

## دراسة جيولوجية هندسية لصخور تكوين البلاسي على الجناح الشمالي الشرقي لطية دهوك المحدبة / شمال العراق

أ.م.د محمد راشد عبود

سرى خالد جاسم

قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت.

موظفة في وزارة النفط العراقية

### مستخلص:

يهدف هذا البحث الى إجراء مسح جيولوجي هندسي لصخور ضمن تكوين بيلاسبي (Pilaspi) على الجناح الشمالي الشرقي لطية دهوك المحدبة، إذ اشتمل البحث على (7) محطات، تم إجراء بعض الفحوصات الجيوتكنيكية لصخور منطقة الدراسة، مثل الفحوصات البتروفيزياوية (المسامية؛ الكثافة الجافة؛ محتوى الرطوبة؛ نسبة امتصاص الماء؛ ومعامل التشبع) والخواص الميكانيكية كالقوة الانضغاطية غير المحصورة وزاوية الاحتكاك الداخلي للصخور. حيث بينت نتائج الفحوصات البتروفيزياوية لصخور الحجر الجيري في تكوين بيلاسبي: قيم نسبة الامتصاص تتراوح بين (2.256% - 4.167%)؛ قيم الكثافة الجافة تتراوح بين (2.229 - 2.726) غم/سم<sup>3</sup>؛ قيم الكثافة المشبعة التي تتراوح بين (3.514 - 3.596) غم/سم<sup>3</sup>، المحتوى المائي مترواحة بين (1.265 - 3.167)%، قيم الوزن النوعي الظاهري الجاف الذي يتراوح بين (2.229 - 2.729)، قيم الوزن النوعي الحقيقي الذي يتراوح بين (2.499 - 3.056)، قيمة المسامية الكلية تتراوح بين (7.147 - 14.469)%، قيم المسامية الجزئية المترواحة بين (6.046 - 13.302)%، قيم معامل التشبع بين (0.719 - 0.919)؛ فيما تتراوح قيمة المقاومة الانضغاطية غير المحصورة لنماذج صخور الحجر الجيري من محطات منطقة الدراسة في حالتها الطبيعية (25.81-39.40)، الجافة (20.0-40.10) والمشبعة (21.31-38.83).

وبينت النتائج في قيم المسامية والامتصاص والكثافة إلى وجود اختلافات بسيطة (طفيفة) بين المحطات المأخوذة للدراسة وهذا يعود إلى التفاوت في المكونات النسيجية والتركيب والتعرية وغيرها من العوامل التي تساهم في هذا الاختلاف والتفاوت.

الكلمات المفتاحية: تكوين بيلاسبي، طية دهوك، الفحوصات الجيوتكنيكية، الفحوصات البتروفيزيائية.

## Engineering geological study of the rocks of the Pilaspi Formation on the northeastern flank of the Duhok anticline / Northern Iraq

Sura Khalid Jassim<sup>1</sup> and Assistant Professor Dr. Mohammed Rashid Abboud<sup>2</sup>

1. Employee at the Iraqi Ministry of Oil.

2. Department of Applied Earth Sciences, College of Science, Tikrit University.

### Abstract :

This study aims to conduct a geoengineering survey of rocks within the Pilaspi Formation on the northeastern flank of the Duhok anticline. The study included (7) stations. Some geotechnical tests were conducted on the rocks of the study area, such as petrophysical tests (porosity; dry density; moisture content; water absorption ratio; and saturation coefficient) and mechanical properties such as unconfined compressive strength and internal friction angle of rocks.

The results of the petrophysical tests of the limestone rocks in the Pilaspi Formation showed: absorption ratio values ranged between (2.256% - 4.167%); Dry density values ranged between (2.229 - 2.726) g/cm<sup>3</sup>; Saturated density values ranged between (3.514 - 3.596) g/cm<sup>3</sup>, Water content ranged between (1.265 - 3.167)%, dry apparent specific gravity values ranged between (2.229 - 2.729), true specific gravity values ranged between (2.499 - 3.056), total porosity values ranged between (7.147 - 14.469)%, partial porosity values ranged between (6.046 - 13.302)%, saturation coefficient values ranged between (0.719 - 0.919); while the unconfined compressive strength value of limestone rock samples from the study area stations in their natural state ranged between (25.81-39.40), dry (20.0-40.10) and saturated (21.31-38.83).

The results of porosity, absorption and density values showed slight differences between the stations taken for the study. This is due to the variation in the fabric components, composition, erosion and other factors that contribute to this difference and variation.

**Keywords:** Bilaspi Formation, Duhok Fold, Geotechnical Tests, Petrophysical Tests.

ان المنطقة يحدث فيها العديد من الحوادث بسبب عمليات انهيار الكتل الصخرية على جانبي الطريق والأحياء السكنية لذلك كان من الواجب دراسة هذه المنطقة الحيوية.

ويهدف البحث إلى إجراء تقييم جيو هندسي شامل للجزء الشمالي الشرقي من طيبة دهوك، وحساب الخصائص البيروفيزياوية والخواص الميكانيكية.

### 2.1 موقع منطقة الدراسة

#### Location of the study Area

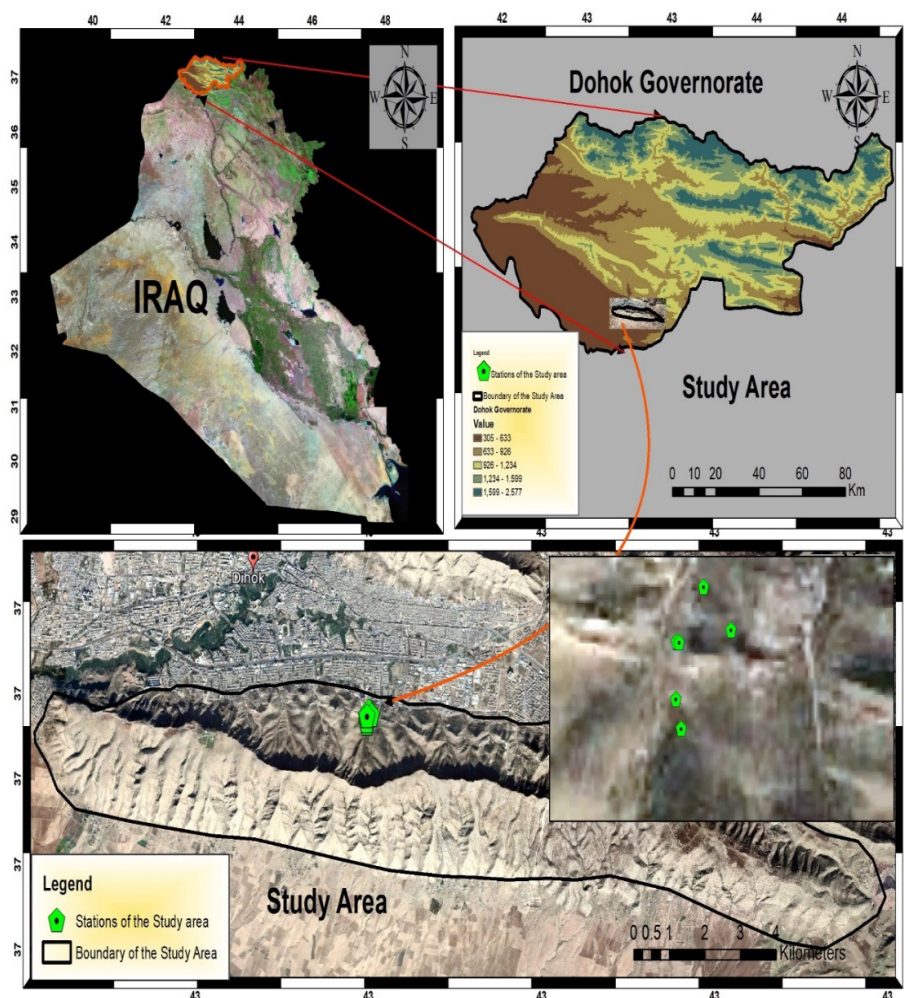
تقع طيبة دهوك ضمن محافظة دهوك شمال العراق بالقرب من مركز المدينة ويبلغ طول الطيبة 15 (Km)، وعرضها حوالي (3-5 Km). من الناحية الجغرافية تقع منطقة الدراسة بين خطي طول ( $43^{\circ} 0' 56''$ ) - ( $43^{\circ} 1' 20''$ ) شرقاً ودائرتي عرض ( $36^{\circ} 50' 08''$ ) - ( $36^{\circ} 50' 30''$ ) شمالاً، ضمن الجناح الشمالي الشرقي لطيبة دهوك. وهي عبارة عن منطقة معقدة وشديدة الطي وتعدُّ جزءاً من نطاق الطيات العالية.

### 1.1 المقدمة

يُعدُّ المسح الجيولوجي ذات أهمية كبيرة في تشخيص ومعرفة ملائمة استقرار المنحدرات الصخرية وتقسيمها للأغراض الهندسية المختلفة وذلك من خلال فهم الخواص الحقلية للصخور من أهمها الانقطاعات، كذلك الخواص الجيوتكنيكية للصخور التي لها دور فعّال في الاستثمار كصخور صالحة للبناء؛ وأحجار الأكساء؛ وتحكيم سكك الحديد. (علي، 1991).

كما تُعدُّ الفحوصات البتروفيزيائية للصخور من العوامل الرئيسة في تقييم جدوى المشاريع الهندسية وأهميته، وهي جزء مكمل للدراسات الجيولوجية حيث إنَّها تعطي وصفاً كاملاً وشاملاً للصخور وطبيعتها، وتضمن الفحص الجيوتكنيكي إجراء الفحوصات الجيوتكنيكية التالية (الكثافة الجافة، المحتوى المائي، نسبة الامتصاص، الوزن النوعي الظاهري والحقيقي، فضلاً عن المسامية الجزئية؛ والكلية؛ ومعامل التشبع فضلاً عن المقاومة الانضغاطية غير المحصورة وإيجاد زاوية الاحتكاك الداخلي) التي أجريت على نماذج الحجر الجيري العائدة لتكوين البلاسي.

إنَّ اختيار موقع الدراسة الحالية جاء بناءً على أهمية المنطقة من العديد من النواحي منها الناحية الموقعية حيث إنَّ المنطقة قريبة جداً من مركز المدينة ومن الممكن أن تتوسع المدينة باتجاه هذه المنطقة فضلاً عن الأهمية الاقتصادية حيث تحتوي المنطقة على الحجر الجيري (Limestone) الذي يُعدُّ المكون الأساسي لصناعة الأسمنت وكذلك أهمية استخدام هذه الصخور في رصف الطرق وغيرها من الاستخدامات بالإضافة إلى ناحية الأمان حيث



صورة رقم (1): خارطة موقعية لمنطقة الدراسة.

ما يعرف بتركيب الوسادة الملحية، والذي تطور في المرحلة الثانية الى تركيب ملحي اختراقي استطاع ان يخترق جزءاً من تتابعات الباليوزويك ووصل تأثيره الى تتابعات الميسوزويك وبعض تتابعات السينوزويك مؤدياً بالنتيجة الى تكوين حقل نهر عمر ضمن هذه التتابعات.

2. علي وحمد (2022): هدفت الدراسة الى تقييم النشاط التكتوني النسبي في العصر الرباعي في حوض وادي جمه سور عن طريق تقييم المؤشرات الجيومورفولوجية لشبكة الصرف النهري، وتم

### 3.1 الدراسات السابقة Previous Studies

1. المطوري (2007): تناولت الدراسة التطور التركيبي والتكتوني لحقل نهر عمر - جنوبي العراق، وتوصلت الدراسة الذي يعتقد انه تكون بسبب اندفاع املاح الانفرلكامبيري نحو الأعلى نتيجة لتظافر ميكانيكيتين هما: ميكانيكية انعكاس الكثافة وميكانيكية الحمل التفاضلي. هاتان الميكانيكيتان عملتا سوية ابتداء من العصر الكرييتاسي ولغاية عصر التيرشري وبمساعدة اندفاع صخور القاعدة، وان صعود الملح الى أدى في المرحلة الأولى الى تكوين

العمودية ومن المحتمل حدوث انزياحات أخرى في الأجزاء غير المستقرة مستقبلاً .

#### 4.1 طرائق البحث Methodology

مرّ هذا البحث أسوة بكثير من الأبحاث العلمية بأربعة مراحل؛ شملت المرحلة الأولى جمع المعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة، بالإضافة إلى الإطلاع على عددٍ من البحوث والدراسات السابقة والتقارير التي لها علاقة بمنطقة الدراسة وأسقاط احداثيات المحطات؛ واعداد الخرائط الموقعية باستعمال برنامج (GIS) فضلاً عن استخدام الأجهزة الحقلية مثل كالبؤصلة والمطرقة الجيولوجية؛ وشريط قياس وجهاز تحديد الموقع، اكياس نمذجة.... الخ. والمرحلة الثانية العمل الحقلية وبعد اختيار مواقع الدراسة، تم تحديد مواقع المحطات باستخدام جهاز تحديد المواقع (GPS) إذ تم تسجيل إحداثياتها بوحدات (UTM) والتي شملت إحداثي التثريق (Easting)؛ وأحداثي التشميل (Northing) ثم بعدها يتم تحويلها إلى الإحداثيات الجغرافية والتي هي (خطي طول) و(دائري عرض)، وتحديد وضعيّة الطبقات (اتجاه الميل؛ قيمة الميل) للطبقات المنكشفة على وجه المنحدر. بالإضافة اختيار العينات الصخرية المناسبة (Repre- sentative Samples) لأغراض الفحوصات المختبرية إذ تم اختيار سبع محطات. أما المرحلة الثالثة وهي مرحلة العمل المختبري وتضمنت الفحوصات الجيوتكنيكية وأهمها؛ إيجاد زاوية الاحتكاك الداخلي للصخور (Angle Of Internal Friction) بطريقة الإمالة حسب (Bieniawski, 1989)، فحص المقاومة الانضغاطية اللامحصورة، لنماذج صخور الحجر الجيري من محطات منطقة الدراسة في حالتها الطبيعية والجافة والمشبعة وبحسب المواصفة

الاعتماد على الوسائل الكمية والخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة لتقييم النشاط التكتوني النبي وتحديد التضاريس. وأوضحت النتائج قياسات مؤشّر جبهة الجبل (smf) ان جميع الجبهات الجبلية تشير إلى قيم منخفضة تراوحت من 1.024 إلى 1.214 وهي إشارة إلى جبهات تظهر بشكل مستقيم نشطة. وان قيم (smf) تقترح ان غالبية الجبهات الجبلية نشطة تكتونياً.

3. معلة (2007): تناولت الدراسة التطورات التكتونية للمنخفض الثلاثي الالبي في منطقة جوارته شمال شرق العراق، وبينت النتائج ان الحوض الثلاثي من النمط الطرفي الذي تشكل على هيئة منخفض خليجي-بحري فوق الطرف الشمالي الشرقي للصفحة العربية. واونت الدراسة بتقسيم الطبقات الحمراء إلى تكوينين لأغراض المسح الجيولوجي التفصيلي.

4. البياتي (2021): أجرى دراسة تقييم أستقرارية المنحدرت الصخرية على جانبي الطريق الرابط بين (دهوك-زاويتة) لبعض التكوينات المنكشفة على طرفي طية بيخير المحدبة (جركس، افانا، بلاسي، الفتحة، انجانة) وقد بينت الدراسة انواعاً من المنحدرات في منطقة الدراسة وفقاً للعلاقة بين مضرب المنحدر؛ ومضرب الطبقة وهي من النوع الموازي؛ والجانبى المنحرف؛ والمتعامد.

5. الجبوري (2021): تم اجراء دراسة لاستقرارية المنحدرات الصخرية على الطريق الرئيس (بازيان - بسارة) على الجناح الجنوبي الغربي لطية بازيان المحدبة في مدينة السليمانية شمال شرق العراق وقد بينت هذه الدراسة أن المنحدرات العمودية؛ والمنحدرات المتكونة بسبب شق الطريق أثرت بشكل كبير على أستقرارية المنحدرات

(Bellen et al., 1959)، سمك تكوين البيلاسيبي يتراوح من (15 متر إلى 110 متر) وهو من التكاوين الذي يشكّل أغلب الطيات، ينقسم تكوين بيلاسيبي على جزئين، الجزء العلوي: يتكون هذا الجزء من حجر كلسي جيد التطبق، أمّا الجزء الأسفل من هذا التكوين فيتكون من حجر كلسي متطبق صلب ذات مظهر مسامي، حيث يتحكم هذا التكوين في بناء جيولوجية و جيومورفولوجية المنطقة. (Bellan et al., 1959) ويتميز هذا التكوين بوجود بعض التراكيب الحياتية (Bioturbated) التي تكونها الكائنات الحية نتيجة لانشطتها التي تقوم بها. والجزء العلوي من تكوين بيلاسيبي يظهر على شكل حواجز؛ وتمت ملاحظة الفواصل على سطح هذا الجزء العلوي من التكوين، صورة رقم (2).

القياسية (ASTM, D-2938-95, 2004)، وفحص الخواص البتروفيزيائية، وبحسب المواصفى القياسية لكل الخواص، وتم تحضير النماذج في ورشة الصخور - قسم علوم الارض التطبيقية كلية العلوم / جامعة تكريت. في حين ان المرحلة الرابعة العمل المكتبي والتي شملت تمثيل البيانات الحقلية والمختبرية واجراء الحسابات الخاصة بالخواص الجيوتكنيكية لصخور منطقة الدراسة، تفسير النتائج؛ ومناقشتها وإعطاء التوصيات والاستنتاجات المناسبة.

## 5.1 طباقية المنطقة Stratigraphy

### 1.5.1 تكوين بيلاسيبي

#### (Middle-Upper Eocene) Pilaspi Formation

يعود عمر تكوين بيلاسيبي إلى عصر (Middle Upper Eocene) ويُعدّ أحد التكوينات البارزة التي تكون تلالاً في المحافظات الشمالية من العراق



صورة رقم (2): تكوين بيلاسيبي في منطقة الدراسة

## 2.5.1 تكوين الفتحة

## (Middle Miocene) Fatha Formation

يعود عمر تكوين الفتحة الى عصر المايوسين الأوسط (Middle Miocene) ووصف هذا التكوين أول مرة من قبل (Busk & Mayo,1918) في (Jas-) (sim & Goff,2006). بيئة ترسيب الفتحة هي بيئة لاغونية مصحوبه معها عدة بيئات أخرى مثل : بيئة المياه الضحلة ؛ وبيئة المد والجزر؛ وبيئة تحت المد أيتكون تكوين الفتحة بشكل رئيس من الحجر الجيري المارلي ؛ والمارل ؛ والحجر الجيري ؛ والجبس والانهيدرايت (Hassan, et al., 2022)، تم تقسيم تكوين الفتحة على عضوين من قبل (Al-Mubarak and Youkhanna,1978) وهما العضو السفلي الذي يحوي على ترسبات تدعى بـ (السبخة) هذه الترسبات تتمثل بتتابعات من صخور المتبخرات والتي هي الجبس والانهيدرايت وصخور الحجر الجيري، أمّا العضو العلوي الذي يكوّن التباين الصخري؛ والامتداد الجانبي فهو متغير السمك و يتمثل بتتابعات سميكة من صخور الجبس والمارل وطبقات من الحجر الجيري الحاوية على متحجرات (Aqrawi, et al., 2010).

وإنّ تكوين الفتحة لم يتم مشاهدته في الحقل؛ ويعود سبب ذلك إلى وجود التكوين تحت نطاق الأسس للمدينة في منطقة الدراسة.

## 3.5.1 تكوين أنجانة

## (Late Miocene) Injana Formation

يعود عمر هذا التكوين إلى عصر المايوسين المتأخر (Late Miocene) حيث إنّ الصفة الصخرية السائدة في هذا التكوين هو الحجر المارلي السلتي (Silty Marly stone)؛ والحجر الرملي (Sand Stone) والحجر الطيني (Clay Stone) الذي يكون عادة

بلون أحمر أو رمادي، بيئة الترسيب لتكوين أنجانة هو بيئة نهريّة ذات ظروف متغيرة، كما أنّ الصخور الطينية تشكل الجزء الأكبر من الرملية، كما أنّ تكوين أنجانة يتألف من 40 دورة ترسيبية (كاظم وآخرون، 2009) ويتألف تكوين أنجانة من جزئين الجزء الأسفل يكون على تماس مع تكوين الفتحة حيث إنّ طبقات الجبس تكون واضحة للعيان بينما الطبقات الرملية تتدرج بالاختفاء، أمّا الجزء العلوي يكون على تماس مع تكوين المقدادية وذلك بظهور طبقة من الحجر الرملي الحصى بشكل تدريجي. (Jassim and Goff,2006).

## 6.1 تكتونية وتركيبية منطقة البحث

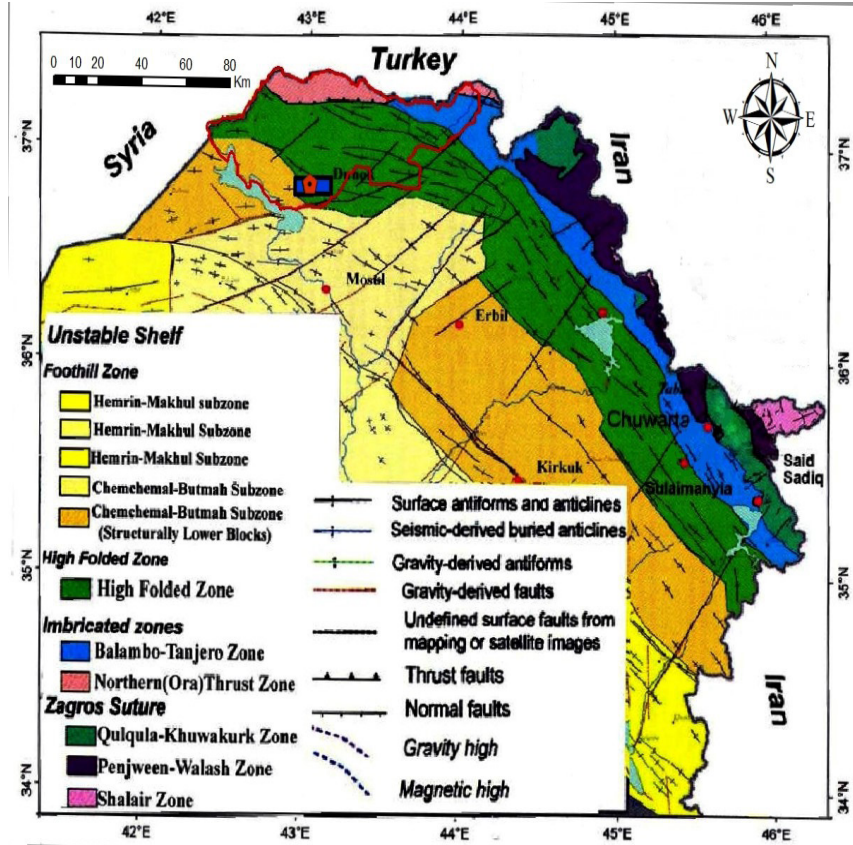
## Tectonic and Structure of the studying Area

يقع العراق على الحافة بين صفيحتين أساسيتين تكتونياً هما الصفيحة العربية والصفيحتان الإيرانية والتركية حيث إنّ منطقة الدراسة تقع من ضمن نطاق الطيات العالية؛ صورة رقم (3)، (Jas-) (sim & Goff,2006). ويعود تكون الطية إلى الحركة الألبية (الطور الثاني) وتكوين طيات محاورها باتجاه شمال غرب - جنوب شرق كما هو الحال في طية منطقة الدراسة وهي من ضمن نطاق زحف زاكروس، أمّا الطيات التي تكون محاورها شرق - غرب فهي طيات ناتجة من الاصطدام الحاصل بين الصفيحة العربية والصفيحة التركية (Buday and Jassim,1987).

أمّا بالنسبة إلى تركيبية منطقة الدراسة؛ فأتت واقعاً كجزء من طية دهوك والتي تكون على الطرف الشمالي الشرقي من الطية، طية دهوك تركيبياً تصنف على أنّها طية محدبة غير متناظرة حيث إنّ معدل درجة الميل للطبقات فيها يصل إلى (80) درجة، كما إنّ الجناح الشمالي الشرقي يميل

بزاوية تصل الى (78) درجة، كما أنّ طول الطية يصل حوالي (15 كم)؛ وعرض الطية يصل حوالي (3-5 كم). أمّا محور الطية فيمتد بإتجاه (شمال غرب - جنوب شرق) كما إنّ طية دهوك تُعدّ من التراكيب الجيولوجية الكبيرة المهمة. (Buday and Jassim, 1987)

بزاوية تصل الى (78) درجة، كما أنّ طول الطية يصل حوالي (15 كم)؛ وعرض الطية يصل حوالي (3-5 كم). أمّا محور الطية فيمتد بإتجاه (شمال



صورة رقم (3): خارطة التقسيمات التكتونية للعراق. (Jassim and Goff, 2006).

العلاقة ليست علاقة حدية (علي وآخرون، 1991) و (Griffin, 2008).

وتم إيجاد وحساب هذه الخواص (الكثافة الجافة (pdry)، المحتوى المائي W.C %، نسبة الامتصاص (W.ab %، الوزن النوعي الحقيقي والظاهري (True & G.S)، المسامية الكلية (%n)، والمسامية الجزئية (%n) بطريقة الأوزان الثلاثة بحسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM-C,97, 2010) في المختبرات والورشة الهندسية للصخور في قسم علوم الأرض التطبيقية/ كلية العلوم/ جامعة تكريت.

7.1 الخواص البتروفيزياوية Petrophysical Tests تُعد دراسة الصفات البتروفيزيائية ذات أهمية كبيرة لدراسة التصرف الهندسي لأية مادة صخرية وتحديد ملاءمتها كأحجار بناء واستخدامها كركام تحكيم (Griffin, 2008)، ومهمة للمقارنة بين نسب الامتصاص لمختلف أنواع أحجار البناء (ASTM-C,1528- 02, 2004)، وتختلف الخواص البتروفيزيائية للصخور باختلاف مكوناتها المعدنية وقوة التحام الحبيبات ونوع المواد اللاصقة وإنّ من أهمّ خواص الصخور هي مقاومتها للقوة الخارجية حيث للمقاومة علاقة بالكثافة والمسامية وهذه

جدول (1) نتائج الخواص البتروفيزيائية لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة

رقم المحطة	نسبة الامتصاص %	الكثافة الجافة غم/سم <sup>3</sup>	الكثافة المشبعة غم/سم <sup>3</sup>	المحتوى المائي %	الوزن النوعي الظاهري الجاف	الوزن النوعي الحقيقي	المسامية الكلية %	المسامية الجزئية %	معامل التشبع
1	4.167	2.229	3.596	3.167	2.229	2.499	14.468	10.399	0.719
2	2.307	2.536	3.519	1.307	2.536	2.699	9.357	7.933	0.848
3	3.915	2.381	3.568	2.915	2.393	2.746	14.469	13.302	0.919
4	4.832	2.401	3.553	2.731	2.401	2.722	13.438	11.782	0.887
5	2.256	2.726	3.514	1.265	2.729	3.056	7.147	6.046	0.846
6	3.915	2.473	3.547	2.681	2.473	2.687	9.731	7.832	0.759
7	3.724	2.435	3.523	2.458	2.681	2.924	12.216	10.817	0.885

المصدر: اعداد الباحث اعتماداً على نتائج التحليل.

قاطع اللباب (Core drills) صورة رقم (4)، بعدها تم تعديل وتنعيم حوافها إذ تم الحصول على أشكال اسطوانية. وقد تم إجراء الفحص للنماذج في الحالة الطبيعية وفق المواصفة القياسية (ASTM, 2004, D-2938-95) باستخدام جهاز الانضغاط الرأسي الألماني الصنع نوع (-CYBER-PLUS EVO) (LUTION)، حيث يسلط الجهاز بحده الأقصى قوة مقدارها (KN1500 (بدقة 0.1kN)، ويزداد مقدار الحمل بمعدل (0.75 N/mm<sup>2</sup>/sec) بشرط أن يكون انبساط النموذج خلال (5-10) دقيقة (ISRM, 1979)، والجهاز يحتوي على بوابة من الزجاج مقاوم للكسر وفضلاً عن شاشة يتم التحكم بها عن طريق اللمس متصلة بالجهاز ومن خلال هذه الشاشة يتم السيطرة على معدل وسرعة التحميل.

## 8.1 الخواص الميكانيكية Mechanical Properties

### 1.8.1 المقاومة الانضغاطية غير المحصورة

#### Unconfined Compression Strength

تعرف المقاومة الانضغاطية اللامحصورة للصخرة بأنها مقاومة للصخرة للضغط العمودي عند نقطة الانهيار (علي وآخرون، 1991)، وكذلك تعرف بأنها مجموعة القوى المثلثة بأصرة التحام الحبيبات أو البلورات المكونة لمادة الصخرة والمقاومة للقوى الخارجية المسلطة عليها عمودياً (ASTM-C,2938,2004)، وقد بين (Potts,1964) أن هناك كثيراً من العوامل المؤثرة في المقاومة الانضغاطية منها حجم النموذج، شكله، محتوى الرطوبة، معدل التحميل، درجة نعومة الأوجه، ومن العوامل المؤثرة الأخرى هي نوعية المعادن، حجم الحبيبات والمسامية (علي وآخرون، 1991).

تم إعداد النماذج للفحص وتقطيعها بشكل اسطواني عمودي على اتجاه التطبق بواسطة جهاز



(B)



(A)

صورة رقم (4): (A) تهييب اللباب من خلال آلة قطع الصخور ، (B) تثبيت النماذج في آلة قطع اللباب

ومن الجدير بالذكر فإن فحص المقاومة الانضغاطية يحتاج إلى نماذج صخرية أسطوانية تكون نهاياتها متوازية إلى حد يصل لـ  $(\pm 0.1)$  وذلك بحسب (Obert and Duvall, 1967) ، والجدول (2) الذي يوضح نتائج قيم المقاومة الانضغاطية في الحالة الطبيعية والجافة والمشبعة.

إذ تم وضع النموذج بين صفيحتي ماكينة التحميل في الجهاز بعدها يتم تسليط ضغط رأسي على النموذج بشرط أن يكون انهيار النموذج خلال (5-10) دقيقة، وعند الوصول إلى مرحلة الإنهيار للإجهاد الناتج يسمى بالمقاومة الانضغاطية غير المحصورة.

جدول (2): قيم المقاومة الانضغاطية غير المحصورة لنماذج الحجر الجيري وتصنيفها بحسب (Anon,1977)

رقم المحطة	حالة النموذج	اسم التكرار	طول النموذج L (mm)	قطر النموذج (mm) D	نسبة D/L	القوة عند الانهيار F (KN)	المقاومة الانضغاطية اللامحصورة (MPa) $\sigma_c$	المقاومة الانضغاطية المصححة (MPa) $C_c$	التصنيف بحسب (Anon, 1977)
1	طبيعي	تلاسيبي	64	54	0.84	59.1	25.81	26.76	قوية بأعتدال
2			69	54	0.78	80.6	35.21	37.01	قوية بأعتدال
3			66	54	0.81	60.4	26.38	27.54	قوية بأعتدال
4			72	54	0.75	66.7	29.13	30.84	قوية بأعتدال
5			68	54	0.94	90.2	39.40	39.93	قوية بأعتدال
6			58	54	0.93	70.9	30.97	31.45	قوية بأعتدال
7			67	54	0.80	68.7	30.012	31.40	قوية بأعتدال

رقم المحطة	حالة النموذج	اسم التكوين	طول النموذج L (mm)	قطر النموذج (mm) D	نسبة D/L	القوة عند الانهيار F (KN)	المقاومة الانضغاطية اللاحصورة (MPa) $\sigma_c$	المقاومة الانضغاطية المصححة (MPa) $C_c$	التصنيف بحسب Anon, (1977)
1	ج	بلاسي	61	54	0.88	45.8	20.0	20.54	قوية بأعتدال
2			60	54	0.9	80.4	35.12	35.91	قوية بأعتدال
3			63	54	0.85	49.7	21.71	22.45	قوية بأعتدال
4			59	54	0.91	53.2	23.24	23.71	قوية بأعتدال
5			58	54	0.93	91.8	40.10	40.73	قوية بأعتدال
6			57	54	0.94	75.9	33.15	33.59	قوية بأعتدال
7			66	54	0.81	60.1	26.25	27.40	قوية بأعتدال

رقم المحطة	حالة النموذج	اسم التكوين	طول النموذج L (mm)	قطر النموذج (mm) D	نسبة D/L	القوة عند الانهيار F (KN)	المقاومة الانضغاطية اللاحصورة (MPa) $\sigma_c$	المقاومة الانضغاطية المصححة (MPa) $C_c$	التصنيف بحسب Anon, (1977)
1	مستع	بلاسي	63	54	0.85	48.8	21.31	22.04	قوية بأعتدال
2			68	54	0.79	78.5	34.29	35.23	قوية بأعتدال
3			75	54	0.72	50.2	21.93	23.38	قوية بأعتدال
4			60	54	0.9	53.5	23.37	23.90	قوية بأعتدال
5			63	54	0.85	88.9	38.83	40.16	قوية بأعتدال
6			59	54	0.91	73.2	31.97	32.97	قوية بأعتدال
7			67	54	0.80	59.1	25.81	27.00	قوية بأعتدال

## 2.8.1 زاوية الاحتكاك الداخلي

Angle of internal friction ( $\theta$ )

بالذكر فإن زاوية الاستقرار  $\text{Repose angle}$  ترتبط بشكل مباشر مع أقصى زاوية انحدار مستقرة، ومن أهم العوامل التي تتأثر بها زاوية الاحتكاك الداخلي هي ترتيب الحبيبات ورضها، التجانس والترتيب الحبيبي وخشونة الحبيبات وشكلها وسطحها، أن قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي تزداد في النماذج الصخرية ذات السطوح الخشنة والحادة، على العكس

يمكن تعريف زاوية الاحتكاك الداخلي على أنّها الزاوية الواقعة بين المستوي الأفقي ومستوى تلامس كتلتين صخريتين وذلك عندما تكون الكتلة الصخرية العلوية على وشك الإنزلاق على الكتلة الصخرية السفلية (Bruce, et al, 1989) ومن الجدير

رفع اللوح إلى الأعلى ببطيء حتى يحصل الانزلاق للجزء العلوي من النموذج الصخري؛ وتتم قراءة الزاوية عند لحظة حصول الانزلاق وهذه القراءة تمثل زاوية الاحتكاك الداخلي كما في صورة رقم (5).

من النماذج الصخرية المفلطحة والدائرية. تمت عملية قياس زاوية الاحتكاك الداخلي من خلال كسر النموذج باتجاه أحد سطوح الانقطاعات الى نصفين متساويين إذ يتم تثبيت إحدى الأجزاء على لوح قياس. ويوضع الجزء الآخر فوقه، بعدها يتم



صورة رقم (5): قياس زاوية الاحتكاك الداخلي في المختبر بطريقة الإمالة (Bieniawski, 1989)

بحسب قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للمواد في الطبيعة عن (Barton & Choubey 1977) جدول (4).

تمت إعادة العملية عدة مرات حيث تم أخذ المعدل الحسابي للقراءات جدول (3). ومقارنة قيمها

جدول (4): قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للمواد في الطبيعة عن (Barton & Choubey, 1977)

قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي Ø	نوع المادة
35° - 25°	Sandstone
27°	Shale
33° - 27°	Siltstone
35°	Conglomerate
30°	Chalk
37° - 27°	Limestone

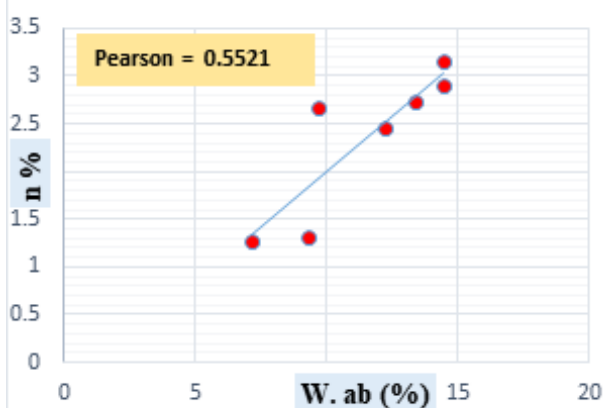
جدول (3): قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للانقطاعات في منطقة الدراسة

رقم النموذج	زاوية الاحتكاك الداخلي Ø
1	34
2	33
3	37
4	31
5	32
6	35
7	36
8	32

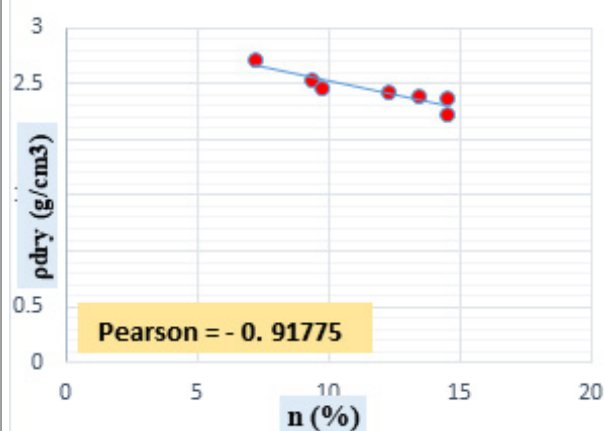
### مناقشة النتائج

القيم بشكل واضح على معامل التشبع إذ أظهرت أعلى قيمة في المحطة الثالثة (0.919) وأقل قيمة للمعامل في المحطة الأولى (0.719). يتضح مما سبق إن الاختلاف الذي أظهرته قيم الخواص البتروفيزيائية تركز في المحطتين الأولى والخامسة، مما يدل على اختلاف الصخور في تلك المحطتين عن المحطات الأخرى السائدة في منطقة الدراسة. وإذا تم الرجوع للصخرية التي تمثلها المحطات السبعة التي شملت بها هذه الدراسة، يلاحظ صخور المحطة الأولى تتألف من صخور الحجر الجيري وصخور المحطة الخامسة تتألف من صخور الحجر الجيري والمارل. وبخصوص ما أظهرته المحطة الثالثة من قيم عالية للمسامية الكلية والمسامية الجزئية متوافقة مع معامل تشبع عالٍ مقارنة بقيم المحطات الأخرى فيمكن أن يعزى إلى حدوث إذابة تسببت في زيادة عدد الفراغات وحجمها.

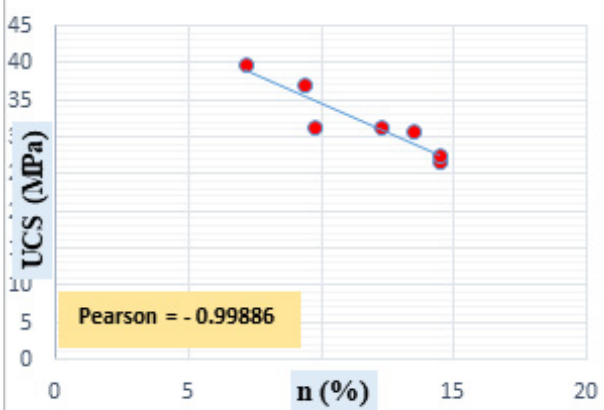
أظهرت نتائج الخواص البتروفيزيائية لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة (جدول 1) اختلافاً في المحتوى المائي تراوح بين 2.256% في المحطة الخامسة، و4.167% في المحطة الأولى. وبينت نتائج الكثافة الجافة اختلافاً في القيم تراوح بين 2.229 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الأولى و2.726 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الخامسة وتوافق ذلك الاختلاف عكسياً مع نتائج الكثافة المشبعة التي تراوحت بين 3.514 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الخامسة؛ و3.596 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الأولى. فضلاً عن توافقه العكسي مع قيم نسبة الامتصاص التي تراوحت من 1.265% في المحطة الخامسة إلى 3.167% في المحطة الأولى. وأظهرت المحطات السبعة قيماً متقاربة للوزن النوعي الظاهري الجاف ادناها 2.229 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الأولى وأعلىها 2.729 غم/سم<sup>3</sup> في المحطة الخامسة. بخلاف قيم الوزن النوعي الحقيقي للمحطات الذي أظهرت أعلى قيمة في المحطة الخامسة (3.056 غم/سم<sup>3</sup>) وأدنى قيمة في المحطة الأولى (2.499 غم/سم<sup>3</sup>)، وبخصوص المسامية، فقد أظهرت النتائج للمحطات السبعة إن أقل قيمة للمسامية الكلية (7.147%) كانت في المحطة الخامسة، وإن أعلى قيمة للمسامية الكلية (14.469%) كانت في المحطة الثالثة والتي كانت قريبة جداً من القيمة التي أظهرتها المحطة الأولى (14.468%). وتوافق ذلك تقريباً مع نتائج المسامية الجزئية إذ أظهرت المحطة الخامسة أقل قيمة (6.046%) والمحطة الثالثة أعلى قيمة (13.302%) والتي لم تكن بعيدة أيضاً عن قيمة المسامية الجزئية للمحطة الأولى (10.399%). وقد انعكست تلك



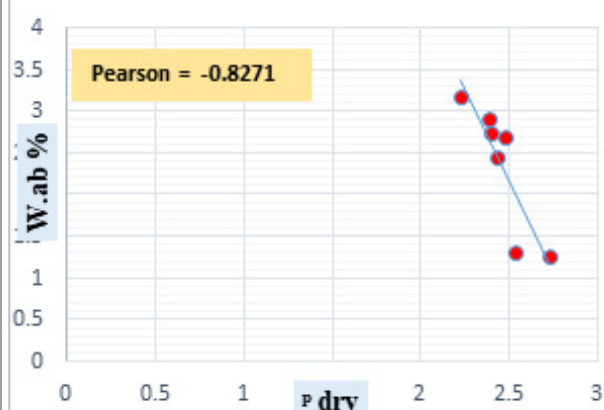
شكل (2) يوضح العلاقة ما بين نسبة الامتصاص المسامية



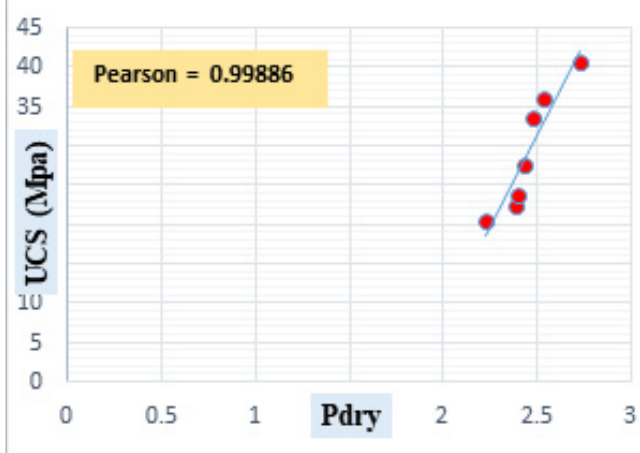
شكل (1) يوضح العلاقة ما بين الكثافة الجافة المسامية



شكل (4) يوضح العلاقة ما بين المسامية والمقاومة الانضغاطية



شكل (3) يوضح العلاقة ما بين نسبة الامتصاص والكثافة الجافة



شكل (5) يوضح العلاقة ما بين المقاومة الانضغاطية والكثافة الجافة

## الاستنتاجات Conclusions

- 1) تتراوح قيم المقاومة الانضغاطية الالامحصورة (UCS) بين (26.76 – 37.01) MPa وتصنف على أنها قوية بأعتدال ، أمّا بالنسبة للمسامية في صخور الحجر الجيري (Limestone) فتتراوح بين (7.147 – 14.469 %).
- 2) بينت نتائج الفحوصات في قيم المسامية والامتصاص والكثافة إلى وجود اختلافات في قيمها بين المحطات المدروسة، وهذا يعود إلى التفاوت في المكونات النسيجية واختلاف عمليات التجوية والتعرية وغيرها من العوامل التي تساهم في هذا الاختلاف والتفاوت.
- 3) إن الاختلاف الذي أظهرته قيم الخواص البتروفيزيائية تركز في المحطتين الأولى والخامسة، مما يدل على اختلاف الصخور في تلك المحطتين عن المحطات الأخرى، حيث يلاحظ صخور المحطة الأولى تتألف من صخور الحجر الجيري وصخور المحطة الخامسة تتألف من صخور الحجر الجيري والمارل.
- 4) أظهرت المحطة الثالثة قيم عالية للمسامية الكلية والمسامية الجزئية متوافقة مع معامل تشبع عالٍ مقارنة بقيم المحطات الأخرى فيمكن أن يعزى إلى حدوث إذابة تسببت في زيادة عدد الفراغات وحجمها.

## المصادر

1. البياتي، عادل قاسم، 2021: دراسة استقرارية المنحدرات الصخرية لجزء من طية بيخير المحدبة على جانبي الطريق الرابط بين دهوك وزاويتة / شمال العراق، رسالة ماجستير، كلية العلوم - جامعة تكريت، قسم علوم الأرض التطبيقية، 116 ص .
2. الجبوري، منى خالد فرج، 2021 : دراسة جيولوجية هندسية لاستقرارية المنحدرات الصخرية للطرف الجنوبي الغربي لطيبة بازيان المحدبة محافظة السليمانية/شمال شرق العراق، رسالة ماجستير، كلية العلوم - جامعة تكريت، قسم علوم الأرض التطبيقية، 118 ص .
3. علي، احمد ياسين وحمد، تالي جواد (2022): التقييم الجيومورفولوجي للتكتونية النشطة في حوض وادي جهم سور - جنوب شرق قضاء كوية، مجلة الجامعة الألمانية، المجلد (10)، العدد (2)، ص 1012-1020.
4. علي، مقداد حسين وحجاب، باسم رشدي والجسار، سنان هاشم، 1991: الجيولوجيا الهندسية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد.
5. كاظم، لفته سلمان وحسين، صفوك عاصي و عجيل ، محمد وكاع، 2009 : دراسة سحنية وبتروغرافية لتكوين انجانة في طية حميرين، شمال شرق تكريت - محافظة صلاح الدين ، مجلة تكريت للعلوم الصرفة ، مجلد - 14 ، عدد - (3) 2009.
6. المطوري، واثق غازي (2007)، التطور التركيبي والتكتوني لحقل نهر عمر - جنوبي العراق، مجلة البصرة للعلوم، المجلد (25)، العدد (1)، ص 95-85.

by Kassab, I.I. and Abbas, M. J., Geol. Surv. Min. Invest., Baghdad, Iraq, 352p.

9. Fouad, S.F.A., 2012: Tectonic Map of Iraq scales 1: 1000 000, 3rd edit., GEOSURV, Baghdad, Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining 11.1 (2015): 1-7.

10. Griffin, J. A., 2008: development of a rating classification for rock to be used as toe-bench material, Master thesis, Kent state university, 131p.

11. ISRM, 1978: Suggested Methods for Determining Sound Velocity, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr, Vol. 15, pp. 53- 58, Pergamon Press Ltd 1978, Printed in Great Britain.

12. Jassim, S.Z. and Goff, J.C., 2006: Geology of Iraq, Published by Dolin, Prague and Moravian Mus. Brno, pp.155- 168.

13. Obert, L. & Duvall, W.I., 1967: Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock, Wiley, New York. of cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps : Constraints from frame work petrography , heavy mineral analysis and mineral chemistry . sed. Geol. Vol. 124 , PP. 81-111.

7. معلقة، خلدون عباس (2007)، التطورات التكتونية للمنخفض الثلاثي الالبي في منطقة جوارثة شمال شرق العراق، مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية، المجلد (3)، العدد (1)، ص 23-34.

#### المصادر الإنكليزية

1. Anon., 1977: The description of rock masses for engineering purposes, Report by the Geological Society Engineering Group Working Party Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.10, pp.355-388.

2. ASTM-C 1528-02., 2004: Standard Guide for Selection of Dimension Stone for Exterior Use .13P.

3. ASTM-D, 2938-95., 2004: Standard test methods for unconfined compressive strength of intact rock core specimens, 3p.

4. ASTM-C, 97-09., 2010: Standard test methods for absorption and Bulk specific gravity of Dimension stone, 3p.

5. Barton N. and Choubey V., 1977: The shear strength of rock joints in theory and practice. Rock Mech; 10: 1-54.

6. Bellen, R.C., Dunnington, H.W., Wetzel, R., Morton, D.M., 1959: Lexique stratigraphique International, V.3, Iraq, Asie, Paris, Internat. Geol. Cong. Comm. Strat. Pt., P.333.

7. Bieniawski, Z.T. (1989): Engineering rock mass classification, John Wiley, New York.

8. Buday, T. and Jassim, S. Z., 1987: The regional geology of Iraq (Tectonism, Magmatism and Metamorphism). Vol.2, Edited

