



<http://ui.ac.ir/en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan  
Vol. 34, Issue 2, No. 71, Summer 2018  
pp. 7-10  
Received: 18.12.2017 Accepted: 09.06.2018

## Biostratigraphy of the Gurpi Formation based on Calcareous Nannofossils at the north east of Deh-Dasht area (Izeh Zone)

**Mahboobeh Fereydoonpour**

*Ph. D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran*

**Mohammad Dastanpour**

*Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran*

**Azam Mahanipour\***

*Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran*

*\*Corresponding author, e-mail: a\_mahanipour@uk.ac.ir*

### Introduction

The Zagros mountain belt extends over 1800 km from Kurdistan in N Iraq to the Strait of Hormuz in Iran (Lacombe and Mouthereau 2006). Zagros Mountain belt is one of the richest oil provinces in the world (Emmami 2008) and is important to paleontological, sedimentological, structural and geological studies. The Cretaceous sediments in the Zagros Mountain Belt (SW Iran), is characterized by a large diversity of rocks and facies. The Gurpi Formation is one of the source rock for petroleum in Zagros basin and outcrops extensively to southwest Iran (James and Wynd 1965). The type section of this Formation (49° 13' 47" E, 32° 26' 50" N) is measured at Tang-e Pabdeh, north of the Lali oilfield in Khuzestan (James and Wynd 1965). This section is composed of 320 meters of dark bluish gray, thin-bedded marl and shale beds and occasionally thin beds of marly limestone (Motiei 1995). The following publications have appeared for this formation (e.g. Kalantari 1976; Vaziri Moghaddam 2002; Ghasemi-Nejad et al. 2006; Darvishzad et al. 2007; Bahrami 2009; Rabbani et al. 2009; Bahrami and Parvaneh-Nejad Shirazi 2010; Bieranvand and Ghasemi-Nejad 2013; Parvaneh-Nejad Shirazi et al. 2013; Beiranvand et al. 2013, 2014 and Fereydoonpour et al. 2014). Late Cretaceous calcareous nannofossils study is still scarce in Zagros basin and is a strong motivation for investigating calcareous nannofossils in southwest Iran. Late Cretaceous calcareous nannofossils in Gurpi Formation were studied by (Senemari and Azizi 2012; Badri and Kani 2014; Razmjooei et al. 2014; Najafpour et al. 2015; Senemari 2015 and Hadavi et al. 2016).

The aim of the present study was to establish the biostratigraphic zonation for the Gurpi Formation and determine age range of this formation in Izeh sub- zone by means of calcareous nannofossils. A 215-m-thick, well-exposed section was chosen for this purpose. The Kuh-e Siah section is located about 15 Km to the north of Deh-Dasht area. This section was measured in detail at 30°54'31.86" N and 50°36'38.80" E. Lithologically, it consists of shale, shaly limestone, and shales with thin bedded limestone. It conformably overlies the Ilam Formation and is overlain unconformably by the pabdeh Formation.

### Material and Methods

In this study a 215-m thick of Cretaceous sediments including the upper part of Ilam Formation, Gurpi Formation and the lower part of Pabdeh Formation were recognized. A total of 122 samples with ~ 1 – 2 m sampling interval were collected. Calcareous nannofossils were processed by smear slides technique described by Bown and Young (1998). The slides were studied with a polarized microscope Olympus (BH2) with 1000×magnification. The zonal scheme proposed in this study is based on the ranges of the most important stratigraphically nannofossil taxa. Calcareous nannofossil taxonomy follows Perch-Nielsen (1985) and Bown (1998). In this study the stratigraphic zonation developed by Sissingh (1977) modified by Perch-Nielsen (1985) was applied and is compared with, Burnett (1998) biozones.

### Discussion of Result and Conclusion

According to the first and last occurrences of the index species of calcareous nannofossils, Late Coniacian to Early Maastrichtian age were recognized for the sediments of Gurpi formation in this

area. The standard zones identified are listed below from the oldest to the youngest:

***Reinhardtites anthophorus* biozone (CC15)** (Equivalent of Subzone UC11a and UC11b), late Coniacian.

***Lucianorhabdus cayeuxii* biozone (CC16)** (Equivalent of Subzone UC11c and UC12), late Coniacian- middle Santonian.

***Calculites obscurus* biozone (CC17)** (Equivalent of Subzone UC12 and UC13), middle Santonian- Santonian Campanian boundary.

***Aspidolithus parvus* biozone (CC18)** (Equivalent of Subzone UC14 a, b, c<sup>TP</sup>), early Campanian.

***Calculites ovalis* biozone (CC19)** (Equivalent of Subzone UC14d<sup>TP</sup> and UC15a<sup>TP</sup>), late early Campanian.

***Ceratolithoides aculeus* biozone (CC20)** (Equivalent of Subzone UC15b<sup>TP</sup>), late early Campanian.

***Quadrum sissinghii* biozone (CC21)** (Equivalent of Subzone UC15c<sup>TP</sup>), early late Campanian.

***Quadrum trifidum* biozone (CC22)** (Equivalent of Subzone UC15d<sup>TP</sup> and UC15e<sup>TP</sup>), middle late Campanian.

***Tranolithus phacelosus* biozone (CC23)** (Equivalent of Subzone UC16 and UC17), middle late Campanian- early Maastrichtian.

***Reinhardtites levis* biozone (CC24)** (Equivalent of Subzone UC18), middle early Maastrichtian.

***Arkhangelskiella cymbiformis* biozone (CC25)** (Equivalent of Subzone UC19), late early Maastrichtian.

Using of these results and their comparison to other global nanno events, which were reported on upper Cretaceous stage boundaries, can be used to better identify of these boundaries in this section. In this study the Coniacin- Santonian, Santonian- Campanian and Campanian- Maastrichtian boundaries were identified as follows:

**Coniacin/ Santonian boundary:** This boundary has been reported as the interval from the FO of *M. staurophora* to the FO of *R. anthophorus* by Perch-Nielsen (1985). Bralower et al. (1995) have been shown this boundary between the FO of the *M. staurophora* to the FO of *L. cayeuxii*. Burett (1998), Melinte and Lamolda (2002) and Melinte and Lamolda (2007) have been considered the FOs of *R. anthophorus*, *L. grillii*, *Micula concava*, *Lucianorhabdus inflatus* and *L. cayeuxii* in the late Coniacin and the LO of *L. septenarius* in the Early Santonian. The Coniacin- Santonian boundary (CSB) has been placed between the FO of *L. cayeuxii* and the LO of *L. septenarius*, within the CC16 Zone of Sissingh (1977), and in the UC11c sub-zone of Burnett (1998). Also the presence of *C. obscures* after the FO of *L. cayeuxii* and higher abundance of *M. concava*, has been reported the CSB (Lamolda et al. 2014). The first sample of the Kuh-e Siah section contains *R. anthophorus*, *L. grillii*, *Q. gartneri* and *M. staurophora*. The FO of *L. cayeuxii* and the LO of *L. septenarius* has been recorded at 5m and 15 m, respectively. Based on these data, the lowermost part of the Kuh-e Siah section is late Coniacian and the CSB was considered in the Kuh-e Siah section in the UC11c/ CC16/ NC17 zones, between the FO of *L. cayeuxii* and the LO of *L. septenarius*.

#### **Santonian/ Campanian boundary:**

At informal sections of GSSP (Hancock and Gale 1996; Hampton et al. 2007), this boundary is marked by the FO of *A. parvus parvus*. Two main suggested markers, i.e. the FO of *A. parvus parvus* and the LO of *Dicarinella asymetrica* occur closely to the base of Chron 33r which may be suggested as the main events for the base of the Campanian (Wagreich et al. 2015). The Santonian- Campanian boundary is described within the interval from the FO of *A. cymbiformis* (UC13a) to the FO of *A. parvus parvus* (UC14) (Gale et al. 2008), while Melinte and Bojar, (2010) placed this boundary within the CC17/ UC13 and the LO of *A. cymbiformis* is located before the boundary. The Santonian- Campanian boundary is located at the base of CC18/UC14 zone, marked by the FO of *Broinsonia parva parva*, (Wagreich et al. 2010; Cetaan et al. 2011; Russo 2013; Dubicka et al. 2017). In the Kuh-e Siah section, the Santonian- campanian boundary was marked by the FO of *A. parvus parvus* at the base of the CC18/ UC14/ NC18 at 45 m.

**Campanian- Maastrichtian boundary:** The Campanian – Maastrichtian boundary (CMB) at GSSP is defined below the LO of *Q. trifidum* and *Q. gothicus*. The LO of *B. parvus constrictus* is also recorded about 1.8 Ma above the CMB (Gardin et al. 2001) and considered as an indicator of the CMB which is observed above the LO of *Q. trifidum* and *Q. gothicus* (Odin and Lamaurelle 2001). At Gubbio area (Gardin et al. 2012), similar to Tercis-Les-Bains (Gardin et al. 2001), the LOs of *Q. gothicus* and *Q. trifidum* are followed by the LOs

of *A. parvus constrictus* and *Q. trifidum* and differs with the proposed CC and UC zonations. It must be mentioned that the LOs of *T. orionatus* (Gardin et al. 2012) and *A. parvus constrictus* (Gardin et al. 2012; do Monte Guerra et al. 2016) are diachronous between different latitudes. Thibault also used the LO of *Quadrum trifidum* as marker for the CMB at low latitude site. In the Kuh-e Siah section, the Campanian- Maastrichtian boundary is identified by the LO of the *Quadrum trifidum*.

1- The presented data suggest that the age of sediments of Gurpi Formation in Kuh-e Siah section are late Coniacian to late early Maastrichtian. In kuh Siah section

2- According to the continuous presence of *L. grillii*, *M. concava*, *M. staurophora* in samples of Illam and Gurpi Formations and the presence of *Q. gartneri* and *R. anthophorus* in the first sample of the Gurpi Formation, the Illam and Gurpi formations boundary is conformably.

3- The LO of *B. hayi* bio- event has a reverse order in this study relative to biozones was described by Sissingh (1977). Although the LO of *B. hayi* was recorded in zone CC19 (Sissingh 1977), the LO of this species has been recorded up to the middle part of the CC20. In this section, the LO of *Bukryaster hayi* was recorded in the CC20. Razmjooei et al. (2014) in the northeast of Kazeroon in Iran (Fars area) and Melinte and Bojar (2010) in southern Romania have also recorded the LO of *B. hayi* in zone CC20. Based on Melinte and Bojar (2010), the LO of *B. hayi* in CC20 is attributed to diachronism or reworking.

4- Due to the presence of *Biantholithus sparseus*, *Fasciculithus tympaniformis* and *Markalius inversus* in the first sample of the Pabdeh Formation and the non-identification of the end zone of the CC25/ UC19 zones in this section, the Gurpi and Pabdeh Formations boundary is unconformably.

#### **References**

- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran; 586 p.
- Alinejad S. Rezaee P. and Piryaee A. 2013. Depositional Evolution and Sediment Facies Pattern of Upper Cretaceous in Zagros Basin, South of Iran. Geosciences, 3(3):77- 88.
- Badri N. and Kani A. 2014. Biostratigraphy of the Gurpi Formation based on calcareous nanoplankton in Kuh-e Gach and Kuh-e Kurdeh anticlines (Lar Region). Scientific Quarterly Journal: Geoscience, 24 (94): 19- 26.
- Bahrami M. 2009. Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh formations in southwest of Iran. American Journal of Applied Sciences, 6(7): 1295- 1300.
- Bahrami M. and Parvanehnezhad Shirazi M. 2010. Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh formations and the type of Mesozoic- Cenozoic boundary in Fars province, Iran. Journal of Applied Geology, 5(4): 330- 335.
- Beiranvand B. Ghasemi-Nejad E. Kamali. M and Ahmadi A. 2014. Sequence stratigraphy of the Late Cretaceous- Paleocene Gurpi Formation in southwest Iran, Sequence stratigraphy of the Late Cretaceous- Paleocene Gurpi Formation in southwest Iran. Geo Arabia, 19 (2): 89- 102.
- Blair S.A. and Watkins D.K. 2009. High- resolution calcareous nannofossil biostratigraphy for the

- Coniacian/Santonian Stage boundary, Western Interior Basin. *Cretaceous Research*, 30 (2): 367-384.
- Bralower T.J., Leckie R.M., Sliter W.V. and Thierstein H.R. 1995. An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. In: Berggren W.A., Kent D.V., Aubry M.P. and Hardenbol J. (Eds.), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publication, 54: 65- 79.
- Bown P. 1998. Calcareous nannofossil biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall/ Kluwer Academic. London, 317 p.
- Burnett J.A. 1996. Nannofossils and Upper Cretaceous (sub-) stage boundaries: state of the art. *Journal of Nannoplankton Research*, 18: 23- 32.
- Burnett J.A. 1998. Upper Cretaceous. In: Bown P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall/ Kluwer Academic. London, 317 p.
- Cetean C.G., Balci R., Kaminski M. A. and Filipescu S. 2011. Integrated biostratigraphy and palaeoenvironments of an upper Santonian - upper Campanian succession from the southern part of the Eastern Carpathians, Romania. *Cretaceous Research*, 32 (5): 575- 590.
- Emami, H. 2008. Forland propagation of folding and structure of the mountain front flexure in the Pusht-e Kuh arc (Zagros, Iran). Chapter 1: General introduction, Universitat de Barcelona, 27p.
- Fereydoonpoor M., Vaziri- Moghaddam H., Ghobeishavi A. and Taheri A. 2014. Stratigraphy of the Gurpi Formation in Kuh-e Siah anticline and comparison with Tang-e Boulfares and Aghar anticline sections. *Sedimentary Facies*, 7 (1): 83-106.
- Friedrich O., Norris R.D. and Erbacher J. 2012. Evolution of middle to Late Cretaceous oceans — a 55 m.y record of Earth's temperature and carbon cycle. *Geology*, 40 (2): 107–110.
- Gale A.S., Hancock J. M., Kennedy W.J., Petrizzo M.R., Lees J.A., Walaszczyk I. and Wray D.S. 2008. An integrated study (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 (1): 131- 167.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D. and Ogg G.M. 2012. *The Geologic Time Scale*, 2, 801-853.
- Hadavi, F. and Senemari, S. 2010. Calcareous nannofossils from the Gurpi Formation (Lower Santonian-Maastrichtian), faulted Zagros range, western Shiraz, Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 18: 166-178.
- DO Monte Guerra R.M., Tokutake L.R. and Fauth G. 2010. Upper Campanian calcareous nannofossils from a core of well 2-RSS-1, Pelotas Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13 (3): 181-188.
- DO Monte Guerra R.M., Concheyro A., Wise Jr., Sh.W., Kender S. and Fauth G. 2016. New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian–Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and their paleoceanographic implications. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 452: 55–67.
- Hadavi F. and Shekari N. 2009. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in south of Ilam. *Sedimentary Facies*, 2 (2): 217- 225.
- Hampton M.J., Bailey H.W., Gallagher L.T., Rory N., Mortimore R.N. and Wood Ch.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 (1): 46-60.
- Hancock J.M. and Gale A.S. and Gardian S. 1996. The Campanian Stage, *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 66: 103-109.
- Hemmati-Nasab M., Ghasemi- Nejad E. and Darvishzadeh B. 2008. Bathymetry of Gurpi Formation based on planktonic and benthic foraminifera. *Sciences*, 34 (1): 157- 173.
- Hosseini Falehi B. 2006. Lithostratigraphy and nannostratigraphy of Gurpi Formation in Kuh-e Manghasht and Komestan anticlines (Izeh Area). M.Sc. thesis, Shahid Beheshti University, 194 p.
- James G.A. and Wynd J.G. 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, 49: 2182- 2245.
- Kalantari A. 1976. Microbiostratigraphy of the Sarvestan area, southwestern Iran. *National Iranian Oil Co*, no 5, 130 p.
- Lacombe O., Grasemann B. and Simpson G. 2011. Introduction: geodynamic evolution of the Zagros. *Geol. Mag*, 148 (5-6): 689–691.
- Lamolda M.A., Paul C.R.C., Peryt D. and Pons J.M. 2014. The Global Boundary Stratotype and Section Point (GSSP) for the base of the Santonian Stage, “Cantera de Margas”, Olazagutia, northern Spain. 37:1-12.
- Melinte M. C. and Lamolda, M. A., 2002- Calcareous nannofossils around the Coniacian- Santonian boundary interval in the Olazagutia section (N. Spain). In: Wägrich, M., (Eds.) *Aspects of Cretaceous stratigraphy and palaeobiogeography*. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, 15: 351- 364.
- Melinte M.C. and Lamolda M.A. 2007. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Coniacian/Santonian boundary interval in Romania and comparison with other European regions. *Cretaceous Research*, 28 (1): 119- 127.
- Melinte M.C. and Bojar A.V. 2010. Late Cretaceous carbon- and oxygen isotope stratigraphy, nannofossil events and paleoclimate fluctuations in the Hătege area (SW Romania). *Palaeogeography*

- Palaeoclimatology Palaeoecology, 293 (3-4):295-305.
- Motiei H. 1995. Geology of Iran, Stratigraphy of Zagros: Geological Survey of Iran, 536 p.
- Najafpour A. Mahanipour A. and Dastanpour M. 2015. Calcareous nannofossil biostratigraphy of Late Campanian– Early Maastrichtian sediments in southwest Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (8): 6037- 6046.
- Odin G.S. and Lamaurelle M.A. 2001. The global Campanian-Maastrichtian stage Boundary. 32nd International Geological Congress Florence, Italy, 24:229-238.
- Parandavar M. Mahanipour A. Aghanabati A. and Hosseini A. 2012. Biostratigraphy of calcareous nannofossils in upper part of Gurpi Formation-lower part of Pabdeh Formation (Purpel shale) in the Northeast Kuh-e Gurpi anticline. *Scientific Quarterly Journal: Geoscience*, 23 (89): 187- 198.
- Perch-Nielsen K. 1972. Remarks on the Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic. In: Laughton, A. S. Berggren, W. A. (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 12: 1003-1069.
- Perch-Nielsen K. 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli H.M. Saunders J.B. and Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 573 p.
- Pérez-Rodríguez I. Lees J.A. Larrasoña J.C. Arz J.A. and Arenillas I. 2012. Planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the uppermost Campanian and Maastrichtian at Zumaia, northern Spain. *Cretaceous Research*, 37: 100- 126.
- Rabbani J. Ghasemi-Nejad E. and Amini A. 2009. Palynostratigraphy and Sequence Stratigraphy of Gurpi Formation in Darreh Shahr section, South East Ilam. *Iranian Geology*, 3 (10): 3- 13.
- Razmjooei M.J. Thibault N. Kani A. Mahanipour A. Boussaha M. and Korte Ch. 2014. Coniacian–Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and carbon-isotope stratigraphy in the Zagros Basin (Iran): consequences for the correlation of Late Cretaceous stage boundaries between the Tethyan and Boreal realms. *Newsletters on Stratigraphy*, 47\2: 183- 209.
- Roth P.H. 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocaen. *Initial Reports of the DSDP*, 44: 731- 759.
- Russo F. 2013. Calcareous nannofossil revised biostratigraphy of the latest Albian- earliest Campanian time interval (Late Cretaceous), Ph.D. Thesis, Univerita Degli Studi Di Milano, Italy, 150p.
- Senemari S. 2012. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in the south east of Shiraz. *Sedimentary Facies*, 5 (1): 75-84.
- Senemari S. and Azizi M. 2012. Nannostratigraphy of Gurpi Formation (Cretaceous- Tertiary boundary) In Zagros Basin, Southwestern Iran. *World Applied Sciences Journal*, 17 (2): 205- 210.
- Senemari S. 2015. Calcareous nannofossils events of *Nephrolithus frequens* Zone to *Markalius inversus* Zone in Section of Kazerun, Zagros (Iran). *International Journal of Geography and Geology*, 4 (7): 129- 135.
- Sherkati Sh. and Letouzey J. 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment) Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 21 (5): 535- 554.
- Sina M. Kani A. and Bahadori A. 2009. Biostratigraphic study of Gurpi Formation in Quar section (Sepidar anticline) based on calcareous nannofossils. *Journal of Shahid Chamran University of Ahvaz*, 23: 47- 60.
- Sina M.A. Aghanabati A. Kani A.L. and Bahadori A.R. 2011. Biostratigraphy study of Gurpi Formation in Poldokhtar Section (Kuh-Soltan anticline) based on calcareous nannofossils. *Scientific Quarterly Journal: Geoscience*, 20 (79):183- 188.
- Sissingh W. 1977. Biostratigraphy of calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56 (1): 37- 65.
- Thibault N. Husson D. Harlou R. Gardin S. Galbrun B. Huret E. and Minoletti F. 2012a. Astronomical calibration of upper Campanian– Maastrichtian carbon isotope events and calcareous plankton biostratigraphy in the Indian Ocean (ODP Hole 762C): Implication for the age of the Campanian–Maastrichtian boundary. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 337-338: 52- 71.
- Thibault N. Harlou R. Schovsbo N. Schiøler P. Minoletti F. Galbrun B. Lauridsen B.W. Sheldon E. Stemmerik L. and Surlyk F. 2012b. Upper Campanian– Maastrichtian nannofossil biostratigraphy and high- resolution carbon-isotope stratigraphy of the Danish Basin: towards a standard  $\delta^{13}\text{C}$  curve for the Boreal Realm. *Cretaceous Research*, 33 (1): 72–90.
- Thibault N. 2016. Calcareous nannofossil biostratigraphy and turnover dynamics in the late Campanian-Maastrichtian of the tropical South Atlantic. *Revue de micropaléontologie*, 59 (1): 57- 69.
- Thierstein H.R. 1973. Lower Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abhandlungen der Geologische Bundesanstalt*, 58 p.
- Thierstein H.R. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, 1: 325- 362.
- Vaziri Moghaddam H. 2002. Biostratigraphic study of the Ilam and Gurpi formations based on planktonic foraminifera in SE of Shiraz, Iran. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, 13 (4): 339- 356.
- Wagreich M. Summesberger H. and Kroh A. 2010. Late Santonian bioevents in the Schattau section. Gosau Group of Austria– implications for the Santonian- Campanian boundary stratigraphy. *Cretaceous Research*, 31 (2): 181–191.
- Wynd J.G. 1965. Biofacies of the Iranian consortium agreement area. Iranian oil operating companies report 1082, Tehran (unpublished).
- <http://www.mikrotax.org/Nannotax3/index.php?dir=Coccolithophores> <http://www.stratigraphy.org>.

## زیست‌چینه‌نگاری سازند گورپی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در شمال‌شرق شهرستان دهدشت (زون ایزه)

محبوبه فریدونپور، دانشجوی دکتری گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

اعظم ماهانی‌پور، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران \*

محمد داستانی‌پور، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

### چکیده

در مطالعه حاضر، سازند گورپی در تاق‌دیس کوه سیاه واقع در شمال‌شرقی شهرستان دهدشت (منطقه کهگیلویه) از نظر نانوفسیل‌های آهکی بررسی شد. مطالعه زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی سازند گورپی در برش یادشده با ۲۱۲ متر ضخامت به شناسایی ۴۸ جنس و ۱۱۵ گونه از نانوفسیل‌های آهکی منجر شد. بر اساس نانوفسیل‌های آهکی شاخص، بایوزون‌های CC15 تا CC25 از بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch-Nielsen 1985) و UC11a تا UC19 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) برای این برش تعیین و سن سازند گورپی در این برش کنیاسین پسین تا انتهای مایستریشین پیشین پیشنهاد شد. در مطالعه حاضر، مرز اشکوب‌های موجود در مقایسه با مقاطع نمونه مرزی جهانی (Global Stratotype Section and Point) و سایر برش‌های دنیا تعیین شد؛ از این رو، مرز اشکوب‌های کنیاسین - سانتونین در محدوده بین نخستین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* و آخرین حضور گونه *Lithastrinus septenarius*، مرز سانتونین - کامپانین با نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* و مرز کامپانین - مایستریشین با آخرین حضور گونه *Quadrum trifidum* مشخص شد.

واژه‌های کلیدی: زاگرس، زیست‌چینه‌نگاری، سازند گورپی، کرتاسه فوقانی، نانوفسیل‌های آهکی

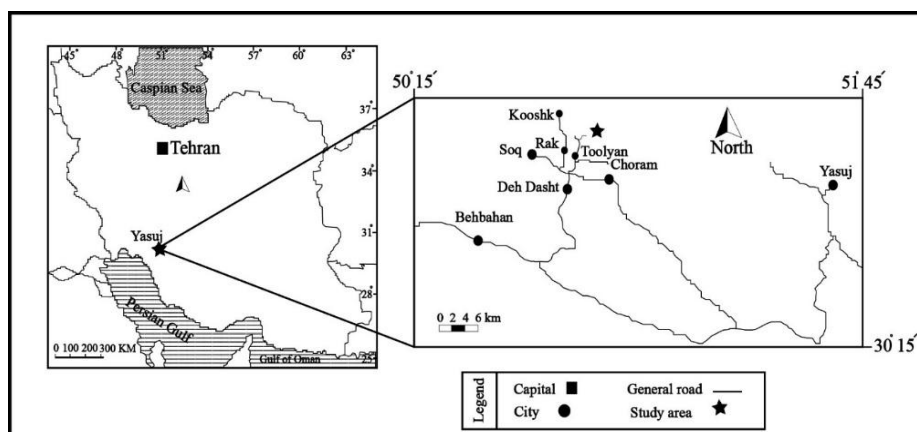
## مقدمه

رشته‌کوه‌های زاگرس با بیش از ۱۸۰۰ کیلومتر طول از کردستان در شمال عراق تا تنگه هرمز در ایران کشیده شده و نتیجه هم‌گرایی اوراسیا و عربستان طی بسته‌شدن اقیانوس نوئتیس است (Lacombe et al. 2011). کمربند چین‌وگسل خورده زاگرس یکی از غنی‌ترین ایالت‌های نفتی جهان محسوب می‌شود (Emmami 2008). سازند گورپی یکی از سازندهای کرتاسه فوقانی در زاگرس است که گسترش زیادی در جنوب غرب ایران دارد و نخستین بار (James and Wynd 1965) آن را در منطقه خوزستان (تنگ پابده) معرفی کرده است. برش نمونه سازند یادشده با مختصات جغرافیایی  $26^{\circ} 50'$  عرض شمالی و  $49^{\circ} 13' 47''$  طول شرقی در شهرستان لالی و مسجد سلیمان (شمال میدان نفتی لالی) در تنگ پابده واقع است (Wynd 1965). این سازند در برش نمونه ۳۲۰ متر ضخامت دارد و سنگ‌شناسی عمده آن در بیشتر نواحی زاگرس شامل شیل و مارن خاکستری مایل به آبی همراه با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک نازک‌لایه رسی است و به علت زودفرسآلودن، سیمای آن فرسوده است (Motiei 1995). Kalantari در سال ۱۹۷۹ سازند گورپی در ناحیه سروستان را از نظر سنگ‌چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری مطالعه کرده است. Hadavi and Sina et al. (2009)، Hosseini Falahi (2006)، Shekari (2009)، Hadavi and Senemari (2010)، Parandavar et al. (2012)، Senemari and Azizi (2012)، Razmjooei et al. (2014)، Badri and Kani (2014)، Senemari (2015)، al. (2014)، Najafpour et al. (2015) و (Vaziri Moghaddam 2002؛ Rabbani 2009؛ Bahrami and Parvanehnezhad Shirazi 2010؛ Sina et al. 2011؛ همچنین باتوجه به شرایط رسوب‌گذاری (Hemati Nasab et al. 2008؛ Bahrami 2009؛ Alinejad et al. 2013؛ Beiranvand et al. 2014) و سنگ‌شناسی (شیل، مارن و

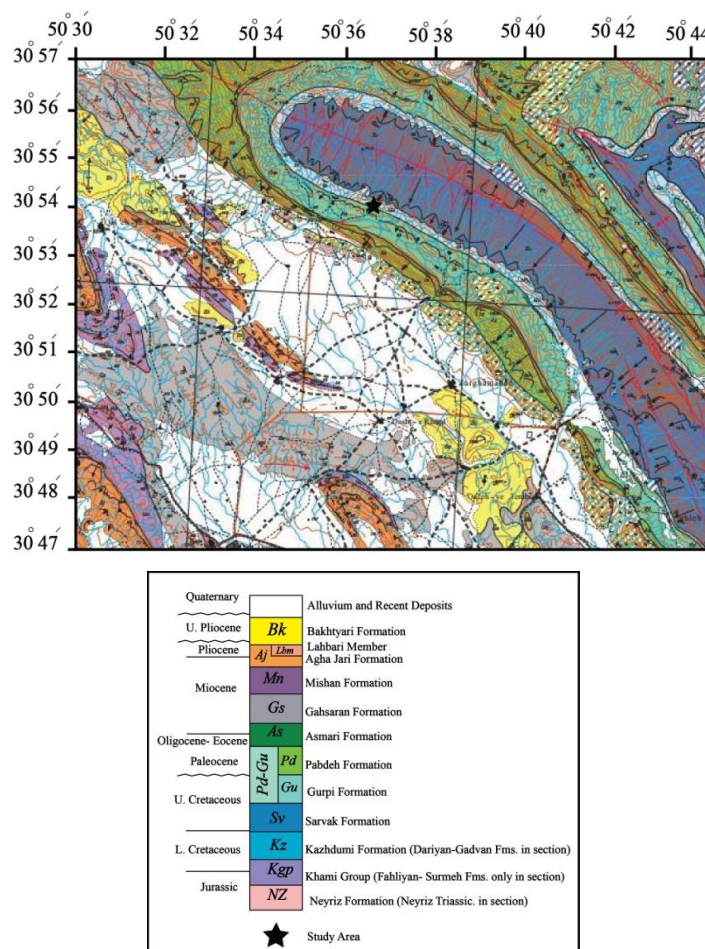
سنگ‌آهک مارنی) سازند گورپی، نانوفسیل‌های آهکی دارای پراکندگی و حفظ‌شدگی نسبتاً خوبی در این سازند هستند. نانوفسیل‌های آهکی اغلب دارای گستردگی، فراوانی و حفظ‌شدگی متوسط اما مناسبی برای مطالعه‌های زیست‌چینه‌نگاری در رسوبات دریایی توالی‌های چینه‌شناسی هستند. زندگی پلانکتونی، پراکندگی بیشتر نسبت به ماکروفسیل‌ها و اندازه بسیارکوچک نانوفسیل‌های آهکی، این موجودات را مانند سایر موجودات پلانکتون به ابزار مطمئنی برای تعیین سن و تطابق در مقیاس جهانی تبدیل کرده است. باتوجه به اهمیت زیاد نانوفسیل‌های آهکی در مطالعه‌های زیست‌چینه‌نگاری و تعیین سن دقیق لایه‌ها، در مطالعه حاضر، سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه در شمال شرقی شهرستان دهدشت، زون ایزه از نظر نانوفسیل‌های آهکی مطالعه و بررسی شد.

## موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه‌شده

برش مطالعه‌شده در یال جنوبی تاقدیس کوه سیاه در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان دهدشت با مختصات جغرافیایی  $30^{\circ} 54' 32''$  عرض شمالی و  $50^{\circ} 36' 39''$  طول شرقی و  $30^{\circ} 54' 32''$  عرض شمالی و در زون ایزه قرار گرفته است (شکل‌های ۱ و ۲). زون ایزه بخشی از زاگرس چین‌خورده است که در امتداد شکستگی آشکاری در جنوب غربی گسل زاگرس مرتفع قرار گرفته است (Sherkati and Letouzey 2004). گسل ایزه زون یادشده را به دو بخش شمال غربی و جنوب شرقی تقسیم می‌کند: در بخش شمال غربی، هسته تاقدیس‌ها از سازندهای گروه بنگستان (کرتاسه) تشکیل شده و بدون تله‌های نفتی است؛ در بخش جنوب شرقی، سنگ‌آهک‌های آسماری (الیگوسن - میوسن) سازنده هسته تاقدیس‌ها هستند و بالاآمدگی و فرسایش کمتری را نشان می‌دهند. داشتن میدان‌های نفتی و گازی از ویژگی‌های بارز بخش جنوب شرقی ایزه است (Aghanabati 2004). برش مطالعه‌شده در بخش شمال غربی زون ایزه قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به برش تاقدیس کوه سیاه، شمال شرقی شهرستان دهدشت، کهگیلویه و بویراحمد



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی برش تاقدیس کوه سیاه، شمال شرقی شهرستان دهدشت (شرکت ملی نفت ایران ۱۹۶۵)؛ مقیاس نقشه: ۱/۱۰۰۰۰۰

## روش مطالعه

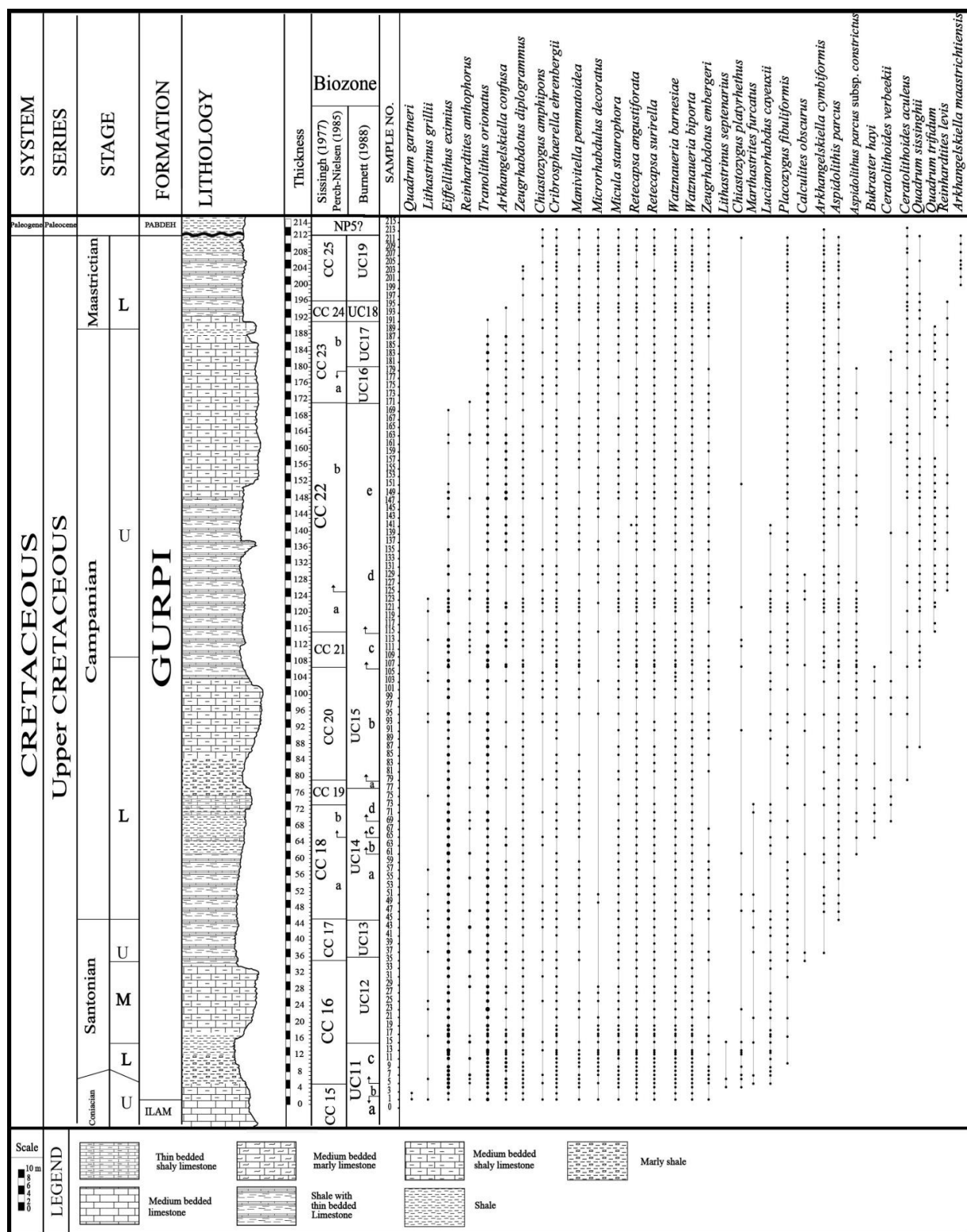
سازند ایلام، کل سازند گورپی و بخش پایینی سازند پابده مطالعه شد. نمونه‌برداری با ژاکوب برای تعیین ضخامت واقعی لایه‌ها انجام شد؛ بنابراین شماره نمونه و ضخامت یکسان است.

به‌منظور تعیین سن و زیست‌چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه، ۲۱۵ متر از رسوبات، شامل بخش‌های بالایی

در این برداشت، ۱۲۲ نمونه به‌طور منظم و سیستماتیک و از فاصله‌های ۲ متری برداشت شدند؛ در برخی موارد با تغییر رخساره، نمونه‌برداری در فاصله کمتر از ۲ متر و همچنین نمونه‌برداری در محل مرزهای زیرین و بالایی سازند گورپی با فاصله ۱ متر انجام شد. آماده‌سازی نمونه‌ها به روش اسمیر اسلاید (Smear slide) و بر اساس (Bown & Young 1998) انجام شد. بر اساس روش یادشده، ابتدا سطح بیرونی نمونه‌ها با کاردک تراشیده شد تا هوازدگی و آلودگی به کمترین مقدار ممکن برسد، مقدار کمی از رسوب جدا و با کاردک خرد شد و سپس رسوب روی اسلاید ریخته و با آب مقطر رقیق شد. محلول ایجادشده روی اسلاید پخش شد. پس از آماده‌سازی، اسلایدها با میکروسکوپ نوری پلاریزان المپوس BH2 و بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ مطالعه شدند. نمونه‌های آماده‌شده بر اساس منابع (Perch-Neilsen 1985; Bown 1998) در حد جنس و گونه شناسایی شدند (پلیت‌های ۱ و ۲). درنهایت، بایوزون‌های نانوفسیلی بر اساس زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch-Neilsen 1985) و (Burnett 1998) مشخص شدند (شکل ۳).

#### سنگ‌چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه

نهشته‌های سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه ۲۱۲ متر ضخامت دارند و شامل ۱۳ واحد سنگی هستند. سنگ‌شناسی عمده در این برش شامل سنگ‌آهک مارنی، مارن، مارن آهکی و مارن با میان‌لایه‌های نازک آهک است. سازند گورپی در این برش به‌طور پیوسته روی سنگ‌آهک سازند ایلام و با یک ناهمسازی فرسایشی زیر شیل‌های ارغوانی‌رنگ قاعده سازند پابده قرار گرفته است (شکل ۴). در مطالعه حاضر، هیچ شواهدی ضمن برداشت صحرایی مبنی بر وجود ناپوستگی بین سازند ایلام و گورپی مشاهده نشد. مطالعه محتوای نانوفسیل‌های آهکی نیز پیوسته‌بودن مرز سازندهای ایلام و گورپی را تأیید کرد. در مطالعه‌های صحرایی شواهدی مبنی بر ناپوستگی مرز سازند گورپی و پابده مشاهده نشد و این مرز تنها بر اساس مطالعه‌های زیست‌چینه‌نگاری، حضورداشتن بخش انتهایی بایوزون CC25 در بخش انتهایی سازند گورپی و حضور نانوفسیل‌های آهکی سنوزوئیک (NP5?) در قاعده سازند پابده ناپوسته تشخیص داده شد. (Fereydoonpour et al. 2014) نیز با مطالعه روزن‌داران پلانکتون سازند گورپی در برش یادشده، مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام را پیوسته و هم‌شیب و مرز فوقانی آن با سازند پابده را ناپوسته معرفی کرده است.



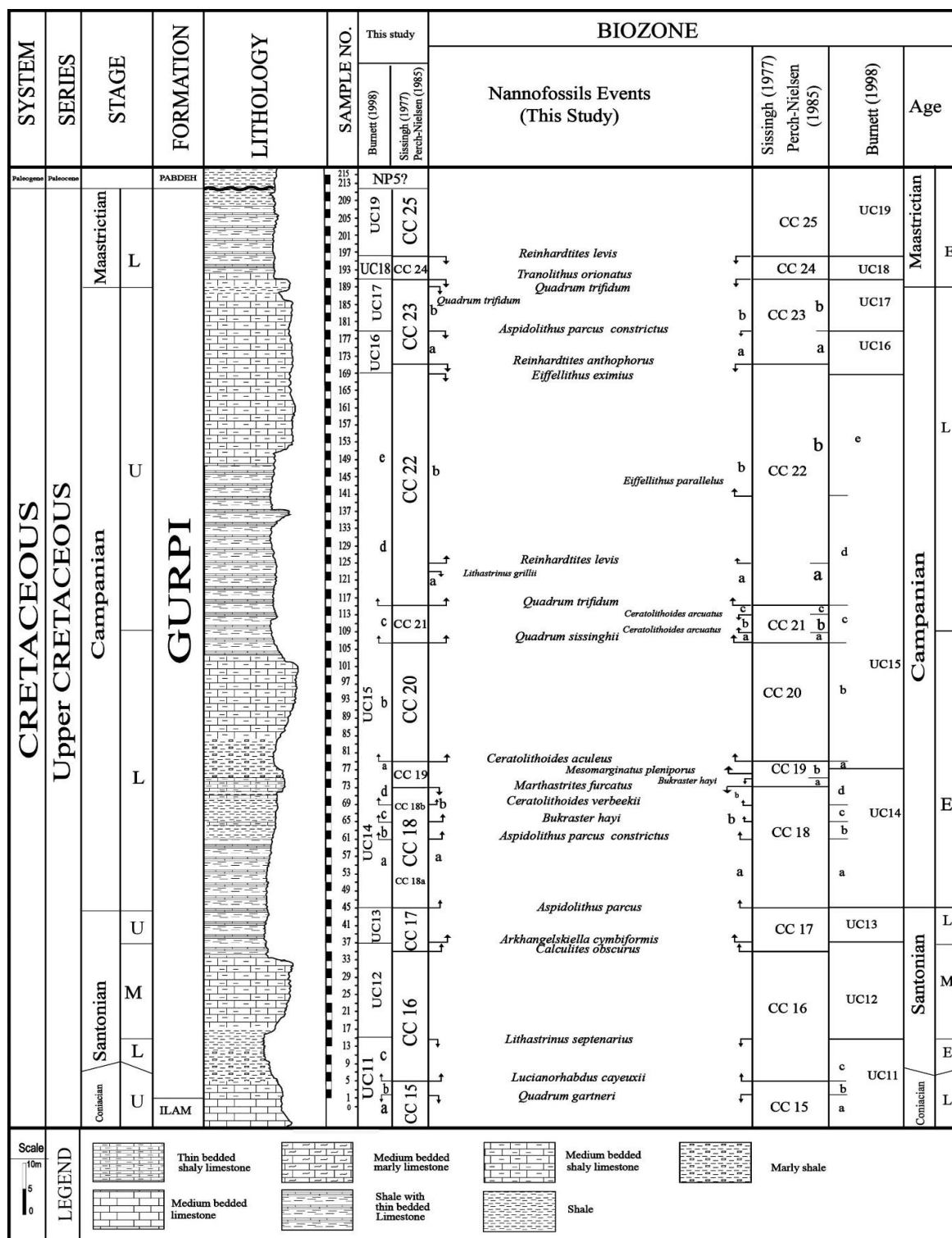
شکل ۳- جدول پخش و پراکندگی جنس و گونه‌های شاخص نانوفسیل‌های آهکی در برش ناقدیس کوه سیاه، شمال شرقی دهدشت

، از این رو، (and Watkins 2009; Do Monte Guerra et al. 2010) بایوزوناسیون‌های متنوعی برای رسوبات مزوزوئیک ارائه شده‌اند (Thierstein 1976; Sissingh 1977; Roth 1978; Burnett 1998). بایوزوناسیون‌های (Thierstein 1976, Roth 1978) و (Sissingh 1977) به شکل جهانی ارائه شده‌اند. الگوی بایوزوناسیون (Burnett 1998) دارای زیرتقسیمات مجزایی برای مناطق شمالی (Boreal)، جنوبی (Austral) و تتیس (Tethys) است. با مطالعه نانوفسیل‌های آهکی در برش تاقدیس کوه سیاه، ۴۸ جنس و ۱۱۵ گونه شناسایی شد. بایوزون‌های CC15 تا CC25 از بایوزوناسیون Sissingh (1977) تصحیح شده توسط Perch- Nielsen (1985) و بایوزون‌های UC11a تا UC19 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) (شکل ۵) با استفاده از گونه‌های شاخص شناسایی شده در این برش تشخیص داده شدند. در مطالعه حاضر، برای تطابق زوناسیون‌های یادشده با مقیاس زمانی ارائه شده توسط (Gradstein et al. 2012) از تطابق ارائه شده در (Burnett 1998) استفاده شد. سن ارائه شده برای بایوزون‌ها در مطالعه حاضر بر اساس تطابق Burnett (1998) است و نمونه‌هایی که در مطالعه حاضر از نظر زیست‌چینه‌نگاری بررسی شدند همگی به سازند گورپی تعلق دارند. در مطالعه حاضر، یک نمونه از سازند ایلام و یک نمونه از سازند پابده برای تشخیص مرز زیرین و بالایی سازند گورپی برداشت شد و بایوزون‌های مربوط به این سازندها بررسی نشدند.



شکل ۴- نمایش مرز سازند گورپی و شیل‌های ارغوانی قاعده سازند پابده در برش تاقدیس کوه سیاه

زیست‌چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه نانوفسیل‌های آهکی (اساساً کوکولیت‌ها) از جمله تولیدکنندگان مهم کربنات‌های پلاژیک از زمان ژوراسیک پیشین محسوب می‌شوند. تولید کوکولیت توسط نانوپلانکتون‌های آهکی نقش مهمی در چرخه‌های زیستی و ژئوشیمیایی از جمله چرخه کربن و کلسیم دارد (Riding 1991). این موجودات آهکی ابزار مناسبی برای زیست‌چینه‌نگاری رسوبات دریایی تریاس پسین تا کواترنری به شمار می‌روند و گونه‌زایی سریعی طی تاریخ زمین‌شناسی داشته‌اند. ویژگی‌های یادشده همراه با زمان زیست کوتاه، توزیع جغرافیایی وسیع و سهولت آماده‌سازی، آنها را به یکی از مؤثرترین ابزارها برای مطالعه‌های زیست‌چینه‌نگاری تبدیل کرده است (Thierstein 1973; Blair 1973).



شکل ۵- تطابق بایوزون‌های CC15 تا CC25 از بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985) و UC11a تا

UC19 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) در برش تاقدیس کوه سیاه، شمال شرقی دهدشت

**بایوزون *Reinhardtites anthophorus* Zone (CC15)**

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین پیدایش گونه *Reinhardtites anthophorus* و مرز بالایی آن با نخستین پیدایش گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* مشخص می‌شود. در برش تاق‌دیس کوه سیاه با حضور گونه *R. anthophorus* در نخستین نمونه متعلق به سازند گورپی و نخستین پیدایش گونه *L. cayeuxii* در ضخامت ۵ متری سازند گورپی، این بایوزون از ابتدای برش تا ضخامت ۵ متری را شامل می‌شود و ۵ متر ضخامت دارد.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998):** باتوجه به حضور گونه *Lithastrinus grillii* در نخستین نمونه متعلق به سازند گورپی در این برش و آخرین حضور *Quadrum gartneri* در ضخامت ۲/۵ متری، این بایوزون معادل بایوزون‌های UC11a و UC11b از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است؛ بنابراین، سن قاعده سازند گورپی در برش تاق‌دیس کوه سیاه بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) کنیاسین پسین (late Coniacian) است.

**بایوزون *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone (CC16)**

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* و مرز بالایی آن با نخستین حضور گونه *Calculites obscurus* مشخص می‌شود. بایوزون یادشده در این برش با نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* در ضخامت ۵ متری و نخستین حضور گونه *C. obscurus* در ضخامت ۳۵ متری تعیین می‌شود و ۳۰ متر ضخامت دارد.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998):** بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998)، این بایوزون معادل بایوزون UC11c و بخشی از زون UC12 است. نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* در ضخامت ۵ متری این برش ابتدای بایوزون UC11c و آخرین حضور گونه

*L. septenarius* در ضخامت ۱۵ متری این برش ابتدای بایوزون UC12 را نشان می‌دهد. سن این بخش از برش بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) بخش انتهایی کنیاسین تا اواسط سانتونین (late Coniacian- middle Santonian) است.

**بایوزون *Calculites obscurus* Zone (CC17)**

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Calculites obscurus* و حد بالایی آن با نخستین پیدایش گونه *Aspidolithus parvus* مشخص می‌شود. در برش تاق‌دیس کوه سیاه، این زون زیستی با نخستین حضور گونه *C. obscurus* در ضخامت ۳۵ متری و نخستین پیدایش گونه *A. parvus* در ضخامت ۴۵ متری مشخص می‌شود و ۱۰ متر ضخامت دارد.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998):** باتوجه به نخستین حضور گونه *C. obscurus* در ضخامت ۳۵ متری، نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* در ضخامت ۳۷ متری و نخستین حضور گونه *A. parvus* در ضخامت ۴۵ متری، این بایوزون معادل بخش بالایی بایوزون UC12 است. سن بایوزون UC13 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. سن این بخش از برش مطالعه‌شده بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) سانتونین میانی تا مرز سانتونین - کامپانین (middle Santonian- Santonian Campanian boundary) در نظر گرفته می‌شود.

**بایوزون *Aspidolithus parvus* Zone (CC18)**

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* و مرز بالایی آن با آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* مشخص می‌شود. در برش تاق‌دیس کوه سیاه، این بایوزون با نخستین حضور گونه *A. parvus* در ضخامت ۴۵ متری و آخرین حضور گونه

*C. aculeus* در ضخامت ۷۹ متری مشخص می‌شود و ۶ متر ضخامت دارد. (Sissingh 1977) این بایوزون را بر اساس آخرین حضور گونه *B. hayi* به دو زیرزون CC19a و CC19b تقسیم کرده است. در این برش آخرین حضور گونه *B. hayi* در ضخامت ۸۳ متری و در بایوزون CC20 ثبت شد؛ از این رو امکان تفکیک این بایوزون وجود نداشت.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون** (Burnett 1998): این بایوزون معادل بخشی از زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و زیرزون UC15a<sup>TP</sup> از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. در بایوزوناسیون (Burnett 1998) مرز زیرین زیرزون UC15a<sup>TP</sup> با نخستین حضور *M. pleniporus* و مرز بالایی آن با نخستین حضور گونه *C. aculeus* مشخص می‌شود. مرز دو زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و UC15a<sup>TP</sup> در این برش به علت مشاهده نشدن گونه *M. pleniporus* تشخیص داده نشد. سن این بخش از برش بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) انتهای کامپانین پیشین (late early Campanian) در نظر گرفته می‌شود.

#### بایوزون *Ceratolithoides aculeus* Zone (CC20)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* و مرز بالایی آن با نخستین حضور گونه *Quadrum sissinghii* مشخص می‌شود. این زون با نخستین حضور گونه *C. aculeus* در ضخامت ۷۹ متری و نخستین حضور گونه *Q. sissinghii* در ضخامت ۱۰۶/۵ متری در این برش مشخص می‌شود و ۲۷/۵ متر ضخامت دارد.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون** (Burnett 1998): این بایوزون معادل بایوزون UC15b<sup>TP</sup> از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. سن این بخش از برش تاقدیس کوه سیاه بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) بخش انتهای کامپانین پیشین (late early Campanian) است.

#### بایوزون *Quadrum sissinghii* Zone (CC21)

*M. furcatus* در ضخامت ۷۳ متری مشخص می‌شود و ۲۸ متر ضخامت دارد. (Perch-Nielsen 1998) این بایوزون را بر اساس نخستین حضور گونه *Bukryaster hayi* به دو بخش CC18a و CC18b تقسیم کرده است و باتوجه به ثبت نخستین حضور گونه *B. hayi* در ضخامت ۶۵ متری، ضخامت این زیرزون‌ها در برش مطالعه شده به ترتیب ۲۰ و ۸ متر است.

**مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون** (Burnett 1998): این بایوزون معادل بایوزون‌های UC14a-c<sup>TP</sup> و بخش زیرین بایوزون UC14d<sup>TP</sup> از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) بایوزون یادشده از نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* تا نخستین حضور گونه *Misceomarginatus pleniporus* در نظر گرفته می‌شود. همچنین بر اساس نخستین حضور گونه‌های *Bukryaster hayi*, *Aspidolithus parvus* subsp. *constrictus*, *Misceomarginatus* و *Ceratolithoides verbeekii*، این بایوزون به چهار زیرزون UC14a<sup>TP</sup>, UC14b<sup>TP</sup>, UC14c<sup>TP</sup> و UC14d<sup>TP</sup> تقسیم می‌شود. بر اساس ثبت گونه‌های *A. parvus* subsp. *constrictus* و *B. hayi* به ترتیب در ضخامت ۶۱، ۶۵ و ۶۹ متری این برش، زیرزون‌های یادشده به ترتیب ۱۴، ۴ و ۴ متر ضخامت دارند. در برش تاقدیس کوه سیاه به علت مشاهده نشدن گونه *M. pleniporus*، بخش انتهایی زیرزون UC14d<sup>TP</sup> تشخیص داده نشده است. سن این بخش از برش تاقدیس کوه سیاه بر اساس (Burnett 1998) کامپانین پیشین (early Campanian) است.

#### بایوزون *Calculites ovalis* Zone (CC19)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* و مرز بالایی آن با نخستین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* مشخص می‌شود. در مطالعه حاضر، این بایوزون با آخرین حضور گونه *M. furcatus* در ضخامت ۷۳ متری و نخستین حضور گونه

*Eiffelithus eximus* را زیرزون UC15e<sup>TP</sup> معرفی کرده است. در مطالعه حاضر به علت مشاهده نشدن *E. parallelus* در این بخش از برش، تفکیک زیرزون‌های زیستی UC15d<sup>TP</sup> و UC15e<sup>TP</sup> امکان‌پذیر نبود؛ همچنین آخرین حضور گونه *E. eximus* در ضخامت ۱۶۹ متری و پیش از آخرین حضور گونه *R. anthophorus* در ضخامت ۱۷۱ متری ثبت شد. سن این بخش از برش مطالعه شده بر اساس (Burnett 1998) اواسط کامپانین پسین (middle late Campanian) است.

#### بایوزون *Tranolithus phacelosus* Zone (CC23)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* و مرز بالایی آن با آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* (*Tranolithus orionatus*) مشخص می‌شود. این زون در برش مطالعه شده با آخرین حضور گونه *R. anthophorus* در ضخامت ۱۷۱ متری و آخرین حضور گونه *T. orionatus* در ضخامت ۱۹۱ متری مشخص می‌شود و ۲۰ متر ضخامت دارد. بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) این بایوزون با در نظر گرفتن آخرین حضور گونه *A. parvus* subsp. *constrictus* به دو زیرزون CC23a و CC23b تقسیم می‌شود؛ ضخامت این زیرزون‌ها با توجه به ثبت آخرین حضور گونه *A. parvus* subsp. *constrictus* در ضخامت ۱۷۹ متری به ترتیب ۸ و ۱۲ متر است.

#### مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998):

بایوزون CC23a معادل بایوزون UC16 و بایوزون CC23b معادل بایوزون UC17 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. طبق (Thibault 2016) بایوزون UC16 (محدوده بین آخرین حضور گونه *E. eximus* تا آخرین حضور گونه *A. parvus* subsp. *constrictus*) از زوناسیون (Burnett 1998) بر اساس آخرین حضور گونه *Q. trifidum* به دو زیرزون UC16a و UC16b تقسیم می‌شود: بایوزون UC16a محدوده بین آخرین

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، حد زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Quadrum sissinghii* و حد بالایی آن با نخستین حضور گونه *Quadrum trifidum* مشخص می‌شود. این زون در برش مطالعه شده از نخستین حضور گونه *Q. sissinghii* در ضخامت ۱۰۶/۵ متری و نخستین حضور گونه *Q. trifidum* در ضخامت ۱۱۵ متری مشخص می‌شود و ۸/۵ متر ضخامت دارد.

#### مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998): این

بایوزون معادل بایوزون UC15c<sup>TP</sup> از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. سن این بخش از برش مطالعه شده بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) ابتدای کامپانین پسین (early late Campanian) است.

#### بایوزون *Quadrum trifidum* Zone (CC22)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با نخستین حضور گونه *Quadrum trifidum* و مرز بالایی آن با آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* مشخص می‌شود. این زون در برش یاد شده با نخستین حضور گونه *Q. trifidum* در ضخامت ۱۱۵ متری و آخرین حضور گونه *R. anthophorus* در ضخامت ۱۷۱ متری مشخص می‌شود و ۵۶ متر ضخامت دارد. (Sissingh 1977) این بایوزون را بر اساس نخستین حضور گونه *Reinhardtites levis* به دو زیرزون CC22a و CC22b تقسیم کرده است؛ نخستین حضور *R. levis* در ضخامت ۱۲۵ متری این برش مشاهده شد و به این ترتیب زیرزون‌های یاد شده به ترتیب ۱۰ و ۴۶ متر ضخامت دارند.

#### مقایسه و تطابق با بایوزوناسیون (Burnett 1998): این

زون معادل زیرزون‌های UC15d<sup>TP</sup> و UC15e<sup>TP</sup> از زوناسیون (Burnett 1998) است. (Burnett 1998) محدوده بین نخستین حضور گونه *Q. trifidum* تا نخستین حضور گونه *Eiffelithus parallelus* را زیرزون UC15d<sup>TP</sup> و محدوده بین نخستین حضور گونه *E. parallelus* تا آخرین حضور گونه

بالاست و در عرض‌های جغرافیایی پایین کمیاب است (Perch-Nielsen 1985a)، در بسیاری از مطالعه‌های مربوط به عرض‌های جغرافیایی پایین از نخستین حضور گونه *M. murus* برای تعیین مرز بالایی این زون استفاده شده است (Perch-Nielsen 1972; Roth 1978). در برش مطالعه‌شده، مرز زیرین این زون با آخرین حضور گونه *R. levis* در ضخامت ۱۹۵ متری مشخص شد و مرز بالایی آن به علت مشاهده نشدن نخستین حضور گونه *M. murus* مشخص نبود. از ضخامت ۱۹۵ متری تا انتهای برش یادشده (متر ۲۱۲) در این بایوزون قرار می‌گیرد. اندازه گونه *A. cymbiformis* از ابتدای این بایوزون بسیار بزرگ‌تر می‌شود ولی از ضخامت ۲۱۰ متری این گونه با اندازه بزرگ و به‌طور رایج مشاهده می‌شود.

#### مقایسه و تطابق یا بایوزوناسیون (Burnett 1998):

بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) محدوده بین آخرین حضور گونه *R. levis* تا نخستین حضور گونه *L. quadratus* بایوزون UC19 در نظر گرفته می‌شود. در مطالعه حاضر، نخستین حضور گونه *L. quadratus* ثبت نشد؛ بنابراین بایوزون یادشده معادل بخش تحتانی بایوزون UC19 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است و سن این بخش از برش تاقدیس کوه سیاه انتهای مایستریشین پیشین (late early Maastrichtian) در نظر گرفته می‌شود.

#### بحث

در مطالعه حاضر، سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه از نظر محتوای نانوفسیل‌های آهکی بررسی و سن سازند گورپی در این برش با مطالعه نانوفسیل‌های آهکی کنیاسین پسین تا انتهای مایستریشین پیشین (late Coniacian- late early Maastrichtian) پیشنهاد شد. سازند گورپی در برش یادشده به‌طور پیوسته روی سازند ایلام و با یک ناهمسازی فرسایشی زیر شیل‌های ارغوانی‌رنگ قاعده سازند پابده قرار گرفته است. باتوجه به حضور نانوفسیل‌های آهکی *L. grillii* و *M. staurophora* و *M. concava* در نمونه مربوط به سازند

حضور گونه *E. eximus* تا آخرین حضور گونه *Q. trifidum* (بخش انتهایی کامپانین پسین late Campanian) را شامل می‌شود؛ زون زیستی UC16b محدوده بین آخرین حضور گونه *Q. trifidum* تا آخرین حضور گونه *A. parvus* subsp. *constrictus* (مایستریشین پیشین early Maastrichtian) را دربرمی‌گیرد. در برش تاقدیس کوه سیاه آخرین حضور گونه *Q. trifidum* بالاتر از آخرین حضور گونه *A. parvus* subsp. *constrictus* ثبت شد؛ ازاین‌رو، امکان تفکیک بایوزون UC16 به زیرزون‌های معرفی شده توسط (Thibault 2016) وجود نداشت. سن این بخش از برش مطالعه‌شده اواسط کامپانین پسین تا ابتدای مایستریشین پیشین (middle late Campanian- early Maastrichtian) است.

#### بایوزون *Reinhardtites levis* Zone (CC24)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch-Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با آخرین حضور گونه *Tranolithus orionatus* و مرز بالایی آن با آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* مشخص می‌شود. در برش مطالعه‌شده، این زون با آخرین حضور گونه *T. orionatus* در ضخامت ۱۹۱ متری و آخرین حضور گونه *R. levis* در ضخامت ۱۹۵ متری مشخص می‌شود و ۴ متر ضخامت دارد.

#### مقایسه و تطابق یا بایوزوناسیون (Burnett 1998): این

بایوزون معادل بایوزون UC18 از بایوزوناسیون (Burnett 1998) است. سن این بخش از برش مطالعه‌شده بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998) اواسط مایستریشین پیشین (middle early Maastrichtian) در نظر گرفته می‌شود.

#### بایوزون *Arkhangelskiella cymbiformis* Zone (CC25)

بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch-Nielsen 1985)، مرز زیرین این زون با آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* و مرز بالایی آن با نخستین حضور گونه *Nephrolithus frequens* مشخص می‌شود. باتوجه به اینکه گونه *N. frequens* شاخص عرض‌های جغرافیایی

ایلام، بایوزون UC11a از بایوزوناسیون (Burnett 1998) و بایوزون CC15 از زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985) برای بخش انتهایی سازند ایلام در نظر گرفته می‌شود. باتوجه به حضور نانوفسیل‌های آهکی مانند *Sphenolithus primus*, *Biantholithus sparsus*, *Markalius inversus* و *Fasciculithus tympaniformis* نمونه مربوط به سازند پابده که بیان‌کننده سن پالئوسن برای قاعده سازند پابده در این برش هستند و شناسایی نشدن بخش انتهایی بایوزون‌های CC25/UC19 سازند گورپی، مرز سازندهای گورپی و پابده در برش تاقدیس کوه سیاه ناپیوسته تشخیص داده شده است. فریدونیپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز بر اساس پخش و پراکندگی فونا و ثبت بایوزون شماره ۳۰ (Wynd 1965) با عنوان *Rotalia* sp. (*Rotalia* cf. *skourensis*- algae Assemblage Zone) در آخرین لایه‌های مربوط به سازند ایلام، سن سازند ایلام در برش یادشده را به کنیاسین پسین (late Coniacian) نسبت داده‌اند. ایشان بر اساس مطالعه روزنداران پلانکتون سازند گورپی، مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام را پیوسته تشخیص داده‌اند و با مطالعه روزنداران پلانکتون سازند گورپی و لایه‌های ابتدایی سازند پابده، مرز این دو سازند را ناپیوسته و فرسایشی گزارش کرده‌اند (Fereydoonpoor et al. 2014).

نخستین نمونه متعلق به سازند گورپی در این برش حاوی نانوفسیل‌های آهکی *R. anthophorus*, *L. grillii*, *Q. gartneri* و *M. staurophora* است؛ ازاین‌رو، بایوزون‌های CC15 از زوناسیون (Sissingh 1977) و UC11a از زوناسیون (Burnett 1998) برای قاعده سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه تشخیص داده شدند که گویای سن کنیاسین پسین (late Coniacian) برای این قسمت هستند. برش Olazagutía Quarry در شمال اسپانیا به‌عنوان برش و رخنمون استاندارد جهانی مرز کنیاسین - سانتونین (Global Stratotype Section and Point=GSSP) معرفی شده است (Lamolda et al. 2014). مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در شمال اسپانیا (Global Stratotype Section and Point)، این مرز را داخل بایوزون‌های UC11c/CC16/NC16 و با نخستین حضور گونه دوکفه‌ای اینوسرامید *Platyceramus undulatoaplicatus* (Perch-Nielsen 1985) در محدوده بین نخستین حضور گونه *R. anthophorus* و *M. staurophora* تا نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* قرار گرفته است. نخستین حضور گونه‌های *R. anthophorus*, *M. concave*، *L. grillii* و *L. cayeuxii* بر اساس (Burnett 1998) و (Melinte and Lamolda 2002) در کنیاسین (Coniacian) در نظر گرفته شده است. بر اساس بایوزوناسیون (Burnett 1998)، مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در زیرزون UC11c و بین نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* و آخرین حضور گونه *L. septenarius* قرار می‌گیرد. (Melinte and Lamolda 2007) نخستین حضور گونه‌های *L. grillii*، *Lucianorhabdus* و *L. inflatus* را در کنیاسین پسین (late Coniacian) و آخرین حضور گونه *L. septenarius* را در سانتونین پیشین (early Santonian) در نظر می‌گیرند. مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) بر اساس (Melinte and Lamolda 2007) و (Melinte and Bojar 2010) با افزایش فراوانی گونه *M. concava* و نخستین حضور گونه *L. inflatus* مشخص می‌شود. مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در مطالعه (Melinte and Lamolda 2007) داخل زون‌های زیستی UC11c/CC16 گزارش شده است. مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در مطالعه‌های (Russo 2013) در محدوده بین نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* و آخرین حضور گونه *L. septenarius* ثبت شده است. (Lamolda et al. 2014) در مطالعه برش و رخنمون استاندارد جهانی مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در شمال اسپانیا (Global Stratotype Section and Point)، این مرز را داخل بایوزون‌های UC11c/CC16/NC16 و با نخستین حضور گونه دوکفه‌ای اینوسرامید *Platyceramus undulatoaplicatus*

ایلام، بایوزون UC11a از بایوزوناسیون (Burnett 1998) و بایوزون CC15 از زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch- Nielsen 1985) برای بخش انتهایی سازند ایلام در نظر گرفته می‌شود. باتوجه به حضور نانوفسیل‌های آهکی مانند *Sphenolithus primus*, *Biantholithus sparsus*, *Markalius inversus* و *Fasciculithus tympaniformis* نمونه مربوط به سازند پابده که بیان‌کننده سن پالئوسن برای قاعده سازند پابده در این برش هستند و شناسایی نشدن بخش انتهایی بایوزون‌های CC25/UC19 سازند گورپی، مرز سازندهای گورپی و پابده در برش تاقدیس کوه سیاه ناپیوسته تشخیص داده شده است. فریدونیپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز بر اساس پخش و پراکندگی فونا و ثبت بایوزون شماره ۳۰ (Wynd 1965) با عنوان *Rotalia* sp. (*Rotalia* cf. *skourensis*- algae Assemblage Zone) در آخرین لایه‌های مربوط به سازند ایلام، سن سازند ایلام در برش یادشده را به کنیاسین پسین (late Coniacian) نسبت داده‌اند. ایشان بر اساس مطالعه روزنداران پلانکتون سازند گورپی، مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام را پیوسته تشخیص داده‌اند و با مطالعه روزنداران پلانکتون سازند گورپی و لایه‌های ابتدایی سازند پابده، مرز این دو سازند را ناپیوسته و فرسایشی گزارش کرده‌اند (Fereydoonpoor et al. 2014).

نخستین نمونه متعلق به سازند گورپی در این برش حاوی نانوفسیل‌های آهکی *R. anthophorus*, *L. grillii*, *Q. gartneri* و *M. staurophora* است؛ ازاین‌رو، بایوزون‌های CC15 از زوناسیون (Sissingh 1977) و UC11a از زوناسیون (Burnett 1998) برای قاعده سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه تشخیص داده شدند که گویای سن کنیاسین پسین (late Coniacian) برای این قسمت هستند. برش Olazagutía Quarry در شمال اسپانیا به‌عنوان برش و رخنمون استاندارد جهانی مرز کنیاسین - سانتونین (Global Stratotype Section and Point=GSSP) معرفی شده است (Lamolda et al. 2014). مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian- Santonian boundary) در شمال اسپانیا (Global Stratotype Section and Point)، این مرز را داخل بایوزون‌های UC11c/CC16/NC16 و با نخستین حضور گونه دوکفه‌ای اینوسرامید *Platyceramus undulatoaplicatus*

(غیررسمی) مرز سانتونین - کامپانین (Global Stratotype Section and Point) معرفی شده‌اند (Hancock and Gale 1996; Hampton et al., 2007). مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) در دو برش یادشده بر اساس نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* مشخص شده است. بر اساس بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985) این مرز داخل بایوزون CC17 قرار دارد. (Burnett 1998) نیز این مرز را در فوقانی‌ترین بخش بایوزون UC12 و زیر نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* گزارش کرده است. (Gale et al. 2008) مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) در برش Waxahachie dam spillway (تگزاس) را در محدوده بین نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* (UC13a) و نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* (UC14) نشان داده است. مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) در مطالعه‌های (Melinte and Bojar 2010) داخل بایوزون‌های CC17/UC13 و بالای نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* گزارش شده است. (Wagreich et al. 2010) نیز معتقدند بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده درباره نانوفسیل‌های آهکی، قاعده کامپانین را داخل بایوزون CC17 و یا در قاعده بایوزون‌های CC18/UC14 در نظر گرفته‌اند که با نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* مشخص می‌شود. مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) بر اساس (Ceteau et al. 2011) با نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* نشان داده می‌شود و در مطالعه (Russo 2013) با نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* در قاعده بایوزون‌های CC18/UC14/NC18 قرار داده می‌شود. در مطالعه حاضر نیز باتوجه به ثبت نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* در ضخامت ۳۷ متری و نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* در ضخامت ۴۵ متری، مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) در قاعده بایوزون UC14 و در محل ثبت نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* در نظر گرفته شده است. کامپانین

مشخص می‌کنند. ایشان افزایش فراوانی گونه *M. concava* و نخستین حضور گونه *L. inflatus* را بالاتر از نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* زیر مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian-Santonian boundary) در شمال اسپانیا، اتریش و جنوب رومانی از نشانگرهای این مرز در نظر می‌گیرند. گفتنی است نخستین حضور فرامینفر پلانکتون *Sigalia carpatica* شاخص دوم مرز در نظر گرفته می‌شود و در GSSP مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian-Santonian boundary) در شمال اسپانیا، ۷ متر زیر نخستین حضور گونه دوکفه‌ای اینوسرامید *P. undulatoaplicatus* ثبت شده است. در برش تاق‌دیس کوه سیاه، نخستین حضور گونه *L. inflatus* مشاهده نشده است و نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* در ضخامت ۵ متری و آخرین حضور گونه *L. septenarius* در ضخامت ۱۵ متری مشخص شده است؛ از این‌رو، مرز کنیاسین - سانتونین (Coniacian-Santonian boundary) در برش تاق‌دیس کوه سیاه در بایوزون UC11c/CC16/NC17 و در محدوده بین نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* و آخرین حضور گونه *L. septenarius* در نظر گرفته می‌شود. بر اساس (Burnett 1998) آخرین حضور گونه *L. septenarius* شروع بایوزون UC12 معرفی شده و سن این بایوزون سانتونین میانی تا سانتونین پسین (middle Santonian-late Santonian) بیان شده است؛ همچنین (Burnett 1998) مرز سانتونین - کامپانین (Santonian-Campanian boundary) را انتهای بایوزون UC12 و دقیقاً زیر نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* بیان کرده است. ایشان نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* را برای قاعده بایوزون UC13 در نظر می‌گیرد؛ درحالی‌که در مطالعه‌های (Hampton et al. 2007) نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* سانتونین پسین (late Santonian) را نشان می‌دهد و (Russo 2013) نیز نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* را در سانتونین پسین (late Santonian) گزارش کرده است. دو برش شامل Waxahachie dam spillway در شمال تگزاس و Seaford Head در انگلستان به‌عنوان برش و رخنمون استاندارد جهانی

است. زوناسیون (Burnett 1998) نخستین حضور گونه *Q. gothicus* را در عرض‌های جغرافیایی پایین و جنوب انگلستان به‌عنوان گونه همراه در بایوزون UC12 گزارش کرده است. (Burnett 1996) نخستین حضور گونه *R. levis* را دیاکرون می‌داند. بر اساس زوناسیون (Burnett 1998) نخستین حضور گونه *R. levis* در زیرزون UC14d قرار دارد؛ درحالی‌که (Sissingh 1977) نخستین حضور گونه *R. levis* یک گونه شاخص برای تفکیک بایوزون CC22 ثبت و معرفی می‌کند. این حادثه زیستی در برش تاقدیس کوه سیاه داخل بایوزون CC22 و در ضخامت ۱۲۵ متری نیز ثبت شد. بر اساس زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985) و (Burnett 1998) کامپانین پسین (late Campanian) با نخستین حضور گونه *Q. sissinghii* (CC21/UC15c) شروع می‌شود.

مرز کامپانین - مایستریشین (Campanian- Maastrichtian boundary) داخل بایوزون‌های CC23/UC17 از زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch-Nielsen 1985) و (Burnett 1998) قرار می‌گیرد؛ (Bralower et al. 1995) مرز یادشده را داخل بایوزون NC20 قرار داده است. (Odin and Lamaurelle 2001) با مطالعه برش و رخنمون استاندارد جهانی مرز کامپانین - مایستریشین (Campanian- Maastrichtian boundary)، آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* را ۱/۸ میلیون سال پس‌از مرز کامپانین - مایستریشین (Campanian- Maastrichtian boundary) گزارش کرده است و این در حالیست که این گونه در مطالعه‌های (Burnett 1998) شاخص مرز در نظر گرفته شده است. ایشان آخرین حضور *Q. trifidum* را قدیمی‌تر از آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* می‌دانند. مرز کامپانین - مایستریشین (Campanian- Maastrichtian boundary) بر اساس (Perez-Rodriguez et al. 2012) در محدوده بین آخرین حضور گونه *Q. trifidum* و آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* در نظر گرفته شده است؛ ایشان آخرین حضور گونه *T. orionatus* را پس‌از این مرز گزارش می‌کنند.

پیشین (early Campanian) در بایوزوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح‌شده توسط (Perch- Nielsen 1985)، محدوده بین نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* تا نخستین حضور گونه *C. aculeus* (CC17-CC19) را شامل می‌شود. بر اساس زوناسیون (Sissingh 1977) آخرین حضور *B. hayi* در اواخر کامپانین پیشین و در بایوزون CC19 ثبت شده است. در برش تاقدیس کوه سیاه، آخرین حضور گونه *B. hayi* در بایوزون CC20 ثبت شد. آخرین حضور گونه *B. hayi* را (Razmjooei et al. 2014) در شمال‌شرق کازرون و (Melinte and Bojar 2010) در جنوب رومانی در بایوزون CC20 ثبت کرده‌اند. (Melinte and Bojar 2010) ثبت آخرین حضور گونه *B. hayi* در بایوزون CC20 را به دیاکرون‌بودن این گونه و یا نابرجابودن (reworking) نسبت می‌دهند. محدوده بین نخستین حضور گونه *A. cymbiformis* تا نخستین حضور گونه *C. arcuatus* (UC13-UC15c<sup>TP</sup>) در زوناسیون برنت (Burnett, 1998) معادل کامپانین پیشین (early Campanian) است. کامپانین پیشین (early Campanian) بر اساس بایوزون‌های ارائه‌شده (Bralower et al. 1995) شامل بایوزون‌های NC18 و NC19a است که محدوده بین نخستین حضور گونه *Aspidolithus parvus* تا نخستین حضور گونه *Q. gothicus* را شامل می‌شود؛ گفتنی است بایوزون NC18 بر اساس آخرین حضور گونه *L. grillii* به دو زیرزون NC18a و NC18b تقسیم می‌شود. در مطالعه برش تاقدیس کوه سیاه آخرین حضور *L. grillii* داخل بایوزون UC15d<sup>TP</sup>/CC22 و در کامپانین پسین (early Campanian) ثبت شد. در مطالعه‌های (Razmjooei et al. 2014) درباره تاقدیس شاه‌نشین در کازرون نیز مشابه این حادثه ثبت شده است. در مطالعه (Do Monte Guerra et al. 2016) آخرین حضور گونه *L. grillii* در مایستریشتین پیشین (early Maastrichtian) ثبت شده است. نخستین حضور گونه *Q. gothicus* که برای تفکیک مرز دو زیرزون NC19a و NC19b در زوناسیون (Roth 1978) تصحیح شده توسط (Bralower et al. 1995) استفاده می‌شود، در ابتدای برش مطالعه‌شده و در ضخامت ۵ متری ثبت شده

محدوده بین آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* و آخرین حضور *Q. trifidum* و در بایوزون SAL6 گزارش شده است (شکل ۶).

(Najafpour et al. 2015) این مرز را منطبق بر آخرین حضور گونه *Q. trifidum* (Short Ray) ثبت کرده‌اند. مرز کامپانین- مایستریشین (Campanian- Maastrichtian boundary) بر اساس زوناسیون جدید (Do Monte Guerra et al. 2016) در

| Stage | Campanian/Maastrichtian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Santonian/Campanian                                                                                                                                                                                                                                                        | Coniacian/Santonian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Calcareous nannofossils bioevents                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | This study                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| GSSP  | Tercis les Bains, Landes, France<br>Mean of 12 biostratigraphic criteria of equal importance. Closely above is FAD of ammonite <i>Pachydiscus neubergicus</i> . Boreal proxy is FAD of belemnite <i>Belemnella lanceolata</i> .<br><br>Calcareous Nannofossil:<br>Before the LO of <i>Quadrum trifidum</i> and LO of <i>Aspidolithus parvus constrictus</i> | Seaford Head southern England and in Waxahachie dam spillway Texas<br><br>The LO of Crinoid <i>Marsupites testudinarius</i><br><br>Calcareous Nannofossil:<br>This boundary is placed between FO of <i>Aspidolithus parvus</i><br><br>The FO of <i>Aspidolithus parvus</i> | Between the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> and the LO of <i>Lithastrinus septenarius</i> UC11c/CC16/NC17<br>Between the FO of <i>Micula stauraphora</i> and the FO of <i>Rinhardites anthophorus</i> CC14<br>Between the FO of <i>Micula stauraphora</i> and the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> NC16<br><br>Between the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> and the LO of <i>Lithastrinus septenarius</i> Below the UC11c<br><br>into UC11/CC16<br>Increase in abundance of the <i>Micula concava</i> and FO of <i>Lucianorhabdus inflatus</i> within UC11c/CC16<br>Between the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> and the LO of <i>Lithastrinus septenarius</i><br><br>Increase in abundance of the <i>Micula concava</i> and FO of <i>Lucianorhabdus inflatus</i> within UC11c/CC16<br>Between the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> and the LO of <i>Lithastrinus septenarius</i><br><br>Between the FO of <i>Lucianorhabdus copeuxii</i> and FO of <i>Lucianorhabdus inflatus</i> within UC11c/CC16/NC16 | The LO of <i>Quadrum trifidum</i><br>within CC23<br>within NC20<br><br>within UC17<br><br>Before the LO of <i>Quadrum trifidum</i> and LO of <i>Aspidolithus parvus constrictus</i><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>Between the LO of <i>Quadrum trifidum</i> and the LO of <i>Aspidolithus parvus constrictus</i><br><br>The LO of <i>Quadrum trifidum</i><br><br>Between the LO of <i>Aspidolithus parvus constrictus</i> and the LO of <i>Quadrum trifidum</i> | Sissinghi (1977)<br>Perch-Nielsen (1985)<br><br>Roth (1978)<br>Bralow et al., (1995)<br><br>Hancock and Gale (1996)<br><br>Burnett (1998)<br><br>Odin and Lamaurelle (2001)<br><br>Melinte and Lamolda (2002)<br><br>Melinte and Lamolda (2007)<br><br>Hampton et al., (2007)<br><br>Gale et al., 2008<br><br>Wagreich et al., 2010<br><br>Melinte and Bojar (2010)<br><br>Ceteau et al., (2011)<br><br>Perez-Rodriguez et al., 2012<br><br>Russo (2013)<br><br>Lamolda et al., (2014)<br><br>Thibault (2016)<br><br>Do Monte Guerra et al., (2016) |

شکل ۶- مقایسه و تطابق حوادث زیستی نانوفسیلی پیشنهاد شده برای شناسایی مرز کنیاسین - سانتونین، سانتونین - کامپانین و کامپانین - مایستریشین در برش تاق‌دیس کوه سیاه با حوادث شناسایی شده توسط پژوهشگران مختلف

*A. parvus constrictus* ثبت شد؛ از این رو، امکان تفکیک زیرزون‌های ارائه شده توسط (Thibault 2016) در مطالعه حاضر وجود ندارد و گفتنی است در برش مطالعه شده، مرز کامپانین - مایستریشتین (Campanian- Maastrichtian boundary) با آخرین حضور گونه *Q. trifidum* مشخص شده است.

بر اساس زوناسیون (Sissingh 1977) تصحیح شده توسط (Perch-Nielsen 1985) و (Burnett 1998)، آخرین حضور گونه *R. levis* در قاعده زون‌های زیستی CC25/UC19 و در مایستریشتین پیشین (early Maastrichtian) ثبت شده است. آخرین حضور گونه *R. levis* اگرچه حادثه منحصربه‌فردی است، در عرض‌های جغرافیایی مختلف دیاکرون است (Burnett 1996)؛ این مطلب بیان‌کننده شیب اکولوژیکی شدید در عرض‌های جغرافیایی مختلف است و این گونه از عرض‌های جغرافیایی بالا زودتر از عرض‌های جغرافیایی پایین حذف شده است (Do Monte Guerra et al. 2016). گفتنی است مرز مایستریشتین پیشین - پسین (early- late Maastrichtian boundary) بر اساس پژوهش (Thibault et al. 2012a, b) با گونه *L. quadratus* و بر اساس پژوهش (Thibault 2016) در حوضه‌های عمیق عرض جغرافیایی پایین با نخستین حضور گونه *M. murus* مشخص می‌شود. در مطالعه حاضر به علت ثبت آخرین حضور گونه *R. levis* در ضخامت ۱۹۵ متری و مشاهده نشدن نخستین حضور گونه‌های *M. murus* و *L. quadratus* از ضخامت ۱۹۵ متری تا انتهای برش (متر ۲۱۲) در بایوزون‌های CC25 و UC19 در نظر گرفته شد؛ بر این اساس و به علت ثبت نشدن مرز بالایی بایوزون‌های CC25 و UC19، سن بخش انتهایی برش تاقدیس کوه سیاه مایستریشتین پیشین (late early Maastrichtian) بیان شد.

#### نتیجه

۱- رسوب‌گذاری سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه از کنیاسین پسین آغاز شده و تا مایستریشتین پیشین ادامه داشته است؛

در برش Tercis les Bains در جنوب غرب فرانسه که به عنوان برش و رخنمون استاندارد جهانی مرز کامپانین - مایستریشتین (Campanian- Maastrichtian boundary) (GSSP) معرفی شده است، مرز کمی پیش از آخرین حضور گونه‌های نانوفسیلی *Q. trifidum* و *Q. gothicus* قرار داده شده است (Odin and Lamaurelle 2001). یکی دیگر از گونه‌های شاخص مرز کامپانین - مایستریشتین (Campanian- Maastrichtian boundary)، آخرین حضور گونه نانوفسیلی *A. parvus constrictus* است (Odinand Lamaurelle 2001). گفتنی است آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* در عرض جغرافیایی پایین (۷۴ میلیون سال قبل) زودتر از عرض جغرافیایی متوسط (۷۲ میلیون سال قبل) ثبت شده و این گونه بیشتر به عرض جغرافیایی متوسط تمایل داشته است (Do Monte Guerra et al 2016)؛ از این رو، گرم‌شدگی کامپانین پسین (late Campanian) حدود ۷۴ میلیون سال قبل (Friedrich et al. 2012) باعث مهاجرت این گونه از عرض جغرافیایی پایین به متوسط شده است (Do Monte Guerra et al. 2016).

برخلاف گونه‌های شاخصی مانند *A. parvus constrictus* و *T. orionatus* که در حوضه‌های مختلف دیاکرون هستند (Gradstein et al. 2012; Do Monte Guerra et al. 2016)، آخرین حضور گونه *Q. trifidum* افق زیستی مطمئنی برای تطابق و تعیین سن در عرض‌های جغرافیایی پایین، متوسط و بالا محسوب می‌شود و بایستی در بایوزوناسیون نانوفسیلی مدنظر قرار گیرد (Razmjooi et al. 2014). در مطالعه‌های (Thibault 2016) با معرفی زیرزون‌های جدید برای مرز کامپانین - مایستریشتین (Campanian- Maastrichtian boundary)، آخرین حضور گونه‌های *Q. trifidum* و *Z. praesigmoides* به ترتیب در عرض‌های جغرافیایی پایین و بالا به عنوان شاخص این مرز معرفی می‌شود. ایشان بایوزون UC16 را بر اساس آخرین حضور گونه *Q. trifidum* به دو زیرزون UC16a و UC16b تقسیم کرده‌اند. در برش مطالعه شده، آخرین حضور گونه *Q. trifidum* بالاتر از آخرین حضور گونه

- nanoplankton in Kuh-e Gach and Kuh-e Kurdeh anticlines (Lar Region). Scientific Quarterly Journal: Geoscience, 24 (94): 19-26.
- Bahrami M. 2009. Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh formations in southwest of Iran. American Journal of Applied Sciences, 6(7): 1295-1300.
- Bahrami M. and Parvanehnezhad Shirazi M. 2010. Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh formations and the type of Mesozoic–Cenozoic boundary in Fars province, Iran. Journal of Applied Geology, 5(4): 330-335.
- Beiranvand B. Ghasemi-Nejad E. Kamali. M and Ahmadi A. 2014. Sequence stratigraphy of the Late Cretaceous–Paleocene Gurpi Formation in southwest Iran, Sequence stratigraphy of the Late Cretaceous–Paleocene Gurpi Formation in southwest Iran. Geo Arabia, 19 (2): 89-102.
- Blair S.A. and Watkins D.K. 2009. High-resolution calcareous nannofossil biostratigraphy for the Coniacian/Santonian Stage boundary, Western Interior Basin. Cretaceous Research, 30 (2): 367-384.
- Bralower T.J. Leckie R.M. Sliter W.V. and Thierstein H.R. 1995. An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. In: Berggren W.A. Kent D.V. Aubry M.P. and Hardenbol J. (Eds.), Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. SEPM Special Publication, 54: 65-79.
- Bown P. 1998. Calcareous nannofossil biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall/ Kluwer Academic. London, 317 p.
- Burnett J.A. 1996. Nannofossils and Upper Cretaceous (sub-) stage boundaries: state of the art. Journal of Nannoplankton Research, 18: 23-32.
- Burnett J.A. 1998. Upper Cretaceous. In: Bown P.R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall/ Kluwer Academic. London, 317 p.
- Cetean C.G. Balci R. Kaminski M. A. and Filipescu S. 2011. Integrated biostratigraphy and palaeoenvironments of an upper Santonian - upper Campanian succession from the southern part of the Eastern Carpathians, Romania. Cretaceous Research, 32 (5): 575-590.
- Emami, H. 2008. Forland propagation of folding and structure of the mountain front flexure in the
- ۲- باتوجه به حضور پیوسته نانوفسیل‌های آهکی *L. grillii* و *M. staurophora* و *M. concava* در نمونه‌های مربوط به سازندهای ایلام و گورپی همراه با ثبت نانوفسیل‌های آهکی *R. anthophorus* و *Q. gartneri* در نخستین نمونه متعلق به سازند گورپی، مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام پیوسته تشخیص داده شد؛
- ۳- در برش تاقدیس کوه سیاه، آخرین حضور گونه *B. hayi* در بایوزون CC20 ثبت شد؛ از این رو، امکان تفکیک دو زیرزون CC19a و CC19b وجود نداشت؛
- ۴- در مطالعه برش تاقدیس کوه سیاه، آخرین حضور *L. grillii* داخل بایوزون UC15d<sup>TP</sup>/CC22 و در کامپانین پسین (early Campanian) ثبت شد و به علت مشاهده نشدن *E. parallelus* در این بخش از برش، تفکیک زیربایوزون‌های UC15d<sup>TP</sup> و UC15e<sup>TP</sup> امکان‌پذیر نبود؛
- ۵- مرز کامپانین - مایستریشین با مطالعه سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه منطبق بر آخرین حضور *Q. trifidum* در نظر گرفته شد؛ همچنین در این برش آخرین، حضور گونه *A. parvus* subsp. *Q. trifidum* بالاتر از آخرین حضور گونه *Constrictus* ثبت شد و بر این اساس امکان تفکیک بایوزون UC16 به زیرزون‌های UC16a و UC16b وجود نداشت؛
- ۶- به علت حضور نانوفسیل‌های آهکی *sparsus*، *Biantholithus*، *Fasciculithus* *tympaniformis* و *Markalius inversus* در نمونه مربوط به سازند پابده و شناسایی نشدن بخش انتهایی بایوزون‌های CC25/UC19 سازند گورپی، مرز سازندهای گورپی و پابده در برش تاقدیس کوه سیاه ناپیوسته تشخیص داده شد.

## References

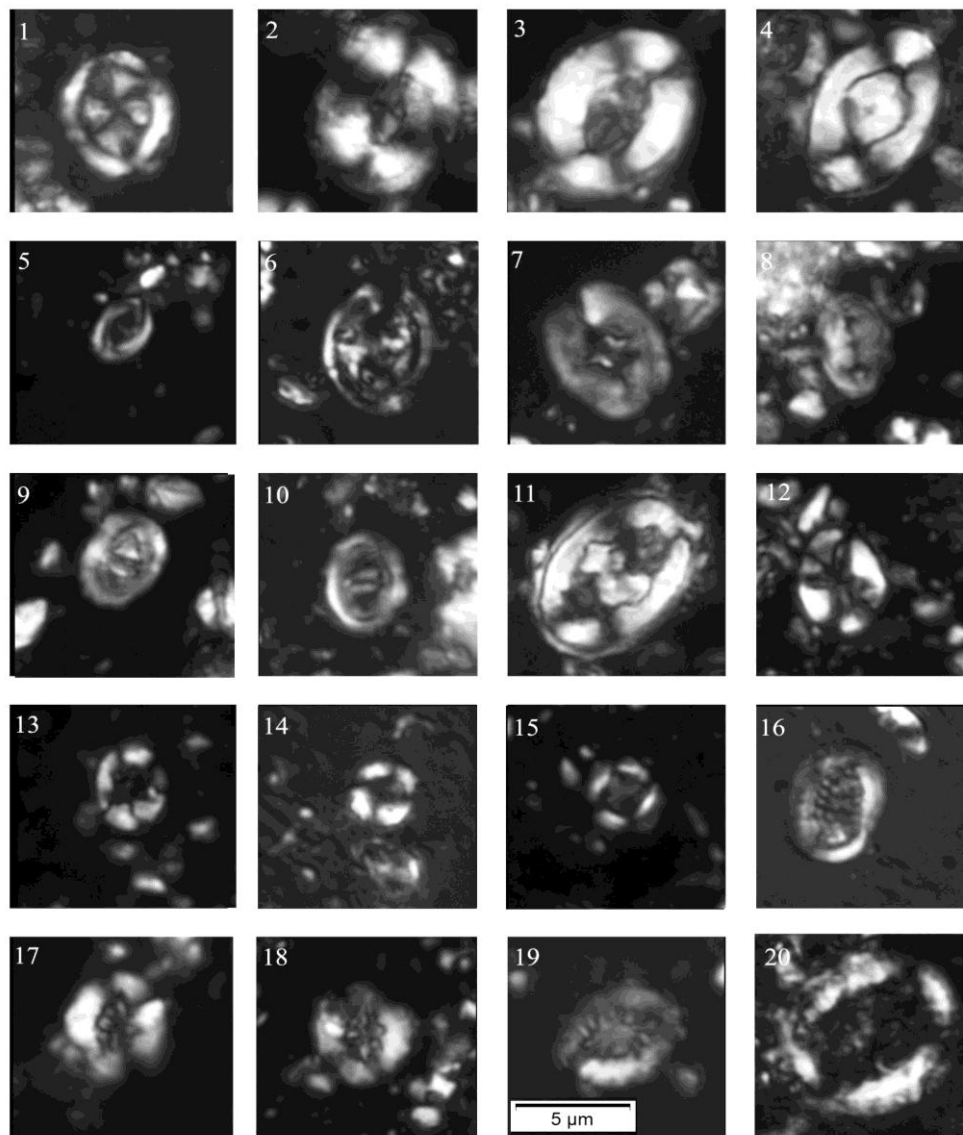
- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran; 586 p.
- Alinejad S. Rezaee P. and Piryaee A. 2013. Depositional Evolution and Sediment Facies Pattern of Upper Cretaceous in Zagros Basin, South of Iran. Geosciences, 3(3):77-88.
- Badri N. and Kani A. 2014. Biostratigraphy of the Gurpi Formation based on calcareous

- Hancock J.M. and Gale A.S. and Gardian S. 1996. The Campanian Stage, Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre, 66: 103-109.
- Hemmati- Nasab M. Ghasemi- Nejad E. and Darvishzadeh B. 2008. Bathymetry of Gurpi Formation based on planktonic and benthic foraminifera. Sciences, 34 (1): 157- 173.
- Hosseini Falehi B. 2006. Lithostratigraphy and nannostratigraphy of Gurpi Formation in Kuh-e Manghasht and Komestan anticlines (Izeh Area). M.Sc. thesis, Shahid Beheshti University, 194 p.
- James G.A. and Wynd J.G. 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. AAPG Bulletin, 49: 2182-2245.
- Kalantari A. 1976. Microbiostratigraphy of the Sarvestan area, southwestern Iran. National Iranian Oil Co, no 5, 130 p.
- Lacombe O. Grasemann B. and Simpson G. 2011. Introduction: geodynamic evolution of the Zagros. Geol. Mag, 148 (5-6): 689-691.
- Lamolda M.A. Paul C.R.C Peryt D. and Pons J.M. 2014. The Global Boundary Stratotype and Section Point (GSSP) for the base of the Santonian Stage, "Cantera de Margas", Olazagutia, northern Spain. 37:1-12.
- Melinte M. C. and Lamolda M. A., 2002- Calcareous nannofossils around the Coniacian-Santonian boundary interval in the Olazagutia section (N. Spain). In: Wagreich, M., (Eds.) Aspects of Cretaceous stratigraphy and palaeobiogeography. Osterreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, 15: 351- 364.
- Melinte M.C. and Lamolda M.A. 2007. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Coniacian/Santonian boundary interval in Romania and comparison with other European regions. Cretaceous Research, 28 (1): 119- 127.
- Melinte M.C. and Bojar A.V. 2010. Late Cretaceous carbon- and oxygen isotope stratigraphy, nannofossil events and paleoclimate fluctuations in the Hațeg area (SW Romania). Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 293 (3-4): 295- 305.
- Motiei H. 1995. Geology of Iran, Stratigraphy of Zagros: Geological Survey of Iran, 536 p.
- Najafpour A. Mahanipour A. and Dastanpour M. 2015. Calcareous nannofossil biostratigraphy of Late Campanian- Early Maastrichtian Pusht-e Kuh arc (Zagros, Iran). Chapter1: General introduction, Universitat de Barcelona, 27p.
- Fereydoonpoor M. Vaziri- Moghaddam H. Ghobeishavi A. and Taheri A. 2014. Stratigraphy of the Gurpi Formation in Kuh-e Siah anticline and comparison with Tang-e Boulfares and Aghar anticline sections. Sedimentary Facies, 7 (1): 83- 106.
- Friedrich O. Norris R.D. and Erbacher J. 2012. Evolution of middle to Late Cretaceous oceans — a 55 m.y record of Earth's temperature and carbon cycle. Geology, 40 (2): 107-110.
- Gale A.S. Hancock J. M. Kennedy W.J. Petrizzo M.R. Lees J.A. Walaszczyk I. and Wray D.S. 2008. An integrated study (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 (1): 131-167.
- Gradstein F.M. Ogg J.G. Schmitz M.D. and Ogg G.M. 2012. The Geologic Time Scale, 2, 801-853.
- Hadavi, F. and Senemari, S. 2010. Calcareous nannofossils from the Gurpi Formation (Lower Santonian-Maastrichtian), faulted Zagros range, western Shiraz, Iran. Stratigraphy and Geological Correlation, 18: 166-178.
- DO Monte Guerra R.M. Tokutake L.R. and Fauth G. 2010. Upper Campanian calcareous nannofossils from a core of well 2-RSS-1, Pelotas Basin, Brazil. Revista Brasileira de Paleontologia, 13 (3): 181-188.
- DO Monte Guerra R.M. Concheyro A. Wise Jr Sh.W. Kender S. and Fauth G. 2016. New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian- Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and their paleoceanographic implications. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 452: 55-67.
- Hadavi F and Shekari N. 2009. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in south of Illam. Sedimentary Facies, 2 (2): 217- 225.
- Hampton M.J. Bailey H.W. Gallagher L.T. Rory N. Mortimore R.N. and Wood Ch.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 (1): 46-60.

- Senemari S. 2012. Nannostratigraphy of Gurpi Formation in the south east of Shiraz. *Sedimentary Facies*, 5 (1): 75-84.
- Senemari S. and Azizi M. 2012. Nannostratigraphy of Gurpi Formation (Cretaceous- Tertiary boundary) In Zagros Basin, Southwestern Iran. *World Applied Sciences Journal*, 17 (2): 205- 210.
- Senemari S. 2015. Calcareous nannofossils events of *Nephrolithus frequens* Zone to *Markalius inversus* Zone in Section of Kazerun, Zagros (Iran). *International Journal of Geography and Geology*, 4 (7): 129- 135.
- Sherkati Sh. and Letouzey J. 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment) Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 21 (5): 535- 554.
- Sina M. Kani A. and Bahadori A. 2009. Biostratigraphic study of Gurpi Formation in Quar section (Sepidar anticline) based on calcareous nannofossils. *Journal of Shahid Chamran University of Ahvaz*, 23: 47- 60.
- Sina M.A. Aghanabati A. Kani A.L. and Bahadori A.R. 2011. Biostratigraphy study of Gurpi Formation in Poldokhtar Section (Kuh-Soltan anticline) based on calcareous nannofossils. *Scientific Quarterly Journal: Geoscience*, 20 (79):183- 188.
- Sissingh W. 1977. Biostratigraphy of calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56 (1): 37- 65.
- Thibault N. Husson D. Harlou R. Gardin S. Galbrun B. Huret E. and Minoletti F. 2012a. Astronomical calibration of upper Campanian– Maastrichtian carbon isotope events and calcareous plankton biostratigraphy in the Indian Ocean (ODP Hole 762C): Implication for the age of the Campanian– Maastrichtian boundary. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 337-338: 52- 71.
- Thibault N. Harlou R. Schovsbo N. Schiøler P. Minoletti F. Galbrun B. Lauridsen B.W. Sheldon E. Stemmerik L. and Surlyk F. 2012b. Upper Campanian– Maastrichtian nannofossil biostratigraphy and high-resolution carbon- isotope stratigraphy of the Danish Basin: towards a standard  $\delta^{13}C$  curve for the Boreal Realm. *Cretaceous Research*, 33 (1): 72–90.
- Thibault N. 2016. Calcareous nannofossil biostratigraphy and turnover dynamics in the late Campanian- Maastrichtian of the tropical South Atlantic. *Revue de micropaléontologie*, 59 (1): 57- 69.
- sediments in southwest Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (8): 6037- 6046.
- Odin G.S. and Lamaurelle M.A. 2001. The global Campanian-Maastrichtian stage Boundary. 32nd International Geological Congress Florence, Italy, 24:229-238.
- Parandavar M. Mahanipour A. Aghanabati A. and Hosseini A. 2012. Biostratigraphy of calcareous nannofossils in upper part of Gurpi Formation- lower part of Pabdeh Formation (Purpel shale) in the Northeast Kuh-e Gurpi anticline. *Scientific Quarterly Journal: Geoscience*, 23 (89): 187- 198.
- Perch-Nielsen K. 1972. Remarks on the Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic. In: Laughton, A. S. Berggren, W. A. (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 12: 1003-1069.
- Perch-Nielsen K. 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli H.M. Saunders J.B. and Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 573 p.
- Pérez-Rodríguez I. Lees J.A. Larrasoña J.C. Arz J.A. and Arenillas I. 2012. Planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the uppermost Campanian and Maastrichtian at Zumaia, northern Spain. *Cretaceous Research*, 37: 100- 126.
- Rabbani J. Ghasemi-Nejad E. and Amini A. 2009. Palynostratigraphy and Sequence Stratigraphy of Gurpi Formation in Darreh Shahr section, South East Ilam. *Iranian Geology*, 3 (10): 3- 13.
- Razmjooei M.J. Thibault N. Kani A. Mahanipour A. Boussaha M. and Korte Ch. 2014. Coniacian– Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and carbon-isotope stratigraphy in the Zagros Basin (Iran): consequences for the correlation of Late Cretaceous stage boundaries between the Tethyan and Boreal realms. *Newsletters on Stratigraphy*, 47\2: 183- 209.
- Roth P.H. 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocaen. *Initial Reports of the DSDP*, 44: 731- 759.
- Russo F. 2013. Calcareous nannofossil revised biostratigraphy of the latest Albian- earliest Campanian time interval (Late Cretaceous), Ph.D. Thesis, Univerita Degli Studi Di Milano, Italy, 150p.

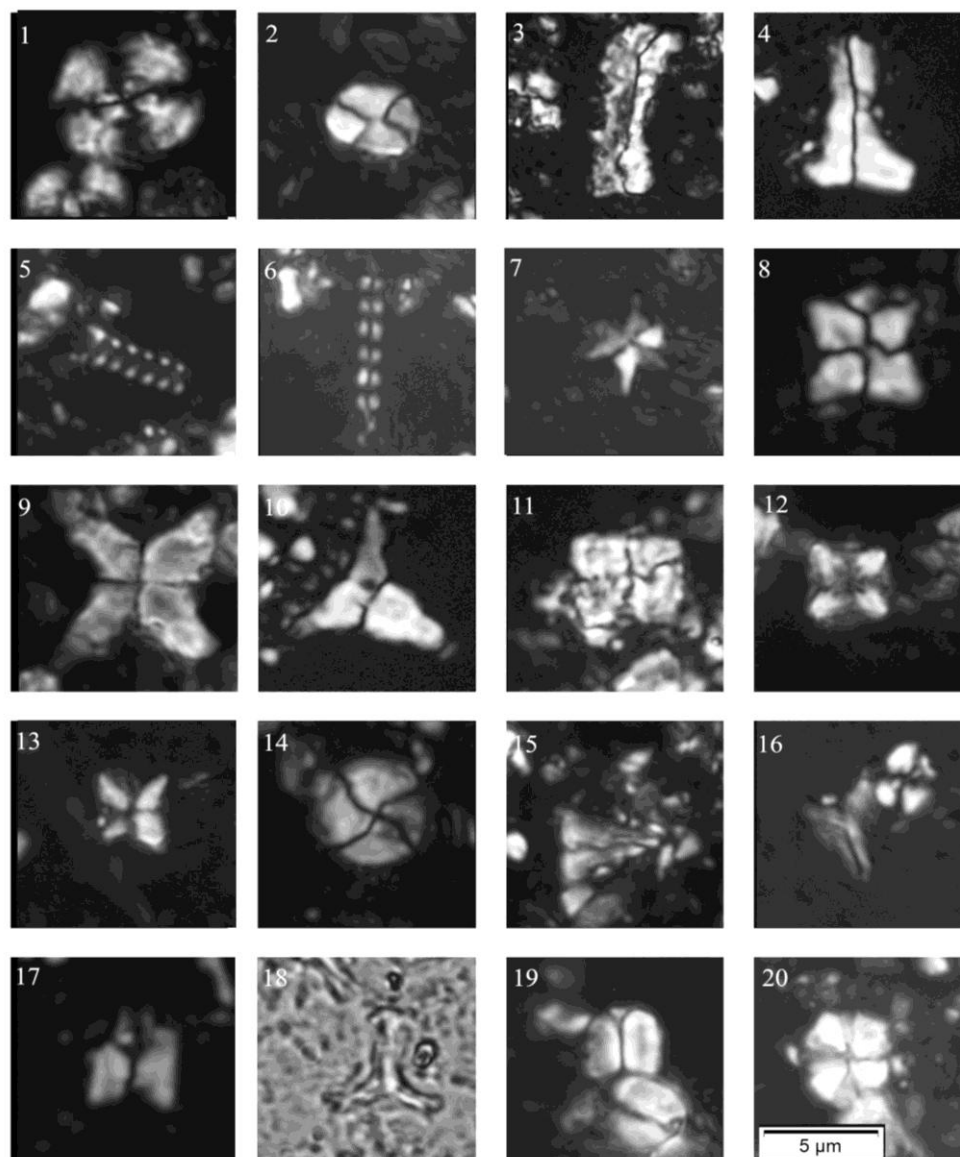
- Wagreich M. Summesberger H. and Kroh A. 2010. Late Santonian bioevents in the Schattau section. Gosau Group of Austria—implications for the Santonian- Campanian boundary stratigraphy. *Cretaceous Research*, 31 (2): 181–191.
- Wynd J.G. 1965. Biofacies of the Iranian consortium agreement area. Iranian oil operating companies report 1082, Tehran (unpublished).
- <http://www.mikrotax.org/Nannotax3/index.php?dir=Coccolithophores>  
<http://www.stratigraphy.org>.
- Thierstein H.R. 1973. Lower Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abhandlungen der Geologische Bundesanstalt*, 58 p.
- Thierstein H.R. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, 1: 325- 362.
- Vaziri Moghaddam H. 2002. Biostratigraphic study of the Ilam and Gurpi formations based on planktonic foraminifera in SE of Shiraz, Iran. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, 13 (4): 339- 356.

Plate 1



- 1- *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 1959, 10° XPL (Sample No:53), 2- *Aspidolithus parvus* subsp. *constrictus* (Hattner et al. 1980), 10° XPL (Sample No, 110), 3- *Aspidolithus parvus* (Stradner 1963) Bukry, 1969, 40° XPL (Sample No, 122), 4- *Gorkaea obliqueclausus* (Varol 1991) Varol & Girgis, 1994, 40° XPL (Sample No, 143), 5- *Placozygus fibuliformis* (Reinhardt, 1964) Hoffmann, 1970, 45° XPL (Sample No, 211), 6- *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre 1959) Perch-Nielsen, 1968, XPL (Sample No, 7), 7- *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, 25° XPL (Sample No, 143), 8- *Tranolithus orionatus* (Reinhardt 1966), 5° XPL (Sample No, 143), 9- *Zeugrhabdotus bicrescenticus* (Stover 1966) Burnett in Gale et al. 1996, 35° XPL (Sample No, 110), 10- *Zeugrhabdotus diplogrammus* (Deflandre in Deflandre and Fert 1954) Burnett in Gale et al. 1996, XPL (Sample No, 43), 11- *Zeugrhabdotus embergeri* (Noël, 1958) Perch-Nielsen, 1984, 45° XPL (Sample No, 110), 12- *Eiffellithus eximius* (Stover 1966) Perch-Nielsen 1968, XPL (Sample No, 1), 13- *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Reinhardt, 1965, XPL (Sample No, 47), 14- *Cylindralithus serratus* Bramlette & Martini, 1964, XPL (Sample No, 5), 15- *Rotelapillus biarcus* Bukry, 1969, XPL (Sample No, 7), 16- *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky 1912) Deflandre in Piveteau, 1952, 10° XPL (Sample No, 143), 17- *Retecapsa angustiforata* Black, 1971, 5° XPL (Sample No, 1), 18- *Retecapsa crenulata* (Bramlette & Martini 1964) Grün in Grün and Allemann, 1975, XPL (Sample No, 112), 19- *Retecapsa surirella* (Deflandre & Fert 1954) Grün in Grün and Allemann, 1975, 65° XPL (Sample No, 110), 20- *Manivitella pemmatoidea* (Deflandre in Manivit 1965) Thierstein, 1971, 50° XPL (Sample No, 110).

Plate 2



- 1- *Watznaueria barnesiae* (Black, 1959) Perch- Nielsen, 1968, 45° XPL (Sample No,39), 2- *Calculites obscurus* (Deflandre 1959) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, 10° XPL (Sample No,37), 3- *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959, 20° XPL (Sample No,37), 4- *Lucianorhabdus maleformis* Reinhardt, 1966, XPL (Sample No, 120), 5- *Microrhabdulus belgicus* 1963 (according to Verbeek 1977), 35° XPL (Sample No,120), 6- *Microrhabdulus decorates* Deflandre, 1959, XPL (SampleNo,122), 7- *Lithastrinus grillii* Stradner, 1962, XPL (Sample No,1), 8- *Quadrum gothicus* (Deflandre 1959) Hattner and Wise, 1980, XPL (Sample No,15), 9- *Quadrum sissinghii* (Perch- Nielsen 1986) Farhan 1987, XPL (Sample No,143), 10- *Quadrum trifidum*-long (Stradner in Stradner and Papp 1961) Hattner and Wise 1980, XPL (Sample No,5), 11- *Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al. 1977, XPL (Sample No, 1.5), 12- *Micula staurophora* (Gardet 1955) Stradner, 1963, XPL (Sample No,15), 13- *Micula concava* (Stradner in Martini & Stradner 1960) Verbeek, 1976, XPL (Sample No,1), 14- *Micula praemurus* Lees & Bown, 2005, XPL (Sample No,193), 15- *Ceratolithoides verbeekii* Perch-Nielsen, 1979, XPL (Sample No,191), 16- *Ceratolithoides aculeus* (Stradner 1961) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, 15° XPL (Sample No,120), 17- *Ceratolithoides indiensis* Burnett, 1997, XPL (Sample No,195), 18- *Marthasterites furcatus* (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Deflandre, 1959, PPL (Sample No, 50), 19- *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler in Hay et al. 1967, XPL (Sample No. 214), 20- *Biantholithus sparsus* Bramlette & Martini, 1964, XPL (Sample No. 214).