



Research Article

Biostratigraphy of the Gurpi formation with emphasis on Calcareous nannofossil in the Qutbad section, Northeast Jahrum

Saeedeh Senemari^{1*} , Mahnaz Parvaneh Nejad Shirazi²

1-Department of Mining, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

2-Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 12 Aug 2020 Accepted: 29 Dec 2020

Extended Abstract

Introduction

One of the most extensive Cretaceous deposits is the Gurpi Formation in the Zagros Basin, which was studied based on calcareous nannofossil studies. Type section of the Gurpi Formation is located in the southwestern Tang-e Pabdeh, North of Lali oilfield (Jams & Wynd, 1965). One of the most important achievements obtained in the Gurpi Formation is the evaluation of biozones. In the present study, calcareous nannofossils have been investigated in the Qutbad section located in Northeast of Jahrum. The thickness of the studied section is about 458 m. The study in the Qutbad section show that sediments of Gurpi Formation have a drop in the depth of sedimentary basin at the late Maastrichtian and suddenly lead to limestones of Tarbur Formation.

Materials and Methods

In this study 78 samples from the Gurpi Formation have been studied. Samples were prepared following standard smear slide method (Bown and Young, 1998). All slides were studied under polarized light microscope at $\times 1000$ magnification. The nomenclature of calcareous nannofossils follow the taxonomic schemes of Perch-Nielsen (1985).

Results and Discussion

In order to study biostratigraphy based on calcareous nannofossils, the Gurpi Formation in the Qutbad section was selected. In this section, Gurpi Formation mainly consists of gray argillaceous limestones. For introducing calcareous nannofossil assemblages, slides have been studied, which led to the recognition of 22 genera and 37 species of calcareous nannofossils. According to the first and last occurrence of index species and recording bio-events, eight zones including *Aspidolithus parvus* Zone to *Arkhangelsiella cymbiformis* Zone have been recognized. According to the first and last occurrence of index species the following bio-zones are identified:

Aspidolithus parvus parvus Zone

The first zone in the Gurpi Formation is recorded from the FO of *A. parvus parvus* to LO of *M. furcatus*. The age of this zone is early Campanian. The thickness of this zone is 53 m.

Calculites ovalis Zone

This zone spans the interval from the last occurrence of *M. furcatus* to the FO of *C. aculeus*. The age of this zone is late Early Campanian. The thickness of this zone is 40 m.

Citation: Senemari, S. and Parvaneh Nejad Shirazi, M. 2021. Biostratigraphy of the Gurpi formation with emphasis on Calcareous nannofossil in the Qutbad section, Northeast Jahrum, *Res. Earth. Sci.* 12(1), (101-113)
DOI: 10.52547/esrj.12.1.101

* Corresponding author E-mail address: S.senemari@eng.ikiu.ac.ir





***Ceratolithoides aculeus* Zone**

This zone spans the interval from the FO of *C. aculeus* to the FO of *U. sissinghii*. The age of this zone is late Early Campanian. The thickness of this zone was measured about 54 m.

***Quadrum sissinghii* Zone**

This zone spans the interval from the FO of *U. sissinghii* to the FO of *U. trifidum*. The age of this zone is early Late Campanian. The thickness of this zone was measured about 78 m.

***Quadrum trifidum* Zone**

This zone spans the interval from the FO of *U. trifidum* to the LO of *R. anthophorus*. The age of this zone is late Campanian. The thickness of this zone was measured about 20 m.

***Tranolithus phacelosus* Zone**

This zone spans the interval from the LO of *R. anthophorus* to the LO of *T. phacelosus*. The age of this zone is latest Campanian–early Maastrichtian. The thickness of this zone was measured about 50 m.

***Reinhardtites levis* Zone**

This zone spans the interval from the LO of *Tranolithus phacelosus* to the LO of *Reinhardtites levis*. The age of this zone is early Maastrichtian. The thickness of this zone was measured about 133 m.

***Arkhangelsiella cymbiformis* Zone**

The last bio zone recorded is *Arkhangelsiella cymbiformis* Zone. This zone spans the interval from the LO of *Reinhardtites levis* to the FO of *Nephrolithus frequens*. The age of this zone is late Maastrichtian. The thickness of this zone was measured about 27 m.

Conclusion

As a result of this study, 22 genera and 37 species of calcareous nannofossil have been recognized. Based on distribution of index species calcareous nannofossils biozones of the zonation of Sissingh (1977) have been recognized, including CC18, CC19, CC20, CC21, CC22, CC23, CC24 and CC25, that correspond to UC14a^{TP} till UC20b^{TP} zones of Burnett (1998). According to the identified biozones, the age of the Gurpi Formation in this section is early Campanian to late Maastrichtian.

Keywords: Jahrum, Biostratigraphy, Biozones, Gurpi, Calcareous nannofossils.



چینه‌نگاری زیستی سازند گورپی با تاکید بر نانوفسیل‌های آهکی در برش قطب آباد، شمال شرق جهرم

سعیده سنماری*؛ مهناز پروانه‌نژاد شیرازی^۲

۱- گروه معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(علمی - پژوهشی)

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۵/۲۲ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۹

چکیده

در مطالعه حاضر ۴۵۸ متر از رسوبات سازند گورپی در برش قطب‌آباد واقع در شمال شرق جهرم از نقطه نظر نانوفسیل‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفت. در این برش سازند گورپی از سنگ آهک رسی خاکستری تشکیل شده است. بررسی نانوفسیل‌های آهکی در این قسمت منجر به تشخیص ۲۲ جنس و ۳۷ گونه شد. براساس پراکندگی گونه‌های شاخص نانوفسیلی، زیست‌زون‌های *Aspidolithus parvus zone* (CC18/Early Campanian), *Calculites ovalis zone* (CC19/Late Early Campanian), *Ceratolithoides aculeus zone* (CC20/Late Early Campanian), *Quadrum sissinghii zone* (CC21/ Early Late Campanian), *Quadrum trifidum zone* (CC22/Late Late Campanian), *Tranolithus phacelosus zone* (CC23/Latest Campanian–Early Maastrichtian), *Reinhardtites levis zone* (CC24/Early Maastrichtian) and *Sissingh, Arkhangelskiella cymbiformis zone* (CC25/ Late Maastrichtian) از زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) تشخیص داده شد. این زون‌ها با زیست‌زون‌های UC14a^{TP} تا UC20b^{TP} از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. براساس زیست‌زون‌های به دست آمده، بازه زمانی سازند گورپی در این برش از کامپانین پیشین تا ماسترشتین پسین است. مطالعه در برش قطب‌آباد نشان می‌دهد که نهشته‌های سازند گورپی با کاهش عمق حوضه رسوبی در اواخر ماسترشتین، به صورت همشیب و ناگهانی به رسوبات آهکی سازند تارپور می‌رسند.

واژه‌های کلیدی: جهرم، چینه‌نگاری زیستی، زیست‌زون، گورپی، نانوفسیل‌آهکی.

مقدمه

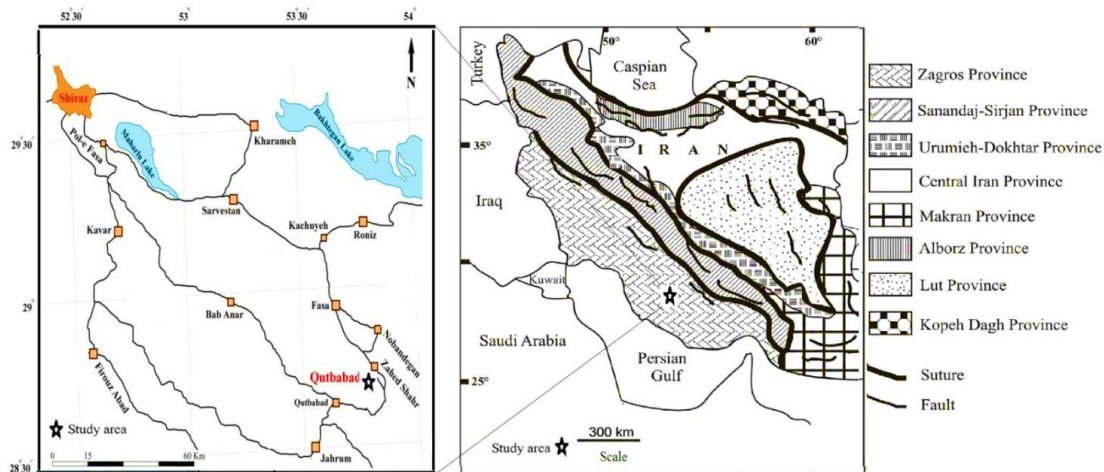
حوضه رسوبی زاگرس از مهم‌ترین پهنه‌های رسوبی ایران است که توالی‌های رسوبی ضخیمی در آن ته-نشست شده است. این پهنه به دلیل تفاوت‌های ساختمانی و زمین‌شناسی به زیر پهنه‌های مختلفی نظیر فارس، ایذه، لرستان و فروافتادگی دزفول تقسیم شده است. در هر یک از این پهنه‌ها، رسوبات سازندهای مختلف با ضخامت‌های متفاوت نهشته شده است (Alavi, 2007). همچنین به دلیل شرایط منحصر بفرد این حوضه برای تولید و انباشت هیدروکربن، این زون از نفت خیزترین حوضه‌های رسوبی دنیا محسوب می‌شود (Motiei, 2003). از جمله مهم‌ترین نهشته‌های رسوبی دوران دوم در این زون، رسوبات سازند گورپی است که گسترش وسیعی در جنوب غرب ایران دارد (آقائباتی، ۱۳۸۵). رسوبات سازند گورپی در زمان پیشروی دریای عمیق کرتاسه ته‌نشین شده و به علت دارا بودن استعداد سنگ منشأ مواد هیدروکربوری، دارای اهمیت زیادی است. بنابراین با توجه به پتانسیل این سازند به عنوان سنگ منشأ، بررسی آن از لحاظ اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برش الگوی این سازند که بخشی از رسوبات نهشته شده در زمان پیشروی دریای عمیق کرتاسه در حوضه رسوبی زاگرس است در تنگ پابده در جنوب باختر دامنه کوه پابده واقع گردیده که از نظر لیتولوژی از رسوبات مارن، شیل و آهک مارنی تشکیل گردیده است. در برش نمونه این سازند، رسوبات گورپی، نهشته‌های ایلام را به صورت همساز می‌پوشاند و خود به صورت ناپیوسته توسط رسوبات پابده پوشیده می‌شود (درویش زاده، ۱۳۷۰). تاکنون مطالعه بر روی این سازند توسط محققین مختلفی همچون جیمز و وایند (James and Wynd, 1965)، وزیری مقدم (Vaziri-Moghaddam, 2002)، حسینی فالچی

(۱۳۸۵)، هادوی و شکری (۱۳۸۸)، سنماری و همکاران (۱۳۸۹)، فریدونیپور و همکاران (۱۳۹۳)، بهرامی و پروانه‌نژاد شیرازی (Bahrami and Parvanehnezhad Shirazi, 2010)، بیرانوند و قاسمی‌نژاد (Beiranvand and Ghasemi-Nejad, 2013)، ماهانی‌پور و نجف‌پور (Mahanipour and Najafpour, 2016) در زمینه‌های مختلف انجام شده است. تحقیق حاضر یکی دیگر از مطالعات انجام شده بر روی توالی گورپی است که به منظور تعیین سن نسبی و بایوزوناسیون مورد مطالعه قرار گرفته است. برش مورد مطالعه در زیر پهنه فارس داخلی، در جنوب شرق شیراز در چاه قطب‌آباد نزدیکی جهرم قرار دارد که لیتولوژی عمده آن از آهک مارنی خاکستری است. نهشته‌های این سازند به صورت پیوسته بر روی سازند ایلام و به صورت ناپیوسته در زیر سازند تارپور قرار دارد. در مطالعه حاضر از نانوفسیل‌های آهکی که یکی از دقیق‌ترین گروه‌های فسیلی جهت تعیین سن نسبی و بایوزوناسیون می‌باشد استفاده شده است.

منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

برش مورد مطالعه در پهنه ساختاری فارس با موقعیت عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی واقع شده است. این برش در ۳۰ کیلومتری شمال شرق جهرم، از زون ساختاری زاگرس و در حاشیه شمال شرقی چین خوردگی زاگرس قرار دارد. جهت دستیابی به این برش می‌توان در مسیر جنوب شرق جاده شیراز به شهرستان فسا - جهرم قرار گرفت تا به برش چاه مورد مطالعه رسید (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه راست: نقشه ایران و پهنه‌های زون زاگرس برگرفته شده با کمی تغییرات از Heidari et al, 2003. شکل چپ: موقعیت جغرافیایی برش چاه مورد مطالعه در شمال شرق جهرم (موقعیت با ستاره مشخص شده است) و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه.

Bralower, 2005; Bornemann et al, 2003; Lees, 2002; Burnett, 1998; Bralower et al, 1995; Perch-Nielsen, 1985; Roth, 1978; ویزگی (Sissingh, 1977; Thierstein, 1976). ویژگی خاص نانوپلانکتون‌های آهکی نظیر فراوانی، محدوده سنی کوتاه و گسترش جغرافیایی وسیع، آنها را به عنوان شاخصی مهم در مطالعات چینه‌نگاری زیستی مطرح می‌سازد. شناوری نانو پلانکتون‌ها در نواحی جغرافیایی به سودمندی آنها به عنوان ابزاری مهم در مطالعات چینه‌نگاری زیستی کمک می‌کند (Perch-Nielsen, 1985; Bralower et al, 1995; Burnett, 1998; Lees, 2002; Bralower, 2005; Villa et al, 2008). تمامی مدل‌های بیواستراتیگرافی ارائه شده براساس روند تکاملی گونه‌های شاخص ارائه شده است. در این تحقیق، زون‌بندی مطالعه شده در برش قطب آباد با زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) و بارنت (Burnett, 1998) مطابقت داده شده است. الگوی زیست چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی در برش قطب آباد

در این مطالعه با شناسایی اجزای نانوفسیل‌های آهکی در توالی سازند گورپی، ضمن تشخیص ۳۷

مواد و روش‌ها

به منظور انجام مطالعات چینه‌نگاری زیستی، مطالعه ۷۸ نمونه در فواصل متغیر از مغزه و خرده های توالی رسوبی سازند گورپی چاه قطب آباد به متر ۴۵۸ متر همراه مطالعه بخش‌های بالایی آهک ایلام و بخش تحتانی سازند تارپور به منظور مشخص نمودن مرزهای تحتانی و فوقانی سازند گورپی انجام گرفت. نمونه‌ها در آزمایشگاه با روش اسمیر اسلاید آماده‌سازی و سپس اسلایدهای تهیه شده توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفتند (Bown and Young, 1998). برای مطالعه تاکسونومی و شناسایی گونه‌ها و همچنین زون‌بندی از منابع پرکنیلسون (Perch-Nielsen, 1985) و بارنت (Burnett, 1998) استفاده شده است.

نتایج

مطالعه زیست چینه‌نگاری در برش چاه قطب آباد الگوی تکاملی نانوفسیل‌ها در تحقیقات مختلفی نظیر چینه‌نگاری زیستی و مطالعات وابسته به دیرینه رسوبات اقیانوسی مطرح می‌شود (Gradstein et al, 2012; Villa et al, 2008;)

Last First Occurrence= FO و آخرین حضور - Occurrence= LO است. به منظور شناسایی گونه‌ها و انجام مطالعه چینه‌نگاری زیستی، از کتاب مرجع پرکنیلسون (Perch-Nielsen, 1985) استفاده شد. با استفاده از گونه‌های شناسایی شده، چارت چینه‌نگاری زیستی تهیه و در نهایت با زون-بندی‌های استاندارد جهانی مقایسه گردید (جدول ۱).

گونه‌های *Aspidolithus parvus parvus* تا zone *Arkhangelskiella cymbiformis* بر اساس زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) و زیست‌زون UC14a^{TP} تا زون UC20b^{TP} از زون بندی بارنت (Burnett, 1998) تشخیص داده شد. اختصارات به کار برده شده در این مطالعه کوکولیت‌های کرتاسه با علامت اختصاری Cocolith (CC) Cretaceous (CC)، کرتاسه فوقانی با علامت اختصاری Upper Cretaceous (UC)، اولین حضور

جدول ۱: چارت بیواستراتیگرافی سازند گورپی در برش قطب‌آباد واقع در شمال شرق جهرم

Nannofossil zonations		Biozones of Sissingh, 1977		Biozones of Burnett, 1998		Thickness (m)		Sample No.		Species																																
Formation	Lithology	Stage	Nannofossil Events																																							
Tarbur		Maastrichtian	FO <i>M. murina</i>	UC20	UC19	458	78																																			
			LO <i>Reinhardtites levis</i>	CC24	UC18	428	65																																			
			FO <i>Tranolithus placidus</i>	CC23	UC17	295	51																																			
			LO <i>R. anthophorus</i>	CC23	UC16																																					
			FO <i>Quadrum trifidum</i>	CC22	UC15d	245																																				
			FO <i>Quadrum sissinghii</i>	CC21	UC15c	230	38																																			
							225																																			
							154																																			
							147																																			
			Gurpi		Cenomanian	FO <i>Ceratolithoides aculeus</i>	CC20	UC15b																																		
LO <i>M. furcatus</i>	CC19	UC15a				93																																				
FO <i>A. parvus</i>	CC18	UC14				53	12																																			
Ilam																																										

Legend

argillous limestone
Limestone
Dolomite

شروع و یا پایان زون در نظر گرفته می‌شود. اولین رویداد زیستی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش قطب آباد، مشاهده حضور گونه *Aspidolithus parvus parvus* است. اولین حضور

حوادث زیستی در برش مورد مطالعه بررسی پراکندگی نانوفسیل‌ها در برش مورد مطالعه بیانگر ثبت اولین حضور و آخرین حضور گونه‌های شاخص است که به عنوان حوادث زیستی معرفی

Zone - زون نانو فسیلی *Aspidolithus parvus parvus*

در برش قطب‌آباد، حادثه زیستی ظهور گونه *A. parvus parvus* و سپس آخرین حضور گونه *M. furcatus* بیانگر محدوده ابتدا و انتهای این زون است. زون CC18 با زون UC14 از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. گونه‌های *Aspidolithus parvus constricta*, *B. hayi*, *R. levis*, *C. verbeekii* در نمونه‌های برداشت شده از قاعده گورپی مشاهده شد. آخرین حضور گونه *M. furcatus* در متر ۵۳ از شروع نهشته‌های سازند گورپی است. بنابر این ضخامت زون ۵۳ متر است. شاخص زونی تعیین کننده مرزهای فوقانی زیرزون-های (A. *parvus constricta*) UC14a^{TP}, UC14b^{TP} (*B. hayi*), UC14c^{TP} (*C. verbeekii*) در این زون مشاهده شد اما شاخص زونی مرز فوقانی زون UC14 (*M. pleniporus*) در نمونه‌های برداشت شده از قاعده گورپی ثبت نشد. سن این زون کامپانین پیشین و برخی از تجمعات فسیلی همراه در این زون شامل گونه‌های *A. parvus*, *A. parva constricta*, *A. cymbiformis*, *B. hayi*, *B. biglowii*, *C. ovalis*, *C. obscurus*, *C. platyrhethus*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Eiffellithus gorkae*, *E. eximius*, *E. turriseiffelii*, *L. carniolensis*, *L. grillii*, *L. cayeuxii*, *R. anthophorus*, *M. decussata*, *M. concava*, *R. angustus*, *M. furcatus*, *M. decoratus*, *Quadrum gothicum*, *R. levis*, *T. phacelosus*, *W. barnesiae*, *W. biporta* است.

Zone - زون نانو فسیلی *Calculites ovalis*

این زون از آخرین حضور گونه *M. furcatus* تا اولین حضور گونه *C. aculeus* ادامه دارد. زون CC19 با زیر زون UC15a^{TP} از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. همان‌طور که قبل به آن اشاره شد شاخص زونی تعیین کننده مرز بین زون‌های UC14- UC15a^{TP} (*M. pleniporus*) شناسایی نشد بنابراین مرز زون‌های مذکور قابل تفکیک نمی‌باشد. شاخص‌های زونی زیرزون‌های

این گونه در لایه مربوط به متر ۶ از زون زیستی CC18 از زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) (حدود 83.5Ma) و زیر زون UC14a^{TP} از تقسیم بندی بارنت (Burnett, 1998) در شروع کامپانین است. حادثه زیستی بعدی ثبت اولین حضور گونه-های *Aspidolithus parvus constricta*, *B. hayi*, *C. verbeekii*, *R. levis* در محدوده زون CC18 و سپس ثبت حادثه آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* در متر ۵۳ است که به عنوان حادثه معرف انتهای زون CC18 است. ظهور گونه *C. aculeus* در متر ۹۷ سومین حادثه قابل مشاهده برای تعیین مرز فوقانی زون CC19 در برش قطب آباد است. حوادث زیستی ثبت شده بعدی در این برش به ترتیب، ظهور گونه *Quadrum sissinghii* در متر ۱۵۴ و ظهور گونه *Quadrum trifidum* در متر ۲۳۰ از برش مورد مطالعه است که برای تعیین مرز فوقانی زون-های CC20 (اواخر کامپانین پیشین) و زون CC21 (اوایل کامپانین پسین) استفاده می‌شود. حوادث زیستی بعدی قابل مشاهده در برش قطب آباد به ترتیب آخرین حضور گونه *R. anthophorus* در متر ۲۴۵ حدود ۲۴۵ متر در بخش فوقانی زون CC22 به سن اواخر کامپانین پسین و آخرین حضور گونه *T. phacelosus* در متر ۲۹۵ در بخش فوقانی زون CC23 به سن اواخر اواخر کامپانین پسین- شروع ماسترشتین پیشین است. آخرین حضور گونه *R. levis* به عنوان حادثه معرف انتهای زون CC24 به سن ماسترشتین پیشین و اولین حضور گونه‌های *M. murus*, *Lithraphidites quadratus* در زون CC25 به سن ماسترشتین پسین از آخرین حوادث زیستی مشاهده شده در برش قطب آباد است. در این راستا بیوزون‌های تشخیص داده شده در سازند گورپی در برش قطب آباد به شرح ذیل معرفی می‌شود:

verbeekii, *R. levis*, *C. obscurus*, *R. anthophorus*, *E. eximius*, *E. turriseiffelii*, *T. phacelosus*, *M. decussata*, *M. decoratus*, *R. angustus*, *M. concava*, *E. gorkae*, *L. cayeuxii*, *L. grillii*, *L. carniolensis*, *U. sissinghii*, *Q. gothicum*, *W. biporta*

- زون نانو فسیلی *Quadrum trifidum Zone*

محدوده این زون در برش مورد مطالعه براساس حوادث زیستی اولین حضور گونه *U. trifidum* تا آخرین حضور گونه *R. anthophorus* است. زون CC22 با زیرزون‌های *UC15d^{TP}* و *UC15e^{TP}* از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. در این زون به دلیل عدم ثبت گونه *E. parallelus* امکان تفکیک زیرزون‌های *UC20d^{TP}* و *UC20e^{TP}* میسر نشد. سن این زون اواخر کامپانین پسین است. ضخامت این زون ۲۰ متر و مهم‌ترین تجمعات فسیلی همراه گونه‌های زیر است:

cymbiformis, *A. parvus constrictus*, *C. A. obscurus*, *C. aculeus*, *C. platyrhethus*, *E. eximius*, *E. turriseiffelii*, *L. carniolensis*, *L. grillii*, *W. barnesiae*, *W. biporta*, *M. decussata*, *R. levis*, *R. decoratus*, *M. anthophorus*, *R. angustus*, *T. decorus*, *T. phacelosus*, *Q. gothicum*, *U. sissinghii*, *Q. trifidum*,

- زون نانو فسیلی *Tranolithus phacelosus Zone*

این زون از آخرین حضور گونه *R. anthophorus* تا آخرین حضور گونه *T. orionatus* (*T. orionatus*) *T. phacelosus* شناسایی می‌شود. در این زون آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* سبب تقسیم زون به دو زیرزون می‌شود (Sissingh, 1977). این زون با زون‌های *UC16-UC17* مطابقت دارد. در این مطالعه زون *UC16* براساس آخرین حضور گونه *E. eximius* تا آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* براساس آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* تا آخرین حضور گونه‌های *Q. trifidum* و *T. orionatus* تعیین می‌شود. سن این زون اواخر کامپانین پسین-ماسترشترین پیشین است. ضخامت این زون ۵۰ متر

U.) UC15b^{TP}/c^{TP}, (*C. aculeus*) *UC15a^{TP}/b^{TP}* *U. trifidum*) *UC15c^{TP}/d^{TP}*, (*sissinghii* از این زون به بعد تعیین و ثبت شد. ضخامت این زون ۴۰ متر است. سن این زون اواخر کامپانین پیشین و برخی از گونه‌های همراه شناسایی شده در آن شامل *A. parvus parvus*, *A. parvus constrictus*, *C. obscurus*, *R. angustus*, *M. concava*, *M. decoratus*, *C. ovalis*, *E. turriseiffelii*, *E. eximius*, *E. gorkae*, *R. levis*, *L. carniolensis*, *C. verbeekii*, *B. biglowii*, *M. decussata*, *C. platyrhethus*, *L. grillii*, *L. cayeuxii*, *M. decussata*, *R. anthophorus*, *T. phacelosus*, *R. angustus*, *W. barnesiae*, *W. biporta* است.

- زون نانو فسیلی *Ceratolithoides aculeus Zone*

این زون از ظهور گونه *C. aculeus* تا ظهور گونه *U. sissinghii* تعریف می‌شود. زون *CC20* با زیرزون *UC15b^{TP}* از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. سن این بیوزون، اواخر کامپانین پیشین و ضخامت آن ۵۴ متر است. برخی از تجمعات فسیلی همراه در این زون شامل گونه‌های زیر است:

A. parvus constrictus, *A. parvus parvus*, *E. turriseiffelii*, *E. gorkae*, *C. aculeus*, *C. platyrhethus*, *E. eximius*, *T. phacelosus*, *R. anthophorus*, *Q. gothicum*, *R. angustus*, *C. verbeekii*, *M. decussata*, *M. decoratus*, *L. levis*, *L. carniolensis*, *W. cayeuxii*, *R. barnesiae*, *W. biporta*

- زون نانو فسیلی *Quadrum sissinghii Zone*

این زون در برش مورد مطالعه براساس ظهور گونه *U. sissinghii* تا ظهور گونه *U. trifidum* شناسایی می‌شود. زون *CC21* با زیرزون *UC15c^{TP}* از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. سن این زون اواخر کامپانین پیشین تا ابتدای کامپانین پسین است. ضخامت این زون ۷۸ متر و برخی از فسیل‌های همراه شناسایی شده گونه‌های زیر است:

A. cymbiformis, *A. parvus parvus*, *A. parvus constrictus*, *W. barnesiae*, *C. platyrhethus*, *C. arcuatus*, *C. aculeus*, *C.*

مطالعه شناسایی نشد، تعیین حد بالایی زون براساس ظهور گونه *Micula murus* صورت گرفت. براساس پیشنهاد سیسینگ (Sissingh, 1977)، زون CC25 را می‌توان به وسیله اولین حضور گونه *M. murus* و *L. quadrates* به زیرزون‌هایی تقسیم نمود (Perch-Nielsen, 1985). در این زون هر دو گونه ثبت شد و بنابراین زون مورد نظر به سه زیر زون a,b,c قابل تقسیم است. سن زون ماسترشتین پسین و ضخامت آن ۲۷ متر است. زون CC25 با زون UC19 و UC20(UC20a^{TP}- UC20b^{TP}) از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. مهم‌ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده در این زون شامل گونه‌های *Micula praemurus*, *Micula murus*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Thoracosphaera operculata*, *Watznaueria biporta*, *Watznaueria barnesiae*, *Micula decussata*, *Lithraphidites quadratus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Braarudosphaera biglowii* است.

بررسی تجمعات نانوفسیل‌های آهکی در حوضه رسوبی متعلق به برش قطب آباد، شمال شرق چهارم

نانوفسیل‌های آهکی بقایای فسیل شده جلبک‌های کوکولیتوفریدی هستند که اجزای اصلی رسوبات اقیانوسی را تشکیل می‌دهند و شاخص‌های مناسب برای بررسی شرایط پالئوآکولوژی دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، خصوصاً دوره مورد بحث در این تحقیق یعنی دوره کرتاسه هستند (Mutterlose et al, 2005; Shamrock and Watkins, 2009; Linnert et al, 2011). مهم‌ترین عواملی که فعالیت‌های حیاتی نانو پلانکتون‌ها را کنترل می‌کند درجه حرارت و مقدار مواد غذایی است (Linnert et al, 2011; Shamrock and Watkins, 2009; Mutterlose et al, 2005; Erba, 2004; Campbell et al, 2004; Herrle, 2003) و تغییرات تجمعات فسیلی این گروه می‌تواند بازتابی از

می‌باشد. مهم‌ترین فسیل‌های همراه در این زون گونه‌هایی زیر است:

Arkhangelskiella cymbiformis,
Braarudosphaera biglowii, *Chiastozygus*
platyrhethus, *Aspidolithus parvus*
constrictus, *Calculites obscurus*,
Ceratolithoides aculeus, *E. eximius*,
Eiffellithus turriseiffelii, *Tranolithus*
phacelosus, *Rhagodiscus angustus*,
Reinhardtites levis, *Lithraphidites*
carniolensis, *Micula decussata*,
Microrhabdulus decoratus, *Quadrum*
trifidum, *Quadrum Quadrum gothicum*,
sissinghii, *Watznaueria barnesiae*,
Watznaueria biporta

- زون نانو فسیلی *Reinhardtites levis* Zone

زون CC24 از آخرین حضور گونه *Tranolithus* (تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* شناسایی شد. این زون با زون UC18 از زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) مطابقت دارد. شاخص‌های زونی برای زون‌بندی بارنت (Burnett, 1998) و سیسینگ (Sissingh, 1977) در این زون یکسان است. سن این زون، اواخر ماسترشتین پیشین و ضخامت این زون ۱۳۳ متر است. مهم‌ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده در آن گونه‌های *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Ceratolithoides aculeus*, *Calculites obscurus*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Reinhardtites levis*, *Microrhabdulus decoratus*, *Prediscosphaera cretacea*, *Rhagodiscus angustus*, *Braarudosphaera biglowii*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Micula decussata*, *Micula concava*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* است.

-زون نانوفسیلی *Arkhangelskiella cymbiformis* Zone

این زون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا ظهور گونه *Nephrolithus frequens* ادامه دارد (Perch-Nielsen, 1985). البته از آنجائی که گونه *Nephrolithus frequens* در برش مورد

نتایج حاصل، حاکی از حضور غالب گونه‌های الیگوتروف در فاصله زون‌های CC19 تا CC24 در برش مورد مطالعه است. از سویی دیگر مطالعه تمرکز گونه‌های پنتالیتی نظیر *B. biglowii* و همچنین اهمیت بررسی هولوکوکولیت‌هایی نظیر گونه‌های *C. obscurus* و *L. cayeuxii* که معرف محیط‌های حاشیه‌ای و ساحلی هستند (Roth and Krumbach, 1986) و در تعیین محیط‌های مذکور نقش دارند بیانگر آن است که بخش تحتانی و فوقانی سازند گورپی (زون‌های CC18 و CC25) در شرایط محیطی کم عمق قرار داشته است. در مقابل، حضور گونه‌های هتروکوکولیت مانند *Eiffelithus eximius* و همچنین تمرکز گونه نانولیت نظیر *M. decussata* که تمرکزش با عمق رابطه مستقیم دارد (Thierstein, 1976) در فاصله زون‌های CC19 تا CC24 بیانگر وجود شرایط عمیق اقیانوسی است.

نتیجه‌گیری

بررسی پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در برش قطب‌آباد منجر به شناسایی ۳۷ گونه از ۲۲ جنس از نانوفسیل‌های آهکی با حفظ‌شدگی خوب شد. براساس این مطالعه، حادثه زیستی ظهور گونه *Aspidolithus parvus* و سپس آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* بیانگر سن کامپانین پیشین در شروع سازند گورپی و همچنین آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا ظهور و بخش گونه *Micula murus* بیانگر بازه زمانی بخش فوقانی سازند گورپی با سن ماسترشتین پسین است. براساس گونه‌های شاخص ثبت شده در توالی رسوبی، زون‌های زیستی *Aspidolithus parvus zone* تا *Arkhangelsiella cymbiformis zone* (CC18-CC25) که با زون‌های زیستی UC14-UC20b^{TP} مطابقت دارد مشخص شد. با توجه به مطالعه حاضر بر روی نانوفسیل‌های آهکی،

تغییرات دمایی و غذایی در محیط‌های اقیانوسی و دریایی گذشته برش یا حوضه مورد مطالعه باشد. در مطالعه حاضر براساس وابستگی‌های اکولوژیکی گونه‌های نانوپلانکتون‌ها و براساس نتایج به دست آمده از گزارشات محققین مختلف، تفسیرهایی مختصر برای شرایط حوضه رسوبی انجام شد. در این برش، غالب بودن حضور گونه‌های شاخص آب و هوای گرم نظیر *L. carniolensis*, *L. cayeuxii*, *Q. sissinghii*, *Q. trifidum*, *C. aculeus*, *C. obscurus*, *M. decorates*, *M. murus*, *M. decussata*, *L. quadratus*, *R. angustus*, *W. barnesiaie* بیانگر حاکمیت شرایط آب و هوای گرم در آب‌های سطحی حوضه رسوبی در زمان ته نشست برش قطب‌آباد در این بخش از زاگرس در عرض‌های جغرافیایی پایین است (Herrle, 2003; Huber et al, 2002; Tantawy, 2002; Watkins et al, 1996; Watkins, 1992; Mutterlose, 1989; Bralower, 1988; Thierstein, 1976, Friedrich and Meier, 2006; 1981). در این میان حضور گونه *W. barnesiaie* در نمونه‌های با حفظ‌شدگی خوب، بیانگر آب‌های سطحی گرم و شرایط الیگوتروفیک است (Tremolada et al, 2006; Linnert et al, 2011; Hardas et al, 2008; Mutterlose et al, 2005; Erba, 2004; Kessels et al, 2003; Williams and Bralower, 1995). علاوه بر این حضور گونه‌های *L. turriseiffelii*, *L. carniolensis*, *M. decoratus*, *R. angustus* در برش مورد مطالعه، بیانگر آب‌های الیگوتروفیک و با نرخ کم مواد غذایی است (Bralower, 2002; Mutterlose et al, 2005; Thibault, and Gardin, 2007; Linnert and Mutterlose, 2009; Thibault and Gardin, 2010; Linnert et al, 2011). در نقطه مقابل گونه‌های ذکر شده، گونه‌های متعلق به جنس‌های *Aspidolithus* و *Tranolithus* (*T. orionatus*) که تمایل بیشتری به شرایط مزوتروفیک و یوتروفیک دارند، (Linnert et al, 2010; Mutterlose, 2009; et al, 2010) طول توالی، با کاهش واضحی روبرو هستند. بنابراین

مطالعه در عرض‌های جغرافیایی پایین محرز می‌باشد.

وجود گونه‌های شاخص و تجمعات فسیلی همراه وجود آب و هوای گرم و قرار گرفتن برش مورد

منابع

پلانکتون سازندگوری درخاور بهبهان، فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۵، ص ۱۱۹-۱۲۶.
-فریدونپور، م.، وزیری مقدم، ح.، غبیشاوی، ع. و طاهری، ع.، ۱۳۹۳. چینه‌نگاری سازندگوری در برش تاق‌دیس کوه سیاه و مقایسه آن با برش‌های تنگ بوالفارس و تاق‌دیس آغار، رخساره‌های رسوبی، شماره ۷(۱)، ص ۱۰۶-۸۳.
-هادوی، ف. و شکری، ن.، ۱۳۸۸. نانوآستراتیگرافی سازندگوری در جنوب ایلام (برش کاور)، مجله رخساره‌های رسوبی، شماره ۲(۲)، ص ۲۱۷-۲۲۵.

-آقابات‌ی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
-حسینی فالچی، ب.، ۱۳۸۵. لیتواستراتیگرافی و نانوآستراتیگرافی سازندگوری در تاق‌دیس کوه منگشت و برش تاق‌دیس کمستان (منطقه ایذه)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۹۴ ص.
-درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین‌شناسی ایران، انتشارات نشر دانش امروز، ۹۰۱ ص.
-سنماری، س.، فضلی، ل. و عمرانی، م.، ۱۳۸۹. بررسی تطابق نانوپلانکتون‌های آهکی و روزنبران

-Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros Fold -Thrust belt in Iran: American Journal of Sciences, v. 307, p. 1064-1095.
-Bahrami, M. and Parvanehnezhad Shirazi, M., 2010. Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh Formations and the type of Mesozoic- Cenozoic boundary in Fars province, Iran: Journal of Applied Geology, v. 5(4), p. 330-335.
-Beiranvand, B. and Ghasemi-Nejad, E., 2013. High resolution planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Gurpi Formation, K/Pg boundary of the Izeh Zone, SW Iran: Revista Brasileira de Paleontologia, v. 16(1), p. 5-26.
-Bornemann, A., Aschwer, U. and Mutterlose, J., 2003. The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic-Cretaceous boundary:

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 199, p. 187-228.
-Bown, P.R. and Young, J.R., 1998. Techniques; In: Bown, P.R. (eds.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall, London, p. 16-28.
-Burnett, J.A., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (eds.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall Ltd. Kluwer Academic Publisher, London, p. 132-165.
-Bralower, T.J., 1988. Calcareous nannofossil biostratigraphy and assemblages of the Cenomanian-Turonian boundary interval: implications for the origin and timing of oceanic anoxia: Paleocyanography v. 3, p. 275-316.
-Bralower, T.J., Leckie, R.M., Sliter, W.V. and Thierstein, H.R., 1995. An integrated Cretaceous microfossil

- biostratigraphy. In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P. & Hardenbol, J. (eds.), *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*. SEPM special publication, p. 65-79.
- Bralower, T.J., 2002. Evidence of surface water oligotrophy during the Paleocene-Eocene thermal maximum: Nanofossil assemblage data from Ocean Drilling Program Site 690, Maud Rise, Weddell Sea: *Paleoceanography*, v. 17(2), p. 1-13.
- Bralower, T.J., 2005. Data report: Paleocene–Early Oligocene calcareous nanofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 Sites 1209, 1210, and 1211 (Shatsky Rise, Pasific Ocean). In: Bralower, T.J., Premoli Silva, I., Malone, M.J. (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, v. 198, p. 1-15.
- Campbell, R.J., Howe, R.W. and Rexilius, J.P., 2004. Middle Campanian–lowermost Maastrichtian nanofossil and foraminiferal biostratigraphy of the northwestern Australian margin: *Cretaceous Research*, v. 25, p. 827-864.
- Erba, E., 2004. Calcareous nanofossils and Mesozoic oceanic anoxic events: *Marine Micropaleontology*, v. 52, p. 85-106.
- Friedrich, O. and Meier, S., 2006. Suitability of stable oxygen and carbon isotopes of calcareous dinoflagellate cysts for paleoclimatic studies: Evidence from the Campanian- Maastrichtian cooling phase: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 239, p. 456-469.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. and Ogg, G.M., 2012. *The Geological Time Scale 2012*, Amsterdam, Elsevier, 2 vols., 1144 p.
- Hardas, P., Mutterlose, J., Friedrich, O. and Erbacher, J., 2008. A major biotic event in the middle Cenomanian equatorial Atlantic. In: Hardas, P. 2008, *The response of calcareous nanofossils to Oceanic Anoxic Event 2 and the Middle Cenomanian Event in the tropical Atlantic: Biostratigraphy and palaeoceanographic implications*, p. 84-129.
- Herrle, J.O., 2003. Reconstructing nutricline dynamics of mid-Cretaceous oceans evidence from calcareous nanofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France): *Marine Micropaleontology*, v. 47, p. 307-321.
- Heidari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W.J. and Ghazi, A.M., 2003. Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction: Part 1e *Sedimentology: Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. 193, p. 405-423.
- Huber, B.T., Norris, R.D. and MacLeod, K.G., 2002. Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous: *Geology*, v. 30, p. 123-126.
- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. *Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: AAPG Bulletin*, v. 49, p. 2182-2245.
- Kessels, K., Mutterlose, J. and Ruffel, A., 2003. Calcareous nanofossils from late Jurassic sediments of the Volga Basin (Russian Platform): evidence for productivity-controlled black shale deposition: *International Journal of Earth Sciences*, v. 92, p. 743-757.
- Linnert, C. and Mutterlose, J., 2009. Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian-Maastrichtian boundary interval: Calcareous nanofossils from DSDP Hole 390A (Black Nose): *Marine Micropaleontology*, v. 73, p. 26-36.
- Linnert, C., Mutterlose, J. and Erbacher, J., 2010. Calcareous nanofossils of the Cenomanian/Turonian boundary interval from the Boreal Realm (Wunstorf, northwest Germany): *Marine Micropaleontology*, v. 74, p. 38-58.

- Linnert, C., Mutterlose, J. and Herrle, J.O., 2011. Late Cretaceous (Cenomanian–Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 299, p. 507-528.
- Lees, J.A., 2002. Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean: *Cretaceous Research*, v. 23, p. 537-634.
- Mahanipour, A. and Najafpour, A., 2016. Calcareous nannofossil assemblages of the Late Campanian–Early Maastrichtian form Gurpi Formation (Dezful embayment, SW Iran): Evidence of a climate cooling event: *JGeope*, v. 6 (1), p. 129-148.
- Motiei, H., 2003. Stratigraphy of Zagros, Treatise on the geology of Iran. Tehran, Iran, Geology Survey Press, 583 p.
- Mutterlose, J., 1989. Temperature-controlled migration of calcareous nannofloras in the north-west European Aptian. In: Crux, J.A., van Heck, S.E. (eds.), *Nannofossils and their Applications. Proceedings of the International Nannofossil Association Conference*, London. Ellis Horwood, Chichester, p. 122-142.
- Mutterlose, J., Bornemann, A. and Herrle, J.O., 2005. Mesozoic calcareous nannofossils – state of the art: *Paläontologische Zeitschrift*, v. 79(1), p. 113-133.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M., et al. (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, p. 329-426.
- Roth, P.H., 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean Initial: Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 44, p. 731-760.
- Roth, P.H. and Krumbach, K.R., 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian oceans: implications for paleoceanography: *Marine Micropaleontology*, v. 10, p. 235-266.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton: *Geologie En Mijnbouw*, v. 56, p. 37-65.
- Shamrock, J.L. and Watkins, D.K., 2009. Evolution of the Cretaceous calcareous nannofossil genus *Eiffellithus* and its biostratigraphic significance: *Cretaceous Research Journal*, v. 30, p. 1083-1102.
- Tantawy, A.A.A.M., 2002. Calcareous nannofossil biostratigraphy and palaeoecology of the Cretaceous–Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt: *Marine Micropaleontology*, v. 47, p. 323-356.
- Thibault, N. and Gardin, S., 2007. The late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A: *Marine Micropaleontology*, v. 65, p. 163-184.
- Thibault, N. and Gardin, S., 2010. The calcareous nannofossil response to the end-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 291, p. 239-252.
- Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton Biostratigraphy of Marine Sediments: *Marine Micropaleontology*, v. 1, p. 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: a decade of progress*. SEPM Special Publication, p. 355-394.

- Tremolada, F., Erba, E. and 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*, v. 27, p. 887-897.
- Vaziri-Moghaddam, H., 2002. Biostratigraphic study of the Ilam and Gurpi Formations based on planktonic foraminifera in SE of Shiraz (Iran): *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, v. 13, p. 339-356.
- Villa, G., Fioroni, C., Pea, L., Bohaty, S. and Persico, D., 2008. Middle Eocene-late Oligocene climate variability: Calcareous nannofossil response at Kerguelen Plateau, Site 748: *Marine Micropaleontology*, v. 69, p. 173-192.
- Watkins, D.K., 1992. Upper Cretaceous nannofossils from Leg 120, Kerguelen plateau, southern ocean: *Proceedings of the Ocean Drilling program, scientific results*, v. 120, p. 343-370.
- Watkins, D.K., Wise Jr, S.W., Pospichal, J.J. and Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mokuilevsky, A., Whatley, R. (eds.), *Microfossils and oceanic environments*. University of Wales, Aberystwyth Press, p. 55-381.
- Williams, J.R., and Bralower, T.J., 1995. Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginiane-Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin: *Paleoceanography*, v. 10, p. 815-864.

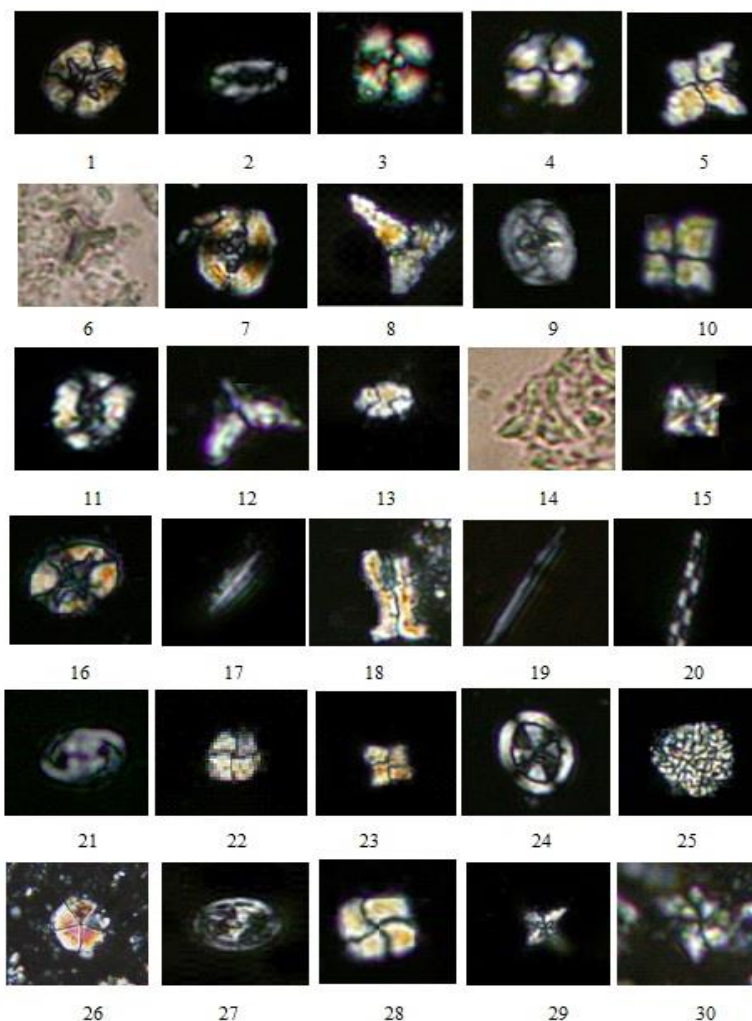


Plate: All figures magnification of $\times 1000$. **1.** *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965, (XPL); **2.** *Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971, (XPL); **3.** *Watznaueria* **4.** *Watznaueria biporta* Bukry, *barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968, (XPL); 1969; (XPL); **5.** *Quadrum sissinghii* Perch-Nielsen (1984b), (XPL); **6.** *Marhasterites furcatus* (Deflandre in Deflander and Fert, 1954) Deflander, 1959, (PPL); **7.** *Aspidolithus parvus constrictus* (Hattner et al., 1980) Perch-Nielsen (1984a), (XPL); **8.** *Quadrum trifidum* (Stradner) Prins & Perch-Nielsen 1977, (XPL); **9.** *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, (XPL); **10.** *Quadrum gothicum* (Deflandre, 1959) Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al. (1977); **11.** *Aspidolithus parvus parvus* (Stradner, 1963) Noel (1969); **12.** *Ceratolithoides arcuatus* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, (XPL); **13.** *Calculites obscurus* (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh in Sissingh (1977), (XPL); **14.** *Ceratolithoides verbeekii* Perch-Nielsen, 1979, (XPL); **15.** *Micula decussata* Vekshina (1959), (XPL); **16.** *Eiffellithus eximius* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968, (XPL); **17.** *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini (1964), (XPL); **18.** *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959, (XPL); **19.** *Lithraphidites carniolensis* Deflander, 1963, (XPL); **20.** *Microrhabdulus decoratus* Deflandre, 1959, (XPL); **21.** *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b (XPL); **22.** *Calculites ovalis* (Stradner, 1963) Prins & Sissingh in Sissingh (1977), (XPL); **23.** *Micula murus* (Martini, 1961) Bukry (1973), (XPL); **24.** *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 1959, (XPL); **25.** *Thoracosphaera operculata* Bramlette & Martini (1964), (XPL); **26.** *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud 1935) Deflandre 1947, (XPL); **27.** *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen (1968), (XPL); **28.** *Micula praemurus* (Bukry, 1973) Stradner & Steinmetz (1984); **29.** *Micula staurophora* (Gardet, 1955) Stradner, 1963, (XPL); **30.** *Lithastrinus grillii* Stradner (1962), (XPL).