



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

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches

E-ISSN: 2423-8007

Vol. 42, Issue 3, No. 104, 2026, 1-22

Received: 31.01.2026

Accepted: 09.05.2026

Research Paper

Lithostratigraphy and petrofacies of the Middle Triassic (Upper part of the Elika Formation) and the Upper Triassic–Lower Jurassic strata (Basal part of the Shemshak Group, Shahrizad Formation) in the Jajarm Bauxite Mine, NE Iran

Azizollah Taheri* 

Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
alitaheri@shahroodut.ac.ir

Mahdi Jafarzadeh

Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
jafarzadeh25@gmail.com

Abstract

In the northeastern Jajarm region, within the structural zone of the Eastern Alborz, a complete sequence of the Elika Formation (Early–Middle Triassic) and the Shemshak Group (Late Triassic–Middle Jurassic) is exposed. In this study, the upper part of the Elika Formation and the Upper Triassic Shahrizad Formation of the Shemshak Group were investigated based on lithostratigraphic and petrographic analyses. The upper part of the Elika Formation, approximately 80 m thick, mainly consists of dolomite and dolomitic limestone with stromatolitic structures and lacks fossils, indicating deposition in a tidal environment. The Shemshak Group, with an approximate thickness of 2,050 m, comprises sandstones, silty sandstones, siltstones, shales, and fossiliferous limestones, and is subdivided into the Shahrizad, Alasht, Shirin-Dasht, Fil-Zamin, and Densrit formations. The Shahrizad Formation, about 285 m thick, predominantly consists of shale and sandstone and includes fossiliferous marker beds and diverse petrofacies such as litharenite and lithic arkose. The results indicate that the Shemshak Group exhibits significant lateral variations due to deposition in a fluvial–deltaic environment, and the observed litharenites reflect uplifted sequences associated with orogenic activity and foreland basin subsidence. The results of this study provide a detailed lithostratigraphic framework and fundamental data for identifying bauxite horizons and guiding future exploration.

Keywords: Jajarm, Shemshak Group, Elika Formation, Shahrizad Formation, Petrofacies

Introduction

The Shemshak Group in the Gol-e-Bini section, similar to other exposures of this group, is predominantly composed of siliciclastic deposits, including sandstone, siltstone, and silty sandstone. This succession was previously investigated by Fürsich et al (2009). According to these studies, the total thickness of the Shemshak Group was measured as 2,050 meters, comprising, from base to top, the Shahrizad, Alasht, Shirindasht, Fil-e-Zamin, and Dansrit formations.

In the Gol-e-Bini section, the lower boundary of the Shemshak Group unconformably overlies the dolomitic strata of the Elika Formation, whereas its upper boundary is disconformably overlain by marly limestones and marls of the Dalichai Formation. Both the lower and upper contacts are erosional disconformities associated with two major

tectonic phases, namely the Early Cimmerian and Middle Cimmerian tectonic events, respectively.

Variations in sedimentary successions among different depositional basins emphasize the importance of stratigraphic investigations, particularly lithostratigraphic subdivision, as one of the fundamental components of regional geological studies.

The relatively homogeneous lithological characteristics and the scarcity of key beds have made the recognition of lateral facies variations within the Shemshak Group extremely difficult. Therefore, the present study focuses on a detailed stratigraphic investigation of the upper part of the Elika Formation and the basal formation of the Shemshak Group, including the Shahrizad Formation. These formations were subdivided into lithological units, and where

*Corresponding author

Taheri A. and Jafarzadeh M. (2026). Lithostratigraphy and petrofacies of the Middle Triassic (Upper part of the Elika Formation) and the Upper Triassic–Lower Jurassic strata (Basal part of the Shemshak Group, Shahrizad Formation) in the Jajarm Bauxite Mine, NE Iran. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 42(3): 1-22. <https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148175.1326>



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.2026.148175.1326>

possible, key beds and marker horizons were identified and introduced.

Materials & Methods

The study of the Shemshak Group has been carried out in two stages: field and laboratory. Due to the lithological homogeneity of the succession and the absence of distinct key beds, tracing lateral facies variations within the Shemshak Group is inherently difficult. In this research, after a thorough review of previous studies and field surveys, suitable stratigraphic sections were selected for examination. Because mining activities and tectonic deformation have disrupted parts of the original sedimentary succession, no single complete stratigraphic section could be identified. Consequently, the succession was examined in three separate sections: Gol-e-Bini 4, Gol-e-Bini 6, and Zoo.

During field investigations, the sedimentary succession was subdivided into lithological units based on bedding characteristics, sedimentary structures, fossil content, lithology, and both vertical and lateral facies variations. For further description and analysis, samples were collected from certain beds to prepare thin sections. In total, 100 sandstone samples were collected during fieldwork, of which 70 thin sections were prepared and examined using a polarizing microscope.

Discussion of Results & Conclusions

The upper part of the Elika Formation, with a thickness of about 80 meters, mainly consists of dolomites and dolomitics limestone containing stromatolitic structures and lacking any fossil content, indicating deposition in a tidal flat environment.

The considerable thickness and lithological composition of the Shemshak Group suggest sediment accumulation within a shallow basin characterized by a high subsidence rate, most likely within a foreland basin setting. Progressive

subsidence of the basin floor resulted in gradual landward transgression and rising relative sea level, eventually leading to the establishment of a carbonate platform upon which the sediments of the Dalichai Formation were deposited.

Petrographic and Petrofacies analysis indicates that carbonate and chert rock fragments are abundant in the basal part of the Shemshak Group, whereas metamorphic rock fragments appear in its upper part. These variations in rock fragment composition are related to tectonic conditions and provenance. The carbonate lithic fragments were most likely derived from erosion of the Elika Formation, while the metamorphic fragments were sourced from the Gorgan Schists, which stratigraphically underlie the Elika Formation.

The dominant lithology of the Shahmirzad Formation consists of shale interbedded with sandstone layers. A fossiliferous limestone bed in the upper part of the formation constitutes an important marker horizon within this siliciclastic succession. In addition, sandstone beds containing autochthonous calamites in the middle part of the formation represent another distinctive stratigraphic horizon.

The predominant petrofacies in the Shahmirzad Formation include siltstone, litharenite with clay cement and matrix, litharenite with carbonate cement, feldspathic litharenite with carbonate cement, feldspathic litharenite with siliceous cement, lithic arkose with carbonate cement, and lithic arkose with clay cement.

The Shahmirzad Formation representing the basal unit of the Shemshak Group that was deposited predominantly in a fluvial depositional environment characterized by channel sandstones, floodplain deposits, and swamp sediments. The occurrence of thin coal seams, root horizons, plant fossil remains and wood fragments, collectively indicate deposition under warm and humid climatic conditions. Evidence for a subsequent marine transgression is provided by carbonate beds in the upper part of the formation containing bivalve and echinoid fossils.

مقاله پژوهشی

سنگ‌چینه‌نگاری و پتروفاسیس نهشته‌های تریاس میانی (بخش بالایی سازند الیکا) و تریاس بالایی-ژوراسیک زیرین (بخش قاعده‌ای گروه شمشک، سازند شه میرزاد) در معدن بوکسیت جاجرم

عزیزاله طاهری* ، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

alitaheeri@shahroodut.ac.ir

مهدی جعفرزاده، دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

jafarzadeh25@gmail.com

چکیده

در شمال شرقی جاجرم، حوضه ساختاری البرز خاوری، توالی کاملی از سنگ‌های سازند الیکا (تریاس پیشین-میانی) و گروه شمشک (تریاس پسین-ژوراسیک میانی) رخنمون دارد. در این مطالعه، بخش بالایی سازند الیکا و سازند شه میرزاد از گروه شمشک، براساس مطالعات سنگ‌چینه‌نگاری و پتروگرافی بررسی شدند. بخش بالایی سازند الیکا با ضخامت حدود ۸۰ متر، عمدتاً شامل دولومیت و آهک دولومیتی با ساخت‌های استروماتولیتی و فاقد فسیل و نشان‌دهنده ته‌نشست در محیط جزر و مدی است. گروه شمشک با ضخامت تقریبی ۲۰۵۰ متر شامل ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ، شیل و آهک فسیل‌دار است و به سازندهای شه میرزاد، آلاشت، شیرین‌دشت، فیل‌زمین و دنسیریت تفکیک می‌شود. سازند شه میرزاد با ضخامت حدود ۲۸۵ متر، عمدتاً از شیل و ماسه‌سنگ تشکیل می‌شود و شامل لایه‌های شاخص فسیل‌دار و پتروفاسیس‌های متنوع نظیر لیت‌آرنایت و لیتیک آرکوز است. یافته‌ها نشان می‌دهد که سازند شه میرزاد تحت تأثیر رسوب‌گذاری در محیط رودخانه‌ای-دلتایی، دچار تغییرات جانبی درخور توجه است و لیت‌آرنایت‌های موجود، نمایانگر توالی‌های بالاآمده ناشی از فعالیت کمربندهای کوهزایی و ته‌نشست‌های مرتبط با حوضه فورلند هستند. نتایج این مطالعه، چارچوب لیتواستراتیگرافی دقیق و اطلاعات پایه‌ای ارزشمندی را برای شناسایی افق‌های بوکسیتی و مطالعات اکتشافی آینده ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: جاجرم، گروه شمشک، سازند الیکا، سازند شه میرزاد، پتروفاسیس.

* نویسنده مسئول

طاهری، عزیزاله و جعفرزاده، مهدی. (۱۴۰۵). سنگ‌چینه‌نگاری و پتروفاسیس نهشته‌های تریاس میانی (بخش بالایی سازند الیکا) و تریاس بالایی-ژوراسیک زیرین (بخش قاعده‌ای گروه شمشک، سازند شه میرزاد) در معدن بوکسیت جاجرم. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۴۲(۳): ۱-۲۲.

<https://doi.org/10.22108/jssr.2026.148175.1326>



مقدمه

زون ساختاری البرز در پالتوزوئیک، بخشی از شمال شرق گندوانا بوده است که در انتهای پرمین از آن جدا شده است، به سمت شمال حرکت و در نهایت با صفحه توران در انتهای تریاس میانی یا در ابتدای تریاس پسین برخورد کرده است (Sengor 1990; Stampfli et al. 1991; Saidi et al. 1997)؛ در نتیجه این برخورد، اقیانوس پالتوتیس در این ناحیه بسته شده است. این کوهزایی (سیمرین پیشین) سبب تغییر شرایط رسوب‌گذاری مشخصی در نواحی زیادی از ایران شده است. پلاتفرم کربناته تریاس زیرین-میانی (سازند شتری در ایران مرکزی و سازند الیکا در البرز) با ناپیوستگی به وسیله رسوبات آواری درشت تا ریزدانه، بیشتر با ضخامتی بیش از چندین هزار متر پوشیده می‌شوند. به طور کلی این رسوبات، رسوبات مولاس پرکننده حوضه تفسیر و از طریق رشته‌کوه‌های بالاآمده بر اثر کوهزایی سیمرین پیشین تغذیه می‌شده‌اند. آسرتو (Assereto 1966)، این رسوبات را در رشته‌کوه‌های البرز، با عنوان «سازند شمشک» نام‌گذاری کرده است.

گروه شمشک به سن تریاس پسین تا ابتدای ژوراسیک میانی، متشکل از رسوبات آواری با بیش از ۴۰۰۰ متر ضخامت است که با داشتن رسوبات زغال‌سنگی و گسترش وسیع جغرافیایی در البرز، از دیرباز توجه زمین‌شناسان را جلب کرده است (شکل ۱) (Assereto 1966; Fursich et al. 2005).

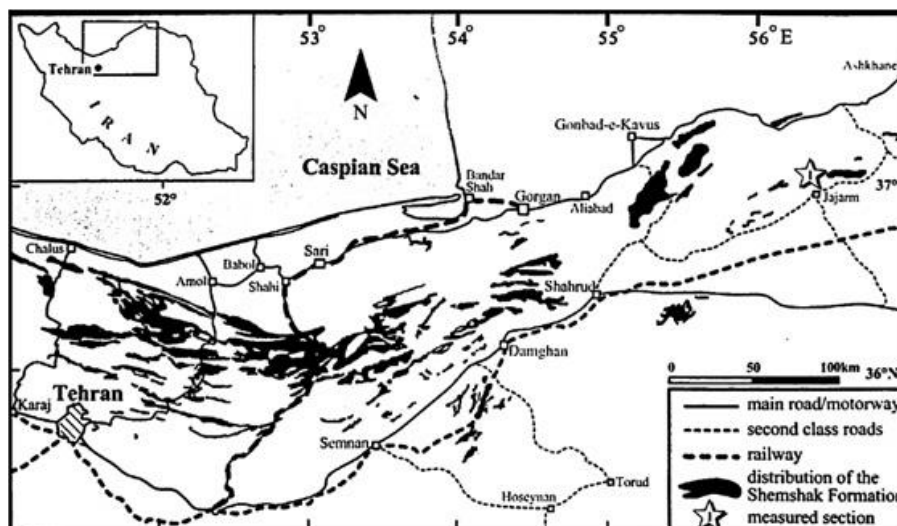
سنگ‌های تریاس بالایی-ژوراسیک پیشین، یکی از ضخیم‌ترین توالی‌های زمین‌شناسی را در ایران تشکیل می‌دهد. این توالی نشان‌دهنده دو چرخه رسوبی بزرگ و جداگانه‌اند که مرز آنها بر رویدادهای زمین‌ساختی منطبق است. اولین سیکل رسوبی به سن تریاس پسین-ژوراسیک میانی و شامل شیل و ماسه‌سنگ‌های زغال‌دار است که در محیط کولابی و مردابی نزدیک به ساحل نهشته شده‌اند و ستبرای آن از چندین متر تا بیش از سه هزار متر متغیر است. رسوبات زغال‌دار، معرف گروه شمشک است که مرز زیرین آن با ناپیوستگی سیمرین پیشین و مرز بالایی آن با رویداد سیمرین میانی مشخص می‌شود. دومین چرخه رسوبی ژوراسیک صفحه

ایران، از نوع هارن و سنگ‌های آهک آمونیت‌دار است که «گروه مگو» نامیده می‌شود (Majidifard 2004; Aghanabati 2004). گروه شمشک در برش گل‌بینی همانند دیگر برش‌های این گروه از رسوبات سیلیسی آواری، نظیر ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ سیلتی تشکیل شده است که از مهم‌ترین ماکروفسیل‌های موجود در آن، به آمونیت‌ها اشاره می‌شود. فوریش و همکاران (Fursich et al. 2009) درباره گروه شمشک در محل برش گل‌بینی مطالعه کردند. براساس این مطالعات، ستبرای کلی گروه شمشک ۲۰۵۰ متر اندازه‌گیری شد که به ترتیب شامل سازندهای شهمیرزاد، آلاشت، شیریندشت، فیل زمین و دنسیرت است. گروه شمشک در برش گل‌بینی در مرز زیرین خود بر دولومیت‌های سازند الیکا قرار گرفته و در مرز بالایی خود با سنگ‌آهک‌های مارنی و مارن‌های سازند دلیچای پوشیده شده است. همچنین مرزهای زیرین و بالایی این گروه در برش مطالعه‌شده هر دو ناپیوسته و فرسایشی و حاصل دو رویداد زمین‌ساختی، رویداد سیمرین پیشین (مرز زیرین) و رویداد سیمرین میانی (مرز بالایی) است.

با توجه به تغییرات واحدهای رسوبی در حوضه‌های رسوبی مختلف و بخش‌های مختلف یک حوضه، مطالعات چینه‌شناسی و به خصوص تقسیم‌بندی‌های لیتواستراتیگرافی واحدهای رسوبی نهشته‌شده، جزء اولین و مهم‌ترین بخش از مطالعات زمین‌شناسی اکتشافی در یک منطقه است. براساس مطالعات فوریش و همکاران (Fursich et al. 2009)، توالی رسوبات تریاس بالایی-ژوراسیک میانی گروه شمشک-در نظر گرفته می‌شود؛ در حالی که در گذشته، سازند در نظر گرفته می‌شد. گروه شمشک معرف رسوبات چندرخساره‌ای از نوع قاره‌ای و دریایی‌اند که متناوب‌اند و با گذشت زمان جایگزین یکدیگر می‌شوند (Fursich et al. 2006)؛ این گروه سنگی در البرز پراکندگی یکسانی ندارد (شکل ۱). با توجه به بررسی بخش‌های چهارگانه نهشته‌های شمشک در برش الگو (Assereto 1966) و نیز مطالعات انجام‌شده در شمال ایران (Fursich et al. 2009)، هیچ‌یک از تقسیمات انجام‌شده در همه‌جای البرز پایدار نیست.

شمشک (سازند شه‌میرزاد و آلاشت) به‌صورت جزئی به واحدهای مختلف سنگی تفکیک و در صورت امکان، لایه‌های کلیدی و شاخص معرفی شوند.

ویژگی‌های سنگی بسیار همگن و فقدان لایه‌های شاخص، بررسی تغییرات جانبی گروه شمشک را بسیار دشوار کرده است. در این مطالعه سعی بر این است با مطالعه دقیق چینه‌شناسی بخش بالایی سازند الیکا، بخش قاعده‌ای گروه



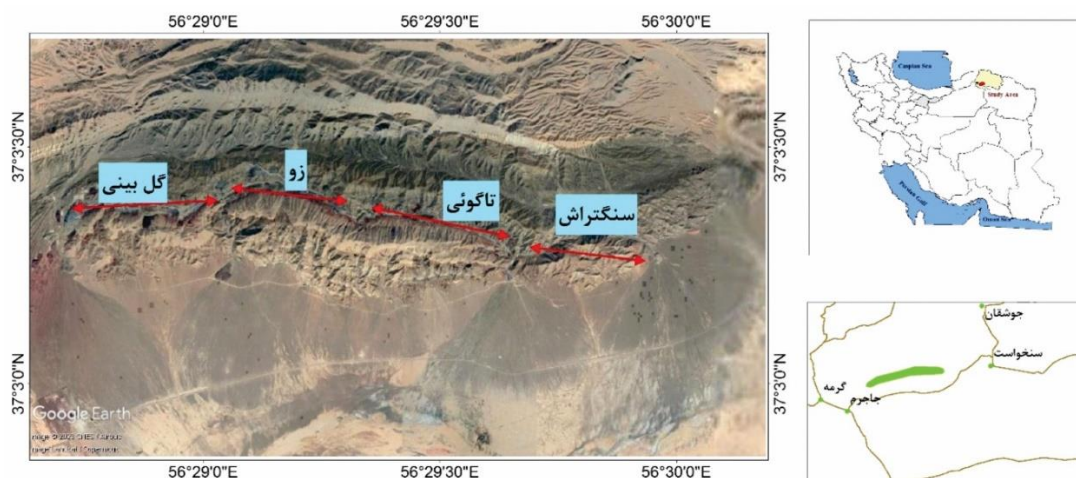
شکل ۱- گسترش گروه شمشک در زون البرز و راه‌های دسترسی به منطقه مطالعه شده (Fursich et al. 2009)

Fig 1- Distribution of the Shemshak Group in the Alborz zone and access routes to the study area (Fursich et al. 2009)

نام کوه ازوم و در محل معدن آلومینای جاجرم و با مختصات جغرافیایی $37^{\circ} 33' 30''$ و $56^{\circ} 29' 30''$ طول خاوری و $37^{\circ} 02' 57''$ عرض شمالی در نقشه زمین‌شناسی رباط قره‌بیل با مقیاس 1:100000 (Vaziri and Salamati 2001) واقع شده است (شکل ۲).

موقعیت جغرافیایی برش گل‌بینی

با توجه به مطالعات انجام‌شده، برش گل‌بینی کامل‌ترین توالی از ردیف‌های رسوبی گروه شمشک در محدوده ساختاری البرز خاوری است که در استان خراسان شمالی و در فاصله ۱۶ کیلومتری شمال خاوری جاجرم در ناحیه‌ای کوهستانی، با



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی برش‌های مطالعه‌شده

Fig 2- Geographical location of the studied sections

روش مطالعه

مطالعه سازند شمشک در دو مرحله صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است. ویژگی‌های سنگی بسیار همگن و فقدان لایه‌های شاخص، بررسی تغییرات جانبی گروه شمشک را بسیار دشوار کرده است. در این پژوهش پس از بررسی دقیق مطالعات انجام‌شده قبلی و بازدیدهای صحرایی، برش‌های

چینه‌شناسی مناسب برای بررسی و پژوهش انتخاب شد. با توجه به عملیات معدنکاری و تکتونیک، نظم و ترتیب توالی اولیه رسوبی به هم ریخته است و انتخاب یک برش کامل چینه‌شناسی امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین در سه برش گل‌بینی ۴، گل‌بینی ۶ و دره زو توالی بررسی شد (جدول ۱).

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مقاطع برداشت‌شده

Table1- Geographical coordinates of the study sections

مختصات انتها		مختصات ابتدا		محل برداشت	شماره مقطع
X	Y	X	Y		
۴۵۵۱۳۳	۴۱۰۰۴۳۳	۴۵۵۳۰۰	۴۱۰۰۲۳۰	گل‌بینی ۵	مقطع شماره ۱ سازند الیکا
۴۵۵۱۷۱	۴۱۰۰۵۷۵	۴۵۵۱۵۹	۴۱۰۰۴۹۹	گل‌بینی ۴	مقطع شماره ۱ سازند شهمیرزاد
۴۵۶۴۱۳	۴۱۰۰۳۹۶	۴۵۶۳۹۸	۴۱۰۰۲۷۵	گل‌بینی ۶	مقطع شماره ۲ سازند شهمیرزاد
۴۵۸۷۳۴	۴۱۰۱۴۴۵	۴۵۸۶۸۲	۴۱۰۱۳۵۰	زو ۲	مقطع شماره ۳ سازند شهمیرزاد

در مطالعات صحرایی، توالی رسوبی براساس وضعیت لایه‌بندی، ساخت‌های رسوبی، فسیل‌ها، لیتولوژی و تغییرات عمودی و جانبی به واحدهای مختلف تفکیک شد. برای توصیف و بررسی بیشتر، نمونه از برخی لایه‌ها برای تهیه مقطع نازک انتخاب شد. طی مطالعات صحرایی، تعداد ۱۰۰ نمونه ماسه‌سنگ برای مطالعات سنگ‌شناسی به‌طور سیستماتیک برداشت شد که از این میان ۷۰ مقطع نازک تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان مطالعه شده است. مطالعه میکروسکوپی براساس شمارش نقطه‌ای، با استفاده از روش گازی - دیکنسون (Gazzi-Dickinson method) (Ingersoll et al. 1984) انجام شده است. ماسه‌سنگ‌ها براساس طبقه‌بندی فولک (Folk 1974, 1980) نام‌گذاری شده‌اند.

اهداف تحقیق

چینه‌شناسی دقیق، یکی از ابزارهای کلیدی در ارزیابی‌های اکتشافی و تفسیر توالی‌های رسوبی است. شناسایی افق‌های بوکسیتی، به‌ویژه در نواحی با پیچیدگی لیتواستراتیگرافی، نیازمند بررسی‌ها و مطالعات جامع سطحی و زیرسطحی است. در معدن جاجرم، بخش بالایی سازند الیکا و بخش قاعده‌ای

سازند شمشک، به‌عنوان واحدهای اصلی مطالعه شده‌اند؛ زیرا این بخش‌ها نقش مهمی در کنترل تجمع نهشته‌های بوکسیتی دارند. تعیین ضخامت واقعی نهشته‌های این سازندها، ترسیم ستون چینه‌شناسی منطقه و مطالعات پتروگرافی، ابزارهای ضروری برای تحلیل توالی رسوبی و شناسایی افق‌های کلیدی به شمار می‌روند. همچنین، سازند شمشک به‌دلیل رسوب‌گذاری در محیط رودخانه‌ای-دلتایی، تغییرات جانبی درخور توجهی را نشان می‌دهد که بررسی دقیق این تغییرات در برش‌های چینه‌شناسی، برای درک محیط رسوبی و تقسیم‌بندی واحدهای سنگ‌چینه‌ای ضروری است. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری ضخامت نهشته‌ها، ترسیم ستون چینه‌شناسی با استفاده از نرم‌افزارهای LogPlot و Corel، تفکیک توالی رسوبی به واحدهای سنگ‌چینه‌ای مجزا و پتروگرافی ماسه‌سنگ‌ها، انجام شده است.

مطالعات صحرایی و سنگ‌چینه‌نگاری

براساس مشخصات صحرایی و ماکروسکوپی بخش بالایی سازند الیکا در برش گل‌بینی ۵، از قبیل سنگ‌شناسی، ساختمان‌های رسوبی، فرم هندسی، سطوح لایه‌بندی،

داده می‌شود. سازند الیکا در مرز بالایی، با یک ناپیوستگی فرسایشی در زیر بوکسیت لاتریت و رسوبات سیلیسی-آواری قرمز رنگ گروه شمشک قرار می‌گیرد. مهم‌ترین فرایند دیاژنزی سنگ‌های بخش بالایی سازند الیکا، دولومیتی شدن است (شکل ۳).

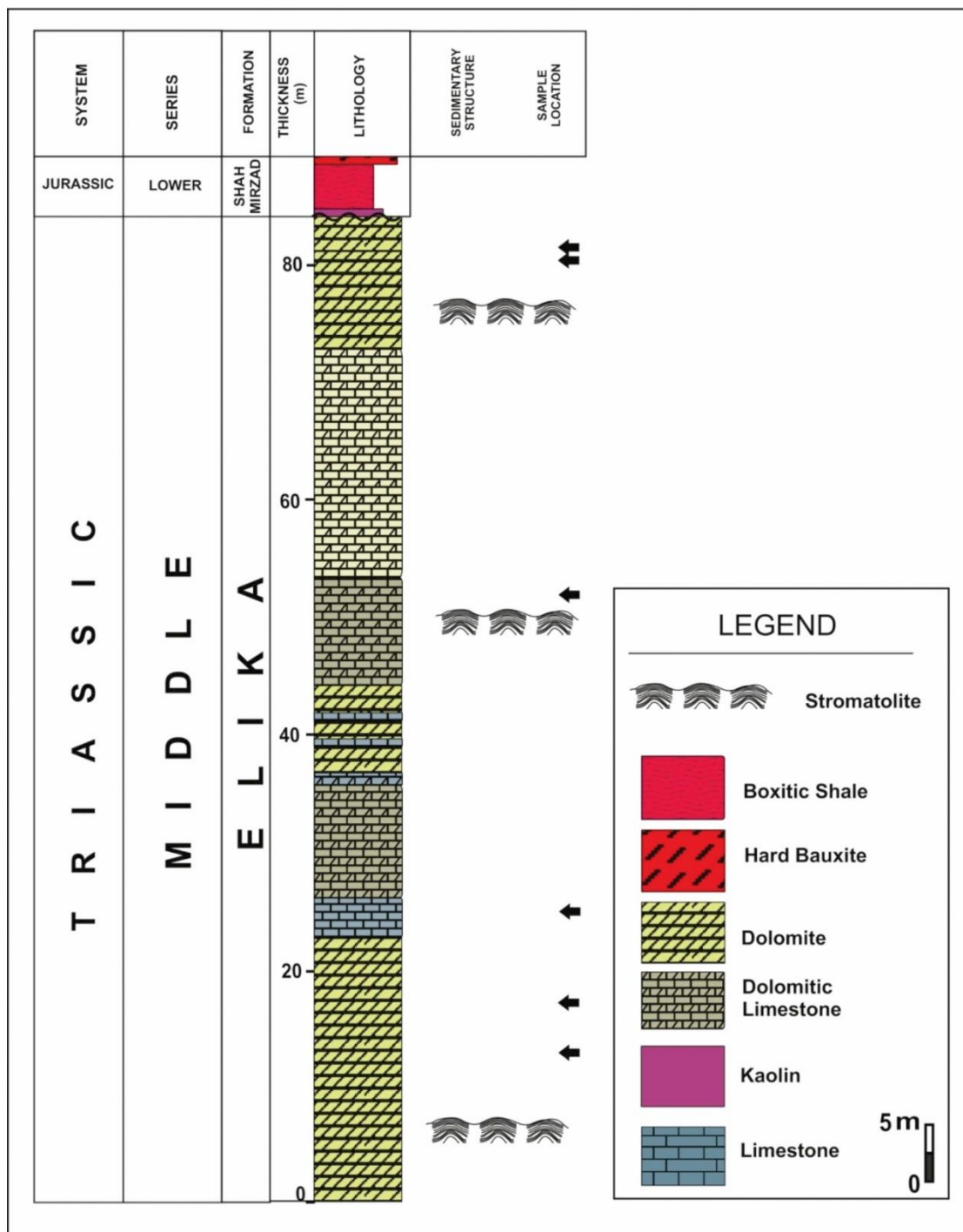
بخش بالایی سازند الیکا در معدن جاجرم به ضخامت ۸۳ متر و متشکل از آهک، آهک‌های دولومیتی و دولومیت متوسط تا ضخیم‌لایه، بیشتر استروماتولیتی است. آهک دولومیتی اینتراکلاستی، معرف ترک‌های گلی و خروج از آب رسوبات و تشکیل آنها در پهنه جزرومدی است (شکل ۴).

از دیدگاه جغرافیای دیرینه در زمان تریاس پیشین تا میانی، منطقه البرز بخشی از قاره سیمین بوده است که در حاشیه غیر فعال بخش جنوبی اقیانوس پالئوتتیس در حد فاصل عرض‌های صفر تا ۲۰ درجه قرار داشته و از نظر آب و هوایی نیز شرایط گرم و خشک مشابه بخش‌های جنوبی خلیج فارس امروزی بر آن حکم‌فرما بوده است (Seyed-Emami et al. 2005).

واحدهای مختلفی سنگی در بخش بالایی سازند الیکا شناسایی و تفکیک شدند (شکل ۴A).

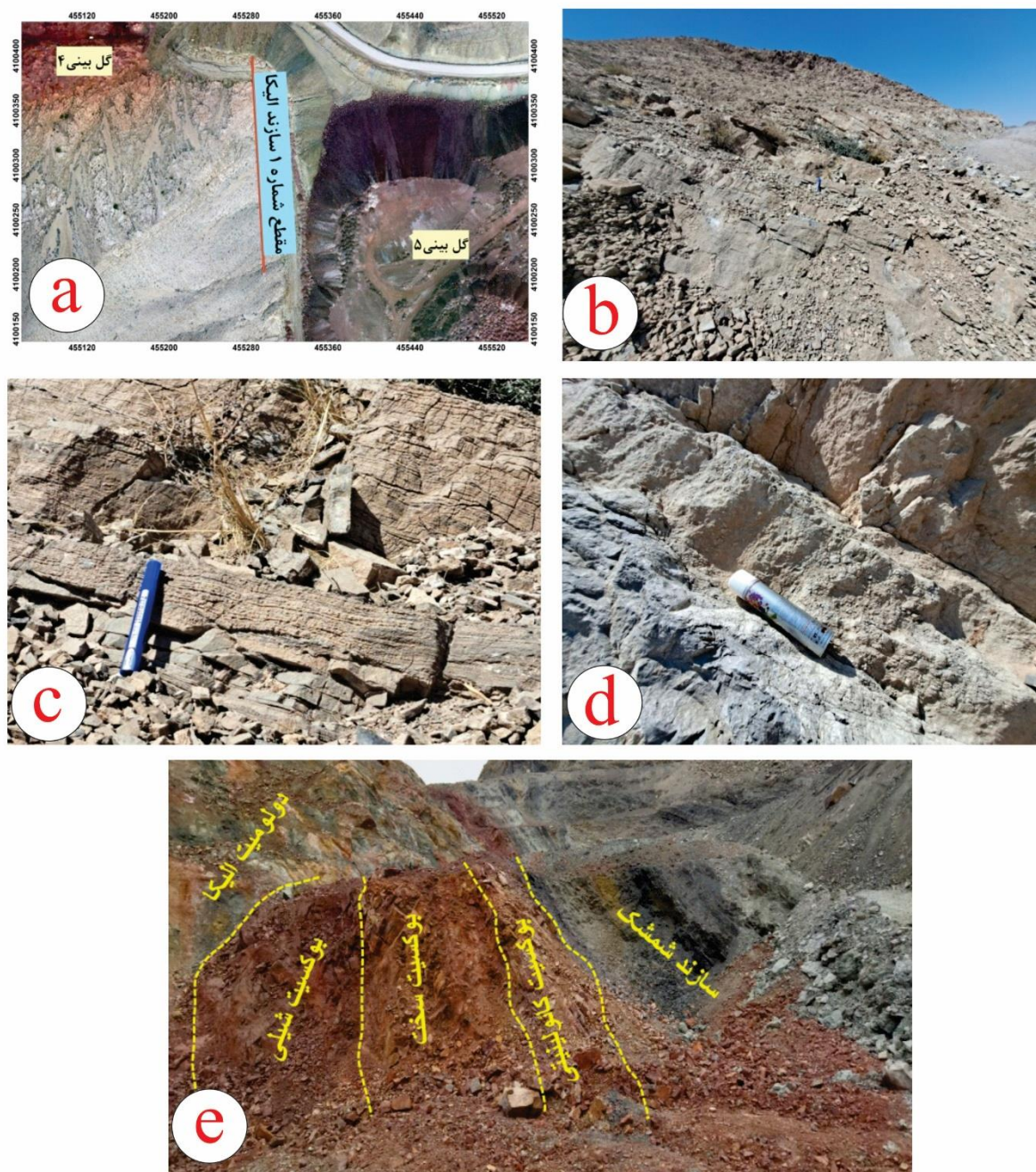
واحدهای مختلف سازند الیکا

سنگ‌های تریاس زیرین-میانی البرز، ردیف‌های کربناته آهکی و دولومیتی به نام سازند الیکا هستند که بخش اعظم رسوبات تریاس حوضه رسوبی ساختاری البرز را تشکیل می‌دهند. سازند الیکا در برش الگوی آن در دره نور و در ۵ کیلومتری پایین‌دست روستای الیکا، از سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه و خاکستری روشن همراه با ساخت‌های کرم‌مانند به نام «آهک‌های ورمیکوله» در بخش زیرین و دولومیت‌های ضخیم‌لایه، رنگ روشن و متراکم با سیمای برجسته و صخره‌ساز در بخش بالایی تشکیل شده است. در برش مطالعه‌شده، ضخامت سازند الیکا حدوداً ۲۰۰ متر است. بین سنگ‌آهک تیره‌رنگ سازند مبارک و سنگ‌آهک‌های ورمیکوله سازند الیکا، حدود ۱۸ متر پوشش لاتریتی متناوب با لایه‌های ماسه‌سنگی وجود دارد که به احتمال زیاد به سازند نسن نسبت



شکل ۳- ستون چینه‌شناسی بخش بالایی سازند الیکا

Fig 3- Stratigraphic column of the upper part of the Elika Formation



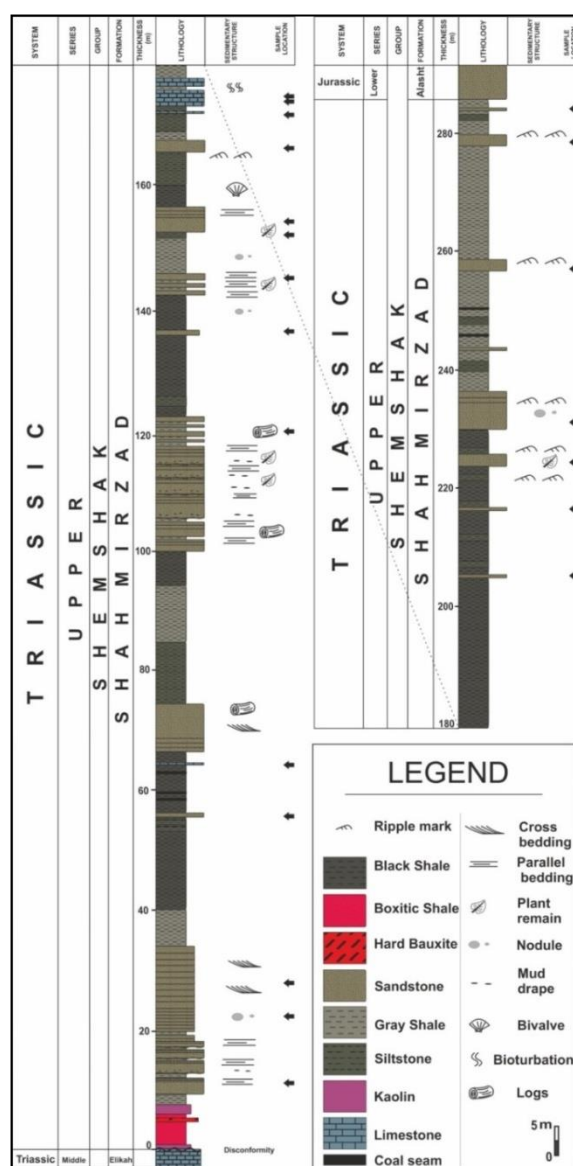
شکل ۴- واحدهای مختلف سنگی در بخش بالایی سازند الیکا: **a:** مقطع سازند الیکا در برش گل‌بینی؛ **b:** بخش بالایی سازند الیکا متشکل از دولومیت و آهک دولومیتی؛ **c:** دولومیت استروماتولیتی؛ **d:** آهک دولومیتی اینتراکلاستی معرف پهنه جزرومدی؛ **e:** نمایی از سازند الیکا، افق بوکسیتی، بخش قاعده‌ای شمشک (سازند شه‌میرزاد)

Fig 4- Various lithological units of the upper part of the Elik Formation. **a:** Elik Formation section at the Gol-Bini section, **b:** Upper part of the Elik Formation composed of dolomite and dolomitic limestone, **c:** Stromatolitic dolomite, **d:** Intraclastic dolomitic limestone indicative of a tidal flat environment, **e:** View of the Elik Formation, bauxite horizon, and the basal part of the Shemshak Group (Shahmirzad Formation)

واحدهای سنگی سازند شه میرزاد

لیتولوژی غالب در سازند شه میرزاد، شیل با بین‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ است و براساس سنگ‌چینه‌نگاری، به واحدهای مختلف تقسیم می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶). توالی کاملی از سازند شه میرزاد در یک مکان مشاهده نشد و به همین دلیل، از برش مرکب برای معرفی توالی‌های سازند شه میرزاد در منطقه مطالعه‌شده استفاده شد (شکل a, b, c). واحد ۱

متشکل از ماسه‌سنگ با بین‌لایه‌هایی از شیل است (شکل ۶d). از لایه‌های شاخص ۱/۲۰ متر بوکسیت برشی (شکل ۶f)، ۲۰ سانتی‌متر ماسه‌سنگ دانه متوسط خاکستری‌رنگ حاوی پیل چرتی، ۴۵ سانتی‌متر کنگلومرای دارای قطعات گلی و زغالی (شکل ۶E) است. واحد ۲ متشکل از شیل با بین‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ (شکل‌های VhH) و واحد ۳ متشکل از ماسه‌سنگ با فسیل گیاهی (شکل ۶J) است.



شکل ۵- ستون چینه‌شناسی سازند شه میرزاد

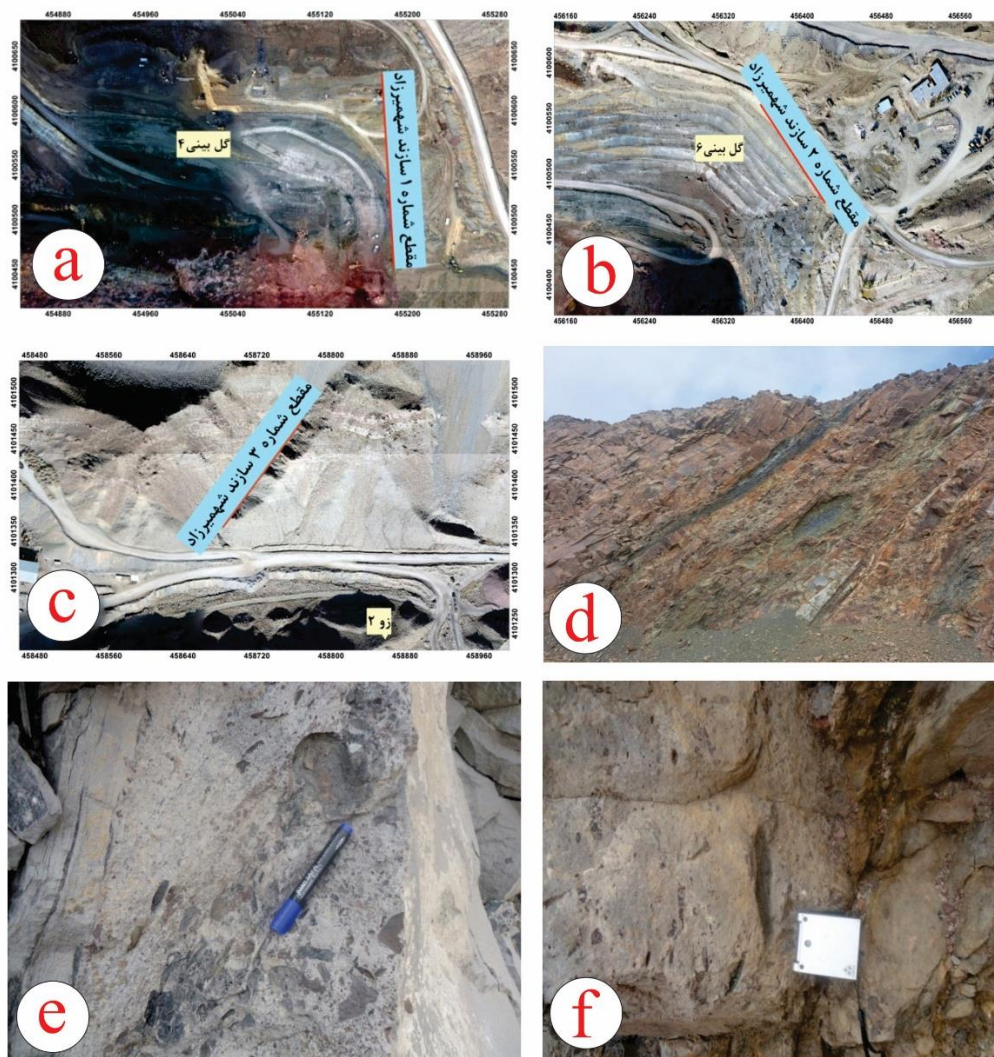
Fig 5- Stratigraphic column of the Shamirzad Formation

کلامیت تشکیل شده است (شکل ۶k). واحد ۶ شیل با فسیل گیاهی است (شکل ۶n). واحد ۷ شیل بالایی با فراوانی

واحد ۴، شیل با بین‌لایه سیلتستون و ماسه‌سنگ ریزدانه است (شکل‌های ۶i, l). واحد ۵ از ماسه‌سنگ‌های حاوی

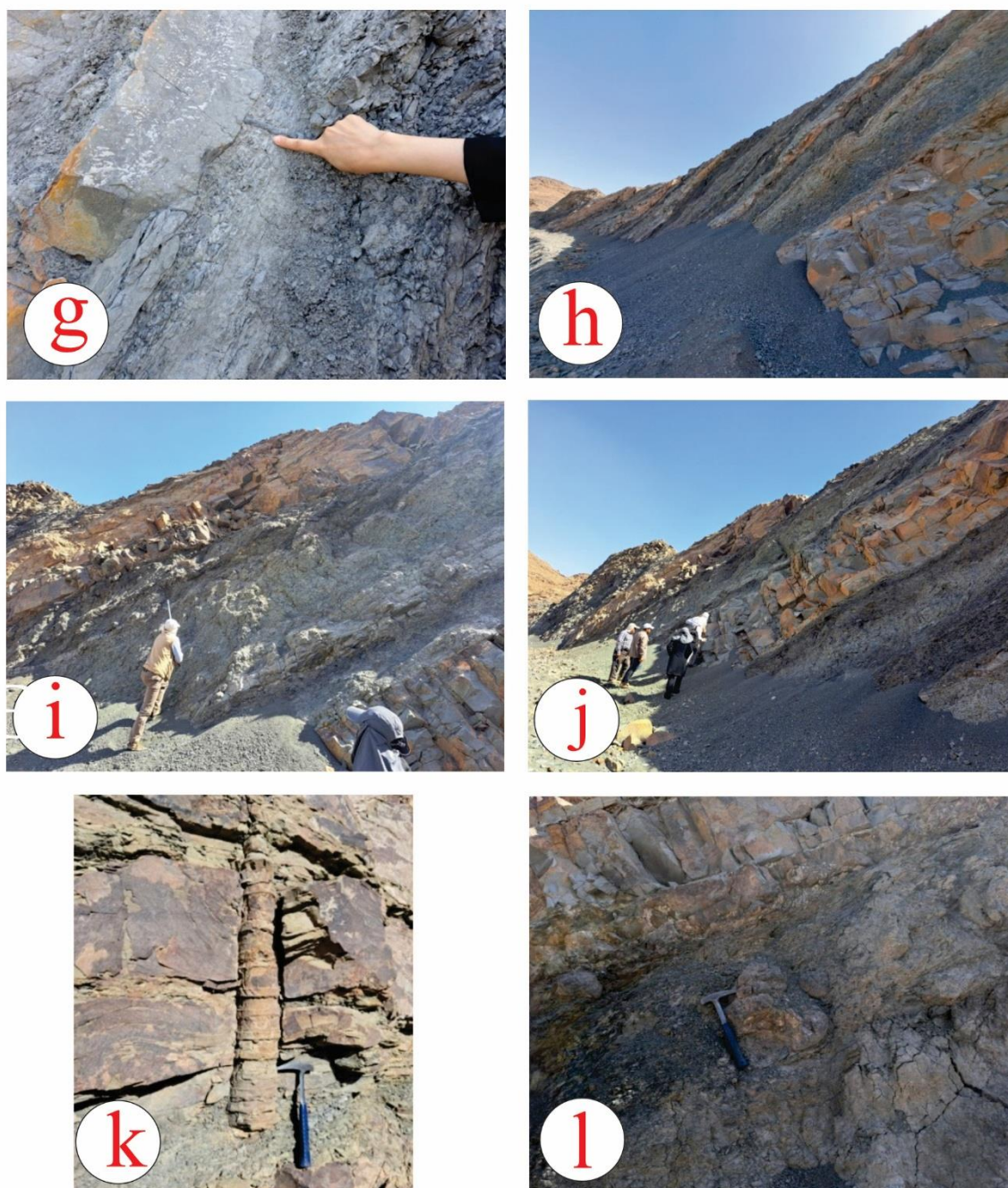
ریپلی است (شکل ۶و) که در نهایت به ماسه‌سنگ سازند آلاشت ختم می‌شود (شکل ۶ق).

فسیل‌های دوکفه‌ای است (شکل ۶م). واحد ۸ لایه آهکی فسیل‌دار است (شکل ۶پ). آخرین واحد این سازند، واحد ۹ متشکل از شیل با رگه‌های زغالی و بین‌لایه‌های ماسه‌سنگ



شکل ۶- واحدهای مختلف سنگی سازند شه‌میرزاد a: برش سازند شه‌میرزاد در گل‌بینی ۴؛ b: ادامه توالی سازند شه‌میرزاد در برش گل‌بینی ۶؛ c: بخش بالایی سازند شه‌میرزاد در برش زو ۲؛ d: واحد ۱ متشکل از ماسه‌سنگ با بین‌لایه شیلی؛ e: ۴۵ سانتی‌متر کنگلومرای دارای قطعات گلی و زغالی؛ f: ۱/۲۰ متر بوکسیت برشی در قسمت قاعده‌ای توالی؛

Fig 6- Various lithological units of the Shahmirzad Formation a: Shahmirzad Formation section at Gol-Bini 4, b: Continuance of the Shahmirzad Formation sequence at Gol-Bini 6, c: Upper part of the Shahmirzad Formation at the Zou 2 section, d: Unit 1 composed of sandstone with shale interbeds, e: 45 cm thick conglomerate containing clay and coal fragments, f: 1.20 m thick bedded bauxite at the basal part of the sequence;



ادامه شکل ۶

g: لایه ماسه‌سنگی با سطح فرسایشی و ریشه کالامیتید در قاعده؛ h: واحد ۲ متشکل از شیل با بین‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ؛ i: واحد ۴ شیل با بین‌لایه سیلتستون و ماسه‌سنگ ریزدانه؛ j: واحد ۳ ماسه‌سنگ با فسیل گیاهی؛ k: واحد ۵ ماسه‌سنگ حاوی کالامیت؛ l: کنکریون در بخش بالایی واحد ۴؛

Fig 6 continued

g: sandstone layer with an erosional surface and calamitid roots at the base, h: Unit 2 consisting of shale with intercalation of sandstone, i: Unit 4 shale with intercalation of siltstone and fine-grained sandstone, j: Unit 3 sandstone with plant fossils, k: Unit 5 sandstone containing calamites, l: Concretion in the upper part of Unit 4;



ادامه شکل ۶

m: واحد ۷ شیل بالایی با فراوانی فسیل‌های دوکفه‌ای؛ **n:** واحد ۶ شیل با میان‌لایهٔ ماسه‌سنگ کنکریون‌دار در برش زو؛
o: ماسه‌سنگ سبز تا خاکستری دانه‌درشت ریپلی واحد ۹ در برش زو؛ **p:** واحد ۸ لایهٔ آهکی فسیل‌دار در بخش بالایی
 سازند شهمیرزاد در برش زو؛ **q:** مرز سازند شهمیرزاد و آلاشت در برش زو

Fig 6. continued

m: Unit 7, the upper shale unit, with an abundance of bivalve fossils, **n:** Unit 6, shale with intercalation of concretion-bearing sandstone in the Zou section, **o:** Green to gray, coarse-grained rippled sandstone of Unit 9 in the Zou section, **p:** Unit 8, a fossiliferous limestone layer in the upper part of the Shahmirzad Formation in the Zou section, **q:** The boundary between the Shahmirzad and Alasht formations in the Zou section

برای تکمیل مطالعات صحرایی، ۶۰ مقطع نازک از بخش
 بالایی سازند الیکا و بخش قاعده‌ای گروه شمشک تهیه و

مطالعات میکروسکوپی (توصیف میکروفاسیس‌ها و
 پتروفاسیس‌ها)

بیوکلاستیک پکستون - گرینستون

در این میکروفاسیس، تراکم بالایی از قطعات اسکلتی خارپوستان، دوکفه‌ای و شکم‌پایان مشاهده می‌شود. از دانه‌های غیر کربناته و فرعی آن به کوارتز اشاره می‌شود (شکل ۷b). وجود سیمان اسپاری نشانگر ته‌نشست این رسوبات در محدوده خط اثر امواج است. در چنین شرایطی در اثر افزایش انرژی، گل کربناته از محیط شسته و فضای خالی در طی دیاژنز با سیمان کربناتی پر شده است. وجود موجودات استنوهالین نظیر اکتیودرم نیز، نشانگر آن است که این ریزرخساره در شوری معمولی آب دریا نهشته شده است (Flugel 2010; Wilson 1975).

دولوستون

در این ریزرخساره دولومیت‌ها بیشتر ثانویه، با بلورهای درشت، شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار مشاهده می‌شوند. بیشتر دولومیت‌های سازند الیکا، ثانویه و به‌صورت جانشینی است (شکل ۷d). دولومیت‌های متوسط تا درشت بلور دارای بلورهای بی‌شکل (anhedral) تا شکل‌دار (anhedral) در اندازه‌های مختلف (polymodal) و مرزهای بلوری غیرمسطح (nonplanar) هستند. این رخساره در بخش بالایی سازند الیکا مشاهده می‌شود (Flugel 2010; Tucker 2001).

پلوئید پکستون

پکستون پلوئیدی یک رخساره دانه‌غالب با جورشدگی متوسط دانه‌هاست. میکریته شدن دانه‌ها به صورتی است که ساختمان داخلی دانه‌ها تخریب می‌شود و گاهی تشخیص دانه‌ها به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. با توجه به وجود فابریک فنسترال پرشده با سیمان، این رخساره مربوط به محیط جزرومدی و زیرجزرومدی است که در آن نوسانات جزرومدی، حباب‌های هوا را در دانه‌های کوچک آلوکم‌ها محبوس می‌کند. این ریزرخساره، زمینه مادستونی تیره‌رنگ دارد (Flugel 2010) (شکل ۷c).

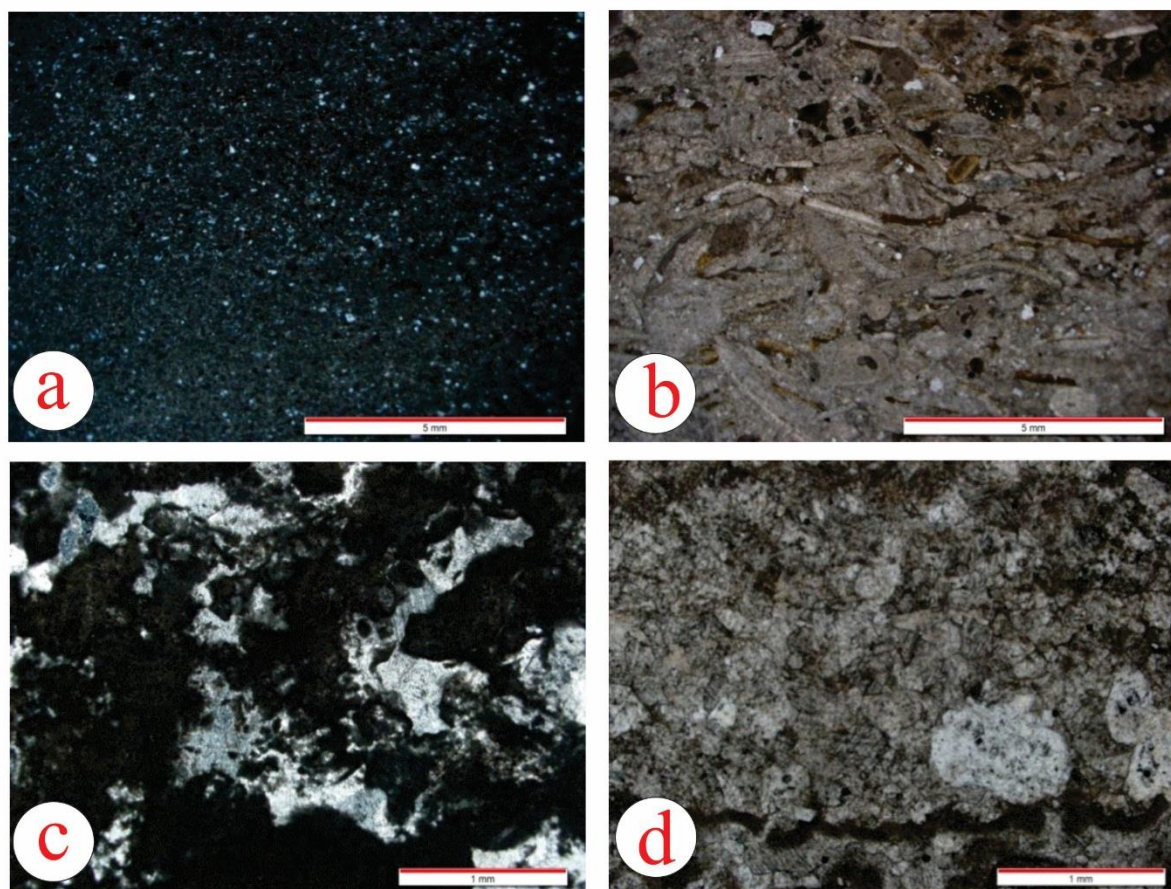
مطالعه و بررسی شده است. سنگ‌های تخریبی براساس ترکیب کانی‌شناسی اجزای تشکیل‌دهنده چهارچوب سنگ و اجزای فرعی، میزان ماتریکس و سیمان مقاطع نازک تهیه‌شده براساس طبقه‌بندی فولک (1974) و پتی‌جان و همکاران (Pettijhon et al. 1987) نام‌گذاری شدند. نام‌گذاری سنگ‌های کربناته براساس روش دانه‌ها (Dunhum 1962) انجام و برای توصیف میکروفاسیس‌ها و تعیین محیط رسوبی آنها از روش‌های ویلسون (Wilson 1975) و فلوگل (Flugel 2010) نیز استفاده شده است. واحدهای دارای اختصاصات یکسان با عنوان پتروفاسیس توصیف شد. با توجه به محدودیت مطالعات پتروگرافی در بررسی واحدهای دانه‌درشت و دانه‌ریز، تمرکز اصلی در این مطالعات براساس پتروفاسیس‌های ماسه‌سنگی استوار است.

توصیف میکروفاسیس‌ها

دانه‌های کربناته به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. دانه‌های اصلی از نظر فراوانی، درصد بالایی را به خود اختصاص می‌دهند و در طبقه‌بندی میکروفاسیس‌ها نقش اساسی دارند. آنها شامل قطعات اسکلتی مختلفی‌اند. دانه‌های غیر کربناته شامل ذرات آواری کوارتز است. تجزیه و تحلیل دقیق پتروگرافی به تشخیص چند میکروفاسیس به شرح زیر منجر شده است.

میکروفاسیس مادستون کوارتزدار

متن اصلی این رخساره را میکرایت تشکیل می‌دهد و در آن درصد بسیار کمی از دانه‌های تخریبی کوارتز مشاهده می‌شود (شکل ۷a). این ریزرخساره معرف پیشروی موقت سطح آب دریا و کاهش ورود مواد تخریبی، در بخش‌های بالایی سازند شه‌میرزاد در توالی مطالعه‌شده است. ریزرخساره فوق معرف شرایط کم‌انرژی و عمق کم محیط دریاست (Flugel 2010; Wilson 1975).



شکل ۷- انواع میکروفاسیس در سازندهای الیکا و شه میرزاد شکل a: مادستون کواتزدارنور پلاریزه نمونه G4-3-3 (سازند شه میرزاد)؛ شکل b: دانه‌های اسکلتی فراوان شامل دوکفه‌ای، اکتینید و شکم پا و درصد کمی از الیید نمونه G4-10 (سازند شه میرزاد)؛ شکل c: ریزرخساره پلوئید پکستون با فابریک فنسترال نمونه G5-3 بخش بالایی سازند الیکا؛ شکل d: ریزرخساره دولوستون در بخش بالایی سازند الیکا نمونه G5-2A نور طبیعی

Fig 7- Microfacies types in the Elika and Shahmirzad formations a: Quartz-bearing mudstone under plane-polarized light, sample G4-3-3 (Shahmirzad Formation), b: Abundant skeletal grains including bivalves, echinoids, and gastropods, with a low percentage of ooids, sample G4-10 (Shahmirzad Formation), c: Peloidal packstone microfacies with fenestral fabric, sample G5-3, upper part of the Elika Formation, d: Dolostone microfacies in the upper part of the Elika Formation, sample G5-2A, under plane-polarized light

و درصد انواع مختلف دانه‌های موجود تخمین زده شده است. این کار با نقطه‌شماری به روش گری دیکینسون (Ingersoll et al. 1984) بر نمونه‌های مطالعه شده انجام شد (جدول ۲).

بررسی ترکیب و پتروفاسیس سنگ‌های آواری بخش قاعده‌ای گروه شمشک (سازند شه میرزاد)
طبقه‌بندی ماسه‌سنگ‌ها براساس مطالعات میکروسکوپی انجام

جدول ۲- نتایج حاصل از نقطه‌شماری ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد (علائم اختصاری در جدول: **Stright**: خاموشی مستقیم؛ **Wavy**: خاموشی موجی؛ **Plg**: پلاژیوکلاز؛ **Kf**: فلدسپات پتاسیم‌دار؛ **Sed**: خرده‌سنگ رسوبی؛ **Cal**: خرده‌سنگ کربناته؛ **Met**: خرده‌سنگ دگرگونی؛ **Cht**: چرت؛ **Acc**: کانی فرعی)

Table 2- Point counting results for the Shamirzad Formation sandstones

Sample no.	Quartz				Feldspar		Rock Fragment				Cement				Acc	Sum
	Monocrystal		Polycrystal		Kf	P	Cht	Sed	Ca l	Me t	Ca r	Fe Oxi	Silic a	Cla y		
	Stright	Wa vy	< or = 3 Crysta l	> 3 Crysta l												
G4-1	65	35	0	23	5	15	25	45	0	33	41	0	5	20	8	325
G4-3	68	31	0	26	8	17	30	49	0	40	35	0	10	26	5	354
G4-4	59	25	0	2	2	10	10	60	0	8	65	30	0	25	10	313
G4-5	62	32	0	20	3	17	22	50	0	36	62	0	8	19	6	337
G4-6	71	21	0	10	5	12	15	40	0	15	85	11	5	10	9	309
G4-8	48	17	0	10	7	65	17	25	0	10	95	10	5	0	12	282
G4-9	70	30	0	25	5	20	30	45	0	35	10	0	7	25	8	315
G4-12	85	41	0	17	8	37	6	8	5	6	47	15	0	55	9	334
G6-2	69	27	0	10	6	16	18	55	0	38	65	7	0	21	8	340
G6-3	56	24	0	15	8	25	21	45	0	22	81	9	0	10	20	336
G6-4	60	22	0	13	5	21	19	43	0	27	75	5	0	5	12	307
G6-5	63	35	0	27	6	21	35	55	0	37	45	10	8	22	9	378
G6-6	68	28	0	22	7	18	28	46	0	40	9	0	9	27	8	315
Z2-1	61	25	0	25	9	22	27	49	0	45	15	0	0	25	10	320
Z2-2	59	30	0	24	5	19	30	42	0	40	23	0	0	29	8	314
Z2-3	105	63	0	15	17	18	12	15	0	12	10	0	35	15	11	334
Z2-4	66	27	0	21	15	35	15	12	0	15	75	0	0	10	8	304

پتروفاسیس‌های سازند شه‌میرزاد

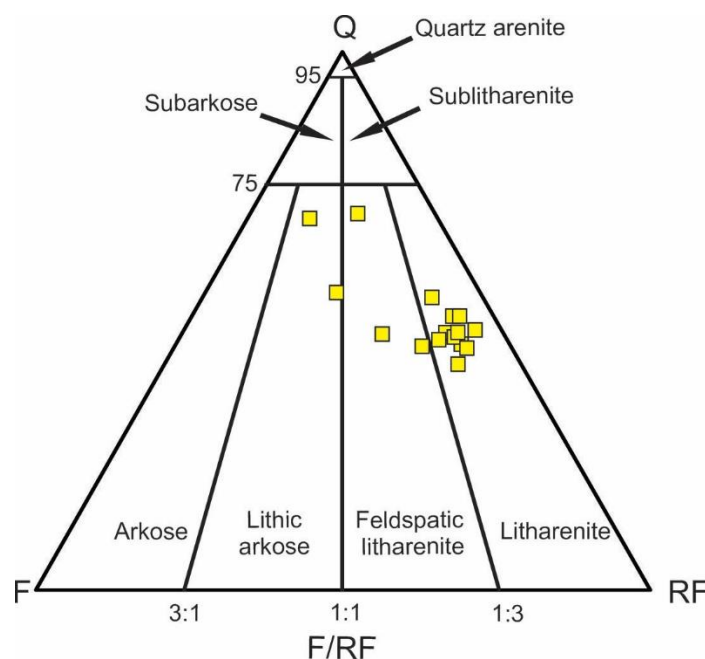
پتروفاسیس‌های سنگ‌های آواری سازند شه‌میرزاد به دو دسته پتروفاسیس‌های دانه‌ریز شامل سیلتستون و شیل و پتروفاسیس‌های دانه‌متوسط ماسه‌سنگی تقسیم می‌شوند. پتروفاسیس‌های ماسه‌سنگی براساس طبقه‌بندی فولک (1980)

مشخص شده‌اند. بر این اساس، داده‌های حاصل از نقطه‌شماری مجدداً براساس سه جزء اصلی کوآرتز، فلدسپات و خرده‌سنگ درصدگیری شده‌اند (جدول ۳). بر این اساس، نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند شه‌میرزاد در طبقه‌بندی فولک در گروه‌های لیتارنایت، فلدسپاتیک لیتارنایت و لیتیک آرکوز قرار گرفته‌اند (شکل ۸).

جدول ۳- داده‌های مجدداً محاسبه‌شده برای استفاده در مثلث طبقه‌بندی فولک (1980)

Table 3- Data recalculated for plotting in the Folk classification triangle

	Q%	F%	R%
G4-1	49.00	7.97	43.03
G4-3	44.96	8.99	46.04
G4-4	46.99	6.56	46.45
G4-5	47.11	8.26	44.63
G4-6	53.97	8.99	37.04
G4-8	46.88	20.63	32.50
G4-9	47.17	9.43	43.40
G4-12	68.75	21.63	9.62
G6-2	44.35	9.21	46.44
G6-3	43.98	15.28	40.74
G6-4	45.24	12.38	42.38
G6-5	44.01	9.51	46.48
G6-6	45.04	9.54	45.42
Z2-1	41.11	11.48	47.41
Z2-2	44.49	9.45	46.06
Z2-3	69.58	13.69	16.73
Z2-4	54.03	23.70	22.27



شکل ۸- طبقه‌بندی مثلثی فولک (Folk 1980) (که نشان‌دهنده ترکیب لیتارنایت،

فلدسپاتیک لیتارنایت و لیتیک آركوز برای ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد است)

Fig 8- Folk classification triangle representing the litharenite, feldspathic litharenite and lithic arkose composition in the Shamirzad Formation sandstones

هنگام رسوب‌گذاری است. از مهم‌ترین کانی‌های فرعی به زیرکن و کانی‌های اپاک اشاره می‌شود که زمینه و سیمان‌های رسی بسیار فراوان‌اند.

لیتارنایت با سیمان کربناته: این پتروفاسیس (شکل c ۹) نیز از جمله فراوان‌ترین پتروفاسیس‌های مشاهده‌شده در ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد است (۲۹ درصد). این پتروفاسیس در نمونه‌های برش گل‌بینی ۴ و ۶ مشاهده شده است. اندازه ذرات ماسه در این پتروفاسیس از ماسه بسیار ریز تا ماسه متوسط متغیر است. در این پتروفاسیس، میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۴۷ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۹ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۴۴ درصد است. در این پتروفاسیس نیز جورشدگی و گردشدگی متوسط دانه‌ها مشاهده می‌شود. این پتروفاسیس دارای مقادیر زیادی سیمان کربناته است. کانی زیرکن به‌عنوان کانی فرعی در این پتروفاسیس مشاهده شده است.

فلدسپاتیک لیتارنایت با سیمان کربناته: این پتروفاسیس (شکل d ۹) حدود ۱۲ درصد از پتروفاسیس‌های مشاهده‌شده

توصیف انواع پتروفاسیس‌های موجود در سازند شه‌میرزاد

پتروفاسیس سیلتستونی: این پتروفاسیس در برش‌های گل‌بینی ۴، گل‌بینی ۶ و ۲ مشاهده شده است (شکل ۹a). اجزای اصلی تشکیل‌دهنده این پتروفاسیس شامل کوارتز، فلدسپات و اجزای فرعی مثل مسکویت در اندازه سیلت در یک زمینه گلی‌اند.

پتروفاسیس‌های ماسه‌سنگی

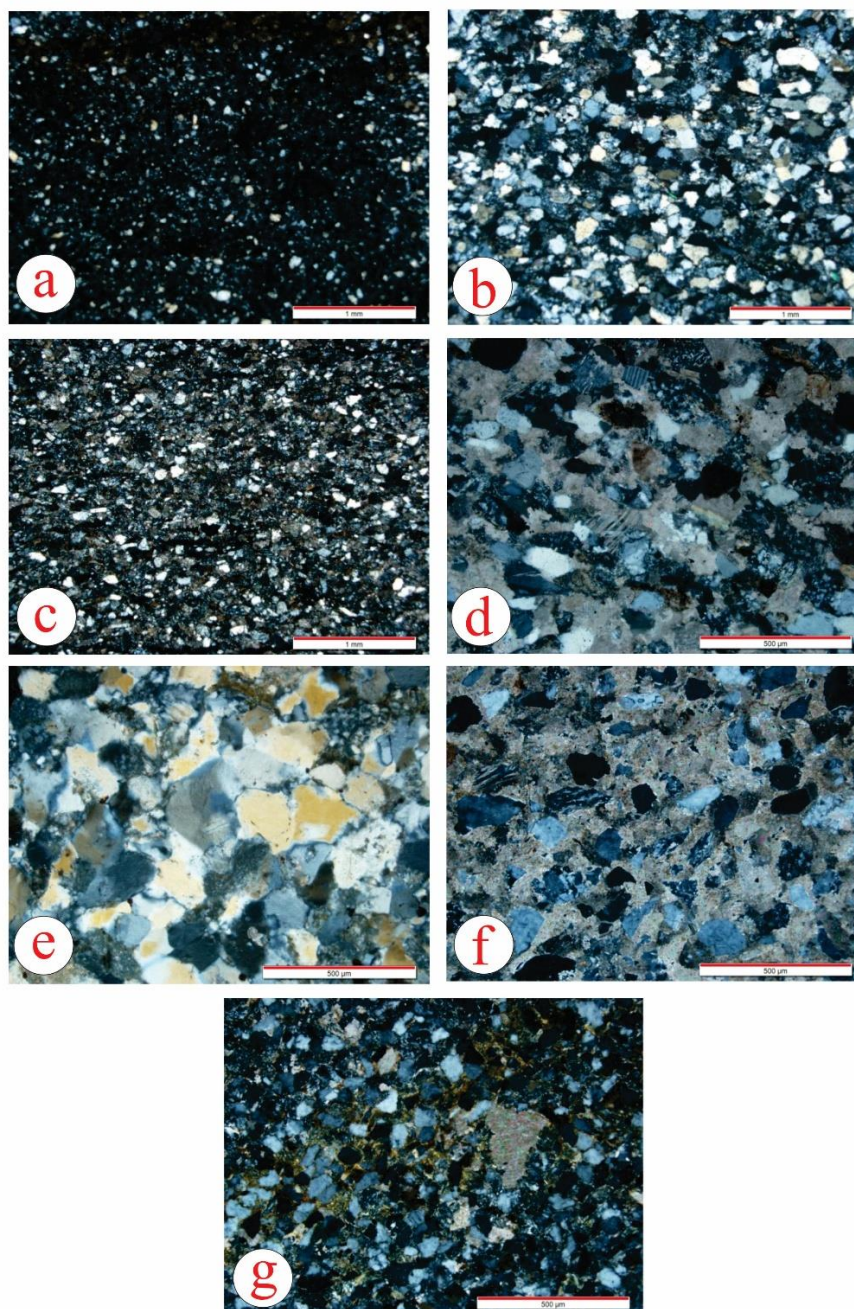
لیتارنایت با سیمان و ماتریکس رسی: این پتروفاسیس (شکل b ۹) فراوان‌ترین پتروفاسیس مشاهده‌شده در سازند شه‌میرزاد است (۴۱ درصد) که در نمونه‌های برش گل‌بینی ۴، ۶ و ۲ مشاهده شده است. اندازه ذرات ماسه در این پتروفاسیس از ماسه ریز تا متوسط تغییر می‌کند. در این پتروفاسیس، میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۴۵/۱ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۹/۵ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۴۵/۴ درصد است. جورشدگی و گردشدگی متوسط دانه‌ها و به‌طور کلی بلوغ بافتی در حد ایمچور، بیانگر انرژی نه‌چندان بالای محیط در

لیتیک آرکوز با سیمان کربناته: این پتروفاسیس (شکل ۹f) نیز حدود ۶ درصد از پتروفاسیس‌های مشاهده‌شده در ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد را دارد که تنها در برش‌زو دیده شده است. در این پتروفاسیس، میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۵۴ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۲۴ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۲۲ درصد و جورشدگی ذرات متوسط تا خوب است؛ اما ذرات، گردشدگی متوسط تا ضعیف دارند. سیمان کربناته فراوان‌ترین سیمان در این پتروفاسیس است. از اجزای فرعی موجود در این پتروفاسیس، مسکویت است.

لیتیک آرکوز با سیمان رسی: این پتروفاسیس (شکل ۹g) نیز حدود ۶ درصد از پتروفاسیس‌های مشاهده‌شده در ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد را دارد که تنها در برش‌زو دیده شده است. در این پتروفاسیس، میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۶۹ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۲۲ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۹ درصد و جورشدگی ذرات نسبتاً خوب است؛ اما ذرات، گردشدگی متوسطی دارند. سیمان رسی، فراوان‌ترین سیمان در این پتروفاسیس است.

در ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد را دارد که در نمونه‌های برش‌گل‌بینی ۴ و ۶ مشاهده شده است. اندازه ذرات در این پتروفاسیس در اندازه ماسه بسیار ریز تا ماسه ریز است. در این پتروفاسیس میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۴۵ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۱۸ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۳۷ درصد است. همچنین جورشدگی ذرات متوسط تا خوب است؛ اما ذرات، گردشدگی خوبی را نشان نمی‌دهند. این پتروفاسیس نیز دارای مقادیر زیادی سیمان کربناته است.

فلدسپاتیک لیتارنایت با سیمان سیلیسی: این پتروفاسیس (شکل ۹e) حدود ۶ درصد از پتروفاسیس‌های مشاهده‌شده در ماسه‌سنگ‌های سازند شه‌میرزاد را دارد که تنها در برش‌زو دیده شده است. در این پتروفاسیس، میانگین فراوانی دانه‌های کوارتز ۶۹/۵ درصد، میانگین دانه‌های فلدسپات ۱۳/۵ و میانگین خرده‌سنگ‌ها ۱۷ درصد و جورشدگی ذرات متوسط تا خوب است؛ اما ذرات، گردشدگی متوسط تا ضعیف دارند. این پتروفاسیس دارای مقادیر زیادی سیمان سیلیسی است که به‌صورت رورشدی در روی دانه‌های کوارتز مشاهده می‌شوند.



شکل ۹- انواع پتروفاسیس در سازند شهمیرزاد **a**: پتروفاسیس سیلتستونی؛ **b**: پتروفاسیس لیتارنایت با سیمان و ماتریکس رسی؛ **c**: پتروفاسیس لیتارنایت با سیمان کربناته؛ **d**: پتروفاسیس فلدسپاتیک لیتارنایت با سیمان کربناته؛ **e**: پتروفاسیس فلدسپاتیک لیتارنایت با سیمان سیلیسی؛ **f**: پتروفاسیس لیتیک آرکوز با سیمان کربناته؛ **g**: پتروفاسیس لیتیک آرکوز با سیمان رسی

Fig 9- Petrofacies types in the Shamirzad Formation **a**: Siltstone petrofacies, **b**: Litharenite petrofacies with clay cement and matrix, **c**: Litharenite petrofacies with carbonate cement, **d**: Feldspathic litharenite petrofacies with carbonate cement **e**: Feldspathic litharenite petrofacies with siliceous cement, **f**: Lithic arkose petrofacies with carbonate cement, **g**: Lithic arkose petrofacies with clay cement.

بحث

البرز در تریاس بالایی-ژوراسیک پیشین است.

دیکنسون و سوچک (Dickinson and Suczek 1979) براساس جایگاه تکتونیکی، ماسه‌سنگ‌ها را به پنج گروه تقسیم کرده‌اند. لیتارنایت یکی از این گروه‌هاست که معرف توالی‌های بالاآمده ناشی از کمربندهای کوهزایی و تهنشست آنها در حوضه فورلند است. شرایط تکتونیکی البرز در زمان تهنشست سازند شمشک با توجه به فراوانی لیتارنایت‌ها و روند تغییر در ترکیب خرده‌سنگ‌ها در توالی مطالعه‌شده، یک حوضه فورلندی است (Rahimi 2002; Shahriari et al. 2001).

نتیجه

بخش بالایی سازند الیکا به ضخامت ۸۳ متر و بخش قاعده‌ای گروه شمشک، متشکل از سازند شهمیرزاد و الاشت در معدن جاجرم با سبتهای ۸۲۰ متر براساس لیتواستراتیگرافی و پتروگرافی بررسی شده است. بخش بالایی سازند الیکا متشکل از دولومیت استروماتولیتی و اینتراکلاستی بوده و در پهنه جزرومدی نهشته شده است.

لیتولوژی غالب در سازند شهمیرزاد، شیل با بین‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ است. لایه آهک فسیل‌دار در بخش بالایی آن، یک لایه راهنما در این توالی تخریبی محسوب می‌شود. در بخش میانی، ماسه‌سنگ‌های حاوی کالامیت به صورت اتوکتون از لایه‌های شاخص دیگر سازند شهمیرزاد است. پتروفاسیس‌های غالب در سازند شهمیرزاد سیلتستون، لیتارنایت با سیمان و ماتریکس رسی، لیتارنایت با سیمان کربناته، فلدسپاتیک لیتارنایت با سیمان سیلیسی، لیتیک آرکوز با سیمان کربناته و لیتیک آرکوز با سیمان رسی‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت مالی شرکت آلومینای ایران انجام شد و نویسندگان از همکاری‌های بی‌دریغ شرکت آلومینای ایران کمال تشکر را دارند.

سازند شهمیرزاد که معرف بخش قاعده‌ای گروه شمشک است، در یک محیط روخلنه‌ای (ماسه‌سنگ‌های کلنالی، رسوبات دشت سیلابی و باتلاقی) نهشته شده است. لایه‌های نازک زغال، افق‌های ریشه گیاهان با بقایای فسیل‌های گیاهی، چوب و رنگ غالباً خاکستری، نشانگر شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب است. پیشروی دریا با لایه‌های کربناته در بخش بالایی، که حاوی دوکفه‌ای و اکینید است، مشخص می‌شود.

ترکیب و ضخامت زیاد سازند شمشک نشان می‌دهد که در یک حوضه کم‌عمق با نرخ فرونشینی بالا تشکیل شده است. این امر سبب نهشته‌شدن ضخامت زیادی از رسوبات در یک حوضه فورلندی شده است. فرونشست کف حوضه سبب پیشروی تدریجی سطح آب به سمت خشکی و تبدیل این حوضه به یک پلتفرم کربناته شده است که در آن رسوبات مربوط به سازند دلیچای تهنشین شده است.

بررسی پتروفاسیس‌ها حاکی از آن است که در بخش قاعده‌ای گروه شمشک، قطعات سنگی کربناته و چرت فراوان‌اند و در بخش بالایی آن قطعات سنگی دگرگونی نیز وجود دارند. این تغییرات در ترکیب قطعات سنگی مرتبط با شرایط تکتونیکی و ناحیه منشأ است. منشأ تأمین‌کننده قطعات سن آهک احتمالاً مرتبط با سازند الیکا و قطعات سنگی دگرگونی مرتبط با شیت‌های گرگان است که از نظر موقعیت چینه‌شناسی در زیر سازند الیکا قرار گرفته است. تاکر (Tucker 2001) معتقد است تغییر در روند قطعات سنگی در یک توالی تخریبی ماسه‌سنگی، مرتبط با شرایط تکتونیکی منطقه است. در بسیاری از ماسه‌سنگ‌های حاصل از سیکل مجدد کوهزایی در بخش قاعده‌ای، خرده‌سنگ رسوبی غالب و در بخش بالایی، خرده‌سنگ دگرگونی نیز فراوان می‌شود. این امر ناشی از بالاآمدن سطوح عمیق‌تر کوهزایی در ناحیه منشأ و ظاهرشدن سنگ‌های دگرگونی در سطح و تخریب و فرسایش آنهاست. در توالی مطالعه‌شده، این تغییر روند در قطعات سنگی مشاهده می‌شود و ناشی از شرایط تکتونیکی

References

- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, 586 pages. [In Persian].
- Aghanabati A. 1998. Stratigraphy of the Jurassic of Iran (Volume 1). Geological Survey of Iran, Publication No. 65. [In Persian].
- Assereto R. 1966. The Jurassic Shemshak Formation in central Elburz (Iran). Riv Ital Paleont Stratigr, 72: 1133–1182.
- Boggs S. 2009. Petrology of sedimentary rocks. Cambridge University Press, 600pp.
- Dikinson W.R. and Suczek C.A. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. AAPG Bulletin, 63:2164-2182. <https://doi.org/10.1306/2F9188FB-16CE-11D7-8645000102C1865D>
- Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture: in W. E. Ham, ed., Classification of carbonate rocks- A symposium: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, p. 108-121. <https://archives.datapages.com/data/specpubs/carbona2/data/a038/a038/0001/0100/0108.htm>
- Flügel E. 2010. Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application, 2nd edn. Springer, Berlin, p 984. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-03796-2>
- Folk R.L. 1974. 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill pub. Co., Austin, Texas, 182 pp. file:///C:/Users/taheri/Downloads/geokniga-petrology-sedimentary-rocks_0.pdf
- Majidifard M.R. 2004. Biostratigraphy, lithostratigraphy, ammonite taxonomy and microfacies analysis of the Middle and Upper Jurassic of northeastern Iran. Unpublished Ph.D. thesis, der Bayerischen Julius-MaximiliansUniversität Würzburg, Wuerzburg, 201p. https://www.researchgate.net/publication/27485042_Biostratigraphy_lithostratigraphy_ammonite_taxonomy_and_microfacies_analysis_of_the_Middle_and_Upper_Jurassic_of_northeastern_Iran
- Fürsich F. T. Wilmsen M. Seyed-Emami K. Cecca F. and Majidifard M. R. 2005. The upper Shemshak Group (Toarcian- Aalenian) of the Eastern Alborz (Iran): Biota and palaeoenvironments during a transgressive- regressive cycle. Facies, 51: 365- 384. <https://doi.org/10.1007/s10347-005-0051-z>
- Fürsich F.T. Wilmsen M. and Seyed-Emami K. 2006. Ichnology of Lower Jurassic beach deposits in the Shemshak Formation at Shahmirzad, southeastern Alborz Mountains, Iran. Facies, 52: 599–610. <https://doi.org/10.1007/s10347-006-0082-0>
- Fürsich F. T. Wilmsen M. Seyed-Emami K. and Majidifard M. R. 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic- Middle Jurassic Shemshak Group of the northern Iran. In: M.-F. Brunet, M. Wilmsen, and J.W. Granath (Eds.), South asipian to Central Iran Basins. Geologica Society, London, Special Publication, pp. 259. <https://doi.org/10.1144/SP312.6>
- Ingersoll R. V. Bullard T.F. Ford. R. L. Grimm J.P. Pickle J. D. and Sares S. 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. Journal of Sedimentary Research, 54(1): 103-116. <https://doi.org/10.1306/212F83B9-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Rahimi B. 2002. Structural studies of the Alborz mountain range in northern Damghan. PhD Thesis, Shahid Beheshti University, 208 pages. [In Persian].
- Saidi A. Brunet 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. Geodinamica Acta 10:189–208. <https://doi.org/10.1080/09853111.1997.11105302>
- Sengor A.M.C. 1990. A new model for the Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman. In: Robertson A.H.F. Searle M.P. Ries A.C. (Eds.), The Geology and Tectonics of the Oman Region, Geological Society, London, 49(1): 797-831. [10.1144/GSL.SP.1992.049.01.49](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1992.049.01.49)
- Seyed- Emami K. Fürsich F. T. Wilmsen M. Schaire G. and Majidifard M. R. 2005. Toarcian and Aalenian (Jurassic) ammonites from the Shemshak Group of the Jajarm area (eastern Alborz, Iran). Paläontologische Zeitschrift, 79: 349-369. <https://doi.org/10.1007/BF02991928>
- Shahriari S. Mousavi-Harami R. and Rahimi B. 2001. Evolution and structural development of the Alborz and associated sedimentary evolution. Journal of Sciences, University of Tarbiat Moallem, 1(3 & 4): 141-162 [In Persian].
- Stampfli G. Marcoux J. and Baud A. 1991. Tethyan margins in space and time. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 87: 373–409. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90142-E](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90142-E)
- Pettijhon F.J. Potter P.E. and Siever R. 1987. Sand and sandstone. Springer, verlag, 553 pp. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-1066-5>
- Tucker M.E. 2001. Sedimentary Petrology: An introduction to the origin of sedimentary rocks .2EN. ED. Blackwell science L td. Oxford 260 pp.
- Vaziri S. H. and Salamati R. 2001. Geological map of the Robat-e Qareh Bil quadrangle, scale 1:100,000, Geological Survey and Mineral Explorations of Iran.
- Wilmsen M. Fürsich FT. Seyed-Emami K. Majidifard MR. and Taheri J. 2009a. The Cimmerian orogeny in northern Iran: tectono-stratigraphicevidence from the foreland. Terra Nova, 21: 211–218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2009.00876.x>
- Wilson J.L. 1975. Carbonate facies in geologic history. Springer, New York, 471 p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-6383-8>

