



<https://jssr.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches

E-ISSN: 2423-8007

Vol. 40, Issue 2, No. 95, Summer 2024, pp 59-86

Received: 20.05.2024

Accepted: 03.08.2024

Research Paper

Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Chenareh section based on calcareous nannofossils

Zeinab Bayat

PhD Student, Department of Sedimentary Basins and Petroleum, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
z_bayat@sbu.ac.ir

Anoshiravan Lotfali Kani* 

Associate Professor, Department of Sedimentary Basins and Petroleum, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
a-kani@sbu.ac.ir

Jahanbakhsh Daneshian

Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Kharazmi University, Tehran, Iran
daneshian@khu.ac.ir

Abstract

The Gurpi Formation was measured and sampled in a stratigraphic section located on the northern limb of the Chenareh anticline to the north of Andimeshk. The thickness of the Gurpi Formation in this section is 288.5 meters and its lower boundary with the Ilam Formation is abrupt while its upper boundary with purple shales of the Pabdeh Formation is gradual and continuous. Paleontological studies led to the identification of 67 species belonging to 45 genera from 20 families of calcareous nannofossils, which made it possible to recognize CC18 to CC26 biozones from Sissingh standard classification scheme and NP1 to NP5 biozones from Martini standard classification scheme equivalent to biozones CNP1 to CNP7 from Agnini et al.. Based on the identified biozones, the duration of deposition of the Gurpi Formation was determined to be early Campanian–Selandian. In this section, the Emam Hassan Limestone Member was recognized with a thickness of 112.8 meters having been deposited during the early Maastrichtian. Both the lower and the upper boundaries of the Emam Hassan Limestone Member within the Gurpi Formation are continuous and gradual. The position of the Campanian–Maastrichtian, Maastrichtian–Danian (Cretaceous–Paleogene) and Danian–Selandian transitions in the Gurpi Formation were also determined in the studied section.

Keywords: Gurpi Formation, Chenareh anticline, Calcareous nannofossils, Cretaceous–Paleogene transition

Introduction

The Gurpi Formation was deposited in a deep sedimentary basin during the Late Cretaceous–Paleocene in the geological zone of Zagros. The type section of the Gurpi Formation in Mount Gurpi located in Khuzestan province, consists of 320 meters of marls and bluish-gray shales and subtly includes thin layers of clayey limestones (Stöcklin and Setudehnia 1970). The Gurpi Formation has two formal members, Emam Hassan Limestone (light gray and weathered white) and Seymareh Limestone (brown in appearance), and an informal member called Mansuri limestone (Motiei 1993). The Type section of the Emam Hassan Limestone Member in Mount Emam Hassan, is located in Lorestan province and includes 114 meters of clayey limestones with interlayers of marls. The Emam Hassan Member is spread only in Lorestan and part of Khuzestan (Stöcklin and Setudehnia 1970).

Calcareous nannofossils are one of the most powerful tools used in the biostratigraphy of the Mesozoic (especially Cretaceous) and Cenozoic rocks, and they have always been emphasized in the Geologic Time Scale (GTS) along with foraminifera and ammonites. In many cases, in sediments with soft lithology such as the Gurpi Formation, using calcareous nannofossils, it leads to achieving a very clear biostratigraphic classification.

The age of the Gurpi Formation in Lorestan and part of Khuzestan is from Campanian to Paleocene and in Fars and another part of Khuzestan from Santonian to Maastrichtian. The Emam Hassan Limestone Member was deposited during the Maastrichtian period (Stöcklin and Setudehnia 1970). In the Lorestan subzone, recent paleontological studies in the Gurpi Formation often confirm the Campanian–Paleocene age range. But some studies also mentioned Santonian

*Corresponding author

Bayat Z., Kani A.L., Mehrabi H. and Daneshian J. (2024). Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Chenareh section based on calcareous nannofossils. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 40(2):59-86. <https://doi.org/10.22108/jssr.2024.140793.1278>

2423-8007 / © 2024 University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<https://doi.org/10.22108/jssr.2024.141481.1289>

(Hadavi and Rasaizadi 2009; Solgi 2015; Maghfouri Moghaddam 2015; Taherzadeh 2018; Mahmoodian 2019; Mohammadian 2019).

The purpose of this study is to investigate the lithostratigraphy and biostratigraphy (based on calcareous nannofossils) and finally to determine the age of the Gurpi Formation in the Chenareh section.

Material & Methods

Chenareh geological section is located in the Chenareh anticline, within the Lorestan subzone of the Zagros Basin (Fig. 1). The geographic location of this section is between two provinces of Lorestan and Khuzestan. Due to the lack of a complete succession outcrop, this section was taken as a composite section: The coordinates of the base and the top of the first part of the Chenareh section are respectively 32° 54' 03" N and 48° 06' 47" E and 32° 54' 32.45" N and 48° 05' 57" E (from base of the section to 279 meters). The coordinates of the base and the top of the second part of the section are respectively 32° 53' 86.22" N and 48° 08' 52.17" E and 32° 53' 89.22" N and 48° 08' 08.18" E (top final 21 meters). In total 194 samples were collected from 300 meters of thickness in this section, the first three samples (0–1 meter level of the section) belong to the Ilam Formation and the last eight samples (in the last 10.5 meters) belong to the Pabdeh Formation (Purple Shale Member). A total of 187 samples have been prepared for the study of nannofossils by the gravity-settling method of Bown and Young (1998). The prepared slides were studied by a Nikon Optiphot II Pol optical microscope equipped with a Nikon D-3300 digital camera at 1000x magnification. In order to identify calcareous nannofossils, a combination of references such as Perch-Nielsen (1985a and b), Young and Bown (1997), Young et al. (1997), Burnett (1998) and the Nannotax website were used. Biostratigraphic classification for the Late Cretaceous is based on the standard scheme of Sissingh (1977) revised by Perch-Nielsen (1985a) (CC) and for the Paleocene is based on the two schemes of Martini (1971) revised by Perch-Nielsen (1985b) (NP) and Agnini et al. (2014) (CNP).

Discussion of Results & Conclusions

The Gurpi Formation in the Chenareh section (288.5 meters thick) can be divided into seven lithological units and is predominantly composed of shales (including units 2, 3, 4, 6 and 7) interbedded with some argillaceous limestone layers and subordinate marls (units 1, 2) (Fig. 2). Unit 5 or the Emam Hassan Limestone Member is 112.8 meters thick.

According to the 1:100,000 geological map of Balarud (Sahabi and Macleod, 1969), the Gurpi Formation is covered by the Amiran Formation on the northern limb of the Chenareh anticline, and the Pabdeh Formation on its southern limb. Despite the presence of the Chenareh section on the northern limb, the top of the Gurpi Formation is definitely overlain by the Purple Shale Member of the Pabdeh Formation (Figs. 1 and 3).

The time of deposition of the Gurpi Formation was determined early Campanian up to the earliest part of the Selandian (the earliest part of NP5 biozone). The Emam Hassan Limestone Member was determined to have the earliest Maastrichtian age range (CC23b to CC25a). The last part of the Ilam Formation (last 1 m) was assigned to the middle of the early Campanian (biozone CC18a) and the beginning part of the Pabdeh Formation was assigned to the Selandian (NP5).

According to the field observations, the lower boundary of the Gurpi Formation with Ilam Formation is sharp while the upper boundary with the Purple Shales of the Pabdeh Formation is continuous and gradual. Based on the laboratory studies, the transition of the Ilam to Gurpi formations is ambiguous, but the boundary of Gurpi to Pabdeh formations is chronologically continuous. The lower and upper boundaries of the Emam Hassan Limestone Member within the Gurpi Formation based on both field observations and laboratory-obtained data are continuous and gradual.

Three stratigraphic transitions of Campanian–Maastrichtian, Maastrichtian–Danian (Mesozoic–Cenozoic) and Danian–Selandian were identified in the Chenareh section. The Campanian–Maastrichtian transition (Maastrichtian base) is placed within the immediate limestone-shale sequence of the base of the Emam Hassan Member and between the two events of the last appearance of *A. parvus* and the last appearance of *Q. trifidum* (closer to the last appearance of *A. parvus*). The Maastrichtian–Danian transition (Danian base) was identified by the first abundant appearance of the genus *Thoracosphaera* at the boundary between the shale-limestone sequence (unit 6) and the dark grey shales (unit 7). Thus, the first sample of the dark shales of unit 7 is attributed to the Danian age (NP1). The Danian–Selandian transitions (base of Selandian) was determined based on the first appearance of *Fasciculithus ulii* and *F. billii*, *F. jani*, *F. pileatus* within the dark grey shales of unit 7 (the last sample in unit 7) and immediately before the beginning of the base of the Purple Shales (Fig. 6).

مقاله پژوهشی

زیست چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس چناره براساس نانوفسیل‌های آهکی

زینب بیات، دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید

بهشتی، تهران، ایران

z_bayat@sbu.ac.ir

انوشیروان لطفعلی کنی^{id*}، دانشیار، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

a-kani@sbu.ac.ir

جهانبخش دانشیان، استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

daneshian@khu.ac.ir

چکیده

نهشته‌های سازند گورپی در برشی واقع در یال شمالی تاقدیس چناره در شمال اندیمشک، نمونه‌برداری و مطالعه شد. ضخامت سازند گورپی در این برش ۲۸۸/۵ متر است. در این برش مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام به صورت ناگهانی و مرز بالایی آن با شیل‌های ارغوانی سازند پابده به صورت پیوسته و تدریجی مشاهده شده است. مطالعات فسیل‌شناسی به شناسایی ۶۷ گونه متعلق به ۴۵ جنس از ۲۰ خانواده از نانوفسیل‌های آهکی منجر شد که امکان تبیین بیوزون‌های CC18 تا CC26 از طبقه‌بندی استاندارد Sissingh 1977 و بیوزون‌های استاندارد NP1 تا NP5 از طبقه‌بندی 1971 Martini معادل با بیوزون‌های CNP1 تا CNP7 از Agnini et al. 2014 را فراهم آورده است. بر پایه بیوزون‌های شناسایی شده، بازه زمانی ته‌نشست سازند گورپی در برش چناره کامپانین پیشین - سلاندین تشخیص داده شد. در این برش عضو آهک امام حسن با ضخامت ۱۱۲/۸ متر و دارای محدوده سنی مائستریشتین پیشین تعیین شد. مرز زیرین و بالایی عضو آهک امام حسن درون سازند گورپی هر دو، پیوسته و تدریجی است. موقعیت گذر کامپانین - مائستریشتین، مائستریشتین - دانین (کرتاسه - پالئوژن) و دانین - سلاندین در سازند گورپی در برش مطالعه شده، قابل رهگیری است.

واژه‌های کلیدی: سازند گورپی، تاقدیس چناره، نانوفسیل‌های آهکی، گذر کرتاسه - پالئوژن

* نویسنده مسئول

بیات، زینب؛ لطفعلی کنی، انوشیروان و دانشیان، جهانبخش. (۱۴۰۳). زیست چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس چناره براساس نانوفسیل‌های آهکی. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۴۰(۲): ۵۹-۸۶. <https://doi.org/10.22108/jssr.2024.141481.1289>



مقدمه

پیشینه پژوهش

سازند گورپی در زون زمین‌شناسی زاگرس در زمان کرتاسهٔ پسین - پالئوسن، در یک حوضهٔ رسوبی عمیق نهشته شده است. برش نمونهٔ سازند گورپی در کوه گورپی واقع در استان خوزستان، شامل ۳۲۰ متر مارن و شیل‌های خاکستری مایل به آبی و به صورت فرعی شامل لایه‌های نازک از آهک رسی اندازه‌گیری شده است (Stocklin and Setudenhia 1970). سازند گورپی، دو عضو رسمی آهکی به نام‌های عضو آهک امام حسن (به رنگ خاکستری روشن و هوازده سفید) و عضو آهک سیمره (به رنگ ظاهری قهوه‌ای) و یک عضو غیررسمی به نام آهک منصوری می‌باشد (Motiei 1993). برش نمونه عضو آهک امام حسن در کوه امام حسن واقع در زیر پهنه لرستان (استان کرمانشاه)، شامل ۱۱۴ متر از سنگ آهک رسی با میان‌لایه‌هایی از مارن است. عضو امام حسن تنها در زیر پهنه لرستان و بخشی از خوزستان گسترش دارد. سن سازند گورپی در زیر پهنه لرستان و بخشی از خوزستان، از کامپانین تا پالئوسن و در فارس و قسمتی دیگر از خوزستان از سانتونین تا مائستریشتین نهشته شده است. عضو آهک امام حسن در زمان مائستریشتین نهشته شده است (Stocklin and Setudenhia 1970).

نانوفسیل‌های آهکی یکی از قدرتمندترین ابزارهای مورد استفاده در زیست چینه‌نگاری دوران‌های مزوزوئیک (به خصوص کرتاسه) و سنوزوئیک به شمار می‌روند و همواره در مقیاس زمان زمین‌شناسی (Geologic Time Scale) یا GTS در کنار فرامینفرها و آمونیت‌ها تأکید شده‌اند. در بسیاری از موارد در رسوبات با لیتولوژی نرم، چون سازند گورپی، با استفاده از نانوفسیل‌های آهکی به سهولت، به طبقه‌بندی زیست چینه‌نگاری بسیار صریحی دست می‌یابیم.

در زیرپهنه لرستان، مطالعات اخیر فسیل‌شناسی در سازند گورپی بیشتر محدودهٔ سنی کامپانین - پالئوسن را تأیید می‌کنند؛ اما برخی مطالعات به سانتونین نیز اشاره کردند (Hadavi and Rasaizadi 2009; Solgi 2015; Maghfouri Moghaddam 2015; Taherzadeh 2018; Mahmoodian 2019; Mohammadian 2019).

طی سال‌های اخیر، مطالعات جامع نانوفسیل‌شناسی بر روی سازند گورپی در زیرپهنه لرستان (شامل سه استان کرمانشاه، ایلام و لرستان) از حوضهٔ زاگرس انجام شده است؛ برای مثال، Hadavi and Rasaizadi 2009 برش دره‌شهر در تاق‌دیس کبیرکوه، سانتونین پسین تا ابتدای دانین، Hadavi and Shokri 2010 برش کاور در تاق‌دیس اناران، کامپانین پیشین تا دانین پیشین، Gohari 2010 برش تاق‌دیس سیاه‌کوه، کامپانین پیشین تا ابتدای پالئوسن پیشین، Sina et al., 2011 برش پلدختر واقع در تاق‌دیس کوه سلطان، کامپانین پیشین تا مائستریشتین، Esfandiyari 2015 برش تاق‌دیس سورگاه، کامپانین پیشین تا ابتدای دانین، Shahriyari 2018 چهار برش چینه‌شناسی در تاق‌دیس‌های کبیرکوه (دو برش)، سمند و اناران، کامپانین پسین تا تانتین و Senemari and Foroughi 2019 برش چم‌آب، کامپانین پیشین تا دانین پسین را مطالعه کرده‌اند. چنان‌که مشاهده می‌شود، زیست‌چینه‌نگاری برحسب نانوفسیل‌ها در زیر پهنه لرستان عمدتاً نشان‌دهندهٔ محدودهٔ زمانی کامپانین تا پالئوسن می‌باشد، به‌طوری که گذر مزوزوئیک به سنوزوئیک در افق‌های انتهایی سازند گورپی قرار می‌گیرد. همچنین مطالعات زیست‌چینه‌نگاری برحسب فرامینفرها نیز مؤید همان نتایج بوده است؛ ازجمله Ghourchaei 2006 برش دره‌شهر در تاق‌دیس کبیرکوه، کامپانین پسین - سلان‌دین، Hemmati Nasab 2008 برش کاور در تاق‌دیس اناران، کامپانین میانی - سلان‌دین - تانتین؟ Moradi 2010 برش چینه‌شناسی فرهادآباد واقع در تاق‌دیس کبیرکوه، کامپانین میانی - پالئوسن پسین، Asgharian Rostami 2012 برش میش خاص در تاق‌دیس سورگاه، کامپانین پیشین - سلان‌دین، Bakhshandeh et al. 2015 برش بانروشان در تاق‌دیس انجیر، کامپانین پیشین - پالئوسن و Amiri 2019 برش بیشه‌دراز در تاق‌دیس اناران، کامپانین پسین - سلان‌دین - تانتین ؟

سازند گورپی در تاق‌دیس چناره، پیش‌تر در سه برش مجزا از لحاظ فسیل‌شناسی و رسوب‌شناسی مطالعه شده است. اولین

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

برش چناره طی دو دوره عملیات صحرایی در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، نمونه‌برداری شد. از ۳۰۰ متر ضخامت در این برش، ۱۹۴ نمونه برداشت شد که ۳ نمونه اول (در ۱ متر ابتدایی) متعلق به سازند ایلام و ۸ نمونه پایانی (در ۱۰/۵ متر انتهایی) متعلق به سازند پابده (عضو شیل ارغوانی) است. نمونه‌برداری سیستماتیک در فاصله ۱/۵ متری انجام شده است، اما بسته به تغییرات لیتولوژی در مواردی کم‌تر یا بیشتر شده است. در مجموع ۱۸۷ نمونه به منظور مطالعه نانوفسیل‌ها به روش ته‌نشست ثقلی (Gravity Settling) Bown and Young 1998 آماده‌سازی شده است.

روش انجام مطالعه

اسلایدهای آماده‌شده با میکروسکوپ نوری مدل Nikon Optiphot II Pol مجهز به دوربین دیجیتال مدل Nikon D-3300 در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر مطالعه شد. به منظور شناسایی نانوفسیل‌های آهکی، به‌طور ترکیبی از منابعی چون Young & Bown 1997, Perch-Nielsen, 1985a and b, 1997, Young et al. 1997 و پایگاه اینترنتی Nannotax استفاده شد. پس از شناسایی دقیق گونه‌های نانوفسیلی، ثبت پراکندگی و گسترش چینه‌شناسی آنها، طبقه‌بندی زیست چینه‌نگاری برای بخش کرتاسه پسین براساس الگوی استاندارد Sissingh 1977 بازبینی شده به وسیله Perch-Nielsen 1985a (با پیشنهاد CC) و برای بخش پالئوسن براساس دو الگوی Martini 1971 بازبینی شده توسط Perch-Nielsen 1985b (با پیشنهاد NP) و Agnini et al. 2014 (با پیشنهاد CNP) انجام و سن واحدهای ارزیابی شده تبیین شد.

بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش

سنگ چینه‌نگاری

ضخامت سازند گورپی در برش سطح الارضی چناره، ۲۸۸/۵ متر اندازه‌گیری شد. ضخامت کل برش ۳۰۰ متر، شامل ۱ متر

بار Afrouzeh 2016 برشی به ضخامت ۱۴۰ متر، واقع در یال جنوبی تاق‌دیس چناره را برداشت و برحسب فرامینفرهای پلانکتون، سن کامپانین پیشین تا مائستریشتین را تعیین کرد (Afrouzeh 2016 and Maghfouri Moghaddam and Afrouzeh 2021). Farmani 2017 برشی به ضخامت ۱۲۵ متر، واقع در یال جنوبی این تاق‌دیس را برداشت و برحسب فرامینفرهای پلانکتون و پالینومرف‌ها، محدوده سنی کامپانین پسین تا سلان‌دین را تعیین کرد (Farmani 2017 and Farmani et al. 2020). Mobasheri 2022 برشی به ضخامت ۲۷۰ متر، واقع در یال شمالی تاق‌دیس چناره را برداشت و مطالعات تخصصی رسوب‌شناسی را در منطقه بررسی کرده است.

روش کار و شیوه انجام مطالعه

موقعیت جغرافیایی و جایگاه زمین‌شناسی برش مطالعه‌شده

از نظر زمین‌شناسی، برش مورد مطالعه در تاق‌دیس چناره واقع در زون زاگرس، زیرزون زاگرس چین‌خورده و در زیر پهنه لرستان قرار گرفته است (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این برش، بین دو استان لرستان و خوزستان (شهرستان‌های پلدختر و اندیمشک) قرار دارد. محل برش در میانه آزادراه خرم‌آباد- اندیمشک قرار دارد که با توجه به عدم رخنمون یک توالی کامل، برش به صورت ترکیبی برداشت گردید: مختصات ابتدا و انتهای بخش اول برش به ترتیب ۵۴° ۰۳' عرض شمالی و ۴۸° ۰۶' ۴۷" طول شرقی و ۴۵° ۳۲' ۵۴" عرض شمالی و ۴۸° ۰۵' ۵۷" طول شرقی است (شامل ۲۷۹ متر، ابتدای برش و واقع در سمت چپ آزادراه خرم‌آباد- اندیمشک در شهرستان پلدختر).

مختصات ابتدا و انتهای بخش دوم برش، به ترتیب ۳۲° ۵۳' ۲۲/۸۶" عرض شمالی، ۴۸° ۰۸' ۱۷/۵۲" طول شرقی، ۳۲° ۵۳' ۲۲/۸۹" عرض شمالی و ۴۸° ۰۸' ۱۸/۰۸" طول شرقی است (شامل ۲۱ متر انتهایی برش و واقع در سمت راست آزادراه خرم‌آباد- اندیمشک در شهرستان اندیمشک).

رأس سازند ایلام و ۱۰/۵ متر ابتدای سازند پابده (شیل ارغوانی) می‌باشد (شکل ۲). در این برش عضو آهکی امام حسن با ضخامت ۱۱۲/۸ متر مشاهده شد. توالی سنگی سازند گورپی در این برش، بر پایه مشاهدات صحرایی به ۷ واحد تقسیم‌پذیر است که به ترتیب از قاعده به سمت رأس عبارت‌اند از (شکل‌های ۲ و ۳):

مرز زیرین: با سازند ایلام (۱ متر) به‌طور ناگهانی (جایگزینی یک‌باره توالی سنگ‌آهک‌های خاکستری روشن به مارن خاکستری) و بدون هیچ‌گونه آثار فرسایشی است.

واحد ۱: مارن خاکستری‌رنگ به ضخامت تقریبی ۱۲ متر؛

واحد ۲: تناوب مارن و شیل خاکستری‌رنگ به ضخامت

تقریبی ۱۶ متر؛

واحد ۳: شیل خاکستری‌رنگ به ضخامت تقریبی ۱۸ متر؛

واحد ۴: تناوب شیل و سنگ‌آهک به ضخامت تقریبی ۴۷

متر؛

واحد ۵: مجموعه‌ای از عمدتاً سنگ‌آهک - سنگ‌آهک

مارنی با میان‌لایه‌هایی معدود از شیل سخت و آهکی (به رنگ

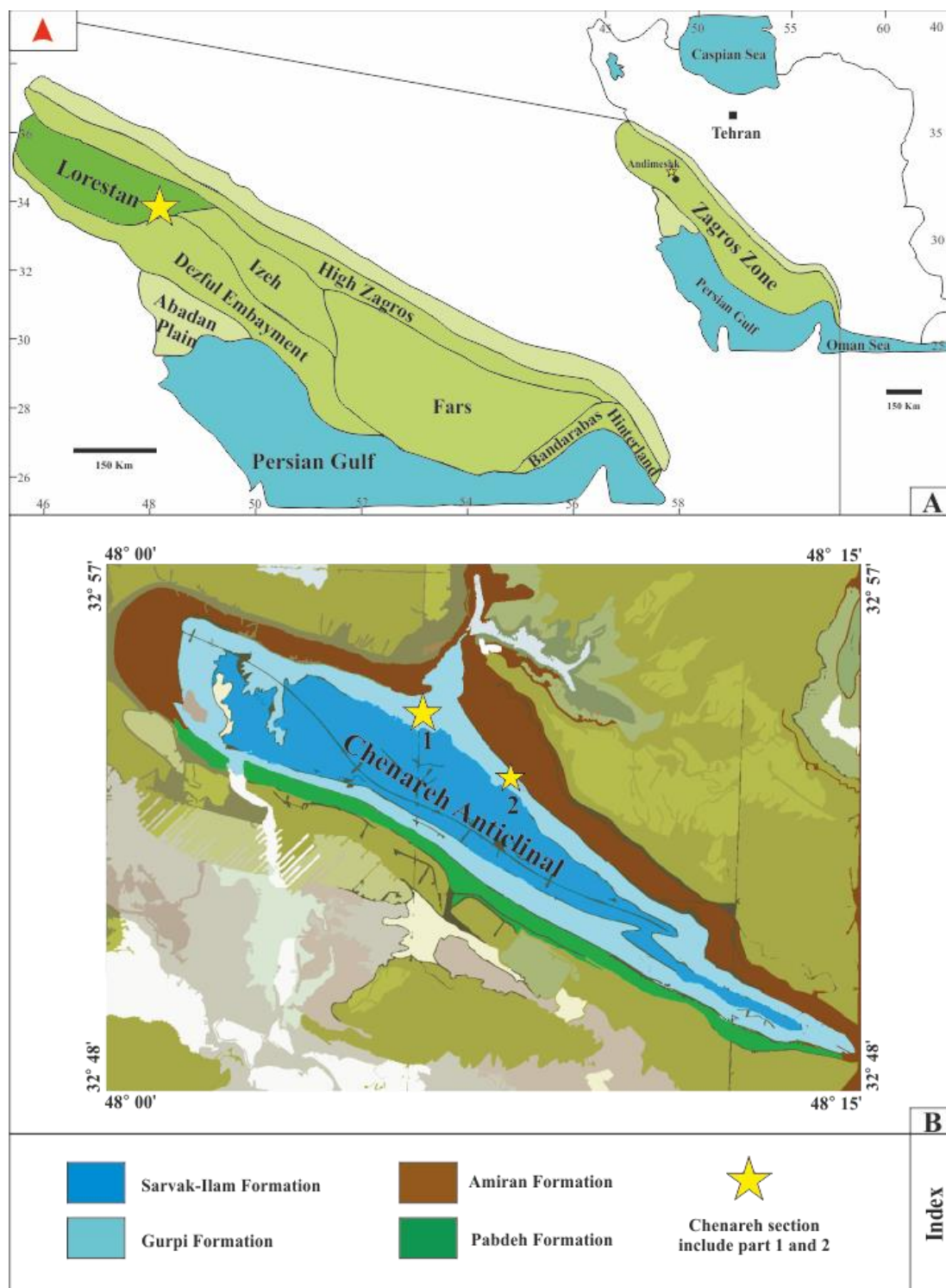
روشن متمایل به کرم) به ضخامت تقریبی ۱۱۳ متر. سنگ‌آهک‌ها عمدتاً نازک‌لایه تا متوسط‌لایه‌اند (عضو آهکی امام حسن)؛

واحد ۶: تناوب شیل و سنگ‌آهک به ضخامت تقریبی ۵۶ متر؛

واحد ۷: شیل خاکستری تیره به ضخامت تقریبی ۲۷ متر.

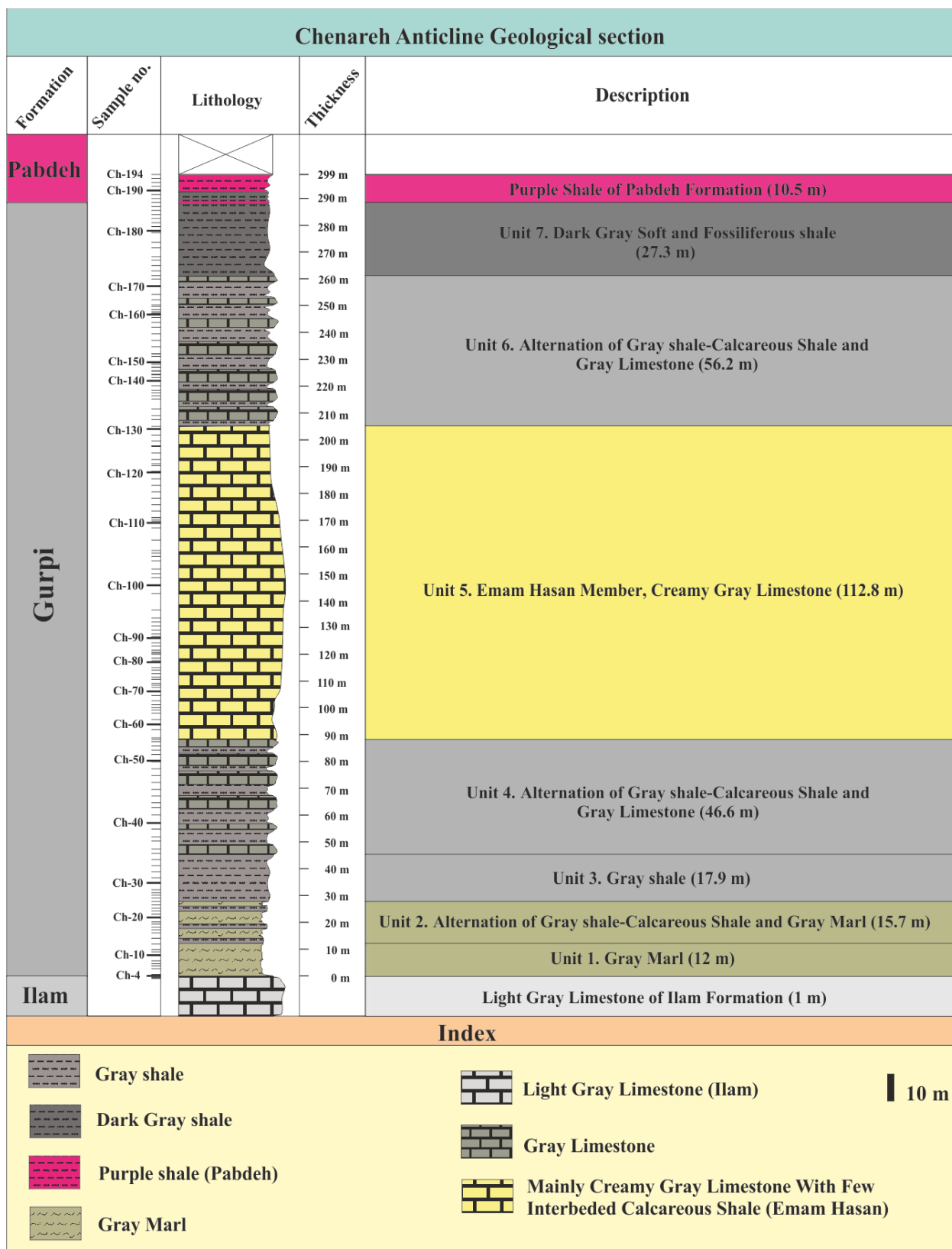
مرز بالایی: با شیل‌های ارغوانی قاعده سازند پابده (۱۰/۵ متر) به‌طور پیوسته و تدریجی مشاهده شده است، چنان‌که تنها رنگ شیل‌ها از خاکستری تیره به ارغوانی تغییر کرده است، اما از نظر جنس، نرمی، لایه‌بندی و دیگر خصوصیات سنگ‌شناختی یکنواخت‌اند.

طبق نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بالارود (Sahabi and Macleod 1969)، سازند گورپی در یال شمالی تاقدیس چناره با سازند امیران و در یال جنوبی آن با سازند پابده پوشیده شده است. با وجود حضور برش فعلی در یال شمالی، رأس سازند گورپی به‌طور قطعی با عضو شیل ارغوانی از سازند پابده پوشیده شده است (شکل ۳).



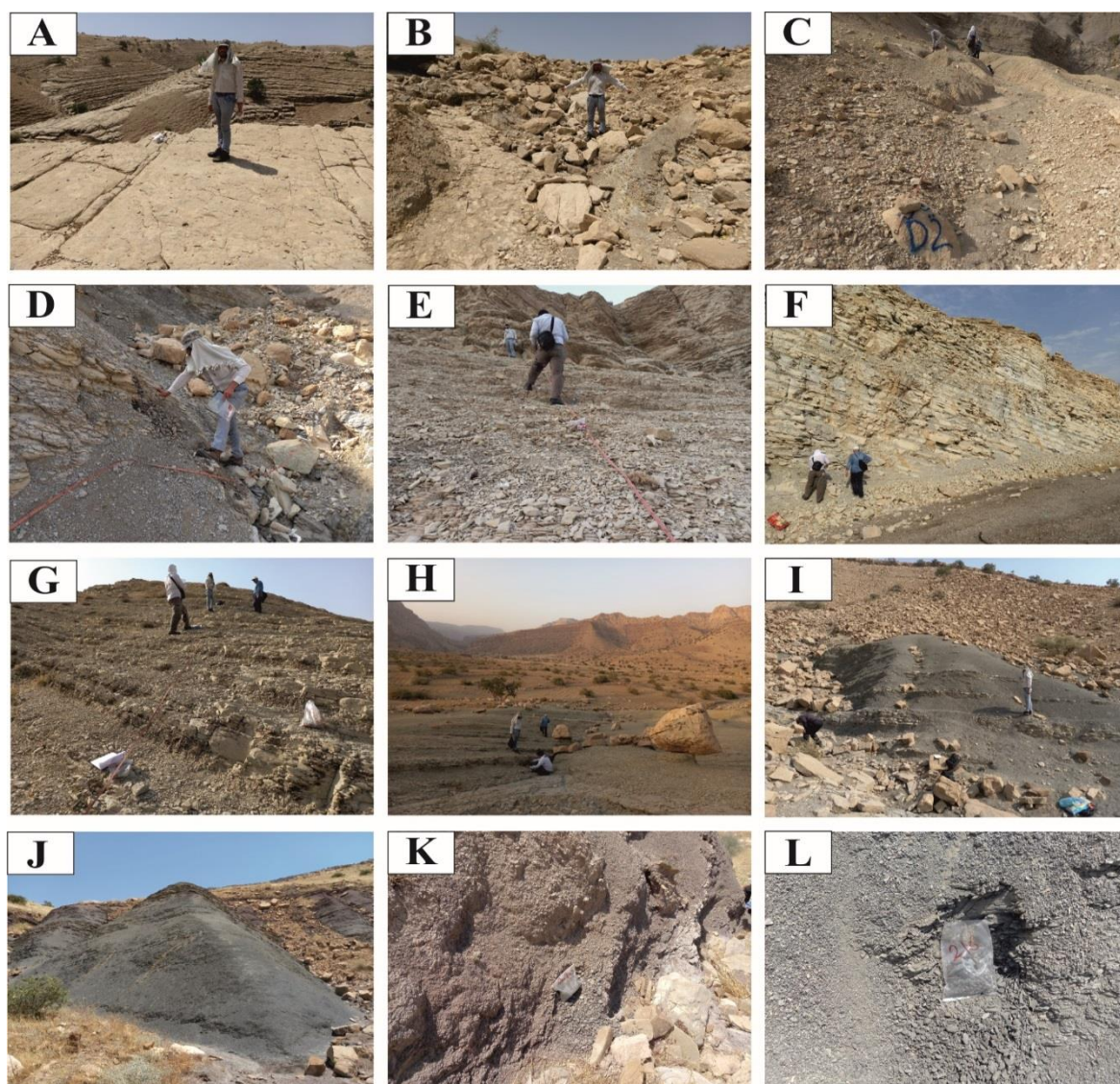
شکل ۱- موقعیت برش تاقدیس چناره (A) جایگاه زون زمین‌شناسی زاگرس در سرزمین ایران و تقسیم‌بندی زاگرس به پهنه‌ها و محل برش تاقدیس چناره در زیرزون لرستان؛ (B) موقعیت برش تاقدیس چناره در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بالارود (برگرفته از Sahabi and Macleod 1969).

Fig 1 - The position of Chenareh section. A) The location of the Zagros geological zone in the Iran and the division of Zagros zone into subzones and the location of Chenareh section in the Lorestan subzone. B) The location of Chenareh section in the Chenareh anticline on the 1:100,000 geological map of Bala rud (taken from Sahabi and Macleod 1969).



شکل ۲- ستون سنگ‌شناسی سازند گورپی در برش تاق‌دیس چناره و ۷ واحد سنگی تفکیک‌شده در آن

Fig 2- Lithological column of Gurpi Formation in the Chenareh section and 7 separated rock units in it



شکل ۳- تصاویر صحرایی از سازند گورپی در برش تاقدیس چناره (A) نمایی از سازند ایلام و نمونه‌های برداشت‌شده از آن؛ (B) مرز ناگهانی بین سنگ‌آهک‌های سازند ایلام و مارن‌های قاعده سازند گورپی؛ (C) نمایی از مارن‌های واحد ۱؛ (D) شیل‌های واحد ۳؛ (E) تناوب شیل و سنگ‌آهک (واحد ۴) که در آن لایه‌های سنگی به تدریج به طرف بالا افزایش می‌یابد و در نهایت به عضو آهکی امام حسن (واحد ۵) ختم می‌شود؛ (F) نمایی از عضو آهکی امام حسن (واحد ۵)؛ (G, H) تناوب شیل و سنگ‌آهک واحد ۶ (شکل G) که در ادامه به تدریج از ضخامت لایه‌های سنگ‌آهک کاسته می‌شود (شکل H)؛ (I) اولین رخمون از شیل‌های تیره‌رنگ واحد ۷؛ (J) مرز بین سازند گورپی (شیل‌های خاکستری تیره) و سازند پابده (شیل‌های ارغوانی)؛ (K, L) تفاوت رنگی مشاهده‌شده در صحرا بین شیل‌های ارغوانی قاعده سازند پابده (شکل K) و شیل‌های خاکستری تیره آخرین عضو سازند گورپی (شکل L).

Fig 3- Field images of Gurpi formation in Chenareh section. A) A view of the Ilam Formation and the samples taken from it. B) Abrupt boundary between limestones of Ilam formation and marls of Gurpi formation. C) Marls of unit 1. D) Shales of unit 3. E) Alternation of shale and limestone (unit 4) in which the limestone layers gradually increase upwards and finally end in the Emam Hassan limestone Member (unit 5). F) A view of Emam Hasan limestone Member (Unit 5). G, H) Alternation of shale and limestone of Unit 6 (Figure G), which gradually decreases the thickness of the limestone layers (Figure H). I) The first outcrop of dark shales of Unit 7. J) The boundary between the Gurpi Formation (dark grey shales) and the Pabdeh Formation (purple shales). K, L) Colour difference between the purple shales of the base of the Pabdeh Formation (Figure K) and the dark grey shales of the last Member of the Gurpi Formation (Figure L).

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* تعریف شده است.

سن: انتهای کامپانین پیشین

ملاحظات: ۱- آخرین حضور گونه *B. hayi*، این بیوزون را به دو زیرزون تقسیم می‌کند (Sissingh 1977)؛ ۲- آخرین حضور پیوسته گونه *C. signum* در این بیوزون قرار می‌گیرد (Sissingh 1977).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: گونه *M. furcatus* مشاهده نشده است. آخرین حضور گونه *B. hayi* در نمونه شماره ۱۲ (۹/۸ متری از ابتدای سازند) و اولین حضور گونه *C. aculeus* به همراه گونه‌های شاخص بعدی، یعنی *Q. trifidum* و *Q. sissinghii* در نمونه شماره ۲۱ (۲۳ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. همچنین آخرین حضور گونه *C. signum* در نمونه شماره ۱۰ (۷/۷ متری از ابتدای سازند) واقع است. بنابراین ضخامت ۹/۸ متری از قاعده سازند به صورت تلفیقی، شامل بیوزون‌های CC18b تا CC19a به سن کامپانین پیشین است.

بیوزون *Ceratolithoides aculeus* (CC20)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* تا اولین حضور گونه *Quadrum sissinghii* تعریف شده است.

سن: انتهای کامپانین پیشین

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور گونه *C. aculeus* به همراه گونه‌های شاخص بعدی یعنی *Q. sissinghii* و *Q. trifidum* در نمونه شماره ۲۱ (۲۳ متری از ابتدای برش) در نظر گرفته شده است.

شیل ارغوانی تنها در محل برش برداشت شده (در بخش دوم برش) به ضخامت ۱۰/۵ متر رخمون دارد و در بخش‌های مجاور، اثری از آن یا سازند پابده مشاهده نمی‌شود.

زیست چینه‌نگاری

با توجه به پراکندگی گونه‌های شناسایی شده (شکل ۴)، بیوزون‌های زیر برحسب الگوی استاندارد Sissingh 1977 بازبینی شده به وسیله Perch-Nielsen 1985a تعیین شده است:

بیوزون *Aspidolithus parvus* (CC18)

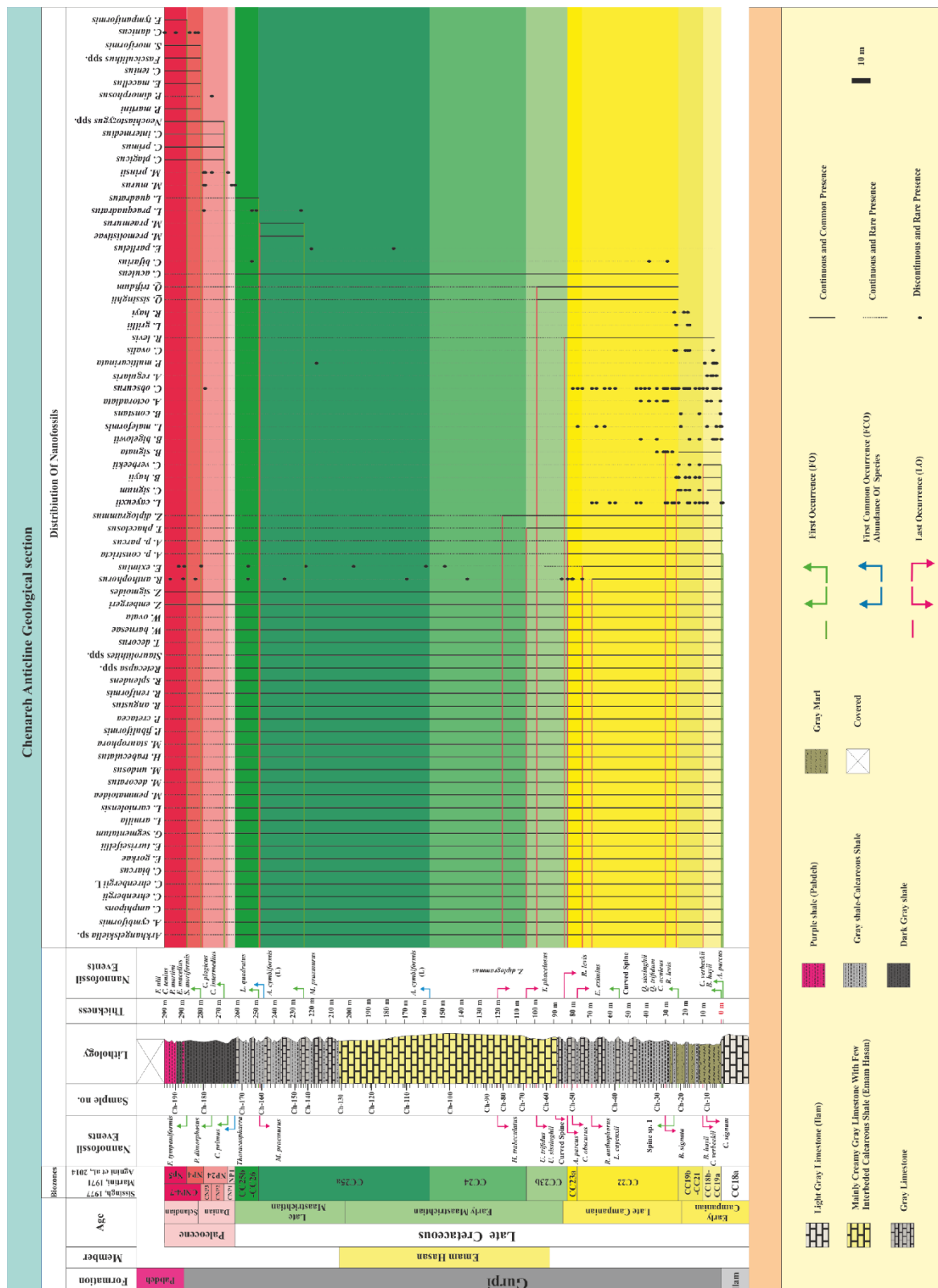
تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* تا آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* تعریف شده است.

سن: کامپانین پیشین

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه *Bukryaster hayi*، این بیوزون را به دو زیرزون تقسیم می‌کند (Sissingh 1977)؛ ۲- محدوده حضور هم‌زمان دو گونه *A. parvus* و *M. furcatus* معمولاً کوتاه است و در بیشتر مواقع در سکانس‌های فشرده که در فواصل نزدیک نمونه‌برداری نشده‌اند رؤیت نمی‌شود (Perch-Nielsen 1985a)؛ ۲- اولین حضور گونه *Ceratolithoides verbeekii* در درون زون CC18b قرار می‌گیرد (Perch-Nielsen 1985a).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: گونه *A. parvus* از ابتدای برش، یعنی نمونه شماره ۱ (سازند ایلام) شناسایی شده است، بنابراین موقعیت اولین حضور آن پایین‌تر از قاعده برش برداشت شده واقع است. اولین حضور گونه *C. verbeekii* همراه با گونه *B. hayi*، هر دو در نمونه شماره ۴ (یعنی اولین نمونه از سازند گورپی، متر ۱۷ صفر) است. گونه *M. furcatus* مشاهده نشده و موقعیت رأس این بیوزون نامشخص است.

بیوزون *Calculites ovalis* (CC19)



شکل ۴- گسترش چینه‌شناسی نانوفسیل‌های شناسایی شده در برش تاق‌دیس چناره، بیوزون‌ها و سن‌های منتج از آن

Fig 4- The range chart of identified nannofossils in the Chenareh section, biozones and ages resulting from it

بیوزون *Quadrum sissinghii* (CC21)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Quadrum sissinghii* تا اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* تعریف شده است.

سن: ابتدای کامپانین پسین

ملاحظات: ۱- اولین حضور و آخرین حضور گونه *C. arcuatus* این بیوزون را به سه زیرزون تقسیم می‌کند (Sissingh 1977).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور سه گونه *Q. aculeus*، *C. sissinghii* و *Q. trifidum* در نمونه شماره ۲۱ (۲۳ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. به این ترتیب ضخامت ۱۳/۲ متری از شماره نمونه ۱۲ تا شماره نمونه ۲۱ به محدوده تلفیق شده از بیوزون‌های CC19b تا CC21 تعلق دارد که حکایت از سنی معادل کامپانین پیشین تا ابتدایی‌ترین بخش کامپانین پسین برای رسوبات این بخش دارد.

بیوزون *Quadrum trifidum* (CC22)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تعریف شده است.

سن: انتهای کامپانین پسین

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه *R. levi*، این بیوزون را به دو زیرزون تقسیم می‌کند (Sissingh 1977)؛ ۲- جنس *Reinhardtites* در عرض‌های جغرافیایی پایین، کمتر متداول است و این تقسیم‌بندی در عرض‌های بالای جغرافیایی مفید است (Perch-Nielsen 1985a)؛ ۳- آخرین حضور دو گونه *R. anthophorus* و *E. eximius* تقریباً هم‌زمان است (Perch-Nielsen 1985a).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور سه

گونه *Q. trifidum*، *Q. sissinghii*، *C. aculeus* و همچنین گونه *R. levis* در نمونه شماره ۲۱ (۲۳ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است. آخرین حضور گونه *R. anthophorus* در نمونه شماره ۴۵ (۶۹/۵ متری از ابتدای سازند) و آخرین حضور گونه *E. eximius* در نمونه شماره ۴۸ (۷۷/۲ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است، بنابراین برای تعیین مرز بالایی این بیوزون، از آخرین حضور گونه *E. eximius* استفاده شد. به این ترتیب زون CC22 ضخامت ۵۴/۲ متر (از ۲۳ متری تا ۷۷/۲ متری از ابتدای سازند) را در بر می‌گیرد که سنی معادل انتهای کامپانین پسین دارد.

بیوزون *Tranolithus phacelosus* (CC23)

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تا آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* تعریف شده است.

سن: انتهایی‌ترین بخش کامپانین پسین تا مائستریشین پیشین

ملاحظات: آخرین حضور گونه *Aspidolithus ex. gr. parvus* این بیوزون را به دو زیرزون تقسیم می‌کند (Sissingh 1977).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: آخرین حضور گونه‌های *R. anthophorus* و *E. eximius* به ترتیب در نمونه‌های شماره ۴۵ (۶۹/۵ متری از ابتدای سازند) و ۴۸ (۷۷/۲ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. آخرین حضور گونه *Aspidolithus ex. gr. parvus* در نمونه شماره ۵۱ (۸۲/۶ متری از ابتدای سازند) واقع است. آخرین حضور گونه *Q. trifidum* در نمونه شماره ۶۳ (۹۸ متری از ابتدای سازند) قرار دارد. آخرین حضور گونه *T. phacelosus* در نمونه شماره ۶۹ (۱۰۶/۱ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. بنابراین حداث ۷۷/۲ تا ۱۰۶/۱ متری از قاعده سازند در بیوزون CC23 طبقه‌بندی می‌شود که ۲۸/۹ متر ضخامت داشته و در زمان انتهایی‌ترین بخش کامپانین پسین تا

بیوزون واقع می‌شود و شاخص مرز زیرین زیرزون CC25b است (Sissingh 1977)؛ ۲- اولین حضور گونه *Micula murus* در بخش‌های بالایی این بیوزون و شاخص مرز زیرین زیرزون CC25c است (Sissingh 1977).

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین ثبت فراوانی جنس *Arkhangelskiella* با اندازه بزرگ در نمونه شماره ۱۰۵ (۱۵۶/۵ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است. اولین حضور گونه *L. quadratus* در نمونه شماره ۱۶۳ (۲۴۸/۵ متری از ابتدای سازند) واقع است و اولین حضور گونه *M. murus* مشاهده نشده است. حادثه شاخص رأس این بیوزون (اولین حضور *N. frequens*) و به‌طور کلی حضور گونه *N. frequens* ثبت نشده است. به این ترتیب بیوزون CC25 (شامل تنها زیرزون CC25a) در ضخامت ۱۵۶/۵ متری از قاعده سازند گورپی در برش چناره آغاز می‌شود و تا ۲۴۸/۵ متری ادامه دارد (۹۲ متر) که سنی معادل مائستریشتین پیشین (میان آن) تا ابتدای مائستریشتین پسین را برای این ضخامت محتمل می‌کند.

بیوزون *Nephrolithus frequens* (CC26)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* تا آخرین حضور گونه *Nephrolithus frequens* یا اولین حضور جنس *Thoracosphaera* تعریف شده است.

سن: مائستریشتین پسین

ملاحظات: ۱- مرز بالایی این بیوزون همچنین با انقراض بیشتر گونه‌های کرتاسه مشخص می‌شود (Sissingh 1977)؛ ۲- گونه *N. frequens* در عرض‌های جغرافیایی پایین بسیار نادر است، در این صورت به ترتیب از اولین حضور هریک از دو گونه *M. murus* (برای شاخص قاعده زیرزون CC25c) و *Micula prinsii* (اولین حضور آن تقریباً در میانه CC26 است) بعد از اولین حضور گونه *L. quadratus* (به‌عنوان شاخص قاعده زیرزون CC25b) برای شاخص قاعده این بیوزون استفاده می‌شود (Perch-Nielsen 1985a).

مائستریشتین پیشین نهشته شده است. همچنین زیرزون CC23a ۵/۴ متر و زیرزون CC23b ۲۳/۵ متر ضخامت دارد.

بیوزون *Reinhardtites levis* (CC24)

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* تا آخرین حضور *Reinhardtites levis* تعریف شده است.

سن: مائستریشتین پیشین

ملاحظات: آخرین حضور گونه *R. levis* با افزایش مشخص فراوانی جنس *Arkhangelskiella* با اندازه بزرگ همراه است (Sissingh 1977).

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: آخرین حضور گونه‌های *T. phacelosus* و *Q. trifidum* به ترتیب در نمونه‌های شماره ۶۳ (۹۸ متری از ابتدای سازند) و ۶۹ (۱۰۶/۱ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است، در حالی که آخرین حضور گونه *R. levis* در نمونه شماره ۵۳ (۸۵/۸ متری از ابتدای سازند) واقع است، بنابراین امکان استفاده از آن برای ثبت مرز بالایی این بیوزون ممکن نیست. اولین ثبت فراوانی جنس *Arkhangelskiella* با اندازه بزرگ، در نمونه شماره ۱۰۵ (۱۵۶/۵ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است. به این ترتیب بیوزون CC24 در ضخامت ۱۰۶/۱ متری از قاعده سازند در برش چناره آغاز می‌شود و احتمالاً تا ۱۵۶/۵ متری ادامه دارد (۵۰/۴ متر) که سنی معادل مائستریشتین پیشین را برای این ضخامت محتمل می‌کند.

بیوزون *Arkhangelskiella cymbiformis* (CC25)

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* تعریف شده است.

سن: مائستریشتین پسین

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه *L. quadratus* در این

اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* تا اولین حضور گونه *Crucioplacolithus tenuis* تعریف شده است.

سن: ابتدای دانین

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه *C. tenuis* بعد از اولین حضور گونه *C. danicus* است. بیشتر نویسندگان به جای این گونه از اولین حضور جنس *Crucioplacolithus* یا گونه *C. primus* استفاده می‌کنند (Perch-Nielsen 1985b).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: آخرین حضور کوکولیت‌های کرتاسه با توجه به پدیده *reworking* ابتدای سنوزوئیک، به هیچ وجه مطمئن نیست. اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* در نمونه شماره ۱۷۲ (۲۶۱/۲ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. اولین حضور *Crucioplacolithus* در نمونه شماره ۱۷۴ (۲۶۵ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است. به این ترتیب این بیوزون ۳/۸ متر ضخامت دارد.

بیوزون *Crucioplacolithus tenuis* (NP2)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور جنس *Crucioplacolithus* تا اولین حضور گونه *Chiasmolithus danicus* تعریف شده است.

سن: ابتدای دانین

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور *Crucioplacolithus* در نمونه شماره ۱۷۴ (۲۶۵ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. *C. danicus* این برش در تمامی نمونه‌های پالئوسن، اندک بوده است. اولین حضور این گونه هم‌زمان با اولین حضور گونه شاخص بیوزون بعدی، یعنی *Ellipsolithus macellus* است و در نتیجه تعیین موقعیت رأس این بیوزون امکان‌پذیر نیست.

بیوزون *Chiasmolithus danicus* (NP3)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Chiasmolithus*

محدوده مشاهده شده در برش چناره: به‌طور کلی گونه *N. frequens* مشاهده نشده است. اولین حضور گونه *M. prinsii* نیز همچون اولین حضور شاخص قبلی، یعنی *M. murus* مشاهده نشده است. اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* در نمونه شماره ۱۷۲ (۲۶۱/۲ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. به این ترتیب ضخامت ۱۲/۷ متری از شماره نمونه ۱۶۳ (۲۴۸/۵ متری از ابتدای سازند) تا شماره نمونه ۱۷۲ (۲۶۱/۲ متری از ابتدای سازند) به محدوده تلفیق شده از بیوزون‌های CC25b، CC25c و CC26 تعلق دارد که حکایت از سنی معادل مائستریشتین میانی - پسین برای رسوبات این بخش دارد.

انقراض کرتاسه-پالئوژن

مصادف با انقراض ناگهانی و دسته‌جمعی حدود سه‌چهارم از گونه‌های گیاهی و جانوری در پایان مزوزوئیک، که به نام‌های کرتاسه-پالئوژن (K-Pg) یا کرتاسه-ترشیاری (K-T) شناخته می‌شود (Fortey 1999)، تقریباً تمامی گونه‌های نانوفسیلی موجود تا آن زمان (کرتاسه)، منقرض شده‌اند (Sissingh 1977 and Burnett 1998). در چنین شرایط نابهنجاری، جنس *Thoracosphaera* به ناگهان بسیار فراوان می‌شود (Sissingh 1977). اولین حضور فراوان *Thoracosphaera* در برش چناره، در نمونه شماره ۱۷۲ (۲۶۱/۲ متری از ابتدای برش) و در اولین نمونه از شیل‌های تیره‌رنگ واحد ۷ از سازند گورپی (آخرین واحد از سازند گورپی) ثبت شده است. بنابراین اولین حضور فراوان *Thoracosphaera*، مبین گذر انقراض کرتاسه-پالئوژن و این گذر در انتهای ترین بخش از سازند گورپی جای گرفته است.

بیوزون‌های زیر برحسب طبقه‌بندی استاندارد Martini 1971 بازبینی و به‌وسیله Perch-Nielsen 1985b شناسایی و تبیین شده است (شکل ۴).

بیوزون *Markalius inversus* (NP1)

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور کوکولیت‌های کرتاسه یا

دو در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) واقع شده است. از این رو ضخامت ۷/۵ متری میان نمونه‌های ۱۸۱ تا ۱۸۶ از برش چناره به بیوزون NP4، با سن نسبی دانین پسین نسبت داده می‌شود.

بیوزون *Fasciculithus tympaniformis* (NP5)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Fasciculithus tympaniformis* تا اولین حضور گونه *Heliolithus kleinpellii* تعریف شده است.

سن: سلان‌دین - تاتین

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور گونه *F. tympaniformis* در نمونه شماره ۱۸۶ (۲۸۷ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است و حادثه رأس این زون (اولین حضور گونه *H. kleinpellii*) تا انتهای محدوده برداشت شده از برش، مشاهده نشده است. بنابراین از متر ۲۹۷ تا انتهای برش (شامل شیل‌های ارغوانی از سازند پابده)، محدوده سنی سلان‌دین دارد.

با توجه به اینکه اولین نمونه از سازند پابده (اولین لایه شیل ارغوانی) در نمونه شماره ۱۸۷ در ضخامت ۲۸۸/۵ متری از قاعده برش بوده است، ضخامت ۲۸۸/۵ از برش متعلق به سازند گورپی و دارای محدوده سنی کامپانین پیشین تا ابتدای سلان‌دین (ابتدای بیوزون NP5 در آخرین نمونه از سازند گورپی قرار می‌گیرد) و رسوبات قاعده سازند پابده (۱۰/۵ متر ابتدای از عضو شیل ارغوانی) به سن سلان‌دین (بیوزون NP5) است.

بیوزون‌های زیر برحسب طبقه‌بندی Agnini et al. 2014 شناسایی شده است:

بیوزون *Braarudosphaera bigelowii* (CNP1)

تعریف: این بیوزون از آخرین حضور گونه‌های کرتاسه تا اولین حضور گونه *Coccolithus pelagicus* تعریف شده است.

Ellipsolithus macellus تا اولین حضور گونه *danicus* تعریف شده است.

سن: انتهای دانین

محدوده مشاهده شده در برش چناره: تعیین اولین حضور گونه *C. danicus* امکان‌پذیر نیست، اما اولین حضور گونه *E. macellus* در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) واقع است. در نتیجه حداثه ۲۶۵ تا ۲۷۹/۵ متری از قاعده سازند، تلفیقی از محدوده بیوزون‌های NP2 و NP3 نهشته شده در بازه زمانی دانین در نظر گرفته می‌شود.

بیوزون *Ellipsolithus macellus* (NP4)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Ellipsolithus macellus* تا اولین حضور گونه *Fasciculithus tympaniformis* تعریف شده است.

سن: دانین پسین

ملاحظات: ۱- گونه *Sphenolithus primus* اولین نماینده جنس *Sphenolithus* است و کمی قبل از گونه *F. tympaniformis* ظاهر می‌شود (Perch-Nielsen 1985a)؛ ۲- در زمان انتخاب *F. tympaniformis* به عنوان شاخص زونی، تصور می‌شد که این گونه اولین نماینده جنس *Fasciculithus* باشد. امروزه مشخص شده است که گونه *F. magnus* اولین نماینده جنس است و در کنار گونه‌های *F. ulii*، *F. magnicordis* و *F. jani* پایین‌تر از گونه *F. tympaniformis* یافت می‌شود (Perch-Nielsen 1985a).

محدوده مشاهده شده در برش چناره: اولین حضور گونه *E. macellus* در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) و اولین حضور گونه *F. tympaniformis* در نمونه شماره ۱۸۶ (۲۸۷ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. همچنین اولین حضور جنس *Sphenolithus* (*S. primus*=*S. moriformis*) و اولین حضور خانواده *Fasciculithaceae* هر

سن: ابتدایی‌ترین بخش دانین

ملاحظات: ۱- در این بیوزون گونه‌هایی چون *Biantholithus sparsus* و *Cruciplacolithus primus* ($<7 \mu m$) برای اولین بار ظاهر می‌شوند (Agnini et al. 2014)؛ ۲- برخی گونه‌های *Thoracosphaera* spp. و *bigelowii* در این بیوزون فراوان‌اند (Agnini et al. 2014). محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: آخرین حضور گونه‌های کرتاسه مشاهده نشده است. اولین حضور گونه *C. plagicus* به‌طور هم‌زمان با اولین حضور *C. intermedius* (= *C. primus* $>7 \mu m$) در نمونه شماره ۱۷۵ (۲۶۷ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. اولین حضور گونه *C. primus* ($<7 \mu m$) در نمونه شماره ۱۷۴ (۲۶۵ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است. در این بیوزون *Thoracosphaera* spp. به فراوانی حضور دارد، اما *bigelowii* به هیچ وجه مشاهده نشده است. با توجه به حضور گونه‌های کرتاسه پسین در نهشته‌های پالئوسن، اگر اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* در نمونه شماره ۱۷۲ (۲۶۱/۲ متری از ابتدای سازند) به‌عنوان جایگزین آن قلمداد شود، این بیوزون ۵/۸ متر ضخامت دارد.

بیوزون *Coccolithus pelagicus* (CNP2)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Coccolithus pelagicus* تا اولین حضور رایج *Praeprinsius dimorphosus* تعریف شده است.

سن: دانین پیشین

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور گونه *C. plagicus* در نمونه شماره ۱۷۵ (۲۶۷ متری از ابتدای سازند) و اولین حضور رایج *P. dimorphosus* در نمونه شماره ۱۷۸ (۲۷۳/۷ متری از ابتدای برش) ثبت شده است. این بیوزون ۶/۷ متر ضخامت دارد.

بیوزون *Praeprinsius dimorphosus* (CNP3)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور رایج *Praeprinsius*

dimorphosus تا اولین حضور گونه *Prinsius martinii* تعریف شده است.

سن: دانین پیشین

ملاحظات: ۱- *Cruciplacolithus tenuis* s. s. در بالاترین بخش این بیوزون ظاهر می‌شوند (Agnini et al. 2014). منظور از *Cruciplacolithus tenuis* همان *Cruciplacolithus tenuis* s. s. (Feet) است. محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور *P. dimorphosus* در نمونه شماره ۱۷۸ (۲۷۳/۷ متری از ابتدای برش) و اولین حضور گونه *P. martinii* در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۸۸/۵ متری از ابتدای برش) مشاهده شده است. بنابراین این بیوزون ضخامتی بالغ بر ۱۴/۸ متر دارد.

بیوزون *Prinsius martinii* (CNP4)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Prinsius martinii* تا اولین حضور گونه *Toweius pertusus* تعریف شده است.

سن: دانین میانی

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه شاخص *E. macellus* دیاکرون تشخیص داده شد و ممکن است در بیوزون‌های CNP4 تا CNP5 قرار گیرد (Agnini et al. 2014)؛ ۲- گونه *P. dimorphosus* در این بیوزون ناپدید می‌شود (Agnini et al. 2014)؛ ۳- انواع فرم‌های کوچک و بزرگ *C. primus* بعد از CNP4 به‌طور پیوسته مشاهده نشده است (Agnini et al. 2014). محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور گونه *P. martinii* در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۸۸/۵ متری از ابتدای برش) و هم‌زمان با شاخص‌های سنی بعدی همچون *S. T. pertusus* و *F. ulii* ثبت شده است.

بیوزون *Toweius pertusus* (CNP5)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Toweius pertusus* (گرد) تا اولین حضور گونه *Sphenolithus moriformis* تعریف شده است.

سن: داین پسین

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور هم‌زمان دو گونه *S. moriformis* و *T. pertusus* در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) مشاهده شده است، اما این بیوزون مشاهده نشده است.

بیوزون *Sphenolithus moriformis* (CNP6)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Sphenolithus moriformis* تا اولین حضور گونه *Fasciculithus ulii* تعریف شده است.

سن: انتهای داین

ملاحظات: ۱- اولین حضور گونه *F. ulii* هم‌زمان با دومین انشعاب گروه *Fasciculithus* ها (Aubry et al. 2011) است (Agnini et al. 2014).

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور دو گونه *S. moriformis* و *F. ulii* هر دو در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) واقع شده و هیچ ضخامتی از این بیوزون در برش چناره مشاهده نشده است.

بیوزون *Fasciculithus ulii* (CNP7)

تعریف: این بیوزون از اولین حضور گونه *Fasciculithus ulii* تا اولین حضور گونه *Heliolithus cantabriae* تعریف شده است.

سن: سلان‌دین

ملاحظات: ۱- *F. ulii* کمی قبل (حدود 0.4 Myr) از *F. tympaniformis* ظاهر می‌شود (Agnini et al. 2014)؛ ۲- *Toweius* و *S. moriformis* در این بیوزون فراوان‌اند (et al. 2014).

محدوده مشاهده‌شده در برش چناره: اولین حضور گونه *F. ulii* به همراه شاخص‌های سه بیوزون قبلی (به ترتیب *P.*

T. pertusus و *S. moriformis*) در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۷۹/۵ متری از ابتدای سازند) ثبت شده و حادثه رأس این زون (اولین حضور گونه *H. cantabriae*) تا انتهای محدوده برداشت‌شده از برش مشاهده نشده است. بنابراین از متر ۲۷۹/۵ متری تا انتهای برش (شامل شیل‌های ارغوانی از سازند پابده)، دارای محدوده سنی سلان‌دین است. همچنین اولین حضور گونه *F. tympaniformis* نیز در نمونه شماره ۱۸۶ (۲۸۷ متری از ابتدای سازند) ثبت شده است.

انطباق داده‌های سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری در**سازند گورپی و عضو آهکی امام حسن**

مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام (شماره نمونه‌های ۱ تا ۳): سنگ‌آهک‌های سازند ایلام در صحرا، به‌طور ناگهانی با مارن‌های (واحد ۱) سازند گورپی جایگزین می‌شوند. در اولین نمونه از مارن‌های سازند گورپی، گونه‌های *B. hayi* و *C. verbeekii* هر دو حضور دارند. در نمونه‌های سنگ‌آهکی سازند ایلام، گونه *A. parvus* حاضر است، اما اثری از هیچ‌کدام از دو گونه *B. hayi* و *C. verbeekii* نیست. البته باید توجه داشت نوع لیتولوژی (سنگ‌آهک) در سازند ایلام، مانع از دستیابی به نتایج ایده‌آل نانوفسیلی است. همچنین ممکن است نبود گونه‌های *C. verbeekii* و *B. hayi* در نمونه‌های برداشت‌شده از سازند ایلام، ناشی از سنگ‌شدگی و تخریب نانوفسیل‌های ظریف‌تر باشد، بنابراین هرگونه اظهارنظر در این باره، با ابهام زیادی همراه خواهد بود (شکل ۵).

مرز بالایی سازند گورپی با سازند پابده (شماره نمونه‌های ۱۸۷ تا ۱۹۴): گذر شیل‌های خاکستری تیره سازند گورپی (واحد ۷) به شیل‌های ارغوانی سازند پابده در صحرا، به‌صورت پیوسته و تدریجی است. نکته درخور توجه، تیره‌تر شدن رنگ لایه‌های شیل ارغوانی با افزایش ضخامت آن است که به‌صورت تدریجی است. بررسی وقایع نانوفسیلی در مرز گورپی- پابده، پیوستگی زمانی را نشان می‌دهد. اولین حضور گونه *E. macellus* در نمونه شماره ۱۸۱ و اولین حضور گونه *F. tympaniformis* در نمونه شماره ۱۸۶ ثبت

شده است. اولین نمونه متعلق به شیل ارغوانی نمونه شماره ۱۸۷ است؛ در نتیجه اولین نمونه از شیل ارغوانی قاعده سازند پابده و آخرین نمونه از شیل خاکستری سازند گورپی، هر دو در بیوزون NP5 واقع‌اند که آخرین بیوزون تشخیص داده شده در این برش است. تمامی نمونه‌های منتسب به شیل ارغوانی در ۱۰/۵ متر ابتدایی برداشت شده از آن در بیوزون NP5 قرار گرفته‌اند (شکل ۵).

عضو آهک امام حسن (شماره نمونه‌های ۵۵ تا ۱۳۰): مرز پایین و بالای آهک امام حسن، هر دو نمود پیوسته‌ای را در صحرا نشان می‌دهد، به این صورت که در قاعده آن تناوب شیل - سنگ‌آهک به سمت افزایش لایه‌های آهکی تا جایگزینی کامل به وسیله سنگ‌آهک پیش می‌رود. در انتها نیز به صورت تدریجی، لایه‌های شیلی ظاهر می‌شود و در ادامه، لایه‌های سنگ‌آهکی کاهش می‌یابد و تناوب شیل - سنگ‌آهک به طور کامل با شیل جایگزین می‌شود. به این ترتیب مرز زیرین و مرز بالایی عضو آهک امام حسن، هر دو پیوسته و تدریجی‌اند. ثبت بیوزون‌های CC23b تا CC25a در عضو آهک امام حسن، نشان‌دهنده زمان مائستریستین پیشین است. آخرین حضور گونه *A. parvus* در نمونه شماره ۵۱ و آخرین حضور گونه *T. phacelosus* در نمونه شماره ۶۹ ثبت شده است که نشان می‌دهد آخرین نمونه‌های سازند گورپی (واحد ۴) در زیر آهک امام حسن و نمونه‌های ابتدایی این عضو هر دو در یک بیوزون قرار دارند. درباره مرز بالایی عضو آهکی امام حسن، اگرچه امکان استفاده از گونه شاخص *R. levis* فراهم نبود، اما آخرین حضور گونه *Zeughrabdotus bicrescenticus* (= *Zeughrabdotus*) (Burnett 1998) یا اولین حضور فراوان جنس *Arkhangelskiella* با اندازه بزرگ به عنوان جایگزین استفاده شد (Sissingh 1977). آخرین حضور گونه *Z. diplogrammus* در نمونه شماره ۸۳ و اولین حضور فراوان جنس *Arkhangelskiella* در نمونه شماره ۱۰۵ است. همچنین اولین حضور گونه *Micula praemurus* در نمونه شماره ۱۴۲ ثبت شده است. با توجه به اینکه اولین حضور گونه *M.*

praemurus قبل از اولین حضور گونه *L. quadratus* و در اواخر بیوزون CC25a قرار دارد، نمونه‌های انتهایی عضو آهک امام حسن و نمونه‌های ابتدایی واحد ۶ از سازند گورپی در مدت زمان یک بیوزون نهشته شده‌اند. با توجه به این توضیحات، نتایج نانوفسیلی نیز تأییدی بر مشاهده پیوستگی و تدریجی بودن گذر سازند گورپی به سنگ‌آهک امام حسن و بالعکس در صحراست (شکل ۵).

زمان چینه‌نگاری

گذر سانتونین - کامپانین (قاعده کامپانین)

معکوس شدن قطبیت مغناطیسی از کرون 34n (بالای کرون طولانی قطبیت نرمال کرتاسه) به کرون C33r و پس از اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* در برشی واقع در کشور ایتالیا (The Bottaccione Gorge section at Gubbio, Umbria-Marche Basin)، به عنوان استراتوتایپ جهانی قاعده کامپانین تعیین شده است (Gale et al. 2023).

از دیدگاه نانوفسیل‌های آهکی، گذر سانتونین - کامپانین درون بیوزون CC17 با سن سانتونین میانی - کامپانین پیشین قرار می‌گیرد. محدوده این بیوزون از اولین حضور گونه *Calculites obscurus* تا اولین حضور گونه *A. parvus* تعیین شده است (Perch-Nielsen 1985a). گونه *A. parvus* از اولین نمونه برداشت شده در برش چناره (در سازند ایلام) مشاهده می‌شود، از این رو امکان تعیین موقعیت مرز سانتونین - کامپانین در مطالعه فعلی مقدور نیست و به طور قطع در سنگ‌آهک‌های سازند ایلام و پایین‌تر از محدوده مطالعه شده فعلی واقع می‌شود. همچنین Burnett 1998 به اولین حضور گونه *Arkhangelskiella cymbiformis*

در حدفاصل بین دو گونه نامبرده شده در بالا اشاره کرده است که تقریباً مصادف با مرز سانتونین - کامپانین است و حضور آن از اولین نمونه برداشت شده در برش چناره ثبت شده است.

گذر کامپانین - مائستریشتین (قاعده مائستریشتین)

استراتوتایپ جهانی قاعده مائستریشتین براساس میانگین موقعیت ۱۲ شاخص بیواستراتیگرافی با اهمیت یکسان (کمی) پس از اولین حضور گونه آمونیتی *Pachydiscus neubergicus* در برشی واقع در کشور فرانسه (Tercis les Bains, Landes) تعیین شده است (Odin and Lamaurelle, 2001).

گذر کامپانین - مائستریشتین از نظر نانوفسیل‌های آهکی درون بیوزون CC23 با سن انتهای کامپانین - ابتدای مائستریشتین قرار می‌گیرد. آخرین حضور گونه *Aspidolithus ex. gr. parvus* در میانه این بیوزون قرار می‌گیرد و آن را به دو زیرزون تقسیم می‌کند. آخرین حضور گونه *Aspidolithus ex. gr. parvus* تقریباً مصادف با مرز کامپانین - مائستریشتین است (Burnett 1998 and Odin and Lamaurelle 2001). این حادثه در نمونه شماره ۵۱ (۸۲/۶) متری از ابتدای برش) در بخش انتهایی توالی شیل - سنگ آهک واحد ۴ (سنگ آهک رسی - شیل‌های سخت آهکی) بلافاصله قبل از شروع سنگ آهک‌های عضو امام حسن ثبت شده است. بنابراین گذر کامپانین - مائستریشتین باید درون توالی شیل - سنگ آهک واحد ۴ واقع شده باشد (شکل ۶).

گذر مزوزوئیک (مائستریشتین) - سنوزوئیک (دانین) (قاعده دانین)

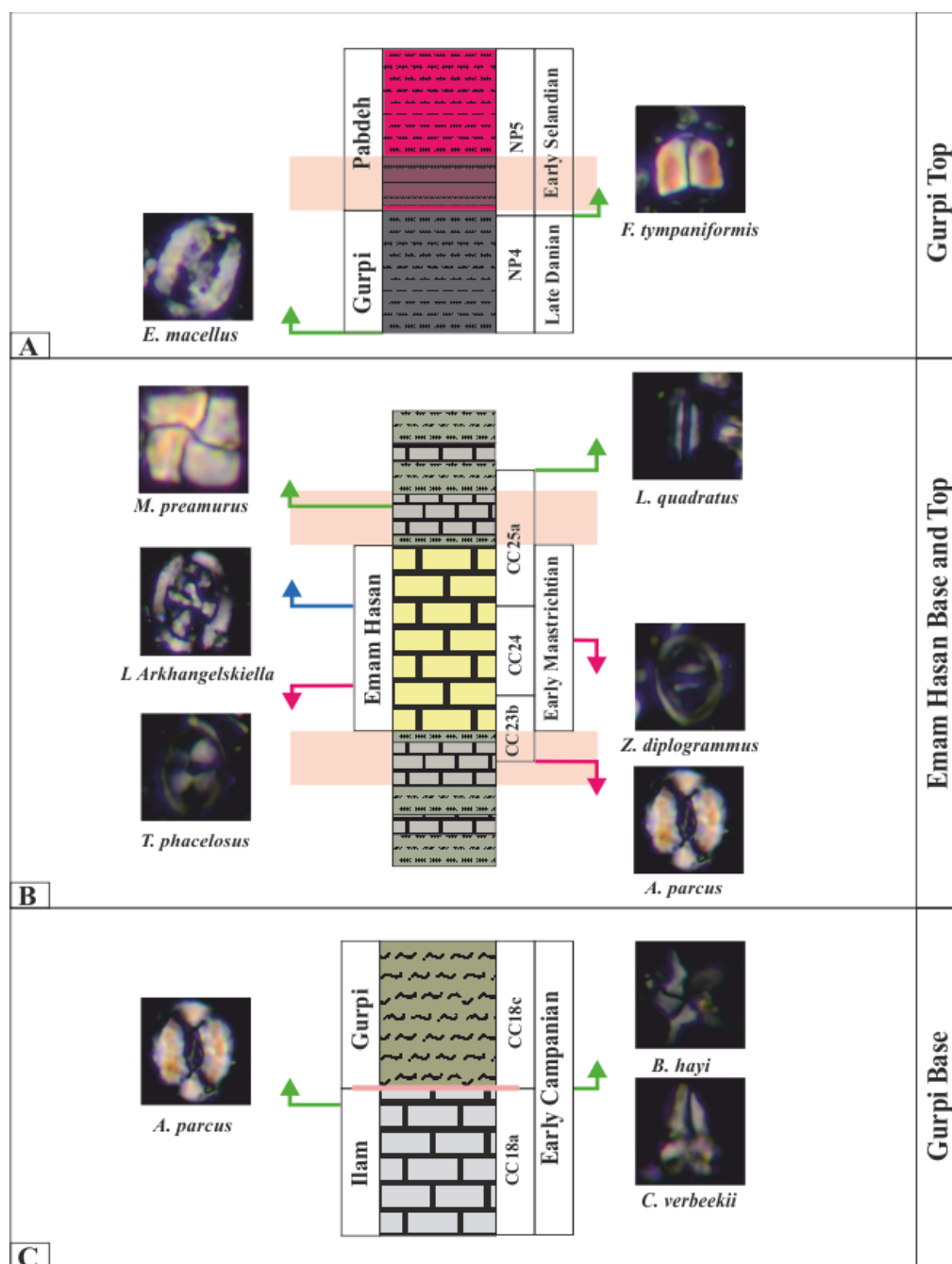
آنومالی ژئوشیمی ایریدیوم در کنار یکی از افق‌های انقراضی بزرگ زمین‌شناسی (انقراض دایناسورها، آمونیت‌ها، فرامینیفرها و ...) در برشی واقع در کشور تونس، غرب El Kef (Oued Djerfane) به عنوان استراتوتایپ جهانی قاعده دانین تعیین شده است (Molina et al. 2006).

موقعیت گذر مائستریشتین - دانین (گذر کرتاسه - پالئوژن یا مزوزوئیک - سنوزوئیک) بین بیوزون CC26 با سن مائستریشتین پسین و بیوزون NP1 با سن ابتدای دانین قرار

دارد. بیوزون NP1، از آخرین حضور تمامی گونه‌های نانوفسیلی مزوزوئیک یا اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* تا اولین حضور جنس *Cruciplacolithus* تعیین شده است. همان‌طور که در بخش زیست چینه‌نگاری توضیح داده شد، با توجه به حضور جنس و گونه‌های کرتاسه در ابتدای سنوزوئیک، به هیچ وجه امکان استفاده از حادثه انقراض کلی گونه‌های مزوزوئیک در مطالعه فعلی وجود نداشت. با توجه به این محدودیت، پیشنهاد استفاده از شاخص‌های دیگری چون فراوانی جنس *Thoracosphaera* (b, 1985a, Perch-Nielsen and Sissingh 1977)، فراوانی (اولین حضور؟) گونه *Zeugrhabdotus sigmoides* (1980 and Okada and Bukry 1971) و اولین حضور گونه *Biantholithus sparsus* (1971; Okada and Martini 1989, 1998; Varol 1980; Bukry) پیشنهاد شده است. در این مطالعه، از اولین حضور فراوان جنس *Thoracosphaera* به عنوان شاخص گذر مائستریشتین - دانین بهره گرفته شد. اولین حضور فراوان *Thoracosphaera* (قاعده دانین) در نمونه شماره ۱۷۲ (۲۶۱/۲) متری از ابتدای برش)، در اولین نمونه از توالی شیل‌های نرم خاکستری تیره واحد ۷، از سازند گورپی ثبت شده است. بنابراین آخرین توالی‌های شیل - سنگ آهک واحد ۶، نشان‌دهنده آخرین لایه‌های نهشته شده در بازه زمانی مزوزوئیک (انتهای مائستریشتین پسین) و شیل‌های واحد ۷ نشان‌دهنده اولین رسوبات نهشته شده در بازه زمانی سنوزوئیک (دانین) هستند (شکل ۶).

گذر دانین - سلانندین (قاعده سلانندین)

استراتوتایپ جهانی قاعده سلانندین با بهره‌گیری از موقعیت دومین انشعاب از گروه *Fasciculithus* از نانوفسیل‌های آهکی توأم با پایین آمدن سطح آب دریا در برشی واقع در شمال اسپانیا (Zumaia section) معرفی شده است (Schmitz et al. 2011).



شکل ۵- انطباق داده‌های سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری در تعیین موقعیت مرز زیرین و بالایی سازند گورپی و مرز زیرین و بالایی عضو آهکی امام حسن در برش تاقدیس چناره (A) گذر شیل‌های خاکستری تیره سازند گورپی به شیل‌های ارغوانی سازند پابده به صورت پیوسته و بدون انقطاع است؛ (B) مرز زیرین و بالایی در عضو آهکی امام حسن هر دو به صورت پیوسته و تدریجی مشاهده شد؛ (C) سنگ‌آهک‌های سازند ایلام به‌طور ناگهانی با مارن‌های (واحد ۱) سازند گورپی جایگزین می‌شوند.

Fig 5- Correspondence of lithostratigraphic and biostratigraphic data in determining the position of the lower and upper boundary of the Gurpi formation and the lower and upper boundary of the Emam Hasan limestone Member in Chenareh section. A) The dark grey shales of Gurpi formation to the purple shales of Pabdeh formation are continuous. B) The lower and upper boundary in the Emam Hasan calcareous Member were both continuously and gradually. C) Limestones of Ilam Formation are suddenly replaced by Marls (Unit 1) of Gurpi Formation.

خانواده منجر شد. با استفاده توزیع ثبت‌شده نانوفسیل‌های شاخص و بیوزون‌های تبیین‌شده (CC18 تا CC26 و NP1 تا NP5)، محدوده سنی کامپانین پیشین تا سلان‌دین برای ضخامت مطالعه‌شده در برش چناره تعیین شد. زمان نهشته‌شدن سازند گورپی کامپانین پیشین تا ابتدایی‌ترین بخش سلان‌دین (ابتدایی‌ترین بخش بیوزون NP5) تشخیص داده شد. همچنین عضو آهک امام حسن دارای محدوده سنی مائستریشین پیشین (بیوزون‌های CC23b تا CC25a) تعیین شد. بخش انتهایی سازند ایلام (۱ متر انتهایی) به زمان اواسط کامپانین پیشین (بیوزون CC18a) و بخش ابتدایی سازند پابده، به زمان سلان‌دین (NP5) منتسب شد. بر پایه مطالعات آزمایشگاهی انجام‌شده، گذر سازند ایلام به سازند گورپی مبهم، اما گذر سازند گورپی به سازند پابده از نظر زمانی پیوسته است.

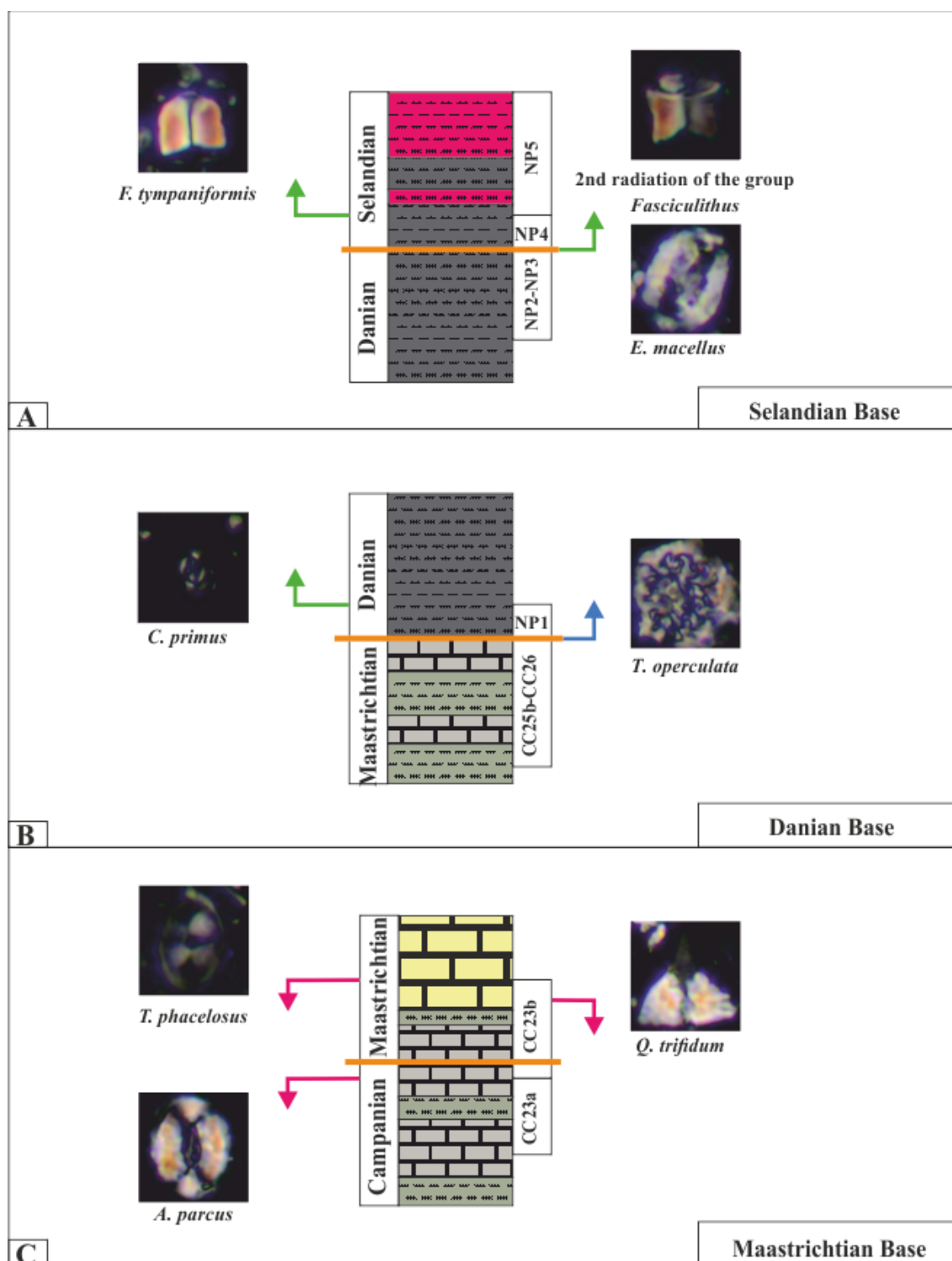
در برش چینه‌شناسی چناره، سه گذر زمان چینه‌نگاری کامپانین-مائستریشین، مائستریشین-دانیل (کرتاسه-پائوژن/مزوزئیک-سنوزئیک) و دانیل-سلان‌دین با استفاده از حوادث جهانی نانوفسیلی به طور دقیق و با شرح جزئیات تفکیک شد. گذر کامپانین-مائستریشین (قاعده مائستریشین) درون توالی سنگ‌آهک-شیل بلافاصله قاعده عضو امام حسن و بین دو حادثه آخرین حضور *A. parvus* و آخرین حضور *Q. trifidum* قرار می‌گیرد (نزدیک‌تر به آخرین حضور *A. parvus*). گذر مائستریشین-دانیل (قاعده دانیل) در حد فاصل توالی شیل-سنگ‌آهک (واحد ۶) و شیل‌های زودفرسای خاکستری تیره (متمایل به سیاه، واحد ۷) شناسایی شد، به نحوی که اولین نمونه از شیل‌های تیره واحد ۷ به زمان دانیل (بیوزون NP1) نسبت داده شد. مرز دانیل-سلان‌دین (قاعده سلان‌دین) درون شیل‌های خاکستری تیره واحد ۷ (آخرین نمونه در واحد ۷) و بلافاصله قبل از شروع قاعده شیل‌های ارغوانی تعیین موقعیت شد.

چنانچه مشاهده می‌شود، مبنای تشخیص گذر دانیل-سلان‌دین براساس نانوفسیل‌های آهکی قرار داده شده است. منظور از دومین انشعاب *Fasciculithus*، اولین حضور گونه *F. billii*، *F. jani*، *F. ulii* و گونه‌های *involutus*، *F. pileatus* است که تقریباً هم‌زمان با پایان شکوفایی *Braarudosphaera* در نظر گرفته شده است. اولین حضور *F. ulii* و دیگر گونه‌های نامبرده‌شده در بالا و در نمونه شماره ۱۸۱ (۲۸۸/۵ متری از ابتدای برش و بخش دوم از برش) و هم‌زمان با اولین حضور گونه‌های *E. macellus* و *S. moriformis* (که به معنای وجود بخش بالایی بیوزون NP4 در نظر گرفته می‌شود) ثبت شده است (احتمال می‌رود قسمتی از ضخامت شیل‌های خاکستری‌رنگ واحد ۷، که بین بخش اول و دوم برش واقع‌اند، برداشت نشده باشد) و از این رو، گذر دانیل-سلان‌دین در شیل‌های خاکستری‌رنگ تیره واحد ۷ از سازند گورپی و اندکی پیش از شیل‌های ارغوانی‌رنگ سازند پابده، واقع می‌شود (شکل ۶).

نتیجه

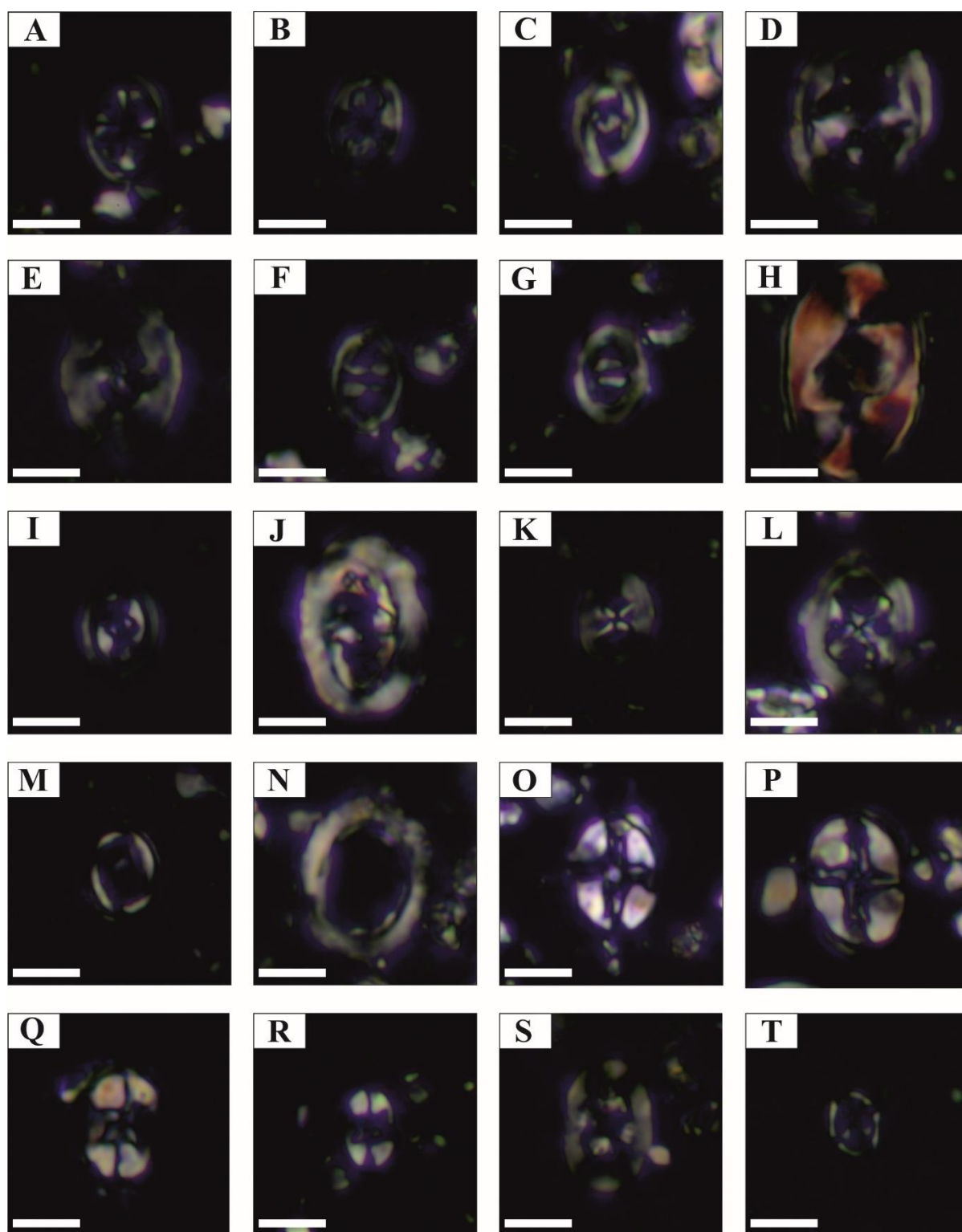
برش چینه‌شناسی تاقدیس چناره با ضخامت ۳۰۰ متر، شامل ۱ متر از سنگ‌آهک‌های سازند ایلام و ۱۰/۵ متر از شیل‌های ارغوانی سازند پابده برداشت شده است. در این برش سازند گورپی با ۲۸۸/۵ ضخامت، براساس تغییرات سنگ‌شناسی مشاهده‌شده در صحرا، به ۷ واحد سنگ‌شناختی تفکیک شده است. واحد ۵ یا عضو آهکی امام حسن در برش تاقدیس چناره، ۱۱۲/۸ متر ضخامت دارد. طبق شواهد و مشاهدات صحرایی، مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام به صورت ناگهانی و مرز بالایی با شیل‌های ارغوانی سازند پابده به طور پیوسته و تدریجی است.

مطالعه اجتماعات نانوفسیل‌های آهکی در نمونه‌های برداشت‌شده، به شناسایی ۶۷ گونه از ۴۵ جنس متعلق به ۲۰



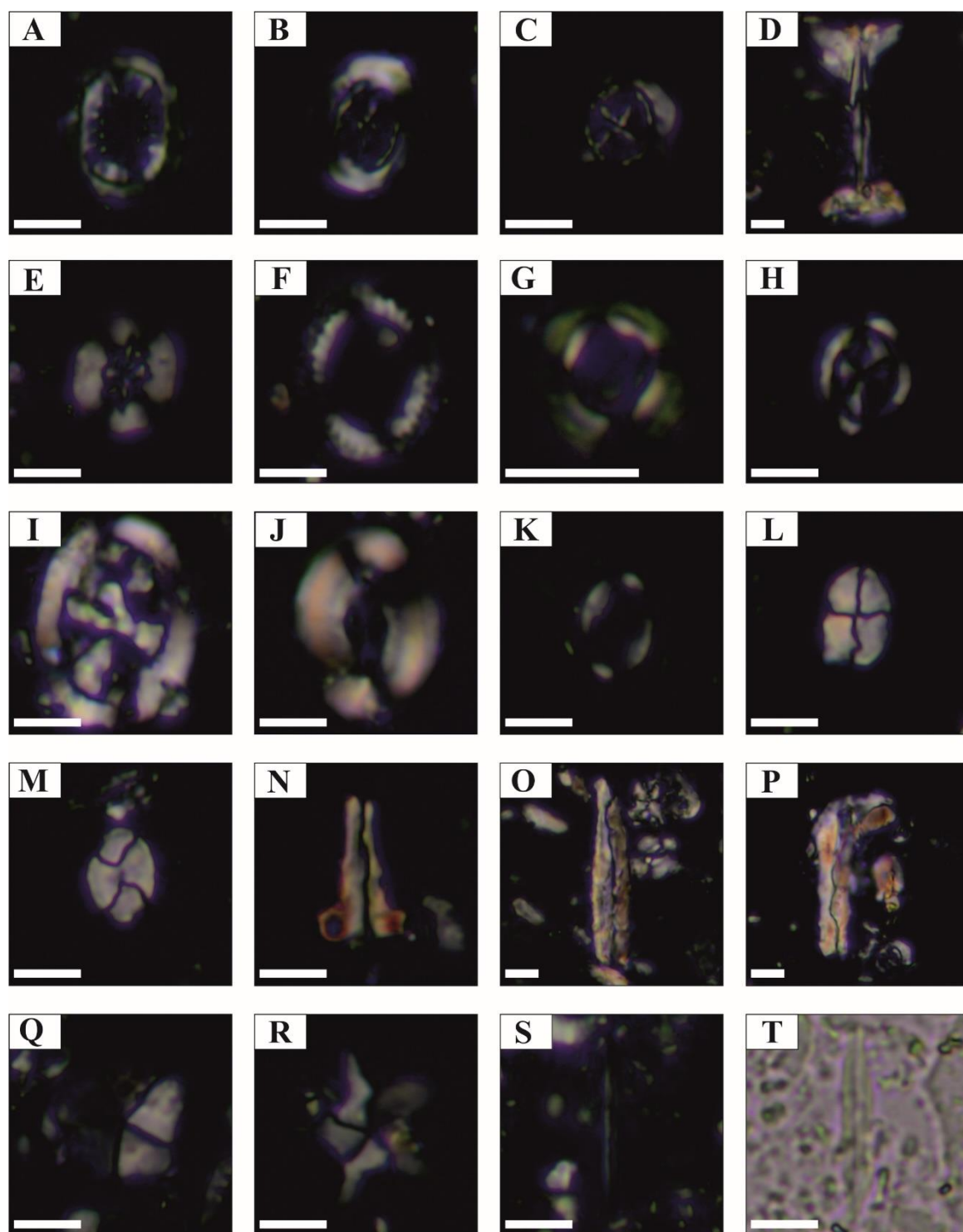
شکل ۶- موقعیت گذرهای کامپانین- مائستریشتین (C)، مائستریشتین- دانین (B) و دانین- سلاندین (A) در سازند گورپی در برش تاق‌دیس چناره

Fig 6- Position of the Campanian-Maastrichtian (C), Maastrichtian-Danian (B) and Danian-Selandian (A) boundaries in Gurpi Formation in Chenareh section



شکل ۷- نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده (بخش کرتاسهٔ پسین) در برش چناره طول میله در تمامی تصاویر برابر با ۴ میکرون است.

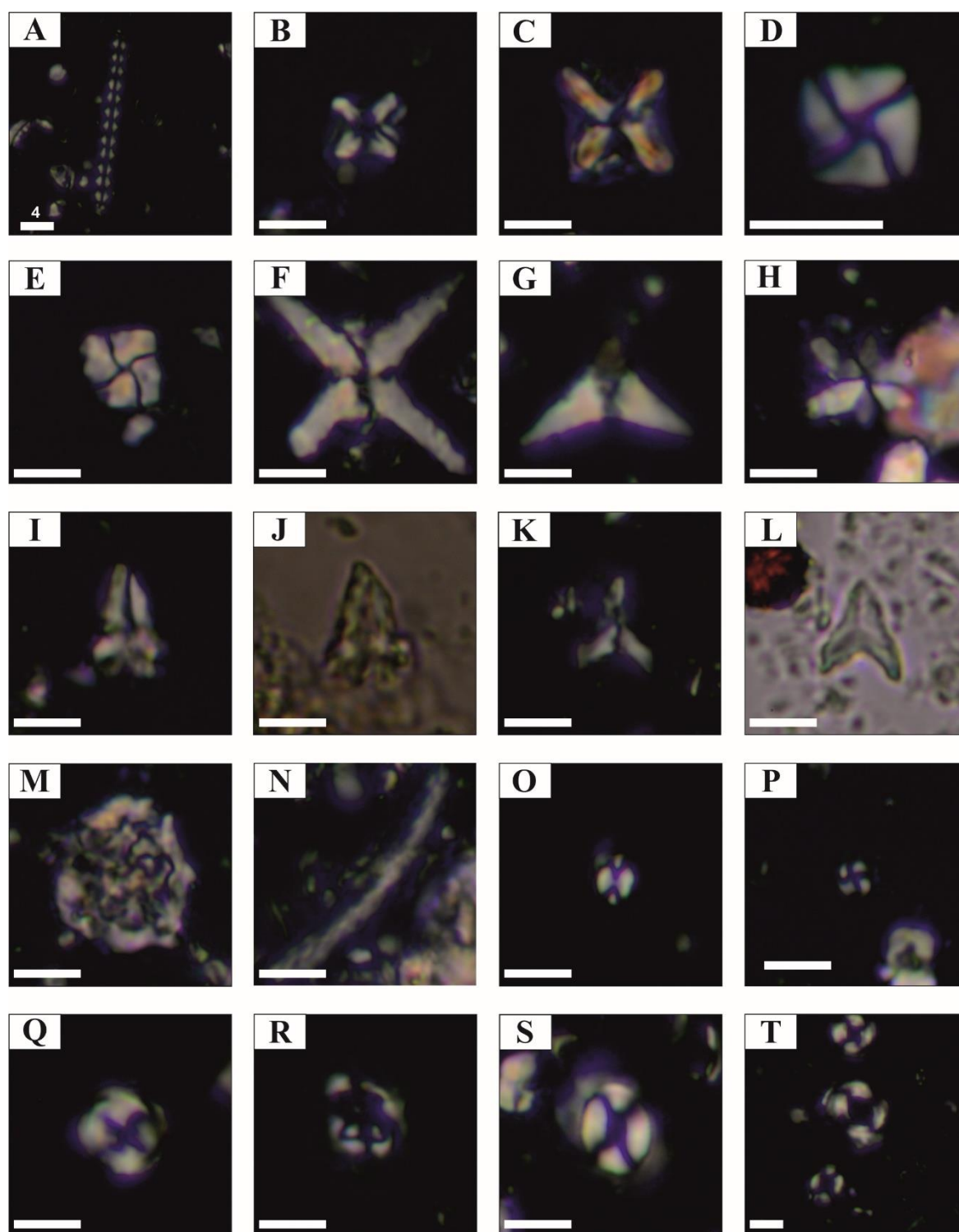
Fig 7- Identified calcareous nannofossils (Late Cretaceous) in the Chenareh section. All scale bar are 4μm
 A) *Ahmuellerella octoradiata* B) *Ahmuellerella regularis* C) *Placozygus fibuliformis* D) *Reinhardtites anthophorus* E) *Reinhardtites levis* F) *Tranolithus phacelosus* G) *Zeugrhabdotus diplogrammus* H) *Zeugrhabdotus embergeri* I, J) *Zeugrhabdotus sigmoides* (I Late Cretaceous and J Paleocene) K) *Chiastozygus amphipons* L) *Chiastozygus bifarius* M,N) *Loxolithus armilla* O,P) *Eiffellithus eximius* Q) *Eiffellithus turrisieffellii* R) *Eiffellithus gorkae* S) *Rhagodiscus splendens* T) *Corollithion signum*



شکل ۸- نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده (بخش کرتاسهٔ پسین) در برش چناره طول میله در تمامی تصاویر برابر با ۴ میکرون است.

Fig 8- Identified calcareous nannofossils (Late Cretaceous) in the Chenareh section. All scale bar are 4µm

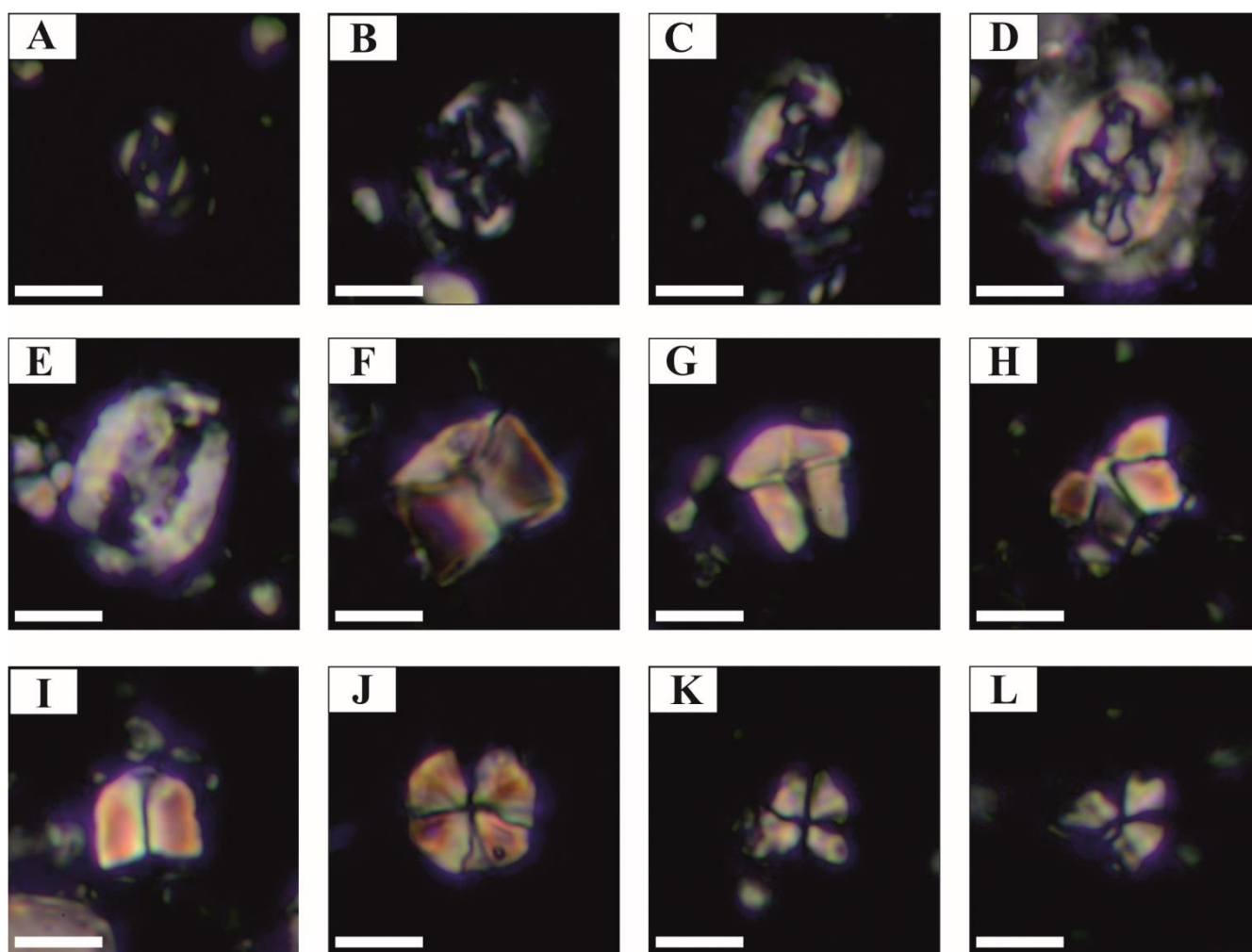
A) *Cribrosphaerella ehrenbergii* B) *Prediscosphaera spinosa* C) *Prediscosphaera cretacea* D) *Prediscosphaera stem* E) *Retecapsa octofenestrata* F) *Manivitella pemmatoidea* G) *Cylindralithus biarcus* H,I) *Arkhangelskiella cymbiformis* J) *Aspidolithus parvus* K) *Broinsonia signata* L) *Calculites ovalis* M) *Calculites obscurus* N) *Lucianorhabdus maleformis* O) *Lucianorhabdus cayeuxii* P) *Lucianorhabdus arcuatus* Q) *Braarudosphaera bigelowii* R) *Bukryaster hayi* S,T) *Lithraphidites quadratus*



شکل ۹- نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده (بخش کرتاسهٔ پسین و پالئوسن) در برش چناره (طول میله در تمامی تصاویر برابر با ۴ میکرون است).

Fig 9- Identified calcareous nannofossils (Late Cretaceous and Paleocene) in the Chenareh section. All scale bar are 4µm.

A) *Microrhabdulus undosus* B,C) *Micula staurophora* D) *Micula premolisilvae* E) *Micula praemurus* F) *Quadrum sissinghii* G) *Quadrum trifidum* H) *Rucinolithus hayi* I,J) *Ceratolithoides verbeekii* K,L) *Ceratolithoides aculeus* M) *Thoracosphaera operculata* N) Curved Spine O) *Prinsius martinii* P) *Prinsius dimorphosus* Q) *Toweius pertusus* R) *Chiasmolithus danicus* S) *Coccolithus pelagicus* T) *Ericsonia subpertusa*



شکل ۱۰- نانوفسیل‌های آهکی شناسایی‌شده (بخش پالتوسن) در برش چناره
طول میله در تمامی تصاویر برابر با ۴ میکرون است.

Fig 10- Identified calcareous nannofossils (Paleocene) in the Chenareh section. All scale bar are 4μm.

**A) *Crucioplacolithus primus* B) *Crucioplacolithus intermedius* C,D) *Crucioplacolithus tenuis* E) *Ellipsolithus macellus*
F-H) *Fasciculithus* spp. I) *Fasciculithus tympaniformis* J-L) *Sphenolithus moriformis***

References

- Afrouzeh N. 2016. Microbiostratigraphy and bathymetry of Gurpi Formation in Chenareh Anticline, Lorestan basin, MSc thesis, Lorestan University, 97 p. [In Persian].
- Agnini C. Fornaciari E. Raffi I. Catanzariti R. Pălike H. Backman J. and Rio D. 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 47 (2): 131-181.
- Amiri F. 2019. Biostratigraphy and paleoecology of the Gurpi Formation based on planktonic foraminiferal in Bishederaz section, south, MSc thesis, Damghan University, 112 p. [In Persian]
- Asgharian Rostami M. 2012. Biostratigraphy and biogeography of the Gurpi Formation in Mish-Khas section, south of east Ilam Province, Based on foraminifera. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 22(85): 135-148.
- Aubry M. P. Bord D. and Rodriguez O. 2011. New taxa of the Order Discoasterales Hay 1977. *Micropaleontology*, 57: 269-287.
- Bakhshandeh L. Khosro Tehrani K. Mohtat T. Vaziri S. and Keshani F. 2015. Biozonation of the Gurpi Formation in Banroushan section (SW Ilam) based on planktonic foraminifera. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 24(95): 85-96.
- Bown P.R. and Young J.R. 1998. Techniques. In: Bown P. R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropaleontology Society Publication Series, Chapman and Hall/Kluwer Academic, London, 16-28.

- Burnett J.A. 1998. Upper Cretaceous. In: Bown P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropaleontology Society Publication Series, Chapman and Hall/Kluwer Academic, London, 132-199.
- Esfandyari S. 2015. Lithostratigraphy and nannostratigraphy of Gurpi Formation in Sourghah Anticline, MSc thesis, Shahid Beheshti University, 174 p. [In Persian].
- Farmani M.T. 2017. Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Chenareh Mountain, north of Khuzestan, southwest of Iran, MSc thesis, Tehran University, 105 p. [In Persian].
- Farmani T. Ghasemi-Nejad E. Beiranvand B. and Maleki-Porazmiani S. 2020. Biozonation, paleobathymetry and paleoenvironmental study of the Gurpi Formation in southwestern Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 12 (1): 54-68.
- Fortey R. 1999. *Life: A natural history of the first four billion years of life on Earth*, Vintage. 400 p.
- Gale A. Batenburg S. Coccioni R. Dubicka Z. Erba E. Falzoni F. ... and Walaszczyk I. 2023. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Campanian Stage at Bottaccione (Gubbio, Italy) and its auxiliary sections: Seaford Head (UK), Boceniec (Poland), Postalm (Austria), Smoky Hill, Kansas (USA), Tepayac (Mexico). *Episodes Journal of International Geoscience*, 46 (3): 451-490.
- Ghourchaei S. 2006. Biostratigraphy of Gurpi Formation in the north of Kabirkuh based of foraminifera, MSc thesis, Tehran University, 181 p. [In Persian].
- Gohari A. 2010. Lithostratigraphy and nanostratigraphy of Gurpi Formation in Siahkuh section (southwest of Ilam), MSc thesis, Shahid Beheshti University, 265 p. [In Persian].
- Hadavi F. and Shokri N. 2010. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in south Ilam (Kavar section). *Scientific Semiannual Journal Sedimentary Facies*, 2(2): 217-225 [In Persian].
- Hadavi F. and Rasaizadi M.M. 2009. Nanostratigraphy of Gurpi Formation in Dareh Shahr section (southeast of Ilam). *Applied Geology Quarterly*, 4 (4): 299-308 [In Persian].
- Hemmati Nasab M. 2008. Microbiostratigraphy and sequence stratigraphy of the Gurpi Formation in Kaver section, south of Kabirkuh, MSc thesis, Tehran University, 183 p. [In Persian].
- Maghfouri Moghaddam I. 2015. Microbiostratigraphy of Gurpi Formation on the southwestern edge of Khorramabad anticline, Zagros Basin, New Findings of Applied Geology, 9 (18): 32-38 [In Persian].
- Maghfouri Moghaddam I. and Afrouzeh N. 2021. Biostratigraphy of Campanian-Maastrichtian deposits (Gurpi Formation) in Chenareh anticline, (Lorestan Province) and its comparison with nearby areas. *Geology of Iran*, 15 (60):1-13 [In Persian].
- Mahmoodian S. 2019. Foraminiferal biostratigraphy and sequence stratigraphy of the Gurpi Formation in the Kabirkuh Anticline, northwest of Abadan, MSc thesis, Kharazmi University, 206 p. [In Persian].
- Martini E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. *Proceedings of the 2nd Planktonic Conference, Roma, 1970*, 739-785.
- Mobasheri A. 2022. Comparison sedimentary environment, diagenetic processes and sequence stratigraphy of Gurpi Formation on both sides of Balarud Fault, Zagros, PhD thesis, Shahid Beheshti University, 278 p. [In Persian].
- Molina E. Alegret L. Arenillas I. Arz J.A. Gallala N. Hardenbol J. ... and Zaghib-Turki D. 2006. 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 Journal of International Geoscience*, 29 (4): 263-273.
- Mohammadian M. 2019. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Gurpi Formation in Tange Maghin (S.W. Lorestan) based on foraminifera, MSc thesis, Shahid Beheshti University, 207 p. [In Persian].
- Moradi M. 2010. Biostratigraphy and paleoecology of Gurpi Formation in Farhad Abad, west of Darreh-Shahr, MSc thesis, Tehran University, 117 p. [In Persian].
- Motiei H. 1993. Stratigraphy of Zagros. *Geological Survey of Iran, Tehran*, 563 p. [In Persian].
- Odin G.S. and Lamaurelle M.A. 2001. The global Campanian-Maastrichtian stage boundary. *Episodes Journal of International Geoscience*, 24 (4): 229-238.
- Okada H. and Bukry D. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.
- Perch-Nielsen K. 1985a. Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli H. M. Saunders J. B. Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Earth Sciences Series, Cambridge University Press, 329-426.
- Perch-Nielsen K. 1985b. Cenozoic calcareous nannofossils. In Bolli H.M. Saunders J.B. Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 427-554.
- Sahabi F. and Macleod J.H. 1969. Bala Rud, Geological Compilation map, scale 1:100000. NIOC.

- Schmitz B. Pujalte V. Molina E. Monechi S. Orue-Etxebarria X. Speijer R.P ... and Thomsen E. 2011. The global stratotype sections and points for the bases of the Selandian (Middle Paleocene) and Thanetian (Upper Paleocene) stages at Zumaia, Spain, Episodes Journal of International Geoscience, 34 (4): 220-243.
- Senemari S. and Foroghi F. 2019. Calcareous nannofossils biostratigraphy of the Campanian-Danian interval, Gurpi Formation in the Zagros Basin, southwest Iran. Geopersia, 9 (2): 251-264.
- Shahriyary S. 2018. Biostratigraphy of Gurpi Formation in Lorestan Province (Kabir Kuh, Samand and Anaran Anticlines) based on calcareous nannofossils, PhD thesis, Shahid Beheshti University, 280 p. [In Persian].
- Sina M.A. Aghanabati A. Kani A. Bahadori A.R. 2011. Biostratigraphy study of Gurpi Formation in Poldokhtar section (Kuh-Soltan Anticline) based on calcareous nannofossils. Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 20 (79):183-188.
- Sissingh W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. Geologie Mijnbouw, 56: 37-65.
- Solgi Z. 2015. Microbiostratigraphy and bathymetry of Gurpi Formation in Zangul Anticline, (SW of Khoramabad), MSc thesis, Lorestan University, 118 p. [In Persian].
- Stocklin J. and Setudehnia A. 1970. Stratigraphic Lexicon of Iran, Geological Survey of Iran, Tehran, 18, 376 p.
- Taherzadeh M. 2018. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Gurpi Formation in Kase Mast Anticline (NE- Dehloran), MSc thesis, Shahid Beheshti University, 198 p. [In Persian].
- Varol O. 1989. Palaeocene calcareous nannofossil biostratigraphy, Nannofossils and Their Applications, 12: 267-310.
- Varol O. 1998. Palaeocene. In: Bown, P.R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy, British Micropaleontology Society Publication Series, Chapman and Hall/Kluwer Academic, London, 200-224.
- Young J.R. and Bown P.R. 1997. Higher classification of calcareous nannofossils. Journal of Nannoplankton Research, 19 (1): 15-20.
- Young J.R. Bergen J.A. Bown, P.R. Burnett J.A. Fiorentino A. Jordan R.W. Kleijne A. van Niel B.E. Romein A.J.T. von and Salis K. 1997. Guidelines for coccolith and calcareous nannofossil terminology. Palaeontology, 40: 875-912.