

العمليات التحويرية لتكوين شيرانش في طية بيخير المحدبة، محافظة دهوك، شمالي العراق

رضوان خليل حيدر الأتروشي¹ ID، عمار رمضان الجبوري² ID، فلاح محمد احمد³ ID

¹ قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق.

² قسم المكامن النفطية، كلية هندسة النفط والتعدين، جامعة الموصل، العراق.

³ قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة كركوك، العراق.

الملخص

تم إجراء دراسة بتروغرافية تفصيلية لأكثر من 120 شريحة رقيقة من عينات الصخور الكربوناتيية لتكوين شيرانش (الماسرختي المبكر - المتأخر) على ثلاث مقاطع سطحية وهي (بري بهار، وإيكاملة، وزوي) في طية بيخير المحدبة، مدينة دهوك، شمالي العراق، لتحديد تأثير العمليات التحويرية. تختلف العمليات التحويرية في شدتها من سحنة إلى أخرى في تتابعات التكوين، وأهم العمليات السائدة التي تم تحديدها في الدراسة الحالية وهي: التعكرات الحياتية، والانضغاط، والسمنتة، والإذابة (المسامية)، والمكرتة، والتشكل الجديد (عملية إعادة التبلور)، والمعادن الموضوعية النشأة (البابرايت والكلوكونايت)، والتكسرات، وتكوين العروق. من بين جميع العمليات التحويرية المشخصة، ساهمت كل من عمليات الإذابة وإعادة التبلور في تعزيز المسامية والنفاذية. أما عمليات الانضغاط، والسمنتة والمكرتة لها تأثير سلبي على المسامية والنفاذية. وقد دلت المؤشرات التحويرية على البيئة التحويرية التي أثرت على صخور الكربونات في طية بيخير المحدبة والمتمثلة بالبيئة المنظرة العميقة، فضلاً عن تأثير ترسبات التكوين جزئياً ببيئات تحويرية أخرى كالبينة البحرية الفرياتيية، وبيئة المياه الجوفية الفرياتيية العذبة.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 01-اغسطس-2022

تاريخ المراجعة: 07-ديسمبر-2022

تاريخ القبول: 12-ديسمبر-2022

تاريخ النشر الإلكتروني: 30-يونيو-2023

الكلمات المفتاحية:

العمليات التحويرية

تكوين شيرانش

طية بيخير

دهوك

المراسلة:

الاسم: رضوان خليل حيدر الأتروشي

Email: dr.radhwanatroshe@uomosul.edu.iq

Diagenetic processes of Shiranish Formation in Bekhair Anticline, Duhok Governorate, Northern Iraq

Rhadwan K. H. Alatroshé¹ , Ammar R. Algburi² , Falah Mohammed Ahmed³ 

¹ Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Iraq.

² Department of Petroleum Reservoir, College of Petroleum and Mining Engineering, University of Mosul, Iraq.

³ Department of Civil, College of Engineering, Kirkuk University, Iraq.

Article information

Received: 01- Aug -2022

Revised: 07- Dec -2022

Accepted: 12- Dec -2022

Available online: 30- June -2023

Keywords:

Diagenetic processes
Shiranish Formation
Bekhair anticline
Dohuk

Correspondence:

Name: Rhadwan K. H. Alatroshé

Email:

dr.radhwanatroshe@uomosul.edu.iq

ABSTRACT

A detailed petrographic study is achieved of more than 120 thin sections of the carbonate rocks samples for Shiranish Formation (Early-Late Maastrichtian) from three outcrops (Brie Bahar, Ikmalah, and Zoe) at Bekhair anticline, Duhok city, northern Iraq, to identify the impact of the diagenetic processes. The diagenetic process varies in intensity from one microfacies to another at the Shiranish Formation successions, the most important dominant diagenesis processes that are identified in the current study and according to its probable timing sequence are bioturbation, compaction, cementation, dissolution (porosity), micritization, neomorphic (recrystallization), authigenic minerals (pyrite and Glugonite), fractures, and formation of veins.

Among all the observed diagenetic processes, dissolution and recrystallization contributed to porosity and permeability enhancement, on the other hand, cementation, compaction, and micritization have a negative impact on porosity and permeability. All diagenetic indications referred that the environment that has affected the carbonate rocks in the Bekhair anticline was the stagnate Burial Diagenetic environment, as well as the marine phreatic environment, and fresh groundwater phreatic environment.

DOI: [10.33899/earth.2022.134982.1021](https://doi.org/10.33899/earth.2022.134982.1021), ©Authors, 2023, 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/>).

المقدمة – Introduction

تعد تتابعات تكوين شيرانش من الترسبات الواسعة الانتشار ضمن منكشفات الكريتاسي الأعلى في شمالي العراق، مع تباين في سمكه وتنوع صخارته من منطقة إلى أخرى. إذ يتراوح سمك التكوين بين حوالي (55) متراً في مقطع ايكماله إلى حوالي (57) متراً في مقطع بري بهار، وحوالي (95) متراً في مقطع زوي، حيث مقاطع منطقة الدراسة الحالية، إلى حوالي (1500) متر في بئر (ساسان-1) الواقعة بجوار مدينة تلغفر (Bellen et al., 1959). أما صخريته فإنها تتنوع من الحجر الجيري والجيري المارلي في تتابعات معظم مكاشفه المعروفة إلى الحجر الجيري والجيري المارلي والمارل في بعضها الآخر كمكاشف منطقة الدراسة الحالية.

ان قلة سمك التكوين مع التطبيق النحيف وسيادة صخور المارل نسبة الى الحجر الجيري هي مميزات للتكوين في منطقة دهوك ابرزت اهمية الدراسة الرسوبية له في تلك المنطقة ومنها دراسة العمليات التحويرية. ذكروا (et al., 2020) من خلال دراستهم للعمليات التحويرية لتكوين مشرف في حقل رطاوي الواقع في محافظة البصرة جنوبي العراق، ان العمليات التحويرية كالإذابة وإعادة التبلور تعمل على زيادة المسامية والنفاذية وعلى العكس من ذلك فان عمليات السمنتة والانضغاط والدلمة والمكرتة تعمل على التقليل من المسامية والنفاذية، ولم يكن لعملية المعادن الموضعية النشأة تأثير يذكر على المسامية والنفاذية.

أشاروا (Kamil et al., 2021) بان البيئة الترسيبية لتكوين شرنانش تتراوح من البيئة البيلاجية الى شبه البيلاجية وقد تتصلح احيانا وتصل الى ترسبات العكورة الكلسية. اما (Tamar-Agha et al., 2021) ذكروا بان البيئة الترسيبية لتكوين شرنانش تتراوح من البيئة البيلاجية الى شبه البيلاجية. كما تم تحديد عمر تكوين شرنانش من الكامباني المتأخر - الماسترختي وذلك اعتمادا على الانطقة الحياتية المدروسة (Kamil et al., 2021). كما اكدا (Al-Hadidi and Hassan, 2022) من خلال دراستهم الطباقية الحياتية للفلورامينيفيرا الطافية على نفس العمر المذكور سابقا للتكوين. يهدف البحث إلى إظهار نتائج تشخيص انواع العمليات التحويرية المنتشرة في تتابعات تكوين شرنانش فضلا عن تحديد البيئة التحويرية السائدة في التكوين.

الوضع الجيولوجي – Geological setting

شكلت مرحلة (الكامباني المتأخر - الماسترختي) أهمية كبيرة في الأحداث الجيولوجية المُشكِّلة لتضاريس الجغرافية القديمة في العراق والدول المجاورة. حيث اتصفت بالحركة النشطة والفعالة للبلوكات الممتدة طويلاً. كما اقتصرتم التوضعات الحوضية التي ترسبت خلالها على السحنات البحرية العميقة المفتوحة، كتتابعات تكوين شرنانش مثلاً. وتبعاً (Bellen et al., 1959)، فقد حدثت في هذه المنطقة وخلال هذه المرحلة الجيولوجية سلسلة من الأحداث تمخضت عنها تراكمات رسوبية تقدمية سميكة ومتنوعة.

تتسم هذه الرواسب الحوضية الكلوبوجيرانية بكثافة الفواصل فيها وبمحتواها العالي من البتيومين، بل أحياناً بأحتمالية كونها تعمل كخزانات نفطية في بعض اجزاء شمالي العراق كمناطق شرنانش وعقرة وراينا، فضلاً عما بات معروفاً عن كونها منتجة فعلاً للنفط في بعض تراكيب شمال غربي العراق كطيتي: عين زالة وبطمة.

تتصف تتابعات تكوين شرنانش بسعة إنتشارها في شمالي العراق ووسطه، بل إن بعضاً من سحناتها تمتد أقليمياً باتجاهي: الشمال الشرقي والشمال الغربي، إلى حيث الأقطار المجاورة، أي إيران وتركيا وسوريا. محلياً، فإن التتابعات السفلى لتكوين شرنانش في شمالي العراق تكافئ ترسبات تكوين (عقرة - بخمة) الحديدية، في حين تكافئ التتابعات العليا منه ترسبات تكوين تانجيرو الفلشية الحوضية العميقة. أما باتجاهي الغرب والجنوب الغربي، حيث نطاق الرصيف المستقر، فإن تتابعات تكويني هارثة وطيارات الجيرية الضحلة نسبياً، تعد هي المكافئة لترسبات شرنانش. وباتجاه منخفض عانة في غربي العراق، فإن ترسبات تكوين دكمة الجيرية البحرية العميقة هي التي تكافئ تكوين شرنانش (Jassim and Goof, 2006; Buday, 1980).

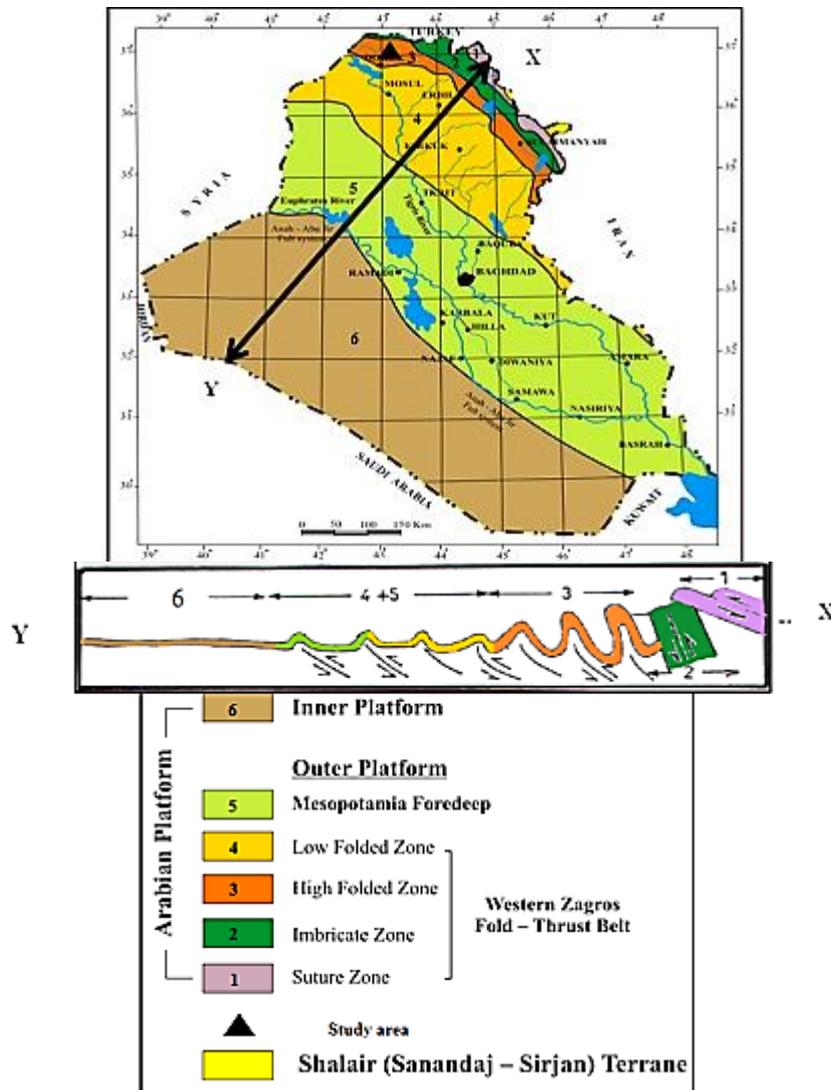
منهجية الدراسة – Study methodology

تمت دراسة رسوبية وبتروغرافية لثلاث مقاطع سطحية في طية بيخير. حيث تم اجراء دراسة مجهرية لأكثر من 120 شريحة لعينات الصخور الكربوناتية لتكوين شرنانش وذلك لتشخيص العمليات التحويرية المنتشرة فيه، وقد تم تلوين هذه الشرائح بمحلول صبغة الاليزرين الحمراء Alizarin red solution للتمييز بين معدني الكالسايت والدولومايت. وقد تم استخدام المجهر الضوئي المستقطب للدراسة البتروغرافية وتحديد العمليات التحويرية المختلفة وتصويرها من خلال كاميرا رقمية مرتبطة بالمجهر.

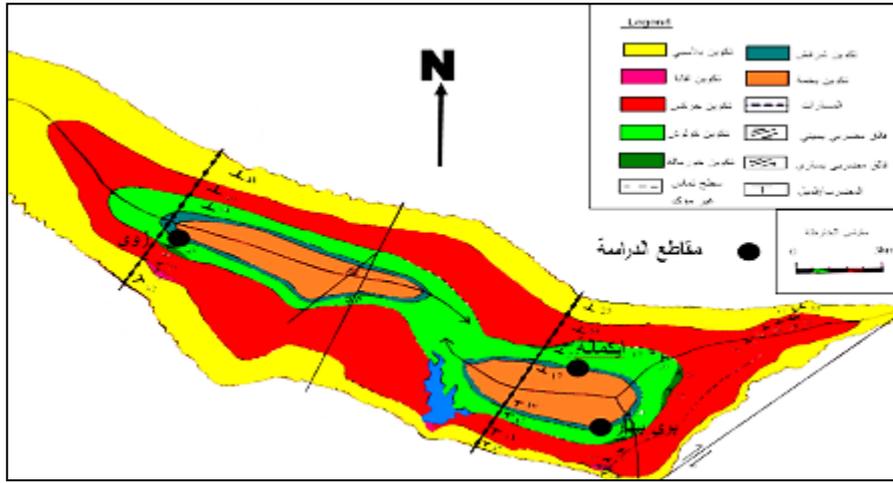
موقع الدراسة – Study location

تقع منطقة الدراسة الحالية، المتمثلة بطية بيخير، في شمالي العراق، وعلى امتدادات الأطراف الشمالية لمدينة دهوك الواقعة بين دائرتي عرض ($36^{\circ} 51' 31''$) و ($36^{\circ} 52' 00''$) شمالاً وخطي طول ($42^{\circ} 57' 28''$) و ($42^{\circ} 57' 42''$) شرقاً. وعموماً تتصف طيات هذه المنطقة بارتفاعاتها الشاهقة وبمكاشف البابها الكريتاسية. أما تكتونياً، فإنها تقع، وتبعاً لتقسيمات (Fouad, 2015)، في نطاق الطيات العالية، ضمن الرصيف الخارجي (Outer platform) (الشكل 1).

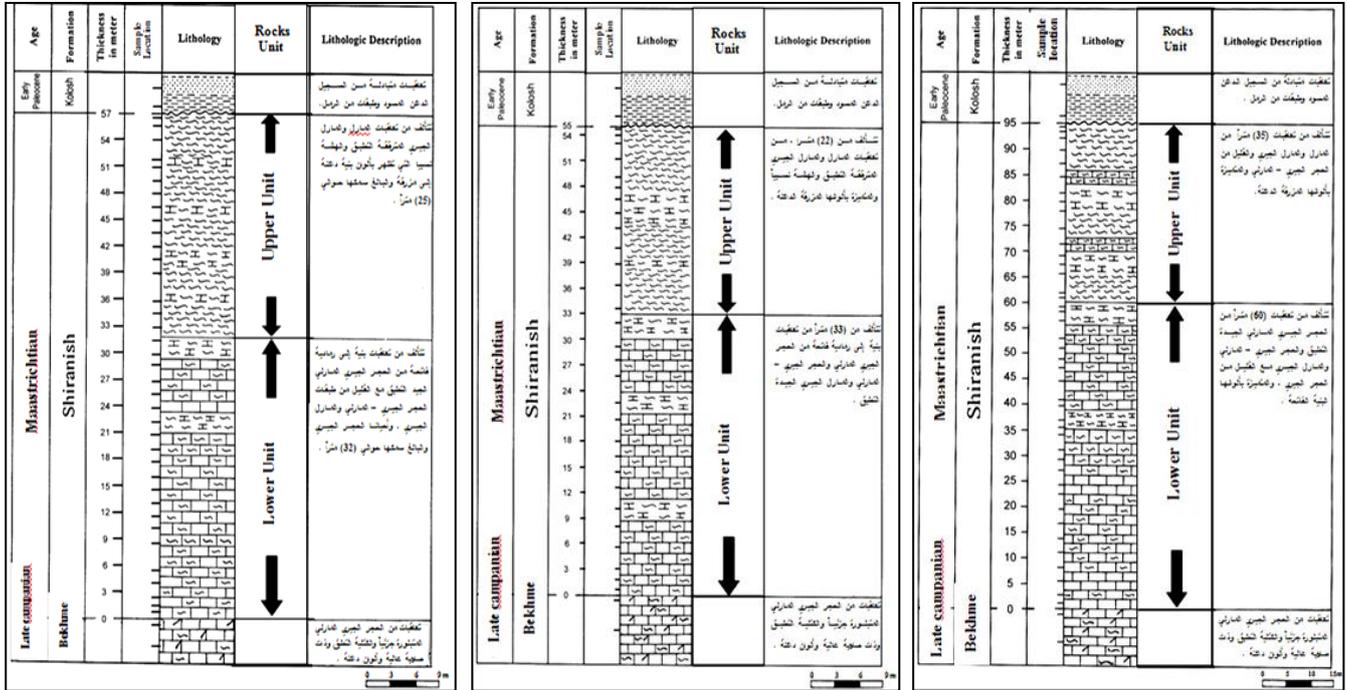
اختير ثلاثة مقاطع سطحية في مكاشف طية بيخير لإجراء الدراسة الحالية. وبعد إجراء الوصف الحقلي التفصيلي للتتابعات أختير (120) عينة صخرية من تتابعات المقاطع المختارة وذلك بواقع (41) عينة من مقطع (بري بهار) الواقع في الجناح الجنوبي للطية، قرب الغاطس الشرقي و(46) عينة من مقطع (زوي) الواقع في الجناح الجنوبي للطية أيضاً، قرب الغاطس الغربي و(33) عينة من مقطع (إيكماله) الواقع في الجناح الشمالي للطية (الشكلين 2 و 3).



الشكل 1. التقسيمات التكتونية الرئيسية في العراق عن (Fouad, 2015) موضحة عليها منطقة الدراسة.



الشكل 2. الخارطة الجيولوجية لطية بيخير المحدبة، تظهر عليها مقاطع الدراسة. محورة عن شركة الـ (FAO, 1994).



الشكل 3. يوضح الاعمدة الطباقية لمقاطع الدراسة وهي زوي وايمالة وبري بهار من اليمين الى اليسار.

الطباقية والبتروغرافية - Stratigraphic and petrography

تتكشف على سطح منطقة الدراسة الحالية المتمثلة بطية بيخير المحدبة تسع تكوينات، تؤلف بمجموعها تتابعات طية بيخير المحدبة، وذلك بدءاً من التكوين الأقدم وهي تكاوين بخمة وشراش وكولوش وخورماله وجركس وافانا وبلاسي وفتحة وانجانة. تتوافق معظم الآراء المطروحة (Bellen et al., 1959; Kassab, 1973; Buday, 1980; Al-; Qayim, et al., 1986; Jassim and Goof, 2006; al., 2006) مع ما أفرزتها الدراسة الحالية لمنطقة دهوك من سمات رسوبية دالة على الطبيعة التوافقية التالاسية المتدرجة، حقلياً ومجهرياً، لسطح التماس السفلي لتكوين شراش مع تكوين بخمة المكافئ له (اللوحة A:1)، مع وجود بعض الآراء مثل (Al-Haidary, 2009; Al-Mutwali et al., 2008) والتي تثبت الطبيعة اللاتوافقية

بين التكوينين المذكورين انفاً. وسماوات رسوبية دالة على الطبيعة غير المتوافقة لسطح تماسه العلوي مع تكوين كولوش (الباليوسين) (اللوحة B:1).

وتتقسم تتابعات تكوين شُرانش في منطقة دهوك طباقياً على وحدتين، تتألف الوحدة السفلى من تعاقبات الحجر الجيري المارلي، وأحياناً الحجر الجيري المارلي البني أو الرمادي (اللوحة C:1). أما الوحدة العليا فتتألف من تعاقب طبقات المارل والمارل الجيري والطفال (Shale) الداكنة المزرق (اللوحة D:1). وهذا التقسيم يتوافق مع دراسة كل من Al-Hadidi and (Bellén et al., 1959; Al-Qayim et al., 1986; Hassan, 2022) وغيرهم.

تتصف ترسبات تكوين شُرانش الجيرية في منطقة الدراسة الحالية، حقلياً بتطابقها المستوي (اللوحة C:1) والمتحف الداكن اللون (اللوحة D:1)، وبتدريجياً بتدعيمها الطيني (Mud supported) وبمحتواها العالي من الحبيبات الهيكلية (Skeletal grains) المتسمة بجودة حفظها وإعتدال تنوعها (اللوحة E:1). وتشكل اصداف الفورامنيفيرا، لا سيما الطافية منها، غالبية الحبيبات الهيكلية الموجودة في تتابعات التكوين. فهي تعد بذلك السمة التشخيصية الأولى لهذا التكوين تتسم اصداف هذه الطافيات بأحجامها الدقيقة وحجيرات المتعددة ورقة جدرانها وحفظها الجيد (اللوحة E:1). أما الفورامنيفيرا القاعية، والتي تأتي بالمرتبة الثانية، فإنها تمتاز بثنج جدرانها (اللوحة F:1) النسبي مقارنة بالفورامنيفيرا الطافية.

تتألف غالبية القاعدة الأرضية أو الحشوة (Matrix) الموجودة في ترسبات تكوين شُرانش من الميكرايت - Micrite (اللوحة E:1)، والقليل من السبار - Sparite (اللوحة G:1). ومن جهة أخرى، يلاحظ أن نسبة الميكرايت في هذه الترسبات يتباين من شريحة إلى أخرى. إذ إنها قد تتعدى الـ (70%) من المحتوى الكلي لبعض الشرائح الصخرية (اللوحة E:1)، لكنها تتدنى في بعضها الآخر إلى ما يقارب الـ (10%) (اللوحة H:1).

العمليات التحويرية - Diagenetic processes

تعرف العمليات التحويرية بأنها مجمل التغييرات الفيزيائية والكيميائية والحياتية التي تؤثر في أنسجة وبنية الترسبات وذلك منذ ترسيبها ومروراً بمراحل تصخرها وانتهاءً إلى ما قبل تحولها. للعمليات التحويرية فوائد اقتصادية. إذ إنها تؤدي دوراً أساسياً في زيادة أو نقصان المسامية والنفاذية، وبالتالي التحكم في سعة الخزانات والمكامن النفطية والمائية، سواءً بتحسين النفاذية كما في الصخور الخازنة (Reservoir rocks) أو بإزالتها كما في الصخور الغطائية (Cap rocks)، فضلاً عن مساهمتها في تركيز خامات معدنية معينة في بعض الرواسب، وحصول تمعدنات اقتصادية لمعادن أخرى. وتبعاً لـ (Friedman and Reeckman, 1982)، هناك عدة عوامل تسيطر على العمليات التحويرية، منها سرعة الدفن ودرجات الحرارة والضغط والقوى التكتونية وطبيعة المياه الأحفورية. وقد ادرجت العمليات التحويرية وبصماتها في ترسبات تكوين شُرانش تبعاً لنظام (Flügel, 2004)، وعلى التسلسل الزمني الأكثر احتمالية وكالاتي:

1- التعكرات الحياتية - Bioturbation:

تعد هذه العملية من العمليات الهدمية. وتعرف التعكرات الحياتية بأنها التشوهات التي تلحقها الأحياء الحافرة (Burrowing) والثاقبة (Boring) بأنسجة الرواسب وتراكيبها الرسوبية أثناء العمليات الترسيبية. وتبعاً لـ (Flügel, 2004) فإن التعكرات الحياتية تؤثر في نمط توزيع الحبيبات ضمن السحنات، حيث إنها تظهر على شكل بقع دائرية أو طولية أو ما بين هذا وذاك، وذلك تبعاً لمقاطعها في العينة أو الشريحة. وهي عموماً ذات ألوان داكنة مقارنة مع ألوان القاعدة الأرضية وبأحجام تتباين من الحجم المجهرى إلى أحجام تقاس بالسنتيمترات. وأوضح (Selley, 1982) أن آثار الأحياء المتحجرة تعد دليلاً مهماً لبيان أصل الرواسب، إذ أنها توجد دائماً في موقع الترسيب نفسه، وإنها تتدمر إذا ما تعرضت للمؤثرات القوية ونادراً ما يمكن إعادة آثار الأحياء مرة أخرى كبقية المتحجرات.

من معالم التعكرات الحياتية المشخصة في ترسبات الدراسة الحالية هو اختلاف التجانس النسيجي واللوني مثل ظهور التراكيب المرقطة (Mottled structure) التي تكون على شكل لطحات (Spots) ميكرايتية داكنة اللون مقارنة مع اللون الفاتح للقاعدة الأرضية الميكرايتية (اللوحة 2:A). كما شُخصت آثار أخرى للفعاليات الحياتية ضمن ترسبات تكوين شيرانش، مثل ظاهرة ترتيب الحبيبات بنمط دائري (Circular pattern)، يخلو داخلها من الحبيبات تقريباً (اللوحة 2:B) إن مثل هذه الظواهر، وتبعاً لتأكيدات (Flugel, 2004)، تعد من دلائل التعكرات الحياتية. ومن الجدير بالذكر، أن (Martin and Salyes, 2004) أشارا إلى أن الفعاليات الحياتية تكون قليلة الوجود في البيئات العميقة الهادئة، إلا أنها تزداد باتجاه البيئات الضحلة النشطة.

2- عملية الانضغاط - Compaction:

يعد الانضغاط من العمليات التحويرية البنائية، إن الانضغاط، وتبعاً لـ (Flugel, 1982)، إما أن يكون ميكانيكياً يؤدي إلى تقليص حجم الحبيبات الصخرية كنتيجة لترصص الحبيبات وإعادة ترتيبها وتوجيهها، أو يكون كيميائياً متمثلاً بمحاليل الضغط المؤدية إلى تقليص الحجم الحبيبي وإذابة بعض أجزاء المكونات العضوية، وبالتالي حصول عملية السمنتة. أي إن الانضغاط بنوعيه يسبب نقصاناً في أحجام المسامات الموجودة. كما أشاروا (Chilingar et al., 1967) إلى وجود عوامل عديدة تؤثر إيجابياً في عملية الانضغاط، مثل نسبة الحبيبات الناعمة إلى الخشنة وثقل الرواسب الفوقية وعمق الدفن.

تميزت ترسبات تكوين شيرانش بزيادة المواد الناعمة نسبة إلى المواد الخشنة ووفرة المعادن الطينية (Zanke, 1969) في أحمد، (1980) وقلة السمنتة ما بين الحبيبات وانعدام الدلمتة، مما أسهمت جميعاً في زيادة استجابتها لعملية الانضغاط وهذا يتطابق مع ما ذكره (Flugel, 1982). عبر آليتين وعلى النحو المبين ادناه:

أ- الانضغاط الفيزيائي - Physical compaction: عموماً يحدث قبل الانضغاط الكيميائي وقد لوحظ ضمن ترسبات تكوين شيرانش في المقاطع المختارة. ومن المؤشرات الدالة عليه هي:

1- إعادة ترتيب الحبيبات - Reorientation: أظهرت عينات عديدة شيوخ ظاهرة توجيه بعض الحبيبات وترتيبها بصورة موازية لمستويات التطبق (اللوحة 2:C).

2- رصّ الحبيبات - Grains packing: وهي عملية تقارب وتعقيد مستوى تماس الحبيبات من بعضها البعض نتيجة الضغط المسلط عليها مع عصر وتغلغل في الأرضية الميكرايتية الكثيفة بالحبيبات (اللوحة 2:D).

3- الفورامينيفيرا الطافية المضغوطة - Compact planktonic foraminifera: وهي تحول أصداف الفورامينيفيرا المنتفخة الكروية الشكل إلى الشكل المسطح والملتوي المشوه (اللوحة 2:E).

4- الأصداف المكسرة - Broken shells: وهي ظاهرة التكسرات الدقيقة للحبيبات الهيكلية، ولاسيما الفورامينيفيرا، المؤدية إلى تكوين الكسارات الحياتية (Bioclasts) (اللوحة 2:F).

ب- الانضغاط الكيميائي - Chemical compaction: يحدث في مرحلة متأخرة عن الانضغاط الفيزيائي وهي العملية التحويرية التي تتكون من خلالها سطوح محاليل الضغط المعروفة بالاستايولولايت (Stylolites)، والذي يعد من أهم المعالم التي تعرف بها الرواسب المتعرضة للانضغاط الكيميائي. حيث أشار (Moore, 1997) انه بمجرد حصول الانضغاط الفيزيائي للرواسب الكربوناتيّة، فانه سيزيد عمق الدفن مع الحمل الصخري المصاحب له من الضغط المرن على حواف الحبيبات، وهذا الإجهاد المترادف يؤدي إلى زيادة الفعاليات الكيميائية وبداية الانضغاط الكيميائي، وينعكس ذلك على أنه زيادة في قابلية الذوبان عند ملامسة حواف الحبيبات مع بعضها البعض، مؤدية بذلك إلى انحلال نقاط التلامس بين الحبيبات مكونة ما يعرف بالاستايولولايت، وهو عبارة عن أسطح متموجة تتشكل من نتوءات مخروطية إلى عمودية مختلفة المناسيب

عاكسة بذلك المواقع المختلفة لنقاط الحبيبات وأسطحها أو الأجسام الصخرية المضغوطة. وكنتيجة لتكوين عروق الستايولولايت تتجمع الفضالة غير الذائبة على هيئة رقائق وعروق متعرجة محيطة بالمكونات الحبيبية (Flugel, 2004).

عموماً، يلاحظ أن سطوح أو عروق الستايولولايت الموجودة في ترسبات تكوين شُرانش تحيط بالحبيبات أو الأرضية ولا تقطعها إلا نادراً مؤكدة بذلك إلى أن هذه العملية جاءت بعد الترسيب وليس أثناء الترسيب (Larsen and Chilingar, 1979). وتبعاً لـ (Mukerji and Young, 1973) فإن شيوع ظاهرة الستايولولايت في بعض التكوينات الجيرية يعزى الى أسباب عديدة، منها: الأرضية الميكرايتية الغنية بالأحياء الطافية، وندرة الأرضية الخشنة السبارية، والتطبيق المترق للتتابعات، فضلاً عن الغطاء الرسوبي ونشوء التضاعط فيه. ويُعتقد أن معظم هذه العوامل قد تحققت في ترسبات تكوين شُرانش مما جعلها تستجيب بسهولة لتشكيل الستايولولايت.

شخصت أصناف مختلفة من أنماط أسطح الستايولولايت ضمن جبريات تكوين شُرانش. وقد تم الاعتماد على طريقة (Logan and Semeniuk, 1976 in Flugel, 1982) في تصنيف هذه الأنماط، وعلى النحو المبين فيما يأتي:

1- الستايولولايت غير المنتظم - Irregular stylolites: يظهر بشكل خطوط متعرجة في مقطعه الجانبي. ويعد من الأنواع الشائعة في تتابعات المقاطع المختارة (اللوحة 2:G).

2- الستايولولايت المجعد او الهموكي - Hummocky stylolites: يكون بشكل سطوح متعرجة وذات سعة قليلة (اللوحة 2:H).

3- الستايولولايت شبه المستقيم - Smooth stylolites: يظهر بشكل أسطح شبه مستوية مع تموجات بسيطة جداً (اللوحة 3:A).

3- عملية السمنتة - Cementation:

تعد السمنتة من العمليات البنائية. وهي عبارة عن عملية ملء المسامات الأولية والثانوية وحشوها بالمواد السمنتية المترسبة كيميائياً من المحاليل المشبعة. علماً أن السمنت يتشكل عموماً من معادن كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) المترسبة ضمن الفراغات المسامية الموجودة في الترسبات. يعتقد أن جبريات تكوين شُرانش قد تعرضت إلى سمنتة مبكرة قبل عملية الدفن والانضغاط وأخرى متأخرة. إلا أن السمنتة المتأخرة لم تبدأ فيها إلا بعد تعرضها إلى العمليات الميكانيكية والتكتونية، وبالتالي تشقق هذه الترسبات وتكسرها. وهكذا، يبدو أن هذه المنافذ والممرات قد سمحت للمحاليل المشبعة بالتوغل ضمن الصخور، وبالتالي ترسيب السمنت ضمن مساماتها المختلفة (Moore, 1997).

طبقاً لما جاء به كل من (Boggs, 2006; Milliman, 1974; Morse, 2004; Flugel, 1982) فإن غالبية السمنت المتكون في البيئات البحرية العميقة المفتوحة يكون من نوع الكالسايت واطئ المغنيسيوم وبشكل ثانوي من الكالسايت عالي المغنيسيوم. وعليه، ترجح الدراسة الحالية أن يكون السمنت المترسب بكثرة في أصداف المتحجرات، وأحياناً ضمن الأرضية الميكرايتية وفراغات الكسور والشقوق الدقيقة هو سمنت كلسي واطئ المغنيسيوم. ويحتمل أن يكون مصدر السمنت المترسب ضمن ترسبات تكوين شُرانش مصدراً داخلياً ناتجاً عن إذابة الأصداف وإعادة ترسيبها في داخل الفراغات والفجوات المتاحة. أما بالنسبة للسمنت المترسب ضمن الشقوق والكسور المتواصلة فيعتقد بأنه ناجم عن مرور المحاليل الغنية بـ($CaCO_3$) من خلالها.

يلاحظ أحياناً أن السمنت الموجود ضمن تعاقبات تكوين شُرانش يكون أحياناً مشوهاً وذلك بسبب تعرضه لعملية الانضغاط والجهد التكتوني، بحيث يظهر السمنت على هيئة بلورات غير منتظمة الأوجه. ومن أبرز أنواع السمنت المشخص في ترسبات الدراسة الحالية هو:

1- السمنت الحبيبي - Granular Cement: عبارة عن بلورات كلسية شفافة متساوية الحجم. وهي عادة ناقصة إلى شبه كاملة الأوجه وحبيبية الشكل وذات حدود أو حافات متداخلة أو متلاصقة، وقد تكون مستقيمة. يتكون هذا النوع من السمنت في البيئات التحويرية الجوية الفرياتيكية والفادوزية فضلاً عن البيئات التحويرية المنظومة. وقد تمت ملاحظة السمنت الحبيبي داخل تجاويف الحبيبات الهيكلية وما بينها أيضاً، ولاسيما اصداف الفورامنيفيرا الطافية، وكذلك ضمن مسامات الأرضية، وعلى هيئة عروق مائلة للكسور. ويعد هذا النوع من السمنت من أكثر الأنواع شيوعاً في ترسبات تكوين شُرانش (اللوحة 3:B).

2- السمنت الكتلي أو البلوكي - Blocky Cement: عبارة عن بلورات كلسية تمتاز بأحجامها الكبيرة والمتساوية، وبحدودها الواضحة، وبأشكالها شبه كاملة الأوجه (اللوحة 3:C). يتكون هذا النوع من السمنت في البيئات التحويرية الجوية الفرياتيكية والفادوزية فضلاً عن البيئات التحويرية المنظومة. ونادر ما نشاهده في البيئات البحرية ذات الأرض الصلبة والشعاب المرجانية.

3- السمنت الدورزي - Drusy Cement: عبارة عن بلورات كلسية شفافة غير منتظمة وكاملة الأوجه. ويكون نمو البلورات الملاصقة للجدران الخارجية للمتحجرات صغيرة الحجم، ولكنها تكبر كلما ابتعدت عن تلك الجدران واتجهت نحو مركز الفراغ، وقد يعزى السبب في ذلك إلى قلة المنافسة ما بين البلورات باتجاه مركز الفجوة. يتكون هذا النوع من السمنت في البيئات التحويرية الجوية القريبة من السطح وكذلك في البيئات التحويرية المنظومة. وقد لوحظ السمنت الدورزي وبشكل قليل ضمن ترسبات تكون شُرانش (اللوحة 3:D).

من الجدير بالإشارة، أن أنواع السمنت الثلاثة المذكورة آنفاً، وتبعاً لأفكار (Flugel, 2004)، غالباً ما تتواجد خلال العمليات التحويرية المتأخرة. أي بعد تصلب الرواسب وتعرضها لتوغل المياه الجوفية العذبة.

4- عملية الإذابة (المسامية) - Dissolution (Porosity)

تعد الإذابة من العمليات التحويرية الهدمية. عرفها (Blatt et al., 1980) بأنها عملية تكوين الفراغات ضمن الصخور، وذلك بسبب تعرض المعادن الكربوناتية للذوبان. ينتج عن عملية الإذابة تكوين المسامات والفراغات والتي إما أن تكون بصورة كاملة أو بصورة جزئية للمكونات الجيرية المتمثلة بالأرضية والحبيبات. وقد تعكس هذه المسامات هيئة الشكل الخارجي للجسم المذاب.

عموماً، تعتمد أنظمة تصانيف مسامية الترسبات الكربوناتية على عدة أسس منها: نوع المسامات وآلية نشأتها وطبيعتها هندسياتها والعلاقة بين المسامية والتأثيرات التحويرية والعلاقة بين نوع الصخور ونوع المسام (Flugel, 2004). لقد اعتمد تصنيف مسامية صخور تكوين شُرانش، وبنوعها الأولية والثانوية، على نظام (Choquett and Pray, 1970)، وعلى النحو الموضح فيما يأتي:

1- المسامية ضمن الحبيبات - Intraparticles porosity: لوحظت داخل حجيرات الحبيبات الهيكلية، ولاسيما الفورامنيفيرا، وذلك بعد تعرض مكوناتها العضوية الرخوة للإذابة الانتقائية بشكل جزئي، تاركاً وراءها فراغاً داخلياً. وتعد هذه المسامية من أكثر الأصناف شيوعاً في ترسبات تكوين شُرانش (اللوحة 3:E).

2- المسامية بين الحبيبات - Interparticles porosity: وهي من أصناف المسامية الأولية الناشئة في أثناء الترسيب، إلا أنها قد تتشكل تحويرياً بفعل عملية الإذابة للميكرايت المحصور ما بين الحبيبات (اللوحة 3:F).

3- المسامية القالبية - Moldic porosity: وهي مسامية ثانوية ناتجة عن الذوبان الانتقائي بصورة كلية لبعض هياكل الحبيبات، إذ أنها لا تصمد من الصدفة أحياناً إلا حافات الخارجية، ولاسيما الهيكلية منها (اللوحة 3:G).

4- المسامية المغلقة أو المسدودة - Vug porosity: وهي مسامية ثانوية تنشأ عن الفراغات التي ملئت جزئياً أو كلياً بالمواد السمنتية أو الميكريتية، مكونة ما يعرف بالمسامية المغلقة أو المسدودة (اللوحة 3:B).

5- مسامية الكسور - Fracture porosity: وهي مسامية ثانوية ناجمة عن الكسور المتشكلة بفعل عوامل عديدة كالانضغاط والتكتونية وتكون عادة بأشكال وأحجام مختلفة (اللوحة 3:H).

5- عملية المكرتة - Micritization:

تعد المكرتة من العمليات التحويرية المتأخرة غير المتماثلة كيميائياً، وقد عرفها (Flugel, 2004) بأنها عملية تآكل سطوح المكونات الكربوناتيّة وهضمها من قبل الأحياء المجهرية، ومن ثم ترسيب الميكريت ضمن تلك الأسطح المتآكلة. وقد شخصت، وعلى نطاق ضيق، مظهران من مظاهر المكرتة في ترسبات تكوين شِرانش. إذ يتمثل المظهر الأول بالمكرتة الجزئية، حيث يتشكل غلاف ميكريتي واقى محيط بالحبيبة ومحافظ على شكلها الخارجي، يعرف بالغلاف الميكريتي (Micrite envelope) (اللوحة 4:A).

أما المظهر الثاني للمكرتة فإنه يتمثل بالمكرتة الكلية للحبيبة، أي لا تقتصر المكرتة على الغلاف الخارجي للحبيبة، بل يتعداها إلى أجزائها الداخلية. وبذلك فإن المكرتة الكلية تؤدي إلى طمس كامل للمعالم الداخلية للحبيبة، مما يجعلها عديمة البنية الداخلية (اللوحة 4:B).

6- عملية التشكل الجديد - Neomorphism:

تعد هذه العملية من العمليات التحويرية البنائية المتماثلة كيميائياً. وقد عرفها (Folk, 1959) بأنها عملية تحول المعدن من حالة إلى أخرى من دون حدوث تغيير في التركيب الكيميائي. فهو تعبير عن مجمل التحولات بين المعدن ونفسه، أي إحدى صوره المتعددة (Polymorphs). وتنقسم عملية التشكل الجديد عادة إلى عمليتي: الارتكاس أو الانقلاب (Inversion)، وإعادة التبلور (Recrystallization). وتتمثل المحصلة النهائية لهذه العملية بحصول اختلاف في الأحجام البلورية تصغيراً أو تكبيراً أو مجرد اختلافات شكلية بسيطة، إذ إن البلورات الأصلية تزال تدريجياً لتحل محلها وبصورة متزامنة البلورات الجديدة ولاسيما في المعادن الأقل استقراراً كالأركونايت والكالسايت عالي المغنيسيوم (Bathurst, 1976). وفيما يأتي وصفاً لأحدى عمليات التشكل الجديد في ترسبات تكوين شِرانش وكما يأتي:

عملية إعادة التبلور - Recrystallization: عبارة عن عملية حصول تغيير في الحجم البلوري دون التغيير في التركيب الكيميائي. وهذه العملية إما أن تسبب زيادة في حجم البلورات، فتعرف عندئذ بعملية التبلور التصاعدي (Aggradation)، كتحول الميكريت إلى السبار الدقيق في البداية، وتحول الأخير إلى السبار الكاذب (Pesudosparite) في المرحلة اللاحقة. أو أنها قد تسبب نقصاناً في الأحجام البلورية، فيطلق عليها عندئذ مصطلح التبلور التنازلي (Degradation) (Folk, 1959).

أظهرت النتائج البتروغرافية أن مظاهر عملية التبلور التصاعدي أكثر شيوعاً في ترسبات تكوين شِرانش مقارنة بمظاهر عملية التبلور التنازلي. إذ شخصت مظاهر هذه العملية وآثارها في الحبيبات الجيرية، ولاسيما ضمن جدران الفورامينيفيرا الطافية (اللوحة 4:C). إلا أن آثار عملية إعادة التبلور ومعالمها تكون نادرة في القاعدة الأرضية. ويُعتقد أن السبب في هذه الشحة يعود إلى أن المعدن الأساسي المكون لجيريات تكوين شِرانش الحوضية هو الكالسايت وإطى المغنيسيوم ذو الاستقرار العالية، وكذلك ندرة وجود المعادن ذات الأوجه غير الثابتة كالأركونايت والكالسايت عالي المغنيسيوم في مثل هذه البيئات (Larsen and Chilingar, 1979)، كما ذكرنا أن جزءاً من أسباب هذه الشحة قد يعود إلى احتواء الأرضية على نسبة عالية من الأطيان الميكريتية، إذ إن غزارة الميكريت في الأرضية تعيق استمرارية هذه العملية، إذ إن الميكريت يعمل حاجزاً

فاصلاً بين البلورات والمحاليل. أما بالنسبة للعملية الثانية المعروفة بعملية الانقلاب فإنها لم تشخص ضمن ترسبات الدراسة الحالية.

7- المعادن الموضعية النشأة - Authigenic minerals:

تعد عملية تكوين المعادن في الرواسب من العمليات التحويرية البنائية. وتبعاً لـ (Flugel, 2004) فإن مثل هذه المعادن تمتلك مؤشرات عديدة على موضعية نشأتها وعدم كونها منقولة، منها اقتصار ظهور هذه المعادن ضمن فجوات الحبيبات (الهيكليّة وغير الهيكليّة) منقولة بشكل وحجم الفراغ المتاح لها. لذا قد تدعى بالمعادن ذات الأشكال الكاذبة أو الزائفة (Pseudomorph). في حين تتخذ الأنماط الأخرى، ولاسيما المبعثرة منها ضمن الأرضية الحشوية، شكل المعدن الحقيقي بزواياه وأوجهه الكاملة أو شبه الكاملة، فتعرف بالأشكال الحقيقية (Euhedral). من الدلائل الأخرى على النشأة الموضعية للمعادن، هي احتواء بلوراتها على شوائب من نفس مادة أرضية السحنة المضيفة لها. فضلاً عن شيوعها ضمن السحنات المضيفة على هيئة مستعمرات أو تجمعات عنقودية ينفي احتمالية كونها معادن منقولة.

اعتماداً على المؤشرات والدلائل الأنفة الذكر، تم تشخيص معدني الكلوكونايت والبايرايت الموضعية النشأة في عموم تتابعات تكوين شِرانش، وفيما يأتي وصفٌ لهذه المعادن.

أ- معدن الكلوكونايت - **Glauconite mineral**: يعد الكلوكونايت من المعادن الطينية العائدة إلى مجموعة المايكا الغنية بالسليكا والحديد والألمنيوم $[K (Fe, Al) (Mg, Fe) (Si_2 Al) O_{10}(OH)_2]$. ويتوارد هذا المعدن بصورة ملفتة للنظر في عموم تتابعات تكوين شِرانش، على الرغم من شيوعه الواضح في التتابعات العليا للتكوين. أشارا كل من (Bell and Goodel, 1967) إلى أن معدن الكلوكونايت يكون على هيئة بلورات دملقية الشكل وصغيرة الحجم وخضراء اللون ومصقولة الأسطح ومعدومة الشوائب. وعموماً يظهر هذا المعدن في العديد من البيئات والترسبات البحرية، وبأعماق مختلفة تمتد ما بين (72-3036) متراً، إلا أنه يتركز ما بين العمقين (50-700) متر، وبغزارة أكثر ما بين العمقين (250-125) متراً. حيث التجمعات الكبيرة للفورمانيفيرا الطافية في مثل هذه الأعماق الكبيرة.

قد أظهرت الدراسة البتروغرافية الحالية هيئات مختلفة من معدن الكلوكونايت. فمنها ما يملأ حجيرات المتحجرات بصورة جزئية أو كلية، بحيث يتقوّل (Moldic) تبعاً لأشكال الفجوات المتاحة (اللوحة 4:D). كما يملأ قسم آخر منها مسامات الأرضية الحشوية (Matrix) المنتشرة بصورة مبعثرة والتي تختلف غزارتها وأشكالها وأحجامها تبعاً لغزارة تلك المسامات وأشكالها وأحجامها، مشيرة بذلك إلى نشأتها الموضعية (اللوحة 4:E). وتمتد ألوان معدن الكلوكونايت في ترسبات تكوين شِرانش وبسبب الاختلاف في مراحل تكونه من الأخضر الفاتح الشائع في أصداف الفورمانيفيرا الطافية (اللوحة 4:D)، إلى الأخضر الداكن الأقل شيوعاً (اللوحة 4:F).

أظهرت الفحوصات المجهرية الحالية، اقتران وجود معدن الكلوكونايت مع معدن البايرايت في أغلب العينات المختارة. حيث أشار كل من (Bathurst, 1976 ; Berner, 1971) إلى أن ترسيب هذا المعدن يتم تحت الظروف الاختزالية وبصورة مقترنة بترسيب معدن البايرايت.

يعتقد أن نشأة معدن الكلوكونايت في ترسبات تكوين شِرانش ناجمة، إما عن تحلل المعادن الطينية المقترنة مع الرواسب الجيرية الموجودة أصلاً داخل المسامات والفجوات الرسوبية، أو ترسب تحت ظروف ملائمة من حيث نقص الأوكسجين وتوفر المواد العضوية والبكتيريا. أو قد تكون ناتجة عن إعادة ترسيب (Reworked) حبيبات معدن الكلوكونايت المتشكلة بالطريقة المذكورة آنفاً، والمنقولة فيما بعد إلى مواضع أخرى ضمن الحوض الترسيبي نفسه. وعموماً، فقد سُخِّص معدن الكلوكونايت في ترسبات شِرانش وذلك اعتماداً على بعض الخصائص البتروغرافية والفيزيائية. كما تتفق معظم الأدبيات

الجيولوجية منها (Velde, 2004 ; Nichols, 1999 ; Tucker, 1981 ; Pittijohon, 1975) على أن معدن الكلوكونايت يترسب عادةً ضمن البيئات البحرية الاختزالية ذات طاقة ومعدل ترسيب واطئين.

ب- معدن الباييريت - **Pyrite mineral**: يعد الباييريت من المعادن الموضعية النشأة الشائعة في ترسبات تكوين شُرانش. ومن المعروف أن هذا المعدن يعد من كبريتيدات الحديد (FeS_2) المهمة في الصخور الرسوبية. عموماً، يظهر الباييريت ضمن الأرضية الميكروبيئية لترسبات تكوين شُرانش على شكل تجمعات صغيرة الحجم كروية الشكل تشبه العناقيد فتسمى، تبعاً لـ (Goldhaber, 2004)، بالفرمبويد (Framboid) (اللوحة 4:G). وقد يظهر على هيئة مكعبات صغيرة الحجم فتسمى بالبايريت المكعبي (Cubic pyrite) (اللوحة 4:H). كما انه قد يحشو الأصداف ولاسيما الفورامنيفيرا منها بصورة جزئية فيعرف بـ (Geopetal pyrite) (اللوحة 5:A). أو بصورة كاملة فيُعرف بالبايريت القالبوي (Moldic pyrite) (اللوحة 5:B)، فضلاً عن وروده في بعض العينات بهيئات لا تعطي نسيجاً مميزاً لشكله. ولا يظهر الباييريت في ترسبات الدراسة الحالية تتطفاً لونيّاً إلا نادراً، حيث يكون النطاق الخارجي فيه محمراً والنطاق الداخلي مسوداً (اللوحة 5:C).

لقد بين (Chilingar et al., 1967) أن معدن الباييريت يتكون في ظروف بيئية اختزالية، وأن أشكاله المعروفة بـ (Moldic, Geopetal, Framboid) تنشأ في أثناء المراحل التحويرية المبكرة، في حين عزوا احتمالية تكوين هيئة المكعب (Cubic) الى المراحل التحويرية المتأخرة. أما ظاهرة التنطق اللوني فيعتقد بأنها تتكون نتيجة تحول معظم الباييريت إلى الصبغات الحديدية كالهيماتيت خلال العمليات التحويرية المتأخرة، ولاسيما خلال تعرية المكشف الصخري، حيث تتشكل الصبغات الحديدية خلالها على هيئة أنطقة حول الحبيبة المعدنية. أي إن تشكيل معدن الباييريت، وهذا ما أكده أيضاً (Raiswell, 1997)، بأنه يتكون خلال العمليات التحويرية المبكرة والمتأخرة.

وتبعاً لـ (Bathurst, 1976 ; Chilingar et al., 1967) فإن تكوين الباييريت في الصخور الكربوناتيّة يقترن عادةً بسحنة الحجر الجيري المترسبة في المياه العميقة، حيث البيئة الاختزالية الملائمة لتكوين معدني الباييريت والكلوكونايت. ويعزى سبب توافر الظروف الاختزالية في هذه البيئات، إلى التفسخ اللاهوائي للبقايا والمكونات العضوية.

8- التكسرات وتكوين العروق - Fractures and formation of veins: عموماً، تنتشر الكسور والفواصل بأشكال مختلفة وأحجام متباينة ضمن جيبريات تكوين شُرانش. فقد تكون هذه الكسور فارغة مكونة ما يعرف بمسامية الكسور (اللوحة 3:H). وقد تكون مملوءة بالسمنت الكلسي أو أحد المعادن الموضعية النشأة كالباييريت مكونة ما يعرف بعروق الباييريت (اللوحة 5:D)، كما يبدو إن هذه الشقوق وكأنها تقطع الحبيبات الهيكلية ولكن بدون إزاحة أي طرف منها (اللوحة 5:D). وتبعاً لـ (Flugel, 1982) فإن أمثال هذه التكسرات تصنف الى عدة أنواع، وعلى النحو الآتي:

1- تكسرات حادة بارزة: وهي الكسور التي تتكون خلال العمليات التحويرية المتأخرة، التي تبدو كأنها تقطع الحبيبات. ويعتقد أن نشوء مثل هذه الكسور مرتبط بالحركات التكتونية (اللوحة 5:D).

2- تكسرات فتاتية: وهي التكسرات التي تتكون قبل أو بعد انضغاط الرواسب، والتي تتركز عادة حول الحبيبات (اللوحة 3:H).

ومما يجدر الذكر، أن مثل هذه التكسرات تؤدي دوراً مهماً في زيادة المسامية والنفاذية في الصخور الجيرية، ولاسيما الحوضية منها كأمثال ترسبات الدراسة الحالية المتممة بقلة مساميتها ونفاذيتها الأولية. وعليه، فإن هذه الترسيبات تصبح أحياناً، وبفعل هذه الكسور الدقيقة، خزانات جيدة للهيدروكربونات والمياه، كما هو الحال مثلاً بالنسبة لتكوين شُرانش في حقول عين زالة وبطمة وغيرهما من حقول المنطقة الشمالية.

البيئة التحويرية – Diagenetic Environment

توجد علاقة بين العمليات التحويرية المؤثرة على الصخور مع بيئاتها الترسيبية، إذ إن لكل بيئة ترسيبية بصماتها للعمليات التحويرية اللاحقة للترسيب. وإن أي تغيير يطرأ على العمليات الترسيبية يعكس تغييراً في البيئة التحويرية (Purdy, 1968). وتعرف البيئة التحويرية بأنها تلك البيئة أو ظروف الوسط الذي يحدث فيه التغييرات والتحويرات بعد عمليات الترسيب، سواءً كانت هذه التحويرات هدامة أم بناءة. وطبقاً لأفكار (James and Choquett, 1983; Longman, 1980) فإن البيئات التحويرية تنقسم إلى ثلاث بيئات رئيسية، وعلى النحو الآتي:

1- البيئة البحرية الفرياتيّة – Marine phreatic environment: وهي البيئة التي تتضمن جميع التغييرات التي تحدث عند السطح الترسيبي (Depositional surface). وتتضمن هذه البيئة كلا من عمليات السمننة والإذابة، فضلاً عن المكترّة والتعكر الحيّاتي. وهذه العمليات تحدث ضمن أعماق مائية مختلفة.

2- البيئة التحويرية الجوية – Meteoric diagenetic environment: وهي بيئة كافة التغييرات التي تحدث على السطح أو بالقرب منه. وتبعاً لـ (Longman, 1980) فإن هذه البيئة تقسم إلى ثلاث بيئات ثانوية، وعلى النحو الآتي:

أ. نطاق بيئة المياه العذبة الفادوزية – Fresh water vadose environment zone: تقع هذه البيئة التحويرية ضمن النطاق المحصور بين سطح الأرض ومستوى المياه الجوفية. حيث تمتلئ المسامات فيها بالمياه القارية والهواء.

ب. نطاق بيئة المياه العذبة الفرياتيّة – Fresh water phreatic environment zone: تقع هذه البيئة تحت مستوى المياه الجوفية. ومن معالم صخور هذه البيئة امتلاء مساماتها بالمياه الجوفية العذبة الغنية بكاربونات الكالسيوم.

ج. نطاق بيئة الخلط – Mixing environment zone: تمتاز صخور هذه البيئة بامتزاج المياه العذبة مع المياه البحرية في مساماتها.

3- البيئة التحويرية المنظّمة – Burial diagenetic environment: وهي بيئة مجمل التحويرات التي تحدث تحت نطاق العمليات التحويرية القريبة من السطح وفوق نطاق التحول الحراري. وتحدث في هذه البيئة، وتحديدًا بعد انطمار الرواسب وتصلبها، عمليات تحويرية متأخرة، ولاسيما عمليات الانضغاط الميكانيكي والكيميائي والسمننة والتغييرات المعدنية والتحويلات الكيميائية الحيّاتية للمواد العضوية والتحويلات الكيميائية الحرارية والإذابة تحت السطحية.

طبقاً لهذا التصنيف يعتقد أن البيئة التحويرية الرئيسية التي تعرضت لها ترسبات تكوين شرنانش هي البيئة المنظّمة العميقة (Burial diagenetic environment)، كما أكد ذلك (Morse, 2004) عند وصفه للبيئات التحويرية المنظّمة والعميقة التي تتميز بشيوع عمليات الانضغاط بنوعيه الفيزيائي والكيميائي وكثرة سطوح الستابولولايت والسمننة المتأخرة، فضلاً عن المعادن الموضعية النشأة والكسور الدقيقة والتشكل الجديد. وهذه الصفات تنطبق تماماً على ترسبات تكوين شرنانش، فضلاً عن تأثر ترسبات التكوين جزئياً ببيئات تحويرية أخرى كالبيئة البحرية الفرياتيّة (Marine phreatic environment) المسببة للمكترّة والتعكر الحيّاتي، وبيئة المياه الجوفية الفرياتيّة العذبة (Fresh phreatic groundwater environment) لوفرة كاربونات الكالسيوم بكثرة ضمن ترسبات تكوين شرنانش.

الاستنتاجات - Conclusions

تتصف ترسبات تكوين شِرانش الجيرية في منطقة الدراسة الحالية، حقلياً بتطابقها المستوي ذات اللون الرصاصي الفاتح الى التطبق المتتبع ذات اللون الرصاصي الداكن باتجاه الاجزاء العليا للتكوين، وبترغافياً بتدعيمها الطيني (Mud supported) وبمحتواها العالي من الحبيبات الهيكلية (Skeletal grains) المتسمة بجودة حفظها وإعتدال تنوعها. وتشكل اصداف الفورامنيفيرا، لا سيما الطافية منها، غالبية الحبيبات الهيكلية الموجودة في تتابعات التكوين. فهي تعد بذلك السمة التشخيصية الأولى لهذا التكوين.

يتضح من خلال استعراض العمليات التحويرية المشخصة ضمن ترسبات تكوين شِرانش بانها متأثرة، وعلى نطاق واسع، بعملية الانضغاط. ويعتقد أن السبب في ذلك يعزى الى نعومة حبيبات هذه الترسبات ودقتها ومحتواها العالي من الأطيان الجيرية، أي الى كونها طينية الدعم. فضلا عن العمليات التحويرية الاخرى وتأثيراتها في هذه الترسبات مثل وهي: التعكرات الحياتية، والانضغاط، والسمنتة، والإذابة (المسامية)، والمكرتة، والتشكل الجديد (عملية إعادة التبلور)، والمعادن الموضوعية الناشئة (البابرايت والكلوكونايت)، والتكسرات، وتكوين العروق.

يعتقد أن البيئة التحويرية الرئيسية التي تعرضت لها ترسبات تكوين شِرانش هي البيئة المنظرة العميقة (Burial diagenetic environment)، كما أكد ذلك (Morse, 2004) عند وصفه للبيئات التحويرية المنظرة والعميقة التي تتميز بشيوع عمليات الانضغاط بنوعيه الفيزيائي والكيميائي وكثرة سطوح الستايلولايت والسمنتة المتأخرة، فضلاً عن المعادن الموضوعية الناشئة والكسور الدقيقة والتشكل الجديد. وهذه الصفات تنطبق تماماً على ترسبات تكوين شِرانش، فضلاً عن تأثير ترسبات التكوين جزئياً ببيئات تحويرية أخرى كالبيئة البحرية الفرياتية (Marine phreatic environment) المسببة للمكرتة والتعكر الحياتي، وبيئة المياه الجوفية الفرياتية العذبة (Fresh phreatic groundwater environment) لوفرة كاربونات الكالسيوم بكثرة ضمن ترسبات تكوين شِرانش.

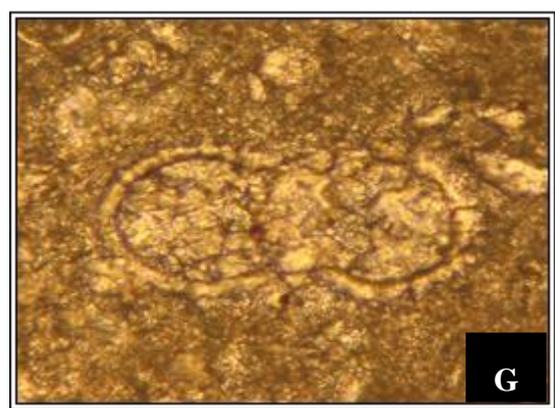
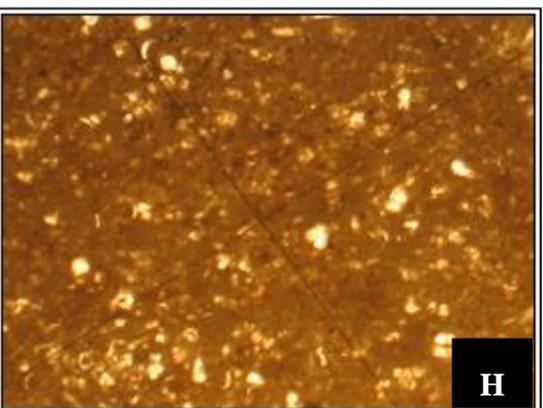
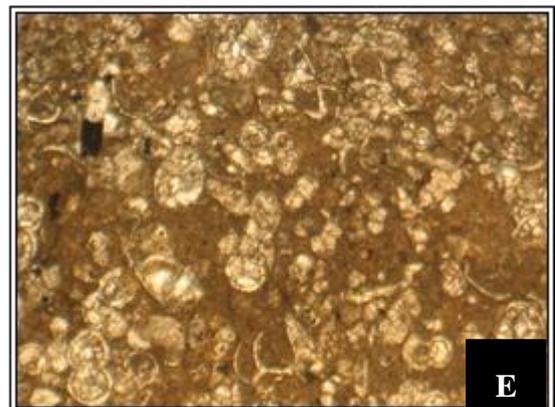
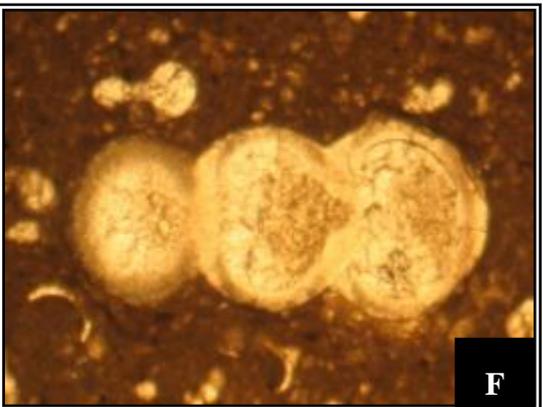
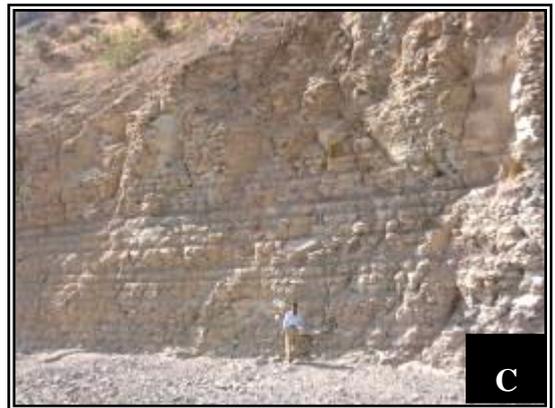
تعكس نتائج العمليات التحويرية لإجمالي تتابعات تكوين شِرانش في منطقة دهوك تعمقاً بحرياً تدريجياً (Transgression) باتجاه التتابعات العليا للتكوين بزيادة نسبة المارل الى الحجر الجيري المارلي، رغم ما اعترها بعض التراجعات البحرية الثانوية. كما انها تظهر ان الحوض الرسوبي في الأجزاء الغربية من منطقة الدراسة (مقطع زوي) كان عموماً أكثر سمكاً وأعمق نسبياً من أجزائه الشرقية (مقطعي إيكماله وبري بهار).

References – المصادر

- Al-Atroschi, R.K H., 2007. Sedimentology of Shiranish Formation at Dohuk Area, Unpublished M.Sc. Thesis, Coll. of Science, Mosul University, Iraq, 131 P. (in Arabic).
- Al-Hadidi, A.S.S., Hassan, Y.H., 2022. Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of Shiranish Formation in Sara Anticline in Dokan Area, Northeastern Iraq. Iraqi National Journal of Earth Science. Vol. 22, No. 1, pp.1-14. <https://doi.org/10.33899/earth.2022.174662>
- Al-Haidary, L.Y.F., 2009. Stratigraphy and Depositional Environment of Bekhme Formation and the Nature of its Contact with Shiranish Formation in Dohuk Area, North of Iraq, Unpublished M.Sc. Thesis, Coll. of Science, Mosul University, Iraq, 131 P. (in Arabic).
- Al-Mutwali, M.M., Al-Banna, N.Y. and Al-Ghrear, J.S., 2008. Microfacies and sequence stratigraphy of the Late Campanian Bekhme Formation in the Dohuk area, N. Iraq. Jour. of Geo Arabia, Vol. 13, No. 1, pp. 39–54. <https://doi.org/10.2113/geoarabia130139>
- Al-Qayim, B., Habib, H.R. and Al-Dyni, N., 1986. Petrology and Geochemistry of Shiranish Formation (Type section) towards Sedimentary Facies interpretation, Jour. Geol. Soci. Iraq, Vol. 19, No. 3, pp.123-136.
- Bathurst, R.G.C., 1976. Carbonate Sediment and their Diagenesis, Development in Sedimentology-12, 2nd Ed., Elsevier Published, Com. Amsterdam, 658 P.
- Bell, D.L. and Goodell, H.G., 1967. A Comparative Study of Glauconite and the Associated Clay fraction in Modern Marine Sediments, Sedimentology, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Vol.9, pp.169–202.
- Bellen, Van. R.C., Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. Lexique Stratigraphique International Asie, Fascicule, 10a, Iraq, Central National deal Recherches Scientifique, Paris, 333 P.
- Berner, R.A., 1971. Principles of Chemical Sedimentology, Mc Graw Hill Book Company, 240 P.
- Blatt, H., Middleton, G. and Murray, R., 1980. Origin of Sedimentary rocks (2nd ed.), Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 782 P.
- Boggs, S.J., 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Person Prentice-Hall, 662 P.
- Buday, T., 1980. The Regional Geology of Iraq: Stratigraphy and Paleogeography, Dar Al-Kutub publishing, House, University of Mosul, Mosul, Iraq, 445 P.
- Chafeet, H.A., Raheem, M.Kh., Dahham, N.A., 2020. Diagenesis Processes Impact on the Carbonate Mishrif Quality in Ratawi Oilfield, Southern Iraq. Modeling Earth Systems and Environment. ISSN 2363-6203. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00853-3>
- Chilingar, G.V., Bissell, H.J. and Wolf, K.H., 1967. The Diagenesis of Carbonate Rocks. In: Larsen, G. and Chilingar, G.V. (Eds.), in Diagenesis in Sediments, Amsterdam, pp.179-322.
- FAO Company, 1994. Unpublished Internal Geological Report. Dohuk Geological Survey.
- Flügel, E., 2004. Microfacies of Carbonates Rocks, 2nd Ed., Springer, Berlin, 976 P.
- Folk, R.L., 1959. Practical Petrographic Classification of Limestone, A.A.P.G. Bull, Vol.43, No.1, pp.1-38.
- Friedman, G.M. and Reeckman, A., 1982. Exploration for Carbonate Petroleum Reservoirs, Elf- Equitative Centers de Recherche de Boussenset et de pau, John Wiley and Sons. New York, 213 P.

- Goldhaber, J.B., 2004. Sulfur-Rich Sediments, In: Holland, H. D. and Turekian, K. K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Amsterdam, Vol. 7, pp. 257-288.
- James, N.P. and Choquette, P.W., 1983. Diagenesis Limestone's the Sea Floor Diagenetic Environment, Department of Earth Sciences, Memorial University, pp.162-178.
- Jassim, S.Z. and Goff, J.C., 2006. *Geology of Iraq*, Published by Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341 P.
- Kamil, A., Al-Dulaimi, S., Karim, K.H., 2021. Ammonites and Foraminifera of Shiranish Formation (Late Campanian-Maastrichtian) from Sulaimaniya and Erbil Governorates, Northern Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 2021, Vol. 62, No. 12, pp: 4712-4746. <https://doi.org/10.24996/ij.s.2021.62.12.12>
- Kassab, I.I., 1973. Planktonic Foraminiferal of the Shiranish Formation Type locality (Northern Iraq), *Jour. Geol. Soci. Iraq*, Vol.6, pp.100-109.
- Larsen, G., Chilingar, G.V., 1979. *Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks*, Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam - Oxford - New york, 579 P.
- Longman, M.W., 1980. Carbonate Diagenetic Texture from Near Surface Diagenetic Environments, *A.A.P.G. Bull.*, Vol. 64, No. 4, pp. 461- 487.
- Martin, W.R., Sayles, F.L., 2004. The Recycling of Biogenic Material at the Seafloor, In: Holland, H.D. and Turekian, K. K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Amsterdam., Vol.7, pp. 37-66.
- Milliman, J.D., 1974. *Marine Carbonates*, Springer Verlay, Berlin, 375 P.
- Moore, C.H., 1997. *Carbonate Diagenesis and Porosity*, Basin Research Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70903-4701, U.S.A. 338 P.
- Morse, J.W., 2004. Formation and Diagenesis of Carbonate Sediments, In: Holland, H. D. and Turekian, K.K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Amsterdam., Vol.7, pp. 67- 86.
- Nichols, G., 1999. *Sedimentology and Stratigraphy*, Blackwell Publishig Co., 355 P.
- Pettijohon, F.J., 1975. *Sedimentary rocks*, (3rd Ed.), Harper and Row, New York, 628 P.
- Purdy, E.G., 1968. Carbonate Diagenesis an Environmental Survey. *Geol. Romania* 7, pp.183-228.
- Raiswell, R., 1997. A. Geochemical Framework for the Application of Stable Isotopes to Fossils Pyritisation, *J. London Geol. Soci.*, Vol. 154, pp. 343-356.
- Selley, M.E., 1982. *An Introduction to Sedimentology*, Academic Press London, 408 P.
- Tamar-Agha, M.Y., Basi, M.A., 2021. The Sedimentology of the Late Campanian-Maastrichtian Sequence, Southwestern Iraq, *Iraqi Journal of Science*, Vol. 62, No. 3, pp. 897-911. <https://doi.org/10.24996/ij.s.2021.62.3.21>
- Tucker, M.E., 1981. *Sedimentary Petrology: An Introduction*, Vol. 3, Black Well Scientific Published, Oxford, 252 P.
- Velde, B., 2004. Green Clay Minerals, In: Holland, H. D. and Turekian, K.K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Amsterdam, Vol.7, pp.309-324.

اللوحة 1



اللوحة 1

لوحة A-1: التدرج المتلاسن ما بين تتابعات تكويني بخمة وشُرانش في سطح تماسه السفلي.

لوحة B-1: سطح التماس العلوي غير المتوافق لتكوين شُرانش مع تكوين كولوش.

لوحة C-1: تتابعات الوحدة السفلى، وهي جيدة التطبيق بنية اللون مؤلفة من تعاقبات الحجر الجيري المارلي والمارل الجيري ضمن مقطع بري بهار.

لوحة D-1: تعاقبات الوحدة العليا، وهي نحيفة التطبيق وبألوان مخضرة - بنية داكنة مؤلفة من المارل والمارل الجيري ضمن مقطع بري بهار.

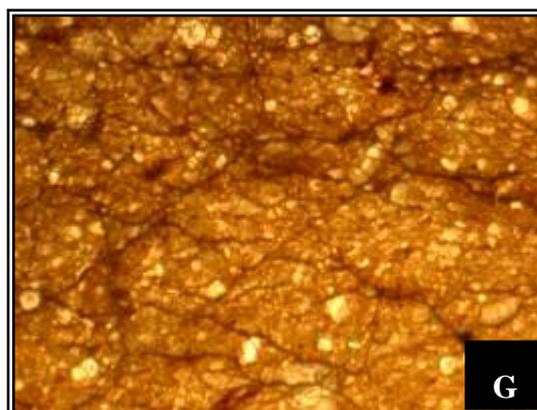
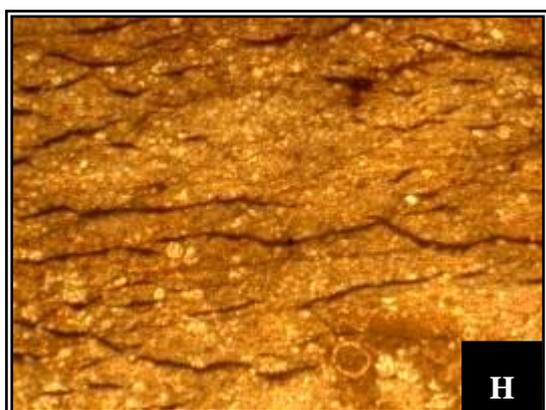
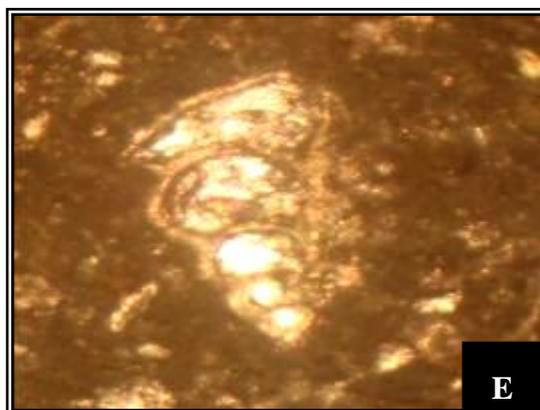
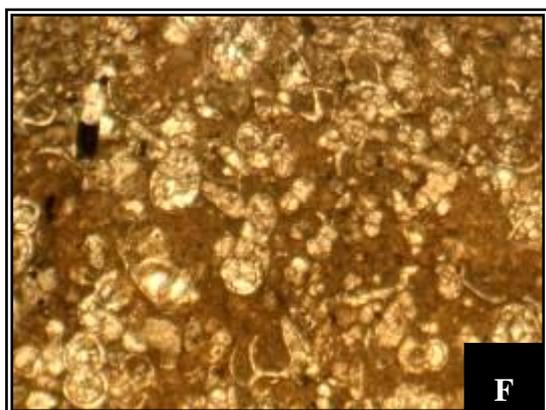
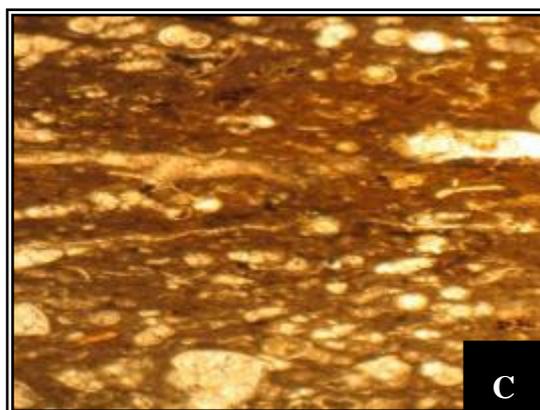
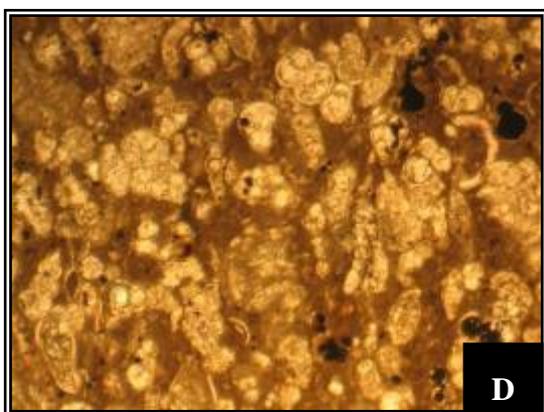
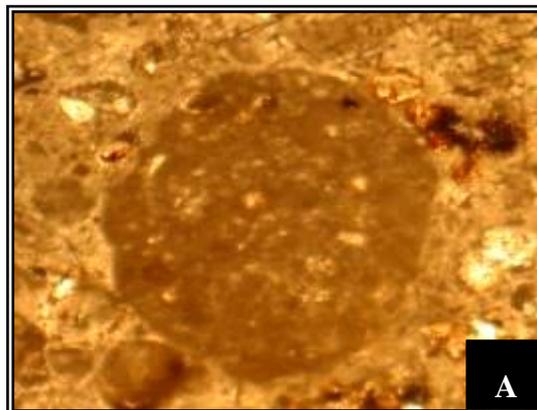
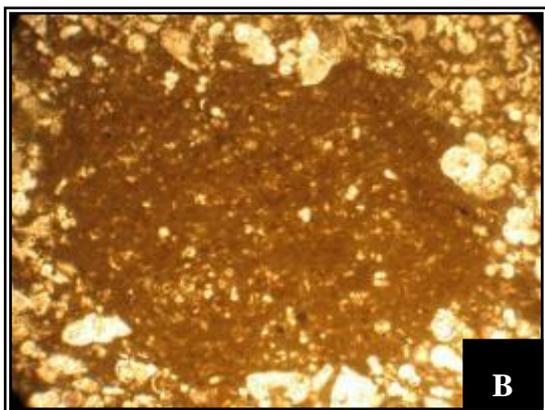
لوحة E-1: اصداغ الفورامنيفيرا الطافية المتسمة بأحجامها الدقيقة وحجراتها المتعددة ورقة جدرانها وحفظها الجيد، فضلا عن القاعدة الأرضية أو الحشوة (Matrix) المكونة غالبيتها من الميكرايت الذي قد يتعدى الـ (70%) من المحتوى الكلي لبعض الشرائح الصخرية (X5).

لوحة F-1: اصداغ الفورامنيفيرا القاعية، والتي تمتاز بثخن جدرانها النسبي مقارنة بالفورامنيفيرا الطافية. (X5).

لوحة G-1: القاعدة الأرضية أو الحشوة (Matrix) المكونة من السبار (X5).

لوحة H-1: نسبة الميكرايت في هذه الترسبات ما يقارب الـ (10%) (X5).

اللوحة 2



اللوحة 2

لوحة A-2: مقطع مستعرض يظهر التبع الميكروبي وهو من مظاهر التعكر الحيائي، (X10).

لوحة B-2: مقطع يظهر ترتيب الحبيبات بنمط دائري، وان خلو هذه الدائرة من الحبيبات الخشنة يعد من مظاهر التعكرات الحياتية، (X10).

لوحة C-2: حبيبات موجهة بموازاة التطبيق بفعل تعرضها الى الانضغاط الفيزيائي (X5).

لوحة D-2: رص وتماس الحبيبات الناجمة عن الانضغاط الفيزيائي، (X5).

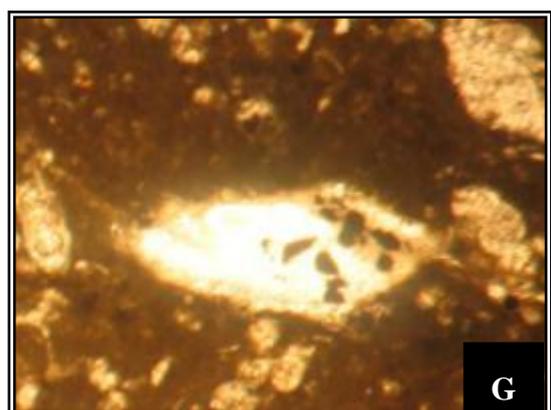
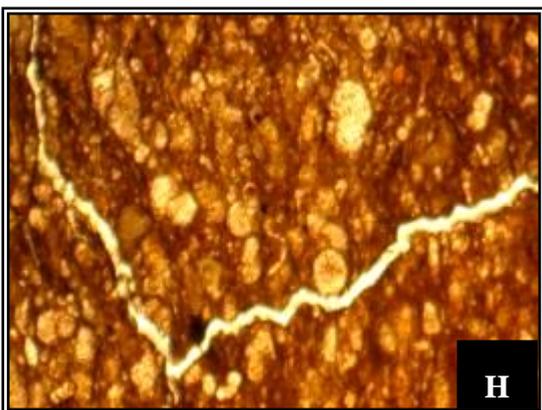
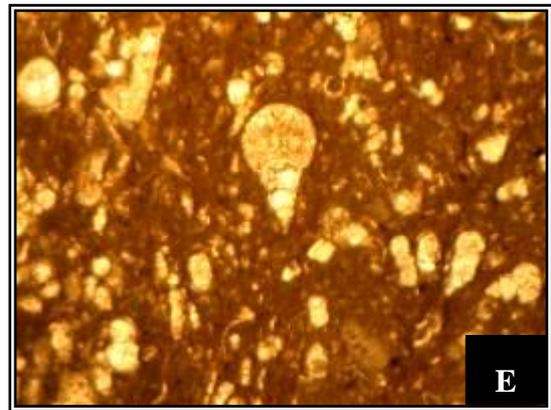
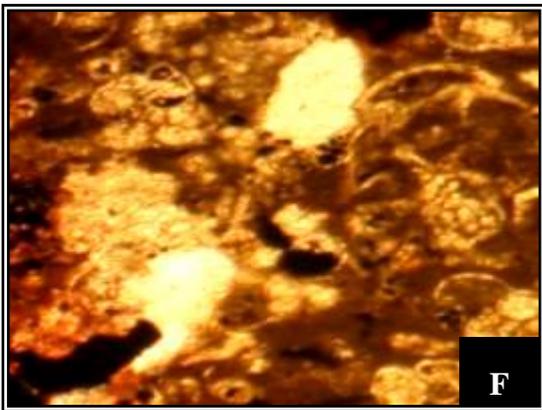
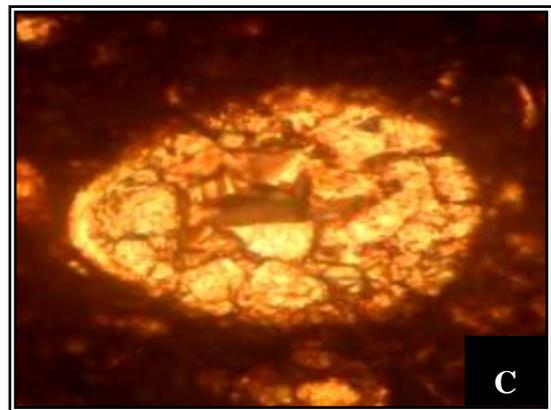
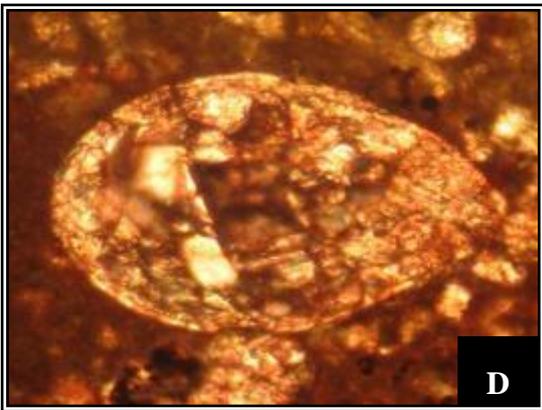
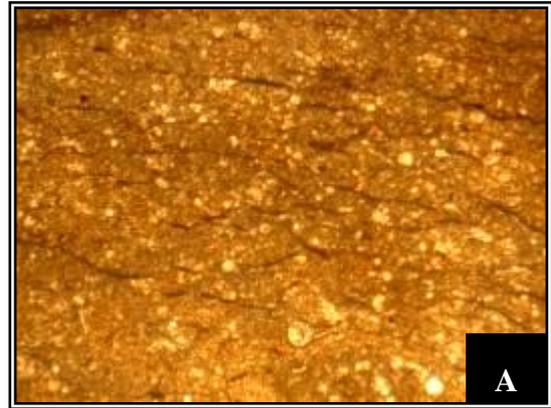
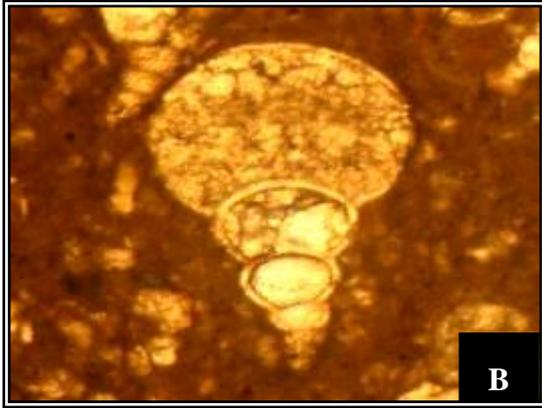
لوحة E-2: ظاهرة التواء بعض حجيرات اصداغ الفورامنيفيرا نتيجة الانضغاط الفيزيائي عليها وتعرضها الى عملية الإذابة (X10).

لوحة F-2: حبيبات منكسرة ولاسيما الفورامنيفيرا، مؤدية الى تكوين الكسارات الحياتية (Bioclast) الناجمة عن الانضغاط الفيزيائي، التكبير (X5).

لوحة G-2: عروق ستايلولائيتية كثيفة غير منتظمة ناجمة عن الانضغاط الكيمائي، التكبير (X5).

لوحة H-2: عروق ستايلولائيتية متعرجة وذات سعة قليلة، التكبير (X5).

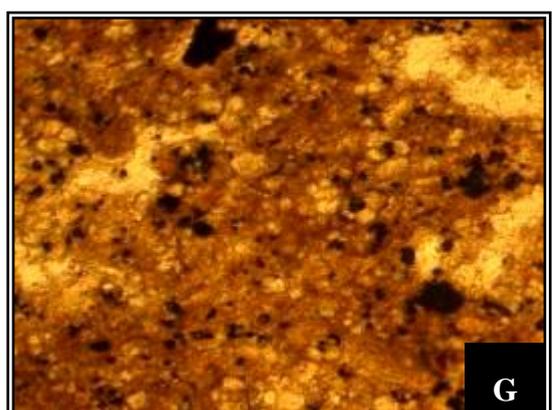
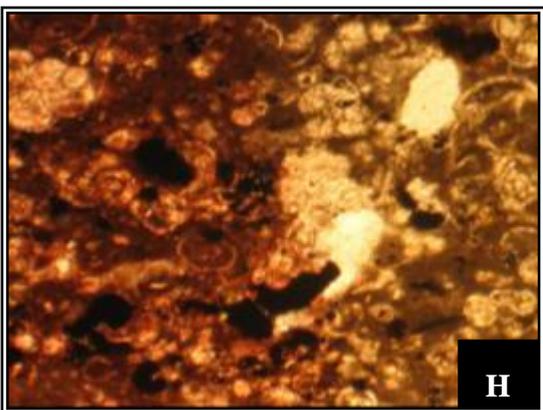
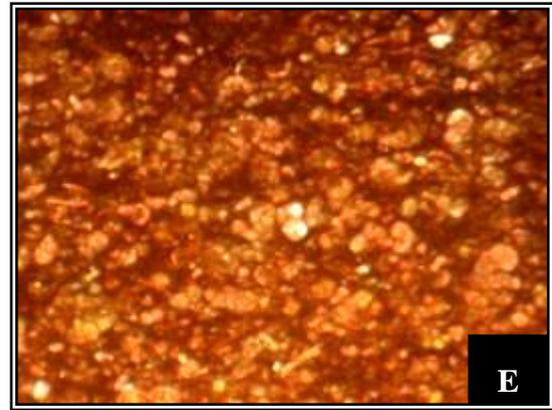
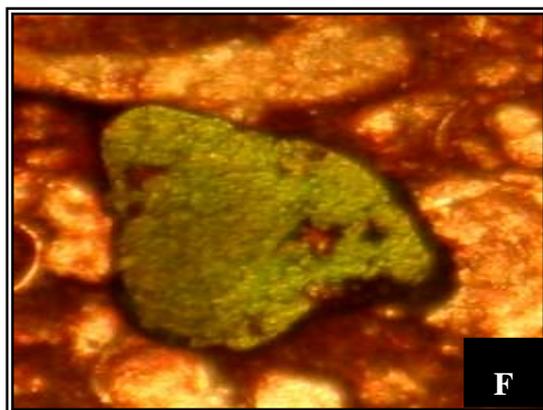
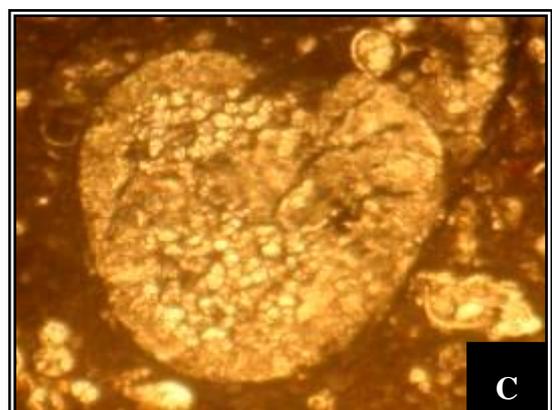
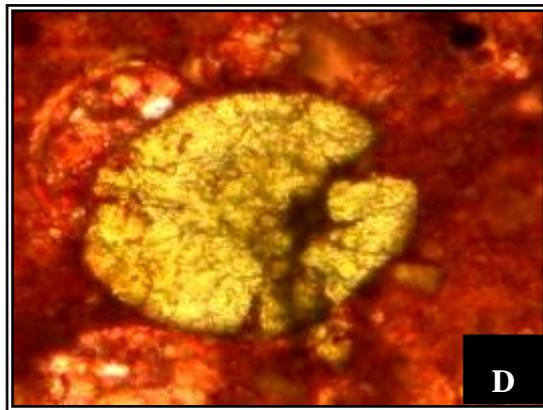
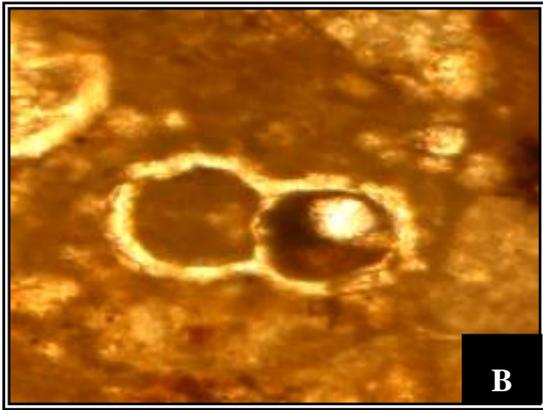
اللوحة 3



اللوحة 3

- لوحة A-3: عروق ستايلولائيتية شبه مستقيمة، التكبير (X5).
- لوحة B-2: السمنت الحبيبي ضمن الأرضية وداخل حجيرات بعض الأصداف، التكبير (X10).
- لوحة C-3: السمنت البلوكي داخل أحد أصداف المتحجرات، (X10).
- لوحة D-3: السمنت الدرزي داخل إحدى الأصداف المتحجرة، (X10).
- لوحة E-3: مقطع يظهر المسامية ضمن الحبيبية المتكونة نتيجة الإذابة الانتقائية للحبيبية التي تخلف وراءها فراغاً داخلياً، (X5).
- لوحة F-3: المسامية بين الحبيبية المتكونة عن تعرض جزء من الأرضية الحشوية للإذابة الانتقائية، (X5).
- لوحة G-3: المسامية القالبية الناتجة عن إحدى اصداف الفورامنيفيرا، (X10).
- لوحة H-3: مسامية الكسور التي تمر حول الحبيبات ولا تقطعها والتي تسمى بالتكسرات الفتاتية، (X5).

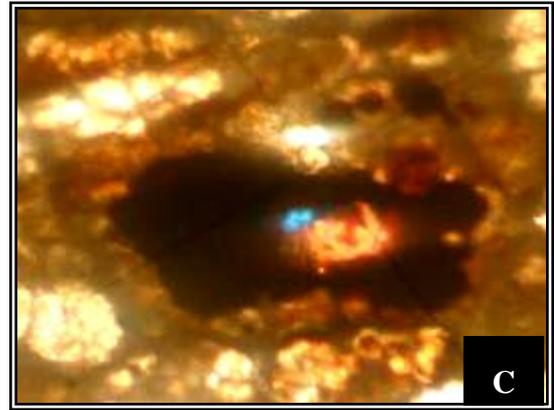
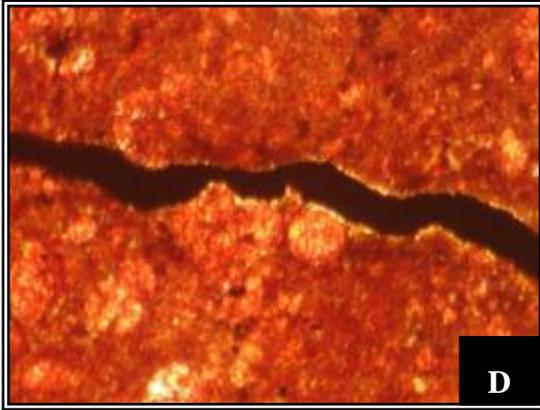
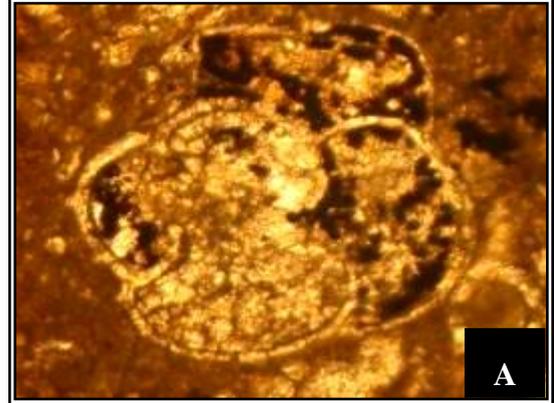
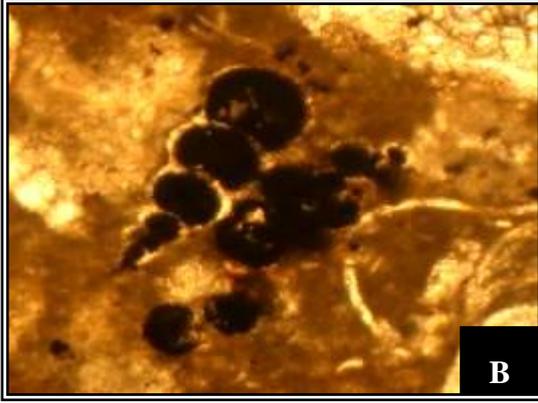
اللوحة 4



اللوحة 4

- لوحة A-4: الغلاف الميكرواتي (Micrite Envelope) حول بعض اصداغ الفورامنيفيرا، (X10).
- لوحة B-4: المكربة الداخلية لإحدى اصداغ الـ (*Heterohelix*)، (X10).
- لوحة C-4: ظاهرة إعادة التبلور داخل إحدى الأصداغ، (X10).
- لوحة D-4: تقولب معدن الكلوكونايت تبعاً للفجوات المتاحة له، ويظهر بلون مخضر فاتح، (X10).
- لوحة E-4: تبعث معدن الكلوكونايت ضمن الأرضية الحشوية تبعاً لغزارة المسامات وأشكاله، (X5).
- لوحة F-4: معدن الكلوكونايت ذو لون مخضر داكن وحافات واضحة، (X10).
- لوحة G-4: حبيبات معدن البايرايت بشكل تجمعات صغيرة كروية الشكل تشبه العناقيد (Framboid)، وهي مبعثرة في الأرضية الميكروايتية، (X5).
- لوحة H-4: معدن البايرايت بهيئات مختلفة، ولأسيما بالهيئة المكعبية مقرونة بالمسامية القالبية، (X5).

اللوحة 5



اللوحة 5

لوحة 5-A: معدن الباييريت المائي جزئياً (Geopetal) لإحدى أصداف الفورامنيفيرا، (X10).

لوحة 5-B: معدن الباييريت القالبي (Moldic) داخل إحدى أصداف الفورامنيفيرا الطافية، (X5).

لوحة 5-C: ظاهرة التتطق اللوني لمعدن الباييريت، (X10).

لوحة 5-D: عروق الباييريت مائلة للتكسرات الحادة وكأنها تقطع الحبيبات ولكن بدون إزاحة أي طرف منها، (X5).