یک گونه در نمونه‌های مطالعه شده بیانگر تأثیر عوامل استرس‌زا در محیط بوده و پایداری گونه‌ی مورد نظر را در برابر تغییرات محیطی اعمال شده، نشان می‌دهد (Roth and Bowdler, 1981; Roth and Krumbach, 1986; Premoli Silva et al., 1989; Erba et al., 1992; Williams and Bralower, 1995).



شکل ۴. فراوانی گونه‌های شاخص نانوفسیلی در برش چرمه

### مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند. تمرکز اصلی نویسنده اول (مرضیه نطقی مقدم) که نویسنده مسئول مقاله نیز است بر مطالعات میکروسکوپی، شناسایی گونه‌ها، تفسیر داده‌ها و نگارش مقاله بوده است. تمرکز نویسنده دوم (فرح جلیلی) بر ایده‌پردازی، ترجمه و ویراستاری مقاله و مشارکت در نگارش و ترسیم شکل‌های مقاله است. انطباق مقاله با فرمت مجله و هماهنگی محتوایی مقاله را هر دو نفر انجام داده‌اند.

### تشکر و قدردانی (اختیاری)

بدین وسیله شایسته است مراتب قدردانی خود را از سردبیر و مدیر داخلی محترم نشریه اقیانوس‌شناسی و همکاران محترم ایشان اعلام داریم.

### نتیجه‌گیری

نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در نهشته‌های مارن سیلتی مورد مطالعه در برش چرمه ۳۴ گونه بوده که از تنوع و فراوانی متوسط با حفظ‌شدگی متوسط تا نسبتاً خوبی برخوردارند. گونه‌های شاخص نانوفسیلی و مجموعه همراه، نشانگر وجود زیست‌زون‌های CC4 و CC5 از زون‌بندی Sissingh (1977; 1978)، نیمه پایانی زیست‌زون NK3B از زون‌بندی Bralower et al., (1989) و زیست‌زون‌های NC4A، NC4B و NC5 از زون‌بندی Roth (1978) هستند. زون‌های زیستی تعیین شده و گونه‌های شاخص نانوفسیلی مانند *Nannoconus abundans*، ماید سن هوتروین پیشین تا هوتروین پسین برای ضخامت مورد بررسی می‌باشند. علاوه بر آن مطالعات دیرینه‌بوم‌شناسی صورت گرفته، قرارگیری حوضه مورد مطالعه در عرض‌های جغرافیایی پایین (کمتر از ۳۰ درجه) با آب‌های گرم و عمق کم و وجود شرایط تغذیه‌ای الیگوتروفیک را در زمان نهشته‌شدن رسوبات منطقه مورد مطالعه اثبات می‌کند.

- [8] . Bagheri, S.; Stampfli, G. M., (2008). The Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam metamorphic complex in central Iran: New geological data, relationships and tectonic implications. *Tectonophysics*, 451 (1-4): 123-155.  
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.047>
- [9] . Barbarin, N.; Bonin, A.; Mattioli, E.; Puc at, E.; Cappetta, H.; Gr eselle, B.; Pittet, B.; Vennin, E.; Joachimski, M., (2012). Evidence for a complex Valanginian nannoconid decline in the Vocontian basin (South East France). *Marine Micropaleontology*, 84 -85: 37- 53.  
a. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2011.11.005>
- [10] . Berger, W.H.; Roth, P.H., (1975). Oceanic micropaleontology: Progress and prospect. *Reviews of Geophysics*, 13: 561-585 and 624-635.  
<https://doi.org/10.1029/RG013i003p00561>
- [11] . Bown, P.R.; Young, J.R., (1998). Techniques. In: Bown, P.R. Ed. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Br. Micropalaeontol. Soc. Publ., 16- 28.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-011-4902-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4902-0_2)
- [12] . Bown, P.R., (2005). Early to mid-Cretaceous calcareous nannoplankton from the northwest Pacific Ocean, Leg 198, Shatsky Rise. *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results 198*: 1-82.  
[10.2973/odp.proc.sr.198.103.2005](https://doi.org/10.2973/odp.proc.sr.198.103.2005)
- [13] . Bralower, T.J.; Monechi, S.; Thierstein, H.R., (1989). Calcareous nannofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the geomagnetic polarity timescale. *Marine Micropalaeontology*, 14 (1-3): 153-235. [10.1016/0377-8398\(89\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0377-8398(89)90035-2)
- [14] . Brunet, M.; Korotaev, M. V.; Ershov, A. V.; Nikishin, A. M., (2003). The south Caspian basin: a review of its evolution from subsidence modeling. *Sedimentary Geology*, 156 (1-4): 119-148.  
[https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00285-3](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00285-3)
- [15] . Busson, G.; N el, D., (1991). Les nannoconides indicateurs environnementaux oceans etmers  piccontinentales du Jurassique terminal et du Cr tac  inf rieur. *Oceanologica Acta*, 14: 333-356.
- [16] . Camp, V. E.; Griffis, R. J., (1982). Character, genesis and tectonic setting of igneous rocks in the Sistan suture zone, eastern Iran. *Lithos*, 15 (3): 221-239.  
[https://doi.org/10.1016/0024-4937\(82\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0024-4937(82)90014-7)

همچنین از داوران محترمی که با پیشنهادات سودمند بر غنای علمی مقاله تأثیر گذار می‌باشند، سپاسگزاریم.

## تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

## منابع "(Persian)"

- [1] . Adelseck, C.G.; Geehan, G.S.; Roth, P.H., (1973). Experimental evidence for the selective dissolution and overgrowth of calcareous nannofossils during diagenesis. *GSA Bulletin*, 84 (8): 2755-2762.  
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1973\)84<2755:EEFTSD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1973)84<2755:EEFTSD>2.0.CO;2)
- [2] . Aghanabati, A., (2004). *Geology of Iran*. Geological Survey of Iran, 606 p. "(Persian)"
- [3] . Andruleit, H., (1997). Coccolithophore fluxes in the Norwegian- Greenland Sea, seasonality, And assemblage alterations. *Marine Micropaleontology*, 31 (1-2): 45- 64.  
[https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(96\)00055-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(96)00055-2)
- [4] . Applegate, J.L.; Bergen, J.A., (1988). Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. In Boillot, G., Winterer, E.L., et al., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 103: 293-348.  
[10.2973/ODP.PROC.SR.103.144.1988](https://doi.org/10.2973/ODP.PROC.SR.103.144.1988)
- [5] . Arjmandzadeh, R.; Santos, J. F., (2014). Sr-Nd isotope geochemistry and tectonomagmatic setting of the Dehsalm Cu-Mo porphyry mineralizing intrusives from Lut Block, eastern Iran. *International Journal of Earth Sciences*, 103: 123-140. [10.1007/s00531-013-0959-4](https://doi.org/10.1007/s00531-013-0959-4)
- [6] . Asadi, S.; Kolahdani, S., (2014). Tectono-magmatic evolution of the Lut block, eastern Iran: A model for spatial localization of porphyry Cu mineralization. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3(9): 1058-1069.
- [7] . Babazadeh, A.; Raisossadat, N.; Ahrari, F., (2011). Biostratigraphy and evolutionary trend of the Cretaceous Orbitolinids in the sedimentary succession of east Lut Block, southwest of Qayen. *Sedimentary facies*, 3 (1): 1-10. "(Persian)" [10.22067/sed.facies.v3i1.3446](https://doi.org/10.22067/sed.facies.v3i1.3446)

- micropaleontological and stable isotopic evidence from an epicontinental sea. *J Foraminiferal Res*, 35: 228–247.  
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2004.09.003>
- [25] . Gale, A.S., (2000). The Cretaceous world (In book: Biotic Response to Global Change). Cambridge university press, London, 4-19. [10.1017/CBO9780511535505.003](https://doi.org/10.1017/CBO9780511535505.003)
- [26] . Gansser, A., (1995). New aspects of the geology in central Iran. Proceedings of the fourth World Petroleum Congress, Section I/A/5, Reprint.
- [27] . Hadavi, F.; Zohravi, M., (2010). Calcareous nannoplankton of the Neogene deposits of the west Birjand. The 27th Symposium on Geosciences and the 13th Geological Society of Iran. "(Persian)"
- [28] . Hadavi, F.; Notghi Moghaddam, M.; Khadadadi, L.; Rezazadeh, F., (2015). Nannostratigraphy of the early Cretaceous deposits in the Fathabad section (Northwest Qaen). 33th Symposium on Geosciences. "(Persian)"
- [29] . Hadavi, F.; Notghi Moghaddam, M.; Khadadadi, L.; Rezazadeh, F., (2016). Investigation of the sedimentary conditions of the [Hauterivian](#) deposits based on calcareous nannofossils in the Fathabad section (Northwest Qaen). 9th Symposium of Iranian Paleontological Society. "(Persian)"
- [30] . Herrle, J.O.; Pross, J.; Friedrich, O.; Kößler, P.; Hemleben, C., (2003). Forcing mechanisms for mid-Cretaceous black shale formation: evidence from the Upper Aptian and Lower Albian of the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190: 399-426. [10.1016/S0031-0182\(02\)00616-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(02)00616-8)
- [31] . Honjo, S., (1976). Coccoliths: production, transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology*, 1: 65-79. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(76\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0377-8398(76)90005-0)
- [32] . Hessein, A.; Al-Tarawneh, O.M.; Alqudah, M., (2023). Calcareous nannofossils biostratigraphy of the Late Cretaceous-Paleocene successions from Northern Jordan and their implications for basin Analysis. *Geosciences*, 13 (11): 351-371. <https://doi.org/10.3390/geosciences13110351>
- [33] . Jalilil, F.; Hadavi, F.; Notghi Moghaddam, M., (2014). Biostratigraphy of the Cretaceous deposits based on calcareous nannofossil in Shushud section (North Birjand). *Sedimentary facies*, 7 (2): 208-217. "(Persian)" [10.22067/sed.facies.v7i2.36776](https://doi.org/10.22067/sed.facies.v7i2.36776)
- [17] . Coccioni, R.; Erba, E.; Premoli Silva, I., (1992). Barremian - Aptian calcareous plankton biostratigraphy from the Gorgo a Cerbara section (Marche, central Italy) and implications for plankton evolution. *Cretaceous Research*, 13 (5): 517-537. [10.1016/0195-6671\(92\)90015-I](https://doi.org/10.1016/0195-6671(92)90015-I)
- [18] . Corbett, M.J.; Watkins, D.K., (2013). Calcareous nannofossil paleoecology of the mid Cretaceous Western Interior Seaway and evidence of oligotrophic surface waters during OAE2. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392: 510–523. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.10.00>
- [19] . Dercourt, J.; Zonenshain, L.P.; Ricou, L.-E.; Kazmin, V.G.; Le Pichon, X.; Knipper, A.L.; Grandjacquet, C.; Sbertshikov; I.M.; Geysant, J.; Lepvrier, C.; Pechersky, D.H.; Boulin, J.; Sibuet, J.-C.; Savostin, L.A.; Sorokhtin, O.; Westphal, M.; Bazhenov, M.L.; Lauer, J.P.; Biju-Duval, B., (1986). Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. *Tectonophysics*, 123(1-4): 241-315. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90199-X](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90199-X)
- [20] . Duchamp-Alphonse, S.; Gardin, S.; Bartolini, A., (2014). Calcareous nannofossil response to the Weissert episode (Early Cretaceous): Implications for palaeoecological and palaeoceanographic reconstructions. *Marine Micropaleontology*, 113: 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2014.10.002>
- [21] . Erba, E., (1994). Nannofossils and superplumes: the early Aptian 'nannoconid crisis'. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 9 (3): 483-501. <https://doi.org/10.1029/94PA00258>
- [22] . Erba, E.; Castradori, D.; Guasti, G.; Ripepe, M., (1992). Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 93 (1-2): 47-69. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(92\)90183-6](https://doi.org/10.1016/0031-0182(92)90183-6)
- [23] . Esmaeily, D.; Nedelec, A.; Valizadeh, M. V.; Moore, F.; Cotton, J., (2005). Petrology of the Jurassic Shah-Kuh granite (eastern Iran), with reference to tin mineralization. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25 (6): 961-980.
- [24] . Friedrich, O.; Herrle, J.O.; Hemleben, C., (2005). Climatic changes in the Late Campanian–Early Maastrichtian:

- [44] . Nowroozi, A. A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the Middle East. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 62 (3): 823-850.  
<https://doi.org/10.1785/BSSA0620030823>
- [45] . Pauly, S.; Mutterlose, J.; Alsen, P., (2012). Early Cretaceous palaeoceanography of the Greenland–Norwegian Seaway evidenced by calcareous nannofossils. *Marine Micropaleontology*, 90-91: 72-85.  
<https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.04.004>
- [46] . Perch-Nielsen, K., (1979). Calcareous nannofossil zonation at the Cretaceous/ Tertiary boundary in Denmark. *Proceedings Cretaceous-Tertiary Boundary Events symposium*, Copenhagen, 1: 120-126.
- [47] . Perch-Nielsen, K., (1985). Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K., (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Earth Science, Cambridge University Press, 329-426.
- [48] . Philip, J.; Floquet, M., (2000) Late Cenomanian (94.7–93.5). In: Dercourt J, Gaetani M, Vrielynck B, Barrier E, Biju-Duval B, Brunet MF, Cadet JP, Crasquin S, Sandulescu M (eds) *Atlas Peri-Tethys palaeogeographical maps*. CCGM/CGMW, Paris. 129–136.
- [49] . Premoli Silva, I.; Erba, E.; Tornaghi, M., (1989). Paleoenvironmental signals and changes in surface fertility in mid Cretaceous Corg-rich pelagic facies of the Fucoïd Marls (Central Italy). *Geobios*, 22: 225-236.  
a. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(89\)80059-2](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(89)80059-2)
- [50] . Roth, P.H., (1978). Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, 44:731-760.
- [51] . Roth, P.H., (1984). Preservation of calcareous nannofossils and finegrained carbonate particles in mid-Cretaceous sediments from the southern Angola Basin. In: Hay, W.W., (Ed.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 651-655.
- [52] . Roth, P.H.; Bowdler, J.L., (1981). Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biogeography and oceanography of the Atlantic Ocean. *SEPM Special Publication*, 32: 517-546.  
<https://doi.org/10.2110/pec.81.32.0517>
- [34] . Jalilil, F.; Hadavi, F.; Rahimi, B.; Khazaei, A.R., (2017). Investigation of middle and late Miocene flyschoid of east Afzalabad (North Birjand) based on calcareous nannofossil. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 26 (102): 177-184. "(Persian)"  
<https://doi.org/10.22071/gsj.2017.44146>
- [35] . Jalilil, F.; Notghi Moghaddam, M; Hadavi, F., (2019). Calcareous nanoplanktons in the eastern Iran ocean in the Chahkand stratigraphic section (North Birjand). *Journal of Oceanography*, 10 (39): 73-79. "(Persian)"  
[10.29252/joc.10.39.73](https://doi.org/10.29252/joc.10.39.73)
- [36] . Mazhari, S.A.; Sharifiyan Attar, R., (2012). Apatite application to Investigate Magmatic Evolution of Zouzan Granites, NE Lut Block. *Iranian Journal of Earth Science*, 4(1): 61-72.
- [37] . Mutterlose, J., (1992). Floras and faunas in marine Early Cretaceous sediments of NW Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 94: 261-282.
- [38] . Mutterlose, J., and Kessels, K., 2000. Early Cretaceous calcareous nannofossil from high latitudes: implications for palaeobiogeography and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160 (3-4): 347-372.  
[https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00082-1)
- [39] . Mutterlose, J.; Bornemann, A.; Herrle, J.O., (2005). Mesozoic calcareous nannofossils – state of the art. *Paläontologische Zeitschrift*, 79 (1): 113–133.  
[10.1007/BF03021757](https://doi.org/10.1007/BF03021757)
- [40] . Mutterlose, J.; Bottini, C., (2013). Early Cretaceous chalks from the North Sea giving evidence for global change. *Nature communications*, 4 (1): (1686).  
[10.1038/ncomms2698](https://doi.org/10.1038/ncomms2698)
- [41] . Notghi Moghaddam, M.; Hadavi, F.; Khodadadi, L., (2017). Nannostratigraphy of early Cretaceous deposits in Malehad section. 11th Conference of Iran Paleontological Society, 196. "(Persian)"
- [42] . Notghi Moghaddam, M.; Jalilil, F.; Hadavi, F., (2020). Nannostratigraphy of the Avij section deposits (eastern margin of Lut Block). 13 (1): 113-125. "(Persian)"  
[10.22067/sed.facies.v13i1.74386](https://doi.org/10.22067/sed.facies.v13i1.74386)
- [43] . Nazari Shiharsar, Z.; Hadavi, F., (2011). Nannostratigraphy of the north east Afzalabad deposits (south east Birjand). 5th National Geological Conference of Payame Noor University, Abhar, Zanjan. "(Persian)"

- [63]. Thierstein, H.R., (1971). Tentative Lower Cretaceous calcareous nannoplankton zonation. *Eclogae Geol. Helv.*, 64:459-488.
- [64]. Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplankton. *Micropaleontology*, 1:325-362.
- [65]. Thibault, N.; Lauridsen, B.; Schovsbo, N.; Anderskov, K.; Bjerrum, Ch. J.; Korte, Ch.; Martinez, M.; Morigi, C.; Stemmerik, L.; Ullmann, C.V., (2023). The late Maastrichtian Rordal Member (Denmark): a remarkable window of climate, environmental and biotic changes at orbital time scales. *Geological society*, 545.  
<https://doi.org/10.1144/SP545-2023-124>
- [66]. Tiraboschi, D.; Erba, E.; Jenkyns, H.C., (2009). Origin of rhythmic Albian black shales (Piobbico core, central Italy): calcareous nannofossil quantitative and statistical analyses and paleoceanographic reconstructions. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 24, PA2222.  
<https://doi.org/10.1029/2008PA001670>
- [67]. Tirrul, R.; Bell, L. R.; Griffis, R. J.; Camp, V. E., (1983). The Sistan suture zone of eastern Iran. *Geological Society of America bulletin*, 94 (1):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)
- [68]. Tremolada, F.; Erba, E.; Bralower, T.J., (2006). Late Barremian to early Aptian calcareous nannofossil paleoceanography and paleoecology from the Ocean Drilling Program Hole 641C (Galicia Margin). *Cretaceous Research*, 27 (6): 887- 897.  
<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2006.04.007>
- [69]. Williams, J.R.; Bralower, T.J., (1995). Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginian-Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 10 (4): 815-839.  
<https://doi.org/10.1029/95PA00977>
- [70]. Wilmsen, M.; Berensmeier, M.; Fürsich, F. T.; Majidifard, M. R.; Schlagintweit, F., (2018) A Late Cretaceous epeiric carbonate platform: the Haftoman Formation of central Iran. *Facies*, 64(2): 1-24. [10.1007/s10347-018-0523-6](https://doi.org/10.1007/s10347-018-0523-6)
- [53]. Roth, P.H.; Krumbach, K.R., (1986). Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian oceans: implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, 10 (1-3): 235-266.  
[https://doi.org/10.1016/0377-8398\(86\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0377-8398(86)90031-9)
- [54]. Saadat, S.; Karimpour, M.H.; Stern, Ch., (2010). Petrochemical: Characteristics of Neogene and Quaternary Alkali Olivine Basalts from the Western Margin of the Lut Block, Eastern Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2: 87-106.
- [55]. Shahidi, A.; Salamati, R., (2003). An attitude on the stratigraphy and tectonostratigraphy of the Shushud Sedimentary Basin. 21nd National Geosciences Congress. "(Persian)"
- [56]. Sissingh, W., (1977). Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56: 37-65.
- [57]. Stampfli, G.M., (2000). Tethyan oceans. In: Bozkurt E., Winchester G.A., Piper G.D.A. (Eds.), *Tectonics and magmatism in Turkey and surrounding area*. Geological Society of London, Special Publication, 1-23
- [58]. Stampfli, G.M.; Borel, G.D., (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones. *Earth and Planetary Science Letters*, 196 (1-2): 17-33.  
[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X)
- [59]. Stocklin, J.; Nabavi, M. H., (1973). Tectonic map of Iran 1:2,500,000. Geological Survey of Iran.
- [60]. Stocklin, J., (1972). *Lexique stratigraphique International*. vol. III, Fascicule 9b, Iran.
- [61]. Street, C.; Bown, P.R., (2000). Palaeobiogeography of Early Cretaceous (Berriasian - Barremian) calcareous nannoplankton. *Marine Micropaleontology*, 39 (1-4): 265-291.  
[https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(00\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(00)00024-4)
- [62]. Taylor, R.J., (1982). Lower Cretaceous (Ryazanian to Albian) calcareous nannofossils. In: Lord A. R., (ed). *A stratigraphical index of calcareous nannofossils*, British Micropaleontology Society, 40-80.

## THOR(S) BIOSKETCHES

**Notghi Moghaddam, M.,** Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

✉ notghi.m@pnu.ac.ir

 0000-0001-6542-4101

**Jalili, F.,** Department of Geology, Faculty of science, University of Birjand, Iran.

✉



این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



### HOW TO CITE THIS ARTICLE

#### Citation (Vancouver)

 <http://doi.org/10.52547/joc.14.56.1>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1789-fa-html>

 <https://orcid.org/0000-0001-6542-4101>



### COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.