

## Calcareous Nannofossils of the Gurpi Formation in Marun Oil Field

Narges Shokri<sup>1\*</sup>, Bahram Alizadeh<sup>1</sup>

1- Department of Petroleum Geology and Sedimentary Basin, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

**Keywords:** Late Cretaceous, Biostratigraphy, Calcareous nannofossil, Gurpi Formation, Marun Oil Field

### 1-Introduction

Well No. 123 is one of the exploration wells located in the center of the subsurface anticline at the Marun Oil Field. Gurpi Formation has 208 meters thick in this well. The primary lithology of the Gurpi Formation includes shale and marl. One of the oldest stratigraphic and paleontological studies on the Gurpi Formation is (Wynd, 1965), which has introduced three biozones.

Other studies on the Gurpi Formation based on calcareous nannofossils in other parts of the Zagros sedimentary basin can be found (Hadavi and Shokri, 2009) in southern Ilam, with Early Campanian-Danian age, (Senemari and Bakhshandeh, 2013), with Late Santonian-Maastrichtian, Shahriyari et al. (2017) in the Samand anticline (Lorestan Province), with Middle Campanian to Late Paleocene (Celandiane) age. Also, by recording a discontinuity in the upper part of Danian, Fereydoonpour et al. (2018), in the Izeh region have introduced CC15 to CC25 biozones based on standard calcareous nannofossil zone of Sissingh (1977), that was proposed was identified the age of Late Coniasian to Late Maastrichtian.

### 2- Material and methods

Subsurface samples of the Gurpi Formation were transferred to the laboratory and prepared by the smear slide method (Bown and Young, 1998). In this method, a tiny volume of samples is sufficient. Next, the unweathered surface of the sample is scraping into a glass slide. Next, the scraping sediment is diluted with distilled water and spread on the lamella, and dried. This process is repeated several times, and in the last step, after the sediment dries, the lamella is glued to the glass slide with epoxy glue and numbered.

Prepared smear-slides have been studied and imaged for calcareous nannofossil under the Olympus BX60 cross-polarizer and transmitted light microscope. The calcareous nannofossil was carried out at a magnification of 1000x. At the performed slides, identification of the genera and species was done by Perch-Nielsen (1985) and Bown (1998). In the present study, the biostratigraphic zonation is based on sissingh (1977, 1978), as refined by Perch-Nielsen (1979, 1983, 1985) and compared to Burnett (1998). According to the standard patterns, the first occurrence (FO) and last occurrence (LO) of calcareous nannofossil index species have been used for biozonation.

### 3- Results and discussion

The biostratigraphic value of coccoliths is significant in Mesozoic and Cenozoic. Global expansion, good relative abundance and diversity, high evolutionary speed and short-range have made them standard tools for biostratigraphic studies. For example, Mesozoic biomarkers are found in Bown (1998) and Perch-Nielsen (Boli et al., 1985).

In the studied sequence, a total of thirty-eight calcareous nannofossil species were identified belonging to eighteen genera. The stratigraphic distribution of the identified species is shown in the Figure 3. Some of the identified nannofossil species are illustrated.

The distribution of the Late Cretaceous calcareous nannoplankton in well No. 123 represent nine biozones. The identified biozones in the exploratory well from the base upwards are as follows:

\*Corresponding author: n.shokri@scu.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2021.37474.2223

Received 2021-05-19

Accepted 2021-09-16

CC17 (CALCULITES OBSCURUS ZONE), CC18 (ASPIDOLITHUS PARCUS ZONE), CC19 (CALCULITES OVALIS), CC20 (CERATOLITHOIDES ACULEUS), CC21 (QUADNUM SISSINGHII), CC22 (QUADNUM TRIFIDUM), CC23 (TRANOLITHUS PHACELOSUS), CC24 (REINHARDTITES LEVIS), CC25 (ARKHANGELSKIELLA CYMBIFORMIS ZONE)

Calcareous nannofossils are widespread in the Cretaceous and are abundant in oceanic and coastal waters (Tappan, 1980). They were present from the poles to the tropics. Various paleoecological parameters affect the diversity, abundance and morphology of calcareous nannofossils, which can be used to study the state of the ancient environment. (Bolli et al., 1985). The abundance of most species is often affected by water stratification (Winter, 1985; Verbeek, 1989; Brand, 1994; Winter and Siesser, 1994; Roth, 1994).

Coccoliths are small, calcite structures that are therefore prone to dissolution. If the coccolith size decreases due to dissolution, we also see a decrease in the diversity of calcareous nannofossil assemblages and a decrease in the abundance of dissolution-prone species (Möller et al., 2020). Another case in point is the determination of the paleoenvironment using parameters such as the relationship between the of the coccolith and the coccosphere size (Young and Ziveri, 2000; Sucheras-Marx et al., 2014) and biometrics (length and width of the cocoon) (Young, 1990; Bornemann et al, 2003; Bornemann and Mutterlose, 2006; Linnert et al., 2014; Lübke et al., 2015, Lübke and Mutterlose, 2016). Some paleoenvironmental parameters of the Gurpi Formation have been studied using the diversity and abundance of nannofossil in the Marun Oil Field.

#### 4- Conclusion

In the present study, eighteen genera and thirty-eight calcareous nannofossil species were identified from the Gurpi Formation in Well No.123 from the Marun oil field. Based on the distribution of identified calcareous nannofossils, nine biozones were identified and introduced. The nannozones are introduced from CC17-CC25 based on global standard biozonation (Sissingh, 1977), comparable to the UC12-UC20 zones of Burnett (1998, 1998). Indicative species in this sequence represent the Late Santonian-Late Maastrichtian age for the Gurpi Formation. Based on the distribution, density and diversity of the paleoenvironmental index taxa, including *Watznaueria barnesiae*, *Micula decussata*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Microrhabdulus decuratus* and *Micula murus*, fertility, water temperature and conservation rate were studied. The frequency of cold-water species such as *Microrhabdulus decorates* and *Lucianorhabdus cayeuxii* is very low, and below 3% has been recorded. In the studied sequence, the diversity and abundance of some species such as *Watznaueria barnesiae*, *Micula decussata*, and *Micula murus* indicate the warming process on the late Maastrichtian increase in *Micula decussata* indicates a stressful environment in this area. Due to the low-fertility taxa result and the absence of high-fertility taxa such as *Biscutum Constans* and *Zeugrhabdatus erctus*, the studied sequence is considered low-fertility in some parts, including the beginning of the formation and then CC19, CC22 and CC25 fertility zones. Finally, it proposes the distribution of the calcareous nannofossil taxa indicating the low to medium latitude for the Gurpi Formation

#### References

- Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K., 1985. Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bown, P.R. (ed.) 1998. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bornemann, A., Mutterlose, J., 2006. Size analyses of the coccolith species *Biscutum constans* and *Watznaueria barnesiae* from the late Albian « Niveau Breistroffer » (SE France): taxonomic and palaeoecological implications. *Geobios* 39 (5), 599–615.
- Bornemann, A., Aschwer, U., Mutterlose, J., 2003. The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic–Cretaceous boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 199 (3–4), 187–228.
- Bown, P.R., 1998. Calcareous nannofossil biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Series, Chapman & Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 315.
- Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques In: Bown, P.R. (ed.) Calcareous Nannofossil Biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Publication, pp. 16–28.
- Brand, L.E., 1994. Physiological ecology of marine coccolithophores. In *Coccolithophores* (eds Winter, A. & Siesser, W. G.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 39–49.
- Burnett, J.A., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (ed.) Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Series, Chapman & Kluwer Academic Publisher, London, pp. 132–199.

- Hadavi, F., Shokri, N., 2009. Nanostratigraphy of Gurpi Formation in South of Ilam (Kaaver section). *Journal of Sedimentary Facies* 2, 217-225 (in Persian).
- Linnert, C., Robinson, S.A., Lees, J.A., Bown, P.R., Perez-Rodríguez, I., Petrizzo, M.R., Falzoni, F., Littler, K., Arz, J.A., Russell, E.E., 2014. Evidence for global cooling in the Late Cretaceous. *Nature Communications* 5, 1-7.
- Lübke, N., Mutterlose, J., 2016. The impact of OAE 1a on marine biota deciphered by size variations of coccoliths. *Cretaceous Research* 61, 169–179.
- Lübke, N., Mutterlose, J., Bottini, C., 2015. Size variations of coccoliths in Cretaceous oceans — a result of preservation, genetics and ecology. *Marine Micropaleontology* 117, 25–39.
- Martini, E., 1970. Late Maastrichtian nannoplankton Provinces. *Nature* 225, 1242–1243.
- Perch-Nielsen, K., 1979. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: *Aspekte der Kreide Europas, IUGS Series A* 6, 223-272.
- Perch-Nielsen, K., 1983. Recognition of Cretaceous stage boundaries by mean of calcareous nannofossils. In: Birkelund, T. al. (eds.) *Symposium Cretaceous Stage Boundaries, Copenhagen (Abstracts)*, pp.152–156.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M. Saunders J.B., Perch-Nielsen K., (Eds.), *Planktonic Stratigraphy, Planktonic Foraminifera, Calcareous Nannofossils and Calpionellids* 1, 427–554. Cambridge University Press, Cambridge.
- Senemari, S., Bakhshandeh, L., 2013. The distribution of calcareous nannofossils in the Late Santonian–Late Maastrichtian deposits in the southwest of Iran (Khuzestan Province). *Arabian Journal of Geoscience* 6, 841– 845.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie En Mijnbouw* 56, 37–65.
- Sissingh, W., 1978. Microfossil biostratigraphy and stage stratotypes of the Cretaceous. *Geologie En Mijnbouw* 57, 433–440.
- Suchéras-Marx, B., Giraud, F., Mattioli, E., Gally, Y., Barbarin, N., Beaufort, L., 2014. Middle Jurassic coccolith fluxes: a novel approach by automated quantification. *Marine Micropaleontology* 111, 15–25.
- Tappan, H., 1980. *The Paleobiology of Plant Protists*, W.H. Freeman, New York.
- Verbeek, J.W., 1989. Recent calcareous nannoplankton in the southernmost Atlantic. *Polarforschung* 59, 45–60.
- Winter, A., Siesser, W.G., (Eds), 1994. *Coccolithophores*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Young, J.R., 1990. Size variation of Neogene Reticulofenestra coccoliths from Indian Ocean DSDP Cores. *Micropaleontology* 9, 71–86.
- Young, J.R., Ziveri, P., 2000. Calculation of coccolith volume and its use in calibration of carbonate flux estimates. *Deep-Sea Research II* 47, 1679–1700.

**HOW TO CITE THIS ARTICLE:**

Shokri, N., Alizadeh, B., 2021. Calcareous Nannofossils of the Gurpi Formation in Marun Oil Field. *Adv. Appl. Geol.* 11(3), 455-472.  
DOI: 10.22055/AAG.2021.37474.2223  
url: [https://aag.scu.ac.ir/article\\_17050.html?lang=en](https://aag.scu.ac.ir/article_17050.html?lang=en)

## مطالعه نانوفسیل‌های آهکی سازند گورپی، میدان نفتی مارون

نرگس شکری\*

گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

بهرام علیزاده

گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵

n.shokri@scu.ac.ir

### چکیده

در مطالعه پیش رو، نانوفسیل‌های آهکی سازند گورپی از چاه شماره ۱۲۳، میدان نفتی مارون در حوضه رسوبی زاگرس مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه، ۳۸ گونه متعلق به ۱۸ جنس از نانوفسیل‌های آهکی، از نهشته‌های سازند گورپی معرفی شدند. بر اساس گونه‌های شاخص شناسایی شده، ۹ بایوزون شامل بایوزون‌های CC17-CC25 از زون‌بندی Sissingh (۱۹۷۷) تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) معرفی شده است که معادل زون‌های UC12-UC20 از زون‌بندی Burnett (۱۹۹۸) می‌باشد. بایوزون‌های شناسایی شده بیانگر بازه سنی سانتونین پسین تا ماستریشتین پسین برای توالی مورد مطالعه می‌باشد. به منظور مطالعات دیرینه‌بوم‌شناسی، تنوع، فراوانی، سایز و میزان حفظ‌شدگی تاکسای نانوفسیلی نیز مورد بررسی قرار گرفت. توزیع و فراوانی گونه‌هایی از جمله *Micula murus*، *Micula decussata* و *Watznaueria barnesiae* حاکی از آن است که به سمت انتهای سازند بر میزان دما و استرس محیطی افزوده شده است. همچنین اجتماع نانوفسیل‌های موجود حاکی از تنه‌نشست سازند گورپی در عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط در زمان کرتاسه پسین می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** کرتاسه پسین، نانوفسیل آهکی، سازند گورپی، میدان نفتی مارون

### مقدمه

باشد (Aghanabati, 2004). سن این سازند در نواحی مختلف متفاوت است و مرز زیرین آن در برخی نواحی سانتونین تا کامپانین و مرز بالایی تا پالئوسن ادامه دارد. از قدیمی‌ترین مطالعات چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی صورت گرفته بر روی سازند گورپی می‌توان به Wynd (۱۹۶۵) اشاره کرد که سه زون زیستی برای این سازند معرفی کرده است. از سایر مطالعات بر روی سازند گورپی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در سایر نواحی حوضه رسوبی زاگرس می‌توان به Hadavi and Shokri (۲۰۰۹) در جنوب ایلام با سن کامپانین آغازی - دانین، Senemari and Bakhshandeh (۲۰۱۳) با سن سانتونین پسین - ماستریشتین، Shahriyari و همکاران (۲۰۱۷) در طاق‌دیس سمنند (زون ساختاری لرستان) با سن کامپانین میانی تا پالئوسن پسین (سلاندین) و با ثبت یک ناپیوستگی در بخش بالایی دانین و Fereydoonpour و همکاران (۲۰۱۸) در زون ایزده اشاره کرد که بر اساس نانوفسیل‌های آهکی شاخص بایوزون‌های CC15 تا CC25 از زون‌بندی Sissingh (1977) شناسایی و سن کنیاسین پسین تا انتهای ماستریشتین پسین برای برش مورد مطالعه پیشنهاد دادند.

میدان مارون با مختصات  $30^{\circ}51'13''$  شمالی و  $49^{\circ}50'19''$  شرقی در استان خوزستان، یکی از بزرگترین میدان‌های نفتی حوضه زاگرس و ایران به شمار می‌آید که در شمال‌غربی شهرستان امیدیه و در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب‌شرقی اهواز قرار دارد (شکل ۱). رخنمون سطحی این میدان، سازند آغاچاری بوده و سازندهای آسماری و گروه‌های بنگستان و خامی، مخازن هیدروکربوری موجود در این میدان هستند. این میدان در بخش شرقی منطقه ساختاری فروافتادگی دزفول، در مجاورت میداین نفتی آغاچاری، اهواز و کوپال قرار دارد.

چاه شماره ۱۲۳ در مرکز تاقدیس زیرسطحی میدان نفتی مارون واقع است. سازند گورپی در این چاه ۲۰۸ متر ضخامت دارد. سنگ شناسی عمده سازند گورپی در این چاه شامل مارن آهکی، شیل و مارن می‌باشد.

سازند گورپی یکی از مهمترین سازندهای حوضه رسوبی زاگرس است که پوش سنگ مخازن نفتی سروک محسوب می‌گردد. برش الگوی این سازند در تنگ پابده در شمال مسجدسلیمان (میدان نفتی لالی) ۳۲۰ متر ضخامت دارد. سازند گورپی در بیشتر نواحی زاگرس دارای لیتولوژی مارن و شیل با میان لایه‌های سیلتی می-

در میدان نفتی مارون، مطالعات فسیل‌شناسی محدودی بر روی سازند گورپی انجام شده است که عمدتاً بر اساس فرامینفرهای بنتیک و پلانکتون بوده است که از آن جمله می‌توان به Sadeghi و Darabi (۲۰۱۵) اشاره کرد که سن سازند گورپی در چاههای مورد مطالعه از میدان نفتی مارون را سانتونین پسین تا ماستریشتین پسین تعیین کرده‌اند. آن‌ها در مقایسه سنگ‌چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری سازند گورپی در چاههای مورد مطالعه با برش تیپ، اعلام کردند آغاز رسوبگذاری سازند گورپی در این میدان زودتر صورت گرفته است.

اگرچه نانوفسیل‌های آهکی به دلیل گسترش جغرافیایی وسیع، تکامل سریع و آماده‌سازی سریع به ابزار بسیار مهمی در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری تبدیل شده است؛ اما از نظر دیرینه‌بوم‌شناسی نیز این گروه فسیلی اخیراً مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. از مطالعات دیرینه‌بوم‌شناسی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی می‌توان به Sina و همکاران (۲۰۱۱) در برش پلدختر (تاق‌دیس کوه سلطان) اشاره کرد که با ثبت گونه‌های شاخص عرض‌های جغرافیایی پایین، عنوان کردند این سازند در بازه زمانی کامپانین - ماستریشتین، در عرض‌های پایین نهشته شده است.



شکل ۱- موقعیت میدان نفتی مارون (★)؛ اقتباس با تغییراتی از Rabbani و Esrafilidizaji (۲۰۰۷).  
 Fig. 1. Location of Marun Oil Field (★), modified from Esrafilidizaji and Rabbani (2007).

### روش مطالعه

مورد مطالعه و عکسبرداری قرار گرفته‌اند. بزرگنمایی مورد استفاده در این مطالعه ۱۰۰۰ برابر بوده است. شناسایی جنس و گونه‌ها در اسلایدهای آماده‌سازی شده با استفاده از Perch-Nielsen (۱۹۸۵) و Bown (۱۹۹۸) صورت گرفته است (پلیت ۱). جنس و گونه‌های شناسایی شده بر اساس Sissingh (۱۹۷۷) تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) و Burnett (۱۹۹۸) زون‌بندی شدند (شکل ۲). برای زون‌بندی نمونه‌های مورد مطالعه، طبق الگوهای جهانی نام برده شده، اولین حضور (First occurrence) و آخرین حضور (Last occurrence) گونه‌های شاخص نانوفسیلی مورد استفاده قرار گرفته است.

۲۸ نمونه‌ی زیرسطحی از خرده‌های سازند گورپی به آزمایشگاه منتقل و با روش اسمیر اسلاید آماده‌سازی شده‌اند (Bown and Young, 1998). در این روش حجم بسیار کم از نمونه کافی است. سطح غیرهوازده از نمونه با کاردک تراشیده و روی لامل ریخته شده است. رسوب تراشیده شده با آب مقطر رقیق و روی لامل پخش و خشک شده است. این کار چندین بار تکرار می‌شود و در مرحله آخر پس از خشک شدن رسوب، لامل با چسب اپوکسی بر روی لام چسبانده و شماره گذاری شد. اسمیر اسلایدها جهت مطالعات نانوفسیلی با میکروسکوپ پلاریزان المپوس مدل BX60



## زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی

گسترش جهانی، تنوع و فراوانی نسبی مناسب، سرعت تکامل بالا و بازه زندگی کوتاه، نانوفسیل‌های آهکی را به ابزار استاندارد برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری در مزوزوئیک و سنوزوئیک تبدیل کرده‌است. زون‌بندی‌های زیستی مربوط به مزوزوئیک در مطالعات Bown (۱۹۹۸) و Perch-Nielsen (۱۹۸۵) آورده شده است. در توالی مورد مطالعه تعداد ۳۸ گونه متعلق به ۱۸ جنس از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده و گسترش چینه‌شناسی آنها در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین تصاویر تعدادی از گونه‌های نانوفسیل‌های شناسایی شده در پلیت ۱ آورده شده است.

مبنای زون‌بندی نانوفسیلی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است زون‌بندی CC از زون‌بندی Sissingh (۱۹۷۷) و (۱۹۷۸) است و همان طور که پیش‌تر گفته شد با زیرتقسیمات کوچکتر توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) و زون‌بندی UC از Burnett (۱۹۹۸) مورد تطابق قرار گرفته است. گسترش و توزیع نانوپلانکتون‌های آهکی در توالی چاه شماره ۱۲۳ نشان دهنده ۹ بایوزون از کرتاسه پسین است (شکل‌های ۲ و ۳). بایوزون‌های شناسایی شده در چاه اکتشافی مورد مطالعه از قاعده به سمت بالا به شرح ذیل می‌باشد:

### (CALCULITES BSCURUSZONE) CC17

این بایوزون از اولین حضور گونه *Calculites obscurus* تا اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* شناخته می‌شود (Sissingh, 1977). بایوزون CC17 معادل بایوزون UC12 و UC13 از بایوزوناسیون (Burnett, 1998) است (شکل ۲). این زون موید سن سانتونین پسین/کامپانین پیشین است لذا حضور گونه *Aspidolithus parvus* شاخص مرز سانتونین/کامپانین محسوب می‌گردد (Perch-Nielsen, 1979a). اگرچه طبق نظر Valentine (۱۹۸۰)، آخرین حضور *Chiastozygus cuneatus* همزمان با اولین حضور *Aspidolithus parvus* می‌باشد، اما این گونه در نهشته‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. این توجه به حضور گونه *Calculites obscurus* در اولین نمونه، این بایوزون از قاعده تا ضخامت ۲۳ متری با اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* در نمونه شماره ۴ ادامه دارد.

### (ASPIDOLITHUS PARCUS ZONE) CC18

این بایوزون از اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* تا آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* در نظر گرفته می‌شود (Sissingh, 1977). سن این بایوزون کامپانین پیشین می‌باشد. Perch-Nielsen (۱۹۷۷) زون *Eiffelithus eximius* را معادل این بایوزون در کامپانین پیشین قرار داد. Verbeek (۱۹۷۷b)، Roth (۱۹۷۸) و Doeven (۱۹۸۳) زون

*Broinsonia parca* را از اولین حضور گونه *Broinsonia parca* تا اولین حضور گونه *Cratolithoides aculeus* تعریف کردند، این در حالیست که اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* توسط Sissingh (۱۹۷۷) در راس زون CC19 تعریف شده است.

بایوزون CC18 همچنین می‌تواند توسط اولین حضور گونه *Bukryaster hayi* به CC18a و CC18b تقسیم شود. از طرفی مرز بالایی بایوزون می‌تواند بر اساس اولین حضور گونه *Ceratolithoides verbeekii* تعیین گردد (Perch-Nielsen, 1979a). بایوزون CC18 معادل UC 14a-c<sup>TP</sup> می‌باشد (شکل ۲). اولین حضور گونه *Bukryaster hayi* در نمونه شماره ۷ در متر ۵۰ متری مشاهده شده است. قابل ذکر است که گونه *Marthasterites furcatus* در اسلایدهای مورد مطالعه به‌ثبت نرسید و بخش بالایی این بایوزون با اولین حضور گونه *Ceratolithoides Verbeekii* در نمونه شماره ۸ شناسایی شده است. ضخامت این بایوزون ۳۵ متر می‌باشد.

### (CALCULITES OVALIS) CC19

این بایوزون از آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* تا اولین حضور *Ceratolithoides aculeus* معرفی شده (Sissingh 1977) و تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) می‌باشد که بیانگر سن انتهای کامپانین پیشین می‌باشد. Sissingh (۱۹۷۷) تفکیک زیرتقسیمات CC19a, b را با آخرین حضور *Bukryaster hayi* پیشنهاد داده است. این بایوزون مطابق با زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و UC15a<sup>TP</sup> از زون‌بندی Burnet (۱۹۹۸) (شکل ۲) و بخش بالایی بایوزون NC18 از زون‌بندی Roth (1978) است. طبق زیرتقسیمات Burnet (۱۹۹۸)، UC14d<sup>TP</sup> از اولین حضور گونه *Ceratolithoides verbeekii* تا اولین حضور گونه *Misecnomarginatus pleniporus* می‌باشد. از آنجایی که گونه *Marthasterites furcatus* در اسلایدهای مورد مطالعه به ثبت نرسیده‌است، لذا برای تعیین مرز زیرین این بایوزون طبق Burnett (۱۹۹۸)، از گونه *Ceratolithoides verbeekii* استفاده شده‌است. اولین حضور گونه *Ceratolithoides verbbekii* در نهشته‌های مورد مطالعه از نمونه شماره ۸ در ضخامت ۵۸ متری به ثبت رسیده‌است. در ادامه، آخرین حضور گونه *Bukryaster hayi* به عنوان بخش زیرین بایوزون CC19b و قاعده بایوزون UC15a<sup>TP</sup> در نمونه ۹ و در متر ۶۷ حدود متری از قاعده سازند به ثبت رسیده است. این بایوزون تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* در نمونه شماره ۱۰ ادامه می‌یابد.

Age	CC zones Sissingh (1977) Perch-Nielsen (1985)	Bioevent	UC Zones Burnett (1998)	Bioevent	Present study	Bioevent		
Maasirichian	CC25c	<i>M. murus</i>	UC20	<i>M. murus</i>	CC25	<i>M. murus</i>		
	CC25b	<i>L. quadratus</i>		<i>L. quadratus</i>				
	CC25a		UC19					
	<i>Reinhardtites levis</i> CC24	<i>R. levis</i>	UC18	<i>R. levis</i>	CC24	<i>R. levis</i>		
	<i>Tranolithus phacelosus</i> CC23	<i>T. phacelosus</i>	UC17	<i>T. phacelosus</i>	CC23	<i>T. phacelosus</i>		
		UC16	<i>B. parca constricta</i>					
Campanian	<i>Quadrum trifoldum</i> CC22	<i>R. anthophorus</i>	UC15	<i>E. eximius</i>	CC22	<i>R. anthophorus</i> <i>E. eximius</i>		
				<i>E. parallelus</i>				
		<i>Q. trifidum</i>		e				
				d	<i>U. trifidus</i>		<i>Q. trifidum</i>	
	<i>Quadrum sissinghii</i> CC 21	<i>Q. sissinghii</i>		c	<i>U. sissinghii</i>	CC21	<i>Q. sissinghii</i>	
	<i>Ceratolithoides aculeus</i> CC 20	<i>C. aculeus</i>		b	<i>C. aculeus</i>	CC20	<i>C. aculeus</i>	
	<i>Calculithus ovalis</i> CC 19			a	<i>M. pleniporus</i>	CC19		
				d	<i>C. verbeekii</i>		<i>C. verbeekii</i>	
	<i>Aspidolithus parvus</i> CC18	<i>M. furcatus</i>		UC14	c	<i>B. heyi</i>	CC18	<i>B. heyi</i>
					b	<i>B. parca constricta</i>		
		<i>A. parvus</i>	a		<i>B. parca parca</i>	<i>A. parvus</i>		
Santonian	<i>Calculites obscurus</i> CC17		UC13	<i>A. cymbiformis</i>	CC17			
		<i>C. obscurus</i>	UC 12			<i>C. obscurus</i>		

<sup>1</sup> *L. septenarius*  
 ———↑ (FO) اولین حضور  
 ———↓ (LO) آخرین حضور

شکل ۲- مقایسه زون بندی های جهانی نانوفسیل آهکی با چاه مورد مطالعه.

Fig. 2. Comparison of the worldwide calcareous nannofossil zonation with that of the present study.

اواخر کامپانین پیشین است. بر اساس نظریه Doeven (۱۹۸۳)، حضور گونه *Eiffellithus eximius* می تواند سنی معادل با این بایوزون ارائه کند. بایوزون CC20 مطابق با زیرزون UC15b (Burnet, 1998) و بایوزون NC19 (Roth, 1978) است. این

### (CERATOLITHOIDES ACULEUS) CC20

این بایوزون از اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* تا اولین حضور گونه *Uniplanarius sissinghii* (Martini, 1976) معرفی شده و معادل سن

1970 و تصحیح شده توسط (Sissingh, 1977) تعریف شده و برابر با سن کامپانین پسین می‌باشد. برخی از نویسندگان، آخرین حضور گونه *Quadrum trifidum* را به عنوان پایان این بایوزون معرفی کرده‌اند (Bukry and Bramlette, 1970; Martini, 1976; Roth, 1978; Doeven, 1983). اما گونه مذکور در نهشته‌های مورد مطالعه تا انتهای زون CC23 به ثبت رسیده است. بایوزون CC22 معادل زیرزون‌های UC15d و UC15e و بخش زیرین بایوزون NC20 است (شکل ۲) که معادل همان سن کامپانین پسین می‌باشد (Gradstein et al., 2012). لذا محدوده این بایوزون از نمونه شماره ۱۴ با ثبت اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* در متر ۱۰۶ تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* در نمونه شماره ۱۸ می‌باشد. برخی از گونه‌های مشاهده شده در این زون شامل موارد زیر می‌باشد (شکل ۳):

*Quadrum trifidum*, *Reinhardtites anthophorus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Microrhabdulus decuratus*, *Watznaueria barnesiae*, *Micula decussata*, *Calculites obscurus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Cribrospherella ehrenbergii*, *Lucianorhabdus cayeuxii*

### (TRANOLITHUS PHACELOSUS) CC23

این بایوزون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تا آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* (Sissingh, 1977) و معادل سن مرز کامپانین - ماستریشتین است. برخی نویسندگان معتقدند مرز زیرین زون CC23 توسط آخرین حضور *Reinhardtites anthophorus* و *Eiffellithus eximius* و مرز بالایی آن توسط آخرین حضور *Tranolithus orionatus* نیز شناسایی می‌شود (Al-Wosabi, 2015; Mandur, 2013; and Alaug, 2013). بایوزون CC23 مطابق با بایوزون‌های UC16-UC17 (شکل ۲) و بخش بالایی بایوزون NC20 است. براساس Sissingh (۱۹۷۷) آخرین حضور گونه *Aspidolithus parvus* باعث زیرتقسیمات CC23 به CC23a, b می‌شود. ضخامت این زون در توالی مورد مطالعه ۲۹ متر بوده و تا آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* در نمونه ۲۲ ادامه دارد. آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* در این زون و در نمونه ۱۸ به ثبت رسیده است. آخرین حضور گونه *Aspidolithus parvus* نیز در نمونه شماره ۲۱ به ثبت رسیده است و قاعده زیرزون CC23b را مشخص می‌کند. مهمترین گونه‌های شناسایی شده در این بازه شامل موارد زیر می‌باشد:

*Cribrospherella ehrenbergii*, *Quadrum gothicum*, *Q. Trifidum*, *Q. sissinghii*, *Micula concave*, *M. decussate*, *Watznaueria barnesiae*, *Calculites obscurus*.

بایوزون با ضخامت ۱۵٫۵ متر از ثبت اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* در نمونه شماره ۱۰ در متر ۷۶ متری تا اولین حضور گونه *Eiffellithus eximius* در نمونه شماره ۱۲ و متر ۹۱٫۵ متر می‌باشد. از گونه‌های شناسایی شده در این بازه می‌توان به گونه‌های زیر اشاره کرد:

*Lithraphidites carniolensis*, *Tranolithus phacelosus*, *Microrhabdulus decuratus*, *Eiffellithus eximus*, *Lucianorhabdus maleformis*, *Micula decussata*, *Reinhardtites anthophorus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Calculites obscurus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Ceratolithoides verbeekii*

### (QUADRUM SISSINGHII) CC21

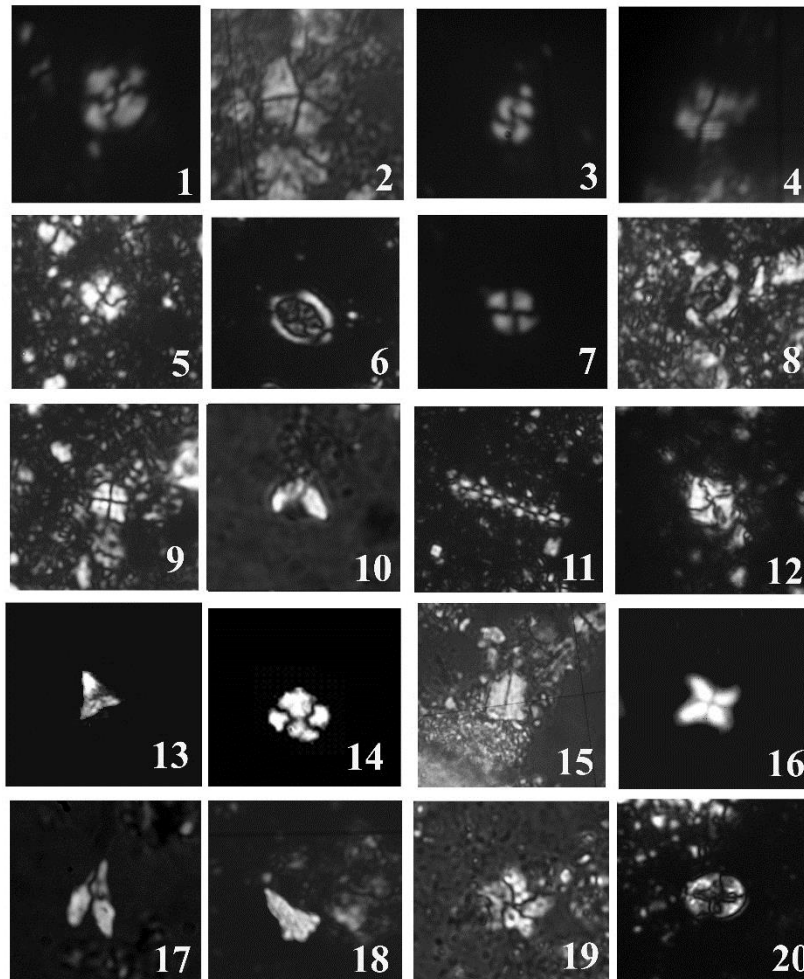
این بایوزون از اولین حضور گونه *Quadrum sissinghii* تا اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* و موید سن ابتدایی کامپانین پسین است (Sissingh, 1977)، که توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) تصحیح شده است. این بایوزون مطابق با زیرزون UC15c (شکل ۲) و بایوزون NC19b است (Monechi and Thierstein 1985). ضخامت این بایوزون در نهشته‌های مورد مطالعه ۱۴٫۵ متر می‌باشد. آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* در فلسطین اشغالی (Moshkovitz, 1984; Gvirtzman et al., 1989) در این زون و در زیر اولین حضور *Quadrum trifidum* به ثبت رسیده است (Monechi and Thierstein, 1985). اولین حضور گونه *Quadrum sissinghii* در نمونه ۱۲ و اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* در نمونه ۱۴ به ثبت رسیده است (پلیت ۱).

لازم به ذکر است اولین حضور *A. cymiformis* نیز می‌تواند برای تعیین قاعده زون CC21 مورد استفاده قرار گیرد (Perch-Nielsen 1985) و یا شروع بایوزون UC13 (شکل ۲) کامپانین زیرین را نشان دهد (Burnett, 1998; Linnert et al., 2011). Sissingh (۱۹۷۷) نیز از اولین حضور گونه *A. cymbiformis* برای تعیین قاعده زون CC22 در اواخر کامپانین استفاده کرده‌است. برخی نویسندگان نیز اشاره نموده‌اند که اولین حضور *A. cymbiformis* ممکن است در برخی نواحی در سانتونین پسین واقع شود (برای مثال Hampton et al., 2007; Gale et al., 2008; Wagreich et al., 2010; Voigt et al., 2012; Farouk and Faris, 2012). در نمونه‌های مورد مطالعه اولین حضور گونه *Arkhangelskiella cymiformis* در نمونه شماره ۱۲ در قاعده زون CC21 مشاهده شده است.

### (QUADRUM TRIFIDUM) CC22

این بایوزون از بازه اولین حضور گونه *Quadrum trifidum* تا آخرین حضور *Uniplanarius trifidus* (Bukry and Bramlette, 1970) و *Reinhardtites anthophorus*





**Plate1-** All figures under ordinary light microscope with X1000 magnification: 1-*Watznaueria barnesiae* (Black, 1959) and Perch- Nielsen (1968); 2-*Braarudosphaera bigelowii* (Gram and Braarud, 1935) and Deflandre (1947); 3-*Micula* sp.; 4, 9-*Quadrum gothicum* Deflandre (1959); 5-*Micula praemurus* (Bukry, 1973) and Stradner and Steinmetz (1984); 6-*Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina (1959); 7-*Calculites ovalis* (Stradner, 1963), Prins and Sissingh (1977); 8-*Aspidolithus parvus expansus* (Wise and Watkins, 1983); 10-*Ceratolithoides kamptneri* Bramlette & Martini, 1943; 11-*Microrhabdulus belgicus* Hay and Towe (1963); 12-*Micula swastika* Stradner and Steinmetz (1984); 13-*Quadrum trifidum* Stradner (1961), Prins and Perch-Nielsen (1977); 14- *Calculites obscurus* (Deflandre, 1959) Prins and Sissingh in (1977); 15- *Ceratolithoides self-trailiae* Burnett sp. (1998a); 16- *Quadrum sissinghii* Perch-Nielsen (1986); 17-*Ceratolithoides aculeus* (Stradner, 1961), Prins and Sissingh (1997); 18- *Ceratolithoides verbeekii* Perch – Nielsen (1979a); 19- *Bukryaster hayai* Bukry (1969), Prinse and Sissingh (1997); 20- *Eiffelithus eximius* (Stover, 1966) and (Perch-Nielsen, 1968).

نمونه شماره ۲۴ را در بر می‌گیرد. مهمترین گونه‌های شناسایی شده همراه این بایوزون شامل موارد زیر می‌باشد (شکل ۳):

*Braarudosphaera bigelowii*, *Microrhabdulus decorates*, *Micula concave*, *M. decussata*, *Watznaueria barnesiae*

#### CC25

#### RKHANGELSKIELLACYMBIFORMIS ) (ZONE

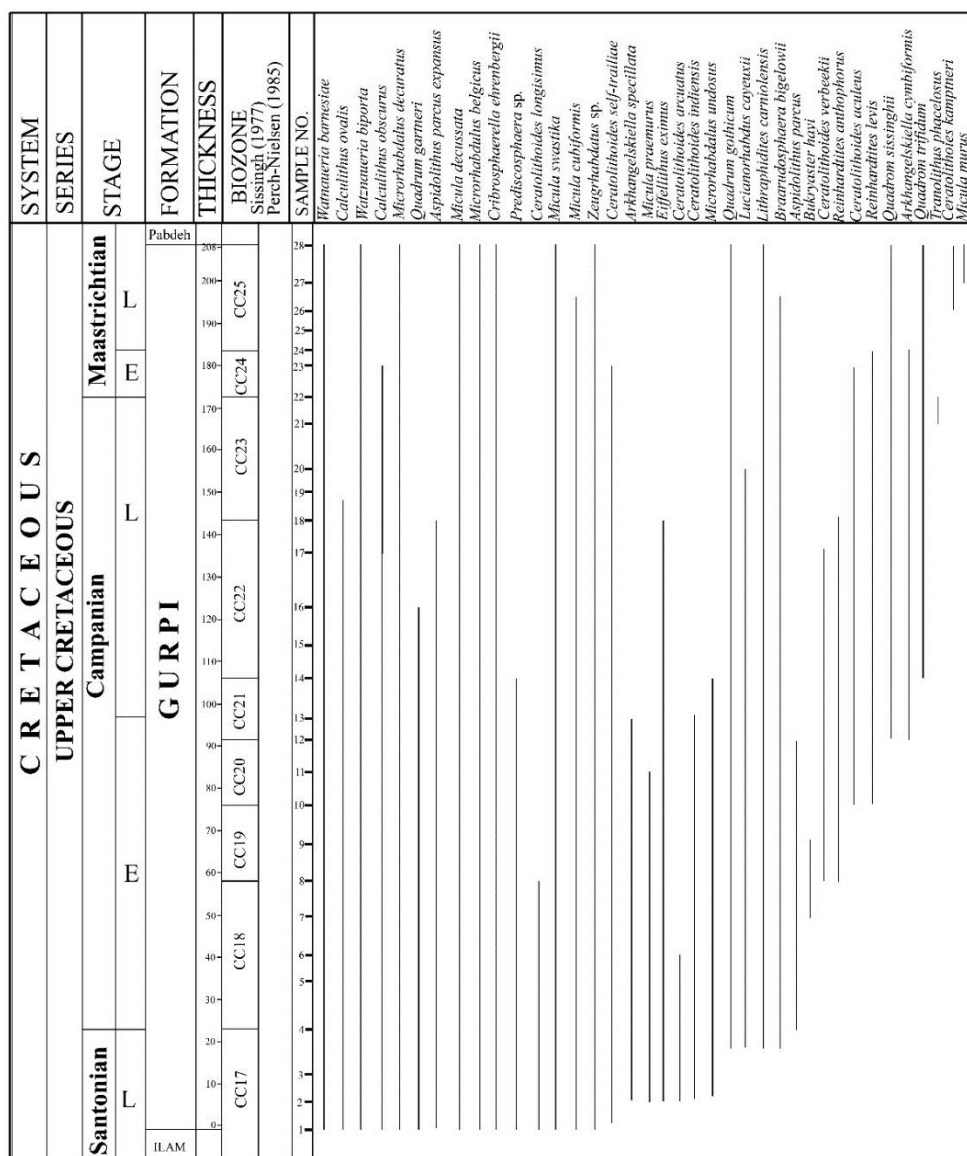
این بایوزون از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین حضور گونه *Nephrolithus freaquens* (Perch-

#### (REINHARDTITES LEVIS) CC24

این بایوزون شامل بازه آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* (Sissingh 1977)، تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (۱۹۸۵) می‌باشد. سن این بایوزون اواسط ماستریشتین پیشین در نظر گرفته می‌شود (Burnett, 1998). این بایوزون با UC18 از زون بندی Burnett (۱۹۹۸) (شکل ۲) و بخش زیرین بایوزون NC21 مطابقت دارد. این بایوزون از ضخامت ۱۷۲٫۵ تا ۱۸۳ متر یعنی از آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* در نمونه شماره ۲۲ و آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis*

ظهور گونه *Nephrolithus frequens* استفاده می‌شود. طبق نظر Martini (۱۹۷۶)، این زون از آخرین حضور گونه *Uniplanarius trifidus* تا اولین ظهور گونه *Lithraphidites quadratus* ادامه دارد. افرادی مانند Doeven (۱۹۸۳) بیان کردند که زون CC25 می‌تواند به وسیله اولین حضور گونه *Arkhangelskiella cymbiformis* و اولین حضور گونه *Lithraphidites quadratus* تقسیم شود. قابل ذکر است که اولین حضور گونه *Lithraphidites quadratus* شاخص خوبی برای عرض‌های جغرافیایی پایین است، اما این گونه در عرض‌های جغرافیایی بالا غایب است.

Nielsen, 1972 و تصحیح شده توسط (Martini, 1976) و سن ماستریشتین پسین مطابقت دارد. این بایوزون با زون‌های NC21، NC22 و NC23 (Roth, 1973) مطابقت دارد. بخش زیرین این زون با عدم حضور گونه *Calculites obscurus* نیز مشخص می‌شود. محققین مختلف تعاریف چندی را به زون *Perch-Arkhangelskiella cymbiformis* نسبت داده‌اند. Nielsen (۱۹۷۲) این زون را از آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تا اولین حضور گونه *Micula murus* و یا *Nephrolithus frequens* تعریف کرده است به طوری که برای تعیین مرز بالایی، در عرض‌های جغرافیایی پایین از ظهور گونه *Micula murus* و در عرض‌های جغرافیایی بالا از



شکل ۳- گسترش گونه‌های نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در چاه شماره ۱۲۳، میدان نفتی مارون.

Fig. 3. Distribution of calcareous nannofossil species identified in well No. 123, Marun Oil Field.

## دیرینه بوم شناسی

نانوفسیل‌های آهکی در دوره کرتاسه گسترش جهانی داشته و در آب‌های اقیانوسی و ساحلی، از قطب تا نواحی گرمسیری حضور داشتند (Tappan, 1980). در حال حاضر بالاترین تنوع آن‌ها در نواحی فراچاهنده (آپولینگ) غنی از مواد غذایی دیده می‌شود (Bulli et al., 1985). فراوانی بیشتر گونه‌ها نیز اغلب تحت تاثیر لایه‌بندی آب می‌باشد (Winter, 1985; Verbeek, 1989; Brand, 1994; Roth, 1994).

یکی از موارد در مبحث تعیین محیط دیرینه استفاده از پارامترهایی مانند رابطه بین سایز کوکولیت و کوکوسفر (Young and Ziveri, 2000; Sucheras-Marx et al., 2014) و نیز بایومتری (طول و عرض کوکولیت) است (Young, 1990; Borremann et al., 2003; Bornemann and Mutterlose, 2006; Linnert et al., 2014; Lübke et al., 2015; Lübke and Mutterlose, 2016). کوکولیت‌ها ساختارهای کوچک و ظریف کلسیتی بوده و بنابراین مستعد انحلال هستند. اگر در اثر انحلال، اندازه کوکولیت کاهش یابد، مجموعه‌های نانوفسیل آهکی دچار کاهش تنوع و نیز کاهش فراوانی گونه‌های مستعد انحلال می‌گردند (Möller et al., 2020). برخی از پارامترهای تعیین محیط دیرینه سازند گورپی با استفاده از میزان تنوع و فراوانی نانوفسیل‌های شاخص محیط در میدان مارون، مورد بررسی قرار گرفته است.

## شاخص باروری

گونه‌های مختلف نانوفسیل‌های آهکی شاخص خوبی برای تعیین باروری آب سطحی هستند (Eshet and Almogi, 1996). میزان فراوانی نسبی در بین برخی گونه‌های متعلق به جنس‌های کرتاسه مانند *Watznaueria*، *Biscutum* و *Zeughrabdodus* نشان دهنده سطوح باروری اولیگوتروفیک تا یوتروفیک می‌باشند (Thialbut, 2007). گونه‌های مربوط به جنس *Biscutum* و گونه‌های کوچک مربوط به جنس *Zeughrabdodus* شاخص باروری بالای آب سطحی هستند (Corbett and Watkins, 2013).

یکی از گونه‌های مهم در طول کرتاسه، گونه *Watznaueria barnesiae* می‌باشد. برخی این گونه را به‌عنوان گونه جهانی یوتروفیک در نظر می‌گیرند (Mutterlose, 1991; Mutterlose, 2001; Melinte and Mutterlose, 2000; Kessels, 2000). این گونه در مکان‌های فراچاهندگی دیرینه فراوانی کمی داشته (Roth and Bowdler, 1981) و معمولاً نشان‌دهنده یک روند معکوس با فراوانی نسبی گونه‌های پر بارور مانند *Biscutum Constans* و *Zeughrabdodus erctus* است (Roth, 1986; Roth and Krumbach, 1986; Watkins, 1989; Erba, 1990, 1991; Erba et al., 1992; Williams and Bralower, 1995; Bischoff and Mutterlose, 1998).

Fisher and Hay, 1999; Herrle, 2003; Herrle et al., 2003a). بنابر نظر برخی محققین، نانوفسیل *W. barnesiae* معمولاً به عنوان شاخص آب‌های الیگوتروفیک و کم بارور شمرده می‌شود (Herrle, 2003; Watkins et al., 2005; Hardas, 2007; Mutterlose, 2007 and Wagreich, 2016).

در اسمیر اسلایدهای مورد مطالعه، گونه‌های شاخص باروری بالا مانند *Biscutum constans* و *Zeughrabdodus erctus* غایب هستند. اما گونه *Watznaueria barnesiae* به عنوان تاکسای شاخص باروری پایین حضور دارد. این گونه اگرچه در اکثر نمونه‌ها قابل مشاهده است اما نشان‌دهنده فراوانی نوسانی در برخی بخش‌ها است (شکل ۴). در ابتدای سازند حضور تاکسای کم بارور بالاست و در ادامه این فراوانی در اکوزون‌های *Calculites Arkhangelskiella* و *Quadrum trifidum ovalis cymbiformis* مشاهده شده است.

## حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی

دیاژنز و انحلال می‌توانند میزان حفظ‌شدگی مجموعه نانوفسیل‌های آهکی را تغییر دهند و لذا کاربری آن‌ها به عنوان شاخص‌های محیط دیرینه در تعیین شرایط آب سطحی اقیانوس‌ها را محدود کنند (Honjo, 1976; Steinmetz, 1994; Herrle, 2003; Andrulleit, 1997). در این بین برخی گونه‌ها نسبت به انحلال بسیار مقاوم هستند و حضور آن‌ها در نمونه‌های فقیر، می‌تواند در تفاسیر دیرینه‌بوم‌شناسی مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از گونه‌های مهم در کرتاسه پسین، *Micula decussata* می‌باشد. این گونه یک فرم مقاوم در برابر انحلال و شاخص خوبی برای حفظ‌شدگی ضعیف و تحمل دیاژنز است. این گونه به همراه گونه *Watznaueria barnesiae* به عنوان یک گونه غالب در نمونه‌هایی با حفظ‌شدگی ضعیف، شناخته می‌شوند (Hill, 1975; Roth and Kumbach, 1986; Williams and Bralower, 1995; Corbett and Watkins, 2013). Thibault and Gardin (۲۰۱۰) معتقدند مجموعه‌های نانوفسیلی در طی دوره‌های الیگوتروفی افزایش می‌یابند، و بنابراین کاهش تنوع و افزایش فراوانی گونه *W. barnesiae* که گونه مقاوم در برابر انحلال است می‌تواند به عنوان شاهی برای حفظ‌شدگی ترجیحی آن و تحت تاثیر قرار گرفتن مجموعه توسط دیاژنز باشد. این گونه در صورت غیاب تاکسای آب سرد، حاکی از شرایط دمای گرمتر و باروری پایین نیز می‌باشد.

در مطالعه پیش رو، حضور گونه *W. barnesiae* با میانگین حدود ۳۰٪ به ثبت رسیده است. کمترین مقدار (۵٪) در نمونه شماره ۱۴ تا بیشترین مقدار (۷۰٪) در نمونه شماره ۸ مشاهده شده است. این گونه در بایوزون CC17 با میانگین ۲۸٫۷۵٪، در بایوزون CC18 با میانگین ۴۹٫۰۰٪، در بایوزون CC19 با میانگین ۶۳٫۳۰٪، در بایوزون CC20 با میانگین ۴۶٫۶۰٪، در بایوزون

همچنین در برخی مطالعات انجام شده در نمونه‌های مربوط به قطب جنوب، گونه *W. barnesiae* در ماستریشتین پسین، به عنوان شاخص مهاجرت به سمت قطب شناخته می‌شود که مصادف با یک گرم‌شدگی در عرض‌های جغرافیایی قدیمه بوده است (Stott and Kennett, 1990; Huber and Watkins, 1992) لذا به نظر می‌رسد دما نقش مهمی در توزیع این تاکسون بازی کرده است.

در مطالعه پیش رو، تاکسای آب گرم (عرض پایین) با افزایش چشم‌گیر در برخی اسلایدها به ویژه در زون CC17 و CC19 و نیز زون‌های CC23 و CC25 در انتهای سازند روبرو است (شکل ۴). میزان فراوانی گونه آب سرد از جمله *Lucianorhabdus cayeuxii* بسیار پایین و نیز میزان فراوانی گونه *Microrhabdulus decoratus* بین ۰/۲ تا ۳ درصد بوده است. گونه *M. decussata* در انتهای توالی رو به افزایش است که به نظر می‌رسد پاسخ مثبت به روند گرم‌شدگی در انتهای کرتاسه و بیانگر شرایط محیطی پر استرس می‌باشد.

#### نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر از سازند گورپی در چاه اکتشافی ۱۲۳ میدان نفتی مارون، تعداد ۱۸ جنس و ۳۸ گونه از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی گردید. بر اساس توزیع نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده، تعداد ۹ بایوزون تفکیک و معرفی گردید. نانوژون‌های معرفی شده از CC17-CC25 از زون‌بندی Sissingh (۱۹۷۷) می‌باشد که معادل زون‌های UC12-UC20 از زون‌بندی Burnett (۱۹۹۸) می‌باشد. گونه‌های شاخص شناسایی شده در چاه مورد مطالعه بیانگر سن سانتونین پسین - ماستریشتین پسین برای سازند گورپی می‌باشد. بر اساس گسترش، توزیع و فراوانی تاکسای شاخص در تعیین محیط دیرینه از جمله *Watznaueria barnesiae*، *Lucianorhabdus cayeuxii*، *Micula decussata* و *Microrhabdulus decoratus*، میزان باروری، دمای آب و میزان حفظ‌شدگی مورد بررسی قرار گرفت. فراوانی گونه‌های آب سرد از جمله *Microrhabdulus decoratus* و *Lucianorhabdus cayeuxii* بسیار پایین و زیر ۳٪ به ثبت رسیده است. تنوع و فراوانی برخی گونه‌ها از جمله *Watznaueria barnesiae*، *Micula decussata* و *Micula murus* در توالی مورد مطالعه، و نسبت آن‌ها با گونه‌های آب سرد حاکی از سرد‌شدگی در ابتدای ماستریشتین و سپس روند گرم‌شدگی به سمت انتهای ماستریشتین بوده و افزایش *Micula decussata* نشانگر محیط پر استرس در این بخش می‌باشد.

CC21 با میانگین ۲۵٪، در بایوزون CC22 با میانگین ۲۶،۲۵٪، در بایوزون CC23 با میانگین ۱۶،۰۰٪، در بایوزون CC24 با میانگین ۱۳،۳۰٪ و در بایوزون CC25 با میانگین ۲۸٪ به ثبت رسیده است.

#### شاخص‌های دمایی

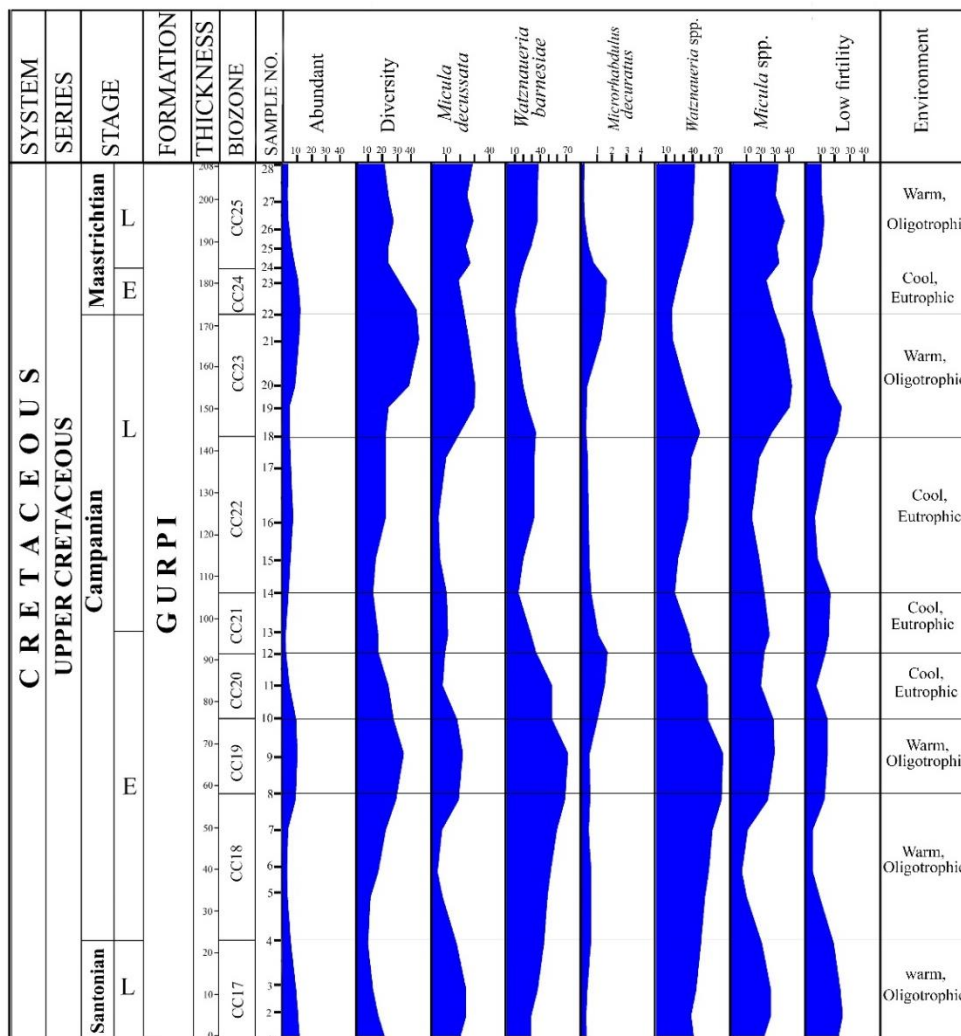
برخی از گونه‌های نانوفسیلی شاخص آب‌های سرد (عرض‌های جغرافیایی بالا) هستند. حتی مورفولوژی کوکولیت نیز با دما تغییر می‌کند (Bolti et al., 1985). بیشترین فراوانی گونه‌های نانوفسیلی در کرتاسه پسین در عرض‌های میانی و پایین بوده و لذا کمتر تحت تاثیر تغییرات دمای توده آب قرار داشته‌اند.

از گونه‌های نانوفسیلی که نشان‌دهنده آب سرد (عرض جغرافیایی بالا) هستند می‌توان از *Lucianorhabdus Lithraphidites carniolensis cayeuxii*، *Micula concava Microrhabdulus decoratus*، *Eprolithus floralis Reinhardtites levis* و *Arkhangaleskiella cymbiformis* نام برد (Mandur and Thibault and Gardin, 2006; Ashwah, 2015; Thierstein, 1976; Thierstein, 1981; Lees, 2002).

برخی نویسندگان گونه *Micula decussata* را نیز شاخص دمای پایین و سرد در نظر می‌گیرند (Wind, 1979; Doeven, 1983; Watkins and Self-Trail, 2005). نشان می‌دهد که توزیع جهانی این گونه در مجموعه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری، به بیش از ۸۰٪ می‌رسد (Thierstein, 1981; Shafik, 1990; Henriksson and Malmgren, 1997; Lees, 2002). برخی معتقدند که تسلط زیاد *M. decussata* حاکی از شرایط محیطی با استرس بالا می‌باشد (Eshet et al., 1992; Gardin and Monechi, 1998; Tantawy, 2002; Thibault and Gardin, 2006).

برخی از گونه‌های نانوفسیلی از جمله *Micula murus*، *Watznaueria barnesiae*، *Ceratolitoideus acules*، *Braarudosphaera* و *Lithraphidites quadratus* نیز به عنوان شاخص آب گرم (عرض پایین) در نهشته‌های کرتاسه شناخته می‌شوند (Thibault and Gardin, 2007). در مطالعات مربوط به نمونه‌های برداشت شده از اقیانوس اطلس، نانولیت *Micula murus* محدود به محیط گرمسیری و نیمه گرمسیری در نظر گرفته شده است و در تمام محدوده‌های چینه‌شناسی در نواحی عرض بالا کاملاً غایب بوده است (Thibault and Worsely and Lees, 2002; and Gardin, 2010; Martini, 1970; Thierstein, 1976; Thierstein, 1981; Watkins et al., 1996). بنابراین این گونه می‌تواند به عنوان یک تاکسون گرمادوست شناخته شود.





شکل ۴- درصد توزیع شاخص‌های پالئوآکولوژی در چاه شماره ۱۲۳ میدان مارون.

Fig. 4. Paleocological indicators distribution by percentage in well No. 123 of Marun oil field.

در CC19، CC22 و CC25 باروری پایین چشمگیرتر است. در نهایت توزیع مجموعه گونه‌های نانوفسیل آهکی به ثبت رسیده در چاه شماره ۱۲۳، ته‌نشست سازند گورپی در عرض‌های پایین تا متوسط را پیشنهاد می‌دهد.

به دلیل ثبت تاکسای کم‌بارور و عدم حضور تاکسای با باروری بالا از جمله *Biscutum constans* و *Zeughrhabdatus erctus*، نهشته‌های مورد مطالعه کم بارور در نظر گرفته شده‌اند، اما در برخی بخش‌ها، از جمله ابتدای سازند و سپس زون‌های

#### منابع

- Aghanabati, A., 2004. Geology of Iran, Geological survey of Iran, p. 586.  
 Al-Wosabi, A., Alaug, S., 2013. Calcareous nannofossils biostratigraphy of the Late Early Maastrichtian Age, Block 16, Jiza'-Qamar Basin, Eastern Yemen. Arabian Journal of Geoscience 6, 3581-3594.  
 Andruleit, H., 1997. Coccolithophore in the Norwegian-Greenland Sea. Seasonality and assemblage alterations. Marine Micropaleontology 31, 45-64.  
 Bischoff, G., Mutterlose J., 1998. Calcareous nannofossils of the Barremian/Aptian boundary interval in NW Europe: biostratigraphic and palaeoecologic implications of a high resolution study. Cretaceous Research 19, 635-661.  
 Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen. K., 1985. Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge. Bown, P.R. (ed.) 1998. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy, British Micropalaeontological Society, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.



- Bornemann, A., Aschwer, U., Mutterlose, J., 2003. The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic–Cretaceous boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 199 (3–4), 187–228.
- Bornemann, A., Mutterlose, J., 2006. Size analyses of the coccolith species *Biscutum constans* and *Watznaueria barnesiae* from the Late Albian “Niveau Breistroffer” (SE France): Taxonomic and palaeoecological implications. *Geobios* 39, 599–615.
- Bornemann, A., Mutterlose, J., 2006. Size analyses of the coccolith species *Biscutum constans* and *Watznaueria barnesiae* from the late Albian «Niveau Breistroffer» (SE France): taxonomic and palaeoecological implications. *Geobios* 39 (5), 599–615.
- Bornemann, A., Mutterlose, J., 2008. Calcareous nannofossil and  $^{13}\text{C}$  records from the Early Cretaceous of the Western Atlantic Ocean: Evidence for enhanced fertilization across the Berriasian-Valanginian transition. *PALAIOS* 23, 821–832.
- Bown, P.R., 1998. Calcareous nannofossil biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Series, Chapman & Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 315.
- Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques In: Bown, P.R. (ed.) *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropaleontology Society Publication, pp.16–28.
- Bukry, D., 1973. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, Tasman Sea and southwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 21. Initial Report, Deep Sea Drill, Project 21, 885–893.
- Bukry, D., Bramlettem, M.N., 1970. Coccolith age determinations Leg 3 Deep sea Drilling Project, Initial Report of DSDP 3, 589–611.
- Burnett, J.A., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (ed.) *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series, Chap Kluw Academic Publisher, London pp. 132–199.
- Corbett, M., Watkins, K., 2013. Calcareous nannofossil paleoecology of the mid-Cretaceous Western Interior Seaway and evidence of oligotrophic surface waters during OAE2. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 392, 510–523.
- Doeven, P.H., 1983. Cretaceous nannofossil stratigraphy and paleoecology of the Canadian Atlantic Margin. *Bulletin of the Geological Survey of Canada* 356, 1–70.
- Erba, E., 1990. Middle Cretaceous calcareous nannofossils from the western Pacific (Leg 129): evidence for paleoequatorial crossings. In: Dearmont, L.H., Mc Quiston, N.K. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results 129*. College Station, Texas, pp. 189–196.
- Erba, E., Castradori, F., Guasti, G., Ripepe, M., 1992. Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Gault Clay Formation (southern England). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 93, 47–69.
- Eshet, Y., Almogi, L.A., 1996. Calcareous nannofossils as paleoproductivity indicators in Upper Cretaceous organic-rich sequences in Israel. *Marine Micropaleontology* 29, 37–61.
- Eshet, Y., Moshkovitz, S., Habib, D., Benjamini, C., Margaritz, M., 1992. Calcareous nannofossil and dinoflagellate stratigraphy across the Cretaceous/Tertiary boundary at Hor Hahar, Israel. *Marine Micropaleontology* 18, 199–228.
- Esfafili-dizaji, B., Rabbani, J., 2007. Geology of Iran's hydrocarbon reservoirs, *Avaie zamin*, Geological Association of students-University of Tehran, 3(7), 6-11 (in Persian).
- Farouk, S., Faris, M., 2012. Late Cretaceous calcareous nannofossil and planktonic foraminiferal bioevents of the shallow-marine carbonate platform in Mitla Pass, west central Sinai, Egypt. *Cretaceous Research* 33, 50-65.
- Fereydoonpour, M., Mahanipour, A., Dastanpour, M., 2018. Biostratigraphy of the Gurpi Formation based on Calcareous Nannofossils at the north east of Deh Dasht area (Izeh Zone). *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan* 34 (2), 7-10 (In Persian).
- Fisher, C.G., Hay, W.W., 1999. Calcareous nannofossils as indicators of mid Cretaceous paleofertility along an ocean front, US Western Interior. *Geological Society of America, Special Paper* 332, 161–180.
- Gale, A.S., Hancock, J.M., Kennedy, W.J., Petrizzo, M.R., Lees, J.A., Walaszczyk, I., Wray, D.S., 2008. Geochemistry, Stable Oxygen and Carbon Isotopes, Nannofossils, Planktonic Foraminifera, Inoceramid Bivalves, Ammonites and Crinoids of the Waxahachie Dam Spillway Section, North

- Texas: A Possible Boundary Stratotype for the Base of the Campanian Stage. *Cretaceous Research* 29, 131-167.
- Gardin, S., Monechi S., 1998. Palaeoecological change in middle to low latitude calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Bulletin Society of Geology France* 169, 709-723.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M., 2012. The geologic time scale. The Boulevard, Langford lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK 2, pp. 437-1144.
- Gvirtzman, G., Almogi-Labin, A., Moshkovitz, S., Lewy, Z., 1989. Upper Cretaceous high-resolution multiple stratigraphy, northern margin of the Arabian platform, central Israel. *Cretaceous Research* 10, 107-135.
- Hadavi, F., Shokri, N., 2009. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in South of Ilam (Kaaver section). *Journal of Sedimentary Facies* 2, 217-225 (in Persian).
- Hampton, M.J., Bailey, H.W., Gallagher, L.T., Mortimore, R.N., Wood, C.J., 2007. The biostratigraphy of Seaford Head, Sussex, southern England; an international reference section for the basal boundaries for the Santonian and Campanian Stages in chalk facies. *Cretaceous Research* 28, 46-60.
- Hardas, P., Mutterlose, J., 2007. Calcareous nannofossil assemblages of Oceanic Anoxic Event 2 in the equatorial Atlantic: Evidence of an eutrophication event. *Marine Micropaleontology* 66, 52-69.
- Henriksson, A.S., Malmgren, B.A., 1997. Biogeographic and Ecologic Patterns in calcareous nannoplankton in the Atlantic and Pacific Oceans during the Terminal Cretaceous. *Studia Geologica Salmanticensia* 33, 17-40.
- Herrle, J.O., 2003. Reconstructing nutricline dynamics of mid Cretaceous oceans: evidence from calcareous nannofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France). *Marine Micropaleontology* 47, 307-321.
- Herrle, J.O., Pross, J., Friedrich, O., Hemleben, C., 2003b. Short-Term environmental changes in the Cretaceous Tethyan ocean: micropalaeontological evidence from the Early Albian Oceanic Anoxic Event 1b. *Terra Nova* 15, 14-19.
- Herrle, J.O., Pross, J., Friedrich, O., Kössler, P., Hemleben, C., 2003a. Forcing mechanisms for mid-Cretaceous black shale formation: evidence from the Upper Aptian and Lower Albian of the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 190, 399-426.
- Hill, M.E., 1975. Selective dissolution of mid-Cretaceous (Cenomanian) calcareous nannofossils. *Micropaleontology* 21, 227-235.
- Honjo, S., 1976. Coccoliths production, transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology* 1, 65-79.
- Huber, B.T., Watkins, D.K., 1992. Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean: Paleogeographic and Paleoclimatic implications. In: Kennett, J.P., Warnke, D.A. (Eds.), *The Antarctic Paleoenvironment: A Perspective on Global Change*. American Geophysical Union, Antarctic Research Series 56, Washington, pp. 31-60.
- Lees, J.A., 2002. Calcareous nannofossils biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research* 23, 537-634.
- Linnert, C., Robinson, S.A., Lees, J.A., Bown, P.R., Perez-Rodríguez, I., Petrizzo, M.R., Falzoni, F., Littler, K., Arz, J.A., Russell, E.E., 2014. Evidence for global cooling in the Late Cretaceous. *Nature Communications* 5, 1-7.
- Linnert, C.h., Mutterlose, J., Jens, O., Herrle, J.O., 2011. Late Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299, 507-528.
- Lübke, N., Mutterlose, J., 2016. The impact of OAE 1a on marine biota deciphered by size variations of coccoliths. *Cretaceous Research* 61, 169-179.
- Lübke, N., Mutterlose, J., Bottini, C., 2015. Size variations of coccoliths in Cretaceous oceans — a result of preservation, genetics and ecology. *Marine Micropaleontology* 117, 25-39.
- Mandur, M.M., El-Ashwah, A., 2015. Calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology of the Maastrichtian in the western coast of the Gulf of Suez, Egypt. *Arabian Journal of Geoscience* 8, 2537-2550.

- Martini, E., 1970. Late Maastrichtian nannoplankton Provinces. *Nature* 225, 1242–1243.
- Melinte, M., Mutterlose, J., 2001. A Valanginian (Early Cretaceous) 'boreal nannoplankton excursion' in sections from Romania. *Marine Micropaleontology* 43, 1–25.
- Möllera, C., Bornemann, A., Mutterlose, J., 2020. Climate and paleoceanography controlled size variations of calcareous nannofossils during the Valanginian Weissert Event (Early Cretaceous). *Marine Micropaleontology* 157, 1-13.
- Monechi, S., Therstein, H.R., 1985. Late Cretaceous-Eocene nannofossil and magnetostratigraphic correlations near Gubbio, Italy. *Marine Micropaleontology* 9, 419-440.
- Moshkovitz, S., 1984. Late Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of the Mount Scopus Group. *Israel Geological Survey Current Research 1983-1984*, 46-48.
- Mutterlose, J., 1991. Das Verteilungs-und Migrationsmuster des kalkigen Nannoplanktons in der borealen Unterkreide (Valangin-Apt) NW Deutschlands. *Palaeontographica B221*, 27–152.
- Mutterlose, J., Bottini, C., 2013. Early Cretaceous chalks from the North Sea giving evidence for global change. *Nature Communications* 4, 1686.
- Mutterlose, J., Kessels, K., 2000. Early Cretaceous calcareous nannofossils from high latitudes: implications for palaeobiogeography and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160, 347–372.
- Perch-Nielsen, K., 1979. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: *Aspekte der Kreide Europas, IUGS Series A 6*, 223-272.
- Perch-Nielsen, K., 1983. Recognition of Cretaceous stage boundaries by mean of calcareous nannofossils. In: Birkelund, T. al. (eds.) *Symposium Cretaceous Stage Boundaries, Copenhagen (Abstracts): 152–156*.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M. Saunders J.B. and Perch-Nielsen. K. (Eds.), *Planktonic Stratigraphy, Planktonic Foraminifera, Calcareous Nannofossils and Calpionellids 1*, 427–554.
- Perch-Nielsen, K., McKenzie, J., He, Q., 1982. Biostratigraphy and isotope stratigraphy and the catastrophic extinction of calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geological Society of American (GSA), Special Publication 190*, 353–371.
- Romein, A.J.T., 1979. Lineages in Early Paleocene Calcareous Nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins* 22, 18-22.
- Roth, P.H., 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP 44*, 731- 759.
- Roth, P.H., Bowdler, J.L., 1981. Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Atlantic Ocean. In: Warme, J.E., Douglas, R.G., Winterer, E.L. (Eds.), *The Deep Sea Drilling Project: A Decade of Progress. Special Publication, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists 32*, 517–546.
- Roth, P.H., Krumbach, K.R., 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology* 10, 235–266.
- Sadeghi, A., Darabi, G., 2015. Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Zagros Basin, Iran. *Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan* 31 (60), 19-36 (in Persian).
- Senemari, S., Bakhshandeh, L., 2013. The distribution of calcareous nannofossils in the Late Santonian–Late Maastrichtian deposits in the southwest of Iran (Khuzestan Province). *Arabian Journal of Geoscience* 6, 841– 845.
- Shafik, S., 1990. Late Cretaceous nannofossil biostratigraphy and biogeography of the Australian western margin. *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Report 295*, 1–164.
- Shahriyari, S., Kani, A., Amiribakhtiar, H., 2017. Biostratigraphy of Gurpi Formation in Samand anticline (Lurestan province) Based on calcareous nannofossils. *Stratigraphy and Sedimentology Researches* 33 (68), 37-60 (in Persian).
- Sina, M.A., Aghanabati, A., Kani, A.L., Bahadori, A.R., 2011. Biostratigraphy study of Gurpi Formation in Poldokhtar Section (KuhSoltan anticline) based on calcareous nannofossils. *Scientific Quarterly Journal: Geoscience*, 20(79), 183- 188.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie En Mijnbouw* 56, 37–65.

- Sissingh, W., 1978. Microfossil biostratigraphy and stage stratotypes of the Cretaceous. *Geologie En Mijnbouw* 57, 433–440.
- Steinmetz, J.C., 1994. Stable isotopes in modern coccolithophores. In: Winter A. and Siesser W.G. (eds.) *Coccolithophores*, pp. 219–229. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stott, L.D., Kennett, J.P., 1990. The paleoceanographic and paleoclimatic signature of the Cretaceous/Paleogene boundary in the Antarctic: stable isotopic results from ODP Leg 113. *Proc. Ocean Drilling Program Sci. Results* 113, 829–848.
- Suchéras-Marx, B., Giraud, F., Mattioli, E., Gally, Y., Barbarin, N., Beaufort, L., 2014. Middle Jurassic coccolith fluxes: a novel approach by automated quantification. *Marine Micropaleontology* 111, 15–25.
- Tantawy, A.A.A.M., 2002. Calcareous nannofossil biostratigraphy and palaeoecology of the Cretaceous–Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt. *Marine Micropaleontology* 47, 323–356.
- Tappan, H., 1980. *The Paleobiology of Plant Protists*. W.H. Freeman, New York.
- Thibault, N., Gardin, S., 2006. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Rev de micropalé* 49, 199–214.
- Thibault, N., Gardin, S., 2007. The Late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology* 65, 163–184.
- Thibault, N., Gardin, S., 2010. The calcareous nannofossil response to the End-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 239–252.
- Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology* 1, 325–362.
- Thierstein, H.R., 1981. Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary. In: Warme J.E. Douglas R.G. and Winterer E.L. (eds.) *The Deep Sea Drilling Project: A Decade of Progress* 32, 355–394. SEPM Special Publication, Tulsa.
- Valentine, P.C., 1980. Calcareous nannofossil biostratigraphy, paleoenvironments, and post Jurassic continental margin development, in Scholle, P.A. ed., *Geological studies of the COST No. B-3 well, United States, Mid-Atlantic Continental Slope area: U.S. Geological Survey Circular* 833, 67–84.
- Verbeek, J.W., 1989. Recent calcareous nannoplankton in the southernmost Atlantic. *Polarforschung* 59, 45–60.
- Voigt, S., Gale, A., Jung, C., Jenkyns, H., 2012. Global correlation of Upper Campanian-Maastrichtian successions using carbon isotope stratigraphy: Development of a new Maastrichtian timescale. *Newsletters on Stratigraphy* 45, 25–53.
- Wagreich, M., 2016. Palaeoenvironmental changes in the northwestern Tethys during the Late Campanian *Radotruncana calcata* Zone: Implications from stable isotopes and geochemistry. *Chemical Geology* 420, 280–296.
- Wagreich, M., Summesberger, H., Kroh, A., 2010. Late Santonian bioevents in the Schattau section, Gosau Group of Austria e Implications for the Santonian-Campanian boundary stratigraphy. *Cretaceous Research* 31, 181–191.
- Watkins, D.K., 1989. Nannoplankton productivity fluctuations and rhythmically-bedded pelagic carbonates of the Greenhorn Limestone (Upper Cretaceous). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 74, 75–86.
- Watkins, D.K., Cooper, M.J., Wilson, P.A., 2005. Calcareous nannoplankton response to the Late Albian oceanic anoxic event 1d in the western North Atlantic. *Paleoceanography* 20, 1–14.
- Watkins, D.K., Self-Trail, J.M., 2005. Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian. *Paleoceanography* 20, doi: 10.1029/2004PA001121.
- Watkins, D.K., Wise, J.R., S.W., Pospichal, J.J., Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mognilevsky, A., Whatley, R. (Eds.), *Microfossils and oceanic environments*. University of Wales, Aberystwyth Press: 355–381.
- Westbroek, P., De Jong, E.W., Van Der Wal, P., Borman, A.H., De Vrind, J.P.M., Kok, D., De Bruijn, W.C., Parker, S.B., 1984. Mechanism of calcification in the marine alga *Emiliania huxleyi*. In: Miller, A., Phillips, D., Williams, R.J.P. (eds) *Mineral Phase in Biology*. Royal Society, London, pp. 25–34.
- Williams, J.R., Bralower, T.J., 1995. Nannofossil assemblages, fine-fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginian–Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin. *Paleoceanography* 10, 815–839.

- Wind, F.H., 1979. Maastrichtian-Campanian nannofloral provinces of the southern Atlantic and Indian Oceans. In: Talwani M. Hay W. and Ryan W.B.F. (Eds.), *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*. American Geophysical Union, Washington, pp. 123–137.
- Winter, A., Siesser, W.G. (Eds), 1994. *Coccolithophores*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Worsely, T., Winter, A., 1985. Distribution of living coccolithophores in the California Current System, southern California Borderland. *Marine Micropalaeontology* 9, 385–393.
- Wynd, A.G., 1965. Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area, I. O. O. C., Report No. 1082.
- Young, J.R., 1990. Size variation of Neogene Reticulofenestra coccoliths from Indian Ocean DSDP Cores. *Micropaleontology* 9, 71–86.
- Young, J.R., Ziveri P., 2000. Calculation of coccolith volume and its use in calibration of carbonate flux estimates. *Deep-Sea Research II* 47, 1679–1700.