



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الموصل / كلية العلوم
قسم علوم الارض

دراسة رسوبية للوحدات الصخرية الجيرية لعمر
(الباليوسين المتأخر — الأيوسين المبكر) لمقطعين
مختارين ، شمالي العراق

ايمان ناظم حازم العساف

رسالة ماجستير
علوم الأرض / رسوبيات

بإشراف
الأستاذ الدكتور
زيد عبدالوهاب ملك



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الموصل / كلية العلوم
قسم علوم الارض

دراسة رسوبية للوحدات الصخرية الجيرية لعمر
(الباليوسين المتأخر — الأيوسين المبكر) لمقطعين
مختارين ، شمالي العراق

رسالة ماجستير تقدمت بها الطالبة
ايمان ناظم حازم ألعساف

إلى

مجلس كلية العلوم في جامعة الموصل وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير
في اختصاص
علوم الأرض / رسوبيات

بإشراف

الأستاذ الدكتور

زيد عبدالوهاب ملك

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ
الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ
الْحَيِّ ذَلِكُمُ اللَّهُ فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ}

سورة الانعام، الآية (95)

إقرار المشرف

اشهد أن إعداد هذه الرسالة قد جرى تحت إشرافي في جامعة الموصل، وهي جزء من متطلبات شهادة الماجستير في علوم الأرض / رسوبيات.

التوقيع:

المشرف: د. زيد عبدالوهاب ملك

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2024

إقرار المقوم اللغوي

اشهد أن هذه الرسالة الموسومة "دراسة رسوبية للوحدات الصخرية الجيرية لعمر (الباليوسين المتأخر — الأيوسين المبكر) لمقطعين مختارين، شمالي العراق" تمت مراجعتها من الناحية اللغوية وتصحيح ما ورد فيها من أخطاء لغوية وتعبيرية وبذلك أصبحت الرسالة مؤهلة للمناقشة بقدر تعلق الأمر بسلامة الأسلوب وصحة التعبير.

التوقيع:

الاسم: د. وسام يعقوب هلال

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

التاريخ: / / 2024

إقرار رئيس لجنة لدراسات العليا

بناءً على التوصيات المقدمة من قبل المشرف والمقوم اللغوي، أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: د. د. عمر أحمد مولود شهاب البدراني

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2024

إقرار رئيس القسم

بناءً على التوصيات المقدمة من قبل رئيس لجنة الدراسات العليا، أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: د. د. عمر أحمد مولود شهاب البدراني

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2024

قرار لجنة المناقشة

نشهد أننا أعضاء لجنة التقويم والمناقشة قد اطلعنا على هذه الرسالة وناقشنا الطالبة "إيمان ناظم حازم العساف" في محتوياتها وفيما لها علاقة بها بتاريخ 10 / 3 / 2024 وأنها جديرة لنيل شهادة الماجستير في اختصاص علوم الأرض/ رسوبيات.

التوقيع

أ.د. رافع إبراهيم عبدالله الحميدي
عضو

التوقيع

أ.د. عمر احمد مولود البدراني
رئيس اللجنة

التوقيع

أ.د. زيد عبدالوهاب ملك
عضو (المشرف)

التوقيع

م.د. محمد علي مال الله الراشدي
عضو

قرار مجلس الكلية

اجتمع مجلس كلية العلوم بجلسته المنعقدة في / / 2024 وقرر
التوصية بمنحها شهادة الماجستير في علوم الأرض/ رسوبيات.

عميد كلية العلوم

أ.د. هيام عادل إبراهيم

التاريخ : / / 2024

مقرر مجلس الكلية

أ.م.د. محمد صبحي حميد

التاريخ : / / 2024

الإهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك ..
ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك الله جل جلاله
إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا محمد
صلى الله عليه وسلم
إلى الشموع التي ذابت في كبرياء ... لتنير كل خطوة في دربنا ... لتدلل كل عائق أمامنا ... فكانوا
رسلاً للعلم والأخلاق ... إلى كل من أشعل شمعة في دروب عملنا وإلى من وقف على المنابر
وأعطى من حصيلة فكره لينير دربنا اساتذتنا الافاضل.
إلى من كلله الله بالهيبة والوقار ... إلى من علمني العطاء بدون انتظار ... إلى من أحمل أسمه
بكل حب وافتخار ... إلى من ستبقى كلماته نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى لقاء الجبار ...
إلى ذاك الرجل الذي علّمني العِزّة والتواضع، وارشدني إلى طريق العلم والتوسع، ودربني على
التسامح والتّرفع ... والذي العزيز
إلى من ركع العطاء أمام قدميها إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني
.. إلى بسمه الحياة وسر الوجود إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى
الأحباب أُمي الحبيبة المعطاء
إلى من أرى التفاؤل باعينهم .. والسعادة في ضحكتهم وهذه الحياة بدونهم لا شيء، معهم
أكون أنا وبدونهم أكون مثل أي شيء .. إلى من تطلعوا لنجاحي بنظرات الأمل زوجي الغالي
واولادي عبد الرحمن ومريم ووزان وزها
إلى لمن كان لهم دور في الدعم والصبر والتشجيع، ولولاهم لما كنت هنا بينكم. أخوتي وأخواتي
إلى أخوتي وأخوتي اللذين لم تلدهم أُمي .. إلى من تحلوا بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء.. إلى
ينابيع الصدق الصافي.. إلى من معهم سعدت، وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة
سرت.. إلى من كانوا معي على طريق العلم والنجاح
إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم.. إلى الأرواح التي سكنت روحي إلى من
كانوا ملاذي وملجئي إلى من سأفتقدهم وأتمنى أن يفتقدوني إلى أخوتي وأخوتي في الله
..... و من أحببتهم في الله زملائي وزميلاتي

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين حمداً يوافي نعمه ويجازي كرمه واشكره تعالى على ما أنعمه عليّ من نعم لا تحصى، ومنها إكمال هذه الرسالة وأسأله عز وجل ان يوفقنا جميعاً لما يحبه و يرضاه. والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد (صلى الله عليه وسلم) خاتم النبيين وعلى آله وصحبه الطاهرين وعلى من اقتدى بهديهم وسار بنورهم.

وأنتقدم بالشكر والعرفان الى جامعة الموصل وعمادة كلية العلوم ممثلة بالأستاذ الدكتورة هيام عادل الطائي ورئاسة قسم علوم الأرض ممثلة بالأستاذ الدكتور عمر احمد البدراني لدعمهم اللامحدود لي اثناء الدراسة. ويطيب لي ان اتقدم بجزيل الشكر والثناء ووافر التقدير وعظيم الامتنان إلى أستاذي الفاضل المشرف الأستاذ الدكتور زيد عبد الوهاب ملك لما أبداه من جهودٍ سخية ودعمٍ وتشجيعٍ متواصلٍ ومتابعةٍ حثيثة وإرشاداتٍ سديدة وتوجيهاتٍ علمية طيلة مدة اعداد الرسالة، فجزاه الله كل الخير ونسأل الله أن يمهده وعائلته بالصحة والعافية.

ومن واجب العرفان بالجميل أتقدم بشكري وامتناني وتقديري إلى جميع أساتذة قسم علوم الأرض وذلك لما أبدوه من جهود متواصلة طيلة فترة الدراسة وخص بالذكر الدكتور فلاح المعماري والسيد عزت ابراهيم ال فندي والسيد سيف صالح (طالب دكتوراه)، ومنتسبي القسم للمساعدة خلال مراحل الدراسة وخص بالذكر منهم زميلاتي السيدة فاطمة عصام الدين والسيدة روعة وليد والسيدة اصيل يوسف، كما لا يفوتني أن أشكر زملائي وزميلاتي طلبة الدراسات العليا في قسم علوم الأرض.

ويفرض على الوفاء أن قدم شكري وامتناني واعتزازي الى والدي ووالدتي وشموع حياتي اخوتي واخواتي وذلك لتوفير الدعم المعنوي والمادي خلال مرحلة الدراسة.

وأخيرا أتوجه بفائق الاحترام والوفاء والتقدير الى رفيق دربي وسندي الأول في الدراسة زوجي الغالي الذي كان لي خير سند لوقفته بجانبني وتشجيعه لي وقد عان وضحي بالكثير من اجل توفير الجو الدراسي المناسب لي فجزاه الله عني كل الخير، وحيي وامتناني الى رياحين قلبي اولادي وبناتي (عبدالرحمن ومريم ورزان وزها) الذين كان لهم نصيب من المعاناة والتحمل أثناء فترة الدراسة، واخيرا اسأل الله العظيم أن اكون قد وفقت في هذه الدراسة.



الباحثة

المستخلص:

درست تتابعات تكوين خورماله (الباليوسين _ الأيوسين المتأخر) في مقطعين منكشفين في شمالي العراق. المقطع الأول الذي ينكشف فيه التكوين هو مقطع صندور في محافظة دهوك، اذ يبلغ سمك التكوين فيه حوالي (53) مترا. اما المقطع الثاني فهو مقطع شيراسوار في محافظة أربيل، حيث يبلغ سمك التكوين فيه حوالي (13.4) مترا. تتألف صخور تكوين خورماله بشكل عام من الحجر الجيري الصلب ذي الملمس الخشن والحجر الجيري المتدلمت، كما يحتوي التكوين في بعض اجزاء على العقد الجيرية الكروية والتطبق المتقاطع في جزئه العلوي في مقطع صندور، فضلا عن احتواء بعض الطبقات الجيرية على اصداف الرخويات وبعض الطحالب والمرجان كما في مقطع شيراسوار. يظهر التكوين بشكل عدسي ومتلاسن مع الصخور الفتاتية لتكوين كولوش في جزئه العلوي في مقطع صندور، اما في مقطع شيراسوار فيظهر سطح التماس السفلي للتكوين متوافقا مع تكوين كولوش الواقع اسفل منه و سطح التماس العلوي يكون متوافق ومتدرج صخاريا مع صخور تكوي جركس الذي يعلوه.

بتروغرافيا، وجد ان صخور التكوين تحتوي على اصداف وكسارات الفورامنيفرا القاعية (مثل اصداف المليونيد والروتاليد) والاستراكودا وفأسية القدم والطحالب (بنوعها الحمراء و الخضراء المزرقه) والمرجان والدمالق والسرثيات والفئات الصخري بنوعها، فضلا عن كون معظم أرضية السحنات مكونة من المكرايت. و أظهرت تتابعات التكوين تأثرا شديدا بالعمليات التحويرية خصوصا الدلمتة فضلا عن عمليات الانضغاط الفيزيائي والاذابة والسمنتة وإعادة التبلور.

سحنيا، فقد أظهرت نتائج التحليل السحني ان تتابعات تكوين خورماله تتألف من سحنات دقيقة و صخارية وهي: سحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة و سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة وسحنة الحجر الجيري المرصوص الدقيقة و السحنة الصخارية للحجر الجيري المترابط المؤلف من الطحالب الحمراء و السحنة الصخارية للحجر الجيري الهيكلي المؤلفة من المرجان والسحنة الصخارية للستروماتولايت والسحنة الصخارية للحجر الرملي الجيري الحاوية على التطبق المتقاطع والسحنة الصخارية للمدملكات الداخلية. قسمت السحنات الثلاثة الأولى الدقيقة بدورها الى تسعة سحنات دقيقة ثانوية اعتمادا على اختلاف محتواها من المكونات الهيكلية وغير الهيكلية.

اظهرت نتائج الدراسة الحالية ان التتابعات الصخارية الكربوناتية عموما قد ترسبت في طيف من البيئات الترسيبية حيث ان معظم السحنات تقع ضمن الانطقة السحنية الواقعة بين النطاق السحني التاسع ممثلا ببيئة المسطحات المدية الى النطاق السحني الرابع ممثلا باجزاء من بيئة المنحدر، وتجدر الإشارة الى ان السحنات المشخصة في التتابعات الكربوناتية المنكشفة

في مقطع شيراسوار تختلف في غالبيتها عن تلك المشخصة في مقطع صندور وانها تعكس ترسيبها بيئة الحواجز الحديدية، مما يدعو الى تغيير تسمية تلك التتابعات الكربوناتية المنكشفة في مقطع شيراسوار من تكوين خورماله الى تكوين سنجار.

ثبت المحتويات

الصفحة	العنوان	التسلسل
I	المستخلص	
III	ثبت المحتويات	
7-1	الفصل الأول المقدمة	1
1	تمهيد	1-1
2	موقع منطقتي الدراسة	2-1
3	الدراسات السابقة	3-1`
6	طرائق البحث	4-1
6	التطبيق الحقل	1-4-1
6	العمل المختبري	2-4-1
7	اهداف الدراسة	5-1
21-8	الفصل الثاني الطباقية الصخرية	2
8	تمهيد	1-2
9	عمر التكوين	2-2
10	سطوح التماس	3-2
10	سطح التماس السفلي	1-3-2
12	سطح التماس العلوي	2-3-2
14	سماكات التكوين وامتداداته	4-2
15	مكافئات التكوين	5-2
15	الوصف الصخري لتكوين خورماله	6-2
15	مقطع صندوق	1-6-2
19	مقطع شيراسوار	2-6-2

الصفحة	العنوان	التسلسل
40-22	الفصل الثالث الدراسة البتروغرافية والعمليات التحويرية	3
22	تمهيد	1-3
22	المكونات البتروغرافية	2-3
22	الأرضية	1-2-3
24	الحبيبات	2-2-3
24	الحبيبات الهيكلية	1-2-2-3
27	الحبيبات غير الهيكلية	2-2-2-3
28	البيئات التحويرية	3-3
29	البيئة التحويرية الجوية	1-3-3
30	البيئة التحويرية البحرية الفريائية	2-3-3
30	البيئة المنظرة	3-3-3
30	العمليات التحويرية	4-3
31	العمليات التحويرية البنائية	1-4-3
31	العمليات التحويرية الهدمية	2-4-3
53-42	الفصل الرابع التحليل السحني	4
42	تمهيد	1-4
43	سحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة (M)	1-1-4
43	سحنة الحجر الجيري الطيني المستحاثي - الدملي الثانوية الدقيقة (M1)	1-1-1-4
44	سحنة الحجر الجيري المتدللت الثانوية الدقيقة (M2)	2-1-1-4
44	سحنة الحجر الجيري الواكي (W)	2-1-4

الصفحة	العنوان	التسلسل
45	سحنة الحجر الجيري الواكي المستحاثي الثانوية الدقيقة (W1)	1-2-1-4
45	سحنة الحجر الجيري الواكي الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (W2)	2-2-1-4
46	سحنة الحجر الجيري الواكي الروتاليدي الثانوية الدقيقة (W3)	3-2-1-4
46	سحنة الحجر الجيري الواكي المليونيدي الثانوية الدقيقة (W4)	4-2-1-4
46	سحنة الحجر الجيري المرصوص (P)	3-1-4
47	سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (P1)	1-3-1-4
48	سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الصخاري الثانوية الدقيقة (P2)	2-3-1-4
48	سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (P3)	3-3-1-4
49	السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الحاملة للطحالب الحمراء (R)	4-1-4
49	السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C)	5-1-4
50	السحنة الصخرية للستروماتوليت (A)	6-1-4
50	السحنة الصخرية للحجر الرملي الجيري الحاوي على التطبق المتقاطع (CSL)	7-1-4
51	السحنة الصخرية للمدملكات الداخلية (CO)	8-1-4
61-54	الفصل الخامس البيئة الترسيبية	5
54	تمهيد	1-5
54	الدلائل البيئية	2-5
54	الدلائل الرسوبية	1-2-5
55	الدلائل الحياتية	2-2-5

الصفحة	العنوان	التسلسل
56	البيئة الترسيبية و الموديل الرسوبي	3-5
57	بيئة المسطحات المدية	1-3-5
57	بيئة المنصة البحرية الداخلية (اللاكون المحصور - البحر المفتوح)	2-3-5
58	بيئة الحواجز الحديدية	3-3-5
63-62	الفصل السادس الاستنتاجات والتوصيات	6
62	النتائج و الاستنتاجات	1-6
63	التوصيات	2-6
74-64	المصادر	
64	المصادر العربية	
65	المصادر الانكليزية	

ثبت الأشكال

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
2	خارطة العراق التكتونية للعراق موضح عليها مقطعي الدراسة	(1-1)
9	خارطة الجغرافية القديمة للعراق لعمر الباليوسين - الايوسين المبكر	(1-2)
12	سطح التماس السفلي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش في مقطع صندوق	(2-2)
12	سطح التماس السفلي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش في مقطع شيراسوار	(3-2)
14	سطح التماس العلوي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش في مقطع صندوق.	(4-2)
16	العمود الصخاري لتكوين خورماله في مقطع صندوق	(5- 2)
17	أ: صورة حقلية توضح الفجوات في الصخور الجيرية : ب, صورة حقلية توضح العقد الجيرية الكروية.	(6-2)
18	أ: صورة حقلية توضح اصداف الرخويات في الصخور الجيرية : ب, صورة حقلية توضح تداخلات تكوين كولوش مع تكوين خورماله.	(7-2)
18	أ: الحجر الجيري الحاوي على الفجوات : ب: التطبيق المتقاطع من نوع عظم السمكة.	(8- 2)
20	العمود الصخاري لتكوين خورماله في مقطع شيراسوار	(9-2)
21	أ: الحجر الجيري المارلي ذو اللون الرصاصي. ب: الحجر الجيري الحاوي على الطحالب الحمراء.	(10-2)
21	أ: طبقة من المدملكات الداخلية. ب: الحجر الجيري الحاوي على الفجوات والمواد القيرية.	(11-2)
28	تقسيمات البيئات التحويرية الرئيسية	(1-3)
34	انواع المسامية الاولى والثانوية	(2-3)
37	تصنيف راندوز و زاخوس للدولومايت	(3-3)
39	انواع موديلا الدلمة	(4-3)
42	تصنيف دهنام المعدل من قبل امري وكوفان المستخدم في تسمية السحنات الدقيقة	(1-4)
52	توزيع السحنات الدقيقة لتكوين خورماله في مقطع صندوق	(2-4)
53	توزيع السحنات الدقيقة لتكوين خورماله في مقطع شيراسوار	(3-4)
61	موديل المنصات البحرية الكاربوناتية الحافية	(1-5)

مفتاح الرموز	
حجر جيرى	
حجر جيرى متدلّمت	
حجر رملى	
مارل	
حجر جيرى مارلى	
طحالب	
مرجان	
متحجرات	
فجوات	
حجر طيني	



الفصل الأول

المقدمة



الفصل الأول

المقدمة

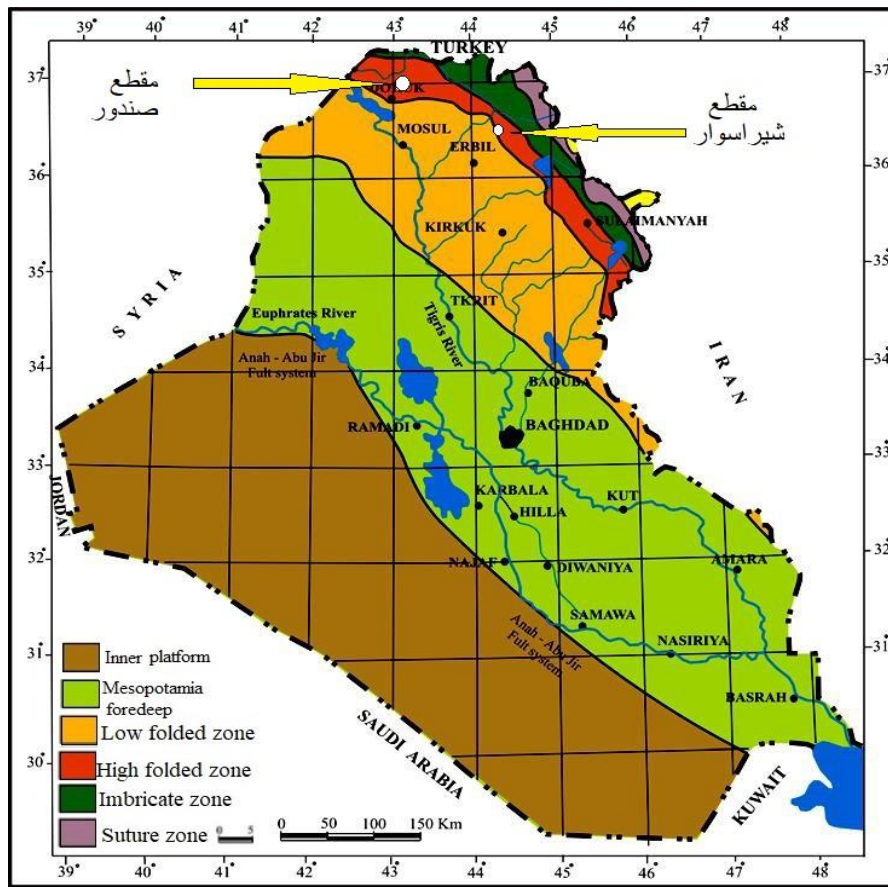
Introduction

1-1: تمهيد (Preface):

تنتشر تكوينات الباليوجين بشكل واسع في مناطق تقع شمالي العراق، وتتألف بشكل عام من الصخور الكربوناتيّة والصخور الفتاتيّة، وأحد هذه التكوينات الكربوناتيّة التي تطورت في حوض زاكروس الضحل خلال أواخر الباليوسين إلى الأيوسين المبكر هو تكوين خورماله (Al- Qayim and Al-Shaibani, 1995; Sissakian and Al-Jibouri, 2012). تم تسجيل تواجد تكوين خورماله لأول مرة من قبل (Bellen, 1953 in Bellen et al., 1959) في بئر كركوك 114، ويتألف تكوين خورماله من صخور الحجر الجيري المعاد التبلور والحجر الجيري المتدلمت الحاوي في بعض اجزائه على السريئات الكاذبة (Pseudo Oolitic)). يظهر تكوين خورماله بشكل حزام ضيق يقع بين منطقتي جمجمال - قزل داغ (Chemchemal-Qizil Dag) في الجنوب الشرقي ممّدا الى منطقة بعشيقية - جبل مقلوب في شمال غرب العراق (Bellen et al., 1959; Asaad et al., 2022). تشير العديد من الدراسات الى ترسيب تكوين خورماله ضمن طيف من البيئات المتعددة متمثلة ببيئة البحيرات والبيئات المدية المفصولة عن حوض تكوين عليجي (حجر جيري مارلي) بواسطة حاجز متقطع مؤلف من الحجر الجيري المرجاني لتكوين سنجار (Bellen et al., 1959; Al-Qayim, 1995). أما في الاتجاه الشمالي الشرقي من العراق فأن تكوين كولوش يترسب في حوض الفورلاند بدلا من تكوين عليجي (Jassim and Goff, 2006). ان الهدف الاساسي من الدراسة الحالية هي دراسة التتابعات الجبرية المنكشفة في مقطعي صندور و شيراسوار حقليا و بتروغرافيا للوصول الى البيئة الترسيبية القديمة للتكوين.

2-1: موقع منطقتي الدراسة (Location of the Study Areas):

تمت دراسة تكوين خورماله في مقطعين منكشفين واقعين في الجزء الشمالي الشرقي من العراق ضمن محافظتي أربيل ودهوك، والواقعين ضمن منطقة الرصيف غير المستقر و حصريا ضمن نطاق الطيات العالية (Fouad, 2015). حيث ينكشف تكوين خورماله في مقطع صندوق على الجناح الشمالي لطية بيخير المحدبة، ويقع على بعد (8.5) كم شمال شرق مدينة دهوك وعلى بعد (2) كم شرق قرية صندوق، عند الاحداثيات $36^{\circ} 54' 23''$ N و $43^{\circ} 05' 14''$ E. (شكل 1-1).



الشكل (1-1) : خارطة العراق التكتونية موضح عليها مقطعي الدراسة عن (Fouad, 2015)

و ينكشف التكوين في مقطع شيراسوار على الجناح الجنوبي لطية سفين المحدبة، قرب قرية كوري على الطريق الممتد من اربيل الى شقلاوة ، وعلى بعد (49) كم شمال شرقي مدينة اربيل ، عند الاحداثيات $36^{\circ} 24' 28''$ N و $44^{\circ} 15' 26''$ E. (شكل 1-1). يحد التكوين من

الاسفل تكوين كولوش في كلا المقطعين، في حين يحده من الاعلى تكوين كولوش في مقطع صندور، بينما يعلوه تكوين جركس في مقطع شيراسوار. وفيما يأتي عرض مبسط للتكوينات التي تعلق تكوين خورماله و تسفله والتي تنكشف في مقطعي الدراسة :

1. تكوين كولوش: وصف هذا التكوين لأول مرة من قبل (Bellen et al., 1959) الذي حدد مقطعه المثال في منطقة كولوش شمال مدينة كويسنجق . بشكل عام ترسب التكوين في بيئات بحرية ضمن مناطق خندقية و هابطة تمتد شمال غرب - جنوب شرق من مشورة في الشمال الغربي مرورا بكويسنجق الى كاشتي في الجنوب الشرقي. ان مصدر رواسب تكوين كولوش ناتجة من تعرية تكوينات كلكه و تانجيرو والتكوينات الاخرى التي بعمر الجوراسي الى الكريتاسي (Jassim and Goff, 2006)، وقد أظهرت مقاطع الدراسة ان تكوين كولوش الذي يتالف بشكل عام من المارل والطفل والحجر الرملي يقع اسفل تكوين خورماله في مقطع شيراسوار، في حين يظهر تكوين خورماله بشكل متلاسن مع الجزء العلوي لتكوين كولوش في مقطع صندور.

2. تكوين جركس: وصف التكوين لأول مرة من قبل (Bellen et al., 1959) وسمي بتكوين جركس نسبة الى منطقة جركس في جنوب تركيا. اما في العراق فقد اختير مقطع مكافيء في منطقة دهوك لتكوين جركس في اشارة الى الطبقات التي تدعى (Duhok Red Beds) (Jassim and Goff, 2006) . ويقع تكوين جركس فوق تكوين كولوش في مقطع صندور و فوق تكوين خورماله مباشرة في مقطع شيراسوار.

3-1: الدراسات السابقة (Previous Studies) :

وصف تكوين خورماله لأول مرة من قبل (Bellen, 1953, In Bellen et al., 1959) في بئر كركوك (K-114) في كركوك، ويتالف التكوين بشكل عام من صخور الدولومايت و الحجر الجيري المعاد التبلور.

درس (Kassab, 1978) التكوين في بئر كركوك (117)، وذكر بأنه يتكون من صخور الدولومايت والحجر الجيري معاد التبلور، وأعطى للتكوين عمرا غير مؤكد وهو الايوسين الأسفل (lower- Eocene).

وأشار كل من (Jassim & Sissakian, 1978) في دراستهما للتكوين في منطقتي صلاح الدين وشقلاوة بان تكوين خورماله يتوسط تكوين كولوش وان صخوره تتمثل بالحجر الجيري الدولومايتي الذي يبلغ سمكه (4-6) م.

كما ذكر (Sissakian & Youkhanna, 1978) في دراستهما للتكوين في مناطق أربيل وشقلاوة و صلاح الدين ان تكوين خورماله يتواجد على شكل ألجنة تقع في الجزء العلوي من تكوين كولوش، وان التكوين يتألف من الحجر الجيري الذي قد يتغير الى صخور الدولومايت او يصبح طفلي في بعض اجزائه، واحيانا يحوي على حجر جيري مرجاني ((Coralline limestone).

شخص (Agha et al., 1978) في دراسته ضمن منطقة دهوك وجود تكوين خورماله وبشكل صخور جيريته فتاتيه تحوي على التطبيق المتقاطع (Detrital cross-bedded) تقع اعلى تكوين خورماله وانها ذات لون أصفر شاحب.

وقد جاء في دراسة كل من (Abdul-Munim & Said, 1979) لمناطق أربيل وشقلاوة وكويسنجق، ان صخور تكوين خورماله تتكشف في طيات كل من شكروك وميراوه وسفين وهيبب سلطان وتكون موجوده على شكل ألجنة في اعلى تكوين كولوش وتتكون من صخور الحجر الجيري الطيني (Clayey-limestone) وصخور الدولومايت.

أشار لاهو (1983) الى ان تكوين خورماله الجيري في منطقة عقره يتدرج باتجاه الأعلى الى صخور المارل الطفلي تعلوه صخور الطفل فقط في الجزء العلوي من التكوين الذي يعتقد انها تمثل تداخلات مابين تكويني خورماله وكولوش. ثم تعلوها طبقات حمراء من الحجر الرملي الخشن المميز لتكوين جركس.

و درس العيسى (1983) تكوين خورماله في منطقة شقلاوة، وحدد عمره بالايوسين المبكر وذلك بالاعتماد على الحشود الحياتية، وبين ان بيئته الترسيبية هي البحيرات الشاطئية المتميزة باحتوائها على البقع الشعابية.

أشار الحديدي (1999) عند دراسته للفورامنيفيرا في التتابعات الصخارية لتكوينات فتره الباليوجين من عده ابار مختارة من شركه نفط الشمال الى ان تكوين خورماله يمثل مرحلة انحساريه خلال فتره الباليوسين المتأخر - الايوسين المبكر.

اشار (Al-Banna et al., 2006) في دراستهم لتكوين خورماله المنكشف على الجناح الشمالي لطية بيخير شمال شرق مدينة دهوك، الى ان هذا التكوين ترسب في بيئات تمتد من بيئة الركام الضحل وبيئة البحيرات الشاطئية المغلقة والبيئة المدجزرية وتنتهي بالبيئة فوق المدجزرية.

كما اشارت كريم (2009) في دراستها لتكوين خورماله في منطقة شقلاوة الى تواجد التكوين بشكل السنة متداخلة في الجزء العلوي من تكوين كولوش، وقد استنتجت أن بيئة ترسيب التكوين هي الأحواض الشاطئية الحاوية على البقع الشعابية من خلال دراستها للمتحجرات الكبيرة والدقيقة.

تناولت الدباغ (2010) تكوين خورماله في دراستها لثلاثة مقاطع سطحية في طيتي بيخير ضمن منطقة دهوك وطية عقرة، وأشارت الى تلاقس تكوين خورماله مع تكوين كولوش، وان بيئة ترسيبه توزعت ما بين اللاكون و المسطحات المدية.

تناول ملك (2011) دراسة تكوين خورماله في مقاطع صخرية مختارة ضمن طية بيرات في منطقة عقرة، وأشار الى ان بيئة ترسيب التكوين هي بيئة بحرية ضحلة توزعت ما بين البحيرات الضحلة والمسطحات المدية.

درست (Salih, 2013) تكوين سنجار وخورماله (الباليوسين - الايوسين الاسفل) في مناطق عديدة تقع شمال شرقي العراق ضمن نطاق الطيات العاليه في محافظتي السليمانية ودهوك وشخصت ست عشرة سحنة دقيقة عكست ترسيب التكوين في بيئات اللاكون وخلف الحيد.

شخص (Karim et al., 2018) تكوين خورماله (الباليوسين المتأخر - الأيوسين المبكر) في منطقة دربندخان في محافظة السليمانية، شمال شرقي العراق، على شكل لسان يقع بين تكويني كولوش وجركس، وبين في دراسته عدم وجود تكوين سنجار في السليمانية وان

مجموعة الصخور الجيرية التي كانت يطلق عليها سابقا تكوين سنجار التي اعاد دراستها هي بالاصل تمثل تكوين خورماله.

ودرس الباحثان (Asaad and Balaky, 2018) تحليل السحنات الدقيقة والبيئة الترسيبية لتكوين خورماله في منطقة زنطه بالقرب من قرية زنطه واستنتجا ان صخور التكوين ترسبت في بيئة ضحلة (لاكون) وهادئة وشبة محصورة.

درس (Asaad et al., 2022) تطور المسامية والتحليل السحني لصخور تكوين خورماله (الباليوسين - الأيوسين المبكر) في منطقة نيراو بالقرب من منطقة عقرة في محافظة دهوك شمالي العراق, وشخص خمسة سحنات دقيقة عكست ترسيب التكوين في بيئات خلف الحيد.

4-1: طرائق البحث (Methodology) :

تضمنت طرائق البحث في هذه الدراسة مرحلتين هما الدراسة الحقلية والدراسة المختبرية وعلى النحو الآتي:

1-4-1: التطبيق الحقل (Field Application) :

تضمن التطبيق الحقل القيام بالعديد من السفرات الحقلية لمقاطع الدراسة (منطقة صندور ومنطقة شيراسوار) تم خلال هذه السفرات اختيار افضل المسارات المكشوفة من حيث وضوح تعاقب التكوين وانكشاف سطحي تماسه العلوي والسفلي وتم نمذجة صخور التكوين بواقع (33) أنموذجا من منطقة صندور و (15) أنموذجا من منطقة شيراسوار. كما تم حساب سمك الطبقات ولونها ووصف اثار الفعاليات الحياتية فضلا عن النقاط العديد من الصور الفوتوغرافية حقليا.

2-4-1: العمل المختبرية (Laboratory Work)

تمثل هذ الجزء بعمل شرائح صخرية رقيقة للنماذج التي تم نمذجتها من مناطق الدراسة، وصبغت بصبغة الالزرين الاحمر (Alizaren Red S) بحسب طريقة (Friedman, 1959) لغرض تمييز معدن الكالسايت الذي يتلون باللون الاحمر عن معدن الدولومايت الذي لايتاثر بهذه الصبغة. وبعد ذلك تم دراستها مجهريا للتعرف على مكوناتها الهيكلية وغير الهيكلية

والمعدنية وتشخيص انسجتها الداخلية وتحديد العمليات التحويرية التي اثرت على الصخور ومن ثم تسمية سحناتها الدقيقة اعتمادا على تصنيف دنهام (Dunham, 1962) وتصنيف دنهام المطور من قبل امري وكوفان (Embry and Klován, 1971) من اجل التوصل الى معرفة بيئة ترسيب التكوين ورسم الموديل الرسوبي للتكوين.

1-5: أهداف الدراسة (Study Aims) :

تهدف الدراسة الحالية لتحقيق ما يأتي:

1. دراسة حقلية مفصلة ودقيقة لتكوين خورماله مع دراسة السحنات الرسوبية الدقيقة والصخرية والعمليات التحويرية لتتابعات التكوين في المقطعين، ومقارنة هذه السحنات مع السحنات القياسية العالمية من اجل استنباط البيئة الترسيبية القديمة للتكوين.
2. محاولة رسم الموديل الرسوبي للتكوين بالاعتماد على نتائج التحليل السحني.
3. اجراء مقارنة بين مقطعي الدراسة للتأكد من عائدة التتابعين الصخريين لتكوين خورماله وليس لتكوين اخر.



الفصل الثاني

الطباقية الصخرية



الفصل الثاني

الطباقية الصخرية

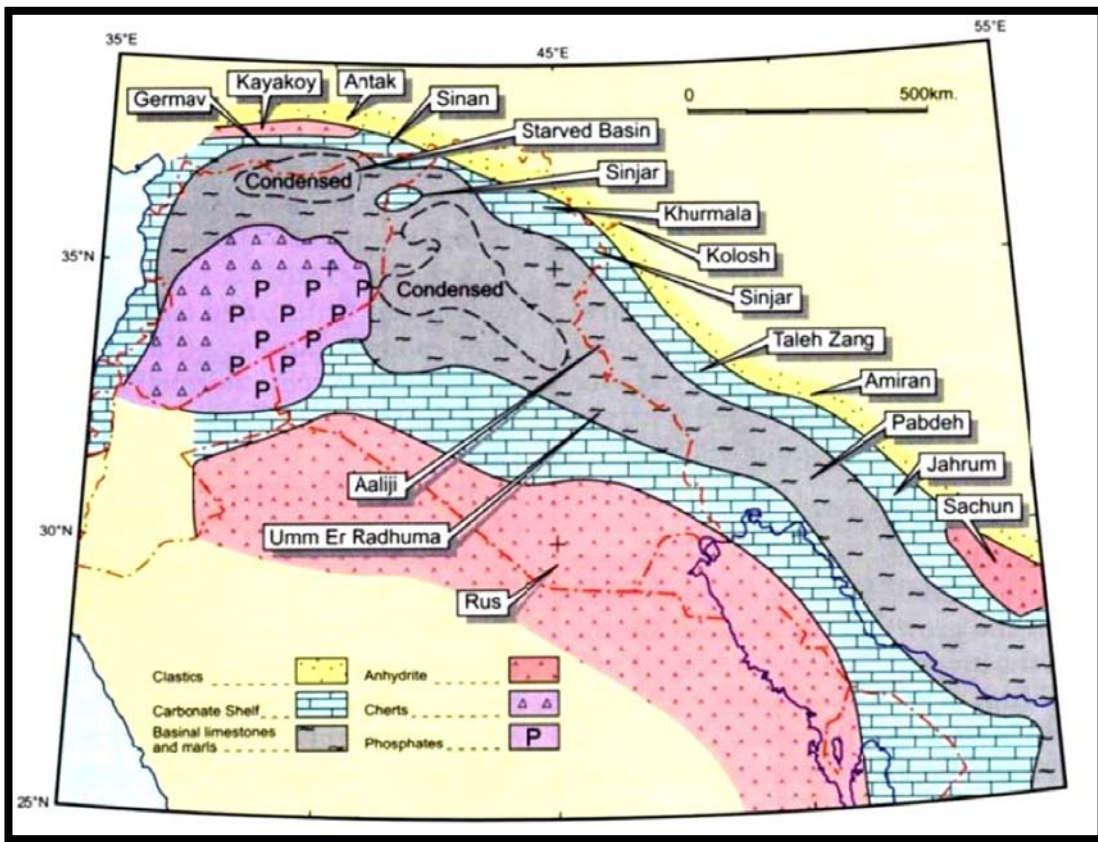
Lithostratigraphy

1-2 : تمهيد (Preface):

ينضوي تكوين خورماله ضمن الجزء الأوسط من التتابع الكبير (AP 10) (Sharland et al., 2001). حيث ترسب التتابعات العائدة لعمر الباليوسين - الإيوسين في فترة تجدد الغوران وزيادة أنشطة القوس البركاني المرتبطة بالإنغلاق النهائي لمحيط التيثس الجديد (Jassim and Buday, 2006). هذا النشاط التكتوني رافقه رفع للحافة الشمالية الشرقية للصفائح العربي مع تشكل أحواض و حواجز يكون اتجاه محورها شمال غرب-جنوب شرق فيما اذا تواجدت هذه الأحواض و الحواجز في الأجزاء الشمالية و الوسطى من العراق, ويكون اتجاه محورها شرق - غرب فيما اذا تواجدت في جنوب العراق. ان الرفع الحاصل في الحافة الشمالية الشرقية من الصفائح العربي خلال الباليوسين المبكر يوضح فقدان ترسبات الدانيان في معظم انطقة الطيات العالية و نطاق القدام التلال. تجدر الإشارة هنا الى وجود دراسات حديثة حددت وجود عمود طباقي شبه كامل للحد الفاصل بين تكوينات الكريتاسي وتكوينات الباليوسين في بعض المقاطع شمال العراق (Sharbazheri, 2008). وأشار ملك (2011) في دراسته لتتابعات الباليوسين - الإيوسين في منطقة بخمة الى وجود فقدان بسيط لبعض الانطقة الحياتية للفلورامنيفرا الطافية الممثلة لبداية ترسيب تتابعات الصفيحة العربية (Arabian plates Megasequence, AP10) ممثلة في تكوين كولوش.

تم تشخيص سطح عدم توافق إقليمي عند قاعدة الإيوسين الأوسط والذي بموجبه تم تقسيم التتابع الكبير (AP10) الى قسمين, التتابعات المترسبة خلال الباليوسين - الإيوسين المبكر و التتابعات المترسبة خلال الإيوسين الأوسط- المتأخر (Jassim and Goff, 2006). مايهما في هذه الدراسة هو الفترة التي ترسب فيها تكوين خورماله (الباليوسين - الإيوسين المبكر). خلال هذه الفترة وضمن منطقة الرصيف غير المستقر تطور حوضان هما حوض تكوين كولوش و حوض الطبقات الحمراء الموجودة في المنطقة الشمالية الشرقية من العراق, اللذان كانا مفصولين عن بعضهما البعض بواسطة حاجز, يمتد هذا الحاجز على طول نطاق

بالامبو- تانجيرا (Balambo – Tanjero zone) الذي كان يبدأ من منطقة العمادية في الشمال الغربي ويمر براوندوز وراينا باتجاه حلبجة في الجنوب الشرقي (Dunnington, 1952) (In Jassim & Goff, 2006). في جنوب غرب هذا الحاجز تطور حوض بحري عميق ضيق نسبيا وملئ بالرواسب الفتاتية لتكوين كولوش و الرواسب الجيرية لتكويني سنجار و خورماله في المناطق الضحلة. وبالتوجه اكثر الى الجنوب الغربي من هذا الحاجز و خصوصا الاطراف الشمالية الشرقية من حوض وادي الرافدين يضمحل تكوين كولوش ويحل محله تكوين عليجي (Jassim and Goff, 2006) (شكل 1-2)



شكل (1-2): خارطة الجغرافية القديمة للعراق لعمر الباليوسين - الايوسين المبكر عن (Aqrabi et al., 2010).

2-2 : عمر التكوين (Age of the Formation):

الدراسات التي تتعلق بتحديد عمر التكوين تكون نوعا ما شحيحة، وذلك بسبب عدم شيوع المتحجرات الدقيقة الدالة على عمر التكوين. وان معظم الدراسات التي تناولت هذا التكوين وحددت عمره لم تعتمد على أي دليل أحفوري ولكنها اعتمدت إلى حد كبير على الموقع الطباقية.

وتشير الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع إلى تباين الآراء المتعلقة بتحديد عمر تكوين خورمالة. إذ حدد (Bellen et al., 1959) عمر التكوين لأول مرة بالباليوسين – الايوسين المبكر اعتماداً على الموقع الطباقى للتكوين. ووافقته الرأي (Al-Saddiki, 1968) فيما يخص عمر التكوين في مقطعه المثال، لكنه بالمقابل أشار إلى أن عمر امتدادات التكوين والسنته في المناطق الأخرى في شمالي العراق هو الايوسين المبكر. وحددت (شذايا، 1980) عمر التكوين في المقطع المثال بالباليوسين – الايوسين المبكر، وهذا جاء متوافقاً مع الدراسات اعلاه. وقد ايدهم في ذلك لاحقاً (Buday, 1980) حيث حدد عمر التكوين اعتماداً على الموقع الطباقى ولم يستخدم المتحجرات دليلاً لتحديد عمر هذا التكوين.

وكانت هنالك محاولات خجولة لاحقة لتحديد عمر التكوين منها دراسات (Kassab, 1978) ودراسة العيسى (1983) ودراسة (Al-Qayim and Al-Shaibani, 1995) اللذين حددوا عمر التكوين بالايوسين المبكر في مقطعي شقلاوة وبخمة. بينما اعطت (Aziz, 2001) عمراً للتكوين وهو الايوسين الاوسط في دراستها لتكوين خورمالة في منطقة شقلاوة.

3-2 : سطوح التماس (Contact Surfaces):

إن طبيعة سطوح التماس وخصائصها الليثولوجية من الأمور المهمة في تحديد طباقية أي تكوين. ونظراً لوضوح حدي تماس تكوين خورمالة في المقطعين السطحيين وتوفر المعلومات الكافية عن طبيعته لذا فإن العرض الآتي سيوضح، طبيعة سطحي تماس التكوين السفلي والعلوي للتكوين:

1-3-2 : سطح التماس السفلي

يظهر تكوين خورمالة متلاصقاً مع تكوين كولوش في جزئه العلوي في اغلب المقاطع التي تم دراستها من قبل العديد من الباحثين. عادة ما يحد التكوين من الاسفل تكوين كولوش ويظهر سطح التماس بينهما متدرجاً في اغلب المقاطع المدروسة سابقاً من قبل العديد من الباحثين، بينما في بئر (Jabal- Kand-1) يتجلى تكوين خورمالة فوق تكوين شرانش (الكريتاسي العلوي) وبصورة غير متوافقة (Bellen, et al., 1959).

اشار (Al-Alawi, 1980) الى ان سطح التماس السفلي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش الذي يقع اسفل منه يكون متوافقا اثناء دراسته للتكوين في طية بيخير في محافظة دهوك. كما يظهر سطح التماس السفلي للتكوين مع تكوين عقرة الواقع اسفل منه في مقطع سيبه بهيئه سطح غير متوافق (Al-Sakry, 2006). كما اشار ملك (2011) اثناء دراسته للتتابعات الباليوسين _ الايوسين في منطقة بخمة الى ان سطح التماس السفلي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش الواقع اسفل منه يتميز بوجود طبقة من المدملكات داخلية التكوين بسـمـك (2 m). وأشار في الدراسة نفسها الى ان هذا السطح يكون متدرجا صخوريا مع تكوين كولوش الذي يسفله في منطقة كلي زنطه. كما اشارت (Salih, 2013) اثناء دراستها للتكوين ان سطح التماس السفلي للتكوين مع تكوين كولوش الواقع اسفل يكون متدرجا في مقاطع ديكلة و هجرات و حرير وجنارا و عقرة و بعشيقه. وأشار (Karim et al., 2018) الى ان سطح التماس السفلي لتكوين خورماله مع تكوين كولوش الواقع اسفل منه يكون متدرجا في الطرف الشمالي الشرقي من طية زوالي في السليمانية. سطح التماس السفلي للتكوين مع تكوين عقرة الواقع اسفل منه يظهر بشكل سطح غير متوافق في منطقة سبندار وبركيات بمحافظة دهوك اذ يتميز بوجود طبقة من البريشيا الدولومايتية، بينما يكون هذا السطح متوافقا مع تكوين كولوش الواقع اسفل منه في منطقة بري بهار بدھوك (Barzani, 2020). وبين (Asaad et al., 2022) في دراستهم لتكوين خورماله في منطقة نيروا على الطرف الجنوبي الغربي لطية بيرات، قرب مدينة عقرة الى ان سطح التماس السفلي للتكوين يكون مغطى بالرواسب الحديثة التي تفصله عن تكوين كولوش الذي يسفله. بينت الدراسة الحالية وبدلائل حقلية أن حد التماس السفلي لتكوين خورماله في مكاشف مقطعي (صندور) و(شيراسوار) يتصف بالطبيعة التوافقية مع تكوين كولوش الواقع تحته (شكل 2-2) و (شكل 2-3).



شكل (2-2) يوضح سطح التماس السفلي لتكوين خورمالة مع تكوين كولوش في مقطع صندوق.



شكل (3-2) يوضح سطح التماس السفلي لتكوين خورمالة مع تكوين كولوش في مقطع شيراسوار.

2-3-2 : سطح التماس العلوي

يظهر سطح التماس العلوي لتكوين خورمالة مع تكوين افانه الواقع اعلى منه بشكل سطح غير متوافق لوجود طبقة من الحجر الجيري النيوميولايتي في يئر كركوك (Bellen, et (114)

(al., 1959). اما الباحثون (Buday, 1980) و (Al- Alawi, 1980) فقد اشاروا الى ان تكوين جركس في مناطق أخرى يعلو ترسبات تكوين خورماله بصورة غير توافقية. ويكون هذا السطح متدرجا مع تكوين جركس الذي يعلوه في منطقة عقرة (Al-Qayim, 1995). كما يظهر سطح التماس العلوي للتكوين متدرجا مع تكوين كولوش الواقع اعلى منه في مقطع سيبه (Al-Sakry, 2006). اكدت دراسة (الدباغ, 2010) ان سطح التماس العلوي لتكوين خورماله مع تكوين جركس يتصف بالانتقال التدريجي في مقطع عقرة، وأكدت الباحثة نفسها ان هذا السطح يتصف بالانتقال الحاد غير المتوافق في مقاطع دهوك و ذكرت في دراستها ايضا ان تتابعات التكوين (الوحدة العليا) في منطقة لينافا تخدم بطبقة من المدملكات جيرية سميكة نسبيا تفصل التكوين عن فتاتيات تكوين جركس. اشار ملك (2011) الى ان سطح التماس العلوي مع تكوين جركس الذي يعلوه يظهر بهيئة طبقة بسـمـك (5 m.) من المدملكات داخلية التكوين تتالف من قطع صخرية دولومايتية حادة الزوايا. كما اشارت (Salih, 2013) اثناء دراستها للتكوين في مناطق عدة ان سطح التماس العلوي للتكوين مع تكوين جركس الذي يعلوه يكون متدرجا في مقاطع ديكلة و هجرات و حرير وجنارا و عقرة. يكون هذا السطح متوافقا مع تكوين جركس الذي يعلوه في منطقة زنطة (Asaad and Balaky, 2018). بينما يكون السطح العلوي للتكوين متدرجا مع تكوين جركس الذي يعلوه في الطرف الشمالي الشرقي من طية زوالي في السليمانية (Karim et al., 2018). اكد (Asaad et al., 2022) ان سطح التماس العلوي للتكوين مع تكوين جركس الذي يعلوه يكون بهيئة طبقة من المدملكات داخلية التكوين في قرية نيرة بمنطقة عقرة. من جانب اخر يظهر سطح التماس العلوي للتكوين مع تكوين جركس الواقع اعلى منه بشكل متدرج حيث يفصل بين التكوينين نطاق انتقالي مابين الطفل والمارل الاخضر العائد لتكوين خورماله الى الطين الاحمر الذي يعود لتكوين جركس في منطقة سـبـنـدار وبركيات بمحافظة دهوك، بينما ينتهي تكوين خورماله بطبقة من الحجر الجيري الحاوي على الثقوب و قطع الجيرت التي تعلوها طبقة من الطفل الاخضر و الغرين العائدة لتكوين جركس الذي يعلوه في منطقة بري بهار بدهوك (Barzani, 2020). بينت الدراسة الحالية وبـدـلائـل حـقـليـه أن حد التماس العلوي لتكوين خورماله في مكشف صندور يتصف بالطبيعة التوافقية مع تكوين كولوش الواقع فوقه (شكل 2-4). بينما يعلوه تكوين جركس وبشكل متوافق ومتدرج صخاريا في مقطع شيراسوار (شكل 2-3).



شكل (2-4) يوضح سطح التماس العلوي لتكوين خورمالة مع تكوين كولوش في مقطع صندوق.

2 - 4 سماكات التكوين وامتداداته Formation Thickness and Extension

أشار (Bellen et al., 1959) ان تكوين سمك تكوين خورمالة حوالي 185 م في المقطع النموذجي ويكافيء تكوين سنجار الحيدري الكربوناتي (الباليوسين - الأيوسين الأسفل). كما ينكشف تكوين خورمالة في كلي زنة بالقرب من منطقة عقرة ويبلغ سمكه 71 م (Asaad and Balaky, 2018)، ويقل سمك التكوين المنكشف في منطقته عقرة نفسها ليصل الى 50 متراً ويتألف من طبقات متبادلة الظهور بن الحجر الجيري الدولوميتي المارلي و صخور الدولوميت التي تتخللها المارل الرصاصي (Al-Qayim, 1995) و يمتد ظهور التكوين باتجاه شمال العراق وينكشف في منطقة بادي وبسمك يصل الى 60م (Al-Banna et al., 2006).

من جانب اخر يبلغ سمك التكوين في الابار تحت السطحية مثل بئر (كركوك -117) حوالي 173 م، في حين يصل سمكه الى 115 م في بئر طق طق، ويزداد سمك التكوين ليصل الى 262 م في بئر عطشان 1 (Jasim and Buday, 2006). كما سجل تواجد تكوين خورمالة في قبة افانة في حقل كركوك النفطي حيث يزيد سمكه عن 152م ويتألف من صخور الحجر الجيري المتدلته وذات النفاذية الواطنة والمترسبة في بيئة اللاكون الواقع خلف الحيد

(Aqrawi et al., 2010). تجدر الإشارة هنا الى ان سمك تكوين خورماله في مقطع صندوق هو (53) مترا وفي مقطع شيراسوار (13.4) مترا.

2 - 5 مكافئات التكوين (Formation Equivalents):

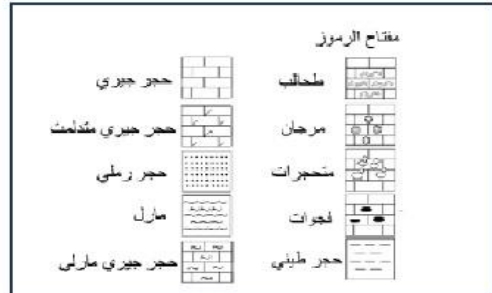
لتكوين خورماله مكافئات عمرية محلية وإقليمية عديدة، فهو يكافئ محلياً مع تكويني كولوش في شمالي العراق وسنجار في شمال شرقي العراق. كما يتكافأ تكوين خورماله في الأجزاء الجنوبية الغربية من العراق مع تكوينات عليجي وأم رضة. أما من الناحية الإقليمية، فيتكافأ تكوين خورماله مع تكوين كيرماف (Kermav) في تركيا وتكوين عليجي في سوريا وتكوين (Hibr) في السعودية وتكوين (Taqiye marle) في الأردن. بينما يتكافأ مع ثلاثة تكوينات في إيران وهي: تكوين (Pabdeh)، وتكوين (Amiran)، وتكوين (Jahrum) (Aqrawi et al., 2010).

2 - 6 الوصف الصخري لتكوين خورماله:

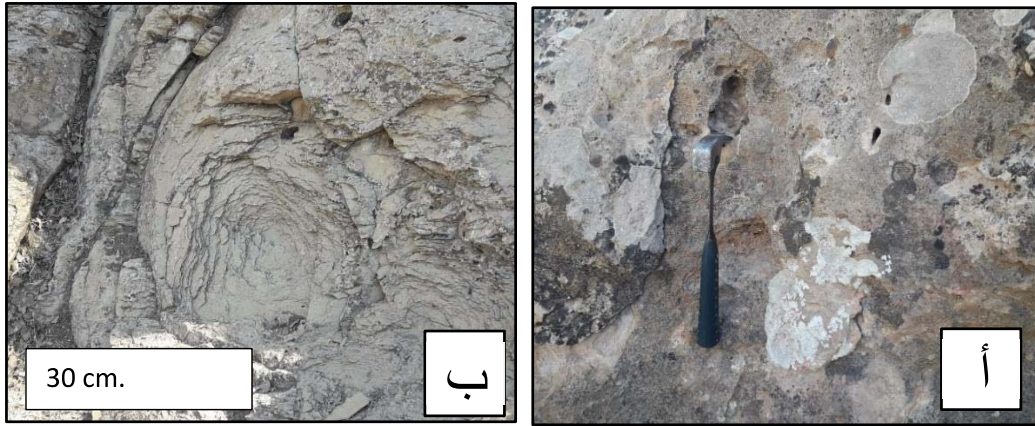
2-6-1 : مقطع صندوق:

ينكشف تكوين خورماله ضمن الدراسة الحالية في مقطع صندوق، ويظهر التكوين بشكل لسان متداخل مع الجزء العلوي من تكوين كولوش. يبلغ سمك التكوين مع تداخلات تكوين كولوش مايقارب من 53 مترا. يتألف التكوين بشكل عام من صخور الحجر الجيري والحجر الجيري المتدلّمت والذي يكون جيد التطبق في بعض اجزائه وكتلي في اجزائه الاخر (شكل 2 - 5). يبدأ ظهور التكوين بطبقة سميكة (2) متر من الحجر الجيري والحجر الجيري المتدلّمت التي يكون ملمسها خشن، تتبع نحو الاعلى بطبقة ذات سمك يصل الى (2.5) مترا من الحجر الجيري المتدلّمت الصلب يحوي على بعض الفجوات في جزئه السفلي (شكل 2 - 6 أ). تتبع طبقة من الحجر الجيري المتدلّمت عالي الصلابة بسمك (3.7) مترا.

Period	Epoch	Formation	Thickness (m.)	Lithology	Sample no.	Description
Paleogene	Paleocene - Early Eocene	Kolosh				مارل هش ذو لون زيتوني فاتح
		Khurmala	52		33	تتابع يتألف من الحجر الجيري الصلب الذي يحتوي على تركيب عظم السمك
			50		30	تتابع يتألف من الحجر الجيري المتبلور والصلب يكون الحجر الجيري مسامي ويحتوي على فجوات في جزئه الاعلى
			48		29	
			46		28	
		Kolosh	44		27	تتابع من الحجر الرملي والطفل تعود الى تكوين كولوش
			42			
			40			
			38			
			36			
			34			
			32			
			30			
			28			
			26			
		Khurmala	25		26	تتابع من الحجر الجيري الصلب الذي يحتوي نوع من الترقق
			24		25	حجر جيري صلب جدا
			23		24	حجر جيري صلب رملي الملمس ذو لون ابيض مصفر
			22		23	تتابع من الحجر الجيري ذو لون ابيض يمتاز باحتوائه على الفجوات في الجزء السفلي مع احتمالية وجود طحالب
			21		22	حجر جيري ذو ملمس خشن والذي يظهر نوعا من الترقق
			20		21	حجر جيري يمتاز باحتوائه على المتحجرات
			19		20	حجر جيري ذو ملمس خشن والذي يظهر نوعا من الترقق
			18		19	تتابع يتألف من طبقات من الحجر الجيري متوسط الصلابة يمتاز بظاهرة التقشر وذو ملمس خشن ويحتوي على الفجوات وتزداد صلابته بالجزء الاعلى من هذا التتابع
			17		18	تتابع من الحجر الجيري الحاوي عالي الصلابة يحتوي على فجوات في جزئه الاسفل
			16		17	حجر جيري رملي الملمس (السطح الخارجي خشن الملمس)
			15		16	مارل هش ذو لون اخضر غامق
			14		15	
			13		14	
			12		13	
			11		12	
			10		11	
			9		10	
			8		9	
			7		8	
			6		7	
			5		6	
			4		5	
			3		4	
			2		3	
			1		2	
			0		1	



شكل (2-5) العمود الصخري لتكوين خورماله في مقطع صندوق



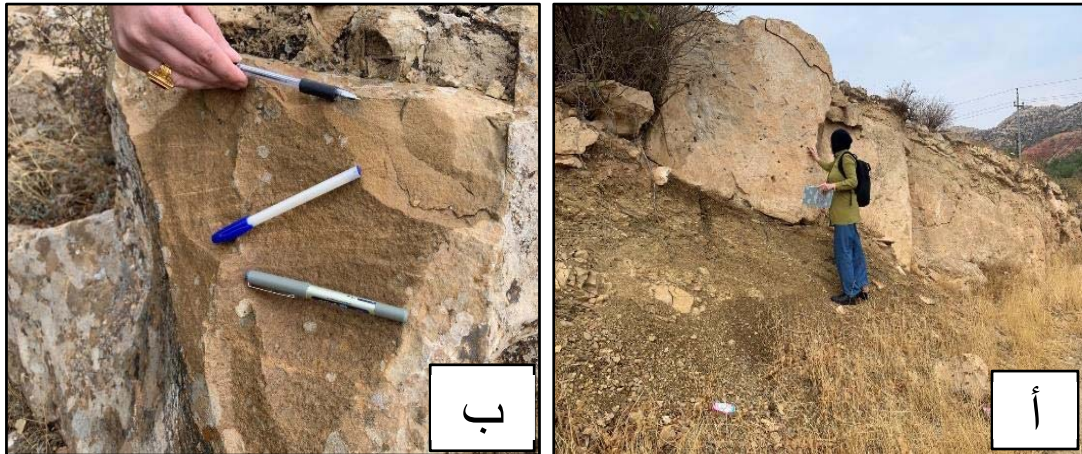
شكل (2-6) أ: صورة حقلية توضح الفجوات في الصخور الجيرية : ب صورة حقلية توضح العقد الجيرية الكروية الشكل.

يلي هذا الجزء تتابع يبلغ سمكه (3.5) مترا يتألف من طبقات بسمك 15 - 30 سم من الحجر الجيري والحجر الجيري المتدلمت، الجزء العلوي من هذا التتابع يمتاز بازدياد صلابته واحتوائه على الفجوات. يتبع هذا الجزء بتتابع يبلغ سمكه عشرة امتار ممثلا بطبقة من الحجر الجيري خشن الملمس (رملي الملمس)، يتميز الجزء السفلي (2) مترا من التتابع بوجود العقد الجيرية الكروية (Concretion) الشكل التي تكون طبيعتها الصخرية خشنة وهشة نوعا ما وتكون متقشرة (شكل 2-6 - ب)، يتبع بطبقة (0.7) مترا من الحجر الجيري الحاوي على المتحجرات (اصدادف الرخويات) (صورة 2-7 - أ) يتكرر بعدها ظهور طبقة بسمك (2) مترا من الحجر الجيري الذي يحوي على العقد الجيرية الكروية ايضا تعلوها طبقة بسمك (1) مترا من الحجر الجيري عالي الصلابة يتميز باحتوائه على الفجوات. الجزء المتبقي من العشرة امتار (4.30) مترا يتألف من الحجر الجيري الصلب. يلي ذلك طبقة بسمك متر واحد من الحجر الجيري المتدلمت الصلب ذي لون اصفر تتبع بطبقة من الحجر الجيري ذي لون اصفر بسمك (2.5) مترا يمتاز بازدياد صلابته في نهاية هذه الطبقة. تتبعه طبقة بسمك (1.5) مترا من الحجر الجيري المترقق نوعا ما. يلي ذلك تتابع من طبقات من الحجر الرملي والطفل، ذات لون زيتوني بسمك (20) مترا تمثل تداخلا لتكوين كولوش مع خورماله (شكل 2-7 - ب).



شكل (2-7) أ: صورة حقلية توضح بقايا اصداف الرخويات في الصخور الجيرية : ب، صورة حقلية توضح تداخلات تكوين كولوش مع تكوين خورمالة.

ينعاد ظهور تكوين خورمالة مرة أخرى حيث تتوارد طبقة بسبك (5) مترا من الحجر الجيري المتدلّمت الصلب جدا والحاوي على فجوات في الجزء العلوي (شكل 2-8-أ). ويختتم التكوين بطبقة من الحجر الجيري الخشن (رملي) الملمس بسبك (1) مترا يحتوي على التطبيق المتقاطع من نوع عظم السمكة (شكل 2-8-ب)، ثم ينعاد ظهور تكوين كولوش مرة أخرى وبسبك قليل (4) أمتار والذي يعلوه تكوين جركس مباشرة.



شكل (2-8) أ: الحجر الجيري الحاوي على الفجوات : ب: التطبيق المتقاطع من نوع عظم السمكة.

2-6-2: مقطع شيراسوار

يبلغ سمك تكوين خورماله في مقطع شيراسوار حوالي (13.4) مترا (شكل 2-9)، يبدأ التكوين بطبقة يبلغ سمكها 2 م تتألف من المارل الهش ذو اللون الأصفر في الأسفل والذي يتغير نحو الأعلى الى الحجر الجيري المارلي ذي اللون الرصاصي (شكل 2-10-أ). تتبع بعد ذلك طبقة من الحجر الجيري الحاوي على الطحالب الحمراء (شكل 2-10-ب) وبسمك 40 سم تليها طبقة يبلغ سمكها متر ونصف المتر التي تتكون من الحجر الجيري الصلب ذو اللون الأصفر والتي تحتوي على اصداف بعض المتحجرات (اصداف الرخويات) في اسفلها. تتبع بطبقة يبلغ سمكها نصف متر من المدملكات الداخلية (شكل 2-11-أ) تتبع بطبقة سمكها (2,5) متر من المارل الهش ذو لون رصاصي. تعلوها طبقة يبلغ سمكها 2 متر تتألف من الحجر الجيري الصلب الذي يحتوي على قطع من المرجان في اسفله، تأتي بعدها طبقة يبلغ سمكها متر ونصف المتر تتألف من المارل والحجر الجيري المارلي ذي اللون الرصاصي وأحيانا الأصفر بشكل متطبق، سمك الطبقات يتراوح ما بين 15-35 سم. يتلوها طبقه يبلغ سمكها 3م تتألف من طبقات من الحجر الجيري والحجر الجيري المتدلمت الصلب، يتراوح سمك الطبقات ما بين 40-60 سم مع احتمالية وجود الطحالب، وبعض الطبقات تحتوي على Vugs ومواد قيرية (شكل 2-11-ب).

Period	Epoch	Formation	Thickness (m.)	Lithology	Sample no.	Description
Paleogene	M- Eocene	Gercus				طبقات من الطين و الرمل ذو لون بني محمر
						تتابع يبلغ سمكه 3 متر يتألف من طبقات من الحجر الجيري الصلب
			13		15	سمك الطبقات يتراوح ما بين 40 الى 60 سم . بعض الطبقات تحتوي على مواد قيرية وفجوات (Vugs)
			12		14	
			11		13	
			10		12	
			9		11	تتابع يبلغ سمكه متر ونصف يتألف من المارل والمارلي لايمستون ذو اللون الرصاصي و احيانا الاصفر بشكل متطبق وسمك الطبقات ما بين (15 سم و 35 سم)
			8		10	تتابع يبلغ سمكه 2 متر يتألف من الحجر الجيري الصلب
			7		9	يحتوي على المتحجرات و المرجان
			6		8	تتابع من المارل الهش ذو لون رصاصي
Paleogene	Paleocene -Early Eocene	Khurmala	5		7	طبقة بسمك نصف متر من المدملكات الداخلية التكوين
			4		6	تتابع يبلغ سمكه متر ونصف يتألف من الحجر الجيري الصلب ذو اللون الاصفر . تحتوي على المتحجرات في الجزء السفلي
			3		5	طبقة من الحجر الجيري الحاوي على الطحالب بسمك 40 سم
			2		4	تتابع يبلغ سمكه 2 متر يتألف من المارل الهش ذو اللون الاصفر في الاسفل والذي يتغير نحو الاعلى الى المارلي لايمستون باللون الى اللون الرصاصي
			1		3	
			0		2	
					1	
Paleogene	Paleocene -Early Eocene	Kolosh				تتابع من المارل الاخضر يعود لتكوين كولوش

شكل (2 - 9): العمود الصخاري لتكوين خورماله في مقطع شيراسوار



شكل (2-10) أ: الحجر الجيري المارلي ذي اللون الرصاصي. ب: الحجر الجيري الحاوي على الطحالب الحمراء.



شكل (2-11) أ: طبقة من المدملكات الداخلية . ب: الحجر الجيري الحاوي على الفجوات والمواد القيرية.



الفصل الثالث

الدراسة البتروغرافية

والعمليات التحويرية



الفصل الثالث

الدراسة البتروغرافية والعمليات التحويرية

Petrography and Diagenetic Processes

3-1 : تمهيد (Preface):

تعد دراسة الصخور الرسوبية من الناحية البتروغرافية من الوسائل المهمة لوصف الصخور مجهرياً، وذلك من خلال تمييز مكوناتها الحبيبية الأساسية وتشخيص العمليات التحويرية المأثرة فيها. تتأثر الرواسب الكربوناتية مع مضي الوقت بالعديد من العمليات التحويرية نتيجة لتماس تلك الصخور مع الموائع المختلفة، ويتم ذلك بوجود عوامل مسيطرة على هذه التفاعلات مثل طبيعة الموائع السطحية وتحت السطحية والمتمثلة بالمياه البحرية والجوية والعميقة تحت السطح التي تكون في تماس مع الصخور الكربوناتية.

3-2 : المكونات البتروغرافية (Petrographic Components):

تتألف صخور التكوين بشكل عام من الحبيبات ممثلة بالحبيبات الهيكلية (Skeletal Grains) مثل المنخربات القاعية والرخويات واللاوستراكويد والطحالب الخضراء و الحمراء وشوكيات الجلد و البرايوزوا و المرجان وبقاياها، والمكونات غير الهيكلية (Non Skeletal Grains) ممثلة بالدمالق والسريئات الفتات الصخري، وتنظم جميع المكونات في الأرضية او الحشوة الجيرية. وكما موضح في ادناه:

3-2-1 : الأرضية (Matrix):

تعرف الأرضية على انها جزء من الصخرة تتغمر فيه جميع الحبيبات الهيكلية وغير الهيكلية، قسم (Folk,1959) الأرضية الى ثلاثة أصناف اعتمادا على مديات حجوم بلوراتها وهي الميكرايت (Micrite) وحجمها اقل من (4) مايكرون ، والسبار الدقيق (Microspar) وحجمها من (4-10) مايكرون، والسباري كالساييت (Spary Calcite) وحجم بلوراتها اكثر من (10) مايكرون.

1. المكرايت (Micrite):

يعد (Folk, 1959) أول من أطلق مصطلح المكرايت لوصف الطين الجيري الدقيق التبلور في الصخور الكربونائية. والمكرايت (Micrite) هي اختصار للكاسايت دقيق التبلور (Microcrystalline calcite) ويعرف بأنه تجمعات من بلورات الكاسايت الناعمة والتي يكون حجمها دون (4) مايكرون. وأشار (Flügel, 2004) إلى صعوبة تحديد أحجام هذه الحبيبات المكرايتية إلا باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، حيث تظهر حدودها البلورية مستقيمة أو متعرجة أو مسننة. إن البلورات العديمة والناقصة الأوجه تكون عادة الأكثر شيوعاً في الصخور الجيرية المكرايتية. يحتوي الطين الجيري على بعض المعادن الفتاتية الناعمة الحجم كالمعادن الطينية والكوارتز والفلسبار والمواد العضوية الناعمة (Flügel, 2004). ويشيع تواجد المكرايت في صخور التكوين بكلا المقطعين بشكل أرضية تتغمر فيها جميع المكونات الجيرية.

2. السبار الدقيق (Microspar):

يشير هذا المصطلح إلى الحشوة الكلسية الناعمة التبلور والمتماثلة في الحجم وذات البلوات الناقصة أو الكاملة الأوجه. إذ تتراوح أحجام هذه البلورات ما بين (5-10) مايكرون تبعاً لفولك (Folk, 1959) أو يتراوح حجمها ما بين (4-10) مايكرون تبعاً لـ (Tucker, 1982). وتتميز هذه البلورات بكونها ذات أحجام وأشكال بلورية متماثلة ونسيج موزائيكي دقيق. هناك العديد من المقترحات المقدمة لتفسير آلية تكوين بلورات السبار الدقيق إلا أنها في مجملها اليات تحويرية أي عدم وجود أي شواهد على احتمالية نشوئها بصورة أولية وطبقاً (Flügel, 2004) فإن أبرز الآليات التحويرية المشكلة للسبار الدقيق هي آلية إعادة تبلور المكرايت (Recrystallization).

3. السباري كاسايت (Sparry Calcite):

هو عبار عن بلورات من الكاسايت تتميز بكبر أحجامها والتي تصل إلى أكثر من (20) مايكرون (Flügel, 2004)، وتظهر باللون زاهية تحت المجهر المستقطب وتتميز عن المكرايت ببلوراتها الخشنة وبأشكالها البلورية واضحة الحدود وأغلبها تكون بشكل مادة سمنتية

مألثة للشقوق والفراغات بين الحبيبات (Boggs, 2006) وفي الدراسة الحالية كان تواجده مقتصرًا على بعض العروق وملء الفراغات بين الحبيبات وداخلها.

3-2-2: الحبيبات (Grains) :

تتألف الحبيبات الجيرية من الحبيبات الهيكلية (Skeletal Grains) والحبيبات غير الهيكلية (Non Skeletal Grain) وكما موضح ادناه:

3-2-2-1 الحبيبات الهيكلية (Skeletal Grains):

شخصت العديد من المكونات الهيكلية في صخور التكوين وكانت ممثلة باصداف المتحجرات وهي البقايا الصلبة من هياكل المتحجرات، من اهم الحبيبات الهيكلية التي تم تشخيصها في الدراسة الحالية هي المنخريات القاعية (Benthonic foraminifera) بالإضافة الى وجود اصداف فأسية القدم (Pelecypod) والبرايزوا (Bryozoa) والاستراكودا (Ostracod) وشوكيات الجلد (Echinodermata) والطحالب الخضراء (Green Algae) والطحالب الحمراء (Red Algae) والمرجان (Coral). حيث تمتاز هذه المتحجرات بحفظ هياكلها الخارجيه وتراكيبها الداخلية بشكل جيد وقد تكون هياكلها محطمة والتراكيب الداخلية مذابة بفعل العمليات التحويرية المؤثرة على الصخور .

1. الفورامينيفرا القاعية (Benthonic Foraminifera):

تمثل الفورامينيفرا القاعية النسبة الأكبر من اجمالي الحبيبات الهيكلية الموجودة في صخور التكوين، وللفورامينيفرا القاعية أهمية كبيرة في التحليل السحني الدقيق وفي استنباط ظروف بيئة الترسيب القديمة (Flügel, 2004). وتبعًا (Milliman, 1974) فإن وفرة تواجد الفورامينيفرا القاعية ضمن الترسبات تدل عموماً على البيئة البحرية القريبة من الساحل. وتتسم اصداف الفورامينيفرا القاعية المشخصة في صخور التكوين بكبر حجمها وسمك جدرانها وعادة ما تكون حجراتها مملوءة بالسمنت الجيري. وقد تم تشخيص الاجناس الآتية في الدراسة الحالية *Spiroloculina* (لوحة 1-1)، *Triloculina* (لوحة 2-1)، *Quinqueloculina* (3-1) و *Rotalids* (4-1) و *Peneroplis* (5-1) .

2. الرخويات (Mollusca):

سجلت الدراسة الحالية وجود الرخويات ضمن تتابعات تكوين خورمالة، والمتمثلة باصداف فأسية القدم (Pelecypods)، اشارت العديد من الدراسات ان صنف فأسية القدم تحتاج الى بيئة ذات أرضية صلبة وطاقة حركية محدودة متمثلة بالمناطق البحرية الضحلة او بيئة خلف الحواجز. وأشار (Hallam, 1981) الى ان هناك بعض العوامل التي تؤثر في هذه الاحياء وان مثل هذه العوامل تتواجد غالبا في بيئة المياه الساحلية الضحلة او الاحواض الشاطئية شبة المعزولة. وذكر (AL-Hashimi and Amer, 1985) الى ان حطام فأسية القدم تتواجد في منطقة الرصيف البحري الضحل، وكذلك اكد الباحثان (Kumar and Saraswti, 1997) وجود اصداف الرخويات في بيئة الاحواض الشاطئية الضحلة المتمثلة بمناطق تحت مدية او مناطق خلف الحواجز. وشخصت اصداف فأسية القدم من خلال الشرائح الرقيقة في صخور تكوين خورمالة بكلا المقطعين (لوحة 1-6).

3. الاوستراكودا (Ostracoda):

تعتبر الاوستراكودا من الاحياء المائية القاعية والطافية، وتوجد عادة في بيئات المياه العذبة والمختلطة والبحرية، وأحيانا في بيئات عالية الملوحة (- Scholle and Ulmer, 2003) وتتميز الاوستراكودا بصورة عامة بكونها ذات اصداف ثنائية المصراع وببضوية اوكلوية الشكل (عباوي وآخرون، 2000). وسجلت متحجرات الاوستراكودا في الدراسة الحالية بكمية ضئيلة جدا (لوحة 1-4).

4. الفتاتات العضوية (Bioclasts):

وهي عبارة عن فتاتات حياتية تعود لأصداف المتحجرات وهيكلها المختلفة المتواجدة في صخور التكوين، عادة ما تتكون بفعل الامواج القوية وبفعل التعرية الحياتية التي تؤدي الى تكسير الاصداف وتكوين الفتات الحياتي. ان معظم الفتاتات العضوية المشخصة في الدراسة الحالية تعود الى حطام اصداف فأسية القدم (Pelecypod) فضلا عن كسارات تعود الى حطام اصداف الفوارامنيفرا القاعية.

5. الحزازيات (Bryozoa):

تتواجد الحزازيات في البيئات البحرية المدية (Tidal Flat) وتصل الى البيئات العميقة (Bathyal) (Flugel, 2010). ولكن يشيع تواجدها في البيئات الشاطئية. ومن خلال الدراسة البتروغرافية تبين انها تتواجد بنسب قليلة ضمن مقاطع الدراسة (لوحة 1-8).

6. المرجان (Coral):

يعد المرجان من المتحجرات المهمة في استنباط البيئة الترسيبية لأنها تتواجد في مكان نموها (Insitu)، ويشير تواجد المرجان الى بيئات بحرية ضحلة نسبيا يصل عمق المياه فيها الى (50 مترا) وعمق مائي يسمح لمرور اشعة الشمس، ويدل وجودها فيما اذا تطور نموها على بيئة الشعاب (Reef) (Flugel, 2010)، في الدراسة الحالية شخص تواجد المرجان ضمن مقطع شيراسوار فقط (لوحة 2-1).

7. الطحالب (Algae):

وهي مجموعة واسعة ومتنوعة من النباتات المشخصة من البيئات المائية، وتصنف الى ثلاثة أصناف رئيسية هي الطحالب الخضراء - الزرقاء (Cyanophyta) والطحالب الحمراء (Rhodophyta) والطحالب الخضراء (Chlorophyta) (Brasier, 1980) وفي الدراسة الحالية تتواجد الطحالب بنسبة قليلة مقارنة مع الحبيبات الهيكلية واقتصرت على الطحالب الخضراء (لوحة 2-2) و الطحالب الحمراء (لوحة 2-3) وشخصت الطحالب بنوعها في صخور التكوين .

8. شوكيات الجلد (Echinodermata):

كائنات بحرية ممثلة بزنايق البحر ونجم البحر وقنافذ البحر وخيار البحر وهي ذات هياكل صلبة مؤلفة من صفائح كلسية، اذ ان غالبية شوكيات الجلد بحرية تفضل المياه ذات الملوحة البحرية الاعتيادية، أذ انها تتأثر بالتغيرات الشديدة في الملوحة وتتواجد في نطاق المد الجزر حتى قيعان المحيطات العميقة (Brasier, 1980). كما انها تتواجد في مناطق امام الحيد (Fore reef) وخلف الحيد (Back reef). وعن طريق الدراسة البتروغرافية أظهرت النتائج بأن شوكيات الجلد تتواجد بنسبة عالية خلال مقطع الدراسة شيراسوار مقارنة بالحبيبات

الهيكلية الاخرى. وتتأثر بالعمليات التحويرية وخصوصا السمنتة ممثلة بالسمنت المتجانس بصريا (Syntaxial Rim Cement) والذي يدل ظهوره على العمليات التحويرية المتأخرة (لوحة 2-4).

2-2-2-3 الحبيبات غير الهيكلية (Non Skeletal Grains) :

عبارة عن حبيبات غير عضوية ممثلة بالسرئيات و الدمالق و الفتات الصخري وكما موضح في ادناه:

1 - السرئيات (Oolites) :

عبارة عن اجسام كروية او اهليجية الشكل يتراوح قطرها بين (0.1-0.6) ملم، تمتاز بأحتوائها على نواة مركزية (قطعة معدنية او قطعة لصدف المتحجر) محاطة بعدد من الاغلفة متحدة في المركز (Flügel, 2010). وقد لوحظ تواجد السرئيات بشكل قليل في صخور تكوين خورماله ضمن مقطع صندوق فقط (لوحة 2-5) .

2 - الدمالق (Peloids) :

وهي اجسام صغيرة بيضوية الى كروية الشكل مكونه من الكالسايت دقيق التبلور (Micro crystalline calcite) وعديمة التراكيب الداخلية , ويتراوح حجمها بين 0.06-0.3 ملم، تمت ملاحظة اجسام كروية الى بيضوية الشكل ذات حجم صغير وهي غير معروفة الأصل مكونة من المكرايت (Micrite) وعديمة التراكيب الداخلية في صخور التكوين وبكلا المقطعين (لوحة 2-6).

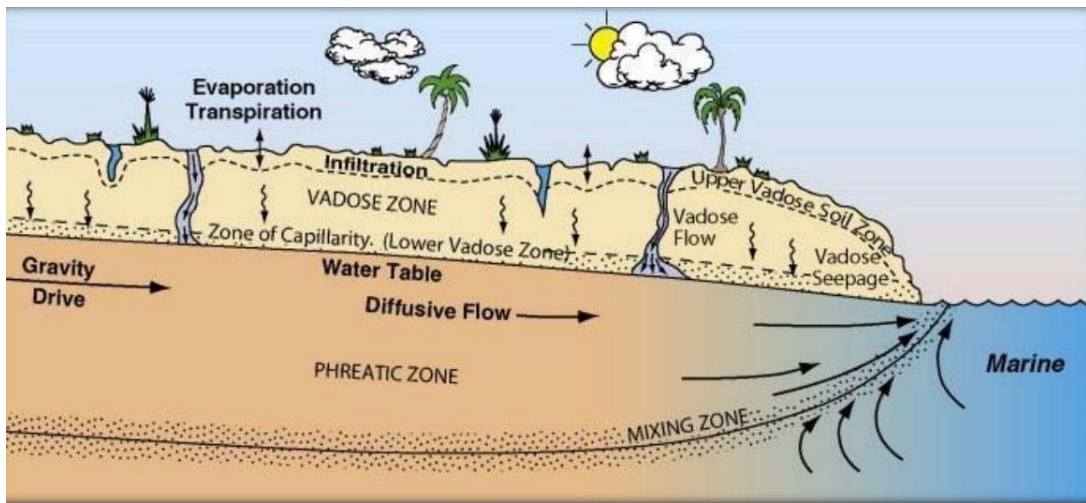
3- الفتات الصخري (Lithoclasts) :

تنتج الفتات الصخرية بفعل إعادة ترسيب المواد المشتقة من الرواسب القديمة في البيئات البحرية وغير البحرية. أن الفتات الكاربوناتية المشتقة من الصخور الجيرية القديمة الواقعة خارج الحوض الرسوبي تسمى بالفتات الخارجية (Extraclasts) في حين تعرف الفتات المشتقة من تفتيت الرواسب الكاربوناتية الواقعة في القيعان البحرية بالفتات الداخلية (Intraclasts) (Flügel, 2010). كما عرف فولك (Folk, 1959) الفتات الداخلية على انها

قطع كاربوناتية تنتج من تعرية الرواسب المتصلبة او جزيئة التصلب في وقت الترسيب ثم يعاد نقلها وترسيبها في داخل الحوض الترسيبي على شكل رواسب جديدة. وتنتج هذه الفتاتات بفعل الأمواج والتيارات البحرية والانزلاقات المحلية للرواسب البحرية التي تكون ضعيفة التصلب. تم تشخيص تواجد الفتاتات الداخلية ضمن صخور التكوين في كلا المقطعين (لوحة 2-7). اما فيما يتعلق بالفتاتات الخارجية الواردة من خارج الحوض الترسيبي فأنها تتصف بأحجامها المختلفة نسبيا وبحبيباتها شبه المتزوية الى شبه المستديرة وبفرزها الرديء . وتتمثل الفتاتات الخارجية بمعدن الكوارتز ومعادن أخرى غير معروفة الأصل (لوحة 2-8).

3-3 البيئات التحويرية (Diagenetic Environments) :

وهي البيئات التي تحدث فيها التغيرات والتحويرات على الرواسب بعد الترسيب، اذ تتعرض الصخور بأنواعها بعد ترسيبها الى العديد من العمليات التحويرية، حيث ترتبط كل عملية تحويرية ببيئة خاصة بها (Longman, 1980). هنالك العديد من العوامل التي تؤثر على العمليات التحويرية منها الضغط وسرعة الدفن ودرجة الحرارة والحركات التكتونية (Friedman and Sanders, 1978). البيئات التحويرية تقسم عادة الى ثلاث بيئات رئيسة اعتمادا على طبيعة المياه المتوفرة، ودرجة تشبعها بكاربونات الكالسيوم. وتمتاز كل بيئة من البيئات التحويرية الرئيسية بمواقع وخصائص تميزها عن غيرها من البيئات (3 - 1) وكما موضح ادناه:



شكل (3-1) مخطط يوضح تقسيمات البيئات التحويرية الرئيسية (Moore, 2004) .

1-3-3 البيئة التحويرية الجوية (Meteoric Diagenetic Environment)

تقع هذه البيئة بالقرب من سطح الأرض وتكون معرضة بشكل أساسي الى تأثيرات المياه العذبة . وتقسم عادة على ثلاثة انطقة تحويرية ثانوية وهي:

أ. النطاق الفادوزي (Vadose Zone):

تقع هذه البيئة ضمن النطاق المحصور ما بين سطح اليابسة ونطاق التشبع او مستوى المياه الجوفية ويحوي عادة هذا النطاق على الهواء ضمن الرواسب (Longman, 1980). حيث تمتلئ مسامات الرواسب بالمياه القارية والهواء (Flügel, 2004) . وكما هو معلوم فان الرواسب الكربوناتيّة تتشكل من أنواع مختلفة من المعادن المترسبة من ماء البحر والتي تكون مستقرة كيميائياً. وخلال أي انكشاف للرواسب على السطح او حدوث تذبذب في مستوى ماء البحر او حصول تدفق لمياه جوية عذبة فسوف يحصل تغيير في معدنية الرواسب بسبب تغير كيميائية المياه المتدفقة خلالها. حيث تصبح المعادن المستقرة كيميائياً سابقاً غير مستقرة وتطرا عليها عمليات تحويرية عديدة (Boggs, 2006). من اهم العمليات التحويرية المميزة لهذه البيئة هي السمنتة والاذابة التي تكون بالنتيجة أنواعاً مختلفة من المسامية.

ب. نطاق المياه العذبة الفرياتية (Fresh Water Phreatic Zone)

يمتد هذا النطاق ما بين النطاق الفادوزي العلوي ونطاق المياه المختلطة, أذ تمتلئ مسامات الرواسب بالمياه الجوية الحاوية على نسب مختلفة من الايونات الكربوناتيّة المذابة, ويخلو هذا النطاق من الهواء (Longman, 1980) ومن اهم العمليات التحويرية المميزة لهذا النطاق هي السمنتة بشكل قليل والاذابة.

ج. النطاق المختلط (Mixing Zone)

يقع هذا النطاق ما بين نطاق البيئة البحرية الفرياتية وبيئة المياه العذبة الفرياتية (Longman, 1980) وتكون محاليل هذا النطاق غير مشبعة بكاربونات الكالسيوم , الا انها مشبعة بأيون المغنسيوم (Mg). ومن اهم العمليات التحويرية التي تحدث ضمن هذا النطاق هي عملية الدلمتة.

2-3-3 البيئة التحويرية البحرية الفرياتية (Marine phreatic Environment)

هي البيئة الواقعة فوق قيعان البحار العميقة منها والضحلة، حيث تمتلئ الفراغات والمسامات الموجودة في الرواسب بالمياه البحرية (Flugel, 2004) . وقد ميز (Longman, 1980) نطاقين ثانويين ضمن هذه البيئة هما : نطاق المياه الفرياتية البحرية النشط (Active Marine phreatic zone) وهو النطاق الذي تكون فيه حركة المياه خلال الرواسب قوية، ونطاق المياه الفرياتية البحرية الهادئة (Stagnant marine phreatic zone) وهو النطاق الذي تكون فيه حركة المياه خلال الرواسب قليلة. واهم العمليات التحويرية ضمن هذه البيئة هي المكربة والسمنتة

3-3-3 البيئة المنظرة (Burial Environment)

يمكن تعريفها على انها مجموعه التغيرات التي تحدث تحت نطاق العمليات التحويرية القريبة من وفوق نطاق التحولات الحرارية ذات الدرجة الواطنة. اثناء عملية انطمار الرواسب الكربوناتية والتي تكون فجواتها مملوءة بالمياه البحرية ستخضع هذه الرواسب الى زيادة في الضغط والحرارة وبالتالي سوف تمر بأنواع مختلفة من العمليات التحويرات وهي الانضغاط الكيميائي والميكانيكي والسمنتة بالمواد الجيرية و السليكاتية والتي تؤدي الى تحطيم المسامية بشكل عام (Flugel, 2004). ومن اهم العمليات التحويرية الموجودة ضمن هذا النطاق هي كالسمنتة والاذابة والدلمته والانضغاط بنوعيه: الكيميائي الذي ينتج عنه خطوط الاذابة (الستايولايت) والانضغاط الفيزيائي الذي ينتج عنه تراص الحبيبات وتماسها .

4-3 العمليات التحويرية (Diagenetic Processes):

تشمل جميع العمليات الفيزيائية والكيميائية والحياتية التي تطرأ على الرواسب والتي تؤدي الى تغيير انسجتها الداخلية منذ لحظة ترسيبها والى ما قبل تحولها (Friedman, 1964) . وأشار (Pittijohn, 1975) الى ان العمليات التحويرية يكون تأثيرها شديدا في الصخور الكربوناتية، وتحدث هذه العمليات التحويرية اثناء الترسيب وبعده. ومن اهم العوامل المؤثرة في العمليات التحويرية هي سرعة الدفن ودرجة الحرارة والضغط وثقل الغطاء الرسوبي والقوى التكتونية وطبيعة المياه البينية (Reeckmann and Friedman, 1982) . وتصنف العمليات

التحويرية الى عدة تصانيف وابرزها هو تصنيف (Flügel, 1982) الذي صنف العمليات التحويرية الى صنفين هما:

1-4-3 العمليات التحويرية البنائية (Constructive Diagenesis)

وهي العمليات التي تعتمد أساسا على التفاعلات الكيميائية وتقسم الى العمليات التحويرية المتماثلة كيميائيا (Isochemical) وتشمل عملية الانضغاط و السمنتة و التشكل الجديد. والعمليات التحويرية غير المتماثلة كيميائيا (Allochemical) و تشمل الدلمة والديدللمة و السلكتة وتكوين المعادن موضعية النشأة.

2-4-3 العمليات التحويرية الهدمية (Destructive Diagenesis)

وتضم جميع العمليات التحويرات الناجمة بفعل العوامل الكيميائية والميكانيكية والفعاليات الحياتية.

وفيما يلي اهم العمليات التحويرية المشخصة في تكوين خورماله ولكلا المقطعين:

أ - السمنتة (Cementation) :

وهي من العمليات التحويرية المتماثلة كيميائيا والناجمة من تبلور المعادن من المحاليل المتحركة ضمن الفراغات والتي تكون في حالة فوق الاشباع بأيوناتها (Flügel, 2004) . ان التركيب المعدني للسمنت يعتمد على نوعية المحاليل المتواجدة في الفراغات ومقدار تشبع تلك المحاليل بالايونات المختلفة (Flügel, 2010) ان عملية السمنتة تحصل في جميع البيئات التحويرية ولكل بيئة تحويرية نوعا معينا من السمنت، وقد يتواجد اكثر من نوع من انسجة السمنت في الصخرة نفسها نتيجة تأثير تقدم وتراجع البحر (Bathurst, 1975, Blatt., (1982). وتتأثر عملية السمنتة في البيئة التحويرية بعدة عوامل منها الضغط الجزئي لغاز (CO₂) وكيميائية المحاليل المتوغة ودرجة الحرارة والضغط والذالة الحامضية (PH) (Flügel, 2004)). وذكر (Friedman and Sanders, 1978) ان عملية الاذابة للمواد غير المستقرة تولد الفراغات، وبنفس الوقت تهيء هذه المواد لعمليات سمنتة لاحقا في موقع اخر ممكن ان يكون على بعد امتار او عدة كيلومترات. بصورة عامة يتكون السمنت ذو المنشاء البحري من الاراكونايت والكالسايت الغني بالغنسيوم , اما السمنت المترسب في مناطق المياه

العذبة فأنة يتكون من الكالسايت الواطء المغنسيوم (Flügel, 2004). ومن اهم أنواع السمنت التي تم تشخيصها في الدراسة الحالية :

أولاً: السمنت الحبيبي (Granular Cement) :

هو عبارة عن بلورات كلسية شفافة متساوية الاحجام عديمة الى شبة كاملة الأوجه. ويترسب ضمن النطاق الغادوزي والفرياتي (Scholle and Umar Scholle, 2003). وذكر (Flügel, 1982) بأن هذا النوع من السمنت يتكون اثناء العمليات التحويرية المتأخرة ضمن البيئات البحرية العميقة والضحلة. ويعتبر من اكثر أنواع السمنت شيوعا في صخور الدراسة حيث تم تشخيصه داخل اصداف الحبيبات الهيكلية وبينها او بشكل سمنت داخل الكسور (لوحة 3-1)

ثانياً: السمنت الدروزي (Drusy Cement):

هو عبارة عن بلوات من الكالسايت عديمه الى ناقصة الأوجه باحجام مختلفة (Flügel, 1982), يتميز هذا النسيج بأزدياد حجم بلوراته باتجاه مركز الفراغ (Flügel, 2004). ويتشكل في المراحل المتأخرة من العمليات التحويرية (Longman, 1980) وضمن البيئات الغادوزية والفرياتية (Friedman, 1964) ويتواجد هذا النوع من السمنت بشكل كبير ضمن مقاطع الدراسة (لوحة 3-2).

ثالثاً: السمنت المتراب بصريا (Syntaxial Rim Cement):

يظهر هذا النوع من السمنت بهيئة بلورات من الكالسايت تنمو فوق اصداف الحبيبات الهيكلية ممثلة باصداف شوكلات الجلد (Echinoderm) ويتواجد هذا النوع من السمنت في البيئات الفرياتية وبيئات الدفن العميق (Deep burial). وشخص هذا النوع من السمنت في مقاطع الدراسة في أعماق مختلفة (لوحة 3-3)

ب - التشكل الجديد (Neomorphism):

تتضمن هذه العملية تغير المعدن من حالة الى أخرى من دون حصول أي تغيير في التركيب الكيميائي للمعدن الأصلي، ويصاحب ذلك تغير بالحجم والشكل والتركيب البلوري (Flügel, 2004) وينتج عن هذه العملية زيادة او نقصان في الحجم البلوري (Bathrust,)

(1975). تحدث هذه العملية في اغلب البيئات التحويرية وتحديدًا ضمن البيئات البحرية الجوية وتحت السطحية (Boggs, 2006). ان مصطلح التشكل الجديد يضم عمليتين، إعادة تبلور (Recrystallization) والارتكاز (Inversion) (Folk, 1965)، عن طريق الشرائح الصخرية الرقيقة تم تمييز عملية إعادة التبلور والتي تحدث ضمن المراحل المتأخرة من العمليات التحويرية ممثلة بإعادة تبلور أجزاء من مكرات الأرضية الى السبار الدقيق (3-4).

ج - الاذابة (Dissolution):

تتمثل هذه العملية باذابة المعادن غير المستقرة كالأراكونايت والكالسيت الغني بالمغنسيوم (High Mg-Calcite) وذلك بفعل مرور المحاليل غير المشبعة بكاربونات الكالسيوم (CaCO_3) خلالها.

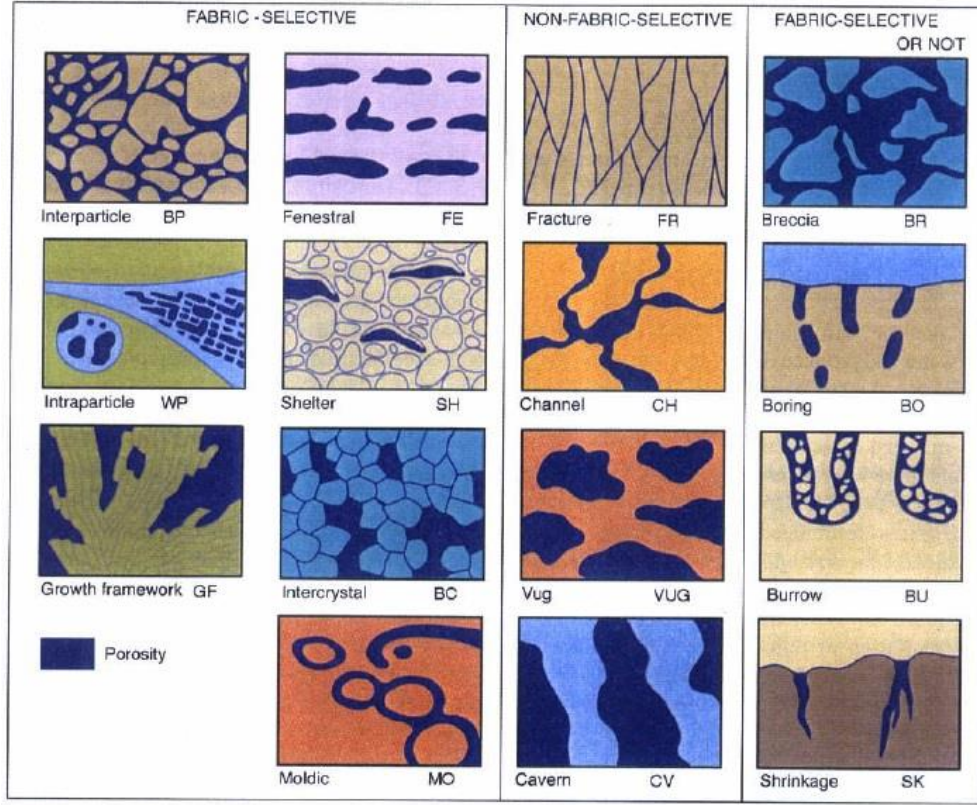
وذكر (Mackenzie, 2005) ان عملية اذابة الكاربونيت المكون للعديد من الاصداف الهيكلية ولا سيما اصداف الاوستراكود والرخويات وبعض اصداف الفورامنيغيرا يبدأ بعد الترسيب مباشرة.

كما نوه (Saller and Vijaya, 2002) الى سهولة ذوبان معظم اصداف الرخويات لكونها مؤلفة من معدن الاراكونايت غير المستقر. كما اكد على إمكانية تعرض السرديات والعديد من اصداف الروتاليد والمليوليد والطين الجيري للأذابة وبسبب بنائها الكلسي الغني بالمغنسيوم.

وأشار (Land, 1967) الى ان الهياكل المبنية من الكالسايت الغني بالمغنسيوم لا تذوب بشكل كامل حيث تصمد أحياناً بعض تراكيبها الداخلية عند تعرضها للمحاليل المتوغلة .

وذكر (Longman, 1980) ان عملية الاذابة تعد من اهم العمليات التحويرية وأكثرها حدوثاً في النطاق الفادوزي , ولا سيما في الجزء العلوي المعروف بنطاق الاذابة . وأشار الى إمكانية حصول الاذابة في بيئة المياه العذبة الفريانية وذلك بسبب تأثيرها على معدني الاراكونايت والكالسايت . وان الاذابة في مثل هذه البيئة تنتج عادة انسجة مشابهة لتلك الانسجة المتكونة في النطاق الفادوزي مثل المسامية القلبية ومسامية الفجوات.

وتعرف المسامية بأنها النسبة المئوية ما بين الحجم الكلي للمسامات الى الحجم الكلي للصخرة، وقد تكون المسامات مترابطة فتعرف بالمسامية المؤثرة او غير مترابطة فتسمى بالمسامية غير الفعالة (Longman,1980) والشكل (2-3) يوضح انواع المسامية .



شكل (2-3) انواع المسامية الاولية والثانوية (Flugel, 2010)

ابرز العوامل المسيطرة على المسامية تتمثل بالمناخ والتغير النسبي في مستوى سطح البحر، ومعدل التجلد والترسيب. وتقسم المسامية الى قسمين أساسيين، أولية وثانوية. وتنشأ المسامية الأولية قبل الترسيب كالمسامات المتمثلة بحجيرات المتحجرات وتجاويف المرجان والسرديات، او تكون متزامنة مع الترسيب، ممثلة بالمسامات البينية التي تنشأ بفعل ترتيب الحبيبات. اما المسامية الثانوية فتتنشأ عموماً بعد الترسيب، ومن ابرز الاليات المكونة للمسامية الثانوية هي الازابة والديلمتة والتكسرات. وفيما يأتي ابرز واهم أنواع المسامية المشخصة في صخور التكوين:

- **المسامية القالبية (Moldic porosity) :**

سجل هذا النوع من المسامية في تكوين خورماله، والتي تنتج بفعل ذوبان الحبيبات الهيكلية. وعادة ما تنشأ هذه المسامية في البيئات الفرياتيية الجوية وبيئات الدفن (Flügel, 2004) (لوحة 3-5).

- **مسامية الفجوات (Vuggy Porosity) :**

تظهر مسامية الفجوات بأشكال غير منتظمة، قاطعة للحبيبات او المواد السمنتية احياناً. وعادة ما يترافق هذا النوع من المسامية مع المسامية القالبية لتشكلهما في نفس البيئة التحويرية (Flügel, 2010)، وشخص هذا النوع من المسامية في صخور التكوين (لوحة 3-6).

- **مسامية القنوات (Channal porosity) :**

هي عبارة عن فجوات بأشكال طولانية ناتجة عن عملية الاذابة، وشخص هذا النوع من المسامية في صخور التكوين (لوحة 3-7).

- **مسامية الكسور (Fracture Porosity) :**

تتكون هذه النوعية من المسامات نتيجة عمليات الانضغاط والاذابة والعمليات التكتونية، وشخص هذا النوع من المسامية عادة في الشرائح المجهرية في مقطعي الدراسة (لوحة 3-8).

- **ومسامية ما بين الحبيبات (Interparticles) :**

وهي عبارة عن فجوات تشغل الحيز الواقع ما بين الحبيبات، وشخص هذا النوع من المسامية في صخور التكوين وبكلا المقطعين.

د - عملية الانضغاط (Compaction)

تعد عملية الانضغاط من العمليات التحويرية الهدمية غير المتماثلة كيميائياً، حيث تؤدي عملية الانضغاط الى تراص الحبيبات وبالتالي حصول نقصان في المسامية الأولية، واحداث تكسرات وتشوهات في الحبيبات الجيرية مع تعرض بعضها للأذابة عند نقاط التماس (Flügel, 2010). وأشار (Selley, 1976) الى ان المسامية الأولية لاي راسب تتخفض مباشرة بعد الدفن وذلك بسبب تصلب الرواسب وانضغاط حبيباتها وازدياد عمق الدفن لهذه

الرواسب مع زيادة الوقت. وأوضح بأن الرواسب الجيرية تكون اقل عرضة لعملية الانضغاط من الرواسب غير الجيرية والسبب يعود الى انخفاض المسامية في الرواسب الجيرية مع زيادة عمق الدفن. قسم (Flugel, 2004) الانضغاط الى انضغاط فيزيائي (ميكانيكي) وانضغاط كيميائي، حيث يبدأ الانضغاط الفيزيائي بعد فترة قصيرة من الدفن في حين يتطلب الانضغاط الكيميائي الدفن الى عدة مئات من امتار، ويتسبب ذلك بأذابة حافات الحبيبات مكونا ما يدعى بمحاليل الانضغاط (عروق الستايلولايت) (Stylolite).

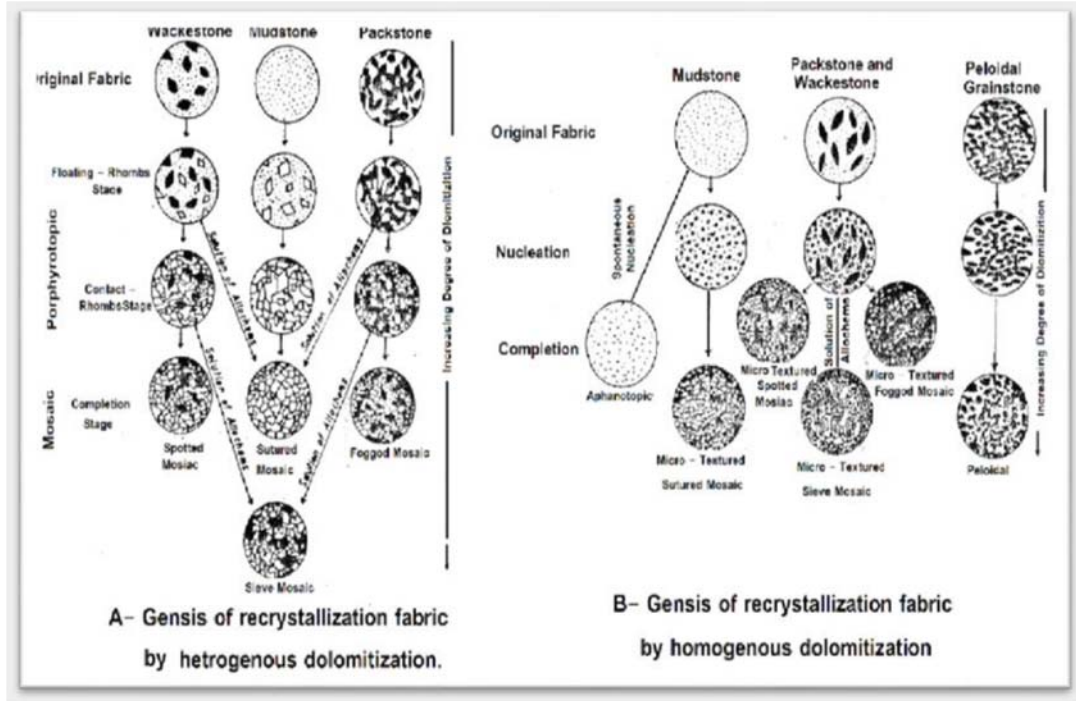
ومن خلال دراسة الشرائح الصخرية الرقيقة لتتابعات التكوين لوحظ تأثره بصورة قليلة بالانضغاط الفيزيائي، وشخصت في التتابعات السفلى من مقطع شيراسوار وفي التتابعات العليا من مقطع صندوق. اذ ميزت عملية رص الحبيبات والتي تؤدي الى تقارب الحبيبات وتماسها مع بعضها البعض نتيجة لتسليط الضغط عليها ومن ثم تتراكم وتتزاحم الحبيبات في مكان ضيق (لوحة 4-1).

هـ - الدلمة (Dolomitization) :

لصخور الدولومايت أهمية اقتصادية كبيرة أذ انها تؤلف اكثر من (50%) من الصخور الكربوناتية المكمية في العالم (Warren, 2000). وتعرف الدلمة بانها تلك العملية التي تتم خلالها إحلال ايون المغنسيوم (Mg) محل ايون الكالسيوم (Ca) في الترسيبات الكربوناتية (Tucker, 1992). وتنشط عملية الدلمة عادة في البيئات التحويرية التي تمتلك صخورها مياه ذات نسبة عالية من قيمة (Mg/Ca) ودالة حامضية قلوية وتجهيز جيد لكل من المغنسيوم و (CO₃) (Machel and Mountjoy, 1987)، وتحدث عملية الدلمة بمراحل اما مترامنة مع الترسيب اومبكرة اومتأخرة بعد الترسيب (Kaldi and Gidman, 1982). وتشير العديد من الدراسات الى ان الدولومايت في الغالب يكون ذو نشأة تحويرية، وقد يكون اولي الترسيب كما في البيئات اللاكونية والبحيرية عالية الملوحة.

تشير نتائج الدراسة البتروغرافية الحالية الى وجود تباين في دلمة تتابعات تكوين خورماله، حيث تتشكل العديد من انسجة الدولومايت المختلفة. وهناك العديد من الأنظمة التصنيفية لانسجة الدولومايت للعديد من الباحثين ومنهم: (Randazzo and Zachos, 1984; Gregg and Sibley, 1984; Sibley and Gregg,

الحجم والشكل البلوري للدولومايت. ففي الدراسة الحالية فقد تم الاعتماد على تصنيف (Randazzo and Zachos, 1984) (شكل 3-3) . لتصنيف انسجة الدولومايت وعلى النحو المبين في ادناه:



شكل (3-3) يوضح تصنيف (Randazzo and Zachos, 1984).

1. النسيج الموزائيكي المنخلي Sieve Mosaic Texture

يتصف هذا النسيج بوفرة مسامية ما بين البلورات والمسامية القالبية، وتتصف بلوراته بأنها تكون كاملة الى ناقصة الاوجه وذات حافات وتراص ضعيف. ترتبط نشأة هذا النسيج عادة بالدلمة المتأخرة لسحنة الحجر الجيري الواكي / المرصوص (Randazzo and Zachos, 1984) ويعتبر هذا النسيج من الانسجة الشائعة جدا في صخور تكوين خورماله (لوحة 4-2).

2. النسيج الموزائيكي الدرزي Suture Mosaic Fabric

يتميز هذا النسيج بتراطيب بلوراته الدولوماتية والتي تكون في الغالب عديمة الأوجه البلورية وذات ترص عال ومسامية بينية قليلة او معدومة، وطبقا (Randazzo and Zachos, 1984)

تشكل مثل هذا النسيج يرتبط عادة بالدلمة المتأخرة لسحنة الحجر الجيري / الواكي / المرصوص التي ترافقها في الغالب أذابة المكونات الهيكلية . وقد شخص هذا النسيج في تتابعات تكوين خورماله (لوحة 4-3) .

3. النسيج الموزائيكي المبقع (Soptted Mosaic Fabric)

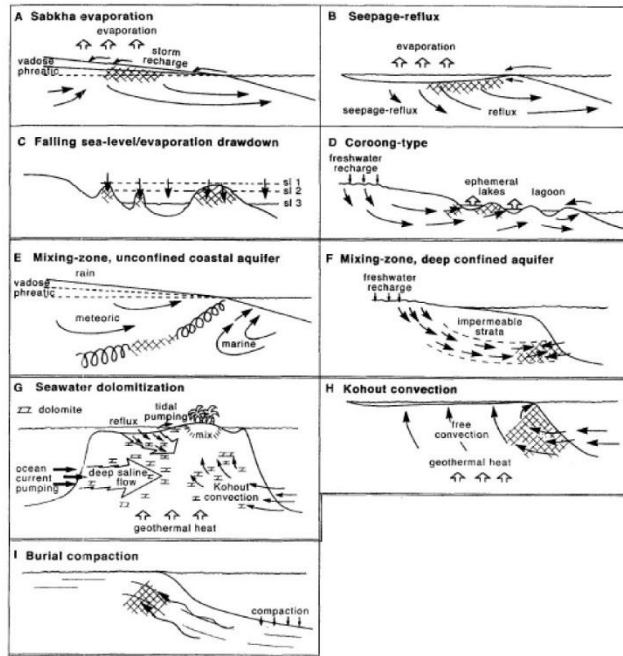
يظهر هذا النسيج بهيئة بقع مبعثرة الانتشار من بلورات الدولومايت التي تكون ناعمة الى ناعمة الحجم جدا ضمن أرضية من موزائيك من بلورات الدولومايت الخشن. ويعزى تشكل هذا النوع من النسيج الولومايتي الى الدلمة غير المتجانسة لسحنات الحجر الجيري الواكي (Randazzo and Zachos, 1984). وقد تم تمييز هذا النوع من النسيج في تتابعات تكوين خورماله (لوحة 4-4) .

4. النسيج الموزائيكي الضبابي Fogged Mosaic Fabric

يظهر هذا النسيج على شكل توزيع غير منتظم لمعينات الدولومايت المتباينة الاحجام بسبب الدلمة غير المتجانسة لسحنة الحجر الجيري المرصوص. فالدلمة سوف تاتي على أرضية السحنة وحببياتها معا فتعمل على تشويه انسجة الحبيبات الداخلية والخارجية مما يؤدي الى صعوبة تشخيصها تحت المجهر (Randazzo and Zachos, 1984) تم تشخيص هذا النوع من النسيج ضمن تكوين خورماله في مقاطع الدراسة (لوحة 4-5).

هنالك العديد من الموديلات المفسرة لكيفية حصول عملية الدلمة، مثل موديلات المزج (Mixing) والتسرب التراجعي (Seepage Reflux) والضخ التبخري (Evaporation Pumping) والدلمة تحت السطحية (Subsurface) الناجمة عن محاليل الضغط والحرارة وغيرها (Flügel, 2010) (شكل 3-4). وتشير الشواهد الحقلية و المختبرية الى ان موديل المزج هو من اقرب الموديلات لتفسير عملية الدلمة في صخور تكوين خورماله. يعد هذا الموديل من اهم الموديلات التي تفسر نشوء عملية الدلمة، إذ يتضمن هذا الموديل امتزاج المياه البحرية مع المياه العذبة او الجوية (Meteoric Water) بنسبة (30%-5) حيث تتكون بيئة جيوكيميائية ملائمة لعملية الدلمة (Badiozamane, 1973; Ward and Halley, 1985) . اذ ان المياه العذبة المشبعة بغاز (CO₂) المذاب وعند امتزاجها مع مياه البحر يتولد خليط من المياه التي تكون لها القدرة على إحلال المغنسيوم عوضا عن الكالسيوم وتكوين معدن الدولومايت. أشار

(Ward and Halley, 1985) الى ان ارتفاع مستوى البحر وانخفاضه يعد مهما في عملية الدلمته، حيث ان انخفاض مستوى سطح البحر يهيئ ظروفًا ملائمة لخلط دقات من المياه العذبة مع المياه البحرية (Warren, 2000). يستخدم هذا الموديل عادة في تفسير تكون الدولومايت في البيئات تحت المدية حيث يتشكل الدولومايت فيها بصورة مبكرة وقريبا من السطح ولا يترافق الدولومايت في هذا الموديل مع معادن المتبخرات (Badiozamane, 1973). ان جميع الأدلة الحقلية ونتائج التحليل السحني تشير الى ملائمة هذا الموديل لتفسير الية الدلمته في معظم صخور تكوين خورماله المتدلمته أذ تمتاز صخور التكوين باحتوائها على المسامية القالبية ومسامية الفجوات والسمنت الدروزي فضلا عن عدم ترافق المتبخرات مع صخور التكوين.



شكل (3-4) انواع موديلات الدلمته عن (Flugel, 2010)

و - المعادن موضعية النشأة (Authigenic Minerals)

تتميز المعادن موضعية النشأة بأنها تتكون في مكانها ومنها معدن الباييرايت، ويتكون هذا المعدن تحت ظروف بيئة اختزالية سببها تحلل المواد العضوية بعد دفنها، حيث يرافق ذلك تحرر الهيدروجين الذي يتفاعل مع الكبريت الموجود ضمن المواد العضوية مكونا غاز كبريتيد الهيدروجين وتكوين الباييرايت بوجود مركبات الحديد (Chilinger et al., 1967) لوحظ الباييرايت

في صخور الدراسة الحالية اما في بعض حجرات اصداف الفورامينيفرا ويتكون هذا النوع في المراحل المبكرة من العمليات التحويرية او في الفراغات الموجودة ضمن الارضية المكريتية (لوحة 4-6). ادناه الشكلين (3-5) و (3-6) يوضحان توزيع المكونات الهيكلية و غير الهيكلية و العمليات التحويرية في مقطع الدراسة.

Period	Epoch	Formation	Thickness (m.)	Lithology	Sample no.	Facies	Skeletal Components					Non Skeletal Components				Diagenesis Processes			
							Rotalid	Miliolid	Pelecypoda	Bryozoan	Chlorophyta	Oolite	Peloid	Intraclasts	Extracclasts	Cementation	Dissolution	Dolomitization	Neomorphysim
Paleogene	Paleocene - Early Eocene	Kolosh	52		32	CSL													
		Khurmala	50		30	W1		*	*							*	*	*	*
			48		29											*	*	*	*
			46		28											*	*	*	*
			44		27											*	*	*	*
		Kolosh	42																
			40																
			38																
			36																
			34																
			32																
			30																
			28																
			26		26				*		*	*				*	*		*
			24		24														
		Khurmala	22		22	W1		*		*									
			20		21														
			18		20									*		*			
			16		19														
		Kolosh	14		18	P1													
			12		17														
			10		16														
			8		15														
		Khurmala	6		14	W3	*	*	*								*	*	*
			4		13												*	*	*
			2		12												*	*	*
			0		11												*	*	*
		Kolosh	52		10	W2					*					*	*	*	*
			50		9											*	*	*	*
			48		8											*	*	*	*
			46		7											*	*	*	*
		Khurmala	44		6	W1											*	*	*
			42		5												*	*	*
			40		4												*	*	*
			38		3												*	*	*
		Kolosh	36		2	M1		*	*								*	*	*
			34		1												*	*	*
			32		0												*	*	*
			30		0												*	*	*

الشكل (3-5) توزيع المكونات الهيكلية و غير الهيكلية و العمليات التحويرية في تكوين خورماله / مقطع صندوق

الشكل (3-6) توزيع المكونات الهيكلية و غير الهيكلية و العمليات التحويرية في تكوين خورماله / مقطع شيراسوار



الفصل الرابع

التحليل السحني



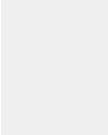
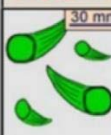
الفصل الرابع

التحليل السحني

Facies analysis

1-4 تمهيد

ازداد الاهتمام بموضوع السحنات الدقيقة وتحليلها منذ نهاية القرن الماضي، فقد استخدم التحليل السحني الدقيق (Microfacies analysis) في استنتاج البيئات الرسوبية الدقيقة والتي يعتمد عليها في بناء الموديل الرسوبي لأي تكوين. تعرف السحنة على أنها أصغر وحدة صخرية يتم من خلالها تقديم وصفا صخاريا وحياتيا لأي تتابع رسوبي، بحيث يمكن استنباط البيئة الرسوبية منها (Friedman and Sanders, 1978)، أو تعرف على أنها طبقة أو أحد أجزائها والتي تمتلك مواصفات صخرية وحياتية تميزها عن بقية الأجزاء (Miall, 1985). تم الاعتماد في هذه الدراسة على تصنيف (Dunham, 1962) والمعدل من قبل (Embry and Klován, 1971) في تسمية السحنات الدقيقة (شكل 4 - 1). وفيما يأتي عرض للسحنات الدقيقة الرئيسة والثانوية والسحنات الصخرية الحقلية (شكل 4-2) و(4-3) التي يمكن تمييزها في الدراسة الحالية :

Depositional texture recognizable				Depositional texture not recognizable	
Components not bound together during deposition				Components were bound together during deposition	
Contains carbonate mud (clay / fine silt)		Lacks mud and is grain supported			
Mud supported			Grain supported		
Less than 10% grains	More than 10% grains				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline
5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
					
Floatstone (large grains)		Rudstone (large grains)		Framestone	
30 mm		30 mm		30 mm	
					
				Bindstone	
				Bafflestone	

شكل (1-4): تصنيف (Dunham, 1962) والمعدل من قبل (Embry and Klován, 1971) المستخدم في تسمية السحنات الدقيقة والصخرية

1-1-4 سحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة (M)

1. Lime Mudstone Microfacies (M)

تعد هذه السحنة من السحنات ذات الانتشار الواسع ضمن تتابعات تكوين خورماله وتتألف هذه السحنة أساساً من المكرايت مع وجود نسبة قليلة من الحبيبات التي لا تتعدى حاجز الـ (10%) من نسبة مكونات السحنة ككل. تتألف هذه الحبيبات من الهياكل التي تعود للفورامينيفرا القاعية وفأسية القدم ومن الكسارات الاحيائية. ويظهر تأثير العمليات التحويرية الشديد في هذه السحنة خصوصاً الدلمة وتقسم هذه السحنة الى سحنتين ثانويتين حسب نوعية الحبيبات فيها، كما يأتي :

1-1-1-4 سحنة الحجر الجيري الطيني المستحاثي - الدملقي الثانوية الدقيقة (M1)

Peloidal- Fossiliferous Lime Mudstone Submicrofacies (M1)

يبلغ سمك هذه السحنة (2) متراً تقريباً وتمتاز هذه السحنة بشيوع متحجرات فأسية القدم (1%) والفورامينيفرا القاعية (Miliolid) (3%) والدمالق Peloid التي تصل نسبتها الى (2%) (لوحة 4-7). أما الأرضية فتكون مؤلفة من المكرايت الذي يتحول في بعض أجزاء السحنة الى المايكروسبار. وتعد عملية الاذابة من العمليات التحويرية المهمة إذ تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل مسامية الفجوات و المسامية القالبية (Vuggy and Moldic porosity). فضلاً عن عمليات التشكل الجديد (إعادة التبلور) والدلمة حيث تم تمييز النسيج المنخلي والنسيج المبقع و النسيج الموزائيكي الدرزي.

الصفات العامة لهذه السحنة تشابة الصفات العامة للسحنة القياسية (SMF-16) والنطاق السحني (Fz-8) الموضوع من قبل (Flügel, 2010) ، حيث تترسب هذه السحنة في البيئات اللاكونية المحصورة خلف الحاجز.

2-1-1-4 سحنة الحجر الجيري المتدلمت الثانوية الدقيقة (M2)

Dolomitized Lime Mudstone Sub microfacies (M2)

تنتشر هذه السحنة في الاجزاء العليا من التكوين في مقطع شيراسوار فقط , يصل سمكها الى (3) أمتار. تمتاز هذه السحنة بندرة محتواها من الحبيبات الجيرية (باستثناء قطعتين الى ثلاث من المتحجرات المتدلمتة غير معروفة الأصل) فضلا عن وجود نسبة واطئة (1%) من الكوارتز الفتاتي والصوان المنتشرة في الأرضية المكرايتية التي تمتاز بتعرضها لعملية دلمتة شديدة (لوحة 4-8) . أذ تعد عملية الدلمتة من ابرز العمليات التحويرية المشخصة في هذه السحنة وتمتاز بشيوع نسيج الموزائيك الدرزي (Suture mosaic) ونسيج الفجوات (Vuggy Porosity). و بعض الفجوات مملوءة بالجبسوم.

الصفات العامة لهذه السحنة تشابة الصفات العامة للسحنة القياسية (SMF-23) والنطاق السحني (Fz-8-9) الموضوعه من قبل (Flügel, 2010) ، حيث تترسب هذه السحنة في بيئة المسطحات المدية.

2-1-1-4 سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة (W)

Lime Wackestone Microfacies (W)

تتألف هذه السحنة بصورة عامة من الحبيبات الجيرية وبنسبة تتراوح ما بين (10-50%) ضمن أرضية من المكرايت. حيث تتألف حبيبات هذه السحنة من أصداف الفورامنيفرا القاعية واللاوستراكودا والبرايزوا وبقايا الطحالب والمرجان فضلا عن الفتاتات الصخرية. وتقسم هذه السحنة وتبعا لنوعية محتواها الحبيبي الى اربع سحنات ثانوية هي:

1-2-1-4 سحنة الحجر الجيري الواكي المستحاثي الثانوية الدقيقة (W1)

Fossiliferous Lime Wackestone Submicrofacies (W1)

تنتشر هذه السحنة في تكوين خورماله في مقطع صندور فقط. يتراوح سمك هذه السحنة ما بين (1-6) أمتار. تتألف هذه السحنة من اصداف الفورامنيفرا القاعية (Miliolid) (10-35%) وفأسية القدم (5%) فضلا عن نسب واطئة من شوكيات الجلد والفتاتات الصخرية والدمايق بنسبة قليلة (لوحة 5-1). اما الأرضية فتتألف من المكرايت بالدرجة الأساس. اهم

العمليات التحويرية المؤثرة في هذه السحنة هي الاذابة حيث تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل مسامية الفجوات والمسامية القالبية ومسامية مابين الحبيبات ومسامية الكسور. فضلا عن عملية الدلمة حيث تم تمييز النسيج المنخلي والنسيج المبقع والضبابي والنسيج الموزائيكي الدرزي. وكذلك شخّصت عملية التشكل الجديد (إعادة التبلور للارضية المكرايتية) وعملية السمّنة حيث تم تمييز سمّنت الكالسايت الحبيبي الذي يملأ مصاريع مستحاثات فأسية القدم والسمّنت المتراكب بصريا.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعية من قبل (Wilson,1975,Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذه السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-18) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ8) الذي يمثل بيئة المنصة البحرية الداخلية (اللاكون المحصور).

4-2-1-2 سحنة الحجر الجيري الواكي الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (W2)

Bioclastic Lime Wackestone Submicrofacies(W2)

يبلغ سمك هذه السحنة تقريبا (4) أمتار وتنتشر في الأجزاء السفلى من التكوين في مقطع صندور، وتتألف هذه السحنة أساسا من الفتات الاحيائي الذي يمتاز عموما بأختلاف اشكاله واحجامه أذ تتراوح نسبتها مابين (20-45%)، ممثلة بكسارات اصدادف الفوامنيرا القاعية وفأسية القدم وشوكيات الجلد والاستراكودا وجميع هذه المكونات مطمورة في أرضية من المكرايت (لوحة 5-2). وان اهم العمليات التحويرية المؤثرة في هذه السحنة هي الاذابة حيث تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل المسامية الفجوات و المسامية القالبية ومسامية مابين الحبيبات، فضلا عن عملية الدلمة أذ تم تمييز النسيج المنخلي والنسيج المبقع و النسيج الموزائيكي الدرزي. وعملية التشكل الجديد (إعادة التبلور) والسمّنة حيث تم تمييز السمّنت الحبيبي.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعية من قبل (Wilson,1975, Flügel, 2004). نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-10) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-7) والذي يمثل بيئة المنصة الداخلية (البحر المفتوح).

4-2-1-3 سحنة الحجر الجيري الواكي الروتاليدي الثانوية الدقيقة (W3)

Rotalid Lime Wackestone Submicrofacies (W3)

تنتشر هذه السحنة في الجزء الوسطي من التكوين في مقطع شيراسوار والجزء السفلي من التكوين في مقطع صندور، ويتراوح سمكها ما بين (15 cm. – 120 cm.) سم في مقطعي شيراسوار وصندور.

تتميز هذه السحنة بانتشار كبير لأصداف الروتاليا Rotalid بنسبة تصل ما بين (15-25%) من مكونات السحنة ككل، فضلا عن تواجد الميوليد Miliolid والاوزتراكودا وشوكيات الجلد وفأسية القدم (لوحة 5-3). اما الأرضية تتألف من المكرايت بشكل أساسي. ان اهم العمليات التحويرية هي الازابة حيث تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل مسامية الفجوات و المسامية القالبية والتشكل الجديد (إعادة التبلور) والسمنتية حيث تم تمييز السمنت الحبيبي والدروزي.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010)، نلاحظ تشابه هذه السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF18) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ7-8) الذي يمثل بيئة اللاكون الرفي ذي التدوير المائي المفتوح ونطاق المنصة المقيدة.

4-2-1-4 سحنة الحجر الجيري الواكي الميوليدي الثانوية الدقيقة (W4)

Miliolid Lime Wackestone Submicrofacies (W4)

تنتشر هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار وبسمك نصف متر من الحجر الجيري الصلب. وتتألف هذه السحنة من اصداف الفوامنيفرا القاعية (Miliolid) بنسبة (15-40%) ومنها *Quinqueloculina*, *Triloculina* sp., *Spiroloculina* sp. و ال *Peneroplis* وفأسية القدم وشوكيات الجلد والطحالب الحمراء بنسبة (3%) تمتاز الميوليد بكبر حجمها (1mm.) وحفضها الجيد وكذلك وجود قطع كبيرة من (Pelecypod) (لوحة 5-1). اما الأرضية فتتألف من المكرايت بشكل أساسي. وان اهم العمليات التحويرية المشخصة في هذه السحنة هي الازابة أذ تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل المسامية الفجوات و المسامية القالبية ومسامية القنوات وما بين الحبيبات (Vuggy, Moldic ,

Channel and Interparticles porosity) . والتشكل الجديد (إعادة التبلور) حيث يتحول المكريات الى المايكروسبار والسمنتنة أذ تم تمييز السمنت الحبيبي و السمنت المتراكب بصريا والانضغاط الفيزيائي كذلك اكاسيد الحديد.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-18) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-8) والذي يمثل بيئة اللاكون الرفي ذي التدوير المائي المفتوح ونطاق المنصة المقيدة .

3-1-4 سحنة الحجر الجيري المرصوص (P)

Lime Packstone Microfacies (P)

تمتاز هذه السحنة بوفرة عالية من الحبيبات المتضاغطة مع بعضها البعض في وسط أرضية مكرياتية بنسبة واطئة. تمتاز السحنات المشخصة في تكوين خورماله بانتشارها القليل على الرغم من تنوع مكوناتها الحبيبة التي تتألف معظم حبيباتها من المكونات الهيكلية ولاسيما الفورامنيفرا القاعية وفأسية القدم والاستراكودا وقطع من الطحالب الخضراء والحمراء وشوكيات الجلد فضلا عن الفتاتات الصخرية والعضوية (Bioclasts). وبالإمكان تقسيم هذه السحنة الدقيقة الى ثلاث سحنات دقيقة ثانوية بالاعتماد على اختلاف مكوناتها الحبيبية هي :-

1-3-1-4 سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الأحيائي الثانوية الدقيقة (P1)

Bioclastic Lime Packstone Submicrofacies (P1)

تنتشر هذه السحنة في الجزء الوسطي من التكوين في مقطع صندوق فقط وبسمك يتراوح بين (3.5-9) أمتار. تتألف من كسارات تعود لاصداف من الفورامنيفرا القاعية وفأسية القدم والاستراكودا وقطع من الطحالب الخضراء والحمراء وشوكيات الجلد والبرايزوا فضلا عن تواجد نسبة لا تتجاوز (1%) من الفتاتات الداخلية والسرئيات (لوحة 5-5). اما الأرضية فتتألف من المكريات بشكل أساسي. وان اهم العمليات التحويرية في السحنة هي الاذابة حيث تم تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل المسامية الفجوات و المسامية القالبية مسامية مابين الحبيبات و القنوات (Vuggy, Moldic, Channel and Interparticle Porosity) . كما تتأثر السحنة

بعملية التشكل الجديد (إعادة التبلور) والسمنتنة أذ تم تمييز السمنت الحبيبي ، والسمنت المترابك بصريا والانضغاط الفيزيائي.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-10) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-7) والذي يمثل بيئة المنصة الداخلية (البحر المفتوح).

4-1-3-2 سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الصخاري الثانوية الدقيقة (P2)

Lithoclastic Lime Packstone Submicrofacies (P2)

تنتشر هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار بسمك (1) مترا تكون على شكل طبقة من الحجر الجيري المارلي رصاصي اللون الصلب. تتألف هذه السحنة من الفتات الصخرية (extraclast) والفتات العضوية وتصل نسبتها الى (70%) ومن كسارات اصداف الفوامنيفرا القاعية وفأسية القدم والاستراكودا وشوكيات الجلد (5-6). اما الأرضية تتألف من المكرايت بشكل أساسي. تظهر هذه السحنة نوعا من الترقق النحيف . وان اهم العمليات التحويرية هي الازابة حيث تم تشخيص نوع واحد من المسامية وهو مسامية القنوات Channel porosity وتتاثر السحنة بعملية التشكل الجديد (إعادة التبلور) والسمنتنة (السمنت الحبيبي)، والانضغاط الفيزيائي.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-4) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-3-4) والذي يمثل بيئة امام المنحدر والرصيف العميق.

4-1-3-3 سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (P3)

Bioclastic Lime Packstone Submicrofacies (P3)

تنتشر هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار بسمك (1) مترا وتظهر على شكل طبقة من الحجر الجيري المارلي الصلب. تتألف هذه السحنة من الطحالب الحمراء بنسبة (10%) وشوكيات الجلد والفورامينيفرا القاعية بنسبة (8%) والفتات العضوي بنسبة (30%) (لوحة 5-7). اما الأرضية فتتألف من المكرايت بشكل أساسي. وان اهم العمليات

التحويرية هي الاذابة اذ تم تشخيص المسامية القنوات والفجوات. كما تتأثر السحنة بعملية إعادة التبلور والسمنتية حيث تم تمييز السمنت المتراكب بصريا، و الانضغاط الفيزيائي.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحانات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2004) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-5) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-4) والذي يمثل بيئة المنحدر (Slope).

4-1-4 السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الحاملة للطحالب الحمراء (R)

Red Algal Bindstone Lithofacies (R)

تنتشر هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار فقط، وبسمك (150) سم حيث تتمثل هذه السحنة حقليا بشكل طبقة من الحجر الجيري الصلب الحاوي على الطحالب. حيث تتألف السحنة من الطحالب الحمراء (*Lithophyllum* sp.) بالدرجة الاساس وشوكيات الجلد والفورامينيفرا القاعية وفأسية القدم و الفتات العضوي والفتات الصخري بنسب واطئة (لوحة 5-8). اما الأرضية تتألف من المكرايت بشكل أساسي. وان اهم العمليات التحويرية المسجلة هي الاذابة حيث تم تشخيص مسامية القنوات، كما تتأثر السحنة بعملية إعادة التبلور والسمنتية (السمنت الحبيبي والسمنت المتراكب بصريا).

عند مقارنة هذه السحنة مع السحانات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2004) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-7) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ5) والذي يمثل بيئة (Platform margin reef).

5-1-4 السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C)

Coral Framestone Lithofacies (C)

تنتشر هذه السحنة في الجزء الأوسط من التكوين في مقطع شيراسوار بسمك (1) مترا على شكل طبقة من الحجر الجيري الصلب الحاوي على المرجان. تتميزت هذه السحنة بشيوع المرجان الذي يسود في السحنة مع القليل من كسارات اصداغ الفورامينيفرا القاعية وفأسية القدم التي تنتشر بين تفرعات المرجان (1-6) و (2-6) والسحنة متأثرة بعملية التشكل الجديد (إعادة التبلور) وعملية السمنتية.

عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-7) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-5) الذي يمثل بيئة حافة المنصة الحديدية (Platform margin reef).

6-1-4 السحنة الصخرية للستروماتولايت (A)

Stromatolitic Lithofacies (A)

تظهر هذه السحنة في الجزء العلوي من التكوين في مقطع شيراسوار فقط. وتكون على شكل طبقة من الحجر الجيري الصلب (1) مترا وبعض أجزاء الطبقة تحتوي على فجوات والمواد القيرية. تتألف السحنة من رقائق الطحالب التي تكون افقية الترتيب لكنها متعرضة الى عملية الدلمة القوية والشديدة بحيث يصب تراكيبها الداخلية تحت المجهر باستثناء بعض القطع (لوحة 3-6) و (4-6). اما الأرضية فتتكون من المكرايت بشكل أساسي. اهم العمليات التحويرية هي عملية الدلمة الشديدة أذ تم تميز النسيج الدرزي فضلا عن القليل من الفتاتات الخارجية والداخلية التي تترتب بشكل افقي مع وجود قطع من الكوارتز و الجبسوم الذي يملأ بعض الفجوات الصغيرة (فجوات عين الطير). عند مقارنة هذه السحنة مع السحنات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحنة مع السحنة القياسية الدقيقة (SMF-7) والمترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-5).

7-1-4 السحنة الصخرية للحجر الرملي الجيري الحاوي على التطبق المتقاطع (CSL)

Crossbedding Bearing Carbonate Sand Lithofacies (CSL)

تنتشر هذه السحنة في الجزء العلوي من التكوين في مقطع صندور فقط , وبسمك يصل الى (1) مترا حيث تتألف هذه السحنة من الحجر الجيري المتدلمت المتبلور الصلب الذي يحتوي على التطبق المتقاطع من نوع عظم السمكة (Herringbone cross-bedding). اذ تتألف هذه السحنة مجهريا بشكل أساسي من الفتاتات الداخلية (الفتاتات الحياتية) والخارجية وبنسبة تتراوح ما بين (2-40%) وبعض اصداف الفوامنيفرا القاعية غير معروفة الأصل وفتاتاتها. تتمثل الفتاتات الخارجية بالكوارتز الفتاتي والجيرت المنتشرة في الأرضية المكرايتية التي تمتاز بتعرضها

لعملية دلمتة شديدة حيث تعد عملية الدلمتة من ابرز العمليات التحويرية المشخصة في هذه السحنة وتمتاز بشيوع نسيج الموزائيك الدرزي (Suture mosaic) ونسيج الفجوات (Vuggy Porosity). فضلا عن تشخيص العديد من أنواع المسامية مثل المسامية الفجوات و المسامية القالبية و عملية التشكل الجديد (إعادة التبلور) حيث يتحول المكرايت الى مايكروسبار وكذلك تم تمييز السمنت الحبيبي وعملية الدلمتة حيث تم تمييز النسيج المنخلي والنسيج المبقع و النسيج الموزائيكي الدرزي.

اشارت العديد من الدراسات الى ان مثل هذه السحنة من الممكن ان تترسب في القنوات المدية ضمن البيئات تحت المدية الى البين مدية، والتي تقع تحت و فوق المد الواطي (Bogg, 1995)، هذه السحنة تترسب بفعل حمل القاع اثناء طور السرعة العالية للدورات المدية (High velocity phase of tidal cycle)، (Onuigbo, et al., 2012).

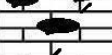
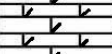
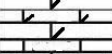
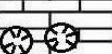
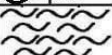
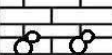
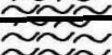
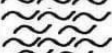
8-1-4 السحنة الصخرية للمدملكات الداخلية (CO)

Intraformational Conglomerate Lithofacies (CO)

تظهر هذه السحنة حقليا في مقطع شيراسوار فقط، بشكل طبقة يبلغ سمكها تقريبا 40 cm من المدملكات الداخلية (شكل 2-11 أ) ، عادة ما تتواجد هذه السحنة في الجزء العلوي من بيئات التحت مدية والبين مدية (Eren et al., 2002). عند مقارنة هذه السحنة مع السحانات القياسية الموضوعة من قبل (Wilson, 1975, Flügel, 2010) نلاحظ تشابه هذا السحانات المترسبة ضمن النطاق السحني (FZ-4) .

Period	Epoch	Formation	Thickness (m.)	Lithology	Sample no.	Facies	Description
Paleogene	Paleocene - Early Eocene	Kolosh					مارل هش ذو لون زيتوني فاتح
					33	CSL	حجر جبيري متدلتمت عالي الصلابة يحوي تركيب عظم السمكة
		Khurmala	52		32	W1	تتابع من الحجر الجبيري المتدلتمت عالي الصلابة الذي يحتوي على الفجوات في جزء العلوي
					31		
			50		30		
			48		29		
		Kolosh	46		28		تتابع من الحجر الرملي والطفل الاخضر يعود لتكوين كولوش
			44		27		
			42				
			40				
			38				
			36				
			34				
			32				
			30				
			28				
		Khurmala	26		26	P1	تتابع من الحجر الجبيري الصلب الذي يحتوي نوع من الترقق
			24		24		حجر جبيري صلب جدا
			22		22	W1	حجر جبيري متدلتمت عالي الصلابة ذو لون مصفر
			20		21	P1	تتابع من الحجر الجبيري ذي اللون الابيض عالي الصلابة
			18		19		
			16		17		
			14		15		
			12		13	W3	حجر جبيري ذو ملمس خشن يتميز باحتواءه على العقد الجبرية الكروية
			10		11		
			8		10	W2	تتابع يتألف من الحجر الجبيري و الحجر الجبيري المتدلتمت متوسط الصلابة وذو ملمس خشن يحتوي على الفجوات وتزداد صلابته نحو الاعلى
			6		9		
			4		8	W1	تتابع من الحجر الجبيري والحجر الجبيري المتدلتمت عالي الصلابة يحوي فجوات في جزء السفلي
			2		7		
		Kolosh	0		6	M1	حجر جبيري وحجر جبيري متدلتمت عالي الصلابة ذو ملمس خشن
					5		
					4		مارل هش ذو لون اخضر غامق

شكل (4-2) يوضح توزيع السحنات الدقيقة لتكوين خورماله في مقطع صندوق

Period	Epoch	Formation	Thickness (m.)	Lithology	Sample no.	Facies	Description		
Paleogene	M- Eocene	Gercus					طبقات من الطين و الرمل ذو لون بني محمر		
			Khurmala	13		15	A	تتابع يبلغ سمكه 3 متر يتألف من طبقات من الحجر الجيري المتدللت الصلب	
				14		14	M 2	سمك الطبقات يتراوح ما بين 40 الى 60 سم . بعض الطبقات تحتوي على مواد قيرية وفجوات (Vugs) مع احتمالية وجود الطحالب في الجزء العلوي	
				12		12			
				11		11			
				10		10	W3	تتابع يبلغ سمكه متر ونصف يتألف من المارل و المارلي لايمستون ذو اللون الرصاصي و احيانا الاصفر بشكل منطقي وسمك الطبقات ما بين (15 سم و 35 سم)	
				9		9			
				8		8	C	تتابع يبلغ سمكه 2 متر يتألف من الحجر الجيري الصلب يحتوي على المتحجرات و المرجان	
				7		7			
				6		6	CO	تتابع من المارل الهش ذو لون رصاصي	
				5		5			
				4		4			
				3		3			
				2		2	W4	طبقة بسمك نصف متر من المذملكات الداخلية التكوين تحتوي على تفرعات حيائية	
				1		1			
		0		0	R	تتابع يبلغ سمكه متر ونصف يتألف من الحجر الجيري الصلب ذو اللون الاصفر. تحتوي على اصداف الرخويات في الجزء السفلي			
									
		Kolosh	Kolosh						طبقة من الحجر الجيري الحاوي على الطحالب الحمراء بسمك 40 سم
							P3	تتابع يبلغ سمكه 2 متر يتألف من المارل الهش ذو اللون الاصفر في الاسفل والذي يتغير نحو الاعلى الى المارلي لايمستون باللون الى اللون الرصاصي	
							P2	تتابع من المارل الاخضر يعود لتكوين كولوش	

شكل (3-4) يوضح توزيع السحنات الدقيقة لتكوين خورماله في مقطع شيراسوار



الفصل الخامس البيئة الترسيبية



الفصل الخامس

البيئة الترسيبية

Depositional Environment

1-5 تمهيد: (Preface)

أهم الأهداف التي يسعى الباحث الجيولوجي الى تحقيقها هو التوصل الى استنتاج البيئة الترسيبية. تمثل البيئة الترسيبية المكان الذي تتجمع فيه الرواسب وتستقر. ان تفاعل مختلف العمليات الفيزيائية والكيميائية والحياتية ضمن أي راسب سوف يترك بصمة تشخيصية مميزة على هذه الرواسب، فالعوامل التكتونية وطبيعة المناخ وعمليات التعرية والتجوية ونقل الرواسب والعمليات التحويرية تلعب دورا اوليا في تحديد خصائص الصخور الرسوبية كالأنسجة والتراكيب الرسوبية. استندت الدراسة الحالية في استنتاج البيئة الرسوبية القديمة لتكوين خورمالة على معطيات عدة منها التحليل السحني لصخور التكوين وما ينضوي تحتها من دلائل بيئية.

2-5 الدلائل البيئية: (Environment Evidences)

تتطلب عملية استنتاج البيئة الرسوبية إتمام التحليل السحني أولا، وتشخيص أبرز الدلائل البيئية الرسوبية منها والحياتية التي تعكس ظروف البيئة الترسيبية. وفيما يأتي أبرز الدلائل الرسوبية والحياتية المشخصة والتي تم ربطها بالعمليات والظروف البيئية التي أسهمت في ترسيب تتابعات تكوين خورمالة :

1-2-5 الدلائل الرسوبية: (Sedimentological Evidences)

تشير الدراسة الحالية الى العديد من الأدلة الرسوبية المؤثرة في طبيعة البيئة الرسوبية لتتابعات تكوين خورمالة ومنها:-

1. تتألف أرضية الشرائح من المكرايت بشكل أساسي وهذا يدل على حصول العمليات الترسيبية في بيئة بحرية هادئة ذات طاقة ترسيبية واطئة (Flugel, 2004)، كما تم ملاحظة بقايا المكرايت ضمن الأرضية المتأثرة بالدملة وهذا يشير الى تشكل المكرايت ضمن مديات واسعة ممتدة من نطاق المسطحات المدية الى نطاق البيئة البحرية العميقة نسبيا (Randazzo and Zachos, 1984).

2. وجود الدمالق ضمن تتابعات التكوين في كلا المقطعين والتي تدل على البيئة المدية والتي تقع ضمنها بيئة البحيرات المحصورة (Flugel, 2004).
3. شيوع الدولومايت الدقيق التبلور في معظم تتابعات التكوين يعكس ظروف تضحل الشواطئ واحتمالية انكشافها للسطح بفعل عمليات المد والجزر مما مهد السبيل لخلق الظروف المساعدة لحصول عملية الدلمتة المبكرة، وما يعزز ذلك هو تشخيص انسجة الدولومايت التي تكونت بموديل الدلمتة الذي يعد من الموديلات الشائعة في البيئة تحت المدية والمدية (Warren, 2000)
4. تداخل طبقات الرواسب الفتاتية الهشة مع الطبقات الجيرية والجيرية المتدلمتة وما يرافقها من فتاتات من خارج حوض الترسيب يشير الى قرب المصدر المجهز للفتاتيات اللازمة لترسيب هذه الفتاتات في بيئة هادئة قليلة العمق نسبيا، مؤشرة بذلك على بيئة تحت مدية ضحلة نسبيا.
5. تشابه الصفات العامة للسحنات المشخصة مع السحنات القياسية عكست ترسيب التكوين ضمن طيف من البيئات الممتدة من بيئة المسطحات المدية الى نطاق الشعاب البانية للحيد.
6. وجود التطبق المتقاطع من نوع عظم السمكة يدل على بيئة القنوات القنوات المدية في البيئات تحت المدية الى البين مدية.
7. وجود السحنة الصخرية للمدملكات الداخلية يشير الى بيئة المنحدر او امام الحيد.

2-2-5 الدلائل الحياتية: (Biological Evidences)

تشير الدراسة الحالية الى وجود عدد من الأدلة الحياتية المؤشرة لطبيعة البيئة الترسيبية لتتابعات تكوين خورمالة، ويعد من ابرزها:-

1. هيمنة اصداف الفوامنيفرا القاعية على المكونات الهيكلية في بعض سحنات التكوين يدل على ترسيب تلك السحنات في بيئة بحرية ضحلة ذات طاقة معتدلة نسبيا. كما ان غلبة تواجد اصداف المليوليد والروتاليد على غيرها من اصداف الفومنيفرا القاعية في سحنات معينة يعكس وفقا لما ذكره (Flügel, 2010) ترسيب تلك السحنات في المنصة المعزولة ,

وحسب (Murry, 1973) فان ان عمق مياه تلك البيئة الترسيبية لتلك السحنات لا يتجاوز (50) مترا .

2. توارد اصداف جنس (*Peneroplis*) العائد للفوامنيفرا القاعية ضمن بعض السحنات يدل على ان بيئة لاكونية او بيئة قريبة من الساحل وباعماق لا تتجاوز حازر ال (30 مترا).

3. شيوع الطحالب الخضر في بعض سحنات التكوين يشير تبعا ل (Elliot, 1989) الى ترسيبها في بيئات بحرية ضحلة جدا لا تتجاوز اعماقها حازر العشرة أمتار ممثلة ببيئة المسطحات المدية.

4. وجود متحجرات الرخويات ولاسيما اصداف فأسية القدم والاستراكودا المشيرين الى بيئات الرصيف الضحلة المدية ولاسيما البيئة المدية (تحت مدية ومابين المدية).

5. تشخيص حطام البرايوزوا ضمن تتابعات التكوين يعطي مؤشرا على بيئة بحرية ضحلة (Milsom and Rigby, 2004)

6. وجود سحنة حاوية على المرجان يدل على بيئة بحرية ممثل ببيئة الشعاب المرجانية (Flügel, 2010)

3-5 البيئة الترسيبية و الموديل الرسوبي:

اعتمادا على السحنات المشخصة لتكوين خورماله من كلا المقطعين بتبين وجود اختلاف واضح بانواع السحنات المشخصة في كل مقطع، وقد يعزى هذا الاختلاف الى العوامل التكتونية والى الاختلاف في مستوى سطح البحر الذي يرافقه تغير كبير في طاقة التيارات البحرية والذي وضع بصماته الواضحة في سحنات التكوين (Qader, 2020). اعتمادا على التحليل السحني للتكوين والذي بين وجود تشابه في الصفات العامة لسحنات التكوين مع الصفات العامة للسحنات القياسية المثبتة من قبل فلوكل (Flügel, 2010)، تبين ان صخور التكوين ترسبت في طيف من البيئات الترسيبية حيث ان معظم السحنات تقع ضمن الانطقة السحنية الواقعة بين النطاق السحني التاسع (Fz – 9) ممثلا ببيئة المسطحات المدية الى النطاق السحني الرابع (Fz-4) ممثلا ببيئة المنحدر، والذي يظهر نمطا من التضحل في الحوض الرسوبي من اسفل التكوين الى اعلاه وكما مبين في الأتي:

1-3-5 بيئة المسطحات المدية Tidal Flat Facies

تتواجد سحنات هذه البيئة في الجزء العلوي من التكوين في مقطع صندور وبسمك يصل تقريبا الى (100) سم، ممثلة السحنة الصخرية للحجر الرملي الجيري الحاوي على التطبيق المتقاطع الكبير من نوع عظم السمكة. اذ تتالف هذه السحنة بشكل أساسي من الفتاتات الداخلية (الفتاتات الحياتية) والخارجية مع بعض اصداف الفورامينيفرا القاعية. تشير الدراسات العديدة الى تطور وتشكل هذا النوع من التطبيق المتقاطع في العديد من الرواسب ويكون بطرق عدة مختلفة في العديد من البيئات ومنها بيئة المسطحات المدية (Tinterri, (intertidal-subtidal) (2011). ان التغيرات المستمرة في طاقة المد والجزر تؤدي دورا اساسيا في تكوين هذا التركيب الرسوبي (Mutti et al., 1985).

2-3-5 بيئة المنصة البحرية الداخلية (اللاكون المحصور - البحر المفتوح)

Platform Interior (Restricted lagoon to open marine)

تتمثل هذه البيئة بالنطاق السحني الثامن (Fz-8) والذي يمثل بيئة اللاكون المحصور و النطاق السحني السابع (Fz-7) ممثلا ببيئة البحر المفتوح. تعد هذه البيئة بيئة بحرية ضحلة وتقع خلف الجزر الحاجزية الرملية او الحديدية .بذلك تجعل البيئة اقل اتصالا بالبحر المفتوح وتمتاز هذه البيئات بسيادة سحنات الحجر الجيري الواكي (Hallam, 1981; Read, 1985; Flugel, 2010) تتمثل سحنات هذه البيئة في تتابعات تكوينات خورماله في مقطع صندور بالسحنات الثانوية ألاتية: سحنة الحجر الجيري الطيني المستحاثي الدملي (M1) وسحنة الحجر الجيري المتدلّمة الثانوية الدقيقة (M2) وسحنة الحجر الجيري الواكي المستحاثي (W1) وسحنة الحجر الجيري الواكي الحاوي على الفتاتات الحياتية (W2) وسحنة الحجر الجيري الواكي الروتاليدي (W3) وسحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوي على الفتاتات الحياتية (P1). اما في مقطع شيراسوار فتتمثل بالسحنات القياسية الثانوية التالية : سحنة الحجر الجيري الواكي الروتاليدي (W3) وسحنة الحجر الجيري الواكي المليونيدي (W4) . وتشغل سحنات هذه البيئة الجزء الاكبر من تتابعات تكوين خورماله في مقطع صندور بينما تشغل الجزء العلوي و اجزاء من الجزء الوسطي من التكوين في مقطع شيراسوار .

أكدت الدراسات العديدة أن السحنات التي تتألف بشكل كبير من الطين الجيري تشير الى ظروف بيئة ترسيبية ذات طاقة واطئة، وان احتواءها على الدمايق يشير الى ترسيبها في بيئات بحرية ضحلة ومنها البيئات الاكونية المحصورة (El-Azabi and El-Araby, 2007).

من جانب اخر فان شيوع الفورامنيفرا القاعية و خصوصا اجناس المليوليد والروتاليد وفناتاتها الحياتية يشير الى تواجدها في بيئة البحيرات الشاطئية ذات الأعماق الضحلة (Brasier, 1980). شيوع تواجد الفورامنيفرا القاعية من مجاميع المليوليد و الروتاليد يشير الى بيئة البحيرات الشاطئية الضحلة (Bathurst, 1971) و البحيرات الشاطئية المغلقة الواقعة خلف الشعاب (Ghose, 1977)، وذات عمق مائي اقل من (30 مترا) استنادا الى وجود أجناس المليوليد . إن التنوع الكبير في أجناس الفورامنيفرا القاعية ولاسيما المليوليد في هذه السحنات يعكس وبلا شك ظروف الازدهار ضمن بيئة بحرية ذات عمق اقل من (40 مترا) ومياه دافئة و ملوحة مرتفعة، اذ تعكس هذه الترسبات بيئة البحيرات الشاطئية المغلقة ذات الأعماق الضحلة (Hallock & Clenn, 1986 ;Brasier, 1980).

3-3-5 بيئة الحواجز الحيدية Reef Environment

تظهر سحنات هذه البيئة فقط في مقطع شيراسوار ضمن الاجزاء السفلية و الوسطى والعليا من التكوين ممثلة بالسحنة الصخرية للستروماتولايت (A) . والسحنة الصخرية للمدملكات الداخلية بسحنات الحجر الجيري المرصوص الحاوي على الفتات الصخري الثانوية (P2) وسحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوي على الفتات الحياتية و الطحالب الحمراء (P3) السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الحاملة للطحالب الحمراء (R) السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C) .

تتألف سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوي على الفتات الحياتية و الطحالب الحمراء من مكسرات الطحالب الحمراء و الفتات الصخرية الجيرية وشوكيات الجلد، وأهم مظاهر هذه الرواسب هو وجود الترقق النحيف في السحنة (P3) والذي ينتج بفعل الفرز الحجمي للفتات الحياتية المختلفة حجما التي تترتب بهيئة رقائيق متوازية والتي تترسب قريبة من جسم الحيد و باتجاه البحر المفتوح (Dabrio et al., 1981). تتكون هذه الرواسب غالبا بتأثير الأمواج و التيارات البحرية، فضلا عن تأثير الأحياء الحافرة، اذ تؤدي العوامل آنفة الذكر

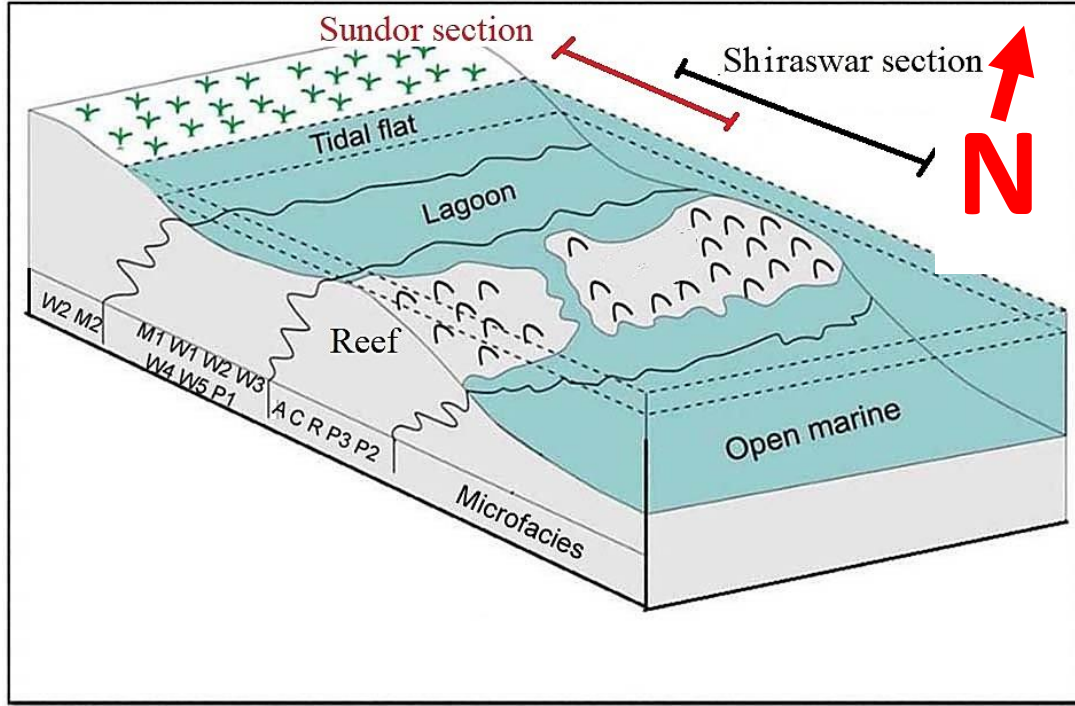
الى تعرية وتكسير الصخور الحديدية التي تنقل الى مناطق واجهة الحديد أو المنحدر، اذ تترسب هناك (Bathurst, 1971; James and Ginsburg, 1979). وتمثل هذه السحنة المرحلة الاولى من مراحل نمو الحديد والتي تدعى ب (Stabilization) (Scholle et al., 1983).

تعد الطحالب الحمراء (المتواجدة في السحنة R) اهم الكائنات البحرية التي لها الدور الاساسي في بناء الهيكل العام للحيود الطحلبية (Ghose, 1977)، مثل الحيود القديمة بعمر المايوسين في مالطا، والحيود الحديثة كما في منطقة ميرل في شمال شرق اطلنطا (Maerl-NE Atlantic)، وتبنى هذه الطحالب الحمراء عادة الحيود الطحلبية ضمن انطقة تمتد باتجاه البحر المفتوح، اذ تعمل على امتصاص معظم طاقة الأمواج البحرية ويعتمد ظهورها على العديد من العوامل الرئيسية كالعُمق المائي و موقعها من خط الاستواء (Bosence, 1983) ، يشير تواجد هذه الأنواع من الطحالب الحمراء (*Lithophyllum* sp.) في هذه السحنة الى بيئات حافة الحديد البحرية وأحياناً الأجزاء العميقة من بيئة وسط الرصيف (Ghose, 1977; Racz, 1979)، ضمن مناطق شبه استوائية دافئة تمتاز بعُمق مائي قليل لا يتجاوز (50 متراً) وطاقة مائية عالية. (Misra et al., 2001; Ghosh, 2002) . وربما تمثل هذه السحنة المرحلة الثانية من مراحل نمو الحديد والتي تدعى (Colonization).

من جانب آخر فان السحنة التي تتألف من المرجان في السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان، وتواجد الطحالب الحمراء مع القليل من كسارات اصداف الفورامنيفرا القاعية وفأسية القدم التي تنتشر بين تفرعات المرجان، فأن وجود الأحياء الملتصقة في هذه السحنة التي تكون لها القابلية على بناء هياكل كلسية (المرجان و الطحالب الحمراء) مع وجود الأحياء المرافقة للسحنة (الفورامنيفرا القاعية و شووكيات الجلد والرخويات) يشير الى تطور الحديد المرجاني لربما في البحيرات الشاطئية، او ينمو حيد كامل فيما اذا كانت الظروف ملائمة لتطوره و بجميع مراحلها الاربعة عند حافة المنصة البحرية. ان البقع الحديدية تكون صغيرة ومنفصلة عن بعضها البعض وقليلة السمك يصل سمكها الى عدة امتار ارتفاعاً (Selley, 1976)، وعادة ما تنمو هذه الحيود المرجانية على قاعدة (ركام ضحل) تتألف من حطام الطحالب الحمراء و شووكيات الجلد و الفتاتات الصخرية التي تكون أرضية يستقر عليها المرجان (Al-Qayim, 1995) في بيئة تمتاز بأعماق مائية لا تتجاوز (50 متراً)، ذات مياه دافئة،

ضمن منطقة الرصيف الداخلي أو عند حافة المنصة البحرية باتجاه البحر المفتوح (Checconi et al., 2007).

مما تقدم يتضح ان تكوين خورماله في مقطع صندور قد ترسب في بيئة بحرية ضحلة نوعا ما تمتد من اعلى التكوين الى اسفله من بيئة المسطحاب المدية (البيئات بين المدية الى التحت مدية) في اعلى التكوين مرورا ببيئة اللاكون الى بيئة البحر المفتوح ضمن المنصة البحرية الداخلية، مشيرة الى التضحل في الترسبات البحرية نحو اعلى التكوين، من دون تطور اي نوع من الترسبات تمثل البيئة الحديدية. اما السحنات المشخصة في التتابعات الكربوناتيية في مقطع شيراسوار فتعكس ترسيبها خلال طيف من البيئات ممتدة من اسفل التتابعات الى اعلاها ومتمثلة ببيئة الحيد مرورا ببيئة المنصة البحرية الداخلية (البحر المفتوح و اللاكون). مما تقدم ونتيجة للاختلاف في السحنات الصخرية المشخصة في مقطع شيراسوار فقط والتي تختلف كليا عن السحنات المشخصة في مقطع صندور، يتضح انه لايمكن البت نهائيا بكون كلا التتابعين الصخريين هما للتكوين نفسه وهو تكوين خورماله. وانما السحنات المشخصة في مقطع شيراسوار هي تشابه في محتواها وموقعها الترسيبي سحنات تكوين سنجار. حيث ان اغلب السحنات المشخصة في العديد من الدراسات السابقة لتكوين سنجار ومنها دراسات (Al-Haj and Al-Hamdani, 2005; Daoud, 2009; Barzani and Al-Qayim, 2021) في منطقة سنجار غرب الموصل و هزار ميرد و قزان جنوب غرب مدينة السليمانية و منطقة بري بهار في دهوك على الترتيب، كانت مشابهة لما تم تشخيصه في مقطع شيراسوار. وعليه نقترح تغيير تسمية التتابعات الكربوناتيية المنكشفة في مقطع شيراسوار من تكوين خورماله الى تكوين سنجار. ولعل موديل المنصات البحرية الكربوناتيية الحافية هو من انسب الموديلات التي توصف بيئة ترسيب التكوينين (شكل 5-1).



شكل (1-5) يوضح موديل المنصات البحرية الكربوناتية الحافية المقترح للدراسة الحالية



الفصل السادس

النتائج والاستنتاجات

والتوصيات



الفصل السادس

النتائج والاستنتاجات والتوصيات

6- 1 النتائج والاستنتاجات:

1. يظهر تكوين خورمالة الجيري في مقطع صندوق متلاصقا مع تكوين كولوش الفتاتي في جزئه العلوي، اما في مقطع شيراسوار، فإن حد التماس السفلي لتكوين خورمالة يتصف بالطبيعة التوافقية مع تكوين كولوش الواقع تحته وأن حد التماس العلوي لتكوين خورمالة مع تكوين جركس الذي يعلوه يكون متوافق ومتدرج صخاريا.

2. بلغ سمك التكوين في مقطع صندوق حوالي (53) مترا ، في حين بلغ سمكه في مقطع شيراسوار حوالي (13.4) مترا. ويتألف التكوين بشكل عام من طبقات من الحجر الجيري الصلب ذي الملمس الخشن والحجر الجيري المتدلمت الحاوي في بعض اجزاء التكوين على العقد الكروية الجيرية والتطبق المتقاطع كما في مقطع صندوق، فضلا عن احتواء بعض الطبقات الجيرية على المتحجرات والطحالب والمرجان كما في مقطع شيراسوار.

3. تتألف تتابعات التكوين من ثلاث سحنات رئيسة دقيقة طينية الدعم. وهي سحنة الحجر الجيري الطيني الدقيقة، سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة، سحنة الحجر الجيري المرصوص الدقيقة . وخمس سحنات صخرية وهي السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الحاملة للطحالب الحمراء (R) و السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C) و السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الطحلي (A) و السحنة الصخرية للحجر الرملي الجيري الحاوي على التطبق المتقاطع والسحنة الصخرية للمدملكات الداخلية (CO)، قسمت السحنات الدقيقة الثلاث الأولى بدورها وتبعا لمحتواها الحياتي الى تسع سحنات دقيقة ثانوية.

4. أوضحت الدراسة البتروغرافية تأثر صخور التكوين بالعمليات التحويرية ولا سيما عملية الدلمة فضلا عن تأثرها بعمليات الانضغاط والسمنتة والاذابة.

5. تشير نتائج التحليل السحني إلى أن التكوين ترسب في مجموعة متنوعة من البيئات الرسوبية تمتد من بيئة المسطحات المدية مورا عبر المنصة الداخلية ثم الى بيئات الشعاب

المرجانية، ومظهرة نوعا من التضحل في الحوض الترسيبي للتكوين من التتابعات السفلى الى التتابعات العليا للتكوين.

6. ان السحنات المشخصة في التتابعات الكربونائية المنكشفة في مقطع شيراسوار تختلف في غالبيتها عن تلك المشخصة في مقطع صندور وانها تعكس ترسيبها بيئة الحواجز الحديدية، مما يدعو الى تغيير تسمية تلك التتابعات الكربونائية المنكشفة في مقطع شيراسوار من تكوين خورماله الى تكوين سنجار.

2-6 التوصيات:

1. القيام بدراسات مستقبلية تتمثل بدراسة مكاشف تكوين خورماله في شمال و شمال شرقي العراق وربطها بالحركات التكتونية ضمن دراسة تجمع تخصصي الرسوبيات والتركيبية لفهم التاريخ الترسيبي للتكوين.



المصادر



المصادر العربية:

الحديدي, عبدالله سلطان, (1999) :طباقية الباليوسين – الايوسين لابرختارة من مناطق الشمال ,شمال غرب ووسط العراق , أطروحة دكتوراة غير منشورة , كلية العلوم , جامعة الموصل ,العراق, 161 صفحة

الدباغ, مها منيب محمد, (2010). الموديل السحني والرسوبي لتكوين خورماله (الباليوسين_الايوسين المبكر) في مكاشف مختارة من شمال العراق. رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة الموصل,كلية العلوم,144, صفحة.

العباسي , محمد وليد سعيد , (2005) : الطباقية الحياتية والبيئة القديمة لتتابعات الأيوسين الأعلى – المايوسين الأوسط في طيتي عين الصفرة وبعشيقه , شمال العراق , رسالة ماجستير غير منشورة, كلية العلوم ,جامعة الموصل , 83 صفحة

العيسى, مروان إدريس سلطان, (1983). دراسة منخريات وبيئة ترسيب مستحاثات تكوين خورماله- منطقة شقلاوة, رسالة ماجستير غير منشورة, كلية العلوم , جامعة الموصل, 154 صفحة

شذايا, حنان فرج, (1980): دراسة التطبيق الحياتي " البايوستراتغرافي " لتكوين سنجار , رسالة ماجستير غير منشورة, كلية العلوم , جامعة بغداد, 99 صفحة.
عباوي ,طارق صالح ,: نادر, عامر داؤد: وخلف, صالح خضر (2000): علم المتحجرات الدقيقة, دار الكتاب للطباعة والنشر بجامعة الموصل , 416 صفحة

كريم, جنار عزيز, (2009). طباقية وأحاثية تكوين خورماله (الباليوسين _ الأيوسين السفلي) في منطقة شقلاوة - شمال العراق. رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة الموصل, كلية العلوم, 102, صفحة .

لاوه, فاضل احمد أمين, (1983). الدراسة الطباقية لتكوين عقرة الجيري في مقطعه النموذجي, رسالة ماجستير غير منشورة, كلية العلوم,جامعة السلیمانیة145, صفحة.

ملك, زيد عبدالوهاب, (2011). دراسة رسوبية لتتابعات الباليوسين _الايوسين في مناطق مختارة من شمال العراق. أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة الموصل ، كلية العلوم 211 صفحة.

المصادر الأجنبية:

Abdul-Muniem, A. and Said, V. K., (1979) Micro – macropaleontology and larger forms of tische Cretaceous and Tertiary sediments of Erbil – Shaqlawa – Koisanjaq – Raider area North – Iraq: Direct, General Geology Survey & Mineral Investigation, Baghdad, Unpublished report, 109P.

Agha, M, T., Numan, N. S., and Malala, K., (1978) Field guide for the geology of Duhok and Sinjar Area: Geo. Soc. Iraq., 5th Iraqi Geol. Cong., Baghdad.

Al-Alawi, M. N. T., (1980) Structural Study of Upper Cretaceous and Tertiary Successions in Jebel Bekhair, Dohuk area, North Iraq, Unpublished M.Sc. Thesis, Mosul Univ., Iraq, 203P.

Al-Banna, N. Y., Al-Mutwali, M. M. and Al-Ghrear, J. S., (2006) Facies analysis and depositional environment of Khurmala Formation in Bekhair anticline – Duhok area, North Iraq. Iraqi Journal of Earth Science, 6, (2), 13-22

Al-Haj, M. A. and Al-Hamdani, A. M., (2005), New Outlook for the Stratigraphy of Sinjar Formation (Paleocene- Early Eocene) in Sinjar Anticline Northwestern Iraq. Rafidain Journal of Science, 16 (3), 51-64.

Al-Hashimi, H. A. J. and Amer, R. M. (1985) Tertiary microfacies of Iraq, SOM. Baghdad, 48P. 159 plates.

- Al-Qayim, B., (1995) Sedimentary facies anatomy of Khurmala Formation Northern Iraq, Iraqi Geological Journal, 28, (1), 36 – 46.
- Al-Qayim, B. and Al-Shaibani, Sh. (1995) Lithostratigraphy of Cretaceous-Tertiary transect Bekhma Gorge, Northeast Iraq. Iraqi Geol. Jour., 28, (2), 127- 136
- Al-Sakry, S. I., (2006) Sequence Stratigraphy of the Paleocene Lower Eocene Succession, Northeastern Iraq, Unpublished Ph.D. thesis, Baghdad University, 240P.
- Al- Siddiki, A., (1968) Stratigraphy and microfacies of Sinjar Formation, Unpublished M.Sc. Thesis, Baghdad University, 118P.
- Amthor, J. E. and Friedman, G.M. (1991) Dolomite – rock textures and secondary porosity development in Ellenburger Group carbonates (Lower Ordovician), west Texas and southeastern New Mexico; Sedimentology, 38, 343-362
- Aqrabi, A. A. M., Goff, J. C., Horbury, A. D. and Sadooni, F. N., (2010) The Petroleum Geology of Iraq. Statoil Scientific Press, 424 P.
- Asaad I. Sh., Al-Haj M. A. and Malak Z. A. (2022) Depositional Setting of Khurmala Formation (Paleocene-Early Eocene) in Nerwa section, Berat Anticline, Kurdistan Region, Northern Iraq Iraqi Geological Journal, 55 (1F), 20-39
- Asaad, I. Sh. and Balaky, S. M., (2018) Microfacies analysis and depositional environment of Khurmala Formation (Paleocene-Lower Eocene), in the Zenta Village, Aqra District, Kurdistan Region, Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 14, (2), 1-15

- Aziz, N.M., (2001) Some Ostracode of Family (Bairdiidea) From The Khurmala Formation (Middle Eocene) Shaqlawa area of Northern Iraq, Iraqi Journal of Earth Science , 1 , (2), 1 – 11.
- Badiozamani, K., (1973) The storage dolomitization model application to the middle Ordovician of Wisconsin. Journal of Sedimentary Petrology, 4 , 965 – 984
- Barzani, A. (2020) Lithostratigraphy and Microfacies analysis of the Khurmala Formation, Duhok area, Kurdistan Region, Iraq. Unpublished M.Sc. thesis. College of science. University of Sulaymani. 115P.
- Barzani, A. and Al-Qayim, B. 2021. Facies and stratigraphic associations of Sinjar and Khurmala Formation, Dohuk Area, Kurdistan Region, Iraq. Arabian Journal of Geosciences, 14, (3), 162-180
- Bathurst, R. G. C., (1975) Carbonate sediment and their diagenesis, development in sedimentology 12, 2 ed., Elsevier Pub. Comp., 658 p.
- Bathurst, R. G. C., (1971) Carbonate sediments and their diagenesis, developments in sedimentology 12: Amsterdam, Elsevier, 620P.
- Bellen, V. R. C., Dunnington, H. V., Wetzel, R. and Morton, D. M., (1959) Lexique Stratigraphique International. V. III, Asie, Fascicule, 10a, Iraq, Central National deal Recherches Scientifique, Paris, 333P.
- Blatt, H., (1982) Sedimentary petrology. W. H. Freeman and comp., San Francisco, 564P.
- Boggs, S., (1995) Principles of sedimentology and stratigraph. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 79- 93

- Boggs, S. Jr., (2006) Principles of sedimentology and stratigraphy. 4th ed., Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 662P.
- Bosence, D. W. J., (1983) Coralline algal reef frameworks. Journal of Geological Society, London. 140, 365 - 376.
- Brasier, M. D., (1980) Microfossils. George Allen and Unwin Ltd., London, 193P.
- Buday, T., (1980) The Regional Geology of Iraq: Stratigraphy and Paleogeography, Dar Al-Kutub Publ. House, Mosul, 445 P.
- Checconi, A., Bassi, D. and Passeri, L., (2007) Coralline red algal assemblage from the Middle Pliocene shallow-water temperate carbonates of the Monte Cetona (Northern Apennines, Italy). Facies 53(1), 57-66
- Chillingar, G. V., Bissell, H.J. and Wolf, K. H., (1967) The diagnosis of carbonate rock. In: Larsen, G. and Chillingar, G. V. (ed), Developments in sediments, Amsterdam, 179-322.
- Dabrio, C. J., Esteban, M. and Martin, J. M., (1981) The coral reef of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), almeria province, SE Spain. Journal of Sedimentary Petrology, 51, (2), 521 – 539
- Daoud, H., (2009), Microfossils and carbonate microfacies of Sinjar Formation, West of Sulaimaniya city, Kurdistan region, NE Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining. 5, (2), 13–28.
- Dunham, R. J., (1962) Classification of carbonates rocks according to the depositional texture. In: Ham, W. E. (eds.) Classification of carbonate rock. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1, 108 – 121.

- El-Azabi, M.H. and El-Araby, A., (2007) Depositional framework and sequence stratigraphic aspects of the Coniacian Santonian mixed siliciclastic/carbonate Matulla sediments in Nezzazat and Ekma blocks, Gulf of Suez, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 47, 179-202.
- Elliott, G.F., (1989) *Middle Eastern Fossil Dasyclad Algae*, British Museum (Natural History), British Museum, London, 111P.
- Embry, A. F. and Klovan, J. E., (1971) A late devonian reef tract on northeastern Banks Island. N. W. T.- *Bull. Canadian Petroleum Geology*, 19, 730 – 781.
- Eren, M.; Tasli, K. and Tol, N., (2002) Sedimentology of Liassic carbonate (Pirencik Tepe measured section) in the Aydinick (Icel) area, southern Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 20, 791-801.
- Flügel, E., (1982) *Microfacies analysis of limestone*. Christenson, K., (Translator) Springer – Verlag, Berlin, 633P.
- Flügel, E., (2004) *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin, 978P.
- Flügel, E., (2010) *Microfacies of carbonate rocks*, Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg. 976 P.
- Folk, R.L., (1959) Practical petrographic classification of limestones: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43, 1-38.
- Folk, R. L. (1965) Some aspects of recrystallization in ancient limestone , In : Pray, L. C. and Murray , R. (eds.) *Dolomitization and limestone diagenesis*, SEPM, Special Publish, 13, 14 - 48
- Fouad, S.F.A., (2015) *Tectonic Map of Iraq*. scale 1: 1000000, 3rd Edition, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Iraq, 11, (1), 1-7

- Friedman, G. M. and Sanders, J. E., (1978) Principle of Sedimentology. John Wiley and sons, New York, 792P.
- Friedman, G.M., (1964) Early diagenesis lithification in carbonate sediments, J. Sed. Petr., 34, 777-813.
- Friedman, G.M., (1959) Identification of carbonate minerals by staining methods. Journals of Sedimentary Research, 29 (2), 87-97
- Ghose, B. K., (1977) Palaeoecology of the Cenozoic reefal foraminifera and algae - a brief review, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 22, 231 - 256.
- Ghosh, A. K., (2002) Cenozoic coralline algal assemblage from southwestern Kutch and its importance in palaeoenvironment and palaeobathymetry. Current Science, 83, (2), 153 - 158.
- Gregg, J. M. and Sibley, D. F., (1984) Epigenetic dolomitization and origin of xenotopic dolomite texture. Journal of Sedimentary Petrology, 54, 908 – 931.
- Hallam, A., (1981) Facies interpretation and the Stratigraphic Record, Freeman & Company, Oxford, 291P.
- Hallock, P. and Clenn, E. C., (1986) Large foraminifera a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies, Palaios, 1, 55 – 64.
- James, N. P. and Ginsburg, R. N., (1979) The seaward margin of Belize Barrier and atoll reefs. morphology, sedimentology, organism distribution and quaternary history, International Association of Sedimentologists, Special Publish,3, 200P.
- Jassim, S. Z. and Buday, T., (2006) Middle Paleocene – Eocene megasequence, In: Jassim, S. Z., & Goff, J., C., (2006) Geology of

- Iraq. Published By Dolen, Prague and Moravian Museum, Brno.,155 - 168.
- Jassim, S. Z, and Goff, J. C. (2006) Geology of Iraq, Published by Dolin Prague and Moravian Museum, Brno, 341P.
- Jassim, S. Z. and Sissakian, V., (1978) Field Guide to the Geology of Salah Al-Din – Shaqlawa Area, North Eastern Iraq, Geol. Soc. Iraq. 5th Iraqi Geol. Cong., Baghdad. 25-33.
- Karim, K.H., Daud, H.S. and Kuradawy, A.R., (2018) Record of Khurmala Formation (Late Paleocene-Early Eocene) in the Sulaimani Governorate, Kurdistan Region, Northeast Iraq, IGJ ,51, (1).
- Kassab, I.I.M., (1978) Planktonic Foraminifera of the Subsurface Lower Tertiary of Northern Iraq, Jour. Geol. Soc. Iraq, 6,119-159.
- Kaldi, J. and Gidman, J., (1982) Early diagenetic dolomite cement an example from Permian lower Magnesian limestone of England and the Pleistocene Carbonate of the Bahama. Journal Sedimentology Petrology.52, 1073-1085.
- Kumar, A. and Seraswati, P., (1997) Response of Large foraminifera to mixed carbonate- siliciclastic environment ,Oligocene-Miocene ,India, paleoecology,136,.53-65
- Land, L.S., (1967) Diagenesis of Skeletal Carbonates, Jour. Sed. Petrology, 37, (3), 914-930.
- Longman, M. W., (1980) Carbonate diagenesis textures from near surface diagenetic environment. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin. 64, (4), 461 – 486.
- Machel, H. G. and Mountjoy, E. W., (1987) General constraints on extensive pervasive dolomitization and their application to the

- Devonian of western Canada. Canadian Petroleum Geology Bulletin, 35, 143 – 158.
- Mackenzie, F.T., (2005) Sediments, Diagenesis and Sedimentary Rocks, 7, Elsevier, 67-85.
- Miall, A. D., (1985) Principles of sedimentary basin analysis, Springer Verlag, Berlin 490P.
- Milliman, J. D., (1974) Marine Carbonates, Springer- Verlag, Berlin, 375P.
- Milsom, C. and Rigby S., (2004) fossils at a Glance, Blackwell publishing Oxford, 1-155
- Misra, P. K. , Jauhar, A. K. , Chowdhury, A. and Kishore, S., (2001) Palaeocene Rhodophycean algae from the Ninniyar formation of the Cau Verg Basin, Southern India. Palaeobotanist, 50, 311 - 339.
- Murray , J.W., (1973) Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids, Heinemann Educational Book , London – 274.
- Mutti E., Rosell J., Allen G.P, Fonnesu F. and Sgavetti M., (1985). The Eocene Baronia tide dominated delta-shelf system in the Ager Basin. In: Mila M. and Rosell, J. (eds.) 6th IAS European Regional Meeting, Field Trip Guide Book, 579-600.
- Moore, C. H. (2004) Carbonate reservoirs porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework. Elsevier, Amsterdam. 444 P.
- Onuigbo, E. N., Okoro, A. U., Obiadi, I. I., Akpunonu, E. O., Okeke, H. C. and Maduewesi, V. (2012) Tide-generated Sedimentary Structures, Lithofacies and Particle Size Distribution: Proxies to the depositional setting of the Ajali Sandstone in the Anambra Basin,

- Southeastern Nigeria. Journal of Natural Sciences Research. 2(6),100-112.
- Pettijhon, F. J. (1975) Sedimentary rocks, (3rd ed). Harper and Row, New York, 628 P.
- Qader P. O.,(2020) Stratigraphy microfacies and depositional environment of Oligocene Early Miocene successions at Sagma and Aj-Dagh structures, Kurdistan Region, Northeastern Iraq. In: Dissertation, Sulaimani University, Iraq,135 P.
- Racz, L., (1979) Palaeocene carbonate developments of Ras Alhamara, Oman. Bull. Cet. Rech. Explo. Prod. Elf-Aquitance 3 . 767-779
- Randazzo , A. F. and Zachos, L. G., (1984) Classification and description of dolomite fabrics of rocks from the Floridian aquifer. *Sedimentary Geology*, 37, 151 – 162
- Read, J. R.,(1985) Carbonate Platform Facies Models, AAPG., 69, (1), .1-21.
- Reeckmann , A., and Friedman , G. M. , (1982).Exploration for carbonate petroleum reservoirs: Jhon Wiley and Sons, New York,213P.
- Salih, A.L.M. (2013) Sedimentary of Sinjar and Khurmala Formation (Paleocene-lower eocene) in NorthernIraq .Unpublished thesis, University of Baghdad,Science college, 187 P.
- Saller, A.H. and Vijaya, S., (2002): Depositional and Diagenitic History of the Kerendoan Carbonate Platform, Oligocene, Central Kalimantan, Indonesia, Jour. Petroleum Geo.,25,(2), 123- 155.

- Scholle, P. A. , Bebout , D. G. and Moor, C.H., (1983): Carbonate deposition environments, AAPG. Memoir- 33, Tulsa, Okla., 703P
- Scholle, P.A., and Ulmer – Scholle, D.S., (2003). A Color Guide to Petrography of the Carbonate Rocks: Grains, Texture, Porosity, and Diagenesis Tulsa, Oklahoma, USA: AAPG Memoir 77, 474
- Selley, R. C., (1976): An introduction to sedimentology. *Academic Presses*, 2nd ed., London, 408 P.
- Selley, R. C., (2000) Applied sedimentology ,2nd ed,academic press, 523P.
- Sharbazheri, Kh. M. I., (2008) Biostratigraphy and paleoecology of Cretaceous/ Tertiary boundary in the Sulaimani region, Kurdistan, NE-Iraq. Unpublished Ph.D. Thesis, Sulaimani University,159 P.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B. Hall, S.H. Heward, A.P. Houbury, A.D. and Simmons, M. D., (2001): Arabian Plate Sequence Stratigraphy, Geo Arabia, Spec. Publ.,(2), Petroluk Manama, Bahrain, 371P.
- Shinn, E. A. (1983) Tidal flat, *In*: Scholle, P. A.; Bebout, D. G. and Moore, C. H., (eds.), Carbonate Depositional Environments, *American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 33, 172 – 210
- Sibley, D. F. and Gregg, J. M., (1987) Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Petrology*,57, 967 – 975
- Sissakian, V.K., and Al-Jibouri, B.S., (2012) Stratigraphy of the low folded zone. Iraq Bulletin of Geology and Mining, 5, 63-132
- Sissakian, V.K., and Youkhanna , R. , (1978) Report on regional geology mapping of Erbil – Shaqlawa – Koisanjaq – Raider area North-Iraq

- Direct, General Geology Survey & Mineral Investigation, Geology Department, Unpublished report. Sulaimani.115 P.
- Tinterri R., (2011). Combined flow sedimentary structures and the genetic link between sigmoidal- and hummocky-cross stratification. *GeoActa*,10, 43-85, Bologna.
- Tucker, M. E., (1982). *Sedimentary Petrology, An Introduction*, Blackwell Scientific publications,252 P.
- Tucker, M.E., (1992). Limestones through time. In: *Understanding the Earth, a New Synthesis* (Eds Brown, G.C., Hawkesworth, C.J. & Wilson, R.C.L.). Cambridge University Press, Cambridge; 347–363.
- Ward , W. C. and Hallay, R. B.,(1985) Dolomitization in a Mixing zone of Near-Sea water composition, Later Pleistocene, Northeastern ,Yucatan peninsula .*Jour. of Sed. Petrology*,55,(3),407-420
- Warren, J., (2000) Dolomite: Occurrence, evolution, and economically important association, *Earth Science Reviews*, 52, 1- 81.
- Wilson, J. L., (1975) *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, New York, 475 P.



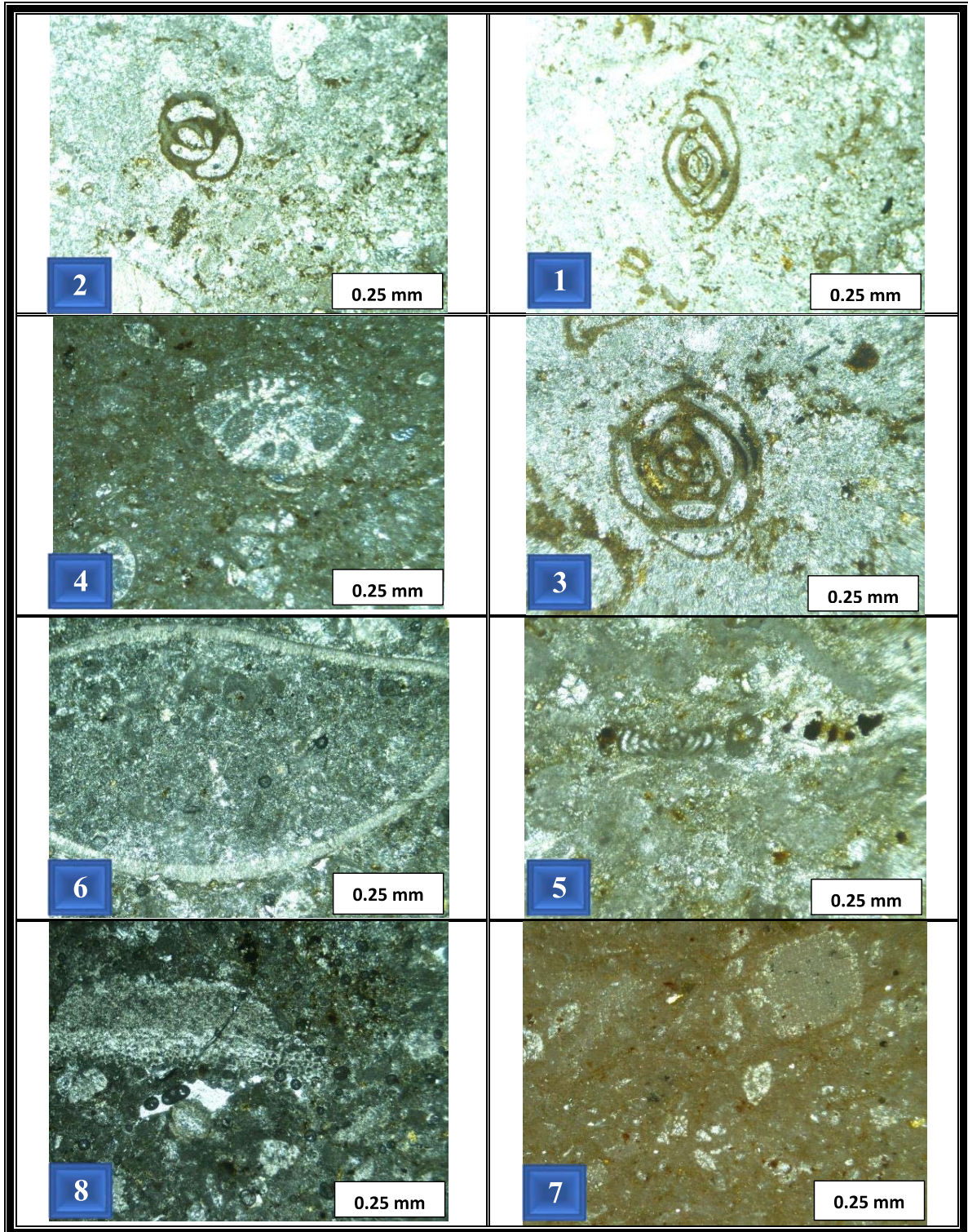
اللوحات



لوحة (1)

- (1-1) صدفـة الفورامنيفرا القاعية تعود للجنس *Spiroloculina* والذي يتواجد في تكوين خورمالـة ضمن مقطع شيراسوار، النموذج 5.
- (2-1) صدفـة تعود للفورامنيفرا القاعية الجنس *Triloculina* والذي شخص في تكوين خورمالـة ضمن ضمن مقطع شيراسوار، النموذج 5.
- (3-1) صدفـة تعود للفورامنيفرا القاعية الجنس *Quinqueloculina* والذي شخص في تكوين خورمالـة ضمن مقطع شيراسوار، النموذج 5.
- (4-1) صدفـة تعود للفورامنيفرا القاعية *Rotalids* والذي شخص في تكوين خورمالـة ضمن مقطع صندور، نموذج 12.
- (5-1) صدفـة تعود للفورامنيفرا القاعية الجنس *Peneroplis* والذي شخص في تكوين خورمالـة ضمن ضمن مقطع شيراسوار، النموذج 5.
- (6-1) صدفـة لفأسية القدم *Pelecypod* والذي يتواجد في تكوين خورمالـة ضمن مقطعي الدراسة. نموذج 26 في مقطع صندور.
- (7-1) صورة توضح الفتاتات الحياتية التي تعود للفورانيفرا القاعية والتي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندور، نموذج 9.
- (8-1) صورة توضح الحزازيات (*Bryozoa*) التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطع صندور، نموذج 21.

اللوحة الأولى



اللوحة الثانية

(1-2) صورة توضح المرجان (Coral) التي شخصت في صخور التكوين في الجزء الأوسط في مقطع شيراسوار . نموذج 7.

(2-2) صورة توضح الطحالب الخضراء التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. نموذج 25، مقطع صندور .

(3-2) صورة توضح الطحالب الحمراء (Rhodophyta) التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطع شيراسوار . نموذج 3.

(4-2) صورة توضح شوحيات الجلد (Echinodermata) التي شخصت في صخور التكوين في مقطع شيراسوار . نموذج 9.

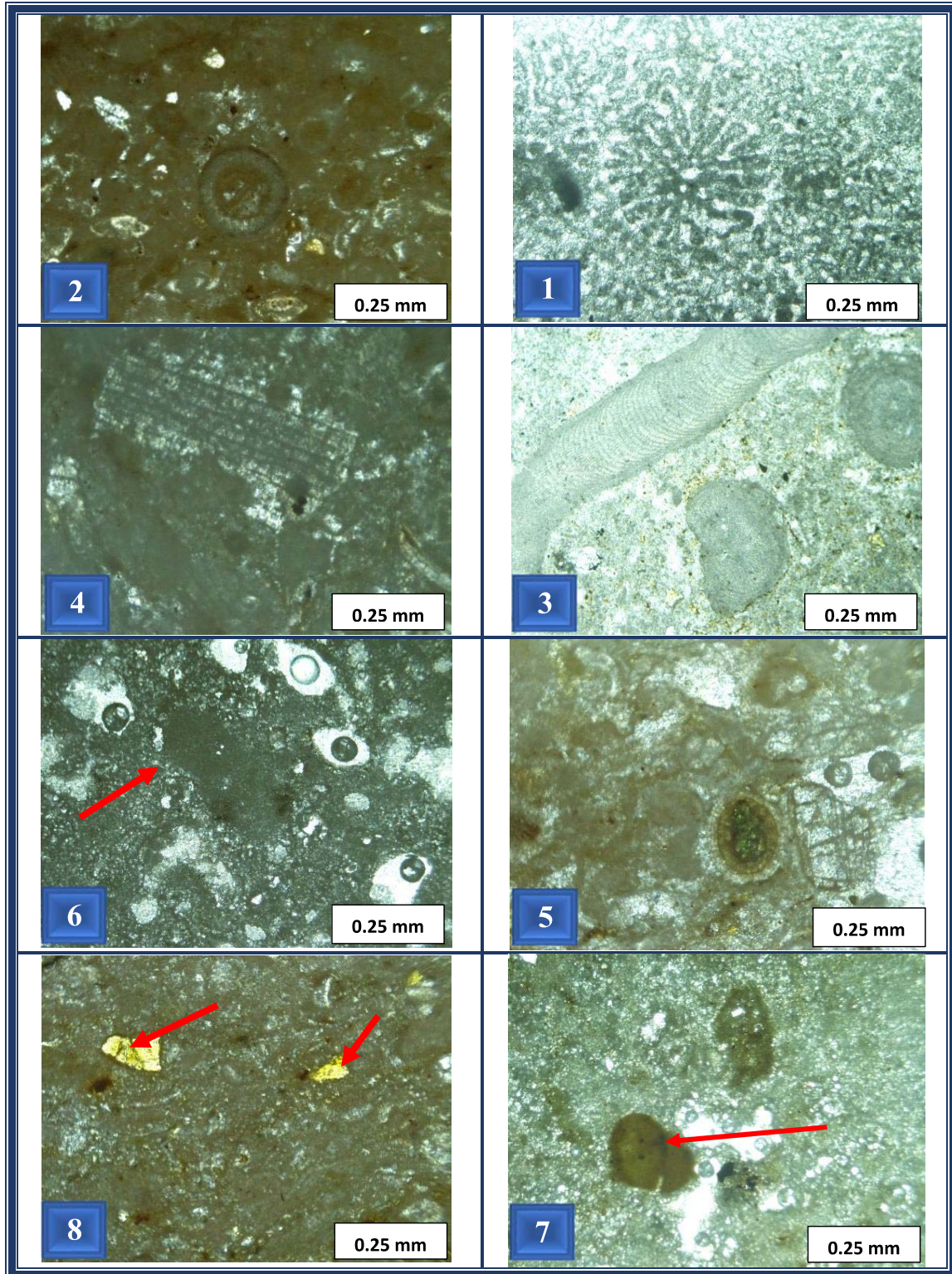
(5-2) صورة توضح السرئيات (Oolites) التي شخصت في صخور التكوين في مقطع صندور . نموذج 25.

(6-2) صورة توضح الدمالق (Peloids) التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. نموذج 3 في مقطع صندور .

(7-2) صورة توضح الفتات الداخلي (Intraclasts) التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. نموذج 20، مقطع صندور .

(8-2) صورة توضح الفتات الخارجي (Extraclasts) التي شخصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. نموذج 1، مقطع شيراسوار .

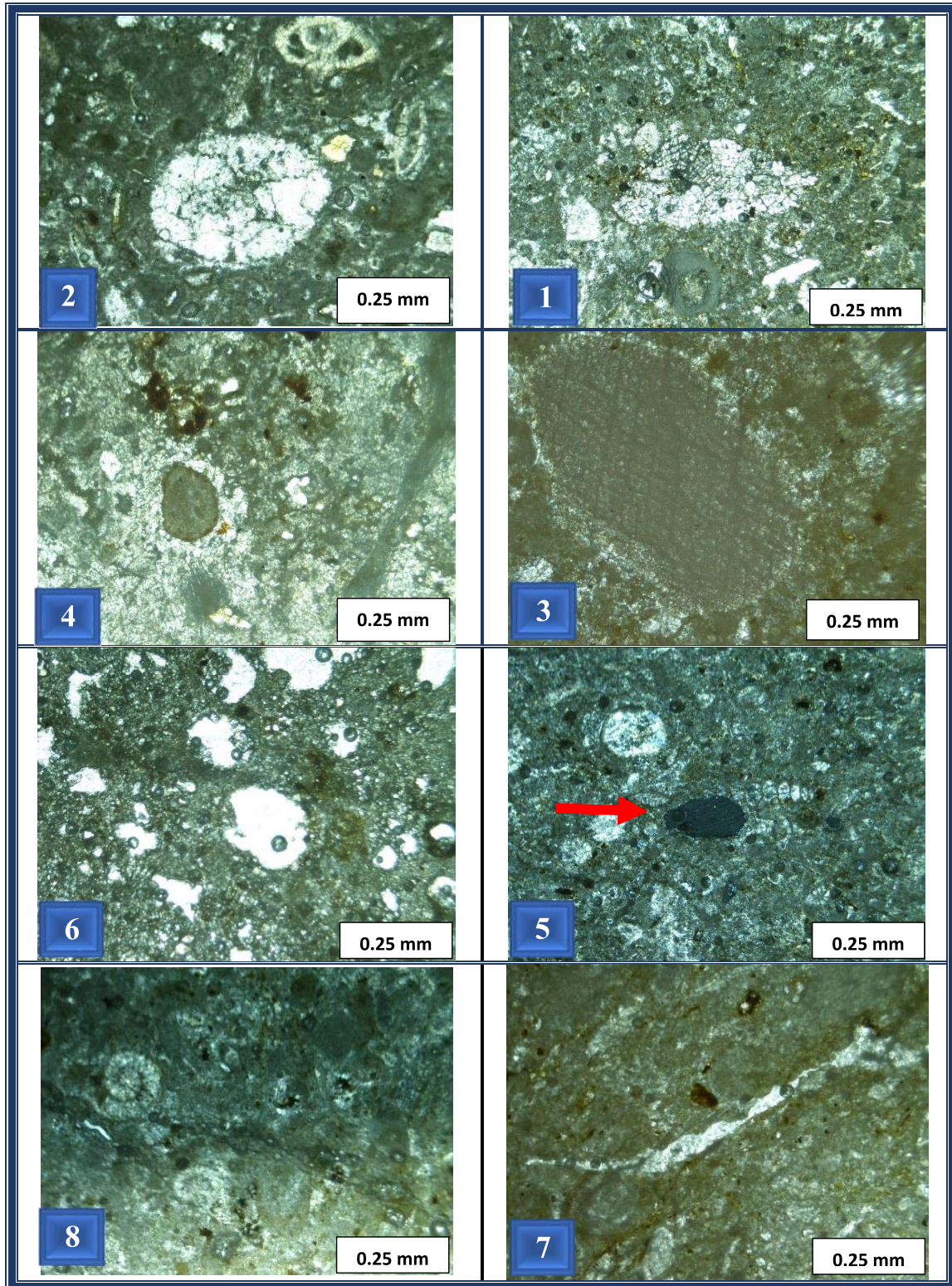
اللوحة الثانية



اللوحة الثالثة

- (1-3) صورة توضح السمنت الحبيبي (Granular Cement) الذي تم تشخيصه في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندور، نموذج 27.
- (2-3) صورة توضح السمنت الدروزي (Drusy Cement) الذي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع شيراسوار، نموذج 8.
- (3-3) صورة توضح السمنت المترابك بصريا (Syntaxial Cement) الذي شخّص في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندور، نموذج 25.
- (4-3) صورة توضح عملية إعادة التبلور (Recrystallization) التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع شيراسوار، نموذج 8.
- (5-3) صورة توضح المسامية القالبية (Moldic Porosity) التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع شيراسوار، نموذج 8.
- (6-3) مسامية الفجوات (Vuggy Porosity) التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع شيراسوار، نموذج 13.
- (7-3) مسامية القنوات (Channal Porosity) التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندور، نموذج 25.
- (8-3) صورة توضح مسامية الكسور (Fracture Porosity) التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندور، نموذج 7.

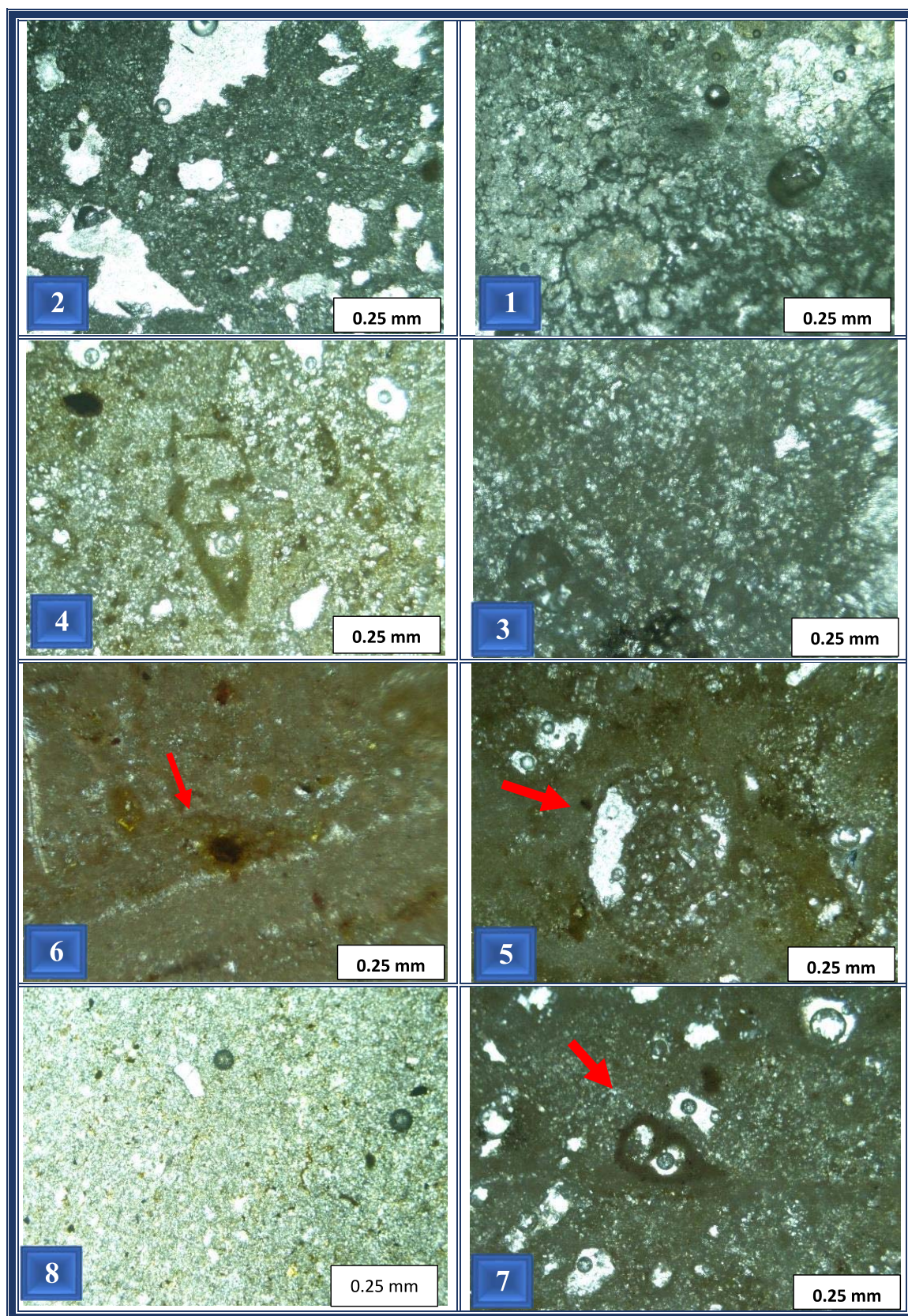
اللوحة الثالثة



اللوحة الرابعة

- (1-4) صورة توضح عملية الانضغاط (Compaction) ضمن تتابعات الجزء السفلى من التكوين في مقطع شيراسوار. نموذج 1.
- (2-4) النسيج الموزائيكي المنخلي (Sieve Mosaic Texture) الذي شخّص في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندوق، نموذج 2.
- (3-4) النسيج الموزائيكي الدرزي (Suture Mosaic Fabric) الذي شخّص في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندوق، نموذج 2.
- (4-4) النسيج الموزائيكي المبقع (Soptted Mosaic Fabric) الذي شخّص في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندوق، نموذج 29.
- (5-4) النسيج الموزائيكي الضبابي (Fogged Mosaic Fabric) التي شخّص في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة. مقطع صندوق، نموذج 29.
- (6-4) صورة توضح البايرايت في بعض حجرات اصداف الفورامنيفرا التي شخّصت في صخور التكوين ضمن مقطعي الدراسة.
- (7-4) سحنة الحجر الجيري الطيني المستحاثي - الدملي الثانية الدقيقة (M1) التي شخّصت هذه السحنة في مقطع صندوق فقط، نموذج 2.
- (8-4) سحنة الحجر الجيري المتدلّمت الثانية الدقيقة (M2) شخّصت هذه السحنة في الاجزاء العليا من التكوين في مقطع شيراسوار فقط، نموذج 13.

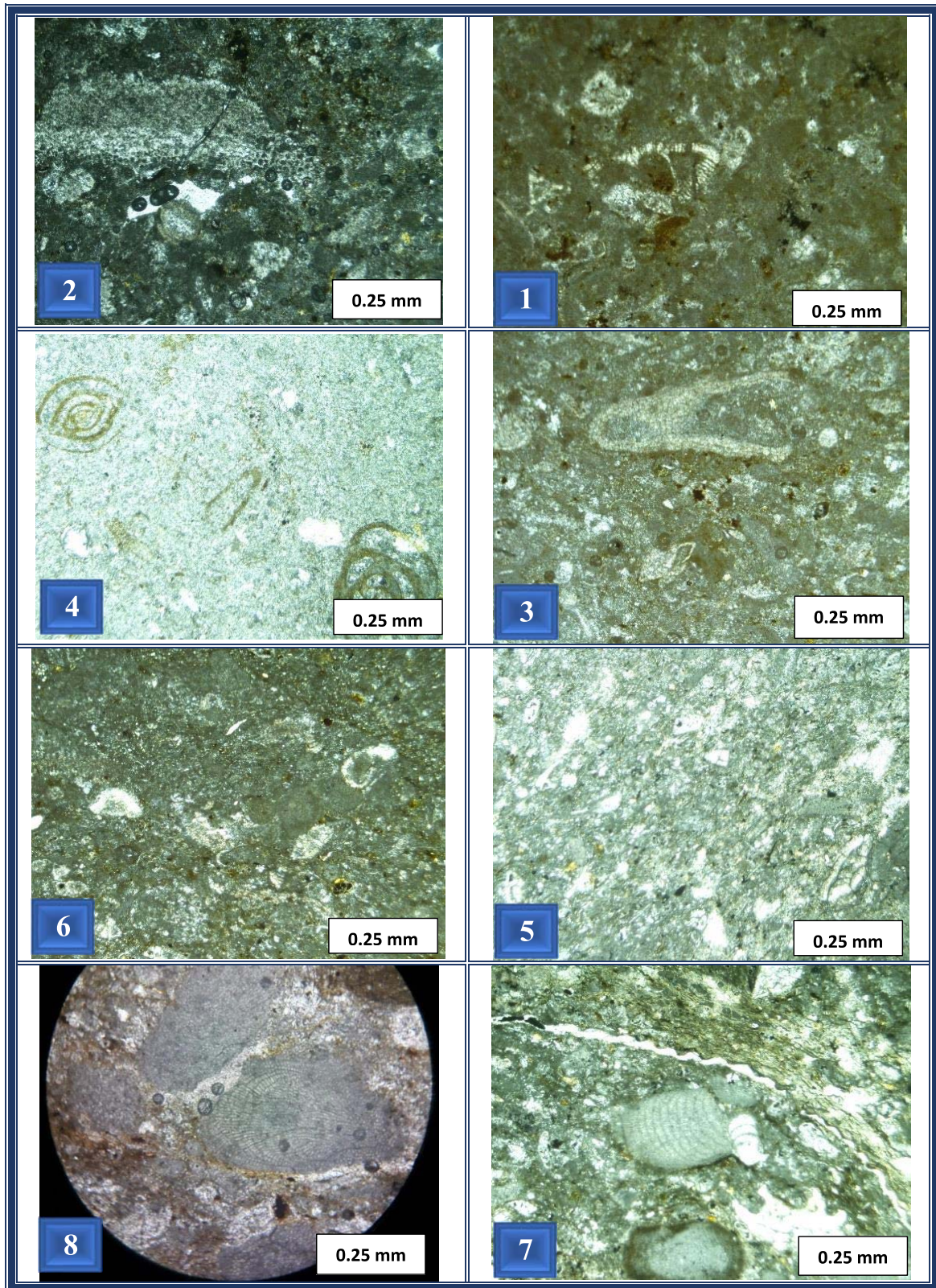
اللوحة الرابعة



اللوحة الخامسة

- (1-5) سحنة الحجر الجيري الواكي المستحاثي الثانوية الدقيقة (W1) شخست هذه السحنة في اجزاء متفرقة من تكوين خورماله في مقطع صندوق فقط، نموذج 6.
- (2-5) سحنة الحجر الجيري الواكي الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (W2) شخست هذه السحنة في الأجزاء السفلى من التكوين في مقطع صندوق، نموذج 10.
- (3-5) سحنة الحجر الجيري الواكي الروتاليدي الثانوية الدقيقة (W3) شخست هذه السحنة في الجزء الوسطي من التكوين في مقطع شيراسوار والجزء السفلي من التكوين في مقطع صندوق، نموذج 9 شيراسوار.
- (4-5) سحنة الحجر الجيري الواكي الميليودي الثانوية الدقيقة (W4) شخست هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 5.
- (5-5) سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (P1) شخست هذه السحنة في الجزء الوسطي من التكوين في مقطع صندوق، نموذج 25.
- (6-5) سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الصخاري الثانوية الدقيقة (P2) شخست هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 1.
- (7-5) سحنة الحجر الجيري المرصوص الفتاتي الاحيائي الثانوية الدقيقة (P3) شخست هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 2.
- (8-5) السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الحاملة للطحالب الحمراء (R) شخست هذه السحنة في الجزء السفلي من التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 3.

اللوحة الخامسة



اللوحة السادسة

(1-6) السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C) شخست هذه السحنة في الجزء الأوسط التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 7.

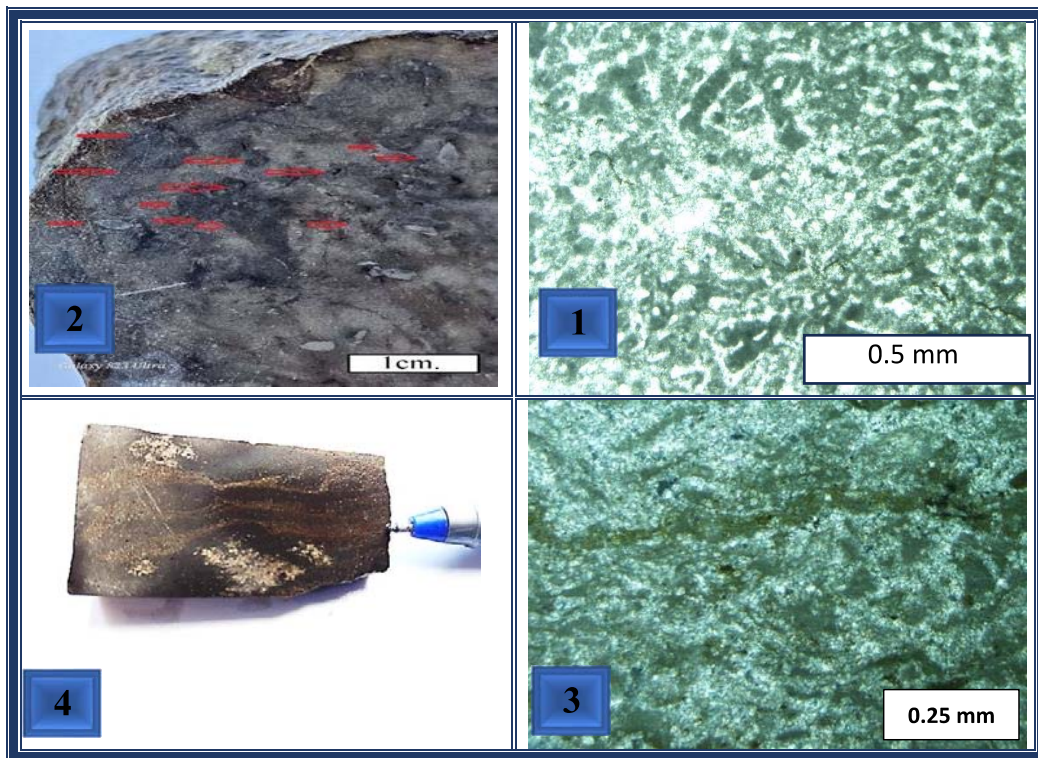
(2-6) صورة توضح عينة حقلية للمرجان اخذت من السحنة الصخرية للحجر الجيري الهيكلي الحاملة للمرجان (C) في مقطع شيراسوار، نموذج 7.

(3-6) السحنة الصخرية للستروماتوليت (A) شخست هذه السحنة في الجزء العلوي من التكوين في مقطع شيراسوار، نموذج 15.

(4-6) صورة لنموذج اخذ من الحقل يوضح السحنة الصخرية للحجر الجيري المترابط الطحلي (A) في مقطع شيراسوار، نموذج 15.



اللوحة السادسة



ABSTRACT

The Khurmala Formation (late Paleocene - Eocene) were studied in two exposed sections in Northern Iraq. The first is the Sundor section in the Duhok governorate in which the formation is about (53) meters thick. The second is the Shiraswar section in Erbil Governorate, where the thickness of the formation is about (13.4) meters. The Khurmala Formation is generally composed of hard, with a rough texture limestone and dolomitic limestone, contains in some parts of the formation the spherical concretions limestone and cross-bedding, as well as some carbonate beds contain mollusca shells and algae. The formation appears as a tongue with the Kolosh formation in its upper part, where the lower contact of the formation appears conformable with the Kolosh formation located below it in the two sections, while the upper contact of the formation appears conformable, and gradational with the rocks of the Gercus Formation, which is above it in the Shiraswar section only.

Petrography, the carbonate rocks of the formation contain benthonic foraminifera (Miliolid and Rotalia), ostracod, pelecypod, algae, coral, peloids, oolites, and lithoclasts. The matrix consists of micrite. The formations rocks showed a strong influence on diagenesis processes, especially dolomitization, physical compaction, dissolution, cementation and recrystallization.

The results of the microfacies analysis showed that the Khurmala formation consist of microfacies and lithofacies: lime mudstone microfacies, lime wackestone microfacies, lime packstone microfacies, red algal bindstone lithofacies, coral framestone lithofacies, stromatolitic lithofacies, crossbedding bearing carbonate sand lithofacies and intraformational conglomerate lithofacies. The first three microfacies were in turn divided into nine submicrofacies depending on their different

content of skeletal and non-skeletal components. The results of the current study indicate that the carbonate succession have been deposited in a spectrum of sedimentary environments, as most of the microfacies are located between the tidal flats environment to the upper parts of the slope environment, and it should be noted that the facies diagnosed in the carbonate succession exposed in the Shiraswar section differ in most of them from those diagnosed in the Sundor section and they reflect the deposition of the reef environment, which calls for changing the name of these carbonate succession exposed in the Shiraswar section from the Khurmala formation to the Sinjar formation.

University of Mosul

College of Science



Sedimentological study of the carbonate rock units of (Late Paleocene – Early Eocene) age for two selected sections, Northern Iraq

**M. Sc. Thesis Submitted By
Eman Nathim Hazim Al- Assaf**

**To
Council of the College of Science University of Mosul Partial
Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master's
In
Geology/Sedimentology**

**Supervised By
Prof. Dr. Zaid Abdulwahhab Malak**

1445 A.H.

2024A.D.

University of Mosul
College of Science



Sedimentological study of the carbonate rock units of (Late Paleocene – Early Eocene) age for two selected sections, Northern Iraq

Eman Nathim Hazim Al- Assaf

M. Sc. Thesis
Geology/Sedimentology

Supervised By
Prof. Dr. Zaid Abdulwahhab Malak

1445 A.H.

2024A.D.