حركة المواد الأرضية ومخاطرها الجيومورفولوجية
على أسطح المنحدرات الجبلية المطلة على طريق نقيل سُمارة إب– اليمن

د. عادل حمود لطف ناجي(*)

المستخلص:

يتناول البحث دراسة المخاطر الجيومورفولوجية التي يتعرض لها طريق نقيل سُمارة الناجمة عن حركة المواد الأرضية المكونة لأسطح المنحدرات الجبلية المطلة والموازية للطريق، ومسلطاً الضوء على أهم العوامل الطبيعية التي تزيد من نشاط حركة المواد، وتسهم في حدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية، وبالتالي تحديد التوزيع المكاني لأنواع الانزلاقات والانهيارات الأرضية على الجوانب المطلة للطريق. ومن خلال النزول الميداني لمنطقة الدراسة وباستخدام المنهج الوصفي، والمنهج التحليلي تم التوصل إلى مجموعة من النتائج: أن أكثر المخاطر الجيومورفولوجية للانزلاقات والانهيارات الأرضية تتركز معظمها في الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة، وأغلب توزيعها المكاني يتركز في المنطقة الثالثة الوسطى، والمنطقة الرابعة الشمالية للطريق، بنسبة (41.51%)، (50%) على التوالي من إجمالي عدد الحالات المشاهدة والمرصودة في المنطقة البالغة (212) حالة، فهي من أكثر المناطق خطورة لحدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية، بسبب الميل الشديد للمنحدرات، ولقرب المسافة من الطريق، ولضخامة الكتل الصخرية المنهارة والمحتملة الانهيار. وأن أكثر نشاط لحركة المواد الأرضية: ظاهرة

(*) أستاذ الجيولوجيا المساعد، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة إب، اليمن.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

السقوط بنسبة (37.7%) من إجمالي عدد الحالات الانهيارات الأرضية، ثم يليه الانزلاق المتضمن (الانزلاق المستوي، الدوراني، الإسفيني)، بنسبة (30.7%)، الزحف بنسبة (18.4%).

الكلمات المفتاحية: طريق نقيل سُمارة، حركة المواد الأرضية، المخاطر الجيومورفولوجية، التوزيع المكاني، طرق الحماية من المخاطر.

The Movement of Ground Materials and their Geo-morphological Risks on the Surfaces of the Mountain Slopes Overlooking the Naqil Samara Road, Ibb-Yemen.

Abstract:

This study examines the geo-morphological risks to which the Smara Naqeel road is exposed to, resulting from the movement of ground materials that form the surfaces of the mountain slopes overlooking and parallel to the road, and highlighting the most important natural factors that increase the activity of the movement of materials contributing to the occurrence of landslides, and thus determine the spatial distribution of the types of landslides (Landslips) on the side overlooking the road. Through a field trip to the study area and by using the descriptive and analytical approach, a set of results were reached: the most geo-morphological risks of slips and landslides are mostly concentrated on the right side of the Naqil Samara road, and most of their spatial distribution is concentrated in the third central region, and the fourth northern region of the road, with a percentage (41.51%) and (50%), respectively, of the total number of observed cases in

the region of (212) cases. It is one of the most dangerous areas for landslips and landslides, due to the steep slope of the slopes, the proximity of the distance from the road, and the huge collapsed and potentially collapsing rock masses. Further, the most active movement of ground materials include the phenomenon of falling reaching (37.7%) of the total number of landslides, followed by sliding which include (plane, rotational, wedge slip) by (30.7%) in addition to crawling by (18.4%).

Keywords: Samara Transfer Route; Movement of Ground Materials; Geo-morphological Hazards; Spatial Distribution; Methods of Protection against Hazards.

1. جبل سُمارة الموقع، الطريق، المخاطر:

جبل سُمارة الواقع شمال مدينة إب عاصمة محافظة إب، وسط الجنوب الغربي لليمن، يُعد جزءًا من السلسلة الجبلية البركانية التي تمتد من جنوب اليمن إلى شماله، ويصل ارتفاعها إلى حوالي 3650م فوق مستوى سطح البحر، تكونت بفعل النشاط البركاني في العصر الثلاثي، ويمتد في جبل سُمارة أهم الطرق الحيوية، والأكثر حركة مرورية هو المعروف بطريق نقيل سُمارة إب–صنعاء يبدأ من الجنوب من ارتفاع حوالي 1600م ويأخذ شكلاً حلزونيًّا ويلتف على الجهة الغربية للجبل، ويستمر بالارتفاع ليصل إلى حوالي 3000م عند مشارف مدينة (كتاب) بعد أن مرَّ بمناطق شديدة الانحدار، وعرة التضاريس؛ ما يجعل طريق نقيل سُمارة يتعرض للعديد من المخاطر الجيومورفولوجية أبرزها: المخاطر الناجمة عن حركة المواد الأرضية من على أسطح المنحدرات المطلة والموازية للطريق ذات التأثير السلبي على الطريق، وعلى حركة المارة ومستخدمي الطريق؛ وقد تؤدي كذلك إلى توقف الحركة عليه أو إلى

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

حدوث أضرار بشرية ومادية. علمًا بأن ظاهرة الانزلاقات والانهيارات الأرضية (حركة المواد الأرضية من على أسطح المنحدرات) تعد من العمليات الجيولوجية الطبيعية الخطرة التي تحدث بكثرة في المنحدرات الجبلية، وفي فترة زمنية قصيرة وسريعة ومفاجئة؛ وترتبط هذه الظاهرة بعدد من العوامل الطبيعية والبشرية التي تحفز وتزيد من نشاط حركة المواد الأرضية المكونة لأسطح المنحدرات، وبالتالي سقوط هذه المواد أو انقلابها أو انزلاقها أو زحفها ... الخ.

وبناءً على ما سبق ذكره؛ تنبع أهمية دراسة المخاطر الجيومورفولوجية لحركة المواد الأرضية، وأنواعها، وتوزيعها المكاني على طول الامتداد الطولي لطريق نقيل سُمارة، وتسليط الضوء على هذه المشكلة من أجل تفادي مخاطرها على الطريق؛ وتقديم حلول ومقترحات للحد من التأثير السلبي لهذه المخاطر، والتقليل من خطورتها، والحفاظ على سلامة الطريق وحركة السير التي تمر عليه. ومنطقة الدراسة (طريق نقيل سُمارة) قريبة من المنطقة التي حدث فيها أحدث وأشهر زلزال المعروف بزلزال ذمار عام 1982م الذي أدى إلى حدوث انهيارات أرضية متعددة مسبباً أضرار بشرية ومادية كبيرة، وأحدث حدث ظهور التشققات الأرضية في ذمار، في يوم 2021/8/8م ظهر انشقاق كبير ومفاجئ وعميق بمنطقة مديرية ضوران آنس التابعة لمحافظة ذمار، ويعزى السبب إلى الإجهادات والضغوط الأرضية التي تتحرر بشكل دوري على شكل تشققات تظهر للسطح (جمعان، 2021).

مشكلة الدراسة:

حركة المواد الأرضية المكونة للمنحدرات الجبلية تنشط عند توافر الظروف الملائمة للحركة، التي تؤدي إلى تحرك المواد المكونة للمنحدرات مسببة في حدوث بعض الأخطار الجيومورفولوجية وهو ما يصدق على ما يشاهد على طريق نقيل سُمارة إب الجبلي فقد تؤدي إلى إعطاب الطريق أو توقف أو عرقلة الحركة المرورية عليه أو إغلاق مجاري تصريف المياه فتكون المحصلة النهائية لتلك المخاطر الجيومورفولوجية حدوث أضرار بشرية ومادية ومن هنا برزت مشكلة البحث بالتساؤلات الآتية:

١. ما العوامل المؤثرة على حركة المواد الأرضية المكونة للمنحدرات الجبلية المطلة والموازية لطريق نقيل سُمارة الجبلي؟
٢. ما التوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات الجبلية المطلة على طريق نقيل سُمارة الجبلي؟
٣. ما الحلول والمقترحات المطلوبة لمعالجة المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة؟

أهداف الدراسة:

يهدف البحث إلى ما يأتي:

١. التعرف إلى الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة وأثرها على المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المواد الأرضية.
٢. تحديد أنواع حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات المطلة على طريق نقيل سُمارة وتوزيعها المكاني.
٣. إيجاد الحلول والمقترحات لتقليل وتفادي الآثار الناتجة عن المخاطر الجيومورفولوجية لحركة المواد الأرضية على منحدرات طريق نقيل سُمارة.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من كون طريق نقيل سُمارة الجبلي من الطرق الرئيسة والمهمة في اليمن؛ إذ تربط بين المناطق الشمالية والجنوبية من اليمن فهي بمنزلة شريان الحياه لتلك المناطق لكثرة الحركة عليها إلا أن هذا الطريق يعرف بطريق الموت لكثرة الحوادث المرورية التي تحدث فيه لعدة أسباب أبرزها المخاطر الجيومورفولوجية التي لم يتم دراستها لا من قريب ولا من بعيد؛ إلا التوصية الموجودة في بحث (ناجي،2021، ص472) الذي أوصى بضرورة دراسة المخاطر الجيومورفولوجية للانزلاقات

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

والانهيارات الأرضية على جانبي طريق نقيل سُمارة، وبذلك تأتي هذه الدراسة نتاجًا لتلك التوصية وتُعد الدراسة الأولى التي تناقش المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المواد الأرضية المكونة للمنحدرات الجبلية التي ينجم عنها إغلاق أو إعاقة الحركة المرورية على طريق نقيل سُمارة، ما يشكل خطراً عليه، ومن هنا جاءت أهمية هذه الدراسة التي تحاول الوصول للحلول والمقترحات للحد من هذه المخاطر التي يتعرض لها طريق نقيل سُمارة إب–اليمن.

منهجية الدراسة:

اقتضت طبيعة الموضوع وهدفه من الباحث النزول الميداني لمنطقة الدراسة فكان أن تم ذلك في تاريخ (2021/8/12م) وعلى ضوء ذلك تم تحليل البيانات المتحصل عليها لحالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية المشاهدة في الأقسام الرئيسية لمنطقة الدراسة وبيان مواقعها وأنواعها ونسب تواجدها، كما اقتضت استخدام المنهج الوصفي لوصف وتحديد خصائص الظواهر الطبيعية الموجودة في منطقة الدراسة، كذلك تم الاعتماد على بعض النتائج التي توصلت إليها دراسة (ناجي، 2021، ص 474-436) لأشكال المنحدرات الجبلية على جانبي طريق نقيل سُمارة إب–اليمن، التي تناولت بشكل مفصل مع الخرائط الخصائص والعوامل المناخية، والطبوغرافية، والجيولوجية (التركيبية والصخرية)، والانحدرات لمنطقة الدراسة، وتم التركيز في هذا البحث على بيان أثر تلك العوامل الطبيعية في نشاط عمليات الانزلاقات الأرضية.

منطقة الدراسة:

منطقة الدراسة جزء من جبل سُمارة الواقع في الجهة الشمالية لمدينة إب، وإدارياً تقع ضمن مديرية المخادر، شكل (1). ويبلغ طول الطريق المدروس حوالي 22.32كم واعتماداً على طبوغرافية

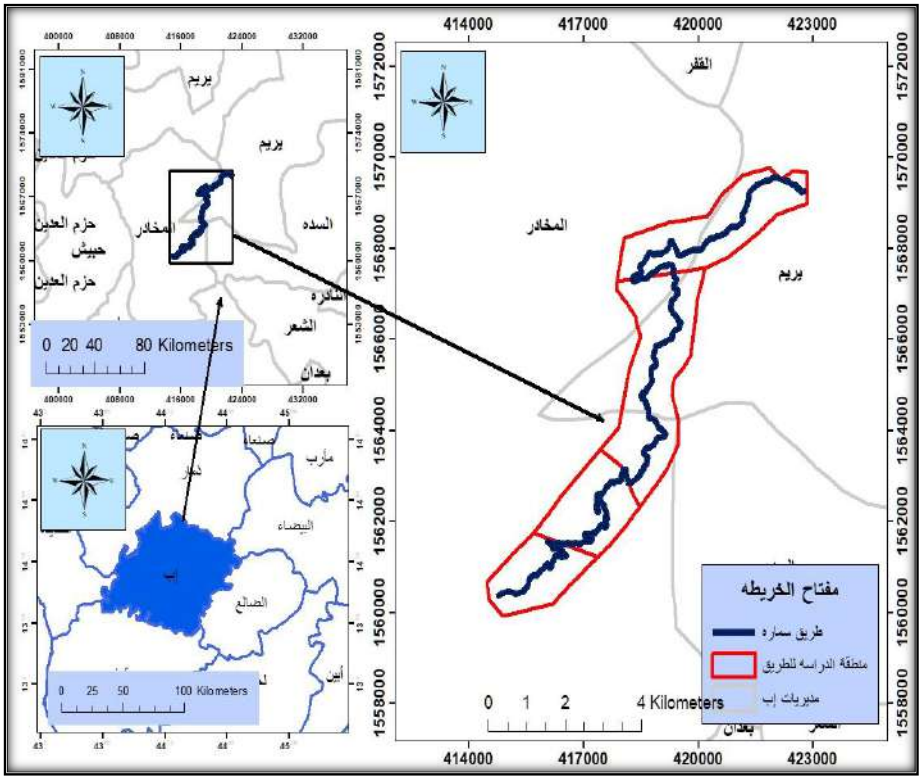
المنطقة فقد تم تقسيم منطقة البحث إلى أربعة أقسام رئيسة تتفاوت في الارتفاع عن مستوى سطح البحر، والجدول (1) يوضح ذلك لتسهيل الدراسة بتحديد موقع الظواهر ووصفها.

جدول (1): الأقسام الرئيسة لمنطقة البحث حسب الارتفاع عن مستوى سطح البحر

م	الأقسام الرئيسة	الارتفاع (م)		القرى التي يمر بها الطرق		مساحة المنطقة كم٢	طول الطرق ف كم	النسبة المئوية
		البداية	النهاية	البداية	النهاية			
1	المنطقة الأولى - الجنوبية	1600	2000	جسر الدليل	قرية جن عربن	3	3.54	%16
2	المنطقة الثانية – قرية دارحبة	2000	2400	قرية جن عربن	قرية دارحبة	3.5	4.73	%21
3	المنطقة الثالثة – الوسطى	2400	2600	قرية دارحبة	قرية رباط هبوه	7	7.79	%35
4	المنطقة الرابعة الشمالية	2600	2800	قرية رباط هبوه	مشارف مدينة كتاب قرية بيت هدبان	5.5	6.26	28%

المصدر: (ناجي، 2021، ص 440).

مجلة المهرة للعلوم الإنسانية
مجلة علمية محكمة نصف سنوية
العدد الحادي عشر- جمادى الأولى ١٤٤٣هـ - ديسمبر ٢٠٢١
ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663



الشكل (1): موقع منطقة الدراسة. المصدر: (ناجي،2021، ص 441).

الدراسات السابقة:

الدراسات المحلية:

من الدراسات المحلية ما يأتي:

1-دراسة (ناجي،2021)، دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لأشكال المنحدرات على جانبي طريق نقيل سُمارة إب اليمن، مجلة الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة ذمار، اليمن، العدد (20)، هدف البحث إلى معرفة أشكال المنحدرات على جانبي طريق سُمارة في محافظة إب، ومدى درجات الانحدار، واتجاه المنحدرات، و أهم استخدامات المنحدرات، ومن أهم النتائج التي توصل إليها البحث: سيادة الأراضي شديدة الانحدار مع التضرس الشديد في معظم أجزاء منطقة البحث، وسيادة

المنحدرات التي تزيد درجة انحدارها عن 18 درجة وأكثر على ما نسبته (41.75%) من مجموعة المساحة الكلية للمنطقة، وأن معظم الامتداد الطولي لطريق نقيل سُمارة يقع ضمن فئة المناطق شديدة الخطورة. وأوصى بإجراء دراسة مفصلة عن المخاطر الجيومورفولوجية، خاصة المخاطر الناشئة عن تحرك المواد الأرضية على أسطح المنحدرات الجبلية على جانبي طريق نقيل سُمارة.

2-دراسة (حمران، 2020)، تنمية الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية بحوض صنعاء، المجلة العربية للبحث العلمي، ((Vol, 2020(2))، (Art, 11))، توصلت الدراسة إلى أن معظم المخاطر والتحديات المتمثلة بالانزلاقات والانهيارات الأرضية المتعددة التي حدثت في منطقة حوض صنعاء كانت بسبب التفاعلات والعوامل والعمليات الطبيعية والبشرية التي أثرت في بناء الأشكال والظواهر الأرضية وتغيراتها مع مرور الزمن. إضافة إلى ذلك أدت هذه المخاطر والتحديات إلى ظهور العديد من المشكلات البيئية كاستنزاف الموارد الطبيعية وخلل في التوازن البيئي، وهذا شكل عائقًا أمام تحقيق التنمية المستدامة في المنطقة. وأيضًا توصلت الدراسة إلى أن الانزلاقات والانهيارات الأرضية تتركز في جنوب غرب حوض صنعاء؛ التي ترتبط بتفاعل العوامل والعمليات الطبيعية والبشرية، حيث أثرت العمليات البشرية بنسبة عالية بتغير أشكال سطح الأرض خلال الفترة (1973-2019).

3-دراسة (موجان والجبلي،2017)، مخاطر الانهيارات الأرضية وقابلية التعرض لها في وادي ظهر غرب صنعاء-اليمن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، المجلد (س43) العدد (ع165)، بينت الدراسة أنواع الانهيارات المحتملة بحسب مستويات الأخطار، ففي المستوى العالي جداً يحتمل حدوث التساقط الصخري والانقلاب الكتلي والدحرجة في المستوى الذي يليه، وحدوث الانزلاقات المستوية في المستوى المتوسط.

4-دراسة (جميل ناجي،2014)، الانزلاقات الأرضية في الطرق الجبلية اليمنية أسبابها وكيفية الحد من تكرارها، مجلة جامعة العلوم والتكنولوجيا، صنعاء، اليمن، المجلد (13)، العدد (1)، هدف

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

البحث إلى دراسة حالتين من حالات الانزلاقات الأرضية المتعلقة بإنشاء الطرق الجبلية في اليمن، وتوصلت إلى أن المسببات الرئيسة لها كانت من صنع الإنسان بعدم التزام المنفذ للطرق بمعايير الأمان أثناء التنفيذ، وضعف الدور الإشرافي حيث تم وضع مخلفات شق الطرق على جانب الطريق في مكان غير أمن، علاوة على القطع الرأسي المفرط وما صاحبه من تفجير، واختيار فترة الشق في موسم مطير وبدون أي دراسة جيولوجية للمنطقة، بالإضافة إلى بعض العوامل الطبيعية المساعدة كالأمطار، وتخلص هذه الدراسة إلى أن حوالي (75%) من سكان اليمن يعيشون في إقليم المرتفعات الجبلية وبتشتت سكاني كبير، ومعظم التجمعات السكانية تتركز في مناطق شديدة الوعورة ما يجعل من إيصال الطرق إليها أمراً فيه الكثير من الصعوبات خاصة في موسم الأمطار، وذلك بسبب الميول الشديد للكثير من المنحدرات، التي تصل بعضها إلى أكثر من (80) درجة في بعض الأحيان، كذلك يسهم الإنسان في حدوث مخاطر الانزلاقات الأرضية عند إنشاء الطرق الجبلية مثل: ضعف التصميم والإشراف أو لسوء إدارة التنفيذ.

5-دراسة (العبيدي ومجوحان، 2009)، التوزيع الجغرافي لانزلاق الكتل الصخرية في محافظتي عمران والمحويت شمال غرب اليمن، مجلة كلية الآداب، جامعة صنعاء، المجلد (32)، العدد (2)أوضحت الدراسة الطرق والأساليب المتبعة من قبل الباحثون لتقييم أخطار الانهيارات الأرضية، بما يتناسب مع طبيعة المنطقة، ووسائل البحث، وهدف البحث والإمكانات المادية، واستعانت هذه الدراسة بمنهجية (LPI) عند دراسة المخاطر في بعض مناطق اليمن.

6-دراسة (العبيدي، 2003)، ظاهرة الانزلاق والتساقط الصخري وأثرها على المجتمع السكني في منطقة مذبح منخفض صنعاء، المجلة الجغرافية اليمنية، العدد (2). أوضحت الدراسة أن العوامل الجيولوجية والحركات الباطنية العنيفة، وكذلك عمليات التعرية والمناخ القديم والحديث، لعبت

جميعها دوراً في تحديد جيومورفولوجية المنحدرات الجبلية وهو ما انعكس بدوره على استقرارية المنحدرات الصخرية، ونشاط ظاهرة الانهيارات الأرضية، خاصة على منحدرات حوض صنعاء.

الدراسات العربية:

من الدراسات العربية ما يأتي:

1-دراسة (العكام وحسين، 2015)، حركة المواد الأرضية ومخاطرها في محافظة أربيل، مجلة كلية التربية، جامعة المستنصرية، العراق، العدد (6)، ومن نتائجها تعرض المنحدرات الجبلية في محافظة أربيل إلى نشاط حركة المواد الأرضية والتي من أهمها: الانزلاقات الأرضية والتساقط الصخري والانقلاب الصخري والدحرجة والتدفق الحطامي والتدفق الطيني وزحف التربة.

2-دراسة (اللهيبي، 2019)، تحليل جيومورفولوجي لمخاطر الانزلاقات الأرضية على طريق خدران الجبلي شمالي العراق، مجلة مداد الآدب، كلية الآداب، الجامعة العراقية، العراق، عدد خاص بالمؤتمر (2018-2019م)، تسود أنواع مختلفة من الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة، منها الانزلاق الدوراني والهبوط الارضي، والانزلاق الاسفيني، والمركب، والانقلابية، والمستوي، وتسود الانزلاقات الدورانية والهبوط الارضي على باقي أنواع الانزلاقات الارضية.

3-دراسة (الأخضر، 2019)، المخاطر الجيومورفولوجية لحركة الكتل الصخرية على منحدرات الطريق الجبلي أبو غيلان بمنطقة غريان، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزاوية، ليبيا، ومن أهم النتائج لهذه الدراسة: أهم الانهيارات التي حدثت تتمثل في السقوط للصخور، والانقلاب للتربة والصخور، والزحف للصخور والتربة السلتية والحطام، أما الانزلاق فرصدت حالة واحدة فقط.

1. أنواع حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات الجبلية المطلة على طريق نقيل سُمارة:

مجلة المهرة للعلوم الإنسانية
مجلة علمية محكمة نصف سنوية
العدد الحادي عشر- جمادى الأولى ١٤٤٣هـ - ديسمبر ٢٠٢١
ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

اعتمد في دراسة حركة المواد الأرضية التي تحدث على المنحدرات المطلة على طريق نقيل سُمارة على تصنيف المخاطر الجيومورفولوجية لـ Varnes, 1978، وهو من التصنيفات الأكثر استخداماً وعلى نطاق واسع، وهو يقسم حركات المواد الأرضية إلى أنواع مختلفة وفقاً للمادة المكونة للمنحدر، ونوع الحركة. وفيما يأتي عرض لأهم أشكال حركة المواد الأرضية، ونوع المواد المساهمة في الحركة والمنتشرة في منحدرات منطقة الدراسة جدول (2).

جدول (2): تصنيف الحركات ونوع المواد المساهمة في الحركة على أسطح المنحدرات حسب تصنيف Varnes,1978.

نوع المواد			نوع الحركة
الصخور	الحطام	التربة	
سفوط صخري	سفوط الحطام	سفوط التربة	السفوط
الانهيار لانفلابي للصخور	الانهيار لانفلابي للحطام	الانهيار لانفلابي للتربة	الانهيار لانفلابي
انزلاق الصخور	انزلاق الحطام	انزلاق التربة	الانزلاق (المسنوي، الدوراني، الإسفيني)
انشار الصخور	انشار الحطام	انشار التربة	الانشار جانبي
ندفق الركام	ندفق الحطام	ندفق الطيني والارضي	الندفق الانسياب
زحف الصخور	زحف الحطام	زحف التربة	الزحف

وفي ضوء ذلك التصنيف قام الباحث برصد أنواع المواد والحركة الأرضية في منحدرات جبل سُمارة على النحو الموضح في الجدول (3).

جدول (3): إجمالي الحالات المشاهدة لكل نوع من أنواع حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات في المناطق الرئيسة لمنطقة الدراسة.

نوع حركة المواد الأرضية	عدد الحالات المشاهدة والمرصودة في المناطق الأربع لمنطقة الدراسة				المواد المكونة للحركة	مجموع عدد الحالات المرصودة	النسبة المئوية
	المنطقة الأولى الجنوبية (كسارة العنسي–قرية جن عرين)	المنطقة الثانية (قرية جن عرين–قرية دار حبة)	المنطقة الثالثة الوسطى (قرية دار حبة–قرية رباط هيوة)	المنطقة الثانية (قرية رباط هيوة–قرية بيت هديان)			
السقوط Falls	5				حطام+كتل	80	37.7%
		4			حطام+كتل		
			15 10 15		صخور حطام صخور+حطام		
				15 4 12	صخور حطام صخور+حطام		
الانزلاق المستوي Plane Sliding	1				صخور	47	22.2%
		4			الحطام + كتل		
			2 5 7		الحطام + كتل صخرية كتل صخرية حطام		
				4 4 5 15	تربة صخور حطام صخور+حطام		
الانزلاق الدوراني Rotational Sliding			8		الحطام	12	5.7%
				4	صخور+حطام		

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

نوع حركة المواد الأرضية	عدد الحالات المشاهدة والمرصودة في المناطق الأربع لمنطقة الدراسة				المواد المكونة للحركة	مجموع عدد الحالات المرصودة	النسبة المئوية
	المنطقة الأولى الجنوبية (كسارة العنسي–قرية جن عرين)	المنطقة الثانية (قرية جن عرين–قرية دار حبة)	المنطقة الثالثة الوسطى (قرية دار حبة–قرية رباط هيوة)	المنطقة الثانية (قرية رباط هيوة–قرية بيت هديان)			
الانزلاق الإسفيني Wedge Sliding			2		صخور	6	2.8%
				4			
الانهيار الانقلابي Toppling			3		كتل صخور	7	3.3%
				4			
تدفق الركام Debris Flow	4				ترسبات مختلفة من كتل صخرية إلى حبيبات	19	9%
			7				
				8			
			6 6		صخور حطام		
				10 12 5	صخور حطام صخور+حطام		
الانتشار الجانبي Lateral			2		صخور	2	0.9%
المجموع						212	100%

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م

الجدول(3) يوضح إجمالي عدد الحالات المشاهدة لأنواع حركة المواد الأرضية وأنواع المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عنها وتوزيعها المكاني في منطقة الدراسة، وفيما يأتي نبذة مختصرة لتلك المخاطر حسب نسبة تواجدها في المنطقة المدروسة:

1.1 السقوط:

يقصد به: سقوط المواد الأرضية المفككة مهما كان حجمها من المنحدرات شديدة الميل بحركة سريعة وفجائية. وقسمت حركة السقوط استنادًا إلى شكل الحركة فتكون سقوطًا حرًّا إذا كانت زاوية المنحدر جرفية بزاوية تصل إلى90 درجة، أما إذا كانت زاوية المنحدر بين 45 درجة وأقل من 70 درجة فتتخذ الصخور أسلوب القفز، وإذا كانت الزاوية 30 درجة وأقل من 45 درجة فالمواد ستتخذ الدحرجة سلوكًا (Dorren, 2003, pp 71-73).

تتجمع المواد الساقطة (الصخور، الحطام، التربة) أسفل المنحدرات لتكون الركامات الساقطة (Debris fall). وقد سجلت في منطقة الدراسة (المناطق الأربع الرئيسة) وعلى جانبي طريق نقيل سُمارة سقوط جلاميد صخرية مختلفة الأحجام، والحطام كما هو موضح بالجدول (3) حيث بلغ إجمالي عدد حالات السقوط المشاهدة حوالي (80) حالة، ما شكل نسبته (37.7%) من عدد حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية المرصودة والمحتملة الوقوع في منطقة الدراسة والبالغة حوالي (212) حالة، وبذلك تحتل ظاهرة السقوط الترتيب الأول بالمنطقة.

1.2 الانزلاق:

الانزلاقات الأرضية من الظواهر الجيولوجية الطبيعية التي تكثر في مناطق المنحدرات الجبلية، خاصة المنحدرات غير الجرفية، ويحدث الانزلاق عندما تكون المنحدرات مائلة أو تكون الفواصل والشقوق موازية لسطح المنحدر. وتحدث حركة المواد الأرضية المنزلقة بصورة سريعة ومفاجئة؛ سواءً كانت صخوراً (Rock Slide) أم حطاماً (Debris Slide) أم تراباً (Soil Slide)، وتكون هذه المواد ملاصقة للمنحدر مباشرة، وتحدث الانزلاقات على طول المنحدر وليست مقصورة على منطقة محددة مثل السقوط، والانقلاب الصخري (Arthurl, 1978, pp177). ويشمل الانزلاق أنواعًا عدة منها: الانزلاق المستوي، والانزلاق الدوراني والانزلاق الإسفيني. حيث بلغ إجمالي

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

عدد حالات الانزلاق (المستوي، الدوراني، الإسفيني) المشاهدة حوالي (65) حالة، ما شكل نسبته (30.7%) من عدد حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية المرصودة والمحتملة الوقوع في منطقة الدراسة، وبذلك تحتل ظاهرة الانزلاق الترتيب الثاني في منطقة الدراسة من حيث عدد الحالات المرصودة، الجدول (3).

1.2.1 الانزلاق الصخري المستوي:

يسمى الانزلاق المستوي (Plane Slide) بالانزلاق الانتقالي (Translation Slide)، ويحدث على سطح يميل باتجاه أسفل المنحدر بزاوية تكون أصغر من زاوية المنحدر؛ إذ يشكل سطحًا بارزًا في وجه المنحدر (Goodman., et al, 2003, pp 1980). حيث تحدث حركة المواد الأرضية على سطح مستو بوصفها فاصلاً أو صدعًا أو سطح طبقة ولا يرافقها دوران(Singh and Goel, 1999, pp164-166). ومثلت حالات الانزلاقات المستوية المشاهدة في منطقة الدراسة حوالي (47) حالة، ما نسبته (22.2%) من إجمالي عدد حالات حركة المواد الأرضية المشاهدة بالمنطقة، الجدول (3).

1.2.2 الانزلاق الدوراني:

تتحرك المواد الأرضية (الصخور، الحطام، التربة) على مستوى مقعر (يشبه الملعقة) أو منحني موازي لاتجاه المنحدر بحيث يكون اتجاه حركة المواد إلى أسفل تصحبها استدارة للكتلة إلى الأعلى وإلى الخارج، ويحدث الانزلاق الدوراني (Rotational Slide) في المنحدرات الصخرية ذات الشقوق والفواصل الكثيرة (الانقطاعات) وباتجاهات مختلفة فوق التكوينات الجيولوجية شديدة الميل؛ وغالبًا ما يحدث في التكوينات الفتاتية والتربة وينتج عنها كتل هابطة. وفي منطقة الدراسة لوحظ وجود (12) حالة لظاهرة الانزلاق الدوراني على منحدرات المنطقة (المنطقة الثالثة الوسطى وفي المنطقة الرابعة الشمالية فقط) مشكلة ما نسبته (5.7%).

1.2.3 الانزلاق الإسفيني:

يحدث الانزلاق الإسفيني (Wedge Slide) عندما تلتقي مجموعتان من الفواصل (مستويا الانزلاق)، تفصل بينهما زاوية، ويحدث الانزلاق على طول هذه الفواصل فكلما قلت الزاوية بين الفواصل كانت الفرصة أكبر لحدوث الانزلاق، ويعتمد الانزلاق الإسفيني على أكثر من فاصل على عكس الانزلاق المستوي الذي يعتمد على فاصل واحد (Singh and Goel, 1999, pp164-166). الجدول (3) يوضح المناطق التي ظهر فيها حدوث الانزلاق الإسفيني في منطقة الدراسة حيث بلغ عدد الحالات المشاهدة للانزلاق الإسفيني حوالي (6) حالات بنسبة (2.8%) من إجمالي العدد الكلي لحالات حركة المواد الأرضية المرصودة بمنطقة الدراسة.

1.3 الزحف:

يُعد الزحف (Creep) من مظاهر نشاط حركة المواد الأرضية على المنحدرات الجبلية، بطيئة الحركة، وفي منطقة الدراسة تم رصد هذا النوع الذي يتميز بأن الجلاميد الصخرية تتحرك دون اختلاطها بأي رواسب أخرى، وأهم أسباب حدوث الزحف انفصال الكتل الصخرية وزحفها على سطح مائل أو حدوث انحناء للجزاء العلوي للطبقات الصخرية (كاظم، 2017، ص125)؛ إذ بلغ عدد الحالات المرصودة لظاهرة زحف الصخور والحطام حوالي (39) حالة بنسبة (18.4%) من إجمالي أنواع الحركة الأرضية المشاهدة بالمنطقة محتلة الترتيب الثالث بمنطقة الدراسة من حيث العدد، الجدول (3).

1.4 التدفق أو الانسياب:

الانهيارات الانسيابية أو التدفقية (Flows) هي حركات سريعة الحدوث، وتستغرق فترة زمنية طويلة نسبياً، وتحدث عندما تتحرك المواد الأرضية على المنحدرات (مثل خليط إسمنتي)، وتكون معظم

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

الانسيابات مشبعة بالماء وتتحرك على شكل لسان أو فص أو مروحة، ومن الانسيابات (التدفقات) التي تم ملاحظتها في منطقة الدراسة ما يأتي:

1.4.1 التدفق أو الانسياب الركامي (Debris flow):

يحدث عندما تجرف مياه الأمطار الناتجة عن العواصف الرعدية كميات هائلة من الصخور المفككة إلى أسفل المنحدرات الجبلية عن طريق المجاري المائية (الأودية المائية الموسمية) الموجودة بها. وتم رصد ظاهرة تدفق الركام على المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة، التي تتميز باحتوائها على مختلف الترسبات التي تتراوح أحجامها ما بين كتل صخرية كبيرة إلى حبيبات التربة، فضلاً عن مخلفات بقايا الأعشاب والأشجار، إذ بلغ عدد الحالات المرصودة حوالي (19) حالة، مشكلة ما نسبته (9%)، ويأتي بالمركز الرابع من حيث عدد الحالات المرصودة، الجدول (3).

1.5 الانهيار الانقلابي:

انهيار الكتل الصخرية (Rock Block Topple) بحركة دورانية باتجاه أسفل المنحدر، بسبب وجود الانقطاعات (الفواصل والشقوق) في المكاشف الصخرية (Amini, et al., 2012, pp 519-520). وفي منطقة الدراسة تم رصد انقلاب للصخور بواقع (7) حالات، بنسبة (3.3%) وكانت محصلة الانهيار الانقلابي في بعض المواقع الوصول إلى الخندق الموازي لطريق نقيل سُمارة وفي بعض المواقع المرتفعة والبعيدة عن الطريق ظلت في مكانها.

وتتعرض الطبقات الصخرية في منطقة الدراسة إلى احتمالية الانهيار بظاهرة الانقلاب، لاسيما في المنطقتين الثالثة الوسطى والرابعة الشمالية فقط من منطقة الدراسة، كما هو موضح بالجدول (3) الذي يوضح ظاهرة الصخور المعرضة لخطر الانقلاب بواقع (7) حالات ما نسبته (3.3%)؛ أي بالترتيب الخامس على الانهيارات الأرضية المرصودة بمنطقة الدراسة.

1.6 الانتشار الجانبي (الانهيار الجانبي):

يحدث عند وجود طبقة صخرية متماسكة تحت سطحية، تعلوها طبقة صخرية أقل تماسكاً، وعندما تتعرض المنطقة لحركات أرضية كالزلازل؛ فتنهار الطبقة العليا جانبيًّا (Highland, 2003,pp 1-48). وتتميز المنحدرات التي تحدث عليها حركة الانتشار الجانبي بأنها خفيفة الميل. وقد رصدت ظاهرة الانتشار الجانبي في منطقة الدراسة في المنطقة الثالثة الوسطى فقط بواقع حالتين مشكلة ما نسبته (0.9%).

2. التوزيع المكاني لأنواع حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات الجبلية في مناطق الدراسة الرئيسة:

اعتمادا على الجدول (1) والذي يوضح الأقسام (المناطق) الرئيسية الأربع لمنطقة الدراسة تم إجراء دراسة تفصيلية للتوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية ومخاطرها الجيومورفولوجية وأهم المواد المكونة لها في تلك المناطق كما يأتي:

2.1 المنطقة الأولى الجنوبية (كسارة العنسي–قرية جن عرين):

طريق نقيل سُمارة الجبلي، يبدأ من الجنوب من (جسر الدليل) بالقرب من (كسارة العنسي) للأحجار وصولاً إلى مشارف مدينة (كتاب) شمال منطقة الدراسة؛ إذ يبدأ الطريق من ارتفاع 1600م فوق مستوى سطح البحر؛ آخذاً بالصعود تدريجيًّا بشكل حلزوني ليصل إلى قرية (جن عرين) عند ارتفاع 2000م (طول الطريق في المنطقة الأولى–الجنوبية 3.54كم).

من خلال الجدول (4) تبين أن طريق نقيل سُمارة المار عبر المنطقة الأولى الجنوبية أقل تعرضًا لمخاطر الانهيارات الأرضية والانزلاقات الجبلية والناجمة عن حركة المواد الأرضية من أسطح السفوح والمنحدرات، حيث بلغ عدد الحالات المرصودة والمشاهدة في تلك المنطقة حوالي (10) حالات، ما نسبته (4.72%) من إجمالي عدد الحالات المرصودة بمنطقة الدراسة كلها، وأهم مخاطرها الجيومورفولوجية ظاهرة السقوط الصخري الذي يشمل السقوط (مواده الحطام والصخور)، الحر

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

والدحرجة والقفز، ويشكل ما نسبته (50%) من عدد حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية والمحتملة الوقوع في المنطقة الأولى الجنوبية، اللوحة (1)، يليه ظاهرة تدفق الركام بنسبة (40%)، ويحدث في المجاري المائية الموسمية، ترسبات مختلفة من كتل صخرية إلى حبيبات التربة اللوحة (2)، والانزلاق المستوي للصخور بنسبة (10%)، اللوحة (3).

جدول (4): التوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات على جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الأولى الجنوبية (كسارة العنسي–قرية جن عرين)

نوع حركة المواد الأرضية	الموقع والإحداثيات (كسارة العنسي-قرية جن عرين)	المواد المكونة للحركة	عدد المواقع (عدد الحالات المشاهدة)	النسبة المئوية
السقوط Falls	14° 12" 49' N-44° 22" 22' E	الحطام +كتل صخرية	5	50%
الانزلاق المستوي Plane Sliding	14° 11" 11' N-44° 21" 39' E	صخور	1	10%
تدفق الركام Debris Flow	14° 11" 13' N-44° 21" 29' E 14° 12" 00' N-44° 23" 10' E	ترسبات مختلفة من كتل صخرية إلى حبيبات التربة	4	40%
المجموع			10	100%

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (1): نماذج لحالات سقوط الصخور والحطام وإسهام الأشجار والنباتات الموسمية في استقرار المواد الأرضية على منحدرات الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الأولى. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

لوحة (2): نماذج لظاهرة تدفق الركام في المجاري المائية الموسمية على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الأولى. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (3): الانزلاق المستوي للصخور نتيجة للشقوق والفواصل (الانقطاعات) على صخور منحدرات على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الأولى. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

2.2 المنطقة الثانية (قرية جن عرين–قرية دار حبة):

في هذه المنطقة يأخذ طريق نقيل سُمارة بالارتفاع بشكل شبه حلزوني ليصل إلى قرية (دار حبة) عند ارتفاع 2400م (طول الطريق في المنطقة الثانية–قرية دار حبة 4.73كم)، إذ بلغ عدد حالات حركة المواد الأرضية المرصودة في هذه المنطقة حوالي (8) حالات، بنسبة (3.77%) من إجمالي حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة، أهم المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المواد الأرضية من المنحدرات المطلة والموازية للطريق، ظاهرتا السقوط، والانزلاق المستوي (للصخور والحطام) بنسبة (50%) لكل منهما من عدد حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية في المنطقة الثانية الجنوبية، الجدول (5) واللوحة (4).

جدول (5): التوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات على جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الثانية (قرية جن عرين–قرية دار حبة).

نوع حركة المواد الأرضية	الموقع والإحداثيات (قرية جن عرين–قرية دار حبة)	المواد المكونة للحركة	عدد المواقع (عدد الحالات المشاهدة)	النسبة المئوية
السقوط Falls	14°12″55′N-44°23″21′E	الحطام +كتل صخرية	4	50%
الانزلاق المستوي PlaneSliding	14°12″50′N-44°23″15′E 14°13″10′N-44°24″43′E	الحطام +كتل صخرية	4	50%
المجموع			8	100%

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

لوحة (4): الانزلاق المستوي وسقوط الصخور والحطام نتيجة للشقوق والفواصل (الانقطاعات) على صخور منحدرات جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الثانية. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

2.3 المنطقة الثالثة الوسطى (قرية دار حبة–قرية رباط هيوه):

طريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة الوسطى يأخذ مساراً تكثر فيه الانعطافات والالتفافات على الجانب الغربي لجبل سُمارة، ماراً ببعض الأودية الموسمية الصغيرة والقرى، ومارًّا بمناطق خطرة شديدة الانحدار ليصل إلى ارتفاع 2600م بالقرب من قرية (رباط هيوه)، (طول الطريق في المنطقة الثالثة–الوسطى 7.79كم)، وقد بلغ عدد الحالات المرصودة والمشاهدة في تلك المنطقة حوالي (88) حالة، ممثلة ما نسبته (41.51%) من إجمالي عدد حالات حركة المواد الأرضية المرصودة بمنطقة الدراسة، جدول (6)، ومن المخاطر الجيومورفولوجية المنتشرة بكثرة في هذه المنطقة ظاهرة السقوط التي تشكل ما نسبته (46%)، وأهم موادها الأرضية الصخور والحطام اللوحة (5)، ثم الانزلاق المستوي بنسبة (16%) معظمه انزلاق للحطام اللوحة (6)، أما ظاهرة زحف الصخور وزحف الحطام فشكلتا ما نسبته (14%) اللوحة (7) و اللوحة (8)، ويشكل الانزلاق الدوراني للحطام ما نسبته (9%) اللوحة (9)، أما ظاهرة تدفق الركام عبر المجاري المائية الموسمية فيشكل ما نسبته (8%) من عدد حالات الانهيارات والانزلاقات الأرضية المرصودة والمحتملة الوقوع في المنطقة الثالثة الوسطى، اللوحة (10).

جدول (6): التوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات على جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة الوسطى (قرية دار حبة–قرية رباط هيوه).

نوع حركة المواد الأرضية	الموقع والإحداثيات (قرية دار حبة-قرية رباط هبوه)	المواد المكونة للحركة	عدد المواقع (عدد الحالات المشاهدة)	النسبة المئوية
المنشوط Falls	14° 14′ 57″ N-44° 25′ 09″ E	صخور	15	46%
		حطام	10	
	14° 14′ 64″ N-44° 24′ 98″ E	صخور+حطام	15	
الانزلاق المستوي Plane Sliding	14° 16′ 00″ N-44° 24′ 28″ E	الحطام + كتل صخرية	2	16%
		كتل صخرية	5	
		حطام	7	
الانزلاق الدوراني Rotational Sliding		الحطام	8	9%
الانزلاق الأسفيني Wedge Sliding		صخور	2	2%
	14° 16′ 33″ N-44° 25′ 04″ E			
الانهيار الانقلابي Toppling	14° 16′ 37″ N-44° 25′ 20″ E	كتل صخور	3	3%
تدفق الركام Debris Flow	14° 14′ 41″ N-44° 24′ 66″ E	ترسبات مختلفة من كتل صخرية إلى حبيبات الترية	7	8%
	14° 15′ 08″ N-44° 24′ 56″ E			
	14° 15′ 58″ N-44° 24′ 75″ E			
	14° 16′ 59″ N-44° 25′ 25″ E			
الزحف Creep	14° 14′ 57″ N-44° 25′ 09″ E	صخور	6	14%
	14° 17′ 61″ N-44° 24′ 28″ E	حطام	6	
	14° 17′ 66″ N-44° 24′ 49″ E			
الانتشار الجانبي Lateral	14° 17′ 80″ N-44° 24′ 60″ E	صخور	2	2%
المجموع			88	100%

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (5): نماذج لظاهرة سقوط وتدحرج الصخور والحطام على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة.

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

لوحة (6): نماذج لحالات الانزلاق المستوي للصخور نتيجة لكثرة الشقوق والفواصل (الانقطاعات) في صخور المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة.
المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (7): نماذج للانزلاق المستوي ولسقوط الحطام على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة.

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (8): نماذج لحالات سقوط وزحف الصخور والحطام من على المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 8-2021-12م.

نماذج لظاهرة الانزلاق الدوراني للحطام الصخري

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

نماذج لظاهرة الانزلاق الانقلابي للصخور

نموذج لظاهرة الانزلاق الاسفيني للصخور

لوحة (9): نماذج لحالات الانزلاق الدوراني والانقلابي والإسفيني للصخور والحطام من على المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (10): نماذج لحالات تدفق الركام الصخري عبر المجاري المائية الموسمية على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م

2.4 المنطقة الرابعة الشمالية (قرية رباط هيوه–قرية بيت هديان):

طريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة الشمالية يستمر بالارتفاع إلى حوالي 2800 متر قاطعاً منحدرات شديدة الانحدار، ليصل إلى مشارف مدينة (كتاب)، (طول الطريق في المنطقة الرابعة-الشمالية 6.26كم)، ومن خلال الجدول (7) الخاص بالتوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات المطلة والموازية للطريق في المنطقة الرابعة الشمالية، تبين أن أكثر المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المواد الأرضية تتركز معظمها في الجانب الأيمن للطريق، وأن توزيعها المكاني أغلبه يتركز عند قرية رباط هيوه وصولاً لقرية بيت هديان (مشارف مدينة كتاب)، ومن خلال النزول الميداني للمنطقة تم تسجل أكثر حالات الانزلاق والانهيارات الأرضية التي حدثت والمحتملة الحدوث في هذه المنطقة وإذ بلغ إجمالي عدد الحالات المشاهدة حوالي (106) حالات؛ أي ما نسبته (50%) من إجمالي (212) حالة مسجلة في المناطق الأربع جدول(3).

ومن أهم المخاطر الجيومورفولوجية في المنطقة الرابعة الشمالية ظاهرة السقوط (صخور وحطام)، إذ شكل ما نسبته (29.25%) من عدد حالات الانزلاقات والانهيارات الأرضية المرصودة في هذه المنطقة لوحة (11)، ثم يليه الانزلاق المستوي بنسبة (26.42%) وأهم مواده (التربة والصخور والحطام) لوحة (12)، وشكل زحف الصخور وزحف الحطام ما نسبته (25.47%) لوحة (13)، أما ظاهرة تدفق الركام (7.55%) لوحة (14)، والانزلاق المستوي والدوراني والإسفيني فشكل كل منها ما نسبته (3.77%) لوحة (15) ولوحة (16).

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

جدول (7): التوزيع المكاني لحركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات على جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة الشمالية (قرية رباط هيوه-قرية بيت هديان).

نوع حركة المواد الأرضية	الموقع والإحداثيات (قرية رباط هيوه-قرية بيت هديان)	المواد المكونة للحركة	عدد المواقع (عدد الحالات المشاهدة)	النسبة المئوية
السقوط Falls	14° 18′ 12″ N-44°24′ 75″E 14° 19′ 49″ N-44°27′ 43″E	صخور حطام صخور+حطام	15 4 12	29.25%
الانزلاق المستوي Plane Sliding	14° 18′ 50″ N-44°24′ 88″E	تربة صخور حطام صخور+حطام	4 4 5 15	26.42%
الانزلاق الدوراني Rotational Sliding		صخور+حطام	4	3.77%
الانزلاق الأسفيني WedgeSliding	14° 19′ 70″ N-44°27′ 90″E	صخور	4	3.77%
الانهيار الانقلابي Toppling	14° 17′ 64″ N-44°24′ 32″E 14° 17′ 83″ N-44°24′ 51″E	صخور	4	3.77%
تدفق الركام Debris Flow	14° 18′ 29″ N-44°26′ 03″E 14° 18′ 50″ N-44°26′ 60″E	رسبات مختلفة من كتل صخرية إلى حبيبات الترية	8	7.55%
الزحف Creep	14° 18′ 30″ N-44°24′ 75″E 14° 19′ 71″ N-44°27′ 95″E	صخور حطام صخور+حطام	10 12 5	25.47%
المجموع			106	100%

المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (11): نماذج لحالات سقوط الجلاميد الصخرية من على المنحدرات المطلة على جانبي طريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (12): نماذج لحالات الانزلاق المستوي للصخور والحطام الصخري والتربة في المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (13): نماذج لحالات زحف الصخور والحطام من على المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

لوحة (14): نماذج لشواهد تدفق الركام في المجاري المائية الموسمية على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (15): نماذج لحالات الانهيار الانقلابي والانزلاق المستوي والانزلاق الإسفيني نتيجة لكثرة الشقوق والفواصل (الانقطاعات) في صخور المنحدرات المطلة على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

لوحة (16): الانهيار الانقلابي للكتل الصخرية نتيجة الشقوق والفواصل (الانقطاعات) في الطبقة الصخرية على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الرابعة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

3. العوامل المؤثرة في حركة المواد الأرضية المكونة للمنحدرات والمواد المستقرة عليها والمطلة على طريق نقيل سُمارة:

تتنوع العوامل المؤثرة في المنحدرات فمنها ما يكون عوامل إضعاف، ومنها ما يكون محفزاً لحركة المواد الأرضية وزيادة نشاطها، وفيما يأتي تأثير لأهم تلك العوامل في منطقة الدراسة:

3.1 الوضع الجيولوجي والتراكيب الجيولوجية لمنطقة الدراسة:

إن صخور المنحدرات الجبلية لمنطقة الدراسة التي تشهد ظاهرة الانزلاقات والانهيارات الأرضية تأثرت بالعديد من الصدوع والفواصل والشقوق (الانقطاعات) في أثناء تكون هذه الصخور من النشاط البركاني الثلاثي، فضلاً عن إلى تأثرها بالحركات التكتونية القديمة المصاحبة لانفتاح خليج عدن والبحر الأحمر في العصر الثلاثي، التي أدت إلى رفع أو خفض التكوينات الجيولوجية في المناطق؛ ما جعل بعض الصدوع والفواصل والشقوق تأخذ اتجاهات مختلفة لوحة (16 & 4) ومن ثم فهي غير مستقرة جيولوجياً؛ وجعل تلك المناطق المرتفعة شديدة الانحدار؛ ما سهل عملية التعرية الطبيعية التي تساعد على حدوث الانهيار والتساقط للكتل الصخرية. لذلك فالوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

غير مستقر؛ إذ تكثر الصدوع والفواصل والشقوق في أغلب منحدرات نظراً لسعة المسافة بين الفواصل والشقوق، وهذا ما تم ملاحظته من خلال النزول الميداني لمنطقة الدراسة، وتم ملاحظة زيادة في كثافة التكسرات والفواصل والشقوق في صخور بركانيات العصر الثلاثي والمتمثلة بالصخور البازلتية التي تأخذ الشكل العمداني لوحة (3 &4 & 6).

3.2 الهزات الأرضية والزلازل:

تسهم الهزات الأرضية في إحداث حالة ضعف في الصخور ومكونات المنحدرات في حال لم تعمل على انهيارها، وتعمل الهزات الأرضية على كسر حاجز التوازن للمواد الأرضية على أسطح المنحدرات (الأخضر، 2019، ص 56). ويمثل وجود الصدوع والفواصل والشقوق في منطقة الدراسة مؤشراً مهماً لتعرض المنطقة لهزات أرضية. وكما ذكر في المقدمة عن ظهور التشققات الأرضية في ذمار الواقعة شمال منطقة الدراسة، إذ لوحظ في 2021/8/8م انشقاق كبير ومفاجئ وعميق، في منطقة مديرية رضوان آنس التابعة لمحافظة ذمار، ويعزى سبب التشققات إلى الاجهادات والضغوط الأرضية التي تتحرر بشكل دوري على شكل تشققات، وقام المركز الوطني لرصد ودراسة الزلازل بدراسة منطقة الشقوق الأرضية في قاع جهران الواقع شمال منطقة الدراسة (طريق نقيل سُمارة)، حيث تبلغ المساحة الكلية لمنطقة الشقوق الأرضية بحدود (72كم^{2})، بطول (9كم) وعرض(8كم)، وقد شملت الشقوق الأرضية بداية من الشمال الغربي من مدينة معبر (قرية بني سرحان) وحتى الشمال الشرقي من معبر (قرية بني قوس)، وتضم (11) شقاً (جمعان، 2021)، كل هذا يدل على أن المنطقة معرضة لنشاط زلزالي مستمر، وبهذا فاحتمالية وقوع الانزلاقات والانهيارات الأرضية كبيرة في منطقة الدراسة.

3.3 عناصر المناخ والفترة الزمنية:

وتعد الأمطار أحد الأسباب الرئيسة التي تؤدي إلى حدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية في اليمن إذ تؤثر في الصخور بالعديد من الفواصل والشقوق، وفي منطقة الدراسة تُعد المياه أبرز محفزات

تحرك المواد الأرضية المكونة للمنحدرات الجبلية المطلة والموازية لطريق سُمارة؛ إذ إن معظم حركة المواد الأرضية تحدث في فصل الصيف خاصة الأشهر (يوليو وأغسطس وسبتمبر) وذلك بفعل أمطار غزيرة وفي بعض الأوقات تحدث عواصف مطرية شديدة فتعمل على سرعة النفاذ السطحي للماء خلال الترسبات الصخرية الهشة والمتمثلة بالتربة والحطام الصخري، فتعمل على سرعة انزلاقها وانجرافها إلى وسط الطريق. وتعد مياه الساقط المطري (المياه السطحية) عاملاً مهماً للتعرية المائية؛ إذ يُزيل نواتج التجوية الميكانيكية، وحدوث زحف للحطام الصخري وللتربة أو تدفق وانسياب الطين. ومع مرور الوقت تتشبع فراغات الصخور بالمياه، ما يؤدي إلى تفككها وتصبح تحت تأثير كتلتها وقوة الجاذبية الأرضية ويحصل الانهيار الأرضي.

وفي منطقة الدراسة لوحظ وجود عيون مائية موسمية في جوانب المنحدرات الجبلية نتيجة الأمطار الغزيرة؛ ما يسهم في حركة المواد الأرضية لوحة (17). أما درجة الحرارة فمنطقة الدراسة من المناطق الجبلية المرتفعة التي تتباين فيها درجة الحرارة ليلاً ونهارًا، ففي فصل الصيف تتراوح فيها درجة الحرارة العظمي ما بين (°35-°25)، وتنخفض في الليل فتتراوح درجة الحرارة الصغرى ما بين (°20-°15)، أما في فصل الشتاء فتتراوح درجة الحرارة العظمى ما بين (°26-°24)، وتنخفض في أثناء الليل لتصل إلى تحت الصفر مع حدوث موجة صقيع (ناجي، 2021، ص 446). نتيجة لاختلاف درجة الحرارة في أثناء الليل والنهار وهو ما تؤدي إلى استمرار تمدد الصخور وانكماشها ما يؤدي إلى خلخلة أجزائها وتفتتها؛ كما أن التغير في درجة الحرارة يؤدي إلى تولد ضغط وجهود متباينة في الصخور وفي اتجاهات مختلفة يكون نتيجتها بمرور الوقت حدوث التشققات في الاتجاهات المختلفة مما يساعد على تكسر الصخور وتهشما وتفتتها.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

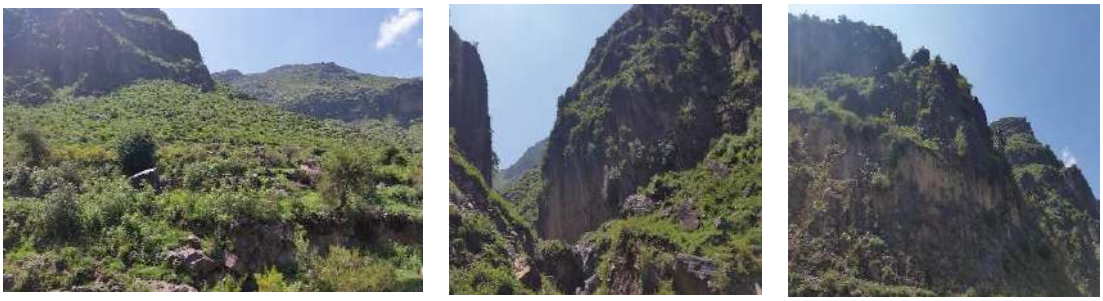
لوحة (17): شواهد لعيون مائية وتأثير المياه وسقوط الصخور وتدفق الركام نتيجة لغزارة الأمطار على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

3.4 الغطاء النباتي:

بشكل عام تُعد النباتات عاملاً مؤثراً في استقرار المنحدرات الجبلية؛ إذ يعمل الغطاء النباتي بوصفه عاملاً مثبتاً للمنحدرات ومن ثم فهو يزيد من متانة التربة من خلال قيام جذور النباتات بتثبيت التربة ويعمل على امتصاص المحتوى المائي الموجود أسفل طبقة التربة وبهذا يقلل من أهمية الماء

بوصفه عاملاً محفزًا للانهيارات الأرضية وبخاصة إذا كان الغطاء النباتي كثيفًا إلا أنه يمكن أن تحدث للمنحدرات انهيارات على الرغم من وجود غطاء نباتي كثيف نتيجة لحدوث تشبع بالمياه للطبقة السطحية (Rickli and Graf, 2009, p 33-34). ولكن في حالة أن يكون لدى الأشجار تأثير قليل على منسوب المياه فإن جذور هذه الأشجار يمكن أن تعمل على زحزحة ورفع للكتل الصخرية مسببة زيادة مخاطر حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات الجبلية.

يتوزع الغطاء النباتي خاصة النباتات الموسمية وبعض الأشجار في معظم أجزاء منطقة الدراسة في المناطق المستوية وفوق المنحدرات الخفيفة والمتوسطة الميل؛ حيث تعمل هذه النباتات الموسمية على تثبيت التربة والحطام والتقليل من عملية انجرافها وكذلك عملت دعامات للكتل الصخرية بمختلف أحجامها لوحة (18). ويقل الغطاء النباتي وينعدم في السفوح الصخرية الجرداء الخالية من التربة ذات الصخور الصلبة التي لا تساعد على نمو الغطاء النباتي.



لوحة (18): نماذج لاستقرار المواد الأرضية بفعل تواجد الأشجار والنباتات الموسمية فوق المنحدرات على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة في المنطقة الثالثة. المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 12-8-2021م.

3.5 المنحدرات الجبلية:

تختلف المنحدرات الجبلية من حيث زاوية ميلها، ويسهم هذا الاختلاف في تحديد حركة المواد الأرضية على أسطحها؛ فإذا كان المنحدر بسيطاً أو خفيفاً فليس بالإمكان أن يكون الانهيار

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

سقوطاً، وإنما الحركة الأكثر احتمالية للحدوث تكون زحفاً أو انزلاقاً مستوياً. إذاً تُعد المنحدرات الأرضية من بين أهم العوامل التي تسهم في نشاط الانزلاقات والانهيارات الأرضية في مناطق السفوح الجبلية التي تُعد من المناطق ذات الانحدارات المختلفة الميل. وتتصف منطقة الدراسة بسيادة الأراضي شديدة الانحدار مع التضرس الشديد في معظم أجزاء منطقة الدراسة، وسيادة المنحدرات التي تزيد درجة انحدارها عن 18 درجة وأكثر على ما نسبته (41.75%) من مجموعة المساحة الكلية للمنطقة، وأن معظم الامتداد الطولي لطريق نقيل سُمارة يقع ضمن فئة المناطق شديدة الخطورة (ناجي،2021، ص 449).

4. مخاطر الانهيارات والانزلاقات الجبلية الناجمة عن حركة المواد الأرضية على أسطح المنحدرات المطلة والموازية لطريق نقيل سُمارة:

تُعد منطقة الدراسة وبالأخص طريق نقيل سُمارة من المناطق التي تتعرض باستمرار لمخاطر الانهيارات الأرضية والانزلاقات الجبلية والناجمة عن حركة المواد الأرضية من أسطح السفوح والمنحدرات المطلة والموازية للطريق، ومن البيانات الموجودة في الجدول (3) تبين أن أكثر المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المواد الأرضية تتركز معظمها في الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة، وأن توزيعها المكاني أغلبه يتمركز في المنطقة الثالثة الوسطى (قرية دار حبة–قرية رباط هيوه)، طول الطريق فيها (7.79كم)، وفي المنطقة الرابعة الشمالية (قرية رباط هيوه–قرية بيت هديان) بطول (6.26كم)؛ ففي هذه المناطق تكثر فيها حالات الانزلاق والانهيار الأرضي التي حدثت والمحتملة الحدوث يعود ذلك إلى عدة أسباب أهمها ما يأتي:

4.1–جيولوجية المنطقة (البنائية والتركيبية)، وصخورها التي تكثر فيها الصدوع والفواصل والشقوق والتكسرات، كذلك قرب منطقة الدراسة من المناطق التي شهدت أحداثا زلزالية أبرزها زلزال ذمار عام 1982م؛ ما جعلها غير مستقرة معرضة لحدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية.

4.2-جيومورفولوجية منحدرات جبل سُمارة؛ إذ عملت الانحدارات شديدة الميل إلى تعرض طريق نقيل سُمارة لمخاطر الانزلاقات والانهيارات الصخرية؛ لأن معظم الامتداد الطولي للطريق يقع ضمن فئة الانحدارات شديدة الميل تقع ضمن (أكثر من 18°) (ناجي،2021، ص 449) وهي المنحدرات التي يمر بها الطريق.

4.3-غزارة الأمطار في منطقة الدراسة خاصة في فصل الصيف موسم سقوط الأمطار؛ إذ تعمل المياه الجارية على سفوح المنحدرات الجبلية على جرف التربة والحطام تساقط الصخور حيث تشكل قوة جريان المياه ضغطاً على الصخور التي تتكسر مع مرور الوقت وتسقط على طريق نقيل سُمارة، كذلك تسهم الأمطار الغزيرة في تغذية الينابيع المنتشرة في المنطقة؛ ما يؤدي إلى انبثاق العيون المائية في المنحدرات المطلة على طريق نقيل سُمارة مما يسهم في حركة المواد الأرضية.

4.4-تسهم درجات الحرارة المتباينة خلال أشهر السنة وخلال ساعات الليل والنهار في إضعاف وتفكك الصخور وزيادة في حدوث ظاهرة الانهيارات الأرضية، وكذلك تتعرض منطقة الدراسة إلى موجة صقيع شديدة في الساعات المتأخرة من الليل خاصة في فصل الشتاء، حيث تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر؛ ما يؤدي إلى تجمد المياه في الشقوق والفواصل الموجودة بالصخور وهو ما يؤدي إلى زيادة الضغط الداخلي مسببة قوة دفع تؤدي إلى حدوث ظاهرة الانزلاق الصخري علماً بأن الصخور البازلتية العمدانية الشكل منتشرة بكثرة على جانبي طريق نقيل سُمارة.

4.5-قرب المسافة ما بين الطريق والمنحدرات، وضخامة الكتل الصخرية المنهارة والمحتملة الانهيار، وعدم توافر أعمال الحماية المطلوبة لتفادي مخاطر الانزلاقات والانهيارات الأرضية.

5. طرق الحماية من مخاطر حركة المواد الأرضية من على أسطح المنحدرات المطلة والموازية لطريق نقيل سُمارة:

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

للتقليل أو للحد من انزلاق وانهيار المواد الأرضية المكونة للمنحدرات المطلة والموازية لطريق نقيل سُمارة هناك طرق ووسائل وإجراءات وقائية مهمة، منها ما يأتي كما هو موضح في الوحة (19):

5.1-استخدام وسائل وطرق مناسبة لتثبيت الصخور غير المستقرة مثل عمل الرشة الخرسانية أو الشبك السلكي أو الحواجز الخرسانية أو حواجز السلال الحجرية أو جدران استنادية أو خوابير ومراسي التثبيت.

5.2-توسيع المسافات بين حافة الطريق خاصة الجانب الأيمن للطريق، وأسفل المنحدر المقطوع لاستقبال أي مواد أرضية متساقطة ووصولها إلى سطح الطريق.

5.3-تفتيت وتكسير الكتل الصخرية المعلقة والمعرضة للسقوط أو الانقلاب إلى وسط طريق نقيل سُمارة أو التي تهدد القرى الموجودة أسفل المنحدرات التي توازي الطريق أو العمل على تثبت الكتل الصخرية الكبيرة باستخدام أعمدة خرسانية أو معدنية تخصص لهذا الغرض، أو العمل على إسقاط الصخور الأكبر ببطاء إلى جانب الطريق إذا كان هناك أرض مستوية صغيرة كافية لاستقرار الصخور عليها.

5.4-في منطقة الدراسة وعلى الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة هناك العديد من الجدران الحجرية بعض السلال الحجرية تبعد مسافة متر واحد عن الطريق ولكن ارتفاعها صغير يتراوح ما بين (3-2) متر لا يكفي لتفادي وصول الصخور الساقطة أو الانهيار الأرضي إلى وسط الطريق؛ لذلك على مصلحة الطرق العمل على زيادة ارتفاع الجدران الحجرية أو مد شبكة معدنية فوق تلك الجدران وتثبيتها بإحكام وذلك للحد من أي حركة للمواد الأرضية فوق الجدران.

5.5-تنظيف المجاري المائية على الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة من مخلفات السيول الموسمية (مكونات تدفق الركام) لكي لا تعمل على سد القنوات المائية الموجودة أسفل الطريق.

لوحة (19): نماذج لاستخدام الشبوك السلكية والسلال الحجرية وخوابير ومراسي التثبيت للحد من انزلاق وانهيار المواد الأرضية المكونة للمنحدرات.

6. النتائج:

1-تتصف تكتونية اليمن بأنها تكتونية بنائية توسعية ممثلة بخليج عدن جنوباً والبحر الأحمر غرباً، انعكس ذلك على جعل الوضع الزلزالي والبركاني لليمن نشطاً ما أدى إلى تكون تراكيب جيولوجية متنوعة (كالصدوع والفواصل والشقوق)، كذلك حدوث النشاط البركاني خلال العصر الثلاثي وبداية الرباعي أدى إلى تكون سلسلة من المرتفعات الجبلية العالية، والمعقدة التضاريس، كما هي الحال في منطقة الدراسة (جبل سُمارة) التي تكثر في صخورها الفواصل والشقوق والتكسرات؛ ما جعل الصخور غير مستقرة ومعرضة لحدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية، وجعل طريق نقيل سُمارة المار فيها يتعرض للعديد من المخاطر الجيومورفولوجية التي تؤثر سلبياً على الطريق وعلى حركة المارة ومستخدمي الطريق.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

2-لعبت العمليات الجيولوجية والحركات التكتونية دورًا بارزًا في تشكيل جيومورفولوجية المنحدرات الجبلية لمنطقة الدراسة، وهذا انعكس بدوره على استقرارية ونشاط حركة المواد الأرضية المكونة لأسطح تلك المنحدرات، ومن ثم زيادة في مخاطرها الجيومورفولوجية وتركزها على المنحدرات الشرقية لجبل سُمارة؛ أي المنحدرات المطلة والموازية للجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة.

3-عملت الانحدارات الشديدة لأسطح منحدرات جبل سُمارة على تعرض طريق نقيل سُمارة للعديد من المخاطر الانزلاقية والانهيارية الأرضية بسبب أن معظم الامتداد الطولي للطريق يقع ضمن فئة الانحدارات شديدة الميل، وكذلك لقرب مسافة المنحدرات من الطريق.

4-تلعب عناصر المناخ دورًا مهماً في زيادة تعرض طريق نقيل سُمارة للمخاطر الجيومورفولوجية؛ إذ إنها تعمل على إضعاف الصخور وتفككها وتفتتها، إذ تتباين وتتفاوت درجات الحرارة خلال أشهر السنة، وكذلك خلال ساعات الليل والنهار؛ فضلاً عن غزارة الأمطار ولارتفاع كمية الساقط المطري السنوي في منطقة الدراسة اسهام كبير في زيادة انتشار ظاهرة الانزلاقات والانهيارات الأرضية فيها وفي طريق نقيل سُمارة خاصة.

5-تتعرض المنحدرات الجبلية في منطقة الدراسة والمطلة والموازية لطريق نقيل سُمارة إلى نشاط حركة المواد الأرضية وأهم المخاطر الجيومورفولوجية الناجمة عنها: ظاهرة السقوط بعدد حوالي (80) حالة تم رصدها مشكلة ما نسبته (37.7%) من إجمالي عدد حالات حركة المواد الأرضية المشاهدة والمرصودة في منطقة الدراسة، ثم يليه ظاهرة الانزلاق المتضمن (الانزلاق المستوي، الدوراني، الإسفيني)، بحوالي (65) حالة مشاهدة ما نسبته (30.7%)، ظاهرة الزحف بواقع حوالي (39) حالة ما نسبته (18.4%)، ظاهرة تدفق الركام عبر المجاري المائية الموسمية بعدد (19) حالة مشاهدة بنسبة (9%)، أما الانهيار الانقلابي الصخري فقد رصد بواقع (7) حالات بنسبة (3.3%)، وأخيراً جاء الانتشار الجانبي للصخور بواقع حالتين بنسبة (0.9%).

6-أهم المواد الأرضية الرئيسية المكونة للحالات المشاهدة والمرصودة لطاهرة الانزلاق (المستوي، الدوراني، الإسفيني) في منطقة الدراسة فهي الكتل الصخرية، والحطام، والتربة، أما ظاهرة السقوط

فهي من أكثر الحركات الأرضية المرصودة والمحتملة الوقوع من المنحدرات المطلة لطريق نقيل سُمارة فموادها تتمثل في الصخور المنكشفة (جلاميد صخرية مختلفة الأحجام)، والمواد المكونة لظاهرة الزحف فهي الصخور والحطام، أما المواد المكونة لظاهرة تدفق الركام عبر المجاري المائية عبارة عن ترسبات تتراوح أحجامها ما بين كتل صخرية كبيرة إلى حبيبات التربة؛ فضلاً عن بقايا الأشجار، الانهيار الانقلابي مواده كتل صخرية كبيرة الحجم.

7-ومن خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى أن أكثر المخاطر الجيومورفولوجية للانزلاقات والانهيارات الأرضية تتركز معظمها في الجانب الأيمن لطريق نقيل سُمارة، وأكثر توزيعها المكاني يتركز في المنطقة الثالثة الوسطى، والمنطقة الرابعة الشمالية (من بعد قرية دار حبة وصولاً لمشارف مدينة كتاب عند قرية بيت هديان)، مشكلة ما نسبته (41.51%)، (50%) على التوالي من إجمالي عدد الحالات المشاهدة والمرصودة في منطقة الدراسة البالغة (212) حالة، فهاتان المنطقتان من أكثر المناطق خطورة لحدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية، بسبب الميل الشديد للمنحدرات، ولقرب المسافة من الطريق، ولضخامة الكتل الصخرية المنهارة والمحتملة الانهيار، وكذلك بسبب عدم توفر أعمال الحماية المطلوبة لتفادي هذه المخاطر.

المصادر والمراجع:

1-الأخضر، أبو القاسم، (2019)، المخاطر الجيومورفولوجية لحركة الكتل الصخرية على منحدرات الطريق الجبلي أبو غيلان بمنطقة غريان، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزاوية، ليبيا، .https://www.researchgate.net/publication/344392808

2-جمعان، عبد الغني، (2021)، ظهور التشققات الأرضية في ذمار، مقال في صفحة فيسبوك عبد الغني جمعان، يوم 2021/8/8م.

ISSN:2707-8655
EISSN:2707-8663

3-كاظم، عبدالحسين، (2017)، تحليل مخاطر جيومورفولوجية في منطقة بنجوين، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المستنصرية، بغداد، العراق.

4-ناجي، عادل، (2021): دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لأشكال المنحدرات الجبلية على جانبي طريق نقيل سُمارة إب-اليمن، مجلة الآداب جامعة ذمار، ذمار، اليمن، العدد (20).

5-Amini, L., Majdi, A. and Veshadi, M.A, (2012), Stability Analysis of Rock Slope Against Block-Flexure Toppling Failure. Rock Mechanics and Rock Engineering, Published online by Springer-Verlag, 45(4).

6-Arthur, L.B, (1978), Geomorphology (A systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms). Journal of Geography(Chigaku Zasshi), 87(5).

7-Dorren, L.K, (2003), A review of Rock Fall Mechanics and Modeling Approaches. Progress in Physical, Arnold Mathematical Journal, 27(1).

8-Goodman, R.E., Watts, C.F., Gillian, D.R. and Hang, H, (2003), Rock Slope Stability Computerized Analysis Package. WWW. Radford, earlt-cwatts.

9-Highland, L, (2003), An account of Preliminary Landslide Damage and Losses Resulting from the February 28, 2001. Nisqually, Washington, Earthquake, US Department of the Interior, US Geological Survey.

10-Rickli, C, and Graf, (2009), Effects of Forests on Shallow Landslides-Case Studies in Switzerland. Forest Snow and Landscape Research, 82(1).

11-Singh, B, and Goel, R.K, (1999): Rock Mass Classification. A practical Approach in Civil Engineering, Elsevier, 46.

12-Varnes, D.J, (1978), Slope Movement Types and Processes. In: Schuster, R.L, and Krizek, R.J., Eds, Ladslides, Analysis and Control, Transportation Research Board, Special Report (176), National Academy of Sciences.