البتروغرافية والعمليات التحويرية في الصخور الرملية لتكوين انجانة في طية قند، شمال العراق

ثامـر عبد الرزاق أغـوان
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعـة الموصـل

محمـد علـي ألراشـدي
قسم علوم التربة والمياه
كلية الزراعة والغابات
جامعـة الموصـل

(تاريخ الاستلام 2005/7/10 ، تاريخ القبول 2006/1/26)

الملخص

تتكون الصخور الرملية لتكوين انجانة (المايوسين المتأخر) في طية قند من القطع الصخرية الكاربوناتية والمرو والفلدسبار والمايكا والحشوة والسمنت الكاربوناتي والحديدي والطيني والسيليكي فضلاً عن المكونات الأخرى.

ظهرت الصخور الرملية بأنها غير ناضجة معدنياً ومن نوع الارينايت الصخري الغني بالقطع الصخرية الكاربوناتية (Calclithic Litharenite)، ومصدرها تضمن صخور رسوبية ومتحولة ونارية.

تأثرت الصخور الرملية بالعمليات التحويرية المبكرة بشكل رئيس، وعدت عملية السمنت الكاربوناتي من أكثرها شيوعاً، فضلاً عن أن الصخور الرملية لم تعان من عملية الانضغاط بدرجة كبيرة.

أدت العمليات التحويرية المبكرة والمتوسطة إلى قلة المسامية الأولية في حين ازدادت المسامية الثانوية نتيجة إذابة السمنت الكاربوناتي بفعل العمليات التحويرية المتأخرة.

Petrography and Diagentic Processes in Sandstone of Injana Formation in Kand Fold, North Iraq

Thamer A. Aghwan
Department of Geology
College of Science
Mosul University

Mohammed A. AL-Rashedi
Department of Soil & Water Sciences
College of Agriculture & Forestry
Mosul University

ABSTRACT

The sandstone of Injana Formation (Late Miocene) in Kand anticline consists dominently of carbonate rock fragments, among other types, followed by quartz, feldspars and mica. The ground mass is represented by higher amount of calcite cement in comparison to silica, clay and ferrigenous cements.

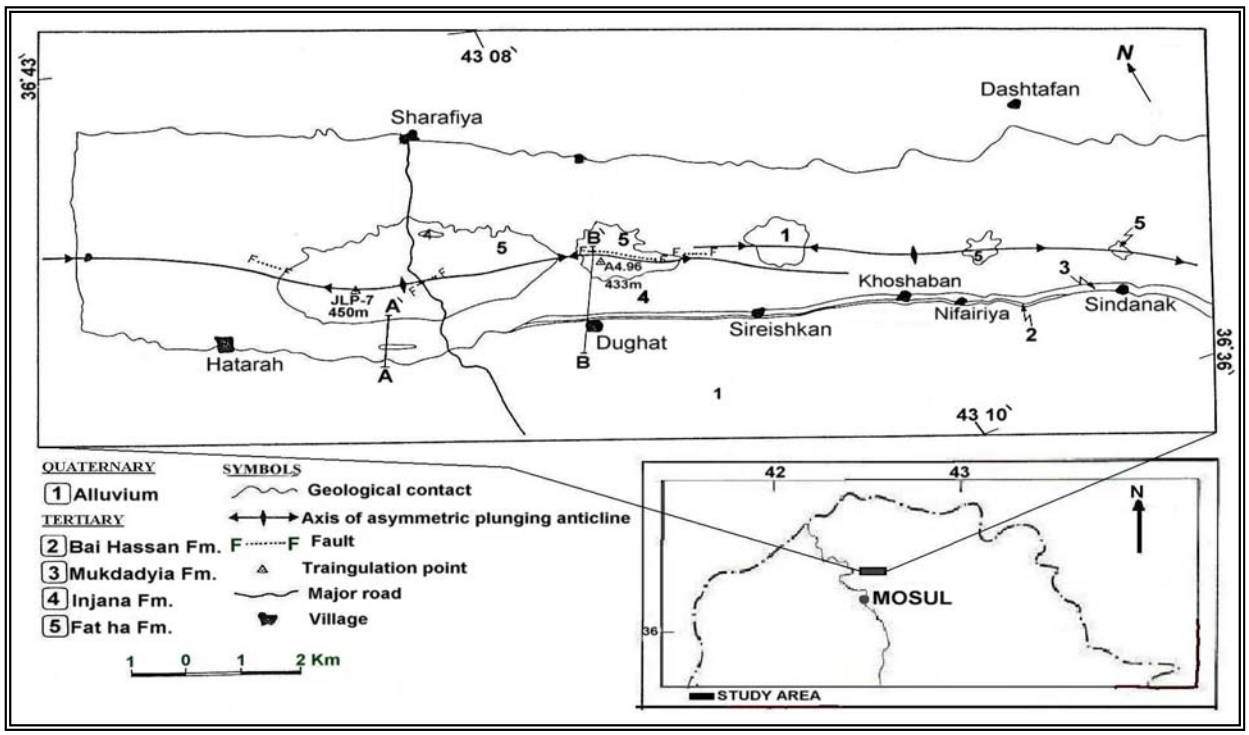
Classification of the sandstones indicates their calclithic litharenite type. The source rocks embrace sedimentary, metamorphic and igneous rocks.

The sandstones have been affected by early-diagentic events which mainly include carbonate cement and consequently subduced compaction. The processes of early-mesogentic diagenesis resulted in a decrease of primary porosity with a concomittant increase of secondary porosity during late diagenetic stage due to dissolution of carbonate cement.

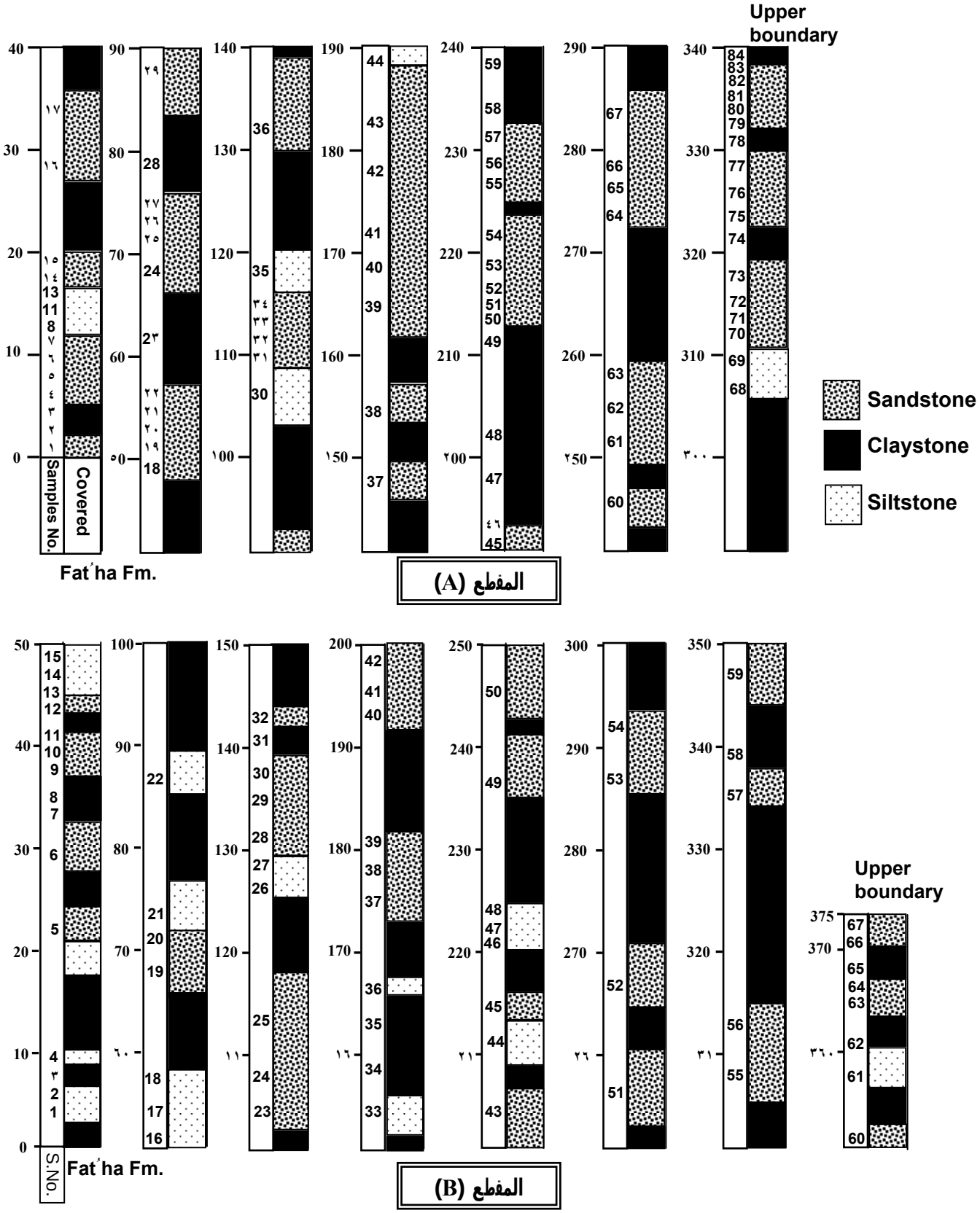
المقدمة

يتضمن البحث دراسة الصخور الرملية لتكوين انجانة (Injana Formation) بعمـر المايوسيـن المتأخر (Late Miocene) استناداً إلى (Bellen et al., 1959) فـي المقطعين (A، B) شكل (١)، فـي طيـة قنـد المحدبة الواقعـة بيـن خطي طـول (َ٠٠ ٠٧ ٤٣°) و (َ٠٠ ١٧ ٤٣°) وخطـي عرض (َ٣٠ ٣٧ ٣٦°) و (َ٣٠ ٤٢ ٣٦°)، والتـي تبعـد مسـافـة (٣٣ كـم) شـمال مدينـة الموصل.

تتألف صخور التكوين من تعاقب الصخور الرملية والغرينية والطينية شكل (٢)، ويكـون سـطح التماس السفلي لتكوين انجانة مع تكوين فتحة (Fat'ha Formation) تدريجياً ومحدد بأخر طبقة من الطين الأخضر في تكوين فتحة أما السطح العلـوي للتكـوين فيكون متوافقـاً ومتدرجـاً مـع تكـوين مقداديـة (Mukdadiya Formation) ويتحـدد بظهور أول طبقة صخور رمليـة حصـوية (Pebbly Sandstone) (Bellen et al.,1959).



الشكل ١: خارطة تبين موقع وجيولوجية منطقة الدراسة محورة عن (Gosling and Bolton , 1959).



الشكل ٢ : يبين المقطعين الصخريين (B,A) موضحاً عليهما الأنواع الصخرية ونماذج الدراسة

يهدف البحث إلى دراسة المكونات البتروغرافية للصخور الرملية وتوظيف نتائجها فـي تصـنيف الصخور الرملية، فضلاً عن دراسة العمليات التحويرية المختلفة التي أثرت على الصخور الرملية لتكوين انجانة.

بتروغرافية الصخور الرملية:

تم فحص (٨٢) شريحة رقيقة من الصخور الرملية فضلاً عن عد مكونات (٤٧) شريحة رقيقة وتم حساب (400) حبيبة في كل شريحة باستخدام العداد النقطي (Point Counter) بعـد معاملـة الشـرائح بصبغة الاليزيرين الحمراء، وذلك لتمييز حبيبات الكالسايت، وفيما يلي شرح موجز لهذه المكونات:

- **المرو:** تم تشخيص المـرو بنوعيه الأحـادي والمتعـدد البلـورات (Mono and Polycrystalline Quartz) وكانت نسبة الأحادي التبلور أعلى من المتعدد البلورات جدول (١)، تمتاز حبيبـات المـرو الأحادي التبلور بأنها ذات انطفاء (مستقيم- متموج) وتتراوح أشكال حبيباته من شبه متساوية الأبعاد إلى شبه مدورة، وكانت أغلب الحبيبات نقية فضلاً عن احتواء البعض منها على مكتنفات مـن الزركـون والمسكوفايت ومعادن أخرى (لوحة 1- B, A).

استناداً إلى (Folk, 1974) تتكون حبيبات المرو المتعدد من ثلاث بلورات أو أكثر والحدود ما بين البلورات شبـه مستقيمة، وهـذا يـدل علـى الأصل الناري الجوفـي للمرو، وأحياناً تكون الحدود ما بين البلورات متعرجة أو غير واضحة وهـذا يـدل علـى الأصـل المتحـول، ويتـراوح شكـل الحبيبـات (شبه مدور- شبـه متساوٍ) ويكون انطفاؤها (متموجاً إلى مستقيم) (لوحة 1 -C).

- **الفلدسبار:** يوجد بنوعيـه (البوتاسـي والبلاجيـوكليز) وتكـون نسـبة البوتاسـي (الاورثـوكليز والمايكروكلاين) أعلى من البلاجيوكليز جدول (١). تكون حبيبات الاورثوكليز لوحية إلى شبه دائريـة الشكل وذات لون مغبر بسبب التحلـل إلـى المعـادن الطينيـة (لوحـة 1-D)، بينمـا يتصـف المايكروكلايـن بتوأمته المتقاطعة (Cross-hatch twining) وحوافه المتحللة (لوحة 1 - E)، فضلاً عن وجود بعـض الحبيبات الحاوية علـى نسيـج البرثايت (Perthite texture) (لوحـة 1 - F)، وتمتـاز حبيبات البلاجيوكليز بكونها ذات شكل دائري (لوحة1 - G).

- **القطع الصخرية:** تم تحديد القطع الصخرية (الرسوبية والمتحولة والنارية)، وكانت النسبة العالية مـن القطع الصخرية الكاربوناتية هي الشائعة، وتتكون من المكرايت ذو اللون البني والشكل المدور (لوحة1 - H)، كما توجد بعض بقايا هياكل الفورامنفيرا القاعية (لوحة ١ - I)، فضلاً عن وجود قطع الصوان الدقيق التبلور والكالسيدوني ذو الشكل المتطاول وشبه المدور (لوحة 1 - K , J).

تشمل القطع الصخرية الفتاتية على القطع الغرينية والرملية القديمة وتكون ذات شكل شبه مـدور وذات لـون بنـي داكن (لوحـة ١ – L) و (لوحة 2 – A)، فضلاً عن وجود نسبة قليلة مـن القطـع الصخرية المتحولة (الشست) (لوحة 2 - B)، والقطع الصخرية النارية (لوحة 2 - C).

- الحشوة والسمنت: تتكون الحشوة من المواد الطينية و الغرينية التي تملا الفراغـات بـين الحبيبـات الفتاتية (لوحة 2 - D)، ويعتقد بان معظم الحشوة في صخور الدراسة ذات أصل تحويري وذلـك مـن خلال تأثر الحبيبات غير المستقرة (الفلدسبار والقطع الصخرية) بالعمليات التحويرية، فضـلاً عـن أن جزء ضئيل من الحشوة قد ترسب على هيئة مواد فتاتية.

أما السمنت فيعد السمنت الكاربوناتي من أكثر أنواع السمنت انتشاراً في صخور التكوين قياساً إلى السمنت الطيني والحديدي والسيليكي، وسوف يتم التطرق إليه لاحقاً في عملية السمنتة وبشكل تفصيلي. فضلاً عن وجود المكونات الأخرى من معادن المايكا (المسكوفايت والبايوتايت) والكلورايت والمعـادن الثقيلة والتي تتباين في نسبها ولكنها قليلة بصورة عامة جدول (١).

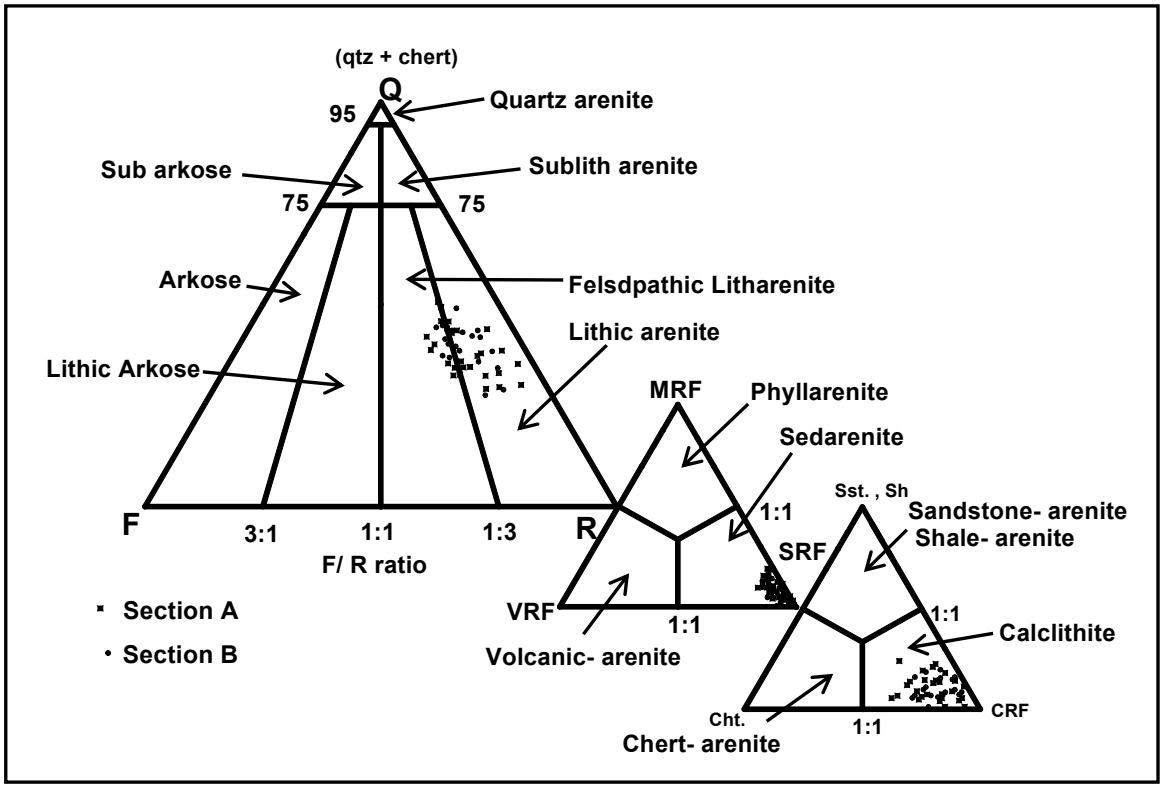
الجدول ١ : يوضح المدى والمعدل للمكونات المعدنية ومعامل النضوج المعدني لنماذج المقطعين (B،A)

Mineralogy		Range Section(A)%	Range Section(B)%	Average Section (A) %	Average Section (B) %
Monocrystalline Quartz.	Non-Undulatory	14 - 26.25	14.5 - 23.75	18.97	19.27
	Undulatory	1.25 - 7.25	1.25 - 7.0	٣.٨٦	3.36
Polycrystalline Quartz		1.25 - 11.5	2.25 - 11.25	٥.٧٢	6.6
K-feldspar		3.5 - 10.5	3.75 - 11.25	6.84	7.05
Plagioclase feldspar		0.75 - 4.25	1 - 3.75	2.84	2.25
Chert		2.25 - 14.0	2 - 14.25	6.14	8.3
Sedimentary R.F.	Carbonate R.F.	7.25 - 21.0	8.25 - 20.25	13.44	14.92
	Other Sedimentary R.F.	3.5 - 10.5	3.75 - 13.75	6.82	7.62
Metamorphic R.F.		0 - 4.5	0 - 3.25	1.35	1.27
Igneous R.F.		0 - 2.5	0 - 2.5	0.63	0.88
Carbonate cement		7.5 - 24.75	4 - 24.75	14.52	12.82
Other cement		0 - 3.75	0 - 2.5	١.١١	0.67
Pores		2.25 - 10.5	0.75 - 9	6.38	4.61
Heavy minerals		1 - 5.75	1.25 - 5.25	2.87	2.51
Mica		0 - 3.5	0 - 5.0	0.76	0.83
Chlorite		0 - 4.25	0 - 3.75	1.23	0.93
Matrix		0 - 17.75	0 - 16.75	5.90	6.05
Mineralogical Maturity Index		36.05 -81.82	36.05 -91.38	54.89	57.70

(McBride and Picard, 1987)				

تصنيف الصخور الرملية

تم استخدام تصنيف (Folk, 1974) في هذه الدراسة، وقد انحصرت معظـم النمـاذج فـي حقـل الاريناي ـت الصخـري (Lithic arenite)، والبعـض فـي حقـل الاريناي ـت الصـخري الفلدسـباثي (Feldspathic Lithic arenite)، فضلاً عن ظهور جميع النماذج فـي حقل الاريناىت الصخري الغنـي بالقطع الصخرية الكاربوناتية، الشكل (3).



الشكل ٣: يبين تصنيف (Folk, 1974) للصخور الرملية موضحاً عليه نماذج مقطعي الدراسة

أشار (Folk, 1974) إلى أن الصخور الرملية الغنية بالقطع الصخرية الكاربوناتية تكونت عندما كان معدل التعرية هو السائد على معدل التحال الكيميائي وذلك لضعف مقاومة هذه القطع الصخرية وان هـذه الصخور ترسبت قرب المصدر.

تم حساب النضوج المعدني للصخور الرمليـة حسـب طريقـة (McBride and Picard, 1987)، وأظهرت قيم النضوج المعدني بأن صخور التكوين غير ناضجة معدنياً جدول (١)، ويعـود ذلـك إلـى النشاط التكتوني في فترة ترسيب هذه الصخور والذي أدى إلى زيادة التجوية وتسريع عمليـة النقـل ثـم الطمر مباشرة.

أشار (Dickinson, 1985) إلى أن شيوع القطع الصخرية قياساً إلى الفلدسبار والمحتوى العالي من المرو يعكس الأصل المختلط (الرسوبي/المتحول) بصورة رئيسة والأصل الناري بشكل ثانوي. في حين تشير النسبة العالية من القطع الصخرية الكاربوناتية في الصخور الرملية قيد الدراسة إلى اشتقاقها من تكوينات أقدم عمراً ذات محتوى كاربوناتي عالي انكشفت إلى السطح بفعل عمليات الطي والفوالق الشديدة. ويعتقد بان هذه التكوينات عائدة للعصرين الطباشيري والثلاثي (Cretaceous and Tertiary) (Al- Juboury, 1994). وان هذه الصخور المصدرية الكاربوناتية قد ترسبت في بيئات بحرية ضحلة واستدل على ذلك من وجود بقايا الفورامنفيرا القاعية الدالة على البيئة البحرية الضحلة (ألراشدي، ٢٠٠٥) (لوحة ١ – I). وبهذا يكون الأصل الصخري للصخور الرملية في هذه الدراسة عبارة عن معقد متداخل من الصخور الرسوبية (الكاربوناتية) والمتحولة والنارية.

العمليات التحويرية في الصخور الرملية

تأثرت الصخور الرملية بالعمليات التحويرية التالية:

- **عملية التعكر الحياتي:** تلاحظ هذه العملية في الجزء السفلي من التكوين وذلك من خلال وجود اثار لزحف الكائنات الحية (لوحة٢- E)، فضلاً عن وجود أنابيب حفر عمودية. وتنشأ الاثار الحياتية متزامنة مع الترسيب وفي المراحل المبكرة من العمليات التحويرية (McBride et al., 2003). وتؤدي عملية التعكر الحياتي إلى اختزال مسامية الرواسب بشكل متزامن مع الترسيب من خلال مزج رواسب الحمل الطبقي (الرمل) مع رواسب الحمل المعلق (الطين) بواسطة الحفر والتغذية (Jonas and McBride, 1977).

- **عملية السمنتة:** تعد عملية السمنتة من اهم العمليات التحويرية انتشاراً في صخور التكوين، وتم تميز الانواع التالية من السمنت:

- **السمنت الكاربوناتي:** يعد من أكثر الأنواع انتشاراً، وهو عبارة عن بلورات من السباري كالسايت الشفافة بشكل قطع معزولة (Patches) (لوحة ٢- F) وبحجم اكبر من (١٠مايكرون)، ويعتقد بانها قطع من الكاربونات معادة التبلور. كما يوجد السمنت الكاربوناتي احياناً بشكل بلوكي (Blocky) والذي يتكون من بلورات كبيرة وخشنة من السباري كالسايت محيطة بالحبيبات الفتاتية (لوحة ٢- G) وقد يشكل هذا النوع من السمنت نسيجاً يعرف بالنسيج المبرقش (Poikilotopic texture). فسر (Dapples, 1971) تكون السمنت الكاربوناتي المبرقش على أنه ناتج عن الترسيب الكيميـاوي البطي، من محلول مخفف فقير بالمغنيسيوم (Folk, 1974) ; (Dypvik and Nilsen, 2002). يتكون هذا النوع من السمنت في المراحل المبكرة والمتوسطة من العمليات التحويرية (Morad et al., 2000).

- **السمنت الحديدي:** يوجد بكميات قليلة ويظهرعلى شكـل غطـاء رقيـق يغلف الحبيبـات الفتاتيـة (لوحة ٢- H)، ويتميز بلونه الاحمر لتكونه من أكاسيد الحديد (الهيماتايت والجوثايت) نتيجـة تعاقـب ظروف الرطوبة والجفاف (اليوزبكي، 1989). ويعتقد أن هذا النوع من السمنت هو نـاتج عـن تلبـد الحديد مع المعادن الطينية من خلال الترسيب. أن مصدر هذا السمنت الحديدي يكون متعدداً، فهـو قـد يكون ناتجاً عن المعادن المعتمة ذات الأصل ألفتاتي (Dapples, 1972)، أو عـن تجويـة الصـخور المصدرية الحاوية على الحديد، حيث ينتقل بهيئة اكاسيد حديدية بواسطة المياه ثم يترسب حول الحبيبات بشكل اغلفة ضمن ظروف مؤكسدة وخصوصاً في الرواسب الناعمة (Dypvik and Nilsen, 2002).

- **السمنت الطيني:** يظهر متداخلاً ومترافقاً مع السمنت الحديدي ويكون بشكل أغلفة رقيقة حول الحبيبات وموزعاً بصورة غير منتظمة، وتُظهر نماذج الدراسة كمية قليلة من السـمنت الطينـي مـا بيـن الحبيبات (لوحة ٢ – I). أشار (De Ros et al., 1994) أن السمنت الطيني قد يتكون بفعـل عمليـات الترشيح التي تحدث في المراحل المبكرة من العمليات التحويرية.

- **السمنت السـيليكي:** يوجد على شكل نمو ثانوي للمرو (Quartz overgrowth) بكميات قليلة جداً فـي نماذج الدراسة إما بشكل غلاف رقيق وغير مستمر أو بهيئة مستمرة محيطة بحبيبات المرو، وهذا يدل على أن ترسيب السيلكا بدأ عند أعماق ضحلة (De Ros et al., 1994)، وفي المرحلة المتوسطة مـن العمليات التحويرية (Morad et al., 2000). ويمكن ملاحظة النمو الثانوي في حالة وجود بقايـا مـن المواد الطينية أو الحديدية التي تحيط بالحبيبة الأصلية (لوحة ٢ – J). ويعتقد فـي هـذه الدراسـة أن الإحلال الجزئي أو الكلي للكالسايت في حبيبات المرو والفلدسبار يحرر كمية من السيلكا اللازمة للنمـو الثانوي.

- **عملية الانضغاط:** لوحظت أثار هذه العملية من خلال اندفاع الحشوة الطينية حول حبيبـات المعـادن، فضلاً عن وجود التلامس النقطي والخطي والقليل من الحدود المنحنية بين الحبيبات المعدنيـة (لوحة ٢ – K)، حيث إن شكل التماس بين الحبيبات يعكس مدى الانضغاط (Wolf and Chilingarian, 1976) ، كمـا يلاحظ وجود مظاهر التكسر في حبيبات المـرو (لوحـة ٢ – L). تحدث عملية الانضـغاط في المرحلة المتوسطة من العمليات التحويرية متزامنة مع تكون السمنت الكاربوناتـي المتكـون فـي نفس الزمن (Morad et al., 2000)، إذ ان السمنـت الكاربوناتـي المبكـر النشـأة يساهم في اعاقـة عملية الانضغاط (Rossi et al., 2001).

مما سبق يمكن القول أن الصخور الرملية لتكوين انجانة لم تعان من عملية الانضـغاط بدرجـة كبيرة لاقتصار العملية على الانضغاط الفيزيائي فصلاً عن عمق الطمر الضحل نسبياً.

- **عمليةالاحلال:** لوحظت عملية احلال الكالسايت في بعض المكونـات المعدنيـة (المـرو والفلدسـبار) بدرجات متفاوتة (لوحة ٣ – A ، B). ويكون معظم الاحلال جزئياً، ونادراً ما يكون كـاملاً. ويـودي الاحلال الكلي للحبيبات إلى طمس معالم المعدن الاصلي ويعطي مظهـرا مختلفـاً للمعـدن الاصـلي (Boggs, 1997). وقد لوحظ وجود احلال جزئي لمعـادن الطينيـة فـي معـادن الفلدسبار (لوحـة ٣ - C). أشار (McBride et al., 2003) الى ان الكالسايت الناتج عن عملية الاحلال قد تكـون فـي عمق طمر لايتجاوز (٤٠) متراً، في حين ان السمنت السباري كالسايت الخشن يتكون في اعماق اكبر. وهذا يظهر أن عملية الاحلال في صخور الدراسة الحالية قد تمت في بداية المرحلـة المتوسـطة مـن العمليات التحويرية.

- **عملية التغير:** تجسدت أثارها في ترسبات الدراسة الحالية من خلال تحلل وتغير معادن الفلدسبار الـى المعادن الطينية بدرجات مختلفة وذلك ربما بفعل المحاليل الداخلة على طول خطوط الانفصام، وتظهـر حبيبات المعدن المتاثر بهذه العملية بشكل حبيبات ناقصة الاوجه وبهيئة غبارية (لوحة ٣ – D).

- **عملية الاذابة:** مظاهر الاذابة قليلة جدا في ترسبات الدراسة الحالية وتشتمل في حالة وجودهـا علـى اذابة المكونات غير المستقرة (الفلدسبار والقطع الصخرية) جزئياً او كلياً (لوحـة ٣ - E). والعمليـة تحدث في المرحلة الاخيرة من العمليات التحويرية وذلك بعد تعرض الطبقـات الصـخرية للانكشـاف والتجوية (McBride et al., 2003).

- **عملية اعادة التبلور:** تتضمن هذه العملية ظاهرة تحول المكرايت الى السبار الدقيق، وقد تم تشـخيص ذلك من خلال التحول التدريجي من المكرايت الى السبار الدقيق الصافي (Microspar) (لوحة ٣ - F) ومثل هذه الظاهرة قد تتم بوسـاطة عمليـة التشـكل الجديـد (Neomorphism) (Bathrust, 1976). تحـدث هـذه العملية في المرحلة المبكرة من العمليات التحويرية، ولوحظت مظاهرها بشكل قليل جداً في الصخور الرملية لتكوين انجانة.

مسامية الصخور الرملية

أثرت العمليات التحويرية على مسامية الصخور الرملية بدرجات متفاوتة، حيـث يلاحـظ ترافـق المسامية الاولية والثانوية في الصخور الرملية قيد الدراسة. ويبدو ان المسامية الاولية قد إمتلئت بـالمواد السمنتية المختلفة وخاصة الكاربوناتية منها والذي أدى إلى قلتها. أما المسامية الثانوية فكانـت مرتبطـة بمدى إذابة المكونات المعدنية والسمنت مما أدى إلى زيادة نسبتها. وهـذا يتفـق مـع مـا اشـار اليـه (Morad et al., 2000) على ان العمليات التحويرية المتأخرة تعمل على زيادة المسامية الثانوية للصخور الرملية عند الاعماق الضحلة، وذلك بسبب اذابة بعض المكونات المعدنية والسمنت الكاربوناتي.

الاستنتاج

تتألف الصخور الرملية لتكوين انجانة من نسبة عالية من القطع الصخرية الرسوبية (الكاربوناتيـة) والمتحولة والنارية والمرو والفلدسبار والمايكا والحشوة. ظهرت الصخور الرملية على أنهـا مـن نـوع الارينايت الصخري الغني بالقطع الصخرية الكاربوناتية، مما جعلها غير ناضجة معدنياً. اشتقت صـخور التكوين من معقد متداخل لصخور رسوبية كاربوناتية في الغالب فضلاً عن الصخور المتحولـة والناريـة التي تعرضت للتعرية ثم للترسيب في نطاق الأنهار الالتوائية.

تاثرت الصخور الرملية بالعديد من العمليات التحويرية متمثلة بالتعكر الحياتي والسمنتة والانضغاط والاحلال والتغير والاذابة واعادة التبلور، ويعد السمنت الكاربوناتي من اكثر العمليات التحويرية شـيوعاً فضلاً عن السمنت الحديدي والطيني والسيليكي. وان صخور التكوين لم تعان من عملية الانضغاط بدرجة كبيرة ويدعم هذا عدم وجود الانضغاط الكيميائي.

أدت العمليات التحويرية المبكرة والمتوسطة إلى قلة المسامية الاولية في حـين ازدادت المسـامية الثانوية نتيجة اذابة السمنت في طور العمليات التحويرية المتاخرة.

المصادر العربية

ألراشدي، محمد علي مال الله، ٢٠٠٥. دراسة رسوبية لتكوين انجانة في طية قند- شمال العراق. رسـالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، كلية العلوم، ١٥٣صفحة.

اليوزبكي، قتيبة توفيق، ١٩٨٩. دراسة جيوكيميائية ومعدنية للحديد المتواجد مع الترسبات الطينيـة فـي تكوين الكعرة في الصحراء الغربية. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، كلية العلـوم، ١٨٦صفحة.

المصادر الاجنبية

Al-Juboury, A.I., 1994. Petrology and Provenance of the Upper Fars Formation, Northern Iraq. Acta. Geologica Universitatis Commenianae (Slovakia), Vol.50, pp.45-53.

Bathrust, R.C.C., 1976. Carbonate Sediments and Their Diagenesis, (2nd ed.), Development in Sedimentology 12, Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 658p.

Bellen, R.C., Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. Lexique Stratigraphique International Asia, Fascicule, 10a, Iraq. Centeral National deal Recherches Scientifique, Paris, 333p.

Boggs, S.J., 1997. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Prentic-Hall, 488p.

Dapples, E.C., 1971. Physical Classification of Carbonate Cement in Quartzose Sandstone. Jour. of Sedi. Petrology, Vol.41, pp.196-204.

Dapples, E.C., 1972. Some Aspects of Cementation and Lithification of Sandstones. A.A.P.G.Bull., Vol.56, pp.3-25.

De Ros, L.F., Morad, S. and Paim, P.S.G., 1994. The Role of Detrital Composition and Climate on the Diagenetic Evolution of Continental Molasses: Evidence from the Cambro-Ordovician Guaritas Sequence, Southern Brazil. Sedimentary Geology, Vol.92, pp.197-228.

Dypvik, H. and Nilsen, O., 2002. Rift Vally Sedimentation and Diagenesis, Tanzanian Examples-A Review, South Africa Journal of Geology, Vol.105, pp.93-106.

Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Comp., Texas, 182p.

Gosling, F. and Bolton, T., 1959. The Geology of Jabal Kand. Unpublished Geological Report 222, Iraq Petroleum Company Limited, 40p.

Jonas, E.C. and McBride, E.F., 1977. Diagenesis of Sandstone and Shale: Application to Exploration for Hydrocarbons. Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin. Continuing education program, Publication No.1, 120p.

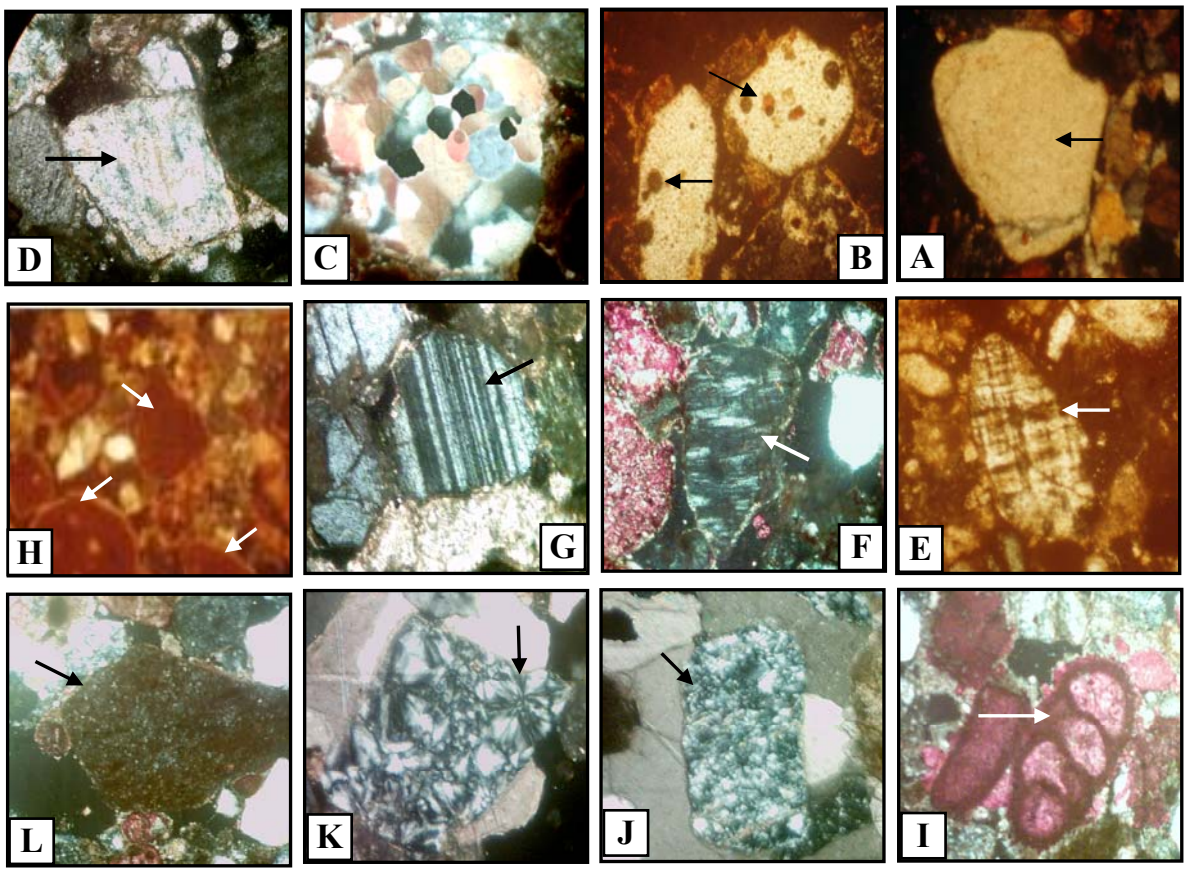
McBride, E.F., Picard, M.D. and Milliken, K.L., 2003. Calcite-Cemented Concretions in Cretaceous Sandstone, Wyoming and Utah, U.S.A., Jour. Sedi. Research., Vol.70, pp.462-483.

Morad, S., Ketzer, J.M. and De Ros, L.F., 2000. Spatial and Temporal Distribution of Diagenetic Alterations in Siliciclatic Rocks: Implication for Mass Transfer in Sedimentary Basins. Sedimentology, Vol.47 (Suppl.1), pp.95-120.

Rossi, C., Marfil, R., Ramseyer, K. and Permanyer, A., 2001. Facies-Related Diagenesis and Multiphase Siderite Cementation and Dissolution in the Reservoir Sandstones of the Khatatba Formation, Egypt’s Western Desert. Jour. Sedi. Research., Vol.71, pp.459-472.

Wolf, K. and Chilingarian, G., 1976. Compaction of Coarse Graind Sediments. Development in Sedimentology, 18B, Elsevier, Amsterdam.

لوحـة (١)



A- حبيبة مرو أحادي التبلور نقية، النموذج (A- 25)، تكبير (X١٠).

B- حبيبة مرو أحادي التبلور فيها مكتنفات، النموذج (B- 23)، تكبير (X١٠).

C- حبيبة مرو متعدد البلورات، النموذج (A- 61)، تكبير (X١٠).

D- حبيبة اورثوكليز فلدسبار لوحية الشكل ذات هيئة مغبرة، النموذج (A- 39)، تكبير (X٢٠).

E- حبيبة مايكروكلاين فلدسبار المؤشرة، النموذج (A- 70)، تكبير (X١٠).

F- حبيبة فلدسبار تظهر نسيج البرثايت، النموذج (B- 23)، تكبير (X١٠).

G- حبيبة بلاجيوكليز فلدسبار تُظهر توأمة الالبايت، النموذج (B- 24)، تكبير(X١٠).

H- قطع صخرية كاربوناتية مكرايتية وتظهر إعادة تبلور المكرايت إلى سبار دقيق (Microspar) على حواف هذه القطع، النموذج (A- 84)، تكبير (X١٠).

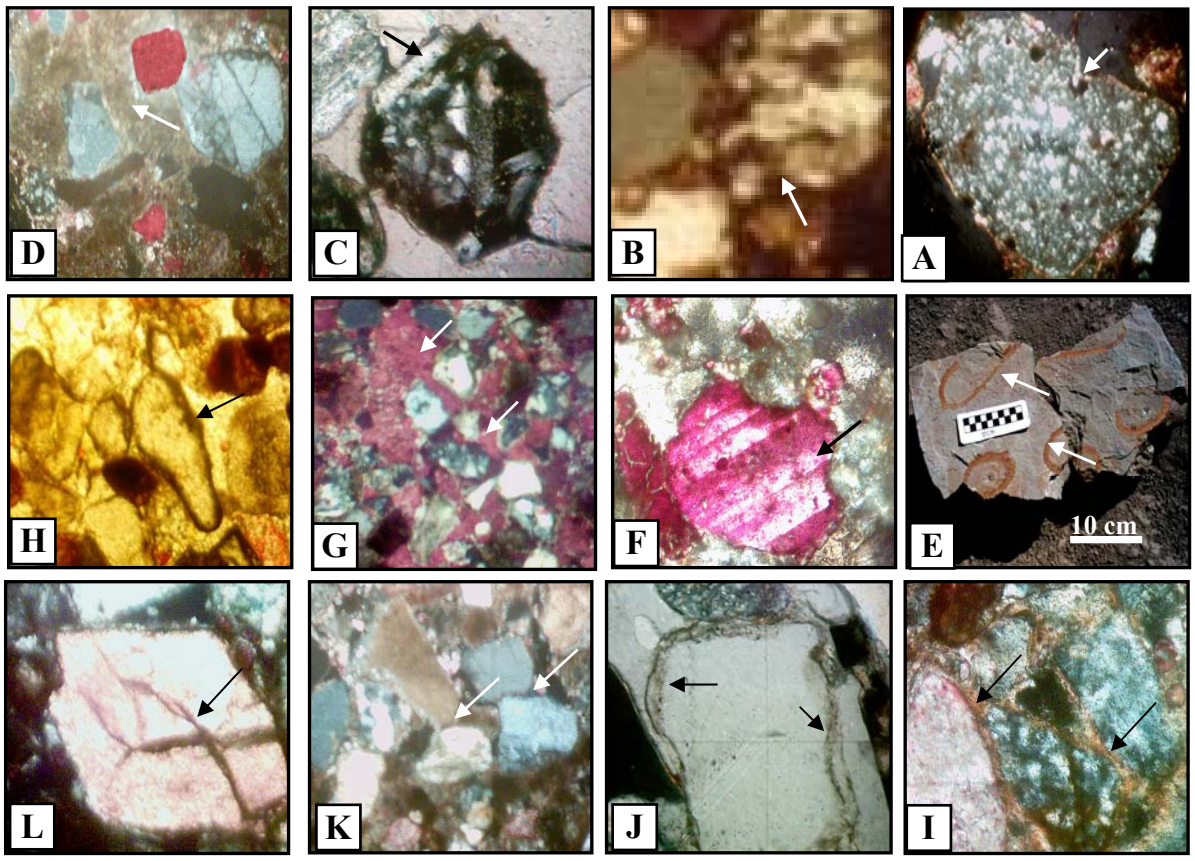
I- بقايا هيكل لمتحجر الفورامنفيرا القاعية، النموذج (A- 84)، تكبير (X١٠).

J- قطعة صخرية من الصوان الدقيق التبلور، النموذج (B- 61)، تكبير (X١٠).

K- قطعة صخرية من الصوان الكالسيدوني، النموذج (A- 39)، تكبير (X١٠).

L- قطعة صخرية فتاتية (الغرين)، النموذج (B- 23)، تكبير (X٥).

لوحـة (٢)



A- قطعة صخرية رملية، النموذج (A - 55)، تكبير (X١٠).

B- قطعة صخرية متحولة (شست)، النموذج (A - 51)، تكبير (X١٠).

C- قطعة صخرية نارية، النموذج (B - 23)، تكبير (X١٠).

D- الحشوة الفتاتية، النموذج (B- 6)، تكبير (X١٠).

E- التعكر الحياتي وتظهر فيه أثار الزحف.

F- السمنت الكاربوناتي السباري كالسايت بشكل قطع (Patches)، النموذج (B- 23)، تكبير (10X).

G- السمنت الكاربوناتي السباري كالسايت المنتشر مكوناً النسيج المبرقش، النمـوذج (A- 61)، تكبير (5X).

H- السمنت الحديدي يغلف الحبيبات الفتاتية، النموذج (A- 55)، تكبير (10X)، ضوء اعتيادي.

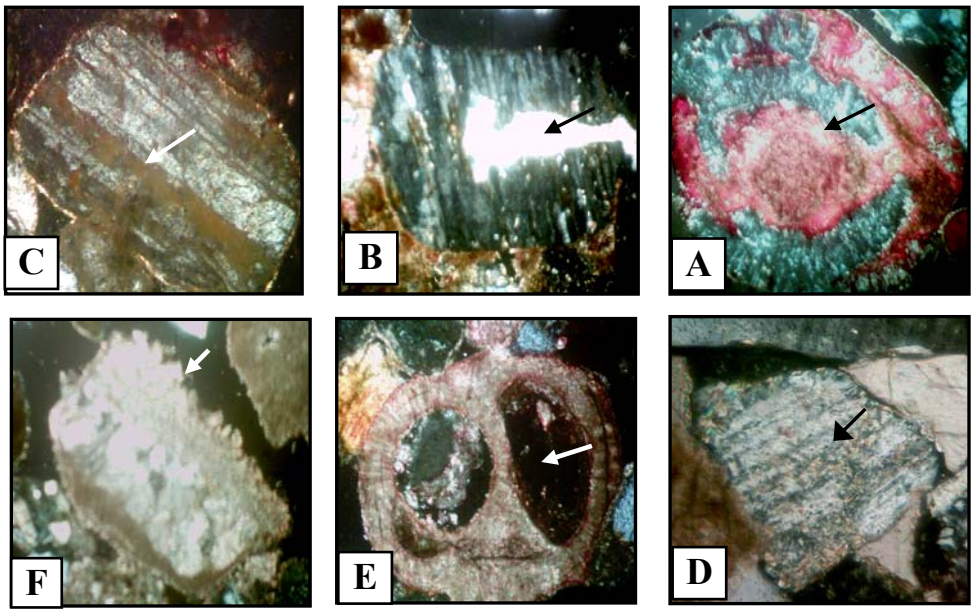
I- السمنت الطيني يغلف الحبيبات الفتاتية، النموذج (B- 25)، تكبير (10X).

J- السمنت السيليكي يظهر فيه النمو الثانوي للمرو، النموذج (A- 71)، تكبير (20X).

K- التلامس النقطي والخطي بين المكونات الفتاتية، النموذج (A- 5)، تكبير (5X).

L- تكسر حبيبة المرو بسبب الانضغاط، النموذج (A- 61)، تكبير (10X).

لوحـة (٣)



A- إحلال الكالسايت محل المرو (الكالسيدوني) بصورة جزئيـة، النموذج (B-23)، تكبير (10X).

B- إحلال الكالسايت محل الفلدسبار (البرثايت) بصورة جزئية، النموذج (B-23)، تكبير (10X).

C- إحلال المعادن الطينية محل الفلدسبار (البلاجيوكليز) بصورة جزئية، النموذج (A-70)، تكبير (20X).

D- تغير جزئي في حبيبة الفلدسبار (البلاجيوكليز) إلى المعادن الطينية، النموذج (B-65)، تكبير (10X).

E- إذابة القطعة الصخرية الكاربوناتية الحاوية على بقايا لهيكل متحجر، النموذج (B-25)، تكبير (20X).

F- إعادة تبلور المكرايت إلى سبار دقيق (Microspar)، ووجود مسامية ثانوية نتيجـة الإذابـة، النمـوذج (A-84)، تكبير (5X).