

العمليات التحويرية في صخور تكوين خورماله/ منطقة دوكان، شمال شرقي العراق

صفوان فتحي الليهبي

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٦/١٠/٢٠١١ ، تاريخ القبول ١٣/٣/٢٠١٢)

الملخص

تمت دراسة العمليات التحويرية في تكوين خورماله الجيري (الباليوسين _ الايوسين المبكر) في قضاء دوكان _ شمال شرقي العراق، وقد أوضحت الدراسة تأثير صخور التكوين بالعمليات التحويرية التالية وهي ضمن تسلسل زمني متعاقب بدءاً بعملية المكترية والدلمتة والاذابة والتشكل الجديد والسمنتة لتنتهي بعمليات الانضغاط الميكانيكي والكيميائي. وأوضحت الدراسة ان هذه العمليات التحويرية حدثت في أربع انطقه تحويرية هي نطاق البيئة التحويرية البحرية (المكترية) و نطاق البيئة التحويرية المختلطة (الدلمتة) ونطاق البيئة التحويرية الجوية الفرياتية (الاذابة والتشكل الجديد و السمنتة) وبيئة الدفن (الانضغاط بنوعيه). وأظهرت الدراسة الحالية حصول تذبذبات دورية لمستوى سطح البحر تؤثر على العمليات التحويرية وتسلسلها في رواسب التكوين في منطقة الدراسة.

Diagenesis of Khurmala Formation in Dokan Area,

North Eastern Iraq

Safwan F. Al-Lihaibi

Department of Geology

College of Science

University of Mosul

ABSTRACT

Diagenesis were studied within Khurmala limestone Formation at Dokan area, Northeastern Iraq. The study recognized many diagenetic processes affected limestone within a successive sequence including micrite envelope, dolomitization, dissolution, neomorphism, cementation, mechanical and chemical compaction. The study determined four diagenetic zones. They are marine zone

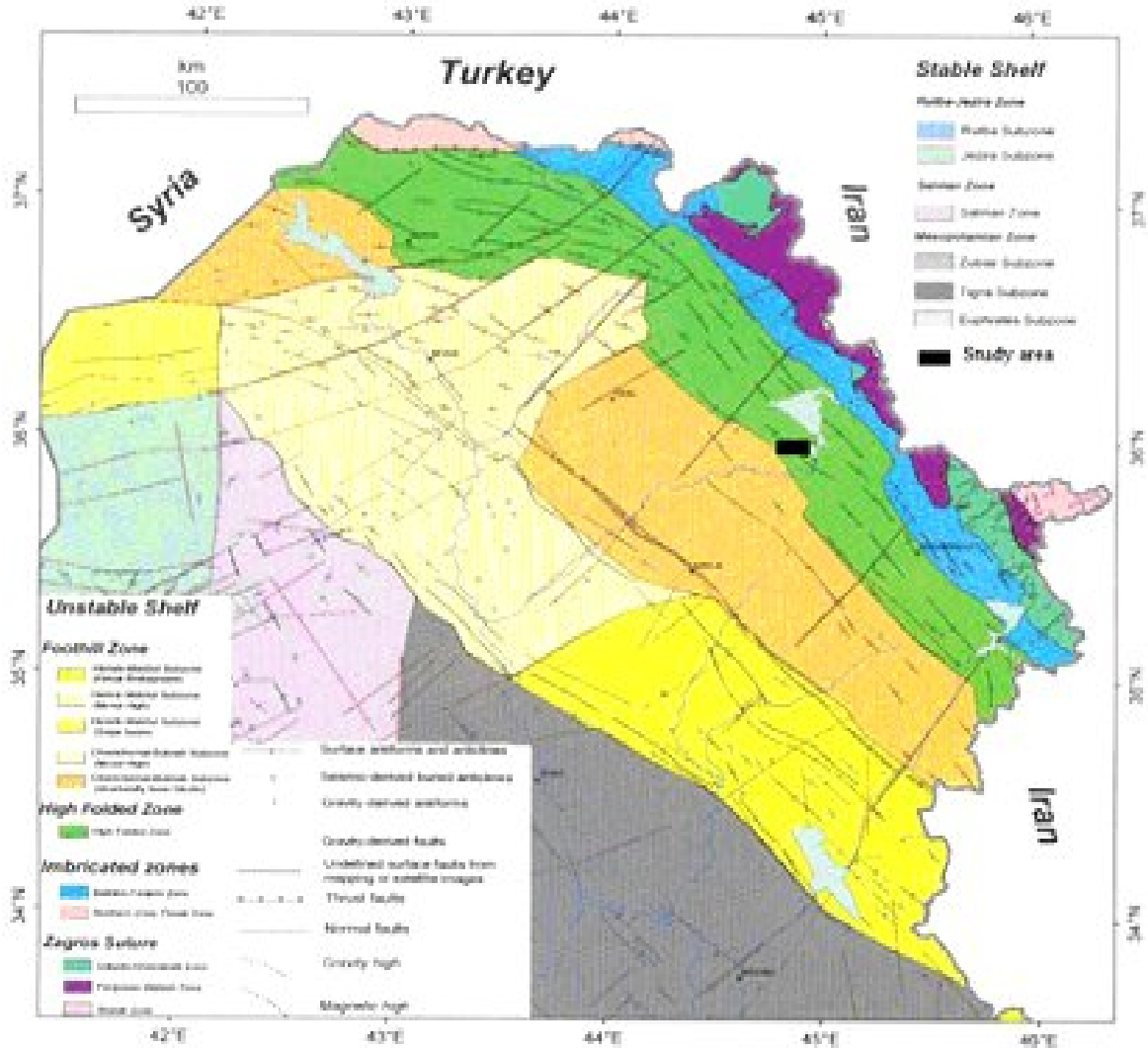
(micrite envelope), mixing zone (dolomitization), meteoric pheratic zone (dissolution, neomorphism, cementation) and burial zone (mechanical and chemical compaction). According to the history of diagenesis and their sequence, the study revealed that periodical fluctuation in sea level has influenced on diagenetic processes and their paragenetic sequence.

المقدمة

تقع منطقة الدراسة التي ينكشف فيها تكوين خورماله في قضاء دوكان شمال غرب مدينة السليمانية في شمال شرقي العراق، ضمن نطاق الطيات العالية (الشكل 1)، وقد وصف تكوين خورماله (Khurmala) (Paleocene-L.Eocene) Formation لأول مرة من قبل بلن (Bellen) عام (1953) في بئر كركوك _ 114 وبسمك 185 متر (Bellen *et. al.*, 1959). ويظهر تكوين خورماله في منطقة الدراسة بسمك يبلغ (120) متر تقريباً، ويكون متداخلاً مع اعلى تكوين كولوش (Kolosh Formation)، اذ يحدد ظهوره بطبقات من الحجر الجيري الصلب التي تتعاقب مع طبقات الطفل الأسود والرمادي العائدة لتكوين كولوش، ثم يزداد سمك طبقات الحجر الجيري ويقل ظهور طبقات الطفل الأسود، ويتغير التعاقب إلى صخور الحجر الجيري المتداخت وصخور الحجر الجيري المارلي والطفل البني اللون في اعلى التكوين، اما الحد العلوي للتكوين فهو متوافق وتدرجي مع تكوين جركس (Gercus Formation) (الشكل 2). ولقد درس (Al-Qayim *et. al.*, 1993) طباقية التعاقبات العائدة لعصر الباليوجين في منطقة هيبة سلطان _ شمال شرق العراق، وبينوا ان تلك التعاقبات الكاربوناتية هي ذات طبيعة لاونية- مدية وهي عائدة الى تكوين خورماله وليس الى تكوين سنجانر (Sinjar ormination).

كما درس (Al-Qayim, 1995) السحنات الرسوبية لتكوين خورماله في مقاطع مختارة في شمال العراق، ووجد ان هذا التكوين ترسب ضمن حزامين سحنيين، الاول هو حزام السحنات اللاونية والثاني هو حزام سحنات مسطحات المد. وقد درس (الحميدي واخرون، 2011) تكوين خورماله في منطقة دوكان وميزوا خمسة سحنات رئيسية دقيقة وهي: سحنة الحجر الجيري الطيني وسحنة الحجر الجيري الواكي وسحنة الحجر الجيري المرصوص وسحنة الحجر الجيري الحبيبي وسحنة الحجر الجيري المترابط واستنتجوا ان التكوين ترسب في ثلاثة انطقه بيئية وهي نطاق البيئة اللاونية ونطاق المرتفع العضوي (Reef mound) ونطاق البيئة بين المدية. وتهدف الدراسة الحالية إلى دراسة العمليات التحويرية التي أثرت على الصخور الجيرية في تكوين خورماله في منطقة دوكان وتوضيح التسلسل الزمني لتلك العمليات.

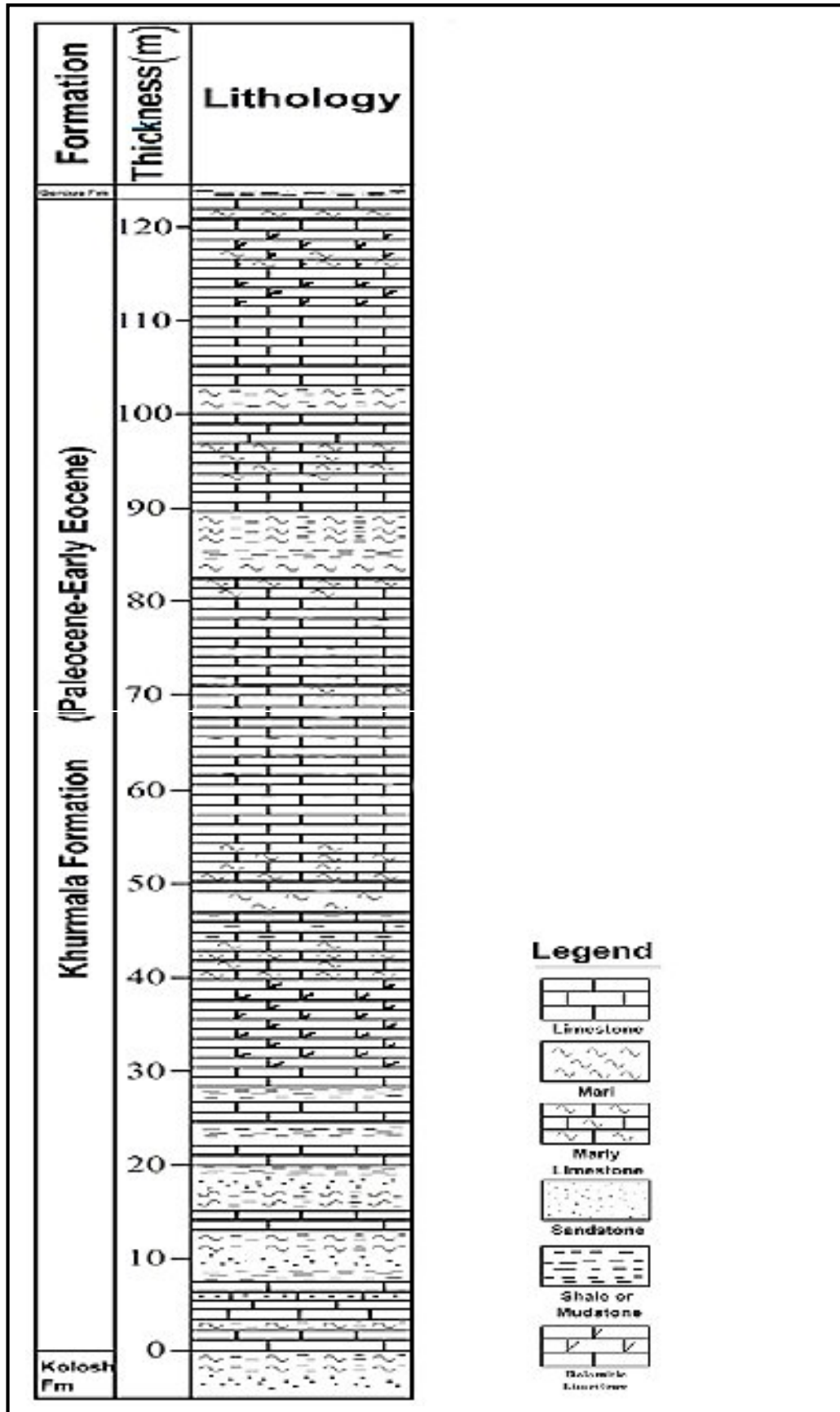
العمليات التحويرية في صخور تكوين خورماله / منطقة دوكان.....



الشكل 1: يوضح خارطة العراق التكتونية عن (Buday and Jassim, 1984 in Jassim and Goff, 2006) موضعاً عليها موقع منطقة الدراسة.

الوصف البتروغرافي

تتألف صخور التكوين بشكل عام من حبيبات هيكلية (مثل المنخربات القاعية بأنواعها والنوامع واللاوستراكويد والطحالب الخضراء وشوكيات الجلد و البرايوزوا) والمكونات غير الهيكلية (مثل الدمالق وحبيبات الكوارتز والجيرت والفتات الصخري) أما الأرضية فتتكون إما من السمنت الجيري أو الطين الجيري.



الشكل 2: يوضح العمود الرسوبي لتكوين خورماله في منطقة الدراسة.

العمليات التحويرية

تتعرض الصخور الرسوبية من لحظة ترسيبها إلى ما قبل تحولها إلى العديد من العمليات التحويرية (الكيميائية ، الفيزيائية، الحياتية) بتأثير مباشر أو غير مباشر من السوائل والمياه التي تكون في تماس معها وذات التركيب الكيميائي المختلف. وهذه العمليات التحويرية منها ما يحدث على سطح الراسب أو تحت أعماق مختلفة (بعد الدفن)، تتواجد العمليات التحويرية في عموم تكوين خورماله الجيري وترتبط العمليات التحويرية ارتباطاً وثيقاً بوجود أو عدم وجود الطين الكربوناتي ومعدنية الحبيبات ونسيج الصخور. لوحظ سيطرة السحنات على تواجد العمليات التحويرية. ويلعب كلاً من الزمن وطبيعة المحاليل وكيميائيتها دوراً كبيراً في تسلسل العمليات التحويرية في صخور التكوين.

وقد تعرضت صخور الدراسة الحالية الى العديد من العمليات التحويرية من أبرزها:

A- الغلاف المكريتي Micritic Envelope

سجلت هذه العملية التحويرية المبكرة في العديد من سحنات التكوين خصوصاً في سحنات ذات الدعم الحبيبي، حيث يظهر الغلاف المكريتي محيطاً بالعديد من الأصداف خصوصاً أصداف المنخربات القاعية مثل المليوليود، وهذا الغلاف المكريتي عبارة عن بلورات كاربونات الكالسيوم دقيقة التبلور، حيث المعدن الرئيسي المكون لها هو الأراكونايت أو الكالسيوم الغني بالمغنيسيوم (high Mg calcite) (Bathrust, 1975).

ويعتقد أن النخر الطحلي (endolithic algae) هي المسؤولة غالباً عن تكون هذا النوع من الغلاف في البيئات البحرية الضحلة. وهذا يتفق مع ما اشار اليه (Tucker and Wright, 1990). ويظهر هذا الغلاف المكريتي حول بقايا المتحجرات ذات التركيب الاركونايتي والكالسايت عالي المغنيسيوم، وأن عدم استقراريهما يسبب حصول اذابة مبكرة لهما ومن ثم إحلال الكالسايت الأكثر استقراراً محلها على شكل سمنت، فيما يحافظ الغلاف المكريتي على الشكل الخارجي للحبيبات الكاربوناتية (هياكل الأصداف) (لوحة 1-A).

B- الدلمتة Dolomitization

يشير (Flugel, 2004) الى أن عملية الدلمتة تحدث بفعل عملية الأحلال ما بين المياه الغنية بالمغنيسيوم والصخور الجيرية التي تكون بتماس مع هذه المياه. وربط (Machel and Mountjoy, 1987) ما بين الدالة الحامضية القلوية والحرارة العالية مع وجود تجهيز لايونات CO_2 و Mg على أن تحدث الدلمتة في بيئة تحويرية تجهز بمياه تملك نسبة واطئة من Ca / Mg . من خلال الدراسة الحقلية و البتروغرافية للصخور الكاربوناتية للتكوين، تبين عدم ترافق المتبخرات مع

الصخور الكربوناتية، وذلك لعدم وصول تركيز الأملاح إلى مرحلة الإشباع اللازم لترسيب المتبخرات لوجود تجهيز بالمياه العذبة. كما لوحظ أن معظم البلورات الدولومايتية دقيقة التبلور مما يعني أنها من العمليات التحويرية المبكرة. ولقد أشار كل من (Hsu and Siegenthaler, 1969) و (Tucker, 1985) إلى أن هذا النوع من العمليات التحويرية ممكن حدوثه في مناطق المسطحات التحت مدية والبين مدية خصوصاً في فترات التراجع البحري.

أن الصخور الدولومايتية التي تكون بهذه المواصفات يمكن تفسير تدلمتها بموديل الخلط (Mixing Zone) الموضوع من قبل (Badiozamani, 1973) والتي تتطلب امتزاج مياه كونية عذبة (Meteoric Water) مع مياه بحرية، إذ تكون المياه العذبة مشبعة بغاز CO₂ المذاب وعند امتزاجها مع ماء البحر تنتج خليط من المياه القادرة على أحلال Mg بدل Ca لتكوين الدولومايت. ان وجود المسامية القالبية ومسامية الفجوات يشير إلى تطورها ضمن بيئات تمتاز بامتزاج مياه بحرية متواجدة ضمن الأنطقة الفرياتيية والفادوزية مع مياه فرياتيية عذبة (James and Choquette, 1984). سجلت الدراسة الحالية شيوعاً لعملية الدلمتة في الأجزاء العليا وبعض الأجزاء السفلى من مقطع التكوين المدروس، حيث لوحظ وجود الدولومايت على هيئة أنسجة مختلفة صنفت تبعاً لتصنيف (Randazzo and Zachos, 1984) إلى الأنسجة التالية:

1- النسيج الدقيق التحبب Aphanotopic Texture

يظهر هذا النسيج بهيئة بلورات دولومايتية ذات حجم حبيبي أقل من (0.002 ملم) وهو ناتج بفعل الدلمتة المتجانسة للصخور الحجر الجيري الطيني (Randazzo and Zachos, 1984). وتشير الصفات النسيجية لهذا النوع من الدولومايت والتي يصعب تمييز حدودها البلورية الى تكونها في المراحل المبكرة من العمليات التحويرية أو ربما متزامن معها (Zenger, 1983). وهذا النوع من النسيج لوحظ في معظم الأجزاء العليا من مقطع الدراسة (لوحة 1-B).

2- النسيج الموزائيكي الدرزي Suture Mosaic Texture

شخص هذا النوع من النسيج في أعلى الأجزاء السفلى من مقطع التكوين المدروس حيث تتشكل البلورات الدولومايتية على هيئة موزائيكية عديمة الأوجه ذات تراص جيد و حجوم متساوية، ويشير (Randazzo and Zachos, 1984) إلى أن هذا النسيج يتشكل بفعل تقدم عملية الدلمتة المتجانسة للطين الجيري (لوحة 1-C).

3- النسيج الموزائيكي المنخلي Sieve Mosaic Texture

لوحظ هذا النوع من النسيج في العديد من أجزاء المقطع السفلى والعليا حيث تكون بلورات الدولومايت الموزائيكية المعينية الشكل ذات ترانس ضعيف، وهي غالباً تكون ذات مسامية عالية خصوصاً بين البلورية (Intercrystalline porosity) وهي من المسامية الاختيارية تبعاً لـ (Choquette and Pray, 1970) حيث تظهر المسامية في المناطق التي تسود فيها بلورات الدولومايت خصوصاً في الأجزاء العليا من التكوين وأعلى الأجزاء السفلى منه (لوحة 1-D).

C- الإذابة Dissolution

هي عملية إذابة المعادن غير المستقرة بفعل المحاليل المؤثرة على الصخور، إذ يشير (Milliman, 1974) إلى أن أستقرارية المعادن المكونة للحبيبات الكربوناتيية ومقدار تشبع المياه المحيطة بهذه الحبيبات بجذر الكربوناييت فضلاً عن عوامل الحرارة والضغط وضغط CO₂ تعد أهم العوامل المؤثرة على حصول الإذابة. فالحبيبات الكربوناتيية المؤلفة من معدن الأراكونايت (قليل الأستقرارية) أو المؤلفة من الكالسايت الغني بالمغنيسيوم تتعرض للإذابة بدرجات متفاوتة بالمقارنة مع الحبيبات الكربوناتيية المؤلفة من الكالسايت الفقير بالمغنيسيوم (Low Mg calcite) الأكثر أستقرارية، فيؤدي أحياناً إلى إزالة أصداف المتحجرات تاركاً موضعها فارغاً، وفي حال تأثرها بعملية تكوين الغلاف المكراييتي فإن الأجزاء الداخلية تذوب ويبقى الهيكل الخارجي ذو الغلاف المكراييتي غير ذائب بسبب مقاومته لعملية الإذابة (لوحة 1-E). كما يلاحظ عدم تأثر أصداف المحاريات (Oyster) (لوحة 1-F) بهذه العملية بسبب كونها مؤلفة من الكالسايت الفقير بالمغنيسيوم. وتنتج عن عملية الإذابة ما يعرف بالمسامية، وهذه المسامية تكون بأشكال مختلفة وذلك بسبب عدم تجانس الصخور الكربوناتيية. واعتماداً على تصنيف (Choquette and Pray, 1970) للمسامية، فقد ظهرت الأنواع التالية للمسامية الثانوية الناتجة عن الإذابة:

1- مسامية الفجوات (Vugy porosity):

هذه النوعية من المسامية هي مسامية غير اختيارية، حيث تظهر فراغات الإذابة هنا بصورة غير منتظمة الشكل (لوحة 1-G) ويعتقد أنها تشكلت بفعل إذابة الحبيبات ومن ثم تشوهت بفعل استمرار فعالية محاليل الإذابة خلال هذه الفراغات.

2- المسامية القالبية (Moldic porosity):

تقوم محاليل الإذابة بإذابة الأصداف الأراكونايتية أو الكالسايتية الغنية بالمغنيسيوم أو أي حبيبات كاربونايتية أخرى فتترك مكانها فارغاً بشكل قالب يشبه القالب المذاب (لوحة 1-E,H) وهذه النوعية من المسامية تعود إلى المسامية الاختيارية.

D- التشكل الجديد Neomorphism

في إطار الدراسة الحالية أمكن التعرف على عملية التشكل الجديد بنوعها الأرتكاس (Inversion) والتي تتضمن تحول الأراكونايت إلى الكالسايت وإعادة التبلور (Recrystallisation) والتي تتضمن تغيرات حجمية لبلورات من دون حدوث تغيرات في التركيب المعدني أو الكيميائي. فمن خلال الدراسة البتروغرافية سجلت الدراسة في السحنات خصوصاً السحنات ذات الدعم الطيني وبعض سحنات الدعم الحبيبي حدوث عملية إعادة تبلور المكرايت إلى السبار الدقيق (Microspar) (لوحة 2-A) والسبار الكاذب (Psudospar) (لوحة 2-B)، وهي من عمليات التشكل الجديد البنائية كما أشار إلى ذلك العديد من الباحثين منهم (Boggs, 2006; Flugel, 2004; Bathurst, 1975). كما سجلت الدراسة عملية الأرتكاس وكان ذلك واضحاً من خلال تحول أصداف المتحجرات خصوصاً فأسية القدم (Pelecypod) وبطنية القدم (Gastropod) ذات الجدار الأراكونايتي الأقل استقراراً إلى بلورات موزائكية من الكالسايت (لوحة 2-C). وقد أشار (Boggs, 2006) إلى أن عملية التشكل الجديد تنشط في البيئات التحويرية تحت سطحية المتأثرة بالمياه الجوية.

E- السمنتة Cementation

وهي عملية ترسيب الكالسايت السباري (Spary calcite) داخل هياكل بعض المتحجرات التي يكون جدارها من الأراكونايت أو الكالسايت الغني بالمغنيسيوم و/أو ترسيبها في الفراغات البينية، حيث تنمو بلورات السباري كالسايت داخل هذه الفراغات. ويشير (Bathurst, 1975) أن عملية السمنتة التي تحدث في معظم الفراغات المتوفرة تعمل على إكساب الرواسب الكاربوناتية الأستقرارية والقوة. ومن المعلوم أن التركيب المعدني ونوع الأيونات المنشرة في المحاليل يحددان نوعية السمنت فضلاً عن الدالة الحامضية (PH) والحرارة وضغط CO₂ (Longman, 1980). وقد لوحظ أنواع مختلفة من انسجة لاهم السباري كالسايت في نماذج الدراسة الحالية وهي:

1- السمنت الدروزي Drusy Cement

يتشكل هذا النوع من السمنت غالباً في السحنات ذات الدعم الحبيبي في نماذج الدراسة، حيث أنه يتألف من بلورات ذات حجم بلوري صغير عند الحافة ويزداد حجم البلورات عند مركز الفراغ بعيداً عن الحافة (لوحة 2-D).

يشير (Flugel, 2004) الى أن هذا النوع من السمنت يحدث ضمن الأنطقة الفادوزية والفرياتية ذات المياه العذبة، واعتقد انه تكون ضمن نطاق المياه العذبة الفرياتية وذلك لعدم وجود أي دليل على البيئة التحويرية الفادوزية، مثل وجود السمنت الهلالي (meniscus) والسمنت الهدبي (acicular) والسمنت المعلق (pendant).

2- السمنت الحافي المتوافق بصرياً Syntaxial rim Cement

تتمو بلورات الكالسايت السمنتية على هيئة مستمرة بصرياً وينتشر غالباً على شكل سمنت نامي حول أصداف شوكلات الجلد (لوحة 2-E). هذا النوع من السمنت يحدث في بيئة متأثرة بالمياه الجوية، ولوحظ تواجد هذه النوعية من السمنت في قليل من السحنات، وهذا النوع من السمنت تكون ضمن البيئة الفرياتية الجوية وهذا يتفق مع ما اشار اليه (Longman, 1980) حول تشكل هذا النوع من السمنت.

3- السمنت الحبيبي Granular Cement

تمتاز البلورات السمنتية في هذا النوع من السمنت بكونها موزائكية شبه كاملة الأوجه متساوية الحجم تقريباً (لوحة 1-A). ويتكون هذا النوع من البلورات السمنتية في الفراغات البينية. ويشير (Flugel, 2004) الى أن هذا النوع من السمنت يحدث في البيئات الفادوزية والفرياتية. وقد لوحظ أنتشار هذا النوع من السمنت في السحنات الحبيبية الدعم، وخصوصاً داخل الحبيبات. وأن هذا النوع من السمنت مكون عادة من الكالسايت الفقير بالمغنيسيوم والذي قد تكون ضمن البيئة الجوية وهذا يتفق مع ما اشار اليه (Longman, 1980).

F- الانضغاط الميكانيكي Mechanical Compaction

تؤدي عملية الانضغاط الميكانيكي إلى تقليص الحجم الكلي للترسبات وتشويه شكلها الخارجي بفعل وزن الترسبات الفوقية، وتعمل أيضاً على تشويه الحبيبات وتراسها وإعادة ترتيبها. وبالإمكان ملاحظة تأثير هذه العملية على صخور المقطع المدروس من خلال تكسر العديد من الحبيبات الهيكلية (مثل فاسية القدم) (لوحة 2-F) خصوصاً في سحنات الدعم الحبيبي وتعتبر هذه دليل على بيئة دفن تحويريه (Heckel, 1983) وان وجود الغلاف المكرايتي والسمنتة المبكرة في بعض الاصداف المتأثرة بالانضغاط

يعطي دليلاً على حدوث التكسرات بفعل الانضغاط الميكانيكي وليس بفعل الطاقة الهايدروديناميكية والتي يمكن الاستدلال عليها بعدم وجود القطع الحياتية.

كما أدت عملية الانضغاط الميكانيكي الى ظهور مسامية الكسور. وقد سجلت الدراسة الحالية أنتشاراً لأطوار وأشكال مختلفة للكسور. فأحياناً يلاحظ امتلاء هذه الكسور ببلورات الكالساييت السمنتية، وأحياناً تكون خالية من البلورات السمنتية، ويلاحظ أحياناً تقاطع هذه الكسور فيما بينها مما يعطي دليلاً على تشكل هذه الكسور بمراحل (أطوار) مختلفة (لوحة 2-G). ومن المعلوم أن الكسور تزيد من مسامية الصخور الثانوية، حيث أن هذه الكسور تتشكل عادة في بيئات الدفن لذا فإن المسامية المتشكلة هنا هي مسامية متأخرة بفعل عمليات التكسر المتأخرة الحدوث. وان مسامية الكسور (Fractures porosity) قد تصبح ممرات لمرور محاليل الأذابة فتعمل على توسيعها.

أن وجود أنواع مختلفة من الكسور والعروق يعطي دلالة واضحة على تعرض هذه الصخور الى إجهادات تكتونية مختلفة فضلاً عن تعرضها الى إجهادات الثقل الرسوبي بمراحل مختلفة.

G- الانضغاط الكيميائي Chemical Compaction

ينتج هذا النوع من الأنضغاط عن إذابة نقاط التماس ما بين الحبيبات عند حدودها الخارجية لتعطي خطوط مسننة تمتد مستمرة على طول هذه السطوح تعرف بخطوط الستايلولاييت (Stylolite). وتتركز المواد الغير قابلة للذوبان على طول سطوح الستايلولاييت لتظهر الخطوط داكنة اللون. ويشير (Boggs, 2006) الى أن سطوح الإذابة تنتج غالباً بفعل الأجهادات التكتونية أو الدفن العميق. وقد لاحظت الدراسة الحالية وجوداً هذه السطوح في العديد من سحنات التكوين، فيما يؤكد (Bathurst, 1975) أن سطوح الستايلولاييت تحدث في مراحل متأخرة من العمليات التحويرية، وهي تعمل على تقليل المسامية فضلاً عن تقليل سمك الصخور الرسوبية.

وتبعاً لتصنيف (Wanless, 1979) المحور من قبل (Choquette and James, 1987) وتصنيف (Logan and Semeniuk, 1976 in Flugel, 2004) لسطوح الستايلولاييت فقد تم تمييز الأنواع التالية في نماذج الدراسة:

- 1- الستايلولاييت الأملس Smooth stylolite: شكل هذا النوع يتميز بانحنائه الواسعة (لوحة 2-H).
- 2- الستايلولاييت غير المنتظم Irregular stylolite: يتميز هذا النوع بانحنائه البسيطة (لوحة 3-A).
- 3- الستايلولاييت المتموج Hummocky stylolite: يتميز بكون انحنائه بسيطة وواسعة (لوحة 3-B).
- 4- ستايلولاييت التماس الحبيبي Grain contact stylolite: هذا النوع يكون محيط بالحبيبات (لوحة 3-C).

٥- **الستايلولايث الموازي Parallel stylolite**: تكون رقائق الستايلولايث متوازية وشبه مستقيمة (لوحة 3-D).

٦- **الستايلولايث المتعدد الحبيبات Multi grain stylolite**: هذه النوعية يكون سطح الستايلولايث يحيط أكثر من حبيبة (لوحة 3-E).

٧- **الستايلولايث الغير منتظم العرقي Irregular anastomosing stylolite**: تظهر هذه النوعية بشكل خطوط غير منتظمة ومتصلة مع بعضها (لوحة 3-F).

H- **تكوين المعادن موضعية النشأة Authigenesis**:

هي المعادن التي تنشأ ما بعد عمليات الترسيب بفعل الترسيب الكيميائي المباشر في الفجوات والفراغات أو بفعل عمليات أحلال محل معادن سابقة التكوين. ويعد معدن الباييريت أهم المعادن الموضعية النشأة المسجل في الدراسة الحالية. إذ تنتشر حبيبات معدن الباييريت بصورة مبعثرة ضمن الأرضية خصوصاً في السحنات المتأثرة بعملية الدلمتة في الأجزاء العليا وأعلى الأجزاء السفلى من المقطع قيد الدرس (لوحة 3-G). ويشير (Boggs, 2006) إلى أن الباييريت ينشأ في البيئات الاختزالية خصوصاً تلك الغنية بالمواد العضوية. ويعتقد إن ترافق الباييريت مع الدولومايت ينتج عن استمرار العمليات التحويرية في ظروف بيئية خالية من الأوكسجين واختزال الكبريتات يساعد على حدوث تنويه للدولومايت (Boeckelmann and Magaritz, 1991).

تعاقب العمليات التحويرية

إن تفسير ومناقشة مآثر أعلاه من العمليات التحويرية قد أعطى معلومات لتوقيت العمليات التحويرية وبين نسبة زيادة العمليات التحويرية وانطقتها (الشكل 3). وأن أولى العمليات التحويرية التي حدثت للراسب في المراحل المبكرة كانت ضمن مرحلة الترسيب، إذ لوحظ ان سحنات التكوين ترسبت في بيئة بحرية تحت مدية - بين مدية واقعة ضمن نطاق الفرياتي البحري، وفي هذه المرحلة يكون الراسب غير متصلب ويتألف من حبيبات الاركونايت والكالسايت عالي المغنيسيوم غير المستقر، حيث أدت عملية المكترنة الى تكوين غلاف مكراتي حول الحبيبات في السحنات ذات الدعم الطيني والسحنات ذات الدعم الحبيبي.

أظهرت السحنات المترسبة في البيئة بين المدية متأثراً شديداً بعملية الدلمتة المبكرة، إذ امتازت هذه السحنات بأحتوائها على حبيبات الكوارتز الفتاتي المنقول من خارج حوض الترسيب واحتمال كونه مصدر نهري. وبفعل تدفق هذه المياه الجوية وامتزاجها مع مياه البحر في حوض الترسيب تشكل ما يعرف بنطاق المزج، إذ تعرضت الرواسب الواقعة تحت تأثير هذا النطاق الى عملية الدلمتة.

بعد طمر الراسب تحدث المرحلة التالية من العمليات التحويرية، اذ مع زيادة طمر الراسب نقل المسامية بسبب تراص مكونات السحنات وخصوصاً ذات الدعم الحبيبي، بينما في السحنات ذات الدعم الطيني لم تظهر دلائل عملية الرص، ومع تقدم العمليات التحويرية حدثت عمليات اذابة للمكونات غير المستقرة مما يؤدي الى اغناء المحاليل بكاربونات الكالسيوم التي تساهم في عمليات السمنتة لاحقاً.

في المرحلة اللاحقة تحدث عملية التشكل الجديد للراسب وتحويل معدنية الحبيبات المتكونة من الاركونايت والكالسايت عالي المغنيسيوم الى الكالسايت واطى المغنيسيوم أما في السحنات ذات الدعم الطيني فإن الحشوة المكونة من المكرايت تتحول الى مايكروسبار وسبار كاذب. وهذه العملية تحدث في بيئة جوية فرياتيية (meteoric) (Matthews, 1966) إذ أن الزيادة في كمية كاربونات الكالسيوم الناتجة عن هذا التحول تؤدي الى ترسيب سمنت الكالسايت داخل وحول الحبيبات (Pingitore, 1970) في المراحل اللاحقة. وقد اشار (Khalifa, 2005) الى ان عملية التشكل الجديد تحدث في الجزء العلوي للدورات (Topmost of cycles) وقد اشار نفس المصدر الى ان العوامل الاساسية لتطور عملية التشكل الجديد هو وجود ايونات المغنيسيوم والمياه الجوية والمعادن الطينية، وهذا يفسر ترافق أدلة عملية التشكل الجديد في الاجزاء العليا من دورات التكوين قيد الدرس، وبعد عمليات الإذابة والتشكل الجديد فإن المحاليل تصبح غنية بكاربونات الكالسيوم تساهم بدرجة كبيرة في ترسيب السمنت بأنواعه والذي يحدث في بيئة جوية فرياتيية (Nizami and Sheikh, 2007) وتطور هذه العملية في بيئة ذات مياه جوية فرياتيية وليست فادوزية لعدم وجود دليل على التعرض للهواء (مثل عملية تكون التراب و الكارست والسمنت الفادوزي) ويعتقد ان هذا ناتج عن حدوث تراجع بحري أدى الى تعرض الصخور للمياه الجوية، وان وجود طبقات من الطفل و المارل الناتجة عن وجود مصدر للمياه الجوية والتي تتعاقب مع طبقات الحجر الجيري الناتجة عن الترسيب من مياه بحرية، وهذا دليل على حصول تذبذبات في مستوى سطح البحر.

إن وجود التكررات وخطوط الاذابة في بعض الحبيبات الهيكلية المتأثرة بعمليتي السمنتة أو التشكل الجديد يعد دليلاً واضحاً على كون عمليتي الانضغاط الميكانيكي والكيميائي قد حدثت في المراحل التحويرية المتأخرة (لوحة 2-F , 3-B)، اما الطور اللاحق للكسور فهي العملية التي تلت عملية الانضغاط الكيميائي ودليل ذلك هو وجود الكسور المملوءة بالسمنت قاطعة لخطوط الانضغاط الكيميائي (لوحة 3-H).

العمليات التحويرية في صخور تكوين خورماله / منطقة دوكان.....

العمليات التحويرية	Micrite envelope	Dolomitization	Neomorphism, Dissolution, Cementation	Physical and Chemical Compaction
انطقه تحويرية	Marine phreatic	Marine Meteoric- mixed	Meteoric phreatic	Burial

Time

الشكل 3: مخطط يوضح انطقه العمليات التحويرية وتطورها مع الزمن.

المصادر العربية

الحميدي، رافع إبراهيم، اللهبي، صفوان فتحي والمعماري، فلاح عبد. ٢٠١١. التحليل ألسحني والموديل الرسوبي لتكوين خورماله في منطقة دوكان- شمال شرق العراق. مجلة تكريت للعلوم الصرفة (تحت النشر).

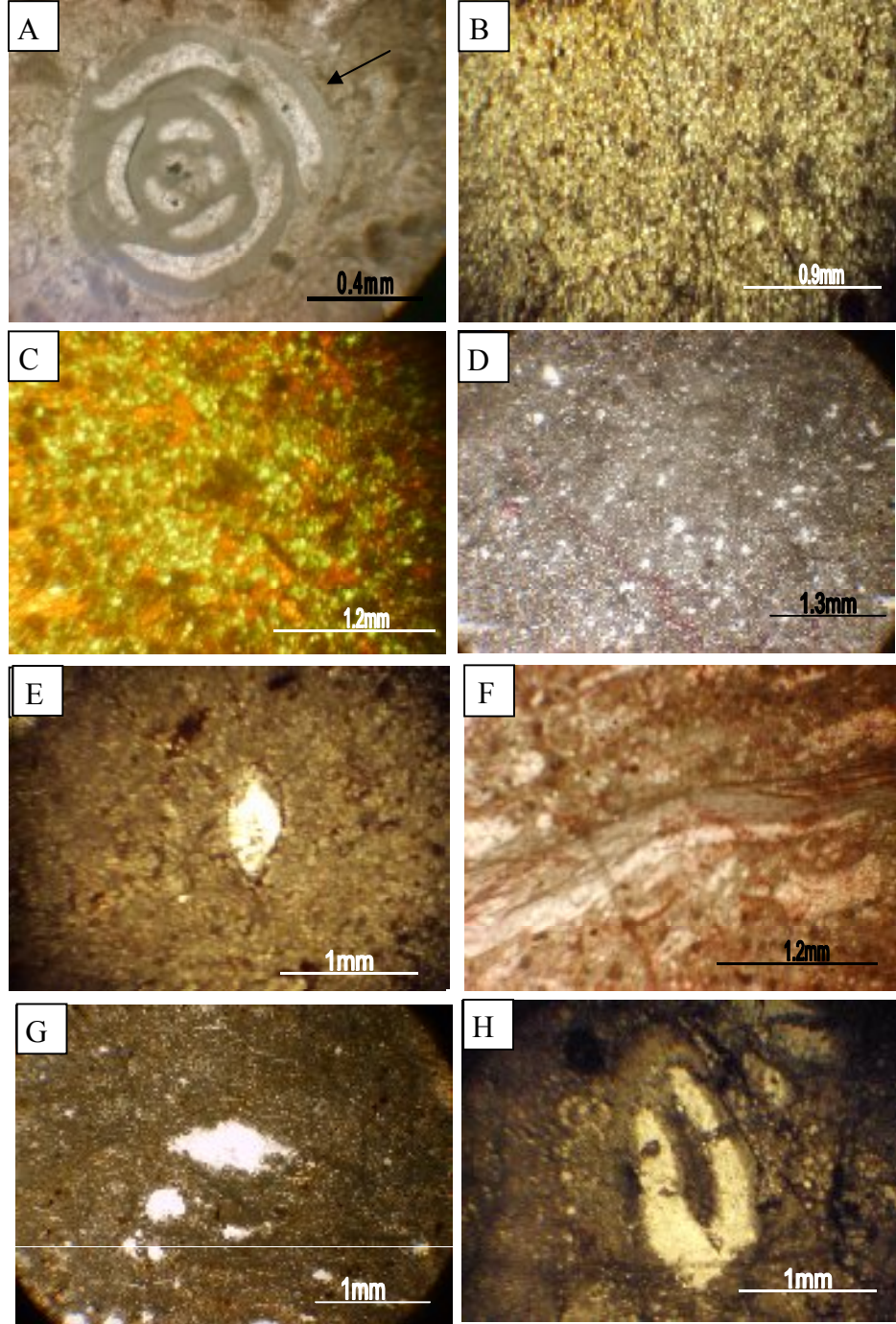
المصادر الأجنبية

- Al-Qayim, B., 1995. Sedimentary Facies Anatomy of Khurmala Formation Northern Iraq, Iraqi. Geol. Jour., Vol. 28, pp.36 - 46.
- Al-Qayim, B., Al-Shibani, Sh., and Nisan, B. 1993. Stratigraphic Evolution of Paleogene Sequence, Haibat Sultan Northeastern Iraq. Iraqi. Geol. Jour. Vol. 21, pp. 51 - 65.
- Badiozamani, K., 1973. The Dorag Dolomitization Model – Application to the Middle Ordovician of Wisconsin. Jour. Sedimentary Petrology, Vol. 43, pp. 965 - 984.
- Bathurst, R. G. C., 1975. Carbonate Sediments and their Diagenesis, Development in Sedimentology. 12, 2nd ed, Elsevier. Pub. Comp., 658 p.
- Bellen, R. C. Van, Dunnington, H. V., Wetzel, R. and Morton, D. M. 1959. Lexique Stratigraphique International, ASIE, Vol. 111, Fascicule 10a, Iraq, 333 p.

- Boeckelmann, K. and Magaritz, M. 1991. The Permian -Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria) . Dolomitization of the Permian-Triassic sequence. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 45, pp. 61 - 68.
- Boggs, S. J. 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, Person Prentice-Hall, 662 p.
- Bolton, C. M. G. 1958. Geological Map- Kurdistan Series, Scale 1: 10,000, Sheet k4, Ranya, Unpublished, Site Inves. Company Report, (276) SOM library, Baghdad.
- Choquette, P.W. and Pray, L. C., 1970. Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, Vol. 54, pp. 207 - 244.
- Choquette, P.W. and James, N. P., 1987. Diagenesis in limestone: Part 3, The Deep Burial Environments. *Geoscience Canada*. Vol. 14, pp. 3 - 35.
- Dunnington, H. V. 1958. Generation, Accumulation and Dissipation of Oil in Northern Iraq. In, L.G. Weeks (Ed.) *Habitat of Oil*. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, pp. 1194 - 1251.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks , Analysis, Interpretation and Application*. Springer Berlin Heidelberg New York, 976 p.
- Heckel, P. H., 1983. Diagenetic Model for Carbonate Rocks in Mid - Continent Pennsylvanian Eustatic cycles. *Jour. Sedimentary Petrology*, Vol. 53, pp. 733 - 759.
- Hsu, K. J., Siegenthaler, C., 1969. Preliminary Experiments on Hydrodynamic Movement Induced by Evaporation and their Bearing on the Dolomite Problem. *Sedimentology* ,Vol. 12, pp. 11 - 25.
- James, N. P. and Choquette, P. W., 1984. Diagenesis 9. limestones – The meteoric Diagenetic Environment: *Geosci. Can.*, Vol. 11, pp. 161 - 194.
- Jassim, S. Z. and Goff, J. C., 2006. *Geology of Iraq*. Published by Doline, Prague and Moravian Museum, Brno, 341 p.
- Khalifa, M. A, 2005. Lithofacies, Diagenesis and Cyclicity of the ‘Lower Member’ of the Khuff Formation (Late Permian), Al Qasim Province 61- 6861- 68. *Saudi Arabia Journal of Asian Earth Sciences*, Vol. 25, pp. 719 - 734.
- Longman, M. W. 1980. Carbonate Diagenetic Textures from Nearsurface Diagenetic Environments. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, Vol. 64, pp. 461 - 487.
- Machel, H. C, and Mountjoy, E. W. 1987. General Constraints on Extensive Pervasive Dolomitization and their Application to the Devonian Carbonate of Western Canada. *Bull. Can. Pet. Geol.*, Vol. 35, pp. 143 - 158.
- Matthews, R. K., 1966. Genesis of Recent lime Mud in Southern British Honduras: *Jour. Sedimentary Petrology* y, Vol. 36, pp. 428 - 454.

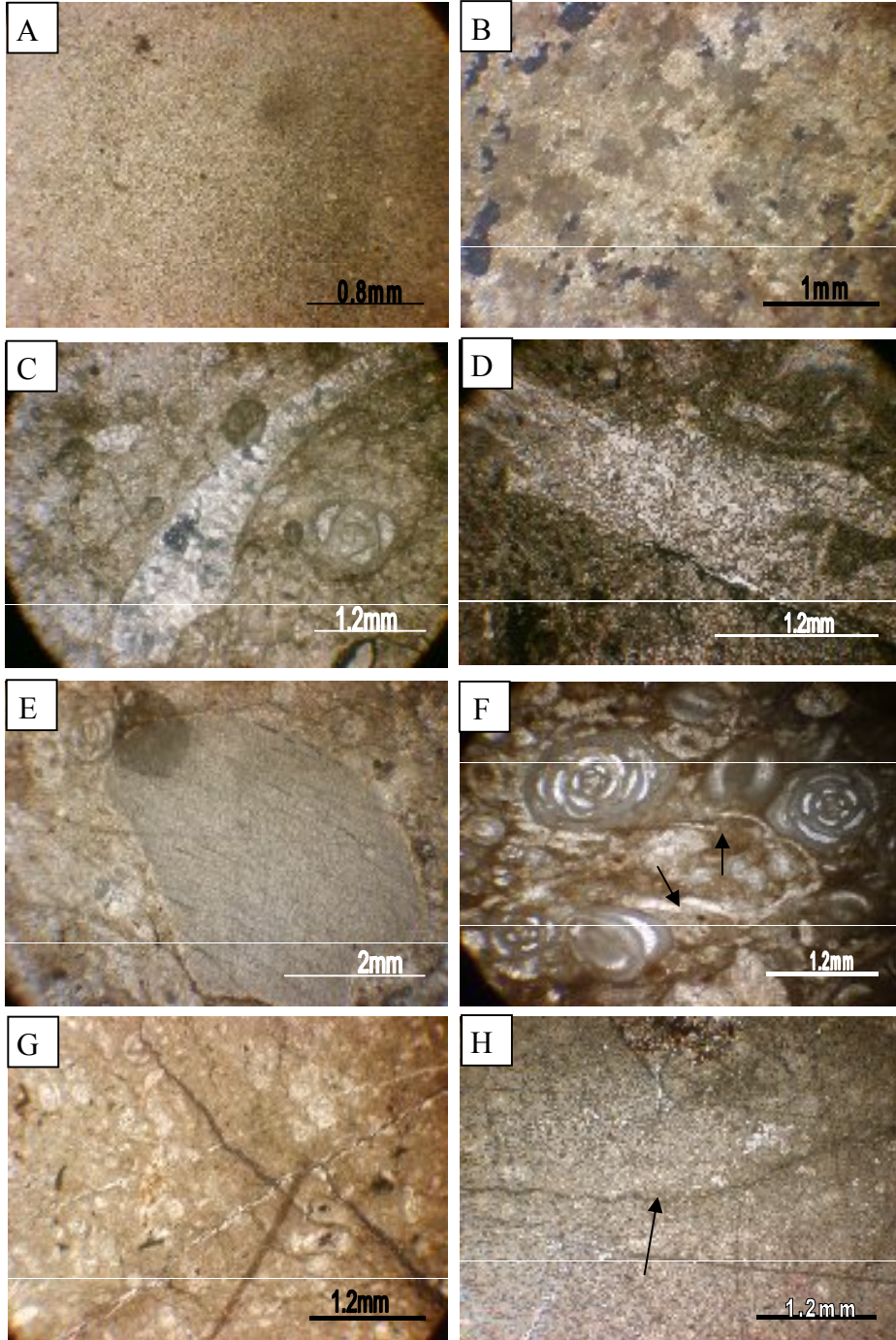
- Milliman, J. D., 1974. Marine Carbonates, Springer - Verlag, Berlin, 375 p.
- Nizami, A, R. and Sheikh, R, A., 2007. Microfacies Analysis and Diagenetic Settings of the Samana Suk Formation, ChichaliNala Section, Surgharrange, Trans Indus ranges, Pakistan. Geol. Bull. PunjabUniv. Vol. 42, pp. 37 - 52.
- Nizami, A ,R. and Sheikh, R, A., 2007. Microfacies Analysis and Diagenetic Settings of the Samana Suk Formation,ChichaliNala Section ,Surgharrange, Trans Indus Ranges , Pakistan . Geol. Bull. PunjabUniv. Vol. 42, pp. 37 - 52.
- Pingitore, N. E., 1970. Diagenesis and Porosity Modification in Acroporapalmata. Pleistocene of Barbados, West Indies: Jour. Sedimentary Petrology, Vol. 40, pp. 712 - 721.
- Randazzo, A. F. and Zachos, L. G., 1984. Classification and Description of Dolomite Fabrics of Rocks from the Floridan Aquifer, U.S.A., Sedimentary Geology, Vol. 37, pp. 151 - 162.
- Tucker, M. E. 1985. Sedimentary Petrology, an Introduction, 4th. Edition, Black Well Scientific Pub., 252 p.
- Tucker, M. E., and Wright, V. P. 1990. Carbonate Sedimentology, Malden M A, Blackwell Publishing, 482 p.
- Wanless, H. R., 1979. Limestone Response to Stress: Pressure Ssolution and dolomitization, Jour. Sedimentary Petrology, Vol. 49, pp. 437 - 462.
- Zenger, D. H., 1983. Burial Dolomite in the lost Burro Formation (Devonian), East - Central California and the Significance of late Ddiagenesis Ddolomitization .Geology, Vol.11, pp. 519 - 522.

لوحة ١



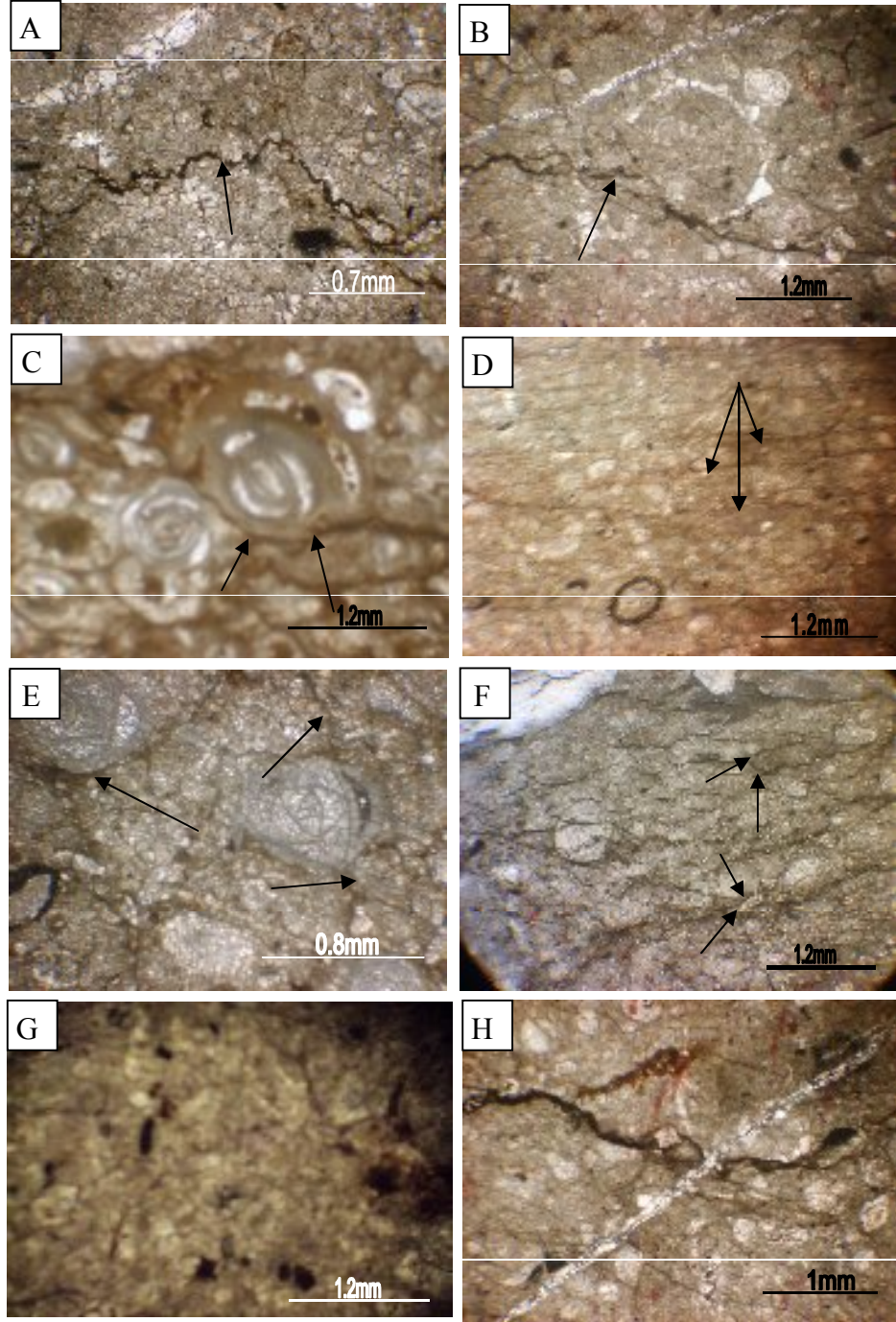
A- متحجر محاط بغلاف مكرائتي (السهم)، B- دولومايت ذو نسيج دقيق التحبب، C- دولومايت ذو نسيج موزائكي درزي، D- دولومايت ذو نسيج موزائكي منخلي، E- صدفة متحجر محاطة بغلاف مكرائتي والصدفة متعرضة للاذابة، F- صدفة من المحاريات غير متأثرة بعملية الاذابة، G- مسامية الفجوات غيرالمنتظمة، H- مسامية قلبية ناتجة عن اذابة اصداف.

لوحة ٢



A- صورة توضح السبار الدقيق، B- صورة توضح السبار الكاذب، C- صدفة من فاسيات القدم متحولة الى بلورات كالساييت موزائكية، D- السمنت الدرزي، E- السمنت الحافي المتوافق بصرياً حول صدفة من شوكيات الجلد، F- حبيبات هيكلية متأثرة بتكسرات نتيجة الانضغاط الميكانيكي (الاسهم)، G- توضح الكسور بأطوار مختلفة، H- ستايلولايت ملساء (الاسهم).

لوحة ٣



A - Staurolite غير المنتظم (السهم)، B - الستايولولايت المتموج (السهم)، C - ستايولولايت التماس الحبيبي (الاسهم)، D - الستايولولايت المتوازي (الاسهم)، E - ستايولولايت متعدد الحبيبات (الاسهم)، F - ستايولولايت غير منتظم عرقي (الاسهم)، G - حبيبات معدن الباييرايت السوداء، H - صور توضح الكسور قاطعة لسطوح الاذابة (الستايولولايت).