

دراسة صلاحية الصخور الجيرية لصناعة الاسمنت من مقالع مختارة في تكوين الفتحة بين قصر الجبار والمصلحة، من خلال المعايير الجيوكيميائية والمعدنية والبترافيزيائية

صفوك عاصي حسين

قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق

(تاريخ الاستلام: ٣٠ / ٥ / ٢٠١١ ---- تاريخ القبول: ٢٧ / ٩ / ٢٠١١)

الملخص

تضمنت الدراسة إجراء التحليلات الجيوكيميائية والفحوصات المعدنية والبتروغرافية والبترافيزيائية لنماذج الحجر الجيري المأخوذة من أربعة مواقع منتخبة على الجناح الشرقي لطية مكحول بين قصر الجبار والمصلحة، ضمن مكاشف تكوين الفتحة لتقييم مدى صلاحيتها كأحد مكونات الخلطة الخام لصناعة الاسمنت.

بينت النتائج انخفاض نسب تراكيز اوكسيد الكالسيوم وارتفاع نسب تراكيز اوكسيد المغنسيوم، مما يجعلها غير ملائمة من ناحية تركيبها الكيمياوي كمكون كاربونات في خلطة صناعة الاسمنت. أما نسب تراكيز اكاسيد السيليكا والالومينا والحديد والكبريتات والقلويات فإنها كانت ضمن الحدود المسموح بها لهذه الصناعة.

أثبتت الدراسة المعدنية وجود معدن الكالساييت وشيوع معدن الدولومايت الذي يساهم في زيادة نسبة MgO، كما لوحظ وجود معادن الكاولينايت والباليجورسكايت والمونتموريلونايت.

أوضحت الدراسة البتروغرافية تأثير عملية الإذابة في زيادة نسبة المسامية. كما أثبتت حدوث عملية الدلمتة، وتغلب عملية التشكل الجديد على عملية السمته في زيادة نسبة السيار في المكونات الصخرية للنماذج. وبينت الدراسة البترافيزيائية للصخور زيادة نسبة المسامية وانخفاض المقاومة الانضغاطية والكثافة الكلية ومحتوى الرطوبة فيها مما يجعلها سهلة السحق والطحن أثناء إعداد خلطة المزيج.

وبالتالي، فإن الصخور الجيرية في منطقة الدراسة غير صالحة كمواد أولية لصناعة الاسمنت، ما لم تعالج بمضافات خاصة أو تعديل نسب الاكاسيد من خلال المواد الأولية الأخرى التي تضاف إلى الخلطة.

المقدمة:

مكتشفة على السطح مباشرة وتحتوي على عده مجاميع من الفواصل مما يسهل عملية القلع ويقلل من الجهد الفني المطلوب إضافة إلى وجود شبكة من طرق المواصلات المناسبة لنقل المواد الخام الى مواقع التصنيع.

تمثل طية مكحول الحدود الغربية للرصيف غير المستقر Unstable Shelf ضمن نطاق أقدام التلال Foothill Zone [3]، وينكشف تكوين الفتحة Fatha Formation (المايوسين الأوسط) في معظم أجزاء هذه الطية، ويعد هذا التكوين من التكوينات ذات الامتداد الجغرافي الواسع والأهمية الاقتصادية الكبيرة [4] و [5]، حيث يمتد شمالاً داخل الحدود السورية والتركية وجنوباً داخل الأراضي الايرانية [6]، يتألف تكوين الفتحة من عدة دورات ترسيبية متضحلة نحو الأعلى، تتميز بتعاقب الصخور الطينية والحجر الجيري والجبس والانهايدرنايت والملح [7]، أشار [8] إلى تتابعات الصخور الجبسية والجيرية والطينية في مقطعين منتخبين في جنوب طية مكحول، وان هذه التتابعات تحتوي على رواسب اقتصادية من الكبريت والملح كما ان مكاشفه تمثل مصدراً مهماً لمواد البناء. يتمثل تكوين الفتحة في المنطقة بالطبقات الجيرية المنكشفة على الجناح الشرقي لطية مكحول، اذ تتعاقب طبقات الحجر الطيني والمارل (Marl) والحجر الجيري العضوي، ذات النطيق الجيد وبسبك يتراوح ٣-٧م، تعقبها طبقات من الجبس الكتلي بسبك من ٥-٦م.

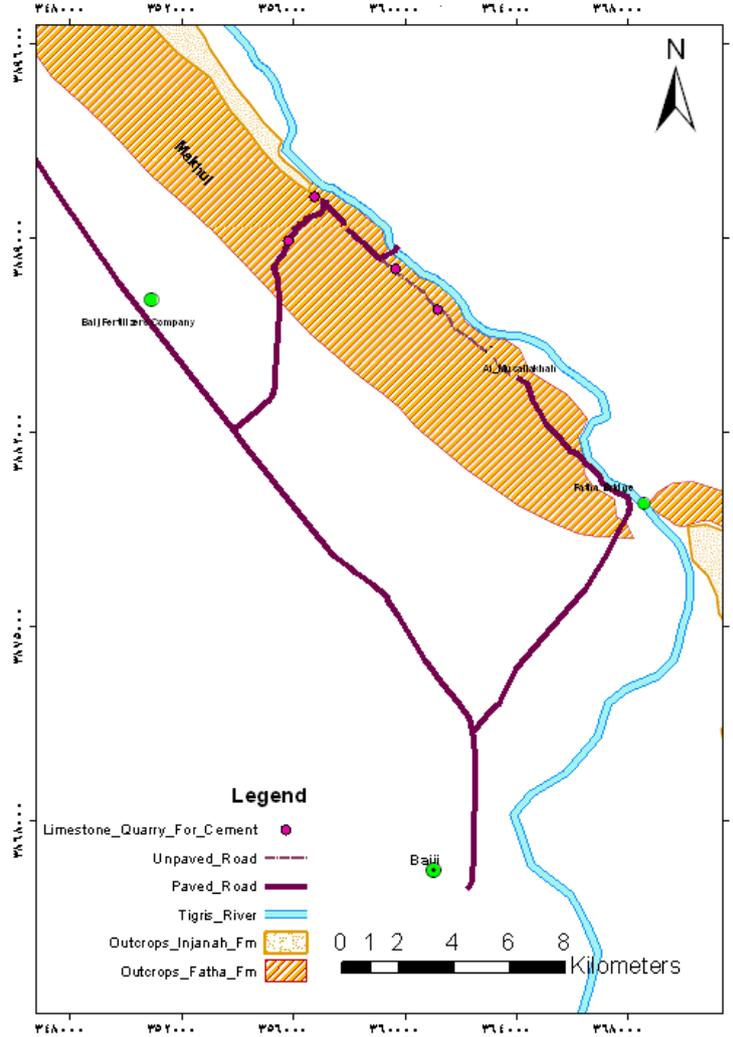
تعد الصخور الجيرية (Limestone) من أكثر الصخور الرسوبية انتشاراً وتقدر نسبتها بحوالي (٢٠-٢٥%) من الصخور الرسوبية للقشرة الأرضية وتشكل نسبة كبيرة من العمود الطباق في العراق [1]، وحظيت الصخور الكاربوناتية باهتمام كبير وخاصة الجيرية والدولومايتية منها وذلك لقيمتها الاقتصادية، فهي تشكل معظم صخور المستودعات النفطية والغازية وخزانات المياه الجوفية [2]. كما تحتوي بعضها على رواسب الخامات المهمة إضافة إلى استخداماتها في مجالات البناء وللأغراض الزراعية والصناعية، وتعد الصخور الجيرية احد أهم المواد الأولية الأساسية لصناعة الاسمنت [7].

إن تزايد الطلب على الاسمنت كماده أساسية للاعمار والتوسع في مشاريع الإسكان والطرق والجسور والسدود والمطارات والمصانع، جعل الحاجة ملحة لدراسة المواد الخام لهذه الصناعة وبشكل أساسي الحجر الجيري لتكوين قاعدة بيانات لتطوير هذه الصناعة في العراق.

تقع منطقة الدراسة على الجناح الشرقي لطية مكحول، قرب الحافة الشمالية لطريق قصر الجبار - المصلحة، وعلى بعد حوالي ٢٥ كم شمال شرق مدينة بيجي بين دوائر العرض 43° 27' - 43° 25' 44" وخطوط الطول 35° 08' 42" - 35° 07' 06" (شكل رقم ١).

وتتمثل بالمرتفع الطبوغرافي على الجناح الشرقي لطية وبانحدار يصل إلى ٢٥° باتجاه مجرى نهر دجلة ومن خلال الجولات الحقلية يتضح ان الظروف ألمقلعيه مشجعه من ناحية سمك الطبقات الذي يصل في بعض المواقع المنتخبة الى ٧ أمتار، وان الصخور الجيرية

يهدف البحث الى دراسة معدنية و بترولوجية الصخور الجيرية، وخواصها الجيوكيميائية وبعض صفاتها الفيزيائية والميكانيكية، لغرض تقييم مدى صلاحيتها لصناعة الاسمنت.



شكل رقم ١: مواقع المقالع المنتخبة التي جمعت منها النماذج

الى ١٤٥٠، تبدأ المواد بالذوبان وتكوين الطور السائل، ويتفاعل اوكسيد الكالسيوم الحر مع اكاسيد السيليكون والالمنيوم والحديد مكونا الأطوار الرئيسية لما يسمى بالكلنكر^[13]، وتشكل سيليكات الكالسيوم حوالي ٨٥% من مجموع مكونات الاسمنت ممثلة بسيليكات ثلاثي الكالسيوم (Tricalcium silicate $3CaO.SiO_2$) او ما يسمى بطور الاليت Dicalcium silicate (C_2S) ، وسيليكات ثنائي الكالسيوم (Belite $2CaO.SiO_2$)، اما الومينات الكالسيوم فتشكل حوالي (٨-١٠%) من مجموع مكونات الاسمنت، ممثلة بالومينات ثلاثي الكالسيوم (Tricalcium Aluminate $3CaO.Al_2O_3$) او طور الالومينيت Tetracalcium (C_3A) ، والومينات حديد رباعي الكالسيوم (Aluminoferrite $4CaO.Fe_2O_3.Al_2O_3$) او ما يسمى بطور الفيررايت Ferrite (C_4AF) ^[14].

يعرف الاسمنت بانه مسحوق من مادة هيدروليكية، ناعمة داكنة اللون تمتلك خصائص تماسكية cohesive والتصاقية adhesive تشكل عجينة بلاستيكية القوام بوجود الماء لها القابلية على التجمد setting والتصلب hardening نتيجة التفاعلات الكيميائية بين الماء والمركبات المكونة لها^[9]، ينتج الاسمنت بطرق مختلفة، واكثرها شيوعا طريقة الفرن الدوار Kiln، وان اختيار طريقة تصنيع الاسمنت الجافة او الرطبة تعتمد على طبيعة المواد الاولية والكفاءة الحرارية للعمليات المختلفة وسعر الوقود، وتوفر الماء^[10]، وأشار^[11] في^[12]، إلى ان المواد التي تحتوي على رطوبة طبيعية الى حد ١٥% يمكن معالجتها بالطريقة الجافة.

بعد تهيئة مزيج الخلطة يدخل الى الفرن الدوار ويجفف بدرجة حرارة $100C^\circ$ وبزيادة حرارة الفرن تدريجيا الى $800C^\circ$ تفقد مكونات الخلطة ماء التبلور وثاني اوكسيد الكربون، فتتكك الصخور الجيرية والمعادن الطينية الى اكاسيدها، وباستمرار ارتفاع درجة الحرارة بين ١٢٠٠

وقراءة اتجاه ميل ومضرب الطبقات في هذه المواقع، واخذ أربع نماذج من الحجر الجيري بواقع نموذج واحد من كل موقع. واشتملت الدراسة المختبرية على:

١- فحوصات جيوكيميائية لتحديد تراكيز اكاسيد العناصر الرئيسية ونسبة فقدان عند الحرق في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين وحسب المواصفات الأمريكية^[18]، وتحديد نسبة الفضالة غير الذائبة في مختبرات قسم علوم الأرض التطبيقية في جامعة تكريت، بالاعتماد على طريقة^[19].

٢- دراسة المكونات المعدنية باستخدام الاشعة السينية الحادة XRD وفصل الفضالة غير الذائبة لتشخيص المعادن الطينية باستخدام طرق الفصل والمعالجة التقليدية بتحضير شرائح موجهة (oriented slides)، وبمراحلها الثلاثة التي تشمل تحضير ثلاث شرائح لكل نموذج (شريحة غير معاملة وأخرى معاملة بايثيلين كلايكول بدرجة ٧٠° ولمدة ساعة وأخرى مسخنة لدرجة ٥٥٠° ولمدة ساعتين) واجريت الفحوصات في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين.

٣- عمل شرائح رقيقة ومعاملتها بصبغة الالزارين لبعض النماذج لدراسة الخصائص الصخرية، في ورشة قسم علوم الأرض جامعة الموصل.

٤- قياس بعض الصفات الفيزيائية للنماذج وتشمل فحوصات الكثافة الكلية ومحتوى الرطوبة في مختبرات قسم علوم الأرض التطبيقية في جامعة تكريت.

٥- قياس المقاومة الانضغاطية والمسامية للنماذج في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين.

النتائج والمناقشة:

تتطلب صناعة الاسمنت مواد خام أولية بتراكيب كيميائية ومعدنية ثابتة، ونادرا ما تتوفر مواد أولية بهذه المواصفات، لذا أصبحت الحاجة ملحة للقيام بإجراء فحوصات كيميائية مستمرة ومتكررة تواكب بشكل دائم عملية الإنتاج، من اجل معرفة مكوناتها الرئيسية والثانوية وتحديد درجة تجانسها ونسب الخلط لتشكيل خلطة المزيج^[15].

تم إجراء تحاليل كيميائية لأربعة نماذج من صخور الحجر الجيري في أربعة مقالع مختارة في منطقة الدراسة. ويعرض الجدول رقم (١) محتوى اكاسيد العناصر الرئيسية بوحدة النسبة المئوية الوزنية (wt%) وحسب المواصفات الأمريكية^[18]، ويحتوي بعض المكونات الأخرى ب (wt%) أيضا، وهي نسبة فقدان عند الحرق (L.O.I) Loss on Ignition والفضالة غير الذائبة (I.R) Insoluble residual (I.R%) (شكل رقم ٢).

يحتوي مزيج الخام في صناعة الاسمنت البورتلاندي على المكونات الرئيسية المتمثلة باوكسيد الكالسيوم CaO واكاسيد السيليكون SiO₂، الألمنيوم Al₂O₃ والحديد Fe₂O₃، ومن النادر توفر هذه الاكاسيد معا في المادة الخام وينسب وكميات تكفي لهذه الصناعة، لذا يجب اختيار مواد اولية ذات محتوى كلسي عالي (مكون كلسي Lime component) ومواد أخرى ذات محتوى عالي من السيليكا والالمنيوم والحديد (مكون طيني Clay component)، ويتم ضبط تركيب المزيج باستخدام مواد أخرى مصححة (Corrective material)،^[15] و^[16].

يشكل المكون الكلسي (٧٦-٨٠%) من تركيب المزيج، لذا فان صفاته الفيزيائية والكيميائية لها تأثير كبير على الإنتاج^[16]، وأكثر هذه الصخور أهمية في صناعة الاسمنت هو الحجر الجيري (Limestone) الذي قد يحتوي على بعض الشوائب مثل المغنيسيا والفلور والكبريتيدات والفوسفات والمواد السيليكية مثل الصوان والطين وبعض المتبخرات،^[15] و^[13]، ويستخدم الحجر الجيري الطباشيري (Chalky limestone) في إنتاج الاسمنت الأبيض اذ تصل نقاوة محتواه الكربوناتي الى (٩٨-٩٩%)، ويتميز بينيته البلورية الناعمة وهشاشته بما يسهل عملية قلعه وتكسيره وطحنه وحرقه^[15] و^[16] و^[13]. وتعد صخور المارل مادة أولية ملائمة لصناعة الاسمنت، لاحتوائها على مكونات كلسية وطينية وذات تركيب كيميائي مشابه لتركيب المزيج الخام^[16] و^[13]. ويشكل المكون الطيني نسبة تصل الى ٣٠%، ويشمل الصخور الطينية مثل الحجر الطيني والطفل والترسبات الفيضية الحديثة، والمكونة من معادن سيليكات الالمنيوم الحاوية على القلويات (الفلدسبار والمايكا) وسيليكات الالمنيوم المائية (الكاولينايت والمونتموريلونايت والالاييت). وتستخدم المواد المصححة لغرض التحكم في تركيب خلطة المزيج، وتحتوي على احد المكونات الأساسية للمزيج ومن أهمها المواد الحاوية للسيليكا مثل الرمل والحجر الرملي والكوارتزاييت والمواد الحاوية على الالومينا مثل اليوكسايت واللاتيرايت (bauxite & laterite) والكاولينايت ومضافات الحديد، مثل خامات الحديد لضبط نسبة اوكسيد الحديد في الخلطة، وقد يتطلب إضافة مواد كلسية لرفع محتوى الكلس^[17] و^[13] و^[15].

يضاف الجبس او الانهيدرايت بنسبة تتراوح (٣-٥%) في المراحل الأخيرة وإثناء طحن الكلنكر، للتحكم في صفات تجمد الخرسانة اذ يقلل من سرعة تصلبه وتعتمد نسبة الجبس المضاف على محتوى SO₃ في الكلنكر^[17].

المواد وطرائق العمل:

تم القيام بجولة حقلية وانتخاب أربعة مواقع ضمن منطقة البحث، وتحديد التعاقبات الصخرية وارتفاع المواقع وقياس سمك الطبقات

جدول رقم (١): تراكيز الاكاسيد الرئيسية والفقدان عند الحرق ونسبة الفضالة غير الذاتية في الحجر الجيري قيد الدراسة مع قيم المعاملات الكيميائية.

	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	SO ₃ %	Na ₂ O%	K ₂ O%	L.O.I.%	Total	I.R.%
s1-3	10.48	0.84	2.14	36.67	8.6	0.36	0.29	0.78	38.53	98.69	21.07
s2-1	1.62	0.08	0.25	33.68	17.35	0.07	0.13	0.08	45.92	99.18	1.49
s3-1	2.24	0.12	0.36	33.95	17.05	0.07	0.15	0.15	45.69	99.78	1.98
s4-1	1.68	0.11	0.27	33.95	16.86	0.32	0.17	0.11	45.33	98.8	4.27

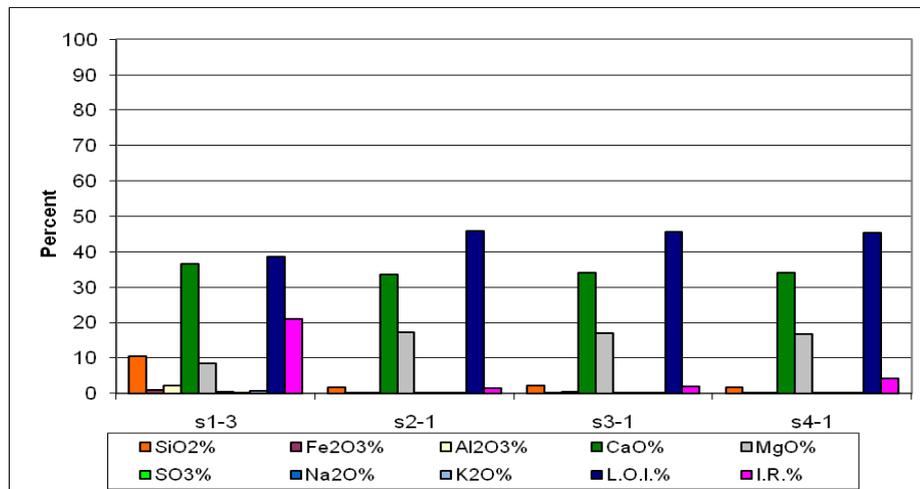
ويشير الجدول (٢) إلى استخدام بعض المعالجات الإحصائية لنتائج التحاليل الكيميائية، كالمعدل والانحراف المعياري لأكاسيد العناصر والمكونات الأخرى، ويوضح الجدول إن تراكيز أكاسيد العناصر والمكونات الأخرى ذات انحراف معياري قليل دلالة على ثبات التركيب الكيميائي لصخور البحث وهذا مؤشر ايجابي يدعم صلاحية هذه الصخور لصناعة الأسمنت.

جدول رقم (٢): الانحراف المعياري ومديات ومعدلات تراكيز الاكاسيد والفقدان عند الحرق والفضالة غير الذاتية والمعاملات الكيميائية للنماذج قيد الدراسة.

	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	SO ₃ %	Na ₂ O%	K ₂ O%	L.O.I.%	I.R.%
Min	1.62	0.08	0.25	33.68	8.6	0.07	0.13	0.08	38.53	1.49
Max	10.48	0.84	2.14	36.67	17.35	0.36	0.29	0.78	45.92	21.07
Av.	4.005	0.2875	0.755	34.5625	14.965	0.205	0.185	0.28	43.8675	7.2025
St. Dev.	4.32568	0.36872	0.92457	1.41075	4.24812	0.15673	0.0718	0.33456	3.56660	9.3240
	7	5	2	3	5	8	8	4	8	6

ولتعيين العلاقة بين تراكيز أزواج من العناصر المختلفة والمكونات الأخرى في نماذج الدراسة استخدام معامل الارتباط التثائي (Correlation coefficient) ويبين جدول رقم (٣) تحديد درجة الترابط بينهما والتي تتراوح قيمته بين (+1) و (-1) ويكون الترابط

طردياً عندما تكون قيمته موجبة وعكسياً عندما تكون قيمته سالبة وعندما يكون قريباً أو مساوياً للصفر فهذا يعني علاقة عشوائية أو عدم وجود علاقة، أو عدم وجود ترابط خطي بين المتغيرين [20] و [21].



شكل رقم (٢): تباير اكاسيد العناصر الرئيسية والفضالة غير الذاتية والفقدان عند الحرق، في النماذج قيد الدراسة.

جدول رقم (٣): يوضح معاملات الارتباط التثائية بين نسب تراكيز اكاسيد العناصر الرئيسية والفقدان عند الحرق في نماذج الحجر الجيري قيد الدراسة

Oxides	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	SO ₃ %	Na ₂ O%	K ₂ O%	L.O.I.%
SiO ₂ %	1								
Fe ₂ O ₃ %	0.998238	1							
Al ₂ O ₃ %	0.997837	0.999973	1						
CaO%	-0.96891	-0.98181	-0.98307	1					
MgO%	-0.85555	-0.82376	-0.81987	0.701207	1				
SO ₃ %	-0.30415	-0.3385	-0.34497	0.457597	-0.10114	1			
Na ₂ O%	0.996442	0.991073	0.99008	-0.94916	-0.88776	-0.22516	1		
K ₂ O%	0.999984	0.998282	0.997877	-0.96909	-0.85514	-0.30252	0.996603	1	
L.O.I.%	-0.99957	-0.99652	-0.9959	0.962666	0.867976	0.276938	-0.99832	-0.99956	1

السليكا الحرة كما بينت الدراسة المعدنية وجود معدن الكوارتز في بعض النماذج وكذلك من الممكن إن تنسب هذه الزيادة إلى وجود بعض المعادن الطينية التي أثبتت الدراسة المعدنية توفرها في نماذج البحث.

ويشير الجدول رقم (٢) إلى ارتفاع محتوى الفضاله غير الذائبة عند مقارنتها مع الجدول رقم (٤) الذي يوضح حدود المواصفات العالمية للتركيب الكيميائي للصحور الجيرية المستخدمة في صناعة الاسمنت، وتعدى هذه الزيادة في نماذج البحث الى احتمالية وجود نسبة قليلة من

جدول رقم (٤): جدول يوضح حدود التركيب الكيميائي العالمي للصحور الجيرية المستخدمة لصناعة الاسمنت [22] و [23].

المكونات	المدى المقبول لصناعة الاسمنت البورتلندي الاعتيادي (مجال البحث الحالي)، (Wt%)	المدى المقبول لبعض الأنواع الأخرى من الاسمنت، (Wt%)
CaO	44-52	40≤
MgO (Max)	3.5	5
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	حسب قيم (LSF) و (SR) للخلطة الخام	
Na ₂ O+K ₂ O	0.6>	1.0>
S ⁻² +SO ₃	0.6>	0.8>
Free Silica	8.0>	10>

المزيج الخام والحاجة الى درجات حرارة عالية بفعل اختزال الطور السائل وتكوين غلاف داخل الفرن واحتواء الكلنكر على نسبة عالية من الجبر الحر (CaO)، خصوصاً اذ ازدادت كمية السليكا الحرة، وعلى الأخص الخشنة منها، لأنها أكثر صعوبة في التفاعل الحراري من السليكا الألومينية [27]، حيث يسبب ارتفاع المعامل السليكي تلف بطانة الفرن، اذ تعمل السليكا الحرة على تآكل البطانة والكسارات والطواحين بسبب ارتفاع صلابة معادن السليكا الحرة مثل الكوارتز والصوان [25]، إما انخفاض هذا المعامل عن (2) فانه يؤدي إلى تحسين قابلية الحرق وذلك لتكوين كميات اكبر من الطور السائل، والاسمنت المنتج يكون سريع التصلب وتحصل زيادة لمقاومته في الأعمار المبكرة في حين إن مقاومته عند الأعمار المتأخرة تزداد ببطء مع مرور الزمن.

٣- معامل الألومينا: Alumina Ratio (AR)

ويعبر عنه

$$A.R. = \frac{Al_2O_3\%}{Fe_2O_3\%}$$

يستعمل هذا المعامل للسيطرة على محتوى (Fe, Al) في المزيج الخام، بالتالي السيطرة على محتوى الطور السائل وتتراوح قيمة هذه المعامل بين (١,٣ - ١,٦) إذ إن القيم العالية منه تسبب صعوبة في الحرق واستهلاك كمية كبيرة من الوقود، كما هو الحال في مزيج الاسمنت الأبيض، إما تناقصه فيؤدي إلى ظهور بعض الصعوبات بسبب زيادة سيولة المواد، وقلة لزوجة المزيج وبالتالي يجعل درجة حرارة الفرن أدنى من درجة حرارة تشغيله. كما ان نقصان هذا المعامل يؤدي إلى زيادة محتوى طور (C₄AF) وتناقص في تكوين طور C₃A [26] و [13].

وفي مجال البحث الحالي لا يمكن استخدام نسبة هذه المعاملات لتقييم حدود ومعدل تراكيز الاكاسيد CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃، وسلوكها في خلطة المزيج، لأنه تم دراسة المكون الجيري فقط وهذه

وقبل التطرق الى وفرة الاكاسيد CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ وأهميتها في الصحور قيد الدراسة لابد من الإشارة إلى بعض المعاملات الكيميائية التي تستخدم لتقييم التركيب الكيميائي لخلطة المزيج الخام وهي AR, SR, LSF.

١- معامل الإشباع الكلسي (Limy Saturation Factor LSF)

عندما يكون محتوى MgO في الخلطة عالي (أكثر من ٢%) يعبر عن المعامل بالمعادلة التالية:

$$LSF = \frac{100(CaO\% + 1.5 MgO\%)}{2.8SiO_2\% + 1.2Al_2O_3\% + 0.65Fe_2O_3\%}$$

ويستخدم هذا المعامل للتعبير عن المحتوى الأمثل للكلس الحر (free lime) في المزيج الخام واللزام للتفاعل مع الاكاسيد (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) بدون تكون او بقاء كلس حر في الاسمنت المنتج، والذي له تأثير سلبي على نوعية الاسمنت بفعل قابليته العالية على التميؤ وبالتالي التمدد والانتفاخ الذي يؤدي الى حدوث اجهادات وتكون شقوق وكسور في الخرسانة [24] و [12]، والأهمية الأخرى لهذا المعامل هي السيطرة على صرفيات الطاقة، اذ ان الخلطة ذات المعامل العالي تحتوي على كمية عالية من كاربونات الكالسيوم مما يتطلب مزيداً من الحرق لغرض تحويلها بأكملها الى الجبر (CaO). اما الخلطة ذات المعامل الواطئ فان نسبة (C₃S) في الكلنكر الناتج عنها تقل بينما تزداد نسبة طور (C₂S) وتكون نوعية الاسمنت اقل جودة [25] حيث يسبب نقصان محتوى الكلس في المزيج الخام الى انخفاض C₃S وبالتالي انخفاض قوة انضغاط الاسمنت [26] و [16].

٢- معامل السيليكا ومحتوى السيليكا الحرة Silica Ratio and

:Free Silica Content (SR)

ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$SR = \frac{SiO_2\%}{Al_2O_3\% + Fe_2O_3\%}$$

يعد احد أهم العوامل التي تؤثر في سلوك المزيج الخام داخل الفرن ونوعية الكلنكر المنتج وتتراوح قيمته بين (١,٩ - ٣,٢) اذ ان زيادة المعامل السليكي في الخلطة عن (٣) يؤدي الى انخفاض قابلية حرق

المعاملات تمثل نسبة هذه الاكاسيد في الخلطة، مما يتطلب دراسة المكون الطيني وإعادة تقييم هذه المعاملات لمزيج الخلطة الخام. يوضح الجدول رقم (٢) انخفاض معدل تركيز CaO (٣٤,٥٦%) في نماذج البحث مقارنة مع حدود نسبته في الجدول (٤). ومن الجدول (٣) تشير علاقة الربط التثائية الموجبة (+0.701) بين CaO و MgO الى تصاحبها معاً في معدن الدولومايت والذي أثبتت الدراسة المعدنية والبتروغرافية تواجده بنسبة عالية. وكذلك احتمال تواجد نسبة من المكرايت المتكون من الكالساييت عالي المغنسيوم High Mg Calcite، وهذا يفسر انخفاض نسبة CaO مقارنة الى MgO.

وفي الجدول (٣) توضح علاقة الربط الموجبة المثالية بين CaO و L.O.I (0.962) الى اشتراكهما معاً في تكوين معدن الكالساييت المعدن الرئيسي في الصخور الجيرية قيد الدراسة كما تشير علاقة الارتباط السالبة بين CaO وكلا من اكاسيد- Fe₂O₃ (-0.955) أو طور واحد، ويحتمل إن تمثل العلاقة الموجبة الضعيفة بين CaO و SO₃ (0.457) إلى وجود كميات قليلة جداً من كبريتات الكالسيوم على شكل معدن الجبس أو الانهيدرايت، ولم تثبت الدراسة المعدنية وجود هذا المعدن في نماذج البحث سوى في نموذج واحد. كما تدعو العلاقة السالبة المثالية بين CaO وكل من K₂O (-0.969) و Na₂O (-0.946) الى الاعتقاد بعدم تصاحبهما في معدن واحد. يوضح الجدول (٢) ارتفاع قليل لمعدلات تركيز اكاسيد SiO₂ (4.0%) و Al₂O₃ (0.755%) و Fe₂O₃ (0.287%) وهذا يفسر الارتفاع المحدود لمحتوى الفضالة غير الذائبة (7.203%) في نماذج البحث.

ويشير الجدول (٣) الى علاقات ارتباط موجبة مثالية بين SiO₂ و Al₂O₃ (+0.997)، SiO₂ و Fe₂O₃ (+0.998)، و Al₂O₃ و Fe₂O₃ (+0.999)، ويمكن تفسيرها على دخول او ارتباط هذه الاكاسيد معاً لتكوين المعادن الطينية التي أثبتت الدراسة المعدنية وجودها مثل الكاولينايت والمونتموريلونايت والباليكورسكايت في نماذج البحث، اما العلاقة الموجبة والقوية بين الفلويات (Na₂O ، K₂O) والاكاسيد (SiO₂ ، Al₂O₃ ، Fe₂O₃) (جدول ٣) فيمكن ان تعزى الى دخول الفلويات الى البنية الذرية للمعادن الطينية. وأهملت علاقة الارتباط السالبة بين SO₃ وكل من Al₂O₃ ، SiO₂ ، Fe₂O₃ (-0.304)، (-0.344)، (-0.338)، على التوالي، حيث انها لا تمثل قيمة معنوية ذات مدلول مهم.

ومن الجدول (٢) نلاحظ ان مدى (٨,٦ - ١٧,٣٥%) ومعدل (١٤,٩٦%) تركيز اوكسيد المغنسيوم MgO مرتفع كثيراً عن المعدل العالمي لتكوين الصخور الجيرية المستخدمة في صناعة الاسمنت والمشار إليها في الجدول (٤) ويعزى ارتفاع محتوى MgO في نماذج البحث الى تواجد معدن الدولومايت في الصخور الجيرية وينسب عالية واحتمالية وجود المكرايت ذات الكالساييت عالي المغنسيوم، اما معاملات الارتباط السالبة بين MgO وكلا من SiO₂ (-0.855)،

كما ان ارتفاع نسبة اوكسيد المغنسيوم MgO في نماذج البحث وكما ذكر سابقاً تؤكد عدم صلاحية الصخور الجيرية قيد البحث في صناعة الاسمنت وذلك لأسباب عديدة منها، ان زيادة نسبة MgO في مزيج الخلطة المغذية للفرن تؤدي إلى زيادة نسبة الطور السائل كونها تعمل كمادة مصهرة (Flux) مما يؤدي إلى تدفق وانسياب المواد المغذية للفرن بسرعة أكثر وبالتالي يؤدي الى ارتفاع نسبة هذه المواد داخل الفرن مما يسبب حدوث مشاكل تشغيلية، ومن المساوئ الأخرى والخطيرة لارتفاع نسبة هذا الاوكسيد في خلطة المزيج وأثناء الحرق والتفكك يتحد جزء من الاوكسيد مع أطوار الكلنكر الرئيسية ويبقى جزء آخر غير متحد بشكل حر خاصة عند ظروف الحرق غير الملائمة ليتبلور على شكل مغنيسياً حرة MgO (Periclase) أثناء التبريد البطيء للكلنكر، وعند عمل الخرسانة يتفاعل هذا الطور (Periclase) مع الماء تفاعلاً بطيئاً جداً قد يستغرق عدة سنوات مكوناً طور الهيدروكسيد Mg(OH)₂ (Brucite) أثناء إماهة الاسمنت، ويتخذ هذا الطور حجماً أكبر من حجم الاوكسيد مسبباً تشققات ناتجة عن التمدد الحجمي للمغنيسياً مؤدية إلى فشل وانهيار البنايات [28] و [13] و [16].

كما ان المغنيسياً الذائبة في الطور السائل داخل الفرن تميل للتفاعل مع طور (C₃S) عند درجات الحرارة العالية مما يؤدي إلى تحوله إلى طور (C₂S) وكلس حر (Free lime) (CaO)، ونتيجة لذلك تقل المقاومة المبكرة للاسمنت في الأيام الأولى نتيجة انخفاض نسبة (C₃S) وارتفاع نسبة الكلس الحر والتي تتسبب مشاكل عند تنفيذ المشاريع الخرسانية نتيجة التمدد الحجمي من جراء تحولها الى هيدروكسيد الكالسيوم عند تفاعلها مع الماء [17]. يظهر الكبريت في المواد الأولية اللازمة لصناعة الاسمنت اما على شكل كبريتات او كبريتيدات، تتواجد الكبريتات عادة بشكل جبس او انهيدرايت او بارايت، اما الكبريتيدات فتوجد في الصخور الرسوبية على شكل معدن البارايت وفي بعض الحالات على شكل معدن الماركسايت [15]. ويعبر عن محتوى الكبريت في المواد الأولية بـ (SO₃) وعادة ما تتراوح حدودها بين (٠,١-٠,٥%) [29] ان وجود محتوى عالي من الكبريت في مزيج الخلطة يمكن ان يؤدي الى زيادة خروج غاز (SO₂) مع الغازات الخارجة من الفرن والذي قد يعرقل عمل المسخن الأولي المعلق فضلا عن تشكيل حلقات داخل الفرن [16]. اما في الاسمنت فان المواصفات القياسية جميعها حددت محتوى (SO₃) بين (٢,٥-٤%) لمنع حدوث ظاهرة تمدد الكبريتات والتحكم في زمن تجمد الاسمنت [16].

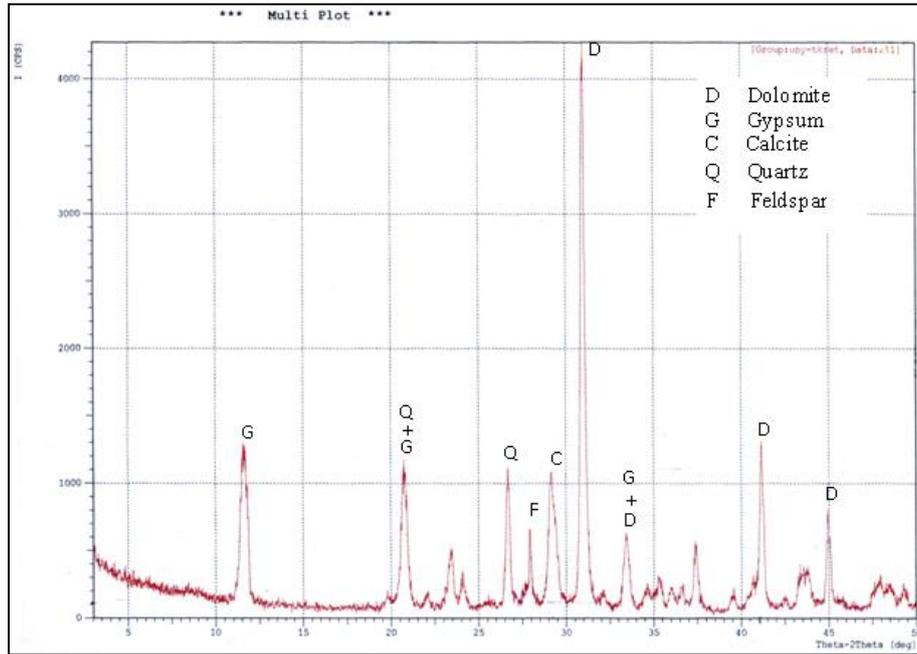
وبمقارنة مدى (0.21 - 1.07) ومعدل (0.465) تركيز القلوويات ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) في نماذج البحث، جدول رقم (٢) مع حدودها في الجدول رقم (٤) يلاحظ انخفاضها عن تلك الحدود مما يجعلها بعيدة عن تأثيرات ارتفاع نسبة (SO_3) في الاسمنت المنتج. ومن الجدول (٣) توضح علاقة الارتباط السالبة بين MgO و Na_2O (-0.887) و K_2O (-0.855) الى عدم تصاحبهما معا في المعادن الطينية وقد أهملت علاقة الربط السالبة بين القلوويات و SO_3 حيث إنها لا تمثل قيماً ذات دلالات معنوية.

الدراسة المعدنية:

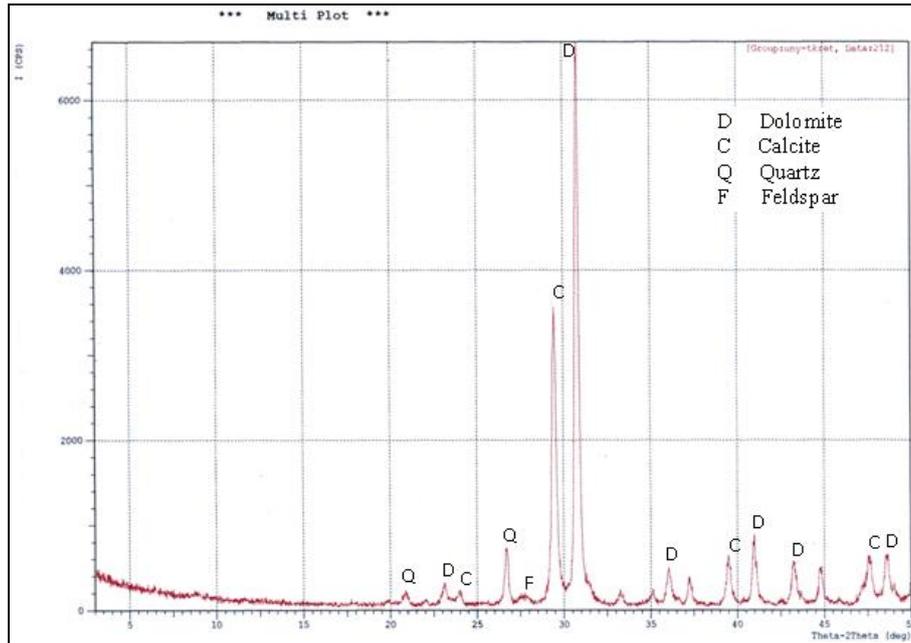
شملت الدراسة المعدنية للصخور الجيرية قيد البحث تحديد المكونات المعدنية الكلية في خمسة نماذج، وباستخدام جهاز الأشعة السينية الحائدة XRD من نوع (Philips - PW 1352)، في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ومن خلال مخططات حيود الأشعة السينية في الأشكال (٣، ٤، ٥، ٦، ٧) وفي مدى الزاوية 2θ ($0^\circ-50^\circ$) أمكن تشخيص معدن الدولومايت عند ذروات الحيود ($2\theta=30.99^\circ$ ، $2.88A^\circ$) و ($2\theta=41.18^\circ$ ، $2.19A^\circ$) و ($2\theta=45^\circ$ ، $2.01A^\circ$).

ويوضح الجدول (٢) انخفاض مدى ومعدل تركيز (SO_3) في النماذج مقارنة مع حدوده في الجدول (٤) ويعد هذا الانخفاض من العوامل الايجابية المشجعة لاستغلال هذه الصخور في صناعة الاسمنت، ان لم يتعارض هذا العامل مع معوقات أخرى. وفي الجدول (٣) أهملت علاقة الربط السالبة بين SO_3 و MgO (-0.101) حيث إنها لا تمثل قيماً معنوية ذات مدلول مهم.

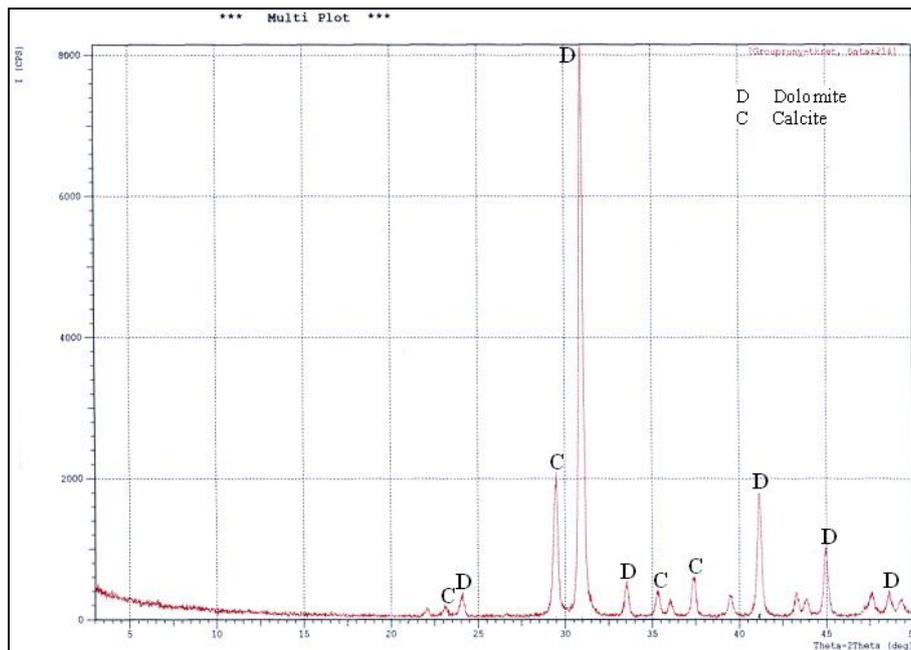
ان مصدر القلوويات (Na_2O ، K_2O) في المواد الأولية هو الأليان والحجر الجيري والجزء الثانوي من المواد المصححة للخلطة. ان حوالي (٥٠%) من القلوويات الموجودة في الخلطة يتطاير أثناء الحرق عند درجة حرارة ما بين (٨٠٠-١٠٠٠)، بشكل كبريتات او كلوريدات او كاربونات مكونا دورانا للقلويات (Alkali Circulation) داخل الفرن [15]، حيث ان محتوى القلوويات الأكثر من (١%) في الخلطة الخام يتسبب في تكوين تراكمات قلووية حلقيه على الجدران الداخلية للفرن تصل الى كتل كبيرة الحجم تؤدي الى حدوث اجهادات في الفرن، فضلاً عن تفاعل القلوويات عند عمل الخرسانة مع بعض أشكال السليكا مثل الالوبال والكالسيوم والتريديمايت مسببة اجهادات، ومن ثم انهيارات للأبنية لعدم ثبات الاسمنت، إلا ان هذا التأثير يمكن تجنبه باستخدام سمنت واطى القلوويات [15].



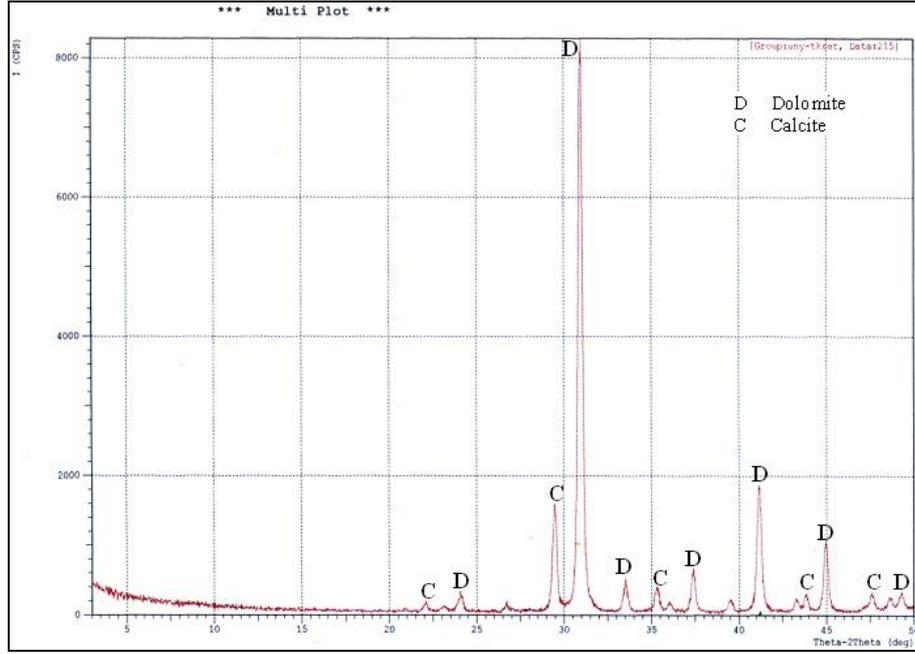
شكل رقم ٣: مخطط حيود الأشعة السينية للنموذج رقم ٢-١



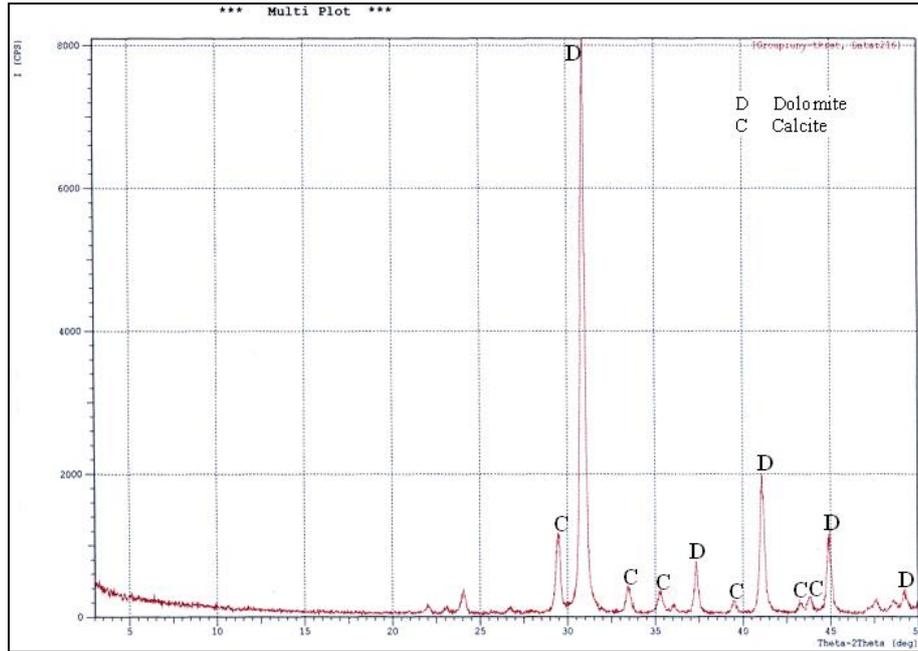
شكل رقم ٤ : مخطط حيود الأشعة السينية للنموذج رقم ٣-١



شكل رقم ٥ : مخطط حيود الأشعة السينية للنموذج رقم ١-٢



شكل رقم ٦: مخطط حيود الأشعة السينية للنموذج رقم ١-٣



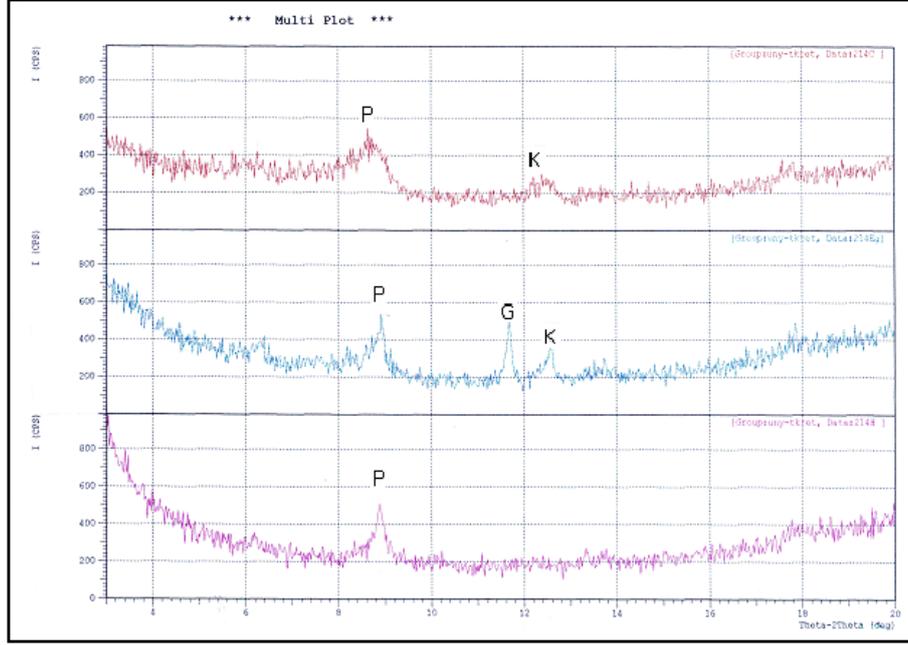
شكل رقم ٧: مخطط حيود الأشعة السينية للنموذج رقم ١-٤

ومعدن الكالسيت عند الذروة (3.02\AA , $2\theta=29.5^\circ$) والذروة ذات الشدة المنخفضة (2.28\AA , $2\theta=39.45^\circ$)، ولوحظ معدن الكوارتز في نموذجين عند الذروة (3.34\AA , $2\theta=26.66^\circ$)، ومعدن الجبس في نموذج واحد عند الذروة (7.5\AA , $2\theta=11.7^\circ$).
توضح مخططات حيود الأشعة السينية للنماذج في الإشكال (١١، ١٠، ٩، ٨) في مدى 2θ بين ($20^\circ-0^\circ$) وجود معدن باليغورسكايت Palygorskite عند ذروة الحيود ($2\theta=8.5^\circ$) ومعدن الكاؤولينايت Kaolinite عند ذروة الحيود (10.5\AA , $2\theta=12.6^\circ$) التي تختفي عند التسخين إلى (550°C)

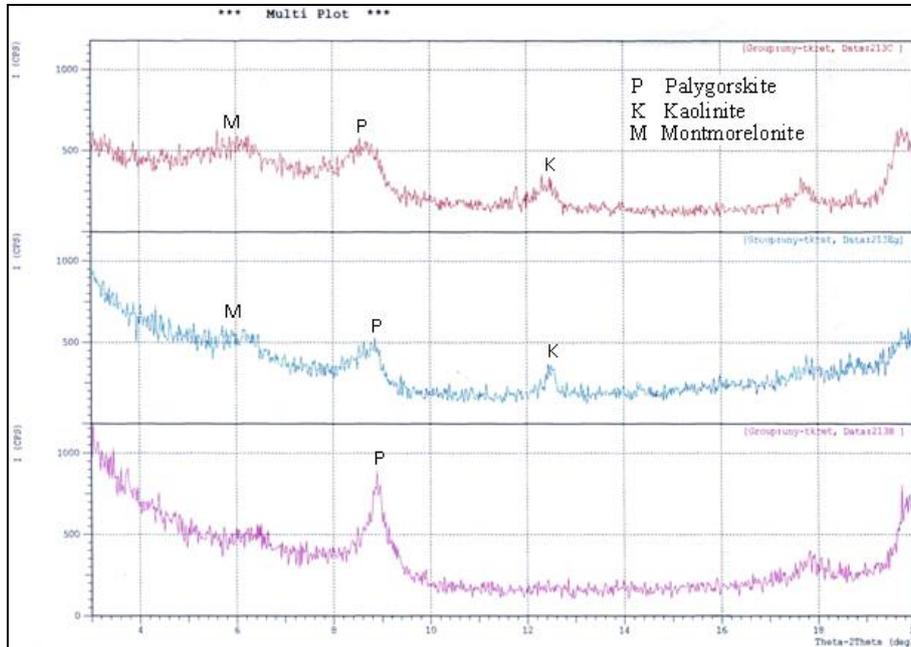
ومعدن المونتموريلونايت (Montmorelonite) عند الذروة (15.0\AA , $2\theta=5.88^\circ$) في الشريحة غير المعاملة. ان وجود معدن الباليغورسكايت و المونتموريلونايت في نماذج البحث يمكن ان تساهم بزيادة طفيفة لمحتوى MgO في تلك النماذج ولكن لا يعد العامل الرئيسي لرفع محتوى MgO وذلك لانخفاض نسبة الفضالة غير الذائبة في تلك النماذج والتي لا يتجاوز معدلها (7.3%)، وقد اوضحت مخططات الحيود في الإشكال (٣، ٤، ٥، ٦، ٧)، وحسب طريقة^[30] تقييم التواجد النسبي لمعدن الدولومايت والكالسايت، وباستخدام المنحني في الشكل (١٢) الذي يمثل العلاقة بين نسبة

الدولومايت والكالسايت ($2\theta=30.99^\circ$ و $2\theta=30.99^\circ$) على التوالي، كما يوضح الجدول رقم (٥).

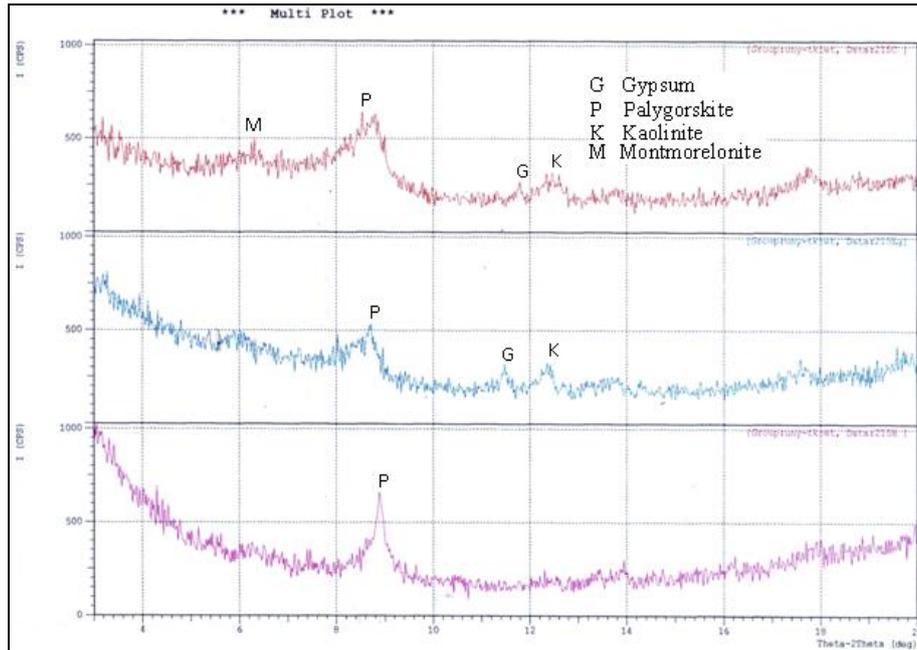
الدولومايت في النموذج والنسبة بين الشدة المطلقة لأقوى الانعكاسات للكالسايت والدولومايت، أمكن تخمين التواجد النسبي لمعدن الدولومايت في نماذج البحث، وباستخدام أقصى شدة لذروات الحيود لمعدني



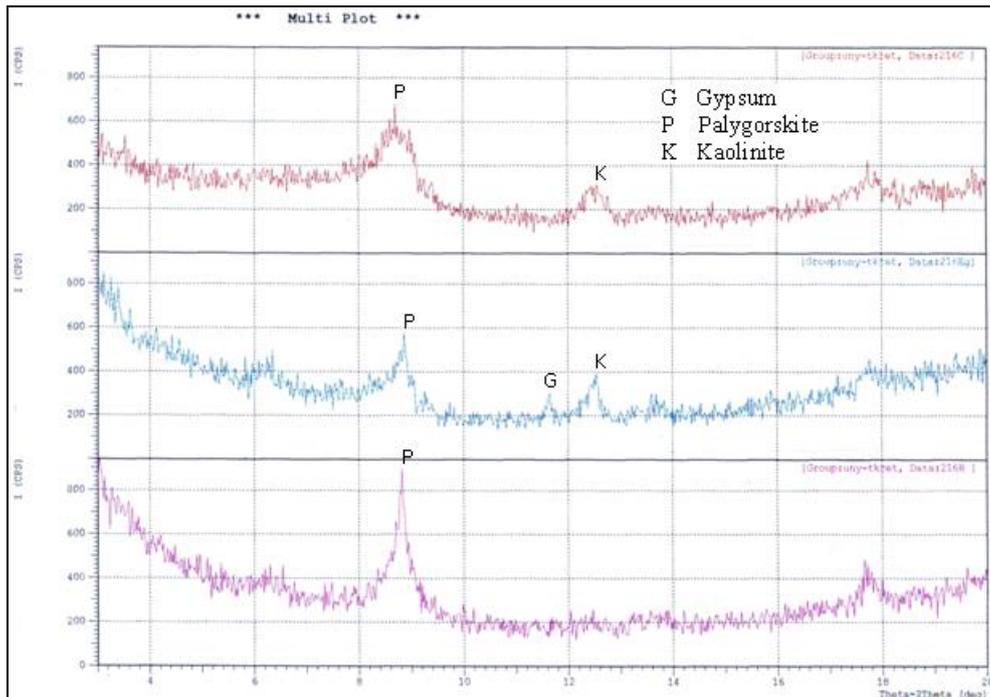
شكل رقم ٨: منحنيات حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في النموذج ١-٢ (المنحنى العلوي غير المعامل، والمنحنى الوسطي المعامل مع ايثيلين كلابكول، والمنحنى السفلي بعد التسخين الى درجة حرارة 550 C°)



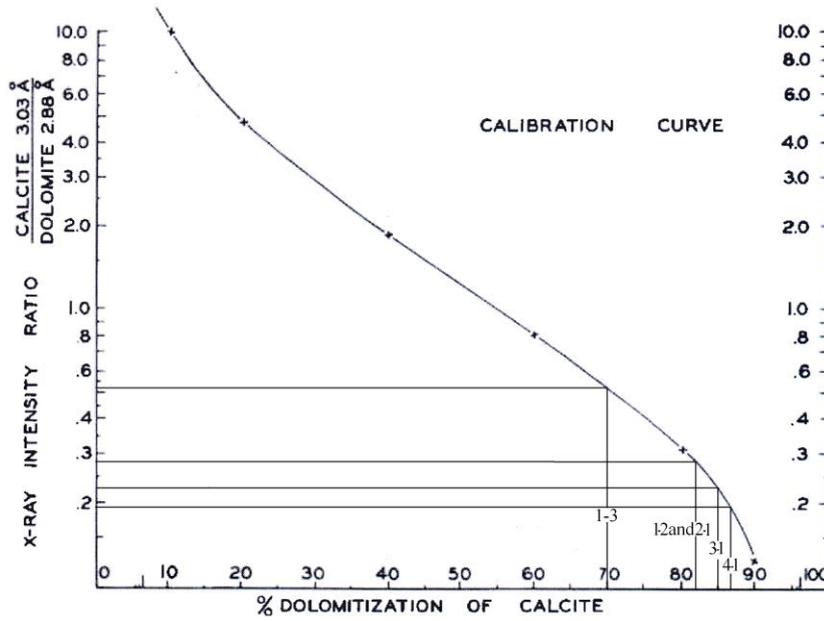
شكل رقم ٩: منحنيات حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في النموذج ١-٣ (المنحنى العلوي غير المعامل، والمنحنى الوسطي المعامل مع ايثيلين كلابكول، والمنحنى السفلي بعد التسخين الى درجة حرارة 550 C°)



شكل رقم ١٠: منحنيات حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في النموذج ١-٣ (المنحنى العلوي غير المعامل، والمنحنى الوسطي المعامل مع ايثيلين كلايكول، والمنحنى السفلي بعد التسخين الى درجة حرارة ٥٥٠ °C)



شكل رقم ١١: منحنيات حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في النموذج ١-٤ (المنحنى العلوي غير المعامل، والمنحنى الوسطي المعامل مع ايثيلين كلايكول، والمنحنى السفلي بعد التسخين الى درجة حرارة ٥٥٠ °C).



شكل رقم ١٢ : منحنى المعايرة المستخدم لتحديد التواجد النسبي في مزيج الكالسيت والدولومايت باستخدام الأشعة السينية الحادة وحسب طريقة [30].

جدول رقم (٥) تواجد الدولومايت النسبي في نماذج البحث

Sample No.	I(Calcite)/I(Dolomite)	Dolomite%
1-2	0.261	82
1-3	0.545	70
2-1	0.262	82
3-1	0.197	85
4-1	0.15	87

وتشويه تراكيبيها الداخلية (لوحة ١، صورة E). وتمثل المكرايت (micrite) الأرضية (matrix) المكون الأساسي للنماذج والتي تعرضت إلى إعادة تبلور (recrystallization) إلى السبارايت (sparite) (لوحة ١، صورة F). أما المادة الرابطة (cement) فتشكل نسبة قليلة من مكونات الصخرة إذ يملأ بعض الفجوات بين الحبيبات Intergranular Cement (لوحة ١ الصورة G).

ومن ملاحظة نسب وتوزيع المكونات الأساسية للصخور واعتماداً على تصنيف [٣٣] أمكن تصنيف الصخور قيد البحث إلى مجموعتين أو سحنتين دقيقتين (microfacies) وهي:

١- سحنة Grainstone: تتألف النماذج من السبارايت sparite والفتات الداخلي وحبيبات هيكلية skeletal grain ومتأثرة بعملية الدلمته (لوحة ١، صورة E).

٢- سحنة Wackestone: حيث يوجد قليل من bioclasts، طافية داخل أرضية من المكرايت (لوحة ٢، صورة A).

وقد أوضحت الدراسة البتروغرافية تعرض الصخور لعدة عمليات تحويرية diagenetic processes وهي:

الإذابة Dissolution

لقد عانت الصخور من عمليات الإذابة بواسطة المحاليل، مما أدى إلى وجود فجوات أو فراغات Vugs (لوحة ٢، صورة B) أو فجوات

الدراسة البتروغرافية:

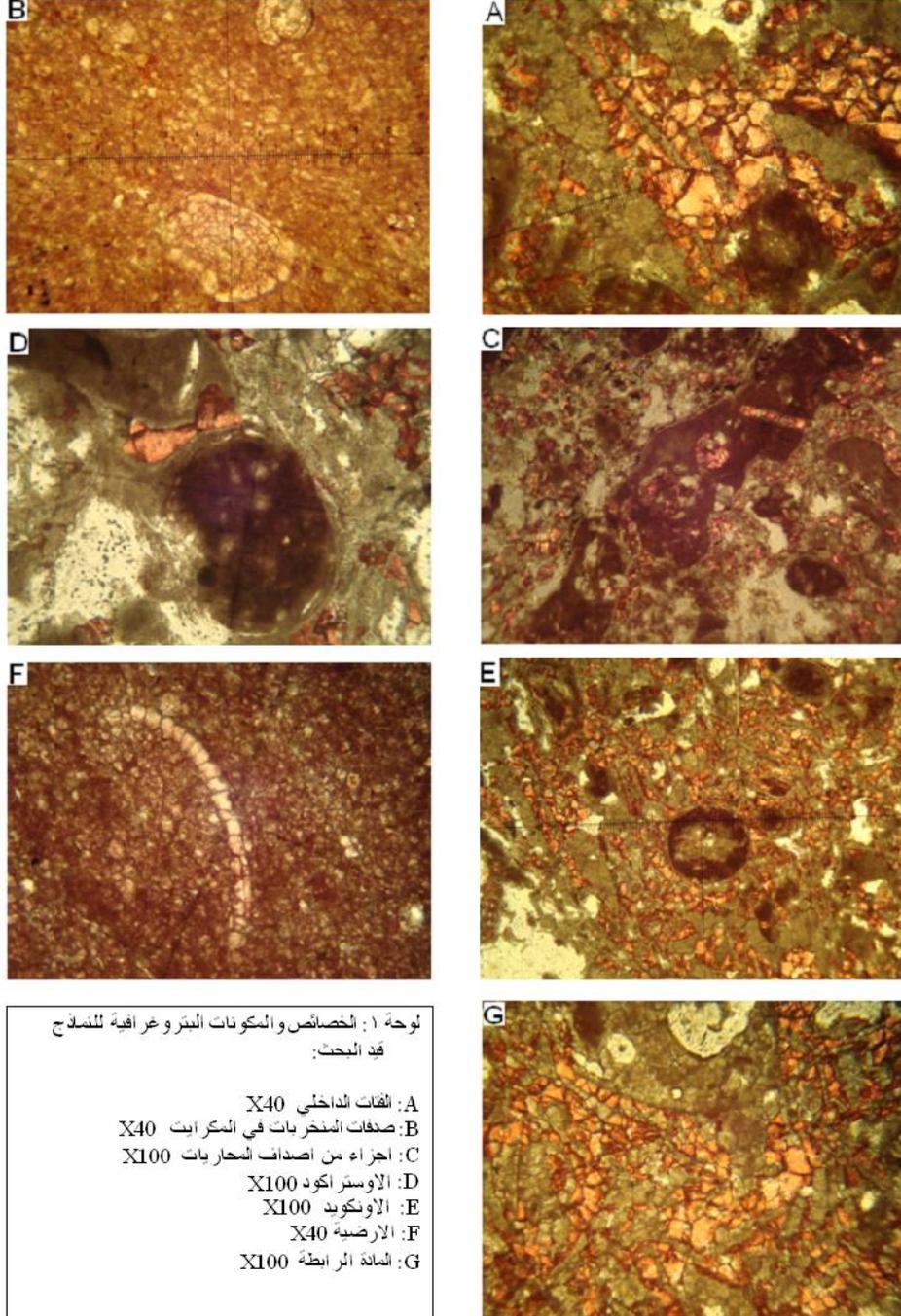
أجريت الدراسة البتروغرافية لخمسة نماذج لغرض تشخيص المكونات المعدنية والخصائص الصخرية والانسجة والعمليات التحويرية. تم تحضير شرائح رقيقة واستخدمت صبغة الاليزرين الحمراء (Alizarin Red S). وحسب الطريقة المشار إليها في [31]، لتؤكد تأثير عملية الدلمته على النماذج، وكما ذكر سابقاً أثبتت منحنيات حيود الأشعة السينية وجود معدن الدولومايت، وقد أوضحت الدراسة البتروغرافية للصخور أن الفتات الداخلي (Intraclast) تشكل النسبة الأكبر من المكونات الهيكلية (لوحة ١، الصورة A) في الصخور الجيرية قيد البحث، كذلك يوجد الفتات الحياتي (Bioclast) وتشمل بقايا صدقات المنخربات (Foraminifera) (لوحة ١، الصورة B) والمحاريات (Pelecypods) (لوحة ١، صورة C)، وقليل من احافير الاوستراكودا (Ostracods) (لوحة ١ صور D) وقد لوحظ وجود حبيبات بنسبة قليلة وبألوان داكنة يعتقد إنها تمثل قطع من (lithoclast) أو (bioclast)، تجمعت على هيئة حبيبات كروية وبيضوية وأحيطت بغلاف واحد (Coated)، وتسمى (Oncoids)، وقد وصف [32] هذه الحبيبات في الصخور الجيرية الساحلية peach rocks على أنها تمثل أجزاء من طحالب Algae بإحجام الحمصيات (Pisolites). ويحتمل أن تمثل هذه الحبيبات حمصات تعرضت لعملية المكترية

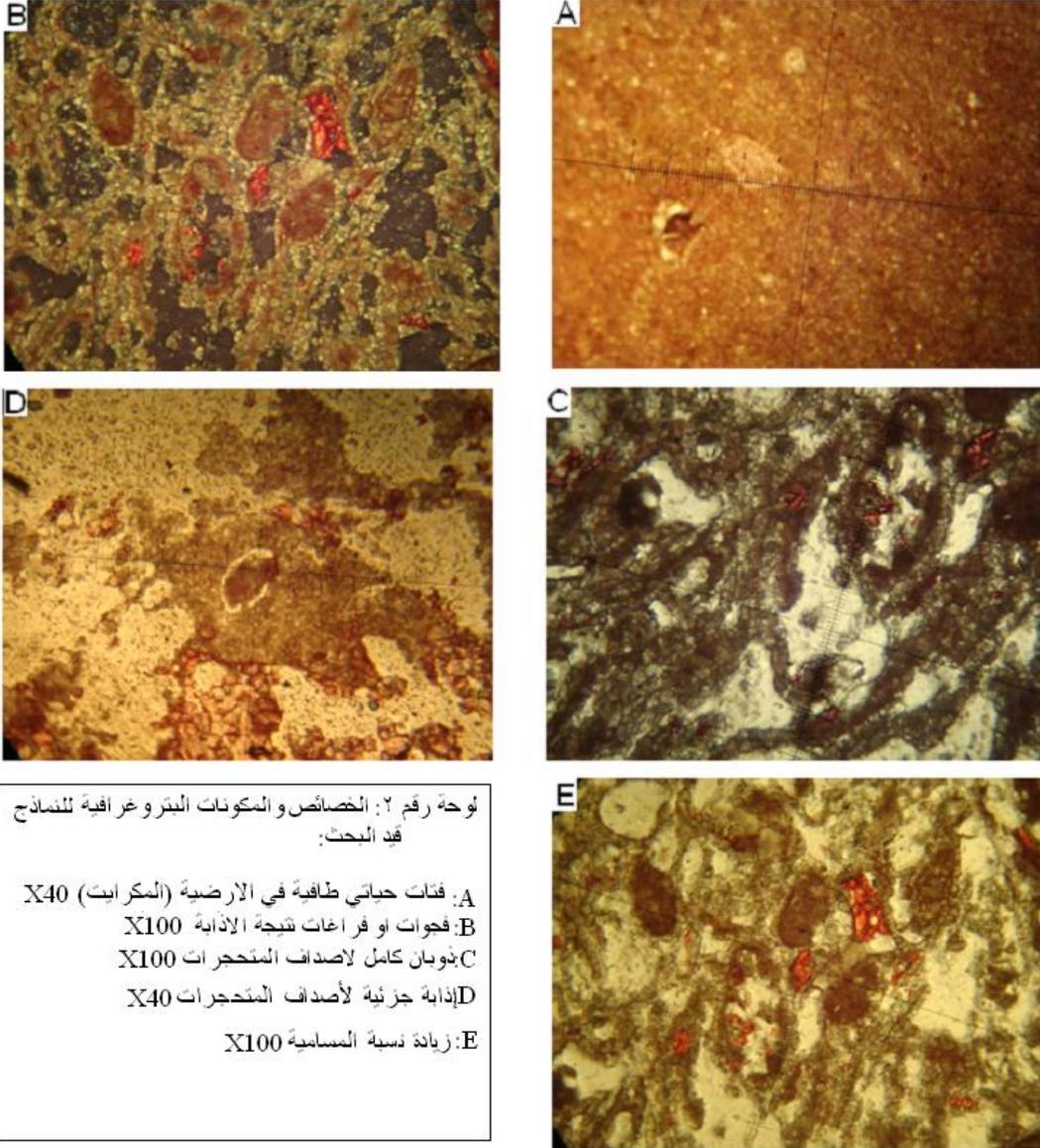
نماذج البحث لوحظ ترسب السمنت الحبيبي (Granular Cement) بين الحبيبات، (لوحة ١، صورة G) وكذلك السباريت الكثلي (Blocky Sparite) بين الحبيبات وداخل بعض صدقات الاحافير (لوحة ١، صورة G). كما لوحظ الملاط النتوني (السمنت الدرزي drusy sparite) يملأ بعض الفجوات (لوحة ١ الصورة A). وبشكل عام فان تأثير عملية السمنتة كان محدودا في النماذج، وقد اشار [٣٢] ان سمنت الرواسب الساحلية (peach rocks cement) يكون غير مستقر معدنيا ويحتمل ان يذوب او يعاد تبلوره خلال العمليات التحويرية المتأخرة.

قالبية (molds) ناتجة عن ذوبان كامل لصدقات الاحافير (لوحة ٢، صورة C) او إذابة جزئية لأصداف المتحجرات partial moldic (لوحة ٢، صورة D)، وبشكل عام أدت الإذابة إلى زيادة نسبة المسامية في نماذج البحث (لوحة ٢، صورة E).

١- السمنتة Cementation

وهي عملية ترسيب ملاط (سمنت) الكاربونات بين حبيبات الرواسب الجيرية، والتي تؤدي إلى التحامها او ربطها [٣٤] وتحدث عملية السمنتة في مراحل مبكرة للرواسب او مراحل متأخرة للصخور وتؤدي إلى تصلبها lithification وانخفاض مساميتها [٣٥] و [٣٦]. وفي





معينه على حساب الأخرى [42]، وفي نماذج البحث لوحظ تأثير هذه العملية بشكل واضح حيث تم تمييز تجمعات من البلورات الكبيرة الحجم موزعة داخل الشريحة بصورة غير منتظمة لتصل أحجام البلورات فيها من السبار الدقيق microspar (لوحة ١، صورة F) والسبار الكاذب pseudospar والسبار الحقيقي orthospar (لوحة ١، صورة E) وأدت هذه العملية إلى انخفاض محتوى المكرايت الذي انقلب الى السبارايت كما أدت الى تشويه بعض معالم الأنسجة الصخرية وبعض صدقات الاحافير (لوحة ١ صورة E)، كما تعرضت بعض الحبيبات الحياتية Bioclasts إلى تشويه نتيجة التشكل الجديد الهدام degrading neomorphism ومن خلال عملية المكرتة micritization (لوحة ١، صورة D).

٤-الدملته Dolomitization

اثبتت الدراسة البتروغرافية حدوث عملية الدملته من نوع الدملته المتجانسة (Homogenous dolomitization) حسب وصف [٤٣] لأنسجة الدولومايت في صخور خزان فلوريدا (Floridian Aquifer)

إن ترسيب السمنت ذو الكالساييت عالي المغنسيوم high Mg calcite على هيئة المكرايت في منطقة بين المدية inter tidal، وفوق المدية supra tidal يعتبر مصدر Mg اللازم لعملية الدملته [37] و [38].

حيث ان ايون Mg يمنع تكوين المايكروسبار microspar من المكرايت لانه يحيط بحبيبات المكرايت ويمنعها من التماس مع المحاليل، وعندما يتحرر Mg من المكرايت أثناء غسله بالمياه الجوفية أو امتصاصه من قبل المعادن الطينية يصبح المكرايت حراً للنمو إلى microspar وهذا يفسر توفر ايون Mg اللازم لعملية الدملته [39] و [40].

٣- التشكيل الجديد Neomorphism

تشمل كل التغيرات transformations التي تطرأ بين المعدن ونفسه او الشكل الأخر له (polymorph) [41]. وأكثر أنواع التشكيل الجديد شيوعاً هو البنائي Aggrading neomorphism الذي يؤدي الى تكوين تجمعات من بلورات كبيرة الحجم حيث تنمو وتكبر بلورات

(Packing) وطبيعة المادة اللاصقة (Cement) وكذلك العمليات التحويرية المؤثرة عليها. ومن الخواص التي تم فحصها في هذه الدراسة، الكثافة الكلية ومحتوى الرطوبة والمسامية والمقامة الانضغاطية.

الكثافة الكلية Bulk density

وهي كثافة الصخور الكلية في الموقع، وتمثل نسبة وزن العينة الى حجمها الكلي، الذي يشمل حجم المادة الصلبة مضافاً اليه حجم كل من الفراغات المفتوحة والمغلقة [44].

$$P=w/v \text{ حيث:}$$

$$P = \text{الكثافة الكلية } gm/cm^3$$

$$W = \text{الوزن } gm$$

$$V = \text{الحجم الكلي } cm^3$$

تعتمد كثافة الصخور على مكوناتها المعدنية وما تحتويه من الفراغات والكسور، حيث تتخفف الكثافة بزيادة المسامية [45].

ويوضح الجدول (٦) الكثافة الكلية لنماذج البحث والتي تتراوح بين (2.07 – 2.32) وهي منخفضة مقارنة بمعدلاتها في الجدول (٧) الذي يمثل معدل قيم الكثافة الكلية العالمية للحجر الجيري المستخدم لصناعة السمنت.

جدول رقم (٦): يوضح قيم الكثافة الكلية ومحتوى الرطوبة في نماذج البحث

Sample No.	Bulk Density gr/cm ³	Moisture Content %
s1-1	2.125	0.23
s1-2	2.326	0.43
s1-3	2.177	0.198
s2-1	2.265	0.081
s3-1	2.073	0.139
s4-1	2.178	0.139

جدول رقم (٧): الخواص الفيزيائية والميكانيكية لبعض الاحجار الجيرية عن [22] من [23].

النموذج	١	٢	٣	٤	٥
المسامية (%)	٤,٠٣	٦,١٦	٢,٥١	٣,٧٣	٤,٤٥
الكثافة الإجمالية (غم/سم ^٣)	١,٦٣	١,٦٧	١,٤١	١,٤٤	١,٦٥
الوزن النوعي الظاهري	٢,٧٣	٢,٧٢	٢,٦٣	٢,٦٦	٢,٧
المقاومة الانضغاطية (كغم/سم ^٢)	٨٥٢,٤٤	٤٥٨,٨١	١٢٤٢,٣	١٤١٤,٠	٤٨٤,٨

الرطوبة الطبيعي باختلاف مسامية الصخور. في الأحجار الجيرية المتصلة والمعاداة التبلور يقل محتوى الرطوبة فيها عن ٣%، ويزداد محتوى الرطوبة في الصخور كلما زادت نسبة الأطلان فيها، ويحتوي الحجر الجيري الطباشيري على أكثر من ٢٠% رطوبة [46].

ان احد متطلبات صناعة الاسمنت هو ان تكون الصخور الجيرية الداخلة فيه ذات محتوى رطوبة واطى اقل من (٥%)، حيث أن محتوى الرطوبة العالي في المواد الأولية يمكن ان يسبب مشاكل

في الولايات المتحدة، والتي أدت الى وجود نسيج spotted mosaic fabric (لوحة ٢ صورة D) ونسيج micro-textured sieve mosaic fabric (لوحة ٢ صورة C)، مما أدى إلى ارتفاع نسبة المسامية وتحطم او تشويه بعض مكونات النسيج الصخري.

يعد البناء البلوري للدولومايت أكثر ترصاً وانتظاماً (Compact and high ordered) من الكالساييت وذلك من الناحية النظرية فان الدلمته الكاملة (complete dolomitization) للحجر الجيري تؤدي إلى زيادة المسامية بنسبة (١٣%) إذا لم تعقبها عمليات لاحقة من الانضغاط compaction او السمنتة cementation [42].

الخواص الفيزيائية و الميكانيكية:

بعد دراسة المواصفات الكيميائية والمعدنية للصخور قيد البحث، لابد من فحص الخواص الفيزيائية والميكانيكية لها، اذ تلعب هذه الخواص دوراً مهماً في تقييم صلاحية الصخور الجيرية ومدى استجابتها للمعالجات التي تجري عليها خلال تهيئتها لصناعة الاسمنت، والمتمثلة بإمكانية قلعتها من المكاشف الصخرية وتقييم مدى مقاومتها للتكسير والسحق والطحن أثناء تجهيز مزيج الخلطة وكذلك ظروف تسخينها وحرقها في مراحل صناعة الاسمنت. وتختلف خواص الصخور باختلاف مكوناتها المعدنية ونسجها الصخري الذي يشمل شكل وحجم الحبيبات وطريقة رصها وتحشيتها مع بعضها

محتوى الرطوبة Moisture Content

وهي النسبة بين وزن الماء الموجود داخل فراغات الصخرة (ww) إلى وزن العينة وهي جافة، ويعبر عنها بالصيغة التالية:

$$W\% = \frac{WW}{WS} * 100$$

وتمثل W% نسبة محتوى الرطوبة وتحسب من قياس الفرق في وزن النموذج بعد تجفيفه لمدة ساعة بدرجة حرارة (١٠٥)م ويختلف محتوى

وهناك نوعين من المسامية الأولية (primary porosity) المتكونة أثناء الترسيب وتشمل بشكل عام الفجوات داخل وبين الحبيبات (inter secondary porosity) والمسامية الثانوية (and intra- particles porosity) وهي المتكونة خلال العمليات التحويرية [42].

تنخفض المسامية في الرواسب أو الصخور الرسوبية خلال بعض العمليات التحويرية مثل الانضغاط compaction أو الالتحام Cementation، وضغط السوائل (Pressure Solution) وتزداد المسامية خلال عمليات الإذابة والذلمة والكسور المتكونة نتيجة الفعاليات والحركات التكوينية [48] و [49] واعتماداً على تصنيف [50] فقد امكن تشخيص بعض انواع المسامية في نماذج البحث هي المسامية القالبية Moldic Porosity، (لوحة ٢ صورة C)، ومسامية الفجوات Vug Porosity، (لوحة ٢ صورة B).

ومن خلال مقارنة قيم المسامية جدول رقم (٨) مع قيمها في الجدول رقم (٧) نلاحظ ارتفاع نسبة المسامية في نماذج البحث والتي تتراوح بين (15.74-29.71) عن معدلها في الصخور الجيرية لعدة مناطق في العالم. ولذلك تعد نسبة المسامية في نماذج البحث مرتفعة جداً مما يقلل من مقاومتها الانضغاطية وبذلك تسهل سحقها وطحنها أثناء مراحل تهيئة خلطة المزيج اللازم لصناعة الاسمنت، وهذا يعد من العوامل المشجعة لاستغلال الصخور الجيرية المدروسة في صناعة الاسمنت، فقد أشار [51] و [52] في [53] إلى تناقص جميع الخواص الميكانيكية للصخور مع زيادة المسامية. وقد تؤدي زيادة المسامية إلى ارتفاع محتوى الرطوبة وكما ذكر سابقاً تؤدي إلى مشاكل تشغيلية أثناء تجهيز خلطة المزيج.

جدول رقم (٨): يوضح قيم المسامية والمقاومة الانضغاطية في نماذج البحث

Sample No.	Compressive Strength Kg/cm ²	Porosity %
s1-1	8.96	29.71
s1-3	156.5	15.74
s2-1	114.68	25.01
s3-1	65.69	26.86
s4-1	143.4	19.08

[55] إلى عدة عوامل تؤثر على نتائج فحص المقاومة الانضغاطية وهي:

- ١- أسطح التحميل للجهاز (bearing platens) يجب إن تكون مستوية تماماً وكذلك أسطح العينة العلوية والسفلية يجب ان تكون مستوية وعمودية على محور العينة.
- ٢- شكل وحجم العينة
- ٣- تأثير الاحتكاك بين أسطح التحميل ونهايات العينة
- ٤- محتوى الرطوبة في العينة
- ٥- معدل التحميل (rate of loading)
- ٦- ترتيب واصطفاف مفاصل ومعدات قاعدة الحمل (alignment of swivel head). ووصف [55]، احد إشكال انهيار النماذج الصخرية عند الفحص، فعندما تتعرض العينة للتحميل في جهاز الفحص

تشغيلية أثناء عملية تجفيف خلطة المزيج مما يتطلب صرف طاقة إضافية لهذا الغرض [47].

ويوضح الجدول (٦) انخفاض محتوى الرطوبة في نماذج البحث والتي تتراوح بين (0.08 – 0.48) ويعد عامل مشجع لاستخدام الصخور كمواد أولية في صناعة الاسمنت.

المسامية Porosity

تعد المسامية من الصفات الأساسية للرواسب والصخور الرسوبية، وهي نسبة بين حجم الفراغات أو الفجوات في الصخرة الى الحجم الكلي للنموذج [45].

$$n=(Vv/Vt)*100$$

حيث تمثل

$$n = \text{نسبة المسامية}$$

$$Vv = \text{حجم الفجوات}$$

$$Vt = \text{الحجم الكلي للعينة}$$

وتعبر المسامية المطلقة (absolute porosity) عن الحجم الكلي للفراغات في الصخرة بينما تمثل المسامية الفعالة (effective porosity) قياساً لحجم الفراغات المتصلة مع بعضها ومع سطح النموذج ولا تشمل المحصورة أو المغلقة [42].

وتعتمد المسامية على حجم وشكل حبيبات أو بلورات المعادن المكونة للصخرة وعلى درجة تدرجها (grading) أو على ترتيب هذه الحبيبات وطبيعة تحشيتها مع بعضها (packing) وعلى المادة الرابطة [45].

المقاومة الانضغاطية أحادية المحور uniaxial compressive strength

تمثل المقاومة الانضغاطية للصخرة مجموع القوى المتمثلة بأصرة التحام الحبيبات أو البلورات المكونة لمادة الصخرة المقاومة للقوى الخارجية المسلطة عمودياً عليها. وهي عبارة عن مقاومة الصخرة للضغط المحوري المسلط عليها عند نقطة الفشل أو الانهيار [45]، تتباين المقاومة الانضغاطية حسب مكونات الصخرة وكتافتها ونسبة الفجوات ونسبة الرطوبة وكذلك المادة الرابطة والبينية (Cementing and matrix material) [45]، تمتاز الأحجار الجيرية معادة التبلور بمقاومتها الانضغاطية العالية ومقاومتها لعمليات السحق، حيث يجب ألا تتجاوز قيمة المقاومة الانضغاطية للأحجار الجيرية الملائمة لصناعة الاسمنت عن (٩٥٠-١٠٠٠) كغم/سم^٢ [11] وقد ذكر [54]، و

أ- انخفاض محتوى اوكسيد الكالسيوم CaO عن المديات والحدود الملائمة للمواد الأولية اللازمة لصناعة الاسمنت البورتلندي الاعتيادي والأنواع الأخرى للاسمنت.

ب-زيادة نسبة اوكسيد المغنيسيوم MgO عن الحدود المسموح بها للمواد الأولية لصناعة الاسمنت، وعليه فان هذه الصخور غير ملائمة لهذه الصناعة.

ت-ان نسبة السيليكا SiO₂ والسيليكا الحرة والاكاسيد Al₂O₃ و Fe₂O₃ مناسبة لصناعة الاسمنت وكذلك الانخفاض الكبير في نسبة كلا من الفلويات و SO₃ يعد من العوامل الايجابية المشجعة لاستغلال الصخور لهذه الصناعة.

٢- أثبتت الدراسة المعدنية وجود معدن الكالسيت وشيوع معدن الدولومايت الذي يساهم في زيادة نسبة MgO، وكذلك وجود نسبة قليلة من المعادن الطينية، (باليكورسكايت والكاؤولينايت والمونتموريلونايت).

٣- أوضحت الدراسة البتروغرافية للنماذج تأثير عملية الإذابة في زيادة نسبة المسامية. كما أثبتت الدراسة تأثير عملية الدلمتة، وتغلب عملية التشكل الجديد على عملية السمنتة في زيادة نسبة السبار في المكونات الصخرية للنماذج.

٤- بينت الدراسة البتروفيزيائية للصخور، انخفاض الكثافة الكلية ومحتوى الرطوبة والمقاومة الانضغاطية وزيادة نسبة المسامية فيها مما يجعلها سهلة القلع والتكسير والسحق والطحن أثناء إعداد خلطة المزيج.

٥- مما تقدم نستنتج ان الصخور الجيرية في منطقة الدراسة غير صالحة كمواد أولية لصناعة الاسمنت، ما لم تعالج بمضافات خاصة أو تعديل نسب الاكاسيد من خلال المواد الأولية الأخرى التي تضاف إلى الخلطة كالأطيان.

التوصيات:

١- دراسة صخور المارل Marl الموجودة ضمن التعاقبات الصخرية لتكوين الفتحة في مناطق أخرى من محافظة صلاح الدين، حيث لم يلاحظ وجود تعاقبات سميكة من المارل ممكن ان تستثمر لصناعة الاسمنت في المنطقة.

٢- نظرا لملائمة الظروف المقلعية للصخور الجيرية في منطقة الدراسة من حيث سمك الطبقات وسهولة القلع وتوفر طرق المواصلات، لذا يمكن دراسة مكون جيري اخر ملائم كمادة أولية لصناعة الاسمنت يخلط مع صخور منطقة الدراسة لتعديل نسب الاكاسيد خصوصا اوكسيد المغنسيوم، وكذلك دراسة استخدام صخور المنطقة لاستخدامات أخرى، كصخور بناء أو كحجر تحكيم للسكك الحديد او كمضافات للخرسانة.

٣- دراسة رواسب او صخور طينية يمكن استغلالها كمكون طيني في المواد الأولية لصناعة الاسمنت.

تتمدد جانبياً (expand laterally)، كلاً من العينة وسطوح التحميل للجهاز ويؤدي ذلك إلى تركيز الاجتهادات الشدية (tensile stresses) في نهايات العينة مما يسبب انخفاض المقاومة الانضغاطية وحدث شقوق (cracks)، في مستويات موازية لاتجاه القوة المستخدمة وموازية لمحور العينة (axial plane) مما يؤدي الى انهيار العينة.

وفي جهاز قياس المقاومة الانضغاطية أحادية المحور يتم تحميل عينة من لباب صخري اسطواني أو مكعب غير محصور الجوانب إلى أن تنهار العينة [55] وحسب المعادلة التالية:

$$C_o = \frac{FC}{A} \dots \dots \dots (1)$$

=C_o = مقدار المقاومة الانضغاطية القياسية عندما تكون L/D=1

F_c = الحمل او الإجهاد المسلط عند نقطة الفشل

A = مساحة مقطع العينة المعرضة للإجهاد

وفي العينات الاسطوانية من لباب الصخور أوضح [53] ان النسبة بين طول العينة الى قطرها (L/D) ذات تأثير مهم على مقاومة السحق للصخور. فعندما تتراوح نسبة L/D بين اكبر من ٣/١ واصغر من ٢، تمثل cp المقاومة الانضغاطية أحادية المحور للصخور، وعليه يمكن

تصحيح المعادلة رقم (١) لتصبح بالشكل التالي

$$Co = cp / (0.778 + 0.222D/L) \dots \dots \dots (2)$$

حيث يمثل D قطر مقطع العينة و L طول العينة، وقد حددت المواصفات الامريكية ASTM طول النموذج الى قطرة بما لا يقل عن ٢ [44].

وفي البحث الحالي تم قياس المقاومة الانضغاطية في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين حيث أخذت ثلاث عينات لكل نموذج، وسلط ضغط عمودي محوري على لباب اسطواني النسبة بين ارتفاعه الى قطرة = ٢، وعند نقطة الانهيار تم تطبيق المعادلة رقم (٢) لحساب المقاومة الانضغاطية أحادية المحور المصححة، وفي النماذج قيد البحث تبين ان زيادة نسبة المسامية ومحدودية تأثير عملية إعادة التبلور أدت إلى انخفاض قيم المقاومة الانضغاطية للصخور والتي تتراوح بين (65.69-156.5) كغم/سم^٢ كما في الجدول (٨) وهي منخفضة جداً مقارنة بقيمتها العالمية للحجر الجيري كما في الجدول (٧).

وعليه يعتبر الحجر الجيري قيد الدراسة ذات مقاومة واطنة او قليلة جداً لعمليات السحق والطحن وكذلك لعمليات القلع وبناءً عليه، تعد هذه الصخور من الناحية الفيزيائية او الميكانيكية ملائمة وصالحة لصناعة الاسمنت.

الاستنتاجات:

١- أثبتت الدراسة الجيوكيميائية للصخور الجيرية قيد البحث مايلي:

المصادر

- (2nd ed.), Bauverlag, GmbH. Wiesbaden, Berlin Macdonald and Evans, London, 539p.
- 17- Duda, W.H. (1984): Cement- data_Book. Vol. 2, Bauverlag, GmbH, Wiesbaden and Berlin, 456p.
- 18- ASTM, (2008): American Society for Testing and Materials, Cement; Lime; Gypsum, Volume 04.01.
- 19- Besique, R. E. and Lemish, J., (1959): Insoluble residual magnesium content relationship of carbonate rocks from the Devonian Cedar Valley formation, J-Sediment- Petrol., V. 29, pp. 73-76.
- 20- الراوي، خاشع محمود، (١٩٨٠): المدخل في الإحصاء، الموصل، جامعة الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر.
- 21- Krumbein, W. C. and Graybill, F. A., (1965): An introduction to statistical models in geology. Mc Graw-Hill, Inc., 475p.
- 22- Chatterjee, A.K., (2004): Raw materials selection. Pp. 37-63 in: Bhatti, J.I., (ed), innovation in Portland cement manufacturing portland cement association Illinois, USA.
- 23- كلي، امير حيدر خالد (٢٠٠٦): طبيعة انتشار السيليكا في المواد الخام الأولية لمقالم معمل اسمنت حمام العليل وتقييم المواد الخام الأولية في المواقع البديلة، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم علوم الارض، رسالة ماجستير (غير منشورة)، ٣٦ اص
- 24- Knofel, D., (1984): Inorganic binders. In: Baumgrat, W., Dunham, A. C., Christian, Amstz, G. C. (eds), Ferdinand Enke Publisher, stuttgart, Pp. 50-80.
- 25- Gouda, G.R. (1979): Raw mix: the key for successful and profitable cement plant operation. (world cement technology) jour., Vol. 10, No.10. pp. 337-346.
- 26- Kohlhaas, B. & 16 other Authors (1983): Cement Engineer's Hand book (4th ed), Bauverlag GmbH. Wiesbad & Berlin, 800p.
- 27- Mishulovich, (1966): Effective of Silica pre-grinding on the raw material mix burnability and clinker grindability – Literature Review Construction Technology Laboratories, 11p.
- 28- Hu, G. (1997): The application of high magnesium oxide content limestone in cement industry. Proceeding of 10th International congress on the chemistry of cement, Gothenburg, 1997, Vol. I, 7pp.
- 29- Soroka, I., (1979): Portland cement past and concrete, Macmillan press LTD., 338p.
- 30- Tenant, C. B. and R. W. Burger (1957): X-ray determination of the dolomite – Calcite Ratio of Carbonate rock. Am. Mineral. 42, 23.
- 31- Carver, R. E. (1971): Procedures in sedimentary petrology, Pp. 653. John Willy, New Yourk.
- 32- Scholle, P.A., Bebout, D. G., Moore, C. H., (1983): Carbonate depositional environments, the American Association of Petroleum Geology. Tulba, Oklahoma. 708P.
- 33- Dunham, R. J., (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: الدباغ، سالم محمود، (٢٠٠٢): الجيوكيمياء، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة، فرع الموصل، ٣٥٢ ص.
- 2- Chilingar, G. V., Mannon, R. W. & Rieke, H. H. (Eds.) (1972): Oil and gas production from carbonate rocks, Pp. 408. Elsevier, New Yourk.
- 3- Buday, T. and Jassim, S. Z., (1987): The Regional Geology of Iraq, Vol.2, Tectonism, Magmatism and Metamorphism, Edited by Kassab, I. I. and Abbas, M. J. Som. Baghdad, Iraq, 352P.
- 4- Al-Juboury, A. I., S. Q. Al-Naqib, and A. M. Al-Juboury (2001), sedimentology, mineralogy and depositional environments of the clastic units, Fat'ha formation, (middle Miocene) south of Mousul, Iraq. Dirasat, Pure Sciences, Jordan, V. 28, p. 80-105.
- 5- Jassim, S. Z. and Goff, J. C., (2006): "Geology of Iraq", Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, 341p.
- 6- Bellen, R. C. Van, Dunnington, H. V., Wetzel, R. and Morton, D., (1959): Lexique stratigraphique Internal Asie. Iraq. Intern. Geol. Congr. Com. Stratigr., 3, Fasc. Loa, 333p.
- 7- Al-Juboury, A. I. and Mc Cann, T. (2008): The middle Miocene Fat'ha (Lower Fars) formation, Iraq. Geoarabia, Vol. 13, 141-174.
- 8- Al-Ansari, N. A., (1972): Geology of Southern part of Jabal Makhul (quadrangles NI – 38 – 085 and NI – 38 – 0196). M Sc. Thesis, department of deology, University of Baghdad, (unpublished).
- 9- Knill, J.L., (1978): Industrial geology, Oxford university, London. Pp. 196-223.
- 10- Dave, B., (1977): Portland cement in the making, 52p.
- 11- Chatterjee, A.K., (1979): Phase composition, microstructure, quality and burring of Portland cement-are view phenomenological interrelations-part2, World Cement Technology, Vol.10, No.5, pp 165-172.
- 12- يزدين، ميرزا عيدو، (١٩٩٠): تقييم صلاحية بعض صخور العصر الثلاثي في وادي خان - منطقة سنجار لصناعة الاسمنت البورتلندي الاعتيادي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة الموصل، ١٧٠ ص.
- 13- Pollitt, H.W.W., (1964): Raw materials and processes for Portland cement manufacture, In: Tayler, H. F. W., (1964), the chemistry of cements, Vol.1, Academic press, London and New York, pp.27-48.
- 14- Jefferson, D.P. (1983): determination and providing of cement raw materials, prospecting and evaluation of non-metallic rocks and minerals, Institute of geologists, pp 189-208.
- 15- Schafer, H.U. (1987): assessment of raw materials for the cement industry. Reprint from the Journal (World Cement). Cement and concrete association, London Vol.7, pp273-283.
- 16- Duda, W.H. (1977): Cement-Data-Book. International processing engineering in the cement industry

- 45- فتوحى، زهير رمو، وثابت، كنانة محمد والجسار، سنان ومشكور، مصطفى، (١٩٨٩): الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ٣٥٢ ص.
- 46- Schafer, H. U. and Koln, D. G. (1988): Crushing plants with double shift hammer crushers for the comminution of raw materials for clinker production (Zement -talk -crips), Magazine No. 10, Oct., pp. 277-281, No.12, Dec, pp. 486- 492.
- 47- Ghosh, S. P. and Chattergee, A. K., (1977): Norms of exploration opening up and quarrying of cement- grade limestone deposits. Pp272-275, trans. of (Zement-talk-gips) magazine, no. 10, 12, New Delhi, India.
- 48- Murray, R. C., (1960): Origin of porosity in carbonate rocks. J. Sedim. Petrol. 30, 59-84.
- 49- Choquette, P. W. and Pray, L. C., (1970): geological nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 54 207-250.
- 50- Flügel, E., (1982): Microfacies Analysis of Limestone, Springer – Verlag, New York, U.S.A., 633p.
- 51- Smorodinov, M. I., Motovilov, E. A. and Volkov, V. A., (1970), Determinations of correlation relationships between strength and some physical characteristics of rocks, proc. 2nd cong. Int. Soc. Rock. Mech., Belgrade, V. 2, pp. 35-37.
- 52- Dube, A. K. and Singh, B., (1972): Effect of humidity on tensile strength of sandstone, J. Mines, Metals and Fuels, V. 20, No. 1, pp. 8-10.
- 55- Obert, L. and Duvall, W. I., (1967): Rock mechanics and the design of the structures in rock, John Willy, New York, pp. 650.
- 53- الجبوري، علي عبدالله احمد، (١٩٩٧): الخواص الجيوتكنيكية للصخور الجيرية المستغلة لأغراض البناء من منطقة نينوى. أطروحة ماجستير غير منشورة. جامعة الموصل. العراق.
- 54- ثابت، كنانة محمد، وحمدى، محمد علاء الدين، وفتوحى، زهير رمو، (١٩٨٠): الجيولوجيا الهندسية وميكانيكا الصخور. دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ٢٤٠ ص.
- Classification of carbonate rocks (Ed. by W. E. Ham), pp. 108- 121. Mem-Am. Ass. Petrol. Geo. 1, Tulsa.
- 34- Pettijohn, F. J., 1975. Sedimentary Rocks, 3rd edition. Harper and Row Publishers, New York. 628 P
- 35- Chilingar, G. V., Bissell, H. G. & Wolf, K. H. (1979): Diagenesis of carbonate sediments and epigenesis (or catagenesis) of limestone. In: Diagenesis in sediment and sedimentary rocks (Ed. by G. Larsen & G. V. Chillingier), pp.249-422 Dev. In Sed. 25 A. Elsevier, Amsterdam.
- 36- Bathurst, R. G. C. (1975): Carbonate sediment and their digenesis, pp. 658. Elsevier, Amsterdam.
- 37- Milliman, G. D. & Müller J. (1973): Precipitation and lithification of Magnesian calcite in the deep sea sediments of the eastern Mediterranean sea. Sedimentology 20, 29-46.
- 38- Müller, J. & Fabricius, F. (1974): Magnesium-Calcite nodules in the Ionian deep sea: an actualistic model for the formation of some nodular limestones. In: Pelagic sediments: on land and under the sea (Ed. by K. J. Hsü and H.C. Jenkyns), Pp. 249-271-Spec. Publ. Int: Ass.
- 39- Folk, R. L. (1974): The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesium content and salinity. J. Sedim. Petrol. 44, 40-53.
- 40- Longman, M. W. (1977): Factors controlling the formation of microspar in the Bromide formation. J. sedim. petrol. 47, 347-350.
- 41- Folk, R. L. (1965): Some aspects of crystallization in an ancient limestone. In: Dolomatization and Limestone diagenesis, (Ed. by L. C. Pray and R. C. Murray), pp. 14-48, spec. publ. soc. econ. paleont. miner. 13, Tulsa.
- 42- Tucker, M.E., (1981): Sedimentary petrology. An introduction, Black well, Scientific published, Oxford, p. 252.
- 43- Randazzo, A. F. and Zachos, L.G., (1984): classification and description of dolomitic Fabrics of rocks from the Floridian aquifer, U.S.A, Sedimentary Geology, No. 27, pp. 151-162.
- 44- علي، مقداد حسين، حجاب، باسم رشدي، والجسار، سنان هاشم، (١٩٩١): الجيولوجيا الهندسية. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل. ٥٧٥ صفحة.

Study the Suitability of Limestone in Fat'ha Formation for Cement Manufacturing in Selected Quarries, between Qasr Al-Jabbar and Musallakhah Village Depending on Geochemical, Mineralogical and Petrophysical Criterion.

Sufoog Asi Hussein

Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

(Received: 30 / 5 / 2011 --- Accepted: 27 / 9 / 2011)

Abstract:

Geochemical analysis, mineralogical, petrographic and petrophysical studies were carried on samples of limestone rocks have been collected from four selected outcrops on the eastern side of Makhul anticline, between Qasr AlJabbar and Al_Musallakhah localities within the Fat'ha formation, to assess the suitability of limestone as a major component of the mixture of raw materials for the cement manufacturing.

The results show low percent of calcium oxide and high percent of magnesium oxide, which makes the materials unsuitable in terms of chemical composition. The percentages of silica, alumina, iron oxides, sulfate and alkali, within the limits allowed for this industry.

The mineralogical study proved the presence of calcite and the prevalence of dolomite, which cause the increasing of MgO. The presence of clay minerals of Kaolinite, Palygorskite, and Montmorelonite also proved.

The petrographic studies show the effect of the dissolution which lead to increase the porosity. The study confirm the impact of the dolomitization, also, it's proved that the effect of neomorphism more than the cementation in the rock samples.

The petrophysical studies of samples indicate high porosity and low compressive strength, density and moisture content, which make the rocks more friable and easy for crushing and grinding during the preparation of the mixture.

Thus, the limestone in the studied area is unsuitable as raw materials for the cement manufacturing, unless adding of special additives or modify the rates of oxides.