

## وصف الانهيار الانقلابي للمنحدرات على طريق بازيان-جمي ريزان، شمال شرقي العراق

محمود زكي عبدالقادر	اوميد احمد محمد توكمجي	فرج احمد السليمان
قسم الجيولوجيا التطبيقية	قسم الجيولوجيا التطبيقية	شركة نفط الشمال
كلية العلوم	كلية العلوم	كركوك
جامعة كركوك	جامعة كركوك	العراق

(تاريخ الاستلام 2018/8/14 ، تاريخ القبول 2018/10/8 )

### الملخص

تمثلت منطقة الدراسة بالمنحدرات المطلة على طول الطريق الرابط بين منطقتي بازيان وجمي ريزان في محافظة السليمانية شمال شرقي العراق، حيث تتعرض تلك المنحدرات الى حدوث انهيارات صخرية معظمها من نوع الانقلاب الصخري والتي تؤدي احيانا الى غلق ذلك الطريق. هدفت الدراسة الحالية الى اجراء دراسة تفصيلية لثلاث مواقع انهيارات (محطات) بحيث تكون ممثلة لأنواع الانهيارات (الانقلاب الصخري الثانوي) السائدة في المنطقة وذلك لتحديد العوامل المؤثر لحدوث الانهيارات. وقد اظهرت الدراسة بان الكتل الصخرية المتواجدة في وجه المنحدر والمحاطة بالانقطاعات الصخرية تكون مستقرة في جميع المحطات وذلك حسب قواعد حدوث الانقلاب الصخري، الا انه تحدث الانهيارات بسبب تدخل عوامل اخرى من تجوية وتعرية التي تتعرض لها اوجه المنحدرات بحيث تزيل الاجزاء الساندة عند قدم المنحدر بالإضافة الى تآكل وتفتت الاجزاء السفلى للكتل الصخرية الجيرية لحين خروج متجه مراكز ثقلها خارج قاعدتها وبذلك حدثت الانهيارات. حصل الانقلاب الصخري الثانوي في المحطة الاولى بسبب حت طبقة المارل السفلية مما يؤدي الى انقلاب الكتل الصخرية الجيرية الواقعة فوقها، اما في المحطتين الثانية والثالثة فحصلت الانقلاب الصخري ويحتمل حصولها بسبب تجوية وتعرية الاجزاء القاعدية للكتل الصخرية الجيرية نفسها.

**الكلمات الدالة:**الانهيار الانقلابي، الانقلاب الصخري، بازيان، جمي ريزان، المنحدرات.

---

## Toppling Failure Qualify of Slopes on Bazian - ChamiRezanRoad, Northeastern Iraq

**Mahmood Z. Abdolqader**  
Department of Applied  
Geology  
University of Kirkuk

**Aomed A. Tokmachi**  
Department of Applied  
Geology  
University of Kirkuk

**Faraj A. AL-Sulaiman**  
North Oil Company  
Kirkuk  
Iraq

### ABSTRACT

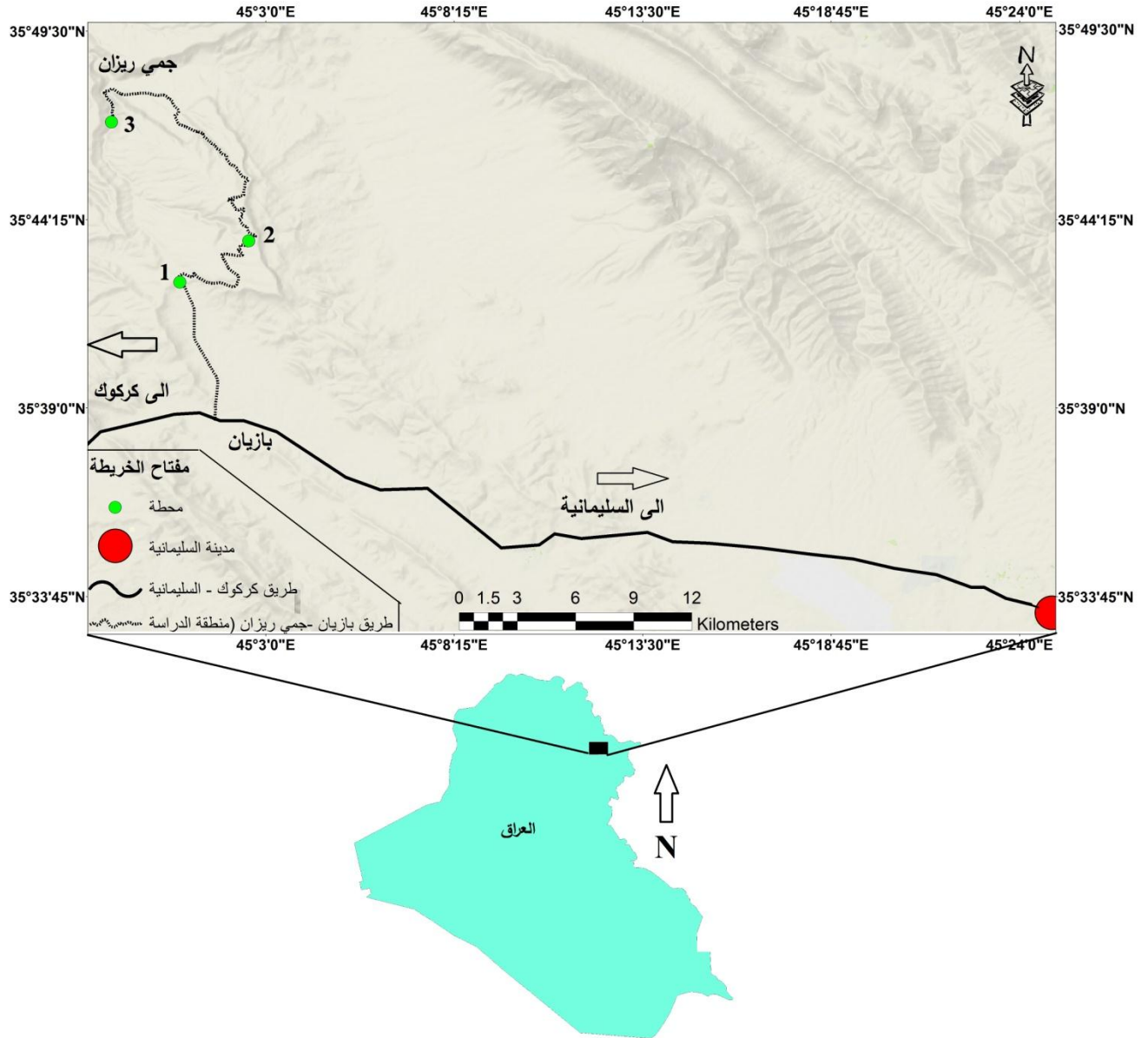
The study area is represented by the slopes, which are found along the Bazian – Chami Rezan road in the Sulaimaniyah Governorate, northeastern Iraq. The slopes were exposed to rock failure mostly rock toppling that led sometimes to the closure of the road. The present study aims to conduct a detailed study of three sites of failure(stations) to be representative of the type of failure (secondary rock toppling) prevailing over the study area to determine the factors affecting the failure. The rock blocks located in the face of the slope that surrounded by discontinuities are stable in the area according to the rules of the rock toppling. The toppling occurs due to the intervention of other factors such as weathering and erosion which led to the remove of the supporting parts at the slope toe in addition to erosion and dissolution of the lower parts of the limestone until the exit of centers of gravity vector outside the base of rock mass. Thus, secondary rock toppling occurs either because of the undercutting such as in the station (1) or because of the weathering and erosion of the basal parts of the same limestone blocks such as in the stations (2 and 3).

**Keywords:**Toppling Failure, Rook Toppling, Bazian, Chimmi Rezan, Slopes.

### المقدمة

تعد المنحدرات واحدة من أهم الظواهر الجيولوجية وأكثرها انتشاراً على وجه الأرض الصخرية، وتعد عدم استقرارية الكتلة الصخرية من أبرز المشاكل الجيولوجية الهندسية التي تعاني منها تلك المنحدرات. عرف كل من (الدليمي، 2001) و(محسوب، 2001) المنحدرات الصخرية على أنها أشكال أرضية ذات أوجه مائلة بدرجات معينة عن المستوى الأفقي، من جانب آخر فقد عرف (محسوب، 2001) الانهيار الصخري بأنه مصطلح شامل يضم جميع أنواع العمليات التي تعمل على نقل الترسبات والكتل الصخرية من أعلى المنحدر نحو أسفلها (قدم المنحدر) وذلك بتواجد عوامل وقوى مساعدة. وقد تتشكل بعض المنحدرات بسبب الأنشطة الهندسية كعمليات قلع الصخور في المناجم والمقالع أو بسبب أعمال قطع الصخور لشق الطرق أو حفر الانفاق أو بناء السدود مما يؤدي إلى فقدان الصخور لدعائمها الطبيعية ومن ثم انهيارها (محسوب، 2001، 2004، 2009، وWyllie and Mah، 2004، وFreitas، 2009)، ولذلك يعتبر تحليل استقرارية المنحدرات الصخرية وتصنيف الانهيارات الصخرية الحاصلة والمحملة فيها وتحديد الأسباب المؤدية إلى تلك الانهيارات ووضع معالجات لها للحيلولة دون وقوع أضرار بالأرواح والممتلكات هي من أهم الدراسات الجيولوجية الهندسية. تهدف هذه الدراسة إلى إجراء مسح جيولوجي هندسي لعدد من المنحدرات الصخرية وذلك لتحديد أسباب الانهيار الانقلابي الحاصل والمحملة فيها والممثلة لأنواع الانهيار الانقلابي في منطقة الدراسة، وتحديد الأسباب المؤدية لها ودور التباين الصخري ووضعية الانقطاعات الصخرية وكذلك حجم الكتلة الصخرية في تحديد نمط الانقلاب الصخري.

تقع منطقة الدراسة بين منطقتي بازيان وجمي ريزان والذي يربطهما طريق يبلغ طوله حوالي (31 كم) ضمن الاحداثيات (35° 38' 55.2" N) و(45° 01' 35.2" E) والاحداثيات (35° 46' 58.3" N) و (44° 58' 42" E). وبذلك تقع منطقة الدراسة على بعد حوالي (41 كم) الى غرب مدينة السليمانية في شمال شرقي العراق .

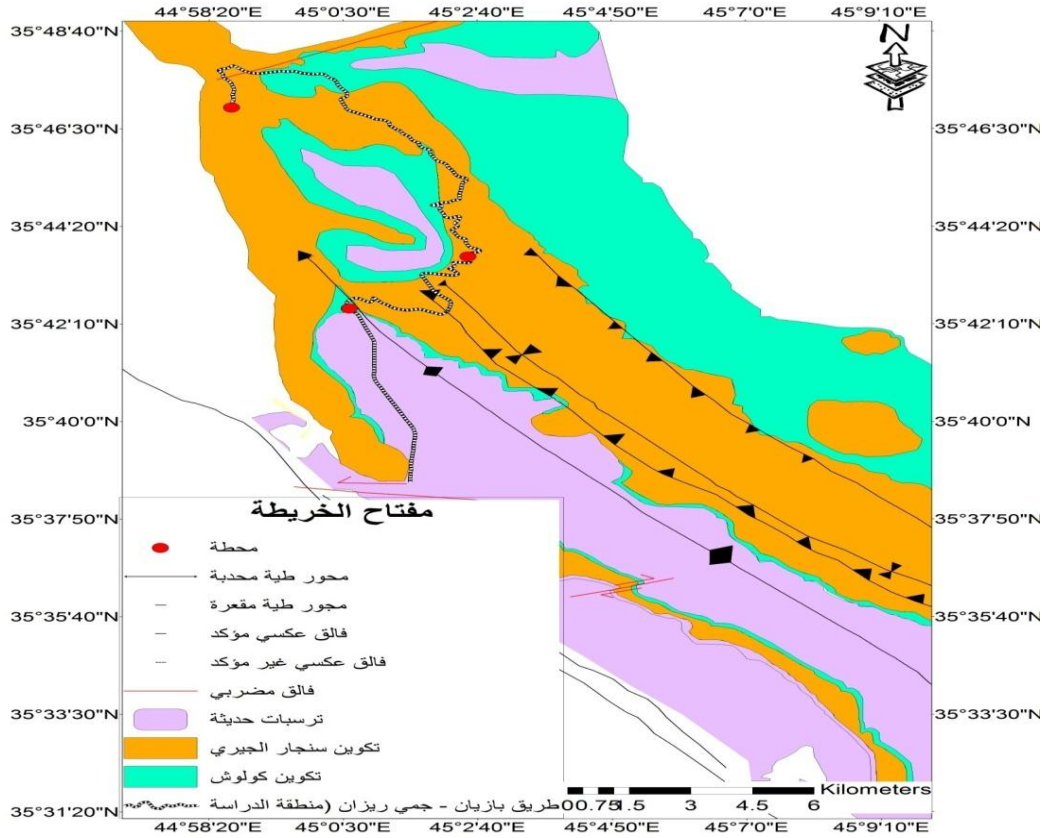


الشكل 1: الخارطة الموقعية لمنطقة الدراسة.

### جيولوجية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة من الناحية التكتونية ضمن نطاق الطيات العالية وذلك حسب الخريطة التكتونية لـ (Fouad, 2012)، اما من الناحية التركيبية فأنها تقع في الجزء الشمال الغربي لتكوين ميران والمكون

اساساً من ثلاث طيات اثنتان منها محدبتان وهما طيتا ميران الغربية وميران الشرقية والآخرى مقعرة وهي طية طاسلوجة والتي تتوسط الطيتين المحدبتين (Al-Hakari, 2011). من الناحية الطباقية ينكشف في منطقة الدراسة تكوين كولوش ذو عمر الباليوسين (Paleocene) (Jassim and Goff, 2006). كما وينكشف في منطقة الدراسة تكوين سنجار الجيري ذو عمر الباليوسين-الايوسين الاسفل (Bellen *et al.*, 1959). يتألف تكوين سنجار في منطقة الدراسة بصورة رئيسة من الصخور الجيرية وذلك بسمك حوالي (100 متر) ويتميز حده السفلي بأنه غير متوافق مع تكوين كولوش بينما يكون حده العلوي متوافقاً مع تكوين جركس (Al-Hakari, 2011). ينكشف هذا التكوين على نطاق واسع في منطقة الدراسة حيث يظهر على شكل صخور جيرية متعددة السحنات، وتمتاز صخور هذا التكوين بأنها ذات لون اصفر الى برتقالي وتكون شديدة التكسر (highly jointed) وذات درجة تجوية متغيرة من موقع لآخر وذات صلابة عالية، كما وتحوي صخور هذا التكوين على عروق من معدن الكالسايت وعقد الجيرت. واخيراً هنالك بعض المواقع في منطقة الدراسة تكون مغطاة بالترسبات الحديثة كما في (الشكل 2)، ومن الجدير بالإشارة الى ان المحطات المختارة في هذه الدراسة كانت تقع جميعها على تكوين سنجار الجيري.



الشكل 2: الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة والمناطق المجاورة لها، عن (Al-Hakari, 2011).

### طرائق البحث

لقد مرت هذه الدراسة بثلاث مراحل وكما يلي :-

- 1- **مرحلة العمل الحقلية:** وقد تم خلالها تحديد مواقع الانهيار الانقلابي التي تكون ممثلة لأنواع الانقلاب الصخري في المنطقة، وتم قياس اتجاه وزاوية ميل المنحدر وارتفاعه عن قدمها وطول وجهه وتحديد عدد الطبقات الصخرية المنكشفة في وجه المنحدر لكل محطة. هذا وقد تمت دراسة وتحليل عدد مجاميع الانقطاعات الصخرية وتم وصف كل مجموعة من تلك الانقطاعات وكل طبقة صخرية وصفاً جيولوجياً هندسياً وذلك حسب (NZGS, 2005). وقد حددت الكتل المنقلبة و/أو الآلية للانقلاب خلال هذه المرحلة وقد وثقت بصور فوتوغرافية واخيراً تم اخذ نماذج صخرية من الطبقات لغرض اجراء الفحوصات المختبرية اللازمة عليها.
- 2- **مرحلة العمل المختبرية:** خلال هذه المرحلة تم اجراء فحص التحميل النقطي لتحديد المقاومة الانضغاطية اللامحصورة للنماذج الصخرية وبواقع ثلاث نماذج من كل طبقة صخرية منكشفة في وجه المنحدر ولكل محطة. وقد استخدم لهذا الغرض جهاز فحص التحميل النقطي الرقمي موديل (A125N)، وهو جهاز ايطالي المنشأ من صناعة شركة (MATEST).
- 3- **مرحلة العمل المكتبي:** تم تصنيف المنحدرات الصخرية اعتماداً على (Al-Saadi, 1981) هذا التصنيف يوضح علاقة وضعية الطبقات الصخرية مع اوجه المنحدرات الصخرية. وقد تم رسم المساقط الفراغية المجسمة للمحطات خلال هذه المرحلة وذلك باستخدام برنامج Dips 5.1 حيث تم تمثيل مستويات التطبيق واوجه المنحدرات ومعدل اقطاب الانقطاعات الصخرية فيها وذلك لتحديد الانقلاب الصخري الحاصل والمحتمل في المنطقة. وتمت مقارنة النتائج مع الدراسات السابقة التخصصية كدراسة (Evans, 1981) و(توكمجي، 1994) و(Wyllie and Mah, 2004)، كما وتم تحديد ادوار الانقطاعات الصخرية (الفواصل وأسطح التطبيق) في الانقلاب الصخري وكما جاء في (Al-Saadi, 1981 and 1991).

### تحليل الانهيارات الصخرية في منطقة الدراسة

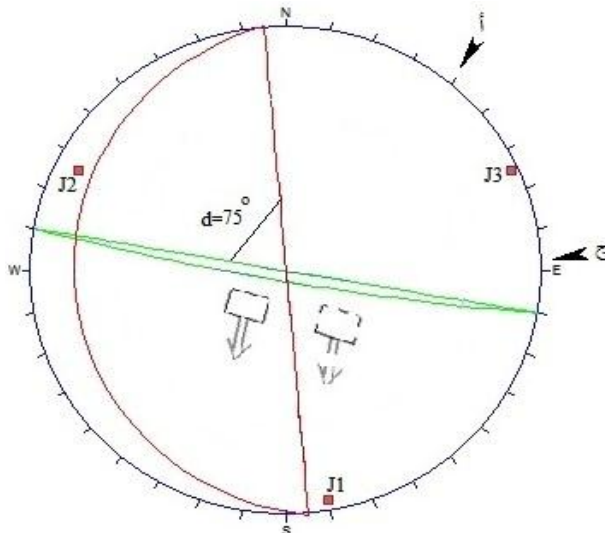
قبل البدء في دراسة المنحدرات الصخرية لابد من التعرف على بعض الرموز والاشكال التي استخدمت في المساقط الفراغية المجسمة للمحطات وكما هو موضح في (الجدول 1).

الجدول 1: يبين الرموز والاشكال المستخدمة في المساقط الفراغية المجسمة للمحطات عن (Al-Saadi,1981, 1991).

الرمز	الدلالة	الرمز	الدلالة
	الدائرة العظمى لمعدل وضعية الطبقات الصخرية	■	معدل اقطاب الفواصل
	الدائرة العظمى لمعدل وضعية المنحدرات		اقطاب الفواصل المنفردة
	المنحدر المعلق		اتجاه التصوير الامامي
	الانقلاب الصخري الحاصل		اتجاه التصوير الجانبي
	الانقلاب الصخري الحاصل		الانقلاب الصخري المحتمل

المحطة 1:

تقع هذه المحطة ضمن الاحداثيات (35° 42' 30.6" N) و(45° 00' 36.2" E) وبارتفاع (1014مترًا) فوق مستوى سطح البحر كما في (الشكل 1). يمتاز الجزء العلوي من المنحدر وبارتفاع حوالي (4امتار) منه بكونه منحدرًا رأسياً وذلك بمعدل اتجاه وزاوية انحدار (190°/85°) كما في (الشكل 3) بينما ينحدر الجزء السفلي منه وبارتفاع حوالي (3 امتار) بمقدار (190°/30°). يصل الارتفاع الكلي للمنحدر في هذه المحطة الى (7امتار) فوق قدمه وعرضه (22 متراً) على طول وجهه. تتكشف في وجه المنحدر مجموعة واحدة من الطبقات الصخرية الجيرية وذلك بمعدل وضعية (265°/11°) كما في (الشكل 3) وبذلك فانها تصنف حسب (NZGS, 2005) على انها ذات ميل معتدل (Gentle inclined). تم تصنيف المنحدر في هذه المحطة حسب (Al-Saadi, 1981) كما في (الجدول 2).



الشكل 3: الاسقاط الفراغي المجسم للمحطة 1.

الجدول 2: تصنيف المحطة 1 حسب (Al-Saadi, 1981).

الخاصية	الوصف
الانحرافية	ذات انحراف متعامد (orthogonal) حيث إن زاوية الانحراف ( $d=75^\circ$ )
التوافقية	غير متوافقة (discordant).
الجانبية	ذات بروز يميني (right emergent).

يبلغ السمك الكلي لمجموعة الطبقات الصخرية في هذه المحطة بحوالي (4متر) وتتميز بالخواص الجيولوجية الهندسية التالية والمبينة في (الجدول 3).

الجدول 3: الخواص الجيولوجية الهندسية حسب (NZGS, 2005) لمجموعة الطبقات الصخرية المنكشفة في المحطة 1.

الخاصية	الوصف
اللون	برتقالي مائل الى الرصاصي
درجة التجوية	السطح الخارجي للصخرة ذو تجوية متوسطة الى طفيفة
بنية الصخرة	كتلي massive
السمك (متر)	(0.6-1.3 متر) أي إنها طبقات سميكة
المقاومة الانضغاطية اللامحصورة	( $\sigma_c = 120.54 \text{ MPa}$ ) أي إنها صخور قوية جداً
اسم الصخرة	Limestone

ومن الجدير بالذكر انه في الجزء الجنوب الشرقي من وجه المنحدر في هذه المحطة تتكشف طبقة ذات لون اخضر غامق واعتمادا على التصنيف الجيولوجي الهندسي للكتل الصخرية الواردة في (NZGS, 2005) تمتاز تلك الطبقة بانها ذات سمك يصل الى (10سم) اي انها نحيفة بأعتدال، وهي ذات تجوية عالية، ضعيفة القوة (مقاسة حقلياً بالمطرقة الجيولوجية) وهي من صخور المارل، ويقل سمك صخور المارل تلك باتجاه وسط المحطة ومن ثم تنعدم في الجزء الشمال الغربي منها.

أظهرت الدراسة التفصيلية للفواصل في هذه المحطة بأنها تنتظم في ثلاث مجاميع كما في (الشكل 2) وتتميز الانقطاعات الصخرية (مجاميع الفواصل وسطح التطبيق) في هذه المحطة بالخواص الجيولوجية الهندسية الموضحة في (الجدول 4).

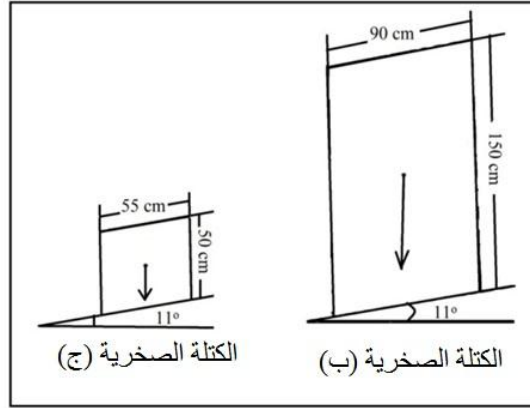
الجدول 4: الخواص الجيولوجية الهندسية حسب (NZGS,2005) لمجموعتي الفواصل في المحطة 1.

الخواص	مجموعة J1	مجموعة J2	مجموعة J3	سطح التطبيق
معدل الوضعية	(350/87)	(117/84)	(245/88)	(265/11)
المسافة البينية (متر)	0.40-0.45 (متر) أي انها مسافات واسعة باعتدال	0.35-2.1 (متر) أي إنها مسافات واسعة باعتدال إلى مسافات واسعة جدا	0.45-0.6 (متر) أي إنها مسافات واسعة باعتدال	0.6-1.3 (متر) أي إنها مسافات واسعة
الامتداد على سطح التطبيق (متر)	حوالي (0.35 متر)	تصل الى (5 امتار)	بحدود (1.5 متر)	-----
طبيعة السطح	ذو سطح مستوٍ خشن	ذو سطح مستوٍ خشن	ذو سطح مستوٍ خشن	ذو سطح متموج خشن
الانفتاح	مغلقة (لا توجد فتحة)	مغلقة (ملم 0.5)	مغلقة (ملم 0.2)	مغلقة (لا توجد فتحة)
الامتلاء	معدن الكالسايت	معدن الكالسايت	معدن الكالسايت	-----

تعتبر الكتل الصخرية في هذه المحطة مستقرة من الناحية التركيبية إذ أنه عند تطبيق معادلة نسبة القاعدة الى الارتفاع (h/b) للكتل الصخرية الموجودة على سطح مائل لـ (Hoek and Bray, 1981) كما في الشكل (4) نلاحظ ان متجهات مراكز ثقل الكتل الصخرية تبقى ضمن قاعدتها مما يعني انها مستقرة. الا ان كون المنحدر ذو وضعية رأسية فيتعرض وجهه الى عمليات تجوية وتعرية تفاضلية لا سيما في الجزء الجنوب الشرقي منها بسبب التنوع الصخري الموصوف اعلاه. إضافة الى تعرية الترسبات الحديثة في قدم المنحدر وكل ذلك تسبب في ازالة الاجزاء الساندة لتلك الكتل الصخرية وبالتالي تسبب في ميلان تلك الكتل مما يؤدي الى خروج متجه مركز ثقل تلك الكتل خارج قاعدتها وبذلك يلاحظ حصول انقلاب ثانوي للكتلة الصخرية (أ) الموضحة في اللوحة (1) وذلك باتجاه (195°) وذلك بميكانيكية انقلاب مشابهة لميكانيكية الانقلاب الثانوية بسبب الحث السفلي المذكور في (Evans, 1981). عملت الفواصل (J2) و (J3) دور اسطح انطلاق جانبي والفواصل (J1) دور سطح انطلاق خلفي و سطح التطبيق دور سطح قاعدي للانقلاب. من ناحية اخرى فان هنالك احتمالية انقلاب الكتلة الصخرية (ب) الموضحة في اللوحة (1) والمستقرة في الوقت الحالي وذلك بسبب التجوية والتعرية التفاضلية لطبقة المارل المتواجدة تحتها والتي تسبب في ميلانها وبالتالي خروج متجه مركز ثقلها خارج قاعدتها. الشكل الهندسي للكتلة الصخرية الممثل بزيادة ارتفاعها مقارنة بطول قاعدتها له دور مساعد في خروج متجه مركز الثقل خارج القاعدة حتى وان لم يصل عمق التجوية الى منتصف قاعدة الكتلة وبذلك تتقلب الكتلة (ب) باتجاه (195°) بالميكانيكية الاولى للانقلاب لـ (Evans, 1981) (الانقلاب بسبب حث الطبقات السفلية الهشة). تلعب الفواصل (J2) و (J3) دور أسطح انطلاق جانبية والفواصل (J1) دور أسطح انطلاق خلفية وتكون أسطح التطبيق سطح قاعدي للانقلاب. اما بالنسبة للكتلة الصخرية (ج) الموضحة في اللوحة (1) فانها مستقرة في الوقت الحالي وربما لفترة اطول من الكتلة (ب) إذ ان الكتلة (ج) تقع في الجزء الشمال الغربي للمحطة التي لا يظهر فيها التباين



الصخاري وبالتالي تقل درجة التجوية والتعرية التفاضلية فيها بالإضافة الى شكلها الهندسي كما في الشكل (3) اذ ان نسبة القاعدة الى الارتفاع تقريبا تساوي واحد وبذلك تتطلب تجوية السطح القاعدي الى منتصفها او اكثر لكي تخرج متجه مركز ثقلها خارج قاعدتها.



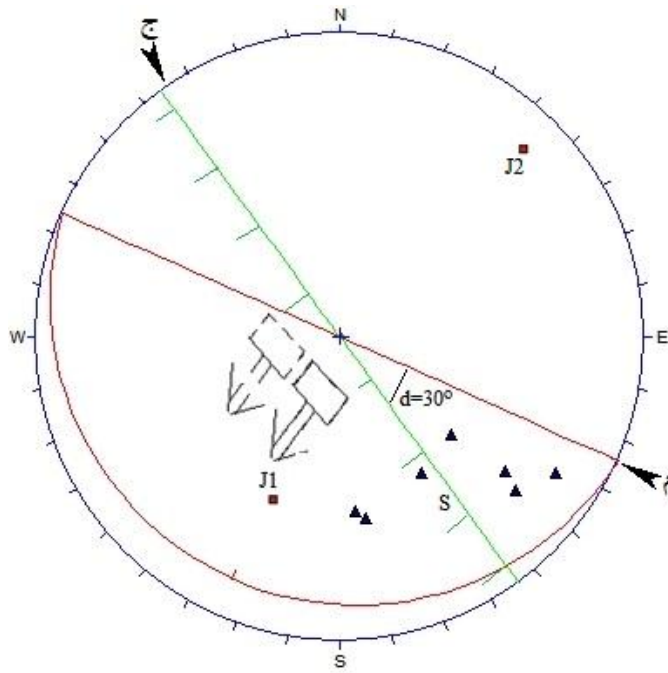
الشكل (4): يبين الشكل الهندسي لبعض الكتل الصخرية في المحطة 1.



لوحة 1 :منظر عام للمحطة (a) منظر امامي للمحطة، (b) منظر جانبي للمحطة.

## المحطة 2:

تقع هذه المحطة ضمن الاحداثيات (35° 43' 39.7" N) و(45° 02' 31.3" E) كما في (الشكل 1). تضم هذه المحطة منحدرًا يمتاز بكونه معلقاً (overhanging-OH) وذلك بمعدل وضعية (234/86-OH) كما في الشكل (5). يصل اقصى ارتفاع للمنحدر الى (3.0 متر) فوق قدمه ويمتد عرضه لمسافة (5.5متر) على طول وجهه. تتكشف في وجه المنحدر مجموعة واحدة من الطبقات الصخرية الكربونيتية وذلك بمعدل وضعية (204°/08°) كما في الشكل (5) وبذلك فانها تصنف حسب (NZGS, 2005) على انها ذات ميل معتدل (Gentle inclined). يمكن تصنيف هذا المنحدر حسب (Al-Saadi, 1981) كما في (الجدول 5).



الشكل 5: الاسقاط الفراغي للمحطة 2.

الجدول 5: تصنيف المحطة 2 حسب (Al-Saadi, 1981).

الوصف	الخاصية
ذات انحراف جانبي (oblique lateral) حيث ان زاوية الانحراف ( $d=30^\circ$ )	الانحرافية
متوافقة (concordant)	التوافقية
ذات بروز يساري (left emergent)	الجانبية

يبلغ سمك الجزء المنكشف لمجموعة الطبقات الصخرية في هذه المحطة بحوالي (2متر)، وتتصف بالخواص الجيولوجية الهندسية الموضحة في ( الجدول 6).

الجدول 6: الخواص الجيولوجية الهندسية حسب (NZGS, 2005) للطبقة الصخرية المنكشفة في المحطة 5.

الخاصية	الوصف
اللون	برتقالي شاحب جداً
درجة التجوية	طفيفة التجوية الا في الاجزاء السفلية منها فهي ذات تجوية متوسطة
بنية الصخرة	بنية ناعمة
السمك (متر)	(1.65-1.35 متر) وبذلك توصف بانها طبقات سميكة
المقاومة الانضغاطية للامحصورة	$(\sigma_c = 130.68 \text{ MPa})$ أي إنها صخور قوية جداً
اسم الصخرة	Limestone Dolomitic

أظهرت الدراسة التفصيلية للفواصل في هذه المحطة بأنها تنتظم في مجموعتين كما في (الشكل 4) وتتميز الانقطاعات الصخرية (مجاميع الفواصل وسطح التطبيق) بالخواص الجيولوجية الهندسية الموضحة في (الجدول 7).

الجدول 7: الخواص الجيولوجية حسب (NZGS, 2005) لمجموعتي الفواصل في المحطة 5.

الخواص	J1	مجموعة J2	سطح التطبيق
معدل الوضعية	(022/60)	(224/82)	(204/08)
المسافة البينية (متر)	(0.40 – 0.85 متر) أي انها مسافات واسعة باعتدال الى مسافات واسعة	(0.75 متر) أي انها مسافات واسعة	(1.65-1.35 متر) اي انها مسافات واسعة
الامتداد على سطح التطبيق (متر)	تمتد لمسافة (0.75 – 1متر) على سطح التطبيق	اكثر من 5متر	_____
طبيعة السطح	خشنة و متموجة	خشنة و متموجة	خشنة و متموجة
الانفتاح (سم)	(3 – 6 سم) أي انها فتحات واسعة بأعتدال	5 سم أي انها فتحات واسعة بأعتدال	مغلقة
الامتلاء	ترسبات طينية وقطع صخرية	ترسبات طينية وقطع صخرية	_____

هذا بالإضافة الى تواجد عدد من الفواصل غير النظامية والتي لم تتضمن في مجموعة واحدة وقد رمزت لها بالحرف (S) في (الشكل 5) وكانت ذات وضعيات متباينة مما تعذر قياس مسافات البينية وامتداداتها.

تعد الكتل الصخرية في هذه المحطة مستقرة من الناحية التركيبية كما في المحطة (1) وذلك لان السطح القاعدي لتلك الكتل الطولية قليل الميل جدا وبالتالي تبقى متجهات مراكز ثقلها ضمن قاعدتها. الا ان التجوية والتعرية التفاضلية التي تؤثر على الجزء القاعدي للكتل الصخرية كالكتلة (أ) الموضحة في اللوحة (2) عملت على تفتيتها ونحتها وبالتالي سببت في حدوث فراغات وفجوات وبذلك تمايلت الكتلة الصخرية لسد تلك الفراغات من تحتها مما سببت في خروج متجه مركز ثقلها خارج القاعدة وكان للشكل الهندسي للكتل الصخرية دوراً مساعداً في تمايلها اذ ان ارتفاعها اكبر من طول قاعدتها وبذلك لا تتطلب وصول اثار التجوية الى منتصف الجزء القاعدي لها وبالتالي انقلبت الكتلة الصخرية باتجاه ( $216^{\circ}$ ) وذلك بميكانيكية انقلاب بسبب تجوية وتعرية الجزء السفلي (القاعدي) للكتلة الصخرية نفسها وهذه الميكانيكية مشابهة لما جاء في دراسة (توكمجي، 1994) وقد تلعب الفواصل (J1) دور أسطح انطلاق جانبية والفواصل (J2) دور أسطح انطلاق خلفية بينما يلعب سطح التطبيق دور السطح القاعدي للانقلاب.

وبذلك فان الفرق في انقلاب الكتل الصخرية في هذه المحطة مع الكتلة الصخرية في المحطة السابقة هو حدوث التجوية والتعرية التفاضلية في المحطة (1) بسبب وجود التباين الصخري فيها، بينما في هذه المحطة نلاحظ شدة تاثير التجوية على الجزء القاعدي للكتل الصخرية منه في الجزء العلوي لها وذلك ربما لمكوث مياه الامطار والتلوج في الاجزاء القاعدية للكتل لفترة اطول.

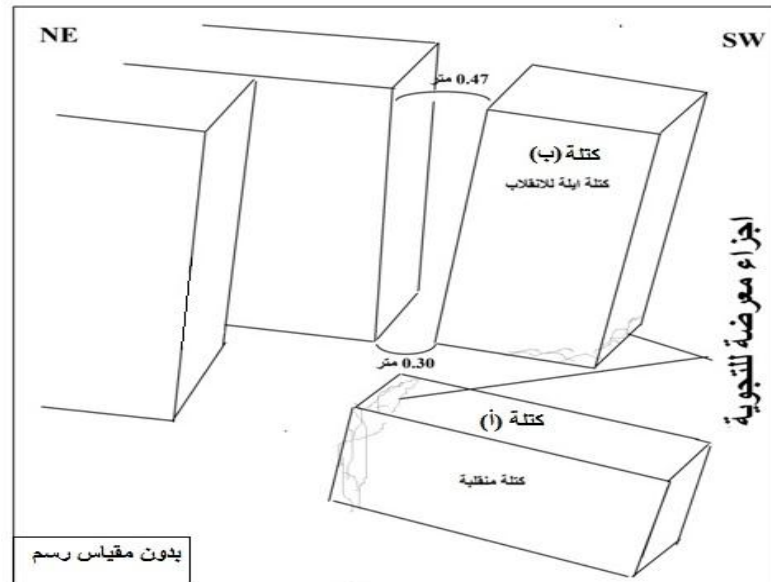


اللوحة 2: منظر الجانب الايمن للمحطة (2) اتجاه التصوير  $330^{\circ}$ .

كما ويمكن ان نلاحظ ان انفتاح الجزء العلوي للانقطاع الصخري المشكل للوجه الخلفي للكتلة الصخرية (ب) الموضحة في اللوحة (3) و (الشكل 6) اوسع بالمقارنة مع انفتاح الجزء السفلي له، ويستدل من ذلك على حدوث دوران للكتلة الصخرية حول محور وهمي باتجاه موازي لاتجاه التصوير وذلك بسبب تعرض الحافة الامامية للسطح السفلي للكتلة الصخرية لعمليتي التجوية والتعرية والتي عملت على تشكيل فراغات وفجوات فيها، ولذلك يحتمل تمايل الكتلة (ب) نحو الامام لسد تلك الفراغات ومن ثم قد تتقلب وذلك بنفس ميكانيكية انقلاب الكتلة (أ) وبنفس اتجاه انقلابها.



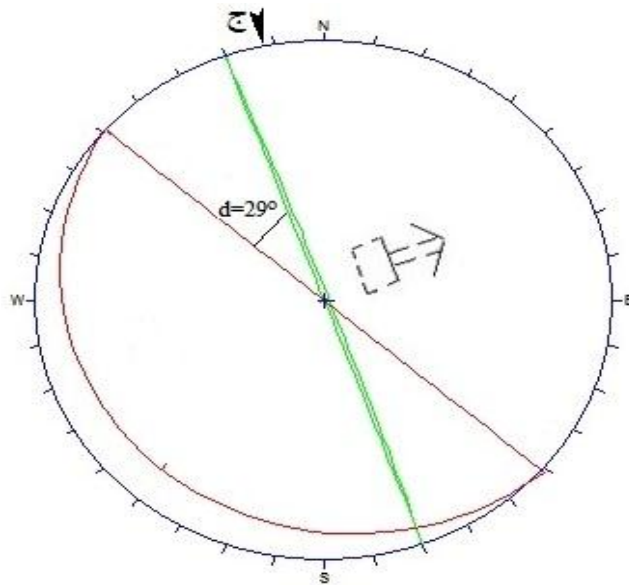
اللوحة 3: منظر للجزء الايمن من المحطة (2): ويظهر فيها الكتلة المنقلبة كتلة (أ) والآخرى الايلة للانقلاب كتلة (ب).



الشكل 6: مخطط توضيحي بالكتل الصخرية في المحطة (2).

### المحطة 3:

تقع هذه المحطة ضمن الاحداثيات (35° 46' 58.3" N) و(44° 58' 42" E) كما في (الشكل 1). يتميز المنحدر في هذه المحطة بكونه ذو وضعية رأسية وذلك بسبب عمليات قطع الصخور اثناء شق الطريق اذ بلغ معدل وضعيته ( 88° / 070°) في حين تكون الاجزاء العليا منه معلق كما في (الشكل 7) واللوحة (4). يبلغ اقصى ارتفاع للمنحدر حوالي(6.75 متر) فوق قدمه وتمتد عرضه الى مسافة (5امتار) على طول وجهه. تتكشف في وجه المنحدر مجموعة واحدة من الطبقات الصخرية الكربونيتية وذلك بمعدل وضعية (221/09) كما في (الشكل 7) وبذلك فانها تصنف حسب (NZGS, 2005) على انها ذات ميل معتدل (Gentle inclined). يمكن تصنيف هذا المنحدر حسب (Al-Saadi, 1981) كما في (الجدول 8).



الشكل 7: الاسقاط الفراغي للمحطة (3).

الجدول 8: تصنيف المحطة 3 حسب (Al-Saadi, 1981).

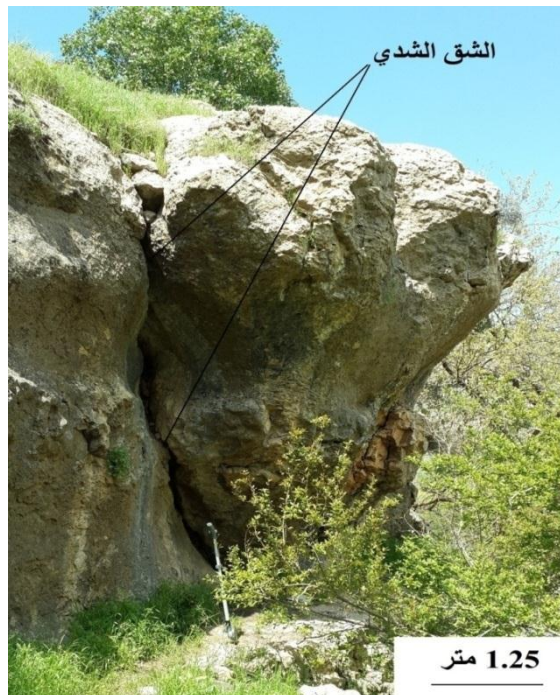
الوصف	الخاصية
ذات انحراف جانبي (oblique lateral) حيث إن زاوية الانحراف (d=29°)	الانحرافية
غير متوافقة (discordant).	التوافقية
ذات بروز يساري (left emergent).	الجانبية

يصل السمك الكلي لمجموعة الطبقات الصخرية المنكشفة في وجه المنحدر (6.5 متر) وتتنصّف تلك الطبقات بالخواص الجيولوجية الهندسية المبينة بالجدول 9.

الجدول 9: الخواص الجيولوجية الهندسية حسب (NZGS, 2005) لمجموعة الطبقات الصخرية في المحطة (3).

الخاصية	الوصف
اللون	رصاصي مائل الى الاخضر
درجة التجوية	متوسطة في السطح الخارجي للصخرة، ومعدومة بداخلها
بنية الصخرة	كتلي massive
السمك (متر)	(2 امتار) أي إنها طبقات سميقة
المقاومة الانضغاطية اللامحصورة	$(\sigma_c = 123.14 \text{ MPa})$ أي إنها صخور قوية
اسم الصخرة	Dolomitic limestone

اضافة الى سطح التطبيق فقد لوحظ وجود انقطاع صخري بوضعية رأسية الى شبه رأسية يقطع الصخور المنكشفة في هذه المحطة، امتداده على سطح التطبيق غير معرف بسبب الترسبات التي تغطيها، وهذا الشق ذو سطح خشن وذو انفتاح حوالي (10 سم) وحاوية على ترسبات طينية، اللوحة (4). نمط الانقلاب المحتمل في هذه المحطة مشابه لنمط الانقلاب في المحطة (2) اي تحدث الانقلاب بسبب تجوية وتعرية الجزء القاعدي للكتلة الصخرية، (الشكل 6)، كما يتبين من اللوحة (4) بان الجزء العلوي للكتلة الصخرية تكون بوضعية معلقة وذلك بسبب تجوية وتعرية الاجزاء السفلى من الكتلة الصخرية وهذا يؤدي الى تمايل الكتل نحو الامام بسبب الوزن الثقيل للجزء المعلق وبالتالي يؤدي الى انقلابها باتجاه  $(070^\circ)$ .



اللوحة 4: منظر جانبي من يسار المحطة 3 يظهر فيه شق شدي خلف الكتلة الصخرية.

### الاستنتاجات

- 1- ان الميل القليل للسطح القاعدي للكتل الصخرية يجعلها مستقرة غالباً ولكن اشتراك العوامل الجيولوجية من تجوية وتعرية تفاضلية في اوجه المنحدرات تجعل الكتل الصخرية معرضة لحدوث الانقلاب.
- 2- لعبت الانقطاعات ووضعياتها دوراً أساسياً في تهيئة كتل صخرية قابلة لحدوث الانقلاب الصخري.
- 3- أظهرت التحليلات الجيولوجية الهندسية بان ميكانيكية الانقلاب في بعض اجزاء منطقة الدراسة هي بسبب حت الطبقات السفلى الواقعة تحت الكتلة الصخرية الجيرية، بينما في اجزاء اخرى من المنطقة كانت بسبب تجوية وتعرية الاجزاء السفلية للكتلة الصخرية الجيرية نفسها.

### المصادر العربية

- الدليمي، خلف حسين، 2001. الجيومورفولوجيا التطبيقية، الاهلية للنشر والتوزيع، 273 صفحة.
- توكمجي، اوميد احمد، 1994. دراسة جيولوجية هندسية لاستقرارية المنحدرات الصخرية لجبل حميرين الجنوبي (منطقة الصدور)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم - جامعة بغداد، 126 صفحة.
- محسوب، محمد صبري، 2001. جيومورفولوجية الاشكال الارضية، كتب عربية للنشر والتوزيع، 318 صفحة.

### المصادر الاجنبية

- Al-Saadi, S. N., 1981. A Method for Mapping Unstable Slopes with Reference to the Coast line of S.W. Dyfed, Wales, Unpub. Ph.D. Thesis, University of Bristol. 252 p.
- Al-Saadi, S. N., 1991. Composite-Base Toppling of Rock Slopes South of Degala Area NE-Iraq, Journal Sc. Nat., Vol. 1, No. 1A, pp. 35 - 45.
- Al-Hakari, S. H. S., 2011. Geometric Analysis and Structural Evolution of NW Sulaimani area, Kurdistan Region, Iraq, Unpub. Ph.D. thesis, School of science, University of Sulaimani, 309 p.
- Bellen R.C., Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. Stratigraphic Lexicon of Iraq, Lexique Stratigraphique International, Asie (Iraq), CNRS, France, 333p.
- Freitas, M. H., 2009. Engineering Geology (Principles and Practice), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 450 p.
- Fouad, S.F.A., 2012. Tectonic map of Iraq, scale 1000000, 3<sup>rd</sup> Edition, Iraqi Bulletin of GEOLOGY AND Mining, Vol. 11 No. 1, p 1 - 7.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. Rock Slope Engineering, 3<sup>rd</sup> Edition, Institution of Mining and Metallurgy, London, 358 p.
- Jassim, S. Z. and Goff, J. C., 2006, Geology of Iraq, Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341 p.
- NZGS, 2005, Field Description of Soil and Rock, NZ Geotechnical society INC, 38 p.
- Wyllie, D. C. and Mah, C. W., 2004. Rock Slope Engineering, Civil and Mining, 4<sup>th</sup> Edition, Spon Press Taylor & Francis Group, London & New York, 431 p.