

Research Article**Sequence stratigraphy and its relationship with reservoir quality at Sarvak Formation in one of Zagros basin oil fields**

Mohammad Reza Asghari¹, Davood Jahani^{2*}, Seyed Jamal Aldin Sheikh Zakariaii¹, Mehran Arian¹, Mohsen Aleali¹

1- Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Keywords: Sarvak, Sequence, Stratigraphy, Abadan, Zagros

1- Introduction

The Zagros Orogenic Belt is located in the middle part of Alpine Orogeny, and regarding plate tectonics, the belt consists highly geodynamical active edge of the Arabian Plate. The Abadan Plain is one of the structural units at the Zagros Orogenic Belt in the SW of Iran. The Sarvak Formation is the largest reservoir unit in the Abadan Plain and the Dezful Embayment. In the Sarvak Formation, several significant and local discontinuities have been identified that could be viewed as a key to fractionating sequences. For example, the disconformity that lies on top of the Sarvak Formation reported by (Razin et al., 2010; van Buchem et al., 2011; Hajikazemi et al., 2012; Rahimpour-Bonab et al., 2013; De Periere et al., 2017). Assadi et al. (2016, 2018) identified four discontinuities in the plain of Lower Cenomanian, Middle Cenomanian, Cenomanian-Turonian boundary and Middle Turonian ages.

Moreover, the formation was sequence stratigraphy studied in the Zagros Basin by scholars like (van Buchem et al., 1996, Razin et al., 2010; Vincent et al., 2015; Assadi et al., 2016, 2018; Gholami Zadeh et al., 2019). Therefore, defining the sequences besides the diagenetic and microfacies studies could play an indispensable role in better understanding the reservoir quality of a formation. By way of example, the sequential boundaries of SBI type have qualified as an appropriate place to store hydrocarbons due to retrogradation and development of diagenetic and meteoric processes (e.g. karstification, moldic, and vuggy dissolution).

2- Materials and methods

In order to differentiate and distinguish sequences and sequential boundaries, facies variation and erosional levels were adopted that entailed thin sections, cuttings, core samples and Gamma Log. To undertake the age determination for the sequences and their correlation, the Wynd (1965) biozonation was adopted. The microfacies classification was undertaken using the methods introduced by Carozzi (1989), Lasemi and Carozzi (1981), and Flugel (2004, 2010). Determination of facies belts and the kind of sedimentary environment of the formation was undertaken by combining and comparing Wilson's (1975) and Flugel's (2010) methods. Stratigraphic sequence studies of the Sarvak Formation were conducted as per the sequential fundamentals by (Emery and Myers, 1996; Vial et al., 1977; Mial, 1997; Golonka and Kiessling, 2000).

3-Results and discussion

The Sarvak Formation in the wells consists of thick limestone with dolomite limestone, claystone and marly interbeds. The age of this formation is Upper Albian- Lower Turonian. In the wells, the carbonate formation of Sarvak lies over the Kazhdumi shale Formation with a continuous gradual boundary and is overlain by the Laffan shale Formation with a sharp and discontinuous boundary. The outcome of the studied sequence was the

* Corresponding author: djahanigeo@gmail.com

DOI: 10.22055/AAG.2021.36567.2204

Received 2021-02-05

Accepted 2021-05-15

recognition of eleven facies deposited in the basin, the outer ramp, the middle ramp, and the inner ramp sub-environments. The identified sequential facies led to recognising four 3rd order sedimentary sequences in the Upper Albian-Lower Turonian wells.

3-1- The first sequence

It occurs in Lower Sarvak (Mudoud Member). The TST of the sequence of progressive argillaceous limestone facies of bioclasts, high clay content and secondary dolomite can be recognized. Planktonic foraminifera mudstone-wackestone facies is an indication of the MFS of the sequence. The early HST of the first sequence is characterized by facies possessing rudist clasts belonging to the shoal sub-environment. The late HST is discernible by its great thickness from shallow marine facies.

The sequence is Upper Albian-Lower Cenomanian in age. The lack of evidence on regression and the gradual boundary between the two formations of SB2 type indicates that the lower boundary of the sequence lies in the sediments belonging to the upper part of the Kazhdumi Formation. The upper boundary of the sequence overlies the discontinuity of the Lower Cenomanian (Disq-1) and SB1 types.

The facies of TST of the sequences possess a poor porosity, permeability and reservoir quality due to their occurrence in deep environments. The early HST possess relatively good reservoir quality due to rudist facies where the solution is affected by Lower Cenomanian discontinuity. The late HST is of relatively good reservoir quality, where upwardly-enhancing quality drops dramatically through the build-up of muddy facies.

3-2- The Second sequence

The TST in this sequence initiates with a significant thickness from the lagoonal facies of Miliolids wackestone-packstone grading into the progressive argillaceous facies of Ahmadi Member. The facies of Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone. Moreover, packstone is thought of as the MFS of the second sequence. The initial part of the HST begins with the middle ramp deposits (Rudist floatstone). The sequence of lagoonal and shoal appears in a continuation that characterises the end of the second sequence's progressive path. The sequence is of the Middle Cenomanian age. Its lower boundary, as elucidated earlier, overlies the Lower Cenomanian discontinuity (Disq-1) and is of SBI type. Despite evidence like brecciation and diverse dissolution, the upper boundary is partially discontinuous (Disq-2) and SB1 type. Reservoir quality is highly poor in the TST, whilst that of HST is relatively good, and the lower part possesses a good porosity which is often filled with formation water.

3-3- The third sequence

The TST in this sequence initiates with lagoonal facies. Then emerges the Bioclast rudist grainstone-packstone facies where rudist clasts are abundant and belong with the shoal facies. The MFS consists of Rudist floatstone facies. The HST is formed of alternating lagoonal and shoal facies, and the third sequence is of the Upper Cenomanian age. As elucidated earlier in the second sequence, its lower boundary overlies the discontinuous discontinuity (Disq-2) and is of SB1 type. The upper boundary in the study wells is SB1 type as per evidence, like palaeosol, brecciation, and meteoric porosity. The TST of the sequence is of high porosity and significant shale volume. Such interval characterizes a relatively good-well reservoir quality (in facies of rudist clasts). In the HST of the third sequence, rudist rudstone, bioclast intraclast grainstone, and bioclast rudist grainstone-packstone facies are of moderate to reasonably good reservoir quality.

3-4- The fourth sequence

The 4th sequence of the Sarvak Formation lies on top of the formation and is of Lower Turonian age. The TST initiates with lagoonal bioclastic facies, grading into facies with rudist clasts belonging with the middle ramp and shoal, and, later on, into lagoonal facies. The MFS is characterized by Bioclast pelloid facies, which belongs to the outer ramp. The HST is characterized by carbonate mud and lagoonal bioclastic facies. The lower boundary of the sequence overlies the (Disq-3) discontinuity and is of SB1 type. In the TST, reservoir quality (at Bioclast



intraclast grainstone facies in particular) is relatively good due to the presence of mud-supported rudist facies. The HST of the 4th sequence is of moderate to relatively good reservoir quality.

4- Conclusions

The reservoir formation of Sarvak of the Upper Albian-Lower Turonian age consists of thick limestone in which interbeds of dolomitic limestone, claystone, and marl occur. The formation lies with a gradual and continuous boundary over the Kazhdumi Shale Formation and is underlain by the Laffan shale Formation with a discontinuous boundary. The sedimentology studies resulted in the identification of eleven microfacies in this formation. They were formed on a monocline ramp and in sub-environments of the basin, outer ramp, middle ramp, and inner ramp.

Evidence like palaeosol, karstification, brecciation, meteoric porosity and blatant transformation in facies in this formation all led to the identification of four discontinuities as follows: discontinuity of Lower Cenomanian (Disq-1), discontinuity of Middle Cenomanian (Disq-2), discontinuity of/at the boundary between Cenomanian-Turonian (Disq-3), and discontinuity of Middle Turonian (Disq-4). Given the transformations in facies, the recognized discontinuities, variations in Gamma Log and core samples, four sedimentary sequences of third-order were identified in the wells. The lower boundary of the first sequence, with the lack of evidence to testify erosion, is SB2 type and the rest of the boundaries are of SB1 type as evidenced by erosional processes. The 3rd and fourth sequences possess the highest reservoir quality in the Sarvak Formation. The TST and HST track systems of the sequences are of good-well reservoir quality due to mud-supported rudist facies, possessing rudist facies, and lying beneath discontinuities (Disq-3 and 4) and, consequently, undergoing karstification and development of large moldic and vuggy porosities, respectively. This is because TST facies of the 1st and second sequences are of low reservoir quality, which is due to possessing mud-supported facies typical of deep zones of seas where porosity and permeability are insignificant.

References

- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S.A., Abdollahie Fard, I., 2016. Depositional environments and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in an oil field in the Abadan Plain, SW Iran. *Facies* 62, 1-23.
- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S.A., Abdollahie-Fard, I., 2018. An integrated approach for identification and characterization of palaeo-exposure surfaces in the upper Sarvak Formation of Abadan Plain, SW Iran, *Journal of African Earth Sciences* 145, 32-48.
- De Periere, M.D., Durllet, C., Vennin, E., Caline, B., Boichard, R., Meyer, A., 2017. Influence of a major exposure surface on the development of microporous micritic limestones-Example of the Upper Mishrif Formation (Cenomanian) of the Middle East. *Sedimentary Geology* 353, 96-113.
- Emery, D., Myers, K.J., 1996. *Sequence Stratigraphy*, Oxford, Blackwell Science, p. 297.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, p. 984.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies Analysis of Limestone: Analysis, Interpretation and Application*, Springer Verlag, Berlin, p. 976.
- Golonka, J., Kiessling, W., 2002. Phanerozoic time scale and definition of time slices, *SEPM, Special Publications* 72, 11-20.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I., Coniglio, M., 2012. Chemostratigraphy of Cenomanian–Turonian carbonates of the Sarvak Formation, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology* 35, 187-205.
- Lasemi, Y., Carozzi, A.V., 1981. Carbonate microfacies and depositional environments of the Kinkaid Formation (Upper Mississippian) of the Illinois Basin, USA, V.III Congreso Geol.Argentino, Sanluis, Actas II, 357-384.
- Miall, A.D., 1997. *The geology of stratigraphic sequences*, Springer-Verlag, New York, 433p.
- Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Huck, S., Heimhofer, U., 2016. Elemental geochemistry and strontiumisotope stratigraphy of Cenomanian to Santonian neritic carbonates in the Zagros Basin, Iran. *Sedimentary Geology* 346, 35-48.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Omidvar, M., Enayati Bidgoli, A., Sonei, R., Sajjadi, F., Amiri Bakhtyar, H., Arzani, N., Izadi Mazidi, E., 2013. Palaeo-exposure surfaces in Cenomanian–Santonian carbonate reservoirs in the Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology* 36, 335-362.



- Sharland, P., Simmons, M., Casey, D., Davies, R., Sutcliffe, O., 2001. Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia Special Publications* 2, pp. 371
- van Buchem, F.S.P., Razin, P., Homewood, P., Oterdoom, W., Philip, J., 2002. Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic-rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous) of northern Oman. *AAPG (American Association of Petroleum Geologists)* 86, 21–53.
- van Buchem, F.S.P., Simmons, M., Droste, H., Davies, R., 2011. Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate—depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience* 17, 211–222.
- Vincent, B., Swennen, R., Jalali, M., Baghbani, D., van Buchem, F.S.P., 2010. Regional unconformities in the Cenomanian and Turonian limestone of southwest Iran (Sarvak Formation)—subaerial exposures, diagenetic patterns and impact on reservoir properties. In: *Extended Abstract, Albian/Cenomanian/Turonian carbonate siliciclastic systems of the Arabian Plate. EAGE Second Arabian Plate Workshop, Abu Dhabi*, pp. 24–27.
- Vincent, B., van Buchem, F.S.P., Bulot, L., Jalali, M., Swennen, R., Husseini, A.S., Baghbani, D., 2015. Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in Coastal Fars (SW Iran). *Marine and Petroleum Geology* 63, 47-67.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate facies in geologic history*, Springer-Verlag, New York, p. 471.
- Wynd, J., 1965. *Biofacies of the Iranian consortium-agreement area Iranian Offshore Oil Company, Tehran*, Report No 1082 (Unpublished).

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Asghari, M.R., Jahani, D., Sheikh Zakariaii, S.J., Arian, M., Aleali, M., 2022. Sequence stratigraphy and its relationship with reservoir quality at Sarvak Formation in one of Zagros basin oil fields. *Adv. Appl. Geol.* 12(3), 520-536.

DOI: 10.22055/AAG.2021.36567.2204

url: https://aag.scu.ac.ir/article_16824.html?lang=en

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



چینه‌نگاری سکانشی و رابطه آن با کیفیت مخزنی سازند سروک در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غربی حوضه زاگرس

محمد رضا اصغری

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

داود جهانی*

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

سید جمال‌الدین شیخ زکریایی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مهران آرین

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

محسن آل علی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

*djahanigeo@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

چکیده

در این مطالعه، جهت بررسی چینه‌نگاری سکانشی و تأثیر آن بر کیفیت مخزنی سازند سروک، ۳ چاه از یک میدان نفتی در دشت آبادان مورد مطالعه قرار گرفت. سازند سروک در این چاه‌ها، با مرزی تدریجی و پیوسته روی سازند شیلی کژدمی قرار گرفته است. مرز بالایی این سازند با سازند شیلی لافان به صورت ناگهانی و ناپیوسته می‌باشد. در مجموع ۱۱ رخساره در سازند سروک شناسایی شد که در زیرمحیط‌های حوضه، رمپ بیرونی، رمپ میانی و رمپ درونی ته‌نشست پیدا کرده‌اند. بر اساس شواهدی چون وجود خاک دیرینه، برشی شدن، تخلخل‌های متئوریک و کارستی شدن، ۴ ناپیوستگی در این چاه‌ها شناسایی شد که عبارت‌اند از: ناپیوستگی سنومانین زیرین، ناپیوستگی سنومانین میانی، ناپیوستگی مرز سنومانین - تورونین و ناپیوستگی تورونین میانی. با توجه به رخساره‌های شناسایی شده، ناپیوستگی‌ها، نمودار لاگ گاما و مشاهده مغزه‌ها، ۴ سکانس رسوبی رده سوم در این چاه‌ها شناسایی گردید که به ترتیب از قدیم به جدید عبارتند از: سکانس اول به سن آلین بالایی - سنومانین زیرین، سکانس دوم به سن سنومانین میانی، سکانس سوم به سن سنومانین بالایی و سکانس چهارم به سن تورونین زیرین تا میانی. با توجه به ناپیوستگی‌های شناسایی شده، تمام مرزهای سکانشی از نوع SB1 می‌باشند، به استثناء مرز زیرین سکانس اول که از نوع SB2 می‌باشد. رخساره‌های سیستم تراکت پیشرونده سکانس‌های اول و دوم، کیفیت مخزنی پایینی دارند، در حالی که سیستم تراکت پیشرونده سکانس‌های سوم و چهارم دارای کیفیت مخزنی خوب تا عالی هستند (به دلیل حضور رخساره‌های رودیستی دانه پشتیبان). دسته رخساره تراز بالای سکانس‌های سوم و چهارم دارای بهترین کیفیت مخزنی در این سازند هستند. در زیر ناپیوستگی‌ها (خصوصاً زیر ناپیوستگی‌های سنومانین بالایی و مرز سنومانین - تورونین) کیفیت مخزنی به دلیل توسعه فرایندهای دیاژنزی متئوریک (کارستی شدن و وجود تخلخل‌های قالبی و انحلال‌های وسیع و بزرگ حفره‌ای) افزایش قابل توجهی پیدا کرده است.

کلمات کلیدی: سازند سروک، چینه‌نگاری سکانشی، دشت آبادان، حوضه زاگرس

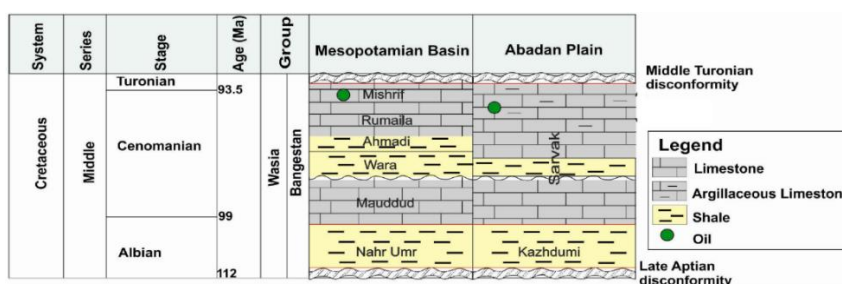
مقدمه

1992). سازند سروک بزرگ‌ترین واحد مخزنی در دشت آبادان و فروافتادگی دزفول به شمار می‌رود (شکل ۱). بخش بالایی سازند سروک با آهک توده‌ای و خرده‌های رودیستی فراوان، رخساره مخزنی اصلی را تشکیل می‌دهد. محیط رسوبی این سازند، تحت تأثیر عواملی چون افت سطح آب دریاها و نیز تحرکات تکتونیکی، پلاتفرمی کم‌عمق بوده است (Ahmadhadi et al., 2007; Piryaee et al., 2011;

کمربند کوهزایی زاگرس در بخش میانی کمربند کوهزایی آلپی جای گرفته و از نگاه زمین‌ساخت ورقه‌ای این کمربند کوهزایی به عنوان لبه پرتکاپوی ژئودینامیکی صفحه‌عربی در نظر گرفته می‌شود (Alavi, 2007). دشت آبادان یکی از واحدهای ساختمانی در کمربند کوهزایی زاگرس می‌باشد که در جنوب غربی ایران واقع شده است (Motiei,)

در کنار مطالعات دیاژنز و رخساره‌ها، شناسایی سکناس‌ها می‌تواند نقش مهمی در درک بهتر کیفیت مخزنی یک سازند داشته باشد. برای مثال مرزهای سکناسی نوع SB1 به دلیل خروج از آب و گسترش فرآیندهای دیاژنتیک متوریک (مانند کارستی شدن، انحلال قالبی و حفره‌ای)، مکان بسیار مناسبی جهت تجمع هیدروکربن‌ها می‌باشد. مثال دیگر سطوح حداکثر غرقابی (Maximum Flooding Surfaces) می‌باشند. این سطوح با توجه به تشکیل در محیط عمیق‌تر، عموماً دارای کیفیت مخزنی پایینی هستند. شناسایی این سطوح سکناسی و نیز تطابق آن‌ها، می‌تواند در پیش‌بینی کیفیت مخزنی یک میدان، کمک شایانی کند. در این مطالعه سعی شده است سطوح فرسایشی، مرزهای سکناسی و نیز سیستم تراکت‌های سازند سروک شناسایی شوند و در ادامه سکناس‌ها از منظر کیفیت مخزنی مورد بررسی قرار بگیرند.

(Mehrabi et al., 2015). در سازند سروک و نیز در بالای آن، چند ناپیوستگی‌های مهم و محلی شناسایی شده‌اند که می‌توانند به‌عنوان کلید تفکیک سکناس‌ها به شمار روند. از جمله می‌توان به ناپیوستگی رأس سازند سروک اشاره کرد که توسط Hajikazemi و همکاران (۲۰۱۲)، Rahimpour-Bonab و همکاران (۲۰۱۳)، De Periere و همکاران (۲۰۱۷)، گزارش شده است. در دشت آبادان نیز چندین ناپیوستگی در این سازند توسط Sharland و همکاران (۲۰۰۱)، Sharp و همکاران (۲۰۱۰)، van Buchem و همکاران (۲۰۱۱)، Vincent و همکاران (۲۰۱۵)، Assadi و همکاران (۲۰۱۶)، Navidtalab و همکاران (۲۰۱۶) و De Periere و همکاران (۲۰۱۷) شناسایی شده است.



شکل ۱ - چینه نگاری توالی آلبین - تورونین در دشت آبادان و حوضه میانرودان (Christian 1997).

Fig. 1. Stratigraphy of the Albian- Turonian sequence in the Abadan Plain and Mesopotamian Basin (Christian, 1997).

روش کار

می‌باشد. در این چاه‌ها، سازند سروک به دو بخش قابل تقسیم است: سروک بالایی دارای سنی برابر سنومانین تا تورونین زیرین است. بازه مارنی - آرژیلی احمدی با ضخامت حدودی ۲۰ متر در بین سروک زیرین و فوقانی قابل شناسایی بوده و نقش لایه کلیدی را بازی می‌کند. سروک زیرین که به سن آلبین بالایی تا سنومانین می‌باشد. این بخش از آهک‌های بایوکلاستیک تشکیل شده است. این بخش قابل قیاس با سازند مودود است که در کشورهای عربی و خلیج فارس گسترش دارد. از منظر زیست‌چینه‌نگاری، پایین‌ترین بخش سازند سروک دارای گونه‌های زیر می‌باشد:

Calcisphaerula innominata, *Stomiosphaera sphaera*, *Stomiosphaera conoidea*, *Favusella washitensis*, *Pithonella ovalis*.

این گونه‌ها معادل بیوزون *Oligostegina facies#26* with

Hedbergella washitensis occurrence Sub Zone#23 of

Wynd (۱۹۶۵) می‌باشند و نشانگر سن آلبین پسین؟- سنومانین

زیرین هستند. در رسوبات بخش میانی سازند سروک، گونه‌های زیر شناسایی گردید:

Nezzazata conica, *Nezzazata concave*, *Nezzazata simplex*, *Nezzazata sp.*, *Nezzazatinella picardi*, *Praealveolina cretacea*, *Nezzazatinella sp.*, *Cuneolina pavonia*, *Textularids*, *Choffatella sp.*, *Pseudorhipidionina sp.*, *Ovalveolina crassa*,

جهت تفکیک و شناسایی سکناس‌ها و مرزهای سکناسی از تغییرات رخساره‌ها و نیز سطوح فرسایشی استفاده شد. به این منظور، مقاطع نازک، خرده‌های حفاری، مغزه‌ها و لاگ گاما، مورد استفاده قرار گرفتند. جهت تعیین سن سکناس‌ها و تطابق آن‌ها، از زون‌بندی زیستی Wynd (۱۹۶۵) بهره گرفته شد. طبقه‌بندی رخساره با استفاده از روش‌های Dunhuam (۱۹۶۲)، Lasemi و Carozzi (۱۹۸۱)، Carozzi (۱۹۸۹) و Flugel (۲۰۰۴ و ۲۰۱۰) انجام شد. تعیین کمرندهای رخساره‌ای و محیط رسوبی این سازند نیز با استفاده از تلفیق و مقایسه روش‌های Wilson (۱۹۷۵) و Flugel (۲۰۱۰) صورت گرفته است. مطالعات سکناس استراتیگرافی سازند سروک بر اساس اصول چینه‌نگاری سکناسی van Wagoner و همکاران (۱۹۸۸)، Myers و Emery (۱۹۹۶)، Vial و همکاران (۱۹۷۷)، Mial (۱۹۹۷)، Golonka و Kiessling (۲۰۰۰) انجام شده است.

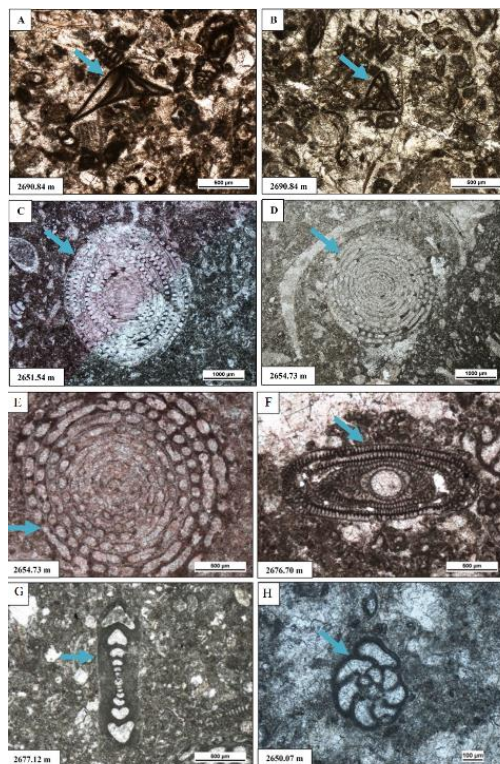
چینه‌نگاری سنگی و زیستی

در این چاه‌ها، سازند سروک از آهک‌های ضخیم لایه تشکیل شده که در آن میان لایه‌های آهک دولومیتی، سنگ‌رس و مارنی دیده می‌شوند. سن سازند سروک در این میدان، آلبین پسین تا تورونین زیرین می‌باشد. در چاه‌های مورد مطالعه، سازند کربناته سروک با مرزی تدریجی و پیوسته، روی سازند شیلی کزدمی قرار گرفته است. مرز بالایی این سازند با سازند شیلی لافان به صورت ناگهانی و ناپیوسته

Pithonella ovalis, *Stomiosphaera sphaera*, *Elipsactinia sphaeractinoides*, oligosteginids, sponge spicule, dasyclad algae, corals, gastropods, ostracods, echinoids, pelecypods, rudist debris, algal debris.

گونه‌های یادشده، معادل بیوزون *Nezzazata / Alveolina* Assemblage Zone#25 (۱۹۶۵) می‌باشند. این بیوزون سن سنومانین را نشان می‌دهد. در بالاترین رسوبات سازند سروک در چاه های مورد مطالعه گونه‌های *Dicyclina schlumbergeri*, oligosteginids, *Nezzazatinella picardi*, Rudist debris شناسایی گردید. درحالی‌که هیچ‌گونه آلوتولینید، مشاهده نشد. این تجمع معادل *Dicyclina -Valvulina* Assemblage Zone#29 (۱۹۶۵) Wynd می‌باشد که نشانگر سن تورونین زیرین برای این رسوبات است. در پلیت ۱، برخی از میکروفسیل‌های شناسایی شده در این برش‌ها، نمایش داده شده است.

Cisalveolina sp., *Ovalveolina ovum*, *Cisalveolina fallax*, *Cisalveolina lehneri*, *Cisalveolina frassi*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Nummuloculina hemi*, *Pseudocyclammina rugosa*, *Trocholina* sp., *Cycledomia* sp., *Pseudolituonella reicheli*, Valvulinids, *Biconcava bentori*, *Spiroloculina cretacea*, *Peneroplis turonicus*, *Taberina bingestani*, *Simplalveolina simplex*, *Chrysalidina gradate*, *Biplanata* sp. *Pseudorhipidionina casertana*, *Merlingi cretaceara*, *Multispirina iranensis*, *Edomia reichali*, *Rabanitina basiaensis*, *Daxia cenomana*, *Nautiloculina* sp., *Orbitolina* sp., *Hemicyclammina* sp., *Biplanata peneropliformis*, *Pseudoraphydidionina dubia*, *Coxites zabairensis*, *Cyclolina cretacea*, *Thaumatoporella parovesiculifera*, *Radiolari* sp., *Mangashtia viennoti*, Miliolids, *Calcisphaerula innominata*,



پلیت ۱- فرامینیفراهای سازند سروک؛

(a) *Nezzazata concava*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (b) *Nezzazata conica*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (c) *Cisalveolina fallax*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (d) *Cisalveolina lehneri*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (e) *Ovalveolina ovum*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (f) *Praealveolina cretacea*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (g) *Biconcava bentori*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, and (h) *Nezzazatinella picardi*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age.

Plate 1- Sarvak Formation foraminifers; (a) *Nezzazata concava*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (b) *Nezzazata conica*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (c) *Cisalveolina fallax*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (d) *Cisalveolina lehneri*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (e) *Ovalveolina ovum*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (f) *Praealveolina cretacea*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, (g) *Biconcava bentori*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age, and (h) *Nezzazatinella picardi*, Sarvak Fm., Upper unit, Late Cenomanian age.

رخساره‌ها و محیط رسوبی

رخساره Planktonic foraminifera mudstone-wackestone نشانگر حداکثر سطح فرقای این سکناس می‌باشد. فرامینیفراهای پلانکتون (*Murichohedbergella*, *Heterohelix*) سازندگان (*Whitinnella*, *Gelobigerinelloides*, *Rotalipora*) اصلی این رخساره می‌باشند (پلیت f2). با توجه به وفور فرامینیفراهای پلانکتون، وجود خرده‌های اکتینودرم، سوزن اسفنج، فابریک گل پشتیبان و نیز عدم وجود بایوکلاست‌های درشت، این رخساره در محیط بسیار کم انرژی دریای باز، زیر سطح اساس امواج نرمال تشکیل شده است و نشانگر حداکثر عمق این سکناس می‌باشد. میزان لاگ گاما در این سطح افزایش یافته است که می‌تواند نشانه خوبی برای تطابق آن در چاه‌های مجاور باشد. این سطح معادل K120 (Sharland) و همکاران، (۲۰۰۱) در دیگر مناطق صفحه‌عربی می‌باشد.

بخش زیرین دسته‌رخساره تراز بالا (High stand Systems Tract) سکناس اول توسط رخساره‌های دارای خرده‌های رودیستی Bioclast intraclast (شامل Bioclast rudist grainstone-packstone و grainstone) مشخص می‌شود. در ادامه بخش بالایی دسته‌رخساره تراز بالا با ضخامت زیادی از رخساره‌های کم‌عمق دریایی مشخص می‌شوند. تناوبی از رخساره‌های متعلق به پشته‌زیرآبی (Bioclast rudist grainstone-packstone) و تالاب (Algal benthic foraminifera packstone-wackestone و Miliolids wackestone-packstone) ادامه‌دهنده این بخش می‌باشند که نشانگر کاهش عمق حوضه رسوبی در انتهای این سکناس هستند. لازم به ذکر است ضخامت رخساره‌های متعلق به پشته‌زیرآبی، بیشتر از رخساره‌های تالابی می‌باشد. سن سکناس اول آلبین بالایی - سنومانین زیرین می‌باشد. مرز زیرین این سکناس، در رسوبات بخش بالایی سازند کژدمی واقع شده که با توجه به عدم وجود شواهد خروج از آب و تدریجی بودن مرز این دو سازند، از نوع SB2 می‌باشد. مرز بالایی این سکناس، منطبق بر ناپیوستگی سنومانین زیرین (Disq-1) بوده و از نوع SB1 است. از شواهد این ناپیوستگی در چاه‌های مورد مطالعه، می‌توان به کارستی شدن، تخلخل‌های حفره‌ای (پلیت a2) و نیز وجود سیمان کلسیتی متئوریتی اشاره کرد. این ناپیوستگی بین بخش‌های مودود و احمدی در صفحه‌عربی نیز گزارش شده است (Alsharhan and Nairn, 1990; Razin et al., 2010; Sharp et al., 2010; van Buchem et al., 2011; Vincent et al., 2015). در دشت آبادان این ناپیوستگی توسط Assadi و همکاران (۲۰۱۶، ۲۰۱۸) گزارش شده است.

رخساره‌های بخش دسته‌رخساره پیشرونده این سکناس با توجه به تشکیل در محیط‌های عمیقی چون حوضه، رمپ بیرونی و گاه رمپ بیرونی، دارای تخلخل، تراوایی و نهایتاً کیفیت مخزنی پایینی می‌باشد. رس زیاد، میکریتی بودن، فرایندهای دیاژنتیکی مانند فشردگی و سیمانی شدن، از دلایل کاهش کیفیت مخزنی این رخساره‌ها می‌باشد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته در توالی مورد مطالعه، تعداد ۱۱ رخساره شناسایی گردید. این رخساره‌ها عبارت‌اند از:

- B1: Planktonic foraminifera mudstone-wackestone
- O1: Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone
- O2: Bioclast pelloid wackestone
- M1: Planktonic-benthic foraminifera wackestone-packstone
- M2: Rudist floatstone
- I1: Rudist rudstone
- I2: Bioclast intraclast grainstone
- I3: Bioclast rudist grainstone-packstone
- I4: Pelloid bioclast wackestone-packstone
- I5: Algal benthic foraminifera packstone-wackestone
- I6: Miliolids wackestone-packstone

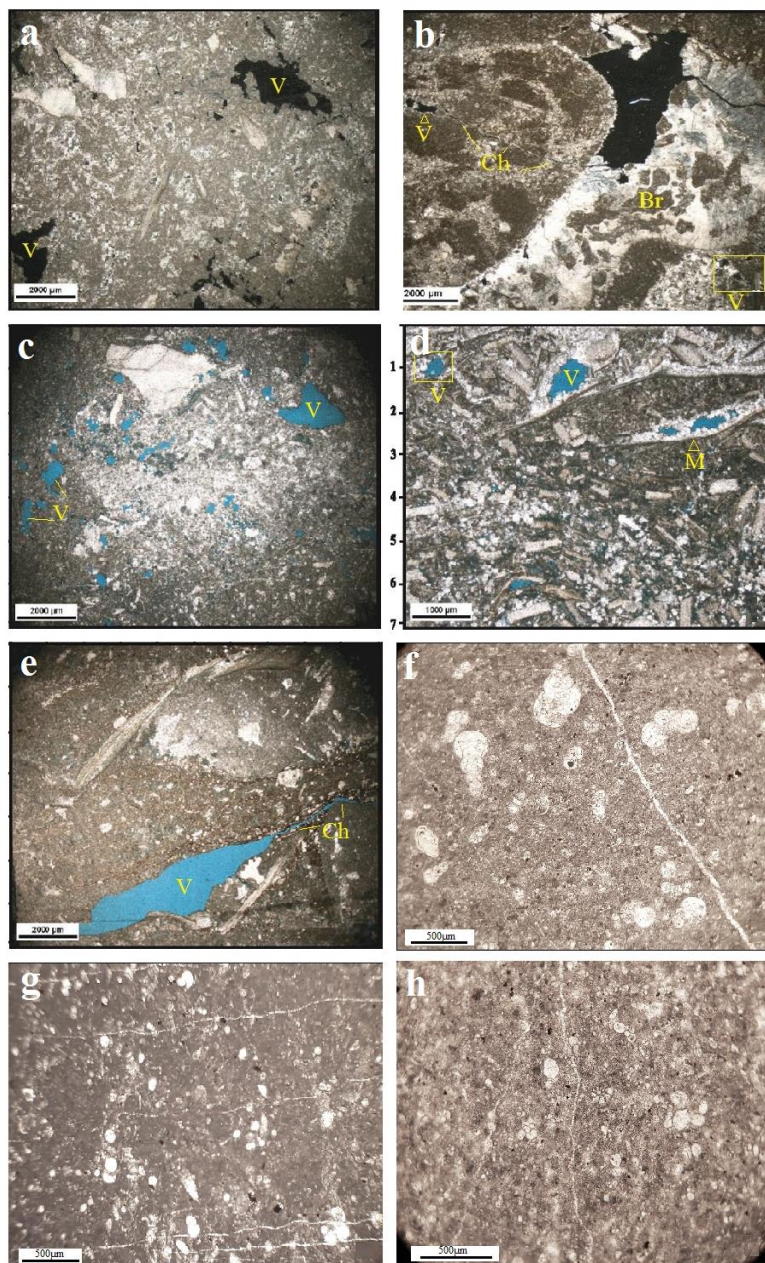
با توجه به ارتباط عمودی رخساره‌ها و همچنین با مقایسه با کارهای دیگران مانند Wilson (۱۹۷۵)، Read (۱۹۸۵)، Tucker و Wright (۱۹۹۰)، Reading (۱۹۹۶)، Burchette و Wright (۱۹۹۲)، Geel (۲۰۰۰) و نیز شواهدی چون نبود رسوبات دوباره نهشته شده (توربیدیتی)، نبود رخساره‌های ریزشی و لغزشی، کورتوئیدها، آنکوئیدها، پیژوئیدها و دانه‌های آگرگات، عدم وجود ریف‌های سدی بزرگ و پیوسته، فونای شناسایی شده، حضور سدهای رودیستی، وجود اسپارایت در اکثر رخساره‌ها و نیز تغییرات تدریجی رخساره‌ها، نشانگر ته‌نشست رسوبات این سازند در یک رمپ کربناته تک‌شیب می‌باشد. این محیط شامل زیرمحیط‌های حوضه، رمپ بیرونی، رمپ میانی و رمپ درونی می‌باشد.

چینه‌نگاری سکناسی چاه‌های مورد مطالعه

در این چاه‌ها، سازند سروک با رخساره‌های کربناته کم‌عمق قابل‌شناسایی است که به‌شدت تحت تأثیر هندسه پلاتفرم و تغییرات سطح آب دریا قرار دارد. توالی رخساره‌ای شناسایی شده منجر به شناسایی ۴ سکناس رسوبی رده سوم در این چاه‌ها گردید که از آلبین بالایی تا تورونین زیرین تشکیل شده‌اند (شکل ۴).

سکناس اول

این سکناس در سروک زیرین (بخش مودود) دیده می‌شود. دسته‌رخساره پیشرونده (Transgressive Systems Tract) این سکناس با رخساره‌های پیش‌رونده آهک آرژیلی دارای خرده‌های بایوکلاستی، رس بالا و نیز دولومیت ثانویه قابل‌شناسایی است. شروع این بخش با رخساره رمپ میانی (Planktonic-benthic foraminifera wackestone-packstone) می‌باشد که در ادامه تناوبی از رخساره‌های متعلق به رمپ بیرونی (Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone) حوضه (Planktonic foraminifera mudstone-wackestone) و به میزان کمتر، رمپ میانی، دیده می‌شوند.



پلیت ۲- (a) تخلخل حفره ای (V)، زیر ناپیوستگی Disq-1، (b) برشی شدن (Br)، تخلخل حفره ای (V) و کانالی (Ch)، زیر ناپیوستگی Disq-3، (c) نمونه حاوی چسب اپوکسی آبی که تخلخل مرتبط خوب از نوع حفره ای (V) را نشان می‌دهد، زیر ناپیوستگی Disq-3، (d) نمونه حاوی چسب اپوکسی آبی که در آن تخلخل حفره ای (V)، قالبی (M) و خرده های رودیستی قابل مشاهده است، زیر ناپیوستگی Disq-3، (e) نمونه حاوی چسب اپوکسی آبی که در آن تخلخل کانالی (Ch) و حفره ای (V) را نشان می‌دهد، زیر ناپیوستگی Disq-4، (f) رخساره Planktonic foraminifers mudstone-wackestone، زیر محیط حوضه، حداکثر پیشروی دریا در سکناس اول و (g) رخساره Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone، محیط رمپ بیرونی، حداکثر پیشروی دریا در سکناس چهارم.

Plate 2- (a) Dissolution vuggy porosity (V) below the Disq-1, (b) Cemented dissolution breccia (Br), dissolution vuggy and channel porosity (Ch) (below the Disq-2) (V), (c) Epoxy sample to show connected good porosity, vuggy porosity (V) (below the Disq-3), (d) Blue epoxy sample is showing dissolution vuggy (V) and moldic (M) porosities, plenty of rudist debris would be noticeable (below the Disq-3), (e) Epoxy sample is showing channel (Ch), and dissolution in large vuggy porosity (V) (below the Disq-4), (f) Planktonic foraminifers mudstone-wackestone microfacies; basin; mfs in Seq-1, (g) Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone; outer ramp; mfs in Seq-2, and (h) Bioclast pelloid wackestone; outer ramp; mfs in Seq-4.

می‌باشد (پلیت b2) این ناپیوستگی قابل تطابق با افتادگی سطح آب دریا در مطالعات Alsharhan و Nairn (۱۹۹۷)، Sharland و همکاران (۲۰۰۱)، Razin و همکاران (۲۰۱۰)، Sharp و همکاران (۲۰۱۰)، Hollis (۲۰۱۱)، Rahimpour-Bonab و همکاران (۲۰۱۳)، Assadi و همکاران (۲۰۱۶، ۲۰۱۸)، می‌باشد که در سنومانین میانی صفحه‌عربی رخ داده است.

در سیستم تراکت پیشرونده، کیفیت مخزنی بسیار ضعیف می‌باشد درحالی‌که بخش بالایی دسته‌رخساره تراز بالا، دارای کیفیت مخزنی نسبتاً خوبی است درحالی‌که در بخش زیرین آن تخلخل خوبی مشاهده می‌شود که اغلب توسط آب سازندی پر شده است.

سکانس سوم

سیستم تراکت پیشرونده در این سکانس با رخساره‌های تالابی Algal benthic foraminifera packstone-wackestone و Miliolids wackestone-packstone شروع می‌شود. در ادامه رخساره Bioclast rudist grainstone-packstone که حاوی خرده‌های رودیستی فراوان بوده و متعلق به پشته‌زیرآبی است، دیده می‌شود.

رخساره Rudist floatstone نشانگر حداکثر سطح غرقابی این سکانس می‌باشد. وفور میکرایت، شکستگی و خردشدگی رودیست‌ها و عدم مشاهده بایوکلاست‌های متعلق به تالاب، بیانگر تشکیل این رخساره در یک محیط با انرژی متوسط تا زیاد، در رمپ میانی (بخش شیب‌دار) می‌باشد. در نتیجه این رخساره، عمیق‌ترین رخساره این سکانس می‌باشد. میزان لاگ گاما در این سطح افزایش یافته است که می‌تواند نشانه خوبی برای تطابق آن در چاه‌های مجاور باشد. این سطح، معادل سطح K140 (Sharland و همکاران ۲۰۰۱) در دیگر مناطق صفحه‌عربی می‌باشد.

دسته‌رخساره تراز بالای این سکانس دارای ضخامت بیشتری نسبت به سیستم تراکت پیشرونده می‌باشد. تناوب رخساره‌های متنوع تالاب و پشته‌زیرآبی، تشکیل‌دهنده این سیستم تراکت هستند. رخساره‌های این بخش عبارت‌اند از: Rudist rudstone, Bioclast intraclast grainstone, Bioclast rudist grainstone-packstone, Pelloid bioclast wackestone-packstone, Algal benthic foraminifera packstone-wackestone. سن سکانس سوم، سنومانین بالایی می‌باشد. مرز زیرین این سکانس که در سکانس دوم شرح داده شده، منطبق بر ناپیوستگی (Disq-2) و از نوع SB1 می‌باشد. مرز بالایی این سکانس در چاه‌های مور مطالعه، با توجه به شواهدی چون وجود خاک دیرینه، برشی شدن، تخلخل‌های متوریک، ناپیوسته و از نوع SB1 می‌باشد (شکل‌های a2، b2، c2، a3 و پلیت ۵۲، d2). زمان این ناپیوستگی دقیقاً در مرز سنومانین - تورونین (Disq-3) می‌باشد و توسط بسیاری از پژوهشگران همچون van Buchem و همکاران (۱۹۹۶، ۲۰۰۲، ۲۰۱۱)، Razin و همکاران (۲۰۱۰)، Sharp و همکاران (۲۰۱۰)، Vincent و همکاران (۲۰۱۰)، Hajikazemi و همکاران (۲۰۱۰، ۲۰۱۲)، Mehrabi و همکاران

در بخش زیرین دسته‌رخساره تراز بالا، دولومیت به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. بخش زیرین دسته‌رخساره تراز بالا، دارای کیفیت مخزنی نسبتاً خوب تا خیلی خوب است که دلیل آن وجود رخساره‌های رودیست دار می‌باشد که دارای انحلال متأثر از ناپیوستگی سنومانین زیرین می‌باشد. بخش بالایی دسته‌رخساره تراز بالا، دارای کیفیت مخزنی نسبتاً خوبی است که به سمت بالا با توجه به افزایش رخساره‌های گلی، کیفیت آن به شدت ضعیف می‌شود.

سکانس دوم

سکانس دوم در بخش میانی سروک و نیز بازه آرژیلی احمدی قابل‌شناسایی است. سیستم تراکت پیشرونده این سکانس با ضخامت اندکی از رخساره تالابی Miliolids wackestone-packstone شروع می‌شود که در ادامه با رخساره پیش‌رونده آرژیلی بخش احمدی ادامه می‌یابد. روی این رسوبات توالی رخساره‌های رمپ میانی Planktonic-benthic foraminifers wackestone-(packstone) و بیرونی (شامل رخساره‌های Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone و Bioclast pelloid wackestone) دیده می‌شوند. رخساره Oligosteginid planktonic foraminifera wackestone-packstone به‌عنوان حداکثر سطح غرقابی سکانس دوم محسوب می‌شود. دانه‌های اصلی این رخساره، الیگوستژینیدها (مانند *Calcisphaerula innominata*) و فرامینیفرهای پلانکتون هستند (پلیت g2) علاوه بر این، آلوکم‌هایی چون سوزن‌اسفنج، خرده‌های اکتینودرم و نیز اندکی پلوئید نیز دیده می‌شود. زیاد بودن فرامینیفرهای پلانکتون و الیگوستژینید، نشانگر ته‌نشست این رخساره در محیطی کم انرژی و در زیر امواج نرمال، در انتهای رمپ میانی یا ابتدای رمپ بیرونی می‌باشد (Wilson, 1975; Reading, 1996; Geel, 2000; Flügel, 2010). میزان لاگ گاما در این سطح به‌طور واضحی افزایش یافته که نشانگر افزایش رس در محیط رسوبی است و می‌تواند نشانه خوبی برای تطابق آن در چاه‌های مجاور باشد. این سطح معادل K130 (Sharland و همکاران ۲۰۰۱) در دیگر مناطق صفحه‌عربی می‌باشد.

بخش ابتدایی دسته‌رخساره تراز بالا، با رسوبات رمپ میانی (Rudist floatstone) شروع می‌شود. در ادامه توالی رخساره‌های تالابی (شامل Miliolids wackestone-packstone, Algal benthic foraminifera packstone-wackestone, Pelloid bioclast wackestone-packstone) و پشته‌زیرآبی (شامل Rudist rudstone, Bioclast rudist grainstone-packstone, Bioclast intraclast grainstone) دیده می‌شوند که نشانگر سیر پس‌رونده انتهای سکانس دوم می‌باشند. سن این سکانس سنومانین میانی است. مرز زیرین آن، آن‌گونه که شرح داده شد، منطبق بر ناپیوستگی سنومانین زیرین (Disq-1) و از نوع SB1 می‌باشد. مرز بالایی این سکانس به‌صورت محلی باوجود شواهدی چون برشی شدن و انحلال‌های وسیع، ناپیوسته (Disq-2) و از نوع SB1

(Disq-4) و از نوع SB1 می‌باشد که توسط همچون van Buchem و همکاران (Razin, 2001) و همکاران (Sharp, 2010) و همکاران (Rahimpour-Bonab, 2010) و همکاران (Assadi, 2013) نیز گزارش شده است. از شواهد این ناپیوستگی می‌توان به نودول‌های آهن، برشی شدن و کارستی شدن اشاره کرد. ضخامت اندک این سکناس نسبت به سایر سکناس‌ها، احتمالاً به دلیل عملکرد فرسایشی ناپیوستگی تورونین میانی می‌باشد (Setudehnia, 1978; Taghavi et al., 2006; Hajikazemi et al., 2010; Rahimpour-Bonab et al., 2013; Assadi et al., 2016). در سیستم تراکت پیشرونده، کیفیت مخزنی (خصوصاً در رخساره Rudist rudstone, Bioclast intraclast grainstone, Bioclast rudist grainstone-packstone, مغزه‌های گرفته‌شده از این بخش از سازند سروک که در زیر ناپیوستگی سنومانین - تورونین قرار دارد، فرآیند انحلال سبب ایجاد تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و افزایش کیفیت مخزنی شده است. وجود تخلخل زیاد، در حدود ۶ متر از مغزه، سبب تشکیل آغشتگی‌های نفتی شده است. البته رخساره‌های دیگر که در این سیستم تراکت دیده می‌شوند، کیفیت مخزنی پایینی دارند. در این بازه، دولومیتی شدن به میزان اندک رخ داده است.

نتیجه‌گیری

سازند مخزنی سروک به سن آلبین بالایی - تورونین زیرین، در این چاه‌ها از آهک‌های ضخیم لایه تشکیل شده که در آن میان لایه‌های آهک‌دولومیتی، سنگ‌رس و مارنی دیده می‌شوند. این سازند با مرزی تدریجی و پیوسته روی سازند شیلی کژدمی و با مرزی ناپیوسته، در زیر سازند شیلی لافان قرار گرفته است. مطالعات رسوب‌شناسی منجر به شناسایی ۱۱ رخساره در این سازند گردید. این رخساره‌ها در یک رمپ تک‌شیب و در زیرمحیط‌های حوضه، رمپ بیرونی، رمپ میانی و رمپ درونی، تشکیل شده‌اند. شواهدی چون وجود خاک دیرینه، کارستی شدن، برشی شدن، تخلخل‌های متئوریک و تغییرات فاحش رخساره‌ای در این سازند، منجر به شناسایی ۴ ناپیوستگی شد. این ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از: ناپیوستگی سنومانین زیرین (Disq-1)، ناپیوستگی سنومانین میانی (Disq-2)، ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین (Disq-3) و ناپیوستگی تورونین میانی (Disq-4). با توجه به تغییرات رخساره‌ها، ناپیوستگی‌های شناسایی شده، تغییرات لاگ گاما و نیز شواهد مغزه‌ها، ۴ سکناس رسوبی رده سوم در این چاه‌ها شناسایی گردید: سکناس اول در سروک زیرین (بخش مودود) دیده می‌شود و سن آن آلبین بالایی - سنومانین زیرین می‌باشد. سکناس دوم در بخش میانی سروک و نیز بازه آرژیلی احمدی قابل‌شناسایی است و سن آن سنومانین میانی است. سکناس سوم در میانه سازند سروک واقع شده و سنی برابر سنومانین بالایی دارد. سکناس چهارم سازند سروک در رأس سروک قرار داشته و سن آن تورونین زیرین می‌باشد. لازم به ذکر است سکناس‌ها و مرزهای سکناسی شناسایی شده، قابل تطابق با رسوبات هم‌زمان در سایر نقاط صفحه‌عربی می‌باشند.

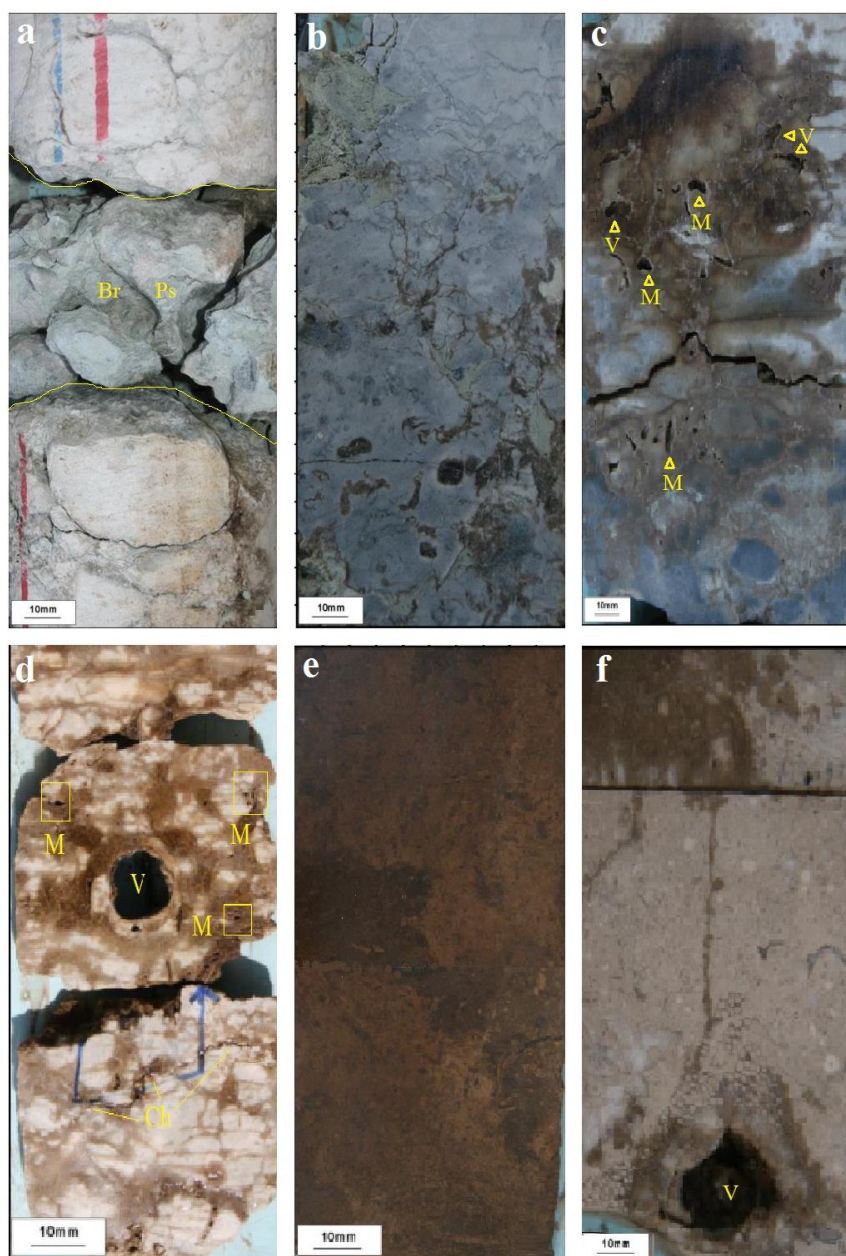
(Rahimpour-Bonab, 2012) و همکاران (2013)، Assadi و همکاران (2016, 2018) گزارش شده است. از محل این ناپیوستگی پنج نمونه XRD با هدف تعیین میزان و نوع رس در آن گرفته شد. بر اساس تجزیه و تحلیل XRD، مشابه آنچه در تجزیه و تحلیل SEM (شکل‌های b3, c3 و d3) نشان داده شد، کائولینیت، ایلیت و کلریت به همراه مونت موریلونیت و ورمیکولیت در نمونه‌های مورد مطالعه شناسایی شد. سیستم تراکت پیشرونده این سکناس دارای تخلخل بالا و حجم شیل کمی است. این بازه نشانگر کیفیت مخزنی نسبتاً خوب تا عالی (در رخساره‌های دارای خرده‌های رودیستی) می‌باشد. در دسته‌رخساره تراز بالای سکناس سوم، رخساره‌های Rudist rudstone, Bioclast intraclast grainstone, Bioclast rudist grainstone-packstone, مغزه‌های گرفته‌شده از این بخش از سازند سروک که در زیر ناپیوستگی سنومانین - تورونین قرار دارد، فرآیند انحلال سبب ایجاد تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و افزایش کیفیت مخزنی شده است. وجود تخلخل زیاد، در حدود ۶ متر از مغزه، سبب تشکیل آغشتگی‌های نفتی شده است. البته رخساره‌های دیگر که در این سیستم تراکت دیده می‌شوند، کیفیت مخزنی پایینی دارند. در این بازه، دولومیتی شدن به میزان اندک رخ داده است.

سکناس چهارم

سکناس چهارم سازند سروک در رأس سروک قرار داشته و به سن تورونین زیرین می‌باشد. سیستم تراکت پیشرونده این سکناس با رخساره‌های بایوکلاستیک تالاب (Algal benthic foraminifera packstone-wackestone) شروع شده و سپس با رخساره‌های دارای خرده‌های رودیستی متعلق به رمپ میانی (Rudist floatstone) و پشته‌زیرآبی (Bioclast intraclast grainstone) و در ادامه، رخساره‌های تالابی، مشخص می‌شود.

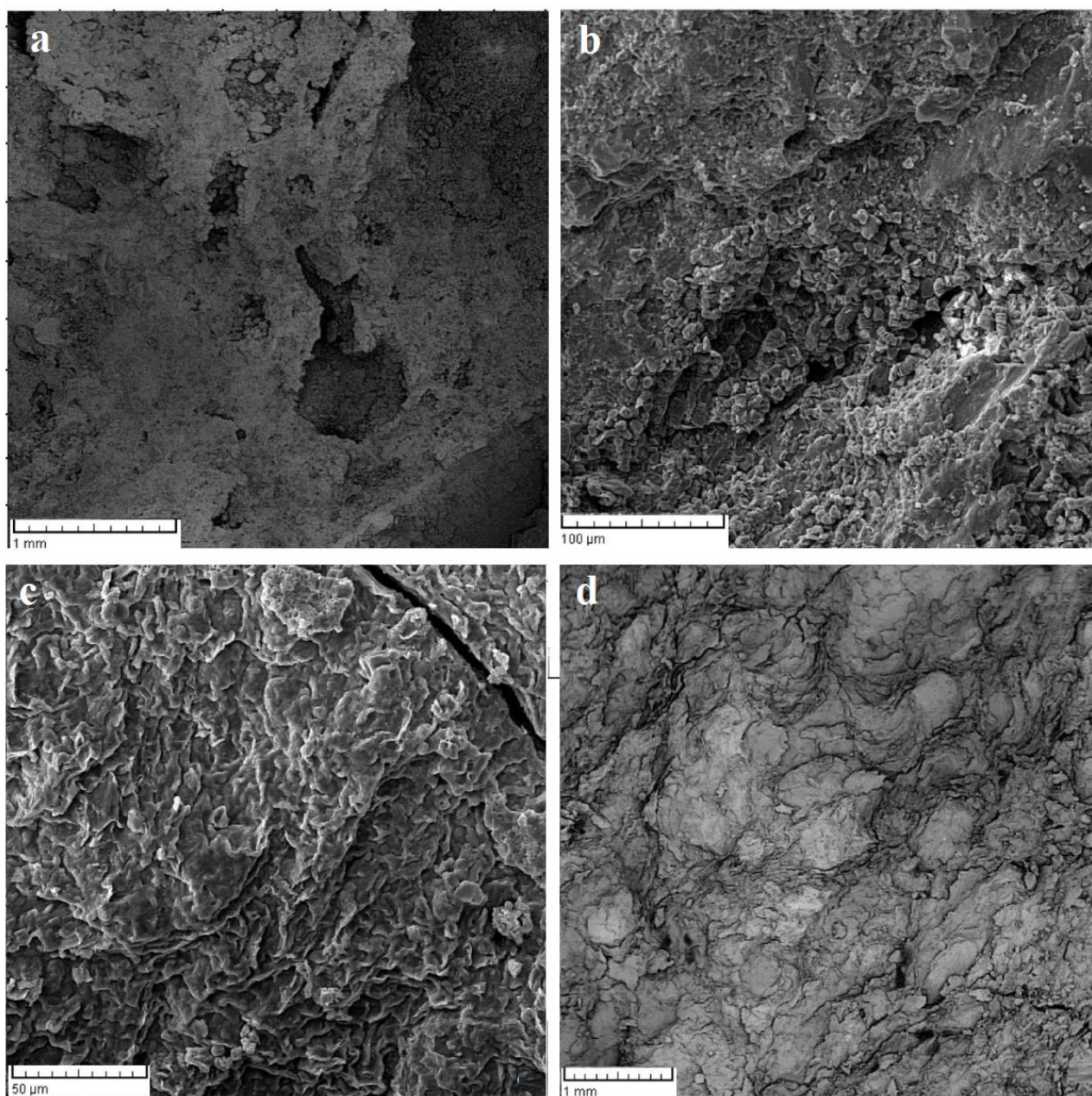
حداکثر سطح غرقابی این سکناس با رخساره Bioclast pelloid wackestone که متعلق به رمپ بیرونی است، مشخص می‌شود. وجود پلوئیدهای ریز، فرامینیفراهای پلانکتون، همراهی دانه‌هایی چون سوزن‌اسفنج و اندکی الیگوسترژینید و نیز گل پش‌تیبان بودن رخساره، نشانگر تنه‌نشست این رخساره در زیر خط اساس امواج، در محیطی چون رمپ بیرونی می‌باشد که نشانگر حداکثر افزایش عمق در این سکناس می‌باشد. این سطح معادل K150 (Sharland و همکاران 2001) در صفحه‌عربی می‌باشد. میزان لاگ گاما در این سطح افزایش یافته است.

دسته‌رخساره تراز بالا توسط گل‌های کربناته و رخساره بایوکلاستیک تالابی (Miliolids wackestone-packstone) مشخص می‌شود. مرز زیرین این سکناس آن‌گونه که در سکناس سوم شرح داده شد، با توجه به شواهدی چون وجود خاک دیرینه، برشی شدن، تخلخل‌های متئوریک بر ناپیوستگی Disq-3 منطبق بوده و از نوع SB1 می‌باشد (شکل‌های d2, e2, f2 و پلیت e2). مرز فوقانی آن که بر مرز سازندهای سروک - لافان منطبق است، به صورت ناپیوسته



شکل ۲- (a) رخساره skeletal wackestone به رنگ خاکستری روشن تا سفید که در آن برشی شدن (Br) و خاک دیرینه (Ps)، به خروج از آب اشاره دارد، ناپیوستگی Disq-3، (b) رخساره skeletal wackestone، خاک دیرینه به رنگ سبز، خاک دیرینه به رنگ سبز دیده می‌شود، رخساره تالابی، ناپیوستگی Disq-3، (c) مغزه سفید تا قهوه‌ای که دارای آغشتگی نفتی ضعیف تا متوسط و دارای تخلخل قالبی (M) و حفره‌ای (V) حاصل از انحلال می‌باشد. برشی شدن در بخش زیرین دیده می‌شود. رخساره تالابی، ناپیوستگی Disq-3، (d) مغزه سفید تا قهوه‌ای که دارای آغشتگی نفتی ضعیف، تخلخل قالبی (M)، حفره‌ای (V)، کانالی (Ch) در اطراف استیلولیت می‌باشد، رخساره تالابی، ناپیوستگی Disq-4، (e) مغزه قهوه‌ای دارای آغشتگی نفتی شدید متعلق به محیط تالاب باز، زیر ناپیوستگی Disq-4، (f) مغزه خاکستری روشن تا قهوه‌ای دارای آغشتگی نفتی موضعی، تخلخل انحلالی حفره ای وسیع (V) و خرده های رودیستی می باشد، تالاب، زیر ناپیوستگی Disq-4.

Fig. 2. (a) Light gray to white color, skeletal wackestone, breccias (Br) and paleosol (Ps) point to subaerial exposure, Disq-3, (b) Light gray to green color, skeletal wackestone, paleo-soil in green color, lagoon environment, Disq-3, (c) White to brown color, weakly to moderately oil staining in bioturbation, moldic (M) and vuggy (V) porosities due to dissolution, breccias deposits in lower part, lagoon environment would, Disq-3, (d) White to brown color, weakly oil staining, dissolution moldic (M) and vuggy (V) porosities, channel porosity around stylolite (Ch), open lagoon environment, Disq-4, (e) Dark brown color, heavily oil staining, open lagoon environment, below the Disq-4, and (f) Light gray to brown color, partly oil staining, macro dissolution vuggy porosity (V), rudist debris, lagoon environment, below the Disq-4.

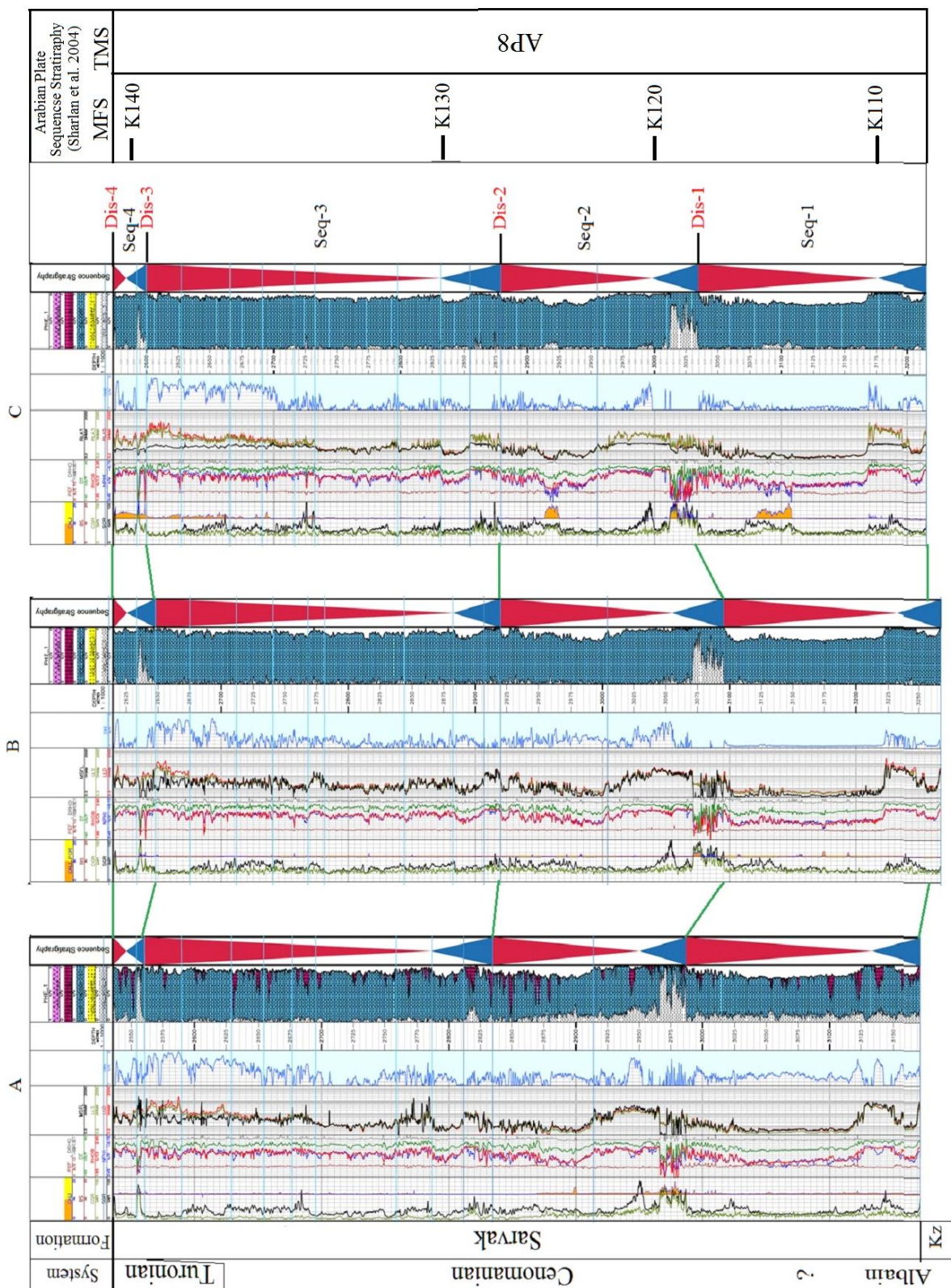


شکل ۳- (a) فتومیکروگراف که در آن قالب های اسکلتی و نیز تخلخل حفره ای نمایش داده شده است، (b) فتومیکروگراف که در آن کانولینیت با تخلخل حفره ای مشخص است، (c) فتومیکروگراف که در آن کانی رسی ورمیکولیت دیده می شود و (d) فتومیکروگراف که در آن کانی رسی مونت موریلونیت دیده می شود (تمام تصاویر مربوط به ناپیوستگی مرز سنومانین - تورونین می باشند).

Fig. 3. (a) Photomicrograph is showing general view of the rock with skeletal molds and vuggy porosities, (b) Photomicrograph is showing frequent Kaolinite with vuggy porosity, (c) Photomicrograph is showing vermiculite clay mineral, (d) Photomicrograph is showing Montmorillonite clay mineral. (All the samples taken from Cenomanian-Turonian unconformity).

واقع شدن در زیر سطوح ناپیوستگی ها (ناپیوستگی های Disq-3 و Disq-4) و به تبع آن، کارستی شدن و ایجاد تخلخل های قالبی و حفره ای بزرگ، دارای کیفیت مخزنی خوب تا عالی می باشند. در حالی که رخساره های سیستم تراکت پیشرونده سکانس های اول و دوم، کیفیت مخزنی پایینی دارند که دلیل این امر، دارا بودن رخساره گل پشستیان مناطق عمیق دریاست که حاوی تخلخل و تراوایی اندکی هستند.

مرز زیرین سکانس اول، با توجه به عدم وجود شواهد فرسایشی، از نوع SB2 و مابقی مرزها همگی با توجه به شواهد فرسایشی یاد شده، از نوع SB1 می باشند. سکانس های سوم و چهارم دارای بهترین کیفیت مخزنی در سازند سروک می باشند. سیستم تراکت پیشرونده این سکانس ها به دلیل وجود رخساره های دانه پشستیان رودیستی و دسته رخساره تراز بالا به دلیل دارا بودن رخساره های رودیستی و نیز



شکل ۴- ستون چین‌نگاری سکانسی سازند سروک در چاه های A,B,C در یک میدان نفتی در دشت آبادان.

Fig. 4. Sequence stratigraphy of Sarvak Formation at A, B, and C wells in one of Oil Fields of Abadan Plain.

منابع

- Ahmadhadi, F., Lacombe, O., Daniel, J.M., 2007. Early reactivation of basement faults in Central Zagros (SW Iran): evidence from pre-folding fracture populations in Asmari Formation and lower Tertiary paleogeography, Thrust Belts and Foreland Basins, Springer, pp. 205-228.
- Alsharhan, A., Nairn, A., 1990. A review of the Cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf: part III. Upper Cretaceous (Aruma Group) stratigraphy and paleogeography. *Journal of Petroleum Geology* 13, 247-266.
- Alsharhan, A., Nairn, A., 1997. Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East. Elsevier, Amsterdam, p. 843.
- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S.A., Abdollahie Fard, I., 2016. Depositional environments and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in an oil field in the Abadan Plain, SW Iran. *Facies* 62, 1-23.
- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S.A., Abdollahie-Fard, I., 2018. An integrated approach for identification and characterization of palaeo-exposure surfaces in the upper Sarvak Formation of Abadan Plain, SW Iran. *Journal of African Earth Sciences* 145, 32-48.
- Burchette, T.P., 1993. Mishrif Formation (Cenomanian-Turonian), Southern Arabian Gulf: Carbonate Platform Growth Along a Cratonic Basin Margin. In J.A.T. Simo, R.W. Scott., J.P. Masse (Eds.), *Cretaceous Carbonate Platforms*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 56, 185-199.
- Burchette, T.P., Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology* 79, 3-57.
- Carozzi, A.V., 1989. Carbonate rocks depositional model, Prentice Hall, New Jersey, p. 604.
- Christian, L., 1997. Cretaceous Subsurface Geology of the Middle East Region. *GeoArabia* 2(3), 239-256.
- De Periere, M.D., Durllet, C., Vennin, E., Caline, B., Boichard, R., Meyer, A., 2017. Influence of a major exposure surface on the development of microporous micritic limestones-Example of the Upper Mishrif Formation (Cenomanian) of the Middle East. *Sedimentary Geology* 353, 96-113.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geology Memorial* 1, 108-121.
- Emery, D., Myers, K.J., 1996. *Sequence Stratigraphy*, Oxford, Blackwell Science, p. 297.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies Analysis of Limestone: Analysis, Interpretation and Application*. Springer Verlag, Berlin, p. 976.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, p. 984.
- Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 155, 211-238.
- Gholami Zadeh, P., Adabi, M.A., and Sadeghi, A., 2019. Microfacies, geochemistry and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation (Mid Cretaceous) in the Kuh-e Siah and Kuh-e Mond, Fars area, southern Iran, *Journal of African Earth Sciences* 60, 1-19.
- Golonka, J., Kiessling, W., 2002. Phanerozoic time scale and definition of time slices, *SEPM, Special Publications* 72, 11-20.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I., Coniglio, M., 2012. Chemostratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonates of the Sarvak Formation, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology* 35, 187-205.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I., Coniglio, M., 2010. Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak Formation, southwestern Iran In: Leturmy, P. & Robin, C. (eds), *Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic-Cenozoic*, Geological Society, London, Special Publications 330, 272-253.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I., Coniglio, M., 2017. Diagenetic history and reservoir properties of the Cenomanian-Turonian carbonates in southwestern Iran and the Persian Gulf. *Marine and Petroleum Geology* 81, 1-18.
- Hollis, C., 2011. Diagenetic controls on reservoir properties of carbonate successions within the Albian-Turonian of the Arabian Plate. *Petroleum Geoscience* 17, 223-241.
- Lasemi, Y., Carozzi, A.V., 1981. Carbonate microfacies and depositional environments of the Kinkaid Formation (Upper Mississippian) of the Illinois Basin, USA, V.III congreso Geol. Argentino, Sanluis, Actas II, 357-384.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Omidvar, M., Hajimashhadi, H., 2012. Sedimentary environment, diagenesis and sequence stratigraphy of Sarvak Formation in Abteymour oilfield in western part of the Dezful Embayment. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 28, 25-50.

- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., 2014. Paleoclimate and tectonic controls on the depositional and diagenetic history of the Cenomanian–early Turonian carbonate reservoirs, Dezful Embayment, SW Iran. *Facies* 60, 147-67.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Hajikazemi, E., Jamalian, A., 2015. Controls on depositional facies in Upper Cretaceous carbonate reservoirs in the Zagros area and the Persian Gulf, Iran. *Facies* 61, 1–24.
- Miall, A.D., 1997. *The geology of stratigraphic sequences*, Springer-Verlag, New York, 433p.
- Mohseni, H., Zeybaram Javanmard, R., 2019. New data on sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in Malekshahi, city, (Ilam province) Zagros basin, Iran. *Marine and Petroleum Geology* 112, 1-25.
- Motiei, H., 1992. *Stratigraphy of Iran, Zagros stratigraphy*. Geology and Mineral Exploration Organization, 583p.
- Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Huck, S., Heimhofer, U., 2016. Elemental geochemistry and strontiumisotope stratigraphy of Cenomanian to Santonian neritic carbonates in the Zagros Basin, Iran. *Sedimentary Geology* 346, 35-48.
- Piryaei, A., Reijmer, J., Borgomano, J., van Buchem, F., 2011. Late Cretaceous tectonic and sedimentary evolution of the Bandar Abbas area, Fars region, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology* 34, 157–180.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Enayati-Bidgoli, A., Omidvar, M., 2012b. Coupled imprints of tropical climate and recurring emergence on reservoir evolution of a Mid Cretaceous carbonate ramp, Zagros Basin, southwest Iran. *Cretaceous Research* 37, 15-34.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Izadi Mazidi, E., 2012a. Flow unit distribution and reservoir modelling in cretaceous carbonates of the Sarvak Formation, Abteymour Oilfield, Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology* 35, 213-236.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Omidvar, M., Enayati Bidgoli, A., Sonei, R., Sajjadi, F., Amiri Bakhtyar, H., Arzani, N., Izadi Mazidi, E., 2013. Palaeo-exposure surfaces in Cenomanian–Santonian carbonate reservoirs in the Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology* 36, 335-362.
- Razin, P., Taati, F., van Buchem, F.S.P., 2010. Sequence stratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonate platform margins (Sarvak Formation) in the High Zagros, SW Iran: an outcrop reference model for the Arabian Plate. In: van Buchem, F.S.P., Gerdes, K.D., Esteban, M. (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic carbonate systems of the Mediterranean and the Middle East: Stratigraphic and diagenetic reference models*. Geological Society, London, Special Publication 329,1-7.
- Read, J.F., 1985. Carbonate platform facies models. *American Association of Petroleum* 69(1), 1-21.
- Reading, H.G., 1996. *Sedimentary Environment and Facies: Blackwell Science, Publication*, p. 615.
- Setudehnia, A., 1978. The Mesozoic sequence in south-west Iran and adjacent areas. *Journal of Petroleum Geology* 1, 3–42.
- Sharland, P., Simmons, M., Casey, D., Davies, R., Sutcliffe, O., 2001. *Arabian plate sequence stratigraphy*. GeoArabia Special Publications 2, pp. 371.
- Sharp, I., Gillespie, P., Morsalnezhad, D., Taberner, C., Karpuz, R., Verge's, J., Horbury, A., Pickard, N., Garland, J., Hunt, D., 2010. Stratigraphic architecture and fracture-controlled dolomitization of the Cretaceous Khami and Bangestan groups: an outcrop case study, Zagros Mountains, Iran. In: van Buchem FSP, Gerdes KD, Esteban M (eds) *Mesozoic and Cenozoic carbonate systems of the Mediterranean and the Middle East: stratigraphic and diagenetic reference models*. Geological Society, London, Special Publications 329, pp. 343-396.
- Taghavi, A.A., Mork, A., Emadi, M.A., 2006. Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehloran Field, southwest Iran. *Petroleum Geoscience* 12,115-126.
- Tucker, M.E., Wright, V.P., 1990. *Carbonate sedimentology: Blackwell Science Publication, Oxford*, p. 425.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M., Thompson, S., 1977. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: global cycles of relative changes of sea level. In: *Seismic stratigraphy, applications to hydrocarbon exploration* (Ed.: C. E. Payton), AAPG (American Association of Petroleum Geologists), *Memoir* 26, 63-82.
- van Buchem, F.S.P., Razin, P., Homewood, P., Philip, J., Eberli, G., Platel, J., Roger, J., Eschard, R., Desaubliaux, G., Boisseau, T., 1996. High-resolution sequence stratigraphy of the Natih Formation (Cenomanian/Turonian) in Northern Oman: distribution of source rocksand reservoir facies. *GeoArabia* 1, 65–91.
- van Buchem, F.S.P., Razin, P., Homewood, P., Oterdoom, W., Philip, J., 2002. Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic-rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous) of northern Oman. *AAPG (American Association of Petroleum Geologists)* 86, 21–53.

- van Buchem, F.S.P., Simmons, M., Droste, H., Davies, R., 2011. Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate—depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience* 17, 211–222.
- van Wagoner, J.C.H.W., Posamentier, R.M., Mitchum, P.R., Vail, J.F., Sarg, T.S., Loutit, Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. In K.W. Wilgus, H. Posamentier, B.S. Hastings, J. van Wagoner, C.A. Ross and C.G.St. C. Kendall (Eds.), *Sea-level Changes: An Integrated Approach*. SEPM Special Publication, 42,39-45.
- Vincent, B., Swennen, R. Jalali, M., Baghbani, D., van Buchem, F.S.P., 2010. Regional unconformities in the Cenomanian and Turonian limestone of southwest Iran (Sarvak Formation)—subaerial exposures, diagenetic patterns and impact on reservoir properties. In: *Extended Abstract, Albian/Cenomanian/Turonian carbonate siliciclastic systems of the Arabian Plate*. EAGE Second Arabian Plate Workshop, Abu Dhabi, pp 24–27
- Vincent, B., van Buchem, F.S.P., Bulot, L., Jalali, M., Swennen, R., Hussein, A.S., Baghbani, D., 2015. Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in Coastal Fars (SW Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 63,47-67.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate facies in geologic history*. Springer-Verlag, New York, p.471.
- Wynd, J., 1965. *Biofacies of the Iranian consortium-agreement area Iranian Offshore Oil Company, Tehran, Report No 1082 (Unpublished)*