



تحليل السحنات الدقيقة والبيئة الترسيبية لتكوين الفتحة في بئرين نفطيين شمال محافظة صلاح الدين

مصطفى عبدالرحمن عبدالله*¹ ID، عبدالسلام مهدي صالح² ID، فارس نجريس حسن³ ID، سعد أحمد محمود⁴ ID
^{1,2,3} قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.
⁴ قسم الجيولوجيا، شركة نفط الشمال، العراق.

المخلص

يعد تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) المعروف سابقاً بتكوين الفارس الأسفل تكويناً مهماً جداً في النظام النفطي فقد يكون مستودعاً نفطياً في العديد من الحقول الشمالية والوسطى والحقول الجنوبية إضافة إلى كونه يمثل صخور غطاء في مكامن العصر الثلاثي. بالاعتماد على نماذج الفتحات الصخرية تم تحديد صخارية التكوين إذ يتكون من تتابع من الحجر الجيري والمارل والحجر الجيري المارلي والحجر الغريني والانهدرايت أو الحجر الملحي. يمثل السطح السفلي لتكوين فتحة سطح توافق مع تكوين جربي أما الجزء العلوي منكشف للسطح. تم تقسيم السحنات الصخرية إلى سحنات المتبخرات والمارل والحجر الجيري والحجر الجيري المارلي والدولومايت والحجر الغريني. اعتماداً على الدراسة البترولوجرافية فإن السحنات الدقيقة لتكوين الفتحة تأثرت بدرجة عالية بالعمليات التحويرية وشملت عمليات: المكترية والانضغاط والسمنتة والتشكل الجديد والتكسرات والاذابة والدلمتة والانهدرتة إضافة إلى المعادن موضعية النشأة (البابرايت). اعتماداً على تحليل السحنات الدقيقة تم تشخيص أربع سحنات رئيسية والمتمثلة بسحنة الحجر الجيري الطيني وسحنة الحجر الجيري الواكي وسحنة الحجر الجيري المرصوص وسحنة الحجر الجيري الحبيبي الدملي إضافة إلى أربع سحنات ثانوية بالاعتماد على أنواع الحبيبات السائدة. وفقاً لنتائج التحليل السحني الدقيق فإن البيئة الترسيبية لتكوين فتحة في منطقة الدراسة تمثل بيئة بحرية ضحلة مشكلة جزءاً من المنحدر الداخلي والتي تضمنت بيئات المسطحات المدية واللاغون والضحلة.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 09-يناير-2024

تاريخ المراجعة: 10-ابريل-2024

تاريخ القبول: 18-يوليو-2024

تاريخ النشر الإلكتروني: 01-يوليو-2025

الكلمات المفتاحية:

تكوين الفتحة

العمليات التحويرية

السحنات الدقيقة

البيئة الترسيبية





المراسلة:

الاسم: مصطفى عبد الرحمن عبدالله

Email:

mustafaabdullah8@gmail.com

Microfacies Analysis and Depositional Environment of the Fatha Formation for Two Oil Wells North of the Salahuddin Governorate

Mustafa A. Abdullah^{1*} , Abdulsalam M. Salih² , Faris N. Hassan³ , Saad Ahmed Mahmoud⁴ 
^{1,2,3} Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.
⁴ Department of Geology, North Oil Company, Iraq.

Article information

Received: 09- Jan -2024

Revised: 10- Apr -2024

Accepted: 18- Jul -2024

Available online: 01- Jul – 2025

Keywords:

Fatha Formation
 Diagenetic processes
 Microfacies
 Depositional Environment

Correspondence:

Name: Mustafa A. Abdullah

Email:

mustafaabdullah8@gmail.com

ABSTRACT

The Fatha Formation (Middle Miocene), formerly known as the Lower Fars Formation, is very important in the petroleum system. It may be an oil reservoir in many northern, central, and southern oilfields, in addition to being caprock in Tertiary reservoirs. Based on cutting samples, the lithology of the formation was determined, as it consists of a sequence of limestone, marl, marly limestone, siltstone, anhydrite, or saltstone. The lower contact of the Fatha Formation is conformable with the Jeribe Formation, while the upper contact represents the outcrop. The lithofacies were divided into evaporite, marl, limestone, marly limestone, dolomite, and siltstone facies. Based on the petrographic study, the microfacies of the Fatha Formation were highly influenced by diagenetic processes. These included the processes of micritization, compaction, cementation, neomorphism, fractures, dissolution, dolomitization, and anhydritization, in addition to locally occurring authigenic minerals (pyrite). The microfacies analysis diagnosed four main microfacies: mudstone, wackestone, packstone, and grainstone, and four submicrofacies based on the prevailing grain types. According to the facies analysis results, the depositional environment of the Fatha Formation in the study area represents a shallow marine environment forming part of the inner ramp, including tidal flat, lagoon, and shoal.

DOI: [10.33899/earth.2024.145950.1213](https://doi.org/10.33899/earth.2024.145950.1213), ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction – المقدمة

يعد تكوين الفتحة من التكوين المهمة في الشرق الأوسط حيث يتألف بصورة رئيسة من المارل والحجر الجيري والحجر الجيري المارلي والحجر الغريني والترسبات الملحية بكميات كبيرة والتي جعلها صخور غطاء غير نفاذة وغير مسامية لمكامن العصر الثلاثي إضافة الى احتواءها على الكبريت بكميات اقتصادية. وصف التكوين لأول مرة في ايران من قبل (Busk and May, 1918 in Bellen et al., 1959). يظهر هذا التكوين في جنوب غرب ايران في آبار تحت سطحية في حقل قاجسران النفطي ومنكشفا على السطح ويتكون من تعاقبات من الانهايديرايت والحجر الجيري المتصاحب مع السجيل البيتيوميني والصخر الملحي والمارل الأحمر والرمادي (Mahmoodabadi, 2020).

قُسم تكوين الفتحة لأول مرة من قبل (Kitchin, 1927 in Bellen et al., 1959) الى اربع وحدات صخرية في السنوات الأولى من الاستكشاف النفطي في حقل كركوك النفطي حيث تم تقسيم الوحدات بالاعتماد على السحنة الصخرية والدالات الكلسية (الطبقات الكلسية) وهي من الاحداث الى الاقدم: الطبقات الحمراء (Upper Red Beds) وطبقات التسرب (Seepage Beds) والطبقات الملحية (Saliferous Beds) والطبقات الانتقالية (Transitional Beds)، وفي منطقة الدراسة تم الاعتماد على هذا التقسيم اعتمادا على صخرية التكوين في كل من الطبقات التي قسمت.

تشير بعض الدراسات ان وحدات المارل والحجر الجيري والمتبخرات ترسبت في مناطق تحت المد والمد وفوق المد على التوالي (Shawkat and Tucker, 1978; Shawkat, 1979; Aqrabi, 1993; Tucker, 1999). عند أطراف الحوض الترسيبي الفورلاندر المجاور لجبال زاكروس - طوروس فان الدورات الرسوبية تتكون من المارل والمتبخرات والفتاتيات الحمراء بينما كلما اتجهنا نحو مركز الحوض فان الامتدادات الجانبية للدورات تكون متكونة من المارل والكاربونات والمتبخرات واقتصر الفتاتيات الحمراء في الأجزاء العليا من تكوين الفتحة (Aqrabi et al., 2010).

درس (Tamar-Agha and Al-Aslami, 2015) تكوين الفتحة في حقل شرق بغداد في آبار تحت سطحية ومكاشف سطحية وذكر ان البيئة الترسيبية لتكوين فتحة تمثل بيئة تحت مديّة والمترافقة مع بيئات لاكونية، وان وجود الجبس العدي والانهيدرايت يدل على البيئة اللاغونية وبيئات السبخة والتي تدل بالتالي على المناخ الحار والجاف.

ذكر (Alsultan and Awad, 2021) بان المناطق الترسيبية لتكوين الفتحة في منطقة شقلاوة تتراوح من البيئات البحرية الضحلة المفتوحة والبيئات المقيدة شديدة الملوحة الى البيئات فوق المديّة والقارية (السبخة والنهرية والدلتاوية والمنكشفة).

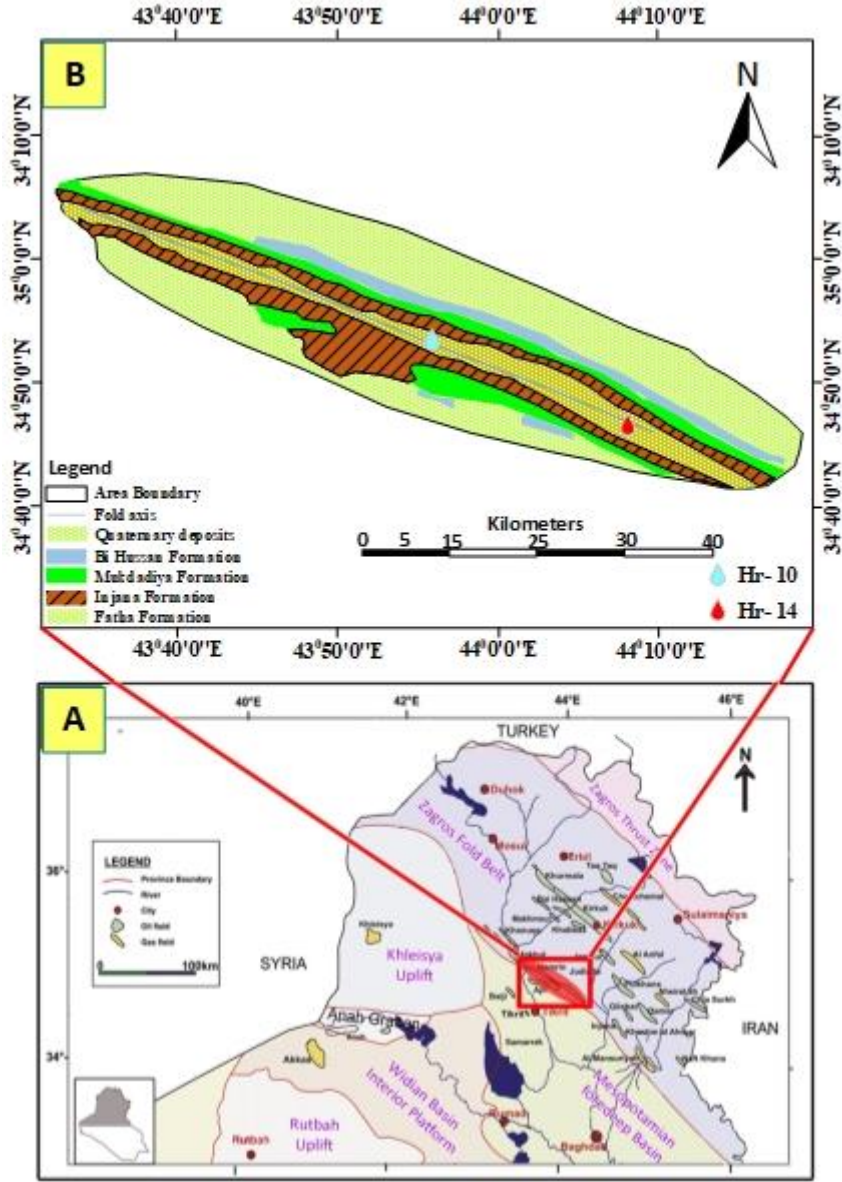
درس (Al-hadadi and AL-khafaji, 2020) صخور الجبس لتكوين الفتحة في منطقة زرباطية شرق العراق حيث بينت الدراسة المعدنية باستخدام الاشعة السينية الحائدة إضافة للمجهر الالكتروني الماسح بان الصخور الجبسية تتشكل في غالبيتها من معدن الجبس وكميات قليلة من معادن الانهيدرايت والكالسايت والبارانايت والدولومايت وكذلك تم تشخيص العديد من أنسجة الجبس مثل جيس الليفي والالباستري والمصمت والعمودي والبروفيروبلاستي حيث ان وجود هذه الانسجة يعكس عمليات التبلور وإعادة التبلور لصخور الجبس إضافة الى عمليات التميؤ وتحول الانهيدرايت الى الجبس والتي تدل على بيئة بحرية ضحلة فوق مديّة وبيئة قارية.

ذكر (Hassan et al., 2022) ان تكوين الفتحة في جنوب العراق في حقل (K) النفطي الذي يقع الى الشمال والشمال الغربي من محافظة البصرة ترسب في حوض ضحل واعتمادا على نماذج اللباب لأبار تحت سطحية فان السحنة الصخرية للتكوين تتشكل من خليط من الحجر الجيري والمارل والحجر الجيري المارلي والحجر الرملي والجبس او الانهيدرايت واما السحنة الدقيقة فتمثلت بأربع سحنات دقيقة رئيسية وتسع سحنات دقيقة ثانوية وان البيئة الترسيبية للتكوين بالاعتماد على السحنات الدقيقة تمثل جزءا من بيئة المنحدر الداخلي والمتمثلة بالبيئات الفوق المديّة واللاغونية والضحاحية (shoal).

تختلف البيئة الترسيبية لتكوين الفتحة في الحوض الجنوبي جنوب العراق اختلافا قليلا عن الحوض الشمالي شمال العراق حيث تمثل البيئة الرئيسية بيئة اللاغون شبه المغلقة ولكنها تترافق مع بيئات ثانوية أخرى مثل بيئة المياه الضحلة وبيئة المد والجزر وبيئة تحت المد (Shareef et al., 2023). تهدف هذه الدراسة الى تشخيص السحنات الصخرية والدقيقة لتكوين الفتحة لتحديد البيئة الترسيبية القديمة ورسم الموديل الرسوبي.

موقع منطقة الدراسة - Location of Study area

تقع منطقة الدراسة شمال محافظة صلاح الدين (الشكل 1) وتكونيا تقع منطقة الدراسة في حدود الجنوب حيث تمثل طية حميرين طية غير متناظرة تمتد باتجاه شمال غرب - جنوب شرق لاكثر من 101 كم وبعرض 4-7 كم، وتتميز هذه الطية بانها تحديه سطحية ذات قباب متعددة والتي تشمل قبة علاس وقبة النخيلة وقبة البوفصول Al-Sulaiman and (Ahmed, 2021).



الشكل 1. A- خارطة موقعية لمنطقة الدراسة محور عن (Al-Ameri and Zumberg, 2012) ، B- خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة محور عن (Al-Sulaiman et al., 2017).

طريقة العمل - Methodology

تتضمن طريقة العمل دراسة السحنات الصخرية لتكوين الفتحة بطريقة الوصف الصخري لنماذج الفتات الصخري (cutting) لتشخيص سحنات المارل والحجر الجيري المارلي والصخر الملحي والانهدرييت والحجر الغريني.

تم دراسة الشرائح الصخرية المتوفرة في شركة نفط الشمال في الاجزاء الوسطى والسفلى من تكوين الفتحة بواسطة المجهر المستقطب المأخوذة من نماذج الفتات الصخري للتتابعات الكربوناتيّة وبقايع (60) شريحة صخرية منها (28) في بئر- H10 و (32) في بئر- H14، حيث تم تقسيم السحنات الدقيقة اعتمادا على تصنيف (Dunham, 1962) وتشخيص أنسجة الدولومايت بالاعتماد على تصنيف (Randazzo and Zachos, 1984) اعتماد على شكل بلورات الدولومايت في الانسجة المشخصة حيث تم استخدام الصبغة الحمراء (Alizaren Red S) بطريقة ديكسون (Dickson, 1965) واما أنسجة الانهدرييت فتم تشخيصها بواسطة المجهر المستقطب وتسمية نسيجها بالاعتماد على تصنيف (Lucia, 2007).

تم استنتاج البيئة القديمة من السحنات الدقيقة الرئيسية والثانوية بالاعتماد على تقسيم السحنات القياسية (RMF) عن (Flugel, 2010). تم استخدام برنامج (Visio, 2019) لرسم المخططات الطباقية والموديل الرسوبي وبرنامج (GIS) لرسم الخريطة الموقعية.

السحنات - Facies

يضم تكوين الفتحة في منطقة الدراسة عدد من الدورات الرسوبية المتضحلة نحو الأعلى وتتميز كل دورة رسوبية بصورة عامة من الترسبات الآتية: المارل الأخضر والحجر الجيري والانهدريات والملح الصخري والحجر الغريني. تتألف تتابعات التكوين في الأجزاء العليا من تعاقبات الانهدريات مع المارل والحجر الغريني والحجر الجيري وتتألف تتابعات التكوين في الأجزاء الوسطى بصورة رئيسية من الصخر الملحي (Halite)، والانهدريات والحجر الغريني والحجر الجيري والمارل بينما تتألف تتابعات التكوين في الأجزاء السفلى من التكوين من تعاقبات الانهدريات والحجر الجيري او الحجر الجيري المارلي. يصل سمك تكوين الفتحة في بئر H10- الى (546 m) وفي بئر H14- الى (479m). يتوافق الحد السفلي للتكوين في نطاق اقدام الجبال والسهل الرسوبي مع تكوين جربيي واما الحد العلوي للتكوين فيكون متدرجا ومتوافق محليا مع تكوين إنجانة (Jassim and Goff, 2006)، وفي آبار الدراسة فان الحد السفلي للتكوين يتوافق مع تكوين الجربيي بينما يمثل الحد الأعلى سطحاً منكشفاً يبدأ عنده حفر الآبار (Abdullah et al., 2024).

السحنات الصخرية - Lithofacies

تمثل السحنة الصخرية جزء من طبقة او طبقة ضمن تتابع صخاري معين لها خواص معينة تختلف عن الطبقات الأخرى وتشمل هذه الخواص اللون والصلادة والتراكيب الرسوبية والمستحاثات وبالنتيجة فهي تدل على بيئة معينة (Al-Majmiei, 2019). يمثل تكوين الفتحة جزءاً أساسياً من النظام النفطي حيث يشكل صخور غطاء إقليمياً لمعظم المكامن الهيدروكربونية في العراق (Al-Jaberi and Salim, 2022).. يعتبر مقطع المايوسين (Miocene succession) أحد المكامن الهيدروكربونية الرئيسية في العراق والمكون بصورة رئيسية من تعاقبات المتبخرات اللاغونية والكاربونات (Farouk et al., 2023). تتألف سحنات تكوين الفتحة من رسوبيات تبخرية ذات طبيعة دورية متكررة حيث تكون كل دورة منها مؤلفة بصورة عامة من المارل الأزرق او الرمادي التي تتدرج الى الأعلى الى رسوبيات كلسية جيرية ثم الانهدريات او الهاليت. تم تشخيص سبع سحنات صخرية ضمن بئري منطقة الدراسة وكما يلي (الشكل 2):

1- سحنات المتبخرات (L1) Evaporate Lithofacies

تمثل المتبخرات مكوناً رئيسياً من تكوين الفتحة والتي تتعاقب مع الكاربونات في الأجزاء السفلى من التكوين وكذلك تتعاقب المتبخرات مع الحجر الغريني والكاربونات او المارل في الدورات المتواجدة في الأجزاء الوسطى والعليا من التكوين. ان طبقات المتبخرات المتواجدة في الأجزاء السفلى تتكون بصورة رئيسية من دورات الحجر الجيري والانهدريات واما في الأجزاء الوسطى والعليا فإنها تتكون من دورات من المارل والصخر الملحي والحجر الغريني او من دورات الحجر الجيري والمارل والمتبخرات (الصخر الملحي او الانهدريات). تتميز سحنة الانهدريات المتواجد في الأجزاء العليا بلون ابيض الى حليبي متوسطة الصلابة ذات تبلور دقيق (Fine crystalline) وفي الأعماق القريبة من السطح تكون هشّة (Soft) وفي الأجزاء الوسطى من التكوين تكون سحنة الانهدريات شديدة الصلابة وذات تبلور دقيق وتحتوي شوائب من المارل (Marl inclusions) واما في الأجزاء السفلى من التكوين الجزء الأعلى من الطبقات الانتقالية تظهر هذه السحنة بلون ابيض الى حليبي وتكون كتلية (Massive) وفي بعض اجزاءها تكون هشّة ذات ملمس معجوني (Pasty) وفي الأجزاء القريبة من حدود التماس مع تكوين جربيي تكون سحنة الانهدريات ذات لون ابيض وشديدة الصلابة وكتلية (Massive). يتميز الصخر الملحي المتواجد في الأجزاء الوسطى من التكوين بانه عديم اللون ذات مظهر زجاجي شفاف.

يصل سمك طبقات الانهيدرايت مجتمعة في بئر -H10 الى (252.5) م وبنسبة (48%) بينما يصل سمكها في بئر -H14 الى (180) م وبنسبة (39%). يصل سمك طبقات الصخر الملحي مجتمعة في بئر -H10 الى (62) م وبنسبة (12%) بينما يصل سمكها في بئر -H14 الى (83.5) م وبنسبة (18%). ان تواجد سحنة الانهيدرايت يدل على بيئة بحرية ضحلة شبه مقيدة (semi-restricted marine environment) وجافة بينما يمثل تواجد الهالايت نهاية السحنات البحرية المترسبة في مركز الحوض الرسوبي الدال على المناخ الجاف والحار حيث ان وجود طبقات الهالايت السمكية في منطقة الدراسة ضمن الطبقات الملحية يدل أيضا على بيئات اللاغون المعزولة (Tamar-Agha and Al-Aslami, 2015).

2 - سحنة المارل (L2) Marl Lithofacies

تتواجد هذه السحنة في الأجزاء العليا والوسطى من تكوين الفتحة وتتميز هذه السحنة الأجزاء العليا من التكوين بلون رمادي فاتح او ذات لون رمادي مزرق وتكون هشة (soft) ذات ملمس معجوني (pasty) وتحتوي على عقد الانهيدرايت او خيوط من الانهيدرايت (Anhydrite Streaks) وفي الأجزاء الوسطى من التكوين تتميز هذه السحنة بلون ازرق وأحيانا ذات لون رمادي فاتح وتحتوي احيانا على عقد الانهيدرايت. يصل سمك طبقات المارل مجتمعة في بئر -H10 الى (88) م وبنسبة (16%) بينما يصل سمكها في بئر -H14 الى (91) م وبنسبة (20%). أشار (Mustafa, 1980) الى ان تواجد المارل الرمادي المخضر يدل على بيئة بحرية اعتيادية بينما أشار (Al-Juboury and McCann, 2008) الى ان هذه السحنة تمثل رواسب تحت المد (subtidal deposits) في البيئات البحرية المقيدة الى المفتوحة وأشار (Ma'ala, 1989) الى ان وجود المارل ذات اللون الرمادي الفاتح واللون الأخضر المتعاقب مع طبقات الملحية وطبقات الكربونيت الرقيقة يدل على البيئة التحت المدية بينما أشار (Mahmoodabadi, 2020) الى ان تواجد هذه السحنة يشير الى بيئة اللاغون العميق. ان تواجد المارل الأزرق مع الطبقات الملحية السمكية في الأجزاء الوسطى من منطقة الدراسة يدل على بيئة لاغونية عميقة واما ترافق هذه السحنة باللون الرمادي مع طبقات رقيقة من الحجر الجيري والانهيدرايت في الأجزاء العليا من التكوين فإنها غالبا تدل على بيئة تحت مديّة (Subtidal).

3- سحنة الحجر الجيري (L3) Limestone Lithofacies

تتميز هذه السحنة في الأجزاء العليا من التكوين بلون رمادي فاتح ولها صلابة شديدة الى متوسطة وتكون ببلورات دقيقة (Fine crystalline) ومتدلّمة وتحتوي على مسامية وتحتوي احيانا على المارل (Marl) والبايرايت بينما تظهر هذه السحنة بلون بيجي وكريمي وبرمادي فاتح في الأجزاء الوسطى من التكوين وتتميز بصلابة متوسطة وبلورات ناعمة (Fine crystalline) وتحتوي على البيرايت وعلى مسامية عالية واما في الأجزاء السفلى من التكوين لا تظهر هذه السحنة اختلافا كبيرا في اللون وتتميز السحنة بصلابة شديدة وبلورات ناعمة وتكون متدلّمة إضافة الى احتواءها على عقد الانهيدرايت والبايرايت. يصل سمك طبقات الحجر الجيري مجتمعة في بئر -H10 الى (67) م وبنسبة (13%) بينما يصل سمكها في بئر -H14 الى (82.5) م وبنسبة (18%). اعتمادا على السحنات الدقيقة المشخصة لهذه السحنة الصخرية فان هذه السحنة ترسبت في بيئات المسطحات المدية وبيئات اللاغون والمقيدة والضحاحية (Shoal).

4- سحنة الدولومايت (L4) Dolomite Lithofacies

تتواجد هذه السحنة في الأجزاء السفلى من تكوين الفتحة وتتميز بلون برتقالي بيجي وتتميز بصلابة شديدة وتبلور ناعم (Fine crystalline) مع نقاط من البيرايت وترافق مع الحجر الجيري المارلي ذات اللون الرمادي الفاتح الهش إضافة الى احتواءها على شواهد غازية. يصل سمك طبقات الحجر الجيري مجتمعة في بئر -H10 الى (7.5) م وبنسبة (1%)

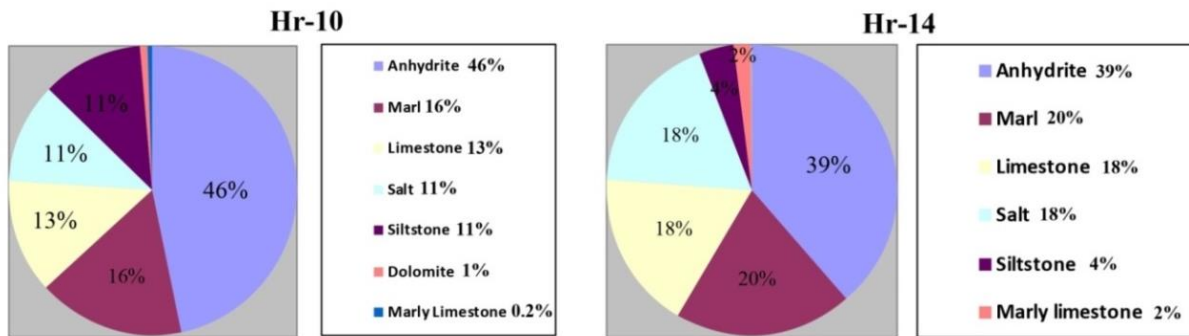
ولا تتواجد هذه السحنة في بئر - H14، وان ترافق هذه السحنة مع طبقة الانهيدرايت يدل على تواجدها ضمن ظروف ترسيب عالية الملوحة والمرتسبة في بيئة المسطحات المدية (tidal-flat setting) (Al-Juboury and McCann, 2008).

5- سحنة الحجر الجيري المارلي (L5) Marly Limestone Lithofacies

تتواجد هذه السحنة في الجزء العلوي من التكوين في بئر - H10 وفي الأجزاء الوسطى والسفلى من التكوين في بئر - H14 وتتميز هذه السحنة بلون رمادي فاتح وتكون هشة وذات بلورات دقيقة وتحتوي أحيانا على البايرايت. يصل سمك طبقات الحجر الجيري المارلي مجتمعة في بئر - H10 الى (2) م ونسبة (0.3%) بينما يصل سمكها في بئر - H14 الى (8.5) م ونسبة (2%). تتواجد هذه السحنة بنسبة قليلة في منطقة الدراسة حيث ان ترافقها مع سحنة الانهيدرايت يشير الى ترسبها غالبا في بيئة اللاغون المقيدة.

6- سحنة الحجر الغريني (L6) Siltstone Lithofacies

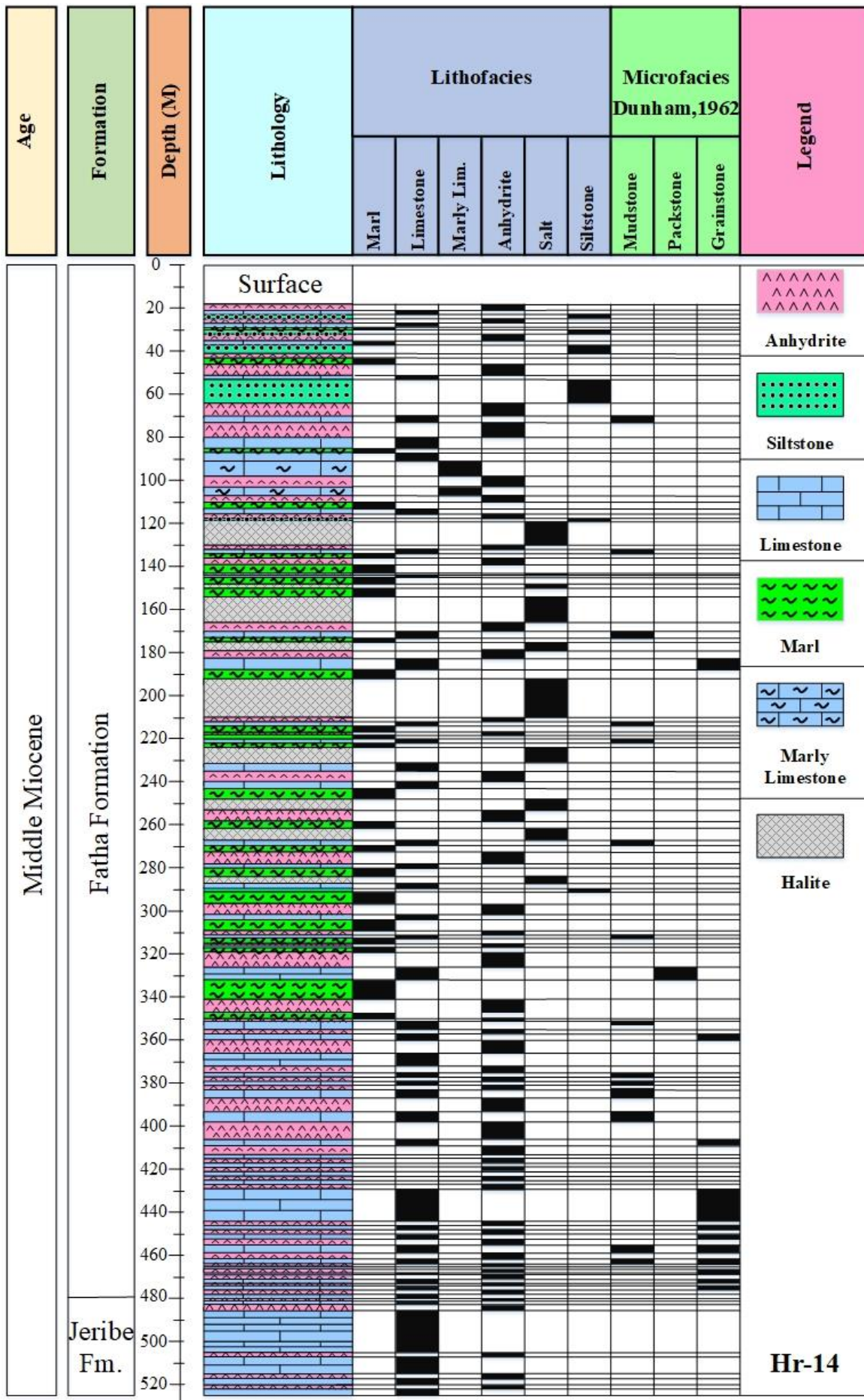
تتواجد هذه السحنة ضمن الدورات المتواجدة في الأجزاء العليا والوسطى من تكوين الفتحة. تتميز هذه السحنة بلون بني محمر وتكون عديمة الصلابة ذات ملمس ناعم (Soft) وترافق هذه السحنات مع عقد الانهيدرايت في اغلب الطبقات وتحتوي نسبة قليلة من المارل (Marl) في طبقات التسرب والطبقات الملحوية. يصل سمك طبقات الحجر الجيري مجتمعة في بئر - H10 الى (59) م ونسبة (11%) بينما يصل سمكها في بئر - H14 الى (18.5) م ونسبة (4%). ان هذه السحنة ترسبت في المناطق القارية في ضمن المراوح الغرينية حيث اشتقت هذه الرواسب من المناطق المجاورة العالية لجبال زاكروس (Abdullah et al.,2021).



الشكل 2. رسم بياني لنسب السحنات الرسوبية في تكوين فتحة لأبار الدراسة.

السحنات الدقيقة - Microfacies

تعرف السحنات الدقيقة (Microfacies) بانها مجموع المعلومات الباليونتولوجية والرسوبية التي يمكن وصفها وتصنيفها في الشرائح الدقيقة والألواح المصقولة ونماذج الصخور (Flügel,2010). تشمل العمليات التحويرية مجمل التغيرات التي تطرا على الرواسب منذ لحظة ترسيبها الى ما قبل تعرضها لعمليات التحول وتشمل تغيرات فيزيائية وكيميائية وحياتية (Flügel,2010). ذكر (Alatroshe et al.,2023) ان اهم العمليات التحويرية المعززة للمسامية والنفاذية تشمل عمليتي الازابة وإعادة التبلور بينما يكون تأثير عمليات المكرتة والسمنتة والانزطاط تأثيرا سلبيا. ان العمليات التحويرية للصخور الكربونية تشمل العديد من العمليات المختلفة التي تحدث في بيئات البحرية القريبة من السطح والبيئات الجوية وصولا الى بيئات الدفن العميق (Tucker, 2001)، وان غالبية السحنات الدقيقة في بئر - H10 تتكون من أرضية مكرابيتية (Micritic groundmass) بينما تكون أرضية السبار الدقيق (microspar groundmass) هي الغالبة في السحنات الدقيقة لبئر H14 وسيتم وصف العمليات التحويرية مع السحنات الدقيقة المشخصة.



الشكل 4. العمود الصخاري والسحنات الدقيقة والعمليات التحويرية بئر-H14 .

تم تشخيص اربع سحنات رئيسية واربع سحنات ثانوية بالاعتماد على تصنيف (Dunham, 1962) حيث تمثلت السحنات الرئيسية بسحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة و سحنة الحجر الجيري الواكي الرئيسية و سحنة الحجر الجيري المرصوص الرئيسية و سحنة الحجر الجيري الحبيبي الدملي بينما تمثلت السحنات الثانوية بسحنة الحجر الجيري الطيني الخالية من المتحجرات الثانوية و سحنة الحجر الجيري الطيني الحاوية على الرخويات الثانوية و سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على الكاستروبود الثانوية وسحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على المليوليد الثانوية (الشكلين 3 و4).

1- سحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة Lime Mudstone Microfacies

ان نسبة المكونات الهيكلية في هذه السحنة لا تتجاوز (10%) والتي تتكون من أرضية مكرائيتية وأرضية معادة التبلور وهي تقسم الى سحنتين ثانويتين وهي كالاتي:

أ- سحنة الحجر الجيري الطيني الخالية من المتحجرات الثانوية

Non-Fossiliferous Lime Mudstone submicrofacies (F1)

تتواجد هذه السحنة في بئر - H10 وان سماكات هذه السحنة مجتمعة (14) م وفي بئر - H14 بسماكات مجتمعة (52) م حيث تتواجد في الأجزاء الوسطى والسفلى من الطبقات الانتقالية إضافة الى تواجدها في الطبقات الملحية وتشكل هذه السحنة اغلب السحنات الكاربوناتية في الطبقات الانتقالية وان اغلب هذه السحنات تتكون من أرضية معادة التبلور في بئر - H10 وأرضية مكرائيتية ومعادة التبلور في بئر - H14 ومن أهم العمليات التحويرية المؤثرة في هذه السحنة هي التكررات (Fractures) (اللوحة A:1) والاذابة (Dissoloution) ، والتي شكلت مسامية الفجوات (اللوحة B:1) والانهدرتة (Anhydratization) والتي تضمنت الانهدرايت الموضعي (Poikilotopic Anhydrite) (اللوحة C:1) والانهدرايت العقدية (Nodular anhydrite) (اللوحة D:1) و الانهدرايت المائي للمسام (Pore-filling anhydrite) (اللوحة E:1) والتشكل الجديد (اللوحة F:1) وتتأثر هذه السحنة أيضا بعملية السمنتة المتوسطة مكونة السمنت البلوكي (اللوحة G:1) وبمضاهاة هذه السحنة بالسحنات القياسية فإنها تتماثل مع السحنة القياسية (RMF-19) والمترسبة في بيئات المسطحات المدية (Flugel, 2010).

اما الدلمتة فأثرت في الأجزاء الوسطى والسفلى من تكوين الفتحة وتم تشخيص العديد من أنسجتها وشملت: النسيج الموزائكي المنخلي (Sieve Mosaic) (اللوحة H:1) والنسيج الموزائكي الدروزي الدقيق التبلور (Micro-textured) (Sutured Mosaic) (اللوحة I:1) والنسيج الموزائكي المنخلي الدقيق التبلور (Micro-textured Sieve Mosaic) (اللوحة J:1) والنسيج الدروزي المبعق الدقيق (Micro-textured Spotted Mosaic) (اللوحة K:1) والنسيج الدروزي المبعق (Spotted Mosaic) (اللوحة L:1).

ب- سحنة الحجر الجيري الطيني الحاوية على الرخويات الثانوية

Molluscs Lime Mudstone submicrofacies (F2)

تتواجد هذه السحنة في بئر - H10 عند العمق (457-456) وفي بئر - H14 عند العمق (328-332) م والعمق (432-434) م وان نسبة الحبيبات الهيكلية أقل من (10%). تتكون هذه السحنة من أرضية مكرائيتية حاوية على أصداف الرخويات بنسبة قليلة ومن أهم العمليات التحويرية المهمة المؤثرة فيها هي الاذابة والانهدرتة (اللوحة A:2)، وعند العمق (328-332) م تتكون السحنة من أرضية مكرائيتية وهي حاوية على الحطام الحياتي لأصداف ذوات الصدفتين إضافة الى

تواجد حطامها بنسبة قليلة ومن العمليات التحويرية المهمة في هذه السحنة هي السمنتة حيث نلاحظ ترسب السمنت البلوكي والحبيبي داخل هذه الاصداف بنسبة عالية إضافة الى عملية المكرتة (اللوحة B:2)، وان هذه السحنة المترافقة مع عقد الانهيدرايت تضاهي السحنتين القياسيتين (RMF-29,24) والمترسبة في بيئات المسطحات المدية وبيئة اللاغون (Flugel,2010).

2- سحنة الحجر الجيري الواكي الرئيسية

Wackestone microfacies (F3)

تتراوح نسبة المكونات الهيكلية لهذه السحنة (10-40%) تتواجد هذه السحنة في بئر H10 عند العمق (389-388) م والعمق (554-555) م من الطبقات الانتقالية، وان اهم المتحجرات التي تم تشخيصها في هذه السحنة (Rotaliids, Echinoderms, Gastropoda, Alge, Bioclasts) (اللوحة C:2) (اللوحة D:2) (اللوحة E:2) ومن العمليات التحويرية المؤثرة في هذه السحنة هي المكرتة والسمنتة المتمثلة بالسمنت الدروزوي والبلوكي (اللوحة F:2) و والاذابة المشكلة لمسامية الفجوات وداخل الحبيبية إضافة الى عملية الدلمتة المبكرة. ان هذه السحنة تضاهي السحنة القياسية (RMF-20) المترسبة في بيئة اللاغون (Flugel,2010).

3- سحنة الحجر الجيري المرصوص الرئيسية Packstone Microfacies

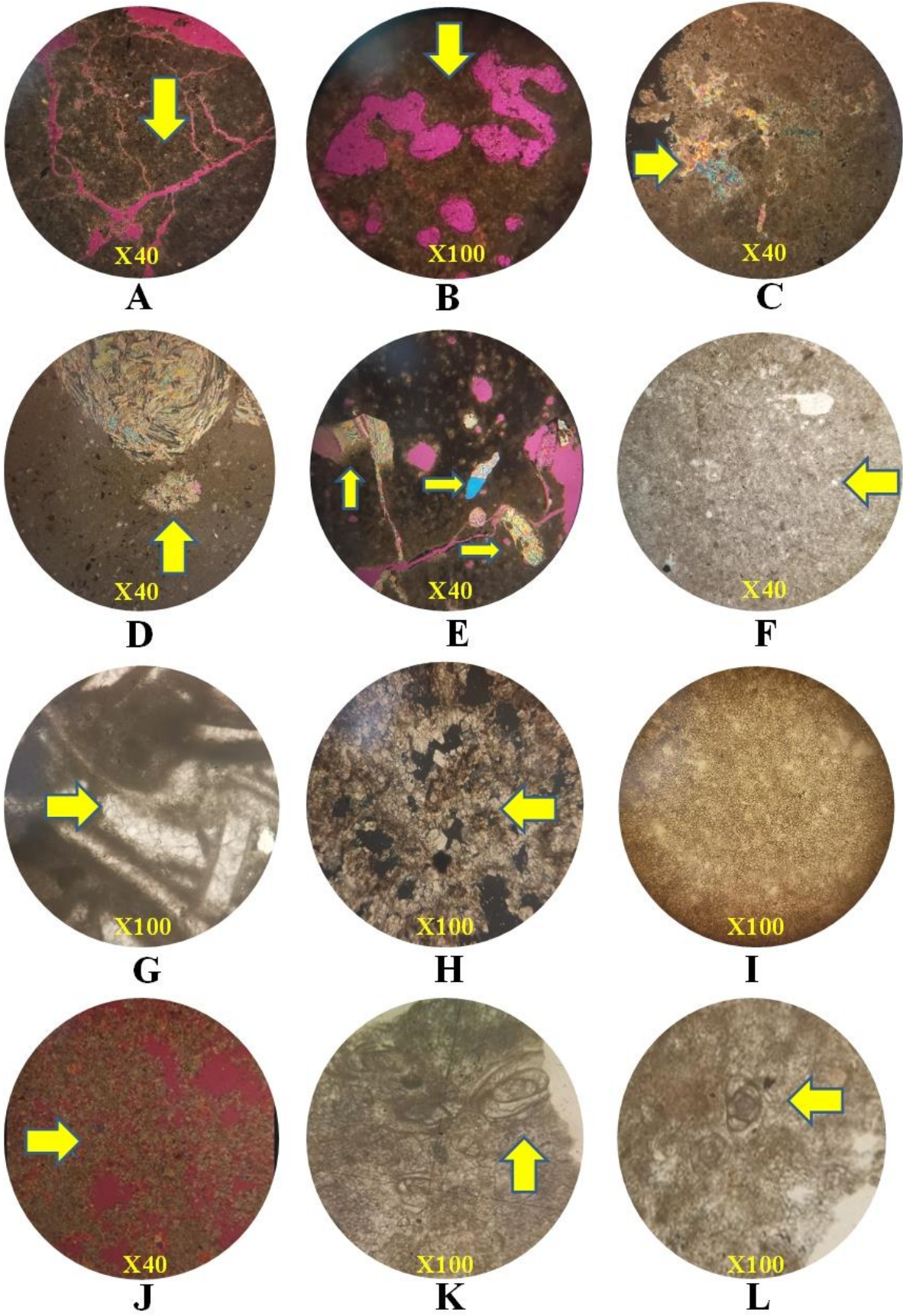
تتراوح نسبة الحبيبات الهيكلية في هذه السحنة (40-75%) وهي تقسم الى سحنات ثانوية اعتماد على تواجد الحبيبات الهيكلية وغير الهيكلية وهي كالتالي:

أ- سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على بطنية القدم الثانوية

Gastropoda Packstone submicrofacies (F4)

تتواجد هذه السحنة في بئر H10 عند العمق (487-486) م وفي بئر H14 عند العمق (332-330) م وان نسبة الحبيبات الهيكلية في هذه السحنة تتراوح من 60-65% وتكون هذه السحنة من أرضية مكاريتية وتمثل متحجرات بطنية القدم الكبيرة المكون الرئيسي لهذه السحنة إضافة الى وجود اصداف من بطنية القدم (Gastropoda) والطحالب الخضراء (Green Algae) إضافة الى تواجد الدمالق (Peloid) بنسبة قليلة (اللوحة G:2) (اللوحة H:2) ومن العمليات التحويرية المؤثرة المهمة في هذه السحنة لبئر H10 هي المكرتة الشديدة في بعض أجزاء من السحنة وعملية الاذابة الشديدة في الأجزاء الأخرى مكونة المسامية البينية للحبيبات ومسامية داخل الحبيبية ومسامية الفجوات إضافة الى تأثير عملية الانهدرتة (اللوحة I:2) بنسب قليلة في هذه السحنة وفي بئر H14 تتأثر هذه السحنة بالمكرتة الشديدة وان وجود الانهيدرايت يدل على المناخ الجاف (Zamannejad et al., 2013). تتواجد الرخويات عادة في البيئات البحرية الاعتيادية والمختلطة وشديدة الملوحة إضافة الى تواجدها في

البيئات القارية (Scholle and Ulmer-Scholle, 2003) وان ترافقها مع الانهيدرايت وأرضية المكاريت يشير على وجودها في بيئات ضحلة ومالحة. ان هذه السحنة تضاهي السحنة القياسية (RMF-20) المترسبة ضمن بيئة اللاغون (Flugel, 2010).



اللوحة 1. للسحنات الدقيقة في منطقة الدراسة.

ب- سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على المليونيد الثانوية**Mililidae Packstone submicrofacies (F5)**

تتواجد هذه السحنة عند العمق (535-536) م في بئر - H10 وتتجاوز نسبة المليونيد في هذه السحنة الى أكثر من 75% وتتكون بصورة رئيسية من مجاميع المليونيد المتعرضة الى الدلمتة الجزئية (اللوحة J:2) وان أهم العمليات التحويرية المؤثرة في هذه السحنة هي الدلمتة والمكرتة (اللوحة K:2) إضافة الى عملية الانهدرتة القليلة. بمضاهاة هذه السحنة مع السحنات القياسية فأنها تضاهاي السحنة القياسية (RMF-13) والتي تقابل السحنة القياسية (SMF-18-For) والتي تحتوي على متحجرات المليونيد والتي تتواجد عادة في بيئات اللاغون عالية الملوحة (Flugel, 2010).

4- سحنة الحجر الجيري الحبيبي الدملقي (F6) Peloidal Grainstone Microfacies

تتواجد هذه السحنة في بئر - H10 عند العمق (478-478) م وفي بئر - H14 عند العمق (456-472) م وان نسبة الحبيبات غير الهيكلية تتجاوز 95% وتتكون هذه السحنة بصورة رئيسية من الدمالق (Peloids) (اللوحة L:2) ، المتكونة من أرضية مكرائنية وتتكون من دمالق متراصة بإحكام حاوية على مسامية قليلة ما بين الحبيبات وتتميز بأحجام متساوية الى حد ما وبلون أسود غامق وان هذه السحنة تقارب السحنة القياسية (RMF-27) المترسبة في المنطقة الضحلة (Shoal) (Flugel, 2010).

تتمثل السحنات الصخرية (Lithofacies) لتكوين الفتحة بسحنات المارل والحجر الجيري المارلي والحجر الجيري والدولومايت والانهدريات والصخر الملحي والحجر الغريني حيث تمثل هذه السحنات دورات رسوبية متضحلة نحو الأعلى (shallowing-upward cycles) والتي تبدأ بسحنة المارل او الحجر الجيري وتتضحل الى سحنة الانهدريات او الصخر الملحي والحجر الغريني حيث ترسبت سحنة المارل في بيئة اللاغون العميق والبيئة تحت مدية بينما ترسبت سحنة الانهدريات في بيئة اللاغون شبه المغلقة وترسب سحنة الصخر الملحي في بيئة اللاغون المغلقة واعتمادا على دراسة الشرائح الدقيقة للسحنات الكاربوناتية الصخرية تم تحديد بيئة هذه السحنة حيث ترسبت في بيئات المنحدر الداخلي والتي شملت بيئات المسطحات المدية واللاغونية والضحاحية (Shoal) المقيدة. ان بيئة الترسيب القديمة لسحنة الحجر الجيري المارلي تدل على بيئة اللاغون المقيدة بينما تمثل سحنة الدولومايت بيئة المسطحات المدية واما سحنة الحجر الغريني فأنها تمثل البيئة القارية (الشكل 4).

ومن الجانب البتروغرافي تم تمييز اربع سحنات رئيسية واربع سحنات ثانوية والمترسبة ضمن البيئات الفوق المدية واللاغونية والضحلة (Shoal) واستنادا الى التحليل السحني للسحنات الدقيقة فان هذه السحنات ترسبت في مناطق المنحدر الداخلي (Inner ramp) (شكل 7).

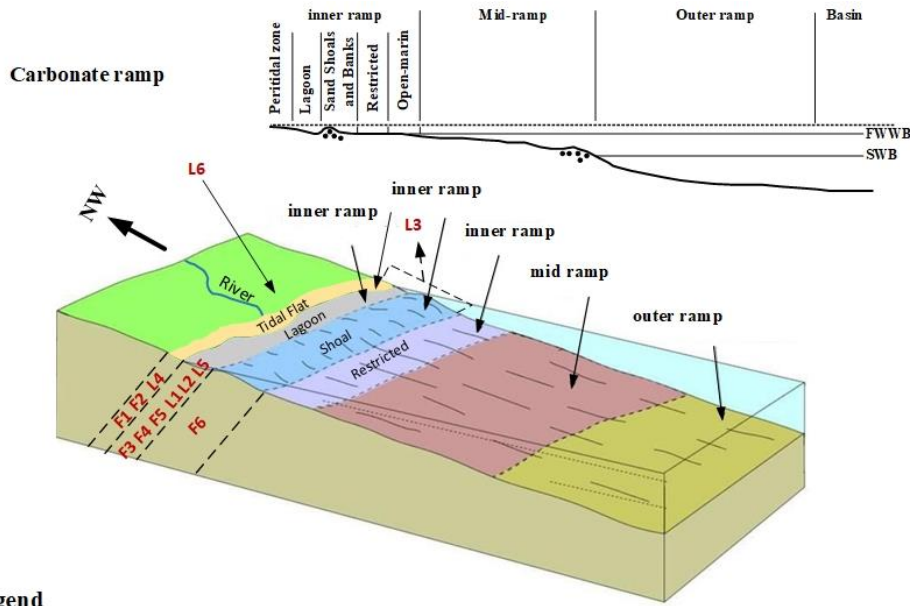
يمثل المنحدر الداخلي مناطق ترسيبية واسعة الانتشار خلال عصر المايوسين في وسط وشمال العراق (Farouk et al., 2023).

تم الاعتماد على السحنات الصخرية وعلى مقارنة السحنات الدقيقة بالسحنات القياسية والمطور عن (Flugel, 2010) في استنباط البيئة الترسيبية القديمة حيث تطابق البيئة الفوق المدية السحنة القياسية (RMF:19) والمترسبة في البيئة الفوق المدية والتي تشمل سحنة الحجر الجيري الطيني الخالية من المتحجرات بينما تقارب سحنة الحجر الجيري الطيني الحاوية على الرخويات الثانوية السحنة القياسية (RMF:16) والمترسبة في البيئة المقيدة (restricted). تطابق البيئة اللاغونية السحنة القياسية (RMF:20) سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الفورانيفرا القاعية التي تمثل السحنة الرئيسية وسحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على بطنية القدم الثانوية والتي تتضمن متحجرات المليونيد وبطنية القدم والروتاليد المترافقة مع الطحالب واما سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على المليونيد الثانوية فإنها تطابق

وبيئات المد والجزر وان هذه السحنة تماثل السحنة القياسية (RMF-19) والتي تمثل البيئة فوق المدية بينما تماثل سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الطحالب السحنة القياسية (RMF-20) المترسبة في بيئة اللاغون واما سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على الفورامينيفرا القاعية مثل المليولينا (Miliolina) والروتاليا (Rotalia) والامونيا (Ammonia) إضافة الى تواجد الطحالب وبطنية القدم فإنها تماثل السحنة القياسية (RMF-20) المترسبة في بيئة اللاغون وان سحنة الحجر الحبيبي الدملي تتواجد ضمن بيئات اللاغون المقيدة.

نكر (Mohsin *et al.*, 2023) بان سحنة الحجر الجيري الطيني الحاوية على المستحاثات تماثل السحنة القياسية (RMF-16) المترسبة في البيئة المقيدة وان سحنة الحجر الجيري الدملي تتواجد في المناطق الضحلة (Shoal)، وان تواجد سحنة الحجر الجيري الحبيبي بفرز متوسط دلالة على ترسيبها في مناطق الطاقة العالية (Sharifi-Yazdi *et al.*, 2019) بينما نكر (Mahdi *et al.*, 2022) ان سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على المليوليد تماثل السحنة القياسية (SMF-18) والمترسبة في النطاق السحني (FZ-8) والتي تمثل البيئة اللاغونية المقيدة وأشاروا أيضا بأن سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على بطنية القدم الكبيرة تماثل السحنة القياسية (SMF-16) والمترسبة في النطق السحني (FZ-8) والتي تمثل بيئة اللاغون المقيدة.

تتواجد اجناس المليوليد عادة في بيئات خلف الحاجز (اللاغون) (Ghosh, 2002)، ان المليوليد شائعة الوجود في المياه الضحلة الدافئة والبيئات المقيدة وان ترافقها مع متحجرات بطنية القدم يدل على مناطق اللاغون (Aqrabi *et al.*, 2023). ان تواجد الفورامينيفرا صغيرة الحجم ذات الاصداف الجيرية الخزفية مثل جنس (*Quinqueloculina*) في سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على المليوليد عادة في بيئات اللاغون المقيدة ضمن مناطق المنحدر الداخلي (inner ramp) (Babazadeh and Cluzel, 2023). ان الطحالب الحمر (Red algae) تفضل العيش في بيئات تحت المدية في عمق أقل من (25) م ومن الممكن ان تتواجد في أعماق تصل الى (250) م (Bjorlykke, 2010)، وفي منطقة الدراسة فان الطحالب الحمر المتواجدة في سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الفورامينيفرا القاعية فإنها غالبا تتواجد تحت نطاق المد والجزر في او في بيئات اللاغون المترافقة مع الفورامينيفرا القاعية. ان تواجد مستحاثات بطنية القدم مع الفورامينيفرا القاعية مثل اجناس المليوليد يعد دليلا على بيئات اللاغون محدودة الدوران (Erdem and Tasgin, 2019). تعد متحجرات الروتاليا من مجاميع الفورامينيفرا الزجاجية المنقبة والتي تعيش في المياه المضطربة عند اعماق تصل الى (40) م (Flugel, 2010) وان وجود الحطام الحياتي يعد دليلا على بيئات الطاقة العالية (Warren, 2000). ان وجود عقد الانهيدرايت يدل على بيئة السبخة وعلى المناخ الجاف (Zamannejad *et al.*, 2013).



Legend

L1: Evaporate Lithofacies

L2: Marl Lithofacies

L3: Limestone Lithofacies

L4: Dolomite Lithofacies

L5: Marly Limestone Lithofacies

L6: Siltstone Lithofacies

F1: Non-Fossiliferous Lime Mudstone submicrofacies

F2: Molluscs Lime Mudstone submicrofacies

F3: Wackestone micofacies

F4: Gastropoda Packstone submicrofacies

F5: Mililidae Packstone submicrofacies

F6: Peloidal Grainstone

الشكل 7. الموديل الترسيبي لتكوين الفتحة محور عن (Nichols, 2009).

الاستنتاجات – Conclusions

1- أظهرت صخرية تكوين الفتحة في بئرين الدراسة بانها تتكون من سحنات المتبخرات (الانهيدرايت والهالايت) والمارل والحجر الجيري والدولومايت والحجر الجيري المارلي والحجر الغريني.

2- تأثرت السحنات الدقيقة للصخور الكربوناتيّة لتكوين الفتحة بعدد من العمليات التحويرية المتمثلة بالمكرتة والانهدرتة والاذابة والدلمتة والسمنتة والانضغاط والتشكل الجديد وان سيادة عمليتي المكرتة والانهدرتة يدل على بيئة ضحلة ومناخ حار وجاف خلال فترة المايوسين الأوسط.

3- يدل تعاقب سحنة الحجر الجيري والانهدرايت على ان ظروف الحوض الرسوبي كانت شبه مغلقة وتتغير هذه الظروف لتصبح مغلقة تماما لترسيب الهالايت في الجزء الأوسط من التكوين. واما تواجد سحنة الحجر الغريني والتي كانت مصدر تجهيزها بالترسبات من المناطق المرتفعة لجبال زاكروس نتيجة لعملية التصادم القاري-القاري بين الصفيحتين العربي والإيراني فانها تعطي دلالة على البيئة القارية. وفي جانب الاخر أظهرت السحنات الصخرية والدقيقة البيئة القديمة لتكوين الفتحة متمثلة ببيئة المسطحات المدية والبيئة اللاغونية والبيئة الضحلة (Shoal) المتواجدة ضمن المنحدر الداخلي (Inner ramp).

4- تمثل السحنات الصخرية لتكوين الفتحة دورات تضلعية نحو الأعلى (shallowing upward cycles) والمترسبة ضمن المنحدر الداخلي والتي تشير الى ترسيب التكوين خلال فترة التراجع البحري.

Acknowledgements

نقدم بالشكر الجزيل والامتنان الجميل لشركة نفط الشمال / قسم الجيولوجيا لمساهمتها في توفير الشرائح الصخرية والمجهر المستقطب لغرض هذه الدراسة.

References

- Abdullah, H., Collier, R. and Mountney, N., 2021. Variations in Carbonate-Evaporite Shoreline and Ramp Facies Trends: Middle Miocene Fatha Formation, Kurdistan Region, NE Iraq. *Journal of African Earth Sciences*, 184, p. 104351. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104351>
- Abdullah, M.A., Salih, A.M. and Hassan, F.N., 2024. Microfacies and Depositional Environment of Jeribe Formation (Middle Miocene) in Z-Oilfield Northern of the Salahuddin Governorate. *The Iraqi Geological Journal*, pp. 70-83. <https://doi.org/10.46717/igj.57.1D.7ms-2024-4-17>
- Al-Ameri, T.K. and Zumberge, J., 2012. Middle and Upper Jurassic Hydrocarbon Potential of the Zagros Fold Belt, North Iraq. *Marine and Petroleum Geology*, 36 (1), pp. 13-34. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.04.004>
- Alatroshe, R.K., Algburi, A.R. and Ahmed, F.M., 2023. Diagenetic processes of Shiranish Formation in Bekhair Anticline, Duhok Governorate, Northern Iraq. *Iraqi National Journal of Earth Science*, 23(1). <https://doi.org/10.33899/earth.2022.134982.1021>
- Al-Dabbas, M.A., Al-Jassim, J.A. and Al-Jwaini, Y.S., 2013. Facies, Depositional Environment and Diagenetic Processes of the Early Mid-Miocene Jeribe Formation, Central and Southern Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, pp. 4743-4754. DOI: [10.1007/s12517-012-0705-4](https://doi.org/10.1007/s12517-012-0705-4)
- AL-hadadi, A.S.Y. and AL-khafaji, S.J., 2020. Mineralogy and Petrography of Fatha Gypsum Rocks in Zurbatiyah Area, Eastern Iraq. *Basrah Journal of Science*, 38(2), pp. 328-346.
- Al-Jaberi, M.H. and Salim, L.N., 2022. Depositional Properties of the Middle Miocene Fatha Formation, in K Oilfield, Southern Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, pp. 139-152. <https://doi.org/10.46717/igj.55.2B.12Ms-2022-08-28>
- Al-Juboury, A.I. and McCann, T., 2008. The Middle Miocene Fatha (Lower Fars) Formation, Iraq. *Geoarabia-Manama*-, 13(3), 141 P.
- Al-Majmiei, M.A.A., 2019. Stratigraphical and Sedimentological Study of Middle-Late Eocene Sequence in Geli Bessri / Dohuk / Northern Iraq, Unpublished MSc Thesis, Tikrit University, College of Education, 155 pages. (In Arabic)
- Al-Sulaiman, F.A. and Ahmed, A.A., 2021. Evaluation of Tertiary Reservoir in Hamrin Oil Field. North Iraq, pp. 3-9. <http://dx.doi.org/10.33805/2641-7383.123>
- Al-Sulaiman, F.A., Al Fahdawi, S.S.A. and Al Qaisy, S.A.S., 2017. Detection of Structural Control on Formation Water Quality, in Hemrin Oilfield, northern Iraq, Using Lineament Analysis and Hydrochemical Data. *Tikrit Journal of Pure Science*, 22(2), pp. 145-158. <https://doi.org/10.25130/tjps.v22i2.641>
- Alsultan, H.A. and Awad, K.H., 2021. Sequence Stratigraphy of the Fatha Formation in Shaqlawa Area, Northern Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, pp. 13-21. <https://doi.org/10.46717/igj.54.2F.2ms-2021-12-19>
- Aqrabi, A.A.M., 1993. Miocene Evaporitic Sequence of the Southern Mesopotamian Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 10(2), pp. 172-179. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(93\)90022-K](https://doi.org/10.1016/0264-8172(93)90022-K)
- Aqrabi, A.A.M., Horbury, A., Sadooni, F., 2010. *The Petroleum Geology of Iraq*. Wiley, Beaconsfield, UK, 424 P.
- Aqrabi, A.M., Asaad, I.S., Khudhur, H.A. and Balaky, S.M., 2023. Microfacies and Depositional Environment of Jeribe Formation (middle Miocene) in the Selected Sections

- in Bekhair Anticline, Northwestern Kurdistan Region of Iraq. Kuwait Journal of Science, 50(3), pp. 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.01.005>
- Babazadeh, S.A. and Cluzel, D., 2023. New Biostratigraphy and Microfacies Analysis of Eocene Jahrum Formation (Shahrekord Region, High Zagros, West Iran). A Carbonate Platform Within the Neo-Tethys Oceanic Realm. BSGF-Earth Sciences Bulletin, 194(1), p.1. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2022016>
- Bellen, R.C., Dunnington, H., Wetzel, V.R., Morton, D.M., 1959. Lexique Stratigraphique international. Vol. 3, Asia, fasc. 10a, Iraq, 333 P.
- Bjorlykke, K., 2010. Petroleum Geoscience: From Sedimentary Environments to Rock Physics. Springer Science & Business Media, 508 P.
- Dickson, J.A.D., 1965. A Modified Staining Technique for Carbonates in Thin Section. Nature, 205(4971), pp. 587-587.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. Classification of Carbonate Rocks, pp. 108-121. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- Farouk, S., Lawa, F.A., Abdeldaim, A., Mohammed, I.Q. and Al-Khatany, K., 2023. Astronomical Time Scale of the Lower Miocene Depositional Sequences (Aquitanian-Burdigalian) in the Jambour Field, Northern Iraq. Marine and Petroleum Geology, 151, pp. 106-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106182>
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Verlag Berlin, 633 P. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2>
- Ghosh, A.M., 2002. Cenozoic Coralline Algal Assemblage from Southwestern Kutch and its Important in Palaeoenvironment and Paleo Bathymetry. Current Science, 83(2), pp. 153-158.
- Hassan, K.A., Al-Jaberi, M.H. and Salim, L.N., 2022. Depositional Properties of the Middle Miocene Fatha Formation, in K Oilfield, Southern Iraq. The Iraqi Geological Journal, pp. 139-152. DOI: <https://doi.org/10.46717/igj.55.2B.12Ms-2022-08-28>
- Jassim, S.Z., and Goff, J.C., 2006. Geology of Iraq, Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 337 P.
- Lucia, F.J., 2007. Carbonate Reservoir Characterization, 2nd Edn. Springer-Verlag, Berlin. 336 P.
- Ma'ala, K.A., Mahdi, A.I., Fouad, S.F., Lawa, F.A., Philip, W.B. and Al-Hassany, N. 1989. Report on the Geological Investigation for Native Sulfur in the Northern Sector of the Fat'ha – Mosul Sulfur District. GEOSURV, Int. Rep. No. 1935.
- Mahdi, H.A.A.R., Al-Kubaisi, M.S. and Al-Jawad, S.N., 2022. Microfacies Analysis and Diagenetic Assessment of the Late Oligocene-Early Miocene Succession in Khabaz Oilfield, Northern Iraq. The Iraqi Geological Journal, pp. 85-104. <https://doi.org/10.46717/igj.55.2B.12Ms-2022-08-28>
- Mahmoodabadi, R.M., 2020. Facies Analysis, Sedimentary Environments and Correlative Sequence Stratigraphy of Gachsaran Formation in SW Iran. Carbonates and Evaporites, 35(1), 25 P. <https://doi.org/10.1007/s13146-020-00555-y>
- Mohsin, S.A., Mohammed, A.H. and Alnajm, F.M., 2023. Facies Architecture and Depositional Marine Systems of the Yamama Formation in Selected Wells, Southern Iraq. Iraqi Journal of Science, pp. 730-749. <https://doi.org/10.24996/ijs.2023.64.2.21>
- Mustafa, A.A. 1980. Sedimentological Studies of the Lower Fars Formation in Sinjar Basin, Iraq. M.Sc. Thesis, University of Mosul, Iraq.

- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd Ed., Wiley-Blackwell Publishing Company, UK, 419 P.
- Özgen-Erdem, N. and Koç-Tasgin, C., 2019. Microfacies and Depositional Environment of the Ilerdian Carbonates in the North-Western Tosya (SE Kastamonu) Region, Northern Turkey. *Journal of the Geological Society of India*, 93, pp. 704-712. <https://doi.org/10.1007/s12594-019-1249-y>
- Randazzo, A.F. and Zachos, L.G., 1984. Classification and Description of Dolomitic Fabrics of Rocks from the Floridan Aquifer, USA. *Sedimentary Geology*, 37(3), pp. 151-162. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(84\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0037-0738(84)90005-8)
- Scholle, P.A., Ulmer, D.S., 2003, *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis*. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA, 459 P.
- Shareef, N.F., Mahdi, M.M. and Mohamed, A.H., 2023. Combined Ostracoda and Foraminiferal Biozonation with Environment of Fatha Formation (Middle Miocene) in Different Oilfields, Southern Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, pp.188-211. <https://doi.org/10.46717/igj.56.1D.15ms-2023-4-24>
- Sharifi-Yazdi, M., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Nazemi, M. and Kamali, M.R., 2019. Linking Diagenetic History to Depositional Attributes in a High-Frequency Sequence Stratigraphic Framework: A Case from Upper Jurassic Arab Formation in the Central Persian Gulf. *Journal of African Earth Sciences*, 153, pp. 91-110. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.02.006>
- Shawkat, M.G. and Tucker, M.E., 1978. Stromatolites and Sabkha Cycles from the Lower Fars Formation (Miocene) of Iraq. *Geologische Rundschau*, 67, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/BF01803253>
- Shawkat, M.G., 1979. *The Sedimentology of the Lower Fars Formation (Miocene) of Northern Iraq*, PhD Thesis, Newcastle University, 164 P.
- Tamar-Agha, M.Y. and Al-Aslami, O.J.M., 2015. Facies, Depositional Environment and Cyclicity of the Fatha Formation in East Baghdad Oil Field, Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 56(4A), pp. 2939-2952.
- Tucker, M.E., 1999. Sabkha Cycles, Stacking Patterns and Controls: Gachsaran (LowFars/Fatha) Formation, Miocene, Mesopotamian Basin, Iraq. *Neues Jahrbuch für Geologie and Paläontologie-Abhandlungen*, 214(1). <https://doi.org/10.1127/njgpa/214/1999/45>
- Tucker, M.E., 2001. *Sedimentary Petrology—An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Blackwell Scientific Publications, 262 P.
- Warren, J., 2000. Dolomite: Occurrence, Evolution and Economically Important Associations. *Earth-Science Reviews*, 52(1-3), pp. 1-81. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00022-2)
- Zamannejad, A., Jahani, D., Lotfpour, M. and Movahed, B., 2013. Mixed Evaporite/Carbonate Characteristics of the Triassic Kangan Formation, Offshore Area, Persian Gulf. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 30(3), pp. 540-551. <https://doi.org/10.4236/ojg.2017.710099>