البتروغرافية والمناخ القديم والوضع التكتوني خلال الترسيب النهري للصخور الرملية لتكوين انجانة في طية قند، شمال العراق

ثامر عبد الرزاق داود أغوان[١] و محمد علي مال الله ألراشدي[٢]

[١] *قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، جمهورية العراق*

[٢] *قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، الموصل، جمهورية العراق*

الكلمات الدالة: الصخور الرملية، البتروغرافية، التكتونية، قند.

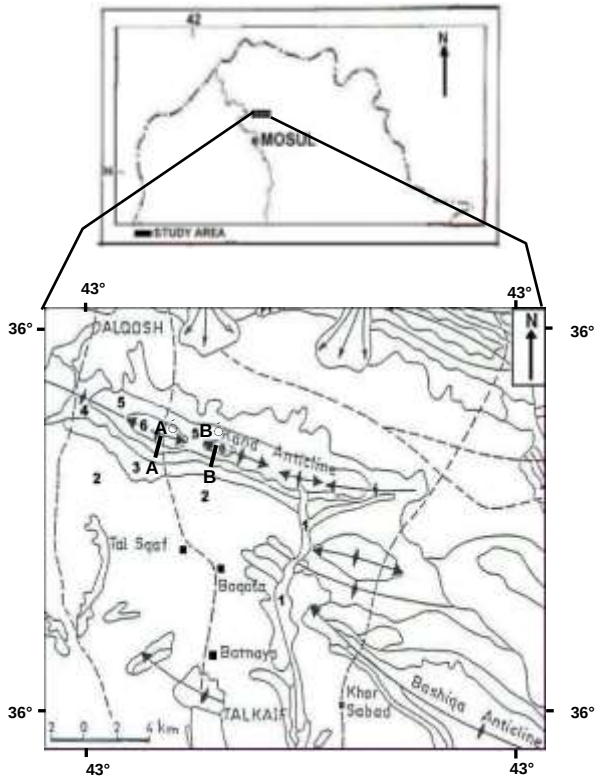
الملخص:

تتكون الصخور الرملية لتكوين انجانة (المايوسين المتأخر) في طية قند من القطع الصخرية الكاربوناتية والمرو والفلدسبار والمايكا والحشوة، ويشكل السمنت الكاربوناتي النسبة العالية قياساً إلى السمنت الحديدي والطيني والسيليكي. تظهر صخور التكوين بأنها غير ناضجة معدنياً ومن صنف الاريناىت الصخري الفلدساثي (Feldsathic Litharenite)، وترسبت صخور التكوين في ظروف مناخية (شبه رطبة – شبه جافة).

تميز الوضع التكتوني لمنطقة المصدر بالاوروجوني المعاد الترسيب (Recycled orogen)، والذي يمثل نطاق تصادم الصفيحة العربية (الخاملة) مع الصفيحة الإيرانية والتركية (الفعالة) مما أفرز تداخل تكتوني انعكس على الغطاء الرسوبي بين صخور الحافتين القاريتين أدى إلى تكوين تضاريس عالية مكونة من صخور رسوبية ومتحولة نارية ضمن منطقة المصدر تعرضت إلى تعرية سريعة ثم الترسيب في نظام الأنهار الالتوائية.

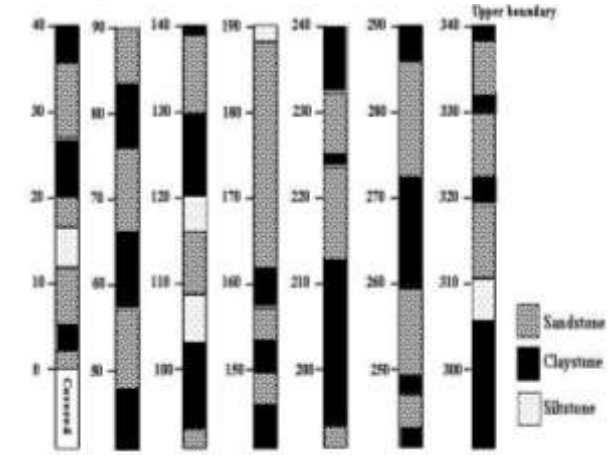
المقدمة:

يتضمن البحث دراسة صخور تكوين انجانة (Injana Formation) بعمر المايوسين المتأخر (Late Miocene) (1) في طية قند الواقعة بين خطي طول (٠٠ ٠٧ ٤٣°) و(٠٠ ١٧ ٤٣°) وخطي عرض (٣٠ ٣٧ ٣٦°) و(٣٠ ٤٢ ٣٦°) والتي تبعد مسافة (٣٣ كم) شمال مدينة الموصل (شكل ١). تتألف صخور التكوين من تعاقب الصخور الرملية والغرينية والطينية (شكل ٢)، ويكون سطح التماس السفلي لتكوين انجانة مع تكوين فتحة (Fat'haFormation) تدريجياً ومحدد بأخر طبقة طين أخضر في تكوين فتحة أما السطح العلوي للتكوين فيكون متوافقاً ومتدرجاً مع تكوين مقدادية (Mukdadiya Formation) ويتحدد بظهور أول طبقة صخور رملية حصوية (Pebbly Sandstone) (١).

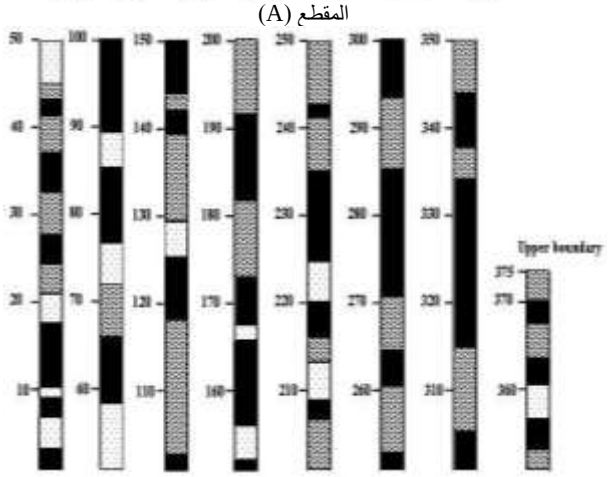


ألشكل (١) خارطة تبين موقع وجيولوجية منطقة الدراسة محورة عن (٢).

يهدف البحث إلى دراسة المكونات البتروغرافية للصخور الرملية وتوظيف نتائجها في تصنيف الصخور الرملية واستنباط المناخ والطوبوغرافية والوضع التكتوني لمنطقة المصدر.



المقطع (A)



المقطع (B)

ألشكل(٢): يبين المقطعين الصخريين (B,A) موضحاً عليهما الأنواع الصخرية، لموقع المقطعين راجع الشكل (١).

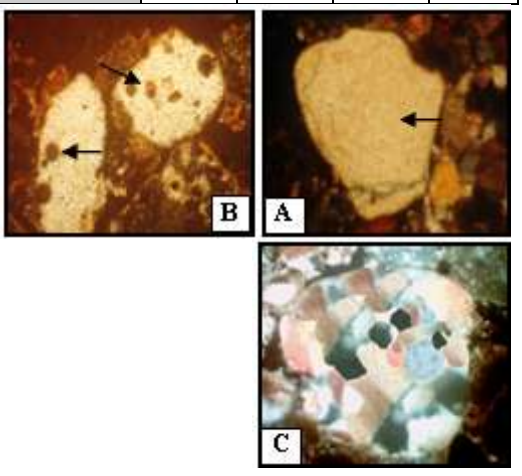
بتروغرافية الصخور الرملية:

تم فحص (٨٢) شريحة رقيقة من الصخور الرملية فضلاً عن عد مكونات (٤٧) شريحة رقيقة اعتماداً على طريقة(Gazzi-Dickinson) (٣)، التي تعد من أكثر طرق العد النقطي استخداماً لحد الآن لكونها تقلل من اعتماد تركيب الصخور الرملية على الحجم الحبيبي، وتم حساب (400) حبيبة في كل شريحة باستخدام العداد النقطي (Point Counter) بعد معاملة الشرائح بصبغة الاليزيرين الحمراء حسب طريقة (٤) لتمييز حبيبات الكالسيات وهذه المكونات هي:

– المرو: ويضم المرو الأحادي والمتعدد البلورات (Monocrystalline & Polycrystalline Quartz) وكانت نسبة الأحادي التبلور أعلى من المتعدد البلورات (جدول١)، تمتاز حبيبات المرو الأحادي التبلور بأنها ذات انطفاء (مستقيم– متموج) وتتراوح أشكال حبيبات المرو من شبه منتظمة إلى شبه مدورة، وكانت أغلب الحبيبات نقية فضلاً عن احتواء البعض منها على مكتنفات (لوحة 1-A, B). استناداً إلى (٥) تتكون حبيبات المرو المتعدد من ثلاث بلورات أو أكثر والحدود ما بين البلورات شبه مستقيمة، وهذا يدل على أن اصل المرو ناري جوفي، وأحياناً تكون الحدود ما بين البلورات متعرجة أو غير واضحة وهذا يدل على الأصل المتحول، ويتراوح شكل الحبيبات بين شبه مدور إلى شبه متساوٍ ويكون انطفاؤها (متموجاً إلى مستقيم) (لوحة 1-C).

الجدول(١): يوضح المدى والمعدل والنسبة المئوية للمكونات المعدنية ومعامل النضوج المعدني لنماذج المقطعين

Mineralogy		Range Section (A)%	Range Section (B)%	Average Section (A)%	Average Section (B)%
Monocrys-talline Quartz	*Non-Undul*	14 - 26.25	14.5 - 23.75	18.97	19.27
	Undu-latory	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
Sedim. R.F.	*Carbonate R.F.*	7.25 - 21.0	8.25 - 20.25	13.44	14.9
	Other Sedim. 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	12.8
Other cements		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 (11)		36.05 - 81.82	36.05 - 91.38	54.89	57.7



لوحة رقم ١ (C, B ,A)

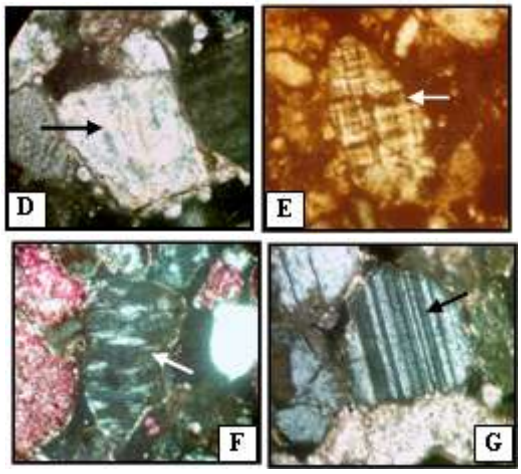
A– حبيبة مرو أحادي التبلور نقية، النموذج(A-25)،تكبير(١٠X).

B– حبيبة مرو أحادي التبلور فيها مكتنفات، النموذج (B-23)، تكبير (١٠X).

C– حبيبة مرو متعدد البلورات، النموذج (A-61)، تكبير (١٠X).

– الفلدسبار: يوجد بنوعيه (البوتاسي والبلاجيوكليز) وتكون نسبة البوتاسي (الاورثوكليز والمايكروكلاين) أعلى من البلاجيوكليز (جدول ١). تكون حبيبات الاورثوكليز لوحية الشكل وذات لون مغبر بسبب التحلل إلى المعادن الطينية (لوحة 1-D)، بينما يتصف المايكروكلاين بتوأمته المتقاطعة (Cross-hatch twining) وحوافه المتحللة (لوحة 1-E)،

فضلاً عن وجود بعض الحبيبات الحاوية على نسيج البرثايت (Perthite texture) (لوحة F-1)، وتمتاز حبيبات البلاجيوكليز بكونها ذات شكل دائري (لوحة G-1).



لوحة رقم ١ (G,F, E ,D)

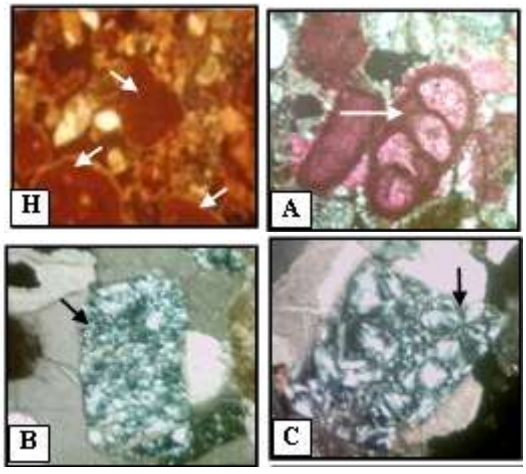
D- حبيبة اورثوكليز فلدسبار لوحية الشكل ذات هيئة مغبرة، النموذج (A-39)، تكبير (٢٠X).

E- حبيبة مايكروكلاين فلدسبار المؤشرة، النموذج (A-70)، تكبير (١٠X).

F- حبيبة فلدسبار تظهر نسيج البرثايت، النموذج (B-23)، تكبير(١٠X).

G- حبيبة بلاجيوكليز فلدسبار تُظهر توأمة الالبايت، النموذج

- القطع الصخرية: تم تشخيص القطع الصخرية (الرسوبية والمتحولة والنارية)، وكانت النسبة العالية من القطع الصخرية الكاربوناتية هي الشائعة وتتكون من المكرايت ذو اللون البني والشكل المدور (لوحة H-1)، كما توجد بعض بقايا هياكل الفورامنفيرا (لوحة A-2)، فضلاً عن وجود قطع الصوان الدقيق التبلور والكالسيدوني ذو الشكل المتطاول وشبه المدور (لوحة 2-C, B).



لوحة رقم ١ (H)، لوحة رقم ٢ (C, B ,A)

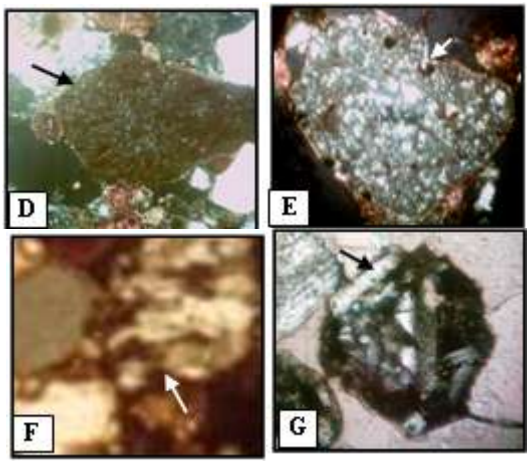
H- قطع صخرية كاربوناتية مكرايتية وتظهر إعادة تبلور المكرايت إلى سبار دقيق(Microspar) على حواف هذه القطع، النموذج (A-84)، تكبير (١٠X).

A- بقايا هيكل لمتحجر الفورامنفيرا القاعية، النموذج (A-84)، تكبير (١٠X).

B- قطعة صخرية من الصوان الدقيق التبلور، النموذج (B-61)، تكبير (١٠X).

C- قطعة صخرية من الصوان الكالسيدوني، النموذج (A-39)، تكبير (١٠X).

تشمل القطع الصخرية الفتاتية على القطع الغرينية والرملية القديمة ذات شكل شبه مدور وتكون ذات لون بني داكن (لوحة2-E,D)، فضلاً عن وجود نسبة قليلة من القطع الصخرية المتحولة (الشست) (لوحة 2-F)، والقطع الصخرية النارية (لوحة 2-G) جدول(١).



لوحة رقم ٢ (G,F, E ,D)

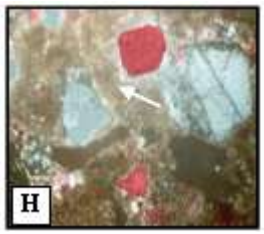
D- قطعة صخرية فتاتية (الغرين)، النموذج (B-23)، تكبير (٥X).

E- قطعة صخرية رملية، النموذج (A - 55)، تكبير (١٠X).

F- قطعة صخرية متحولة (شست)، النموذج(A-51)، تكبير(١٠X).

G- قطعة صخرية نارية، النموذج (B - 23)، تكبير (١٠X).

- الحشوة: تتكون الحشوة من مواد طينية أو غرينية تملا الفراغات بين الحبيبات الفتاتية (لوحة H-2) وتنتشر بصورة واسعة في الجزء السفلي من التكوين، وتعد الحبيبات غير المستقرة (الفلدسبار والقطع الصخرية) مصدراً مهماً لإنتاج الحشوة (3، ٦، ٧)، وتعتبر أغلب الحشوة في ألنماذج قيد الدراسة من أصل ثانوي نتيجة للعمليات التحويرية، والقسم الأخر القليل من الحشوة قد يكون مترسب على شكل مواد فتاتية.



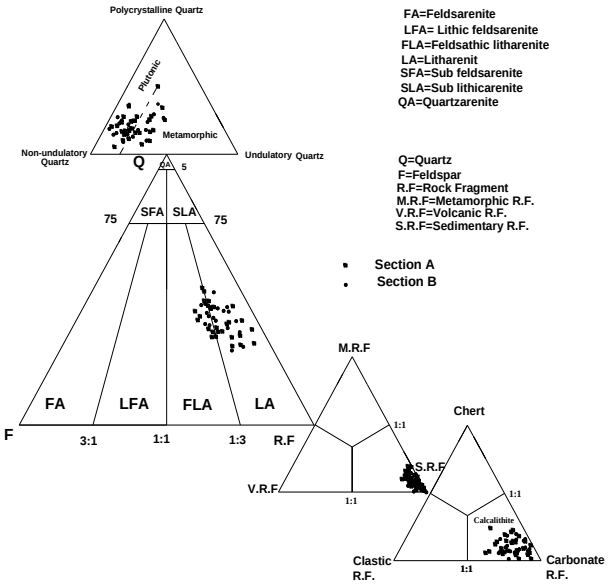
لوحة رقم ٢ (H): الحشوة الفتاتية، النموذج (B- 6)، تكبير (١٠X).

- السمنت: يعد السمنت الكاربوناتي من أكثر أنواع السمنت انتشاراً في صخور التكوين، وهو عبارة عن بلورات من السباري كالسايت الشفاف بشكل قطع معزولة (Patches) وبحجم اكبر من (١٠ مايكرون) فضلاً عن وجوده بشكل سمنت بلوكي ذو بلورات كبيرة وخشنة من السباري كالسايت والذي يحيط بالحبيبات الفتاتية من جميع الجهات ومنتشراً مكوناً النسيج المبرقش (Poikilotpoic texture)، فضلاً عن وجود السمنت الطيني والحديدي والسيليكي ولكن بنسبة قليلة. تشمل المكونات الأخرى على معادن المايكا(المسكوفايت والبايوتايت) والكلورايت والمعادن الثقيلة والتي تتباين في نسبها ولكنها بصورة عامة قليلة، كما موضح في جدول(١).

تصنيف الصخور الرملية:

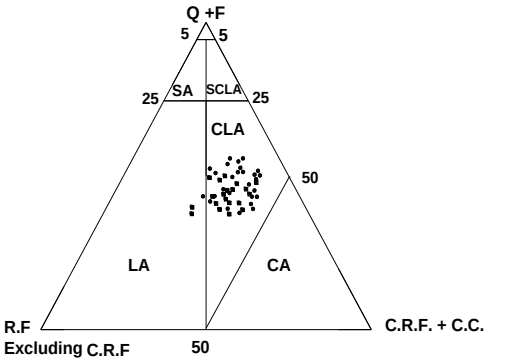
تم استخدام تصنيف (٨) في هذه الدراسة، وقد انحصرت معظم النماذج في حقل الارينايت الصخري (Litharenite)، والبعض في حقل الارينايت

الصخري الفلدساثي (Feldsathic Litharenite)، فضلاً عن ظهور جميع النماذج في حقل الارينايت الصخري الغني بالقطع الصخرية الكاربوناتية، (شكل 3). ولتقدير الأهمية النسبية للمرو في تحديد الأصل الصخري فقد استخدم تصنيف (٩) وقد ظهر أن أصل المرو متحول وناري بالاعتماد على الانطفاء (شكل 3).



الشكل (٣) يبين تصنيف (٨) للصخور الرملية موضحاً عليه نماذج الدراسة لكلا المقطعين، والتصنيف الثانوي للمرو محور عن (٩).

ونظراً لاحتواء صخور التكوين على نسبة عالية من القطع الصخرية الكاربوناتية والسمنت الكاربوناتي، فقد تم إسقاط النماذج على تصنيف (١٠) وظهرت النماذج في حقل الارينايت الصخري الكاربوناتي (Calclithic arenite) (شكل ٤). أشار (٥، ١٠) إلى أن الصخور الرملية من نوع الارينايت الصخري الكاربوناتي تتكون عندما يكون معدل التعرية هو السائد على معدل التحلل الكيميائي وذلك لضعف مقاومة القطع الصخرية الكاربوناتية، وأن الصخور ترسبت قرب المصدر بدون حدوث نقل لمسافات كبيرة.



الشكل (٤) يبين تصنيف (١٠) للصخور الرملية موضحاً عليه نماذج مقطعي الدراسة.

النضوج المعدني:

لغرض حساب النضوج المعدني لنماذج الدراسة، تم استعمال معادلة (11) وهي:

$$\text{Mineralogical Maturity Index(MMI)}=\frac{\text{Quartz + Chert}}{\text{Other grains}}*100$$

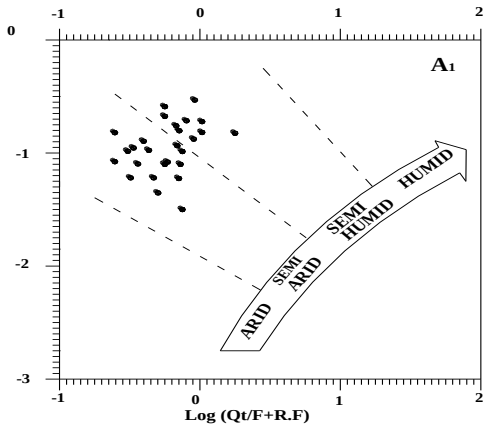
وأظهرت قيم النضوج المعدني أن صخور التكوين غير ناضجة معدنياً (جدول ١). أشار (١٢) إلى أن التعرية السريعة الناتجة عن الانحدار الشديد والنقل السريع للفتات لمسافات قصيرة يعطي رواسب غير ناضجة معدنياً، وأكد (١٣) أن الرفع السريع والتعرية التي تتبع بالطمر مباشرة سوف تُنتج رواسب غير ناضجة حتى في المناخ الرطب. وتعزى التغيرات في النضوج المعدني على طول المقطع بصورة عامة إلى تغيرات المناخ أو الأصل الصخري.

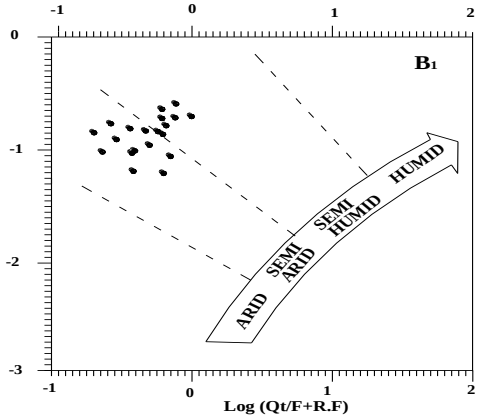
التضاريس والمناخ القديم:

أفرزت نتائج الدراسة البتروغرافية الأدلة آلتالية حول التضاريس والمناخ القديم لصخور المصدر، لأن الصخور الرملية الغنية بالكاربونات تدل على أنها مصاحبة لمناطق الحركات التكتونية الشديدة والتي تؤدي إلى رفع الجبال وتعريتها بسرعة في ظروف مناخية (شبه جافة- شبه رطبة نسبياً)، حيث تغلب التعرية الميكانيكية (١٠، ١٤، ١٥). وبما أن الصخور الرملية لتكوين انجانة من نوع الارينايت الصخري فهذا يدل على أن طوبوغرافية الصخور المصدرية كانت مناطق مرتفعة وفوالق زاحفة، وهذا يتطابق مع ما تم التوصل إليه من دراسة (16).

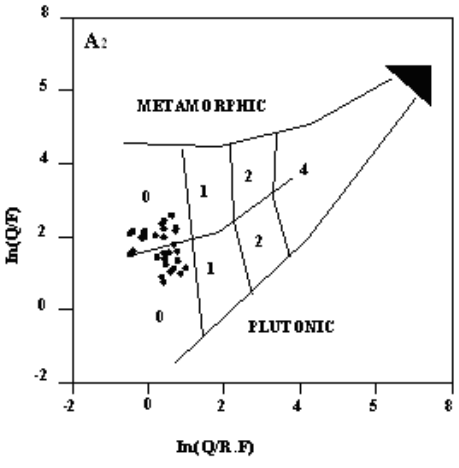
إن نسبة المرو/الفلدسبار تكون اكبر من واحد في صخور التكوين وتشير هذه النسبة إلى ظروف مناخية شبه رطبة في منطقة المصدر(١٢، ١٧)، وكانت قيمة النضوج المعدني واطئة لصخور التكوين وبواقع (54.89%) و (57.70%) للمقطعين وهي تدل على التعرية السريعة الناتجة عن الانحدار الشديد لمسافة قصيرة (١٢).

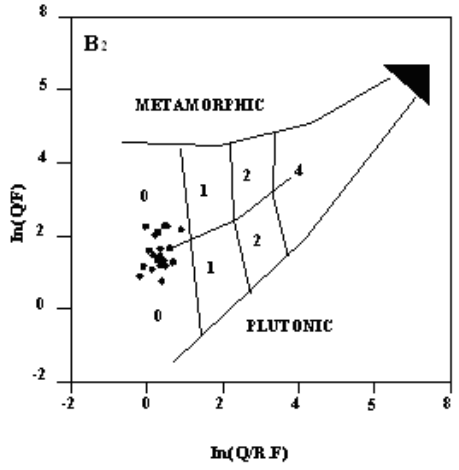
لغرض معرفة دليل التجوية(Wi) (Weathering index) فقد تم تمثيل نماذج الدراسة على العلاقة المقدمة من قبل (18) شكل (B_1,A_1 - 5)، وأعطت هذه العلاقة الخلفية المناخية السائدة أثناء ترسيب تكوين انجانة وهي المناخ (شبه الجاف- شبه الرطب). كما استخدمت علاقة (19) لإيجاد العلاقة بين مكونات الصخور الرملية ودليل التجوية والوضع الطوبوغرافي المرافق للترسيب شكل (٥ - B_2,A_2)، وقد ظهرت قيمة دليل التجوية واطئة جداً (wi = 0) والتي تدل على أن مدة بقاء الرواسب في بيئة التجوية قليلة جداً، وهذا يدل على أن المناخ (شبه جاف – شبه رطب) (c = 1 - 0) يتطلب مناطق مصدرية ذات تضاريس عالية (r = 0) (شكل ٥ – C) . وهذا يشير إلى أن الصخور الرملية لتكوين انجانة قد اشتقت من تكوينات سابقة ذات تضاريس عالية ومناخ (شبه جاف – شبه رطب).





Qt = Total Quartz , Qp = Polycrystalline Quartz , F = Feldspar, R.F = Rock Fragment .





C		RELIEF		
Semi-quantitative Weathering index (wi=c*r)		high, mountains	moderate, hills	low, plains
		0	1	2
CLIMATE (c) (semi-)arid, mediterran.	0	0	0	0
temprate, subhumid.	1	0	1	2
tropical, humid.	2	0	2	4

الشكل (٥) (A_1,B_1) علاقة توضح المناخ(شبه الجاف- شبه الرطب) لكلا مقطعي الدراسة عن(١٨).

(A_2,B_2) علاقة توضح قيم معامل التجوية في نماذج مقطعي الدراسة عن(19).

(C) مخطط يوضح التقدير شبه الكمي لمناخ وطوبوغرافية منطقة الدراسة اعتماداً على معامل التجوية محور عن(19).

الوضع التكتوني والصخور المصدرية:

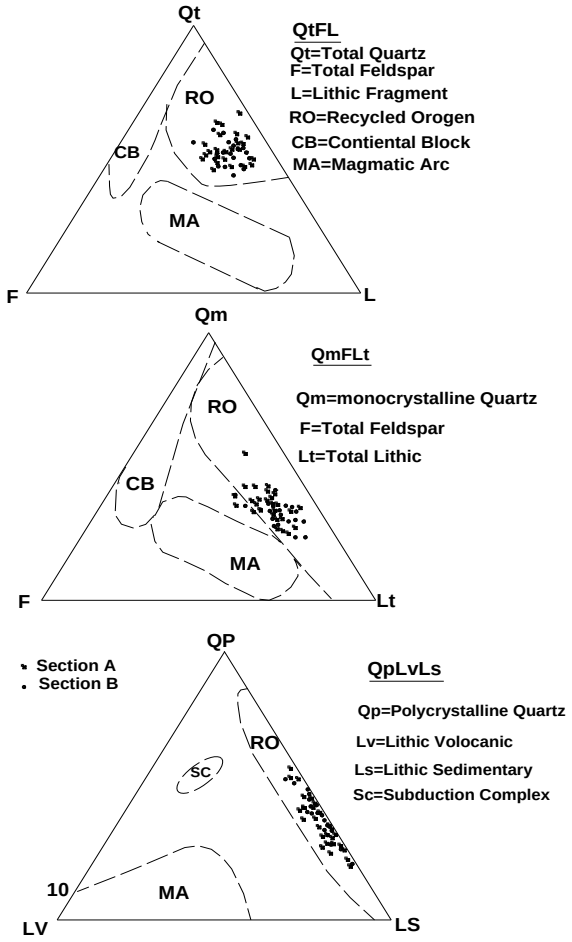
ذكر (٢٠) أن مكونات الصخور الرملية تعكس بصورة أولية الأوضاع التكتونية المختلفة للأقاليم المصدرية، ولغرض تخمين الصخور المصدرية والوضع التكتوني لصخور تكوين انجانة في منطقة الدراسة فقد تم إسقاط نماذج الدراسة على مخططات (٢١) المثلثية، حيث يؤكد مخطط (QtFL) على النضوج المعدني أما مخطط (QmFLt) يؤكد على الصخور المصدرية ويؤكد مخطط (QpLvLs) على القطع الصخرية، وظهرت نماذج الدراسة في حقل الاوروجوني المعاد الترسيب (Recycled Orogen) في المخططات الثلاث (شكل ٦). يمكن القول أن الاوروجوني المعاد الترسيب هو نطاق التقاء الصفائح المتصادمة، وأن هذا التصادم أدى إلى تشويه طبقات القشرة العليا وعمل على رفعها مكوناً طيات عالية وفوالق زاحفة على طول حزام التصادم، وتتكون الصخور المصدرية في مرتفعات التصادم من صخور رسوبية ومتحولة موجودة على حافات القارات قبل تصادمها (20، ٢١) ، وقد تتكشف صخور نارية بصورة جزئية في نطاق (الطي- الزحف) (20) ، وتنتقل نواتج تجوية الحزام الاوروجوني المرتفع إلى أحواض الفورلاند المتاخمة (٢١) بوساطة أنهار كبيرة نشأت بسبب مرتفعات الاوروجوني (Orogenic highland) وباستطاعتها نقل ترسبات الاوروجوني المعاد الترسيب عبر سطح القارة إلى موضع ترسيبه . (٢٠)

أن المحتوى العالي من المرو وشيوع القطع الصخرية قياساً إلى الفلدسبار يعكس الأصل المختلط (الرسوبي/المتحول) بصورة رئيسة والأصل الناري بشكل ثانوي، وهذا يشير إلى اشتقاق الصخور الرملية من حزام الاوروجوني المعاد الترسيب . بمقارنة ما تقدم ذكره مع نطاق التصادم الاوروجوني الالبي في شمال وشمال شرق العراق يمكن القول أن التصادم القاري أدى إلى رفع طبقات رسوبية لتكوينات جيولوجية كاربوناتية قديمة ترسبت على الحافة العربية في بيئة بحرية ضحلة وصخور رسوبية ومتحولة ونارية موجودة على الحافة الإيرانية والتركية نتيجة الطي الشديد والفوالق الزاحفة وهذه الأنواع الصخرية تعد مصدراً للصخور الرملية لتكوين انجانة. وان هذا

التصادم القاري أدى إلى عملية طي واسعة تلازمت مع الارتفاع الايوستاتيكي للجبال في شمال العراق (٢٢) .

تشير النسبة العالية من القطع الصخرية الكاربوناتية في الصخور قيد الدراسة إلى اشتقاقها من تكوينات أقدم عمراً ذات محتوى كاربوناتي عالٍ انكشفت إلى السطح بفعل عمليات الطي والفوالق الشديدة (٢٠، ٢٣، ٢٤، ٢٥) .

خلاصة القول أن صخور تكوين انجانة قد ترسبت من صخور مصدرية رسوبية كاربوناتية ضحلة وفتاتية ارتفعت نتيجة التصادم القاري فضلاً عن الصخور المتحولة والنارية التي انتقلت إلى مناطق عالية نتيجة الطي والزحف الشديدين ، وبهذا يكون الأصل الصخري عبارة عن معقد متداخل من صخور رسوبية ومتحولة ونارية أستدل عليها من كمية الفتات الصخري .



الشكل (٦): يبين مخططات الأقاليم التكتونية المصدرية موضحا عليها نماذج مقطعي الدراسة عن (٢١).

الاستنتاجات:

تتألف الصخور الرملية لتكوين انجانة من نسبة عالية من القطع الصخرية الرسوبية (الكاربوناتية) والمتحولة والنارية والمرو والفلدسبار والمايكا والحشوة، ويشكل السمنت الكاربوناتي النسبة العالية مقارنة بالسمنت الحديدي والطيني والسيليكي. كانت تسمية الصخور الرملية من النوع الارينايت الصخري فضلا عن الارينايت الصخري الفلدساثي والارينايت الصخري الكاربوناتي.

امتازت صخور التكوين بأنها غير ناضجة وترسبت في ظروف مناخية شبه جافة إلى شبه رطبة ويشير الوضع التكتوني لمنطقة المصدر إلى الاوروجوني المعاد الترسيب والذي يمثل نطاق تصادم الصفيحة العربية (الخاملة) بالصفيحة الإيرانية والتركية (الفعالة)، وأدى هذا التصادم القاري إلى حصول تداخل تكتوني ورسوبي بين صخور الحافتين القاريتين، وان الأصل الصخري عبارة عن معقد متداخل من الصخور الرسوبية والمتحولة والنارية وان منطقة المصدر كانت ذات تضاريس عالية أدت إلى حصول التعرية السريعة ثم الترسيب في نطاق الأنهار الالتوائية.

References:

1. Bellen, R. C., Dunnington, H. V., Wetzel, R. and Morton, D.M. (1959). Lexique stratigraphique international Asia, Fascicule, 10a, Iraq. *Central National deal Recherches Scientifique*, Paris, 333p.
2. Geosurv. (1995). Geological map of Al-Mosul quad. (1/250.000). *State Establishment of Survey and Mining*, Baghdad, Iraq.
3. Dickinson, W.R. (1970). Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Jour. Sed. Petrology*, Vol.40, pp.695-707.
4. Carver, R.E. (1971). Procedures in Sedimentary Petrology. *John Wiley and Sons*, New York, 653p.
5. Folk, R.L. (1974). Petrology of Sedimentary Rocks, *Hemphill Publishing Comp*., Texas, 182p.
6. Velbel, M.A. and Saad, M.K. (1991). Paleoweathering or diagenesis as the principle modifier of sandstone framework composition? A case study from some Triassic rift-valley red beds of eastern North America, In: Morton, A.C., Todd, S.P. and Haughton, P.D.W. (eds.), Developments in Sedimentary Provenance Studies, *Geological Society Special Publication* , No.57 , pp. 91-99.
7. Johnsson, M.J. (2000). Tectonic assembly of East-Central Alaska: Evidence from Cretaceous-Tertiary sandstones of the Kandik River terrane. *G.S.A. Bulletin*, Vol.112, pp.1023-1042.
8. Folk, R.L., Andrew, P.B. and Lewis, D.W. (1970). Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zeland. *N.Z.J.Geol.Geophs.*, Vol.13, pp.937-968.
9. Basu, A., Young, S.W., Suttner, L.J., James, W.C. and Mack, G.H. (1975). Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystalline in detrital quartz for provenance interpretation. *Jour. Sed. Petrology*, Vol.45, pp.873-882.
10. Al-Rawi, Y.T. (1982). Carbonate rich sandstones: Occurrence, classification and significance. *Iraqi Jour. Sci*., Vol.3, pp.371-419.
11. McBride, E.F. and Picard, M.D. (1987). Downstream changes in sand composition, roundness, and gravel size in a short-headed, high-gradient stream, Northwestren Italy. *Jour. Sed. Petrology*, Vol.57, pp.1018-1026.
12. Le Pera, E., Arribas,J., Critelli, S. and Tortosa, A. (2001). The effect of source rocks and chemical weathering on the petrogenesis of siliciclastic

Framework mineralogy . *Jour. Sed. Petrology*, Vol.56 , pp.329-345.
19. Von Eynatten, H. and Gaupp, R. (1999). Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry. *Sedimentary Geology*, Vol.124, pp.81-111.
20. Dickinson, W.R. (1985). Interpreting provenance relations from deterital modes of sandstones, In: Zuffa, G.G.(Ed.), Provenance of arenites. NATO ASI Series, *Reidel Publ. Co.*, Dordrecht, pp.333-361.
21. Dickinson, W.R. and Suczek, C.A. (1979). Plate tectonics and sandstone compositions. *A.A.P.G. Bulletin*, Vol.63, pp.2164-2182.
22. Numan, N.M.S. (2001). Cretaceous and Tertiary Alpian subductional history in Northern Iraq. *Iraqi Jour. of Earth Sci.*, Vol.1, pp.59-74.
23. Al-Juboury, A. I. (1994). Petrology and Provenance of the Upper Fars Formation, Northern Iraq. *Acta. GeologicaUniversitatis Commenianae* (Slovakia), Vol.50, pp. 45-53.
24. Critelli, S., Le Pera, E. and Ingersoll, RV. (1997). The effects of source lithology, transport, deposition and sampling scale on the composition of southern California sand. *Sedimentology*, Vol,44, pp.653-671.
25. Zattin, M. and Zuffa, G.G. (2004): Unravelling the source rocks of the northern Apennines and southern Alps. *Bull. Soc. Geol. It.*, Vol.123, pp.67-76.

sand from the Neto River(Calabria, Italy): implication for provenance studies. *Sedimentology*, Vol.48, pp.357-378.
13. Devaney, K.A. and Ingersoll, R.V. (1993). Provenance evolution of Upper Paleozoic sandstones of north-central New Mexico, In: Johnsson, M.J. and Basu, A.(eds.), Process controlling the composition of clastic sediments: *Geological Society of American Special Paper*, Vol.284, pp.91-108.
14. Le Pera, E. and Critelli, S. (1997). Source land controls the composition of beach and fluvial sand of the north Tyrrhenian coast of Calabria, Italy: implications for actualistic petrofacies. *Sedimentary Geology*, Vol.110, pp.81-97.
15. Arribas, J., Critelli, S., Le Pera, E. and Tortosa, A. (2000). Composition of modern stream sand derived from a mixture of sedimentary and metamorphic source rocks (Henares River, Central Spain). *Sedimentary Geology*, Vol.133, pp.27-48.
16. Johnsson, M.J., Stallard, R.F. and Meade, R.H. (1988). First-cycle quartz arenites in the Orinoco River basin, Venezuela and Columbia. *Journal of Geology*, Vol.96, pp.263-277.
17. Basu, A. (1976). Petrology of Holocene fluvial sand derived from plutonic source rocks: implications to paleoclimatic interpretation. *Jour. Sed. Petrology*, Vol.46, pp.694-709.
18. Suttner, L.J. and Dutta, P.K. (1986). Alluvial sandstone composition and paleoclimate ,

Petrography, paleoclimate and tectonic setting during deposition of the fluvial sandstone of Injana Formation in Kand fold, North Iraq

Thamer A. Aghwan[1] and Mohammed A. Al-Rashedi[2]

[1] *Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq*
[2]*Department of Soil & Water Sciences, College of Agriculture & Forestry, University of Mosul, Mosul, Iraq*

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 ferrugineous cements.

Classification of the sandstones indicates their calcilithicarenite type, which have been accumulated under semi humid- semi arid climatic conditions. The tectonic setting of the source area is manifested as recycled orogen of the collision zone between passive Arabian plate and active margin of the Iranian- Turkish plate. This tectonic setting is characterized by high relief provenance suite of sedimentary, metamorphic and igneous rocks with rapid denudation of the source rocks and their consequent deposition in the evolving meandering river system.