



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

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches

E-ISSN: 2423-8007

Vol. 42, Issue 3, No. 104, 2026, 53-78

Received: 01.02.2026

Accepted: 06.06.2026

Research Paper

Lithostratigraphy and biostratigraphy of Permian strata in the south of the Sanandaj–Sirjan Zone, western Kerman Province, based on foraminifera

Mohammad Javad Hassani* 

Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, End of Haftbagh Highway, Kerman, Iran.
Mj.hassani@kgut.ac.ir

Abstract

This study investigates the lithostratigraphy and biostratigraphy of the Permian strata in the west of Sirjan City, within the southern metamorphic Sanandaj–Sirjan Zone (SSZ). The measured section is bounded by faults at its base and top. The studied strata unconformably overlie the metamorphosed Permian–Carboniferous sedimentary deposits and are overlain primarily by the dolomitized and recrystallized Permian–Triassic metamorphic rocks. Fourteen lithostratigraphic units were identified, their characteristics shaped by both original sedimentary basin fluctuations and post-diagenetic metamorphism. The microfossil assemblage is notably distinct from those of adjacent structural zones, comprising 11 fusulinid and 29 smaller foraminifera species. This unique fauna suggests that during the Permian, the SSZ constituted an independent basin situated on the northern margin of the Neo-Tethys Ocean and the southern margin of the Cimmerian Superterrane. Based on the identified smaller foraminifera and fusulinids, the age of the studied section is constrained to the Bolorian through Murgabian (Middle to Late Permian).

Keywords: Permian, Sanandaj–Sirjan, lithostratigraphy, Biostratigraphy, smaller foraminifera

Introduction

The Sanandaj–Sirjan Zone (SSZ), extending 1500 km in length and 150–250 km in width, is one of the major structural zones of Iran (Aghanbati 2004). This zone contains sedimentary and igneous rocks ranging from Precambrian to Late Cretaceous, which have been intensely overprinted by multi-stage regional metamorphism under various metamorphic facies (Nadimi and Konon 2012; Mehdi-pour Ghazi and Moazzen 2015; Hassanzadeh & Wernicke 2016; Gharibnejad et al. 2022). A prominent stratigraphic feature distinguishing this zone from Central Iran and the Zagros is the widespread outcrops of the Permian marine strata, particularly in the Sirjan area. The study of the Permian deposits in the SSZ is complicated because they record the breakup of the Cimmerian supercontinent from the northern margin of Gondwana at the end of the Paleozoic and the subsequent birth of the Neo-Tethys Ocean. Field evidence indicates that from the latest Carboniferous to the Early Permian, a marine basin formed in the southern part of the SSZ, and its extent and depth increased progressively throughout the Permian. The occurrence of shelf deposits and diverse marine fossils points to the formation and development of a marine environment that later evolved into the Neo-Tethys Ocean during the Mesozoic. Despite the necessity of detailed stratigraphic investigations to resolve palaeogeographic uncertainties, the intense folding, fault displacements and regional metamorphism in this belt have largely destroyed original fossil content, texture, and sedimentary structures,

rendering conventional stratigraphic studies impossible in most areas. Nevertheless, these difficulties should not preclude stratigraphic efforts where feasible. Therefore, the present study focuses on the lithostratigraphy and biostratigraphy of the relatively undeformed and weakly metamorphosed Permian strata in the Sirjan area, located in the southern part of the SSZ. The aim is to determine the age of these deposits and to compare their faunal content (particularly small foraminifers and fusulinids) with other regions of Iran.

Material & Methods

The Permian deposit outcrop studied in this research is located in western Kerman Province, west of Sirjan city, within the SSZ (Fig. 1A). The outcrop lies west of the Sirjan salt marsh and northwest of the village of Kheyra-bad, accessible via the Sirjan–Kheyra-bad road and unpaved roads west of Kheyra-bad (Fig. 1B). The measured section is on the eastern slope of Mount Hezarchil at 55°11'57.41"E and 29°31'6.03"N. The study area is in the southern part of the SSZ. According to the 1:100,000 Zardu geological map (Sabzehei 1994), rock exposures near the section consist mainly of metamorphosed limestone and shale units of Late Paleozoic (Carboniferous–Permian) to Early Mesozoic (Triassic) age (Fig. 1C). These rocks have undergone intense folding and multiple fault displacements and appear dark (light brown to black) on satellite imagery (Fig. 1D). Forty-five samples were collected from the Permian outcrop.

*Corresponding author

Hassani M.J. (2026). Lithostratigraphy and biostratigraphy of Permian strata in the south of the Sanandaj–Sirjan Zone, western Kerman Province, based on foraminifera. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 42(3): 53-78. <https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148208.1327>

2423-8007 / © 2026 University of Isfahan

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



<https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148208.1327>

Due to faulted lower and upper boundaries, the outcrop limits were clearly distinguishable in the field (Fig. 2). During sampling, efforts were made to select samples with minimal recrystallization, stylolites, and other diagenetic or metamorphic effects. Sampling intervals were measured by tape, with denser and more regular sampling in fossiliferous, non-metamorphosed layers. The true thickness of the section is 195 m. Most samples showed fusulinid remains, but in many cases, the fusulinid tests were destroyed, leaving only recrystallized or replaced molds. Therefore, three thin sections were prepared from each fossiliferous sample and one thin section from each non-fossiliferous sample. Thin sections were studied using binocular and polarizing microscopes, and fossil content and petrographic features were photographed with a 10-megapixel camera. Microfossil identification followed multiple references, cited in the biostratigraphy section. Finally, the identified fossil content was plotted on the measured stratigraphic column, and the range of each fossil along the section was delineated. The fossil assemblage from the studied section was compared with those from other structural zones of Iran to establish the relationship between the study area and other geological domains.

Discussing of Results & Conclusion

The lower boundary of the studied section rests upon strongly deformed metamorphic sedimentary units due to fault activity. These units include fault breccia, metaconglomerate, and metaquartzite with interbeds of schists and marbles. Intense shearing in the underlying unit and brecciation at the base of the section confirm a faulted lower boundary (Fig. 2). Fifteen lithological units are distinguishable above the basal fault contact as follows (Fig. 2):

Unit 1 – Recrystallized and stylolitic limestone, 8 m thick (Fig. A3), with abundant calcite veins. Fusulinid remains occur as dissolved and calcite-replaced molds (Fig. B3, C3), most of which are unidentifiable. Unit 2 – Fossiliferous limestone, 17 m thick (Fig. A3), with much better-preserved texture and fossil content than the underlying layers. Unit 3 – Sandstone (litharenite/quartzarenite), 6 m thick, in sharp contact with the previous unit, showing cross-bedding (Fig. A3). Unit 4 – Uniformly thick-bedded fossiliferous limestone, 27 m thick (Fig. A3), where most identified species appear. Unit 5 – Thick-bedded, unfossiliferous, recrystallized dolomitic limestone, 11 m thick (Fig. A3). Unit 6 – Litharenitic sandstone, 3.5 m thick (Fig. A3). Unit 7 – Highly fossiliferous limestone, 3.8 m thick (Fig. A3). Unit 8 – Massive recrystallized limestone, 6.5 m thick (Fig. A3, A4), with dissolved/replaced fusulinid traces. Unit 9 – Medium- to thick-bedded fossiliferous limestone, 6 m thick (Fig. A4, B4) with lower fusulinid diversity compared to other microfossils. Unit 10 – Slightly metamorphosed shale, 3 m thick (Fig. B4). Unit 11 – Recrystallized calcareous sandstone, 5 m thick (Fig. B4, A5). Unit 12 – Intensely recrystallized and fractured massive limestone, 23 m thick (Fig. A5, B5). Unit 13 – Fossiliferous limestone succession, 54.7 m thick: Lower part medium- to thick-bedded, middle part thick-bedded to massive and the upper part medium- to thick-bedded limestones (Fig. B5). Unit 14 – Recrystallized, stylolitic dolomitic limestone with calcite veins, 14.5 m thick (Fig. B5, A6, B6). Unit 15 – Medium- to thick-bedded fossiliferous limestone, 6 m thick (Fig. B6), terminated upward by a fault contact. This unit is relatively rich in fossils, containing large fusulinids. Above the upper fault, thick-bedded to massive dolomitic succession (Fig. B6) with intense fracturing and abundant calcite veins are present.

Microscopic studies revealed two main foraminiferal groups: fusulinids and non-fusulinids. Fusulinids assemblage includes 11 genera and 11 species as *Afghanella* sp.,

Cancellina ovalis, *Codonofusiella* cf. *nana*, *Dunbarula* sp., *Eopolydiexodina persica*, *Grovesella* sp., *Mesoschubertella thompsoni*, *Misellina ovalis*, *Polydiexodina* sp., *Skinnerella* sp. and *Yangchienia* sp.

Non-fusulinid foraminifers include: *Climacammina* cf. *aljutovica*, *Climacammina elegans*, *Climacammina* cf. *procera*, *Climacammina* sp., *Climacammina* cf. *tudiola*, *Climacammina* valvulinoides, *Cribrogenerina gigas*, *Cribrogenerina major*, *Cribrogenerina sumatrana*, *Cribrostomum* sp., *Cryptoseptida* sp., *Deckerella* sp., *Deckerella composita*, *Deckerella geyeri*, *Deckerella* cf. *quadrata*, *Deckerella* cf. *tenuissima*, *Diplosphaerina inaequalis*, *Geinitzina* sp., *Langella conica*, *Langella* cf. *perforata*, *lunucammina* sp., *Nodosinelloides camerta*, *Pachyphloia* sp., *Padangia* sp., *Palaeotextularia* sp., *Palaeotextularia consobrina*, *Palaeotextularia bella* and *Palaeotextularia longiseptata*. The fossil assemblage of the studied section was compared with those reported from the Alborz, east-central Iran, and Zagros basins. The assemblage of the SSZ is almost unique and does not fully resemble neighboring zones. The Yazd Block (east-central Iran) – No fusulinid-bearing Permian strata; the Permian consists of dolomites of the Jamal Formation. Tabas Block (east-central Iran) – Fusulinids such as *Armenina* spp., *Misellina* spp., etc., show partial similarity up to the middle Kubergandian, but younger strata are unfossiliferous. Alborz (Ruteh Formation, Murgabian–Midian) – Fusulinids like *Dunbarula mathieui*, *Yangchienia haydeni*, and *Neoschwagerina margaritae* were reported but are absent in our section (likely because the Ruteh Formation is younger). Zagros (Dalan Formation) – *Eopolydiexodina persica* from Murgabian deposits matches the occurrence of the same species at the base of the Murgabian in our study. Thus, the studied assemblage shows the greatest similarity with east-central Iran (Tabas Block) and the Zagros, indicating a palaeogeographic affinity of the southern SSZ with these areas. During the Permian, the SSZ was part of the Cimmerian supercontinent (bordered by Paleo-Tethys to the north and Neo-Tethys to the south). The greater similarity with southern east-central Iran and the Zagros suggests that the studied section lay on the southern margin of the Cimmerian supercontinent, within the northern waters of the Neo-Tethys Ocean (Fig. 7).

Based on fusulinid ranges and correlation with previous studies (Leven 2003; Leven & Gorgij 2008, 2011a, b; Fassihi et al. 2019, 2020, 2023; Hosseini-pour 2024, among others), two biozones are recognized in the studied section (Figs. 8, 9):

Eopolydiexodina persica Zone – Murgabian age: This zone begins at 131 m above the base of the measured section. The Kubergandian–Murgabian transition is marked by the first appearance of *Eopolydiexodina persica*, *Afghanella* sp., and *Polydiexodina* sp., and the last occurrence of *Codonofusiella* cf. *nana* and *Cancellina ovalis*. Immediately before and after this transition, *Skinnerella* sp. becomes more abundant. At this level, various *Deckerella* species (formerly common) disappear, while diversity and abundance of *Cribrogenerina* increase.

Cancellina ovalis-*Codonofusiella nana* Assemblage Zone – middle–upper Kubergandian age: This biozone is recorded from 77 m above the base of the measured section. Within this zone, various species of *Deckerella* and *Palaeotextularia* are present in most samples.

At the base of the section, the Bolorian sediments exist, but due to a lithological change (fossiliferous limestone passing into sandstone) and the absence of fusulinids, the precise Bolorian–Kubergandian boundary cannot be determined. Therefore, this boundary is placed below the first sandstone unit, consistent with the last occurrence of *Misellina ovalis* (Leven 2003; Wang et al. 2018).



مطالعه سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین در جنوب کمربند دگرگونی سندج-سیرجان، غرب استان کرمان براساس روزنبران

محمدجواد حسنی* ، استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی

صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

Mj.hassani@kgut.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین در غرب شهر سیرجان، واقع در جنوب زون ساختاری کمربند دگرگونی سندج-سیرجان بررسی شده است. برش بررسی شده با مرزهایی گسله بر نهشته‌های دگرگون شده و در هم ریخته پرموکرینفر و در زیر نهشته‌های عمدتاً دولومیتی و ریکریستالیزه پرمو-تریاس قرار گرفته است. تعداد ۱۴ واحد سنگ چینه‌شناسی در برش تشخیص داده شده است که حاصل تغییرات سنگ‌شناسی ناشی از دگرگونی و نوسانات حوضه رسوبی‌اند. مجموعه روزنبران شناسایی شده در برش، شامل ۱۱ گونه از فوززولین‌ها و ۲۹ گونه از روزنبران کوچک است که در مقایسه با مطالعات انجام شده در دیگر زون‌های ساختاری مجاور منحصر به فرد است و نشان می‌دهد که زون ساختاری کمربند دگرگونی سندج-سیرجان در زمان پرمین به صورت حوضه رسوبی مستقری در شمال اقیانوس نئوتتیس و حاشه جنوبی ابر خشکی سیمین قرار داشته است. محدوده سنی برش مطالعه شده نیز براساس روزنبران کوچک و فوززولین‌های شناسایی شده، Bolorian تا Murgabian پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرمین، سندج سیرجان، سنگ چینه‌نگاری، زیست چینه‌نگاری، روزنبران کوچک.

* نویسنده مسئول

حسینی، محمدجواد. (۱۴۰۵). مطالعه سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین در جنوب کمربند دگرگونی سندج-سیرجان، غرب استان کرمان براساس روزنبران. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۴۲(۳): ۷۸-۵۳. <https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148208.1327>



مقدمه

کمربند دگرگونی سنندج-سیرجان با طول ۱۵۰۰ کیلومتر و عرض ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، یکی از زون‌های مهم ساختمانی ایران است (Aghanbati 2004). در این زون ساختمانی، نهشته‌های رسوبی و سنگ‌های آذرین از پرکامبرین تا اواخر کرتاسه وجود دارند که در اثر فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای به شدت و در چند مرحله در رخساره‌های دگرگونی مختلف دگرگون شده‌اند (Fergusson et al. 2016; Gharibnejad et al. 2022; Ghasemi and Talbot 2006; Hassanzadeh and Wernicke 2016; Mehdipour Ghazi and Moazzen 2015; Mohajjel et al. 2012; Nadimi and Konon 2003). یکی از تفاوت‌های آشکار چینه‌شناختی این زون با ایران مرکزی و زاگرس، گسترش نهشته‌های دریایی آهکی و شیلی پرمین، به‌خصوص در ناحیه سیرجان، است. اهمیت مطالعه نهشته‌های پرمین در زون سنندج-سیرجان در این امر نهفته و این نهشته‌ها به‌نوعی نمایشگر وقایع و تاریخ جداشدن ابر خشکی سیمرین از لبه شمالی گندوانا در انتهای پالئوزوئیک و تولد اقیانوس تتیس جوان‌اند. آنچه در یک نگاه اجمالی به نهشته‌های پرمین در ناحیه مطالعه‌شده و پهنه جنوب زون سنندج-سیرجان پی برده می‌شود، این است که در فاصله زمانی انتهای کربنیفر تا اوایل پرمین، حوضه‌ای دریایی در جنوب زون سنندج-سیرجان شکل گرفته و در طول پرمین، مدام بر گستره طولی و عمق آن افزوده شده است. وجود نهشته‌هایی ماسه‌سنگی مربوط به لبه قاره تا لایه‌های آهکی دارای مواد آلی و بدبو و دارای انواع فسیل‌های دریایی، نشان‌دهنده تولد و توسعه یک محیط دریایی بوده و بعد از آن با گسترش بیشتر در طول دوران میانه، زیستی به اقیانوس تتیس جوان تبدیل شده است. با وجود اهمیت و لزوم انجام بررسی‌های چینه‌نگاری مختلف برای برطرف کردن ابهامات دیرینه زمین‌شناسی، شدت چین‌خوردگی و جابه‌جایی‌های گسلی و همچنین دگرگونی در کمربند ساختمانی دگرگونی سنندج-سیرجان به گونه‌ای است که در بسیاری از موارد، محتوای فسیلی و ساخت و بافت ابتدایی لایه‌ها کاملاً عوض شده است و انجام مطالعات معمول چینه‌نگاری در این زون ممکن نیست. علاوه بر دگرگونی

ناحیه‌ای با درجات مختلف، فعالیت‌های ساختمانی شدیدی همچون انواع گسل‌های عمدتاً معکوس با مؤلفه راستا لغز باعث جابه‌جایی، تکرار و حذف لایه‌ها در این زون شده‌اند. از سوی دیگر، مشکلات و محدودیت‌های ناشی از دگرگونی و در هم ریختگی لایه‌های رسوبی ناشی از فعالیت‌های زمین‌ساختی، نباید مانع انجام مطالعات چینه‌نگاری در حد ممکن باشد؛ از این رو، مطالعه حاضر زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین را در یکی از رخنمون‌های تقریباً دست‌نخورده و دگرگون‌نشده در ناحیه سیرجان بررسی و مطالعه کرده است. هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های نسبتاً دگرگون‌نشده پرمین در جنوب زون ساختمانی کمربند دگرگونی سنندج-سیرجان برای تعیین سن و مقایسه فونای موجود در این لایه‌ها با دیگر نقاط ایران بوده است. در این مطالعه، از محتوای فسیلی محفوظ‌مانده از روزنبران کوچک و فوزولین‌ها برای رسیدن به هدف پژوهش استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

مطالعات مربوط به چینه‌نگاری پرمین در ایران سابقه‌ای طولانی دارد. عمده مطالعات بر طبقات پرمین در زون‌های ساختمانی البرز و پس از آن ایران مرکزی متمرکز بوده است که دلیل آن شاید دسترسی آسان‌تر، دگرگونی و در هم ریختگی کمتر و وجود نوعی پیوستگی و مشابهت با نهشته‌های پرمین در شمال ایران (روسیه و سیبری، شرق اروپا و ترکیه) باشد. از مهم‌ترین و جدیدترین مطالعات انجام‌شده مرتبط با این پژوهش در زون ساختمانی البرز، به مطالعات علیپور و همکاران (Alipour et al. 2012)، عارفی‌فرد و دیویدوف (Arefi 2015; Fard and Davydov 2015)، ابراهیم‌نژاد و همکاران (Ebrahim 2015; Nejad et al. 2015)، گتانی و همکاران (Gaetani et al. 2009)، لوون و یاراحمدزهی (Leven and Yarahmadzahi 2020)، مهدوی و وزیری (Mahdavi and Vaziri 2010)، رضازاده و همکاران (Rezazadeh et al. 2025)، صادقی و همکاران (Sedighian et al. 2016)، وچارد و یاراحمدزهی (Vachard and Yarahmadzahi 2014) و یاراحمد زهی و همکاران

فوزولین‌های سازند دالان در زاگرس، پرویزی و همکاران (2013, Parvizi et al.) بر جلبک‌های سازند دالان در کوه دنا، رفیعی و همکاران (2014, Rafiee et al.) بر سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری سازند دالان در کوه سورمه و ژابو و خرد پیر (1978, Szabo and Kheradpir) بر چینه‌نگاری پرمین و تریاس زاگرس اشاره می‌شود.

در زون ساختاری سهند-سیرجان به دلیل دگرگونی شدید لایه‌های آهکی فسیل‌دار، مطالعات محدودی انجام شده است که مهم‌ترین و جدیدترین آنها شامل مطالعات لون و گرگیج در نقاط مختلف زون کمربند دگرگونی سهند-سیرجان از جمله غرب سیرجان (2008, Leven & Gorgij)، سازند وژنان در شمال اسدآباد (2011a, Leven & Gorgij) و غرب زون سهند-سیرجان (2011b, Leven & Gorgij) اشاره می‌شود که ایشان در مطالعات یادشده، فوزولین‌های موجود در لایه‌های رسوبی و تعیین سن نهشته‌ها را براساس فوزولین‌ها شناسایی و معرفی کرده‌اند. فصیحی و همکاران (2019, Fassihi et al.)، فوزولین‌های مرز کربنیفر-پرمین را در منطقه آباده مطالعه و مرز یادشده را براساس فوزولین‌ها تعیین کرده‌اند. ایشان همچنین تاکسونومی روزنبران کوچک کربنیفر و پرمین را در برش‌های بناریز و تنگ درچاله مطالعه و منتشر کرده‌اند (2020, Fassihi et al.). فصیحی و همکاران (2023, Fassihi et al.) نیز، زیست چینه‌نگاری نهشته‌های می‌سی‌سی‌پین و پنسیلوانین را براساس مجموعه روزنبران موجود در آنها در برش اسدآباد مطالعه کرده‌اند. شیرزاده اصفهانی و همکاران (Shirezadeh, 2019, Esfahani et al.)، سنگ چینه‌نگاری و محیط دیرینه نهشته‌های کربنیفر و پرمین را در برش‌های اسدآباد، بناریز و تنگ درچاله مطالعه و بازنگری کرده‌اند. کوبایاشی و ایشی، فوزولین‌های موجود در نهشته‌های پرمین را در رخنمون سازند سورمق در آباده مطالعه و معرفی و به گستره دیرینه جغرافیایی آنها توجه کرده‌اند (2003a, b, Kobayashi & Ishii)، شاهین‌فر و همکاران (2020, Shahinfar et al.) زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین را در دره همبست در نزدیکی آباده مطالعه کرده‌اند. یاراحمدزهی و واچارد (2019, Yarahmadzahi & Vachard)

(2016, Yarahmadzahi et al.) اشاره می‌شود که بیشتر بر نهشته‌های سازندهای درود و روته و معادل‌های سنی آنها در منطقه شمال غربی ایران، آذربایجان و قفقاز متمرکز بوده و زیست چینه‌نگاری و تعیین سن نهشته‌ها را براساس فوزولین‌ها بررسی کرده‌اند.

جدیدترین تحقیقات مشابه با پژوهش حاضر در پهنه زون ساختاری ایران مرکزی و شرق ایران، عبارت‌اند از: مطالعات عارفی‌فرد (2016, Arefi Fard) بر نهشته‌های پرمین شرق ایران مرکزی، فیلیموا (2013, Filimonova) بر ریزروزنبران پرمین در ناحیه طبس، همپ و همکاران (2013, Hampe et al.) بر لایه‌های پرمین در برش باغوک در ایران مرکزی، جلالی و همکاران (2021, 2023, Jalali et al.) بر فوزولین‌های برش زلدو در ایران مرکزی، لوون و گرگیج از نهشته‌های پرمین ناحیه انارک (2005, 2006, Leven and Gorgij) و برش راهدار در بلوک کلمرد (2013, Leven and Gorgij)، لوون و طاهری (Leven & Taheri, 2003) از نهشته‌های پرمین در ناحیه ازبیک کوه، پرتوآذر و همکاران (2014, Partoazar et al.) از فوزولین‌های سازند جمال در برش باغ ونگ، یاراحمدزهی و همکاران (Yarahmadzahi, 2013, 2014, et al.) از فوزولین‌ها و روزنبران کوچک نهشته‌های پرمین در نقاط مختلف ایران مرکزی، یاراحمد زهی و واچارد (2017, Yarahmadzahi and Vachard) از روزنبران کوچک و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین در ازبیک کوه و یاسبلاخی شرابی و همکاران (2020, Yasbolaghi Sharahi et al.) از فوزولین‌های شمال طبس.

در زون ساختاری زاگرس نیز از مطالعات انجام‌شده، با موضوع بررسی خصوصیات مختلف نهشته‌های پرمین، به مطالعه داگلاس (1950, Douglas) بر فوزولین‌های جنوب ایران و بلوچستان، کلانتری (1995, Kalantari) بر زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین در زون زاگرس، عابدینی و همکاران (2017, Abedini et al.) بر نهشته‌های سیستم پرمین در ناحیه گهک، بیات و همکاران (2017, Bayat et al.) بر گونه‌های مختلف گلوبیوالونیا در نهشته‌های پرمین زاگرس مرتفع، دیویدوف و عارفی‌فرد (2013, Davydov and Arefi Fard) بر

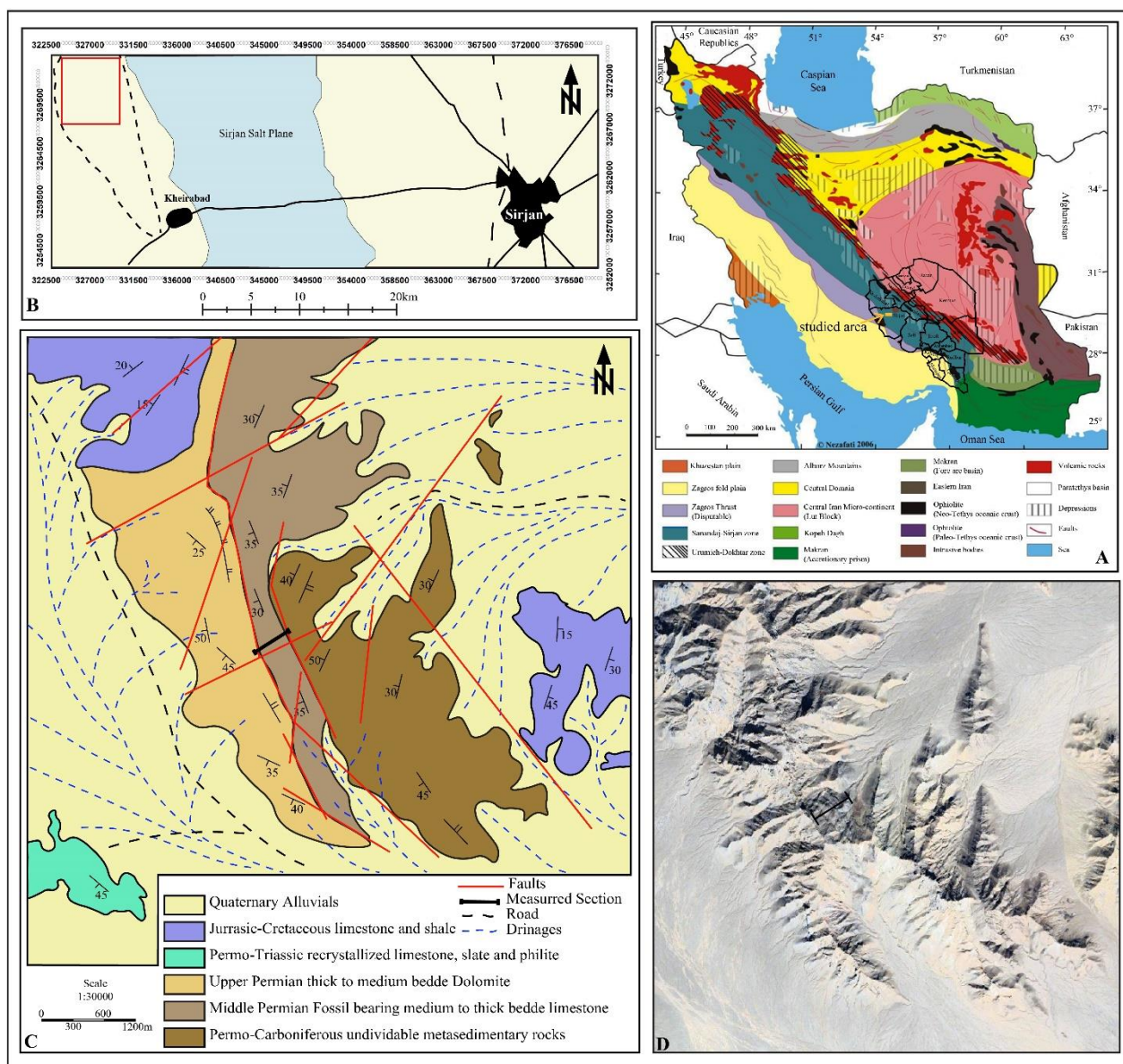
روزنبران کوچک را از رخنمون نهشته‌های پرمین در برش اسد آباد شناسایی و معرفی و زیست چینه‌نگاری نهشته‌های مذکور را براساس روزنبران کوچک بررسی کرده‌اند. حسینی‌پور (2024 Hosseinipour) یکی از کامل‌ترین رخنمون‌های پرمین در شمال معدن گلگهر در جنوب غرب سیرجان را مطالعه و زیست چینه‌نگاری این نهشته‌های برش براساس فوزولین‌های موجود در آنها را بررسی کرده است.

روش کار و شیوه انجام مطالعه

موقعیت جغرافیایی و جایگاه زمین‌شناسی برش مطالعه‌شده

رخنمون نهشته‌های پرمین مطالعه‌شده در این پژوهش در غرب استان کرمان، غرب شهرستان سیرجان و قلمرو زون ساختاری سنندج-سیرجان قرار دارد (شکل A۱). محدوده این رخنمون در غرب کفه نمکی سیرجان و شمال غربی آبادی معروف خیرآباد واقع شده و از طریق جاده سیرجان-خیرآباد و جاده‌های خاکی غرب خیرآباد در دسترس است (شکل B۱).

برش بررسی‌شده در دامنه شرقی کوه هزارچیل اندازه‌گیری شده و مختصات جغرافیایی قاعده آن $29^{\circ}31'6''$ عرض شمالی است. محدوده شرقی و $55^{\circ}11'57''$ طول شرقی و $29^{\circ}31'6''$ عرض شمالی است. محدوده مطالعه‌شده در جنوب زون ساختاری سنندج-سیرجان واقع شده است که رخنمون‌های سنگی موجود در حوالی برش مطالعه‌شده براساس اطلاعات موجود در برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زردو (Sabzehei 1994) شامل واحدهای رسوبی عمدتاً آهکی و شیلی دگرگون‌شده به دیرینگی انتهای پالئوزوئیک (کربنیفر-پرمین) و اوایل مزوزوئیک (تریاس) هستند (شکل C۱). این واحدهای سنگی متحمل چین‌خوردگی و جابه‌جایی‌های متعدد گسلی و در تصاویر ماهواره‌ای به رنگ تیره (قهوه‌ای روشن تا سیاه) دیده می‌شوند (شکل D۱). موقعیت جغرافیایی یادشده و طبیعت دگرگونی رخساره‌های سنگی موجود در ناحیه، همگی قرارگرفتن برش مطالعه‌شده در زون ساختاری کمربند دگرگونی سنندج-سیرجان را تأیید می‌کنند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی برش مطالعه‌شده: (A) موقعیت محدودهٔ رخنمون برش مطالعه‌شده نسبت به زون‌های ساختاری ایران و استان کرمان؛ (B) راه‌های دسترسی به محل برش مطالعه‌شده واقع در غرب شهر سیرجان؛ (C) نقشهٔ زمین‌شناسی محدودهٔ رخنمون برش مطالعه‌شده (براساس 1994 Sabzehei)؛ (D) سیمای کلی محدوده و موقعیت برش مطالعه‌شده در تصاویر ماهواره‌ای (برگرفته از Google Earth).

Fig 1- The location map of the studied section; A) the location of the outcrop of the studied section in structural zones of Iran and the Kerman Province; B) The access map the studied section in the west of the Sirjan; C) the simplified and corrected geological map of the studied section's surrounding area (after Sabzehei 1994); D) the satellite image of the studied area (Google Earth).

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

اندازه‌گیری‌ها در راستای عمود بر لایه‌بندی انجام شده است. با توجه به دگرگونی لایه‌های مطالعه‌شده، حین نمونه‌برداری سعی شده است تا نمونه‌هایی با کمترین میزان از تبلور مجدد، استیلولیت و دیگر آثار دگرگونی انتخاب و برداشت شوند. فواصل نمونه‌برداری با متر اندازه‌گیری و در لایه‌های

با توجه به اهداف این مطالعه، از رخنمون نهشته‌های پرمین تعداد ۴۵ نمونه برداشت شده است. با توجه به گسله‌بودن مرزهای زیرین و بالایی برش، حدود رخنمون مطالعه‌شده در صحرا کاملاً تشخیص‌شده‌ای بوده (شکل ۲) و پیمایش و

برش بررسی‌شده با مطالعات انجام‌شده در دیگر زون‌های ساختاری مقایسه شده است تا ارتباط محدوده مطالعه‌شده با دیگر نواحی زمین‌شناختی ایران بررسی شود.

بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش

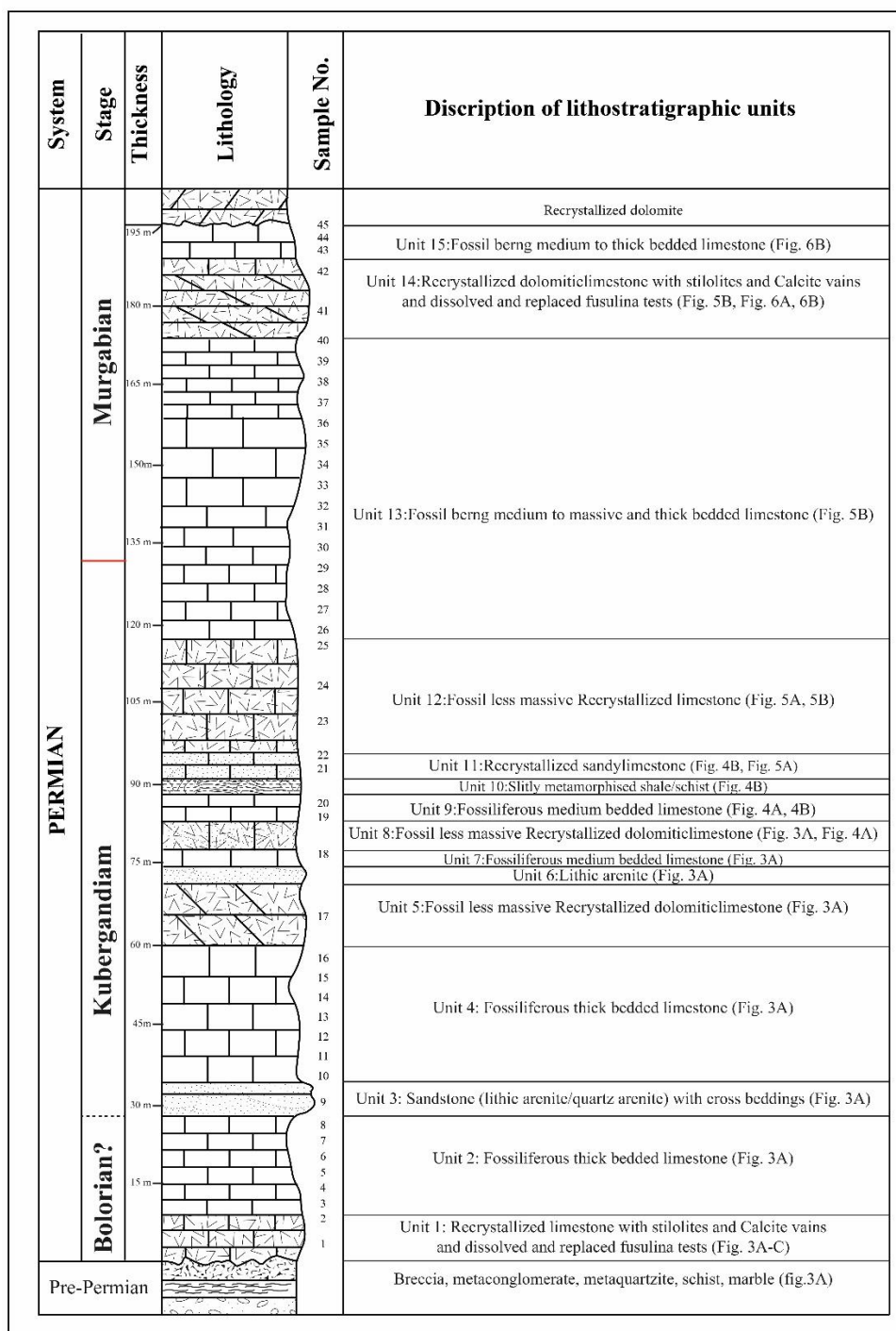
سنگ چینه‌نگاری

قاعده برش مطالعه‌شده بر واحدهای رسوبی دگرگون‌شده‌ای قرار داشته است که به دلیل فعالیت گسل به شدت دچار در هم ریختگی اند. این واحدها شامل مجموعه‌ای از برش گسلی، متا کنگلومرا و متاکوارتزیت با میان‌لایه‌های شایست و مرمند. وجود آثار در هم ریختگی شدید در واحد زیرین و همچنین خردشدگی در واحدهای قاعده برش، گسله‌بودن مرز زیرین را مسجل می‌کند. انتخاب مرزهای گسله در این پژوهش، ناشی از جبر طبیعت رخنمون و محدوده مطالعاتی است؛ به‌طوری که در محل رخنمون، تمامی محدوده گسترش لایه‌های مطالعه‌شده از بالا و پایین با گسل‌ها، که خود این گسل‌ها نیز بارها با گسل‌های جوان‌تر جابه‌جا شده‌اند، محدود می‌شوند. چنین سیمایی گسله و در هم ریخته در زون ساختاری کمربند دگرگونی سهندج-سیرجان، معمول و شایع است. در برش مطالعه‌شده، براساس خصوصیات سنگ‌شناسی و مشاهدات صحرایی، تعداد ۱۵ واحد سنگی، بعد از گسل قاعده برش تشخیص‌دانی‌اند (شکل ۲).

دگرگون‌نشده فسیل‌دار متراکم‌تر و منظم‌تر انتخاب شده‌اند. در فرایند نمونه‌برداری سعی شده است تا بیشینه ضخامت برش پیمایش شود. ضخامت حقیقی برش در امتداد بیشینه براساس میزان شیب و جهت شیب لایه‌ها بالغ بر ۱۹۵ متر است.

روش انجام مطالعه

نمونه‌های برداشته‌شده از برش در بسیاری از موارد دارای آثار فوزولین بوده است که در بسیاری از موارد، صدف فوزولین‌ها از بین رفته و تنها قالب تبلور مجددیافته یا جایگزین‌شده آنها باقی مانده است؛ از همین رو و همچنین برای دیده‌شدن حداکثری محتوای فسیلی، از هر نمونه فسیل‌دار تعداد سه مقطع نازک میکروسکوپی و از هر نمونه بدون فسیل، یک مقطع میکروسکوپی تهیه شده است. مقاطع با میکروسکوپ‌های دوچشمی فسیل‌شناسی و پلاریزان مطالعه و از محتوای فسیلی و خصوصیات سنگ‌شناسی آنها با سیستم تصویربرداری با قدرت تفکیک ۱۰ مگاپیکسل تصویربرداری شده است. برای شناسایی میکروفسیل‌ها از منابع متعددی استفاده شده است که به اهم آنها در بخش مطالعات زیست چینه‌نگاری اشاره شده است. درنهایت محتوای فسیلی تشخیص داده شده در هر نمونه، در مقابل ستون چینه‌نگاری تهیه‌شده قرار گرفته و محدوده حضور هر فسیل در امتداد برش ترسیم شده است. مجموعه فسیل‌های شناسایی‌شده در



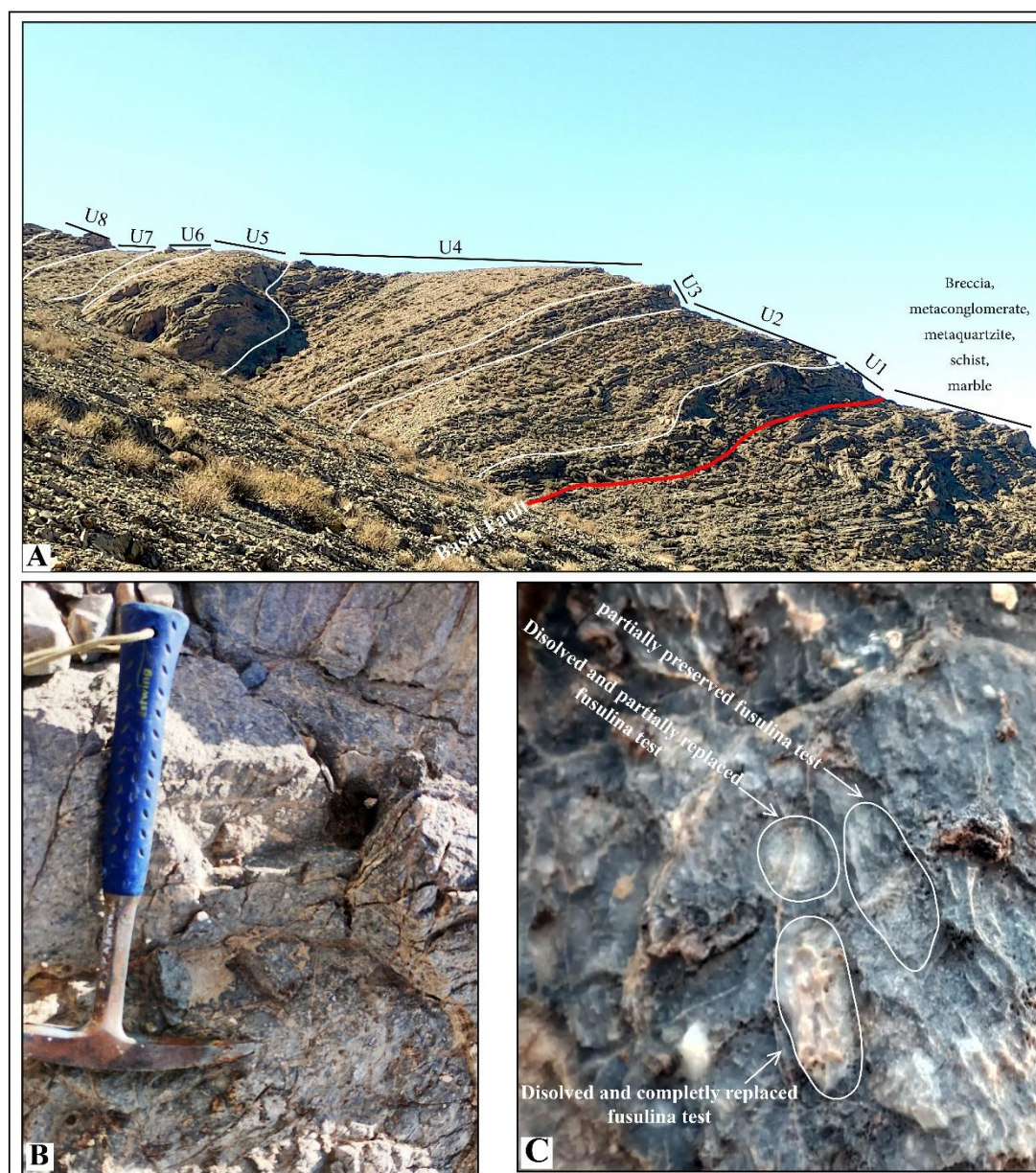
شکل ۲- ستون چینه‌نگاری برش مطالعه‌شده به همراه خلاصه خصوصیات هر واحد سنگ چینه‌ای و راهنمای

شماره اشکال صحرایی

Fig 2- The stratigraphic column of the studied section with the brief description of lithostratigraphic unites and field images numbers

مربوط به این واحد، آثار فورولین‌ها به صورت قالب‌هایی حل شده و جایگزین شده با کلسیت مشاهده می‌شود (شکل ۳B, C) که متأسفانه بسیاری از آنها شناسایی شدنی نیستند.

اولین واحد سنگ چینه‌ای که لایه‌های آن همراستا با بقیه لایه‌های برش‌اند، از آهک ریکریستالیزه و استیلولیتی با ضخامتی بالغ بر ۸ متر تشکیل شده است (شکل ۳A) که رگه‌های کلسیت فراوانی نیز در آن دیده می‌شوند. در لایه‌های



شکل ۳- A) سیمای صحرایی نیمه‌ابتدایی برش؛ B) سیمای صحرایی طبقات ریکریستالیزه قاعده برش؛ C) نمایی نزدیک از صدف فوزولین‌های مختلف با درجات مختلف حفظ‌شدگی در طبقات قاعده‌ای برش

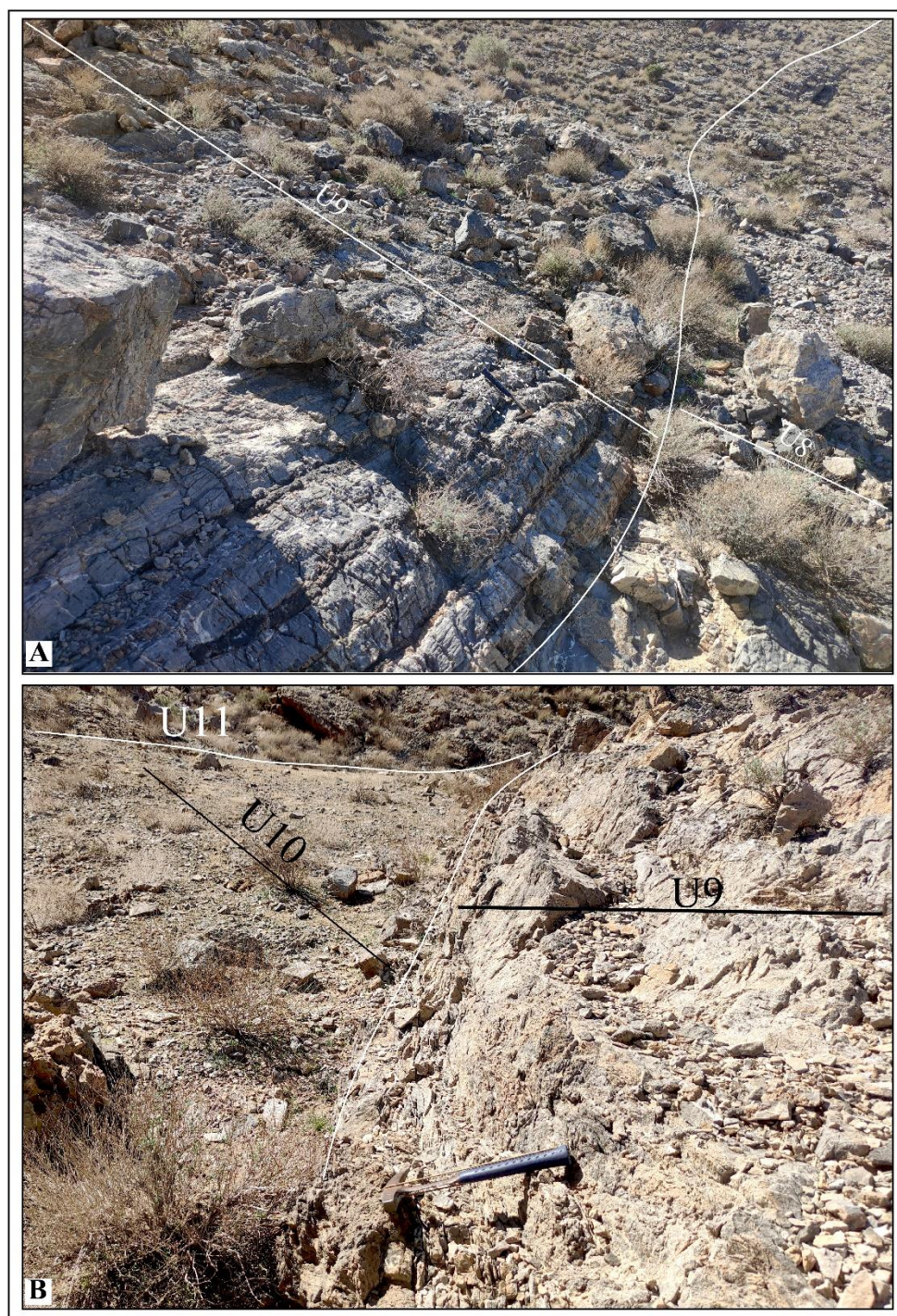
Fig 3- A) the field view the studied section; B) the outcrop view of the basal re-crystallized layers of the section; C) the macro photograph of the fusulinid tests with various preservation states in the basal layers of the section

می‌شود، ۶ متر است (شکل ۳A). پس از لایه‌های ماسه‌سنگی، ۲۷ متر آهک فسیل‌دار با لایه‌بندی یکنواخت و ضخیم رخمون دارد (شکل ۳A) که بسیاری از گونه‌های شناسایی شده در این واحد ظاهر شده‌اند. این واحد آهکی فسیل‌دار با یک توالی ۱۱ متری از آهک دولومیتی ضخیم‌لایه (شکل ۳A) بدون فسیل و ریکریستالیزه پوشیده شده است. پس از واحد آهک دولومیتی

در ادامه، ۱۷ متر آهک فسیل‌دار رخمون داشته (شکل ۳A) است که بافت و محتوای فسیلی لایه‌های آن نسبت به لایه‌های زیرین، به مراتب حفظ شده‌اند. این واحد از بالا با لایه‌های ماسه‌سنگی (لیت آرنایت/کوآرتزآرنایت) با گذری ناگهانی محدود می‌شود. ضخامت مجموع لایه‌های ماسه‌سنگی، که در آنها آثار طبقه‌بندی مورب نیز مشاهده

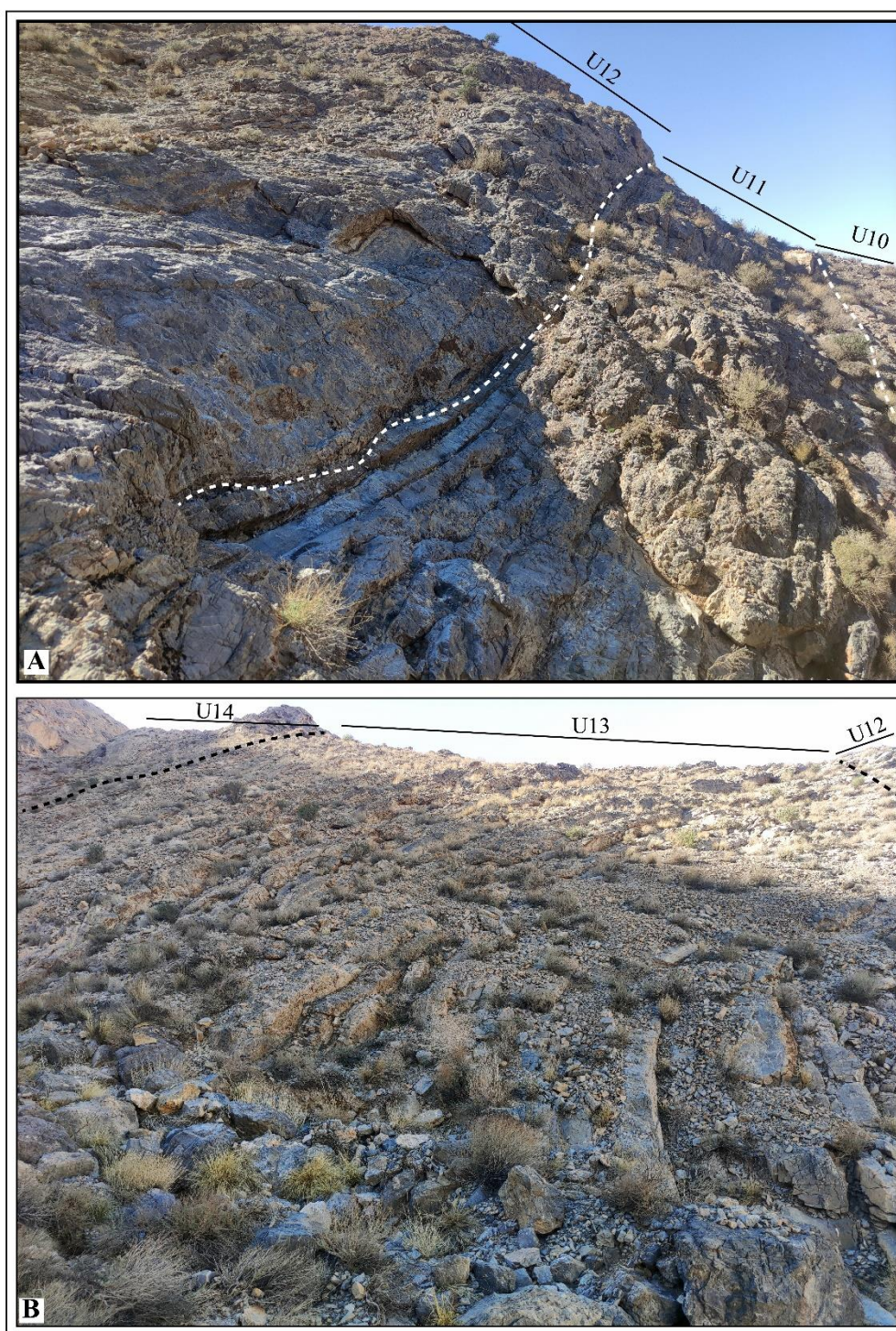
مذکور، لایه‌ای از ماسه‌سنگ لیت آرنایتی با ۳/۵ متر ضخامت قرار داشته است (شکل ۳A) که پس از آن ۳/۸ متر آهک پرفسیل رخنمون دارد (شکل ۳A). واحد سنگ چینه‌ای بعدی لایه‌ای توده‌ای از آهک ریکریستالیزه به ضخامت ۶/۵ متر بوده (اشکال ۳A و ۴A) است که در این لایه نیز آثار فوزولین‌های حل و جایگزین شده مشاهده می‌شود. واحد بعدی توالی ۶ متری از آهک متوسط تا ضخیم‌لایه (اشکال ۴A و ۴B) فسیل‌دار است که تنوع فوزولین‌ها در آن در مقایسه با بقیه میکروفسیل‌ها کمتر است. واحدهای سنگ چینه‌ای بعدی که بدون فسیل نیز بوده‌اند، به ترتیب شامل ۳ متر شیل تقریباً دگرگون‌شده (شکل ۴B)، ۵ متر آهک ماسه‌ای ریکریستالیزه (اشکال ۴B و ۵A) و ۲۳ متر آهک توده‌ای (اشکال ۵A و ۵B) به‌شدت ریکریستالیزه و خردشده‌اند. واحد سنگ چینه‌ای بعدی درمجموع از توالی لایه‌های آهک فسیل‌دار به ضخامت ۵۴/۷ متر تشکیل شده است که در بخش زیرین متوسط تا ضخیم‌لایه، در بخش میانی ضخیم‌لایه تا توده‌ای و در بخش بالایی مجدداً متوسط تا ضخیم‌لایه است (شکل ۵B). این

توالی آهکی از بالا با یک توالی توده‌ای از آهک دولومیتی ریکریستالیزه و استیلولیتی با رگه‌های کلسیت به ضخامت ۱۴/۵ متر محدود می‌شود (اشکال ۵B، ۶A و ۶B). آخرین واحد سنگ چینه‌ای برش، یک توالی ۶ متری از آهک متوسط تا ضخیم‌لایه (شکل ۶B) فسیل‌دار بوده است که از بالا به سطحی گسلی محدود می‌شود. این واحد نسبتاً پر فسیل است و فوزولین‌های بزرگ و فراوانی در آن مشاهده می‌شوند. واحد بعد از گسل فوقانی برش از توالی‌های ضخیم تا توده‌ای دولومیتی (شکل ۶B) ریکریستالیزه با خردشدگی و رگه‌های کلسیتی فراوان تشکیل شده است که هیچ‌گونه آثاری از فسیل در آن دیده نمی‌شود و بر اساس داده‌های نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زردو (Sabzehei 1994) به سن پرمین پسین-تریاس‌اند. شایان ذکر است که سنگ چینه‌نگاری ذکرشده در محل برش مطالعه‌شده در بسیاری از رخنمون‌های نهشته‌های پرمین در جنوب کمربند دگرگونی ساندج-سیرجان عمومیت داشته است، با این تفاوت که شدت دگرگونی و محل گسل‌ها از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر متفاوت است.



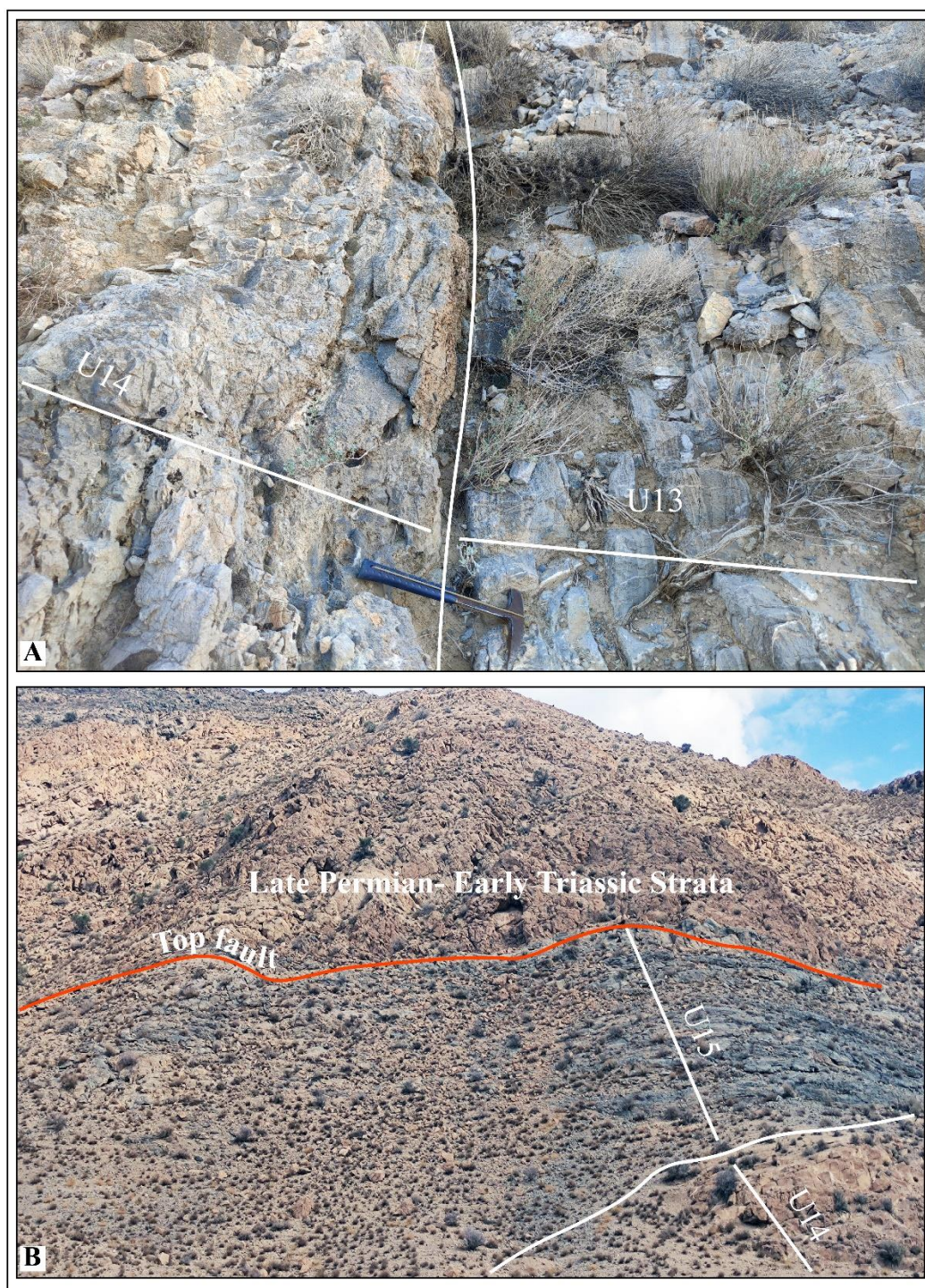
شکل ۴- A) سیمای صحرایی محل گذر واحد سنگ چینه‌ای هشتم و نهم؛ B) سیمای صحرایی محل گذر واحدهای سنگ چینه‌ای نهم، دهم و یازدهم

Fig 4- A) Field view of the boundary between lithostratigraphic units 8 and 9; B) Field view of the boundary between lithostratigraphic units 9, 10, and 11



شکل ۵- A) سیمای صحرایی و محل گذر واحد سنگ چینه‌ای دهم، یازدهم و دوازدهم؛ B) سیمای صحرایی و محل گذر واحدهای سنگ چینه‌ای دوازدهم، سیزدهم و چهاردهم

Fig 5- A) Field view and the boundary between lithostratigraphic units 10, 11, and 12; B) Field view and the boundary between lithostratigraphic units 12, 13, and 14



شکل ۶- A) سیمای صحرایی محل گذر واحد سنگ چینه‌ای سیزدهم و چهاردهم؛ B) سیمای صحرایی و محل گذر واحدهای سنگ چینه‌ای چهاردهم و پانزدهم به همراه سیمای صحرایی محل گسل فوقانی و لایه‌های پوشاننده بالایی برش مطالعه‌شده

Fig 6- A) Field view of the boundary between lithostratigraphic units 13 and 14; B) Field view and the boundary between lithostratigraphic units 14 and 15, along with the field view of the upper fault and the overlying layers of the studied section

فسیل‌شناسی و پالئوژئوگرافی

با توجه به اهمیت تعیین محتوای فسیلی در مطالعات چینه‌نگاری، در این پژوهش نیز سعی شده است تا فسیل‌های موجود در نهشته‌ها شناسایی و معرفی شود. وجود روزنبران کف‌زی بزرگ و کوچک در نهشته‌های بررسی‌شده، از نکات درخور توجه و بسیار مفید در راستای مطالعه چینه‌نگاری بوده است. براساس مطالعات میکروسکوپی انجام‌شده، دو گروه اصلی از روزنبران شناسایی شده است که شامل فوزولین‌ها و غیر فوزولین‌ها هستند. از فوزولین‌ها تعداد ۱۱ جنس و ۱۱ گونه شناسایی شده‌اند که عبارت‌اند از *Afghanella* sp.، *Dunbarula*، *Codonofusiella* cf. *nana*، *Cancellina ovalis*، *Grovesella* sp.، *Eopolydiexodina persica* sp.، *Misellina ovalis*، *Mesoschubertella thompsoni*، *Polydiexodina* sp.، *Skinnerella* sp. و *Yangchienia* sp. شایان ذکر است که تعداد جنس و گونه‌های فوزولین‌های مشاهده‌شده بیش از تعداد شناسایی‌شده در این پژوهش بوده است که به دلایلی همچون مشخص‌نبودن حجره جنینی و ریکریستالیزاسیون شناسایی‌شدنی در حد گونه و حتی جنس نیستند. از روزنبران غیر فوزولین هم تعداد ۱۳ جنس و ۲۹ گونه شناسایی شده‌اند که شامل *Climacammina* cf. *aljutowica*، *Climacammina elegans*، *Climacammina* cf. *procera*، *Climacammina* sp.، *Climacammina valvulinoides*، *Climacammina tudiola*، *Climacammina major*، *Climacammina gigas*، *Climacammina sumatrana*، *Climacammina composita*، *Climacammina geyeri*، *Climacammina quadrata*، *Climacammina tenuissima*، *Climacammina inaequalis*، *Climacammina perforate*، *Climacammina conica*، *Climacammina nodosinelloides*، *Climacammina camerta*، *Climacammina padangia*، *Climacammina consobrina* و *Climacammina longiseptata* هستند.

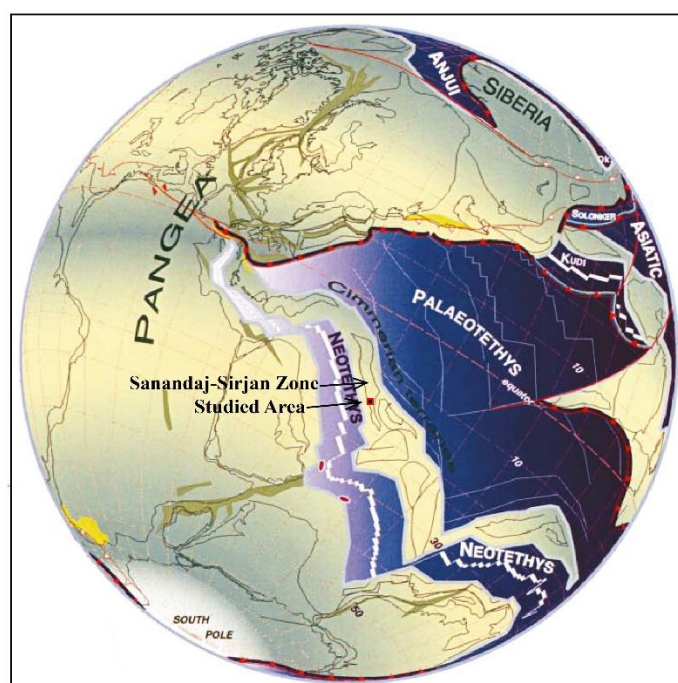
مجموعه فسیل‌های موجود در لایه‌های مطالعه‌شده در این بخش از زون سهندج-سیرجان و بقیه مطالعات انجام‌شده در

این زون (Leven & Gorgij 2008, 2011a, 1993; Baghbani b; Fassihi et al. 2019, 2020, 2023; Shirezadeh Esfahani et al. 2019; Kobayashi & Ishii 2003a,b; Shahinfar et al. 2020; Hosseinipour 2024, Yarahmadzahi & Vachard 2019) در مقایسه با مجموعه‌های گزارش‌شده از زون‌های ساختاری البرز و شمال ایران (Alipour et al. 2012; Arefi Fard and Davydov 2015; Ebrahim Nejad et al. 2015; Gaetani et al. 2009; Leven and Yarahmadzahi 2020; Mahdavi and Vaziri 2010; Rezazadeh et al. 2025; Sedighian et al. 2016; Vachard and Yarahmadzahi 2014; Yarahmadzahi et al. 2016) ، ایران مرکزی (Arefi Fard 2016; Filimonova 2013; Hampe et al. 2013; Jalali et al. 2021, 2023; Leven and Gorgij 2005, 2006, 2013; Leven & Taheri 2005; Leven and Yarahmadzahi 2020; Partoazar et al. 2014; Vachard and Yarahmadzahi 2014; Yarahmadzahi et al. 2013; Yarahmadzahi and Vachard 2017; Yarahmadzahi et al. 2020, 2014, 2017; Yasbolaghi Sharahi et al. 2020) و زاگرس (Douglas 1950; Kalantari 1995; Abedini et al. 2017; Bayat et al. 2017; Davydov and Arefi Fard 2013; Parvizi et al. 2013; Rafiee et al. 2014; Szabo and Kheradpir 1978) که با وجود شناسایی معرفی گونه‌های مختلف از نقاط متفاوت ایران، مجموعه حاضر در زون سهندج-سیرجان تقریباً منحصر به فرد است و شباهت تمام و کاملی با زون‌های ساختاری مجاور ندارد. مقایسه فونای فوزولین شناسایی و گزارش‌شده از ایران را پیش از این لمون و گرگیج (Leven & Gorgij 2011a) انجام داده‌اند. براساس این مطالعه، مهم‌ترین تفاوت مجموعه شناسایی‌شده از برش مطالعه‌شده با ناحیه ایران مرکزی در بلوک یزد، در این است که در این بلوک نهشته‌های فوزولین‌دار ثبت نشده است و نهشته‌های پرمین شامل طبقات دولومیتی سازند جمال‌اند (Leven & Gorgij 2011a). از نهشته‌های هم‌سن برش بررسی‌شده در مطالعه حاضر در بلوک طبس، فوزولین‌هایی همچون *Armenina* spp.، *Leeina fusiformis*، *Darvasites ordinatus*، *Misellina* spp.، *Iranella*، *Skinnerella schucherti*، *Paraleeina postkrafftii*، *Chalaroschwagerina*، *Pamirina darvasica*، *bella*، *vulgarisiformis* گزارش شده‌اند (Leven & Gorgij 2011a) که تا حدودی با مجموعه حاضر، به‌خصوص تا اواسط کوبرگاندین همخوانی داشته است؛ ولی از انتهای کوبرگاندین به بعد نهشته‌های سازند جمال به‌صورت طبقاتی بدون فسیل گزارش شده‌اند (Leven & Gorgij 2011a). با این حال وجود روزنبرانی همچون *Armenina* spp. و *Misellina* spp.

مورگابین در مطالعه حاضر شباهت دارد.

به این ترتیب مجموعه شناسایی شده در برش بررسی شده در مطالعه حاضر با مطالعات ایران مرکزی (بلوک طبس) و به‌خصوص زاگرس شباهت بیشتری داشته است که گویای قرابت پالئوژئوگرافیکی محدوده جنوب زون ساختاری سهندج-سیرجان با نواحی یادشده است. با توجه به اینکه به باور بسیاری از محققان در زمان پرمین کمربند دگرگونی سهندج سیرجان بخشی از ابرخشی سیمین بوده است که این ابرخشی در بخش شمالی با اقیانوس تتیس کهن در تماس و در بخش‌های جنوبی با اقیانوس تتیس جوان همبر بوده است (Arfania and Shahriari 2009; Fergusson et al. 2016; Gharibnejad et al. 2022; Ghasemi and Talbot 2006; Hassanzadeh and Wernicke 2016; Mehdipour Ghazi and Stampfli and Borel 2002; Moazzen 2015)، بنابراین با تکیه به شباهت بیشتر مجموعه فسیل‌های شناسایی شده با جنوب ایران مرکزی و زون زاگرس، برش مطالعه شده در حاشیه جنوبی ابرخشی سیمین و در محدوده آب‌های شمالی اقیانوس تتیس جوان قرار داشته است (شکل ۷).

شباهت‌هایی با مجموعه گزارش شده از برش حاضر دارند. گونه‌های شایع گزارش شده به سن بلورین-مورگابین از ناحیه کلرد نیز شامل گونه‌های *Staffella aff. Transiens* و *Nankinella sp.* از سازند سرتخت است (Leven & Gorgij 2011a) که در مطالعه حاضر شناسایی نشده‌اند. از زون ساختاری البرز از نهشته‌های سازند روته (مورگابین-میدین) گزارش‌هایی از فوزولین‌ها وجود داشته است که شایع‌ترین آنها شامل *Yangchienia haydeni*, *Dunbarula mathieuvi*, *Chusenella sosioensis*, *Nonpseudofusulina padangensis* و *Neoschwagerina margaritae* هستند (Leven & Gorgij 2011a). از این گونه‌ها، موردی در برش مطالعه شده مشاهده نشده است که با توجه به جوان‌تر بودن نهشته‌های سازند روته نسبت به برش مطالعه شده بدیهی است. از نهشته‌های سازند دالان در زون زاگرس گونه‌هایی از فوزولین‌ها گزارش شده است که گونه *Eopolydiexodina persica* از نهشته‌های مربوط به مورگابین معرفی شده (Leven & Gorgij 2011a) است که با محدوده سنی و حضور این گونه در ابتدای



شکل ۷- موقعیت دیرینه جغرافیایی محدوده برش مطالعه شده در زمان پرمین

میانی (Stampfli and Borel 2002)

Fig 7- the paleogeographic position of the studied area during the Middle Permian (Stampfli and Borel 2002)



<https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148208.1327>

زیست چینه نگاری

با توجه به موقعیت پالئوژئوگرافیکی محدوده در دوره پرمین، به‌عنوان بخشی از ابر خشکی سیمرین در نواحی جنوب پالئوتتیس که پیش از این اشاره شد، محدوده حضور فسیل‌های شناسایی‌شده با مطالعات و زیست زون‌بندی‌های انجام‌شده مربوط به این محدوده پالئوژئوگرافیکی (Leven & Gorgij 2008, 2011a, b; Fassihi et al. 2019, 2020, 2023; Shirezadeh Esfahani et al. 2019; Kobayashi & Ishii 2003a, b;

Shahinfar et al. 2020; Yarahmadzahi & Vachard 2019, Hosseinipour 2024; Filimonova 2013; Leven 1997, 2003, 2010; Leven et al. 2007; Okuyucu 2008; Ueno 2003; Vachard (and Moix 2013; Wang et al. 2018; Zhang and Wang 2018 مقایسه و مطابقت داده شده است (شکل ۸). براساس منابع ذکرشده و محدوده حضور فسیل‌های شناسایی شده (شکل ۸)، بخش بزرگی از نهشته‌های برش در طول آشکوب‌های Kubergandian و Murgabian نهشته شده است.

Yakhtashian	Bolorian	Kubergandian	Murgabian	Midian
— — <i>Darvasella</i> — <i>Levenella</i> — <i>Pamirina</i> — <i>Leeina</i> — <i>Brevaxian</i>	<i>Chalaroschwagerina</i>			
		<i>Misellina</i> — <i>Praeskinnerella</i> — <i>Pseudodoliolina</i>		
	<i>Yangcheienia</i>		<i>Armenia</i> <i>Codonofusiella</i> — <i>Skinnerella</i> — <i>Cancellina</i> — <i>Neofusulinella</i> <i>Verbeekina</i> <i>Presumatrina</i> <i>Neoschwagerina</i> <i>Afghanella</i> <i>Eopolydixodina</i>	
			<i>Orientoschwagerina</i> <i>Dunbarula</i> <i>Yabeina</i>	

شکل ۸- زیست چینه‌نگاری فوزولین‌ها در فاصله زمانی یاختاشین تا مورگابین در حوضه تئیس، جمع-

آوری و ساده‌شده براساس مطالعات مربوط به حوضهٔ تیس (Leven & Gorgij 2008, 2011a, b; Fassihi et al. 2019, 2020, 2023; Shirezadeh Esfahani et al. 2019; Kobayashi & Ishii 2003a, b; Shahinfar et al. 2020; Yarahmadzahi & Vachard 2019, Hosseini pour 2024; Filimonova 2013; Leven 1997, 2003, 2010; Leven et al. 2007; Okuyucu 2008; Ueno 2003; Vachard and Moix 2013; Wang et al. 2018; Zhang and Wang 2018). محدودهٔ خاکستری‌رنگ با فوزولین‌های موجود در پرش مطالعه‌شده مطابق است.

Fig 8- Biostratigraphy of fusulinids from the YakhTashian to Murgabian interval in the Tethyan realm, compiled and simplified based on studies related to the Tethyan realm (Leven & Gorgij 2008, 2011a, b; Fassihi et al. 2019, 2020, 2023; Shirezadeh Esfahani et al. 2019; Kobayashi & Ishii 2003a, b; Shahinfar et al. 2020; Yarahmadzahi & Vachard 2019; Hosseinipour 2024; Filimonova 2013; Leven 1997, 2003, 2010; Leven et al. 2007; Okuyucu 2008; Ueno 2003; Vachard and Moix 2013; Wang et al. 2018; Zhang and Wang 2018). **The gray-shaded area corresponds to the fusulinids found in the studied section.**

شده است. در افق‌ها بلافاصله قبل و بعد این گذر، به فراوانی *Skinnerella* sp. نیز افزوده شده است که در منابع یادشده نیز به آن اشاره و تأکید شده است. در این گذر، همچنین گونه‌های مختلف جنس *Deckerella*، که از شایع‌ترین فسیل‌های شناسایی شده در برش بوده است، از مجموعه فسیلی حذف و به تنوع و فراوانی گونه‌های مختلف جنس *Cribrogenerina* افزوده شده است.

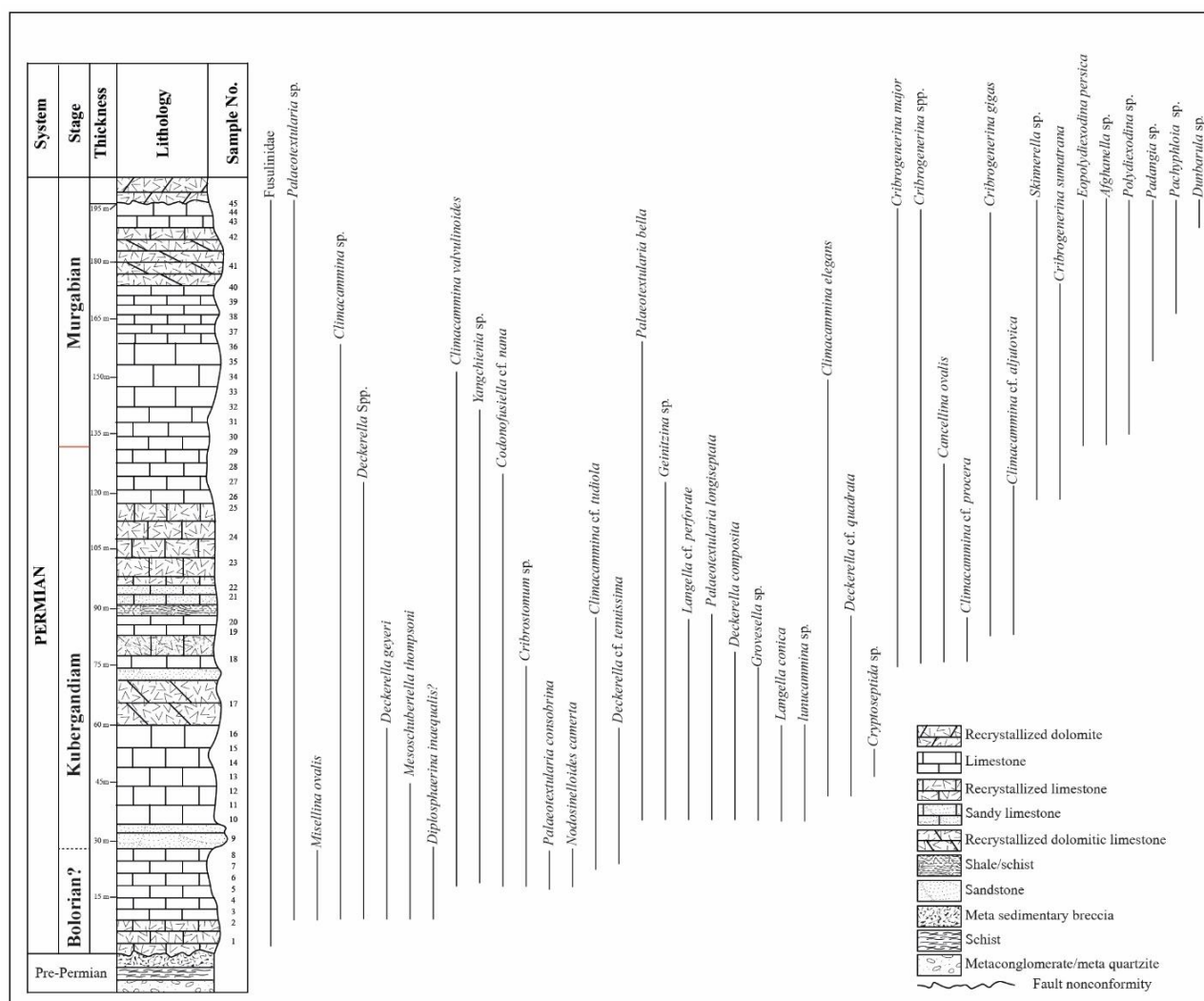
Cancellina ovalis - *Codonofusiella nana* assemblage zone به سن کوبرگاندین میانی-بالایی است. این بیوزون از ۷۷ متری قاعده ثبت شده است. روزنبران این بیوزون در مطالعات مربوط به زیست چینه‌نگاری و دیرینه شناسی پرمین در حوضه تیس، به‌خصوص مطالعات لوون (Leven & Gorgij, 2008) و لوون و گرگیج (Leven, 2003) و ازسندج سیرجان حسینی‌پور (Hosseini-pour, 2011a, b) و از کوبرگاندین میانی-بالایی گزارش شده‌اند. در محدوده این بیوزون، گونه‌های مختلف مربوط به جنس‌های *Deckerella* و *Palaeotextularia* نیز حضور داشته و در بیشتر نمونه‌ها ثبت شده‌اند.

در قاعده برش، توالی رسوبی مربوط به سن Bolorian نیز گزارش شده است؛ ولی گذر بین آشکوب‌های Bolorian و Kubergandian به‌طور دقیق تعیین نمی‌شود؛ زیرا به دلیل تغییرات سنگ‌شناسی افق‌های فسیل‌دار آهکی به لایه‌های ماسه‌سنگی تبدیل شده و فسیلی از فوزولین‌ها وجود نداشته است. با توجه به اینکه افق‌های ماسه‌سنگی به‌طور قطعی تعیین سن نمی‌شود، محل گذر بلورین-کوبرگاندین در زیر اولین واحد ماسه‌سنگی قرار داده شده است که مطابق است با آخرین حضور *Misellina ovalis* (Leven, 2003; Wang et al., 2018). در اولین نمونه‌های بعد از اولین واحد ماسه‌سنگی، تعداد زیادی از گونه‌های شناسایی شده در برش ظاهر شده‌اند که قبل از آن وجود نداشته است؛ بنابراین وجود یک گذر چینه‌شناسی را در حوالی افق ماسه‌سنگی تقویت می‌کند.

الگوی توزیع فسیل‌های شناسایی شده در طول برش چینه‌شناسی (شکل ۹) نشان می‌دهد که جنس‌های مختلف فوزولین در بیشتر نمونه‌ها و تقریباً در تمامی طول برش به تعداد مختلف حضور داشته‌اند. گونه‌های مختلفی از روزنبران کوچک مربوط به جنس *Palaeotextularia*، *Deckerella*، *Cribrogenerina* و *Climacammina* نیز بیشترین حضور و تنوع را در طول برش دارند.

براساس مشاهدات انجام شده درباره محدوده حضور فوزولین‌های شناسایی شده در برش و تطابق این محدوده‌ها با مطالعات پیشین، دو بیوزون در برش مطالعه شده تشخیص داده‌اند است. این بیوزون‌ها عبارت‌اند از:

Eopolydiexodina persica zone به سن مورگابین که از ۱۳۱ متری قاعده برش آغاز شده است. تقریباً در تمامی مطالعات انجام شده درباره زیست چینه‌نگاری نهشته‌های پرمین براساس فوزولین‌ها در حوضه تیس، همچون مطالعات لوون (Leven, 2003)، لوون و گرگیج (Leven & Gorgij, 2008, 2011a, b)، وانگ و همکاران (Wang et al., 2018)، فسیحی و همکاران (Fassihi et al., 2019, 2020, 2023)، یاراحمد زهی و واپچارد (Yarahmadzahi & Vachard, 2019)، لوون و همکاران (Leven et al., 2007) و حسینی‌پور (Hosseini-pour, 2024)، گونه‌های مختلف جنس *Eopolydiexodina* و *Afghanella* به‌خصوص *E. persica* در مورگابین ظاهر شده‌اند. همچنین مطالعات یادشده اشاره دارند که گونه‌های مربوط به جنس‌های *Codonofusiella* و *Cancellina* نیز تا انتهای Kubergandian وجود دارند و پس از آن از رکوردهای چینه‌شناسی حذف می‌شوند. به این ترتیب، محل گذر بین Kubergandian و Murgabian در ۱۳۱ متری از قاعده برش، با ظهور گونه‌های *Eopolydiexodina persica* sp.، *Afghanella* و *Polydiexodina* sp. آخرین حضور گونه‌های *Codonofusiella* cf. *nana* و *Cancellina ovalis* و تعیین



شکل ۹- الگوی پراکندگی روزنبران شناسایی شده در طول برش چینه‌شناسی

Fig 9- The biotic ranges of identified foraminifera in the studied section

نتیجه

حوضه رسوبی و دگرگونی، تعداد ۱۴ واحد سنگ چینه‌شناسی در برش تشخیص داده شده است که در رخنمون صحرایی نیز تشخیص دادنی‌اند. مرز زیرین نهشته‌های مطالعه‌شده با توالی‌های دگرگونی قدیمی‌تر مربوط به پرمو-کربنیفر به صورت گسله بوده است که با تغییرات و دگرشکلی‌هایی کاملاً واضح در صحرا تشخیص دادنی است. مرز بالایی نهشته‌های مطالعه‌شده با نهشته‌های جوان‌تر به سن پرمو-تریاس نیز گسله و با در هم ریختگی و تغییر شکل لایه‌ها همراه است. فرایندهای دگرگونی، به خصوص انحلال و تبلور مجدد، باعث شده است تا بسیاری از فسیل‌های موجود در لایه‌ها، به خصوص فوزولین‌ها، از بروند و شناسایی‌شدنی

برش مطالعه‌شده در غرب سیرجان به ضخامت ۱۹۵ متر در نهشته‌های پرمین، مربوط به زون ساختاری کمربند دگرگونی سیرجان-سیرجان اندازه‌گیری و پیمایش شده است. در نهشته‌های این برش، تغییرات سنگ‌شناسی مربوط به نوسانات حوضه رسوبی به صورت تغییرات سنگ‌شناختی از آهک به ماسه‌سنگ و دولومیت مشاهده می‌شود. تغییرات سنگ‌شناسی ناشی از فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای همچون انحلال فشاری، انحلال، تبلور مجدد، دولومیتی شدن، شکستگی و جابه‌جایی نیز در طول برش با شدت مختلف ثبت شده‌اند. در مجموع، با در نظر گرفتن تمامی تغییرات سنگ‌شناختی ناشی از نوسانات

نباشند. از نمونه‌های برداشته‌شده از برش مطالعه‌شده، تعداد ۱۱ گونه از فوزولین‌ها و ۲۹ گونه از روزنبران کوچک شناسایی شده است. بررسی گونه‌های شناسایی‌شده و مقایسه کلی مشخصات جمعیتی آنها با مطالعات انجام‌شده در زون‌های البرز، ایران مرکزی و زاگرس نشان داده است که مجموعه حاضر در برش مطالعه‌شده، ضمن منحصر به فرد بودن از دیدگاه تنوع فوزولین‌ها و روزنبران کوچک، با نواحی ایران مرکزی (بلوک طبس) و زاگرس نزدیکی بیشتری نشان داده و بنابراین موقعیت پالئوژئوگرافیکی محدوده برش مطالعه‌شده در جنوب تیس کهن و حاشیه شمالی تیس جوان در جنوب ابر خشکی سیمین تعیین شده است. مقایسه محدوده حضور گونه‌های موجود در برش مطالعه‌شده با

مطالعات انجام‌شده مربوط به محدوده پالئوژئوگرافیکی یادشده، نشان داده است که بیشترین ضخامت برش در آشکوب‌های Kubergandian و Murgabian از پرمین میانی و بخش محدودی از قاعده برش نیز در محدوده زمانی مربوط به انتهای آشکوب Bolorian نهشته شده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی با شماره ۷/ص/۰۳/۱۹۰۷ از سوی پژوهشگاه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی پشتیبانی مالی شده است که به این وسیله از این پژوهشگاه قدردانی می‌شود.



Plate 1- Microphotographs of popular foraminifera in the studied section, 1) *Climacammina* cf. *procera*, longitudinal section; 2) *Climacammina* cf. *tudiola*, longitudinal section; 3) *Climacammina* *elegans*, longitudinal section; 4) *Climacammina* *valvulinoides*, longitudinal section; 5) *Cribrogenerina* *gigas*, longitudinal section; 6) *Cribrogenerina* *major*, longitudinal section; 7) *Cribrogenerina* *sumatrina*, longitudinal section; 8) *Deckerella* *aljutowica*, longitudinal section; 9) *Deckerella* *elegans*, longitudinal section; 10) *Deckerella* *composita*, longitudinal section; 11) *Deckerella* cf. *quadrata*, longitudinal section; 12) *Deckerella* cf. *tenuissima*, longitudinal section; 13) *Deckerella* *geyeri*, longitudinal section; 14) *Cribrostomum* sp., longitudinal section; 15) *Palaeotextularia* *bella*, longitudinal section; 16) *Palaeotextularia* *consobrina*, longitudinal section; 17) *Palaeotextularia* sp., longitudinal section; 18) *Palaeotextularia* *longiseptata*, longitudinal section; 19) *Nodosinelloides* *camerta*, longitudinal section; 20) *Padangia* sp., longitudinal section; 21) *Eopolydiexodina* sp., longitudinal section; 22) *Eopolydiexodina* *persica*, longitudinal section.

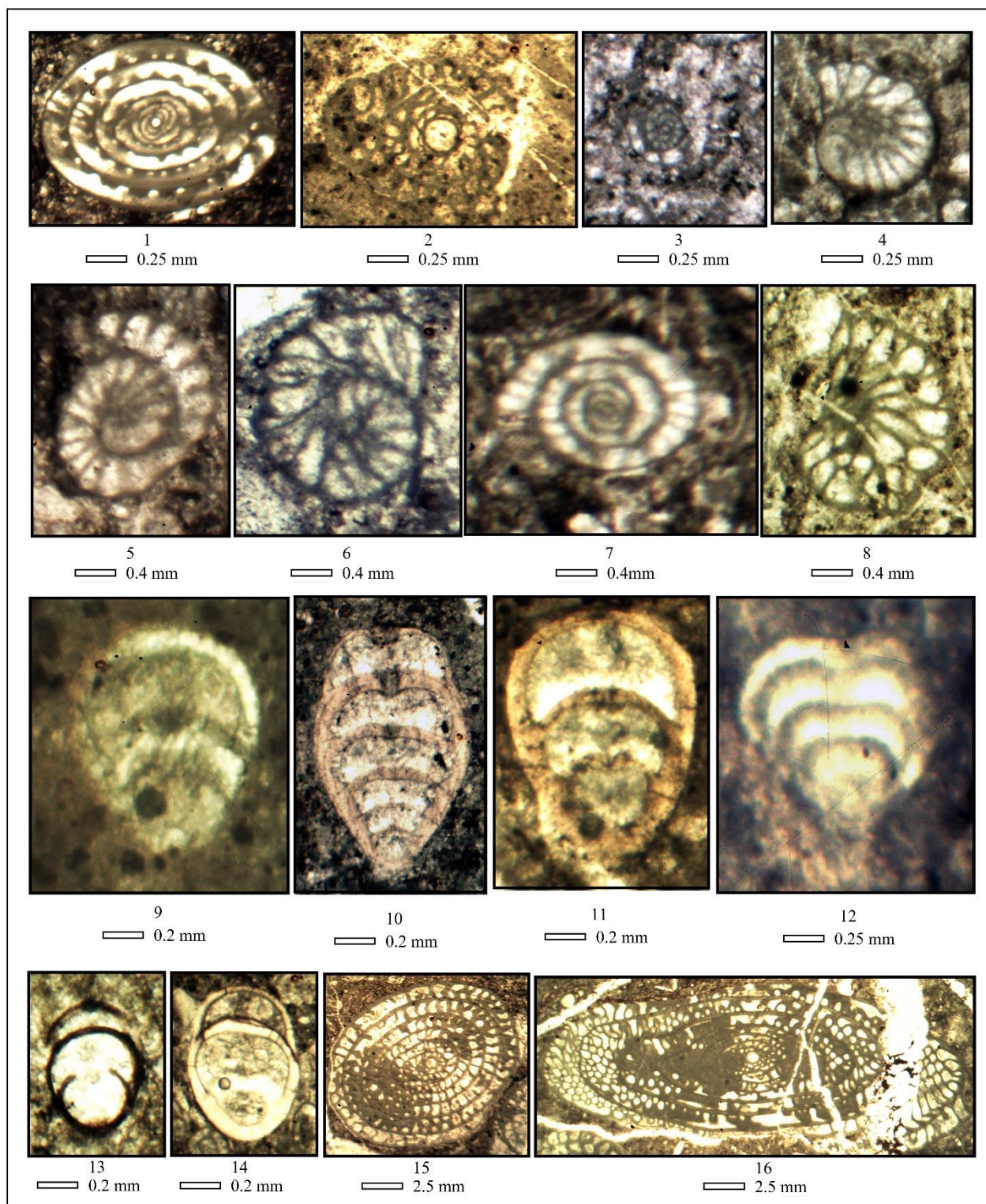


Plate 2- Microphotographs of popular foraminifera in the studied section, 1,2) *Misellina ovalis*, transverse section; 3) *Cancellina cutalensis*, transverse section; 4) *Codonofusiella* cf. *nana*, transverse section; 5) *Dunbarula* sp., transverse section; 6) *Grovesella* sp., transverse section; 7) *Mesoschubertella thompsoni*, transverse section; 8) *Sphaerulina subrotunda*, transverse section; 9) *Langella conica*, longitudinal section; 10) *lunucammina* sp., longitudinal section; 11) *Langella* cf. *perforate*, longitudinal section; 12) *Geinitzina* sp., longitudinal section; 13) *Diplosphaerina inaequalis*, longitudinal section; 14) *Cryptoseptida* sp., longitudinal section; 15) *Afghanella* spp. ublique sections; 16) *Skinerella* sp. longitudinal section.

References

- Abedini M. Aghanaati A. Meisami A. and Jahani D. 2017. A New approach to Permian System in the section of Gahkum Mountain (Zagros-Iran). *Open Journal of Geology*, 7: 965-977. <https://doi.org/10.4236/ojg.2017.77065>
- Aghanabati A. 2004. *Geology of Iran*. Iran Geological Survey of Iran, Tehran, 583 p.
- Alipour Z. Hosseini-Nezhad S. M. Vachard D. and Rashidi K. 2012. The latest Carboniferous–Early Permian Dorud Group of the eastern Alborz (Iran): biostratigraphy and taxonomy of smaller foraminifers. *Geological Journal*, 48: 385–402. <https://doi.org/10.1002/gj.2457> Digital Object Identifier
- Arefi Fard S. 2016. Morphometric analysis of Early Permian fusulinids from east-central Iran: a new approach to defining fusulinid species reliably. *Geological Journal*, 56(6):1049-1058. <https://doi.org/10.1002/gj.2869> Digital Object Identifier (DOI)
- Arefi Fard S. and Davydov I. 2015. New Permian Aliyak and Kariz Now formations Alborz Basin NE Iran: correlation with the Zagros Mountains and Oman. *Geological Journal*, 50(6): 811-826. <https://doi.org/10.1002/gj.2599> Digital Object Identifier (DOI)
- Arfania R. and Shahriari S. 2009. Role of southeastern Sanandaj–Sirjan Zone in the tectonic evolution of Zagros Orogenic Belt Iran. *Island Arc*, 18 (4): 555–576. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2009.00680.x>
- Baghbani D. 1993. The Permian sequence in the Abadeh Region Central Iran in *Contributions to Eurasian Geology*, in: Koroteev A. (Ed.), Occasional Publ. Earth. Sci. Res. Inst. Uni South Carolina, 9: 7–22. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105975840220928>
- Baghbani D. 1997. Correlation Charts of Selected Permian Strata from Iran. *Permophiles*, 30: 24–25.
- Bayat M. Izadighalati S. and Baghbani D. 2017. The evolutionary development of Globivalvulina species and their stratigraphic distribution in Upper Permian sediments of the Kushakoul Canyon in High Zagros Iran: with a review of their situation in biostratigraphy of Dalan Formation. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(2s): 1967-1985. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v8i2s.453>
- Davydov and Arefi Fard S. 2013. Middle Permian (Guadalupian) fusulinid taxonomy and biostratigraphy of the mid-latitude Dalan Basin Zagros Iran and their applications in paleoclimate dynamics and paleogeography. *GeoArabia*, 18(2): 17-62. <https://doi.org/10.2113/geoarabia180217>
- Douglas J.A. 1950. The Carboniferous and Permian faunas of south Iran and Iranian Baluchestan. *Mem. Geol. Sur. India. Palaeontol. Indica*, 22(7): 1–57.
- Ebrahim Nejad M. Vachard D. Siabghodsy A. A. and Abbasi S. 2015. Middle-Late Permian (Murgabian-Djulfian) foraminifers of the northern Maku area (western Azerbaijan Iran). *Palaeontologia Electronica*, 18(19A): 1-63. <https://palaeo-electronica.org/content/2015/1079-middle-to-late-permian-foraminifera>
- Fassihi S. Kulagina E. Heinz and Esfahani F. S. 2023. Discovery of Late Mississippian (late Serpukhovian)–Early Pennsylvanian (earliest Bashkirian?) foraminiferal assemblages from the Sanandaj–Sirjan Zone Iran: Biostratigraphic and palaeoenvironmental implications. *Geological Journal*, 58(3): 1042-1068. <https://doi.org/10.1002/gj.4641>
- Fassihi S. Sone M. Hairapetian and Esfahani F. S. 2019. Fusulinoids from the Carboniferous–Permian transition beds from the Abadeh region (Sanandaj–Sirjan Zone, Iran). *Carbonates and Evaporites*, 34: 771-792. <https://doi.org/10.1007/s13146-017-0390-1>
- Fassihi S. Vachard D. and Shirezadeh Esfahani F. 2020. Taxonomic composition of the latest Carboniferous–earliest Permian smaller foraminifers in the Sanandaj-Sirjan Zone Iran: New insights about palaeobiogeography palaeoclimate and paleoecology of the northern margin of the Palaeotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 193: 104310. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104310>
- Fergusson C. L. Phillip A. Mohajjel M. and Bennett C. 2016. The Sanandaj-Sirjan Zone in the Neo-Tethyan suture western Iran: Zircon U-Pb evidence of late Palaeozoic rifting of northern Gondwana and mid-Jurassic orogenesis. *Gondwana Research*, 40: 43-57. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.08.006>
- Filimonova V. 2013. Smaller foraminifers from the Permian of Central Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21(1): 13-30. <https://doi.org/10.1134/S0869593813010036>
- Gaetani M. Angiolini L. Ueno K. Nicora A. Stephenson M. H. Sciunnach D. Rettori R. Price G. D. and Sabouri J. 2009. Pennsylvanian–Early Triassic stratigraphy in the Alborz Mountains (Iran), in: Brunet M.-F. Wilmsen M. and Granath J. W. (Eds.), *South Caspian to Central Iran Basins*, The Geological Society of London Special Publications 75: 79-128. <https://doi.org/10.1144/SP312.5>
- Gharibnejad P. Rosenberg C. L. Agard P. Kananian A. and Omrani J. 2022. Structural and metamorphic evolution of the southern Sanandaj-Sirjan Zone southern Iran. *International Journal of Earth Sciences*, 112(1), 383-415. <https://doi.org/10.1007/s00531-022-02255-5>
- Ghasemi A. and Talbot C. J. 2006. A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran). *Journal of Asian Earth Sciences*, 26(6): 683-693. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.01.003>



- Hampe O. Hairapetian V. Dorka M. Witzmann F. Akbari A. M. and Korn D. 2013. A first Late Permian fish fauna from Baghuk Mountain (Neotethyan shelf central Iran). *Bulletin of Geosciences*, 88(1): 1-20. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.1357>
- Hassanzadeh J. and Wernicke B.P. 2016. The Neotethyan Sanandaj-Sirjan Zone of Iran as an archetype for passive margin-arc transitions. *Tectonics*, 35(3): 586-621. <https://doi.org/10.1002/2015TC003926>
- Hosseinipour F. 2024. The biostratigraphy of the Permian fusulinids bearing deposits in the south of the Sanandaj-Sirjan metamorphic belt NE Gol Gohar mine. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 34(4): 55-66. <https://doi.org/10.22071/gsj.2021.443870.2134>
- Jalali A. Yarahmadzahi H. Arian M. Saidi A. and Aleali S. M. 2023. Fusulinids biostratigraphy of Zaladou Formation (Gzhelian-Asselian) from Central Iran (Ozbak Kuh) Shishtu section. *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, 33(2): 283-298. <https://doi.org/10.22071/GSJ.2022.341732.1998>
- Jalali A. Yarahmadzahi H. Vachard D. Arian M. Saidi A. and Aleali M. 2021. New data on the Rectogordius (foraminifera) abundance zone (Latest Carboniferous: Gzhelian) of the Zaladou Formation (east-central Iran Tabas block Shishtu section). *Annales de Paléontologie*, 107: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.annpal.2021.102487>
- Kalantari A. 1995. Biostratigraphy of Permian deposits in Zagros Mountain, in *Treatise on the Geology of Iran*. Geological Survey of Iran, p: 8–95 (in Persian with English summary).
- Kobayashi F. and Ishii K. I. 2003a. Paleobiogeographic analysis of Yahtashian to Midian fusulinacean faunas of the Surmaq Formation in the Abadeh region central Iran. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(2): 155-165. <https://doi.org/10.2113/0330155>
- Kobayashi F. and Ishii K. I. 2003b. Permian Fusulinaceans of the Surmaq Formation in the Abadeh Region Central Iran. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 109(2 p): 307–337. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/5509>
- Leven E. Ja. 1997. Permian stratigraphy and fusulinida of Afghanistan with their paleogeographic and paleotectonic implications. *New York Geological Society of America Special Papers* 316.
- Leven E. Ja. 2003. Permian stratigraphy and fusulinids of the Tethys. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 109(2): 267-280. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/5507>
- Leven E. Ja. 2010. Permian fusulinids of the east Hindu Kush and west Karakorum (Pakistan). *Stratigraphy and Geological Correlation*, 18: 105-117. <https://doi.org/10.1134/S0869593810020012>
- Leven E. Ja. Gaetani M. and Schroeder S. 2007. New findings of Permian fusulinids and corals from western Karakorum and E Hindu Kosh (Pakistan). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 113(2): 151-165. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/5868>
- Leven E.Ja. and Gorgij M.N. 2005. The Pennsylvanian–Permian of the Central and East Iran: Anarak Ozbak_Kuh and Shirgesht Areas. *Permophiles*, 46: 20–21.
- Leven E. Ja. and Gorgij M. N. 2006. Upper-Carboniferous-Permian-stratigraphy and fusulinids from the Anarak Region Central Iran. *Russian Journal of Earth Sciences*, 8: 1-25. <https://cyberleninka.ru/article/n/upper-carboniferous-permian-stratigraphy-and-fusulinids-from-the-anarak-region-central-iran>
- Leven E. Ja. and Gorgij M. N. 2008. Bolorian and Kubergandian Stages of the Permian in the Sanandaj-Sirjan Zone of Iran. *Stratigrafiya Geologicheskaya Korrelyatsiya*, 16(5): 3-14. <https://doi.org/10.1134/S0869593808050018>
- Leven E. Ja. and Gorgij M. N. 2011a. First record of Gzhelian and Asselian Fusulinids from the Vazhnan Formation (Sanandaj-Sirjan Zone of Iran). *Stratigraphy and Geological Correlation*, 19 (5): 16-31. <https://doi.org/10.1134/S0869593811050066>
- Leven E. Ja. and Gorgij M. N. 2011b. Fusulinids and stratigraphy of the Carboniferous and Permian in Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 19: 687-776. <https://doi.org/10.1134/S0869593811070021>
- Leven E. Ja. and Gorgij M. N. 2013. Fusulinids from the Lower Permian Chili Formation of the Rahdar Section Kalmard Block Central Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21(4): 408–420. <https://doi.org/10.1134/S0869593813040060>
- Leven E.Ja. and Taheri A. 2003. Carboniferous–Permian Stratigraphy and Fusulinids of East Iran. Gzhelian and Asselian deposits of the Ozbak_Kuh Region. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 109(3): 399–415. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/5514>
- Leven E. Ja. and Yarahmadzahi H. 2020. Fusulinids from the Lower Permian Emarat Formation Gaduk Section Central Alborz Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 28(2): 167–176. <https://doi.org/10.1134/S0869593820020033>
- Mahdavi M. and Vaziri S. H. 2010. Lithostratigraphy and Microbiostratigraphy of the Ruteh Formation in northwest of Khur central Alborz Iran. *Journal of Sciences Islamic Republic of Iran*, 21(3): 23-250. https://jsciences.ut.ac.ir/article_21085_555b86f729e1a4ee2ad856088dcd01.pdf

- Mehdipour Ghazi J. and Moazzen M. 2015. Geodynamic evolution of the Sanandaj-Sirjan Zone Zagros Orogen Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24: 513-528. <https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=1261&context=earth>
- Mohajjel M. Fergusson C. L. and Sahandi M. R. 2003. Cretaceous – Tertiary convergence and continental collision Sanandaj – Sirjan Zone western Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21: 397-412. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00035-4)
- Nadimi A. and Konon A. 2012. Strike-slip faulting in the central part of the Sanandaj-Sirjan Zone Zagros Orogen Iran *Journal of Structural Geology*, 40: 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.04.007>
- Okuyucu C. 2008. Biostratigraphy and systematics of late Asselian–early Sakmarian (Early Permian) fusulinids (Foraminifera) from southern Turkey. *Geological Magazine*, 145(3): 413-434. <https://doi.org/10.1017/S0016756808004482>
- Partoazar M. R. Hamdi B. and Aghanabati S. A. 2014. New approach on biostratigraphy of Permian deposits of Jamal Formation in Bagh Vang section Shirgesht area (Central Iran). *Geopersia*, 4(2): 141-154. <https://doi.org/10.22059/jgeope.2014.52715>
- Parvizi T. Rashidi K. and Vachard D. 2013. Middle Permian calcareous algae and microproblematica (Dalan Formation Dena Mountain High Zagros SW Iran). *Facies*, 50(1): 149–177. <https://doi.org/10.1007/s10347-012-0357-6>
- Rafiee P. Baghbani D. Aghanabati A. and Arian M. 2014. Micro biostratigraphy and lithostratigraphy of the Upper Permian Dalan Formation in Kuh-e-Surmeh (Zagros basin southwest Iran). *International Journal of Geography and Geology*, 4: 68-77. <https://doi.org/10.18488/journal.10/2015.4.4/10.4.68.77>
- Rezazadeh N. Vaziri M. R. and Lotfabad Arab A. 2025. Foraminiferal Assemblages Biostratigraphy and Lithostratigraphy of the Permian Deposits in NW Iran A Constraint for Paleogeographic Reconstruction. *Geological Journal*, 2025: 1-25. <https://doi.org/10.1002/gj.70047> Digital Object Identifier (DOI)
- Sabzehei M. 1994. Geological map of Zardu, 1:100000 series sheet No. 7049.
- Sedighian A. Vaziri S. H. Majidifard M. R. and Zamani Pedram M. 2016. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Permian deposits in Sangsar section, North of Semnan eastern Alborz. *Journal of Tethys*, 4(1): 027–038. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52292445/Sedighian_et_al_2016-libre.pdf
- Shahinfar S. Yousefi Yeganeh B. Arefifard S. Vachard D. and Payne J. L. 2020. Refined foraminiferal biostratigraphy of upper Wordian Capitanian and Wuchiapingian strata in Hambast Valley Abadeh region (Iran) and paleobiogeographic implications. *Geological Journal*, 55(9): 6255-6279. <https://doi.org/10.1002/gj.3798> Digital Object Identifier
- Shirezadeh Esfahani F. Bayet-Goll A. Kangazian A. Sadri M. and Mohammadi A. A. 2019. Palaeoenvironmental assessment and lithostratigraphic revision of the Carboniferous–Early Permian succession in the Sanandaj-Sirjan Block (Iran) Block (Iran). *Journal of African Earth Sciences*, 151: 523-547. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.09.003>
- Stampfli, G. M., and Borel, G. D. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary science letters*, 196(1-2):17-33. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X)
- Szabo F. and Kheradpir A. 1978. Permian and Triassic stratigraphy Zagros basin south-west Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 1(2): 57-82. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1978.tb00611.x> Digital Object Identifier
- Ueno K. 2003. The Permian fusulinoid faunas of the Sibumasu and Baoshan blocks: their implications for the paleogeographic and paleoclimatologic reconstruction of the Cimmerian Continent. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 193(1): 1-24. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(02\)00708-3](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(02)00708-3)
- Vachard D. and Moix P. 2013. Kubergandian (Roadian Middle Permian) of the Lycian and Aladağ Nappes (Southern Turkey). *Geobios*, 46(4): 335-356. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2013.02.002>
- Vachard D. and Yarahmadzahi H. 2014. Paleobiogeographic significance of a new ozawainelloid fusulinid *Pseudoacutella partoazari* n. sp. from the Asselian (lowermost Permian) of Gaduk (Central Alborz Iran). *Revue de micropaléontologie*, 57: 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2014.05.002>
- Wang Z. B. Gao J. H. Wang G. H. and Kang Z. H. 2018. Foraminiferal biostratigraphy and facies analysis of the Permian Longge Formation in the Rongma Area Tibet China: implications for the palaeogeography of the South Qiangtang Block. *Alcheringa*, 42(3), 321-338. <https://doi.org/10.1080/03115518.2018.1471735>
- Yarahmadzahi H. Gorgij M. N. Aghanabati S. A. and Saeidi A. 2013. Lower Permian Fusulinids Biostratigraphy in Chili Formation (Member of Khan Group) in the Kalmard Area Eastern Central Iran (Rahdar Section). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 22: 75-82. <https://doi.org/10.22071/gsj.2013.53832>

- Yarahmadzahi H. and Vachard D. 2017. The uppermost Carboniferous (Gzhelian)–Lower Permian (Asselian–Sakmarian) stratigraphy and smaller foraminifers of the Ozbak-Kuh region (Tabas Block east Central Iran). *Geological Journal*, 2017: 1–17. <https://doi.org/10.1002/gj.2909> Digital Object Identifier
- Yarahmadzahi H. and Vachard D. 2019. Moscovian–Asselian (Middle Pennsylvanian–earliest Cisuralian) smaller foraminifers from the Asad-Abad section (Sanandaj-Sirjan Zone Central Iran). *Journal of Foraminiferal Research*, 49(2): 107-130. <https://doi.org/10.2113/gsjfr.49.2.107>
- Yarahmadzahi H. Vachard D. and Dibadin B. 2016. Smaller foraminifers from the Lower Permian Emarat Formation east of Firuzkuh (Central Alborz Iran). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 122: 103-118. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/7720>
- Yarahmadzahi H. Vachard D. and Gorgij M. N. 2014. First record of Sakmarian smaller foraminifers from the Sarab section (South Lut Block in Central Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 8(5), 3119-3127. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1431-x>
- Yasbolaghi Sharahi S. Yousefi Yeganeh B. Arefifard S. Farahpour M. M. and Vachard D. 2020. Re-examination of late Early Permian fusulinids in North Tabas East-central Iran and their palaeotectonic palaeoclimate and palaeobiogeographic applications. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 36(2): 51-74. <https://doi.org/10.22108/jssr.2020.118996.1118>
- Zhang Y. C. and Wang Y. 2018. Permian fusuline biostratigraphy: Geological Society of London Special Publications, 50(1): 253-288. <https://doi.org/10.1144/SP450.14>