



Biostratigraphy of the Dalichai Formation based on calcareous nannofossils in Reyabad section (northeast Shahroud)

Marziyeh Notghi Moghaddam^{1*} and Saeedeh Senemari²

1- Assoc. Prof., Dept. of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Assoc. Prof., Dept. of Mining Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

ARTICLE INFO

Article type:

Original Research

Article history:

Received: 2025 March 2

Accepted: 2025 July 12

Keywords:

Biostratigraphy

Dalichai

Calcareous
nannofossils

Jurassic

Reyabad

Shahroud

ABSTRACT

In this study, the Delichai Formation in the Reyabad stratigraphic section located northeast of Shahroud was selected to investigation of the Jurassic deposits of the Alborz sedimentary basin. Dalichai Formation in this section with 165 meter thickness, mainly consists of limestone with interbedded shale. Nannofossil studies led to identification of 32 species belong to 19 genera of calcareous nannofossils. Index nannofossil species indicate the NJ11 to lower boundary of NJ15b biozones of Bown et al's (1988) biozonation. The first occurrence of *Pseudoconus enigma* indicates an upper Bajocene age for the lower and beginning of the formation. While the last occurrence of *Lotharingius crucicentralis* indicates an upper Oxfordian age for the upper layers of this formation. The first occurrence of *Ansulasphaera helvetica*, *Stephanolithion bigotii bigotii*, *Stephanolithion bigotii maximum*, and the last occurrence of *Stephanolithion bigotii maximum* and *Pseudoconus enigma* are among other recorded occurrences in the Delichai Formation in the Reyabad section. In general index calcareous nannofossils point to upper Bajocian - upper Oxfordian for Dalichai formation in the Reyabad section.

DOI: <https://doi.org/10.22084/NFAG.2026.30636.1662>

Corresponding author: Marziyeh Notghi Moghaddam, E-mail: notghi.m@pnu.ac.ir

Cite this article: Marziyeh Notghi Moghaddam and Saeedeh Senemari (2026). Biostratigraphy of the Dalichai Formation based on calcareous nannofossils in Reyabad section (northeast Shahroud), New Findings of Applied Geology, Vol. 20, No. 39, pp: 300-311.



Journal of New Findings of Applied Geology by Bu-Ali Sina University Press is licensed under CC BY-NC 4.0

Web Site: <https://nfag.basu.ac.ir> E-mail: nfag@basu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

The Jurassic Period witnessed important geological events such as the break-up of the Pangea supercontinent, a predominantly greenhouse climate, rise in sea level and spreading of shallow continental seas (Ghasemi-Nejad et al., 2024). The Jurassic rocks are widely distributed in the Alborz basin (Northern Iran). In the Alborz basin the middle Jurassic marine transgression (Dalichai Formation) began in upper Bajocian (Hashemiyazdi et al., 2018). The former rock unit is represented by greenish-grey calcareous shales, marls, and fossiliferous (ammonites) limestones (Steiger, 1966) widely distributed in the Alborz Mountains. It disconformably overlies the dark, siliciclastic coal-bearing Shemshak Formation and underlies gradually by the lightcolored, rather uniform chert-bearing Lar limestones. The Dalichai Formation signifies the first rock unit of the Jurassic marine sediments in the Alborz Mountains. It embraces such diverse fauna as ammonites, belemnites, bivalves, brachiopods, echinoderms, sponges, miospores (spores and pollen grain), dinoflagellates, bryozoans, foraminifera and calcareous nannofossils.

The earliest paleontological studies of this formation were done based on them such as Seyed-Emami et al., (1996), Dehbozorgi et al., (2013), Shiri and Hadavi (2021). The main aim of this study is age determination of Dalichai formation based on calcareous nannofossils at the Alborz Mountains in Reyabad section (northeast of Shahroud). In this section, Dalichai Formation with 165 meter thickness, mainly consists of limestone with interbedded shale.

Material and Methods

In this research, 66 samples were selected from Dalichai section and have been prepared following the standard procedures Bown and Young (1998). Smear- slides were examined under crossed polarized light and the plane polarized light of Olympus microscope (BH2 model). Calcareous nannofossil species were identified by using the taxonomic schemes of Perch- Nielsen (1985) and Bown and Young (1998).

Results and Discussions

In this study, 32 species belonging to 19 genera with low to relatively good preservation were identified in the studied samples that were taken from Dalichai section in Reyabad section. Based on index species five calcareous nannofossil

biozones and four subzone were determined, ranging in age from upper Bajocian to upper Oxfordian. These biozones are as follows:

***Pseudoconus enigma* Zone (NJ11):** This zone is identified from the the FO of *Pseudoconus enigma* to the FO of *Ansulasphaera helvetica*. The age of this zone is the upper Bajocian to upper Bathonian. Thickness of this zone in the Reyabad section is 35 m.

***Ansulasphaera helvetica* Zone (NJ12):** This zone is identified from the FO of *Ansulasphaera helvetica* to FO of *Stephanolithion bigotii bigotii*. The age of this zone is the upper Bathonian to Callovian. Thickness of this zone in the Reyabad section is 42.5 m.

***Stephanolithion bigotii bigotii* Zone (NJ13):** This zone is identified from the FO of *Stephanolithion bigotii bigotii* to the FO of *Stephanolithion bigotii maximum*. The age of this zone is Callovian. Thickness of this zone in the Reyabad section is 37.5 m.

***Stephanolithion bigotii maximum* Zone (NJ14):** Total range of *Stephanolithion bigotii maximum* indicates the lower and upper boundary of this zone with Callovian to lower Oxfordian in age. Thickness of this zone in the Reyabad section is 17.5 m.

***Cyclagelosphaera margerelii* Zone (NJ15):** This zone is identified from the LO of *Stephanolithion bigotii maximum* to the FO of *Stephanolithion brevispinus* (= *helotatus*). The age of this zone is lower Oxfordian to Upper Kimmeridgian. In this study according to the LO of *Stephanolithion bigotii maximum*, the lower boundary of this zone was determined. But FO of *Stephanolithion brevispinus* was not recorded. Therefore, the upper boundary of NJ15 not determined in this section. Furthermore, in the studied deposits based on the LO of *Lotharingius crucicentralis*, NJ15a and lower boundary of NJ15b with upper Oxfordian in age, was identified. But the upper boundary of NJ15b not determined. In this section 32.5 m of the upper part of Dalichai Formation belong to NJ15.

Conclusion

In the peresnt study, according to index nannofossil species and assemblages species the NJ11-NJ15a of Bown et al., (1988) biozonation in the the Dalichai Formation were determined. Identified biozones indicate the age of the upper Bajocian to upper Oxfordian for this formation in the Reyabad section.



آدرس وبسایت نشریه: <https://nfag.basu.ac.ir> ایمیل نشریه: nfag@basu.ac.ir

۱- پیشگفتار

پالئوزوئیک پسین تا مزوزوئیک پیشین، دوره‌ای از فعالیت‌های تکتونیکی بوده که در شکل‌گیری حوضه‌های رسوبی و مناطق مختلف تأثیرگذار بوده است. از جمله مهمترین حوضه‌های رسوبی واقع در داخل ایران، محدوده رسوبی-ساختاری البرز است. این حوضه رسوبی، یک ویژگی برجسته زمین‌شناسی است که ارتفاعات واقع در بخش شمالی ایران را در بر می‌گیرد و به‌عنوان بخشی از قسمت شمالی رشته کوه بزرگ‌تر آلپ-هیمالیا در آسیای غربی شناخته می‌شود که به شکل تاقدیس مرکب در یک راستای عمومی شرقی- غربی، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد (علوی، ۱۹۹۶). بلندی‌های این حوضه رسوبی دارای راستای جغرافیایی شرقی-غربی است، ولی به طور قابل توجهی در بخش مرکزی تغییر راستا به سمت جنوب را نشان می‌دهند (علوی، ۱۹۹۱؛ ۱۹۹۶). حاشیه جنوبی البرز از نظر ساختار زمین‌شناسی و چینه‌شناسی به ایران مرکزی شباهت دارد، در حالی که حاشیه شمالی آن با دامنه جنوبی‌اش از نظر زمین‌شناسی و چینه‌شناسی اختلاف زیادی دارد (آقانباتی، ۱۳۸۳).

حوضه رسوبی البرز شرقی که بخش مهمی از سیستم تکتونیکی گسترده‌تر البرز را تشکیل می‌دهد، به دلیل موقعیت جغرافیایی منحصر به فرد خود در مرز بین بلوک ایران مرکزی و دریای خزر، متأثر از فرآیندهای پیچیده زمین‌شناسی است و از مناطق مهم زمین‌شناسی در شمال ایران محسوب می‌شود. این حوضه نه تنها به دلیل تنوع گسترده‌ای از لایه‌های سنگی و گسل‌های رسوبی، بلکه به دلیل حفظ شواهد ارزشمندی مربوط به تکامل تکتونیکی و تغییرات محیطی رسوبی از دوران پالئوزوئیک تا عهد حاضر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در طول قرن‌ها، این منطقه فعالیت‌های زمین‌شناسی قابل توجهی را تجربه کرده که با جلوه‌های گسترده و توسعه حوضه‌های رسوبی متعدد همراه با نوسانات سطح دریا و فعالیت‌های تکتونیکی، باعث ایجاد رخساره‌های رسوبی مختلف در منطقه شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). در این حوضه رسوبی، یکی از مهمترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای مربوط به ژوراسیک، سازند دلیچای است که در رشته کوه البرز و به ویژه در بخش شرقی آن از رخنمون‌های مناسبی برخوردار است. معرفی اولیه این سازند توسط استیگر (۱۹۶۶) انجام شد و به دلیل ویژگی‌های متمایز سنگ‌شناسی و مجموعه‌های فسیلی

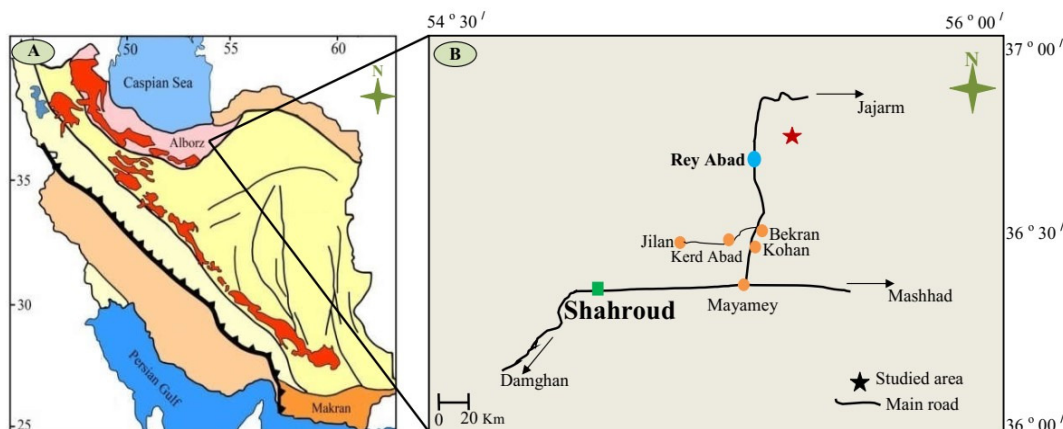
منحصر به فرد، در درک جامع از تاریخ زمین‌شناسی منطقه تاثیر بسزایی دارد. سازند دلیچای که عمدتاً از لایه‌های متناوب سنگ‌های آهکی مارنی، مارن و بین لایه‌های متناوب شیلی تشکیل شده، نشان‌دهنده یک محیط رسوبی دریایی است که با شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب مشخص می‌شود (اشتوکلین، ۱۹۷۲). این سازند غنی از میکروفسیل و ماکروفسیل است و به دلیل وجود انواع فسیل‌های شاخصی مانند آمونیت‌ها، میواسپورها و داینوفاژله‌ها، به عنوان یک واحد کلیدی در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و چینه‌نگاری سنگی مطرح شده و این امر منجر به تحقیقات گسترده‌ای توسط محققان مختلف بر روی آن شده است (برای مثال: اشتوکلین، ۱۹۷۲؛ بلورچی، ۱۹۷۵؛ سیدامامی و همکاران، ۱۹۸۵، ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶؛ ویلر و سرجانت، ۱۹۹۰؛ ویلمسن و همکاران، ۲۰۱۰؛ قاسمی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۲؛ ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۳؛ مافی و همکاران، ۲۰۱۳؛ هاشمی یزدی و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، در سال‌های اخیر سازند دلیچای توجه نانوفسیل‌شناسان را به خود جلب کرده و مطالعاتی توسط برسان و همکاران (۱۳۹۵)، شیر و هادوی (۲۰۲۱) و شیر و همکاران (۱۳۹۸) انجام شده که گزارش آن در دسترس محققان قرار دارد. لذا با هدف تکمیل تحقیقات و ارتقای دانش موجود، نانوفسیل‌های آهکی سازند دلیچای در برش ری‌آباد بررسی شده، جنس‌ها و گونه‌های مختلف نانوفسیلی معرفی خواهند شد و تعیین سن سازند بر مبنای نانوفسیل‌ها انجام می‌شود.

۲- موقعیت جغرافیایی و سنگ‌چینه‌نگاری

سازند دلیچای در برش ری‌آباد، بخشی از دامنه جنوبی البرز شرقی است. برش مذکور در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق شاهرود با طول '۳۶° ۵۵ شرقی و عرض '۴۷° ۳۶ شمالی قرار دارد و جهت دسترسی به آن بایستی از شهر میامی گذشت. در جاده جاجرم و بعد از عبور از روستاهای کوهان، بکران و کردآباد، نهشته‌های سازند در شمال روستای ری‌آباد رویت شده و نمونه‌برداری از آن امکان‌پذیر است (شکل ۱). سازند دلیچای در برش مورد مطالعه با ضخامت حدود ۱۶۵ متر، از سنگ‌های آهکی متوسط لایه تا توده‌ای تشکیل شده و میان‌لایه‌هایی از شیل نیز در آن مشاهده می‌شود. مرز زیرین سازند دلیچای با سازند شمشک در تعدادی از رخنمون‌های این ناحیه مشاهده می‌شود ولی در

شیلی خاکستری رنگ مشاهده می‌شود. در ادامه، حدود ۵۷ متر واحد سنگ‌آهکی توده‌ای فاقد میان لایه نهشته شده است. سازند در نهایت دارای ۴۱ متر سنگ‌آهک‌های خاکستری با شیل‌های خاکستری است (شکل ۳).

برش مورد مطالعه پوشیده است و رویت نشد. مرز فوقانی این سازند در برش مورد مطالعه با سازند لار است که مشابه مرز زیرین، شاید به دلیل فرسایش و یا پوشیده شدن، قابل رویت نیست. از قاعده به سمت راس سازند، ابتدا ۶۷ متر سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه روشن با میان‌لایه‌های



شکل ۱. راه دسترسی و موقعیت برش چینه‌شناسی ری‌آباد

Fig. 1. The access road and location of Reyabad stratigraphic section

۳- روش مطالعه

به‌منظور مطالعه نانوفسیل‌های آهکی سازند دلیچای در برش ری‌آباد و به‌دنبال بررسی‌های صحرایی و مشاهده وضعیت لایه‌های تشکیل دهنده سازند، تعداد ۶۶ نمونه جهت تهیه مقطع نازک جمع‌آوری شد. نمونه‌های برداشت شده با استفاده از روش اسمیراسلاید (بر اساس روش بون و یانگ، ۱۹۹۸) آماده‌سازی شدند و سپس با میکروسکوپ نوری الپوس، هم در نور معمولی و هم در نور پلاریزه مورد بررسی قرار گرفتند. نانوفسیل‌های آهکی موجود با بزرگنمایی ۱۰۰۰ و عدسی شیئی ۱۰۰ و با استفاده از روغن ایمرسیون مطالعه و عکس‌برداری شده و براساس توصیفات پرچ نیلسون (۱۹۸۵) و یانگ و همکاران (۲۰۲۰) شناسایی گردیدند. ارزیابی وضعیت حفظ‌شدگی گونه‌ها، مبتنی بر دسته‌بندی‌های ارائه شده توسط واتکینز (۲۰۰۷) صورت پذیرفت. براین اساس، بررسی ساختارهای ناحیه مرکزی و پیرامون (Rim) گونه‌های مختلف نانوفسیلی در نمونه‌های مطالعه شده از سازند دلیچای، تا حدودی نشان‌دهنده خردشدگی و نقص در ساختارها بوده و موید انحلال و رشد ثانویه است. لذا با وجود گونه‌هایی که دارای منافذ، پل‌ها و سایر ساختارهای ناحیه مرکزی حفظ شده هستند، می‌توان حفظ‌شدگی گونه‌ها را ضعیف تا نسبتاً خوب در نظر گرفت.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نانوفسیل‌های آهکی

به‌طور کلی، بیشترین فراوانی و تنوع نانوفسیل‌های آهکی در شیل و مارن‌ها مشاهده می‌شود و در سنگ‌های آهکی نسبت به دو گروه ذکر شده، به دلیل حفظ‌شدگی پایین در اثر دیاژنز و کریستاله‌شدن، از تنوع و فراوانی پایین‌تری برخوردارند. بررسی نانوفسیل‌های آهکی موجود در ۶۶ مقطع نازک، منجر به شناسایی تعداد ۳۲ گونه متعلق به ۱۹ جنس از نانوفسیل‌های آهکی در سازند دلیچای شد (شکل‌های ۲ و ۳). از آن‌جا که سازند دلیچای در برش مورد مطالعه متشکل از سنگ‌های آهکی است، لذا نانوفسیل‌های سازند از تنوع و فراوانی بالایی برخوردار نیستند. بنابراین، علیرغم تنوع و فراوانی پایین‌تر، با توجه به حضور گونه‌های با حفظ‌شدگی مناسب، خللی در شناسایی گونه‌ها و تعیین زیست‌زون‌های نانوفسیلی ایجاد نشده است.

حضور فراوان گونه‌های متعلق به جنس *Watznaueria* و گونه‌ی *Cyclagelosphaera margerelii* با حفظ‌شدگی نسبتاً خوب، قابل توجه است. به‌طوری‌که حضور آنان تقریباً در اغلب اسلایدها ثبت گردید و در اغلب این گونه‌ها ساختارهای ناحیه مرکزی به خوبی حفظ شده و شناسایی

۴-۲- تعیین سن سازند براساس نانوفسیل‌های آهکی

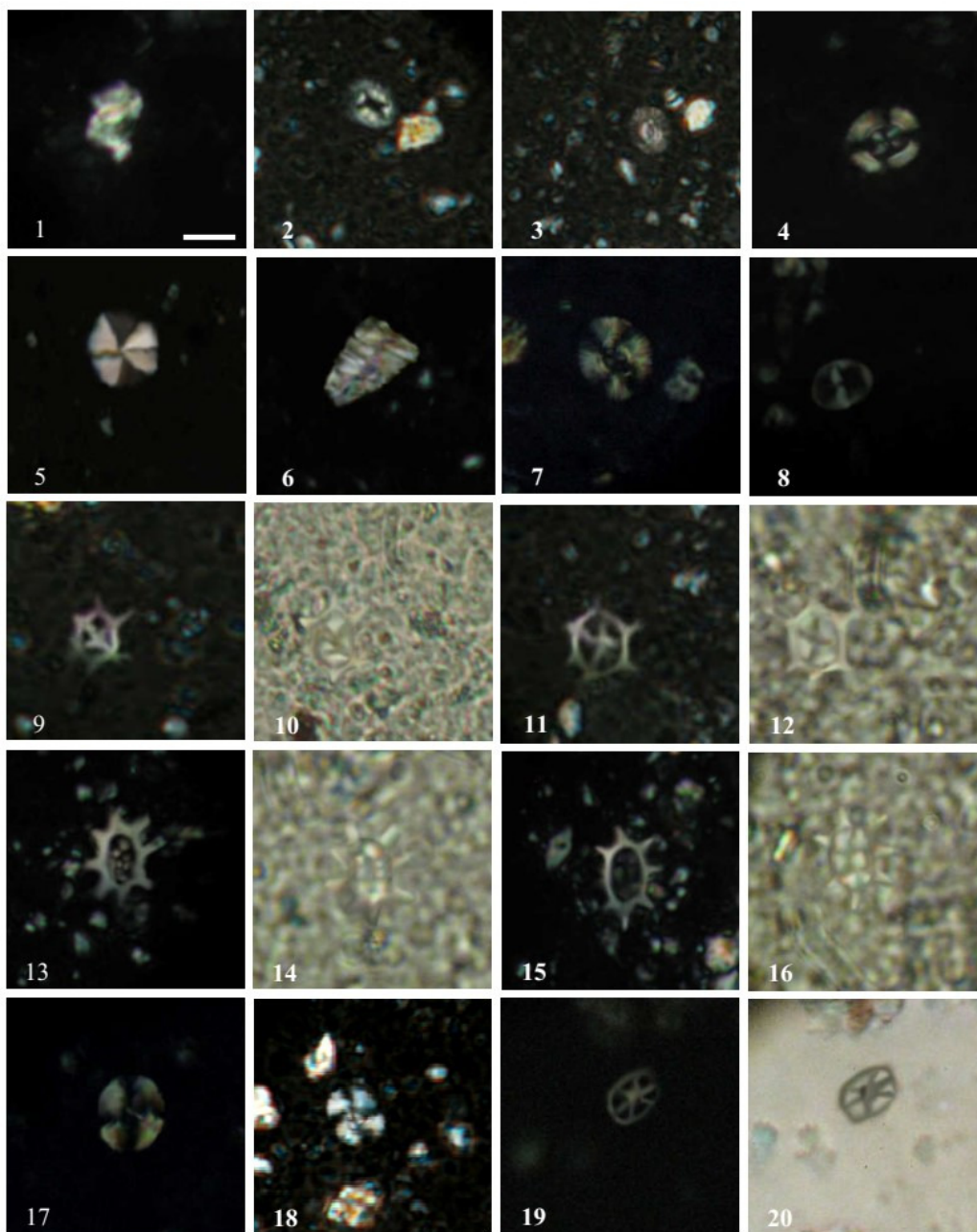
نانوفسیل‌های آهکی نخستین بار در دوره تریاس ظاهر شدند، در دوره ژوراسیک به سرعت تکامل یافتند و به یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان اولیه در اقیانوس‌ها تبدیل شدند. گسترش جغرافیایی وسیع نانوفسیل‌های آهکی، دلیل استفاده آن‌ها به عنوان ابزاری مناسب جهت مطالعات زیست‌چینه‌نگاری از تریاس پسین تاکنون در نقاط مختلف دنیا است. براین اساس، نانوزون‌های مختلفی برای نهشته‌های متعلق به بازه‌های زمانی مختلف در حوضه‌های رسوبی مختلف پیشنهاد شده است (سیسینگ، ۱۹۷۷؛ تیرشتین، ۱۹۷۱، ۱۹۷۶؛ برالوور، ۱۹۸۷؛ بون و همکاران، ۱۹۸۸؛ برالوور و همکاران، ۱۹۸۹؛ اپلگیت و برگن، ۱۹۸۹، اپلگیت و همکاران، ۱۹۸۹). با توجه به گونه‌های شناسایی‌شده و مشترک بودن شاخص‌های تعیین‌زون در زون‌بندی زیستی برالوور و همکاران (۱۹۸۹) و بون و همکاران (۱۹۸۸)، در این مطالعه از زون‌بندی بون و همکاران (۱۹۸۸) استفاده شده است. شرح زیست‌زون‌های تعیین‌شده در ادامه آورده شده است:

زیست‌زون *Pseudoconus enigma* Zone (NJ11)

زیست‌زون *Pseudoconus enigma* طبق تعریف بون و همکاران (۱۹۸۸)، از اولین حضور از *Pseudoconus enigma* تا اولین حضور *Ansulasphaera helvetica* شناسایی شده است. سن این زون از بازوسین پسین تا باتونین پسین است.

ملاحظات: قاعده زون علاوه بر شاخص فوق، با اولین حضور *Hexapodorhabdus*، *Cyclagelosphaera tubulata*، *Tetrapodorhabdus shawensis* و انواع کوچک اندازه *Staurolithites stradneri* مشخص می‌شود. هولوکوکولیت‌های کوچک و متمایز *Anfractus harrisonii* اولین رخداد خود را در قسمت‌های پایین این زون نشان می‌دهند (بون، ۱۹۹۳). در این مطالعه، مرز پایینی NJ11 با اولین حضور گونه *Pseudoconus enigma* در اولین نمونه مطالعه شده در قاعده سازند تعیین شد. در حالی‌که مرز بالایی این زون با اولین حضور گونه *Ansulasphaera helvetica* در نمونه شماره ۱۴ و در ۳۵ متری از قاعده سازند مشخص گردید. زون مذکور با ضخامت حدود ۳۵ متر قدیمی‌ترین زون شناسایی شده در برش مورد مطالعه است (شکل ۳).

گونه‌ها امکان‌پذیر است. گونه‌های *Pseudoconus enigma* و *Stephanolithion bigotii maximum* از نانوفسیل‌هایی هستند که اولین حضور و آخرین حضورشان در ضخامت مطالعه شده، ثبت شده است. حضور *Stephanolithion*، *Lotharingius contractus*، *Biscutum intermedium hexum* و *Carinolithus magharensis* و *Stephanolithion speciosum* به‌ندرت و در بعضی از نمونه‌های مطالعه شده، مشاهده گردید. لکن گونه‌های متعلق به جنس *Stephanolithion* در مواردی دچار خردشدگی در خارهای موجود در حاشیه شده‌اند. در میان نانوفسیل‌های شناسایی شده، گونه‌های *Pseudoconus enigma*، *Ansulasphaera helvetica*، *Stephanolithion bigotii*، *Stephanolithion bigotii bigotii*، *Lotharingius crucicentralis* شاخص تعیین زیست‌زون‌های نانوفسیلی هستند که در بخش‌های خاصی از برش مورد بررسی و به شرح ذیل دیده شده‌اند (جدول ۱ و شکل ۳). اولین حضور گونه *Pseudoconus enigma* در اولین نمونه مطالعه شده ثبت گردید. گونه مذکور شاخص زون زیستی *Pseudoconus enigma* zone یا NJ11 است. از این‌رو، آغاز سازند و نهشته‌های متعلق به پایین‌ترین بخش سازند با زیست‌زون NJ11 شروع می‌گردد. در ادامه، اولین حضور *Ansulasphaera helvetica* در نمونه شماره ۱۴ معرف آغاز زیست‌زون NJ12 می‌باشد. به‌دنبال مشاهده اولین حضور گونه‌های *Stephanolithion bigotii bigotii* و *Stephanolithion bigotii maximum*، زیست‌زون NJ13 ثبت گردید. سپس، آخرین حضور *Stephanolithion bigotii maximum* مشاهده شد. محدوده اولین تا آخرین حضور گونه *Stephanolithion bigotii maximum* موید وجود زیست‌زون NJ14 می‌باشد و آخرین حضور گونه مذکور آغاز زیست‌زون NJ15 را اثبات می‌کند. با توجه به این‌که آخرین حضور *Stephanolithion bigotii maximum* منطبق با سن آکسفوردین پیشین و نشانگر خروج از ژوراسیک میانی و ورود به ژوراسیک پسین می‌باشد، لذا از ۱۲۳/۵ متری قاعده، سایر رسوبات سازند در زمان ژوراسیک پسین نهشته شده‌اند. از ضخامت ۱۵۰ متری قاعده سازند تا انتهای سازند رخداد نانوفسیلی شاخصی ثبت نشد و مبتنی بر آخرین حضور *Lotharingius crucicentralis* در نمونه شماره ۶۰ و در ۱۵۰ متری از قاعده سازند، زیرزون NJ15a و بخش ابتدایی NJ15b برای انتهایی‌ترین بخش سازند تعیین گردید.



شکل ۲. تصاویر برخی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی‌شده در سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی ری‌آباد (Scale bar: 5µm)

Fig. 2. Images of some identified calcareous nannofossils in the Dalichai Formation in the Reyabad stratigraphic section (Scale bar: 5µm)

اسامی نانوفسیل‌های آهکی شکل ۲: علامت‌های اختصاری استفاده شده: PNU محل نگهداری نمونه‌ها در آزمایشگاه زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور استان خراسان جنوبی و D.Ra معرف سازند دلیچای در برش ری‌آباد

1 (XPL): *Ansulaspheara helvetica* Grün & Zweili, 1980 (PNU/DRA14); 2 (XPL): *Biscutum constans* (Górka, 1957) Black in Black & Barnes, 1959 (PNU/DRA6); 3 (XPL): *Biscutum intermedium* Bown, 1987 (PNU/DRA3); 4 (XPL): *Lotharingius crucicentralis* (Medd, 1971) Grün & Zweili, 1980 (PNU/DRA60); 5 (XPL): *Carinolithus magharensis* (Moshkovitz & Ehrlich, 1976) Bown, 1987 (PNU/DRA7); 6 (XPL): *Pseudoconus enigma* Bown & Cooper, 1989 (PNU/DRA18); 7 (XPL): *Cyclagelosphaera magerelii* Noël, 1965 (PNU/DRA42); 8 (XPL): *Zeugrhabdotus erectus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965 (PNU/DRA48); 9 (XPL), 10 (PPL): *Stephanolithion bigotii bigotii* Deflandre, 1939 (PNU/DRA36); 11 (XPL), 12 (PPL): *Stephanolithion bigotii maximum* Medd, 1979 (PNU/DRA52); 13 (XPL), 14 (PPL): *Stephanolithion speciosum* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954 (PNU/DRA15); 15 (XPL), 16 (PPL): *Stephanolithion hexum* Rood & Barnard, 1972 (DRA25); 17 (XPL): *Watznaueria britannica* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1964 (PNU/DRA57); 18 (XPL): *Watznaueria barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968 (PNU/DRA47); 19 (XPL), 20 (PPL): *Truncatoscapheus hexaporus* Moshkovitz & Ehrlich, 1976 (PNU/DRA14).

جدول ۱. رویدادهای زیستی نانوفسیلی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی ری‌آباد

Table 1. Nannofossil bioevents of the Dalichai section in the Reyabad stratigraphic section

نام گونه شاخص	رویداد زیستی	شماره نمونه	متراژ (از قاعده سازند بر حسب متر)
<i>Pseudoconus enigma</i>	اولین حضور	۱	قاعده سازند
<i>Ansulasphaera helvetica</i>	اولین حضور	۱۴	۳۵
<i>Pseudoconus enigma</i>	آخرین حضور	۲۱	۵۲.۵
<i>Stephanolithion bigotii bigotii</i>	اولین حضور	۳۱	۷۷.۵
<i>Stephanolithion bigotii maximum</i>	اولین حضور	۴۶	۱۱۵
<i>Stephanolithion bigotii maximum</i>	آخرین حضور	۵۳	۱۳۲.۵
<i>Lotharingius crucicentralis</i>	آخرین حضور	۶۰	۱۵۰

Stephanolithion bigotii maximum تعریف شده و بازه

زمانی آن کالوین است.

ملاحظات: اولین حضور گونه *Crepidolithus peiforata*

همزمان با قاعده زون رخ می‌دهد.

در این مطالعه، مرز پایین NJ13 با ثبت گونه نانوفسیلی

شاخص در نمونه شماره ۳۱ به شرح فوق و مرز بالایی زون

با اولین حضور *Stephanolithion bigotii maximum* در

نمونه شماره ۴۶ و در ۱۱۵ متری از قاعده سازند تعیین شد

(شکل ۳). ضخامت زون NJ13 از ۷۷/۵ متری قاعده تا ۱۱۵

متری قاعده و معادل ۳۷/۵ متر است.

زیست زون *Stephanolithion bigotii maximum* Zone (NJ14)

زون *Stephanolithion bigotii maximum* توسط مد

(۱۹۸۲) پیشنهاد شد. وی اولین حضور تا آخرین حضور

گونه‌ی *Stephanolithion bigotii maximum* را

نشان‌دهنده‌ی مرز پایین و بالایی این زون تعریف نمود. بازه

زمانی NJ14، کالوین تا آکسفوردین زیرین است. در این

مطالعه، براساس اولین حضور گونه *Stephanolithion*

bigotii maximum در نمونه شماره ۴۶ و آخرین حضور این

گونه در نمونه شماره ۵۳ و به ترتیب در ۱۱۵ و ۱۳۲/۵

متری از قاعده سازند، زیست‌زون NJ14 با ۱۷/۵ متر

ضخامت مشخص گردید (شکل ۳).

زیست زون *Cyclagelosphaera margerelii* Zone (NJ15)

زیست زون *Cyclagelosphaera margerelii* توسط بون و

همکاران (۱۹۸۸) معرفی شد. مرز زیرین و بالایی این زون

با مشاهده آخرین حضور *Stephanolithion bigotii*

maximum تا اولین حضور گونه *Stephanolithion*

brevispinus تعیین می‌شود. بازه زمانی آکسفوردین پیشین

تا کیمریجین پسین برای این زون در نظر گرفته شده است.

زیست زون *Ansulasphaera helvetica* Zone (NJ12)

این زون توسط بون و همکاران (۱۹۸۸) پیشنهاد شد.

نامبردگان اولین حضور گونه *Ansulasphaera helvetica*

و اولین حضور گونه *Stephanolithion bigotii bigotii* را

جهت تعیین محدوده زون NJ12 معرفی نمودند. سن این

زون باتونین پسین تا کالوین است.

ملاحظات: قاعده این زون همزمان با اولین حضور گونه

Stephanolithion hexum است. این زون به دو زیرزون

NJ12a (*Stephanolithion hexum* Subzone) از اولین

حضور *Ansulasphaera helvetica* تا آخرین حضور

Pseudoconus enigma (باتونین پسین تا کالوین) و

NJ12b (*Watznaueria manivitiae*) از آخرین حضور

Pseudoconus enigma تا اولین حضور *Stephanolithion*

bigotii bigotii (کالوین) تقسیم می‌شود.

در این مطالعه، محدوده زون NJ12 با اولین حضور

Ansulasphaera helvetica در نمونه شماره ۱۴ و اولین

حضور *Stephanolithion bigotii bigotii* در نمونه

شماره ۳۱ و در ۷۷.۵ متری از قاعده سازند تعیین شد

(شکل ۳). همچنین مبتنی بر آخرین حضور گونه

Pseudoconus enigma در نمونه شماره ۲۱ و در ۵۲/۵

متری از قاعده سازند، دو زیرزون NJ12 مطابق شکل ۳

مشخص گردید. لذا، ضخامت زون NJ12 از ۳۵ متری تا

۷۷/۵ متری از قاعده سازند و معادل ۴۲/۵ متر است. با

عنایت به ثبت رخداد نانوفسیلی شاخص مرز دو زیرزون در

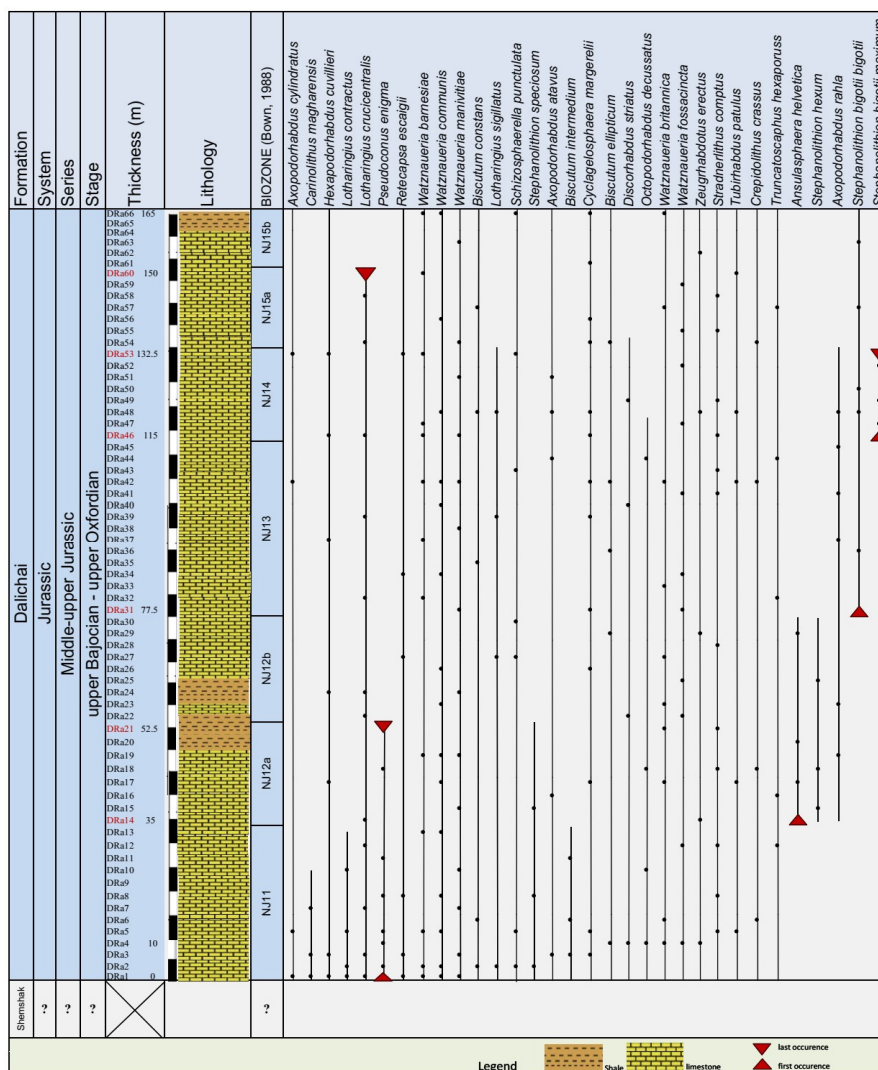
۵۲/۵ متری از قاعده، زیرزون NJ12a با ۱۷/۵ متر و زیرزون

NJ12b با ۲۵ متر ضخامت مشخص گردید.

زیست زون *Stephanolithion bigotii bigotii* Zone (NJ13)

زیست‌زون NJ13 توسط استردنر (۱۹۶۳) از اولین حضور

Stephanolithion bigotii bigotii تا اولین حضور



شکل ۳. ستون چینه‌سنگی، گسترش زیست‌چینه‌های نانوفسیل‌های آهکی و زیست‌زون‌های نانوفسیلی سازند دلیچای در برش ری‌آباد
Fig. 3. Lithostratigraphic column, distribution of calcareous nannofossils and nannofossil biozones of Dalichai Formation in the Reyabad stratigraphic section

ملاحظات: زیست‌زون NJ15 زونی طولانی و نشان‌دهنده یک دوره تکاملی در نانوفسیل‌های آهکی است. مجموعه‌های مرتبط با این زمان غالباً با حضور فراگیر گونه *Watznaueria britannica* مشخص می‌شوند و علاوه بر آن شامل گونه‌های *Axopodorhabdus cylindricus*, *Biscutum dubium*, *Cyclagelosphaera magerelii*, *Polypodorhabdus escaigii*, *Ethmorhabdus gallicus* *Staurolithites*, *Stephanolithion bigotii* *bigotii* *stradneri* و *Zeughrabdotus erectus* هستند. زیست‌زون NJ15 به دو زیرزون NJ15a (*Lotharingius*) *Stephanolithion* *crucicentralis*) از آخرین حضور *Stephanolithion* *bigotii* *maximum* تا آخرین حضور *Lotharingius* *crucicentralis*) با بازه زمانی آکسفوردین پسین تا کیمریجین پسین تقسیم می‌شود.

در نمونه‌های مورد مطالعه، بر اساس آخرین حضور از *Stephanolithion bigotii* *maximum* در نمونه شماره ۵۳، مرز پایینی این زون تعیین شد. اما اولین حضور *Stephanolithion brevispinus* در ضخامت مطالعه شده ثبت نشد. لذا، امکان تعیین مرز بالایی زیست‌زون NJ15 در این برش میسر نشد (شکل ۳). علاوه بر این، در نهشته‌های

آکسفوردین پسین و NJ15b (*Hexapodorhabdus*) *Lotharingius*) از آخرین حضور *Stephanolithion* *crucicentralis*) با بازه زمانی آکسفوردین پسین تا کیمریجین پسین تقسیم می‌شود.

NJ12a (*Ansulasphaera Helvetica* Zone)
 NJ12b (*Stephanolithion hexum* subzone)
 NJ13 (*Watznaueria manivitiae* subzone)
 NJ14 (*Stephanolithion bigotii bigotii* Zone)
 زیست‌زون NJ15 (*Stephanolithion bigotii maxum* Zone)، لبه پایینی
Cyclagelosphaera margerelii (Zone)
 NJ15a (*Lotharingius crucicentralis* subzone)
 و لبه پایینی NJ15b (*Hexapodorhabdus cuvillieri*)
 (subzone) از زون‌بندی بون و همکاران (۱۹۸۸) است. در
 این مطالعه اولین حضور *Pseudoconus enigma* در اولین
 نمونه مطالعه شده ثبت شد و مبتنی بر این رویداد
 نانوفسیلی، سن قاعده سازند باژوسین پسین است. علاوه بر
 آن، براساس آخرین حضور گونه *Lotharingius*
crucicentralis در ۱۵۰ متری از قاعده سازند و عدم ثبت
 گونه‌های نانوفسیلی مؤید وجود سایر زون‌ها، سن انتهای
 سازند در برش ری‌آباد، آکسفوردین پسین می‌باشد.

References

- Aghanbati, A. (2004) Geology of Iran. Geological Survey of Iran, 606 p. (in Persian)
- Alavi, M. (1991) Sedimentary and structural characteristics of the Paleoc-Tethys remnants in northeastern Iran. Geological society of America Bulletin, 103: 983-992.
- Alavi, M. (1996) Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountains in northern Iran. Journal of Geodynamics, 21(1): 1-33.
- Applegate, J. L., and Bergen, J. A. (1989) Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. Proceedings of the ODP. Scientific Results, 103: 293-348.
- Applegate, J. L., Bergen, L. A., Covington, J. M., and Wise, S. W. (1989) Lower Cretaceous calcareous nannofossils from continental margin drill sites off North Carolina (DSDP Leg 93) and Ponugal (ODP Leg 103): a comparison, in Nannofossils and their applications (eds Crux, L. A. and van Heck, S. E.), Ellis Horwood, Chichester, 212-222.
- Barsan Najjar, M., Hadavi, F., and Notghi Moghaddam, M. (2016) Biostratigraphy of the Dalichai Formation based on Calcareous nannofossils in Ferizi section. Proceedings of the 10th Conference of the Iranian Paleontology Association, Farhangian University of Neyshabur. (in Persian).
- Bolourchi, M. H. (1975) Etude geologique de la region d Avaj (NW de l'Iran). Geological Survey of Iran, Report No. 45: 1-233.

مورد مطالعه، بر اساس شواهد نانوفسیلی ثبت شده زیرزون NJ15a و لبه پایینی زیرزون NJ15b تعیین شد. ولی از آن جا که اولین حضور *Stephanolithion brevispinus* ثبت نشد، تعیین مرز بالایی NJ15b امکان‌پذیر نیست.

بنابر توضیحات ارائه شده و باتوجه به شواهد نانوفسیلی ثبت شده، از ۱۳۲/۵ متری قاعده، زیست‌زون NJ15 آغاز شده و ۳۲/۵ متر انتهای سازند در بازه زمانی ابتدای این زون نهشته شده است. همچنین، مبتنی بر آخرین حضور *Lotharingius crucicentralis* در نمونه شماره ۶۰ و در ۱۵۰ متری از قاعده سازند، از ۱۳۵ متری قاعده تا ۱۵۰ متری قاعده سازند و معادل ۱۵ متر از ۳۲/۵ متر انتهای، به زیرزون NJ15a تعلق دارد و از ۱۵۰ متری تا ۱۶۵ متری قاعده سازند و معادل ۱۵ متر پایانی، مقارن با آغاز زیرزون NJ15b است. لذا، با توجه به عدم ثبت شواهد فسیلی در انتهای‌ترین بخش سازند دلیچای، در این مطالعه تعیین بخش بالایی زیست‌زون NJ15 و بخش بالایی زیرزون NJ15b میسر نشد. به‌طور کلی، براساس گونه‌ها و مجموعه‌های نانوفسیلی شاخص که منجر به تعیین زیست‌زون‌های NJ11 تا NJ15b از زون‌بندی زیستی بون و همکاران (۱۹۸۸) شدند، رسوبات سازند دلیچای در برش ری‌آباد در بازه زمانی ژوراسیک میانی تا ژوراسیک پسین (باژوسین پسین تا آکسفوردین پسین) نهشته شده است. شایان ذکر است که شیری و هادوی (۲۰۲۱) و شیری و همکاران (۱۳۹۸) سن سازند را در برش‌های طالو و تپال، براساس نانوفسیل‌های آهکی، والانژینین تا بارمین پیشین و برسان و همکاران (۱۳۹۵) سن سازند را در برش فریزی، باتوجه به گونه‌های نانوفسیلی، باژوسین پیشین تا بریازین پیشین تعیین نموده‌اند. بنابرین، نتایج بدست آمده از این مطالعه با مطالعات صورت گرفته براساس آمونیت‌ها که سن سازند را در برش‌های مختلف از ژوراسیک میانی تا ژوراسیک پسین تعیین کرده‌اند، (مجیدی‌فرد، ۲۰۰۳، مطابقت دارد.

۶- نتیجه‌گیری

نهشته‌های ژوراسیک متعلق به سازند دلیچای واقع در برش چینه‌شناسی ری‌آباد حاوی ۳۲ گونه متعلق به ۱۹ جنس از نانوفسیل‌های آهکی هستند. مطالعات انجام شده بر روی نانوفسیل‌های موجود، معرف وجود زیست‌زون و زیرزون‌های NJ11 (*Pseudoconus enigma* Zone)، NJ12

- Bown, P. R. (1993) New holococcoliths from the Toarcian-Aalenian (Jurassic) of northern Germany. *Senckenbergiana Lethaea*, 73: 407-419.
- Bown, P. R., Cooper, M. K. E., and Lord, A. R. (1988) A calcareous nannofossil biozonation scheme for early to mid Mesozoic. *Newsletters on stratigraphy*, 20: 91-114.
- Bown, P. R., and Young, J. R. (1998) Techniques. In: Bown, P. R (Eds.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall, London, 16- 28. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4902-0_2.
- Bralower, T. J. (1987) Valanginian to Aptian calcareous nannofossil stratigraphy and correlation with the upper M-sequence magnet anomalies. *Marine Micropaleontology*, 11: 293-310.
- Bralower, T. J., Monechi, S., and Thierstein, H. R. (1989) Calcareous nannofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the geomagnetic polarity timescale. *Marine Micropaleontology*, 14 (1-3): 153-235.
- Dehbozorgi, A., Sajjadi, F., and Hashemi, H. (2013) Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran: Paleocological inferences, *Science China Earth Sciences*, 56 (12): 2107-2115. <https://doi.org/10.1007/s11430-013-4697-z>.
- Ghasemi-Nejad, E., Sabbaghiyan, H., and Mosaddegh, H. (2012) Paleobiogeographic implications of late Bajocian-late Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Central Alborz Mountain, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 43: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.08.006>.
- Hashemi Yazdi, F., Sajjadi, F., and Dehbozorgi, A. (2015) A new lycophyte miospore species from the Middle Jurassic of Iran. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(2): 251-260. <https://doi.org/10.4072/rbp.2015.2.06>.
- Mafi, A., Ghasemi-Nejad, E., Ashouri, A., and Vahidi-Nia, M. (2013) Dinoflagellate cysts from the upper Bajocian- lower Oxfordian of the Dalichai Formation in Binalud Mountains (NE Iran) their biostratigraphical and biogeographical significance. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(9): 3683-3692. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0976-4>.
- Medd, A. W. (1982) Nannofossil zonation of the English Middle and Upper Jurassic. *Marine Micropaleontology*, 7: 73-95. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(82\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0377-8398(82)90016-0).
- Majidifard, M. R. (2003) Biostratigraphy, lithostratigraphy, ammonite taxonomy and microfacies analysis of the Middle and Upper Jurassic of northeastern Iran: University of Wuerzburg, Ph.D. Thesis, 201 pp.
- Perch-Nielsen, K. (1985) Plankton Stratigraphy "Cenozoic Calcareous Nannofossils", In: Bolli, H. M., Saunders, J. B., and Perch-Nielsen, K (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, 427-554.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., and Bolourchi, M. H. (1985) Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (oberes Bajocium bis unteres Bathonium) der Umgebung von Abe - Garm (Avaj, NW - Zentraliran), *Zitteliana*, 12: 57-85.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., and Alavi-Naini, M. (1989) Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (Unterbathon) ostlich von Semnan (SE - Alborz, Iran), *Muncher Geowiss. Abhandlungen*, A. 15: 79-91.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., and Zeiss, A. (1995) Ammoniten aus der Dalichai - Formation (Mittlerer bis Oberer Jura) und der Lar - Formation (Oberer Jura) N Emamzadeh - Hashem (Zentralalborz, Nordirn). *Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*, 35: 39-52.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., and Behroozi, A. (1996) Ammoniten aus dem oberen Bajoc (Mittlerer Jura) des SE-Koppeh dagh und SEAlborz (NE-Iran). *Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*, 36: 87-106.
- Shiri, R., Hadavi, F., and Sajjadi Hazaveh, F. (2019) Biostratigraphy of the Delichai Formation based on calcareous nannofossils in the 10.1007/s12517-021-08856-9 e Western Tethys Ocean (Tepal section). *Oceanography*, 39 (8): 79-86. (in Persian).
- Shiri, R., and Hadavi, F. (2021) Calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoenvironment of the Dalichai (Lower Cretaceous) Formation (Talu Section) in eastern Alborz Mountains, northern Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 14(23).
- Sissingh, W. (1977) Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56 (1): 37-65.
- Steiger, R. (1966) Die Geologie der West-Firuzkuh-Area (Zentral Elburz/Iran). *Geologisches Institute der Eidgenossischen Technischen Hochschule und der Universität Zürich*, 68: 1-145.
- Stöcklin, J. (1972) *Lexique Stratigraphique International*. Fascicule 3(9b): 1-238.
- Stradner, H. (1963) New contributions to Mesozoic stratigraphy by means of nannofossils. *Proceedings of the Sixth World Petroleum Congress*, Section I, Paper, 4: 167-183.
- Thierslein, H. R. (1971) Tentative Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Zonation. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 64: 459-488.
- Thierstein, H. R. (1976) Mesozoic Calcareous Nannoplankton biostratigraphy of marine

- sediments. *Mar. Micropaleontol.*, 1: 325-362.
[https://doi.org/10.1016/0377-8398\(76\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0377-8398(76)90015-3).
- Watkins, D. K. (2007) Quantitative analysis of the calcareous nannofossil assemblages from CIROS-1, Victoria Land Basin, Antarctica. *Journal of Nannoplankton Research*, 29 (2): 130-137.
- Wheeler, J. W., and Sarjeant, W. A. S. (1990) Jurassic and Cretaceous palynomorphs from the central Alborz Mountains, Iran. Their significance in biostratigraphy and palaeogeography. *Modern Geology*, 14(4): 375.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R., and Zamani-Pedram, M. (2010) Facies analysis of a large-scale Jurassic shelflagoon: The Kamar-e-Mehdi Formation of east-central Iran. *Facies*, 56: 59-87.
<https://doi.org/10.1007/s10347-009-0190-8>.
- Young, J. R., Bown, P. R., and Lees, J. A. (2020) Nannotax3 website. International nannoplankton association. Retrieved from <http://www.mikrotax.org/Nannotax3>.