



Microfacies and sedimentary environment of Devonian sediments in North of Fars

Reza Sadeghi^{1*} and Maryam Mannani²

1, 2- Assist. Prof., Dept. of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article type:

Original Research

Article history:

Received: 2025 October 11

Accepted: 2025 December 13

Keywords:

Microfacies
Sedimentary
environment
Late Devonian
Fars
Central Iran

ABSTRACT

The sedimentary rock deposits of the studied section are found in the northern subzone of Fars province and within the sedimentary-structural zone of central Iran. This carbonate-clastic sedimentary sequence has a thickness of 222 meters, mostly includes sandy limestone, sandstone and shale units, which are thin, medium and thick layers, and can be considered equal to Shishtu 1 sub-formation based on lithological studies and geological age. In this sub-zone of Fars, the Late Devonian series rocks are widely spread and covered with the Early Carboniferous series limestone units (equal to the Shishtu 2 sub-formation). From the point of view of stratigraphy and based on field research, the Late Devonian deposits in this section have been classified into ten stratigraphic units or lithofacies (Sh.I-X). Based on the presence of Famennian conodonts, the age of the stratigraphic units in the selected section is Late Devonian. By studying, identifying and classifying the microfacies, six packages of microfacies and one type of petrofacies were separated, from the sea to the coast in five sedimentary sub-environments: deep sea from basin to outer ramp (DSB-O.), sub-deep sea in middle ramp (SDSM.), open-restricted marine in inner ramp (O-RMI.), carbonate sand hills/bioclastic shoal in inner ramp (SI.) and lagoon-peritidal zone in inner ramp (L-PI.). Also, by obtaining these data and comparing them with standard patterns, it can be suggested that this sedimentary sequence was deposited on a carbonate platform of the low-slope ramp or homoclinal ramp type.

DOI: 10.22084/psj.2025.31682.1481

Corresponding author: Reza Sadeghi, E-mail: r.sadeghi@pnu.ac.ir

Cite this article: Reza Sadeghi and Maryam Mannani (2026). Microfacies and sedimentary environment of Devonian sediments in North of Fars, Applied Sedimentology, Vol. 14, No. 27, pp: 27-54.



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

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

Extended Abstract

Introduction

The Shishtu Formation (Late Devonian-Early Carboniferous), belongs to the Ozbak Kuh Group in Central Iran and is divided into two sub-formations, Shishtu 1 at the bottom and Shishtu 2 at the top. Their border is defined by a horizon of black coal shales called Mush Horizon. The Shishtu 1 sub-formation is Late Devonian (Frasnian-Famennian) and has a succession of shale, marl, limestone, and sandstone. A key layer of 28 meters of red limestone and shale with well-preserved cephalopods (Goniatite layer) lies above it. The Shishtu 2 sub-formation is Early Carboniferous age (Tournaisian-Visean) and has an interval of dark gray limestone and shale. The Shishtu Formation is located on the Bahram Formation and under the Sardar Formation. The studied area is located 10 kilometers northeast of Abadeh in Fars province, 285 kilometers from Shiraz, 220 kilometers southeast of Isfahan and in the central Iran zone and has geographic coordinates: $31^{\circ} 14' 22''$ N and $52^{\circ} 41' 59''$ E. Bakhshaei (1983) conducted exploration operations in block 1 of Esteghlal refractory mine (East of Fars province) and Tamadon (1990) supervised exploration operations in block 2 of this mine. Vaseiof et al. (1982) examined the remains of plant fossils in Abadeh. Yazdi et al. (2000) reported Famennian conodonts of Esteghlal Abadeh mine. Sattari et al. (2020) also evaluated the microfacies, sedimentary environment, and sequence stratigraphy of the Bahram and Shishtu 1 formations in the Anarak section of Isfahan. Karimian-Torghabeh et al. (2022) also studied the petrography and geochemistry of the Late Devonian sandstones of the Shishtu Formation in the Howz-e-Dorah section of Tabas. The purpose of this study is to describe and interpret the microfacies, paleo-sedimentary environment and present the sedimentation model of the Late Devonian deposits in the northeast of Abadeh.

Materials & Methods

Initially, using the 1:250,000 map of Abadeh taken from the geological organization (Mahdavi, 1996) and satellite images, the Late Devonian deposits in the northeast of Abadeh were investigated. These deposits are 222 meters thick, mostly including sandy limestone, sandstone and shale. Field investigations by collecting features such as: extension and slope of units, lithology, stratification, thickness, color, Lateral extension, sedimentary structures, etc. Systematic sampling was done at intervals

of 2 meters and sometimes 1 meter with facies changes. In this section, 69 microscopic thin sections were prepared and examined by polarizing microscope. For the naming of clastic rocks, the methods of Folk (1980) and Pettijohn et al. (1987) was used, and for naming and classification of carbonate rocks, the basic method of Dunham (1962) with the view of Wright (1992) has been used. The classification of microfacies and sub-environments is based on the models provided by Wilson (1975), Burchette and Wright (1992), Machel and Hunter (1994) and Flugel (2010).

Discussion and Results

Based on field studies and microscopic thin sections of the Late Devonian sedimentary sequence in northeastern Abadeh, six packages of microfacies and one package of petrofacies were distinguished. These packages of facies, looking at various characteristics, are arranged from seaward to shore in five sedimentary sub-environments: deep sea in the basin zone to the outer ramp (DSB-O.), semi-deep sea in the middle ramp (SDSM.), open to restricted marine in the inner ramp (O-RMI.), bioclastic hills/carbonate sand shoals in the inner ramp (SI.), and finally the lagoon to peritidal sub-environment in the inner ramp (L-PI.).

First sedimentary sub-environment:

Microfacies 1-1) skeletal elements of echinoderms and graptolites are arranged in a mortar of fine-grained calcareous mud (micrite) as a supporting mud, which, according to the nomenclature of Dunham (1962), represents an immature Mudstone texture. The predominance of carbonate mud over grains is evidence of low energy and deposition in a sub-environment far from the influence of waves. Graptolites also confirm deposition in a deep and pelagic marine sub-environment, and it seems that this facies was deposited in the deep sea basin and the outer part of the ramp platform.

Microfacies 1-2) With the co-occurrence of echinoderms, brachiopods, peloids, sponge spicules, trilobites, tentaculites, calcispheres, bryozoans, bivalves, ostracods, foraminifera, and some quartz in a micrite matrix with a wackestone to packstone texture, indicate sedimentation in the deep shelf marine to shelf margin (toe-of-slope) on the outer ramp and below the storm waves base.

Second sedimentary sub-environment:

Microfacies 2-1) Main components: echinoderms, brachiopods, trilobites, minor components: gastropods, bivalves, calcispheres, conodonts, fish teeth, orthochem: micritic mud

and some quartz and textural dominance from wackestone to packstone. Of the open-marine allochems, echinoderms, brachiopods, trilobites are mostly seen, and the presence of crinoids and brachiopods in the grain-supported texture indicates a decrease in water energy and entry into the open marine sub-environment. Crinoids, along with brachiopods and calcispheres, lived in the fore-reef part of the Middle and Late Devonian seas. This facies was deposited in the semi-deep sea of the distal middle ramp and between the bases of storm and normal waves.

Microfacies 2-2) The co-occurrence of more than 10% of shell fragments larger than 2 mm shows echinoderms (Crinoids+Echinoids), brachiopods and bryozoans in a background with high mud, medium quartz and low cement and a packstone-rudstone texture. Echinoderms and brachiopods are distributed at various depths, even up to the continental slope, depending on salinity, temperature and water energy, and bryozoans are also stenohaline fauna of the open marine. This facies is more representative of the semi-deep sea in the proximal part of the middle ramp and between the base of storm and normal waves.

Third Sedimentary Sub-environment:

Microfacies 3-1) Skeletal grains of echinoderms and brachiopods and non-skeletal grains of peloids are seen in a mortar of carbonate mud and some quartz with a supporting grain fabric of packstone. Allochems are poorly-moderately sorted, sub-angular to sub-rounded and low sphericity. This facies seems to have been deposited in shallow seas (open to restricted) in the two terminal (front) parts of the inner ramp and above the base of normal waves.

Fourth Sedimentary Sub-environment:

Microfacies 4-1) The sedimentary setting of this biofacies that is a collection of shelly rocks (coquina/lumachelle) grain-supported of crinoids (>95% allochems), >10% of which are larger than 2 mm, together with cortoids, ooids and quartz, all well-sorted and moderately rounded and have appeared in a mixture of mud and cement with good textural maturity (packstone-grainstone-rudstone), is the carbonate sand banks (bioclastic hills/shoals) in the very shallow marine of the middle part of the inner ramp and above the base of the normal waves.

Fifth sedimentary sub-environment:

Microfacies 5-1) This siltstone or shale and sandstone facies (litharenite + sublitharenite + quartzarenite) with well-sorted quartz grains, mostly sub-angular to sub-rounded, moderately

to high sphericity and high compactness, which has a chevron cross stratification (CCS.) or herringbone cross stratification (HCS.) sedimentary structure and is faced with a lack of sedimentary lithic fragments and the absence of clay, and also shows good textural-mineral maturity, mostly corresponds to the shallow-very shallow marine sub-environment in the two initial/back parts of the inner ramp (lagoon-peritidal) and above the base of normal waves.

Conclusions

According to the field observations and studies of the stratigraphic sequence of the Late Devonian in the northeast of Abadeh and the microscopic examination of 70 thin sections, the type, size and number of allochems (skeletal and non-skeletal) and orthochems (mud, cement, quartz, etc.) were determined and 70 microfacies were named. Then the microfacies were grouped and six packages of microfacies and one package of petrofacies were separated from each other. Based on the different characteristics of the microfacies packages, they are located in five sedimentary sub-environments, from the deep sea to the shallow coast:

1- Deep sea sub-environment in basin to outer ramp (DSB-O.)

1-1) Deep sea basin and the outer part of the ramp platform and under the storm waves base (SWB.)

1-2) Deep shelf marine to shelf margin (toe-of-slope) on the outer ramp and below the storm waves base (SWB.)

2- Semi-deep sea sub-environment in middle ramp (SDSM.)

2-1) Distal Middle Ramp

2-2) Proximal Middle Ramp

3- Open-Restricted marine sub-environment in Inner ramp (O-RMI.)

4- Sand shoal/Bioclasts shoal sub-environment in Inner Ramp (SI.)

5- Lagoon-Peritidal zone sub-environment in Inner Ramp (L-PI.)

Therefore, it is possible to suggest the paleo-sedimentary environment and the hypothesized sedimentation model of the Shishtu 1 sub-formation in the northeast of Abadeh as a carbonate platform of the low-slope ramp or homoclinal ramp type.



ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های دونین در شمال فارس

رضا صادقی^{۱*} و مریم منانی^۲

۱ و ۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	سنگ‌های رسوبی بُرش مورد پژوهش، در زیرپهنه شمالی استان فارس و درون پهنه رسوبی- ساختاری ایران مرکزی رُخمون یافته‌اند. این توالی رسوبی کربناته-آواری به پهنای ۲۲۲ متر، بیشتر دربرگیرنده واحدهای سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ و شیل با چینه‌بندی‌های نازک، میانه و سَـتَـبَر می‌باشد و بر پایه بررسی‌های سنگ‌شناختی و سن زمین‌شناسی، می‌تواند برابر با زیر سازند شیش‌تو ۱ دانسته شود. در این زیرپهنه از فارس، سنگ‌چینه‌های سری دونین پسین گسترش زیادی دارند و با واحدهای سنگ‌آهکی سری کربونیفر پیشین (برابر زیرسازند شیش‌تو ۲) پوشیده شده‌اند. از دید سنگ‌چینه‌نگاری و بر مبنای پژوهش‌های صحرایی، نهشته‌های دونین بالایی در این بُرش، در چارچوب ده واحد سنگ‌چینه‌ای (لیتوفاسیس) گروه‌بندی گردیده‌اند. با بررسی، شناسایی و دسته‌بندی ریزرخساره‌ها نیز، شمار شش ریزرخساره و یک سنگ‌رخساره جداسازی شدند که از دریا به ساحل در پنج زیرمحیط رسوبی: دریای ژرف در پهنه حوضه تا رمپ بیرونی، دریای نیمه ژرف در رمپ میانی، دریای باز تا بسته در رمپ درونی، پشته‌های ماسه‌ای کربناته/ تپه‌های زیست‌آواری در رمپ درونی و زیرمحیط کولابی تا پیراکشندی در رمپ درونی قابل جایگذاری می‌باشند. همچنین با دستیابی به این داده‌ها و هم‌سنجی آن‌ها با آگوه‌های استاندارد می‌توان پیشنهاد نمود که توالی یاد شده، روی یک سکوی بیشتر کربناته از گونه رمپ کم شیب یا هم‌شیب رسوب‌گذاری نموده است.
تاریخچه مقاله:	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۱۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۲	
کلیدواژه‌ها:	
ریزرخساره	
محیط رسوبی	
دونین بالایی	
فارس	
ایران مرکزی	

DOI: 10.22084/psj.2025.31682.1481

* نویسنده مسئول: رضا صادقی، E-mail: r.sadeghi@pnu.ac.ir

استناد: رضا صادقی و مریم منانی (۱۴۰۵). ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های دونین در شمال فارس، رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱۴، شماره ۲۷، صفحه ۲۷ تا ۵۴.

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را براساس لایسنس کپی‌رایت (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.

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

پیشگفتار

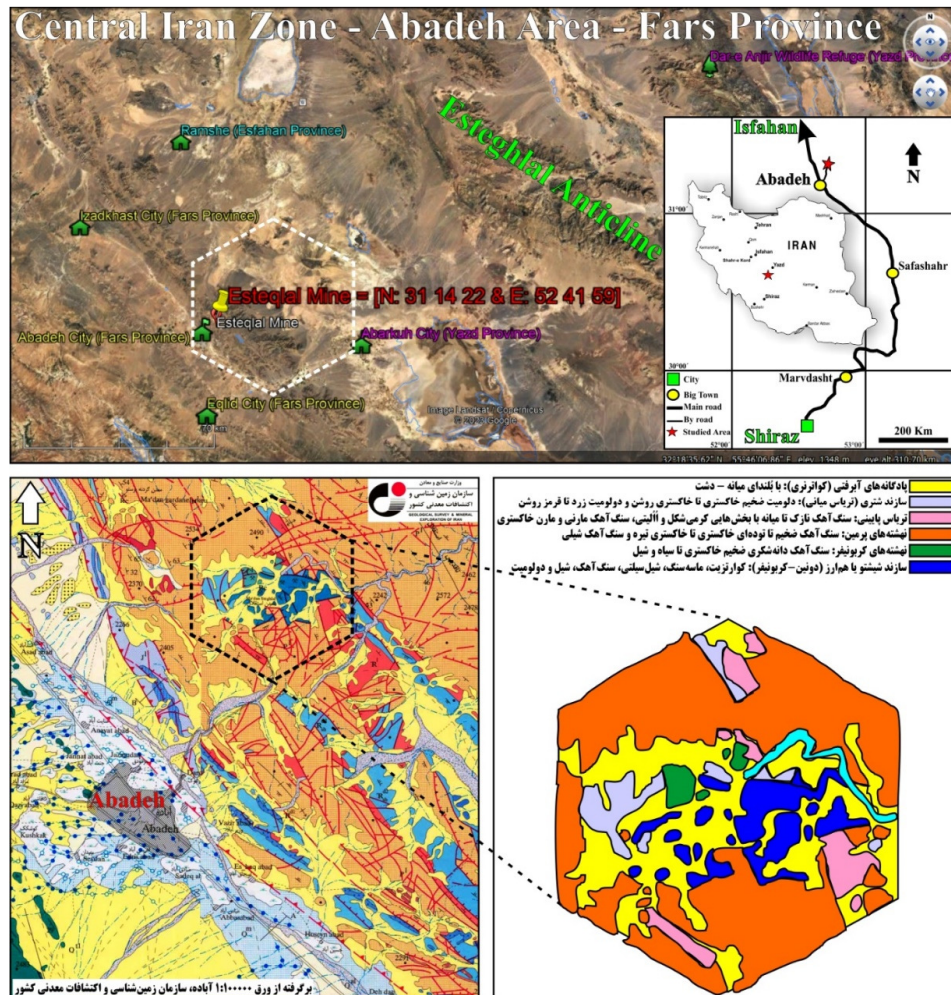
اگرچه سنگ‌های رسوبی زمان دونین، بُرونزدهایی گسترده در پهنه ایران زمین دارند، ولی پژوهش‌های چینه و فسیل‌شناختی و محیط رسوبی آن‌ها کم و شاید نخستین گزارش‌ها درباره دوره‌های دونین و کربونیفر ایران وابسته به ویکوزنال (۱۸۵۰) و لوفتوز (۱۸۵۵) باشد. ته‌نشست‌های دونین پسین ایران میانی نیز گسترش زیادی دارند که می‌توان به کرمان، طیس، اصفهان، اُزبکوه، کاشان، چاهریسه و آنارک اشاره نمود (اقبالی و همکاران، ۱۳۹۹). البته توالی رسوبی پالئوزویک-پسین-موزوویک پیشین خاورمیانه دربرگیرنده دو چرخه رسوبی بزرگ است. چرخه کاسکاسکیا^۱ دربردارنده نهشته‌های پایان دونین پیشین-کربونیفر پیشین و چرخه آسارکا^۲ از پایان کربونیفر پیشین-ژوراسیک را پوشش می‌دهد. در ایران، چرخه یک دربرگیرنده سازندهای پادها، جیرو، سیبزار، بهرام و شیشتو است (آل-شَرهان و نارین، ۲۰۰۳؛ وندت و همکاران، ۲۰۰۲؛ زندمقدم و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین هوز (۲۰۰۲) و مُسینی و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که در دونین بالایی، پیشامدهای نابودکننده بزرگی^۳ روی داده‌اند که آخر آشکوب فرازین با نام رُخداد کِلَواسِر^۴ و در پایان آشکوب فامنین با رویداد هانگنبرگ^۵ شناخته می‌شوند (اقبالی و همکاران، ۱۳۹۹). کُنیگشِف و همکاران (۲۰۲۱) نیز، اشاره کردند برخلاف بیشتر بُرش‌های مرز دونین-کربونیفر سراسر جهان که از محیط پلاژیک/نیمه‌پلاژیک هستند، این توالی‌ها در ایران بیشتر از محیط کم‌ژرفا گزارش شدند. سازند رسمی شیشتو^۶ (دونین پسین-کربنیفر پیشین)، سومین سازند از گروه چینه‌شناسی اُزبک کوه پهنه ایران میانی است که همشیب (همساز) روی سازند بهرام و زیر سازند سَرَدَر جای گرفته و یک واحد سنگ‌چینه‌ای دو زمانه به شمار می‌آید و از این‌رو، به دو زیر سازند شیشتو ۱ در پایین و شیشتو ۲ در بالا بخش می‌گردد و مرزشان با شیل‌های زغالی سیاه به نام اُفق موش آشکار می‌شود. زیرسازند شیشتو ۱ (دونین پسین؛ فرازین-فامنین) با تناوب شیل، مارن، آهک، کوارتزآرنایت و در بالا دارای لایه راهنمای ۲۸ متری از سنگ‌آهک سُرُخ و شیل

با سرپایان سالم (لایه گونیاتیتی) است. زیرسازند شیشتو ۲ (کربنیفر پیشین؛ تورنِزین-ویزین) نیز، دارای تناوبی از آهک خاکستری تیره و شیل است (روتتر و همکاران، ۱۹۶۸؛ اِشتَکَلین و همکاران، ۱۹۶۵؛ آقانباتی، ۱۳۹۳). از دید گیتایی، پهنه و بُرش انتخابی در ۱۰ کیلومتری شمال خاوری آبداه فارس، ۲۸۵ کیلومتری شیراز، ۲۲۰ کیلومتری جنوب‌خاوری اصفهان و درون پهنه چینه-ساختاری ایران میانی و دارای گستره گیتایی: "۳۱°۱۴'۲۲" پهنای شمالی و "۵۲°۴۱'۵۹" درازای خاوری می‌باشد (شکل ۱). اینجا واحدهای رسوبی آهکی کربنیفر با پهنای کمابیش ۳۰۰ متر، هم‌شیب روی ردیف‌های رسوبی دونین هستند و با واحدهای آهکی-دُلومیتی پرمین پوشانیده می‌شوند. همچنین سنگ‌های آذرین درونی بازیک (دایک‌های دیاباز/دُلریت/ریزگابرو) و میانه-اسیدی (دیوریتی و گرانودیوریتی) با سن کمابیش پرمین-تریاس آغازی، میان واحدهای رسوبی دونین رخنه و آن‌ها را سیلیسی و آلیتی نموده‌اند (اعتمادی و آل‌سعدی، ۱۳۷۸). واسِلِیف و همکاران (۱۳۶۱)؛ سنگواره‌های گیاهی آبداه، بخشایی (۱۳۶۲) و تمدن (۱۳۶۹)؛ کار اکتشافی بلوک‌های ۱ و ۲ معدن خاک‌نسوز استقلال آبداه، یزدی و همکاران (۲۰۰۰)؛ کُنودُنْت‌های فامنین این معدن و باجومی و قرائی (۲۰۰۸)؛ خاستگاه ایلیت در دونین پسین همین معدن را بررسی نمودند. محمودی و همکاران (۱۳۸۸)؛ آئیدهای آهن‌دار شیشتو و کارکرد میکربی در پیدایش آن‌ها، منظری و همکاران (۱۳۹۲)؛ محیط رسوبی سازند بهرام و شیشتو ۱ راوَر کرمان و منانی و یزدی (۱۳۹۳)؛ نخستین گزارش رُخداد آنولاتا^۷ در دونین پسین این معدن را ارایه کردند. هاشمی و همکاران (۱۳۹۶)؛ پالینوستراتیگرافی و دیرین بوم‌شناسی شیشتو کرمان و اقبال و همکاران (۱۳۹۹)؛ زیست‌چینه‌نگاری کُنودُنْت‌های شیشتو ۱ طیس را ارزیابی کردند. کریمیان‌طرقیه و همکاران (۲۰۲۲)؛ سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی ماسه‌سنگ‌های دونین پسین شیشتو طیس، ستاری و همکاران (۲۰۲۳)؛ چینه‌نگاری سکانسی سازند بهرام و شیشتو آنارک اصفهان و کیانپور و همکاران (۲۰۲۵)؛ خاستگاه، اقلیم و زمین‌ساخت شیشتو ۱ در خاور

^۶ Shishtu Formation=D_{sh}^۷ Anulata^۱ Kaskaskia^۲ Absaroka^۳ Mass extinction events^۴ Kellwasser^۵ Hangenberg

ریزرخساره‌ای^۸ گروه‌بندی شوند و زیرمحیط‌های^۹ رسوبی از یکدیگر جداسازی و محیط‌رسوبی دیرینه و آلودگی رسوب‌گذاری پیشنهادی برای نهشته‌های دونین پسین شمال‌خاوری آبادیه توصیف، تفسیر و ترسیم گردد.

ایران میانی را مدنظر قرار دادند. در پژوهش پیشرو کوشش بر آنست که با شناسایی دانه‌های برجا/آلوتوم و نابرجا/آلوتوم و بافت‌ها، نام‌گذاری سنگ‌های کربناته انجام پذیرد، سپس ریزرخساره‌ها شناسایی، نام‌گذاری و در چارچوب بسته‌های



شکل ۱. گستره گیتایی و راه‌های دسترسی به بُرش چینه‌شناسی نهشته‌های سری دونین پسین در شمال‌خاوری آبادیه استان فارس.
Fig. 1. Geographic coordinates and access roads to the stratigraphic section of the Late Devonian series deposits in northeastern Abadeh, Fars Province.

چینه‌بندی، سِتِبرا (ضخامت)، رنگ، گسترش کناری (جانبی)، ساخت‌های رسوبی و نمونه‌برداری سامان‌یافته نیز به‌گونه ۲متر-۲متر و با دگرش در رخساره‌ها، ۱متر-۱متر انجام شد. در این بُرش ۶۹ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و به وسیله میکروسکوپ پلاریزان بررسی شد. برای نام‌گذاری سنگ‌های آواری، از روش فولک (۱۹۸۰) و پتی‌جان و همکاران (۱۹۸۷) و برای نام‌گذاری سنگ‌های کربناته، روش دانهام (۱۹۶۲) و رایت (۱۹۹۲) بکار گرفته

روش پژوهش

در آغاز با بهره‌گیری از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آبادیه برگرفته از سازمان زمین‌شناسی (مهدوی، ۱۳۷۵) و نگاره‌های ماهواره‌ای، نهشته‌های دونین پسین شمال‌خاوری آبادیه، مورد بررسی قرار گرفت. این نهشته‌ها با ۲۲۲متر سِتِبرا، بیشتر دربرگیرنده سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه سنگ و شیل است (جدول ۱). بررسی‌های صحرایی با برداشت ویژگی‌هایی همچون: امتداد و شیب واحدها، سنگ‌شناسی،

^۹ Sub-environments

^۸ Packages or classes of microfacies

و همچنین کمربندها یا پهنه‌های رخساره‌ای^۲ و ریزرخساره‌های استاندارد سکوهای لبه‌دار/حاشیه‌دار^۳، انجام انجام پذیرفته است (جدول ۲).

شد. رده‌بندی ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌ها نیز، بر پایه هم‌سنجی با آلگوهای ارایه شده ویلسن (۱۹۷۵)، برچفت و راییت (۱۹۹۲)، ماچل و هانتِر (۱۹۹۴) و فلوگل (۲۰۱۰) درباره ریزرخساره‌های سکوهای رمپی هم‌شیب/جورشیب^۱

جدول ۱. ویژگی‌های سنگ‌چینه‌ای ۱۰ واحدسنگی نهشته‌های دونین پسین (زیرسازند شیشتو) در بُرش چینه‌شناسی شمال خاوری آبادیه.
Table 1. Lithostratigraphic characteristics of 10 lithological units of the Late Devonian deposits (Shishtu 1 Sub-formation) in the northeastern Abadeh stratigraphic section.

سازند	واحد سنگی	پهنای (متر)	شماره نمونه‌ها	سنگ‌شناسی / سنگ‌رخساره	چینه‌بندی	رنگ هوازده	سنگواره‌ها، ریززیت‌آورها و ساختارهای رسوبی
برایان (زیرسازند شیشتو)	Sh. X	۵۰	A63-A69	ماسه‌سنگ	سبتر	ارغوانی + قهوه‌ای سوخته	*چینه‌بندی آریب چنای/آستخوان شاه‌ماهی/آدرهم
	Sh. IX	۵/۲	A62	لای سنگ (سیلت‌سنگ)	بسیار نازک	سبز	-
	Sh. VIII	۱۴/۵	A59-A61	ماسه‌سنگ	سبتر	قهوه‌ای تا قهوه‌ای سوخته	-
	Sh. VII	۲۰	A51-A58	سنگ‌آهک ماسه‌ای	سبتر	قهوه‌ای تیره	لاله‌وشان
	Sh. VI	۵۷	A36-A50	سنگ‌آهک ماسه‌ای	میانه - سبتر	نارنجی + قهوه‌ای	بازوپایان + لاله‌وشان
	Sh. V	۲/۷	A34-A35	سنگ‌آهک شیلی	نازک - میانه	زرد + نارنجی + قهوه‌ای + خاکستری	تریلوبیت‌ها + بازوپایان + لاله‌وشان
	Sh. IV	۱۱	A24-A33	سیل دلتیتی (دیاباز / ریزگابرو)	-	خاکستری + قهوه‌ای سوخته	-
	Sh. III	۵۳/۶	A6-A23	سنگ‌آهک ماسه‌ای	میانه - سبتر	زرد + نارنجی + قهوه‌ای + خاکستری	دوکفه‌ای‌ها + بازوپایان + لاله‌وشان
	Sh. II	۲	A4-A5	سنگ‌آهک ماسه‌ای	میانه - سبتر	زرد + نارنجی + قهوه‌ای + خاکستری	سریپایان + دوکفه‌ای‌ها + بازوپایان + لاله‌وشان
	Sh. I	۶	A1-A3	سنگ‌آهک ماسه‌ای	نازک - میانه	زرد + نارنجی + قهوه‌ای + خاکستری	لاله‌وشان + بازوپایان + تریلوبیت‌ها + بریوزوئرها

راه‌ماهی، Sh. Shishtu Formation (سازند شیشتو)، A: Abadeh (آبادیه) * چینه‌بندی آریب/مُورب چنای (Chevron Cross Stratification or Herringbone Cross Stratification)

چینه‌نگاری سنگی

واحد سنگی Sh.V: ۲/۷ متر سنگ‌آهک‌های شیلی با چینه‌بندی‌های نازک تا میانه، به‌رنگ زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری و دارای سنگواره تریلوبیت‌ها و خرده‌صدف‌های بازوپایان و لاله‌وشان، (۶) واحد سنگی Sh.VI: ۵۷ متر سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای با چینه‌بندی‌های میانه تا سبتر، به‌رنگ‌های نارنجی و قهوه‌ای و دارای سنگواره‌های فراوانی از بازوپایان و لاله‌وشان، (۷) واحد سنگی Sh.VII: ۲۰ متر سنگ‌آهک ماسه‌ای با چینه‌بندی سبتر، به‌رنگ قهوه‌ای تیره و دارای لاله‌وشان، (۸) واحد سنگی Sh.VIII: ۱۴/۵ متر ماسه‌سنگ با چینه‌بندی سبتر، به‌رنگ قهوه‌ای تا قهوه‌ای سوخته، (۹) واحد سنگی Sh.IX: ۵/۲ متر لای سنگ (سیلت سنگ) با چینه‌بندی بسیار نازک، به‌رنگ سبز و (۱۰) واحد سنگی Sh.X: ۵۰ متر ماسه‌سنگ با چینه‌بندی سبتر، به‌رنگ ارغوانی تا قهوه‌ای سوخته و دارای چینه‌بندی آریب/مُورب چنای^۷ (چینه‌بندی درهم/آستخوان شاه‌ماهی). ماهی).

ریزرخساره‌ها، زیرمحیط‌ها و محیط‌رسوبی

با بررسی صحرایی توالی چینه‌شناسی ۲۲۲ متری دونین پسین در شمال خاوری آبادیه و ارزیابی ۶۹ مقطع نازک میکروسکوپی از دید گونه، اندازه و شمار آلوکم‌ها

توالی چینه‌شناسی دونین بالایی شمال خاوری آبادیه با ۲۲۲ متر پهنای، بر مبنای بررسی‌های صحرایی (سنگ‌شناسی، چینه‌بندی، رنگ، سنگواره‌ها و ساختارهای رسوبی)، به ترتیب از پایین به بالا (قدیم به جدید) به ۱۰ واحد سنگ‌چینه‌ای (سنگ‌رخساره)^۴ با شماره‌گذاری به شیوه Sh.I تا Sh.X^۵ بخش پذیر می‌باشد (جدول ۱ و شکل‌های ۲ تا ۴): (۱) واحد سنگی Sh.I: ۶ متر سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای با چینه‌بندی‌های نازک تا میانه، به‌رنگ زرد، نارنجی، قهوه‌ای و میان‌لایه‌های خاکستری و دارای خرده‌صدف‌های لاله‌وشان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها و بریوزوئرها، (۲) واحد سنگی Sh.II: ۲۰ متر سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای با چینه‌بندی‌های میانه تا سبتر، به‌رنگ زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری و دارای سنگواره سریپایان (گونیاتیت‌ها) و خرده‌صدف‌های دوکفه‌ای‌ها، بازوپایان و لاله‌وشان، (۳) واحد سنگی Sh.III: ۵۳/۶ متر سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای با چینه‌بندی‌های میانه تا سبتر، به‌رنگ زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری و دارای خرده‌صدف‌های دوکفه‌ای‌ها، بازوپایان و لاله‌وشان، (۴) واحد سنگی Sh.IV: ۱۱ متر سیل نفوذی بازیک از دلتیت (دیاباز/ریزگابرو)^۶ به‌رنگ خاکستری تا قهوه‌ای سوخته، (۵)

^۵ Sh. = Shishtu Formation

^۶ Intrusive mafic sill of dolerite / diabase / microgabro

^۷ Chevron cross stratification

^۱ Ramp microfacies (RMFs.) of homoclinal ramp platforms

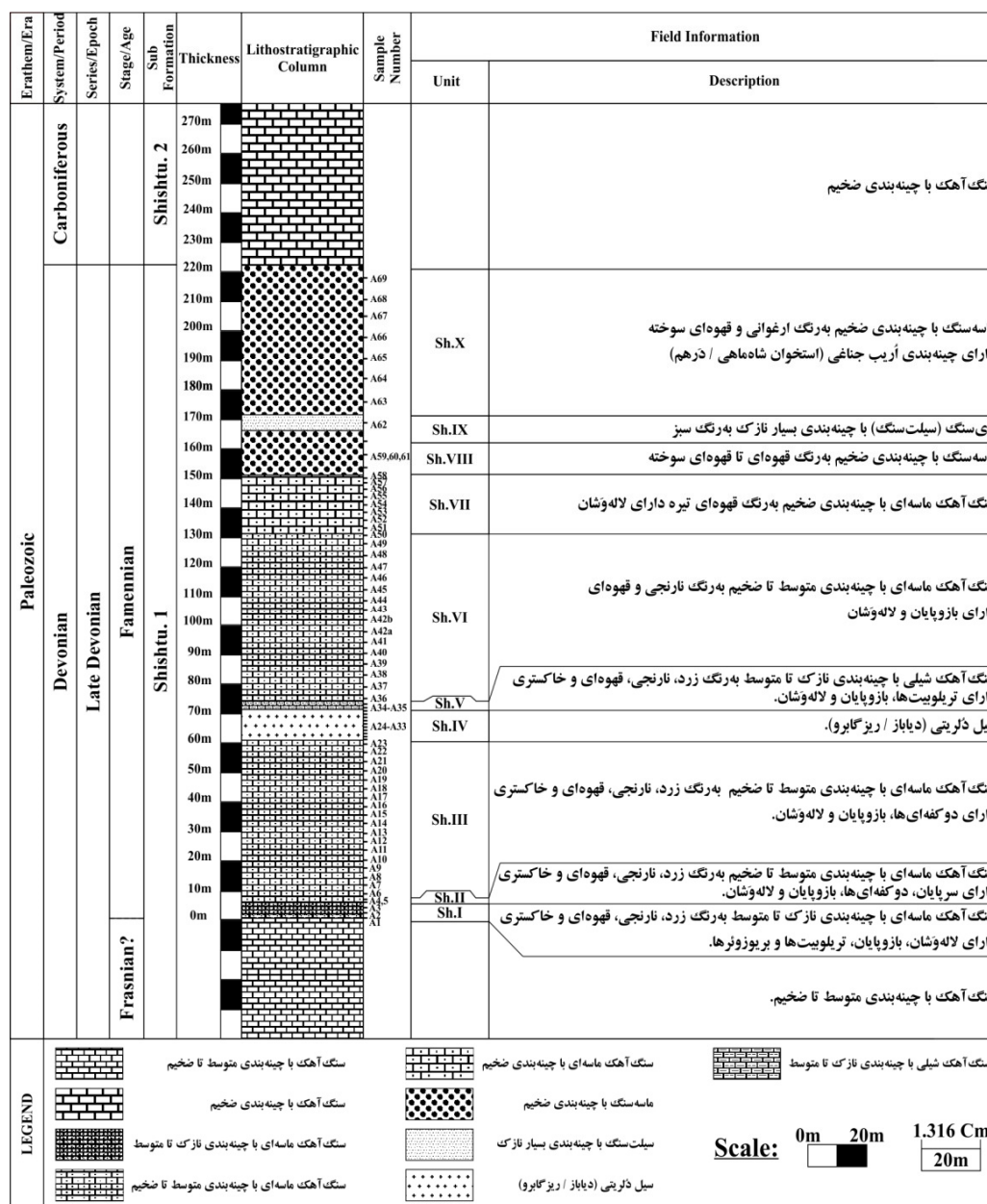
^۲ Facies belts / Facies zones (FB. / FZ.)

^۳ Standard microfacies (SMFs.) of rimmed platforms / rimmed shelves

^۴ Lithofacies / Rock unit

یکدیگر جداسازی گردیدند. این بسته‌های رخساره‌ای با نگر به ویژگی‌های گوناگون خود، به ترتیب از دریا به ساحل در پنج زیرمحیط رسوبی: (۱) دریای ژرف حوضه‌ای- رمپ بیرونی (DSB-O)، (۲) دریای نیمه‌ژرف رمپ میانی (SDSM)، (۳) دریای باز- بسته رمپ درونی (O-RMI)، (۴) پشته‌های زیست‌آوری رمپ درونی (SI.) و (۵) کولابی- پیراکشندی رمپ درونی (L-PI.) جای گرفتند (جدول ۲، شکل‌های ۵ تا ۷، ۹ تا ۱۱).

(اسکلتی/غیراسکلتی) و آرتوکم‌ها (گل/سیمان/کوارتز)، ۶۹ رخساره شناسایی و نام‌گذاری شدند (جدول ۲). دانه‌های اسکلتی؛ خارداران، لاله‌وشان، بازوپایان، بریوزوئرها، تریلوبیت‌ها، گرایتولیت، تتناکولیت، اسفنج، کلسی‌اسفر، دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، سرپایان، کُودونت‌ها، غیراسکلتی؛ پلوییده‌ها، آئیده‌ها، کُرتوبیده‌ها و کانیاپی؛ کوارتز هستند. با گروه‌بندی ریزرخساره‌های همانند نیز، شش ریزرخساره (میکروفاسیس) و یک سنگ‌رخساره (پتروفاسیس) از



شکل ۲. ستون سنگ‌چینه‌نگاری نهشته‌های دونین پسین در شمال خاوری آباد.

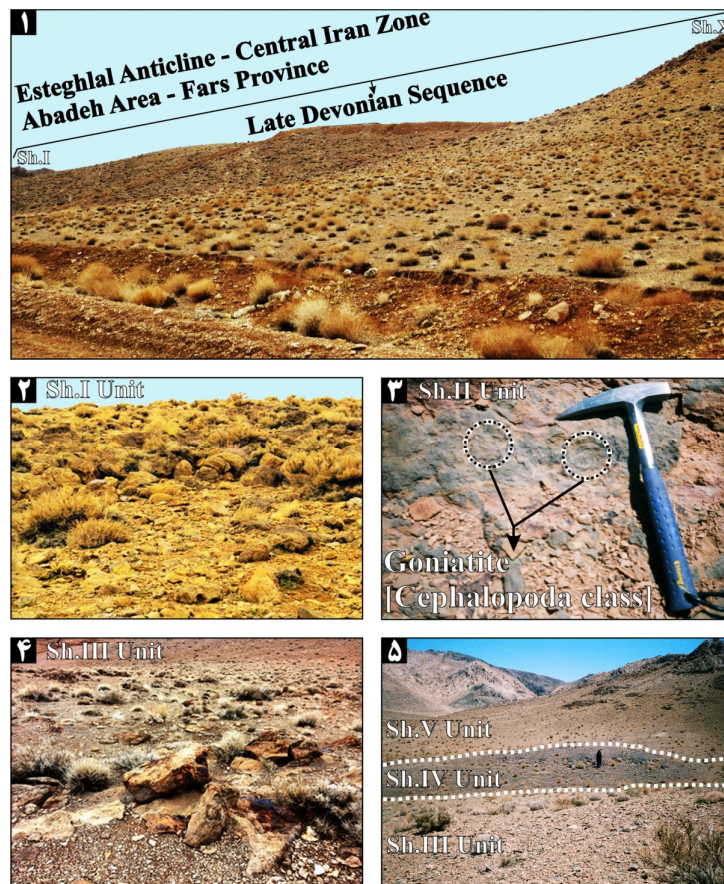
Fig. 2. Stratigraphic column of Late Devonian deposits in northeastern Abadeh.

می‌گیرد (جدول ۱: Sh.V&VI). آلوکم‌های اصلی دربرگیرنده: اجزا اسکلتی از شاخه بی‌مهرگان دریایی مانند خارپوستان (رده لاله‌وُشان) و همچنین از شاخه نیمه‌مازه-داران (گراپتولیت‌ها) در زمینه‌ای گل‌پُشتیان^۳ با دانه‌های پراکنده کوارتز (>۵٪) هستند که چنین رخساره‌ای برپایه نام‌گذاری دانهام (۱۹۶۲)، مادستون نامیده می‌شود (جدول ۲، شکل ۵ (۱ و ۲)).

۱- زیرمحیط دریای ژرف در پهنه حوضه تا رمپ بیرونی (DSB-O.)^۱

۱-۱ (DSB.): ریزرخساره مادستون خارپوستان و گراپتولیت‌ها^۲؛

توصیف: این گروه رخساره‌ای (A34 و A42) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای سنگ‌آهک شیلی و ماسه‌ای با چینه بندی نازک، میانه، سَئبر و دارای سنگواره‌هایی از تریلوبیت‌ها، بازوپایان و لاله‌وُشان جای



شکل ۳. واحدهای سنگ‌چینه‌ای جدا شده در بُرش چینه‌شناسی شمال خاوری آباد: (۱) دورنمای بُرونزد سنگ‌های رسوبی دونین بالایی؛ (۲) واحد سنگی Sh.I: شش متر سنگ‌آهک ماسه‌ای نازک-میانه زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری دارای لاله‌وُشان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها و بریوزوئرها؛ (۳) واحد سنگی Sh.II: دو متر سنگ‌آهک ماسه‌ای میانه-سَئبر زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری دارای گونیاتیت، دوکفه‌ای‌ها، بازوپایان و لاله‌وُشان؛ (۴) واحد سنگی Sh.III: پنجاه و سه و شش دهم متر سنگ‌آهک ماسه‌ای میانه-سَئبر زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری دارای دوکفه‌ای‌ها، بازوپایان و لاله‌وُشان؛ (۵) واحد سنگی Sh.IV: یازده متر سیل نفوذی دگریتی-دیابازی خاکستری تا قهوه‌ای سوخته.

Fig. 3. Separated lithostratigraphic units in the northeastern Abadeh stratigraphic section: 1) A view from the outcrop of Late Devonian sedimentary rocks; 2) lithological unit "Sh.I": six meters of thin to medium stratification sandy limestone in yellow, orange, brown, and gray colors containing crinoids, brachiopods, trilobites, and bryozoans; 3) lithological unit "Sh.II": Two meters of medium-thick stratification sandy limestone in yellow, orange, brown, gray colors containing goniatite, bivalves, brachiopods, and crinoids; 4) Lithological unit "Sh.III": Fifty-three and six tenths meters of medium-thick stratification sandy limestone in yellow, orange, brown, gray colors containing bivalves, brachiopods, and crinoids; 5) Lithological unit "Sh.IV": Eleven meters of dolerite-diorite intrusive sill in gray to burnt brown color.

^۳ Mud-Supported

^۱ Deep sea basin – Outer ramp sub-environment (DSB-O.)

^۲ Microfacies 1-1 (DSB.): Graptolites Echinoderms Mudstone

Table 2. Classification of microfacies and petrofacies of the Shishtu 1 sub-formation in the stratigraphic section of NE. Abadeh.

شماره نمونه‌ها / مقاطع میکروسکپی

دسته‌بندی یک (۳۱) (نیز رخساره)

دسته‌بندی دو (۶) (بسته‌ای و نیز رخساره‌ای)

دسته‌بندی ریز رخساره‌ها (میکرو فاسیس) و سنگ رخساره‌های (نیز فاسیس) زیر سازند شیشوتو در بخش چینه‌شناسی آباده استان فارس

1A34

Graptolites Mudstone

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Graptolites Echinoderms Mudstone

مادوسون رخساره‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.2
R.5=S.3
Z/B.1

۱-۱
DSB.

2A42

Mudstone / Echinoderms Mudstone

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Pelooid Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

3A49

Trilobites Echinoderms Packstone-Grainstone

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Trilobites Echinoderms Packstone-Grainstone

تریلوبیت/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

4A11

Echinoderms Peloids Packstone

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Brachiopods Echinoderms Peloids Wackestone-Packstone

برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

5A11

(Sponge Spicules+Calspheres)

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

6A12

(Sponge Spicules+Calspheres)

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

7A13

(Sponge Spicules+Calspheres)

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

8A36

(Sponge Spicules+Calspheres)

DSB-O = (Outer Ramp)

در ریمب بیرونی (Deep Sea Sub-environment = DS)

زیر محیط دریای ژرف

Tentaculitids Brachiopods Echinoderms Wackestone-Packstone

تنتاکولیت/سنگریزه حوضه‌ای

دریای ژرف حوضه‌ای تا بیرون سکو، ریمب ژرف پایه امواج (SWB)

R.1=S.1
R.3=S.8
R.4=S.2
R.5=S.3
Z/B.2&3

۲-۱
DSO.

9A3

Echinoderms Packstone-Grainstone (Rudstone)

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Echinoderms Packstone-Grainstone (Rudstone)

سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

10A6

(Geopetal Filling-Umbrella Effects-Calcispher)

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

11A35

(Calcispheres)

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

12A37

A45+A46^{Calc}+A47+A49^{Calc}

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

13A38

A39+A40+A41

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

14A43

A44

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

15A48

Echinoderms Wackestone

SDSM = (Middle Ramp)

در ریمب میانی (Semi-Deep Sea Sub-environment = SDS)

زیر محیط دریای نیمه‌ژرف

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای نیمه‌ژرف در بخش میانی ریمب میانی و بین پایه امواج (SWB) (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۱-۲
SDSM.1

16A1

Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Pack-Grainstone (Rudstone)

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز بریوزوئر/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

17A2

Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز بریوزوئر/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

18A51

A53

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز بریوزوئر/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

19A7

Quartziferous Bryozoers Echinoderms Packstone (Rudstone)

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Bryozoers Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز بریوزوئر/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

20A15

Quartziferous Bryozoers Echinoderms Packstone (Rudstone)

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Bryozoers Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز بریوزوئر/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

21A50

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone-Grainstone

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone-Grainstone

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

22A52

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SDSM.2 = (Inner Ramp)

در ریمب داخلی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب داخلی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7
R.9-S.5
Z/B.4

۲-۲
SDSM.2

23A16

A17

O-RMI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Quartziferous Peloid Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7-S.10
R.14
S.16
Z/B.7&8

۱-۳
O-RMI.

24A18

A19

O-RMI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Pelooid Brachiopods Echinoderms Packstone

پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7-S.10
R.14
S.16
Z/B.7&8

۱-۳
O-RMI.

25A20

A22

O-RMI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Pelooid Brachiopods Echinoderms Packstone

پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7-S.10
R.14
S.16
Z/B.7&8

۱-۳
O-RMI.

26A21

A23

O-RMI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Open-Restricted Marine Sub-environment = O-R)

زیر محیط دریای باز تا بسته

Pelooid Brachiopods Echinoderms Packstone

پلوئید برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای باز تا بسته در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

R.7-S.10
R.14
S.16
Z/B.7&8

۱-۳
O-RMI.

27A8

Brachiopods Echinoderms Packstone-Grainstone

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

28A54

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

29A58

Quartziferous Ooids Echinoderms Packstone

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Ooids Echinoderms Packstone

کوارتزفروز اوئید/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

30A55

Quartziferous Ooids Echinoderms Grainstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Ooids Echinoderms Grainstone (Rudstone)

کوارتزفروز اوئید/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

31A56

Echinoderms Grainstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Echinoderms Grainstone (Rudstone)

سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

32A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

33A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

34A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

35A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

36A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

37A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

38A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

39A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

40A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

41A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

42A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

43A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

44A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

45A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

46A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

47A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

48A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

49A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

50A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

51A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

52A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

53A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

54A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

55A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

56A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

57A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

58A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

59A57

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

کوارتزفروز برکیوپود/سنگریزه حوضه‌ای

دریای شالی در بخش میانی ریمب درونی و بالای پایه امواج (NNR/FWB)

S.11
R.27-S.12
R.29-S.15
R.30
Z/B.6

۱-۴
SL

60A57

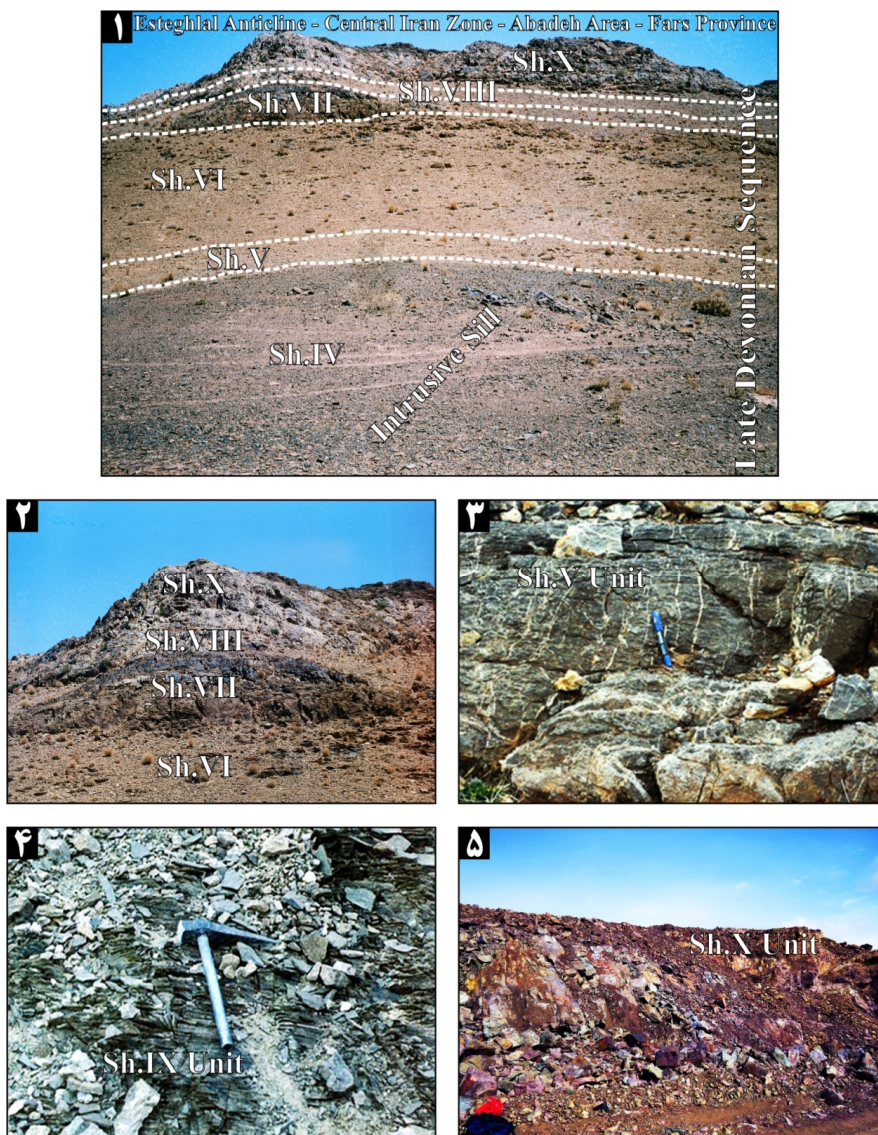
Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

SI = (Inner Ramp)

در ریمب درونی (Carbonate Sand Shoal / Bioclastic Shoal Sub-environment = S)

زیر محیط دریای شالی

Quartziferous Brachiopods Echinoderms Packstone



شکل ۴. واحدهای سنگ‌چینه‌ای جدا شده در بُرش چینه‌شناسی شمال خاوری آباد: ۱) نمایی از رُخمون واحدهای سنگی Sh.IV تا Sh.X؛ ۲) نمایی از رُخمون واحدهای سنگی Sh.VI تا Sh.X؛ ۳) واحد سنگی Sh.V: دو و هفت دهم متر سنگ آهک ماسه‌ای نازک - میانه زرد، نارنجی، قهوه‌ای، خاکستری دارای تریلوبیت، بازوپایان و لاله‌وشان؛ ۴) واحد سنگی Sh.IX: پنج و دو دهم متر لای سنگ (سیلت‌سنگ) سبزرنگ؛ ۵) واحد سنگی Sh.X: پنجاه متر ماسه‌سنگ کوارتز آرنایتی سِتبر ارغوانی تا قهوه‌ای سوخته.

Fig. 4. Separated lithostratigraphic units in the northeastern Abadeh stratigraphic section: 1) View of the outcrop of rock units Sh.IV to Sh.X; 2) View of the outcrop of rock units Sh.VI to Sh.X; 3) rock unit "Sh.V": Two and seven tenths of a meter of thin-medium stratification sandy limestone in yellow, orange, brown, gray containing trilobites, brachiopods, and crinoids; 4) rock unit "Sh.IX": Five and two tenths meters of green siltstone; 5) rock unit "Sh.X": Fifty meters of thick stratification quartzarnite sandstone in purple to burnt brown color.

آن‌ها را در کنار دیگر سنگواره‌های درشت و ریز شناور/پلانکتُن (دوکفه‌ای *Halobia* sp.، لاله‌وشان، روزنبران، رادیولاریا، کالپنلیدها، آلیگستِژینا و ...)، درون پهنه دریای ژرف یا حوضه آبی ژرف کراتونیک^۴ و همچنین پهنه لبه سکویی ژرف یا پیشانی شیب قاره‌ای^۵ جایگذاری نمودند.

تفسیر زیرمحیط رسوبی: گراپتولیت‌ها از سنگواره‌های درشت بازه زمانی کامبرین بالایی - کربنیفر پایینی به‌شمار می‌آیند (جعفریان و همکاران، ۱۴۰۳) که در نهشته‌های کم‌ژرف تا ژرف دریایی (پلاژیک) نمود داشته‌اند، به‌گونه‌ای که ویلسن (۱۹۷۵) و فلوگل (۲۰۱۰) با انتخاب SMF.3،

^۵ Toe-of-slope apron (deep shelf margin / basin margin)

^۴ Deep sea or cratonic deep water basin

گردشده و کروییت پایین است و بافت ریزرخساره‌های وابسته به این دسته بر پایه نام‌گذاری دانه‌ام (۱۹۶۲)، وکستون یا پکستون می‌باشند (جدول ۲، شکل ۵ (۳ تا ۶)).

تفسیر زیرمحیط رسوبی: در این تجمع رخساره‌ای، آلوکم‌هایی مانند: خارپوستان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها یا تینتاکولیت‌ها دیده می‌شوند که بیشترشان جزو زیست‌مندان باریک‌شورزی (حساس به شوری) هستند و زیرمحیط دریای باز را برای زندگی انتخاب می‌کنند (فلوگل، ۲۰۱۰ و گائو و همکاران، ۲۰۱۴). میزان فراوان لاله‌وشان در بین دیگر آلوکم‌ها نیز، نشانگر شوری عادی دریاست (داسیلوا و بولوین، ۲۰۰۶؛ کُرنت، ۱۹۷۵؛ ماچل و هانت، ۱۹۹۴). حضور خارپوستان، بازوپایان و تینتاکولیت‌ها در بافت دانه‌پشتیبان (پکستون) هم، گواهی بر کاهش انرژی آب و ورود به زیرمحیط دریای باز و ژرف‌ترین بخش میانی سکو است (پلچر، ۱۹۹۰؛ بوی، ۲۰۱۴). تینتاکولیت‌ها با صدف‌های کامل در اینجا، نمایانگر آنند که در محیط رسوبی جابجایی رخ نداده و همان جایی که می‌زیستند، به گونه درجا سنگواره شده‌اند و همچنین حاکی از افزایش بیشتر ژرفای آب به سوی بخش حوضه‌ای دریایی باز هم، هستند. البته تینتاکولیت‌ها، سهم زیادی در پیدایش کربنات‌های میکرایتی دریای باز و حوضه‌ای از آردوئین تا دونین پایانی داشته‌اند و به بودن بسیار فشرده آن‌ها همراه با دیگر صدف‌های نرم‌تنان شناور در بافت وکستونی به عنوان نماینده خوبی برای شناسایی ریزرخساره استاندارد سه-تینتاکولیت‌دار^{۱۰} درون بخش حوضه‌ای ژرف (FZ.I-B) و روی سکوه‌ای ژرف دریای باز (FZ.3A) دونین آغازی هم، اشاره گردیده است (فلوگل، ۲۰۱۰). همچنین ریزرخساره‌های تینتاکولیت‌دار با بافت پکستونی نیز، به ترتیب از سازند بهرام (دونین بالایی) در بُرش آنارک پهنه ایران مرکزی و سازند نیور (سیلورین پایینی) در بُرش کاشمر شمال بلوک طیس گزارش گردیده‌اند که هردو به زیرمحیط شیب دریای باز نسبت داده شده‌اند (خزائی و همکاران، ۱۳۹۵؛ ستاری و همکاران، ۲۰۲۳). مانیرات و همکاران (۲۰۲۲) هم، به رخساره‌ای با همیابی تینتاکولیت‌ها، گراپتولیت‌ها، بازوپایان، ناتیلوئیدها، تریلوبیت‌ها و آسترانگ‌ها در بخش باختری تایلند اشاره داشتند که جایگاه

بنابراین با نگر به میزان رسیدگی بافتی کم (گل‌پشتیبان)، فراوانی و گوناگونی بسیار پایین خرده‌های صدفی بی‌مهرگان دریایی و البته بودن سنگواره گراپتولیت‌ها، به گمان رسوب‌گذاری این ریزرخساره در شرایطی کمابیش آرام همراه با ته‌نشینی مواد به گونه معلق در کف حوضه ژرف دریایی دوره دونین پسین انجام پذیرفته و البته حضور شاخص لاله‌وشان هم، نمایانگر زیست‌رخساره آ (BF.a)^۶ و پهنه‌های رخساره‌ای جلوی ریفی دو تا سه (FR.II-FR.III)^۷ در آلگوی رخساره‌ای یکپارچه رمپی/ریفی کربنات‌های دونین^۸ می‌باشد که توسط ماچل و هانت (۱۹۹۴) بازنگری گردیده است. همچنین نبود ساختارهای رسوبی برآمده از کارکرد امواج توفانی و کاهش عناصر اسکلتی کف‌زی نیز، می‌تواند نشانگر زیرمحیطی کم اکسیژن، آرام (کیتزمن و همکاران، ۲۰۱۴؛ بایت‌گل و همکاران، ۲۰۱۴) و زیر پایه امواج توفانی (SWB) باشد. پس این رخساره می‌تواند با RMF. شماره‌های ۲ و ۵ در بخش‌های حوضه‌ای ژرف تا بیرونی سکوی کربناته رمپی (فلوگل، ۲۰۱۰) و همچنین با SMF. شماره ۳ در کمربند/پهنه ۱ (FB.1/ FZ.1) سکوی کربناته لبه‌دار (ویلسن، ۱۹۷۵) مقایسه گردد^۹ (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

۲-۱- (DSO): ریزرخساره وکستون/پکستون خارپوستان بازوپایان پلوییدها با سوزن اسفنج/تریلوبیت‌ها/تینتاکولیت‌ها:

توصیف: این گروه رخساره‌ای (A4، A5، A9 تا A14 و A36) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای سنگ‌آهک ماسه‌ای با چینه‌بندی میانه تا سَتر و دارای سنگواره‌هایی از سرپایان (گونیاتیت‌ها)، بازوپایان، لاله‌وشان و دوکفه‌ای‌ها جای می‌گیرد (جدول ۱: Sh.II, III & VI). آلوکم‌های اصلی دربرگیرنده: خارپوستان (خارداران و لاله‌وشان)، بازوپایان، پلوییدها و در رتبه‌های بعد سوزن‌های اسفنج (تک و سه محور) یا تریلوبیت‌ها یا تینتاکولیت‌ها (*Tentaculites* sp.) و کلسی‌اسفرها، آلوکم‌های فرعی: نرم‌تنان (دوکفه‌ای‌ها)، بریوزوئرها، سخت‌پوستان (آسترانگ‌ها)، روزن‌بران (*Earlandia* sp.) و درون‌آوارها (اینتراکلاست) و آرتوکم‌ها: گل میکرایتی و اندکی کوارتز می‌باشد. دانه‌ها دارای جورشدگی کم تا میانه، گردشدگی نیم‌گوشه‌دار تا نیم

^{۱۰} RMF: Ramp microfacies, SMF: Standard microfacies & FZ. /

FB: Facies zone / Facie belt

^{۱۱} SMF.3-TENT (tentaculitids)

^۶ BF.a: Biofacies a

^۷ FR.II-FR.III: Forereef II to III facies zones

^۸ Integrated reef/ramp model for Devonian carbonates; modified from Machel & Hunter, 1994

تا میانه، گردش‌دگی نیم‌گوشه‌دار تا نیم‌گردشده و کرویت پایین‌اند و بافت بیشتر ریزرخساره‌های وابسته به این دسته ریزرخساره برپایه روش دانهام (۱۹۶۲)، وکستون تا پکستون می‌باشد. همچنین گاهی ساخت‌هایی مانند سیمای چتری^{۱۴} و پُرشدگی/آنباشته‌های ژئوپتالی^{۱۵} در صدف شکم‌پایان هم دیده می‌شوند (جدول ۲، شکل‌های ۵ (۷)، ۶ (۱ تا ۴)).

تفسیر زیرمحیط رسوبی: در این گروه رخساره‌ای از آلومک‌های وابسته به دریای باز؛ بیشتر خارپوستان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها دیده می‌شوند. خارپوستان از بی‌مهرگان دریایی‌اند که در آب‌های با ژرفای کم تا زیاد و بر بستر دریا به شیوه کف‌زی می‌زیستند. نمونه‌های کف‌زی تریلوبیت‌ها نیز، در آب‌های کم‌بیش کم‌ژرف تا ژرف کف دریا راه می‌رفته و ریزه‌خواری می‌کرده‌اند و البته برخی هم در ستون آب شناور (پلانکتون) بوده‌اند (فلوگل، ۲۰۱۰). در محیط‌های رسوبی اسکلت‌های مفصل‌داری همچون بیشتر لاله‌وشان و تریلوبیت‌ها در برابر گسیختگی و تکه‌تکه شدن قرار می‌گیرند (برات و پیرد، ۱۹۸۶) و برمبنای آلگوی پیشنهادی درباره پهنه‌بندی رخساره‌های یکپارچه رمپی/ریفی کربنات‌های دونین نیز، همین لاله‌وشان به‌همراه بازوپایان و کلسی‌اسفرها در دامنه/پهلوی جلوی ریفی دریای دونین میانی و بالایی وجود داشته و بیشتر نشانگر زیست‌رخساره آ (BF.a) و پهنه رخساره جلوریفی سه (FR.III) می‌باشند (ماچل و هانتز، ۱۹۹۴). همچنین حضور لاله‌وشان، بازوپایان و بافت‌های بیشتر دانه‌پشتیبان در این ریزرخساره (پکستون و گاهی گرینستون و رودستون)، خود گواهی آشکار بر کاهش انرژی آب و ورود به زیرمحیط دریای باز است (بوی، ۲۰۱۴). شناسایی فابریک ژئوپتال در سنگ‌های کربناته، برای دریافت تاریخچه رسوبگذاری و پس از رسوبگذاری لایه‌ها به‌وسیله فشردگی و کج‌شدگی زمین‌ساختی لایه‌ها، حیاتی است. این ساخت بر اثر فرایندهای گوناگون رسوبگذاری، زیست‌شناختی و سنگ‌شدگی پدید می‌آید و همراه سیمای چتری به‌ترتیب نشانگر تخلخل‌های درون‌دانه‌ای و پناهگاهی^{۱۶} هستند که اینگونه از ساختارها و تخلخل‌ها نیز، بخوبی یادآورکننده

نهشتگی آنرا به زیرمحیط شیب تا حوضه ژرف دریایی با انرژی پایین نسبت داده‌اند. برپایه آلگوی رخساره‌ای یکپارچه رمپی/ریفی برای کربنات‌های دونین که ماچل و هانتز (۱۹۹۴) ارائه نمودند؛ آنبوه‌ای از سنگواره‌های شاخص همچون لاله وُشان/بازوپایان/گونیتیت‌ها، کلسی‌اسفرها و روزن‌بران در چارچوب زیست‌رخساره آ (BF.a) و پهنه‌های رخساره‌ای جلوی ریفی یک تا چهار (FR.I-FR.IV) می‌زیسته‌اند. سوزن‌های اسفنجی نیز برمبنای آلگوی رخساره‌ای سکوه‌ای کربناته لبه‌دار ویلسن (۱۹۷۵) در SMF. شماره ۱ (وکستون/پکستون اسپیکولی) و براساس آلگوی رخساره‌ای سکوه‌ای کربناته رمپی فلوگل (۲۰۱۰) در RMF. شماره ۱ (پلویدال کلسی‌سیلتایت با اسپیکول اسفنج) گنجانیده شده‌اند. بنابراین به‌گونه فراگیر می‌توان برای این ریزرخساره، زیرمحیط دریای ژرف سکویی تا لبه سکویی (پیشانی شیب قاره‌ای) در رمپ بیرونی و زیر پایه امواج توفانی (SWB) را در نظر گرفت و آنرا با RMF. شماره‌های ۱، ۳، ۴ و ۵ در بخش بیرونی سکوی کربناته رمپی (فلوگل، ۲۰۱۰) و SMF. شماره‌های ۱، ۲، ۳ و ۸ از کمربندهای ۲ و ۳ (سکوی ژرف/سکوی دریای باز/سکوی ژرف باز و کنارسکویی ژرف/پنجه شیب قاره‌ای)^{۱۱} سکوی کربناته لبه‌دار (ویلسن، ۱۹۷۵)، مورد هم‌سنجی قرار داد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

۲- زیرمحیط دریای نیمه‌ژرف در رمپ میانی^{۱۲} (SDSM.)

۱-۲- (SDSM.1): ریزرخساره وکستون تا پکستون خارپوستان بازوپایان تریلوبیت‌ها^{۱۳}

توصیف: این گروه رخساره‌ای (A3، A6، A35، A37 تا A41، A43 تا A49) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای سنگ‌آهک ماسه‌ای و شیلی با چینه‌بندی نازک تا سَتر و دارای سنگواره‌هایی از لاله‌وشان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها، بریوزوئرها و دوکفه‌ای‌ها جای می‌گیرد (جدول ۱: Sh.I,III,V&VI). آلومک‌های اصلی دربرگیرنده: خارپوستان (خارداران و لاله‌وشان)، بازوپایان و تریلوبیت‌ها، آلومک‌های فرعی: نرم‌تان (دوکفه‌ای‌ها و شکم‌پایان)، کلسی‌اسفرها، کُودنت‌ها، دندان کوسه و اُرتوکم‌ها: گل میکرایتی و کمی کوارتز است. دانه‌ها دارای جورشدگی کم

^{۱۴} Umbrella effect fabric

^{۱۵} Geopetal filling fabric

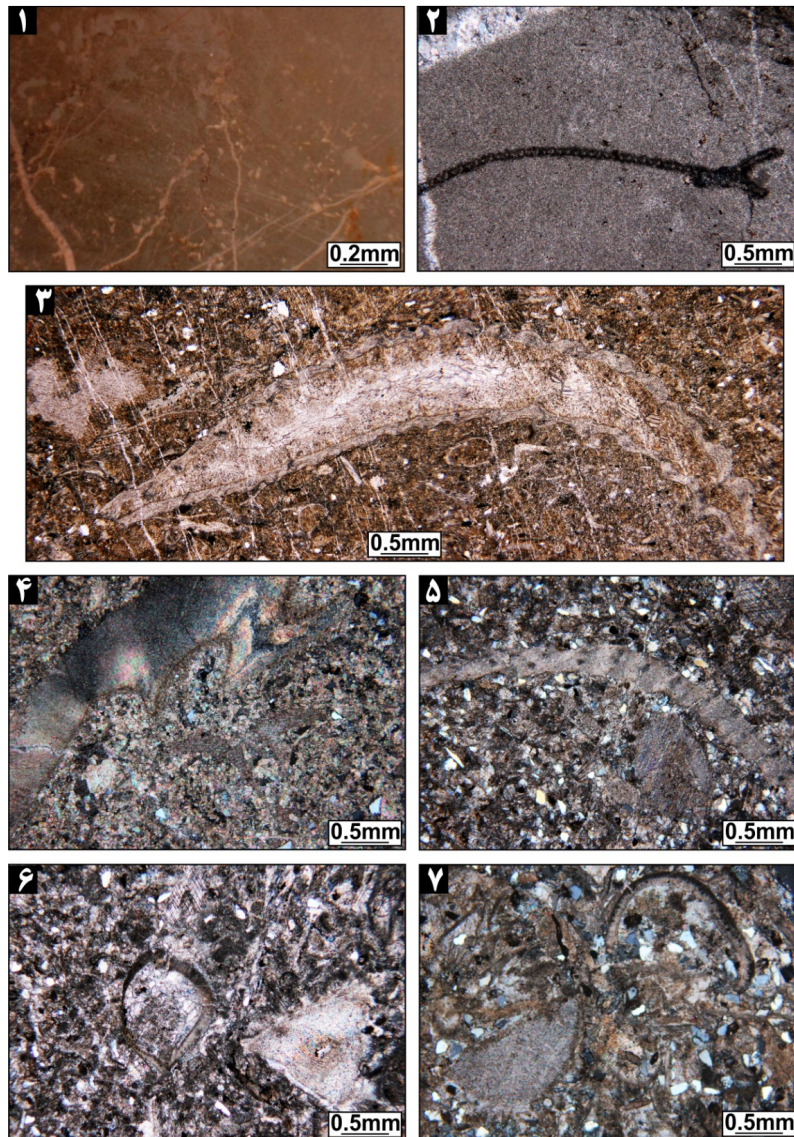
^{۱۶} Intraparticle & Shelter porosity

^{۱۱} FZ.2: Deep shelf / Open sea shelf / Open deep shelf & FZ.3: Toe-of-slope apron (deep shelf margin / basin margin)

^{۱۲} Middle ramp

^{۱۳} Microfacies 2-1 (SDSM.1): Trilobites Brachiopods Echinoderms Wackestone-Packstone

رخصاره‌های زیرمحیط پیشانی یا یال جلویی ریف^{۱۷} می‌باشند (ویلسن، ۱۹۷۵؛ ماچل و هانتِر، ۱۹۹۴؛ فلوگل، ۲۰۱۰). با شواهد بدست آمده، این ریزرخساره به نظر در بخش پایانی رمپ میانی^{۱۸} از زیرمحیط دریای نیمه‌ژرف و بین پایه امواج توفانی (SWB) و امواج عادی (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).



شکل ۵. نگاره‌هایی از مقاطع نازک میکروسکوپی ریزرخساره‌های شناسایی شده در برش چینه‌شناسی شمال خاوری آباد: ۱ و ۲) ریزرخساره ۱-۱ (DSB): مادستون خارپوستان گراپتولیت‌ها (A42 و A34)، ۳ تا ۶) ریزرخساره ۲-۱ (DSO): وکستون/پکستون خارپوستان بازوپایان پلوییدها همراه با سوزن اسفنج/تریلوبیت‌ها/تنتاکولیت‌ها (A36، A9، A14، A5)، ۷) ریزرخساره ۲-۱ (SDSM.1): وکستون-پکستون خارپوستان بازوپایان تریلوبیت‌ها (A6).

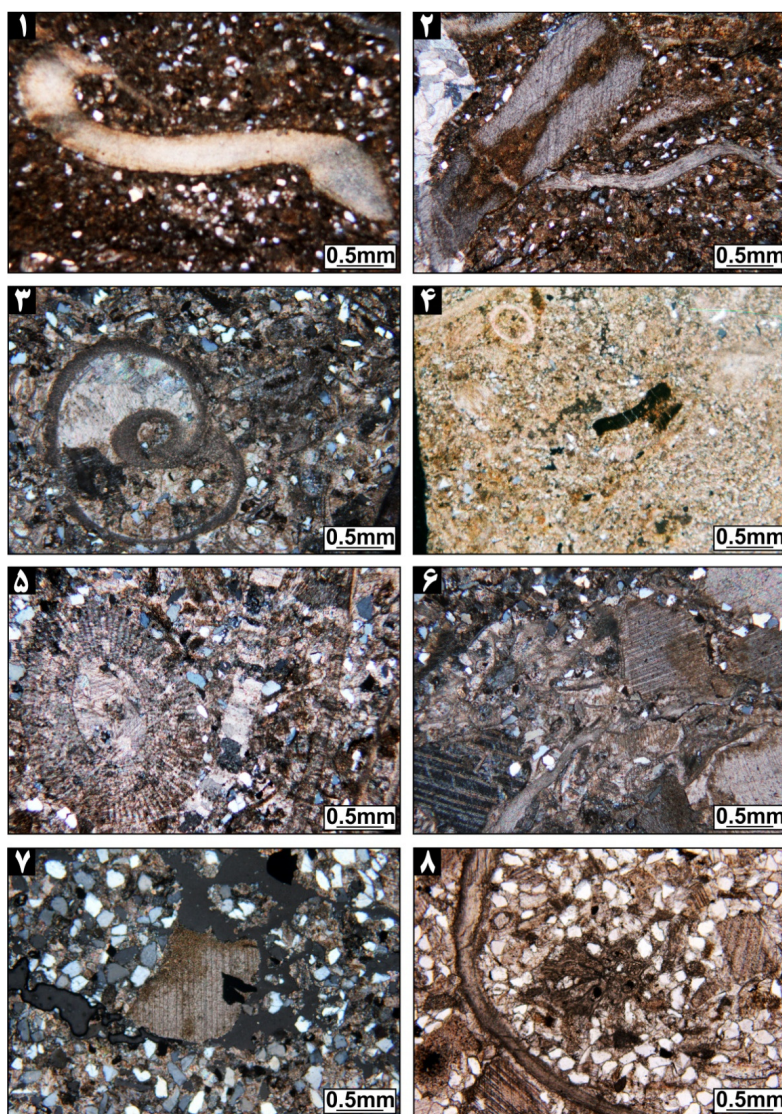
Fig. 5. Images of microscopic thin sections of the microfacies identified in the northeastern Abadeh stratigraphic section: 1&2) Microfacies1-1 (DSB.): Graptolites Echinoderms Mudstone (A42&A34), 3-6) Microfacies1-2 (DSO.): Peloidal Brachiopods Echinoderms Wackestone/Packstone with Sponge Spicules/Trilobites/Tentaculitids (A36, A9, A14, A5), 7) Microfacies2-1 (SDSM.1): Trilobites Brachiopods Echinoderms Wackestone-Packstone (A6).

^{۱۷} RMF.7: Bioclastic packstone, abundant echinoderms, RMF.9: Wackestone/Packstone/Floatstone with ramp derived intra- and bioclasts

^{۱۸} Slope

^{۱۷} Reef-flank facies

^{۱۸} Distal middle ramp



شکل ۶. نگاره‌هایی از مقاطع نازک میکروسکوپی ریزرخساره‌های شناسایی شده در بُرش چینه‌شناسی شمال خاوری آباد: (۴ تا ۱) ریزرخساره ۲-۱ (SDSM.1): وکستون-پکستون خارپوستان بازوپایان تریلوبیت‌ها (A43, A46, A6, A46)، (۵ تا ۸) ریزرخساره ۲-۲ (SDSM.2): پکستون (رودستون) خارپوستان بازوپایان بریوزوئرها کوارتزار (A51, A7, A50, A1).

Fig. 6. Images of microscopic thin sections of the microfacies identified in the northeastern Abadeh stratigraphic section: 1-4) Microfacies2-1 (SDSM.1): Trilobites Brachiopods Echinoderms Wackestone-Packstone (A43, A43, A6, A46), 5-8) Microfacies2-2 (SDSM.2): Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone) (A51, A7, A50, A1).

بازوپایان و بریوزوئرها، آلوکم‌های فرعی: سخت پوستان (اُستراکدا)، کُنودنت‌ها، پلوییدها و اُرتوکم‌ها: بیشتر گل میکرایتی، کمی سیمان و کوارتز است. بیش از ۱۰٪ آلوکم‌ها بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و دانه‌ها با جورشدگی کم تا میانه، گردشدگی نیم‌گوشه‌دار تا نیم‌گردشده و کرویت پایین‌اند و بافت بیشتر ریزرخساره‌ها، برپایه روش دانهام (۱۹۶۲)، پکستون و به‌شیوه امبری و کلوان (۱۹۷۱) و رایت (۱۹۹۲)، رودستون هستند (جدول ۲، شکل ۶ (۸ تا)).

۲-۲- (SDSM.2): ریزرخساره پکستون (رودستون) خارپوستان بازوپایان بریوزوئرها کوارتزار^{۲۱}

توصیف: این تجمع رخساره‌ای (A1, A2, A7, A15, A50 تا A53) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای سنگ آهک‌ماسه‌ای با چینه‌بندی نازک تا سِتبر و دارای سنگواره‌هایی از لاله‌وُشان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها، بریوزوئرها و دوکفه‌ای‌ها جای می‌گیرد (جدول ۱: Sh.I, III, VI&VII). آلوکم‌های اصلی: خارپوستان (خارداران و لاله‌وُشان)،

^{۲۱} Microfacies 2-2 (SDSM.2): Quartziferous Bryozoers Brachiopods Echinoderms Packstone (Rudstone)

خارپوستان (خارداران و لاله‌وُشان)، بازوپایان و پلویدها، آلوکم‌های فرعی: دوکفه‌ای‌ها و اُرتوکم‌ها: گل میکرایتی و کمی کوارتز است. دانه‌ها با جورشدگی کم - میانه، گردشدگی نیم‌گوشه‌دار - نیم‌گردشده، کرویت پایین و بافت چیره به روش دانه‌ام (۱۹۶۲)، پکستون می‌باشد (جدول ۲، شکل ۷ (۱ و ۲)).

تفسیر زیرمحیط رسوبی: از ویژگی‌های برجسته این زیست رخساره؛ دانه پُشتیان، گل‌دار، گوناگونی کم و فراوانی زیاد آلوکم‌ها با اندازه ریز-میانه است. این رخساره با خارپوستان زیاد در بافت پکستونی، می‌تواند با RMF. شماره ۷ (پکستون زیست‌آوردار با خارپوستان بسیار) و به دلیل فراوانی خرده‌های خارپوستان و بازوپایان با RMF. شماره ۱۴ (پکستون/گرینستون با زیست‌آوارهای گوناگون)^{۲۶} سکوی کربناته رمپی (فلوگل، ۲۰۱۰) و با SMF. شماره ۱۰ (پکستون/وکستون زیست‌آوردار با دانه‌های اسکلتی فرسوده)^{۲۷} و SMF. شماره ۱۶ (گرینستون/پکستون پلویددار)^{۲۸} از کمرندهای ۷ و ۸ (دریای آزاد- محصور) سکوی کربناته لَبه‌دار (ویلسن، ۱۹۷۵) و با بخش پایانی زیست‌رخساره ب (BF.b) تا زیست‌رخساره د (BF.d) و پهنه‌های رخساره‌ای پُشت ریفی چهار- سه (-BR.IV) (BR.III) سکوی کربناتی رمپی/ریفی دونین (ماچل و هانتِر، ۱۹۹۴) مقایسه و از این‌رو زیرمحیط آن بیشتر با دریای کم‌ژرفای دو بخش پایانی رمپ درونی (دریای باز- بسته) و بالای پایه امواج عادی (فلوگل، ۲۰۱۰) همخوانی دارد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

۴- زیرمحیط پُشته‌های ماسه‌ای کربناته یا تپه‌های زیست‌آواری^{۳۰} در رمپ درونی (SI.)
۴-۱- (SI.): ریزرخساره پکستون تا گرینستون (رودستون) خارپوستان بازوپایان آئیده‌ها کوارتزدار^{۳۱}
پکستون تا گرینستون (رودستون) گُکوبینا گُرتویدها آئیده‌ها کوارتزدار^{۳۲}

تفسیر زیرمحیط رسوبی: خارپوستان و بازوپایان از زیست‌مندان دریای باز و کَف‌زی‌اند که در ژرفای گوناگون به نسبت شوری، دما و انرژی آب دریا پراکنش دارند، اگرچه تمرکز آن‌ها بیشتر برپایه میزان مواد خوراکی است و در مقاطع میکروسکوپی دونین هم فراوان می‌باشند. بریوزوئرها نیز از جانوران ویژه دریای باز و باریک شورزی‌اند (استنوهالین) و به‌گونه رَوامندی در مقاطع دونین یافت می‌شوند (فلوگل، ۲۰۱۰). براساس اَلگوی پهنه‌بندی رخساره‌ای یکپارچه رمپی/ریفی سکوه‌ای کربناتی دریای دونین، همیافتی لاله‌وُشان و بازوپایان در بخش پیش‌ریف بخوبی آشکار است و این ریزرخساره نیز با نگر به همراهی بریوزوئرها با آن‌ها، بیشتر نمایانگر بخش پایانی زیست رخساره آ (BF.a) و بخش آغازی زیست‌رخساره ب (BF.b) و همچنین پهنه رخساره جلوریفی چهار (FR.IV) می‌باشد (ماچل و هانتِر، ۱۹۹۴). افزون‌بر همیابی این زیست‌مندان، پیدایش بافت‌های دانه‌پُشتیبانی همچون رودستون، پکستون و گاهی گرینستون، نشان از کاهش کمابیش ژرفای آب و افزایش انرژی نسبت به رخساره پیشین است. پس زیرمحیط این ریزرخساره، بیشتر با بخش آغازین رمپ میانی از دریای نیمه‌ژرف، ولی با همان بازه میان پایه امواج توفانی (SWB) و عادی (FWWB/NWB) همخوانی دارد و می‌شود آنرا با RMF. شماره ۷ سکوی کربناته رمپی (فلوگل، ۲۰۱۰) و SMF. شماره ۲۶ از کمرند ۴ (شیب قاره) سکوی کربناته لَبه‌دار (ویلسن، ۱۹۷۵) مورد هم‌سنجی قرار داد.

۳- زیرمحیط دریای باز تا بسته^{۳۳} در رمپ درونی^{۳۴} (O-RMI.)
۳-۱- (O-RMI.): ریزرخساره پکستون خارپوستان بازوپایان پلویدها^{۳۵}

توصیف: این گروه رخساره‌ای (A16 تا A23) در بررسی صحرایی، درون واحدهای سنگ‌آهک ماسه‌ای با چینه‌بندی میانه-سَبتیر و با سنگواره‌های لاله‌وُشان، بازوپایان و دوکفه‌ای‌ها قرار دارد (جدول ۱: Sh.III)، آلوکم‌های اصلی:

^{۲۶} SMF.16-Non-Laminated: Peloidal grainstone/packstone

^{۲۷} BR.IV-BR.III: Backreef IV to III facies zones

^{۲۸} Sand shoal / Bioclasts shoal sub-environment (SI.)

^{۳۱} Microfacies 4-1 (SI.): Quartziferous Ooids Brachiopods Echinoderms Packstone-Grainstone (Rudstone)

^{۳۲} Ooids Cortoids Coquina Packstone-Grainstone (Rudstone)

^{۳۳} SMF.6: Densely packed reef rudstone

^{۳۴} Open - Restricted marine sub-environment (O-RMI.)

^{۳۵} Inner ramp

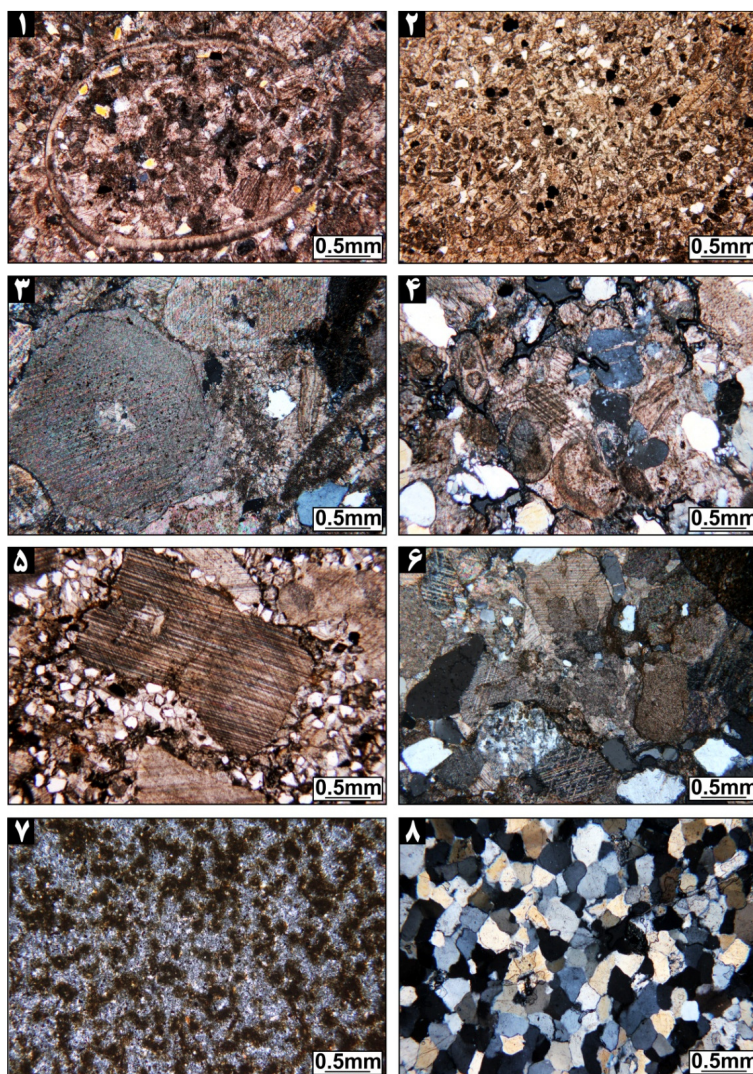
^{۳۵} Microfacies 3-1 (O-RMI): Peloidal Brachiopods Echinoderms Packstone

^{۳۶} RMF.14: Packstone/Grainstone with various bioclasts

^{۳۷} SMF.10: Bioclastic packstone/wackestone with worn skeletal grains

دریایی از شاخه خارپوستان به‌ویژه رده لاله‌وشان، بیش از ۹۵٪ آلوکم‌های اسکلتی این رخساره را دربرمی‌گیرد که به‌گونه فشردۀ درون زمینه سیمانی (بلوکی و دروزی) کنار هم جای گرفته‌اند و نمایانگر آنبوهه (کُکوپنا/لوماشِل) پوسته‌ها یا صدف سنگ‌های خارپوستان می‌باشند (فلوگل، ۲۰۱۰). دانه‌های زیست‌آواری لاله‌وشان دارای رَخ کلسیتی آشکار، اندازه کمابیش درشت (>۲ میلی‌متر)، با جورشدگی خوب، گردشدگی نیم‌گوشه‌دار- نیم‌گردشده و کرویت پایین هستند (جدول ۲، شکل ۷ (۶تا۳)).

توصیف: این مجموعه رخساره‌ای (A8، A54 تا A58) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای سنگ‌آهک ماسه‌ای با چینۀ بندی میانه تا سَتر و دارای لاله‌وشان، بازوپایان و دوکفه‌ای‌ها جای دارد (جدول ۱: Sh.III&VII). آلوکم‌های اصلی: خارپوستان (خارداران و لاله‌وشان)، بازوپایان و آئیدها و یا به گونه‌ای دیگر دربردارنده کُکوپینای خارپوستی، گُرتویدها و آئیدها است. آلوکم فرعی نیز: کُنودنت‌ها و اُرتوکم‌ها: گل میکرایتی، سیمان اسپارایتی و کوارتز می‌باشد. تکه‌های فراوانی از پوسته‌های صدف بی‌مهرگان



شکل ۷. نگاره‌هایی از مقاطع نازک میکروسکوپی ریزرخساره‌های شناسایی شده در بُرش چینۀ‌شناسی شمال خاوری آباده: (۱و۲) ریزرخساره ۱-۳ (O-RML): پکستون خارپوستان بازوپایان پلوییدها (A19، A22)، (۳تا۶) ریزرخساره ۴-۱ (SL): پکستون-گَرینستون (رودستون) خارپوستان بازوپایان آئیدها کوارتزدار (A55، A58، A54، A57)، (۷) سنگ‌رخساره ۵-۱ (L-PL): لای سنگ/شیل (A62)، (۸) سنگ‌رخساره ۵-۱ (L-PL): کوارتز آرنایت (A68).

Fig. 7. Images of microscopic thin sections of the microfacies identified in the northeastern Abadeh stratigraphic section: 1&2) Microfacies3-1 (O-RML): Peloidal Brachiopods Echinoderms Packstone (A19, A22), 3-6) Microfacies4-1 (SL): Quartziferous Ooids Brachiopods Echinoderms Packstone-Grainstone (Rudstone) (A55, A58, A54, A57), 7) Microfacies 5-1 (L-PL): Siltstone/Shale (A62), 8) Petrofacies5-1 (L-PL): Quartzarenite (A68).

سکوی کربناته لبه‌دار ویلسن (۱۹۷۵) و با بخش پایانی زیست‌رخساره د (BF.d) تا بخش آغازی زیست‌رخساره‌ای (BF.e) و پهنه‌های رخساره‌ای پُشت‌ریفی سه-دو (BR.III-) (BR.II)² سکوی کربناتی رمپی/ریفی دونین (ماچل و هانتز، ۱۹۹۴) می‌باشد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). یادآور می‌گردد که رخساره‌های کمابیش همانندی به ویژه با خارپوستان فراوان، از دیگر بُرونزدهای سازنده‌های بهرام و شیش‌تو در بُرش‌های سَرآشک راور کرمان، قلعه بالای اُزبک‌کوه طبس و آنارک اصفهان هم‌گزارش گردیده‌اند (منظری و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ستاری و همکاران، ۲۰۲۳).

۵- زیرمحیط کولابی تا پیراکشندی³ در رمپ درونی (L-PI.)

۵-۱- سنگ‌رخساره لای‌سنگ/شیل کولابی و ماسه‌سنگ (لیت‌آرنایت+ساب‌لیت‌آرنایت+کوارتز آرنایت)⁴
توصیف: این تجمع رخساره آواری (A59 تا A69) در بررسی‌های صحرایی، درون واحدهای لای/سیلت‌سنگ با چینه‌بندی بسیارنازک و ماسه‌سنگ با چینه‌بندی سَبَر جای دارد (جدول ۱: Sh.VIII-X). بررسی میکروسکوپی نمونه‌های ماسه‌سنگی نشان داد که دانه‌های کانی کوارتز با فراوانی بیش از ۷۰ درصدی خود، برجسته‌ترین سازنده این سنگ‌رخساره‌اند که بیشتر هم‌تک‌بلورین با خاموشی مستقیم یا گاهی با خاموشی موجی آندک نمایان گردیده‌اند و دارای جورشدگی خوب، گردشدگی در بازه گوشه‌دار، نیم گوشه‌دار، نیم‌گرد و گرد، کرویت میانه تا بالا، فشردگی/چسبندگی زیاد می‌باشند. البته در مقاطع نازک خرده‌سنگ⁵، تکه‌های صدفی خارپوستان و کانی چرت هم دیده می‌شوند که پیرامونشان را سیمان سیلیسی و اسپاریتی پُر کرده است (جدول ۲، شکل ۷ و ۸). همچنین در بُرونزد این ماسه‌سنگ‌ها، ساخت رسوبی چینه‌بندی اُریب جناغی⁶ که همانند ساختار ستون فقرات شاه‌ماهی⁷ می‌باشد و از این‌رو به‌نام چینه‌بندی «اُریب استخوان شاه ماهی»⁸ یا «چینه‌بندی مُورب درهم» نیز خوانده شده (تاکر، ۲۰۱۳)، یافت شده است (شکل ۸).

تفسیر زیرمحیط رسوبی: از ویژگی‌های این زیست‌رخساره؛ دانه‌پُشتیبان، سیمان و گل کمابیش برابر، گوناگونی کم ولی فراوانی زیاد زیست‌آوارهایی همانند خارپوستان (لاله‌وُشان+خارداران) که با داشتن بیش از ۱۰ درصدی همین آلوکم‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر، می‌توان بافت آنرا رودستون نامید که برگرفته از رده‌بندی سنگ‌های کربناته به‌روش امبری و کِلوان (۱۹۷۱ م.) و رایت (۱۹۹۲ م.) است (شول و شول، ۲۰۰۳؛ فلوگل، ۲۰۱۰). فراوانی خارپوستان به‌ویژه لاله‌وُشان که روی زمین نیز به‌گونه آنبوه‌های زیستی برآمده ناپیوسته یا آب‌سنگ‌های کومه‌ای و پراکنده کوچک نمایان گردیده‌اند، می‌تواند تا اندازه‌ای بیانگر دریای بسیار کم‌ژرفا در بخش میانی رمپ درونی (تپه‌های ماسه‌ای کربناته/پُشته‌های زیست‌آواری/شول) و بالای پایه امواج عادی و بینابین زیرمحیط‌های دریای باز- بسته و کولابی- پیراکشندی باشد. به راستی برپایه دیدگاه رُمُر و همکاران (۲۰۰۲) و فلوگل (۲۰۱۰)، این تپه‌ها می‌توانند دربردارنده دانه‌های اسکلتی همانند خارپوستان، بریوزوئرها، بازوپایان، دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان و روزن‌داران باشد که اینجا تنها خارپوستان نمود یافته‌اند. همچنین با نگر به روبش میانه گل کربناته، میزان سیمان، رَسش بافتی پَک-گرینستون، تراز جورشدگی خوب و گردشدگی میانه آلوکم‌ها، می‌شود انرژی چیره بر زیرمحیط آنرا، میانه ارزیابی نمود. بنابراین اگرچه فلوگل (۲۰۱۰) در اَلگوی استاندارد خود، درباره آندوخته‌های صدفی در زیرمحیط رمپ میانی به سه‌گزاره اشاره نموده که چنین می‌باشد: ۱) آنبوهگی پوسته‌های صدفی بی‌مهرگان در گستره رمپ میانی بسیار رواند است (SMF12.S)، ۲) بیشترین گردهمایی خارپوستان بدست لاله‌وُشان رُخ می‌دهد (SMF12.Crin) و ۳) آنباشتگی لاله-وُشان در پهنه رمپ میانی همواره وجود دارد، ولی زیرمحیط پیدایش این رخساره با بکارگیری شواهد موجود، پُشته‌های زیست‌آواری در رمپ درونی است و از این‌رو بیشتر در جایگاه هم‌سنجی با RMF شماره‌های ۲۷، ۲۹ و ۳۰ از زیرمحیط تپه‌های زیست‌آواری بخش درونی سکوی کربناته رمپی فلوگل (۲۰۱۰) و SMF شماره‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۵ از کمربند ۶ یا پهنه ماسه‌های شسته لبه سکویی¹ در

⁵ Rock fragments / Lithic

⁶ Chevron cross stratification (CCS.)

⁷ Herring fish

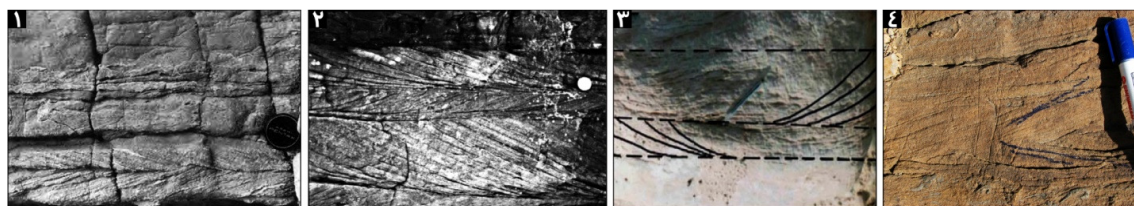
⁸ Herringbone cross stratification (HCS.)

¹ Winnowed platform edge sands / Platform-Margin sand shoals

² BR.III-BR.II: Backreef IV to III facies zones

³ Lagoon-Peritidal zone sub-environment (L-P.)

⁴ Petrofacies 5-1 (L-PI.): Siltstone / Shale & Sandstone (Litharenite + Sublitharenite + Quartz arenite)



شکل ۸. نمای صحرایی ساخت/الگوی رسوبی چین‌بندی آریب جناغی (CCS.) یا ساختار چین‌بندی آریب استخوان شاه‌ماهی (HCS.) یا چین‌بندی مُورَب در هم. ۱) سنگ آهک زیست آواری دریایی کم ژرفای ژوراسیک انگلستان (تاکر، ۲۰۱۳؛ ۲) ماسه‌سنگ (نیگلز، ۲۰۲۳؛ ۳) ماسه‌سنگ پالتوسن سازند فجن در البرز خاوری (فرخ‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵؛ ۴) ماسه‌سنگ کوارتزآرنایتی دونین پسین شمال خاوری آباده فارس.

Fig. 8. Field view of the sedimentary structure/pattern of the chevron cross stratification (CCS.) or herringbone cross stratification (HCS.). 1) Shallow marine bioclastic limestone of the Jurassic period of England (Tucker, 2013); 2) Sandstone (Nichols, 2023); 3) Paleocene sandstone of the Fajan Formation in the Eastern Alborz (Farrokhnejad et al., 2016); 4) Late Devonian Quartz arenite sandstone of northeastern Abadeh, Fars.

برخاسته از خاستگاه و جایگاه زمین‌ساخت ورقی آن‌ها بوده است (روسر و گرش، ۱۹۸۶؛ باتیا، ۱۹۸۳). برای نمونه؛ در بررسی سنگ‌نگاری و ژئوشیمی رسوبات تخریبی دونین بالایی سازند جیروود در البرز میانی، آشکار گردید که این نهشته‌ها در سه گروه کوارتزآرنایت، ساب‌آرکوز و ساب لیتارنایت جای می‌گیرند و ترکیب کانیاپی کوارتز، فلدسپار و خرده‌های سنگی و همچنین نمایه‌های زمین‌شیمیایی ماسه‌سنگ‌ها نشان داد که آن‌ها در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب و برگرفته از یک سنگ آذرین اسیدی هستند که در لبه پویای قاره‌ای رسوب نموده‌اند (شرفی و همکاران، ۱۳۹۷). در پژوهش دیگری نیز که روی سنگ‌نگاری و زمین شیمی ماسه‌سنگ‌های دونین پسین سازند شیش‌تو در بُرش حوض دوره طیس ایران مرکزی انجام پذیرفته، نشان داد که آن‌ها آمیزه کوارتزآرنایت، ساب‌آرکوز و لیتارنایت و به راستی باز یافتی از مادرسنگ‌های رسوبی کوارتزدار و برآمده از جایگاه زمین‌ساختی کرانه ناپویا/حاشیه غیرفعال^۵ بوده و سنگ‌های آذرین درونی و دگرگونی هم، سنگ مادرهای فرعی آن‌ها هستند (کریمیان طریقه و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین درباره خاستگاه ماسه‌سنگ‌های دونین پسین بُرش آباده فارس (لیتارنایت-ساب‌لیتارنایت-کوارتزآرنایت) نیز، اگرچه شمار کمی از کوارتزها با خاموشی موجی، گواهی بر خاستگاه دگرگونی‌اند و برخی مقاطع با کانی‌های فرومنیزین کلریتی شده، نشانگر خاستگاه آذرینی‌اند، ولی با نگر به داشتن کوارتز فراوان و خرده‌سنگ‌های رسوبی^۶، شاید بتوان گفت این ماسه‌سنگ‌ها سنگ‌ها بیشتر برگرفته از سنگ‌مادرهای رسوبی بوده‌اند.

تفسیر زیرمحیط رسوبی: این ماسه‌سنگ‌ها با کوارتزهای بیشتر در اندازه ماسه درشت و دارای جورشدگی خوب و گردش‌دگی نیم‌گوشه‌دار- نیم‌گردشده هستند که بیشترشان با دارا بودن خرده‌سنگ از خاستگاه رسوبی، در گروه لیتیک آرنایت نارسا یا لیت‌آرنایت نارسا یا همان پُرتوکوارتزیت^۱ گنجانده می‌شوند، برخی در دسته لیت‌آرنایت و شماری هم با داشتن کوارتز فراوان بر مبنای رده‌بندی کراینین (۱۹۴۸) و پتی‌جان (۱۹۷۵) در گروه «آرتوکوارتزیت»^۲ و برپایه رده‌بندی گیلبرت (۱۹۵۴)، مک‌براید (۱۹۶۳)، دات (۱۹۶۴)، فولک (۱۹۸۰) و پتی‌جان و دیگران (۱۹۸۷) در دسته «کوارتزآرنایت»^۳ جای می‌گیرند. نبود/کمبود سنگواره‌ها نیز، می‌تواند نماینده انرژی بالا و تنش زیاد برای زیست‌مندان زمان دونین در زیرمحیط رسوبی این سنگ رخساره باشد (سلی، ۲۰۱۳). ساخت رسوبی چین‌بندی آریب جناغی نیز، نشانگر پیدایش این رخساره درون ژرفای بسیار کم آب دریا در بخش ساحلی یا پهنه کِشندی (جزرومدی)^۴ است. این ساختار در پهنه‌های کِشندی که روند گردش آب دوره‌ای و ناهم‌سوی هم می‌باشد، پدیدار می‌گردد. البته این الگوی رسوبی دیرینه رَواند و چندان فراوان نیست، چون افزون‌بر گردش دوسویه آب (رفت و برگشتی)، نیازمند تندی یکسان جنبش آب در هر دو سو بوده و این تنها گاهگاهی در طبیعت روی می‌دهد (تاکر، ۲۰۱۳؛ نیگلز، ۲۰۲۳). بِکر و همکاران (۲۰۲۰) بر این باورند در بیشتر بازه زمانی دونین، تراز آب دریا به گونه ویژه بالا بوده و آب و هوایی پایدار در تمام جهان گسترش داشته و از این‌رو ویژگی‌های دانه‌های آواری و شیمی ماسه‌سنگ‌ها،

^۵ Passive margin

^۶ Sedimentary rock fragments

^۱ Sublithic arenite / Sublitharenite = Protoquartzite

^۲ Orthoquartzite

^۳ Quartz arenite

^۴ Littoral / Intertidal zone / Tidal flat

همچنین با بکارگیری پهنه بندی رَشش/رسیدگی/بلوغ بافتی^۱ از فولک (۱۹۵۱) و ارزیابی نرخ جورشدگی (خوب)، گردشگی (بیشتر نیم گوشه دار-نیم گرد)، کرویت (میانه-بالا) و فشردگی/چسبندگی (زیاد) دانه‌های کوارتز و کمبود یا نبود زمینه/مَلات رُسی، به نظر می‌آید این ماسه‌سنگ‌ها از دید رَشش بافتی در گام رسیده/بالغ^۲ و از نگاه رَشش کانیاپی نیز، با چیرگی دانه‌های پایدار کوارتز (< 0.70) و خرده‌سنگ‌های رسوبی مانا از گونه چرتی، در گام رسیده تا آبرسیده/بسیاربالغ^۳ جای گیرند که تا اندازه‌ای نمایانگر انرژی میانه تا زیاد امواج و کارکرد جابجایی دوباره و زیاد نهشته‌های آواری در محیط رسوبی آن‌هاست. این رخساره در دریای کم تا بسیار کم ژرفا در دو بخش آغازین رمپ درونی (کولایی/ زیرکَشندی-روکَشندی)، بالاتر از پایه امواج عادی و زیر اثر جریان‌های کَشندی رسوب نموده و با کمر بند ۹ سکوی کربناته لَبه دار (ویلسن، ۱۹۷۵) و با بخش پایانی زیست رخساره‌ای (BF.e) تا زیست رخساره اف (BF.f) و پهنه رخساره پُشت‌ریفی یک (BR.I)^۴ سکوی کربناتی رمپی/ریفی دونین (ماچل و هانتِر، ۱۹۹۴)، قابل هم‌سنجی می‌باشد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

تفسیر محیط رسوبی دیرینه و ارایه اَلگوی رسوبی پیشنهادی

با نگرش به برداشت‌های صحرایی و بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی و البته بهره‌گیری از برخی بُرش‌های چینه‌شناسی دیگر در بازه زمانی دونین و کربونیفر، توالی رسوبی دونین پسین شمال‌خاوری آواده در چارچوب شش ریزرخساره کربناته و یک سنگ‌رخساره آواری از یکدیگر جداسازی گردیدند. این گروه‌های رخساره‌ای کربناته-آواری با نگاه به ویژگی‌های گوناگون بافتی، به ترتیب از دریا به سوی ساحل در پنج زیرمحیط رسوبی: دریای ژرف در پهنه حوضه تا رمپ بیرونی (DSB-O)، دریای نیمه ژرف در رمپ میانی (SDSM)، دریای باز تا بسته در رمپ درونی (O-RMI)، تپه‌های زیست‌آواری/پُشته‌های ماسه‌ای کربناته در رمپ درونی (SI) و سرانجام زیرمحیط کولایی تا پیراکَشندی در رمپ درونی (L-PI) به شرح زیر گنجانیده شده‌اند (جدول ۱ و شکل‌های ۹ تا ۱۱). ترتیب فراوانی

دانه‌های اسکلتی، غیراسکلتی و کانیاپی نیز دربرگیرنده: خارپوستان (۳۱٪)، بازوپایان (۱۸٪)، کوارتز (۱۵٪)، پلوییدها (۹٪)، کلسی‌اسفرها (۹٪)، سوزن اسفنج‌ها (۶٪)، بریوزوئرها (۳٪)، تریلویت‌ها (۲٪)، تِنَتاکولیت‌ها (۱٪) + گراپتولیت‌ها (۱٪)، آلییدها (۱٪) + گرتویدها (۱٪) و دیگر موارد (۳٪) می‌باشد. همچنین بیشترین ریزرخساره‌ها نیز به ترتیب در رخساره ۲-۱ زیرمحیط رمپ میانی (۲۵/۴٪)، رخساره ۵-۱ زیرمحیط کولایی-پیراکَشندی رمپ درونی (۱۸/۶٪)، رخساره ۲-۱ زیرمحیط سکویی-لَبه سکویی رمپ بیرونی (۱۵/۲٪)، به گونه یکسان رخساره ۲-۲ زیرمحیط رمپ میانی (۱۳/۶٪) و رخساره ۳-۱ زیرمحیط دریای باز-بسته رمپ درونی (۱۳/۶٪)، رخساره ۴-۱ زیرمحیط بخش میانی رمپ درونی (۱۰/۲٪) و سرانجام رخساره ۱-۱ زیرمحیط حوضه (۳/۴٪) جای گرفتند و این نشانگر آنست که بالاترین شُمار ریزرخساره‌های این سازند، در پیوند با رخساره ۲-۱ در بخش پایانی زیرمحیط رمپ میانی هستند. **نخستین زیرمحیط رسوبی:** رخساره ۱-۱) عناصر اسکلتی از خارپوستان و گراپتولیت‌ها درون مَلاتی از گل آهکی ریزدانه (میکریت) به گونه گل پُشتیان آرایش یافته‌اند که برپایه روش نام‌گذاری دانهام (۱۹۶۲)، نمایانگر بافت نَارَس مادستونی هستند. برتری گل نسبت به دانه، شاهدهی بر انرژی کم و رسوبگذاری در زیرمحیطی دور از اثر امواج است. گراپتولیت‌ها نیز، تاییدی بر ته نشست در زیرمحیط ژرف و پلاژیک دریایی بوده و به نظر می‌آید که این رخساره در حوضه دریای ژرف تا بخش بیرونی سکوی رمپی نهشته شده باشد. قابل توجه است که در بین تمامی مقالاتی که تاکنون درباره سازند شیشتو ارایه و البته در دسترس نویسندگان این مقاله بودند، تنها در بُرش آواده فارس است که برای نخستین بار به گراپتولیت‌ها آن هم در مقطع نازک اشاره گردیده و حتی از نگاه همیافتی گراپتولیت‌ها و تِنَتاکولیت‌ها در توالی شیشتو نیز، باز اولین بار است که گزارشی در این باره داده می‌شود. بنابراین بُرش شیشتو در آواده افزون بر گوناگونی زیای^۵ سنگواره‌ای رایج، می‌تواند از دید یکتایی در این ویژگی هم، مبنایی نو برای مقایسه با دیگر بُرش‌ها گردد. رخساره ۱-۲ با همیابی خارپوستان، بازوپایان، پلوییدها، اسفنج‌ها، تریلویت‌ها،

^۴ BR.I: Backreef I facies zone

^۵ Fauna

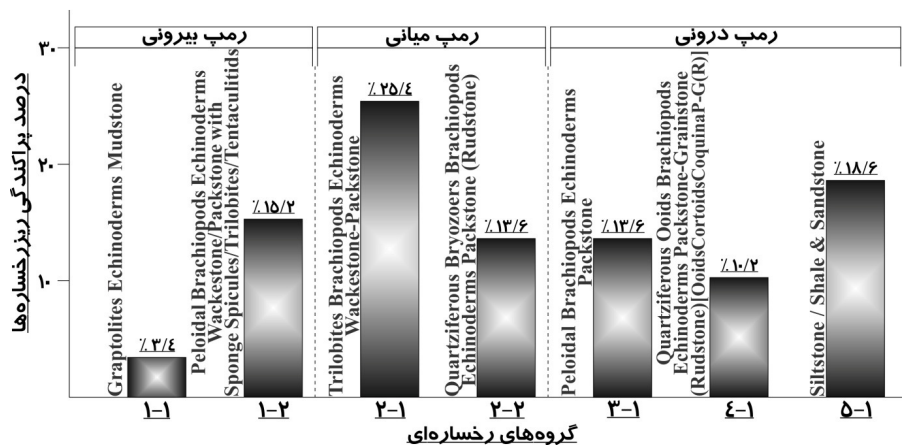
^۱ Textural maturity

^۲ Mature

^۳ Supermature

رمپی فلوگل (۲۰۱۰) نیز، هم‌تراز دانسته شدند (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین رخساره دیگری با آلوکم‌های کمابیش یکسان (لاله‌وشان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها، بریوزوئرها و دوکفه‌ای‌ها) از سازند مبارک البرز مرکزی هم گزارش شده که آنجا نیز برپایه چیرگی زیستای ناوابسته به نور (خارپوستان و بریوزوئرها)، زیرمحیط رسوبی با شرایط بی‌هوازی، کمبود اکسیژن، کمینه نور و زیر پایه امواج توفانی در رمپ بیرونی پیشنهاد گردیده است (شرقی و همکاران، ۱۳۹۹).

تنتاکولیت‌ها، کلسی‌اسفرها، بریوزوئرها، دوکفه‌ای‌ها، استراکدها، روزن‌بران و کمی کوارتز در خمیره میکرایتی با بافت وکستون تا پکستون، نمایانگر رسوبگذاری در دریای ژرف سکویی تا لبه سکویی (پنجه شیب/پیشانی شیب‌قاره) رمپ بیرونی و زیر پایه امواج توفانی است. همچنین سه رخساره مشابه دربردارنده خارپوستان، اسفنج‌ها، رادیولرها، دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، استراکدا، پلوییدها و کمی کوارتز از نهشته‌های دونین سازند بهرام در آژبک‌کوه ارایه گردیدند که آن‌ها هم نه تنها شبیه این ریزرخساره، درون رمپ بیرونی جایگذاری گردیده‌اند، بلکه با RMF.1,3&4 سکوی



شکل ۹. نمودار فراوانی و پراکندگی ریزرخساره‌های زیرسازند شیشتو۱ درون زیرپهنه‌های رمپی در بُرش شمال خاوری آبادیه.

Fig. 9. Abundance & distribution diagram of the Shishtu1 sub-formation facies within the ramp subzones in Abadeh section.

وشان+خارداران)، بازوپایان و بریوزوئرها را در زمینه‌ای با گل زیاد، کوارتز میانه، سیمان کم و بافتی پکستونی-رودستونی نشان می‌دهد. خارپوستان و بازوپایان به نسبت شوری، دما و انرژی آب در ژرفای گوناگون حتی تا شیب قاره پراکنش دارند و بریوزوئرها هم از جانوران باریک شوری دریای باز هستند. این رخساره بیشتر نماینده دریای نیمه‌ژرف بخش آغازی (پُشتی) رمپ میانی و بین پایه امواج توفانی و عادی است. رخساره مشابهی دربردارنده زیست‌آوارهایی از بازوپایان، خارپوستان و بریوزوئرها از سنگ‌های کربناته دونین میانی - بالایی سازند بهرام در بُرش قلعه‌بالای آژبک‌کوه خاور ایران ارایه شده که زیرمحیط آن هم، درست به نخستین بخش رمپ میانی نسبت داده شده و همانند اینجا با RMF.7 سکوی کربناته رمپی فلوگل (۲۰۱۰) نیز، مقایسه گردیده است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴).

دومین زیرمحیط رسوبی: رخساره ۱-۲) اجزاء اصلی: خارپوستان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها، اجزاء فرعی: شکم‌پایان، دوکفه‌ای‌ها، کلسی‌اسفرها، کُنودنت‌ها، دندان ماهی، اُرتوکم: گل میکرایتی و کمی کوارتز و چیرگی بافتی وکستون-پکستون می‌باشد. از آلوکم‌های دریای باز بیشتر خارپوستان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها هستند و لاله‌وشان و بازوپایان در بافت دانه‌پُشتیبان، نشان از کاهش انرژی آب و ورود به زیرمحیط دریایی باز است. لاله‌وشان با بازوپایان و کلسی‌اسفرها در بخش جلوی ریف دریاهای دونین میانی - بالایی می‌زیسته‌اند و ساخت ژئوپتال و سیمای چتری نیز، شاهدهی برای زیرمحیط پیشانی/جلویی ریف هستند (ویلسن، ۱۹۷۵؛ ماچل و هانتز، ۱۹۹۴؛ فلوگل، ۲۰۱۰). پس این رخساره در دریای نیمه‌ژرف بخش پایانی (جلویی) رمپ میانی و بین پایه امواج توفانی و عادی رسوب کرده است. رخساره ۲-۲) همبافتی بیش از ۱۰ درصدی خرده صدف‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متری خارپوستان (لاله

سومین زیرمحیط رسوبی: رخساره ۳-۱) دانه‌های اسکلتی خارپوستان و بازوپایان و غیراسکلتی پلویدها در ملّاتی از گل کربناتی و کمی کوارتز با فابریک دانه‌پشتیبان پکستونی دیده می‌شوند و جورشدگی کم-میانه، نیم زاویه‌دار- نیم‌گرد و کرویت پایینی دارند. این رخساره بیشتر به‌نظر می‌آید در دریای کم‌ژرفای باز تا بسته دو بخش پایانی/جلویی رمپ درونی و بالای پایه امواج عادی نهشته شده و با رخساره پکستونی L4 از نهشته‌های دونین بالایی سازند بهرام در بُرش آنارک بلوک یزد ایران مرکزی که دارای خارپوستان، بازوپایان، پلویدها و دوکفه‌ای‌ها است و وابسته به زیرمحیط دریای باز رمپ درونی می‌باشد (ستاری و همکاران، ۲۰۲۳)، شباهت داشته و هر دو رخساره نیز، با SMF.16 ویلسن (۱۹۷۵) هماهنگ دانسته شدند. همچنین با رخساره O1 دریای باز در سنگ‌های دونین سازند بهرام بُرش قلعه‌بالا از یک‌کوه خاور ایران (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴) که آنجا نیز با RMF.7 برابر گرفته شده، همخوانی داشته و با رخساره F7 دریای باز در رسوبات دونین بالایی سازند شیشتو بُرش کال‌سردر طبس (رامشینی و همکاران، ۱۴۰۰) هم، قابل همسنجی می‌باشد.

چهارمین زیرمحیط رسوبی: رخساره ۴-۱) جایگاه رسوبی این رخساره زیستی دانه‌پشتیبان با آنبوهه (کُکونینا/لوماشِل) صدف سنگ‌های لاله وْشانی (<۹۵٪ آلوکم‌ها) که بیش از ۱۰٪ آن‌ها بزرگ‌تر از دو میلی‌مترند به همراه کُرتویدها^۱، آئیدها و کوارتز که همگی با جورشدگی خوب و گردشدگی میانه در آمیزه گلی-سیمانی با رسیدگی بافتی خوب (پکستون-گرینستون-رودستون) نمایان گردیده‌اند، پهنه پُشته‌های ماسه‌ای کربناته (تپّه‌های زیست آواری/شُول)^۲ در دریای بسیار کم‌ژرفای بخش میانی رمپ درونی و بالای پایه امواج عادی می‌باشد. یافت اندک آئیدها در اینجا، می‌تواند تا اندازه‌ای شباهت زیرمحیطی این ریزرخساره را با زیرمحیط همین رُخساره در یکی از شناخته شده‌ترین بُرش‌های چین‌شناسی سازند شیشتو در حوض دوراه طبس در بخش جنوبی کوه‌های شتری نشان دهد (محمودی‌قرائی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین همانند این رخساره به ویژه از دید داشتن لاله وْشان، بازوپایان، دوکفه‌ای‌ها، آئیدها، کُرتویدها، کوارتز و زمینه پکستونی-گرینستونی، در بُرش کال‌سردر طبس هم دیده شده که

آنجا نیز در زیرمحیط پُشته/شُول رمپ درونی جای گرفته (رامشینی و همکاران، ۱۴۰۱) و یا ریزرخساره شُول بُرش آنارک اصفهان هم اگرچه تک‌آلومکمی بوده (آمبلا پکستون-گرینستون)، ولی آنهم به رمپ درونی نسبت داده شده است (ستاری و همکاران، ۲۰۲۳).

پنجمین زیرمحیط رسوبی: رخساره ۵-۱) این رخساره لای سنگی/شیلی و ماسه‌سنگی (لیتآرنایت+ساب لیتآرنایت+کوارتزآرنایت) که با دانه‌های کوارتز خوب جورشده، بیشتر نیم‌گوشه‌دار-نیم‌گرد، کرویت میانه-بالا، فشردگی زیاد و کمبود/نبود رُس روبرو است و رَیش بافتی و کانایی خوبی را هم نشان می‌دهد، بیشتر با زیرمحیط دریای کم- بسیار کم‌ژرفا در دو بخش آغازی/پُشتی رمپ درونی (کولایی/زیرکُشندی-روکُشندی) و بالاتر از پایه امواج عادی همخوانی دارد. پِکر و همکاران (۲۰۲۰) بیان کرده‌اند اگرچه تراز آب دریا در بیشتر بازه زمانی دونین بالا بوده، ولی خاستگاه و جایگاه زمین‌ساخت ورقی روی ویژگی‌های دانه‌های آواری و شیمی ماسه‌سنگ‌ها، کارساز است و گُنیگُشَف و همکاران (۲۰۲۱) هم، یادآور شدند که برخلاف بیشتر ردیف‌های رسوبی مرز دونین-کربونیفر جهان که از محیط پلاژیک-نیمه‌پلاژیک گزارش گردیده‌اند، بیشتر بُرش‌های شناخته شده ایران وابسته به محیط کم‌ژرفا هستند. این مورد با کم‌ژرفاشدگی نمودار نوسان آب دریا در بزرگای جهانی و منطقه‌ای (ایران مرکزی و زاگرس) نیز هماهنگ است (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ حیدری، ۲۰۰۸). در اینجا نیز، روند کم‌ژرفایی ریزرخساره‌های کربناته به‌سوی بخش پایانی بُرش و سرانجام دگرش آن‌ها به رخساره‌های آواری، می‌تواند نشانگر همگرایی با کاهش تراز آب در مرز دونین-کربنیفر باشد (ویل و همکاران، ۱۹۷۷).

گرچه کارکرد نیروهای زمین‌ساختی محلی و ناحیه‌ای را هم نمی‌توان به‌پندار نیاورد و برای نمونه این کاهش ژرفا به‌گونه مرز سکانسی SB2^۳ در بُرش آنارک اصفهان از فامنین بالایی و در واحدهای آهکی سازند بهرام هم روی داده (ستاری و همکاران، ۲۰۲۳) و یا در بُرش کوه‌تیر کرمان با تناوب واحدهای شیلی، ماسه‌سنگی و حتی کنگلومرایی از فرازنین بالایی آغاز گردیده (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۶) که خود می‌تواند ناشی از جایگاه زمین‌ساختی گوناگون این دو جا نسبت به بُرش آباده فارس باشد، اگرچه هر سه

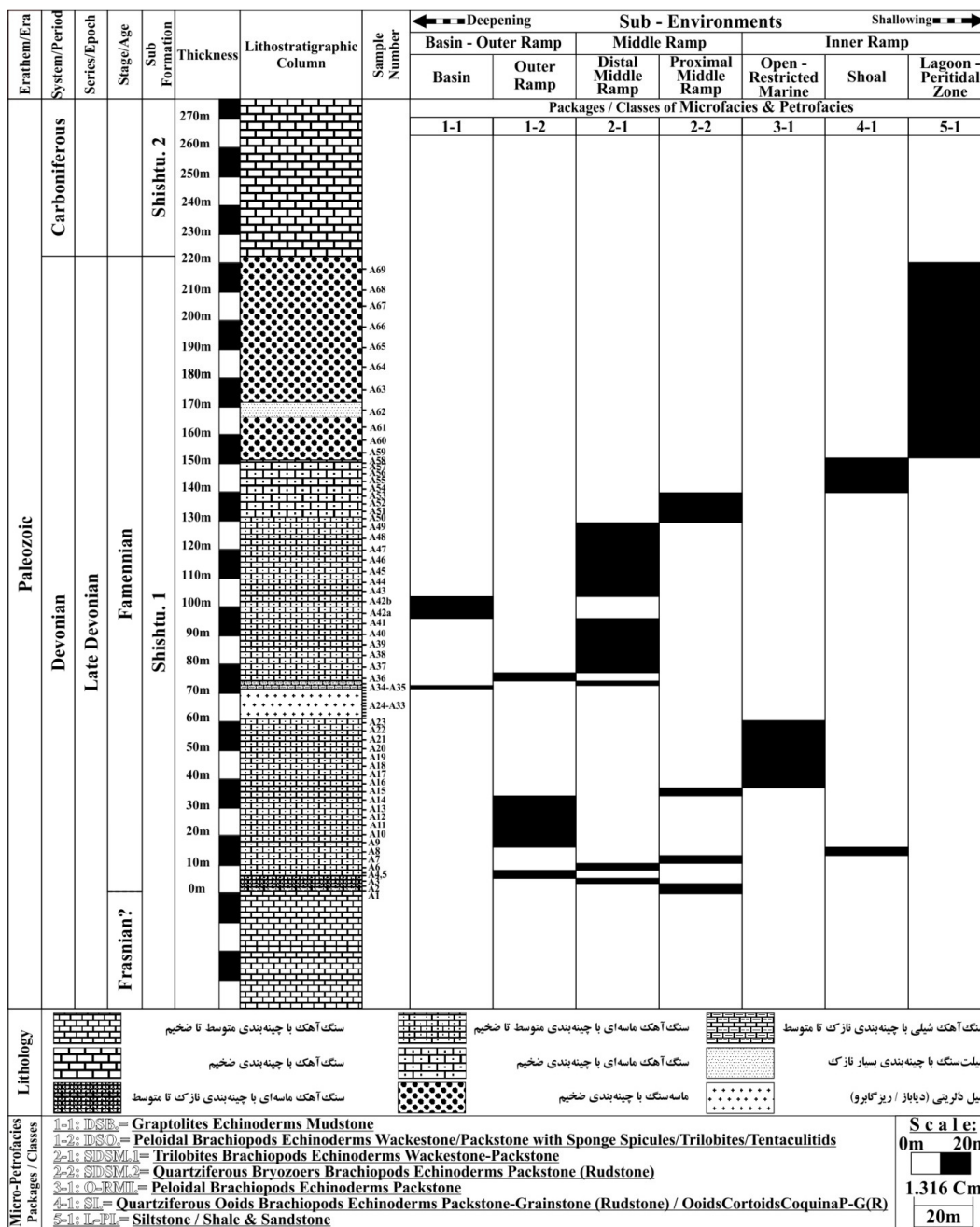
^۳ Sequence Boundary

^۱ Cortoids

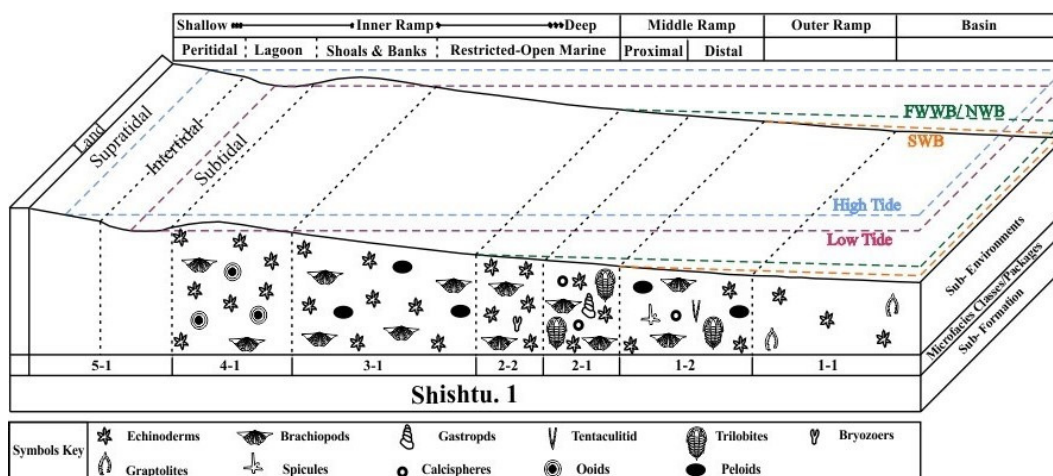
^۲ Shoals

گردش آب ناهمسو و نیازمند تندی برابر آب در هر دو سو است، آشکار می‌گردد، بنابراین در طبیعت چندان فراوان نبوده (تاکر، ۲۰۱۳؛ نیگلز، ۲۰۲۳) و این گزینه نیز، از نویافته‌های سازند شیشتو (زیرسازند شیشتو ۱) در این نقطه از فارس و ایران به‌شمار می‌آید.

برش یاد شده در پهنه ایران میانی هستند. همچنین در رخنمون‌های صحرایی وابسته به رخساره پنجم، ساخت چینه‌بندی مَورب جناغی یافت شده که خود نمایانگر پیدایش این رخساره در ژرفای بسیار کم آب و پهنه ساحلی/کشنده است و چون این ساختار در جایی که



شکل ۱۰. ستون ریزر رخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی زیرسازند شیشتو ۱ در برش چینه‌شناسی شمال‌خاوری آباد. **Fig. 10. Microfacies column and sedimentary subenvironments of the Shishtu 1 sub-formation in the northeastern stratigraphic section of Abadeh.**



شکل ۱۱. آنگوی پیشنهادی محیط رسوبی دیرینه زیرسازند شیشتو ۱ بر سکوی رمبی هم شیب/جور شیب (برش چینه‌ای شمال خاوری آباد).
Fig. 11. Proposed model of the paleo-sedimentary environment of the Shishtu 1 sub-formation on the homoclinal ramp platform (Stratigraphic section of northeastern Abadeh).

سرپایان، مرجان‌ها، شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها و در بُرش کال سردر بیشتر خارپوستان، بازوپایان، سرپایان، مرجان‌ها، بریوزوئرها، دوکفه‌ای‌ها و آثار کروزیانا دیده می‌شوند.

- از دید سن‌سنجی، سازند شیشتو در بُرش کال سردر در بازه زمانی دونین بالایی (فرازنین- فامنین)، بُرش آباد در بازه زمانی بیشتر دونین پایانی (فرازنین- فامنین) و بُرش آنارک در بازه زمانی کربونیفر پایینی (تورنیزین- سرپوخوین) رسوبگذاری گردیده‌اند.

- از دید رخساره‌ها و محیط رسوبی؛ سازند شیشتو در بُرش آباد دارای ۷ رخساره در پهنه ژرفایی کم- بسیار زیاد از رمپ درونی- بیرونی تا حوضه‌ای، در بُرش کال سردر دارای ۱۰ رخساره در پهنه ژرفایی کم- زیاد از رمپ درونی- آغاز رمپ بیرونی و در بُرش آنارک دارای ۳ رخساره در پهنه ژرفایی کم- میانه از رمپ درونی- میانی است.

از هم‌سنجی این داده‌ها با یکدیگر، آشکار می‌گردد که بیشترین سِتبرای سازند شیشتو در آباد و سپس کال سردر و آنارک بوده، ولی بیشترین گوناگونی سنگ‌شناسی در کال سردر و سپس آباد و آنارک می‌باشد. از نگاه گوناگونی سنگواره‌ای نیز کمابیش همانند یکدیگرند، تنها اینکه در آباد به تریلوبیت‌ها و در کال سردر و آنارک به مرجان‌ها اشاره گردیده است. همچنین کهن‌ترین نهشته‌های سازند شیشتو در کال سردر با سن فرازنین آغاز و در آباد به فامنین و سرانجام در آنارک به جوان‌ترین آن‌ها یعنی سرپوخوین ختم می‌گردد. از دید گوناگونی رخساره‌ها نیز، می‌توان به کال سردر و سپس به آباد و آنارک اشاره نمود،

هم‌سنجی سازند شیشتو در بُرش‌های آباد، آنارک و کال سردر

- از دید گستره گیتایی؛ بُرش آباد در شمال استان فارس، بُرش آنارک در شمال خاوری استان اصفهان (ستاری و همکاران، ۲۰۲۳) و بُرش کال سردر در شمال‌باختری استان خراسان جنوبی و شمال خاوری استان یزد (رامشینی و همکاران، ۲۰۲۲) هستند و اگرچه آنارک در بلوک یزد و کال سردر در بلوک طبس می‌باشند، ولی به‌راستی هر سه بُرش در ایران میانی هستند و البته که گسترش زیرسازند شیشتو ۱ هم به‌گونه فراگیر، بیشتر در پهنه طبس- ازبک کوه است (آقاباتی، ۱۳۹۳).

- از دید سِتبرای و سنگ‌شناسی؛ واحدهای رسوبی سازند شیشتو در بُرش ۲۲۲ متری آباد با ۱۰ واحدسنگی بیشتر از سنگ‌آهک ماسه‌ای، سنگ‌آهک شیلی، لای سنگ و ماسه‌سنگ، در بُرش ۸۰ متری کال سردر با ۱۲ واحدسنگی بیشتر از سنگ‌آهک ماسه‌ای، شیل، مارن، ماسه‌سنگ آهکی، لای سنگ، ماسه‌سنگ و ریزکنگولمر و در بُرش ۶۸ متری آنارک با ۲ واحدسنگی بیشتر از سنگ‌آهک مارنی قُلوه‌ای (نودولار) و سنگ‌آهک شیلی می‌باشند.

- از دید سنگواره‌ای؛ سازند شیشتو در بیشتر جاها دارای آنبوهه خارپوستان، بازوپایان، سرپایان، تریلوبیت‌ها، مرجان‌ها، بریوزوئرها، کُئودنت‌ها و ... است که همگی به بازه زمانی فرازنین- فامنین وابسته‌اند. در بُرش آباد بیشتر خارپوستان، بازوپایان، تریلوبیت‌ها، سرپایان، بریوزوئرها و دوکفه‌ای‌ها، در بُرش آنارک بیشتر خارپوستان، بازوپایان،

در پنج زیرمحیط رسوبی: دریای ژرف حوضه‌ای تا رمپ بیرونی (DSB-O)، دریای نیمه ژرف رمپ میانی (SDSM)، دریای باز تا بسته رمپ درونی (O-RMI)، پشته‌های ماسه ای کربناته/تپه‌های زیست‌آواری رمپ درونی (SL) و کولابی تا پیراکشندی رمپ درونی (L-PI) جای می‌گیرند. همچنین یادآور می‌گردد که بیشترین شمار ریزخساره‌ها نیز که می‌تواند نمادی از پراکنش رسوب گذاری در زیرمحیط‌های گوناگون پنداشته شود، به ترتیب فراوانی در زیرپهنه‌های رمپ درونی (۴۲/۴٪)، رمپ میانی (۳۹٪) و رمپ بیرونی (۱۸/۶٪) انجام پذیرفته است.

References

- Aghanabati, A. (2014) The Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, 640 p. (in Persian).
- Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M. (2003) Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East. Elsevier, Netherlands, 843 p.
- Baioumy, H. M., and Gharaie, M. H. M. (2008) Characterization and origin of late Devonian illitic clay deposits southwestern Iran. Elsevier, 42(4): 318- 325.
- Bakhshaei, M. H. (1983) Detailed exploration of block 1 of Esteghlal Mine. Non-metallic material procurement company, 150 p. (in Persian).
- Bayet-Goll, A., De Carvalho, C. N., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Nasiri, Y. (2014) Depositional environments and ichnology of the deep-marine succession of the Amiran Formation (upper Maastrichtian-paleocene), Lorestan Province, Zagros Fold-thrust Belt, Iran. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 401: 13-42. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.02.019>.
- Becker, R. T., Aboussalam, Z. S., El Hassani, A., Hartenfels, S., Hüneke, H. (2020) Devonian and basal Carboniferous of the allochthonous nappes at Mriat (eastern part of Western Meseta) – review and new data. In R. T. Becker, A. El Hassani, & Z. S. Aboussalam (Eds.), Devonian to Lower Carboniferous stratigraphy and facies of the Western Moroccan Meseta: Implications for palaeogeography and structural interpretation. Frontiers in Science and Engineering, International Journal, 10 (1): 87–126, References 175–194.
- Berberian, M., King, G. C. P. (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18: 210–265. <https://doi.org/10.1139/e81-019>.

اگرچه دامنه ژرفای رسوب گذاری درون زیرمحیط‌های گوناگون، در آباده کمی بیشتر (ساحل-حوضه) و در رتبه‌های بعدی به کال سردر و آنارک می‌رسد. بنابراین چنین می‌نماید که گوناگونی سنگ‌ها، سنگواره‌ها، رخساره‌ها و زیرمحیط‌های سازند شیشو در رسوبات دوره دونین (آباده و کال سردر) بیشتر از دوره کربونیفر (آنارک) می‌باشد و این ویژگی حتی در جاهایی که در بازه دونین بجای سازند شیشو، سازند بهرام تهنشت نموده، بازهم بخوبی دیده می‌شود که می‌تواند برآمده از نوسان‌های بیشتر آب به هر دلیلی (اقليمی/زمین‌ساختی) در آشکوب‌های فرازین-فامنین نسبت به آشکوب‌های تورنیزین-سرپوخوین باشد. همچنین ژرفای سکوی رسوبگذاری این سازند در دونین بیشتر از کربونیفر و به گمان هم در فارس بیشتر و به سوی خراسان جنوبی و سپس اصفهان کاهش یافته و این نیز می‌تواند نشانگر کاهش ژرفای عمومی آب از دونین به کربونیفر دانسته شود، اگرچه کارکرد زمین‌ساخت محلی و منطقه‌ای نیز می‌توانسته در پیدایش این نوسان‌ها و البته پیامد آن، زایش رژیم‌های متفاوت رسوبگذاری در نقاط مختلف ایران میانی کارساز بوده باشد.

نتیجه‌گیری

توالی چینه‌شناسی دونین بالایی شمال‌خاوری آباده فارس با ۲۲۲ متر ستبرا که بر پایه بررسی صحرایی، در چارچوب ۱۰ واحد سنگ چینه‌ای (لیتوفاسیس) Sh.I^۴ تا Sh.X^۴ بخش‌بندی شده، بر مبنای بررسی آزمایشگاهی و میکروسکوپی نیز، شش ریزخساره و یک سنگ‌رخساره در آن شناسایی و جداسازی گردیده است. این گروه‌های رخساره‌ای با بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی، دارای ترتیب فراوانی دانه‌های اسکلتی، غیراسکلتی و کانایی به گونه: خارپوستان < بازوپایان < کوارتز < پلوییدها = کلسی‌اسفرها < اسفنج‌ها < بریوزوئرها < تریلوبیت‌ها < گراپتولیت‌ها = تتناکولیت‌ها = آلییدها = کرتوییدها بوده و از هم‌سنجی با آگوه‌های رسوبی استاندارد و دیگر پژوهش‌ها و همچنین با نگر به دگرش آرام رخساره‌ها به یکدیگر، ناپافتی نهشته‌های ریزشی/الغزشی و نبود سد ریفی، می‌توان محیط رسوبی دیرینه و آگویی رسوب‌گذاری زیرسازند شیشو^۱ در این بُرش را، سکوی کربناته-آواری از گونه رمپ جورشیب (هم‌شیب)^۵ پیشنهاد داد که به ترتیب از دریا به سوی خشکی

^۵ Homoclinal ramp

^۴ Lithofacies

- Bhatia, M. R. (1983) Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone. *The Journal of Geology*, 91: 611-627. <https://doi.org/10.1086/628815>.
- Bowie, C. H. (2014) Characterization of Discontinuity Surfaces and Microfacies in a Storm Dominated Shallow Epeiric Sea, Devonian Cedar Valley Group, Iowa. Master's thesis, California State University, Fresno, 101 p.
- Brett, C. E., and Baird, G. C. (1986) Comparative taphonomy: A key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, 1: 207-227.
- Burchette, T. P., and Wright, V. P. (1992) Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79: 2-57.
- Cornet, P. (1975) Morphogenese, caractères écologiques et distribution des stromatopores dévoniens au bord sud du bassin de Dinant (Belgique). Unpublished, thesis, Université Catholique de Louvain, Leuven.
- Da Silva, A. C., and Boulvain, F. (2006) Upper Devonian carbonate platform correlations and sea level variations recorded in magnetic susceptibility. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 240: 373-388.
- Dott, Jr., R. H. (1964) Wacke, Graywacke and Matrix--What Approach to Immature Sandstone Classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 625-632.
- Dunham, R. J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum and Geology Memoirs*, 1: 108-121. <https://doi.org/10.1306/m1357>.
- Eghbali, M., Hamdi, B., Majidifard, M. R. (2020) Biostratigraphy of Shishtu 1 Formation in Howz-e-Dorah section based on the conodonts (eastern south of Tabas). *Researchs in Earth Science*, 11(42): 143-158. (in Persian). <https://doi.org/10.52547/ESRJ.11.2.143>.
- Embry, A. F., and Klovan, J. E. (1971) A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island: The Northwest Territories. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19: 730-78. <https://doi.org/10.1002/9781444313710>.
- Etemadi, B., and Al-Saadi, H. (1999) Identification of clay minerals in Esteghlal-Abadeh refractory mine with emphasis on X-ray diffraction (X.R.D) method. The third conference of Geological Society of Iran, Shiraz: 120-126. (in Persian).
- Farrokhnajad, R., Esfandiari, B., Motamed, A. (2016) Analysis of lithofacies and sedimentary conditions of Paleocene detrital succession in Eastern Alborz, Iran. *Earth Sciences*, 26(101): 211-218.
- Flügel, E. (2010) Microfacies of carbonate rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag, Berlin, 976p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2>.
- Folk, R. L. (1951) Stages of textural maturity in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Research*, 21(3): 127-130. <https://doi.org/10.2110/jsr.21.127>.
- Folk, R. L. (1980) Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, 184 p.
- Gao, X. L., Jiang, X. M., Le, K. X. (2014) Analysis and evaluation of nutritional components in different tissues of wild Sepia pharaonis. *Chinese Journal Animal Nutrition*, 26: 3858-3867 (In Chinese).
- Gilbert, C. M. (1954) Sedimentary rocks. p. 251-384. In H. Williams, F. J. Turner and C. M. Gilbert, Petrography, Freeman, San Francisco, 406 p.
- Hashemi, S. H., Sepideh Dem, Sh., Hosseinzadeh, R. (2017) Palynostratigraphy and paleoecology of the Shishtu Formation in the stratigraphic section of Tir Mountain, northwest of Kerman. *Stratigraphy and Sedimentology Research*, 66(1): 85-100. (in Persian). <https://doi.org/10.22108/JSSR.2017.21286>.
- Heydari, E. (2008) Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451 (1): 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.046>.
- House, M. R. (2002) Strength, timing, setting and cause of mid Palaeozoic extinctions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 181: 5-25.
- Jafarian, M. A., Vaziri Moghadam, H., Taheri, A. (2024) Invertebrate fossils: Macropaleozoology, first volume. Isfahan University Press, 4th edition, 345 p. (in Persian).
- Karimian Torghabeh, A., Mahmudy Gharai, M. H., Abioui, M. (2022) Petrography and geochemistry of late Devonian sandstones (Shishtu Formation) Middle East central Iran. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. Scienze Fisiche e Naturali*, 33(4): 771-783. <https://doi.org/10.1007/s12210-022-01094-5>.
- Khazaei, E., Mahmudy Gharai, M. H., Mahboubi, A., Taheri, J. (2016) Facies analysis in transitional from Ordovician deposits (upper part of Shirgesht formation) to Silurian (lower part of Niur formation) in SW Kashmar, North of Tabas block. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 26(101): 111-126. <https://doi.org/10.22071/gsj.2016.41047>.
- Kianpour, S., Khanehbad, M., Mahmoudy Gharai, M. H., Moussavi-Harami, R. (2025) Provenance, palaeoclimate, and tectonic setting of the Shishtu-1 Formation (Late Devonian) in East-Central Iran: Based on geochemical evidence. *Iranian Journal of Earth Sciences* (Accepted:

- 2025-03-08), Published in Issue 2025-07-05. <https://doi.org/10.57647/j.ijes.2025.17007>.
- Kietzmann, D. A., Palma, R. M., Riccardi, A. C., Martín-Chivelet, J., López-Gómez, J. (2014) Sedimentology and sequence stratigraphy of a Tithonian–Valanginian carbonate ramp (Vaca Muerta Formation): a misunderstood exceptional source rock in the Southern Mendoza area of the Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentary Geology*, 302: 64–86. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2014.01.002>.
- Königshof, P., Bahrami, A., Kaiser, S. I. (2021) Devonian–Carboniferous boundary sections in Iran. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 101: 613–632. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00438-z>.
- Krynine, P. D. (1948) The megascopic study and field classification of sedimentary rocks. *Journal of Geology*, 56: 130–165. <https://doi.org/10.1086/625492>.
- Loftus W. K. (1855) On the geology of portions of the Turko-Persian frontier, and of the districts adjoining. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 11(1-2): 247–344.
- Machel, H. G., and Hunter, I. G. (1994) Facies models for Middle to Late Devonian shallow-marine carbonates, with comparisons to modern reefs: a guide for facies analysis. *Facies*, 30: 155–176. <https://doi.org/10.1007/BF02536895>.
- Mahdavi, M. A. (1996) Explanatory text Abadeh quadrangle (1: 250,000). Geological Survey of Iran, 137 p. (in Persian).
- Mahmoudi, F., Mirab Shabestri, G., Khazaei, A. R. (2015) Sedimentary environment, diagenesis and geochemistry of carbonate rocks of Bahram Formation (Middle-Late Devonian) in Qala Bala section (Uzbek-Koh, East Iran). *Sedimentary Facies*, 8(1): 107–128. (in Persian).
- Mahmoudi Qarai, M. H., Ashuri, A., Khanabad, M., Ghaderi, A. (2008) Studying the cortex of iron-bearing ovoids of Shishtu Formation and investigating the role of microbial activities in their formation. *Sedimentary Facies*, 2(1): 105–95. (in Persian).
- Maneerat, W., Jitmahantakul, S., Charoentitirat, T. (2022) Devonian Tentaculite of the Thong Pha Phum Group in Si Sawat District, Kanchanaburi Province. *Bulletin of Earth Sciences of Thailand*, 14 (1): 35–49.
- Mannani, M., and Yazdi, M. (2014) First report on Late Devonian Annulata Event in the northeast of Abadeh (Esteghlal Mine). 33rd Earth Science Conference, 7 p. (in Persian).
- Manzari, H., Porchangiz, V., Salajgeh, M. (2013) Investigating the sedimentary environment of Bahram and Shishtu 1 formations (Upper Devonian), in the southeast of Raver region (Sarashk). 17th Symposium of Geological Society of Iran, 7 p. (in Persian).
- McBride, E. F. (1963) A classification of common sandstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, 33: 664–669. <https://doi.org/10.1306/74D70EE8-2B21-11D7-8648000102C1865D>.
- Mossioni, A., Franceschelli, M., Corradini, C. (2014) Selected Famennian (Late Devonian) events (Condroz, Annulata, Hangenberg) in Sardinia and in the Carnic Alps: conodont biostratigraphy, magnetic susceptibility and geochemistry. *Università degli Studi di Cagliari Facoltà di Scienze, MM. FF. NN*, 171 p.
- Nichols, G. (2023) *Sedimentology and Stratigraphy*, 3th Edition. Wiley, Hoboken, New Jersey, U.S., 544 p.
- Pettijohn, F. J. (1975) *Sedimentary Rocks*. Harper and Row, New York, 718 p.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R. (1987) *Sand and Sandstone*. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 553 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>
- Plocher, O. W. (1990) Biotic, petrographic and diagenetic analysis of strata that bound the contact between the Little Cedar and Coralville formations (Middle Devonian) east-central Iowa. Master Thesis, University of Iowa.
- Ramshini, M., Sattari, E., Bahrami, A., Vaziri Moghadam, H. (2022) Biostratigraphy, biofacies and CAI of the late Devonian deposits in Kale-Sardar section, North-east Tabas, based on conodont fauna. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 22: 1–25. (in Persian). <https://doi.org/10.61186/isp.41138.11.22.1>.
- Romero, J., Caus, E., Rosell, A. (2002) A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179: 45–56.
- Roser, B. P., and Korsch, R. J. (1986) Determination of Tectonic Setting of Sandstone-Mudstone Suites Using SiO₂ Content and K₂O/Na₂O Ratio. *Journal of Geology*, 94: 635–650. <https://doi.org/10.1086/629071>.
- Ruttner A., Nabavi, M. H., Hajian, J. (1968) Geology of Shirgesht area (Tabas area, East Iran). *Geological Society of Iran*, 4: 133 p.
- Sattari, E., Vaziri-Moghaddam, H., Bahrami, A., Taheri, A., Boncheva, I. (2023) Biostratigraphy, Microfacies, Sedimentary Environments and Sequence Stratigraphy of the Late Devonian–Carboniferous Deposits at the Anarak Section, Central Iran. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 97(4): 1038–1057. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.15071>.
- Selly, R. C. (2013) *Ancient Sedimentary Environments and their sub-surface diagnosis*, 4th Edition. Chapman & Hall, London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, Xvii, 318 p. <https://doi.org/10.4324/9780203059845>.

- Sharafi, M., Harami, S. R., Mahboubi, A., Jafarzadeh, M. (2018) Petrography and Geochemistry of the sandstones of the Jeirud Formation in the Central Alborz: Application for Provenance and Tectonic setting. *Applied Sedimentology*, 6 (12): 1- 24. <https://doi.org/10.22084/psj.2018.14126.1151>.
- Sharafi, M., Mosaddegh, H., Bayet-Goll, A., Ahmadi, L. (2020) Sedimentary facies and depositional environment of the Mobarak Formation in the Kahang area, Central Alborz. *Applied Sedimentology*, 8 (16): 160- 178. <https://doi.org/10.22084/psj.2020.22448.1252>.
- Stöcklin, J., Eftekhar-Nezhad, J., Hushmand-Zadeh, A. (1965, reprinted 1991) Geology of the Shotori range (Tabas area, east Iran). *Geological Survey of Iran*, 3: 1-69.
- Tamadon, H. (1990) exploratory operations in block 2 of Esteghlal Mine. Non-metallic material procurement company, 120 p. (in Persian).
- Tucker, M. E. (2013) Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. Wiley-Blackwell, 272 p.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. J., Thompson, S. (1977) Seismic stratigraphy and global change in sea level. In: Payton CE (ed) Relative changes of sea-level from coastal onlap: Seismic stratigraphy—Application to hydrocarbon exploration. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 26: 49–212.
- Vaseliouf, E., Darafshan, A., Bakshaei, M. H. (1982) Plant traces of Abadeh region. Non-metallic material procurement company, 85 p. (in Persian).
- Viquesnel, A. (1850) Notice sur la collection de roches recueillie en Asie par feu Hommaire de Hell, et sur les divers travaux exécutés pendant le cours de son voyage. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2(7): 491-514.
- Wendt, J., Kaufmann, B., Belka, Z., Farsan, N., Karimi, B. A. (2002) Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran. Part I. Southeastern Iran. *Acta Geologica Polonica*, 52: 129–168.
- Wilson, J. L. (1975) Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, New York, 471 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-6383-8>.
- Wright, V. P. (1992) A Revised Classification of Limestone. *Journal of Sedimentary Geology*, 76: 177-185. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90082-3](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90082-3).
- Yazdi, M., Meysami, A., Mannani, M., Bakshaei M. H., Mawson, R. (2000) Famennian conodonts from the Estghlal Refractory Mine, Abadeh area, South-central Iran. *Record of the Australian Museum Supplement*, 58: 197-209.
- Zand-Moghadam, H., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Rahimi, B. (2013) Petrography and Geochemistry of the Early- Middle Devonian sandstones of the Padeha Formation in the North of Kerman, SE Iran. Implications for provenance. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*, 83: 1-14.