

Research Article**Study of the Oligocene depositional sequences in the northwest of Hamedan**Hamideh Noroozpour^{1*}

1- Assistant Professor, Payame Noor University (PNU), Faculty of Science, Department of Geology, Tehran, Iran

Keywords: Facies, Sequence, Qom Formation, Oligocene, Hamedan**1- Introduction**

The studied section, 330 meters in thickness, is located in the structural zone of Sanandaj-Sirjan, and geographically, this section is placed 70 km northwest of Hamedan. Sequence stratigraphic studies are beneficial in depicting the geometry of a sedimentary basin and can be used to explore mineral and oil zones. So far, other researchers have done many studies to identify sedimentary sequences in the Qom Formation. Imendoost and Amini (2005) studied the sequence stratigraphy of Qom Formation in the Shurab section to determine the effective parameters in identifying the primary sequence levels and system track in the surface studies and separated six sequences for Qom Formation. Daneshian et al. (2008) examined the sequence stratigraphy of Qom Formation deposits in the type section (Bichareh mountain section) in the southeast of Qom and introduced six sedimentary sequences for Qom Formation in the mentioned section. Daneshian et al. (2107) studied the sequential stratigraphy of the Qom Formation in the Deh Namak section, northeast of Garmsar. In the most recent studies, Mohammadi (2021) examined the sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Sirjan-Abadeh area and introduced four third-order sedimentary sequences in the Oligocene. Stratigraphically, Qom Formation in the study section includes medium limestone, a thick layer to massive and an alternation of sandy limestone, sandstone and green marl.

2- Methodology

In this study, 41 thin sections of Oligocene deposits were prepared. Polarizing microscopy has been used to determine the facies and sedimentation model of the Qom Formation. By field observations, the geometry of the layers is terminated to describe the facies and sequence surfaces macroscopically. Read's (1995) and Flugel's (2010) studies are the primary references used to identify microfacies and determine the sedimentary model. In addition, Hunt and Tucker's (1993, 1995) sequence stratigraphy method was used to identify sedimentary sequences. In this research, sequential stratigraphy refers to facies changes, explaining field images, and examining sequential boundaries using field observations.

3- Facies

In this research, three sedimentary belts attributed to eight facies are described so that the Qom Formation's sedimentation platform can be considered an Open shelf. The results are presented in Table 1.

4- Sequence stratigraphy

Field studies, distribution of biological facies (lithofacies and microfacies), and sedimentary cycles lead to sequential stratigraphic levels (SB, HST, MFS, and TST) and stacking patterns in Oligocene deposits of the Qom Formation. These factors are significant in sequential stratigraphy and lead to evaluating sea-level changes and reconstructing the sedimentation history of these deposits. Accordingly, two third-order sedimentary sequences of

* Corresponding author: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2022.38280.2242

Received 2021-08-16

Accepted 2022-01-18

the Rupelian - Chattian in age have been separated for the Qom deposits. The method and model of these studies are based on Hunt and Tucker's (1993, 1995) sequential stratigraphic model.

4-1- Sequence 1

Based on biostratigraphic studies, this sequence is 250 meters thick in Qom Formation and Rupelian-Chattian in age. The lower boundary of this sequence is of the first type due to the location of the Qom Formation on the metamorphic rocks of Hamedan, and the upper boundary is equivalent to the second type. TST of the sequence is determined by facies No. 2 (*Lepidocyclus* Corallinacea packstone) aggregation and 45 m thick as part of the toe of slope geometry of the basin.

Fluctuations in sea level are evident in the transgressive system track of the first sequence, and gradual changes of facies from the open marine to the shelf margin (Shelf margin-reef) are evident with the coral facies of boundstone and bryozoan packstone (mf 5 & 6). The maximum flooding surface (MFS) of this sequence is associated with a decrease in coral fauna, corallinacea and an increase in the diversity of the *Lepidocyclus* (mf 1 / Bioclast *Lepidocyclus* packstone) and is related to the deep shelf. HST of the first sequence with a thickness of 120 m has been determined by the progradation of facies towards the tidal flat so that mf4 (*Rotallia* Corallinacea packstone) related to the continental slope from the open sea to mf 7 of sandstone fine-grain calcareous sandstone and mf8 of coarse grain sandstone in the tidal zone has changed.

Table 1. Introduction of facies and sedimentary environment of the Qom Formation in the studied section (Noroozpour, 2021).

Facies	Depositional Environment	Facies Belt (Read 1995)
Mf1:Bioclast <i>Lepidosyclina</i> packstone	Open marine	Deep Shelf/Slope and Basin Facies Belt
Mf2: <i>Lepidosyclina</i> Corralinacea packstone	Open marine	
Mf3: <i>Lepidosyclina</i> Bryozoan packstone	Open marine	
Mf4: <i>Rotalia</i> Corralinacea packstone	Fore reef	Shoal/ Reef deposits facies Belt
Mf5:Coral Boundstone	Platform margin-Reef	
Mf6:Corallinacea Bryozoan Packstone	Platform margin	
Mf7:Fine grain calcareous sandstone	Tidal toward lagoon	Tidal Flat facies Belt
Mf8:Coarse grain sandstone	Tidal	

4-2- Sequence 2

Sequence- 2, 80 meters in thickness, and the probable age of the Late Oligocene? (Chattian) covers the upper part of the Qom Formation. The upper boundary corresponds to Pliocene conglomerate deposits is the first type. In this sequence, the 42-meter-thick transgressive system tract (TST) with rapid facies retrogradation includes the replacement of the sandstone facies of the tidal zone (mf 8) with mf3 of the slope (*Lepidocyclus* Bryozoan packstone). The maximum flooding surface (mfs) of the second sequence is determined by mf3. The HST of this sequence with a thickness of 38 meters is associated with rapid pre-advance of the open sea facies (Progradation) to the tidal zone so that mf3 of the shelf (*Lepidocyclus* Bryozoan packstone) has changed with the tidal belt (Mf8) (Coarse-grain sandstone).

4-3- Comparison of sequence surfaces of this study with Zagros and Europe basins

Ehrenberg et al. (2007) and Buchem et al. (2010) identified six sedimentary sequences (third category) and seven sequence levels for Oligocene and Miocene deposits in the Zagros Basin (Izeh and Dezful zone of Dezful). On the other hand, Hardenbol et al. (1998) distinguished five sequences (second and third-order) and six sequence levels for Lower Miocene deposits in the European basin. Therefore, a comparison of the cut sequence levels in the northwest of the Sanandaj-Sirjan basin with the Zagros basin shows that the sequence levels of this study are well-matched with those Zagros basin. Furthermore, comparing the relative sea-level change curves in this study with Haq et al. (1987) shows an acceptable agreement. In general, considering the relative concordance of sequential levels and curves of sea-level changes and sudden facies changes in this study, it can be said that the tectonics of the study area in the Late Oligocene in the northwest of the Sanandaj-Sirjan region was probably dynamic.



5- Conclusion

A stratigraphic section with a thickness of 330 m was selected for sequential stratigraphy of the Qom Formation in the west of the Sanandaj-Sirjan structural area (northwest of Hamedan). Two third-order sedimentary sequences and three sequence boundaries were distinguished based on sequence stratigraphic studies. A comparison of the relative sea-level change curve in the study area is acceptable with the global sea-level change curve and the sequence levels identified in this study show a better agreement with the Oligocene and Miocene sequence levels of Izeh and Dezful areas of the Zagros Basin. In general, considering the relative concordance of sequential levels and the curve of sea-level changes and sudden facies changes in this study, it can be said that the late Oligocene tectonics in the northwest of the Sanandaj-Sirjan basin was probably active.

References

- Daneshian, J., Asadi, A., Derakhshani, L., 2017. Microfacie, sedimentary environment and sequential stratigraphy of Qom Formation in Deh Namak section, northeast of Garmsar. *Iranian Geological Quarterly* 11, 43-23.
- Daneshian, J., Mosadegh, J., Khalaj, H., Ghasemi, A., 2008. Sequence stratigraphy of the Qom Formation in Bichareh section, Southeast of the Qom, North of the Central Iran. *Journal of Basic Sciences Research, University of Isfahan* 34 (5), 19-54.
- Ehrenberg, S., Pickard, G.V., Laursen, S., Monibi, Z.K., Mossadegh, T.A., Svånå, A.A.M., Aqrawi, J.M., McArthur, Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene–Lower Miocene), SW Iran. *Journal of Petroleum Geology* 30, 107–128.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science* 235, 1156-1167.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., De Graclansky, P.C., Vail, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. *SEPM Special Publications* 60, 3-14.
- Hunt, D., Tucker, M.E., 1993. Sequence stratigraphy of carbonate shelves with an example from the mid-Cretaceous (Urgonian) of southeast France: *International Association of Sedimentologists, Special Publication* 18, 307–341.
- Hunt, D., Tucker, M.E., 1995. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall – reply. *Sedimentary Geology* 95,147–160.
- Imendoost, A., Amini, A., 2005. Sequence stratigraphy of Qom Formation in Shurab section with a view to the effective parameters in identifying the main sequence levels and system track in sub-surface sections. 24th Earth Sciences Conference, Geological Survey of Iran.
- Read, J.F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds. *SEPM, Short Course Note* 35, 1-102.
- Van buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpoor, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V., Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations), SW Iran. *Geological Society, London, Special Publications* 329, 219–263.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Noroozpour, H., 2022. Study of the Oligocene depositional sequences in the northwest of Hamedan. *Adv. Appl. Geol.* 12(2), 325-336.

DOI: 10.22055/AAG.2022.38280.2242

url: https://aag.scu.ac.ir/article_17405.html?lang=en



مطالعه سکناس‌های رسوبی الیگوسن در شمال باختر همدان

حمیده نوروزپور*

استادیار دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران

*Hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

چکیده

جهت مطالعه سکناس‌های رسوبی الیگوسن، یک برش چینه‌شناسی از نهشته‌های معادل سازند قم (جهت سهولت در ادامه مقاله، سازند قم ذکر می‌شود) به ضخامت ۳۳۰ متر واقع در شمال باختری همدان مورد بررسی قرار گرفته است. آنالیز رخساره‌ای منجر به شناسایی هشت ریزرخساره مرتبط با چهار کمر بند رخساره‌ای جزر و مدی، ریف، شیب قاره و دریای باز شده است که براساس عدم شناسایی رسوبات ثقلی، رخساره‌های توربیدیتی و حضور فراوان رخساره‌های ریفی، رسوبگذاری سازند قم در یک شلف کربناته رخ داده است. در این مطالعه، بر اساس مشاهدات میدانی و نمودار توزیع عمودی رخساره‌ها، دو سکناس رسوبی رده سوم و سه سطح سکناسی برای سازند قم معرفی شده است که سطوح سکناسی یک و سه از نوع اول می‌باشند. مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در منطقه مورد مطالعه با منحنی تغییرات جهانی سطح دریا، همخوانی قابل قبولی را نشان می‌دهد. همچنین مقایسه سطوح سکناسی این مطالعه و حوضه‌های الیگوسن و میوسن زاگرس و اروپا حاکی از آن است که سطوح سکناسی سازند قم با سطوح سکناس‌های رسوبی شناسایی شده به سن الیگوسن در حوضه زاگرس مطابقت بهتری دارد.

کلمات کلیدی: رخساره، سکناس، سازند قم، الیگوسن، همدان

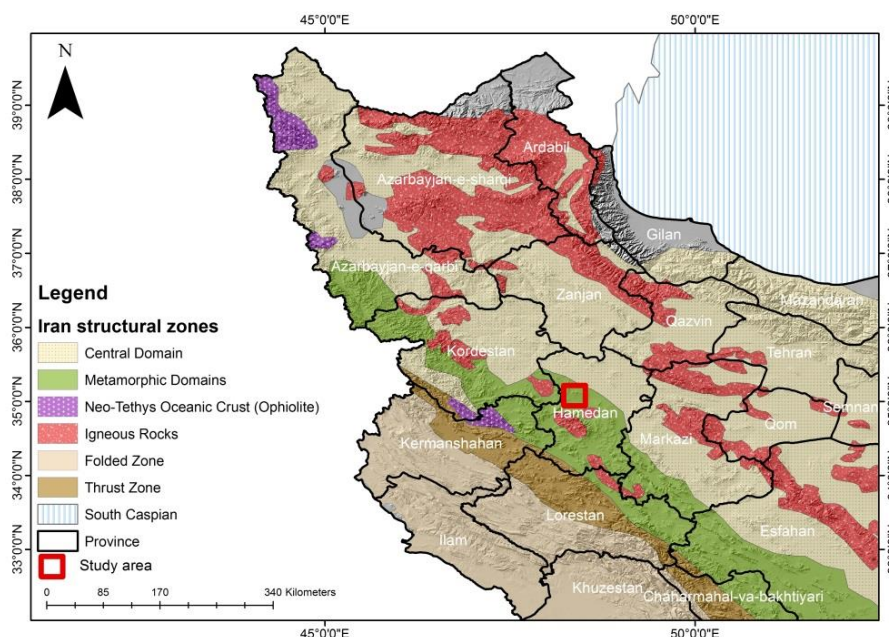
مقدمه

برش مورد مطالعه به ضخامت ۳۳۰ متر در پهنه ساختاری سنندج - سیرجان و از لحاظ جغرافیایی، این برش در ۷۰ کیلومتری شمال باختر شهر همدان با مختصات جغرافیایی $29^{\circ}48'34''$ و $48^{\circ}07'21''$ واقع شده است (شکل‌های ۱ و ۲). ناحیه ساختاری سنندج - سیرجان یک نوار باریک از کوهزاد زاگرس است که بین شهرهای سیرجان و اسفندقه در جنوب خاوری، ارومیه و سنندج در شمال باختری قرار دارد (Ghasemi and Talbot, 2006). مطالعات چینه‌نگاری سکناسی در به تصویر کشیدن هندسه یک حوضه رسوبی بسیار مفید است و با استفاده از آن می‌توان زون‌های معدنی و نفتی را به خوبی ردیابی کرد. تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص شناسایی سکناس‌های رسوبی سازند قم توسط دیگر محققان انجام شده است. Imendoost و Amini (۲۰۰۵) چینه‌شناسی سکناسی سازند قم در مقطع شوراب را با نگرشی بر پارامترهای موثر در تشخیص سطوح اصلی سکناسی و سیستم ترک‌ها در بررسی‌های سطح‌الارضی مورد مطالعه قرار دادند و شش سکناس برای سازند قم تفکیک کردند. Daneshian و همکاران (۲۰۰۸) چینه‌نگاری سکناسی نهشته‌های سازند قم در ناحیه الگو (برش کوه بیچاره) در جنوب شرق قم را مورد بررسی قرار دادند و شش سکناس رسوبی برای سازند قم در برش مذکور معرفی کردند. Daneshian و همکاران (۲۰۱۷) چینه‌نگاری سکناسی سازند قم در برش ده نمک، شمال شرق گرمسار را مطالعه کردند. در جدیدترین

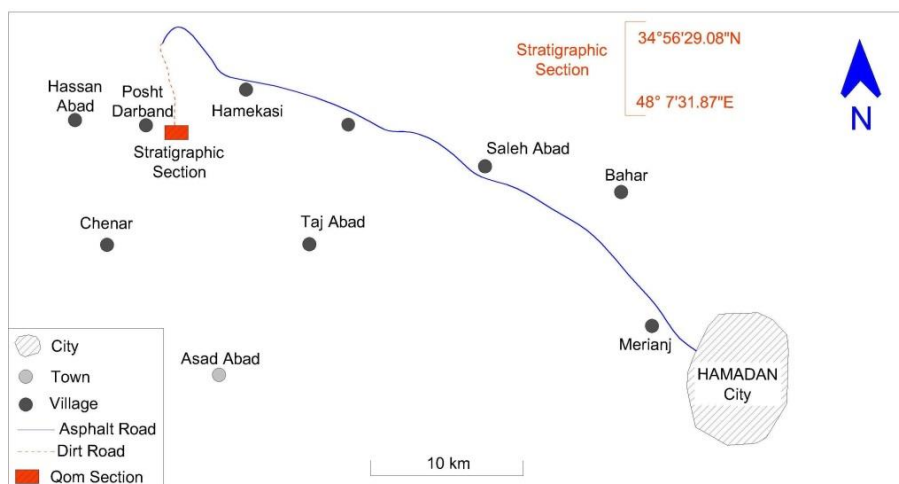
مطالعات، Mohammadi (۲۰۲۱) چینه‌نگاری سکناسی سازند قم در منطقه سیرجان - آبادیه را بررسی و چهار سکناس رسوبی رده سوم به سن الیگوسن معرفی کرد. از لحاظ چینه‌شناسی سازند قم در برش مورد بررسی شامل سنگ آهک متوسط، ضخیم لایه تا توده‌ای و تناوب سنگ آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ و مارن سبز است. در این مطالعه، سکناس‌های رسوبی الیگوسن سازند قم با توجه به مشاهدات صحرایی و توزیع عمودی رخساره‌ها، تفکیک و مورد مقایسه قرار گرفته است.

روش مطالعه

در این مطالعه ۴۱ مقطع نازک از نهشته‌های الیگوسن تهیه شده است. برای تعیین رخساره‌ها و مدل رسوبگذاری سازند قم از میکروسکوپ پلاریزان استفاده شده است. در مشاهدات میدانی، جهت توصیف ماکروسکوپی رخساره‌ها و سطوح سکناسی از هندسه لایه‌ها تصویربرداری شده است. منابع اصلی مورد استفاده برای شناسایی ریزرخساره‌ها و تعیین مدل رسوبی، استفاده از نتایج مطالعات رید (Read, 1995) و فلوگل (Flugel, 2010) است. جهت شناسایی سکناس‌های رسوبی از روش چینه‌نگاری سکناسی Tucker و Hunt (1993, 1995) استفاده شده است. در این تحقیق، با استناد بر تغییرات رخساره‌ای و گویا کردن تصاویر صحرایی و بررسی مرزهای سکناسی با استفاده از مشاهدات میدانی، چینه‌نگاری سکناسی انجام گرفته است.



شکل ۱- موقعیت برش مورد مطالعه بر روی نواحی ساختاری و جغرافیایی ایران. برگرفته از تقسیمات نواحی ساختاری ایران توسط Aghanabati (۲۰۰۴).
 Fig. 1. The location of the studied section on the structural and geographical regions of Iran. Taken from the divisions of structural areas of Iran by Aghanabati (2004).



شکل ۲- نقشه راه دسترسی به برش مورد مطالعه.
 Fig. 2. Access roadmap to the studied section.

Mf.1 Bioclast *Lepidocyclina* packstone

اجزا اصلی این رخساره شامل فرامینیفرها منفذدار دوکی شکل لپیدوسیکلینا بعضا همراه با جلبک قرمز و به ندرت فونای پلانکتونیک درون بافت پکستونی دانه درشت با جورشدگی ضعیف است (شکل ۳a). اندازه دانه‌ها بین ۰/۲ تا ۲ میلیمتر بعضا تا ۵ میلیمتر و بیشتر است و به لحاظ هندسه این رخساره از نوع لایه ای (bedding) شامل سنگ آهک‌های قهوه‌ای روشن ضخیم لایه است. این رخساره حدود دو درصد از نهشته‌های قم را در برش مطالعاتی تشکیل داده است. حضور فونای منفذدار دوکی شکل کشیده مرتبط با محیط رسوبی بخش عمیق شلف (deep shelf) در زیر سطح اساس امواج طوفانی دریا (SWB) نسبت

رخساره‌ها

بر پایه شناسایی اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی و تعیین بافت سنگ، هشت ریزرخساره برای سازند قم به سن الیگوسن شناسایی شده است. این ریزرخساره‌ها با زون‌های رخساره‌ای معرفی شده توسط رید (Read, 1995) و فلوگل (Flügel, 2010) مقایسه شده‌اند و مدل رسوبگذاری بر مبنای مطالعات ایشان در نظر گرفته شده است. در ذیل، سه کمربند رسوبی براساس ریزرخساره‌های شناسایی شده توضیح داده شده‌اند:

کمربند رخساره ای بخش عمیق شلف، شیب قاره و حوضه (Deep Shelf/Slope and Basin Facies Belt)

شده توسط Read (۱۹۹۵) و 6, 5, 4 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

کمربند رخساره‌ای ریف (Shoal/ Reef deposits facies) (Belt)

Mf.5 Coral Boundstone

ای رخساره در حقیقت ساختمان‌های ریفی - مرجانی (بیش از ۸۰ درصد) را در یک بافت رسوبی باندستونی تشکیل می‌دهد (شکل e۳). بعضاً جلبک‌های قرمز، بریوزوئر و قطعات دو کفه‌ای همراه با کلنی مرجانی مشاهده می‌شود. ساختمان‌های مرجانی خوب حفظ شده نشان دهنده سیستم کم انرژی آب روی سطح بستر پایدار و در منطقه نفوذ نور است. هندسه رخساره به صورت سنگ آهک ریفی، توده ای و ساختمان ساز، پیوسته و قابل ردیابی با ضخامت تا ۴ متر است و حدود ۱۵ درصد از نهشته‌های سازند قم را در برش مورد تحقیق تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط حاشیه پلتفرم، ریف (platform margin/reef) است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۵ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 12, 11, 7 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

Mf.6 Corallinacea Bryozoan Packstone

ترکیبات اصلی رخساره شامل قطعات بریوزوئر و جلبک‌های قرمز به همراه قطعات مرجان، گاستروپود، دوکفه‌ای و اکتینوئید با جورشدگی متوسط درون بافت رسوبی پکستونی و گاهی فریم استونی است (شکل f۳). تخلخل بین دانه‌ای به خوبی درون این رخساره مشاهده می‌شود. هندسه رخساره به صورت لایه‌ای (bedding) سنگ آهک کرم رنگ ضخیم لایه (تا ۲ متر) و حدود ۲۵ درصد از توالی سازند قم را تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط حاشیه پلتفرم، شول ماسه‌ای (platform margin/sand shoal) است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۶ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 12, 11, 7 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است. تجمع جلبک‌های قرمز و بریوزوئر نشان می‌دهد که رسوبگذاری در یک محیط با بستر شن و ماسه در حاشیه سکو انجام گرفته است (سیستم انرژی زیاد آب) (Flugel ۲۰۱۰).

کمربند رخساره‌ای جزرومدی (Tidal Flat facies Belt)

Mf.7 Fine grain calcareous sandstone

رخساره ماسه سنگ آهکی فاقد هرگونه آلوکم و ارتوکم است و به لحاظ ماکروسکوپی شامل طبقات با هندسه ورقه‌ای (sheet)، به رنگ کرم تا خاکستری، نازک تا متوسط لایه (تا ۳۰ سانتی متر) است. دانه‌های کوارتز و فلدسپات تشکیل دهنده در خمیره ماسه‌ای - گلی به صورت ریزبلور با جورشدگی متوسط و گردشدگی ضعیف مشاهده می‌شوند (شکل g۳). این رخساره حدود ۹ درصد از نهشته‌های سازند قم را در ناحیه مورد مطالعه تشکیل داده است. این رخساره مرتبط با محیط کم عمق جزرومدی نزدیک به حاشیه لاگون (tidal flat/evaporitic) است و معادل زون رخساره‌ای شماره ۹ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 25, 23, 20 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

داده می‌شود و معادل زون رخساره‌ای شماره ۲ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 12, 10-8 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

Mf.2 *Lepidocyclina* Corralinacea packstone

آغاز رسوبگذاری سازند قم با این رخساره همراه بوده است. آلوکم‌های این رخساره لپیدوسیکلینا دوکی شکل همراه با جلبک قرمز و میزان کمتر بریوزوئر درون بافت پکستونی دانه درشت با جورشدگی متوسط است (شکل b۳). اندازه دانه‌ها بین ۰/۳ تا ۱/۵ میلی‌متر و به لحاظ هندسه این رخساره از نوع ملافه‌ای - صفحه ای (planar) شامل سنگ آهک‌های کرم رنگ ضخیم لایه است. این رخساره حدود ۲۲ درصد از نهشته‌های سازند قم را تشکیل داده است. حضور فونای منفذدار کوچک به همراه جلبک‌های قرمز را می‌توان به محیط رسوبی دریای باز، پنجه شیب قاره (Toe of slope) در زیر سطح اساس امواج طوفانی دریا (SWB) نسبت داد. این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۳ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 4, 3, 2 SMF مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

Mf.3 *Lepidocyclina* Bryozoan packstone

این رخساره با حضور فراوان جنس *Lepidocyclina* دوکی شکل همراه با بریوزوئر درون بافت پکستونی دانه درشت با جورشدگی متوسط معرفی شده است (شکل c۳). اندازه دانه‌ها بین ۰/۳ تا ۲ میلی‌متر در مقیاس میکروسکوپی و تا ۶ سانتی‌متر در مقیاس ماکروسکوپی مشاهده می‌شود. به لحاظ هندسه این رخساره از نوع لایه ای (bedding)، شامل سنگ آهک‌های کرم رنگ ضخیم لایه است. این رخساره حدود ۵ درصد از نهشته‌های سازند قم را تشکیل داده است. حضور فونای منفذدار کوچک از جمله *Asterogerina* و *Amphistegina* به همراه جلبک‌های قرمز را می‌توان به محیط رسوبی دریای باز، شیب قاره (slope) در زیرسطح اساس امواج طوفانی دریا (SWB) نسبت داد. این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۴ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و 6, 5, 4 SMF Flugel (۲۰۱۰) است.

Mf.4 *Rotalia* Corralinacea packstone

اجزای اصلی این رخساره شامل فونای منفذدار *Rotalia* لنزی شکل، مرجان و جلبک‌ها قرمز همراه با قطعات اکتینوئید و بریوزوئر درون بافت رسوبی پکستون با جورشدگی و گردشدگی ضعیف است (شکل d۳) و عموماً تخلخل‌های درون دانه‌ای و بین دانه‌ای در این رخساره ایجاد شده است. هندسه رخساره به صورت لایه‌ای ندولار (nodular)، سنگ آهک قهوه‌ای روشن ضخیم لایه تا ۲ متر است. این رخساره حدود هشت درصد نهشته‌های سازند قم را در برش مورد مطالعه تشکیل داده است. فراوانی *Rotalia* عدسی شکل تا حدود ۳۰ درصد از آلوکم‌های تشکیل دهنده سنگ به همراه جلبک‌های مرجانی و قرمز نشان می‌دهد که رسوبگذاری در سیستم انرژی کم تا متوسط دریایی در زیر سطح اساس امواج عادی (NWB) مربوط به بخش جلوی ریف / شیب / دریای باز صورت گرفته است. این رخساره معادل زون رخساره‌ای شماره ۴ معرفی

همانطور که ذکر گردید بوسیله تجزیه و تحلیل رخساره‌ای شامل ویژگی‌های فونا، هندسه رخساره، فابریک و بافت رسوبی، هشت ریزرخساره مرتبط با سه کمربند رخساره‌ای جزرومدی، ریف، شیب قاره و دریای باز شناسایی شده است. براساس توزیع رخساره‌ها در این مطالعه و مقایسه آنها با مطالعات Read (۱۹۹۵)، Flugel (۲۰۱۰) و Wilson (۱۹۷۵) و با توجه حضور فراوان رخساره‌های ریفی و حضور پیوسته طبقات سنگ آهک به صورت صخره ساز (Build up)، مدل رسوبی سازند قم در برش مورد مطالعه را می‌توان یک شلف باز در نظر گرفت (شکل ۴). نمودار فراوانی رخساره‌ها (شکل ۵) نشان می‌دهد که کارخانه‌های کربنات‌سازی در الیگوسن، بیشترین تولید رسوبات آهکی را در محیط شیب قاره و حاشیه شلف در شمال باختری ناحیه ساندج - سیرجان داشته‌اند (رخساره‌های ۲ و ۳). حضور فراوان رخساره‌های لپیدوسیکلینا و کمربندهای جزرومدی در کنار هم، نشانگر نوسانات سریع سطح آب دریا از بخش‌های عمیق شلف تا پهنه کم عمق جزرومدی است. این فرایند را می‌توان با احتمال به پویا بودن زمین ساخت منطقه مورد مطالعه در زمان الیگوسن پسین نسبت داد.

Mf.8 Coarse grain sandstone

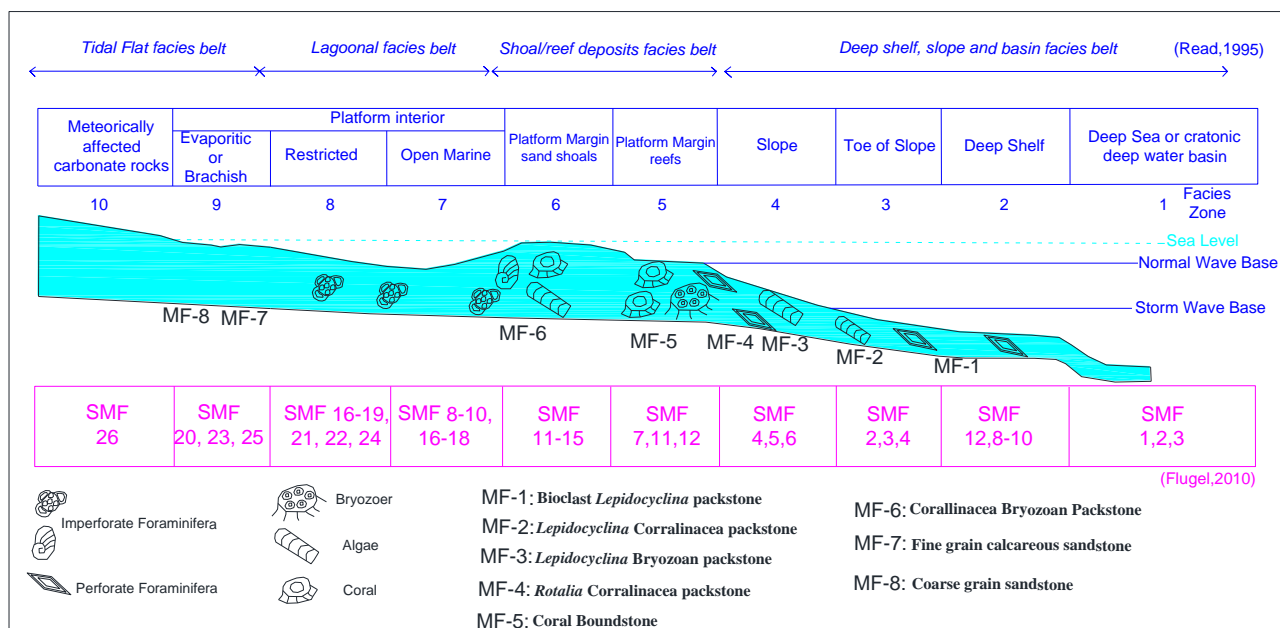
این رخساره در حقیقت یک لیتوفاسیس محسوب می‌شود و بخش‌های بالایی سازند قم را تشکیل می‌دهد. ماسه سنگ‌ها فاقد هرگونه آلوکم و ارتوکم می‌باشند و به لحاظ ماکروسکوپی شامل طبقات با هندسه ورقه-ای - لایه ای (bedding/sheet)، به رنگ کرم تا خاکستری، نازک تا متوسط لایه (تا ۴۰ سانتی متر) است. دانه های کوارتز و فلدسپات تشکیل دهنده به صورت درشت بلور با جورشدگی ضعیف تا متوسط و گردشدگی ضعیف مشاهده می‌شوند (شکل h۳). این رخساره حدود ۱۴ درصد نهشته‌های سازند قم را تشکیل داده است. این لیتوفاسیس مرتبط با محیط کم عمق جزرومدی (سوپراتایدال) نزدیک به حاشیه ساحل است و معادل زون رخساره ای شماره ۹ معرفی شده توسط Read (۱۹۹۵) و SMF 20, 23, 25 مستند شده توسط Flugel (۲۰۱۰) است.

مدل رسوبی سازند قم



شکل ۳- رخساره‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی سازند قم در ناحیه مورد مطالعه.

Fig. 3. Microphotograph and field photograph facies of the Qom Formation facies in the study area
 a: Mf.1 Bioclast *Lepidosyclina* packstone, b: Mf.2 *Lepidosyclina* Corralinacea packstone, c: Mf.3 *Lepidosyclina* Bryozoa packstone, d: Mf.4 *Rotalia* Corralinacea packstone, e: Mf.5 Coral Boundstone, f: Mf.6 Corallinacea Bryozoa Packstone, g: Mf.7 Fine grain calcareous sandstone, h: Mf.8 Coarse grain sandstone, (L: *Lepidosyclina*; B: Bryozoa; C: Corralinacea; R: *Rotalia*).



شکل ۴- مدل رسوبی سازند قم به عنوان یک شلف باز کربناته.

Fig. 4. Sedimentary model of the Qom Formation as an open carbonate shelf.

این سکناس با رخساره شماره ۲ (لیپدوسیکلینا کورالیناسه آ پکستون) به صورت تجمعی (Aggradation) و به ضخامت ۴۵ متر به عنوان بخشی از هندسه پنجه شیب قاره (Toe of slope) حوضه تعیین شده است. نوسانات سطح آب در سیستم ترکت پیشرونده سکناس اول محرز است و تغییرات تدریجی رخساره ای از دریای باز تا حاشیه شلف (Shelf margin-reef) با رخساره‌های کورال باندستون و بریوزوئر پکستون (mf 5&6) مشخص است. حداکثر سطح غرقابی (mfs) این سکناس با کاهش فونای کورال، کورالیناسه آ و ازدیاد در تنوع جنس لیپدوسیکلینا (mf 1/ Bioclast *Lepidosyclina* packstone) همراه بوده و مربوط به بخش عمیق شلف (deep shelf) است.

سیستم ترکت تراز بالا یا پسرونده (HST) سکناس اول به ضخامت ۱۲۰ متر با پیش نشینی رخساره‌ها (Progradation) به سوی محدوده جزرومدی (tidal flat) تعیین شده است به طوریکه رخساره شماره ۴ (*Rotalia Corralinacea* packstone) مرتبط به شیب قاره از دریای باز به رخساره شماره ۷ ماسه‌سنگ آهکی (Fine grain calcareous sandstone) و رخساره ۸ ماسه سنگ درشت بلور (Coarse grain sandstone) منطقه جزرومدی تغییرکرده است (شکل‌های ۵ و ۶).

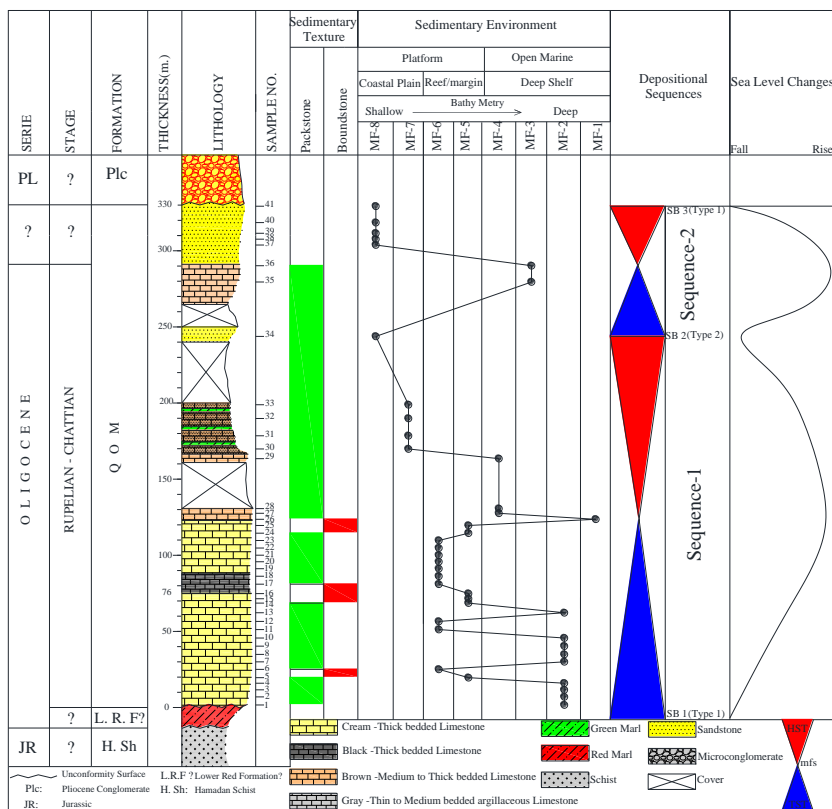
چینه نگاری سکناسی

بررسی‌های صحرایی، نحوه توزیع رخساره‌های سنگی و زیستی (لیتوفاسیس و میکروفاسیس) و همچنین چرخه‌های رسوبی منجر به تعیین سطوح چینه‌نگاری سکناسی (SB, HST, MFS, TST)، الگوی انباشتگی چینه‌ها (Strackins Pattern)، نحوه جابجایی و انتقال رخساره‌های سنگی و محیط‌های رسوبی نهشته‌های الیگوسن سازند قم گردید. این عوامل در چینه نگاری سکناسی اهمیت زیادی داشته و به ارزیابی تغییرات سطح دریا و بازسازی تاریخچه رسوبگذاری این نهشته‌ها منجر می‌گردد.

براین اساس دو سکناس رسوبی رده سوم به سن روپلین - شاتین برای نهشته‌های قم تفکیک شده است (شکل ۵). روش و الگوی انجام این مطالعات بر پایه مدل چینه‌نگاری سکناسی Tucker و Hunt (1993, 1995) صورت گرفته است.

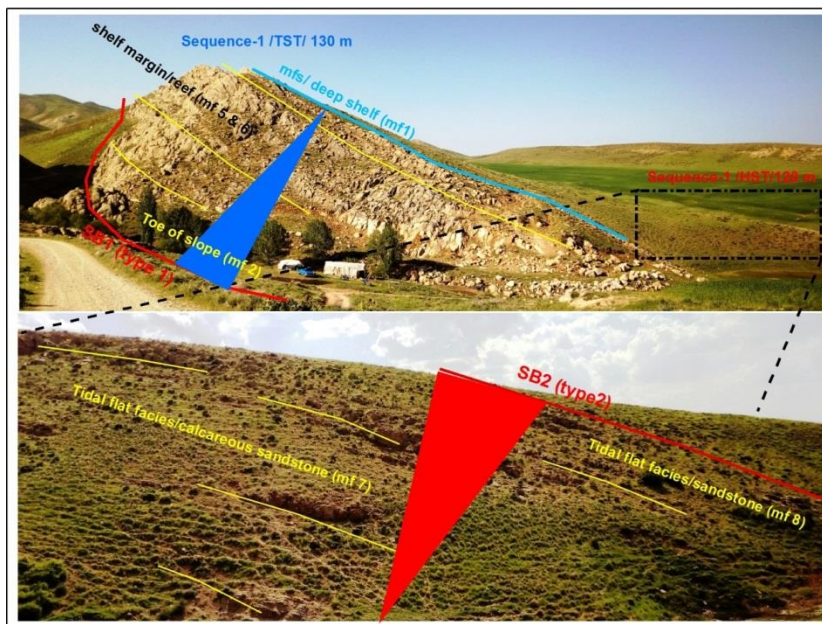
سکناس اول

این سکناس، ضخامت ۲۵۰ متر سازند قم را شامل می‌شود و بر مبنای مطالعات زیست چینه نگاری، سن روپلین - شاتین دارد. مرز زیرین این سکناس بدلیل قرار گرفتن سازند قم بر روی سنگ‌های دگرگونی شیبست همدان از نوع اول است و مرز بالایی آن به صورت پیوستگی معادل و از نوع دوم است. سیستم ترکت پیشرونده (TST)



شکل ۵ - توزیع ریزرخساره‌ها، تغییرات سطح آب دریا و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در برش مورد مطالعه.

Fig. 5. Distribution of microfacies, sea level changes and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the studied section.



شکل ۶ - تصویر صحرایی گویا شده سکانس اول سازند قم به سن الیگوسن در برش مورد مطالعه، تصویر بالا: سیستم ترکرت پیشرونده سکانس اول، پس نشینی تدریجی رخساره‌ها، پنجه شیب قاره و حداکثر سطح غرقابی، (نگاه به سوی جنوب باختر). تصویر پایین: سیستم ترکرت پسرونده سکانس اول، رخساره‌های ماسه سنگی مرتبط با پهنه جزرومدی (نگاه به سوی جنوب باختر).

Fig. 6. Illustrated field photo of the sequence-1 of Qom Formation (Oligocene in age) in the studied section, top photo: TST of the sequence-1, retrogradation, toe of the slope and maximum flooding surface (mfs), (Direction of view: southwest). Bottom photo: HST of the sequence-1, sandstone facies associated with the tidal zone (southwest view).

سکانس دوم

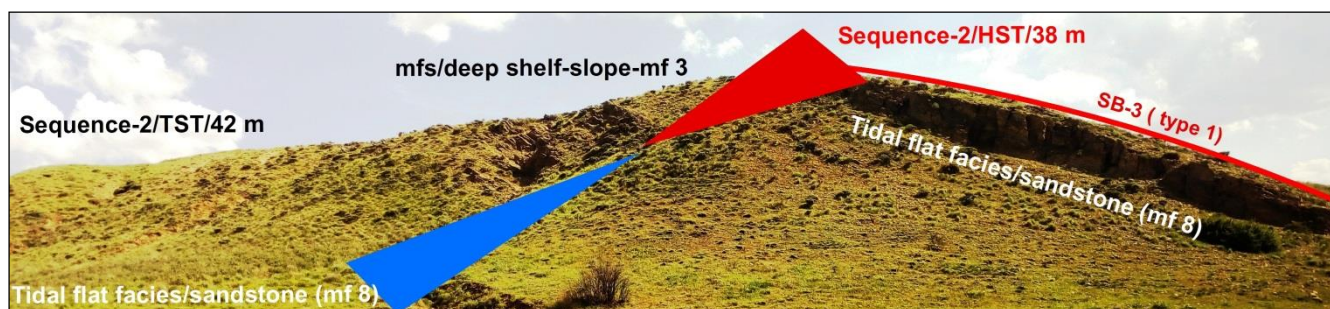
سکانس رسوبی (رده سوم) و ۷ سطح سکانسی برای نهشته‌های الیگوسن و میوسن شناسایی کردند که ۴ سطح سکانسی برای نهشته‌های میوسن زیرین تعیین شده است. از طرفی Hardenbol و همکاران (۱۹۹۸) در حوضه اروپا ۵ سکانس (رده دوم و رده سوم) و ۶ سطح سکانسی برای نهشته‌های میوسن زیرین تفکیک کردند. مقایسه سطوح سکانس برش مورد بررسی در شمال باختری حوضه سنندج - سیرجان با حوضه زاگرس نشان می‌دهد که سطوح سکانسی شماره ۱، ۲ و ۳ در این مطالعه به خوبی با سطوح surface- II, surface- III و surface- IV از مطالعات Buchem و همکاران (۲۰۱۰) منطبق است (شکل ۸). (۱۰)

این مقایسه بر اساس جایگاه کروئواستراتیگرافی سطوح سکانسی انجام شده است. از طرفی مقایسه سطوح حداکثر غرقابی (mfs) سکانس‌های پیشنهادی ۱ و ۲ در این مطالعه، همخوانی بسیاری خوبی با سطوح سکانسی Ch1 و Ch2 به سن شاتین معرفی شده توسط Hardenbol و همکاران (۱۹۹۸) در حوضه اروپا نشان می‌دهد (شکل ۸). مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در این مطالعه با مطالعات Haq و همکاران (۱۹۸۷) همخوانی قابل قبولی را نشان می‌دهد (شکل ۹). به طور کلی با توجه به همخوانی نسبی سطوح سکانسی و منحنی تغییرات سطح آب دریا و تغییرات ناگهانی رخساره‌ای در این مطالعه، می‌توان گفت زمین‌ساخت منطقه مورد مطالعه در الیگوسن پسین در شمال باختر ناحیه سنندج - سیرجان احتمالاً پویا بوده است.

این سکانس با ۸۰ متر ضخامت به سن احتمالی الیگوسن پسین (شاتین)؟ بخش بالایی از سازند قم را دربر گرفته و مرز بالایی آن منطبق بر نهشته‌های کنگلومرایی پلیوسن از نوع اول است. در این سکانس سیستم ترک‌ت پیشرونده (TST) به ضخامت ۴۲ متر با پس نشینی سریع رخساره‌ها (Retrogradation) شامل جایگزینی رخساره ماسه سنگی منطقه جزرومدی (mf 8) به رخساره شماره ۳ منطقه شیب قاره از دریای باز (*Lepidosyclina* Bryozoan packstone) است. حداکثر سطح غرقابی (mfs) سکانس دوم با رخساره شماره ۳ شامل میان لایه‌سنگ آهکی حاوی جنس *Lepidocyclina* دوکی شکل همراه با بریوزوئر درون بافت پکستونی تعیین شده است. سیستم ترک‌ت تراز بالا یا پسرونده (HST) این سکانس به ضخامت ۳۸ متر با پیش‌نشینی سریع رخساره دریای باز (Progradation) به سوی منطقه جزرومدی همراه بوده به طوریکه رخساره شماره ۳ از بخش شیب قاره شلف (*Lepidosyclina* Bryozoan packstone) مجدداً به رخساره مرتبط با کمربند جزرومدی (Mf8) (Coarse grain sandstone) تغییر کرده است (شکل‌های ۵ و ۷).

مقایسه سطوح سکانسی این مطالعه با حوضه زاگرس و اروپا

Ehrenberg و همکاران (۲۰۰۷) و Buchem و همکاران (۲۰۱۰) در حوضه زاگرس (زون ایزه و فروافتادگی دزفول) شش

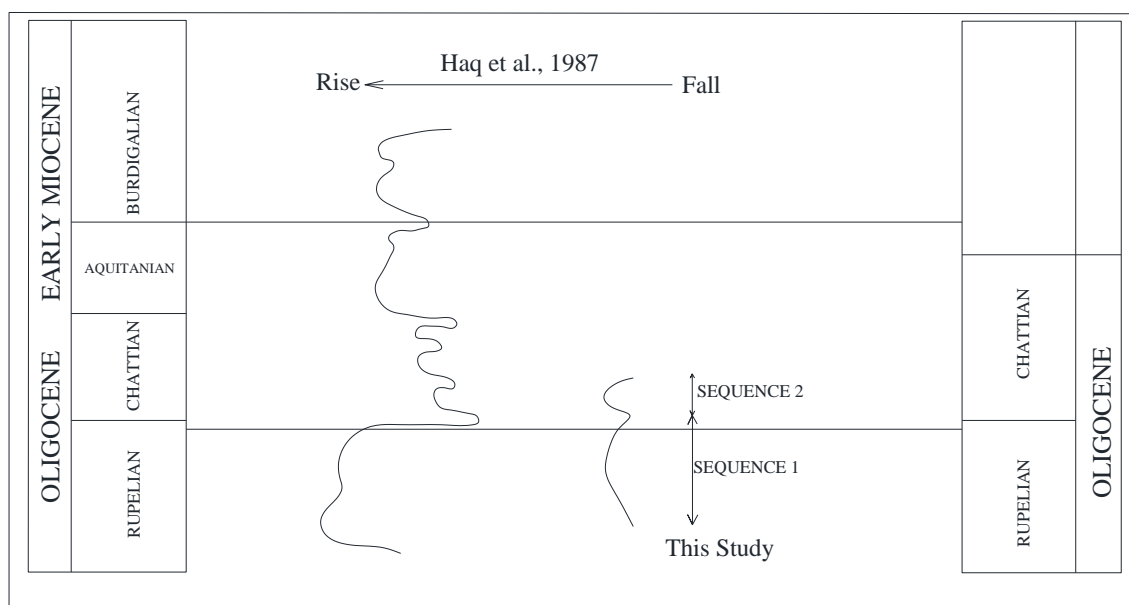


شکل ۷- تصویر صحرایی گویا شده سکانس دوم سازند قم به سن الیگوسن پسین در برش مورد مطالعه، سیستم ترک‌ت پیشرونده سکانس دوم، پس نشینی سریع رخساره جزرومدی به رخساره شیب قاره و حداکثر سطح غرقابی، (نگاه به سوی جنوب باختر).

Fig. 7. Illustrated field photo of the sequence-2 of the Qom Formation (Late Oligocene) in the studied section. TST of the sequence-2, retrogradation of the tidal facies to the continental slope facies and the maximum flooding surface, (southwest view).

Age (Ma)	Standard Chronostratigraphy GTS 2004		Dezful Embayment		European Basins	Sanandaj-Sirjan Zone
	Epoch	Stage	Ehrenberg et al. 2007	Van Buchem et al. 2010	Hardenbol et al. 1998	This research
20	Miocene	Burdigalian	18.5 Gachsaran	18.5 Surface VII		
		20.43	20.2 Bu 20	20.2 Surface VI		
	23.03	Aquitanian	21.6 Aq 20/Bu10	21.4 Surface V		
		23.03	23 Intra/Aq10 23.5 Aq 10	23.2 Surface IV		SB 3 (Type 1)
25	Oligocene	Chattian	24.9 Ch 30	25.1 Surface III	Ch 3	mfs
			28.4	28 Ch 20		Ch 2
		Rupelian	28.9 Ru 20/Ch10	28.8 Surface II	Ch 1	SB 1 (Type 1)
			30 Ru 20		Ru 3	
30	Eocene	Priabonian	33.9	33.9		Surface I

شکل ۸ - مقایسه سطوح سکانشی این مطالعه (باختر سنندج-سیرجان) با سطوح سکانشی الیگوسن و میوسن نواحی زاگرس و حوضه اروپا.
 Fig. 8. Comparison of sequence surfaces of this study (west of Sanandaj-Sirjan) with Oligocene and Miocene sequence levels of the Zagros and European basins.



شکل ۹ - مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح دریا در این مطالعه (باختر سنندج - سیرجان) و تغییرات جهانی سطح دریاها (الیگوسن و میوسن).
 Fig. 9. Comparison of relative sea level change curves in this study (West Sanandaj-Sirjan) and global sea level changes (Oligocene and Miocene).

نتیجه گیری

نوع اول می باشد. مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در منطقه مورد مطالعه با منحنی تغییرات جهانی سطح دریا همخوانی قابل قبولی دارد و سطوح سکانشی شناسایی شده این مطالعه با سطوح سکانشی الیگوسن و میوسن نواحی ایزه و فروافتادگی دزفول حوضه زاگرس مطابقت بهتری نشان می دهد. به طور کلی با توجه به همخوانی نسبی سطوح سکانشی و منحنی تغییرات سطح آب دریا و تغییرات ناگهانی رخساره های در این مطالعه، می توان گفت زمین ساخت اواخر الیگوسن در شمال باختر حوضه سنندج - سیرجان احتمالاً پویا بوده است.

یک برش چینه شناسی به ضخامت ۳۳۰ متر به جهت چینه نگاری سکانشی رسوبات معادل سازند قم در باختر ناحیه ساختاری سنندج - سیرجان (شمال باختر همدان) انتخاب شد. بررسی های میکروسکوپی و ماکروسکوپی رخساره ها شامل ویژگی های فونا، هندسه، فابریک و بافت رسوبی، به شناسایی هشت ریزرخساره مرتبط با سه کمربند رخساره ای جزر و مدی، ریف، شیب قاره و دریای باز منجر شد. برمبنای حضور قابل ردیابی رخساره های ریفی، مدل رسوبی سازند قم یک شلف باز پیشنهاد شد. برمبنای مطالعات چینه نگاری سکانشی، دو سکانش رسوبی رده سوم و سه مرزسکانشی تفکیک شد که سطح سکانشی شماره یک و سوم از

منابع

- Aghanabati, A., 2004. Geology of Iran, Publications of the Geological Survey of Iran, p. 568.
- Daneshian, J., Mosadegh, J., Khalaj, H., Ghasemi, A., 2008. Sequence stratigraphy of the Qom Formation in Bichareh section, Southeast of the Qom, North of the Central Iran. Journal of Basic Sciences Research, University of Isfahan 34 (5), 19-54.
- Daneshian, J., Asadi, A., Derakhshani, L., 2017. Microfacie, sedimentary environment and sequential stratigraphy of Qom Formation in Deh Namak section, northeast of Garmsar. Iranian Geological Quarterly 11, 43-23.
- Ehrenberg, S., Pickard, G.V., Laursen, S., Monibi, Z.K., Mossadegh, T.A., Svånå, A.A.M., Aqrabi, J.M., McArthur, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene-Lower Miocene), SW Iran. Journal of Petroleum Geology 30, 107-128.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of carbonate rocks, analysis interpretation and application: Berlin-Heidelberg, New York, Springer.
- Ghasemi, A., Talbot, C.J., 2006. A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran). Journal of Asian Earth Science 26, 683-693.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., De Graclansky, P.C., Vail, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. SEPM Special Publications 60, 3-14.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156-1167.
- Hunt, D., Tucker, M.E., 1993. Sequence stratigraphy of carbonate shelves with an example from the mid-Cretaceous (Urgonian) of southeast France: International Association of Sedimentologists, Special Publication 18, 307-341.
- Hunt, D., Tucker, M.E., 1995. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall - reply. Sedimentary Geology 95, 147-160.
- Imendoost, A., Amini, A., 2005. Sequence stratigraphy of Qom Formation in Shurab section with a view to the effective parameters in identifying the main sequence levels and system track in sub-surface sections. 24th Earth Sciences Conference, Geological Survey of Iran.
- Read, J.F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds. SEPM, Short Course Note 35, 1-102.
- Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V., Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations), SW Iran. Geological Society, London, Special Publications 329, 219-263.
- Wynd, J., 1965. Biofacies of the Iranian consortium agreement area. Iranian Oil Offshore Company, Report No. 1082.



©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.