



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

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
Vol. 34, Issue. 4, No. 73, Winter 2019
pp. 1-20
Received: 26.11.2018 Accepted: 06.01.2019

Stratigraphic position and diversity occurrences of basic alkaline igneous rocks in the Permian sedimentary strata, Central Alborz Zone

Hadigheh Khatoon Kazemi

MSc. Student in Petrology, Department of Petrology and Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Habibollah Ghasemi*

Professor in Petrology, Department of Petrology and Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Azizollah Taheri

Professor in Paleontology and Stratigraphy, Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

* Corresponding author, e-mail: h-ghasemi@shahroodut.ac.ir

Abstract

A completely lithologic sequence of Permian strata including Doroud (mainly of sandstone and shale), Ruteh (mainly of limestone with interbedded marl) and Nesen (mainly of limestone and shale) formations exist in Central Alborz zone from Siyah-Bishe and Harijan in Chalous Road to Yoush, Baladeh, Zarin-Kamar and Varazan in south of Amol in Mazandaran Province. Based on the field geology and petrography, these igneous rocks with basic alkaline nature are found as dike, sill and small diabasic, microgabbroic and lamprophyric intrusions in the Doroud Formation and as basaltic lava flows and related pyroclastics in the upper part of Ruteh Formation. In fact, low-depth microgabbroic and lamprophyric intrusions in the Doroud Formation were residual and solidified melt in feeding vents of the basaltic volcanism in the upper part of Ruteh Formation. Doroud Formation was deposited in a Fluvial-Deltaic environment in Early Permian, Ruteh and Nesen formations were deposited in carbonate platform (lagoon, barrier and open marine) in Middle-Late Permian respectively. Lack of continuous reefal facies and turbiditic sediments indicate that the Ruteh and Nesen carbonate formations deposited in a carbonate ramp platform. At this time, the central Alborz was as a passive margin in the south side of the Paleo-Tethys and its alkaline basic magmatic activity is interpretable with the Late Paleozoic extensional tectonics in the north side of the Gondwana and simultaneously with initial stages of Neo-Tethys development in Zagros.

Keywords : Stratigraphy, - Volcanic rocks, - Central Alborz, Baladeh, Permian

Introduction

According to Berberian and King (1981), Paleozoic magmatic activity has not been extended in Iran, but the study of these rocks is a very important key to better understanding the geological events of this period in Iran and adjacent countries. For example, the opening time of the Paleo-tethys and Neo-tethys oceans need to understand their geologic events (such as magmatism and metamorphism) in the Paleozoic era. One of the most widespread events is the magmatic activity of the Ordovician-Silurian in the Eastern Alborz (Sultan Meydan Complex), which can be certified on the occurrence of extensional tectonics in the early stages of opening of the Paleo-Tethys ocean (Ghasemi and Khanalizadeh 2012; Ghasemi and Kazemi 2013; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014; Derakhshi et al. 2014, 2015; 2017). Then, other magmatic phases have been occurred in the Devonian (Ghasemi and Dayhimi 2015; Dayhimi 2012; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014), Carboniferous (Naderi et al. 2018a,b) and especially in Permian (Berberian and King 1981; Vahdati Daneshmand 1991,1999; Saidi

and Ghasemi 1991; Gaetani et al. 2009; Delavari et al. 2017; Rostami et al. 2018).

The discussions and views on the place of Iran during Permian and the closure time of the Paleo-Tethys ocean and opening of the Neo-Tethys ocean reveal the importance of the Permian magmatism. After Permian, with developing of the Neo-Tethys ocean, some parts of Iran (such as Central Iran and Alborz), as the Cimerian territories, were separated from the north of Gondwana and moved to the northern Eurasia super-continent (Gaetani et al. 2009). With the closure of the Paleo-Tethys ocean at the Early Jurassic (Boulin 1988) or the Late Triassic (Stöcklin 1974; Alavi et al. 1997; Stampfli and Borel 2002; Horton et al. 2008; Wilmsen et al. 2009; Zanchi et al. 2009), which is characterized by the Eocimerian discontinuity in Alborz, the connection of the cimerian microcontinent to southern Eurasia have been occurred. Thus, over the Middle to the Late Permian, the cimerian territories embedded between the two oceanic zones, the newly emerging Neo-Tethys in the south (Zagros) and the destroying Paleo-Tethys

in the north becoming closer to Eurasia (Stampfli et al. 2002; Nikishin et al. 2002; Gaetani et al. 2009; Berra and Angiolini. 2014; Domeier and Torsvik 2014). The Permian–Triassic extensional phase is one of the most important rifting phases in Iran, indicating the opening of the Neo-Tethys oceanic basin whose signs are found as basaltic magmatism in Alborz and other parts of Iran (such as Central Iran and Sanandaj–Sirjan) (Berberian and King 1981; Ghasemi and Jamshidi 2012; 2013; Ghasemi et al. 2018).

The studied area is located in northeastern Baladeh (Central Alborz) from Siyah-Bishe and Harijan on Chalous road to Yoush, Baldeh, Zarrin Kamar and Varazan in south of Amol in Mazandaran province. It contains sedimentary units of Permian (Doroud, Ruteh and Nessen formations), along with igneous basic alkaline rocks (volcanic and intrusive). Main spreading of volcanic rocks in the Baladeh area has been reported between the Ruteh and Nessen formations (Vahdati Daneshmand 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991; Delavari et al. 2017; Rostami et al. 2018), but based on the findings of this research and in according to Gaetani et al. (2009), these magmatic rocks are located not between the Ruteh and Nesen Formations, but in the form of intrusive bodies in the Doroud and the lower part of the Ruteh formations, and in the form of extrusive and pyroclastic rocks in the upper part of the Ruteh Formation. The intrusive bodies that were originally solidified magma in the feeding vents of volcanic rocks widely cropped out in the form of dikes, sills and small diabasic, microgabbroic and lamprophyric intrusions in the Doroud Formation and in the lower part of the Ruteh Formation in Siyah-Bishe and Harijan on the Chalous road and are not mentioned in any previous studies. In addition, lamprophyric dikes are also reported in the region for the first time in this study.

Material and Methods

The systematic study of the Paleozoic igneous events of the Alborz region (Ghasemi and Khanalizadeh 2012; Ghasemi and Kazemi 2013; Derakhshi and Ghasemi 2013; 2014; Derakhshi et al. 2014, 2015; 2017; Dayhimi 2012; Naderi et al. 2018a; b) and northeastern Iran around Mashhad (Li et al. 2018; Mobasheri et al. in press) and their use to study the evolution of the Paleo-Tethys ocean needs to studying and precision field surveying, petrography, mineral chemistry, as well as precise chemical analysis of major, minor, trace and rare earth elements of whole rocks, and even isotopic analysis and age dating from the Permian igneous specimens of Central Alborz. But, due to the variety of topics, the large amount of the data and processing and interpretation, this paper only refers to the precise stratigraphic position, diversity occurrences of igneous rocks, geological relations and their geomodynamic significance in the analysis of the evolutionary trend of the Alborz Basin during the Permian period. Studies and field sampling were carried out in all Permian outcrops of the region, using previous research data and tracking these rocks in high-resolution satellite images of the area, as well as performing via precise cross-sectional surveys in the available outcrops in a systematic and selective manner. Preparation of thin sections and their petrographic studies have been carried out in the laboratories of the Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology.

Discussion of Results and Conclusions

A completely lithologic sequence of Permian strata including Doroud (mainly of sandstone and shale), Ruteh (mainly of

limestone with interbedded marl) and Nesen (mainly of limestone and shale) formations exist in Central Alborz zone from Siyah-Bishe and Harijan in Chalous Road to Yoush, Baladeh, Zarin-Kamar and Varazan in south of Amol in Mazandaran Province. Based on the field geology and petrography, these igneous rocks with basic alkaline nature are found as dike, sill and small diabasic, micro-gabbroic and lamprophyric intrusions in the Doroud Formation and as basaltic lava flows and related pyroclastics in the upper part of Ruteh Formation. The intrusive rocks show ophitic, subophitic, poikilitic, poikilophitic, microlitic porphyry, intergranular and microgranular textures composed of olivine, clinopyroxene, plagioclase and amphiboles as the main minerals. The extrusive rocks show amygdaloidal, hyalomicroclitic porphyry, microlitic porphyry, hyaloporphyry, intersertal and trachytic textures composed of olivine, clinopyroxene and plagioclase as the main minerals. The amigdals filled by secondary minerals such as calcite, chlorite and quartz. Compositional zoning and sieve texture in clinopyroxene and plagioclase and skeletal texture and corrosion of crystal margins in olivine and clinopyroxene are widely seen. In fact, low-depth microgabbroic and lamprophyric intrusions in the Doroud and the lower part of the Ruteh formations were residual and solidified melt in feeding vents of the basaltic volcanism in the upper part of Ruteh Formation. According to Delavari et al. (2017) and Rostami et al. (2018) Permian magmatic rocks of the Baladeh area have sodic alkaline nature and are derived from crystallization of a basaltic melt originated from partial melting of an Oceanic Island Basalt (OIB) source in a within plate tectonic setting (a deep garnet bearing mantle source of HIMU type). This tectonic setting can be the result of the extensional tectonics prevailing of the Middle–Late Permian, which is accompanied by pressure reduction on the mantle, rising the deep mantle plume, melting it at high depths, and formation of the basaltic magma. This extensional regime coincided with the early stages of crust uplifting and evolution of the rift basins as a prelude to the formation and evolution of the Neo-Tethys Ocean in the southern part of the Paleo-Tethys.

The geodynamic rearrangement of the Tethys realm during the Late Paleozoic–Early Mesozoic, has been accompanied by magmatic activity along the northern margin of Gondwana from the east of the Himalaya to Tibet, Oman, Iran and Turkey (Zhu et al. 2010). From the petrographic data and the chemical analysis of igneous rocks, along with the evidence of stratigraphy, facies and sedimentary environments can be used to determine the tectonomagmatic setting and the paleogeography of the Alborz land during Permian. Accordingly, Doroud Formation was deposited in a Fluvial-Deltaic environment in Early Permian, Ruteh and Nesen formations were deposited in a carbonate platform (lagoon, barrier and open marine) in Middle–Late Permian respectively. Lack of continuous reefal facies and turbiditic sediments indicate that the Ruteh and Nesen carbonate formations deposited in a carbonate ramp platform. At this time, the central Alborz was as a passive margin in the south side of the Paleo-Tethys and its alkaline basic magmatic activity is interpretable with the Late Paleozoic extensional tectonics in the north side of the Gondwana and simultaneously with initial stages of Neo-Tethys development in Zagros.

موقعیت سنگ‌چینه‌ای و تنوع رخدادهای سنگ‌های آذرین بازیک آلکالن در واحدهای سنگ‌چینه‌ای پرمین، پهنه البرز مرکزی

حدیقه خاتون کاظمی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه پتروژئولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی

شاهروود، ایران

حبیب اله قاسمی، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه صنعتی شاهروود، ایران*

عزیزا... طاهری، استاد، گروه زمین‌شناسی کاربردی، دانشگاه صنعتی شاهروود، ایران

چکیده

توالی نسبتاً کاملی از واحدهای سنگ‌چینه‌ای پرمین شامل سازندهای دورود (عمدتاً از ماسه‌سنگ و شیل)، روته (عمدتاً از سنگ‌آهک با بین‌لایه‌هایی از مارن) و نسن (عمدتاً از سنگ‌آهک و شیل) در البرز مرکزی از سیاه‌بیشه و هریجان در جاده چالوس تا یوش، بلده، زرین‌کمر و ورازان در جنوب آمل، در استان مازندران رخنمون دارد. بر اساس برداشت‌های صحرایی و مطالعه‌های سنگ‌نگاری، این سنگ‌های آذرین با ماهیت بازیک و آلکالن به‌شکل دایک، سیل و توده‌های کوچک میکروگابرویی و لامپروفیری داخل سازند تخریبی دورود و به‌شکل روانه‌های بازالتی همراه با آذرآواری‌های وابسته داخل بخش بالایی سازند روته رخنمون دارند. توده‌های کم‌عمق میکروگابرویی و لامپروفیری درون سازند دورود، درحقیقت ماگمای باقیمانده و منجمدشده در مجاری تغذیه‌کننده فعالیت آتشفشانی بازالتی در بخش بالایی سازند کربناته روته هستند. سازند دورود در محیط رودخانه‌ای-دلتایی در پرمین زیرین و سازندهای روته و نسن در پلت‌فرم کربناته (لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز) در پرمین میانی و بالایی تشکیل شده‌اند. نبود رخساره‌های ریفی گسترده و رسوبات توریداتی نشان‌دهنده تهنشست توالی عمدتاً کربناته روته و نسن در پلت‌فرم کربناته‌ای از نوع رمپ در پرمین میانی-بالایی است. در این زمان، البرز مرکزی به‌شکل حاشیه غیرفعال در جنوب پالتوتیس جای داشته است و فعالیت ماگمایی بازیک آلکالن آن با زمین‌ساخت کششی اواخر پالتوزوئیک در حاشیه شمالی گندوانا و هم‌زمان با مراحل آغازین گسترش نئوتیس در زاگرس قابل تفسیر است.

واژه‌های کلیدی: چینه‌نگاری، سنگ‌های آتشفشانی، البرز مرکزی، بلده، پرمین

مقدمه

پدیدآمده در جنوب (زاگرس) و تئیس کهن رو به نیست شدن در شمال، در حال نزدیک شدن به اوراسیا بوده‌اند (Stampfli et al. 2002; Nikishin et al. 2002; Gaetani et al. 2009; Berra and Angiolini 2014; Domeier and Torsvik 2014). فاز کششی پرمین-تریاس از مهم‌ترین فازهای کافتی در ایران و نشان‌دهنده باز شدن حوضه اقیانوسی تئیس جدید است که نشانه‌های آن به شکل ماگماتیسیم بازالتی در البرز و دیگر نقاط ایران (مانند ایران مرکزی و سندج-سیرجان) دیده می‌شوند (Berberian and King 1981; Ghaesmi and Jamshidi. 2012, 2013; Ghasemi et al. 2018).

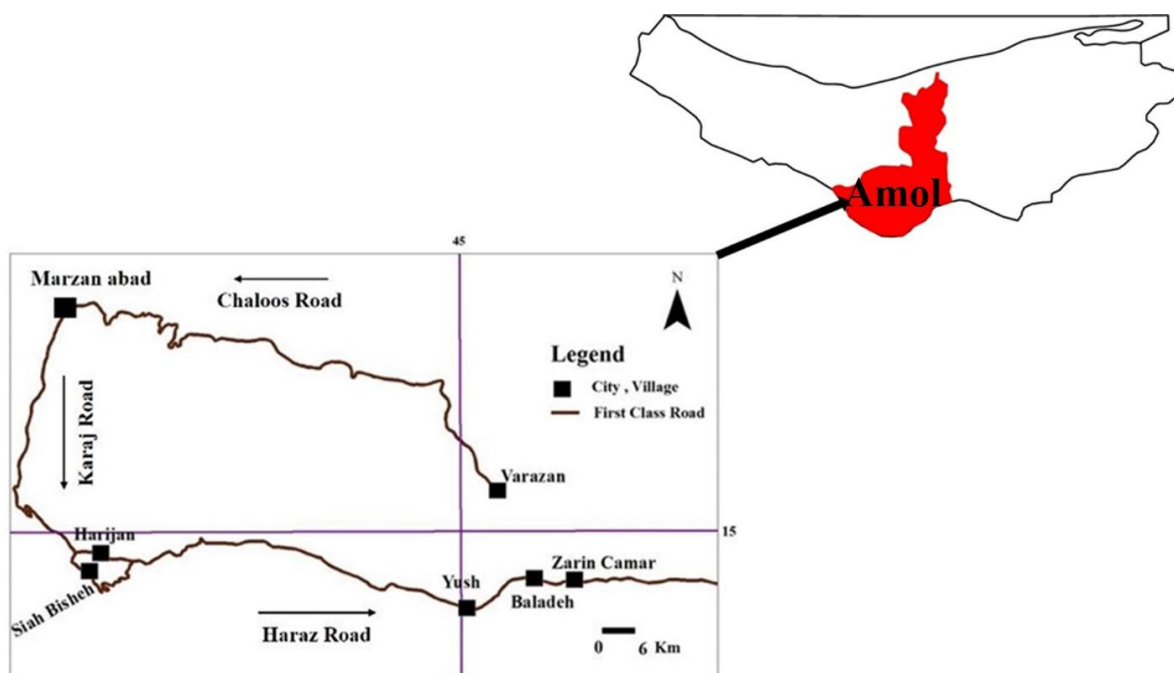
منطقه مورد بررسی در پژوهش حاضر در شمال شرقی بلده (البرز مرکزی) از سیاه‌بیشه و هریجان در جاده چالوس تا یوش، بلده، زرین‌کمر و ورازان در جنوب آمل، استان مازندران قرار گرفته و دربرگیرنده واحدهای رسوبی پرمین (سازندهای دورود، روته و نسن) به همراه سنگ‌های آذرین بازیگ آلكالن (آتشفشانی و نفوذی) است (شکل‌های ۱ و ۲). گسترش عمده سنگ‌های آتشفشانی در منطقه بلده، بین سازندهای روته و نسن گزارش شده است (Vahdati Daneshmand. 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991; Delavari et al. 2017; Rostami et al. 2018). پژوهش حاضر و در تأیید گفته‌های (Gaetani et al. 2009) این سنگ‌های ماگمایی نه بین سازندهای روته و نسن، بلکه به شکل توده‌های نفوذی داخل سازند دورود و بخش زیرین سازند روته و به شکل خروجی و آذرآواری داخل بخش بالایی سازند روته رخنمون دارند. توده‌های نفوذی که در حقیقت ماگمای منجمد شده در مجاری تغذیه‌کننده سنگ‌های آتشفشانی هستند، به شکل دایک، سیل و توده‌های کوچک دیابازی، میکروگابروبی و لامپروفیری در سازند دورود و بخش زیرین سازند روته به‌طور گسترده در سیاه‌بیشه و هریجان در جاده چالوس رخنمون دارند و در هیچ‌کدام از مطالعه‌های پیشین به وجود آنها اشاره نشده است؛ به‌علاوه، برای نخستین بار در پژوهش حاضر دایک‌های لامپروفیری در منطقه گزارش شدند. یافته‌های پژوهش حاضر در کنار

به باور (Berberian and King 1981) فعالیت ماگمایی پالئوزوئیک در ایران گسترش چندانی ندارد؛ با وجود این، بررسی این سنگ‌ها کلید بسیار مهمی برای شناخت بهتر رویدادهای زمین‌شناختی این دوران در گستره ایران زمین و فراتر از آنست؛ برای نمونه، زمان پیدایش اقیانوس‌های تئیس کهن و جدید نیازمند درک رویدادهای زمین‌شناختی وابسته به آنها (مانند ماگماتیسیم و دگرگونی) در بازه زمانی پالئوزوئیک است. یکی از گسترده‌ترین این رویدادها، فعالیت ماگمایی اردوئین-سیلورین در البرز شرقی (مجموعه سلطانمیدان) است که گواهی بر رخداد زمین‌ساخت کششی در مرحله‌های آغازین پیدایش اقیانوس تئیس کهن است (Ghasemi and Khanalizadeh 2012; Ghasemi and Kazemi 2013; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014; Derakhshi et al. 2014, 2015; 2017). پس از آن نیز فازهای ماگمایی دیگری در دونین (Dayhimi 2012; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014; Ghasemi and Dayhimi 2015)، کربونifer (Naderi et al. 2018 a,b) و به‌ویژه در پرمین (Berberian and King 1981; Vahdati Daneshmand 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991; Gaetani et al. 2009; Delavari et al. 2017; Rostami et al. 2018) رخ داده‌اند.

بحث‌ها و دیدگاه‌های موجود درباره جایگاه ایران در زمان پرمین و زمان بسته شدن اقیانوس تئیس کهن و پیدایش اقیانوس تئیس جدید اهمیت بررسی ماگماتیسیم پرمین را آشکارتر می‌کند. از زمان پرمین به بعد و با پیدایش اقیانوس تئیس جدید، بخش‌هایی از ایران (مانند ایران مرکزی و البرز) به‌عنوان سرزمین‌های سیمین از شمال گندوانا جدا و به‌سوی ابرقاره شمالی (اوراسیا) جابه‌جا شده‌اند (Gaetani et al. 2009). با بسته شدن تئیس کهن در آغاز ژوراسیک (Boulin 1988) یا تریاس پایانی (Stocklin. 1974; Alavi et al. 1997; Stampfli and Borel. 2002; Horton et al. 2008; Wilmsen et al. 2009; Zanchi et al. 2009) که با ناپوستگی ائوسیمین در البرز مشخص می‌شود، اتصال خرده‌قاره‌های سیمین به جنوب اوراسیا روی داده است؛ از این رو، در بازه زمانی پرمین میانی تا پایانی، سرزمین‌های سیمین میان دو پهنه اقیانوسی، تئیس جدید تازه

روته و نسن دانسته‌اند و ثالثاً به حضور گسترده ماگماتیسیم نفوذی در سازند دورود به‌عنوان ماگمای منجمدشده در مجاری تغذیه‌کننده ماگماتیسیم بازالتی سازند روته و به‌ویژه به دایک‌های لامپروفیری موجود در سازند دورود اشاره نشده است؛ در نتیجه، اهمیت زمین‌دینامیکی ماگماتیسیم پرمین به‌ویژه در پرتو ماگماتیسیم پالئوزوئیک بالایی حوضه تیس کهن در البرز به‌خوبی روشن نشده است.

یافته‌های پژوهش‌های پیشین کلیدی برای درک بهتر وضعیت البرز در زمان یادشده است. گفتنی است اگرچه مطالعه‌هایی درباره پترولوژی و ژئوشیمی این ماگماتیسیم در گستره البرز مرکزی انجام شده‌اند (Delavari et al. 2017; Rostami et al. 2018)، اولاً در مطالعه‌های انجام‌شده این ماگماتیسیم فقط به بازالت‌ها محدود شده است، ثانیاً موقعیت سنگ‌چینه‌ای آن بر اساس اطلاعات موجود در شرح نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه (Vahdati Daneshmand 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991) استوار شده است که آن را واحدی بازالتی در مرز سازندهای



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی مناطق مورد مطالعه در ناحیه بلده، البرز مرکزی

به‌شکل نقشه درآوردند. (Gaetani et al. 2009) نیز به حضور این سنگ‌ها اشاره کردند، ولی موقعیت سنگ‌چینه‌ای آنها را نه بین سازندهای دورود و روته، بلکه داخل بخش بالایی سازند روته دانستند. تنها مطالعه‌های پترولوژی انجام‌شده روی این سنگ‌ها را (Delavari et al. 2017) و (Rostami et al. 2018) انجام و اطلاعات سنگ‌چینه‌ای نقشه‌های زمین‌شناسی (Saidi and Vahdati Daneshmand 1991, 1999) و (Ghasemi 1991) را مبنای کار خود قرار دادند و شخصاً به

پیشینه پژوهش

نخستین بار (Vahdati Daneshmand 1991) در شرح نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ آمل، سپس (Saidi and Ghasemi 1991) در شرح نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بلده و پس‌از آن، (Vahdati Daneshmand 1999) در شرح نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ آمل به وجود سنگ‌های آتشفشانی دیابازی در سازند دورود و روانه‌های بازالتی و سنگ‌های آذرآواری بین سازندهای روته و نسن اشاره کردند و آنها را

مطالعه موقعیت دقیق سنگ‌چینه‌ای این ماگماتیسیم نپرداختند.

روش کار

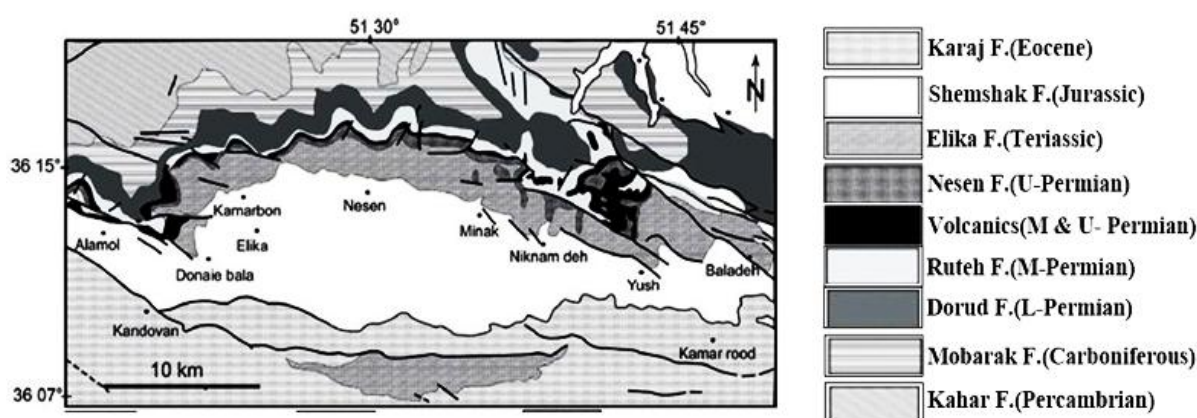
مطالعه نظام‌مند رخدادهای آذرین پالئوزوئیک پهنه البرز (Ghasemi and Khanalizadeh 2012; Ghasemi and Kazemi 2013; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014; Derakhshi et al. 2014, 2015; 2017; Dayhimi 2012; Naderi et al. 2018a,b) شمال‌شرق ایران در اطراف مشهد (Li et al. 2018; Mobasheri et al. In Press) و بهره‌گیری از آنها برای بررسی سیر تحول و تکامل اقیانوس تئیس کهن ضرورت مطالعه و برداشت دقیق صحرایی، سنگ‌نگاری، شیمی‌کانی و همچنین انجام تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی دقیق سنگ‌کل از نظر عناصر اصلی، نادر و نادر خاکی و حتی تجزیه و تحلیل‌های ایزوتوپی و سن‌سنجی نمونه‌های سنگی آذرین پرمین البرز مرکزی را ایجاد کرده است؛ هرچند به علت تنوع موضوع‌ها، گستردگی داده‌ها و پردازش و تفسیر آنها و محدودیت در حجم نوشتار مقاله، در مطالعه حاضر تنها به بیان موقعیت دقیق سنگ‌چینه‌ای، انواع رخدادهای سنگ‌های آذرین، روابط زمین‌شناختی و اهمیت زمین‌دینامیکی آنها در تحلیل روند تکاملی حوضه البرز در زمان پرمین پرداخته شد و دیگر داده‌های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی به نوشتاری دیگر موکول شدند. مطالعه‌ها و برداشت‌های صحرایی در تمام رخنمون‌های

سنگی پرمین منطقه با استفاده از اطلاعات پژوهش‌های پیشین و ردیابی این سنگ‌ها در تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد از منطقه و همچنین انجام پیمایش‌های عرضی دقیق در رخنمون‌های در دسترس به‌طور نظام‌مند و انتخابی انجام شدند. تهیه مقاطع نازک و مطالعه‌های سنگ‌نگاری آنها در کارگاه و آزمایشگاه دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شدند.

بحث

الف- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه

منطقه مورد پژوهش در البرز مرکزی با مختصات جغرافیایی $50^{\circ}10'$ تا $51^{\circ}56'$ طول شرقی و $36^{\circ}13'$ تا $36^{\circ}22'$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۲). در این منطقه، رخنمون‌های گسترده‌ای از واحدهای سنگ‌چینه‌ای پرکامبرین پسین (سازند کهر)، کربونیفر (سازند مبارک)، پرمین (سازندهای دورود، روته و نسن)، تریاس (سازند الیکا)، ژوراسیک (سازند شمشک) و ائوسن (سازند کرج) برون‌زد دارند (شکل ۲) (Vahdati Daneshmand 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991). سنگ‌های آذرین پرمین در نقشه به رنگ سیاه نشان داده شده‌اند.



شکل ۲- نقشه ساده زمین‌شناسی شمال‌شرقی بلده (البرز مرکزی) که گستره سنگ‌های آذرین پرمین روی آن نشان داده شده است؛ برگرفته شده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰۰ بلده (Saidi and Ghasemi 1991) (Vahdati Daneshmand 1991) آمل

لایه‌های شیل، سیلتستون و ماسه‌سنگ قرمز پوشیده شده است. در این منطقه، سازند دورود بدون بخش‌های کربناته دریایی است و در محیط رودخانه‌ای-دلتایی ته‌نشست شده است (شکل ۴-د).

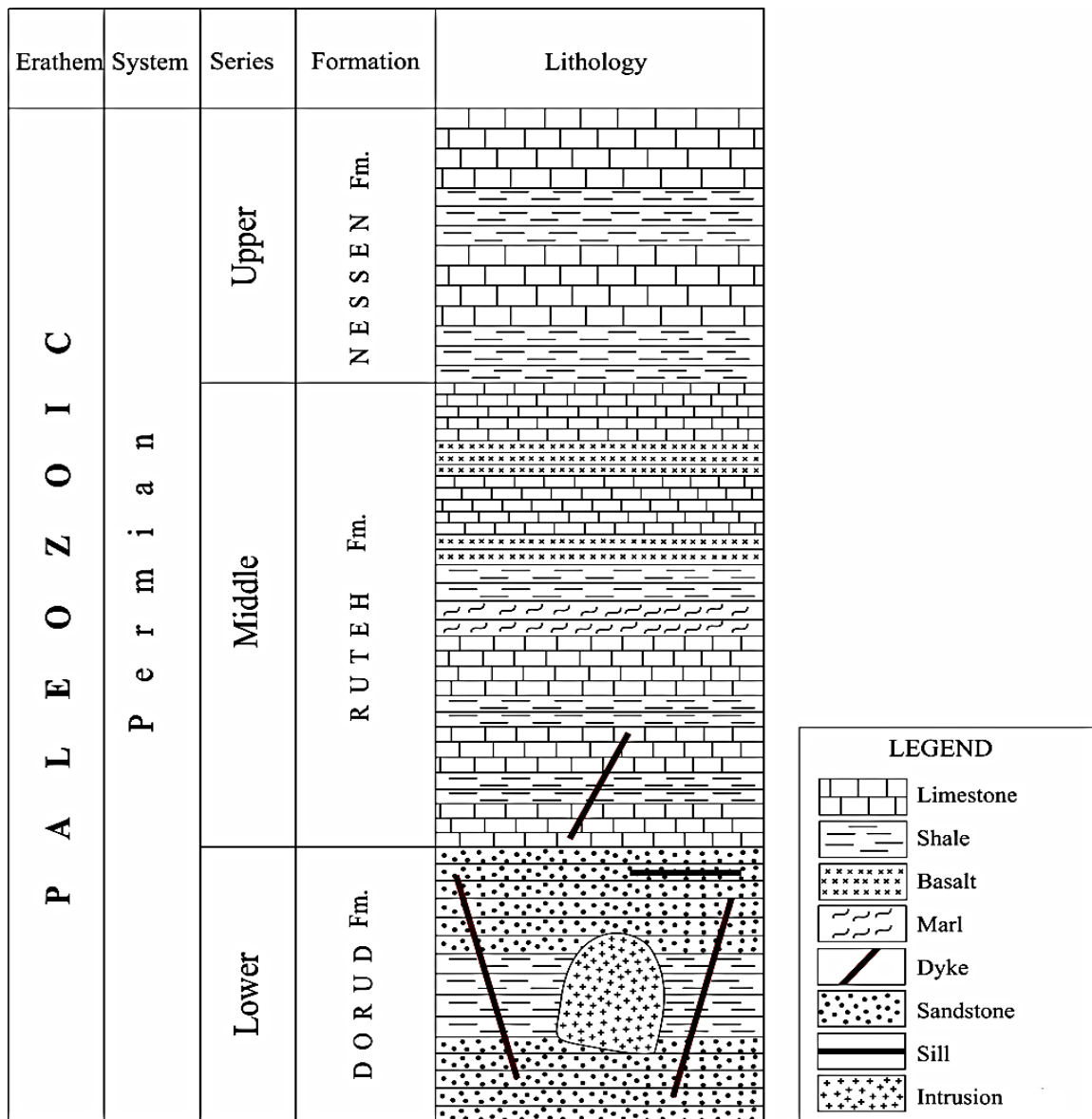
سازند تخریبی دورود به‌طور هم‌شیب با سازند کربناته روته پوشیده شده است (شکل ۴-الف، ب، ث). سازند روته که نخستین بار توسط Assereto (1963) توصیف شد، در بخش زیرین شامل پکستون بیوکلاستی مارنی خاکستری تیره نازک لایه است که با واحد آهک ضخیم لایه ادامه می‌یابد. براساس یافته‌های پژوهش حاضر، یک دایک میکروگابرویی (شکل ۴-ب) و حجم زیادی از گدازه‌های بازالتی و آذرآواری‌های زیرآبی وابسته بین این آهک‌های ضخیم لایه وجود دارند. در اغلب مناطق البرز، سازند روته به‌شکل واحد آهکی ۱۵۰ تا ۲۵۰ متری بین سازند تخریبی قرمزرنگ دورود در پایین و آهک‌های نازک لایه و شیل‌های تیره‌رنگ سازند نسن در بالا مشخص است (شکل ۴-الف، ث، ج). Zohdi (2018) نیز با مطالعه سازند روته در منطقه زنجان، این سازند را به سیستم رمپ کربناته‌ای با ۸ رخساره رسوبی و فراوانی جلبک و فرامینیفر بنتیک متعلق دانسته که در حاشیه جنوبی غیرفعال تیس کهن نهشته شده است. به باور Gaetani et al. (2009) سازند روته عمدتاً شامل یک توالی پکستون-وکستون است که به‌عنوان رمپ کربناته‌ای با سن پرمین میانی تفسیر می‌شود.

در بخش بالایی سازند روته، یک واحد بازالتی ضخیم لایه به همراه سنگ‌های هیدروکلاستیک (برش، آگلومرا و توف زیرآبی) قرار دارد که به همین سازند متعلق است (شکل ۴-الف، ث، د). برداشت‌های صحرائی و بررسی‌های فسیل‌شناختی پژوهش حاضر نشان می‌دهند برخلاف نظر Vahdati Daneshmand (1991, 1999); Saidi and Ghasemi (2017); Delavari et al. (1991) و Rostami et al. (2018) جایگاه دقیق سنگ‌چینه‌ای این واحد بازالتی بین سازندهای روته و نسن نیست، بلکه در بخش بالایی سازند روته است

واحدهای سنگی پرمین منطقه با توالی ستبری (بیش از ۵۰۰ متر) از سنگ‌های عمدتاً تخریبی سازند دورود به سن پرمین آغازین (آسلین- ساکمارین) آغاز می‌شوند (شکل‌های ۳ و ۴-الف، ب، پ، د). این سازند از پایین به بالا شامل کوارتز آرنایت سفید- خاکستری، ماسه‌سنگ قرمز متوسط تا ضخیم لایه، سنگ‌های بازالتی- آندزیتی، ماسه‌سنگ قرمز- خاکستری با بین لایه‌های ماسه‌سنگ ریگی، سنگ‌آهک خاکستری ضخیم لایه آنکوئیدی- ریفی حاوی مرجان و فوزولینیدا، ماسه‌سنگ قرمز- خاکستری و سنگ‌آهک کرم- زرد- خاکستری فوزولین دار است (Vahdati Daneshmand (1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991). بررسی‌های سنگ‌شناختی پژوهش حاضر نشان می‌دهند سنگ‌های بازالتی- آندزیتی یادشده در شرح نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه در این سازند، نه از نوع خروجی بلکه از نوع نفوذی و شامل دایک، سیل و توده‌های کوچک میکروگابرویی و لامپروفیری هستند (شکل ۴-ت، ج، ح). Gaetani et al. (2009) از سازند دورود با عنوان گروه دورود یاد کرده‌اند و آن را شامل سه بخش دانسته‌اند و بخش زیرین را واحدی تخریبی به نام سازند تویه (Toyeh)، بخش میانی را واحدهای کربناته‌ای به نام سازندهای امارت (Emarat) و غزنوی (Ghosnavi) و بخش بالایی را واحدی تخریبی به نام سازند شاهزید (Shah Zeid) نامیده‌اند؛ البته این سازندها هنوز غیررسمی هستند و در کمیته چینه‌شناسی ایران مطرح و پذیرفته نشده‌اند. گروه دورود در خلال پایین‌بودن جهانی سطح آب دریاها به‌علت شروع یخبندان جهانی در ساکمارین ته‌نشست شده است. در زمان یادشده، البرز از آب خارج بوده و رسوب‌گذاری دریایی در آن انجام نمی‌شده است؛ بنابراین، تشکیل این گروه عمدتاً تخریبی با کنترل زمین‌دینامیکی سازگار است (Gaetani et al. 2009). سازند دورود در منطقه معمولاً با کنگلومرای چندزادی قاعده‌ای شروع می‌شود که به‌طور ناهم‌شیب و با سطحی فرسایشی روی لایه‌های زیرین (سازند مبارک) قرار گرفته است. این بخش کنگلومرای با

می‌توان به شکل مخلوط با سنگ‌آهک‌ها مشاهده کرد. Besse et al. (1998) با انجام بررسی‌های مغناطیس‌دیرین روی این واحد بازالتی، وضعیت جغرافیای دیرین پرمین-تریاس ایران را در کوه سیاه‌سنگ، در جاده بلده-ورزه بررسی کردند؛ بر این اساس، جابه‌جایی رو به شمال ایران نسبت به اوراسیا در تریاس میانی پایان یافته است که گواهی بر زمان برخورد و اتصال ایران به اوراسیا دانسته می‌شود.

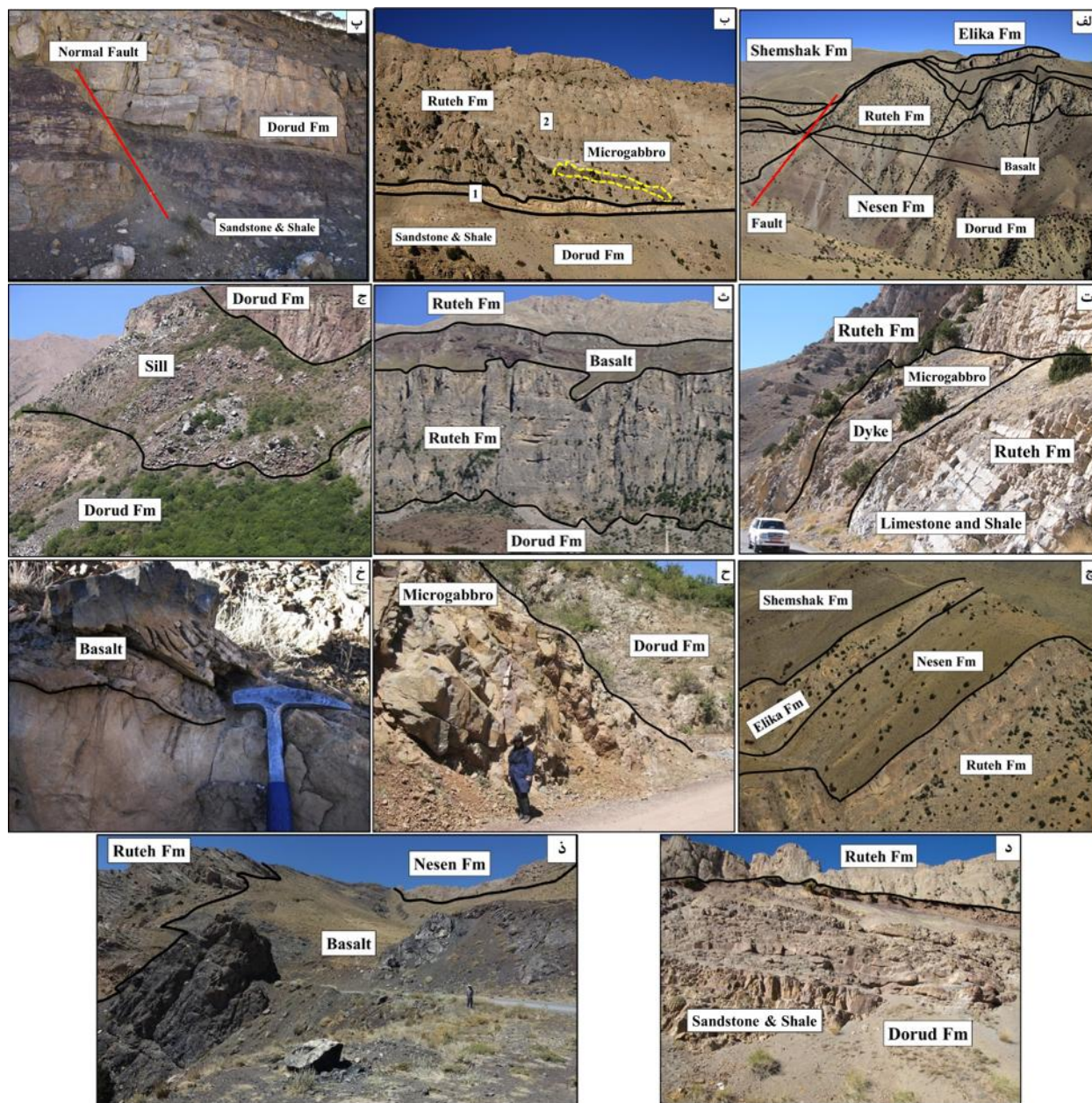
که با یافته‌های پیشین (Gaetani et al. 2009) نیز مطابقت دارد. در البرز شرقی، گاهی سازند روته دیده نمی‌شود و یک واحد کنگلومرایی زیر سازند نسن دیده می‌شود که ممکن است پیامد بالازدگی سازند روته باشد و با شواهد کارستی و آهک‌های لاتریتی نیز شناخته می‌شود (Gaetani et al. 2009). در منطقه مورد مطالعه، گدازه‌های بازالتی به‌طور مستقیم روی آهک‌های ضخیم‌لایه بخش بالایی سازند روته فوران کرده‌اند (شکل ۴-خ، ذ)؛ به‌طوری که قطعه‌هایی از بازالت‌ها را



شکل ۳- توالی چینه‌شناسی سنگ‌های پرمین برش بلده (بدون مقیاس زمین‌شناسی)

براکوپود فراوان و در انتها، آهک خاکستری تیره و سیاه فوزولین‌دارست (Vahdati Daneshmand 1991, 1999; Saidi and Ghasemi 1991)؛ البته بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، بخش بازالتی-اسپیلیتی به سازند روته تعلق دارد. بررسی سنگ‌های آهکی نازک‌لایه، مارن، سنگ‌آهک شیلی و شیل‌های سازند نسن به شناسایی دو گروه رخساره‌های آواری و کربناتی در آن منجر شده است. رخساره‌های آواری مربوط به محیط دریایی، در حد رخساره حوضه‌ای (Basinal Facies) و در برخی موارد دارای خرده‌های اسکلتی دریای باز هستند. بررسی سنگ‌های آهکی سازند نسن در پژوهش حاضر به شناسایی ۷ رخساره از سه گروه محیط دریای باز، محیط سدی و محیط لاگونی تا پهنه کشندی منجر شد. رخساره‌های کربناتی سازند نسن در محیط دریایی و روی رمپ‌های کربناتی نهشته شده‌اند و رخساره آواری در نواحی دور از رمپ (Distal Ramp) ته‌نشین شده است (Lasemi 2001). سنگ‌های سازند نسن به‌طور عمده در البرز شمالی گسترش دارند. این سنگ‌ها با مرزهای ناپیوسته روی سازند روته و زیر سازند الیکا قرار گرفته‌اند.

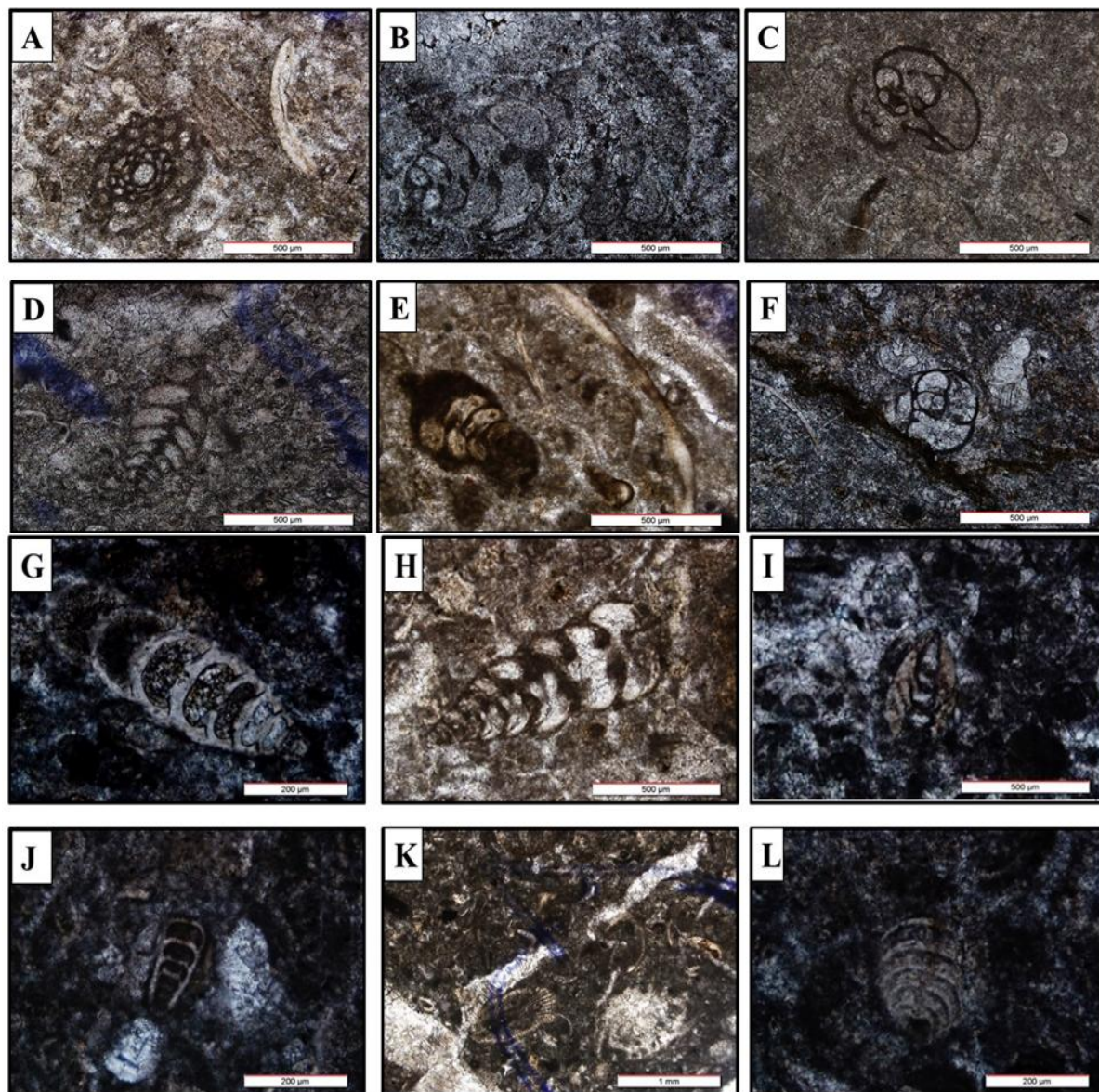
با پیشروی دریا، سازند کربناته نسن به‌طور هم‌شیب روی آهک‌ها و بازالت‌های سازند روته قرار گرفته است (شکل ۴-الف، چ). سازند نسن را Glaus (1964) در نزدیکی روستای نسن، در همین منطقه معرفی کرده است. این سازند دو بخش کاملاً مشخص دارد: بخش زیرین که ضخامت آن به ۷۰ متر هم می‌رسد، از شیل خاکستری تیره همراه با میان‌لایه‌های سنگ‌آهک مارنی متوسط‌لایه تا نازک‌لایه نودولار تشکیل شده است و بخش بالایی شامل سنگ‌آهک ضخیم‌لایه و توده‌ای با ریزرخساره مدستون یا وکستون و میان‌لایه‌های پکستون بیوکلاستی، براکوپود، جلبک و فرامینیفر است؛ به سمت بخش بالایی، میان‌لایه‌های شیلی کاهش می‌یابند و به‌طور هم‌زمان سنگ‌آهک میکرایتی زیاد می‌شود (Gaetani et al. 2009). سازند نسن رخساره‌های مختلفی دارد که ناپایداری حوضه رسوبی و تغییرات ژرفای آن را نشان می‌دهد. بر اساس شرح نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه، سازند نسن از پایین به بالا شامل کنگلومرای چندزادی خوب جورشده با لایه‌بندی منظم، بازالت-اسپیلیت سیاه تا خاکستری، ماسه‌سنگ خاکستری-قرمز دانه‌درشت سرشار از کوارتز و شیل سیاه آهکی حاوی



شکل ۴- نمای صحرایی واحدهای سنگی منطقه بلده؛ الف. توالی سازندهای دورود، روته، نسن، الیکا و شمشک در ۱۰ کیلومتری شمال‌شرقی بلده در البرز مرکزی (دید به سمت شمال شرق)، ب. نمایی از توالی سازند تخریبی دورود، دو بخش زیرین (۱. شیل و آهک نازک‌لایه) و بالایی (۲. آهک ضخیم‌لایه) سازند روته و حضور یک دایک میکروگابرویی در آن، جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال)، پ. نمایی نزدیک از واحد شیل و ماسه‌سنگی قرمز محیط رودخانه‌ای سازند دورود در ۱۰ جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال)، ت. نمایی نزدیک از یک دایک میکروگابرویی در بخش زیرین سازند روته، ۱۰ جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال)، ث. توالی سازندهای دورود و روته و حضور روانه‌های بازالتی در بخش بالایی سازند روته در شرق روستای هریجان (دید به سمت شرق)، ج. حضور یک سیل میکروگابرویی داخل سازند دورود در غرب روستای هریجان (دید به سمت شمال)، چ. نمایی دور از توالی سازندهای روته، نسن، الیکا و شمشک در ۱۰ جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال)، ح. حضور یک دایک میکروگابرویی داخل سازند دورود در غرب روستای هریجان (دید به سمت شمال)، خ. نمایی نزدیک از برون‌ریزی مستقیم گدازه‌های بازالتی روی آهک‌های سازند روته، د. نمایی از حالت عدسی و نازک‌شونده لایه‌های ماسه‌سنگی و شیلی سازند دورود که نشان‌دهنده محیط کانال رودخانه‌ای برای تشکیل آنهاست، ۱۰ جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال)، ذ. نمایی از واحد بازالتی درون بخش بالایی سازند روته، ۱۰ جاده بلده به رویان (دید به سمت شمال).

در نواحی مورد مطالعه بر اساس مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی، فرامینیفرهای بتیک از جمله *Fusulinid*، *Cryptoseptida* sp.، *Palaeotextularia* sp.، *Bradyina* sp.، *Colaniella* sp.، *Globivalvulina* sp.، *Climacammina* sp. و *Lunucammina* sp.، *Pachyphloia* sp.، *Deckerella* sp. و *Staffellidae* شناسایی شدند (شکل ۵) که بر اساس شواهد پراکندگی آنها، سن توالی سازند روته به پرمین میانی نسبت داده می‌شود.

در نواحی مورد مطالعه بر اساس مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی، فرامینیفرهای بتیک از جمله *Fusulinid*، *Cryptoseptida* sp.، *Palaeotextularia* sp.، *Bradyina* sp.، *Colaniella* sp.، *Globivalvulina* sp.، *Climacammina* sp. و *Lunucammina* sp. شناسایی شدند (شکل ۵) که بر اساس شواهد پراکندگی آنها، سن توالی سازند روته به پرمین میانی نسبت داده می‌شود.



شکل ۵- تصاویری از فرامینیفرهای کفازی موجود در توالی سازند روته در برش بلده؛ A. *Fusulinid* B. *Climacammina* sp. C. *Globivalvulina* sp. D و E. *Palaeotextularia* sp. F. *Bradyina* sp. G. *Cryptoseptida* sp. I. *Pachyphloia* sp. J. *Colaniella* sp. L. *Deckerella* sp. H. *Staffellidae* K. *Lunucammina* sp.

از نمونه‌های سنگی بخش‌های مختلف سازند روته، مقاطع نازک میکروسکوپی آنها تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان

محیط رسوبی سازند روته پس از انتخاب برش‌ها، نمونه برداری و برداشت‌های صحرائی

اکینید و بریزوئر مجموعه عواملی هستند که موجب نسبت دادن این ریزرخساره‌ها به محیط دریای باز می‌شوند (Wilson 1975; Flugel 2010).

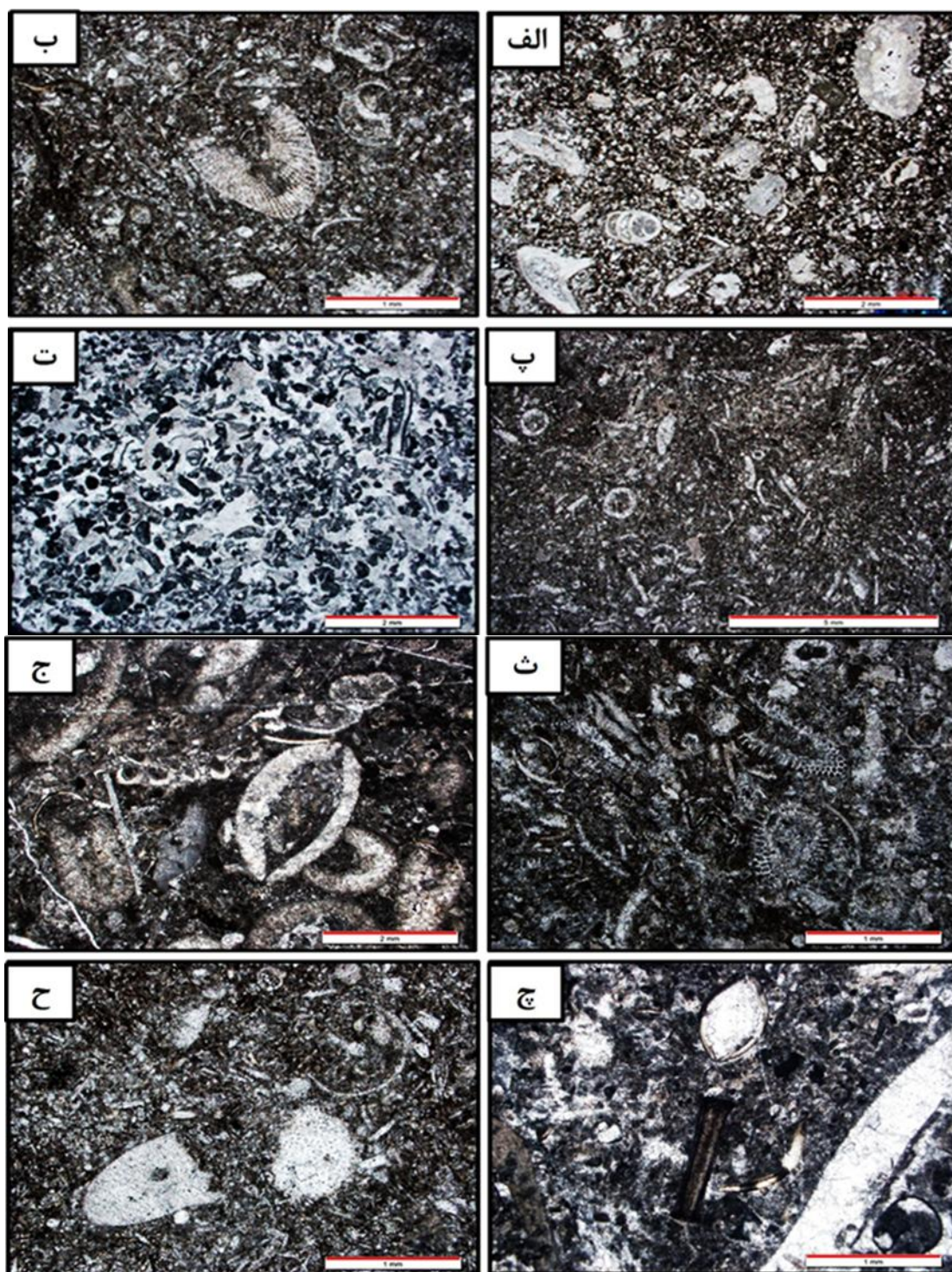
باتوجه به گوناگونی میکروفاسیس‌ها و دسته‌بندی آنها و مدل‌های ارائه‌شده توسط Wilson (1975) و Flugel (2010) و همچنین پژوهش‌های Babaei Khou et al. (1992) و Bastami et al. (1995)، محیط رسوبی سازند روت‌ه رمپی کربناته با شیب ملایم بوده است. نبود رخساره‌های ریفی گسترده و نبود رسوبات توریدیتی نشان‌دهندهٔ ته‌نشست این توالی کربناته روی پلت‌فرم کربناته‌ای از نوع رمپ شامل زیرمحیط رمپ میانی تا داخلی است. رخساره‌های رمپ داخلی بر اساس تجمع‌های فونا به رمپ داخلی محدود شده و باز تقسیم می‌شوند. تجمع اسکلتی موجودات و پلوئیدها به تشکیل نهشته‌های شسته‌شدهٔ مربوط به بار یا سد منجر می‌شود. رمپ میانی با تجمع فونای استنوهالین نظیر اکینید و بریزوئر مشخص می‌شود. رمپ‌های کربناته غالباً در حوضه‌های فورلند دریا، در طول حاشیه‌های غیرفعال گسترش می‌یابند (Burchette and wright 1992). با تکامل اقیانوس پالئوتیس در پالئوزوئیک بالایی، حاشیهٔ کافتی شمال ایران به حاشیه‌ای غیرفعال تبدیل شده و این وضعیت تا تریاس میانی ادامه داشته است (Rahimi 2002). پیشروی دریای پرمین پایانی (تشکیل سازند کربناتهٔ نسن) در البرز مرکزی به سمت جنوب بوده است. در همین زمان، رسوبات مخروط‌افکنه‌ای هم‌زمان (سازند قشلاق) که با بین‌لایه‌های رسوبات مردابی و خاک‌های لاتریتی همراه بوده‌اند، در البرز شرقی تشکیل می‌شده‌اند؛ به سمت انتهای پرمین، اغلب مناطق البرز از آب خارج شده و رخسارهٔ دریایی به نواحی کوچکی در حاشیهٔ خزر البرز مرکزی محدود شده است؛ در نتیجه، مرز پرمو-تریاس تا حد زیادی مشابه این مرز در نوار آباءه-شهرضا در ایران مرکزی و حاوی آلئیت، میکروبیال‌های مسطح و استروماتولیت‌های گنبدی است که قاعدهٔ سازند الیکا را می‌سازند (Gaetani et al. 2009).

مطالعه شدند. نام‌گذاری مقاطع نازک بر اساس روش Dunham (1962) انجام شد. باتوجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی، ویژگی‌های بافتی اجزای فسیلی و غیرفسیلی، توالی رخساره‌ها، ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های متعلق به آنها و در نهایت، محیط رسوبی سازند روت‌ه تعیین شد.

مطالعهٔ مقاطع نازک میکروسکوپی سازند روت‌ه در برش‌های مورد مطالعه (شکل ۶) به شناسایی سه کمربند رخساره‌ای، لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز منجر شد. ریزرخساره‌های بیوکلاست داسی کلاداسهٔ آ پکستون، استراکادا داسی کلاداسهٔ آ پکستون و استراکادا اکینید پلوئید پکستون معرف زیرمحیط لاگون هستند. وجود گل‌آهکی در زمینهٔ این ریزرخساره‌ها و فراوانی اجزای غیراسکلتی نظیر پلوئیدها، داسی کلاداسهٔ آ و استراکادا (شکل ۶) معرف محیط آرام و با تأثیر کمتر امواج در بخش‌های کم‌انرژی لاگون است (Longman 1981; Tucker and Wright 1990). در این زیرمحیط، بایوکلاست‌ها تنوع کم و فراوانی زیادی دارند و همراه با پلوئیدها هستند (Bachman and Hirsch 2006). حضور هم‌زمان فونای دریای باز و دریای محدود شده در زیررخسارهٔ اکینید استراکادا پلوئید پکستون معرف لاگون نیمه‌محدود شده است.

ریزرخسارهٔ پلوئید بیوکلاست گرینستون بیان‌کنندهٔ کمربند رخساره‌ای پشته‌های سدی است. جورشدگی و گردشدگی خوب دانه‌ها و بافت سنگ، نهشته‌شدن این ریزرخساره را در محیط سدی و بالای سطح اساس امواج نشان می‌دهد. بر اساس رخساره‌های توصیف‌شدهٔ Wilson (1975) و Flugel (2010)، این ریزرخساره در حاشیهٔ پلت‌فرم کربناته قرار گرفته و جداکنندهٔ دریای باز از محیط لاگون است. مشابه این ریزرخساره را Babaei Khou et al. (1992) و Bastami et al. (1995) از سازند روت‌ه گزارش کرده‌اند.

ریزرخسارهٔ بیوکلاست بریزوئر اکینید پکستون، ریزرخسارهٔ بیوکلاست اسپیکول اکینید پکستون و بیوکلاست کلسی سفر اکینید پکستون نشان‌دهندهٔ کمربند رخساره‌ای دریای باز هستند (شکل ۶). تنوع فونای دریای باز و استنوهالین از جمله



شکل ۶- الف. بیوکلاست بریوزوئر اکتینید پکستون، ب. بیوکلاست کلسی سفر اکتینید پکستون، پ. بیوکلاست داسی کلا داسه آ پکستون، ت. پلونیید
 بیوکلاست گرینستون، ث. بیوکلاست داسی کلا داسه آ پکستون، ج. استراکد داسی کلاسه آ پکستون، چ. استراکد اکتینید پلونیید پکستون، ح. بیوکلاست
 اسپیکول اکتینید پکستون

ب- سنگ‌نگاری واحدهای آذرین

سنگ‌های آذرین موجود در واحدهای سنگی پرمین شامل سنگ‌های نفوذی کم‌عمق موجود در سازند دورود و سنگ‌های آتشفشانی موجود در سازند روته هستند. سنگ‌های نفوذی موجود در سازند دورود به‌شکل دایک، سیل و توده‌های کوچک دیابازی، میکروگابرویی و لامپروفیری هستند. دیابازها و میکروگابروها بافت‌های افیتیک، ساب‌افیتیک، پوئی کیلیتیک، پوئی کیل افیتیک، ایتراگرنولار و میکروگرنولار متشکل از کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن هستند (شکل ۷- الف، ب، خ). حضور بلورهای پلاژیوکلاز داخل کلینوپیروکسن که تا بیرون از آن ادامه دارند و یا پرکردن فضای بین بلورهای پلاژیوکلاز توسط کلینوپیروکسن بیان‌کننده تبلور اندکی زودتر پلاژیوکلاز نسبت به کلینوپیروکسن و یا تبلور تقریباً هم‌زمان آنهاست. دایک‌های لامپروفیری نیز بافت میکرولیتی پورفیری متشکل از پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و آمفیبول فراوان هستند (شکل ۷- پ).

روانه‌های بازالتی موجود در سازند روته در نمونه دستی خاکستری تیره و سیاه هستند و شدت دگرسانی در آنها نسبتاً زیاد است. این سنگ‌ها ریزدانه و ناپیدابلور و دارای بافت‌های بادامکی، هیالومیکرولیتیک پورفیری، میکرولیتیک پورفیری، هیالوپورفیری، ایتراگرنولار و تراکیتی متشکل از کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و گاهی الیون هستند و حفره‌های (بادامک‌های) آنها توسط کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت و کوارتز پر شده‌اند. منطقه‌بندی ترکیبی و بافت غربالی در کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز و بافت اسکلتی و تحلیل‌رفتگی حاشیه بلورها در الیون‌ها و کلینوپیروکسن‌ها دیده می‌شود (شکل ۷- ت، ث، ج، چ، ح).

در بیشتر نمونه‌های بازالتی منطقه، پلاژیوکلاز (به‌شکل فنوکریست و یا میکرولیت) فراوان‌ترین کانی است؛ بافت میکرولیتی در بسیاری از نمونه‌های بازالتی دیده می‌شود. کانی‌های آهن و منیزیم‌دار (کلینوپیروکسن و الیون) به‌شکل فنوکریست یا میکروفنوکریست چندان فراوان نیستند و تنها در دایک‌های لامپروفیری، مقدار آمفیبول بسیار زیاد است. در

برخی از نمونه‌ها به‌علت بروز دگرسانی، پیروکسن‌ها و الیون‌ها کاملاً از بین رفته‌اند و تنها قالبی از آنها برجای مانده است. در اثر بروز دگرسانی در بازالت‌ها، کانی‌های گوناگون (مانند کوارتز، کلسیت، کلریت، ایدنگسیت، مگنتیت و هماتیت) ریزدانه درون زمینه سنگ به وجود آمده‌اند. برخی از نمونه‌ها بافت میکرولیتی پورفیری متشکل از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و پورفیرهای پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و یا الیون را نشان می‌دهند. بیشتر پورفیرها، نیمه‌شکل‌دار، غربالی، تحلیل‌رفته با حاشیه‌های گرد و خورده‌شده و یا حتی اسکلتی هستند که نشان‌دهنده در تعادل نبودن آنها با مذاب سیلیکاته میزبان و تحلیل‌رفتن آنهاست. پورفیرهای آهن و منیزیم‌دار در اغلب موارد کاملاً کلریتی و کلسیتی شده‌اند.

بافت هیالومیکرولیتی پورفیری از بافت‌های غالب در این سنگ‌هاست. پژوهشگران مختلف حضور درشت‌بلورها داخل زمینه دانه‌ریز و تشکیل بافت پورفیری را فرایندی چندزادی تفسیر کرده‌اند. احتمالاً سازوکار اصلی ایجاد این بافت شامل سه مرحله اصلی سردشدن مذاب در اعماق زیاد (تشکیل پورفیرها یا درشت‌بلورها)، متوسط (تشکیل میکرولیت) و در سطح زمین (تشکیل شیشه) است. ابتدا در آشیانه‌های ماگمایی موجود در اعماق زمین، تعداد کمی هسته در زیر دمای لیکیدوس مذاب تشکیل می‌شوند. سپس، رشد این هسته‌ها درشت‌بلورهای نسبتاً بزرگ (پورفیرها) را تولید می‌کند. صعود ماگما به داخل آشیانه‌های ماگمایی کم‌عمق و توقف کوتاه‌مدت مذاب در این آشیانه‌ها باعث رشد لایه‌های جدید روی درشت‌بلورهای قبلی، بزرگ‌ترشدن آنها و همچنین هسته‌بندی و رشد میکرولیت‌ها می‌شود. در نهایت، خروج ماگما به سطح زمین و کاهش سریع دمای آن به انجماد گدازه و تشکیل زمینه‌ای شیشه‌ای یا بسیار دانه‌ریز اطراف فنوکریست‌ها و میکرولیت‌ها و ایجاد بافت هیالومیکرولیتیک پورفیری منجر می‌شود (Best 2003; Ghasemi et al. 2013).

بافت تراکیتی از دیگر بافت‌های موجود در برخی از روانه‌های بازالتی است. این بافت در اثر جهت‌یافتگی ترجیحی بلورهای فلدسپار در جهت جریان گدازه حاصل می‌شود. در ماگما‌های با گرانیروی کم، پلاژیوکلازهای

جایگاه تکتونوماگمایی و یافتن محل جغرافیای دیرین سرزمین البرز در پرمین استفاده می‌شود.

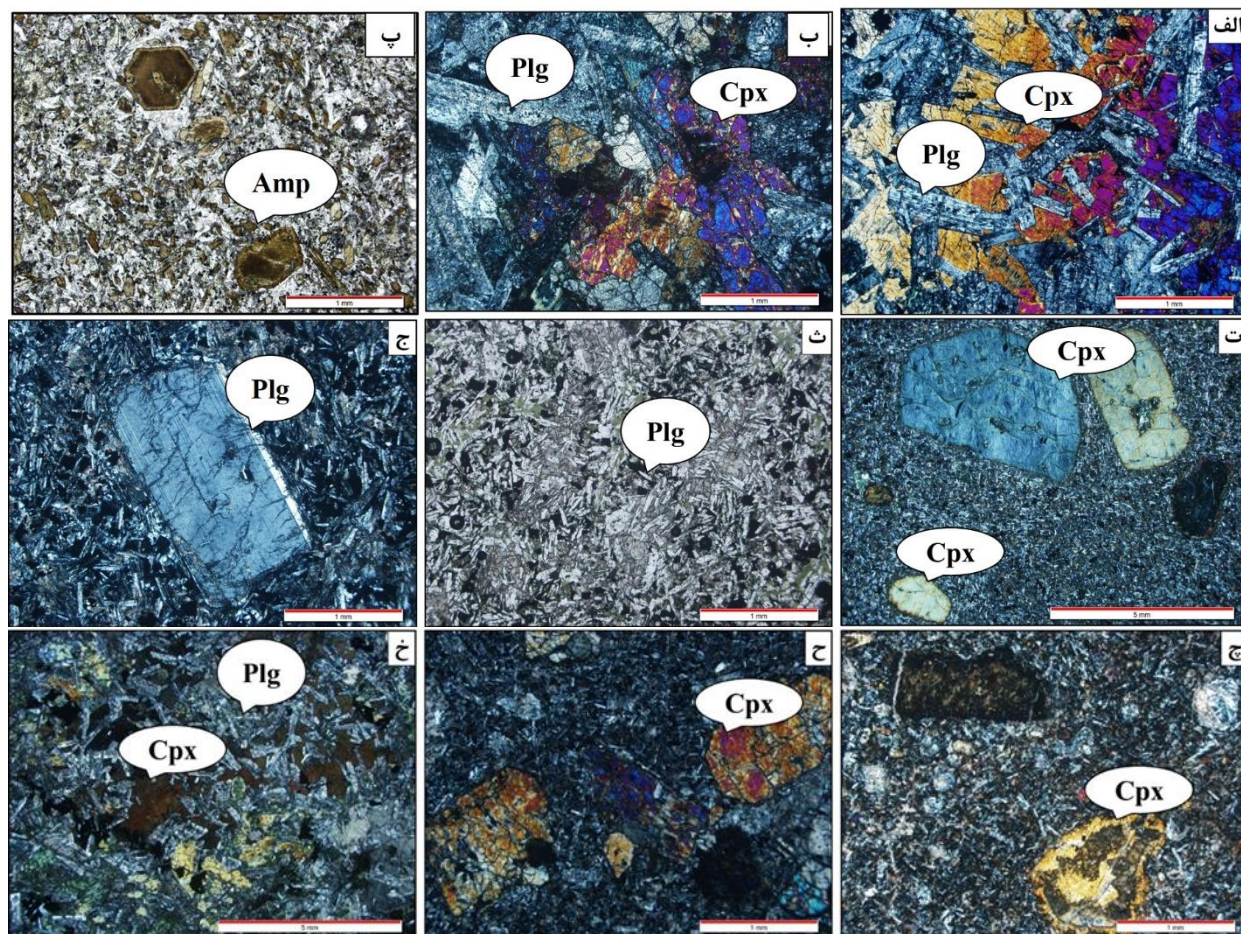
اقیانوس تیس کهن که در اردوویسین پسین - دونین (Ghasemi and Kazemi 2013; Ghaseme et al. 2015; Ghasemi and Dayhimi 2015; Derakhshi and Ghasemi 2013, 2014; Derakhshi et al. 2014, 2015, 2017; Dayhimi 2012) در پاسخ به جدایی ابرسرزمین هان، تاریم، چین و هند و چین از گندوانا تشکیل شده، نواحی وسیعی را در اطراف استوا تا تریاس میانی اشغال کرده بود. فرورانش بعدی اقیانوس تیس کهن به جدایی خرده‌ورقه‌های سیمین شامل بخش‌هایی از آناتولی، ایران، افغانستان، تبت و مالاوی امروزی و تشکیل اقیانوس تیس جدید منجر شد. اگرچه چهارچوب مفهومی مسئله یادشده روشن و ساده به نظر می‌رسد، اعتبار آن باید آزموده شود (Zhu et al. 2010); برای نمونه، اگرچه بسته‌شدن اقیانوس تیس کهن و بازشدن تیس جدید عموماً در خلال پالئوزوئیک پسین رخ داده (Stampfli and Borel 2002)، زمان‌بندی عملی و واقعی این دو رویداد مهم همواره موضوع بحث‌های شدید میان پژوهشگران بوده است. مطالعه‌های انجام‌شده روی سرزمین عمان، زمان بازشدن اقیانوس تیس جدید را در تریاس (Robertson and Searle 1990)، پرمین میانی (Stampfli et al. 1991; Stampfli and Borel 2002) و پرمین پیشین (Saidi et al. 1997; Angiolini et al. 2003) بیان کرده‌اند. (Garzanti et al. 1999) و (Garzanti and Sciunnach 1997) بر این باورند که اقیانوس تیس جدید به‌طور هم‌زمان در نواحی وسیعی از هند تا نپال و تبت و در خلال پرمین پیشین باز شده است؛ درحالی‌که Stampfli and Borel (2002) که عمدتاً روی نواحی تیس غربی پژوهش کرده‌اند، به دوزمانه‌بودن بازشدن تیس جدید در شرق استرالیا طی کربونیفر پسین - پرمین پیشین و در ورقه‌های هند و عربی طی پرمین میانی - پرمین پسین باور دارند.

سوزنی‌شکل که هنگام انجماد ماگما در حال حرکت بوده‌اند، به موازات هم قرار می‌گیرند و بافت جریان (تراکیتی) را به وجود می‌آورند.

از دیگر ویژگی‌های مهم سنگ‌های آتشفشانی منطقه، وجود منطقه‌بندی ترکیبی، بافت غربالی و حالت‌های عدم تعادل در درشت‌بلورهای الیوین، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است. در برخی موارد، درشت‌بلورها شکل اسکلتی، حالت خوردگی و ادخال‌هایی از سایر کانی‌ها دارند. بافت غربالی حاصل به‌دام‌افتادن ادخال‌های مذاب در بلور است. تشکیل این بافت و ایجاد خوردگی در بلورها تفسیرهای سنگ‌زادی متفاوتی از جمله بروز تغییرات ترکیبی، گرمایی و فشاری در آشیانه‌های ماگمایی در حال تبلور دارند. در آشیانه‌های ماگمایی پویا، فرایند تبلور مذاب معمولاً با تغذیه دوباره آشیانه و خالی‌شدن دوره‌ای آن، اختلاط ماگمایی، هضم و آلیش ماگما با مواد خارجی سنگ دیواره و حرکت‌های همرفتی در مخزن همراه است. همچنین آشیانه‌های ماگمایی معمولاً منطقه‌بندی حرارتی و احتمالاً ترکیبی عمودی دارد که همگی سبب تغییر ترکیب ماگمای در حال تبلور، بی‌تعادلی بلور با مذاب اطراف و ایجاد بافت غربالی، خوردگی، بازجذب و هضم بلور می‌شوند (Tsuyhima 1985; Nixon and Pearce 1987; Best 2003; Stewart and Pearce 2004; Ghasemi et al. 2013).

پ- تحلیل زمین‌دینامیکی حوضه

بازآرایی ژئودینامیکی قلمرو تیس در خلال پالئوزوئیک پسین - مزوزوئیک پیشین با فعالیت ماگمایی در طول حاشیه شمالی گندوانا از شرق هیمالیا تا تبت، عمان، ایران و ترکیه همراه بوده است (Zhu et al. 2010). از داده‌های سنگ‌نگاری و زمین‌شیمیایی سنگ‌های آذرین همراه با شواهد چینه‌نگاری، رخساره‌ای و محیط رسوبی سنگ‌های رسوبی برای تعیین



شکل ۷- ویژگی‌های سنگ‌نگاری واحدهای آذرین پرمین در شمال‌شرقی بلده (البرز مرکزی)؛ الف. گابرو با بافت ساب‌افتی متشکل از پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در نور XPL، ب. گابرو با بافت اینترگرانولار متشکل از پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در نور XPL، پ. لامپروفیر با بافت میکروولیتی پورفیری متشکل از پلاژیوکلاز و آمفیبول در نور XPL، ت. بازالت با بافت فلسیتی پورفیری متشکل از پورفیرهای کلینوپیروکسن دگرسان‌شده در نور XPL، ث. بازالت با بافت هیالومیکروولیتی متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، کلریت و کانی اپک در نور PPL، ج. بازالت با بافت هیالومیکروولیتی پورفیری متشکل از پورفیر پلاژیوکلاز و میکروولیت‌هایی از همین کانی در نور XPL، چ. بازالت با بافت هیالومیکروولیتی پورفیری با پورفیرهای پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن دارای خلیج‌خوردگی در نور XPL، ح. بازالت با بافت میکروولیتی پورفیری متشکل از کلینوپیروکسن اسکلتی و پلاژیوکلاز در نور XPL، خ. گابرو با بافت اینترگرانولار متشکل از کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، کلریت و اپک در نور XPL

آثار جهانی آن متأثر شده است.

به باور Delavari et al. (2017) و Rostami et al. (2018) سنگ‌های ماگمایی بازیگ پرمین منطقه بلده از دیدگاه زمین‌شیمیایی سرشت آلکالن سدیک دارند و از تبلور مذاب بازالتی ریشه‌گرفته از خاستگاه OIB در جایگاه زمین‌ساختی درون‌ورقه‌ای حاصل شده‌اند (خاستگاه گوشته‌ای ژرف و گارنت‌دار از نوع HIMU). این جایگاه زمین‌ساختی ممکن است پیامد زمین‌ساخت کششی حاکم در پرمین میانی- پسین

دوره پرمین به علت تغییرات شدید زمین‌ساختی و اقلیمی، زمان بسیار پرتکاپویی برای سرزمین گندوانا بوده است. وسیع‌ترین یخبندان فانروزوئیک در بخش جنوبی گندوانا در خلال کربونیفر- آغاز پرمین رخ داده است. این یخبندان با دوره‌ای از گرمایش جهانی و بزرگ‌ترین رخداد انقراضی در تاریخ زمین طی انتهای پرمین همراه بوده و اتفاقاً با ماگماتیسیم شدیدی نیز همراهی شده است (Castillo et al. 2016). اگرچه در این زمان، ایران به دور از محل بروز این رخدادها بوده، از

منجمد شده در مجاری تغذیه‌کننده فعالیت آتشفشانی بخش بالایی سازند روته گسترش چشمگیری در منطقه دارند؛ همچنین جایگاه دقیق سنگ‌چینه‌ای واحد بازالتی بین سازندهای روته و نسن نیست، بلکه داخل بخش بالایی سازند روته است. محیط رمپ کربناته کم عمق تهنشت سازندهای روته و نسن با پسروری سراسری دریای پرمین پایانی و تشکیل حوضه کشتی کافتی پالئوزوئیک بالایی به‌عنوان پیش‌درآمد تشکیل حوضه تیس جدید در بخش جنوبی حوضه تیس کهن در البرز کاملاً سازگار است.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود برای فراهم کردن امکانات مالی و معنوی انجام پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌کنند. همچنین، از داوران فرهیخته که پیشنهادهای ارزشمند آنان سبب رفع کاستی‌ها و ارتقای سطح علمی مقاله شد سپاسگزاری می‌شود.

References

- Alavi M. Vaziri H. Seyed-Emami K. and Lasemi Y. 1997. The Triassic and associated rocks of the Nakhlak and Aghdarband areas in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin. *Geological Society of America Bulletin* 109(12): 1563-1575.
- Angiolini L. Balini M. Garzanti E. Nicora A. and Tintori A. 2003. Gondwanan deglaciation and opening of Neotethys: The Al Khlata and Saiwan Formations of Interior Oman. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 196: 99-123. doi: 10.1016/S0031-0182(03)00315-8.
- Assereto R. 1963. The Paleozoic formations in central Elborz (Iran): Preliminary note *Rivista Italiana di Paleontologie Stratigrafia* 69: 503-543.
- Babaei Khou G. Adabi M.H. Jahani D. and Vaziri M.H. 2013. Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of Ruteh Formation in Sistan Section, Central Alborz. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 29, 50(1): 43-58. In Persian with English abstract.
- Bachmann M. and Hirsch F. 2006. Lower Cretaceous carbonate platform of the eastern Levant

باشد که با کاهش فشار بر گوشته، بالآمدن ستون گوشته‌ای ژرف، ذوب بخشی آن در اعماق زیاد و تشکیل ماگمای بازالتی همراه بوده است. این رژیم کشتی با مراحل آغازین بالازدگی پوسته و تشکیل حوضه‌های کافتی به‌عنوان پیش‌درآمد تشکیل و تکامل اقیانوس تیس جدید در بخش جنوبی تیس کهن مصادف بوده است. در دیگر نواحی حوضه تیس نیز (Upton et al. 2004) به ماگماتیسزم بازالتی آلکالن پرمین (به سن احتمالی ۲۵۰ میلیون سال پیش) در اسکاتلند اشاره کرده و آن را به وجود حوضه‌های کشتی کافتی و بالآمدن ستون گوشته‌ای آستئوسفری و ذوب بخشی آن نسبت داده است. (Maury et al. 2003) ویژگی‌های عناصر اصلی و کمیاب بازالتهای زیردریایی پرمین میانی حاشیه تیس جدید در عمان را شاخص ماگماتیسزم مرتبط با ستون‌های گوشته‌ای جایگزین شده در حاشیه قاره‌ای نازک شده در اثر کافت‌زایی می‌دانند؛ مدلی که به نظر می‌رسد بیشترین همخوانی را با ماگماتیسزم پرمین منطقه بلده داشته باشد. (Li et al. 2018) با مطالعه سنگ‌های کماتی‌یتی پرمین در مشهد که تاکنون به‌عنوان افیولیت‌های مشهد در زمین‌درز تیس کهن قلمداد می‌شدند، ماگمای سازنده آنها را ذوب بخشی ستون گوشته‌ای در حال صعود به زیر پشته میان‌اقیانوسی تیس کهن در نظر گرفته‌اند. همه موارد یاد شده نشان‌دهنده گسترش وسیع و اهمیت فراوان سنگ‌های ماگمایی پرمین در بازسازی حوضه‌های تیس کهن و جدید هستند.

نتیجه

ماگماتیسزم آلکالن بازیک پرمین میانی در شمال شرقی بلده (البرز مرکزی) در استان مازندران، در سازند دورود و بخش زیرین سازند روته به‌شکل نفوذی و با حضور دایک‌ها، سیل‌ها و توده‌های کوچک دیابازی، میکروگابرویی و لامپروفیری و در بخش بالایی سازند روته به‌شکل روانه‌های بازالتی و آذرآواری‌های وابسته دیده می‌شود. برخلاف گزارش‌های پیشین، سنگ‌های آذرین نفوذی به‌عنوان ماگمای باقیمانده و

- Sympo. American Association of Petroleum Geologists Memoir: 108-121.
- Derakhshi M. and Ghasemi H. 2013. Soltan Maidan Complex (SMC) in the eastern Alborz structural zone, northern Iran: Magmatic evidence for Paleotethys development. *Arabian Journal of Geoscience* 6(11). Doi 10.1007/s12517-013-1180-2.
- Derakhshi M. and Ghasemi H. 2014. Ordovician-Devonian magmatism in the north of Shahrood: implication for long lived rifting of Paleotethys in Eastern Alborz. *Iranian Journal of Petrology* 5(18): 105-122. *Scientific Quarterly Journal of University of Isfahan, Iran*. In Persian with English abstract.
- Derakhshi M. Ghasemi H. and Sahami T. 2014. Geology and petrology of Soltan Maydan Basaltic Complex in North-Northeast of Shahrud, Eastern Alborz, North of Iran. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences* 23(91): 63-76. *Scientific Quarterly Journal of Geological Survey of Iran*. In Persian with English abstract.
- Derakhshi M. Ghasemi H. and Koksai F.T. 2015. Mineral chemistry and thermobarometry of Soltan Maidan basalts. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 23(2): 257-268. In Persian with English abstract.
- Derakhshi M. Ghasemi H. and Miao L. 2017. Geochemistry and petrogenesis of Soltan Maidan basalts (E Alborz, Iran): Implications for asthenosphere-lithosphere interaction and rifting along the N margin of Gondwana. *Journal of Chemie der Erde*. doi.org/10.1016/j.chemer.2017.01.002.
- Domeier M. and Torsvik T. H. 2014. Plate tectonics in the late Paleozoic. *Geoscience Frontiers* 5(3): 303-350.
- Flügel E. 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*: Springer-Verlag, Berlin, 996 p.
- 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). *Geological Society, London, Special Publications* 312(1): 79-128.
- Garzanti E. and Sciunnach D. 1997. Early Carboniferous onset of Gondwanian glaciation and Neo-Tethyan rifting in Southern Tibet. *Earth and Planetary Science Letters* 148: 359–365. doi: 10.1016/S0012-821X(97)00028-9.
- Garzanti E. Le Fort P. and Sciunnach D. 1999. First report of Lower Permian basalts in South Tibet: Tholeiitic magmatism during break-up and incipient opening of Neotethys. *Journal of* (Galilee and the Golan Heights), stratigraphy and second-order sea-level change: *Cretaceous Research*, 27:487-512.
- Bastami L. Mousavi M.R. and Hosseini Barzi M. 2012. Microfacies, Sedimentary Environment and sea level changes in Ruteh Formation, Sangsar and Mekaroud Sections, Central Alborz. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 29, 50(1): 43-58. In Persian with English abstract.
- Berberian M. and King G.C.P. 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences* 18(2): 210-265.
- Berra F. and Angiolini L. 2014. The Evolution of the Tethys Region throughout the Phanerozoic: A Brief Tectonic Reconstruction. In: Marlow L., Kendall C. and Yose L. (Eds.), *Petroleum systems of the Tethyan region*, 106 1-27. *Memoir- American Association of Petroleum Geologists*.
- Besse J. Torcq F. Gallet Y. Ricou L.E. Krystyn L. and Saidi A. 1998. Late Permian to Late Triassic palaeomagnetic data from Iran: constraints on the migration of the Iranian block through the Tethyan Ocean and initial destruction of Pangaea. *Geophysical Journal International* 135(1): 77-92.
- Best G. 2003. *Igneous and metamorphic petrology*. Blackwell Science, 729p.
- Boulin J. 1988. Hercynian and Eocimmerian events in Afghanistan and adjoining regions. *Tectonophysics* 148(3-4): 253-278.
- Burchette T. P. and Wright V.P. 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology* 79: 3-57.
- Castillo P. Fanning C.M. Hervé F. and Lacassie J.P. 2016. Characterisation and tracing of Permian magmatism in the south-western segment of the Gondwanan margin; U–Pb age, Lu–Hf and O isotopic compositions of detrital zircons from metasedimentary complexes of northern Antarctic Peninsula and western Patagonia. *Gondwana Research* 36: 1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2015.07.014>
- Dayhimi M. 2012. Petrology and geochemistry of Devonian basic magmatism in Padha and Khoshyelagh Formations, North of Shahrood, MSc. Thesis, Shahrood University of Technology, 150p.
- Delavari M. Rostami F. and Dolati A. 2017. The Central Alborz Permian basaltic magmatism: an evidence of southern passive continental margin of Paleo-Tethys. *Petrology* 8(29): 53-74.
- Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham W.E. (Ed), *Classification of carbonate rocks:*

- Elburs (Persien). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 57: 497–508.
- Horton B.K. Hassanzadeh J. Stockli D.F. Axen G.J. Gillis R.J. Guest B. Amini A. Fakhari M.D. Zamanzadeh S.M. and Grove M. 2008. Detrital zircon provenance of Neoproterozoic to Cenozoic deposits in Iran: Implications for chronostratigraphy and collisional tectonics. *Tectonophysics* 451(1–4): 97-122.
- Lasemi Y. 2001. Facies Analysis, Depositional Environment and Sequence Stratigraphy of the Upper Pre-Cambrian and Paleozoic Rocks of Iran. Publication of Geological Survey of Iran, Tehran, 180 p.
- Longman M.W. 1981. A process approach to recognizing facies of reef complexes. In: Toomey D.F. (Eds.), *European Fossil Reef Models*, SEPM (Society for Sedimentary Geology), Special publications, Tulsa 30: 9-40.
- Maury R.C. Bechennec F. Cotton J. Caroff M. Cordey F. and Marcoux J. 2003. Middle Permian plume-related magmatism of the Hawasina Nappes and the Arabian Platform: Implications on the evolution of the Neotethyan margin in Oman. *TECTONICS* 22(6) 1073. doi:10.1029/2002TC001483
- Mobasheri M. Ghasemi H. Rahimi B. and Rostami-Hossuri M. In Press. Skeletal, Spinifex and Harrisitic Textures in Upper Paleozoic Komatiitic Sills and Lavas from Mashhad-Virani Complex, NE Iran. *Journal of Economic Geology*. In Persian with English abstract.
- Naderi A. Ghasemi H. Santos J.F. Rocha F. Griffin W.L. Shafaiimoghadam H. and Lambrini P. 2018a. Petrogenesis and tectonic setting of the Tuyeh-Darvar Granitoid (Northern Iran): Constraints from zircon U-Pb geochronology and Sr-Nd isotope geochemistry. *Lithos*. doi:10.1016/j.lithos.2018.08.034
- Naderi A. Ghasemi H. and Lambrini P. 2018b. Amphibole mineral chemistry and geothermobarometry of the emplacement depth of Touyeh-Darvar pluton, Southwest of Damghan, Semnan. *Kharazmi Journal of Earth Sciences*, 4(1): 43-56. In Persian with English abstract.
- Nikishin A.M. Ziegler P.A. Abbott D. Brunet M.F. and Cloetingh S. 2002. Permo-Triassic intraplate magmatism and rifting in Eurasia: implications for mantle plumes and mantle dynamics. *Tectonophysics* 351(1–2): 3-39.
- Nixon G.T. and Pearce T.H. 1987. Laser-interferometry study of oscillatory zoning in plagioclase: The record of magma mixing and phenocryst recycling in calc alkaline of magma chamber Iztaceihaut volcano, Mexico. *American Asian Earth Sciences* 17: 533–546. doi:10.1016/S1367-9120(99)00008-5.
- Ghasemi H. and Jamshidi Kh. 2012. Geochemistry, petrology and proposed tectonomagmatic model for generation of alkaline basic rocks in the base of the Shemshak Formation, the eastern Alborz zone. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 19(4): 699-714. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. and Khanalizadeh A. 2012. Toye-Darvar A-type Granitoid, Southwest of Damghan: Constraints on the Paleotethyan Extensional Basin of lower Paleozoic's in Alborz. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 20(1): 3-24. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. and Jamshidi Kh. 2013. Investigation of source region properties of alkaline basic rocks in the base of Shemshak Formation in the eastern Alborz zone. *Quarterly Iranian Journal of Geology* 7(27): 17-29. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. and Kazemi Z. 2013. Tectonic setting and source characteristics of the Abarsej formation igneous rocks (Upper Ordovician), eastern Alborz, north of Shahrood. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 21(2): 319-330. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. Allahyari S. Taheri A. and Sadeghian M. 2013. Stratigraphic Position and Textural Analysis of Volcanic Rocks of the Abbasabad Volcano-Sedimentary Belt, NE Shahrood. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 29, 50(3): 25-42. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. and Dayhimi M. 2015. Devonian Alkaline Basic Magmatism in Eastern Alborz, North of Shahrood: Evidence for Paleotethys Rifting. *Quarterly Iranian Journal of Geology* 8(32): 19-32. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. Kazemi Z. and Salehian Sh. 2015. Comparison of the mafic igneous rocks from Ghelli formation (Upper Ordovician) and Gorgan schists in the eastern Alborz Zone. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences* 24(96): 263-276. *Scientific Quarterly Journal of Geological Survey of Iran*. In Persian with English abstract.
- Ghasemi H. Rostami Hosouri M. and Sadeghian M. 2018. Basic Magmatism in the Extensional Back-arc Basin of the Lower-Middle Jurassic on the Northern Edge of Central Iran-South of Eastern Alborz Zones, Shahrood-Damghan. *Geosciences*, 27 (107): 123-136. *Scientific Quarterly Journal of Geological Survey of Iran*. In Persian with English abstract.
- Glaus M. 1964. Trias und Oberperm im zentralen

- Society, London, Special Publications 223: 195-218.
- Vahdati Daneshmand F. 1991. Geological map of Amol. scale 1/250000. Geological Survey of Iran.
- Vahdati Daneshmand F. 1999. Geological map of Amol. scale 1/100000. Geological Survey of Iran.
- Vaziri-Moghaddam H. Taheri A. and Kimiagari M. 2009. Foraminifera index genera and palaeoecology. Jihad Daneshgahi Isfahan Publication, 366p.
- Wilmsen M. Fürsich F.T. Seyed-Emami K. Majidifard M.R. and Taheri J. 2009. The Cimmerian Orogeny in northern Iran: tectono-stratigraphic evidence from the foreland. *Terra Nova* 21(3): 211-218.
- Wilson J. L. 1975. Carbonate facies in geological history. Springer, New York, 471p.
- Li X. Miao L. Zhang F. Ghasemi H. Zhu S. and Yang S. 2018. Mashhad komatiitic rocks in NE Iran: Origin and implications for the evolution of the Paleo-Tethyan Ocean. *Geological Journal*: 1-21. <https://doi.org/10.1002/gj.3329>.
- Zanchi A. Zanchetta S. Berra F. Mattei M. Garzanti E. Molyneux S. Nawab A. and Sabouri J. 2009. The Eo-Cimmerian (Late? Triassic) orogeny in north Iran. *Geological Society, London, Special Publications* 312(1): 31-55.
- Zhu D.C. Mo X.X. Zhao Z.D. Niu Y. Wang L.Q. Chu Q.H. Pan G.T. Xu J.F. and Zhou C.Y. 2010. Presence of Permian extension- and arc-type magmatism in southern Tibet: Paleogeographic implications. *Geological Society of American Bulletin* 122(7/8): 979-993. doi: 10.1130/B30062.1.
- Zohdi A. 2018. Sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Routeh Formation in the west of Zanjan (Agh-Bolagh section). *Scientific Quarterly Journal, Geosciences* 27(108): 133-144. *Scientific Quarterly Journal of Geological Survey of Iran*. In Persian with English abstract.
- Mineralogist 72: 1144-1162.
- Rahimi B. 2002. Structural Studies of Alborz Mountains in North of Damghan. PhD. Thesis, Faculty of Earthsciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. 208 p.
- Robertson A.H.F. and Searle M. 1990. The northern Oman Tethyan Continental margin: Stratigraphy, Structure, Concepts and Controversies. In: Robertson A.H., Searle M.P., and Ries A.C. (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*. Geological Society of London, Special Publication 49: 3-25.
- Rostami F. Delavari M. Amini S. and Dolati A. 2018. Mineral chemistry of the Permian basalts from north of Baladeh, Central Alborz: Geothermometry and tectonomagmatic setting. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences* 27 (106): 3-14. (in Persian).
- Saidi A. Brunnet M.F. and Ricou L.E. 1997. Continental accretion of the Iran Block to Eurasia as seen from Late Paleozoic to early Cretaceous subsidence curves. *Geodynamica Acta* 10: 189-208.
- Saidi A. and Ghasemi M.R. 1991. Geological map of Baladeh. scale 1/100000. Geological Survey of Iran.
- Stampfli G. Marcoux J. and Baud A. 1991. Tethyan margins in space and time. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 87: 373-409. doi:10.1016/0031-0182(91)90142-E.
- 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. doi: 10.1016/S0012-821X(01)00588-X.
- Stewart M.L. and Pearce T.H. 2004. Sieve-textured plagioclase in dacitic magma: Interference imaging results. *American Mineralogist* 89: 348-351.
- Stöcklin J. 1974. Possible ancient continental margins in Iran: The geology of continental margins. Springer: 873-887.
- Tsuchiyama A. 1985. Dissolution kinetics of plagioclase in melt of the system diopside - albite - anorthite and origion of dusty plagioclase in Andesite: *Contrib. Min. Petrol.* 89: 1-16.
- Tucker M.E. and Wright V.P. 1990. Carbonate sedimentology. London, Blackwell Scientific Publications, 482p.
- Upton B.G.J. Stephenson D. Smedley P.M. Wallis S.M. and Fitton J.G. 2004. Carboniferous and Permian magmatism in Scotland. *Geological*

