

# الظواهرات الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة

د. محمود السيد شطا

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب - جامعة الإسكندرية



## ملخص

تعد الحافة الشمالية لمنخفض سيوة واجهة كويستا لهضبة مارماريكا الميوسينية , وأحد الأشكال الجيومورفولوجية الرئيسية من وحدات المنخفض الطبيعية, وتهدف الدراسة لإعداد قاعدة بيانات جيومورفولوجية للحافة ورصد تغيراتها الجيومورفولوجية , مع توضيح مناطق الخطورة بها، وتأثيراتها على الأنشطة البشرية.

يتضح من دراسة البنية الجيولوجية للحافة تأثرها بحركة رفع على شكل طيات مقعرة ترجع للميوسين الأوسط , بالإضافة إلى بعض الصدوع غير منتظمة الشكل المتأثرة بفواصل متعامدة وشبه متعامدة، وهي من أوضح التراكيب الجيولوجية بالحافة شمال مدينة سيوة، ومن خلال التحليل المورفومتري للقطاعات الميدانية نجد سيادة نسبة الانحدارات المقعرة بالحافة، نتيجة ظهور تتابعات من صخور الحجر الجيري فيما بينها طبقات ضعيفة من الطفل والصلصال والمارل والكالسيت المتآكلة بفعل عملية التقويض السفلي للمسيلات المائية في الفترات المطيرة، مما أدى إلى أخذها الشكل السلمي.

ومن دراسة فئات تقوس منحدرات الحافة الشمالية للمنخفض, نجد سيادة مجموع أطوال العناصر المقعرة بنسبة ٤٦,٢ % من إجمالي أطوال القطاعات, والتي تتعرض قطاعاتها لعملية التساقط الصخري وتتسم بشدة انحداراتها, بينما تبلغ نسبة أطوال العناصر المحدبة ٤٤,٦ % وتنتشر بالمناطق الشرقية للحافة الشمالية وقرب مناطق التلال المنعزلة القريبة منها، وأن المنحدرات المستقيمة صفة تتسم بها الأقاليم الجافة نتيجة قلة المياه في الوقت الحاضر.

وأثبتت الدراسة أن معدلات سرعة تحرك المواد على المنحدرات تشترك مع معدلات الأمان, في عدم استقرار الحافة بسبب حركة المركبات على الطرق المؤدية للمدينة , وظهور أثر عمليتي التساقط والزحف الصخري بجوار حضيض التلال المنعزلة التي اقتطعت من السطح الأصلي فتسبب أخطار جيومورفولوجية بالقرب من مناطق الأنشطة البشرية.

# **Geomorphological Micro Features of the Northern Escarpment of Siwa Depression**

## **Abstract**

The northern escarpment of the Siwa Depression is the front of the marmarica plateau, one of the main geomorphological forms of physical Depression units. The study aims to develop a geomorphological database of the escarpment and observe its geomorphological changes, indicating their regions of hazard and impacts on human activities.

The study of the geological structure showed the escarpment was influenced by a Convex-Folds shaped of the Middle Miocene, one of the clearest geological structures north of the city of Siwa ,and the morphometric analysis of the field sectors, to indicate the slope of sequences of limestone rocks, among which are weak layers of the, clay, marl and calcite eroded by the under cutting erosion of the water in the rainy periods.

From the study of curves northern escarpment slope, the concave elements is 46.2% of the total length sectors, whose are exposed to rocky precipitation and characterized by steep slopes, while the length of the convex elements is 44.6% Near the nearby isolated hills and that the straight slopes are characterized by dry regions as a result of the shortage of water at present.

The study showed that rate of movement of materials on the slopes combined with safety rates, the instability of the escarpment due to the movement of vehicles on the roads leading to the city, and the impact of the processes of precipitation and rocky crawling near the bottom of the isolated hills cut off from the original surface causing geomorphological hazards near regions of human activities.

## الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة\*

مقدمة:

تمتد الحافة الشمالية لمنخفض سيوة بهيئة غير منتظمة، وتقع إلى الجنوب الغربي من ساحل مدينة مرسى مطروح التي تبعد عنها ٣٠٦ كيلو متراً، وهي عبارة عن واجهة كويستا لهضبة مارماريكا الميوسينية، وأحد الأشكال الجيومورفولوجية الرئيسية من وحدات المنخفض الطبيعية، وتقع منطقة الدراسة فيما بين دائرتي عرض ٢٠، ٢٩، ٣٢، ٢٩ شمالاً، وبين خطي طول ٣٠، ٢٥، ٣٢، ٢٦ شرقاً.

ويقدر طولها من الشرق إلى الغرب ٧٨ كيلو متراً، ويتراوح ارتفاعها بين ٨٠ - ١٧٠ متراً، وتحظى الحافة بتغيرات جيومورفولوجية ومناخية بطيئة في ظل المناخ الجاف الحالي، ويمكن اعتبار خط كنتور ١٠٠ متراً حدًا شماليًا للحافة، وخط كنتور ٥٠ متراً حدًا جنوبيًا، لتمثل مساحة مستطيلة تقدر بنحو ٤١٠ كم<sup>٢</sup>، ومتوسط انحدارها ٢٩ درجة وتزداد لتصبح ٣٤ شرق الحافة، نتيجة تقطيعها بالمسيلات المائية الجافة (شكل ١).

الدراسات السابقة:

وعلى الرغم من دراسة المنخفض بالعديد من الدراسات المتنوعة في العلوم الأرضية، إلا أنه لا توجد دراسة جيومورفولوجية تفصيلية اختصت بها الحافة الشمالية، ولكن تم ذكرها ضمن وحدات المنخفض، كما في دراسة محمود طه أبو العلا ١٩٥٦ للجغرافية الإقليمية لواحة سيوة، والتي انتهت بإبراز معالم المنخفض الطبوغرافية، وموارده المائية وعلاقتها بالسكان والزراعة، ودراسة حسين محمد القلاوي ١٩٨٠ للجغرافية الطبيعية للمنخفض، واهتمت بدراسة جوانبه المناخية والجيومورفولوجية والتربة وموارد المياه والنبات، ودراسة

\* د. محمود السيد شطا قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية.

حنان محمد حامد ١٩٩٤ للخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة، وأنتهت بإنشاء خريطة جيومورفولوجية وتفسير نشأته، ودراسة ممدوح تهامي عقل ٢٠٠٣ للتصحّر في تربة منخفض سيوة، من منظور جيومورفولوجي، ودراسة حسان أحمد سعيد ٢٠٠٥ للأشكال الهوائية بالمنخفض، ودراسة عزة أحمد عبد الله ٢٠٠٧ للتجوية الملحية في منخفض سيوة، ودراسة أحمد سامي النجار ٢٠٠٨ للتغيرات البيئية في منخفض سيوة دراسة تطبيقية، ودراسة هشام علي عبد الله ٢٠١٤ للسبخات في منخفض سيوة من حيث توزيعها وأهميتها الاقتصادية.

بالإضافة لمجموعة من الأبحاث الجيولوجية التي تم الاعتماد عليها في الدراسة الجيولوجية للمنخفض مثل دراسة ؛ (Gindy, A. & El ASkary, M., 1965) للتتابع الصخري والبنية الجيولوجية للمنخفض، و دراسة (Zkria, M., 1972) للتتابع الاستراتيجرافي وأهم العوامل التي أثرت في نشأة المنخفض، و (Essam, M., 1998) في دراسته لتوزيع العناصر المعدنية لسبخات المنخفض، و دراسة (Hammad, et al., 2000) لتدفيق المياه في أرضية المنخفض، والتي أفادت في معرفة أقدم التكوينات الجيولوجية في منخفض سيوة.

#### مصادر البحث وأساليبه:

اعتمدت الدراسة الحالية لحافة المنخفض الشمالية، على عدة مصادر ، من أهمها الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١: ٥٠٠٠٠ لعام ١٩٧٠، إصدار هيئة المساحة العسكرية أرقام (٩٠، ٩١، ٩٢ حتى ١٠٩)، والخريطة الجيولوجية لمنخفض سيوة عام ١٩٨٦ إنتاج كورال كونكور للبترول، والمرئية الفضائية (Land Sat ETM 2000b) إصدار الهيئة المصرية العامة للاستشعار من بعد وعلوم الفضاء، والصور الفضائية من خلال (Google Earth, 2014).

واعتمدت أيضاً على الدراسات الميدانية المتعددة للمنخفض، وحافته الشمالية، مستخدماً بعض أدوات القياس لقطاعات الحافة والظواهرات الجيومورفولوجية الدقيقة بها، مثل جهاز GPS والبرانتون وجهاز أبني ليفل وشواخص وشرائط

الأمطار، والتي تم إدخال بياناتها الرقمية في برنامج (Arc GIS, V.10)، والإفادة من الأساليب الإحصائية والتحليلية لبرنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS).

#### أهداف الدراسة ومنهجها:

دراسة خصائص الظواهر الجيومورفولوجية بحافة المنخفض وخاصة الدقيقة وأثرها في نشأة حافته، وإعداد قاعدة بيانات جيومورفولوجية للحافة ورصد تغيراتها الجيومورفولوجية، مع توضيح مناطق الخطورة بها، وتأثيراتها على الأنشطة البشرية.

وذلك من خلال استخدام منهجاً موضوعياً أصولياً، يتناول دراسة الحافة الشمالية دراسة تفصيلية، باعتبارها معلماً بارزاً في بيئة مغلقة، بالإضافة الى المنهج التحليلي التطبيقي، من أجل تحقيق العلاقات المكانية بين الظواهر على طول امتداد الحافة.

وأمكن تقسيم موضوعات الدراسة إلى العناصر الآتية، من أجل تحقيق

أهدافها:

أولاً: الخصائص الجيولوجية والمناخية للحافة الشمالية.

ثانياً: السمات الجيومورفولوجية للحافة، وخصائصها المورفومترية.

ثالثاً: الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية للمنخفض.

رابعاً: ارتباط الظواهر الدقيقة بنشأة الحافة الشمالية.

خامساً: الأخطار الجيومورفولوجية وأثرها على الأنشطة البشرية بالحافة.



شكل (١) موقع الحافة الشمالية لمنخفض سيوة

(المصدر : Google Earth, 2014, ARC GIS V.10)

أولاً: الخصائص الجيولوجية والمناخية للحافة الشمالية:

أ- الخصائص الجيولوجية:

تعد الصخور الجيرية من أبرز أنواع الصخور الأخرى بحافة المنخفض الشمالية، وقد أوضح التتابع الطبقي إلى تداخل شرائح من الطفل والمارل والجبس والكالسيت بين طبقاتها، واتضح من خلال دراسة رشدي سعيد عن تكوينات عصر الميوسين الأوسط في منخفض سيوة (Said, R., 1962, p. 52)، الذي قسمه إلى تكوينين الأول تكوين مارمريكا Marmarica Formation ويتألف من الحجر الجيري الطباشيري، الذي يتخلله رقائق من الطفل، وسمكه ٧٩ متراً ، والثاني تكوين المغرة Moghra Formation، ويتكون من الحجر الجيري الحفري المتداخل مع الطفل والطين وسمكه ١٢,٧ متراً.

وقد قسم كل من الجنيدى والعسكرى (Gindy, A., Al Askary, M., 1969, p. 22) تكوين الميوسين الأوسط إلى ثلاث أعضاء الأول هو عضو هضبة الدفة: الذي يتألف من الحجر الجيري الطباشيري الحفري المتداخل مع شرائح المارل



والطفل وسمكه ١٢,٧ مترًا، ويقع أعلى الحافة الشمالية وسطح هضبة مارماريكا.

والعضو الثاني عضو حافة سيوة Siwa Escarpment: ويتكون من تتابعات من الحجر الجيري الطباشيري والحفري والدولوميت، وسمكه ٢٦ مترًا ويظهر في معظم أجزاء الحافة الشمالية للمنخفض

والعضو الثالث عضو الواحة Oasis Member : ويتكون من الحجر الجيري الحفري المتداخل مع شرائح الطفل والمارل وسمكه ٣٩ مترًا، ويظهر عند حضيض منحدرات الحافة والتلال المنعزلة ، وقد ترسبت صخور الميوسين الأوسط تحت ظروف بيئية بحرية دافئة وضحلة

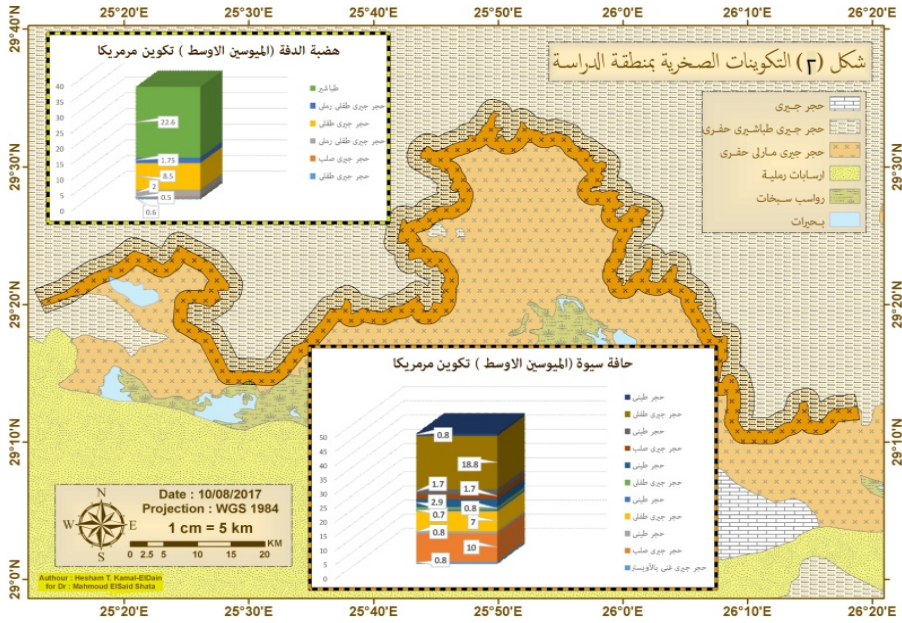
وتظهر إرسابات الزمن الرابع قرب حضيض منحدرات الحافة الشمالية للمنخفض، وهي على هيئة مفتتات صخرية ومواد ناعمة، تراكمت بفعل تأثير عمليات التجوية والتعرية المختلفة وتأخذ شكل المخروطي الرسوبي.

ومن خلال دراسة البنية الجيولوجية للحافة، يتضح تأثرها بحركة رفع على شكل طيات مقعرة ترجع للميوسين الأوسط؛ بالإضافة إلى بعض الصدوع المفصلية التي تظهر بوضوح شمال مدينة سيوة وجبل الدكرور، وبذلك تعد جزءاً من طية مقعرة غير منتظمة الشكل، متأثرة بفواصل متعامدة وشبه متعامدة، وهي من أوضح التراكيب الجيولوجية بالحافة (حسن العتر، ١٩٧٩، ص ٦).

ويتضح من الدراسة الميدانية، أن التراكيب الجيولوجية من أهم أسباب ظهور بعض عمليات الانهيارات الصخرية مثل التساقط والزحف الصخري؛ بالإضافة إلى بعض الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة، في المناطق ذات الانحدارات الشديدة من التي تزيد عن ٢٤ درجة وخاصة في الجزء الغربي في مناطق أهم الهبوس، وجبل الرخام ونقب الثغر (شكل ٢).

ويمكن القول أن هذه الفواصل المتعامدة وشبه المتعامدة على التكوينات الصخرية للحافة الشمالية، تساهم بشكل كبير في تكوين بعض عمليات انفصال الكتل الصخرية كبيرة الحجم الأكثر من مترًا واحد، بمساعدة عمليات التجوية

والتعرية، وتتخذ اتجاهات هذه الفواصل في اتجاه سائد (شمالي شرقي - جنوبي غربي)، واتجاه آخر ثانوي (شمالي غربي - جنوبي شرقي)<sup>(\*)</sup>، وبذلك فإن التكوينات الجيولوجية ونظم الصدوع والفواصل لها دور مهم في نشأة الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية للمنخفض، وساعدت على تطورها وتراجعها.



**شكل ( ٢ ) التكوينات الجيولوجية لمنخفض سيوة**  
(المصدر : الخريطة الجيولوجية - الأعمدة الجيولوجية - ARC GIS V.10)

<sup>(\*)</sup>تحددت هذه الاتجاهات من خلال قياس عشوائي للشقوق والفواصل عند أماكن المكاشف الصخرية بامتداد الحافة الشمالية بواسطة البرانتون ، فكان ٧٠ % منها يتطابق مع الاتجاه الرئيسي و ٢١ % يمثل الاتجاه الثانوي.



صورة (١) طبقات الطفل والكالسيت بين صخور الحجر الجيري المتأثرة بالتجوية والتعرية بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة قرب نقب المجهز (ناظرًا للشمال).



صورة (٢) آثار فعل الإذابة في صخور الحجر الجيري قرب منطقة المجهز بحافة المنخفض الشمالية (ناظرًا للشمال الغربي)

## ب- الخصائص المناخية:

يتصف مناخ منخفض سيوة بالقارية، نتيجة البعد عن ساحل البحر المتوسط مما أدى إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر في معظم شهور السنة حيث بلغ معامل القارية به ١٢,٦ ، وبلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة ٢٣ م، وبلغت أقصاها في شهر يوليو بمقدار ٣٠,١ م، وأقلها في يناير بمقدار ١٥,٦ م، وانعكس ذلك على التكوينات الصخرية على طول امتداد الحافة الشمالية للمنخفض وتأثرها بعمليات التجوية الميكانيكية صيفاً وشتاءً (جدول ١).

ومن خلال تتبع نسب هبوب الرياح على المنخفض وحافته، كانت الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة بنسبة ٣١ % من مجموع اتجاهات الرياح، وإذا أضفنا اتجاه الرياح الغربية لهذه النسبة تصبح نسبتها ٤٦,٥ % من مجموع اتجاهاتها، وأقل الاتجاهات كانت من نصيب الرياح الجنوبية بنسبة ٢,٨ % من إجمالي اتجاهاتها، وبلغت متوسطات سرعة الرياح في المنخفض (٩,٤٠ كم/ الساعة) وتصل إلى (١٢,٥ كم/ ساعة) في شهور فبراير ومارس وإبريل، مما يتسبب في زحف الرمال وتراكمها عند حضيض منحدرات الحافة.

وتنتقل حبيبات الرمال بالقفز والزحف، طبقاً لسرعتها وطاقتها، لتؤثر على صخور الحافة، حيث تبلغ سرعتها بين ١,٨ - ٤٨ كم/ ساعة في الربيع وأوائل الصيف (ممدوح تهامي عقل، ٢٠٠٤، ص ١٤٩)، وتسهم في تكوين بعض الحزوز الطولية بامتدادها وتكوين وتوسيع الحفر الصخرية في مناطق الفواصل والتكوينات الجيولوجية التي تتسم بالضعف الجيولوجي مثل الطفل.

ومن خلال دراسة المعدلات السنوية للرطوبة النسبية كانت نسبتها ٤٣ %، وتهبط هذه النسبة في شهور الصيف لتصبح ٣٢ %، وتزيد في الشتاء لتبلغ ٥٨ %، وترتبط الرطوبة بمعدلات التبخر في المنخفض، ففي فصل الصيف يصل معدله إلى ١٥,٨ ملليمتر في اليوم، ويقل إلى ٥,٤ ملليمتر يومياً في فصل الشتاء.

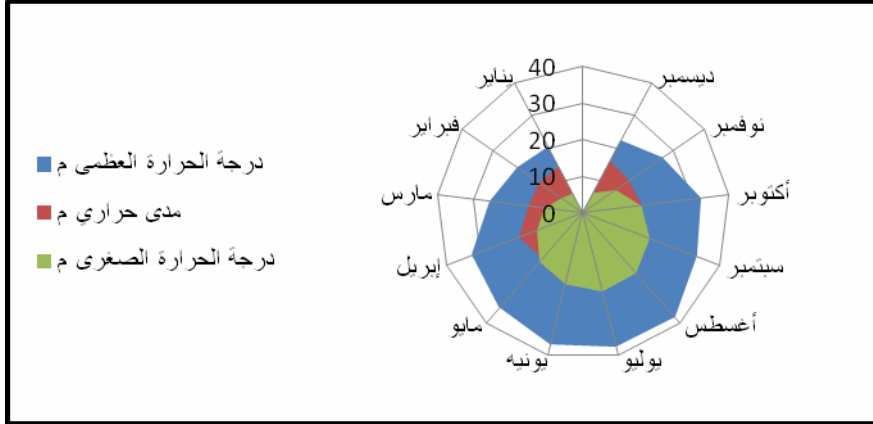
جدول (١) المعدلات الشهرية لبعض العناصر المناخية في محطة سيوة

الشهر	درجة الحرارة العظمى م	درجة الحرارة الصغرى م	مدى حراري م	سرعة الرياح كم/ساعة	الرطوبة النسبية %	التبخر مم/يومياً	المطر مم
يناير	٢٠,٣	٦,١	١٤,٢	٩,٣	٥٥	٦	١,١
فبراير	٢١,٧	٧,٢	١٤,٥	١٠,٩	٤٨	٧	٢,١
مارس	٢٥,٦	١٠,٦	١٥	١٢,٣	٤٠	١٠	٠,٣
إبريل	٣٢,٤	١٣,٧	١٨,٧	١٢,٥	٣٥	١٢,٥	١,١
مايو	٣٤,٥	١٧,٩	١٦,٦	١٠,٩	٣٢	١٥	١,٢
يونيه	٣٧,١	٢٠,١	١٧	٩,٧	٣١	١٥,٦	-
يوليو	٣٧,٨	٢٢,٢	١٥,٦	٩,٢	٣٤,٥	١٥,٤	-
أغسطس	٣٨,١	٢٢	١٦,١	٨,٧	٣٨	١٤,٢	٠,١
سبتمبر	٣٣,٤	١٩,٦	١٣,٨	٧,٦	٤١,٥	١١,١	١,٤
أكتوبر	٣٢,٦	١٦,٢	١٦,٤	٦,٩	٤٦	٩	١,١
نوفمبر	٢٦,٥	١١,١	١٥,٤	٦,٨	٥٣,١	٦,٢	٢,١
ديسمبر	٢٢,٣	٦,٣	١٦	٨,٢	٥٧	٥,٣	٢,١
المتوسط السنوي	٢٠,٠	١٤,٤	٩,٤	١٠,١	%٤٣	٩,٥	٠,٩٥

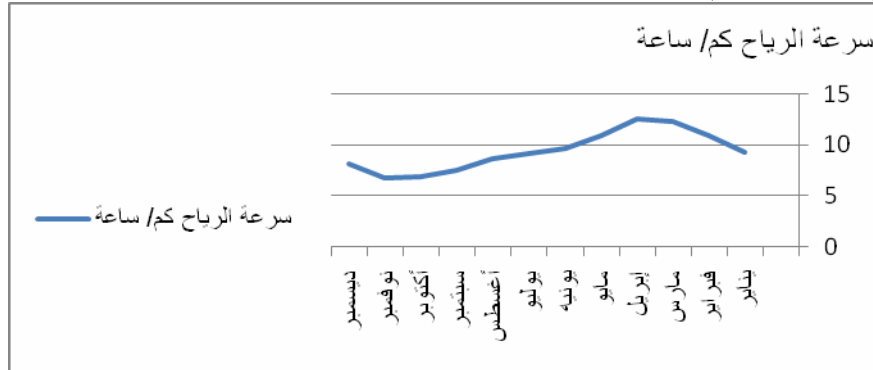
المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية في الفترة بين ١٩٧٥ - ٢٠١٢.

[www.docs.Lib.maooa.90v/Rescue](http://www.docs.Lib.maooa.90v/Rescue).

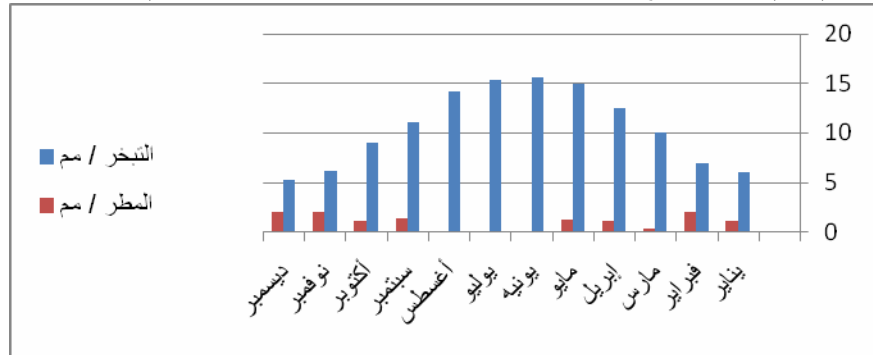
[www.tutiempo.net/en/climate/Siwa](http://www.tutiempo.net/en/climate/Siwa).



شكل ( ٣ ) درجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحرارى بمحطة سيوة عن الفترة ما بين (١٩٧٥ - ٢٠١٢)



شكل ( ٤ ) سرعة الرياح خلال شهور السنة بمحطة سيوة عن الفترة ما بين (١٩٧٥ - ٢٠١٢)



شكل ( ٥ ) معدلات التبخر والمطر الشهري بمحطة سيوة عن الفترة ما بين (١٩٧٥ - ٢٠١٢)

وبذلك يتسم مناخ المنخفض فى فصل الصيف بارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض الرطوبة النسبية، وارتفاع معدلات التبخر، ويكاد يندم فيه سقوط الأمطار حيث يبلغ المتوسط السنوي لكميتها ٠,٩٥ ملم؛ ويصبح تأثيرها على الحافة حينما يحدث تساقط فجائى لها مسبباً السيول لتملاء المسيلات والأودية الجافة صغيرة الامتداد على الحافة.

وبلغت أكبر كمية مطر يومي في المنخفض ٢٥,٤ ملم في ٢١ / ١١ / ١٩٣٦م، وأخرى بلغت ٢٣ ملم عام ١٩٤٥م، لتحث نشاطاً لعمليات التجوية الكيميائية بالحافة وتؤدي لاتساع الشقوق والفواصل نتيجة إذابة تكوينات الحجر الجيري، وتعميقها للمسيلات المائية واتساعها، وإذابة طبقات الطفل الضعيفة بين تكوينات الحجر الجيري المختلفة.

وتتقطع الأمطار لعدة سنوات وتسود عملية التبخر وفقد المياه فى صخور الحافة الشمالية، لتتجمع بعض الأملاح فى الفواصل والشقوق وتتفاعل كيميائياً معها لتتشأ حفر وتكهفات بفعل عمليات التجوية الكيميائية (Cooke, et al., 1993, p. 141)

**ثانياً: السمات الجيومورفولوجية للحافة وخصائصها المورفومترية:**

**أ- السمات الجيومورفولوجية المميزة للحافة:**

يتسم منخفض سيوة بمظهر تضاريسي مغلق، محاط بحافات صخرية فى بيئة صحراوية، يتوسطه بحيرات مالحة، أكبرها المعاصر والزيتون وسيوة والمراقي وأغورمي، وتغطي حافته الجنوبية الكثبان الرملية كجزء من بحر الرمال الأعظم، وهى مظاهر طبيعية حددتها هيئة اليونسكو عام ١٩٧٢ باعتبارها قيمة عالمية من الوجهة العلمية والجمالية، يمكن استغلالها بشتى طرق التنمية السياحية والمستدامة .

وتحظى الحافة الشمالية للمنخفض بتغيرات جيومورفولوجية بطيئة، تؤدي فى المستقبل إلى تراجعها وتطورها، مما قد تسبب أخطاراً طبيعية على مختلف الأنشطة البشرية، التي تهيم على المدينة ومراكز العمران والخدمات

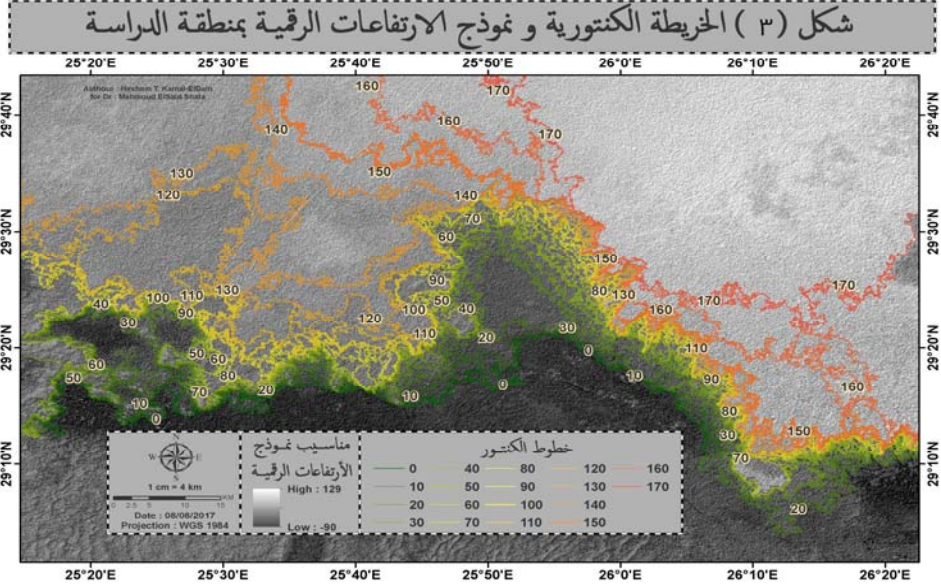
المترابطة مع مواردها المائية (أحمد سامي النجار، ٢٠٠٥، ص ١٦١)

وتمثل الحافة الشمالية جزءاً من واجهة كويستا لهضبة مارماريكا الميوسينية، والتي تتراوح مساحتها بين خطي كنتور ١٠٠ متر إلى ٤٠ مترًا نحو ٤١٦ كم<sup>٢</sup> وهي من أكثر مناطق الحافة انحدارًا، وتتخذ شكلًا سلميًا نتيجة استجابتها لعوامل وعمليات التجوية والتعرية، وخاصة في طبقات الطفل الضعيفة، وتؤدي إلى تكسر وتساقط طبقات الحجر الجيري، وتعمل على تراجعها للخلف مخلفةً تلالاً منعزلةً مقطّعة من السطح الهضبي الأصلي، مثل جبل الذكور (٨٠ مترًا) وقارة مساعد (٨٠ مترًا)، ويظهر بها تكوينات صخرية أكثر مقاومة للتجوية والتعرية .

وتمتد الحافة المدروسة من شرق منطقة جبل أبو بريح وارتفاعه (٨٨ مترًا)، وهو تل مستوى القمة شديد انحدار الجوانب؛ إلى منطقة جبل المجهز (٨٦ مترًا) الواقع غربي طريق سيوة مطروح بمسافة ٩,٥ كيلو مترًا، ويظهر بها ثلاث تتابعات صخرية مختلفة الارتفاع، ويبلغ عرضها ٧,٥ كيلو مترًا حيث يزداد العرض بالاتجاه غربًا، فالجزء الشرقي منها متوسط ارتفاعه ١٢٠ مترًا، ويزداد في الجزء الأوسط إلى ١٥٠ مترًا.

ويبلغ متوسط انحدارها فيما بين ٢٥ - ٥٨ درجة، وتقطع ببعض الأودية الصغيرة مثل وادي حويمل والطرفة ونميرة وتهيو وأبو بوريح، وتبدأ منابعها من خطوط تقسيم المياه أعلى سطح الهضبة بارتفاع ١٠٠ - ١٧٠ مترًا، وتسبب أخطارًا على الطرق ومناطق العمران البشري إذا حدثت سيول فجائية عليها، وتساعد في نشاط التعرية المائية والتجوية الكيميائية التي لها دورًا مهمًا في انفصال بعض التلال المنعزلة وشبه المنعزلة القريبة من الحافة





شكل (٦) الخريطة الكنتورية ونموذج الارتفاعات الرقمية للحافة الشمالية.

(المصدر: اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية وبرنامج ARC GIS

(V.10

#### ب- مورفولوجية ومورفومترية الحافة:

تتخذ منحدرات الحافة أشكالاً مختلفة (محدبة ومقعرة وسلمية) في وحداتها الصخرية، حيث تبدأ بوحدة قصيرة المسافة شديدة الانحدار + ٤٥ درجة، ثم سطح مقعر تتناقص فيه درجات الانحدار لأسفل المنحدر بمتوسط ٣٠ درجة، حتى تصل لحضيض الحافة بسطح محدب تتزايد فيه درجات الانحدار : ثم تقل بالتدريج إلى أسفل منحدر الحافة بمتوسط انحدار ١٠ درجات.

ومن خلال (جدول ٢) للتحليل المورفومتري للقطاعات الميدانية للحافة، نجد سيادة نسبة الانحدارات المقعرة، نتيجة ظهور تتابعات من صخور الحجر الجيري التي يظهر فيما بينها طبقات ضعيفة من الطفل والصلصال والمارل

والكالسيت المتآكلة بفعل عملية التقويض السفلي للمسيلات المائية في الفترات المطيرة، مما أدى إلى اتخاذ الحافة الشمالية الشكل السلمي ونتيجة نشاط عوامل التعرية و التجوية المسئولتان عن نشأتها وتطورها.

جدول (٢) التحليل المورفومتري للقطاعات الميدانية لحافة المنخفض الشمالية

شكل المنحدر	الطول المحذب الطول المقعر	الأطوال المقعرة (متر)	الأطوال المقعرة (متر)	فئة التصنيف	متوسط انحدار القطاع (درجة)	مجموع درجات الزوايا	عدد الزوايا	طول القطاع (متر)	رقم القطاع
مقعر	٠,٩	١٩٦	٢٨٥	متوسط	٢٣,٢	٣٧١	١٦	٤٨٢	١
مقعر	٠,٨	٢٨١	٣٣٤	شديد	٣١	٥٠٣	٢٣	٦١٥	٢
مقعر	٠,٩	٢٤٤	٢٥٨	متوسط	٢٦,٢	٥٢٤	٢١	٥٠٢	٣
مقعر	٠,٧	١٦٥	٢٢٥	شديد	٣٢,٤	٣٢١	١٥	٣٩٠	٤
محدب مقعر	١	١١٥	١١٥	شديد	٣٦,١	٢٩٥	١٤	٢٣٠	٥
محدب	١,١	١٦٦	١٤٨	شديد	٢٩	٣٤٥	١٧	٣١٤	٦
مقعر	٠,٨	٩٩	١٢١	متوسط	٢٥	٢٧٢	١٢	٢٢٠	٧
مقعر	٠,٨	١٨٣	٢٢٦	فوق متوسط	٢٨	٣١٧	١٩	٤٠٩	٨
مقعر	٠,٩	١٥٢	١٧٢	شديد	٣٢,٥	٢٩٥	٢٢	٣٢٤	٩
محدب	١,٢	١٣٧	١١٨	شديد	٣٦,٤	٣٠٨	١٧	٢٥٥	١٠
مقعر	٠,٩	١٧٣,٨	٢٠٠,٢	شديد	٢٩,٩	٣٥٥,١	١٧,٦	٣٧٤,١	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث (قياسات ميدانية).

حيث بلغ مجموع أطوال القطاعات المقاسة ميدانياً ٣٧٤١ مترًا، لعدد ١٠ قطاعات، متوسط طول القطاع فيها ٣٧٤,١ مترًا، وبلغت أعداد الزوايا لهذه القطاعات ١٧٦ زاوية بمتوسط ١٧,٦ زاوية للقطاع الواحد، بمتوسط درجة انحدار ٢٩,٩ درجة، ليعبر ذلك عن شدة انحدار الحافة، وان هناك علاقة تبادلية بين درجة الانحدار وعمليات التعرية وقد تنشأ المنحدرات في البداية بتأثير العوامل التكتونية، وتضفي على الحافة

شكلها المورفولوجي، ولكن تفاصيل شكلها الحالي هو نتاج عوامل وعمليات التجوية والتعرية المختلفة. وتظهر المنحدرات المستقيمة في مناطق عدم التغير في زوايا الانحدار، وخاصة في الأقسام العليا منها، والتي قد تكونت في فترات حركة رفع منتظمة .

### ج- تحليل زوايا الانحدار وفئات التقوس للحافة:

تم تعديل فئات انحدار (Young, A., 1972, p 173) بما يتوافق مع بيانات الدراسة الميدانية ولإظهار مدى التفاوت بين فئات الانحدار، و لوضوح الزوايا الشائعة ونسبتها المئوية، على طول قطاع المنحدر.

جدول (٣) تصنيف زوايا منحدرات الحافة الشمالية لمنخفض سيوة

شكل المنحدر	هين	متوسط	شديد	شديد جداً إلى جرفي
المدى	صفر-٩	١٠-٢٤	٢٥-٣٩	٤٠ +
الزوايا الشائعة	٣	١١	٣١	٥٥
الزوايا الحدية السفلى	صفر	١٠	٢٥	٤٠
الزوايا الحدية العليا	٩	٢٣	٣٦	٨٠
النسبة المئوية %	٤٤,٩	٢٩,٥	١٧,٧	٧,٩
عدد الزوايا	٧٩	٥٢	٣١	١٤

المصدر: من عمل الباحث - قياسات ميدانية.

جدول (٤) التوزيع التكراري لزوايا الانحدار والنسب المئوية للمسافات الأرضية

الفئة الانحدارية درجة	صفر	١٠-	٢٠-	٣٠-	٤٠-	٥٠-	٦٠-	٧٠-	٨٠-	٩٠-
النسبة المئوية %	١٤,٦	١٨,١	١١,٤	٨,٥	١١	٧,٤	١٢	٧,٥	٥,٦	٣,٩

المصدر: من عمل الباحث - قياسات ميدانية.

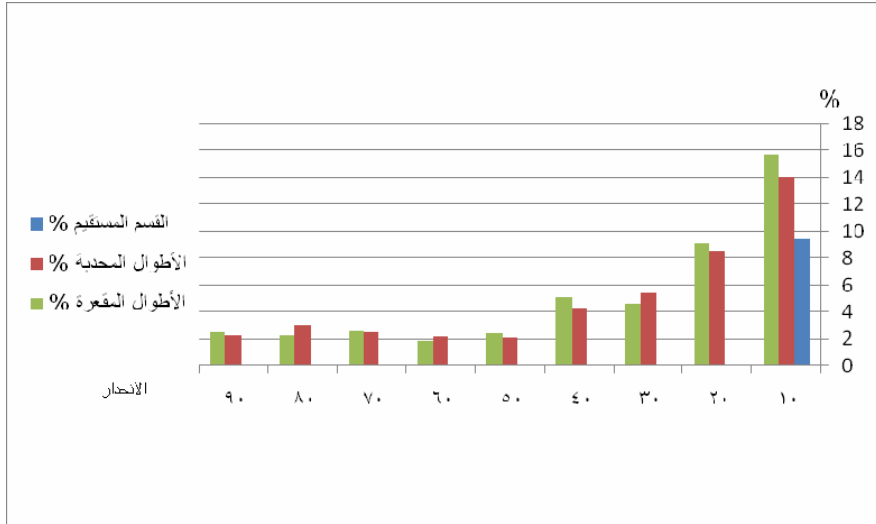
ويتبين من الجدولين السابقين سيادة الانحدارات الحفيفة والمتوسطة في زوايا انحدار الحافة ونسبتهما ٧٤,٤ %، وبذلك على تعرضهما لعوامل وعمليات التجوية بنسب أكثر من المنحدرات الأخرى، بينما سجلت زوايا

الانحدار الشديد والجرفي ٢٥,٦% مما يدل على صلابة تكويناتها الجيولوجية نوعاً ما عن باقي الانحدارات.

### جدول (٥) فئات تقوس منحدرات الحافة الشمالية لمنخفض سيوة

الفئة بالدرجات	-٩٠	-٨٠	-٧٠	-٦٠	-٥٠	-٤٠	-٣٠	-٢٠	-١٠	
أطوال العناصر المحدبة (متر)	١٦٦١,٤	٨٦	١١٦	٩٣,٥	٨٢,٣	٧٨,٦	١٦٠,٩	١٩٤,٦	٣٢١,٨	٥٢٧,٦
النسبة المئوية %	٤٤,٤	٢,٣	٣,١	٢,٥	٢,٢	٢,١	٤,٣	٥,٤	٨,٦	١٤,١
أطوال العناصر المقعرة (متر)	١٧٢٨,٦	٩٣,٥	٨٦	٩٧,٣	٧١,٣	٨٩,٨	١٩٠,٨	١٧٢,١	٣٤٠,٥	٥٨٧,٤
النسبة المئوية %	٤٦,٢	٢,٥	٢,٣	٢,٦	١,٩	٢,٤	٥,١	٤,٦	٩,١	١٥,٧
القسم المستقيم	٣٥١,٧	-	-	-	-	-	-	-	-	-
النسبة المئوية %	٩,٤	-	-	-	-	-	-	-	-	-

المصدر: من عمل الباحث - القطاعات الميدانية.



شكل (٧) النسب المئوية لأطوال انحدارات الحافة الشمالية لمنخفض سيوة

ومن خلال تحليل بيانات جدول (٥) لفئات تقوس منحدرات الحافة الشمالية للمنخفض، نجد سيادة مجموع أطوال العناصر المقعرة بنسبة ٤٦,٢ % من إجمالي اطوال القطاعات، وهي مناطق تتزايد درجات الانحدار في أجزائها العليا، والتي تتعرض قطاعاتها لعملية التساقط الصخري وتتسم بشدة انحداراتها. وتبلغ نسبة أطوال العناصر المحدبة ٤٤,٦ % من إجمالي أطوال القطاعات، وتنتشر بالمناطق الشرقية للحافة الشمالية، وقرب مناطق التلال المنعزلة القريبة منها، ولتقطعها بالمسيلات المائية.

والمنحدرات المستقيمة صفة تتسم بها الأقاليم الجافة، نتيجة قلة المياه في الوقت الحاضر، حيث كانت تحظى بكميات كبيرة من التساقط المطري في عصر البليستوسين ونشطت عمليات الإذابة وتحللت صخور الحافة الجيرية، وخاصة عند حضيض المنحدرات (Leopold, t.et al, 1964, p. 33).

وقد أثرت عدة عوامل على تفاوت أنواع وأشكال المنحدرات بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة من أهمها.

١- **نوع الصخر وبنيته الجيولوجية:** ولهما تأثيرًا كبيرًا في المناطق التي يكثر بها نظم الفواصل والشقوق، والتي مهدت لعمليات التجوية الكيميائية بإذابة صخور الحجر الجيري كما في منطقة أم الهيوس غرب الحافة الشمالية للمنخفض.

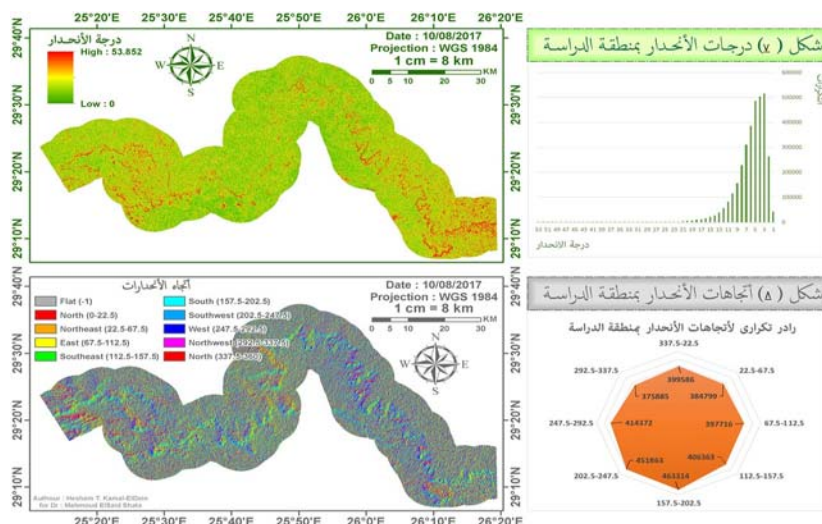
٢- **شكل المنحدر:** فتعدد نقاط التغير في انحدارات الحافة ومدى تفاوت تحرك المواد عليها من أهم هذه العوامل التي تغير من شكله، فسادت الانحدارات المقعرة بنسبة ٤٦,٢ % نتيجة تزايد درجات انحدارات أجزائها العليا.

٣- **المسيلات المائية الجافة:** حيث تضفي مظهرًا وعرًا للحافة، وتزيد من درجات انحداراتها، ولها دورًا مهمًا في عمليات التفكك الصخري والتقويض البيئوي في الجزء الشرقى من الحافة الشمالية.

**عمليات التجوية والتعرية:** ولهما تأثيرًا كبيرًا في تكوين الحزوز الطولية

والبروزات المدببة بصخور الحافة الشمالية للمنخفض، وخاصة في مواضع الفواصل المتعامدة، وتساعد أيضاً على ظهور عمليات الإذابة والزحف والتساقط الصخري التي تؤثر في شدة انحدارها، وبالتالي مسؤولة عن نشأة الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة، وتساهم في مراحل تطورها (Lee, W., et al., 2002, p. 5)

٤- صلابة الجزء العلوي من الحافة : وهو الجزء الأكثر مقاومة من الأجزاء السفلي من الحافة الذي يتسم بضعف مقاومة تكويناته الصخرية أمام عمليات التجوية وخاصة الكيميائية وتسود به العناصر المحدبة التي تتميز بالصلابة نوعاً ما من الأجزاء المقعر (محمد راشد عبود، ٢٠١٦، ص ١١١٧).



شكل (٧) درجات انحدار الحافة الشمالية لمنخفض سيوة، شكل (٨) اتجاهات انحدار الحافة الشمالية لمنخفض سيوة (المصدر من عمل الباحث بواسطة ARC GIS V.10)

ثالثاً: الظاهرات الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة:

تعد الظاهرات الجيومورفولوجية الدقيقة، من الأشكال الطبيعية التي لا تظهر على الخرائط أو الصور الجوية والفضائية، ولكن يمكن قياسها وإخضاعها للتحليل المورفومتري، من أجل معرفة مورفولوجيتها وتطورها.

ومن خلال دراسة الحافة الشمالية لمنخفض سيوة، أدرك الباحث عدم تقسيمها طبقاً لأشكال بنائية أو تحاتية أو إرسابية ؛ نتيجة تداخل بعضها مع بعض، واندراجها تحت أكثر من نوع في دراسة الظاهرة الواحدة ومن أهم هذه الظاهرات.

#### أ- تراكمات الهشيم الصغرى: Little Talus Comes

تعد تراكمات الهشيم من رواسب منحدرات الحافة الشمالية للمنخفض، التي تظهر على شكل مفتتات صخرية مختلفة الأحجام بامتداد حضيضها ، وأسفل مكاشفها الصخرية، وقرب مناطق الشقوق والفواصل المتعامدة وشبه المتعامدة التي أثرت فيها عوامل وعمليات التجوية والتعرية.

ويمكن مشاهدة تراكمات الهشيم في مناطق الانحدارات المتوسطة والشديدة، التي تتراوح درجات انحدارها بين ٢٤ - ٣٦ درجة، حيث تهبط الرواسب والمفتتات الصخرية الى اسفل بفعل الجاذبية الأرضية، ومع تزايد تراكمها تتخذ شكلاً مثلثاً قاعدته أسفل منحدرات الحافة وتسود به المفتتات الصخرية كبيرة الحجم، بينما يقل أحجام هذه المفتتات بالاتجاه لأعلى حتى رأس المخروط.

وتظهر هذه الظاهرة في المناطق الصخرية البارزة من الحافة ذات الوجه الحر، قرب منطقة نقب المجابرة شمال بحيرة الزيتون بالقرب من مدينة سيوة، وللعوامل الجيولوجية أثراً كبيراً في تكوينها ونشأتها مثل: التركيب الصخري، واختلاف نوع الصخر في التتابعات الاستراتجرافية وكثافة الشقوق والفواصل، بالإضافة إلى درجة تضرس المنحدرات وأشكال تقوسها، وتظهر أيضاً قرب مناطق تقطع

الحافة بالمسيلات المائية الجافة في ظل ظروف المناخ الصحراوي الجاف، ولكن مع سقوط بعض الأمطار تتحول المواد الناعمة إلى مادة لاصقة تحمي جسم المخروط من عوامل التعرية وتجعله صلباً (محمد مجدي تراب، ٢٠٠٥، ص ٦٥) كما في منطقة شمال بحيرة الزيتون.

#### جدول (٦) التحليل المورفومتري لبعض تراكمات الهشيم الصغرى بالحافة

المساحة م <sup>٢</sup>	متوسط درجة الانحدار	الارتفاع (م)	طول القاعدة (م)	المسلسل
٣١,٤	٣٠	٩,٧	٦,٤	١
٧٤,٥	٢٤	١٤,٦	١٠,٢	٢
٤٧,٩	٣٢	١١,٧	٨,٣	٣
١٠٧,٣	٢٨	٦,٥	١٣	٤
٩٣,٦	٢٢	١٥,٨	١٢	٥
١١٠,٩	٢٥	١٧,٥	١٢,٦	٦
٦٨,٨	٣٦	٨	٤,٨	٧
٦١,٧	٢٢	١٣,٤	٩,٤	٨
٢٦٨,٤	٢٧,٤	١٢,٢ متراً	٩,٦ متراً	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على قياسات ميدانية.

ومن خلال ما تم مشاهدته لمجموعة المخاريط المبينة بجدول (٦) يبلغ متوسط طول قاعدتها ٩,٦ متراً، ومتوسط ارتفاعها من المنتصف حتى رأس المخروط ١٢,٢ متراً، وأكبرها مساحة تبلغ ١١٠,٩ متراً مربعاً، وأقلها مساحة ١٨,٨ متراً مربعاً، وهي ظاهرة شائعة الانتشار عند حواف المنخفضات (حسن العتر، ١٩٧٩، ص ٢٥)، والتي تختلف أشكالها وأحجامها طبقاً لنشاط فعل عمليات التجوية والتعرية في ظل المناخ الجاف (حسن أبو العينين، ١٩٩٥، ص ٣٢٥).



## ب- كتل الزحف والتساقط الصخري : Block Creep & Rock Fall

تنتشر عمليتي الزحف والتساقط الصخري على طول امتداد الحافة الشمالية للمنخفض، وهما عمليتان لا يمكن مشاهدتهما في الميدان؛ ولكن يمكن التعرف على أثرهما، من المفصلات الصخرية والكتل الصخرية الضخمة عند حضيض الحافة.

ويتمثل الفرق بين عمليتي زحف الصخور والتساقط الصخري في أن الأولى حركتها بطيئة على منحدرات مصقولة، بينما التساقط حركة سريعة جافة تحدث عند أعالي الحافة، وخاصة في المواضع التي تتسم بالانحدارات الشديدة التي تزيد فوق ٣٠ درجة، ويضفي التساقط الصخري على المنحدرات شكل الإراضي الوعرة نتيجة تجمع صخوره ومفتئاته بشكل عشوائي (Eckel, E., 1958, p. 163)، حيث تقوم كلتا العمليتين بخفض وتراجع منحدرات الحافة الشمالية للمنخفض، بالإضافة لعمليتي التجوية والتعرية التي تخلفان أشكالاً متبقية، مثل التلال المنعزلة المقطعة من السطح الأصلي.

ومن خلال الدراسة الميدانية أمكن مشاهدة أثرهما في مواضع قطاعات الحافة، وأن معظم الكتل المتساقطة من أعليها كبيرة الحجم تزيد على المتر الواحد، حيث نجد لها مواضع تجويفية فارغة عند أعالي الحافة، لتدل على مكان تساقط هذه الأجزاء إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

كما ساعدت عملية التقويض السفلي من قبل المسيلات المائية في فترة البليستوسين وخاصة في التكوينات اللينة والضعيفة لصخور الطفل والصلصال، التي تم نحتها بسرعة أكبر من الأجزاء البارزة من تكوينات الحجر الجيري الصلب، حيث لا تجد ما تستند عليه من صخور، وتشتد نشاط هذه العملية إذا حدثت السيول الفجائية.

وتظهر بوضوح في مناطق المنحدرات المقعرة، والتي تتزايد درجات الانحدار في أجزائها العليا، بجانب خطوط الضعف الجيولوجي كما في مناطق الشقوق والفواصل، التي تتعرض أكثر لعوامل وعمليات التجوية والتعرية.

ومن خلال دراسة كثافة هذه الشقوق والفواصل وتأثيرهما على زيادة عمليتي الزحف والتساقط الصخري قرب جوانب طريق سيوة - مطروح الذي يقطع الحافة، أمكن دراسة ٤٥ فاصلاً في مسافة ١٠ متر<sup>٢</sup>، وكانت كثافة الشقوق فيها ٤,٥ شق في المتر المربع. ويمكن القول إن هذه النسبة كبيرة؛ نتيجة حركة مرور المركبات على الطرق التي تقطع الحافة، فتؤدي إلى عدم توازن واجهة الحافة، وخاصة في الأجزاء العليا منها مما يؤدي إلى تراجعها إلى الخلف بفعل عمليات التفكك الصخري (صابر أمين الدسوقي، ١٩٩٠، ص ١٩٠).

وقد اتضح من الدراسة أيضاً أن عمليتي الزحف والتساقط الصخري في الحافة، قد يكون لهما علاقة بتأثير التجوية الملحية في بعض مواضعها ، وخاصة في الأجزاء الغربية منها لقربها من مواضع السبخات، وبحيرة سيوة ، التي ينتقل منهما الأملاح بواسطة تدرية الغبار الملحي بواسطة الرياح ، لتستقر في مواضع الشقوق والفواصل مما تسهل في تجويتها.

ويظهر من تأثير التساقط الصخري من أعالي الحافة بعض الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة مثل : القشور الصخرية نتيجة تأثر الطبقات بالتمدد والانكماش نهاراً وليلاً في ظل المناخ الجاف، وقد اعتبر (Eckel, E., 1958, p. 61) تكوين المخروط الرسوبي ؛ نتيجة نشاط التساقط الصخري في المنحدرات شديدة الانحدار، والتي تتميز بعدم استقرارها.



صورة ( ٣ ) آثار عملية لزحف الصخرى بالقرب من مسيل مائي بحافة المنخفض الشمالية



صورة (٤) احدى الكتل الصخرية المتساقطة من الحافة الشمالية الغربية قرب نقب البقر في سبيلها الى التفكك الذى يؤدى الى انفصالها الى كتلتين فى المستقبل (ناظراً الى الشمال الغربي) .

## ج- المسيلات المائية الجافة Gullies:

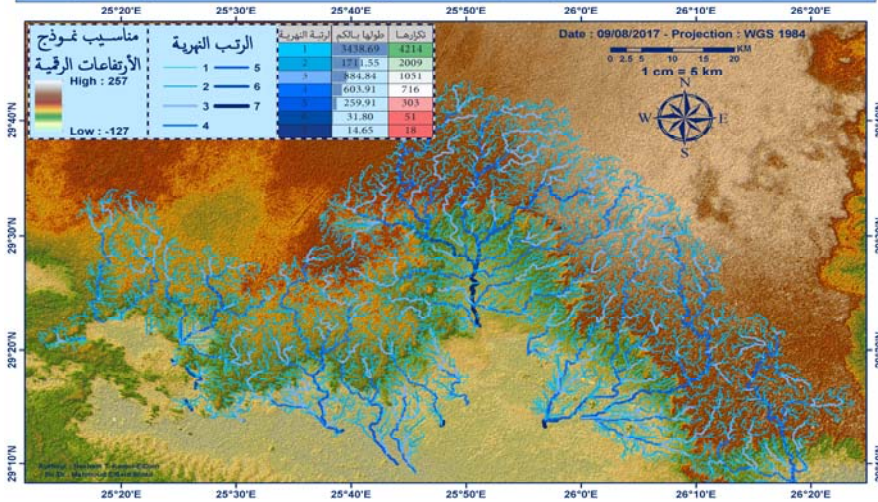
تظهر مجموعة من المسيلات المائية على طول امتداد الحافة الشمالية لمنخفض سيوة، وهي على شكل جداول مائية تتسم بتضرس جوانبها، وقد أنشأت لها شبكة من التصريف النهري يبدأ من أعلى الحافة وتصل أطوالها إلى الرتبة السادسة، وقد تكونت إبان عصر البلايستوسين، الذي كان يتميز بفترات مطيرة .

وتتميز هذه المسيلات بقصرها وشدة انحدارها ، وتتجه عكس اتجاه ميل الطبقات في بعض مواضعها Anti - dip type - Gullies ، ويلتحم بعضها مع بعض وتتقاطع في زوايا قائمة (حسن أبو العينين، ١٩٩٥، ص ١٣٢)، أنشأها فعل النحت الرأسي للمياه، وتنشط هذه المجاري حينما تسقط الأمطار أو يحدث جريان سطحي كبير .

وتتحد المسيلات المائية من أعلى الحافة بخطوط تقسيم مائية، حيث تظهر بوضوح في الجزء الشرقي من الحافة ، وهي على شكل مجاري مائية قصيرة وشديدة الانحدار تضي للحافة شكلاً مضطرباً، نتيجة تفاديتها عقبات وكتل صخرية كبيرة الحجم ، وحينما يتم سفي الرمال تتجمع في مجاريها مما يقلل من عمقها .

ولا يظهر لهذه المسيلات مراوح فيضية كبيرة المساحة، وذلك لطبيعة نمط التصريف المركزي الذي تتسم به شبكة تصريفها في صخور الحجر الجيري والمترابطة بعمليات الإذابة، مما يجعلها مسيلات مغلقة لا تصل معظمها إلى قاع المنخفض نتيجة شدة انحدار الحافة وتأثرها بخطوط الصدوع ونظم الفواصل .

## شكل (٦) الشبكة المائية والجريان السطحي بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة



## شكل (٩) الشبكة المائية والجريان السطحي للحافة الشمالية لمنخفض سيوة

المصدر: من عمل الباحث باستخدام المرئيات الفضائية وبرنامج ARC GIS V.10

ولعل ظهور العديد من عمليات التقويض السفلي على طول امتداد الحافة، من أثر فعل هذه المسيلات، وخاصة في تكوينات الطفل في أوقات الجريان المائي السطحي الفجائية الذي له دور ثانوي في نقل الرواسب والمعادن من حافة المنخفض إلى قاعه (Essam, M., 1998, p. 72)، ومن خلال دراسة مسيلات الحافة الشمالية للمنخفض، تم التعرف على اثنتي عشر مسيلاً أهمها مسيل أم حويلم والطرفة وتميرة و أبو بدع الكبير، وتتراوح أطوالها من ١٨٠ متراً إلى ٥ كيلو مترات.

وقد أنشأت هذه المسيلات بعض الظواهر الدقيقة بالحافة مثل؛ بعض الشعاب الكلسية التي تنتشر على هيئة طبقات أفقية لا تتعدى سمكها عدة سنتيمترات، وتظهر بين طبقات الحجر الجيري والطفل، حيث يرجح بأنها خطوط شواطئ قديمة، بنيت عليها هياكل لمستعمرات مرجانية وطحالب، وتتخذ شكلاً طويلاً بامتداد الحافة على الطريق الغربي المتجه إلى مدينة سيوة

#### د- الحفر الكارستية:

تكونت هذه الحفر بفعل عمليات الإذابة في صخور الحجر الجيري بحافة المنخفض الشمالية، بفعل المياه المتساقطة في أعقاب العصر المطير، ثم اتسعت في الفترة الجافة الحالية بواسطة فعل الرياح ، وهي التي أنشأت في صخور الحافة مايعرف بحفر التذرية (صلاح بحيري، ١٩٧٦، ص ١٩).

ويمكن القول ان هناك عدة عوامل قد أشرتكت في تكوينها، وتنتشر على واجهة الحافة في مواضع التكوينات الصخرية الضعيفة مثل الطفل والصلصال، وفي مناطق المكاشف الصخرية ،كما تظهر أيضاً على سطح الصخور المتساقطة من أعالي الحافة والتي استقرت قرب حضيضها، حيث تم مشاهدة الكثير من هذه الحفر في مواضع الشقوق والفواصل الصخرية، حيث أنها بمثابة عوامل ضعف جيولوجية مهدت لعمليات التجوية والتعرية المختلفة من إذابتها واتساعها.

وقد تلتحم هذه الحفر مع بعضها البعض، لتكون حفرة أكبر تسمى أوفالا Uvala ، حيث تتخذ أشكالاً قمعية ورأسية وأفقية في مواضع الفواصل المتعامد وشبه المتعامدة بمنطقة البيضاء غربي حافة المجهز، والتي يبلغ متوسط أطوال مجموعة من الحفر ٨٠ سم وعرضها ٥٥سم وعمقها للداخل ٦٠سم.

ومن المرجح زيادة اتساعها وعمقها مع تزايد معدلات النحت بواسطة الرياح، ونشاط التجوية الكيميائية في تكوينات الطفل والصلصال، وتؤدي إلى انفصال الكتل الصخرية وتفككها وإذابة المواد اللاحمة بواسطة عمليات التحلل ونتيجة تأثرها بعملية التجوية الملحية (Azza, A., 2007, p. 71).



صورة (٥) حفرة كارستية بمنحدرات الحافة الشمالية الشرقية قرب نقب المجابرة (ناظراً إلي الشمال الشرقي).



صورة (٦) أثار فعل الإذابة في صخور الحجر الجيري بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة غرب نقب المجهز - ناظراً إلى الشمال.

## هـ- حفر التذرية وحزوز الرياح:

وهي عبارة عن تجاويف تم نحتها في مناطق الصخور اللينة والتي تختلف أحجامها واتساعها من مكان لآخر على طول امتداد الحافة، مع استمرار عملية البري حتى تصبح كهوفاً Wind Caves (محمد مجدي تراب، ٢٠٠٥، ص ٣٢٣)، وقد تتكون حفر التذرية Deflation Hollows أولاً بفعل الإذابة في أعقاب الفترات المطيرة، ثم تؤثر الرياح في اتساعها.

وتظهر بالحافة الشمالية مجموعة من الحزوز، الرياح هي المسؤولة عن نشأتها في بعض مواضع الحافة، وهي عبارة عن حفر طولية خطية عمقها عدة سنتيمترات، تكونت نتيجة اصطدام وتلاطم حبيبات الرمال على الجانب المواجه للرياح السائدة، وخاصة في مناطق التكوينات الصخرية اللينة.

وأظهرت بعض الدراسات من أن التحليل المعدني للصخور التي تنشأ فيها هذه الحزوز في صخر الدولوميت بنسبة ١٨ %، والجبس ٧,٦ %، والكالسيت ٣,٣ % (أحمد سامي، ٢٠٠٠، ص ٦٤) حيث توجد أيضاً في الأجزاء السفلى من منحدرات الحافة الشمالية غرب نقب البقر، نتيجة تأثرها بالرياح المحملة بحبيبات الرمال بمعدلات أسرع من أعاليها (ممدوح تهامي عقل، ٢٠٠٠، ص ٥٩).

## رابعاً: ارتباط الظواهر الدقيقة بنشأة حافة المنخفض:

يمكن من خلال دراسة الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة بالحافة الشمالية لمنخفض سيوة، معرفة تأثير العوامل والعمليات المسؤولة عن نشأتها، وفهم طبيعة المنحدرات وتطورها (Lee, W., et al., 2002, p. 5) ، ومن تحليل قطاعات انحدارات الحافة ونقوسها، أمكن تحديد أكثر المناطق استجابته لهذه العوامل وكانت عند مواضع الضعف الجيولوجي، والتتابعات الصخرية المقعرة التي أثرت فيها الرياح السائدة، فأدت إلى تراجعها.

تشير معظم الدراسات الجيولوجية، إلى أن منخفض سيوة وحافته الشمالية ذو نشأة تكتونية تركيبية، أوجدت مجموعة من الشقوق والفواصل على



طول امتدادها (Hammed, F., et al., 2000), وإن العامل الجيولوجي المتمثل في الطية المحدبة التي نشأت في بدايته كانت تغطي المنخفض على شكل قبة التوائية، ثم نشطت بعد ذلك عملية الإذابة في العصر المطير إبان البليستوسين، ثم تبعها نشاط النحت الريحي في الفترة الجافة، ليعملا معاً على أتساع المنخفض، وإظهار حافته الشمالية.

وقد رجحت معظم الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية في قائمة الدراسات السابقة النشأة المركبة للمنخفض وحافته الشمالية والتي لها ترتيب محدد بعدة مراحل زمنية (Zakria, M., 1972, p. 18), المرحلة الأولى كان المنخفض مغطى بطية محدبة نتيجة قوى الشد والمد التي أدت لظهور الصدوع والفواصل، وفي المرحلة الثانية نشطت عوامل التعرية المائية في العصر المطير وبالتالي نشطت عمليات الإذابة الكيميائية في صخور الحجر الجيري والتي لها دوراً مهماً في حفر المنخفض ونشأته، ثم انتهت بالمرحلة الثالثة التي نشطت فيها عمليات التعرية الهوائية واستمرت من بداية الفترة الجافة إلى وقتنا الحاضر.

حيث نحتت الرياح الطبقات الصخرية الضعيفة واللينة فيما بين طبقات الحجر الجيري الصلب، فأدت إلى تساقط الصخور من أعالي الحافة فأدت إلى تراجعها واتخاذها الشكل السلمي المتعرج.

ولقد كان لدور المياه في العصر المطير أثراً مهماً في تحلل وإذابة الصخور الجيرية بما تحتويه من نسبة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، فأنشأت الحفر الكارستية والكهوف التي اتسعت وانهارت سقفوها، فعملت على توسيع المنخفض وتراجع حافته، وكان من أثرها ظهور مجموعة المنخفضات الصغرى التي توجد على سطح هضبة مارماريكا بطول امتداد الحافة الشمالية للمنخفض، لتقف دليلاً على نشاط فعل الإذابة، وأن المنحدرات المستقيمة في حافة المنخفض والتي تظهر في مناطق الأجزاء العليا منها قد تكونت في فترات حركة رفع منتظمة.

وبذلك تضافرت العديد من العوامل والعمليات الجيومورفولوجية القديمة والحالية، في نشأة الحافة الشمالية لمنخفض سيوة، وأن الأشكال الجيومورفولوجية الدقيقة مثل الحفر والحزوز والزحف والتساقط الصخري هم نتاج هذه العوامل على مدى زمني طويل، ولعملية الإذابة وما تحتويه الصخور الجيرية من محتوى كربوني، أثرًا مهمًا في تحلل صخورها وبالتالي تراجعها .

#### **خامسًا: الأخطار الجيومورفولوجية للحافة وأثرها على الأنشطة البشرية:**

تعد مدينة سيوة جزء من قاع المنخفض، الذي يتميز باستواء سطحه، وهى قريبة من حافته عند نهاية الطريق المرصوف الذي يقطعها من الشمال الى الجنوب،

وتتخذ المدينة الشكل المثلثي قاعدته تقع في الشرق بامتداد يتجاوز ثلاث كيلومترات ورأسه يقع في الغرب وطول ضلعيه يزيدان عن ٨٨ كيلو متراً، وتبلغ مساحتها خمس مساحة المنخفض (١٠٨٠ كم<sup>٢</sup>).

ويتركز معظم سكان المنخفض في مدينة سيوة بنسبة تقدر بنحو ٧٨% من إجمالي عدد السكان (فايز العيسوي، ١٩٨٨، ص ٢)، ويبلغ عدد سكانها ١٦٣٠٠ نسمة، بنسبة ٦,٤ % من عدد سكان محافظة مطروح عام ٢٠٠٦م، وارتبط توزيع السكان بمناطق المياه مثل الآبار والعيون والأراضي الزراعية والخدمات التي يتوافر فيها فرص العمل في مناطق الاستخدام العمراني الذي يبلغ مساحته ١١,٣ كم<sup>٢</sup> (أحمد سامي النجار، ٢٠٠٨، ص ١٦١).

وتضم مدينة سيوة مواقع طبيعية لها قيمة عالمية، يجب المحافظة عليها، من وجهة نظر فنية وجمالية لتراثها الثقافي، وبها مجموعة من الظواهر الجيومورفولوجية المتعددة وتشكيلات جيولوجية وكائنات مهددة بالانقراض، وجميع هذه العناصر محددة باتفاقية التراث العالمي الثقافي والطبيعي لهيئة اليونسكو عام ١٩٧٢.

ومن أجل ذلك يجب تحقيق التنمية المستدامة Sustainable development والتي تفي بمتطلبات الحاضر، دون الحد من قدرة الأجيال القادمة في تلبية متطلباتهم، ولذلك جاءت دراسة أخطار الحافة القريبة من مدينة سيوة، والتي لها أثرًا مهمًا على الأنشطة البشرية.

حيث من الممكن تقليل هذه الأخطار والتخفيف من آثارها؛ وخاصةً إن الحافة تمر بتغييرات جيومورفولوجية بطيئة، قد تؤثر في المستقبل على البيئة الطبيعية للمدينة، وأن شق الطرق وإنشاء المباني قرب منحدرات الحافة يجعلها في حالة غير مستقرة، تؤدي إلى تحركات صخرية تسبب أخطار مستقبلية حينما تتسع رقعة المدينة، والتي يظهر أتساعها من خلال رؤية العديد من المباني الحديثة قرب مدخلها وعند أسفل الحافة الشمالية للمنخفض.

وتؤثر الاهتزازات التي تسببها حركات المركبات على طريق مرسى مطروح سيوة الى عدم أستقرار منحدرات الحافة الشمالية، وتؤدي الى بعض أخطار من أثر اصطدام هذه المركبات بالصخور المتساقطة على الطرق، ومن خلال تطبيق معادلة سرعة حركة المواد على منحدرات الحافة في القطاعات الميدانية القريبة من مدخل المدينة ومعامل الأمان (جدول ٧).

$$\text{سرعة حركة المواد م/ ثانية} = \sqrt{2 \times \text{ارتفاع سطح المنحدر المكشوف} \times \text{الجاذبية الأرضية}} \\ \text{معامل الأمان للمنحدرات} = \frac{\text{ظل زاوية الاحتكاك}}{\text{ظل زاوية المنحدر}} \quad (\text{Kirkby \& Statham, 1975, p. 351 - 353})$$

(الناتج أقل من ١ المنحدر غير مستقر، من ١ إلى ١,٥ شبه مستقر أعلى من ١,٥ مستقيم)  
(Yingbin, Z., et al., 2012, p. 21)

جدول (٧) حساب سرعة تحرك المواد على قطاعات المنحدرات القريبة من المدينة

رقم القطاع	١	٢	٣	٤	٥	٦
ارتفاع القطاع (متر)	٤٨٢	٣٩٠	٢٣٠	٢٢٠	٣٢٤	٢٥٥
درجة انحداره	٢٣,٢	٣٢	٣٦	٢٥	٣٢,٥	٣٦٠
سرعة حركة المواد م / ث	٣٠,٧	٨٧,٤	٦٧,٢	٦٥,٧	٧٩,٧	٧٠,٧
معامل الأمان	١,٠٤	٠,٧١	٠,٦١	١,٠-	٠,٧٠	٠,٦١
درجة الاستقرار	شبه مستقر	غير مستقر	غير مستقر	شبه مستقر	غير مستقر	غير مستقر

المصدر: من عمل الباحث طبقاً للمعادلتين.

ويتبين من خلال تحليل (جدول ٧) أن معظم منحدرات الحافة على جانبي الطريق من مطروح إلى سيوة، غير مستقرة، وظهر ذلك في قطاعات (٢، ٣، ٥، ٦) وهي القطاعات التي تزداد فيها سرعة حركة المواد على منحدراتها.

وقد حدد (Chang, C., 2002, pp. 3-19) بعض العوامل التي تتسبب في الخطورة على المنشآت العمرانية والقريبة من المنحدرات، يمكن سردها في النقاط الآتية:

- ١- المسافة بين المنشآت العمرانية وأقرب الطرق الموصلة للمنحدرات.
- ٢- كثافة وانتشار الشقوق والفواصل والإنكسارات في هذه المنحدرات.
- ٣- الكثافة التصريفية للأودية والمسيلات المائية التي تقطع هذه المنحدرات.
- ٤- درجة تأثير عمليات التجوية والتعرية على المنحدرات.



صورة (٧) جزء من الحافة الشمالية لمنخفض سيوة والقريبة من احد التلال المنعزل ويظهر على طول أمتدادها الحزوز التي تسببها الرياح - ناظراً الى الشمال.



صورة ( ٨ ) أحد الطرق القريبة من تل منعزل غربى مدينة سيوة ويظهر اقتراب آثار عملية التساقط بالقرب منه - ناظراً تجاه الشمال.

ويمكن تطبيق هذه العوامل على بعض التلال الجزيرية المقطعة من السطح الأصلي والقريبه من مدينة سيوة, فنجد انتشار لعمليتي الزحف والتساقط الصخري وتراكم الرمال قرب حضيض منحدراتها وخاصةً قرب الطرق المرصوفة كما فى جبل سيوة (٣٨ مترًا)، وجبل الدكرور (٨٨ مترًا) وجبل الكوشا وجبل الموتى وقارة خميسا وجميعها تلال مبعثرة تظهر على أرضية المنخفض، ولعل محاولة تشجير أسفل هذه المنحدرات يقلل من حدوث عمليات الانهيارات الأرضية (فتحي عبد العزيز أبو راضي، ٢٠٠٨، ص ٤٩٠)، ويحمي هذه الطرق من الأخطار .

ويظهر بهذه التلال تعاقب صخرى يتكون من طبقات الحجر الجيري والمارل والطفل، حيث تؤثر التجوية بشكلاً أسرع في طبقات الطفل الضعيفة ، فتؤدي إلى حدوث عمليتي الزحف والتساقط الصخري، وتتخذ معظم منحدراتها الشكل السلمي ويظهر بها مجموعة كبيرة من الفواصل والشقوق، بالإضافة إلى بعض المسيلات المائية الجافة التي تزيد من درجات انحدارها فتتسبب في أخطاراً جيومورفولوجية على الطرق التي تظهر بجوارها وخاصةً القريبة من الأنشطة البشرية.

### النتائج والتوصيات:

خلصت الدراسة إلى أن الصخور الجيرية تسود منطقة الدراسة، يتخللها طبقات من الطفل والمارل والكالسيت والجبس، مما يؤدي إلى تجويتها وتعريتها بصورة أسرع وتتأثر الحافة الشمالية لمنخفض سيوة بمجموعة كبيرة من الفواصل المتعامدة وشبه المتعامدة ، والتي تساهم في انفصال الكتل الصخرية وتؤدي إلى الزحف والتساقط الصخري وبالتالي تطورها وتراجعها.

ويتبين من دراسة الخصائص المناخية الحالية للمنخفض، ارتفاع درجة الحرارة وزيادة معدلات التبخر معظم شهور السنة وخاصةً في فصل الصيف، وتساعد هذه العناصر المناخية على نشاط عمليات التجوية الكيميائية في مناطق الشقوق والفواصل، وتؤدي إلى اتساعها وإذابة التكوينات الضعيفة في

صخور الحجر الجيري، فتظهر الحفر والتكهفات الصخرية.

ومن خلال دراسة السمات الجيومورفولوجية و التحليل المورفومتري للحافة الشمالية، فهي تتأثر بتغيرات بطيئة تؤدي إلى تراجعها مخلفة تلال منعزلة شديدة انحدار الجوانب بالإضافة إلى سيادة الانحدارات المقعرة نتيجة تأثرها بالعوامل التكتونية التي بلغ مجموع أطوالها ٤٦,٢ % من إجمالي أطوال قطاعاتها الميدانية.

ويظهر بالحافة مجموعة من الظاهرات الجيومورفولوجية الدقيقة أمكن تتبعها على طول امتدادها، مثل مخرائط الهشيم وهي من الظاهرات الشائعة بها في ظل المناخ الصحراوي الجاف، والتي تختلف أحجامها طبقاً لمدى نشاط عمليات التجوية والتعرية، كما تنتشر عمليتي الزحف والتساقط الصخري بالحافة خاصةً عند درجات انحدار تبلغ ٣٠ إلى ٩٠ درجة لتضفي على منحدراتها المظهر الوعر في مناطق ذات كثافة عالية في أعداد الشقوق والفواصل التي تقدر بنحو ٤,٥ فاصل في المتر المربع الواحد.

وتتحد من الحافة بعض المسيلات المائية الجافة التي تتسم بنمط تصريف مركزي مرتبط بنظم الصدوع والفواصل، وعند حدوث السيول تتسع عملية التقويض السفلي في تكوينات الطفل الضعيفة، ويظهر بالحافة مجموعة من الحفر الكارستية نتيجة عملية الإذابة في مناطق المكاشف الصخرية بالحافة الشمالية، ويزداد اتساعها وعمقها مع زيادة نشاط التجوية الكيميائية، وتكون الرياح مجموعة من الحزوز الصخرية التي تنتشر في مواضع الصخور الدولوميتية.

وأثبتت الدراسة أن معدلات سرعة تحرك المواد على المنحدرات تشترك مع معدلات الأمان، وأن سطح منحدرات الحافة في حالة غير مستقرة؛ بسبب التحركات الناشئة من حركة المركبات على الطرق المؤدية للمدينة، ويوجد أثر عمليتي التساقط والزحف الصخري على الطرق بجوار حضيض التلال المنعزلة، التي اقتطعت من السطح الأصلي وتتخذ الشكل السلمي وتزيد درجات

الانحدار على جوانبها، وتسبب أخطار جيومورفولوجية على الطرق القريبة من مناطق الأنشطة البشرية.

وتوصي الدراسة، بإزالة الكتل الصخرية المتساقطة على الطرق أسفل منحدرات الحافة بصورة دورية، والعمل على تثبيت المفنتات الصخرية عند حضيضها بمواد كيميائية، وعدم استخدام تكوينات الحجر الجيري الطباشيري على جانبي الطرق بما يعرف بمحاجر الحجر الجيري التي يتم تقطيع كتله من الحافة والتلال المنعزلة فتأثر على حركة المركبات.

كما نوصي بعمل تدرج سلمي في بعض مواضع الحافة والتلال المنعزلة القريبة من المدينة، لتعطي مظهرًا جماليًا وتقلل من أخطار التساقط والزحف الصخري على الطرق القريبة منها.



## المراجع باللغة العربية:

- ١- أحمد سامي النجار (٢٠٠٨): التغيرات البيئية في منخفض سيوة، دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب-قسم الجغرافيا، جامعة الزقازيق.
- ٢- حسن العتر، محمد أمين، عادل رمضان (١٩٧٩): المميزات الاتجاهية والهندسية والتوزيعية للتلال المنعزلة في إقليم سيوة، المجلة المصرية للحسابات العلمية، مجلد ٢، العدد ٢، القاهرة.
- ٣- حسن سيد أبو العينين (١٩٩٥): أصول الجيومورفولوجيا - دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الطبعة ١١، الإسكندرية.
- ٤- حسن محمد القلاوي (١٩٨٠): منخفض سيوة - دراسة في الجغرافيا الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية البنات، جامعة عين شمس.
- ٥- حنان محمد حامد (١٩٩٥): الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنوفية.
- ٦- صابر أمين الدسوقي (١٩٩٠): تحليل سفوح الجزء الأدنى من وادي الرشراش بالصحراء الشرقية، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٢٢، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ٧- صلاح الدين بحيري (١٩٧٩): نحو تصنيف مورفولوجي لمنخفضات الصحراء، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد العاشر وحدة البحث والترجمة، الكويت.

- ٨- فايز محمد العيسوي (١٩٩٨): دراسة ديموجرافية لواحة سيوة-رؤية مستقبلية، ندوة نحو خريطة جديدة للمعمور المصري، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ٩- فتحى عبد العزيز أبو راضي (٢٠٠٨): الأصول العامة في الجيومورفولوجيا- علم دراسة أشكال يابس سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- ١٠- محمد راشد عبود، أميرة إسماعيل، جمال محمد علي (٢٠١٣): دراسة استقرارية المنحدرات الصخرية للتكوينات المكشوفة في طية حميرين الشمالية - شرق تكريت، مجلة علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة تكريت، العراق.
- ١١- محمد مجدي تراب (٢٠٠٥): أشكال سطح الأرض، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- ١٢- ممدوح تهامي عقل (٢٠٠٣): تصحر التربة فى منخفض سيوة من منظور جيومورفولوجي، مجلة كلية الآداب، العدد الخمسون، جامعة المنوفية.

#### المراجع باللغة الإنجليزية:

- 1- Abdel-Rahman, M., Embabi, N., El-Etr, H. & Moustafa, A., (1981): Some Geomorphological Aspects of Siwa depression, The western Desert Egypt, Bull Soc. Geog. D., Egypt, Vol. 53 – 54.
- 2- Azza, A., Abd.allha (2002): Assessment of Salt Weathering In Siwa Oasis, the Western desert (1985 – 2005), Bull the Egyptian, Geo, Tome Lxxx, Vol 80.
- 3- Chang, J. Chung (2002): Stability Analysis of Prediction Models for Landslide Hazard Mapping, John Wiley & San, Ltd, U.S.A.

- 4- Cooke, R., Warren, & Goudie (1993): Desert Geomorphology Press, Bats ford, London.
- 5- Eckel, E. B., (1958): Landslides and Engineering Practice, National Academy of Sciences Pub, 544, Washington.
- 6- Embabi, N. S. (2004): The Geomorphology of Egypt Land Forms and Evolution, Vol 1, Geographical Society, Cairo, Egypt.
- 7- Essam, M., ElKhariby (1998): Distribution and Provenance of Heavy Minerals in The Quaternary Sabkha of Siwa & Al-Jaghbug Oasis northern Western Desert Egypt, Fac, of Sci, Mansoura Univ.
- 8- Gindy, A. & Al-Askary, M. (1969): Stratigraphy, Structure and Origin of Siwa Depression, Western Desert of Egypt, Amer, Association of Petroleum, Ged, Bull, V. 53, No. 3.
- 9- Hammad, F., Aggaur, T., & Shabana, A. (2000): Water over flow In Siwa Oasis, The problem and the Solution, 5<sup>th</sup> international conference on the Geology of the Arab world, Cairo Univ.
- 10- Kirkby, M., & Statham, I., (1975): Surface Stone movement and Scree formation, Jour Geology, Vol. 83.
- 11- Lee, W., Abrannson (2002): Slope stability and stabilization Methods, John Wiley & Sons Publication, Library of congress, New York.
- 12- Leapold, T., (1964): Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman, San Francisco, U.S.A.
- 13- Ramzy, H. (1976): Biostratigraphic and Microfiches Studies on Some Miocene Exposures In The North Western Desert, Egypt, M.S. thesis. Fac. Sci. Ain shams Univ, Cairo, Egypt.

- 14- Said, R. (1962): Geology of Egypt, Netherlands, New York.
- 15- Yingbin, Z., Guanggi, C., Jian, W., Lu, Z. and Xiaosying, Z. (2012). Numerical Simulation of Seismic Slope Stability Bases on tension shears failure Mechanism, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol. 43, No. 2.
- 16- Young, A., (1972): Slopes, Oliver and Boyd, Edinburgh.
- 17- Zakaria, M., (1972): The Geological and Hydrological Studies of Siwa, MS thesis, Fac Sci. Alex Univ., Egypt.