

**Research Article**

## Nannostratigraphy of the Eocene deposits in East of Lut Block in Alanj stratigraphic section

Farah Jalili<sup>1\*</sup>, Marziyeh Notghi Moghaddam<sup>2</sup>, Saeedeh Senemari<sup>3</sup>

1- Ph.D. in Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, University of Birjand, Iran

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

3- Associate Professor, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

**Keywords:** Nannostratigraphy, Eocene, Lut Block, Alanj, Calcareous nanofossils

### 1- Introduction

Lut block in the eastern part of the subcontinent of Central Iran and a stretched structural zone with a north-south trend that is 900 km long and about 150 to 200 km wide. Lut blocks east to Nehbandan fault; it ends in Nayband fault from the west and the Daruneh fault from the north, and the southern border of this structural zone is the Jazmourian depression.

The characteristic features of the Lut block are the presence of intense magmatic activity and the presence of intrusive masses, the presence of many faults and joints and different metamorphic facies in different rock units, which shows the similarity of the stratigraphic history of Lut block with other subcontinent areas of Central Iran. Moreover, sedimentary rocks such as lime, marl, sandstone are also more limited in this structural zone.

The Paleogene sediment sequence is exposed in areas of the Lut block sedimentary basin. However, due to the tectonic dynamics of the Lut block, especially in its eastern margin in this area, faulting, drift, fragmentation, and metamorphism are significant. In many places, due to these special tectonic conditions, the existing sequences are not thoroughly studied. Therefore, most of the studies conducted in the Lut block are related to the preparation of geological maps or tectonic studies.

Therefore, to complete previous studies and conduct bio-stratigraphic studies, sampling and study of deposits in this area seems necessary. Therefore, the present study aimed to identify calcareous nanofossils, determine nanozones based on the presence of indicator species and finally determine the exact age of some Eocene deposits of Lut block in the stratigraphic section Alanj (northeast of Ghaen).

It is worth mentioning that according to Aghanbati (2004) Segmentation, the study area is located in the eastern margin of the Lut block in eastern Iran.

The studied sequence is located in South Khorasan Province, northeast of Qaen city, and three kilometres north of Alanj village.

The thickness of the sequence studied in the stratigraphic section of Alanj is 633m and includes marl deposits with interbedded sandstone and shale layers and sandstone units. The sampled sequence with a normal boundary is located on the andesitic unit in the map attributed to the Paleocene, and at the upper boundary of this sequence is a conglomerate unit that is normal to it.

### 2- Materials and methods

Sampling is often from shale and marl layers and takes samples without weathering from a depth of 50cm. It should be noted that the sandstone units of the mentioned section were also sampled, but they did not contain nanofossils.

\* Corresponding author: farah\_jalili@yahoo.com

DOI: 10.22055/AAG.2021.35701.2180

Received 2020-11-15

Accepted 2021-09-20

The collected samples were prepared by the smear slide method. Bown and Young (1998) studied and photographed with Olympus polarizing microscope model BH2 with 100 lenses. In order to investigate the properties of nanofossils, the prepared samples were studied under PPI and XPL light.

### 3-Results and discussion

The factors influencing how nanofossils are preserved, according to Bown and Young (1998); Andruleit (1997); Honjo (1976), includes dissolution, the incidence of diagenesis and secondary growth. Therefore, the nanofossil species identified in the Alanj stratigraphic section have relatively good to good preservation.

#### 3-1- Biostratigraphy and age determination:

In the current study, Martini (1971) zoning has been used, and in cases where the Agnini zoning index species were also present in the study sequence, the Martini biological zones were matched with their equivalents in the Agnini zoning. Thus, the identified biozones are as follows:

***Discoaster binodosus* Zone (NP11):** In the studied section, because the Fo of *Tribrachiatus orthostylus* was reported in the first sample, it is impossible to determine the actual thickness of the CNE3 biozone (approximately equivalent to the Np11 of Martini (1971)) zoning.

However, the CNE3 biozone from the base of the studied sequence is probably 38m, which includes the alternation of shale and marl and one shale unit. Therefore, the age range of this biozone belongs to the early Eocene (Iperzin).

***Tibrachiathus Orthostylus* Zone (NP12):** The NP12 biozone (CNE4 biozone equivalent) is 42m thick and consists of a shale unit in the studied sequence. The age range of this biozone is early Eocene (Iperzin).

***Dicoaster lodoensis* Zone (NP13):** The thickness of this biozone in the mentioned sequence is 60 meters, which includes the shale unit. The age of this biozone is Early Eocene (Iperzin).

***Discoaster sublodoensis* Zone (NP14):** In the present study, the NP14 biozone corresponds to the range of the CNE6-CNE8 composite zone of Agnini et al. (2014) zoning. The thickness of NP14 in the Allenj stratigraphic column is 122m, including part of a shale unit, a sandstone unit, and a marl unit with intercalations of sandstone. This biozone belongs to the end of the early Eocene (Iperzin) and the beginning of the middle Eocene (Lutein).

***Nannotetrina fulgens* Zone (NP15):** Based on the biological indicators introduced in the Alanj section, the thickness of the NP15 biozone in the stratigraphic column of the mentioned sequence is 93m in a marl unit. Therefore, the age range of this biozone is the middle Eocene (lutein).

***Discoaster taniinodifer* Zone (NP16):** NP16 biozone in the studied stratigraphic column is 177m thick, lithologically composed of marl with sandstone layers and a unit of sandstone. The age range of this biozone is middle Eocene (lutein-bartonin).

***Discoaster saipanensis* Zone (NP17):** The thickness of NP17 biozone in the mentioned sequence is 50m, the lithology of which includes marl unit with intercalations of sandstone and sedimentary units consisting of shale and marl alternation. The age range of this biozone is middle Eocene (Bartonin).

***Chiasmolithus oamaroensis* Zone (NP18):** The thickness of the NP18 biozone in the stratigraphic column of the studied sequence is 33m, and its lithology consists of shale and marl alternation. The age range of this biozone is Late Eocene (Priabonin).

***Isthmolithus recurvus* ZONE (NP19):** In the studied sequence, the lower boundary of NP19 biozone was determined with the fossil of *Isthmolithus recurvus*, but in the remaining samples until the end of the sequence



of *Sphenolithus pseudoradians* was not observed. Therefore, the thickness of this biozone in the Alanj sequence can include the last 18 meters of the sequence. The lithology of this biozone consists of shale and marl alternations.

#### 4- Conclusions

Calcareous nanofossils identified in the studied deposits in the stratigraphic section of Alanj are 45 species of 20 genera and have relatively good diversity and relatively good to good preservation. In the studied stratigraphic section, based on the recorded nannofossil indices and compliance with the global standard Martini (1971) zoning, biozones NP11 to NP19 were identified. In the range of biozones where Agnini et al. (2014) zoning indices were observed, it is compatible with the biozones presented by Agnini et al. (2014) in Eocene. Based on the identified index species and stratigraphic value. Information about the introduced biozones and the stratigraphic incisions of the Eperciene (early Eocene) to Priabonian (late Eocene) stratigraphic sections are suggested.

#### References

- Aghanbati, A., 2004. Geology of Iran, Geological Survey of Iran, p. 586.
- Agnini, C., Fornaciari, E.R.I., Catanzariti, R., Pälke, H., Backman, J., Rio, D., 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy* 47, 131–181.
- Andruleit, H., 1997. Coccolithophore fluxes in the Norwegian- Greenland Sea, seasonality and assemblage alterations. *Marine Micropaleontology* 31, 45- 64.
- Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., Ed. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontology Society Publish, pp. 16- 28.
- Gansser, A., 1995. New aspects of the geology in central Iran-4th World Petroleum Congress. Rome 5, 279-300.
- Hadavi, F., Khazaei, A. R., Moazen, M., 2013. Calcareous nanofossils of Paleogene sediments in the section of Binabad village (northwest of Birjand), 7<sup>th</sup> National Conference on Geology, Payame Noor University, Payame Noor University of Lorestan.
- Hadavi, F., Mazhari, N., Khazaei, A. R., 2012. Biostratigraphy of Paleogene deposits in Kafaz village section (southeast of Birjand) based on calcareous nanofossils. 16<sup>th</sup> Conference of Iranian Geological Society, Shiraz University.
- Honjo, S., 1976. Coccoliths: production. Transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology* 1, 65-79.
- Jalili, F., Hadavi, F., Khazaei, A.R, 2015. Nanostratigraphy of Afzalabad filyshoids (north of Birjand). *Journal of Paleontology* 3, 132-143.
- Jalili, F., Natghi Moghadam, M., Hadavi, F., 2019. Calcareous nannoplanktons in the Contiguous Oceanin East of Iran in Chahkand section (North of Birjand) *Oceanography* 39, 73-79.
- Mahdavi, F., Hadavi, F., Khazaei, A.R, 2013. Calcareous nanofossils of Paleogene deposits in the section of Kalat-e-Shams village (northwest of Birjand). 7<sup>th</sup> Symposium of Iranian Paleontological Society, Isfahan
- Martini, E., 1970. Standard Paleogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature* 1(226), p. 560.
- Martini, E., 1971. Die Typen und Typoide des Natur-Museums Senckenberg. 46: Fossiles Nannoplankton. *Senckenbergiana lethaea* 52,115-127.
- Nowroozi, A.A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia. Turkey. West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the middle east. *Bulletin of the Seismological Society of America* 62, 823-850.
- Okada, H., 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., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K., (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 329-426.
- Romein, A.J.T., 1979. Lineages in Early Paleocene nannoplankton. *Utrecht Micropaleontology Bulletin* 22, 18–22.
- Stocklin, J., 1972. *Lexique stratigraphique International*, Vol. III, Fascicule 9b, Iran.
- Stocklin, J., Nabavi, M.H., 1973. Tectonic map of Iran, Geological Survey of Iran.
- Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplankton. *Micropaleontology* 1, 325-362.



Varol, O., 1991. 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, pp.267–310.

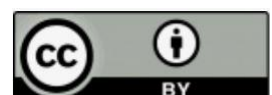
HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Jalili, F., Notghi Moghaddam, M., Senemari, S., 2022. Nannostratigraphy of the Eocene deposits in East of Lut Block in Alanj stratigraphic section. Adv. Appl. Geol. 12(3), 393-406.

DOI: 10.22055/AAG.2021.35701.2180

url: [https://aag.scu.ac.ir/article\\_17040.html?lang=en](https://aag.scu.ac.ir/article_17040.html?lang=en)

©2022 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.



## زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های ائوسن شرق بلوک لوت در برش چینه‌شناسی آلنج بر اساس نانوفسیلهای آهکی

فرح جلیلی\*

دکتری چینه‌شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، ایران

مرضیه نطقی مقدم

دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

سعیده سنماری

دانشیار، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین، ایران

\*farah\_jalili@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹

## چکیده

در این پژوهش زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های ائوسن حاشیه شرقی بلوک لوت، بر مبنای نانوفسیلهای آهکی در برش چینه‌شناسی آلنج بررسی شده است تا زیست‌زونها و نهایتاً بر اساس آنها سن دقیق این نهشته‌ها تعیین شود. نهشته‌های ائوسن در این برش چینه‌شناسی حدود ۶۳۳ متر ضخامت دارد و ترکیب سنگ‌شناسی عمدتاً شامل واحدهای شیل و مارنی با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی و واحدهای ماسه سنگ می‌باشد. بر اساس مطالعات تاکسونومیک، ۴۵ گونه نانوفسیلی متعلق به ۲۰ جنس در برش چینه‌شناسی آلنج شناسایی و عکسبرداری شد. بر اساس گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده، در برش چینه‌شناسی آلنج زونهای زیستی زیر تفکیک گردیده است:

*Discoaster binodosus* Zone (NP11), *Tribraachiathus Orthostylus* Zone (NP12), *Dicoaster lodoensis* Zone (NP13), *Discoaster sublodoensis* Zone (NP14), *Nannotetrina fulgens* Zone (NP15), *Discoaster taniinodifer* Zone (NP16), *Discoaster saipanensis* Zone (NP17), *Chiasmolithus oamaroensis* Zone (NP18), *Isthmolithus recurvus* ZONE (NP19)

بر اساس این زون‌های زیستی، سن توالی مورد مطالعه در این برش چینه‌شناسی، ائوسن پیشین تا ائوسن پسین (ایپرژین تا پریابونین) پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: زیست‌چینه‌نگاری، ائوسن، بلوک لوت، آلنج، نانوفسیلهای آهکی

## مقدمه

مارن و ماسه‌سنگ نیز به صورت محدودتر در این زون ساختاری دیده می‌شود (Aghanabati, 2004).

توالی رسوبات پالئوژن در مناطقی از حوضه رسوبی بلوک لوت رخنمون دارد. لیکن به دلیل پویا بودن تکتونیکی بلوک لوت، به ویژه در حاشیه شرقی آن، در این ناحیه گسلش، راندگی، خردشدگی و دگرگونی قابل توجه بوده و در بسیاری از نقاط به دلیل وجود این شرایط تکتونیکی خاص، توالی‌های موجود به طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته و بیشتر مطالعات انجام شده در بلوک لوت تاکنون مرتبط با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و یا مطالعات تکتونیکی است که به دلیل تعداد زیاد مطالعات مذکور و اطلاع مطلب از نام بردن آنها در اینجا خودداری می‌شود. از این‌رو جهت تکمیل مطالعات قبلی و انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، نمونه‌برداری و بررسی نهشته‌های این حوضه رسوبی ضروری به نظر می‌رسد. لذا مطالعه حاضر با هدف شناسایی نانوفسیلهای آهکی، تعیین زیست‌زونهای نانوفسیلی بر اساس وجود گونه‌های شاخص و نهایتاً

بلوک لوت شرقی‌ترین بخش خردقاره ایران مرکزی و یک زون ساختاری کشیده با روند شمالی - جنوبی است که طول ۹۰۰ کیلومتر و عرض حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر دارد. محدوده بلوک لوت از مشرق به گسل نه‌بندان، از غرب به گسل نایبند و از شمال به گسل درونه ختم می‌شود و مرز جنوبی این زون ساختاری فروافتادگی جازموریان است (Stocklin, 1972, 1986; Gansser, 1995; Nowroozi, ) (1972; Stocklin and Navabi, 1971, 1973).

از ویژگی‌های شاخص بلوک لوت می‌توان به وجود فعالیت‌های شدید ماگمایی، حضور توده‌های نفوذی، وجود گسل‌ها و درزه‌های فراوان و رخساره‌های مختلف دگرگونی در واحدهای مختلف سنگی اشاره کرد که نشان‌دهنده شباهت زیاد تاریخچه چینه‌ای بلوک لوت با دیگر نواحی خردقاره ایران مرکزی است. همچنین سنگ‌های رسوبی نظیر آهک،

منطقه را گزارش نموده و بر اساس آن زون بندی و تعیین سن دقیقی برای این نهشته‌های مذکور ارائه می‌دهد.

### موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به برش چینه شناسی آلنج

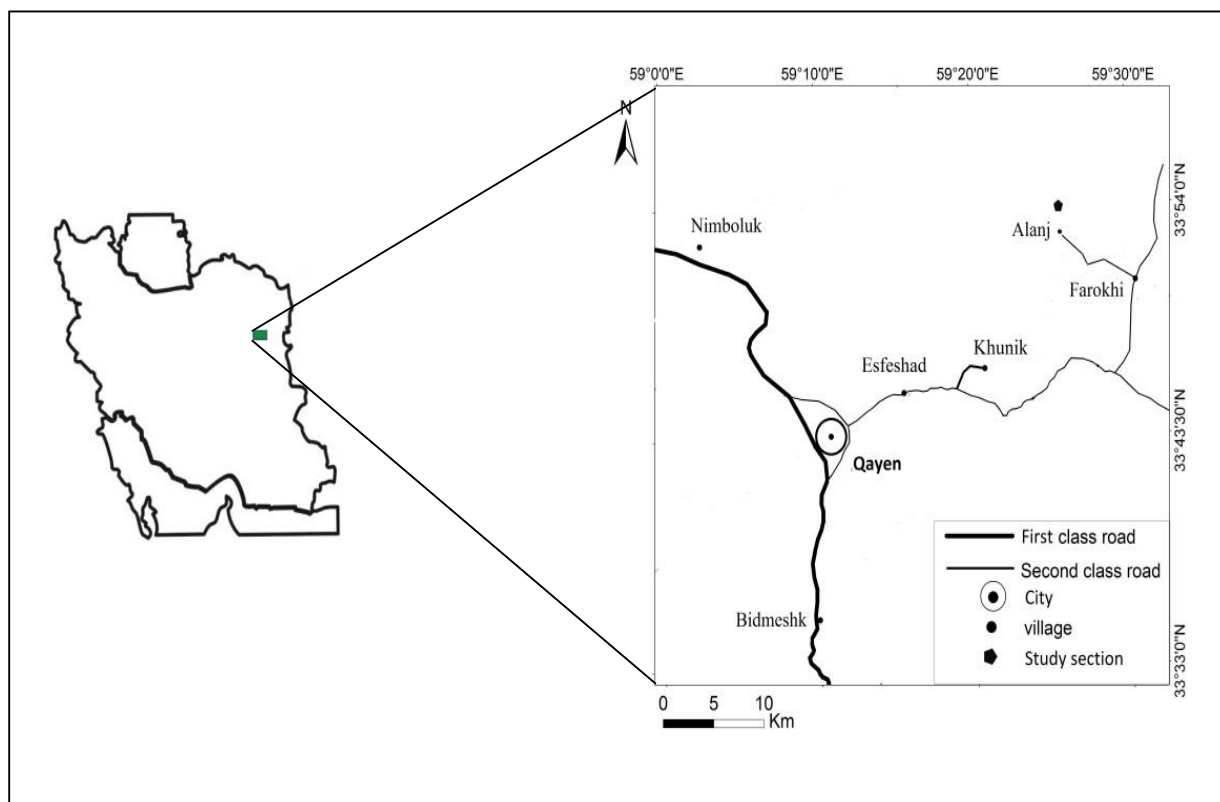
توالی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی (شمال شرق شهرستان قاین) و در شمال روستای آلنج قرار دارد. دسترسی به برش چینه شناسی آلنج از طریق جاده اصلی بیرجند - مشهد، پس از رسیدن به شهرستان قاین ادامه مسیر تا روستای فرخی و سپس جاده فرعی روستای فرخی به روستای آلنج می‌باشد.

برش چینه شناسی مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی  $25^{\circ} 00'$   $59^{\circ} 00'$  طول شرقی و  $33^{\circ} 54'$  عرض شمالی قرار دارد. نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است. ضخامت توالی مورد مطالعه در برش چینه شناسی آلنج ۶۳۳ متر بوده و مشتمل بر نهشته‌های مارن با میان لایه‌های ماسه سنگ و واحدهای شیلی و ماسه سنگی و تناوب شیل و مارن است. توالی نمونه برداری شده با یک مرز هم شیب بر روی واحد آندزیتی که در نقشه منسوب به پالئوسن است، قرار دارد و در مرز بالایی این توالی یک واحد کنگلومرایی به صورت هم شیب بر روی آن قرار گرفته است (شکل ۲).

تعیین سن دقیق یک توالی از نهشته‌های بلوک لوت در برش چینه - شناسی آلنج (شمال شرق قاین) انجام پذیرفت (شکل ۱).

شایان ذکر است که براساس نقشه پهنه بندی Aghanabati (۲۰۰۴) منطقه مورد مطالعه در حاشیه شرقی بلوک لوت در شرق ایران قرار دارد. همان طور که بیان شد در بلوک لوت مجموعه‌های رسوبی پالئوژن گزارش شده است (Aghanabati, 2004). لیکن با وجود اهمیت این نهشته‌ها در چینه شناسی بلوک لوت، تاکنون تنها مطالعات فسیل شناسی چندی بر روی این رسوبات انجام شده است. از مطالعات نانوفسیل شناسی انجام شده می‌توان به بررسی‌های صورت گرفته بر روی نهشته‌های پالئوژن بلوک لوت توسط Hadavi و همکاران (۲۰۱۲)، Mahdavi و همکاران (۲۰۱۳)، Jalili و همکاران (۲۰۱۵)، و Notghi Moghadam و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد.

لازم به ذکر است تاکنون هیچگونه مطالعه زیست‌چینه نگاری بر روی توالی نهشته‌های اتوسن بلوک لوت در منطقه آلنج انجام نشده است، لذا در راستای معرفی و شناسایی نانوفسیلها و تعیین سن دقیق نهشته‌های مذکور، مطالعه حاضر به بررسی نانوفسیلهای آهکی برش چینه شناسی آلنج پرداخته و برای اولین بار نانوفسیلهای آهکی این



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به برش چینه شناسی آلنج.

Fig. 1. Geographical location and access routes to Alanj stratigraphic section.



شکل ۲- نمای کلی و مرز بالایی برش چینه شناسی آلنج.

Fig. 1. Overview and upper bound of Alanj stratigraphic section.

## روش مطالعه

همانطور که قبلا اشاره شد، برش چینه شناسی مورد مطالعه شامل نهشته های مارن با میان لایه های ماسه سنگی و واحدهای شیل و ماسه سنگ و تناوب شیل و مارن می باشد. نمونه برداری اغلب از لایه های شیل و مارنی و برای جلوگیری از برداشت نمونه های هوازده، از ژرفای ۵۰ سانتیمتری انجام شده است. فواصل نمونه برداری بر روی ستون سنگ-چینه نگاری در شکل ۳ مشخص شده است (نمونه های شماره FI – F109). لازم به ذکر است واحدهای ماسه سنگی برش مذکور نیز مورد نمونه برداری قرار گرفت که البته فاقد نانوفسیل بود (نمونه های شماره S1 – S38). نمونه های جمع آوری شده پس از آماده سازی به روش اسمیراسلاید Bown و Young (۱۹۹۸) با میکروسکوپ پلاریزان المپیوس مدل BH2 و با عدسی ۱۰۰ مطالعه و عکسبرداری شده اند. به منظور بررسی خصوصیات نانوفسیلها، اسلایدهای آماده سازی شده با نورهای PPL و XPL مطالعه شد.

در شناسایی گونه ها از منابع مختلفی از جمله Perch-Nielsen (۱۹۸۵)، Bown و Young (۱۹۹۸) و Agnini و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است. همچنین برای تعیین حوادث زیستی از الگوی استاندارد زون بندی ارائه شده برای پالئوژن (الگوی Martini (۱۹۷۱)) کمک گرفته شده و در صورت وجود شاخصهای الگوی زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴)، زونهای مذکور با زونهای Martini (۱۹۷۱) تطبیق داده شده است. نمودار گسترش چینه های نانوفسیلهای آهکی در شکل ۳ و تصاویر منتخب گونه های شناسایی شده نیز در یک پلیت ارائه گردیده است.

## بحث

### نانوفسیل های آهکی (حفظ شدگی؛ تنوع گونه ای)

عوامل موثر در چگونگی حفظ شدگی نانوفسیلها شامل انحلال، بروز دیاژنز و رشد ثانویه است (Bown and Young, 1998; Honjo, 1976; Andruleit, 1997). لیکن عوامل نامبرده اثر چندانی بر شناسایی اکثر گونه های توالی مورد مطالعه نداشته است چرا که پلها، منافذ و سایر ساختارهای ناحیه مرکزی و یا ویژگی های بازوها در اغلب گونه های شناسایی شده از جنس های مختلف به صورت نسبتا خوبی حفظ شده اند. از این رو بر اساس چگونگی حفظ شدگی ساختارهای ظریف گونه های نانوفسیلی شناسایی شده در برش چینه-شناسی آلنج می توان گفت گونه های مذکور از حفظ شدگی نسبتا خوب تا خوبی برخوردارند. همچنین با توجه به شناسایی ۴۵ گونه متعلق به ۲۰ جنس از نانوفسیلها در این برش چینه شناسی، شاید بتوان گفت که نانوفسیلها در توالی مذکور از تنوع نسبتا خوبی برخوردار بوده اند.

### زیست چینه نگاری و تعیین سن

نانوفسیل های آهکی که از تریاس پسین ظاهر شدند، فسیل های زیستی کارآمدی هستند که به علت فراوانی زیاد، شناوری و گسترش جغرافیایی وسیع از یکسو و نیز ریخت شناسی بسیار متنوع که به سادگی قابل شناسایی و تفکیک می باشند از سویی دیگر، ابزاری مناسب و کاربردی جهت مطالعات زیست چینه نگاری، تعیین سن نهشته ها و تطابق به شمار می آیند.

همچنین فراوانی نسبی نانوفسیل های آهکی در محیط های رسوبی استوایی و نیمه استوایی، محدوده سنی کوتاه و تنوع زیاد نیز از دلایل

احتمالا ۳۸ متر است که شامل تناوبی از شیل و مارن و بخشی از یک واحد شیلی می‌باشد. محدوده سنی این زون زیستی، ائوسن پیشین (ایپرزین) است.

#### *Tribrachiatrus Orthostylus Zone (NP12)*

محدوده زمانی زون زیستی NP12 براساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) از نخستین ظهور گونه *D. lodoensis* شروع و تا آخرین حضور گونه *T. orthostylus* ادامه دارد (Perch-Nielsen, 1985). در توالی رسوبی مورد مطالعه، اولین ظهور گونه *D. lodoensis* در ۳۸ متری از شروع توالی (در نمونه شماره F10) به عنوان قاعده زون زیستی NP12 و آخرین حضور گونه *T. orthostylus* در ۸۰ متری از قاعده توالی رسوبی و در نمونه F20، مرز بالایی این زون زیستی تعیین شد. زون زیستی CNE4 بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) که منطبق بر زون-زیستی NP12 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) است، از نخستین ظهور گونه *D. lodoensis* تا آخرین حضور گونه *T. orthostylus* تعریف می‌شود. در واقع شاخص‌های زیستی در هر دو زون بندی یکسان است.

بنابراین در مطالعه مذکور، مرز زیرین زون زیستی CNE4، اولین ظهور گونه *D. lodoensis* در ۳۸ متری از شروع توالی (در نمونه شماره F10) و مرز بالایی این زون زیستی آخرین حضور گونه *T. orthostylus* (در ۸۰ متری از شروع توالی و در نمونه شماره F20) در نظر گرفته شده است. از شواهد دیگر زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) که در برش آلتج مشاهده شد، می‌توان به اولین ظهور گونه *Coccolithus crassus* اشاره کرد که در محدوده زمانی CNE4 منطبق بر محدوده سنی NP12 Martini (۱۹۷۱) مشاهده و ثبت شده است (شکل ۳). از این‌رو در توالی مورد مطالعه، زون زیستی NP12 (معادل زونی CNE4) دارای ۴۲ متر ضخامت و متشکل از یک واحد شیلی است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن پیشین (ایپرزین) می‌باشد.

#### *Dicoaster lodoensis Zone (NP13)*

مطابق با نظر Martini (۱۹۷۱)، زون زیستی NP13 از آخرین حضور گونه *T. orthostylus* تا نخستین ظهور گونه *Discoaster sublodoensis* تعریف می‌شود. براساس طرح زونی Agnini و همکاران (۲۰۱۴)، زون زیستی CNE5، از آخرین حضور گونه *T. orthostylus* تا نخستین ظهور گونه *D. sublodoensis* تعیین شده است.

در توالی مورد مطالعه، زون زیستی NP13 براساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) منطبق بر زون زیستی CNE5 از زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) است که از آخرین حضور گونه *T. orthostylus* (در ۸۰ متری از قاعده توالی و در نمونه F20) تا اولین ظهور گونه *D. sublodoensis* (در ۱۴۰ متری از قاعده توالی و در نمونه F35) در نظر گرفته شد. بنابراین، زون زیستی NP13 معادل با زون زیستی CNE5 است. گسترش زون زیستی NP13 در توالی مذکور

اهمیت زیاد آنها در چینه‌شناسی زیستی است. از این‌رو تا کنون در سراسر دنیا، مطالعات فراوانی بر روی این گروه فسیلی انجام شده که منجر به ارائه زون بندی‌های دقیق در عرصه علم فسیل‌شناسی شده است.

زون بندی‌های متعددی برای سنوزوئیک ارائه شده است که عبارتند

از:

Martini (1971; NP zones); Romein (1979); Okada and Bukry (1980; CP zones); Prech-Nielcen (1985); Varol (1991).

از کاملترین زون بندی‌های پالئوژن می‌توان به Martini (۱۹۷۱) اشاره نمود. اخیراً مطالعات تکمیلی دیگری بر روی زون‌های زیستی پالئوژن توسط Agnini و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده است که با تغییرات کمی با زون بندی Martini (۱۹۷۱) تطبیق داده شده است. همانطور که قبلاً بیان شد با توجه به این‌که زون بندی Martini (۱۹۷۱) در پالئوژن بسیار کامل می‌باشد و از طرفی گونه‌های شاخص زون‌های مربوط به این زون بندی از فراوانی و گسترش جهانی خوبی برخوردار هستند، لذا در پژوهش کنونی از زون بندی Martini (۱۹۷۱) استفاده شده است و در مواردی که گونه‌های شاخص زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) نیز در توالی مورد مطالعه وجود داشته است، زون‌های زیستی Martini (۱۹۷۱) با معادل‌های آنها در زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) تطبیق داده شده است.

زیست‌زون‌های شناسایی شده به شرح زیر هستند:

#### *Discoaster binodosus Zone (NP11)*

زون زیستی NP11 براساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) از آخرین حضور گونه *Tribrachiatrus contortus* تا اولین ظهور گونه *Discoaster lodoensis* (Perch-Nielsen, 1985).

در توالی مورد مطالعه، اولین ظهور گونه *D. lodoensis* در ۳۸ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F10 مشاهده شد که مرز بالای زون زیستی NP11 است. اما برای قاعده این زون زیستی که براساس آخرین حضور گونه *T. contortus* تعریف می‌شود، به دلیل عدم مشاهده گونه مذکور در توالی مورد مطالعه از زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است. زون زیستی CNE3 بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) که دربرگیرنده زون زیستی NP11 Martini است، از اولین ظهور گونه *Tribrachiatrus orthostylus* تا اولین ظهور گونه *D. lodoensis* تعریف شده است.

در توالی مورد مطالعه، اولین حضور گونه *T. orthostylus* در قاعده توالی (نمونه شماره F1) و همانطور که قبلاً اشاره شد اولین ظهور گونه *D. lodoensis* در ۳۸ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F10 مشاهده شده است. با توجه به اینکه در اولین نمونه برداشت شده اولین حضور گونه *Tribrachiatrus orthostylus* گزارش شده است، تعیین ضخامت قطعی زیست زون CNE3 (تقریباً معادل زون زیستی NP11 Martini (۱۹۷۱) میسر نیست. لیکن شاید بتوان گفت گسترش زون زیستی CNE3 از قاعده توالی مورد مطالعه



گونه *Rhabdolithus glandius* (در ۳۵۵ متری از قاعده توالی و در نمونه F56) تعیین شد. در زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) زون های زیستی CNE9، CNE10، CNE11 و بخشی از قاعده زون CNE12 قابل تطابق با زون زیستی Martini NP15 (۱۹۷۱) می باشد. قاعده زون زیستی CNE9 در بالا بحث شد.

در توالی مورد مطالعه، رأس زون زیستی CNE11 که نزدیک به مرز بالایی NP15 می باشد، با آخرین حضور گونه *Chiasmolithus gigas* (در ۳۴۷ متری از قاعده توالی و در نمونه F54) مشخص شده است. از سایر شاخص های زیستی معرف زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) که در این مطالعه ثبت شدند، می توان به اولین ظهور گونه *Chiasmolithus gigas* در مرز بالایی زون زیستی CN-E9 و همچنین اولین ظهور گونه *Sphenolithus cuniculus* به عنوان مرز بالایی زون زیستی CNE10 اشاره کرد که همه موارد فوق منطبق بر محدوده سنی Martini NP15 (۱۹۷۱) می باشند (شکل ۳). بنابراین زون زیستی NP15 با زون های زیستی CNE9، CNE10، CNE11 و بخشی از قاعده زون CNE12 مطابقت دارد. بنابراین بر اساس شاخص های زیستی معرفی شده در برش آلتج، ضخامت زون زیستی NP15 در ستون چینه شناسی توالی مذکور ۹۳ متر در یک واحد مارنی است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن میانی (لوتتین) می باشد.

#### *Discoaster taniinodifer* Zone (NP16)

بر اساس طرح زون بندی Martini (۱۹۷۱)، زون زیستی NP16 از آخرین حضور گونه *R. glandius* تا آخرین حضور گونه *Chiasmolithus solithus* تعریف شده است. در توالی مورد پژوهش، در تعریف بخش فوقانی زون زیستی NP15، یا قاعده زون زیستی NP16 توضیح داده شد که آخرین حضور گونه *Rhabdolithus glandius* در ۳۵۵ متری از قاعده توالی و در نمونه F56 ثبت شده است. رأس زون زیستی NP16 در توالی مذکور نیز بر اساس آخرین حضور گونه *Ch. Solithus* و همچنین آخرین حضور گونه *Discoaster distinctus* (که در عرض های جغرافیایی پایین، بیشتر مورد استفاده دارد) و در ۵۳۲ متری از شروع توالی و در نمونه شماره F73 تعیین شده است. بنا به عقیده Perch-Nielsen (۱۹۸۵) مرز بین NP16/NP17 را می توان بوسیله اولین ظهور گونه *H. compacta* تفکیک کرد که البته این حادثه زیستی در توالی مورد نظر ما نیز مشاهده شد که منطبق بر سایر شواهد زیستی است (شکل ۳). بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴)، بخش فوقانی زون زیستی CNE12 و زون های زیستی CNE13، CNE14 و بخش تحتانی زون زیستی CNE15 معادل زون زیستی NP16 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) است.

در برش چینه شناسی آلتج، قاعده زون زیستی CNE12 مطابق زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) که نزدیک به مرز زیرین زون زیستی NP16 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) است، با آخرین حضور گونه *Chiasmolithus gigas* (در 347 متری از قاعده توالی و در

۶۰ متر و شامل واحد شیلی است. سن این زون زیستی، ائوسن پیشین (ایپرزین) است.

#### *Discoaster sublodoensis* Zone (NP14)

بر اساس طرح زون بندی Martini (۱۹۷۱)، زون زیستی NP14 از نخستین ظهور گونه *D. sublodoensis* شروع و تا اولین ظهور گونه *Nannotetrina fulgens* ادامه دارد. در توالی رسوبی برش آلتج نیز قاعده زون زیستی NP14 بر اساس اولین ظهور گونه *D. sublodoensis* (در ۱۴۰ متری از قاعده توالی و در نمونه F35) و مرز بالای این زون زیستی بر اساس نخستین ظهور گونه *N. fulgens* (در ۲۶۲ متری از قاعده توالی و در نمونه F44) مشخص شده است. بر مبنای زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) زون های زیستی CNE6، CNE7، CNE8 و منطبق بر زون زیستی NP14 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) می باشد. بطوریکه، قاعده زون زیستی CNE6 اولین ظهور گونه *D. sublodoensis* و مرز بالای زون زیستی CNE8 نخستین ظهور *Nannotetrina alata* group تعریف شده است که به ترتیب معادل با مرز زیرین و بالایی زیست زون NP14 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) است.

همانطور که قبلا بیان شد، در برش چینه شناسی آلتج، قاعده زون زیستی CNE6 مطابق با اولین ظهور گونه *D. sublodoensis* (در ۱۴۰ متری از قاعده توالی و در نمونه F35) ثبت شد. اما مرز بالایی زون زیستی CNE8، بدلیل عدم ثبت *Nannotetrina alata* تعیین نگردید. لیکن اولین ظهور گونه *Sphenolithus spiniger* که نزدیک به راس زون زیستی CNE8 می باشد، در توالی مذکور مشاهده شد که به مرز بالایی زون زیستی NP14 از زون بندی Martini (۱۹۷۱) نیز نزدیک است. شایان ذکر است در برش آلتج شواهد دیگری مانند آخرین حضور گونه *D. lodoensis* که بر اساس Agnini و همکاران (۲۰۱۴) مرز بالایی زون زیستی CNE6 است و همچنین آخرین حضور گونه *C. crassus* نیز که در محدوده زمانی CNE6 قرار دارد و منطبق بر محدوده سنی Martini NP14 (۱۹۷۱) می باشد، مشاهده و ثبت شدند (شکل ۳). بنابراین در مطالعه حاضر، زون NP14 با محدوده زون زیستی CNE6 و زون ترکیبی CNE7-CNE8 از زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. گسترش زون زیستی NP14 در ستون چینه شناسی آلتج 122 متر است که شامل بخشی از یک واحد شیلی، یک واحد ماسه سنگی و یک واحد مارن با میان لایه های ماسه سنگی است. این زون زیستی بخش های انتهایی ائوسن پیشین (ایپرزین) و بخش ابتدایی ائوسن میانی (لوتتین) است.

#### *Nannotetrina fulgens* Zone (NP15)

مطابق با نظر Martini (۱۹۷۱)، زون زیستی NP15 از نخستین ظهور گونه *N. fulgens* تا آخرین حضور گونه *Rhabdolithus glandius* تعریف شده است. در توالی مورد مطالعه، قاعده زون زیستی NP15 بوسیله اولین ظهور گونه *N. fulgens* (در ۲۶۲ متری از قاعده توالی و در نمونه F44) و رأس این زیست زون بوسیله آخرین حضور

نمونه F54) تعیین شد. بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) قاعده زون زیستی CNE15 پایین تر از مرز فوقانی زون NP16 است که با اولین حضور گونه *Dictyococcites bisectus* تعیین می شود. این حادثه زیستی در برش چینه شناسی آلتج نیز در متر ۵۱۰ متری و نمونه F69 مشاهده و ثبت شد. بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) از سایر حوادث زیستی که در محدوده زمانی معادل Martini Np16 (۱۹۷۱) در برش آلتج ثبت شده است می توان به اولین ظهور گونه *Reticulofenestra umbilicus* (مرز بالایی زون زیستی CNE12 و مرز زیرین زون زیستی CNE13) و اولین ظهور گونه *Criboocentrum reticulatum* (مرز بالایی زون-زیستی CNE13) (شکل ۳).

زون زیستی NP16 در ستون چینه شناسی مورد مطالعه ۱۷۷ متر ضخامت داشته که از لحاظ لیتولوژی از مارن با میان لایه های ماسه-سنگ و یک واحد ماسه سنگی تشکیل شده است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن میانی (لوتین-بارتونین) است.

*Discoaster saipanensis* Zone (NP17)

این زیست زون بر اساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) از آخرین حضور گونه *Ch. Solithus* تا نخستین ظهور گونه *Chiasmolithus oamaruensis* تعریف شده است. در توالی رسوبی آلتج، قاعده زون زیستی NP17 (همانطور که در تعریف بخش فوقانی زون NP16 بیان شده است)، بر اساس آخرین حضور گونه *Ch. solitus* و آخرین حضور گونه *D. distinctus* و همچنین اولین ظهور گونه *H. compacta* تعیین شده است. رأس این زون زیستی بر اساس مشاهده اولین ظهور گونه *Chiasmolithus oamaroensis* در ۵۸۲ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F92 مشخص شده است. بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) مرز زیرین CNE16 بالاتر از قاعده زون زیستی NP17 طبق زون بندی Martini (۱۹۷۱) می باشد که با آخرین حضور گونه *Sphenolithus obtusus* تعیین می شود.

در برش چینه شناسی آلتج قاعده زون زیستی CNE17 که با اولین ظهور گونه *Criboocentrum erbae* مشخص می شود، در نمونه شماره F92 و در ۵۸۲ متری از شروع توالی مشاهده شد همچنین آخرین حضور گونه *Criboocentrum erbae* که راس زون زیستی CNE17 را نشان می دهد در برش چینه شناسی آلتج نیز در ۵۹۰ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F95 ثبت شد. لیکن گونه *Criboocentrum isabellae* در توالی مذکور مشاهده نشد. در نتیجه زون زیستی CNE18 در برش مورد مطالعه قابل شناسایی نیست. گسترش زون زیستی NP18 در ستون چینه شناسی توالی مورد مطالعه ۳۳ متر و سنگ شناسی آن متشکل از تناوب شیل و مارن است. محدوده سنی این زون زیستی، ائوسن پسین (پریابونین) است.

#### *Isthmolithus recurvus* ZONE (NP19)

بر اساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) مرز زیرین این زون زیستی با اولین ظهور گونه *Isthmolithus recurvus* و مرز بالای آن با اولین ظهور گونه *S. pseudoradians* مشخص می شود. علاوه بر شاخص-های تعریف شده، آخرین حضور گونه *riboocentrum reticulatum* جهت تعیین لبه پایینی زون NP19 و به عنوان مرز تقریبی NP18/NP19 در عرض های جغرافیایی پایین معرفی شده است. همچنین در خصوص مرز بالایی این زون خاطر نشان می شود، از آن جا که اولین حضور گونه *S. pseudoradians* در برخی نواحی از بخش های قدیمی تر ائوسن یعنی پایین NP15 نیز گزارش شده، لذا نمی تواند به عنوان شاخص مناسبی مورد استفاده قرار گیرد. از این رو Martini (۱۹۷۱) زون ترکیبی NP19/NP20 را پیشنهاد می کند. زون CNE18، CNE19 و CNE20 از زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) به ترتیب معادل بخش زیرین، میانی و فوقانی زون ترکیبی Martini (۱۹۷۱) هستند.

زون زیستی NP16 در ستون چینه شناسی مورد مطالعه ۱۷۷ متر ضخامت داشته که از لحاظ لیتولوژی از مارن با میان لایه های ماسه-سنگ و یک واحد ماسه سنگی تشکیل شده است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن میانی (لوتین-بارتونین) است.

زون زیستی NP16 در ستون چینه شناسی مورد مطالعه ۱۷۷ متر ضخامت داشته که از لحاظ لیتولوژی از مارن با میان لایه های ماسه-سنگ و یک واحد ماسه سنگی تشکیل شده است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن میانی (لوتین-بارتونین) است.

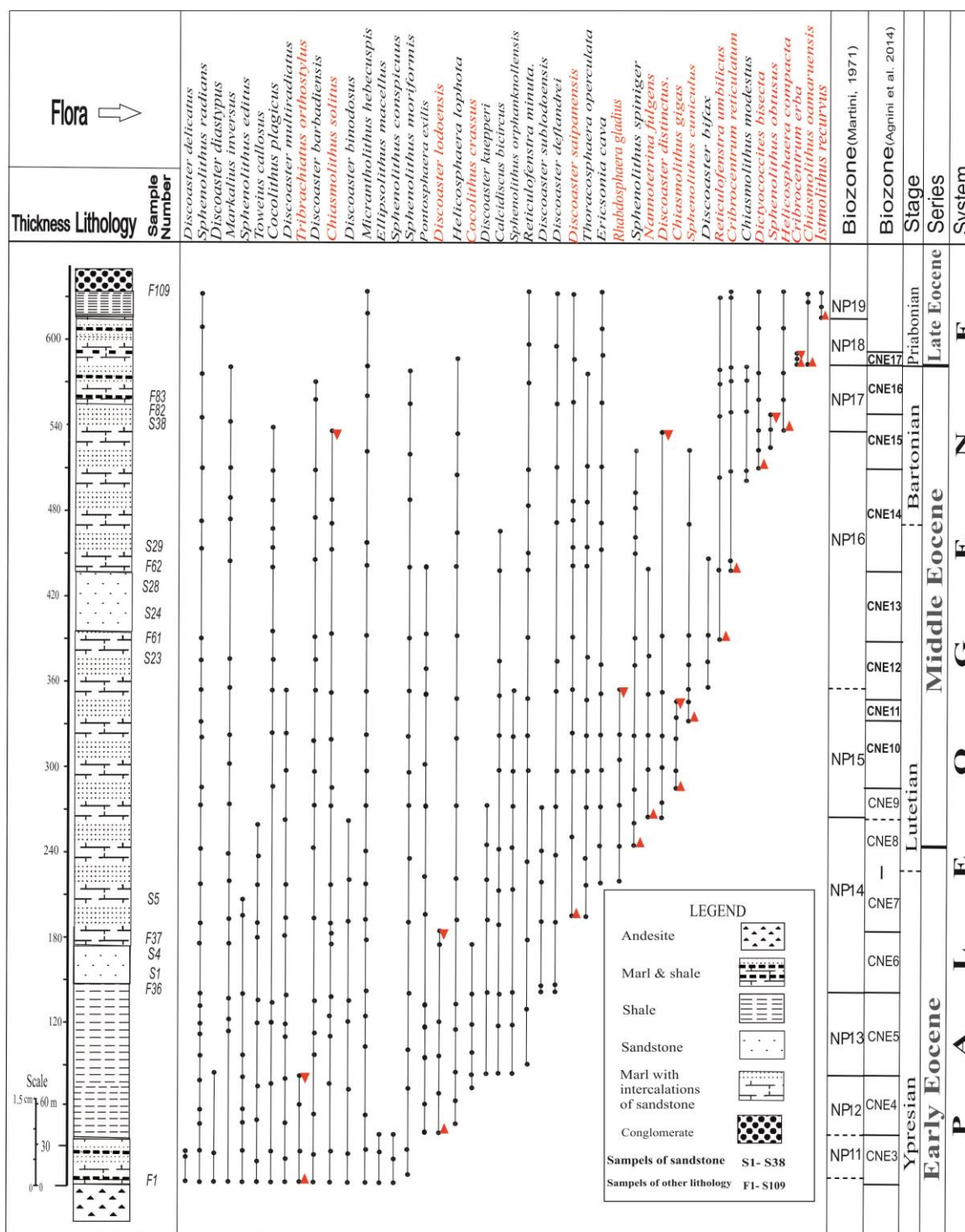
#### *Discoaster saipanensis* Zone (NP17)

این زیست زون بر اساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) از آخرین حضور گونه *Ch. Solithus* تا نخستین ظهور گونه *Chiasmolithus oamaruensis* تعریف شده است. در توالی رسوبی آلتج، قاعده زون زیستی NP17 (همانطور که در تعریف بخش فوقانی زون NP16 بیان شده است)، بر اساس آخرین حضور گونه *Ch. solitus* و آخرین حضور گونه *D. distinctus* و همچنین اولین ظهور گونه *H. compacta* تعیین شده است. رأس این زون زیستی بر اساس مشاهده اولین ظهور گونه *Chiasmolithus oamaroensis* در ۵۸۲ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F92 مشخص شده است. بر اساس زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) مرز زیرین CNE16 بالاتر از قاعده زون زیستی NP17 طبق زون بندی Martini (۱۹۷۱) می باشد که با آخرین حضور گونه *Sphenolithus obtusus* تعیین می شود.

طبق زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) بخش فوقانی زون-زیستی CNE16 منطبق بر حد فوقانی زون NP17 می باشد که توسط اولین ظهور گونه *Criboocentrum erbae* مشخص می شود و در برش چینه شناسی آلتج اولین ظهور گونه *Criboocentrum erbae* در نمونه شماره F92 و در ۵۸۲ متری از قاعده توالی مشاهده شد. بنابراین زیست زون NP17 با بخش فوقانی زون CNE15 و زیست زون CNE16 مطابقت دارد. گسترش زون زیستی NP17 در توالی مذکور ۵۰ متر می باشد که سنگ شناسی آن شامل واحد رسوبی مارن با میان لایه های ماسه سنگ و واحدهای رسوبی متشکل از تناوب شیل و مارن است. محدوده سنی این زون زیستی ائوسن میانی (بارتونین) می باشد.

#### *Chiasmolithus oamaroensis* Zone (NP18)

بازه زمانی این زون زیستی بر اساس زون بندی Martini (۱۹۷۱) از نخستین ظهور گونه *Ch. oamaroensis* تا اولین ظهور گونه



شکل ۳- نحوه پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی و چینه‌نگاری زیستی توالی مورد مطالعه در برش چینه‌شناسی آلنج.

Fig. 2. Dispersion of calcareous nanofossils and biostratigraphy of the studied sequence in Alanj stratigraphic section.

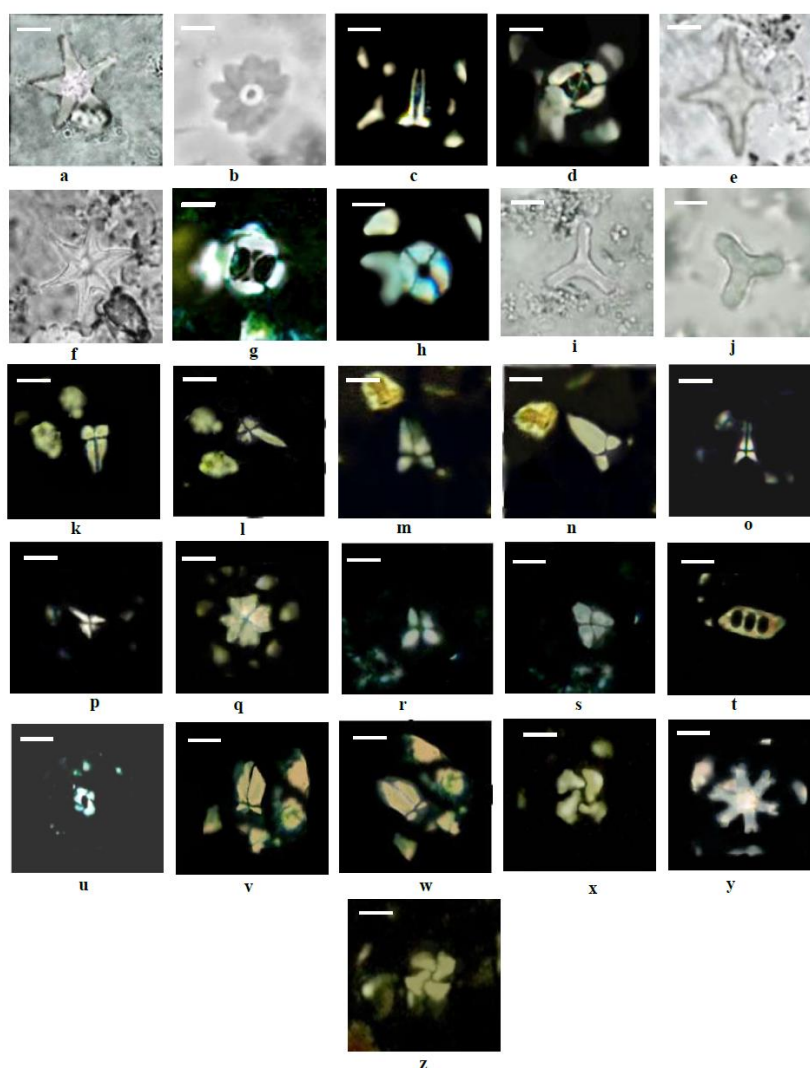
مارن می‌باشد. شایان ذکر است که زون زیستی Martini NP19 (۱۹۷۱) بر اساس زون‌بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) منطبق بر بخشی از زون‌های زیستی CNE18 و CNE19 است. زون زیستی CNE18 که قبل از NP19 شروع می‌شود، در مرز پایینی با آخرین حضور گونه *Cribocentrum erbae* تعریف شده است که در برش

در توالی مورد پژوهش نیز مرز زیرین زون زیستی NP19 با اولین ظهور گونه *Istmolithus recurvus* مشخص شد لیکن در نمونه‌های باقیمانده تا پایان توالی گونه *S. pseudoradians* مشاهده نشد. از این رو گسترش این زون زیستی در توالی آلنج می‌تواند شامل 18 متر انتهایی توالی باشد. سنگ‌شناسی زون مذکور متشکل از تناوب شیل و

نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در نهشته‌های مورد مطالعه در برش چینه‌شناسی آلتج ۴۵ گونه از ۲۰ جنس بوده و از تنوع نسبتاً خوب و حفاظت‌شدگی نسبتاً خوب تا خوبی برخوردارند. در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های نانوفسیلی ثبت شده و تطابق با زون-بندی استاندارد جهانی Martini (۱۹۷۱)، زیست‌زون‌های NP11 تا NP19 شناسایی شد. در این مطالعه زیست‌زون‌های مذکور، در محدوده زیست‌زون‌هایی که شاخص‌های زون بندی Agnini و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده شد، قابل انطباق با زیست‌زون‌های ارائه شده توسط Agnini و همکاران (۲۰۱۴) در ائوسن است. بر اساس گونه‌های شاخص شناسایی شده و ارزش چینه‌شناسی زون‌های زیستی معرفی شده، سن نهشته‌های برش چینه‌شناسی آلتج ایپرزین (ائوسن پیشین) تا پریابونین (ائوسن پسین) پیشنهاد می‌شود.

چینه‌شناسی آلتج در ۵۹۰ متری از قاعده توالی و در نمونه شماره F95 مشاهده و ثبت شد. مرز بالایی زون‌زیستی CNE19 با آخرین حضور گونه *Cribozentrum reticulatum* تعریف شده است. لیکن گونه *Cribozentrum reticulatum* تا آخرین نمونه در توالی مورد مطالعه حضور داشت و آخرین حضور آن ثبت نشد. بنابراین زون‌های زیستی CNE18 و CNE19 قابل شناسایی نیستند. بازه زمانی زون‌زیستی NP19 ائوسن پسین (پریابونین) است. بنابراین، بر مبنای زون‌های زیستی معرفی شده، سن نهشته‌های برش چینه‌شناسی آلتج ایپرزین (ائوسن پیشین) تا پریابونین (ائوسن پسین) پیشنهاد می‌شود.

## نتایج



پلیت ۱- تصاویر میکروسکوپ نوری برخی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده (برای تمام تصاویر Scale bar: 5µm).

Plate.1. Light microscope images of some identified limestone nanofossils (for all images Scale bar: 5µm).

اسامی نانوفسیل‌های آهکی پلیت ۱:

Names of plate1 calcareous nanofossils

a. *Discoaster sublodoensis* Bramlette & Sullivan, 1961

b. *Discoaster barbadiensis* Tan, 1927

- c. *Rhabdosphaera gladius* Locker, 1967  
d. *Chiasmolithus solitus* (Bramlette and Sullivan, 1961) Locker, 1968  
e. *Nannotetrina fulgens* (Stradner, 1960) Achuthan & Stradner (1969)  
f. *Discoaster lodoensis* Bramlette and Riedel, 1954  
g. *Chiasmolithus oamaruensis* Hay, Mohler, & Wade, 1966  
h. *Coccolithus crassus* Bramlette & Sullivan, 1961  
i.j. *Tribrachiatus orthostylus* Shamrai, 1963  
k.l. *Sphenolithus radians* Deflander, 1952  
m. n. *Sphenolithus obtusus* Bukry, 1971  
o.p. *Sphenolithus editus* Perch-Nielsen in Perch Nielsen, 1978  
q. *Discoaster kuepperi* Stradner, 1959  
r. s. *Sphenolithus spiniger* Bukry, 1971  
t. *Isthmolithus recurvus* Deflandre in Deflandre and Fert, 1954  
u. *Reticulofenestra minuta* Roth, 1970  
v. w. *Sphenolithus cuniculus* Bown, 2005  
x. *Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler and Wade, 1966) Bukry and Percival, 1971.  
y. *Discoaster distinctus* Martini, 1958  
z. *Criboecentrum erbae* Fornaciari et al., 2010

## منابع

- Aghanbati, A., 2004. Geology of Iran, Geological Survey of Iran, p. 586.  
Agnini, C., Fornaciari, E.R.I., Catanzariti, R., Pälke, H., Backman, J., Rio, D., 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy* 47, 131–181.  
Andruleit, H., 1997. Coccolithophore fluxes in the Norwegian- Greenland Sea, seasonality and assemblage alterations. *Marine Micropaleontology* 31, 45- 64.  
Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., Ed. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropalaeontology Society Publish, pp. 16- 28.  
Gansser, A., 1995. New aspects of the geology in central Iran-4<sup>th</sup> World Petroleum Congress. Rome 5, 279-300.  
Hadavi, F., Mazhari, N., Khazaei, A.R., 2012, Biostratigraphy of Paleogene deposits in Kafaz village section (southeast of Birjand) based on calcareous nanofossils. 16<sup>th</sup> Conference of Iranian Geological Society, Shiraz University.  
Hadavi, F., Khazaei, A. R., Moazen, M., 2013, Calcareous nanofossils of Paleogene sediments in the section of Binabad village (northwest of Birjand), 7<sup>th</sup> National Conference on Geology, Payame Noor University, Payame Noor University of Lorestan.  
Honjo, S., 1976. Coccoliths: production. Transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology* 1, 65-79.  
Jalili, F., Hadavi, F., Khazaei, A.R., 2015. Nanostratigraphy of Afzalabad filyshoids (north of Birjand). *Journal of Paleontology* 3, 132-143.  
Jalili, F., Natghi Moghadam, M., Hadavi, F., 2019. Calcareous nannoplanktons in the Contiguous Oceanin East of Iran in Chahkand section (North of Birjand). *Oceanography* 39, 73-79.  
Mahdavi, F., Hadavi, F., Khazaei, A.R., 2013. Calcareous nanofossils of Paleogene deposits in the section of Kalat-e-Shams village (northwest of Birjand), 7<sup>th</sup> Symposium of Iranian Paleontological Society, Isfahan.  
Martini, E., 1970. Standard Paleogene calcareous nannoplanktone zonation. *Nature* 1(226), 560.  
Martini, E., 1971. Die Typen und Typoide des Natur-Museums Senckenberg. 46: Fossiles Nannoplankton. *Senckenbergiana lethaea* 52,115-127.  
Natghi Moghadam, M., Jalili, F., Hadavi, F., 2019. Nanostratigraphy of the Avij section deposits (Eastern margin of Lut Block). *Sedimentary Facies*, Under Review.  
Nowroozi, A.A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia. Turkey. West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the middle east. *Bulletin of the Seismological Society of America* 62, 823-850.  
Romein, A.J.T., 1979. Lineages in Early Paleocene nannoplankton. *Utrecht Micropaleontology Bulletin* 22, 18–22.  
Okada, H., 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., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K., (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 329-426.  
Stocklin, J., Nabavi, M. H., 1973. Tectonic map of Iran, Geology Survey of Iran.  
Stocklin, J., 1972. *Lexique stratigraphique International*, Vol. III, Fascicule 9b, Iran.

Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplankton. *Micropaleontology* 1, 325-362.

Varol, O., 1991. 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, pp. 267-310.