



ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Record Bio-events and Study the Distribution of Calcareous Nannofossils in Cretaceous-Paleogene Sediments in the Jafarabad Section, Neo-Tethys Ocean Realm

Saeedeh Senemari^{1,*}, Behzad Saeedi Razavi²

¹ Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

² Research Assistant Professor Institute of Technology and Engineering, Standard Research Institute, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Code: A-10-1238-7

Article History:

Received: 2020/09/15

Revised: 2020/11/23

Accepted: 2020/11/11

Keywords:

Bio-events

Biostratigraphy

Cretaceous

Ilam

Paleogene

Zagros

*Corresponding author:

senemari2004@yahoo.com

ABSTRACT

In the present study, the sediments of the Gurpi Formation in the Jafarabad section located in the southeast of Ilam were examined from the point of view of calcareous nannofossils. The sediments of the upper part of Gurpi Formation with a thickness of about 42 m are composed of limy marl sediments. In this study, 35 species belonging to 23 genera from the group of calcareous nannoplankton were identified. In this formation, based on recorded bio-events, bio-zones CC25 (UC19TP-UC20aTP) to (CC26 (UC20bTP, UC20cTP, UC20dTP) in sediments belonging to the Upper Cretaceous followed by the bio-zone, NP4 (CNP6-CNP7), NP5 (CNP7-CNP8), NP6 (CNP8) were identified from Paleocene sediments in the upper part of the Gurpi Formation. According to the determined bio-zones, the age of the upper part of Gurpi Formation, late Maastrichtian (Cretaceous) to late Selandian (Middle Paleocene) was identified. In the present study, based on the absence of registration of NP1, NP2, NP3 bio-zones and the lack of fossil data, the boundary between Cretaceous and Paleogene in the upper part of this formation is proposed to be discontinuous. In addition, based on the record of bio-events from the group of calcareous nannofossils, which confirm the warm climate, the conditions prevailing in the sedimentary basin at the time of sedimentation of the Gurpi Formation are inferred with warm climate.



NUMBER OF TABLES

0



NUMBER OF FIGURES

3



NUMBER OF REFERENCES

40

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

ثبت رخدادهای زیستی و بررسی پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در رسوبات کرتاسه-پالئوژن در برش

جعفرآباد، قلمرو اقیانوس نئوتتیس

سعیده سنماری^{۱*}، بهزاد سعیدی رضوی^۲^۱ دانشیار دانشکده فنی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین ایران^۲ استادیار پژوهشی، پژوهشکده فناوری و مهندسی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۲۵/۶/۱۳۹۹	در مطالعه حاضر رسوبات سازند گورپی در برش جعفرآباد واقع در جنوب شرق ایلام از نقطه نظر ثبت نانوفسیل‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفت. رسوبات بخش فوقانی سازند گورپی با ستبرایی در حدود ۴۲ متر از رسوبات مارن آهکی تشکیل شده است. در این پژوهش ۳۵ گونه متعلق به ۲۳ جنس از گروه نانوپلانکتون‌های آهکی شناسایی شد. در این سازند بر مبنای رخدادهای زیستی ثبت شده، زون‌های زیستی (UC19 ^{TP} -UC20a ^{TP}) تا CC25 (UC19 ^{TP} -UC20a ^{TP}) تا CC26 (UC20b ^{TP} , UC20c ^{TP} -UC20d ^{TP}) در رسوبات متعلق به بازه زمانی کرتاسه پسین و به دنبال آن زیست زون‌های (CNP7-CNP8), NP6 (CNP8), NP5 (CNP7-CNP8), NP4 (CNP6-CNP7) از رسوبات متعلق به بازه زمانی پالئوسن در بخش فوقانی سازند گورپی تعیین شد. با توجه به زون‌های زیستی تعیین شده، سن بخش فوقانی سازند گورپی، ماسترتستین پسین (کرتاسه) تا سلان‌دین پسین (پالئوسن میانی) تعیین گردید. در مطالعه حاضر، بر اساس عدم ثبت زون‌های زیستی NP1, NP2, NP3 و فقدان داده‌های فسیلی، مرز بین کرتاسه و پالئوژن در بخش فوقانی این سازند ناپیوسته پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این، بر پایه ثبت رخدادهای زیستی از گروه نانوفسیل‌های آهکی، که موید آب و هوای گرم هستند، شرایط حاکم بر حوضه رسوبی در زمان رسوبگذاری سازند گورپی با آب و هوای گرم استنباط می‌شود.
تاریخ بازبینی: ۳/۹/۱۳۹۹	
تاریخ پذیرش: ۲۱/۸/۱۳۹۹	
واژگان کلیدی:	
ایلام	
پالئوژن	
رخدادهای زیستی	
زاگرس	
کرتاسه	
چینه‌نگاری زیستی	
*نویسنده مسئول	
✉ senemari2004@yahoo.com	

مقدمه

حوضه رسوبی زاگرس، پهنه چین‌خورده و رورانده‌ای در جنوب غرب ایران است که فرونشست‌های مداوم همراه با ضخامت زیاد از رسوبات کربناته، شیل و مارن را طی دوران‌های مزوزوییک و سنوزوییک در خود جای داده است [۱].

در میان توالی‌های رسوبی و سکنس‌های تشکیل دهنده حوضه زاگرس، رسوبات متعلق به سازند گورپی از جمله مهم‌ترین رسوبات در این حوضه رسوبی است که مرزهای آن در همه جا ویژگی‌های زمانی یکسانی ندارد. در این راستا، لایه‌های زیرین سازند گورپی در نواحی لرستان و ایلام به سن کامپانین (کرتاسه) و مرز فوقانی آن تا پالئوسن ادامه داشته، و در نواحی فارس و خوزستان مرز زیرین این سازند در سانتونین و مرز بالایی آن به ماسترتستین محدود می‌شود [۱]. در این سازند با توجه به ویژگی‌های خاص رسوبی نظیر دارا بودن خصوصیات سنگ منشأ و همچنین قرارگیری مرز کرتاسه-پالئوژن در بخش فوقانی سازند اهمیت آن دو چندان می‌باشد [۱، ۲].

در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی بر روی این سازند از جنبه‌های مختلف زمین‌شناسی انجام شده است. از بین این تحقیقات می‌توان به مطالعات ایزدی، ۱۳۸۶؛ بدری و همکاران، ۱۳۸۶؛ هادوی و همکاران، ۱۳۸۶؛ همتی نسب و همکاران، ۱۳۸۷؛ سنماری و همکاران، ۱۳۸۹؛ پرن‌دآور و همکاران، ۱۳۹۲؛ فریدونپور و همکاران، ۱۳۹۳؛ Razmjooei et al. (2018), Hadavi and Ezadi (2007), Mahanipour & Najafpour (2016), Najafpour et al. (2015), (2018), Foroughi & Aryanassab اشاره نمود [۳-۱۴]. با توجه به گستردگی توالی‌های رسوبی در حوضه رسوبی زاگرس، بویژه در استان ایلام، سکنس‌های کامل رسوبی طی کرتاسه تا پالئوسن وجود دارد که مطالعه آنها منجر به شناسایی کامل‌تر وضعیت حوضه رسوبی زاگرس در زمان گذشته می‌شود. بر این اساس، در مطالعه حاضر توالی رسوبی از بخش فوقانی سازند گورپی در برش جعفرآباد (میش‌خاص) براساس مطالعه نانوفسیل‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفت تا بر اساس آن پراکندگی و گسترش فونا در

۱. الگوی نانوآستراتیگرافی و مطالعه موقعیت مرز

کرتاسه-پالتوسن در برش مورد مطالعه

نانوفسیل‌های آهکی به دلیل گسترش جغرافیایی و تکامل سریع، از جمله مهمترین و مناسب‌ترین ابزارهای چینه‌نگاری زیستی برای تعیین بازه زمانی و تطابق لایه‌های رسوبی در دوران‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک محسوب می‌شوند [۲۱].

در دهه‌های اخیر زون‌بندی‌های مختلفی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی برای دوره‌های کرتاسه و پالتوسن ارائه گردیده [۱۹، ۲۰، ۲۲] که در نهایت توسط [۲۳] Perch-Nielsen (1985) به صورت زون‌بندی جامع جمع‌آوری شده است. در این بین، افرادی نظیر - Varol (1991) و Agnini et al. (2014) [۱۶، ۲۴] نیز زون‌بندی‌هایی را برای زمان پالتوسن ارائه نموده‌اند. در زون‌بندی انجام شده علامت اختصاری NP معرف نانوفسیل‌های پالتوسن (Nannofossil Paleogene) و علامت CNP معرف نانوفسیل‌های آهکی پالتوسن (Calcareous Nannofossil Paleocene) است.

در مطالعه حاضر ضمن شناسایی اجزای کامل تشکیل دهنده صفحات نانوفسیل‌های آهکی در بخش فوقانی سازند گورپی، تعداد ۳۵ گونه متعلق به ۲۳ جنس از این گروه فسیلی شناسایی شد که تصاویر برخی از مهم‌ترین آن‌ها در پلیت ارائه شده است. بر اساس گونه‌های ثبت شده، زون‌بندی لایه‌های متعلق به بخش فوقانی سازند گورپی بر مبنای اولین ظهور و آخرین حضور گونه‌های شاخص انجام گرفت که در نهایت بر اساس تطابق با زون‌بندی‌های استاندارد جهانی، منجر به شناسایی ۵ زون زیستی در برش مورد بررسی شد (شکل ۲).

در مطالعه حاضر حفظ‌شدگی گونه‌ها خوب و عاری از هر نوع خوردگی و رشد ثانویه بود.

۲. معرفی زیست‌زون‌های تعیین شده در قسمت فوقانی

سازند گورپی (بازه زمانی کرتاسه پسین)

گذر یاد شده برای سن کرتاسه فوقانی (ماسترشتین پسین) تقریباً ۴ Ma معادل با ۷۰-۶۶ بر پایه GTS [۲۵] است که مقارن با زون‌های CC25 و CC26 می‌باشد. این زون‌های زیستی در برش مورد مطالعه در ۱۸،۸ متری از آغاز بخش فوقانی سازند گورپی و در محدوده زمان ماسترشتین پسین به ثبت رسیده است.

۱-۲ *Arkhangelskiella cymbiformis* Zone (CC25/UC19^{TP}-UC20a^{TP})

این زون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین ظهور گونه *Nephrolithus frequens* تعریف می‌شود [۲۶]. زون مذکور توسط Perch-Nielsen (1985a) [۲۷] معرفی و توسط Sissingh (1977) [۱۹] تصحیح شده است.

در مطالعه حاضر آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* در قاعده توالی مورد مطالعه ثبت شد لکن گونه *Nephrolithus frequens*

زمان رسوبگذاری سازند و نیز موقعیت مرز کرتاسه- پالتوسن در آن تعیین شود.

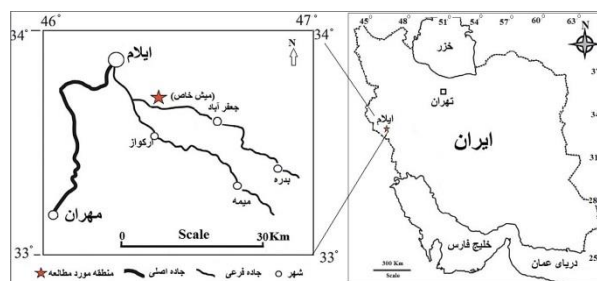
روش پژوهش

۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش

جعفرآباد

برش جعفرآباد در حدود ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی ایلام قرار دارد. دسترسی به برش مورد مطالعه از طریق مسیر جاده ایلام به بدره و سپس دره‌شهر است.

در این منطقه، سازند گورپی رخنمون کاملی داشته و بخش فوقانی آن از رسوبات مارن آهکی تشکیل شده است. مختصات جغرافیایی برش مورد مطالعه در موقعیت "۲۹°۴۶ طول شرقی و "۳۳°۳۳ عرض شمالی است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت برش جعفرآباد در جنوب شرقی ایلام و راه‌های دسترسی به آن (برش مورد مطالعه با ستاره مشخص شده است).

Fig 1: Location of Jafarabad section in the southeast of Ilam and ways to access it (section studied is marked with an asterisk).

۲. روش تحقیق و مطالعات آزمایشگاهی

ضخامت بخش فوقانی سازند گورپی در برش مورد مطالعه ۴۱،۹ متر (حدود ۴۲ متر) است که متشکل از رسوبات مارن آهکی است. نمونه‌برداری از این برش در فواصل ۱،۷۵ متر انجام گرفت. به منظور تعیین حوادث زیستی، زون‌بندی و مطالعه نانوفسیل‌ها تعداد ۳۲ نمونه از بخش فوقانی سازند گورپی برداشت شد. آماده‌سازی نمونه‌ها بر اساس روش اسمیر اسلاید (Smear slide) صورت گرفت [۱۵]. سپس اسلایدها توسط میکروسکوپ پلاریزان (المپوس BH2) در دو نور معمولی و پلاریزه با بزرگنمایی ۱۰۰۰ و روغن ایمرسیون مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور شناسایی گونه‌ها، بررسی رخدادهای زیستی و مطالعات تاکسونومی از منابع مختلفی همچون (1998) Burnett، Bolli (1985) و Agnini et al. (2014) استفاده شد [۱۶-۱۸]. همچنین برای مشخص نمودن تجمعات فسیلی و تعیین زون‌های زیستی، از زون‌بندی‌های ارائه شده توسط Burnett (1998) و Sissingh (1977) [۱۸، ۱۹] برای زمان کرتاسه، و زون‌بندی (1971) Martini و Agnini et al. (2014) [۱۶، ۲۰] برای پالتوسن استفاده شد.

بحث

گونه *Thoracosphaera operculata* مشخص گردید (نمونه ۱۷، ضخامت حدود ۱۹ متر). از سوی دیگر اولین ظهور گونه *Micula prinsii* در این زون ثبت شد (نمونه ۱۴، ضخامت ۱۵،۴ متر). لذا این زون با استفاده از اولین ظهور گونه *Micula prinsii* به دو زیرزون (CC26a) *Micula murus* subzone و *Micula prinsii* subzone (CC26b) تقسیم است.

زیرزون (CC26a) *Micula murus* subzone از اولین ظهور گونه *Micula murus* تا اولین ظهور گونه *Micula prinsii* ادامه دارد [۲۶]. این زیرزون با بخش زیرین زون زیستی CC26 از زون بندی (1977) Sissingh [۱۹] و زیرزون UC20c^{TP}- UC20b^{TP} از زون بندی (1998) Burnett [۲۱] همخوانی دارد و محدود به عرض‌های جغرافیایی پایین است [۳۱].

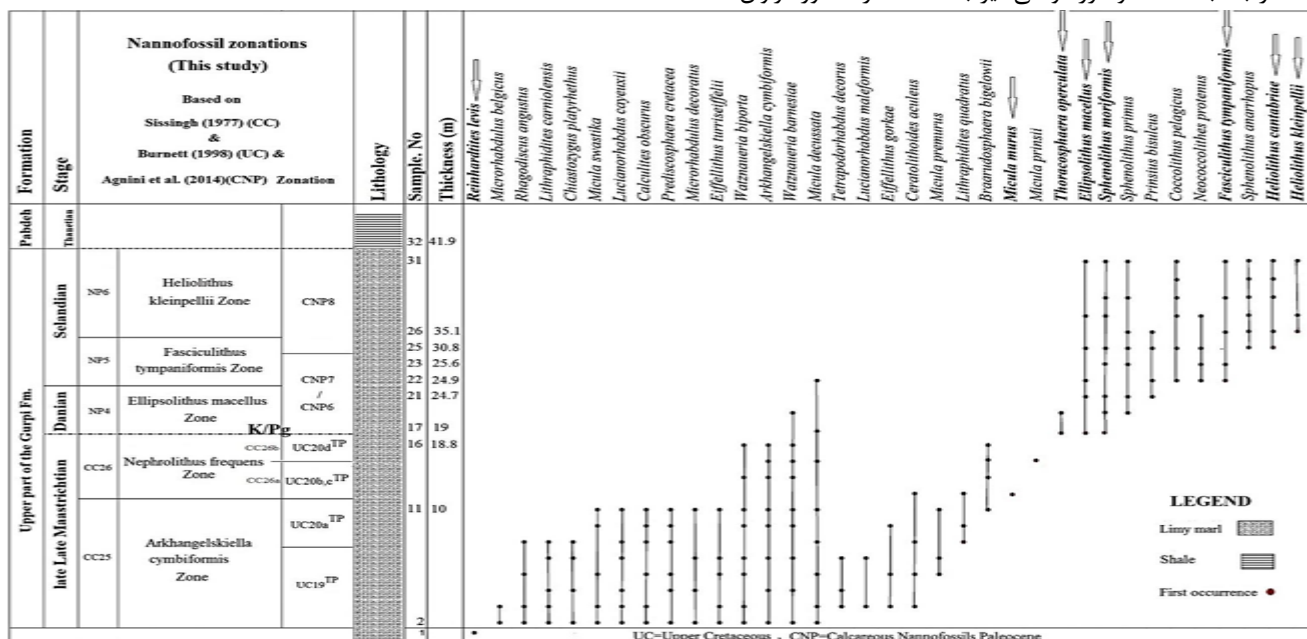
زیرزون *Micula prinsii* subzone (CC26b) از اولین ظهور گونه *Thoracosphaera operculata* تا اولین حضور فراوان گونه *Thoracosphaera operculata* ادامه دارد [۲۷]. این زیرزون با زیرزون UC20d^{TP} از زون بندی (1998) Burnett [۱۸] و همچنین با بخش فوقانی زون زیستی CC26 از زون بندی (1977) Sissingh [۱۹] همخوانی دارد [۳۱]. محدوده سنی زون تحت بررسی اواخر ماسترشتین پسین است [۲۶]. ضخامت اندازه گیری شده ۹ متر، جایی که اولین ظهور فراوان گونه *Thoracosphaera operculata* به همراه کاهش گونه‌های کرتاسه ثبت گردید.

مشاهده نگردید. با توجه به اینکه گونه *Nephrolithus frequens* شاخص عرض‌های جغرافیایی بالا بوده و در عرض‌های جغرافیایی پایین کمیاب است در بسیاری از مطالعات، اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* را معادل با اولین ظهور گونه *Micula murus* [۲۳، ۲۸] و یا اولین ظهور گونه *Ceratolithoides kamptneri* [۲۹] در نظر می‌گیرند.

در برش جعفرآباد گونه *Micula murus* به صورت نادر ثبت شد (نمونه ۱۱، ضخامت ۱۰ متر). در نتیجه مرز فوقانی زون بوسيله ظهور گونه *M. murus* مشخص شد. همچنین زون زیستی CC25 با زون UC19 و زیرزون UC20a^{TP} از زون بندی [۱۸] مطابقت دارد. محدوده سنی این زیست زون ماسترشتین پسین است [۲۶]. بنابراین از ابتدای محدوده مورد بررسی (قاعده بخش فوقانی سازند گورپی) تا ستبرای ۱۰ متری، جایی که اولین حضور گونه *Micula murus* ثبت شد، به زون Arkhangelskiella cymbiformis Zone تعلق دارد. بر این اساس ضخامت اندازه‌گیری شده این زون زیستی معادل ۱۰ متر است.

Nephrolithus frequens Zone (CC26/ UC20b, c^{TP} ۲-۳ - UC20d^{TP})

زون زیستی CC26 از اولین حضور تا آخرین حضور گونه *Nephrolithus frequens* تعریف می‌شود [۲۶]. این زون اولین بار توسط [۳۰] معرفی شد. همانطور که بیان شد در مطالعه حاضر گونه *Nephrolithus frequens* ثبت نگردید. مرز تحتانی زیست زون CC26 در بالا بحث شد و مرز فوقانی نیز با استفاده از حضور فراوان



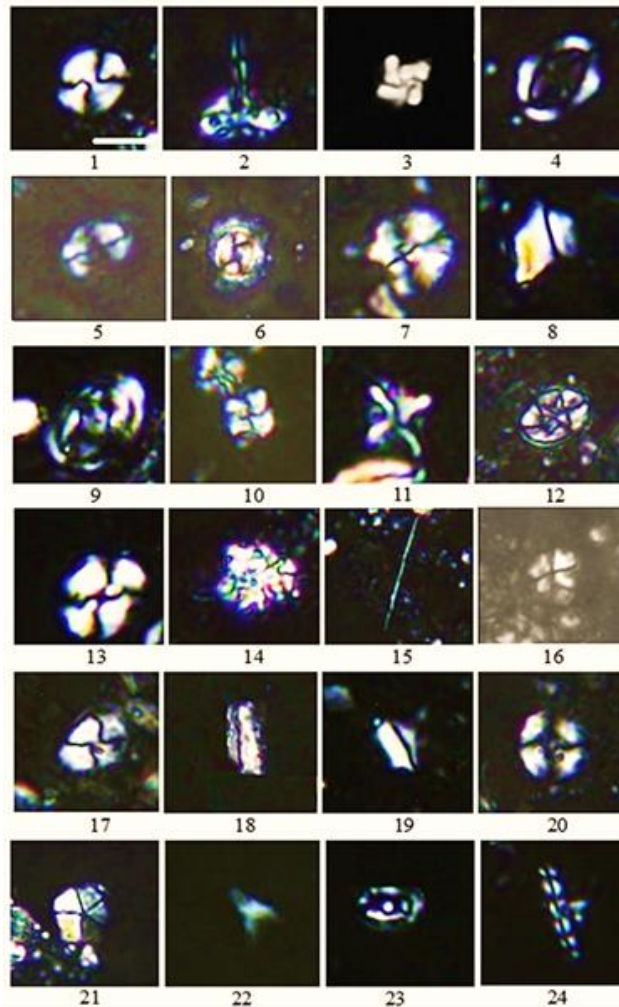


Plate: All figures in Light micrographs $\times 1000$; Scale bar: $5 \mu\text{m}$, The taxa considered in the present figure are referenced in Perch-Nielsen (1985) [26]; 1: *Watznaueria biporta* Bukry, 1969, (XPL); 2: *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky, 1912) Gartner, 1968, (XPL); 3: *Micula prinsii* Perch-Nielsen, 1979 [23]; 4: *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 1959; 5: *Ellipsolithus macellus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sullivan, 1964 (XPL); 6: *Coccolithus pelagicus* (Wallich 1877) Schiller, 1930, (XPL); 7: *Heliolithus kleinpellii* Sullivan, 1964, (XPL); 8: *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler in Hay et al., 1967, (XPL); 9: *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977 [19]; 10: *Micula murus* (Martini, 1961) Bukry, 1973; 11: *Micula decussata* Vekshina, 1959; 12: *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965; 13: *Watznaueria barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968; 14: *Thoracosphaera operculata* Bramlette & Martini 1964; 15: *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963; 16: *Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960) Bramlette & Wilcoxon, 1967, vertical; 17: *Calculites obscurus* (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977 [19]; 18: *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959; 19: *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini, 1964; 20: *Heliolithus cantabriae* Perch-Nielsen, 1971; 21: *Braarudosphaera bigelowii* (Gran and Braarud, 1935) Deflandre, 1947; 22: *Ceratolithoides aculeus* (Stradner, 1961) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, rotated with about 45° ; 23: *Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971; 24: *Microrhabdulus decoratus* Deflandre, 1959.

شکل ۲: رخدادهای زیستی، چینهنگاری زیستی در بخش فوقانی سازند گورپی در برش جعفرآباد، جنوب شرق ایلام.

Fig. 2: Biological events, biostratigraphy in the upper part of Gurpi Formation in Jafarabad section, southeast of Ilam

ثبت نگردید. از این رو براساس داده‌های نانوفسیلی، در بخش فوقانی سازند گورپی در برش جعفرآباد مرز بین کرتاسه-پالئوسن پیوستگی ندارد. شرح زون‌های زیستی شناسایی شده در این محدوده به قرار زیر است:

۳-۱) *Ellipsolithus macellus* Zone (NP4/CNP6-CNP7)

این زون از اولین ظهور گونه *Ellipsolithus macellus* آغاز و تا اولین ظهور گونه *Fasciculithus tympaniformis* ادامه دارد [۲۷]. زون NP4 توسط [۳۲] Martini (1970) معرفی شده است. در برش مورد مطالعه گونه‌های *Ellipsolithus macellus* (نمونه ۱۷، ضخامت ۱۹ متر) و *Fasciculithus tympaniformis* (نمونه ۲۲،

۳. معرفی زیست زون‌های تعیین شده در قسمت فوقانی سازند گورپی (بازه زمانی پالئوسن)

زون‌های تعیین شده در بالاترین بخش از سازند گورپی تقریباً ۳,۸ معادل ۶۲,۸-۵۹ بر پایه [۲۵] (Gradstein et al., 2012) GTS برای سن اواخر داینسپین-سلاندین پسین است که مقارن با زون‌های *Fasciculithus*, *Ellipsolithus macellus* Zone (NP4) *tympaniformis* Zone (NP5), *Heliolithus kleinpellii* Zone (NP6/CNP8) است. زون‌های زیستی ثبت شده در برش مورد مطالعه ۲۲,۹ متر از مارن‌های آهکی بخش فوقانی سازند گورپی را به خود اختصاص می‌دهند. در این برش زون‌های NP1, NP2, NP3

زون‌بندی (Agnini et al. (2014) [۱۶] اولین ظهور گونه‌های - *Heliolithus kleinpellii* و *Discoaster mohleri* است. در این مطالعه گونه *Discoaster mohleri* ثبت نشد از اینرو مرز بالایی زون مشخص نمی‌باشد. بازه زمانی این زون مطابق ثبت گونه شاخص *Heliolithus kleinpellii* و گونه‌های همراه سلان‌دین پسین است. با توجه به ثبت گونه *Heliolithus kleinpellii* در فوقانی‌ترین بخش سازند گورپی و حضور پیوسته گونه‌هایی نظیر *Ellipsolithus macellus* و *Heliolithus cantabriae* تا پایان محدوده مورد نظر، بخش ابتدایی زیست زون NP6 از اولین ظهور گونه *Heliolithus kleinpellii* تا پایان محدوده مشخص شد. بنابراین ضخامت این زون زیستی در پایانی‌ترین قسمت سازند گورپی ۶٫۸ متر می‌باشد.

۴. بررسی حوادث زیستی در برش جعفرآباد

از مهمترین وقف‌های زمانی در تاریخ زمین‌شناسی، حادثه انقراض شمار زیادی از گونه‌های مختلف در مرز کرتاسه-ترشیری (K/Pg) است. در این محدوده گروه زیادی از موجودات فسیلی خصوصاً نانوفسیل‌های آهکی منقرض شدند. مطالعه گسترش و پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در این محدوده موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است [۲۹، ۳۴، ۳۵]. Gardin در سال ۲۰۰۲ و Bown در سال ۲۰۰۵ معتقدند که تعدادی از گونه‌های کرتاسه که از مرز کرتاسه - پالئوژن عبور کرده‌اند، دستخوش انقراض قرار نگرفته، حتی در این محدوده (K/Pg) افزایش فراوانی گونه‌های مقاوم کرتاسه همچون *T. operculata* همراه با پیدایش گونه‌های جدید پالئوسن گزارش شده است [۲۹، ۳۶]. در این بررسی با توجه به اینکه نانوفسیل‌های آهکی از مهمترین و دقیق‌ترین ابزارهای چینه‌نگاری زیستی برای تعیین سن و نیز تطابق نهشته‌های رسوبی هستند، لذا از این گروه جهت مطالعه در محدوده زمانی مذکور در برش جعفرآباد استفاده شد. در برش مورد نظر بر پایه شواهد مربوط به نانوفسیل‌های آهکی، مرز کرتاسه-پالئوژن در بخش‌های فوقانی سازند گورپی قرار دارد. در این برش، در محدوده K/Pg کاهش چشمگیر در فراوانی نانوفسیل‌های آهکی کرتاسه ثبت شد. متعاقباً به سمت لایه‌های فوقانی‌تر سازند گورپی، به تدریج پیدایش گونه‌های جدید پالئوسن به همراه برخی از گونه‌های کرتاسه نظیر *T. operculata*، *W. barnesiae*، *M. decussata* ثبت گردید. در این مطالعه جهت بررسی حوادث زیستی نانوفسیل‌های آهکی، از الگوی زون‌بندی [۲۰] استفاده شد، سپس با زون‌بندی ارائه شده توسط (Agnini et al. (2014) [۱۶] و سایر برش‌ها در پهنه زاگرس مطابقت داده شد (شکل ۳).

۲۴٫۹ متر) ثبت شدند. سن این زون اواخر دانین پسین - سلان‌دین پیشین و ضخامت آن ۵٫۹ متر است. در این مطالعه زون‌زیستی NP4 بلافاصله بعد از زون‌زیستی CC26 قرار گرفته است. زون حاضر با زون CNP6 (شروع زون با اولین ظهور گونه *Sphenolithus moriformis*) و بخش تحتانی زون CNP7 (تا اولین ظهور گونه *Fasciculithus tympaniformis*) از زون‌بندی (Agnini et al. (2014) مطابقت دارد. البته در این زون بدلیل عدم ثبت گونه *Fasciculithus ulii*، امکان تفکیک مرز بین زون‌های CNP6 و CNP7 میسر نشد. از اینرو این محدوده (زون CNP6 تا بخش تحتانی زون CNP7) به صورت کلی از اولین ظهور گونه *Sphenolithus moriformis* (نمونه ۱۷، ضخامت ۱۹ متر) تا اولین ظهور گونه *Fasciculithus tympaniformis* (نمونه ۲۲، ۲۴٫۹ متر) در نظر گرفته شد.

۲-۳- *Fasciculithus tympaniformis* Zone (NP5/ CNP7- CNP8)

به طور متوالی پس از زون NP4، زون زیستی شناسایی شده در بخش فوقانی سازند گورپی زون *Fasciculithus tympaniformis* Zone است [۲۷]. این زون توسط Mohler & Hay (1967) معرفی شده است. این زون در برش مورد مطالعه از اولین ظهور گونه *Fasciculithus tympaniformis* (نمونه ۲۲، ۲۴٫۹ متر) تا اولین ظهور گونه *Heliolithus kleinpellii* (نمونه ۲۶، ۳۵٫۱ متر) ادامه دارد. همچنین در برش تحت بررسی اولین ظهور گونه *Heliolithus cantabriae* به عنوان شاخص مرز بالایی زون CNP7 در ضخامت ۳۰٫۸ متر در نمونه ۲۵ ثبت شد. این زون زیستی با بخش فوقانی زون CNP7 و بخش تحتانی زون CNP8 (اولین ظهور گونه *Heliolithus kleinpellii*) از زون‌بندی (Agnini et al. (2014) [۱۶] مطابقت دارد. زون مورد مطالعه معرف سن پالئوسن پسین (سلان‌دین پیشین) و ضخامت آن ۱۰٫۲ متر است.

۳-۳- *Heliolithus kleinpellii* Zone (NP6/ CNP8)

آخرین زون‌زیستی شناسایی شده در بخش فوقانی سازند گورپی زون *Heliolithus kleinpellii* Zone است. این زون توسط Mohler & Hay (1967) [۳۳] معرفی شده است. زون مورد مطالعه از اولین ظهور گونه *Heliolithus kleinpellii* (نمونه ۲۶، ۳۵٫۱ متر) تا اولین ظهور گونه *Discoaster mohleri* ادامه دارد [۲۷]. زون مذکور با بخش فوقانی زون CNP8 از زون‌بندی (Agnini et al. (2014) همخوانی دارد. شاخص‌های زونی برای بخش فوقانی زون CNP8 در

Age	Sissingh (1977) emended by Perch-Nielsen (1985) (CC) Cretaceous, Martini (1971) (NP)	Burnett (1998) Cretaceous (UC) Agnini et al. (2014) (CNP)	سنماری (1396) Kalkhehar section Irbil Zone	سنماری (1397) Bulfars section	Razmjooei et al. (2018) Fars Zone	Cham Ab section Ilam Province Senemari & Foroghi (2019)	Ilam Province Sheikh Makan section Parandavar et al. (2013)	This work Ilam Province Mishkhas Section
Thanetian	NP9							
	NP8	<i>Dmultiradi</i>	<i>Dmultiradiatus</i>					
	NP7	<i>Dnobilis</i> <i>Hradiellii</i> <i>Dmohleri</i>						
	NP6	<i>Hkleinpellii</i> <i>F. tympaniformis</i>	<i>Dmohleri</i> <i>Hkleinpellii</i> <i>Hcantabrie</i> <i>F. tympaniformis</i>	Unknown Zone				
Danian	NP5							
	NP4	<i>E. macellus</i>	<i>F. ulii</i> <i>S. moriformis</i> <i>C. bidens</i> <i>T. pectus</i>					
	NP3	<i>Ch. danicus</i>	<i>P. martini</i> <i>Cr. tenuis</i>					
	NP2	<i>Cr. tenuis</i>	<i>Ch. danicus</i> <i>Cr. tenuis</i>					
Maastrichtian	CC26	<i>N. frequens</i> <i>M. prinsii</i>	<i>UC10d</i> <i>M. prinsii</i> <i>C. campari</i>					
	CC25	<i>M. murus</i> <i>L. quadratus</i>	<i>UC10b</i> <i>M. murus</i> <i>UC20a</i> <i>L. quadratus</i> <i>UC19</i>					
	CC24	<i>R. levis</i>	<i>R. levis</i>					
	CC23	<i>T. phaeolus</i> <i>Q. trifidum</i> <i>A. p. contractus</i>	<i>UC18</i> <i>T. phaeolus</i> <i>T. tonatus</i> <i>Q. trifidum</i> <i>U. trifidum</i> <i>B. p. contractus</i> <i>UC17</i> <i>A. p. contractus</i>					
Campanian	late Campanian	<i>R. anthophorus</i> <i>A. parvus</i>	<i>UC16</i> <i>E. eximius</i> <i>R. anthophorus</i> <i>E. eximius</i>					

شکل ۳: چینه‌نگاری زیستی در بخش فوقانی سازند گورپی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی و موقعیت مرز آن با سازند پابده در برش جعفرآباد و مقایسه با برش‌های دیگر در پهنه زاگرس (خط قرمز) و زون‌های استاندارد جهانی.

Fig 3: Biostratigraphy in the upper part of Gurpi Formation based on calcareous nanofossils and its boundary position with Pabdeh Formation in Jafarabad section and comparison with other sections in Zagros zone (red line) and world standard zones

به طرف بالای محدوده مورد بررسی، پیدایش گونه‌های جدید پالئوسن ثبت شد بطوری که ظهور و پیدایش گونه *Ellipsolithus macellus* (نمونه ۱۷، ضخامت ۱۹ متر)، *Sphenolithus primus* (نمونه ۲۰، ۲۳، ضخامت ۲۵،۶ متر) و سپس *Fasciculithus tympaniformis* (نمونه ۲۲، ۲۴، ۲۵، ۲۶ متر) از جمله حوادث ثبت شده به سن دانین پسین-سلانین پیشین است که از حوادث قابل مشاهده در برش مورد بررسی در پالئوسن در زون NP4 می‌باشد. بدنبال این حوادث زیستی، آخرین حوادث واقع شده ظهور گونه *Heliolithus cantabrieae* (ضخامت ۳۰،۸ متر از نمونه ۲۵) و سپس ظهور گونه *Heliolithus kleinpellii* در نمونه ۲۶ و ضخامت ۳۵،۱ متر با سن سلانین پسین در زون NP5 است. در این مطالعه بر اساس تطابقی که با زون‌بندی‌های استاندارد جهانی انجام گرفته است، مرز کرتاسه به پالئوسن مطابق شاخص‌های نانوفسیلی ثبت شده پیوسته نمی‌باشد. این مرز قابل انطباق با مرز کرتاسه - پالئوسن (K/Pg) در سایر برش‌ها نظیر برش چم-آب در استان ایلام [۱۰]، برش بوالفارس در زون ایزه (سنماری، ۱۳۹۷)، برش شاه نشین در فارس (Razmjooei et al., 2018) است. در سایر برش‌ها نظیر زون ایلام (پزندآور و همکاران،

مهم‌ترین رویدادهای زیستی مربوط به نانوفسیل‌های آهکی در بخش فوقانی سازند گورپی در برش مورد مطالعه، ثبت آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* (اولین نمونه از شروع بخش فوقانی سازند گورپی) (نمونه ۱)، به سن ماسترشتین پسین است که از اولین حوادث قابل مشاهده در محدوده مورد بررسی می‌باشد. بدنبال این حادثه زیستی، مهم‌ترین حادثه بعدی ظهور گونه *Micula murus* بعنوان شاخص زیستی تعیین مرز فوقانی زون CC25 با سن ماسترشتین پسین است. از آنجائیکه گونه *Nephrolithus frequens* شاخص عرض‌های جغرافیایی بالا بوده و در عرض‌های جغرافیایی پایین کمیاب است [۲۶] لذا در بسیاری از مطالعات مربوط به عرض‌های جغرافیایی پایین از اولین حضور گونه *Micula murus* برای تعیین مرز فوقانی زون CC25 استفاده شده است. حوادث زیستی بعدی که در بخش فوقانی سازند گورپی مشاهده شد ثبت ظهور گونه *Micula prinsii* به عنوان شاخص زیستی تعیین مرز زیرزون‌های CC26a-b و سپس حضور فراوان گونه *Thoracosphaera operculata* در رأس زون CC26 به سن اواخر ماسترشتین پسین است. قابل ذکر است که در این قسمت با کاهش چشمگیر در فراوانی نانوفسیل‌های آهکی کرتاسه روبرو هستیم. متعاقباً

زیستی CNP6, CNP7, CNP8 از زون‌بندی ارائه شده توسط Agnini et al. (2014) در پالئوسن است. بر اساس ارزش چینه‌شناسی زون‌های زیستی معرفی شده، سن بخش فوقانی رسوبات سازند گورپی در برش مورد بررسی ماسترشتین پسین تا سلان‌دین پسین است. در برش حاضر بدلیل فقدان نانوفسیل‌های آهکی و عدم ثبت زون‌های زیستی NP1, NP2, NP3 و NP3 مرز بین رسوبات کرتاسه تا پالئوژن دارای ناپیوستگی است. [۳۲, ۳۸-۴۰]

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به یک میزان در نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

به این وسیله، نویسندگان این مقاله از کلیه کسانی که در این مطالعه نقشی داشته‌اند تشکر و قدردانی مینمایند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافی برای این مطالعه وجود ندارد.

References

- Aghanbati A. Geology of Iran. Geological Survey Publications, Tehran 2006.
- Motiei H. Stratigraphy of Zagros, Treatise on the geology of Iran. Tehran, Iran, Geology Survey Press 2003.
- Izadi M. Biostratigraphy of calcareous nanofossils of Gurpi Formation in Darrehshahr section, north of Kabirkooch anticline, M.Sc. thesis, Ferdowsi University of Mashhad. 2007. p. 128.
- Badri N, Kenya. And trust M. Nanostratigraphy of Gurpi Formation in Kuh-e Gach (Lar region), 26th Earth Sciences Conference 2007.
- Parandavar M, Mahanipour A, Aghanbati A, Hosseini A. Biostratigraphy of calcareous nanofossils in the upper part of Gurpi Formation The initial part of Pabdeh Formation (purple shale) in the northeastern edge of Gurpi Mountain anticline. *Quarter J Earth Sci.* 1392; **89**:187-198.
- Senemari S, Fazli L, Omrani M. Investigation of the compatibility of calcareous nanoplankton and planktonic ores in the Gurpi Formation in East Behbahan. *Quarter J Earth Sci.* 2010; **75**:119-126.
- Fereydoonpour M, Vaziri Moghaddam H, Ghabishawi A, Taheri A. Stratigraphy of the Gurpi Formation in the section of the Black Mountain anticline and its comparison with the narrow sections of Boalfars and Aghar anticline, Rokhsareh. *Magazine Sedimentar.* 2014; **7**(1):83-106.
- Hadavi F, Khosrotherani K, Senmari S. Biostratigraphy of Gurpi Formation based on calcareous nanoplankton in the north of Gachsaran. *Quarter J Earth Sci.* 2007; **64**:14-23.
- Hemtinsab M, Ghasemi Nejad A, Darvishzadeh B. Determining the ancient depth of the Gurpi Formation based on planktonic and benthic foraminifera. *J Sci Univ Tehran.* 2008; **34**(1):157-173.
- Foroughi F, Aryanasab MR. Biostratigraphy and paleoecology of Calcareous nanofossils from upper Gurpi and base of Pabdeh formations in Kuh-e Gurpi anticline, Zagros Basin, SW of Iran for demonstration of Kp/g boundary. The 36th national and the 3th International Geosciences Congress, Tehran, Iran 2018.
- Mahanipour A, Najafpour A. Calcareous nanofossil assemblages of the Late Campanian- Early Maastrichtian from Gurpi Formation (Dezful embayment, SW Iran): Evidence of a climate cooling event. *Geopersia.* 2016; **6**(1):129-148.
- Najafpour A, Mahanipour A, Dastanpour M. Calcareous nanofossil biostratigraphy of Late Campanian-Early Maastrichtian sediments in

و ایزده [۳۷] این مرز از نظر داده‌های فسیلی به صورت پیوسته گزارش شده است. از سویی دیگر آخرین زون شناسایی شده در بخش فوقانی سازند گورپی (مرز سازند گورپی - سازند پابده) در برش کلچنار زون NP6 (سلان‌دین)، در برش بوالفارس زون CC25 (ماسترشتین پسین)، در برش شاه نشین زون NP4 (دانین پسین)، در برش چم-آب زون NP3 (دانین پسین)، در برش شیخ‌مکان زون NP4 (دانین پسین) و در برش مورد بررسی (جعفرآباد) زون NP6 (سلان‌دین) است (شکل ۳).

نتیجه‌گیری

بررسی نانوفسیل‌های آهکی در رسوبات بخش فوقانی سازند گورپی در برش جعفرآباد منجر به شناسایی ۳۵ گونه متعلق به ۲۳ جنس شد. در برش مورد مطالعه بر اساس ثبت گونه‌های شاخص نانوفسیل‌های آهکی و تطابق با زون‌بندی‌های استاندارد جهانی، زیست‌زون‌های CC25, CC26 از کرتاسه پسین و زون‌های زیستی NP4, NP5, NP6 از بازه زمانی پالئوسن شناسایی شد.

در این مطالعه زیست‌زون‌های مذکور، قابل انطباق با زون‌های زیستی UC19TP, UC20aTP, UC20b-UC20cTP, UC20dTP ارائه شده توسط (Burnett 1998) از کرتاسه فوقانی و همچنین زون‌های

- southwest Iran. *Arabian J Geosci.* 2015;**8**:6037-6046. doi: 10.1007/s12517-014-1644-z
13. Razmjooei MJ, Thibault N, Kani A, Dinares-Turel J, Puceat E, Shahriari S, et al. Integrated bio- and carbon-isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous Gurpi Formation (Iran): A new reference for the eastern Tethys and its implications for large-scale correlation of stage boundaries. *Cretaceous Res.* 2018;**91**:312-340. doi: 10.1016/j.cretres.2018.07.002
 14. Hadavi F, Ezadi M. Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Dare- Shahr section (Zagros basin). The First MAPG International Convention Conference and Exhibition 2007.
 15. Bown PR, Young JR. Techniques. In: Bown, P.-R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London 1998.
 16. Agnini C, Fornaciari E, Raffi I, Catanzariti R, Palike H, Backman J, et al. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletter Stratigraph.* 2014;**7**(2):131-181. doi: 10.1127/0078-0421/2014/0042
 17. Bolli HM, Saunders JB, Perch-Nielsen K. *Plankton stratigraphy volume 1 Planktic foraminifera, Calcareous nannofossils and Calpionellids*, Cambridge University press 1985.
 18. Burnett JA. Upper cretaceous. In: Bown P.R. (Ed.), *Calcareous nannofossil Biostratigraphy*. Chapman & Hall, London. 1998:132-199. doi: 10.1007/978-94-011-4902-0_6
 19. Sissingh W. Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie En Minjbouw.* 1977;**56**:37-65.
 20. Martini E. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: Farniacci, A. (Ed.), *Proceedings, 2th International Conference on Planktonic Microfossils*. Rome, Italy. *Edizioni Tecnosci.* 1971;**2**:739-785.
 21. Bown PR. *Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy*; London; Chapman & Hall 1998.
 22. Okada H, Bukry D. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontol.* 1980;**5**:321-325. doi: 10.1016/0377-8398(80)90016-X
 23. Perch-Nielsen K. Remarks on Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the north atlantic. *Initial Report Deep Sea Drilling Project.* 1972;**12**:1003-1069. doi: 10.2973/dsdp.proc.12.115.1972
 24. Varol O. Paleocene calcareous nannofossil biostratigraphy. In: Crux J. A. van Heck S. E. (Eds.), *Nannofossils and their applications*. Chichester: Ellis Hoewood Limited, British Micropaleontological Society Series 1991.
 25. Gradstein FM, Ogg JG, Schmitz MD, Ogg GM. *The Geological Time Scale 2012*, Amsterdam, Elsevier, 2 Vols. 2012.
 26. Perch-Nielsen K. Mesozoic calcareous nannofossils; In: H.M. Bolli, J.B., Saunders, Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press 1985. 329-426 p.
 27. Perch-Nielsen K. Cenozoic Calcareous Nannofossils; In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press 1985.
 28. Roth PH. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. *Initial Rep Deep Sea Drill Project.* 1978;**44**:731-759. doi: 10.2973/dsdp.proc.44.134.1978
 29. Tantawy AA. Calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology of the Cretaceous-Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt. *Marine Micropaleontol.* 2003;**47**:323-356. doi: 10.1016/S0377-8398(02)00135-4
 30. Cepek P, Hay WW. Calcareous Nannoplankton and Biostratigraphic subdivision of the upper Cretaceous, *Trans. Gulf Coast Assoc Geol Soc.* 1969;**19**:323-333.
 31. Romein AJT. Lineages in Early Paleocene nannoplankton. *Utrecht Micropaleontol.* 1979;**22**:18-22.
 32. Martini E. Standard palaeogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature.* 1970;**226**(5245):560-561. doi: 10.1038/226560a0 pmid: 16057383
 33. Mohler HP, Hay WW. Calcareous nannoplankton from early Tertiary rocks at Pont Labau, France, and Paleocene- Eocene correlations. *J Paleontol.* 1967;**41**:1505-1541.
 34. Bown PR. Early to mid-Cretaceous calcareous nannoplankton from the northwest Pacific Ocean, ODP Leg 198, Shatsky Rise. In: Bralower, T.J., Premoli Silva, I., Malone, M.J. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program).* 2005;**198**:1-82. doi: 10.2973/odp.proc.sr.198.103.2005
 35. Gardin S. Late Maastrichtian to early Danian calcareous nannofossils at Elles (Northwest Tunisia. A tale of one million years across the K-T boundary. 2002.

36. Bernaola G, Monechi S. Calcareous nannofossil extinction and survivorship across the Cretaceous–Paleogene boundary at Walvis Ridge (ODP Hole 1262C, South Atlantic Ocean). *Palaeogeograph Palaeoclimatol Palaeoecol.* 2007;**255**:132-156. doi: [10.1016/j.palaeo.2007.02.045](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.02.045)
37. Senemari S. Biostratigraphy of calcareous nannofossils of Gurpi Formation in Kalchnar section in northwest of Izeh. *Quarter J Earth Sci.* 1396;**26**:287-294.
38. Senemari S. Biostratigraphy of Mesozoic-Cenozoic border based on calcareous nannofossils in Boalfars section, southwest of Iran. *Iran Geologic Quarter.* 1397;**12**:1-9.
39. Molina E, Alegret L, Arenillas I, Arz JA, Gallala N, Hardenbol J, et al. The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, "Tertiary", Cenozoic) at El Kef, Tunisia: Original definition and revision. Episodes. 2006;**29**(4):263-273. doi: [10.18814/epiugs/2006/v29i4/004](https://doi.org/10.18814/epiugs/2006/v29i4/004)
40. Senemari S, Foroghi F. Calcareous nannofossils biostratigraphy of the Campanian-Danian interval, Gurpi Formation in the Zagros Basin, southwest Iran. Geopersia 2019.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Senemari, S., Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

senemari2004@yahoo.com

Saeedi Razavi, B. Research Assistant Professor Institute of Technology and Engineering, Standard Research Institute, Karaj, Iran

bsaidi@standard.ac.ir



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Citation (Vancouver) Senemari S, Saeedi Razavi B. Record Bio-events and Study the Distribution of Calcareous Nannofossils in Cretaceous-Paleogene Sediments in the Jafarabad Section, Neo-Tethys Ocean Realm. *J. of Oceanography.* 2021; 12(45): 66-75.

<http://doi.org/10.52547/joc.12.45.66>

<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1585-fa.html>

<https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



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.