

المسيلات والأخاديد بهضبة أبو سعيد بمنخفض الفرافرة

باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

أ.م.د/ وهبة حامد حامد شلبي

كلية الآداب-جامعة بورسعيد

ملخص البحث

نشأت المسيلات والأخاديد على هضبة أبو سعيد بسبب الأمطار التي أصابتها قديماً وتركت آثارها الجيومورفولوجية منطبعة عليها حتى الآن، فقد عانت الهضبة بعد إربابات عصر الإيوسين من الزمن الثالث من حركة تكتونية لصدى حركة الأقواس السورية أدت إلى التوائفها في صورة تحدب جعلها مرتفعة عن حولها ومحورها شمالي شرقي - جنوبي غربي، وصاحب تلك الحركة مجموعة من الانكسارات ذات اتجاهات مختلفة اكتفت ببنيتها، وكان لتكوينها الجيري وبنيتها أثر مهم على طوبوغرافيتها جعلها ذات سطح شبه مستو، وذات جوانب منحدرة، مما أدي إلى نشأة ظاهرة المسيلات على سطحها، وارتبطة الأخاديد بسفوحها، لهذا جاءت المسيلات طويلة ومتفرعة وانحدارها هيئ في القطاعين الطولي والعرضي ومتعددة، وعمقها قلما يتجاوز ١م، وارتبطة معظمها بالأحواض ذات المساحات الكبيرة، أما الأخاديد فقد ارتبطت بسفوح الهضبة لشدة انحدارها، وقنواتها قصيرة وخطية وشديدة الانحدار في القطاعين الطولي والعرضي وعميقة، وجميع أحواضها صغيرة المساحة.

الكلمات المفتاحية: سطح هضبة، سفوح الهضبة، الجريان الغطائي، المسيلات، الأخاديد، تلال الكارست.

مقدمة

تشاً القنوات النهرية بسبب تفوق طاقة الجريان السطحي لمياه الأمطار على مقاومة الصخور، ويختلف تسميتها طبقاً لتطورها وزيادة عمقها، فتبدأ بالمسيلات Rills ثم الأخديد gullies وتنتهي بشبكة الوديان العميق، ويوجد نوعان منها بهضبة أبو سعيد هما: مسيلات المناطق شبه المستوية المنطبعة على سطحها، وهي قنوات متفاوتة الطول ولها سمة بارزة في انحدارها الصغير نسبياً من منبعها وحتى نهايتها، وهي ضحلة ومتعددة وذات جوانب هينة الانحدار، وتظهر في المرحلة الثالثة في حياة القناة النهرية بسبب عملية تركز الجريان الغطائي في مجاري محددة، والأخرى أخديد سفح منحدراتها، وهي قنوات قصيرة شديدة الانحدار تظهر بصورة خطية أو متفرعة من قمة السفح وحتى نهايته، وقطاعاتها العرضية تأخذ شكلي حرف (V) وحرف (U) وعميقة، وذات جوانب جرفية وقمة رأس حادة headward. وتمثل المرحلة الرابعة في حياة القناة النهرية بسبب سرعة الجريان المائي لزيادة الانحدار. والعمليات الهيدروجيوولوجية الرئيسية هي المسؤولة عن نشأة كل الشكلين في سطح الهضبة وسفحها. وقد تأثرت هضبة أبو سعيد بحركة طي قديمة أدت إلى رفعها وتحديد معالمها عن حولها، وأصابتها كمية من الأمطار أثناء الفترات المطيرة مما أدى إلى نشأة مسيلات وأخديد مائية تركت بصماتها على الهضبة.

الدراسات السابقة

تمت مجموعة من الدراسات الجغرافية على منخفض الفرافرة تناولت الجوانب الطبيعية والبشرية للمنخفض أو بعض الظاهرات فيه، مثل دراسات Beadnell 1901 ، التركماني ١٩٨١ ، وصابر أمين ١٩٨١ ، و Mahmoud 1989 ، وعويس الرشيد ٢٠٠٣ ، وأبو الفتوح ٢٠٠٧ ، ومحمدي شعبان ٢٠٠٨ ، ومحسوب ٢٠٠٨ ، وإبراهيم صابر ٢٠١٤ ، وهاني كمال ٢٠١٠ .

ودرست ظاهرة المسيلات والأخديد عالمياً بعدد من الباحثين ذكر منهم:

Bull et al 1997, Bergsma, 2000, Ylhäisi, et al 2004, Vanwallegem, et al 2005, Tebebu et al 2010, Poesen, 2011, Rădoane, et 2017, Okwu et al 2018.

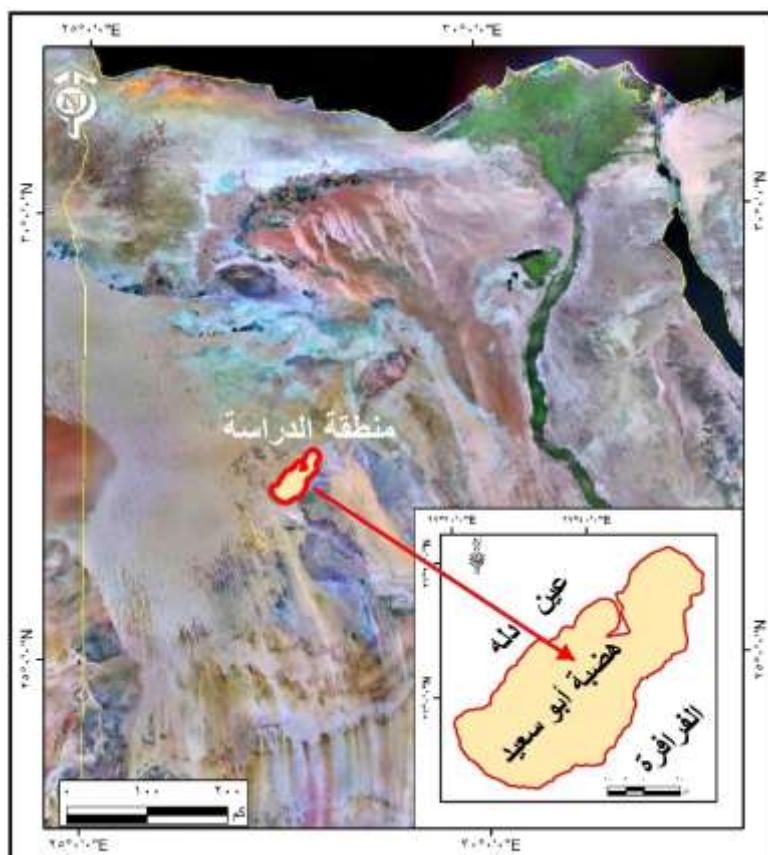
الوسائل والأدوات

ارتكزت هذه الدراسة على توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لدراسة المسيلات والأخداد في هضبة أبو سعيد منخفض الفرافرة عن طريق المرئية الفضائية (٢٠١٤) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) والخرطة الجيولوجية الرقمية مع الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية (لوحة واحة الفرافرة ١:١٠٠٠٠٠٠)، والجيولوجية لشركة كونكو ١٩٨٧ (لوحة الفرافرة ١:٥٠٠٠٠٠)، والتي تم بموجبها رسم الخرائط الرقمية الجيولوجية والطبوغرافية والتضاريسية وخرطة الانحدار وشبكات المسيلات والأخداد على الهضبة وحافتها، وعمل قطاعاتها الطولية والعرضية ومواضحا خصائصها بالجداول والأسكال البيانية، وتحديد مناطق انتشار كل منها. وخضعت تلك البيانات لتحليلات إحصائية متعددة المتغيرات، بالإضافة إلى البيانات الكافية التي تم الحصول عليها من الدراسة الميدانية، وذلك لتحديد العوامل الرئيسية التي أنشأت هذه الظاهرة في المنطقة. وتهدف هذه الدراسة إلى إنشاء قاعدة بيانات لأنماط المسيلات والأخداد بالهضبة وفهم العمليات المشكلة لها.

منطقة الدراسة

تقع هضبة أبو سعيد في قلب منخفض الفرافرة وتقسمه إلى قسمين: منخفض الفرافرة شرقاً ومنخفض عين دله غرباً، ويتبع منخفض الفرافرة إدارياً محافظة الوادي الجديد، وتبعد هضبة أبو سعيد عن منخفض الواحة البحرية شمالاً بنحو ٧٧كم، وعن واحة أبو منقار جنوباً بنحو ٣٠كم، وعن مدينة أسيوط شرقاً بنحو ٣٢٤كم، وعن الحدود المصرية الليبية غرباً بنحو ٢٣٢كم. وتحصر فلكياً ما بين دائرتى عرض ١٨°٣٥.٨٢' و ١٨°٥٢.٧'.

٤٦.٤١°، ٤٥.٤١°، ٢٦°، ٥٢' شمالاً، بفارق في دوائر العرض ٢٦'، ٠٠°، وخطي طول ٢٤.٤٥°، ٤٢'، ٤٨'، ٢٧° شرقاً، بفارق في خطوط الطول ٥١.٣٦°، ٠٥'، ويحدها من الشمال منخفض وادي الأبيض، ومن الجنوب منخفض عرضي يفصلها عن واحة أبو منقار، ومن الشرق منخفض الفرافرة، ومن الغرب منخفض عين دله، واتجاه محورها شمالي شرقي - جنوب غربي، وبلغ أقصى طول لها ٧٦.١ كم، وأقصى عرض ٣٣.٤ كم، وبلغت مساحتها ١٨٨٦.٧ كم^٢ (شكل ١).

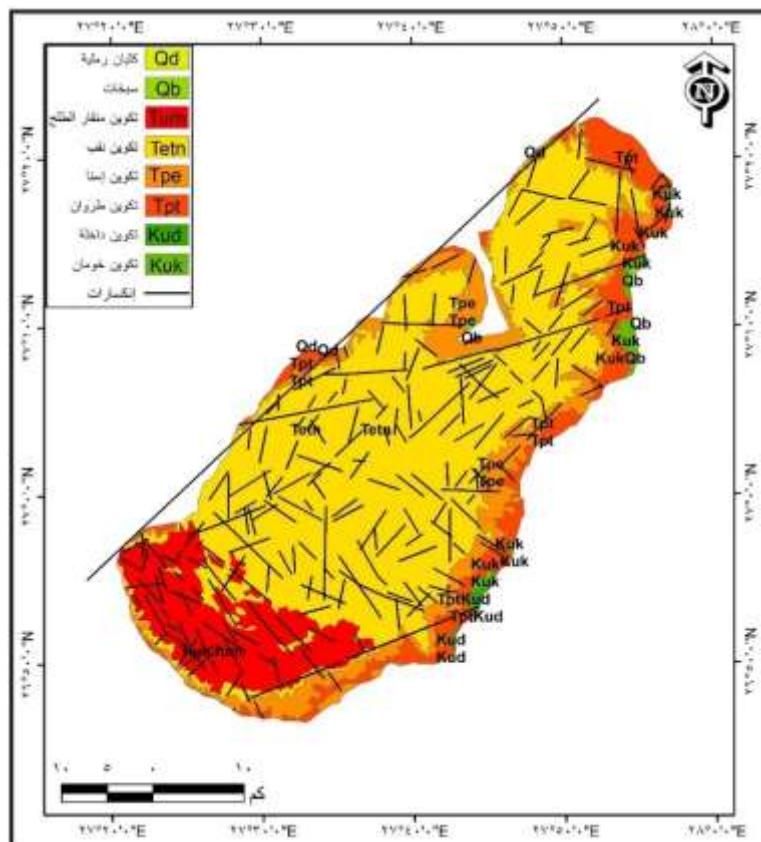


المصدر: نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ١) موقع منطقة الدراسة

أولاً: الخصائص الجيولوجية

تنتمي أقدم صخور هضبة أبو سعيد المكتشفة إلى العصر الكريتاسي من الزمن الثاني، ويتمثل بها بعض عصور الزمن الثالث، بالإضافة إلى نواتج الزمن الرابع التي تغطي الهضبة وبطون المسيلات والأخدود بوشاح من الرواسب القارية. ومن خلال دراسة شكلي (٣، ٢) وجدول (١) يمكن عرض خصائصها من الأقدم إلى الأحدث كما يلي:



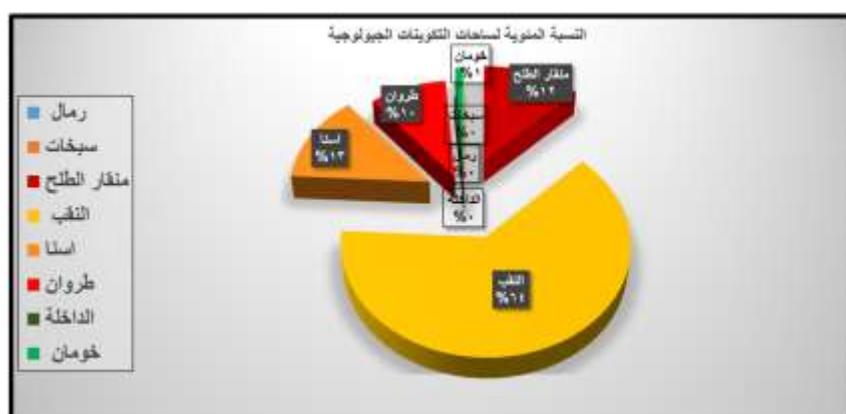
المصدر: نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٢) التكوينات الجيولوجية السطحية لهضبة أبو سعيد

(جدول ١) مساحات التكوينات الجيولوجية لھضبة أبو سعید

%	المساحة كم ^٢	الرمز	التكوين	العصر	الزم ن
٠٠٤	٠.٦	Qd	رمال	البليستوسين والهولوسين	الرا بع
٠.٦	٢.٩	Qb	سيخات		
١٢٠.٣١	٢٣٢.٣	Tum	منقار الطلع	بعد الميوسين الإيوسين الباليوسين	الثا لث
٦٣.٣٥	١١٩٥.٣	Tetn	النقب		
١٣.٣٣	٢٥١.٥	Tpe	اسنا		
٩.٥٥	١٨٠.٢	Tpt	طروان		
٠.٢٧	٥.٢	Kud	الداخلة	الكريتاسي	الثانوي
٠.٩٩	١٨.٧	Kuk	خومان		
١٠٠	١٨٨٦.٧		المجموع		

المصدر: نظم المعلومات الجغرافية



(شكل ٣) مساحات التكوينات الجيولوجية للھضبة

أ- التكوينات الجيولوجية

تكوينات الزمن الثاني

العصر الكريتاسي

يتمثل في تكوينين: أحدهما يسمى تكوين خومان (Kud) بلغت مساحته ١٨.٧ كم^٢ بنسبة ٩٩٪، والسمة الغالبة عليه طباشير، والأخر يسمى تكوين الداخلة (Kuk) بلغت مساحته ١٢ كم^٢ بنسبة ٢٧٪، والسمة الغالبة عليه الطفل، ويوجد تداخل واضح بينهما، ويرجع ذلك إلى الأحداث التكتونية التي أصابت الهضبة آنذاك، و طفل الداخلة ما هو إلا أحد أشكال التغير الجانبي والرئيسي لتكوين طباشير خومان، وتظهر تكويناتها في أقدام الحافة الشرقية في صورة عدسات متباude، وتميز تلك التكوينات بوجود عدد كبير من الفوائل والشقوق (Zaghoul, 1983)، وتظهر مكشوفة في صورة عدسات متفرقة في مواضع محدودة في قواعد الحافة الشرقية فقط.

تكوينات الزمن الثالث

١- عصر الباليوسين

-تكوين طروان (Tpt) : هي طبقة سفلية تظهر في صورة شريط متصل في سفوح حافة الهضبة الشرقية والشمالية، وفي صورة شريط متصل في سفوح الحافة الشرقية والشمالية، وقلما ينقطع، وبعض المواقع على الحافة الغربية للهضبة، وبلغت مساحتها ١٥ كم^٢ بنسبة ٩٥٪، وهي صخور طباشيرية ناصعة البياض، متوسطة الصلادة، غنية بالفوائل والشقوق، والجزء العلوي منها حجر جيري دولوميتي، ويفصلها عن طباشير خومان التابع للعصر الكريتاسي طبقة من المارل الكلسي بسمك ٤ أمتار (Zaghoul, 1983).

-تكوين إسنا (Tpe) : هي طبقة علوية ترتكز على تكوين طروان، وبلغت مساحتها ٥١.٥١ كم^٢ بنسبة ١٣.٣٣٪، وتتألف من طفل رمادي مصفر إلى أخضر اللون، مع

أشرطة رقيقة من المارل، بالإضافة إلى وجود عروق من الجبس والأنهيدрит وبعض العقد الحديدية، كما تحتوي على طبقة من الحجر الجيري المارلي عند القمة، وبلغ أقصى سمك مكشف لها في السفوح الشرقية (٤٠.٣٢ متر) ويخللها أشرطة من الصلصال الجيري والمارل في الجزء الأعلى منها (Zaghoul, 1983)، وظاهر في صورة شريط متصل في سفوح الهضبة باستثناء الحافة الغربية فتختفي في بعض المواقع.

٢ - الإيوسين

تكوين النقب (مجموعة طيبة) : (Tetn) هي صخور جيرية تتركز على تكون إسنا وهي تتبع فترة الإيوسين الأدنى، وتستقر فوق السحنات الجيرية لتكوين إسنا تدريجياً كلما اتجهنا غرباً صوب عين دله (Hermina, 1990) وتغطي معظمها سطح الهضبة بسمك ٩٦٣.٣٥٪، باستثناء الجزء الجنوبي الغربي منها، وبلغت مساحتها ١٩٥.٣٢ كم^٢ بنسبة ٢٪، وتألف من الحجر الجيري البلوري الرملي عند القمة، وبها عقد قليلة من الفلنت (Zaghoul, 1983).

٣ - ما بعد الميوسين

تكوين منقار الطلع : (Tum) هي طبقة تغطي الجزء الجنوبي من سطح الهضبة، وتستقر فوق تكوين النقب، وبلغت مساحتها ٢٣٢.٣٢ كم^٢، بنسبة ١٢.٣١٪، وتألف من حجر رملي قاري إلى بحري أبيض اللون، يعلوها حجر جيري بحري يحتوي على حفريات مياه عذبة Gastropods، وتحتوي جزئياً على مواد طينية (كاولين)، وبها علامات لجذور نباتات Root marks، وظاهر على أسطحها بقع بيضاء تمثل رواسب البلايا يسهل تمييزها على سطحها الداكن مما يعكس دور التعرية الكارستية في تشكيل تلك الأسطح الجيرية (Hermina, 1990).

رواسب الزمن الرابع

(البليستوسين والهولوسين)

-رواسب بحيرية (بلايا) (Qb): هي رواسب ضعيفة التماسك، تتكون من مواد ناعمة من سلت وطين وصلصال (جيри غالباً) وتتبادل مع طبقات الرمل الهش هوائي الأصل، مما يشير إلى تبادل فترات الرطوبة والجفاف في أثناء فترة ترسيبها مع بقايا أركيولوجية. وتغطي مساحة كم ٢٠٩٨ بنسبة ١٦٪. وتنشر تلك الرواسب على شكل بقع صغيرة جداً في أقدام السفوح الشرقية والغربية، بالإضافة إلى بعض جوانب المنخفض الثاني المتغلغل بالجزء الشمالي للهضبة من جهة الغرب، حيث تجمعت فيه المياه المنحدرة من المسيلات والأخدود إلى مكونة العديد من البرك والبحيرات القديمة خلال الفترات المطيرة، ثم جفت تلك البحيرات تاركة رواسبها الحالية.

-رمال سافية (Qd): هي رمال مفككة في مساحات محدودة جداً حملتها الرياح إلى أقدام سفوح الهضبة الغربية، ونقلت بفعل الرياح وتركت ببطون الأخدود المنحدرة شرقاً تجاه منخفض الفرافرة، والقليل منها يتمثل فوق سطح الهضبة في شكل فرشات رقيقة، وبلغت مساحتها كم ٠٠٦٣ بنسبة ٤٪.

أثر الجيولوجيا على المسيلات والأخدود

تؤثر صلابة الصخور على نشأة وكثافة المسيلات والأخدود المنطبعة على الهضبة (شكل ١٢، ٢) حيث تتناسب أطوالها وأعدادها تناوباً عكسياً مع صلابة الصخور الناشئة عليها، فقد لوحظ أن كثافتها مرتفعة في الأحواض المنتشرة على سطح الهضبة بوجه عام حيث تتفاوت أطوالها في الأحواض ما بين ٤٠.٨ كم - ٦٠.٦ كم، وأيضاً أعداد مجاريها ما بين ٩٠.٤ - ١٦٠.٢ مجرى/كم، ويرجع ذلك لسيطرة تكوين النقب (صخور جيرية إيوسينية)

المؤلف لسطح الهضبة الذي يستجيب لفعل الإذابة ب المياه الأمطار الحمضية وكذلك استجابتها السريعة لعمليات النحت المائي بفعل طاقة الجريان المركز نحو المناطق المنخفضة.

بـ: البنية الجيولوجية

بدأت الالتواءات بنهاية فترة الكريتاسي الأعلى واستمرت حتى نهاية الزمن الثالث، وتعرف تلك الحركة بالأقواس السورية والتي من صداتها التواءات شمال سيناء وهضبتي الجالة البحرية والقبيلية ومنخفضي البحريه والفرافرة (Shukri & Akmell, 1953, p.259) ومنها طية هضبة أبو سعيد المحدبة والتي تحصر بين طيتي الفرافرة وعين دله المقرعتين وتمثل نهاية الحركة الالتوائية بمصر في الاتجاه الجنوبي الغربي (أمال شاور ٢٠١٦)، وتكتف الهضبة مجموعة من الصدوع ذات اتجاهات متعددة، منها ما كان سبباً في تحديد معالم الهضبة (Zaghoul, 1983)، مما يدل على أن منطقة الفرافرة كانت نشطة تكتونياً أثناء تلك الحركة (El-Shazly, et al 1977).

وتعدهت الآراء حول تحديد عمر هذه الصدوع، فقد أشار علي (Ali, 1968, p.6) إلى أن حركات التصدع في منطقة القاهرة السويس حدثت خلال الفترة الممتدة بين الميوسين الأعلى والبليوسین الأوسط، ويدرك صادق (Sadek, 1926, p.113) أن الصدوع ذات الاتجاه الشرقي الغربي تتبع نظام البحر المتوسط، وذات الاتجاه الشمالي الجنوبي تتبع نظام البحر الأحمر، وحدثت خلال عصر الإليجوسين والميوسين الأسفل، وأشار سعيد (Said, 1962, p.33-35) إلى أن الصدوع ذات المحور الشرقي الغربي (المتوسطية) ترجع إلى الكريتاسي الأوسط وما بعده (صفى الدين، ١٩٩٩، ص ٨٨)، وأن الصدوع ذات المحور الشمالي الغربي الجنوبي الشرقي الإريترية ترجع إلى منتصف الزمن الثالث - وهي التي تأخذ اتجاه خليج السويس، وهي من أقدم الصدوع. وبالرجوع للخريطة الجيولوجية لوحظ أن تكوينات عصر الإيوسين الأدنى هي التي تمثل السواد الأعظم من سطح الهضبة لهذا تتفق مع الرأي القائل بأن الالتواءات والانكسارات التي

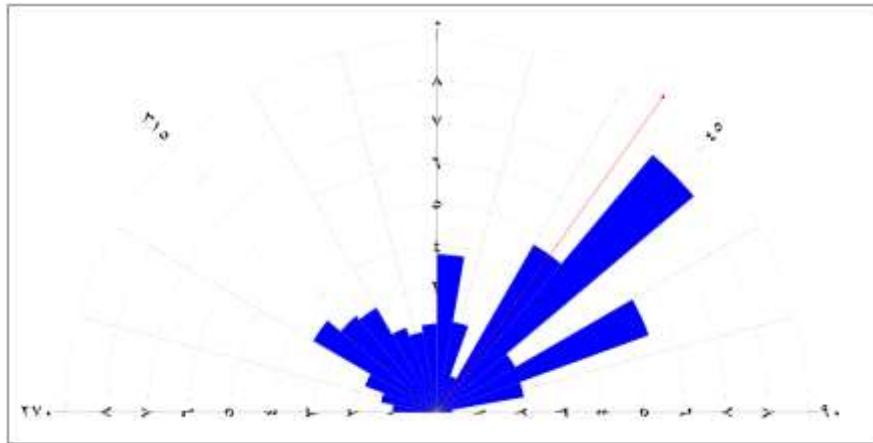
شكلت البناء الجيولوجي للهضبة حدثاً بدءاً من نهاية الإيوسین الأدنى ومروراً بعصر الإليجوسین والذي من صداه نشأة أخدود البحر الأحمر وحتى نهاية الزمن الثالث.

وبالاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية التي تم إعدادها للهضبة (جدول ٢)، وباستخدام برنامج (Rock wear 2013) (شكل ٣) لوحظ أن صدوع الهضبة بلغ عددها ٢٣٥ صدعاً، ومجموع أطوالها ٩٢٠.٢ كم، بواقع ٥٠.٥ كم صدعاً/كم، وأطولها بلغ ١٢٩.٣ كم وهو المحدد لطبوغرافية الحافة الغربية، وأصغرها بلغ ١٠.٦ كم، وبلغ الانحراف المعياري لها ٦.١، بفارق ثقة ٣٣.٢ درجة. وقد اتخذت الصدوع بمنطقة الدراسة اتجاهات متعددة، احتل الاتجاه الشمالي الشرقي - الجنوب الغربي المرتبة الأولى بعدد ٨٩ صدعاً بنسبة ٣٧.٨٪، بإجمالي طول ٤٢٠.٦ كم بنسبة ٤٥.٦٪ ويتبع اتجاه خليج العقبة، وجاء الاتجاه الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي في المرتبة الثانية الذي يتبع اتجاه خليج السويس بعدد ٨٥ صدعاً بنسبة ٣٦.٣٪، وإجمالي طول ٢٦٦.٦ كم بنسبة ٢٩٪، أما الاتجاه الشمالي - الجنوبي فيتبع اتجاه البحر الأحمر، وبلغت أطواله ٤٦.٨ كم بنسبة ٦٪، وبلغ عددها ٤٣ صدعاً بنسبة ١٨.٣٪ واحتل المرتبة الثالثة، وتمثلت صدوع المرتبة الأخيرة والتي تتبع اتجاه البحر المتوسط في الاتجاه الشرقي - الغربي بعدد قليل من الصدوع بلغ ١٨ صدعاً بنسبة ٧.٦٪ بطول ٨٦.٢ كم بنسبة ٩.٤٪.

(جدول ٢) خصائص الصدوع بهضبة أبو سعيد

الاتجاه	الطول كم	العدد	%	%
شمال شرق	٤٢٠.٦	٨٩	٤٥.٦	٣٧.٨
شمال غرب	٢٦٦.٦	٨٥	٢٩.٠	٣٦.٣
شمال جنوب	١٤٦.٨	٤٣	١٦.٠	١٨.٣
شرق-غرب	٨٦.٢	١٨	٩.٤	٧.٦
المجموع	٩٢٠.٢	٢٣٥	١٠٠	١٠٠

المصدر / اعتماداً على برنامج Rockworks



المصدر / برنامج Rockworks
(شكل ٣) وردة اتجاهات الانكسارات

أثر البنية على المسيلات والأخديد

يكتف سطح الهضبة وسفوحها مجموعة من الانكسارات ذات اتجاهات مختلفة، وتمثل ممرات أو معابر رئيسية تنتقل من خلالها المياه من السطح إلى تحت السطح، نتج عنها مجموعة من الأودية الباطنية خرجت في صورة ينابيع في سفوح الهضبة (ظاهرة الكهوف)، وبذلك هيأت الفرصة لمياه الأمطار الحمضية بفتح جوانبها وتخفيف قاعها عن طريق فعل عملية الإذابة (أبو الفتوح ٢٠٠٧)، فطاقة التسرب العالية للسطح تقلل من دور الجريان السطحي للمياه، لهذا ترتبط ظاهرة الأخديد بانكسارات وصدوع الهضبة، ويظهر الكثير من المظاهر الخطية للأخديد في شبكات التصريف لأحواض الهضبة وتلتقي مع بعضها بزوايا قائمة أو حادة (شكل ١٢). أما المسيلات فعادة ما ترتبط بالتشققات الصغيرة المصاحبة لظاهرة الانكسارات وفعل عملية النحت فيها مثل الأخديد ويزيد عليها فيضان

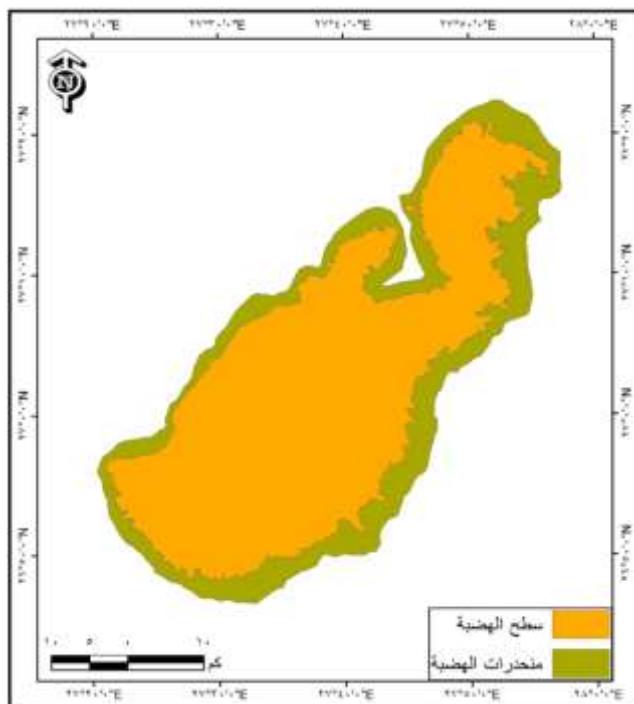
تلك المظاهر الخطية بالمياه فتتحرك تحت عامل الانحدار فتحت بطاقة الجريان فتحت إطالة لهذه الشقوق فتشمل عنها المسيلات.

ثانياً: الخصائص التضاريسية

أ-الطبغرافية

ينحدر سطح هضبة أبو سعيد بوجه عام من الجنوب الغربي تجاه الشمال الشرقي، وتحدر حافتها من جميع الاتجاهات نحو المنخفضات، وتمثل حافتها الجنوبيّة ظاهرة الكويسنا. وتظهر الهضبة بمظاهر تضاريسية متمثلاً في سطحها ومنحدراتها، وهي قريبة من الشكل الهندسي شبه المنحرف، وبلغ مساحة سطحها 367.8 كم^2 بنسبة 72.5% ، ومساحة منحدراتها 18.9 كم^2 بنسبة 27.5% ، وأقصى طول لها 76.1 كم ، وتنسج في قسمها الجنوبي بعرض 27.4 كم ، وتصنيق في قسمها الشمالي إلى 15.2 كم ، ويتسع الوسط ليبلغ 33.4 كم ، وتم تحديد خط الحافة المتعرج الذي يفصل بين قسميها شبه المستوى عن منحدراتها (شكل ٤) وبلغ طول محيطه 431 كم ، أما طول محيط الحد الأدنى للهضبة الذي يحدد نهاية انحدارها فبلغ 232 كم ، ويظهر سطحها بمستويين في الارتفاع، الأول المستوى الجنوبي ويشمل ثلثي الهضبة أو يزيد قليلاً، وينحصر ارتفاعه بين $357 - 330 \text{ م}$ بفارق تضاريسى 27 م باستثناء بعض المنخفضات في وسطه وأطرافه، والمستوى الثاني يتمثل في قسمها الشمالي وينحصر ارتفاعه بين $320 - 280 \text{ م}$ بفارق تضاريسى 40 م ، باستثناء بعض المنخفضات الثانوية التي تمثل في وسطه، أما سفوح الهضبة فتحدر من ارتفاعات مختلفة أقصاها 350 م وتصل إلى أدنائها 57 م في أقدام منحدراتها الشرقية، ويزيد ارتفاعها عن 100 م قليلاً في أقدام منحدراتها الشمالية والجنوبية، وعن 200 م قليلاً في أقدام منحدراتها الغربية. ويتأجل في الهضبة من شمال الحافة الغربية منخفض بلغ مساحته 67.6 كم^2 عند كنتور 300 م ويتصل بمنخفض عين دله عن طريق قناة بلغ عرضها عند الكنتور المذكور 20.5 كم ، وتحدر حافة الهضبة نحو المنخفض الثاني حتى

مستوي سطحه البالغ ١٧٧م، وتنتهي إليه مجموعة من المسيلات والأخاديد في شكل تصريف مركزي. وبلغ أعلى ارتفاع لبعض قمم سطح الهضبة إلى ٣٥٧م في القسم الجنوبي وتل واحد بارتفاع ٣٤٠م في القسم الشمالي، وترتفع التلال بضعة أمتار عن السطح المحلي (صورة ١).



المصدر : نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٤) المظهر الطبوغرافي لهضبة أبو سعيد

وتم عمل خطوط الكنтор لسطح الهضبة ومنحدراتها بفارق ١٠م من النموذج الرقمي، وحساب مستويات الارتفاع لكل من سطحها وسفحها كل على حده بواسطة نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لفصل المساحات المتفقة في الارتفاع بينهما وتحليلها لمعرفة أي فئات الارتفاع تسودهما، وتحديد المستويات شبه المستوىية.



(صورة ١) التلال على سطح الهضبة

- سطح الهضبة -

تبينت الارتفاعات علي سطح هضبة أبو سعيد في مدى ٧٧ م ما بين شمالها وجنوبها، وتم تحديد مستوياتها في إحدى عشرة فئة (جدول ٣)، وقد لوحظ أن الهضبة ت分成 إلى مستويين رئيسيين ومتناوتيين في المساحة، ويرجع ذلك إلى أن مجموعة الانكسارات التي تسود سطحها (نحوين النقب) وهي المسئولة عن التباين في هذين المستويين (صورة ٢)، ومن المفترض أن تكون حدثت رمية سفلية للربع الشمالي منها أدي لانخفاضه عن جنوبها أثناء الحركة الالتواينية التي شكلتها أو كان انكساراً معكوساً، وهذا ما يلاحظ من فحص شكل (٢) ويعزز ذلك شكل (٩) حيث تظهر آثار لحافة ثانوية أكثر انحداراً واجهتها شمالية بلغ انحداراها ٠ درجات وتمتد من حافة الهضبة الشرقية حتى غرب حافة المنخفض المتغلغل داخل الهضبة من الغرب، ويعتقد أن القناة التي تربط المنخفض الثانوي بمنخفض عين دله ما هي إلا امتداد للانكسار المشار إليه، وتمثل هذه الحافة الحد الفاصل بين المستويين (٣٣٠ - ٣٢٠ م) وهذا ما أظهره المنحني الميسومترى (شكل ٥) وأشار أيضاً أن سطح الهضبة يمر بمرحلة النضج (٥٠.٨ - ٦٧٪) وبلغت نسبته ٦٧٪.

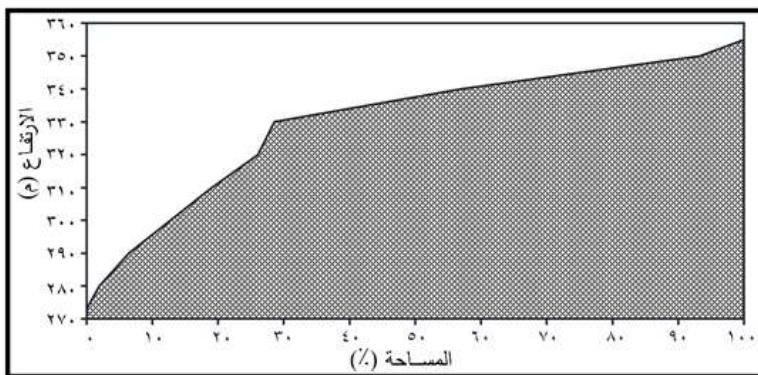
(جدول ٣) مساحات فئات الارتفاع لسطح الهضبة

%	المساحة كم²	فئات الارتفاع (م)
٠.٥	٦.٨	أقل من ٢٨٠
١.٤	١٩.٢	٢٨٠
٤.٥	٦١.٤	٢٩٠
٦.٣	٨٦.١	٣٠٠
٦.١	٨٣.٢	٣١٠
٧.٢	٩٨.٣	٣٢٠
٢.٥	٣٣.٨	٣٣٠
٢٨.٥	٣٨٩.٥	٣٤٠
٣٧.٥	٥١٤.٦	٣٥٠
٥.٥	٧٤.٩	أكثر من ٣٥٠
١٠٠	١٣٦٧.٨	المجموع

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



(صورة ٢) المستويان الأعلى والأدنى لسطح الهضبة من الجهة الشرقية



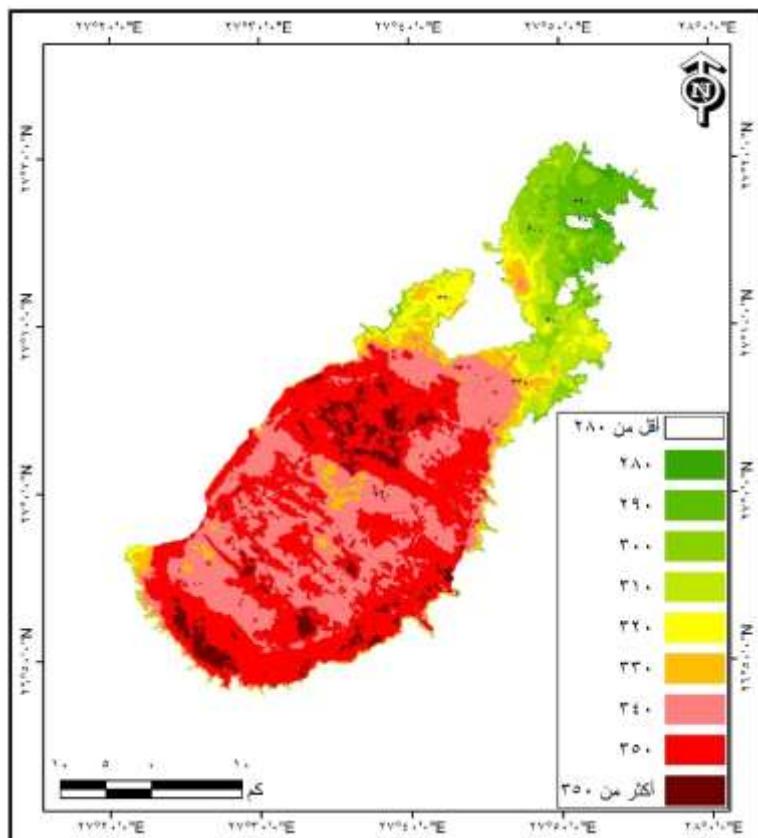
المصدر: برنامج Auto Cad Map 3D

(شكل ٥) المنحني الهيسومترى لسطح الهضبة

المستوى الأول لسطح الهضبة: وهو جنوبى وأكثرها ارتفاعا ويمثل ما يزيد على ثلثي الهضبة(شكل ٦)، وفيه تظهر مجموعة من بقايا التلال تمثل أهم ملامح أشكال السطح بلغ أقصاها ارتفاعا ٣٥٧ م في الجنوب الشرقي وذات مساحة محدودة جدا، أما معظمها فيقع ارتفاعه ما بين ٣٥١ - ٣٥٤ م في شكل بقايا ربوات قبالية تزرع السطح (صورة٣)، وتظهر متقاربة في وسط الهضبة ومتباude بالقرب من حافتها الشرقية والجنوبية للقسم الجنوبي، وهي بكل أنواعها وأحجامها متبقيات صخرية ناتجة عن عملية التعرية الكارستية (أبو الفتوح ٢٠٠٧)، وشكلت مساحة ٢ كم٢ بنسبة ٥٥.٥ %، ويسود المستوى ٣٥٠ م سطح الهضبة، ويمثل مساحة ٤.٦ كم٢ بنسبة ٣٧.٥ %، يليه في المساحة المستوى ٤٠ م بمساحة ٢ كم٢ بنسبة ٢٨.٥ %، والمستويان يمثلان ثلثي مساحة سطح الهضبة بعامة (٦٦.١ %)، ويعد المستوى ٣٣٠ م أدنى مستويات المستوى الأول، وميز (Sokkar) ١٩٩١ مجموعة من أسطح التعرية المختلفة عن التعرية الكارستية القديمة في منطقة منخفض الفراغة منها مستويات الهضبة المذكورة، كما تبين أن سطح الهضبة شبه المستوى أكثر تأثراً بالتعرية الكارستية بالمقارنة بالتعرية النهرية. ويرجع ذلك إلى عدم وجود انحدار كبير على سطحها سمح بحدوث جريان مائي له اعتباره، لذلك فإن العملية

البديلة عن الجريان المائي كانت هي التعرية الكارستية بفعل الجريان الغطائي، وتعد أسطح الهضاب بعامة من أكثر المناطق تأثراً بالتعرية الكارستية على مستوى العالم

.(Kaufmann, 2003)



المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٦) الخريطة التضاريسية لسطح الهضبة



(صورة ٣) بقايا التلال المنعزلة على سطح الهضبة

المستوي الثاني لسطح الهضبة: يمثل القسم الشمالي وهو أقلها مساحة وارتفاعاً، ويسوده عدة مستويات تنحصر بين ارتفاع ٣٢٠ - ٣٨٠ م، وأكثرها شيوعاً المستوي ٣٢٠ م بمساحة ٩٨.٣ كم٢ بنسبة ٧٠.٢% وإن كان يشتراك مع القسم الجنوبي للهضبة بمساحات ضئيلة جداً يتمثل بعضها في وسطه في شكل منخفضات مغلقة والباقي على أطرافه، وأهم ما يميز القسم الشمالي أنه يحتوي بمسطحه على منخفضين ثانويين أكثر انخفاضاً عن المستوي العام له، وبلغ مساحتهما ٦.٨ كم٢، بنسبة ٠.٥%， أحدهما شمالي بمساحة ٣.٣ كم٢، واتجاهه شرقي غربي، ويقع في المستوى ٢٨٠ م، وأعمق نقطة فيه بلغت ٢٢٠ م، والأخر جنوبى بمساحة ٣.٥ كم٢، واتجاهه شمالي شرقي جنوبى غربى، ويقع في المستوى ٢٩٠ م، وأعمق نقطة فيه بلغت ٢٤٩ م، وتتنسم الحدود الخارجية للمنخفضات على سطح الهضبة بعدم الانتظام، ويرجع ذلك لقطعها بواسطة بمصبات الميسيلات الضحلة التي تنتهي إليها، حيث نشأ فيه نمط من التصريف المركزي (صورة ٣).



المصدر : Google Earth Pro

(صورة ٣) المنخفضات المغلقة التي تنتهي إليها المسيلات

أثر طبوغرافية سطح الهضبة على المسيلات والأخاديد

تسود ظاهرة الاستواء معظم مستويات سطح الهضبة لهذا اقترن أحواضها الكبري بتلك المستويات، فالأحواض أرقام ١٣٠، ١٣١، ١٣٣، ١٣٧، ١٣٨ اقترنت بالمستوي الطبوغرافي ٤٠ م، وكذلك حوض رقم ١٣٢ اقترن بالمستوي الطبوغرافي ٣٥٠ م، وكلها تنتهي مصباتها نحو الغرب، واقترب حوض رقم ١٣٤ بالمستوي ٣١٠ م، واقترب حوض رقم ١٣٥ بالمستوي ٣٠٠ م، وينتهيان تجاه الشرق، وكلها تمثل مساحة ١٠٩.٨ كم٢ وإن كانت هذه المساحة تقل عن المساحة المذكورة لسطح الهضبة وذلك لتراجع خطوط تقسيم المياه لبعض أحواض منحدرات الهضبة أعلى حافتها (راجع شكل ١٢)، ولهذا ارتبطت المستويات الطبوغرافية شبه المستوية بأحواض قليلة العدد، وذات مساحات كبيرة تشغلهما أعداد كثيرة من المجاري المائية، معظمها من المسيلات في ثمانية أحواض بلغ أعدادها

١٨٠٢٢ مسيلاً بمتوسط ٢٢٥٢ مسيل/حوض، أما أطوالها فبلغت ٦٧٧٧.٧ كم بمتوسط ٤٦٧.٢ كم/حوض.

- سفوح الهضبة -

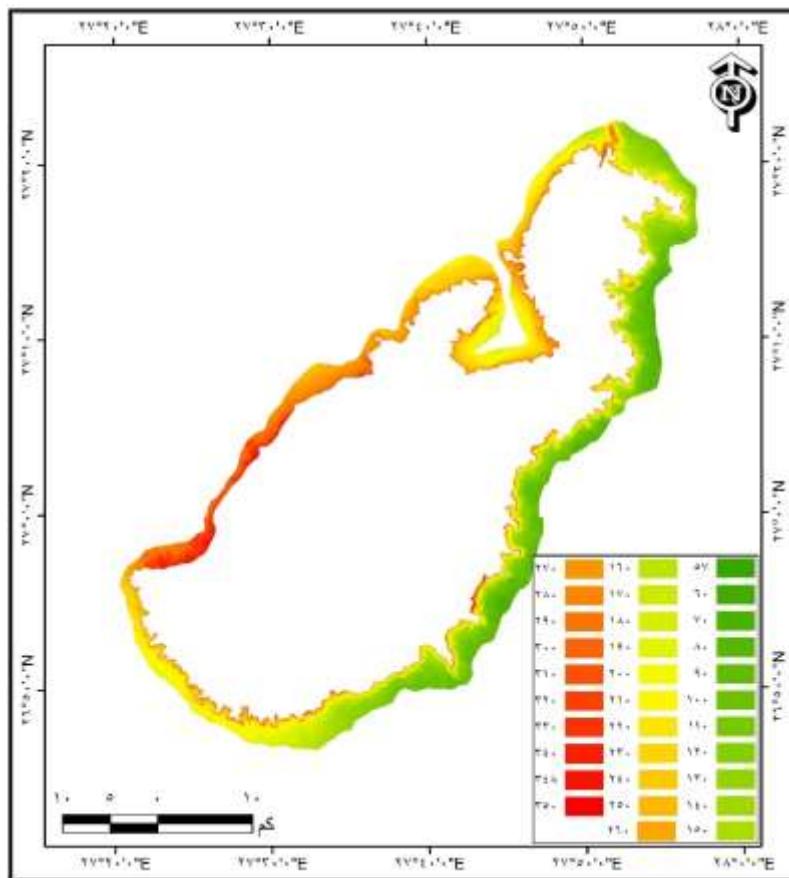
تبينت الارتفاعات بشكل كبير على منحدرات هضبة أبو سعيد، وترواحت بين ٥٧-٣٥٠ م (جدول ٤) في مساحة بلغت ١٨.٩ كم٢، وتم تصنيفها في ثلاثة فئات ارتفاع، وجاءت خمسة فئات (٩٠، ١٠٠، ٢١٠، ٢٢٠، ٢٣٠ م) بمساحة بلغت ١٣٩ كم٢ بنسبة ٦٧.٧٨% من إجمالي مساحة منحدرات الهضبة البالغة ١٨.٩ كم٢، ومثلت فئة الارتفاع ٢١٠ م أعلى مساحة فيها حيث بلغت ٢٩.٣٢ كم٢ بنسبة ٥٥.٦٥%， حيث تشتهر في عموم المنحدرات (شكل ٧)، وتمثل تقريباً الحد الفاصل بين المستويات الدنيا لسفوحها الشمالي والشرقي وبداية أقدام جروف حافتها، وتمثل القسم الأدنى من أقدام سفوح الحافة الغربية والجنوبية، وتظهر سفوح المنحدرات الشرقية والشمالية أكثر اتساعاً من السفوح الغربية والجنوبية، وتستحوذ السفوح الشرقية والشمالية على فئات المستويات الدنيا والعلياً من الارتفاعات، أما السفوح الغربية والجنوبية فتتأثر بمستويات الارتفاعات العليا فقط. وأشار المحنني الهيسومترى (شكل ٨) لسفوح الهضبة أنها تمر بمرحلة التوازن (٠.٣٥-٠.٥)، ويبلغت نسبتها ٤٠.٤%.

(جدول ٤) خصائص السطح لمنحدرات الهضبة

الارتفاع (م)	المساحة كم٢	فئات الارتفاع (م)	المساحة كم٢	%	%
أقل من ٧٠	٠٠٨	٢١٠	٢٩.٣٢	٠.٣٥	٥٥.٦٥

٥.٢٥	٢٧.٢٢	٢٢٠	.٨٧	٤.٥٤	٧٠
٥.٣٢	٢٧.٦٣	٢٣٠	٣.٥٦	١٨.٤٥	٨٠
٤.٢٨	٢٢.٢٣	٢٤٠	٥.٢٦	٢٧.٣٢	٩٠
٤.٠٦	٢١.٠٦	٢٥٠	٥.٣٠	٢٧.٥٠	١٠٠
٤.٣٥	٢٢.٥٧	٢٦٠	٤.٧٩	٢٤.٨٤	١١٠
٤.١٢	٢١.٣٧	٢٧٠	٤.٧٧	٢٤.٧٤	١٢٠
٣.٥٥	١٨.٤٤	٢٨٠	٤.٢٥	٢٢.٠٣	١٣٠
٣.٢٥	١٦.٨٥	٢٩٠	٣.٦٦	١٨.٩٩	١٤٠
٢.١٨	١١.٢٩	٣٠٠	٣.٤٤	١٧.٨٦	١٥٠
١.٣٤	٦.٩٧	٣١٠	٣.٢٠	١٦.٥٩	١٦٠
١.١٢	٥.٨٢	٣٢٠	٢.٩٠	١٥.٠٤	١٧٠
١.٠٣	٥.٣٧	٣٣٠	٢.٨٤	١٤.٧٤	١٨٠
٠.٨٨	٤.٥٧	٣٤٠	٣.٣٣	١٧.٢٦	١٩٠
٠.٥٤	٢.٨	أكثر من ٣٤٠	٤.٩٠	٢٥.٤١	٢٠٠
%١٠٠	٥١٨.٩	المجموع			

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية



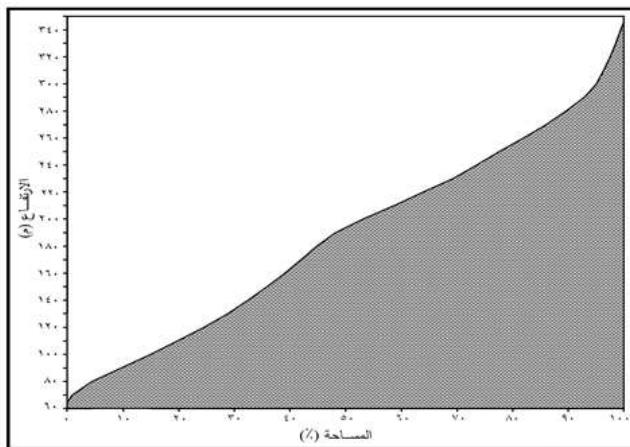
المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٧) الخريطة التضاريسية لحافة الهضبة

أثر طبوغرافية سفوح الهضبة على المسيلات والأخاديد

ارتبطت الأخاديد خاصة بسفوح الهضبة تبعاً لطبوغرافيتها، لهذا نشأت في عموم سفوحها العلوية، بينما ارتبطت بعض المسيلات ببعض أقدام سفوحها الشرقية والشمالية، بالإضافة إلى زيادة كبيرة في أعداد أحواضها التي بلغت ١٣١ حوضاً، وارتبطت بالمساحات الصغيرة التي تراوحت بين ٥٠٠.٥ كم لحوض رقم ١١٤ على السفح الغربي وأكثر من ٢٠ كم لبعض أحواضها الشرقية والشمالية، أما الغالبية العظمى (١١٣ حوضاً)

تقع تحت مساحة ١٠ كم^٢، وبلغ المتوسط العام لمساحة أحواضها ٥٥.٨ كم^٢، وتمتاز الأخداد في الأحواض بقصر أطوال شبكة تصريفها التي تراوحت بين ٤ - ٢١ كم بمتوسط ٢٣ كم/حوض، وقلة أعدادها التي تراوحت بين ٤ - ٤٧٨ رافد/حوض، بمتوسط ٨١ رافد/حوض (راجع شكل ١٢).



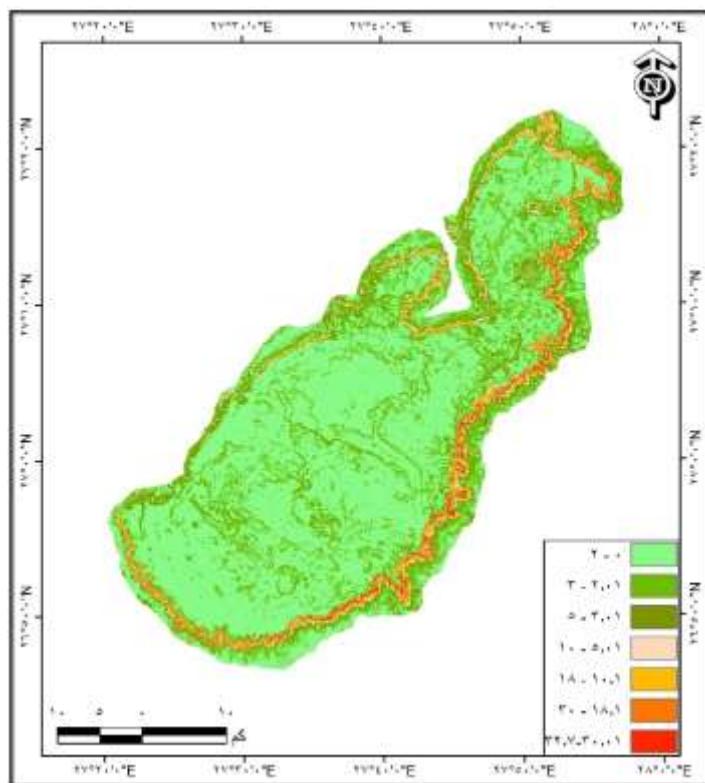
المصدر: برنامج Auto Cad Map 3D

(شكل ٨) المنحني الميسومترى لحافة الهضبة

بــ الانحدار

أظهرت تقنية تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية تبايناً في منحدرات هضبة أبو سعيد(شكل ٩)، وتم تصنيفها في سبع فئات انحدار (جدول ٥)، وتشير دراسة الانحدارات إلى خصائص شكل المجرى النهري من حيث الصالحة أو العمق والامتداد، لأنها هضبة جيرية تأثرت بفعل عمليات التحت الغطائي أثناء الفترات المطيرة، وأتاحت أيضاً التعرف على خصائص مظاهر السطح للهضبة، وتبينت درجات الانحدار ما بين الصفر وأكثر من ٣٢ درجة، وكانت أكبر المساحات تقع في الفئة الأولى (٠-٢٠)، وهي الفئة المصنفة انحدارياً على أنها شبه مستوية أو بالخيفية جداً، وبلغت مساحتها ٤٢٧.٣ كم^٢، بنسبة

%٧٥.٦٧، وهي تسود عموم سطح الهضبة وبعض المناطق في أقدام منحدراتها الشرقية والشمالية، وتمثل ثلاثة أرباع المساحة (شكل ١٠)، أما الفئة الثانية (٢٠٠١-٣٠٠١) فهي قريبة من فئة الانحدار الخفيفة جداً، وتمثل واجهات أو جبهات المستويات المتباينة الارتفاع، وهي الأكثر شيوعاً بعد الفئة الأولى وبلغت مساحتها ٤٠٣.٤ كم٢ بنسبة ٨٠.١٣%， تليها فئة الانحدارات الخفيفة (٣٠٠١-٥٠٠١) بمساحة ٩٠.٢ كم٢ بنسبة ٥٧.٨% وتمثل في أقدام بعض تلال سطح الهضبة وحافات المنخفضات الثانوية المتمثلة عليها، وأيضاً تنتشر في سفوح الهضبة بشكل متقطع، وتسود فئة الانحدار المتوسط (٥٠٠١-١٠٠١) سفوح الهضبة باستثناء أجزاء صغيرة في القسم الجنوبي من الحافة الغربية، وبشكل متقطع في السفح الجنوبي ومتصل في السفح الشمالي، وأيضاً في حافتي المنخفضين الثنويين على سطح الهضبة في القسم الشمالي، وبلغت مساحتها ٣٠٩.٣ كم٢ بنسبة ٥٢.١%， أما فئة الانحدار فوق المتوسط (١٠٠١-١٨٠٠١) فتظهر في صورة عدسات ممثلة فوق مساحات الفئة السابقة المنتشرة في سفوح الهضبة، وتمثل فئة المنحدرات الشديدة (١٨٠٠١-٣٠٠١) في قمة سفوح الهضبة، بدءاً من سفوح الحافة الجنوبية ومستمرة بسفوح الحافة الشرقية وقلاً تقطيع وبعض أجزاء من سفوح الحافة الشمالية، وبلغت مساحتها ٦٤٠.٦ كم٢ بنسبة ١٣.٦%， أما فئة الانحدار الشديدة جداً (٣٠٠١-٣٢.٧) فتمثل مساحة بسيطة ١٠٠.١ كم٢ بنسبة ٠٠٠١% في بعض أجزاء من قمة الحافة وبالذات الشرقية.



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

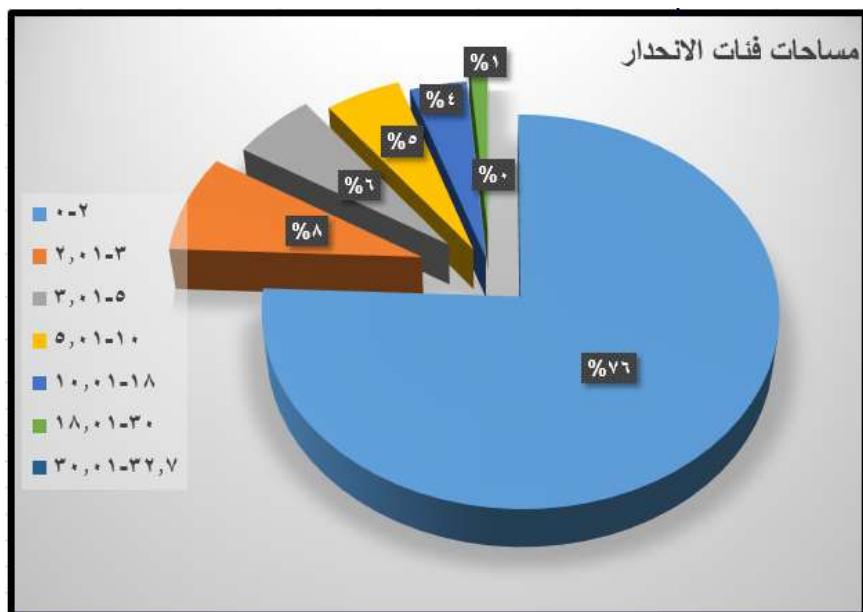
(شكل ٩) خريطة الانحدارات لهضبة أبو سعيد

(جدول ٥) خصائص الانحدارات للهضبة

فئات الانحدار	نسبة (%)	التصنيف	المساحة كم²
٢-٠	٧٥.٦٧	خفيفة جدا	١٤٢٧.٣
	٨.١٣		١٥٣.٤
٣-٢.٠١	٥.٧٨	خفيفة	١٠٩.٢
١٠-٥.٠١	٥.٢١	متوسطة	٩٨.٣
١٨-١٠.٠١	٣.٩	فوق متوسطة	٧٣.٨
٣٠-١٨.٠١	١.٣	شديدة	٢٤.٦

٠٠١	٠١	شديدة جدا	٣٢٠٧-٣٠٠١
١٠٠	١٨٨٦.٧		المجموع

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



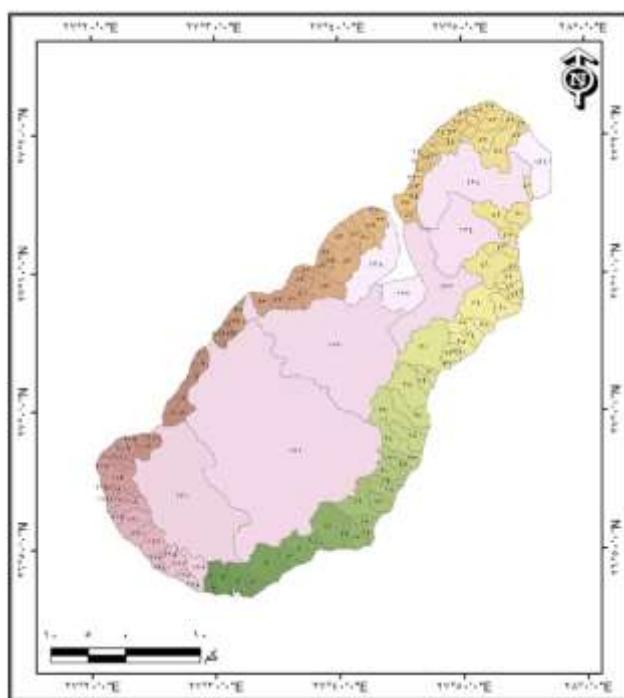
(شكل ١٠) مساحات ففات الانحدار للهضبة

أثر عامل الانحدار على المسيلات والأخاديد

نشأت أحواض التصريف تحت أثر عامل الانحدار والجاذبية الأرضية، وتزداد أعداد أحواض الأخاديد وتقل مساحتها كلما زاد الانحدار والعكس صحيح مع أحواض المسيلات، فقد لوحظ أن أحواض كثيرة جدا على منحدرات الهضبة، وتمثل بها الأخاديد التي يقل طولها وعدها وترتبط بدرجات الانحدار العالية لاسيما منحدرات الهضبة كل بدءاً من الفئة ($5-10^{\circ}$)، أما أحواض المسيلات فتنتشر على سطح الهضبة ويقل عددها وتزداد مساحتها، مع زيادة أطوال المسيلات وكثرة عددها حيث ترتبط بدرجات الانحدار الهضبة.

ج- أحواض التصريف

لعبت طبغرافية الهضبة دوراً رئيسياً في توزيع أحواض التصريف عليها وتصنيف روافدها، فمن خلال دراسة شكل (١١) وجدول (٦) تبين أن أعداد الأحواض المتمثلة على الهضبة ومنحدراتها بلغ ١٣٩ حوضاً، واستحوذت منحدراتها على ١٣١ حوضاً بنسبة ٩٤.٢% بمساحة بلغت ٧٧٦.٩ كم٢، ويفصل بين هذه الأحواض حفارات صخرية حائطية، ومتلت السفوح الشرقية بـ ٥٢ حوضاً بنسبة ٣٧.٤% وبلغت مساحتها ٤٠.٤ كم٢ بنسبة ٢٠.٤%， وكان نصيب المنحدرات الشمالية ثمانية أحواض فقط لضيق اتساعها بنسبة ٥٠.٨% وبلغت مساحتها ٣٠.٢ كم٢ بنسبة ٣٠.٣%， وبلغ نصيب المنحدرات الغربية ٥٣ حوضاً بنسبة ٣٨.١% وبلغت مساحتها ٤٨.٤ كم٢ بنسبة ١٣.٢%， أما المنحدرات الجنوبية فبلغ عدد أحواضها ١٨ حوضاً بنسبة ٢٠.٩% وبلغت مساحتها ١١.٢ كم٢ بنسبة ٤٤.٣% ويرجع ذلك لزيادة اتساعها، واحتل سطح الهضبة ثمانية أحواض فقط بنسبة ٥٥.٨% وذلك لقلة انحدارها بمساحة بلغت ٩٠.٨ كم٢ بنسبة ٥٨.٨%.



المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ١١) أحواض التصرف بهضبة أبو سعيد

(جدول ٦) التوزيع الجغرافي لأحواض التصرف بهضبة أبو سعيد

موقع الحوض	العدد	%	المساحة كم²	%
سطح الهضبة	٨	٥.٨	١١٠٩.٨	٥٨.٨
المنحدرات الشرقية	٥٢	٣٧.٤	٣٨٤.١	٢٠.٤
المنحدرات الشمالية	٨	٥.٨	٦٣.٢	٣.٣
المنحدرات الغربية	٥٣	٣٨.١	٢٤٨.٤	١٣.٢
المنحدرات الجنوبية	١٨	١٢.٩	٨١.٢	٤.٣
المجموع	١٣٩	١٠٠	١٨٨٦.٧	١٠٠

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية

وتم تطبيق معادلة Bergsma 2000 الذي استعملها لقياس شدة النحت المطري في قطاع التربة الزراعية، حيث صنف درجات النحت إلى سبع درجات نحتية، وقد تم تعديل بسط هذه المعادلة من قبل الباحث ليصبح بالكيلومتر المربع بدلاً من المتر المربع وذلك لتطبيقاتها على أحواض الأودية بالهضبة لقياس شدة النحت السيلي والأخدودي فيها. ومن خلال شكري (١٢، ١٣) وجدول (٧) وملحق (١، ٢، ٣) يمكن عرض التالي:

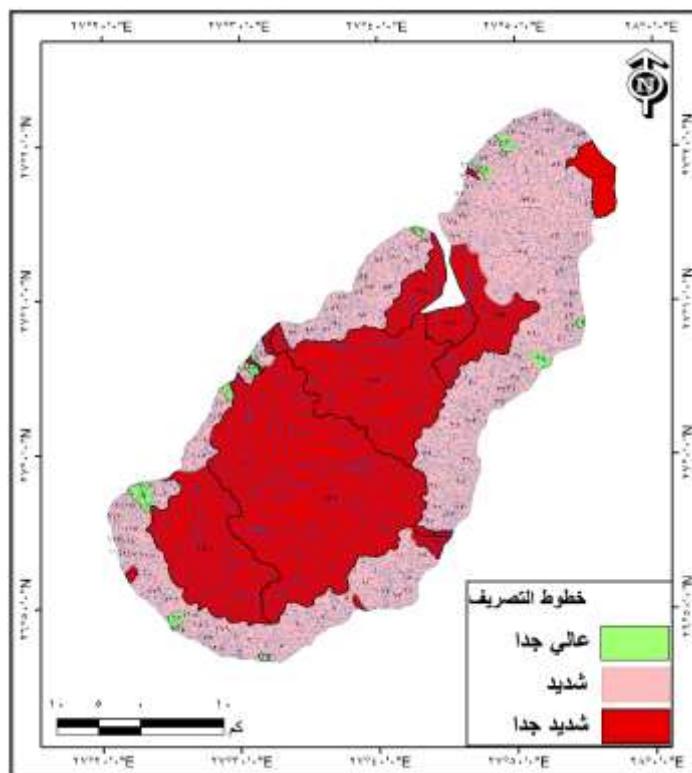
مجموع أطوال الأخداد في الحوض م

= معلم النحت

، 2000 . p 313)

مساحة الحوض كم ٢

(Bergsma



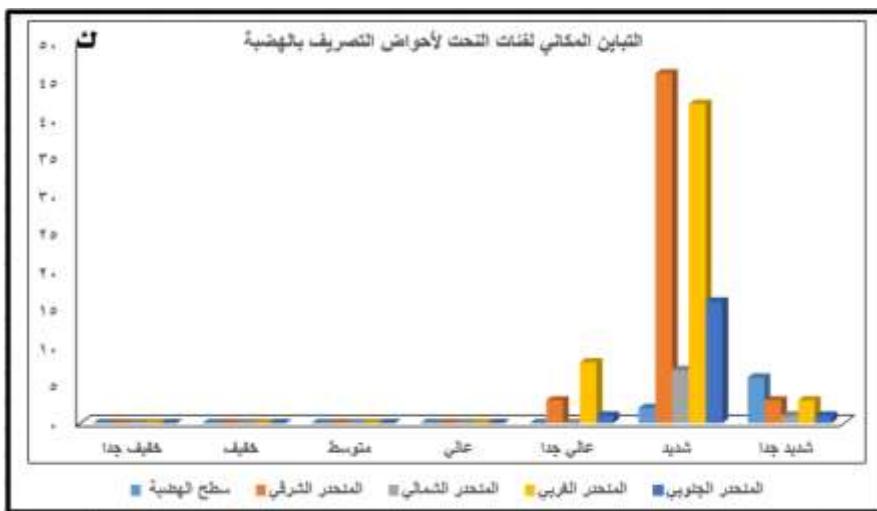
المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ١٢) تصنیف فئات النحت بأحواض هضبة أبو سعید

(جدول ٧) التباين المکانی لفئات النحت لأحواض التصريف بالهضبة

%	النکرارات	منحدر	منحدر	منحدر	منحدر	سطح	الفئة	المرحلة
		جنوبي	غربي	شمالي	شرقي	الهضبة		
-	-	-	-	-	-	-	أقل من ٠٠٤	خفيف جدا
-	-	-	-	-	-	-	١ - ٠.٤٠١	خفيف
-	-	-	-	-	-	-	١.٥ - ١.٠١	متوسط
-	-	-	-	-	-	-	- ١.٥٠١ ٢.٧	عالي
٨.٦	١٢	١	٨	-	٣	-	- ٢.٧٠١ ٣.٧	عالي جدا
٨١.٣	١١٣	١٦	٤٢	٧	٤٦	٢	- ٣.٧٠١ ٤.٧	شديد
١٠.١	١٤	١	٣	١	٣	٦	أكثر من ٤.٧٠١	شديد جدا
١٠٠	١٣٩	١٨	٥٣	٨	٥٢	٨	المجموع	

المصدر / من عمل الباحث بعد تعديل معادلة Breggsma 1982



(شكل ١٣) التباين المكاني لفئات النحت بأحواض الهضبة

خلت الهضبة ومنحدراتها من الفئات الأربع الأولى في تصنيف Breggsma من وجود أي أحواض تمثلها مما يدل على أنها تعرضت لفترات مطيرة أدت إلى نشأة تصريف نهري ذي كثافة عالية، لكنه ليس عميقاً ومتتفقاً مع كمية المطر الساقطة مما يعزز أن عملية الإذابة بفعل المياه الكربونية لسطحها بفعل الجريان الغطائي كان أكثر فاعلية في تكوين الهضبة الجيرية بدليل التلال الكلستيتية المختلفة على سطحها، بالإضافة لعملية التسرب المائي عبر الفوائل والشقوق والانكسارات عبر كتلتها وخروجها في صورة ينابيع في سفوحها والتي تمثل حالياً في صورة كهوف (صورة ٣) تتالف من مجموعة من الحجرات (أبو الفتوح ٢٠٠٧)، وهذا ما أظهره المنحني الهيسومترى لها أنها عانت من عمليات تخفيض لسطحها.

وصفت الأحواض في الفئات ما بين العالى جداً والشديد جداً، وكان من نصيب فئة النحت العالى جداً (٢٠٠١ - ٢٠٣.٧ كم/كم^٢) ٦٨.٦% أحواضاً بنسبة ٦٠.٢ كم/كم^٢، خلت منه أحواض سطح الهضبة والسفح الشمالي، وتتمثل معظمها في السفح الغربي، ويرجع ذلك إلى نشأتها على مناطق شديدة الانحدار لهذا كانت روافدها قليلة، أما فئة النحت الشديدة (٣٠٠١ -

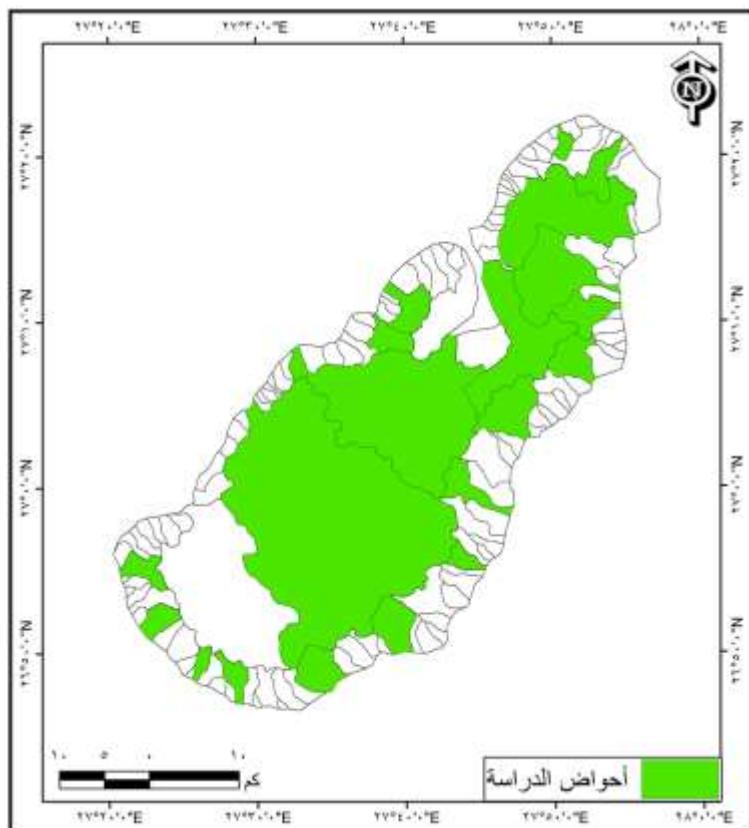
٧.٤٤ كم/كم^٢) فهي أكثر شيوعاً وبلغ عدد أحواضها ١٣ أحوضاً بنسبة ٨١.٣٥ %، وتمثل على جميع أقسام الهضبة، وجاءت الفئة الأخيرة (أكبر من ٧.٤٤ كم/كم^٢) بأربعة عشر أحوضاً بنسبة ١٠٠.١ %، وتمثلت بجميع أقسام الهضبة واستحوذ سطح الهضبة على العدد الأكبر منها (٦ أحواض).



(صورة ٣) كهف ينبعي في السفوح الشرقية

وأختلفت المساحة الحوضية فيما بين سطح الهضبة وسفحها، ويرجع ذلك لعدة عوامل وعمليات جيومورفولوجية أثرت فيها، أهمها الحركة التكتونية التي أعطتها مظهراً طبوعرانياً خاصاً بها، بالإضافة إلى ضعف تكوينها الصخري المؤلف لها، والفترات المطيرة التي أصابتها، وأسهمت تلك العوامل بمجملها مع عامل الانحدار في نشأة مجموعة المسيلات والأخدود داخل المساحة الحوضية التي تضمها، وارتبطت الأحواض صغيرة المساحة بأطرافها والأحواض كبيرة المساحة بسطحها، وقد مررت الهضبة وسفحها بمرحلة متقدمة من الدورة التحتائية الكارستية، إذ عملت التعرية المائية والتجوية الكيميائية بفتح الصخور الجيرية ذات الطبيعة القابلة للإذابة (أبو الفتوح ٢٠٠٧).

وتم تطبيق بعض المعاملات المساحية على بعض الأحواض التصريفية بالهضبة (شكل ٤)، لتحديد بعض الخصائص الشكلية للأحواض، و اختيار منها نسبة الاستدارة التي تتأثر عادة بكثافة التراكيب الخطية المتقطعة مختلفة الاتجاهات، وهذا ما هو موجود على سطح الهضبة، إذ تشكل دائماً أحواضاً قريبة من الاستدارة أو الاستطاللة، وتشير نسبة الاستدارة إلى مدى اقتراب الحوض من الشكل الدائري، وهي توضح درجة التشابه بين حدود الحوض الخارجية والدائرة باعتبارها أفضل شكل هندسي منتظم، وكلما اقترب الناتج من الواحد الصحيح، اقترب الحوض من الشكل الدائري (ملحق ٥)، أما الاستطاللة عكسها، فكلما اقترب الناتج من الصفر اقترب الحوض من الشكل المستطيل. وتم تصنيف نتائج هذا المعامل في فئات (جدول ٨) وعرضه كالتالي:



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

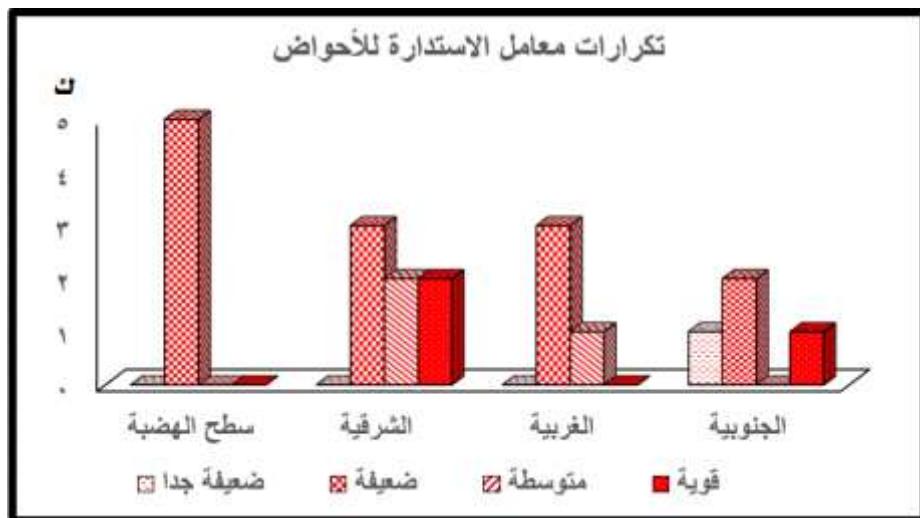
(شكل ٤) أحواض الدراسة المختارة لمعامل الاستدارة

(جدول ٨) تكرارات معامل الاستدارة

%	مجموع	الجنوبية	الغربية	الشرقية	سطح الهضبة	التصنيف	الفئة
٥	١	١	-	-	-	ضعيفة جداً	أقل من ٠.١٩
٦٥	١٣	٢	٣	٣	٥	ضعيفة	٠.٤٩-
١٥	٣	-	١	٢	-	متوسطة	٠.٦٩-
١٥	٣	١	-	٢	-	قوية	أكثر من ٠.٧٠
١٠٠	٢٠	٤	٤	٧	٥	مجموع التكرارات	

المصدر / اعتماداً على ملحق (٥)

وقد لوحظ أن أغلب الأحواض كانت بعيدة عن الشكل الدائري بنسبة %٧٠ وقريبة من الشكل المستطيل (شكل ١٥)، وهو يشير إلى سيادة الصدوع، والفاصل، والشقوق والانحدار التي أدت إلى استطالة أحواضها واقترابها من الشكل المستطيل. وتطابق محاورها الطولية مع اتجاهات تتبع الظواهر الخطية المتمثلة بالصدوع الرئيسية، مما أدى إلى زيادة أطوالها على حساب عرضها، وأن الاختلاف في بعض الأحواض القريبة من الاستدارة والتي جاءت نسبتها %٣٠ (المتوسطة والقوية) ارتبطت بالحافتين الشرقية والجنوبية، ويرجع إلى الاختلاف المحلي في طبيعة الانحدار ومكافف طبقاتها الصخرية.



(شكل ١٥) تكرارات معامل الاستدارة بأحواض الهضبة

أثر أحواض التصريف على المسيلات والأخاديد

ارتبطة المسيلات ارتباطاً وثيقاً بأحواض التصريف ذات الانحدار الهين لهذا جاءت روافدها طويلاً وبأعداد كبيرة، وارتبطة الأخاديد ارتباطاً وثيقاً بأحواض التصريف صغيرة المساحة المنتشرة على سفوح الهضبة ذات الانحدار الشديد لهذا جاءت روافدها قصيرة وبأعداد قليلة.

ثالثاً: خصائص المسيلات والأخاديد

هي ظاهرة موروثة عن فترات أكثر مطرًا شهدتها الهضبة قديماً، وتلاشت مسببات تلك العملية المسئولة عنها في الوقت الحاضر لندرة الأمطار (4.9 مم/سنة)، وهذه سمة عامة تميز الصحاري الجافة وشبه الجافة. ونشطت عمليات أخرى في الهضبة مثل عمليات التفكاك بأشكالها المختلفة ونحت وإرساب الرياح وغيرها، والتي غيرت بعض معالم هذه المسيلات والأخاديد.

وطلت عملية تفسير نشأة الجريان السطحي للمياه وتكون القنوات النهرية محل تفسير، إلى أن وضع Horton عام ١٩٤٥ نظريته للجريان المائي التي تتصل بشكل عام

على "أن الجريان السطحي للمياه ينشأ عندما تتجاوز كمية التساقط طاقة تسرب السطح" (Cooke, et al., 1993)، وبذلك نشأت الفتوات النهرية عن طريق عمليات تركز الجريان السطحي للمياه، فعند سقوط المطر تبدأ عملية النحت بالفعل الميكانيكي ل قطرات المياه Rain-dropsuk عن طريق الاصطدام بسطح الأرض، وتسمى بتعرية الرش Splash erosion، وعندما تزيد تأثيرات تعرية الرش وتتحدد تظاهر المرحلة الثانية من عمليات النحت وهي التعرية الغطائية Sheet erosion أو الغسل الغطائي wash، ثم يحدث بعد ذلك تركز للمياه في مجاري صغيرة يطلق عليها الجداول أو المسيلات أو الغدران Rill erosion وهي المرحلة الثالثة من التعرية المائية، وبنزول كمية المياه السطحية الجارية بالاتجاه نحو المنخفضات تتلاقي تلك المسيلات مكونة فتوات أعمق محددة المعالم تعرف بالأحاديد Gully erosion (شكل ١٦)، وهي المرحلة الأخيرة التي ترافق الجريان المائي النهري (جودة حسنين جودة، ١٩٩٨)، وينشأ حينئذ حوض الوادي أو النهر، ويشمل جميع الأراضي التي تساهم بمجاريها في إمداد مجرى الوادي الرئيسي بالمياه. وتحكم مجموعة من العوامل في نشأة الفتوات النهرية: مثل طول المنحدر، ودرجة انحداره، وبعده عن خط تقسيم المياه، وقلة النبات الطبيعي، وضعف التكوين والتركيب الصخري، وشدة التساقط.

وتمارس المياه الجارية نحتها لأوبيتها من خلال أربع عمليات رئيسية هي: الفعل الميكانيكي للمياه Hydraulic action والنحت بواسطة ما تحمله المياه من حمولة ثم عملية السحق Corrosion وأخيراً عملية الإذابة Attrition، أما دور المياه في التعرية المائية (الجريان المائي) فيتمثل بشكل رئيسي في الفعل الميكانيكي للمياه وما تحمله بالدرجة الأولى من حمولة نهرية، وهذا الفعل الميكانيكي للمياه يعتمد بالدرجة الأولى على انحدار السطح. لهذا فإن استواء السطح أو انحداره من المؤشرات المهمة للحكم على ظاهرة المسيلات أو الأحاديد، وتم تحديد الحد الأدنى للمسيل عمق ١ متر للتمييز بين المسيلات والأحاديد.



المصدر/ من تصميم الباحث

(شكل ١٦) مراحل التعرية المائية

أ-المسيلات

تنشأ المسيلات المائية بسبب ملء التجاويف والحفر الصغيرة الناشئة على وجه الصخر شبه المستوى أو ذي الانحدار الخفيف جداً بفعل مياه المطر عن طريق الاصطدام، وتفيض المياه من تلك النقط وتغطي السطح شبه المستوى وتتحرك إلى الأماكن الأكثر انخفاضاً ويحدث ترکز للجريان، وتنشأ قنوات رقيقة ضحلة في اتجاه أسفل المنحدر، ويتكرار هذه العملية ينشأ عدد كبير من المسيلات بفعل طاقة المياه الجارية، وتعرف هذه العملية بالانجراف السيلي أو التعرية السيلية (Rill Erosion)، وهي إزالة لسطح التربة سواء بالناحت بفعل حركة المياه والإذابة للسطح الجيري التي تتتألف منه الهضبة عبر ممرات سيلية نتاج عن تصريف تلك المياه، وعادة ما تكون عشوائية من جراء العواصف المطالية الغزيرة، وتتطور تلك الشبكة الدقيقة من المسيلات المائية ويتصل بعضها ببعض لتكون فيما بعد شبكة من القنوات المائية في شكل أشرطة ذات جریان مضطرب لها قدرة

كبيرة على نقل الرواسب تجاه مصباتها ويبلغ عمقها واحد متر، ولاسيما في الصخور الجيرية التي تمتاز بهما هضبة أبو سعيد وفي ظل انعدام الغطاء النباتي.

أشكال وأنماط القنوات السيلية

تنقسم القنوات السيلية بالضحلة ولا يتعدى عمقها عن واحد متر، وقد يصل طول قطاعها العرضي إلى ٤٠٠م، وغير مدركة في الطبيعة الميدانية (صورة ٤) سوي أنك ترى تموجا خفيفا لسطح الهضبة المغطى معظمها من مفتتات صخرية مختلفة الحجم ناتجة عن عوامل التفكك السائدة بالمنطقة معظمها مواد ناعمة، ولهذا تم تحديد خصائصها من النموذج الرقمي والمرئية الفضائية حيث تظهر في شكل خطوط انسيبالية (صورة ٥)، وتتنقسم معظم مجاريها بأنها كثيرة التعرج ويعود العامل الرئيسي المؤثر على خصائص هذه الأودية هو قلة الانحدار ومنها ما يظهر بشكل خطى، وتمثل أيضا بعض المسيلات الدقيقة على جوانب التلال المنعزلة بسبب سقوط الامطار الحديثة في شكل خطوط متوازية لا يتعدى اتساعها نحو ٧سم وعمقها يتراوح من ٢-٣سم (صورة ٦)، وتحتف في خصائصها المورفومترية عن مسيلات سطح الهضبة وفي عامل الانحدار الشديد المتحكم في نشأتها، وقد شوهد حافات طولية الامتداد بارزة على السطح تمتد بشكل خطى فسرها رشدي سعيد (Said, 1980) بأنها رواسب نهرية قديمة فيما بعد عصر الإيوسين قوامها الحصى والرمال ومتماستة بأكاليسيد الحديد. ثم حدث تخفيض لسطح الهضبة من حولها بفعل عملية التعرية الكارستية وبقيت هذه الإرسابات ناتئة على السطح، وأطلق عليها فيما بعد اسم الأودية المقلوبة inverted valleys، مما يعزز القول بأن ظاهرة المسيلات على سطح الهضبة ظاهرة كانت دائما متغيرة بسبب سيادة الجريان الغطائي قديما على السطح بسبب الانحدار الخفيف جدا المميز لها وغزارة الأمطار الساقطة في الماضي.



(صورة ٤) آثار المسيلات على سطح الهضبة



(صورة ٥) المسيلات المائية على سطح الهضبة من المرئية



(صورة ٦) المسيلات المائية على منحدرات التلال

ويسود نمطين بأحواض سطح الهضبة الثمانية (راجع شكل ١٢)، الأول: النمط الشجري؛ ويرجع إلى سيادة التجانس الصخري على سطحها، ونوع الصخور الجيرية ذات الحبيبات دقيقة الحجم المؤلفة لها، ونظام الطبقات الأفقية ذات سطح انحداره خفيف جداً وقلة التضرس والتشابه المناخي، وتتألف المجاري النهرية التي تنتهي إلى هذا النمط من روافد تلتقي بعضها البعض في صورة زوايا حادة، ويوجد هذا النمط في الأجزاء العلوي من الأحواض. أما الثاني فهو النمط الخطي المستقيم؛ إذ يتحكم في هذا النمط نقاط الضعف الصخري كالشقوق والفوائل ذات الامتدادات الطولية، وأيضاً التجانس الصخري والانحدار، وغالباً ما تتصل الروافد بمجاريها الرئيسية بزوايا قائمة وحادة، ويوجد هذا النمط في الأجزاء الوسطى من الأحواض.

خصائص الطول العرض للمسيرات

تم اختيار ٣٢ مسيراً من المسيرات عشوائياً لرتب مختلفة على مستويات متعددة الارتفاع على سطح الهضبة، يتفق عددها ونسبة مساحة المستوي على الهضبة كنماذج لعمل القطاعات الطولية والعرضية لها، وذلك للتعرف على خصائصها الجغرافية، وقد قيست من النموذج الرقمي دونت نتائجها في الملحقين (٥، ٦)، وبلغت أطوال القطاعات الطولية ٦١٨٠ م، وترواحت أطوالها بين ٩٥ - ١٠٤ م، مع قياس فرق المنسوب بين طرفيها، أما القطاعات العرضية فترواحت أطوالها بين ٤٣٢ - ٥٠ م ووزعت التكرارات لكليهما في فئات علي حسب مستويات الارتفاع (جدول ٩)، ويمكن عرضها كالتالي:

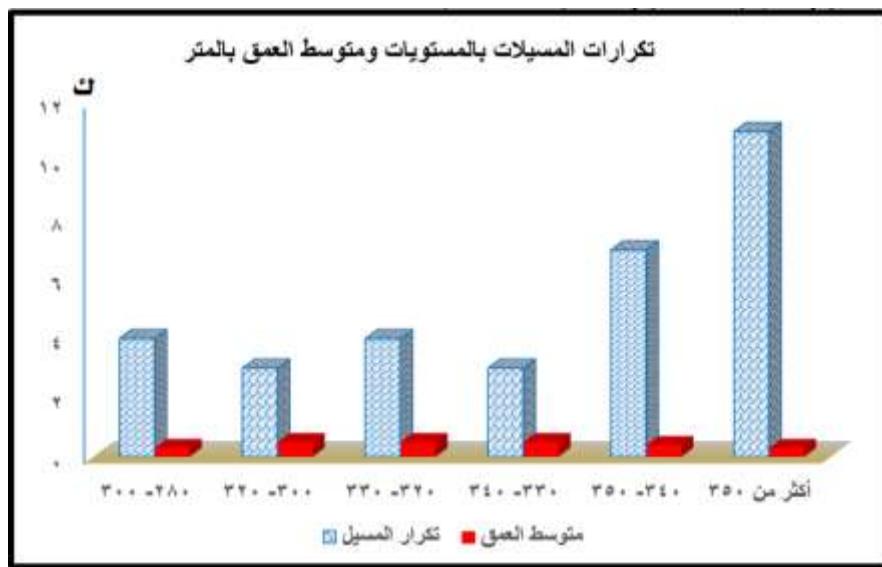
جدول (٩) خصائص القطاعات الطولية والعرضية للمسيرات

مستويات المسيرات م	تكرار المسييل	متوسط العمق	أدنى طول	أقصى طول	أدنى عرض	أقصى عرض
٣٠٠ - ٢٨٠	٤	٠.٣	١٥٢	٣٠٤	١٤٦	٢٤٦

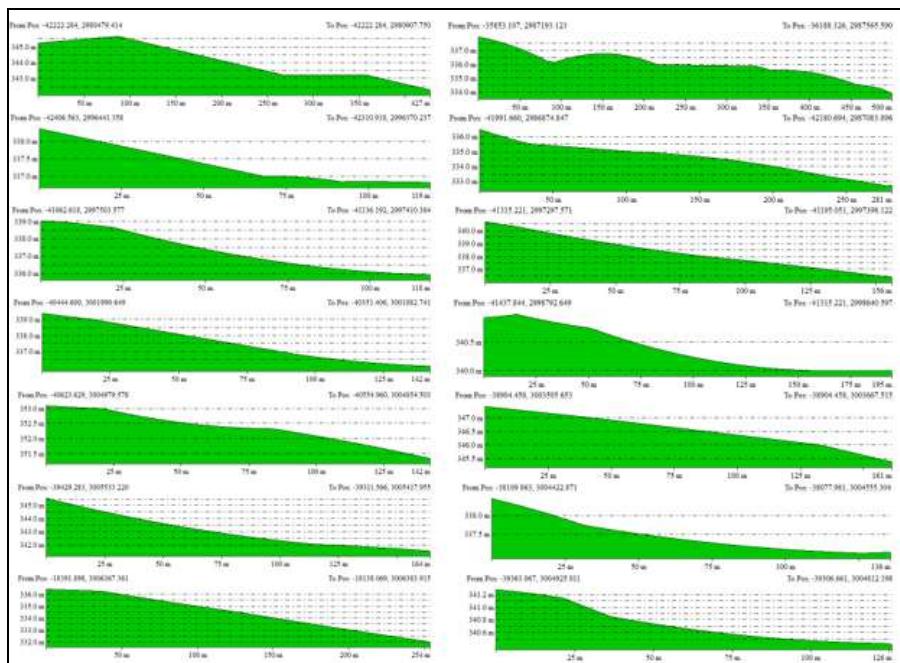
٢٧٥	١٠١	١٣٥	٩٦	٠.٥	٣	٣٢٠ - ٣٠٠
١٥٥	٧٣	١٣٥	١١٩	٠.٥	٤	٣٣٠ - ٣٢٠
١٢٤	٥٠	٣٠٩	١٣٥	٠.٥	٣	٣٤٠ - ٣٣٠
٣١٣	١٥٠	١٦٤	١٢٦	٠.٤	٧	٣٥٠ - ٣٤٠
٤٣٢	١٢٥	٦٠٤	٩٥	٠.٣	١١	أكثر من ٣٥٠

(٦، ٥) ملحق / المصدر

اختلفت أطوال القطاعات على جميع المستويات ويرجع ذلك لخصائص المسيل وترتيبه داخل حوض التصريف، وتقرب متوسطات فروق المنسوب بين طرفيها فتراوحت بين ٣٠٠.٣ - ٣٠٠.٥ م (شكل ١٧)، وإن كانت القيمة الشائعة بينها ٣٠٠.٢ - ٣٠٠.٣ م (ملحق ٥)، وليس بالضرورة ملزمة زيادة فرق المنسوب مع طول المسيل حيث يرتبط فرق المنسوب بعبور المسيل من مستوى أعلى لمستوى أدنى دونما الاعتداد بطوله، وبلغت درجة الانحدار السائدة على طول القطاعات أقل من واحد درجة، وإن كانت تزيد إلى درجتين عندما ينحدر المسيل إلى مستوى أدنى، وقد لوحظ بعض التغيرات الثانوية في انحدار القطاع الطولي لبعضها (شكل ١٨)، مما يشير إلى وجود نقاط تجديد دلالة على تغير المناخ على المنطقة قديماً، وكانت علاقة الارتباط بين الطول وفرق المنسوب موجبة وضعيفة وبلاغت ٣٧٣٦، مما يشير إلى نشاط التعرية الكارستية بعملية الجريان الغطائي للسطح التي كانت أكثر فاعلية من عملية الجريان المائي المركز.



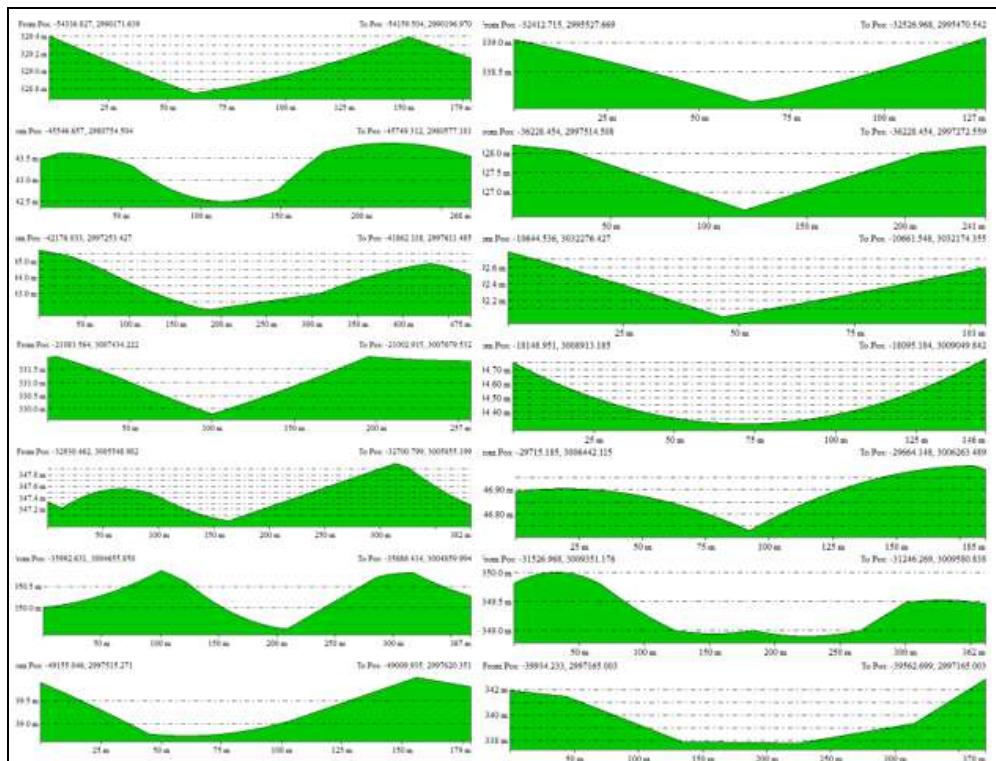
(شكل ١٧) تكرارات المسيلات ومتوسط العمق بمستويات الهضبة



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ١٨) نماذج من القطاعات الطولية للمسيلات على سطح الهضبة

وبلغت أطوال القطاعات العرضية ٥٧٧١ م، واختلف اتساع قنوات الميالات فيما بينها، وترواحت بين ٧٣ - ٤٣٢ م، واختلف أيضاً شكل قاع المسيل، فمنها ما جاء في شكل زاوية منفرجة ويشبه الشكل الخانق حيث ينحدر جانبيه ويلتقى عند أدنى نقطة في وسط مجري المسيل، وتصل درجة الانحدار على جانبيه إلى واحد درجة تقريباً، وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً، ومنها ما يظهر بقاع منبسط ويأخذ شكلًا قريباً من حرف (U) وجانبيه مجدوعتين للخارج (شكل ١٩)، وتزيد درجة الانحدار إلى ٣ درجات تقريباً على جانبيه، وقد لوحظ أن علاقة الارتباط بين العمق وعرض القطاع كانت ضعيفة جداً وسلبية وبلغت -٤٦٢، وتشير هذه العلاقة العكسيّة أثاء نمو وتطور مجري المسيل إلى وجود عوامل أخرى تؤثر عليه بشكل قوي مثل التعرية الكارستية على حساب التعرية النهرية، وتسرّب المياه عبر الشقوق والفوائل على حساب الجريان السطحي.



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ١٩) نماذج من القطاعات العرضية لمسيّلات سطح الهضبة

بـ-الأحاديد

تعد التعرية الأخدودية (Gullies Erosion) مرحلة أعلى من التعرية السيلية، وتنشأ عندما تتحول المسيّلات إلى التعمق والتوضّع في مجاريها بعملية النحت الرأسي والجانبي، وعادة ما تكون على المنحدرات، وهي قنوات نهرية يزيد عمقها عن ١م وشديدة الانحدار في قطاعها الطولي العرضي، وقد تلتقي عدة أخدود مع بعضها بقناة رئيسية لتكون شبكة تصريف تستطيع بسهولة نحت وتعرية مجاريها وتحريك ونقل حمولتها النهرية بواسطة طاقة الجريان المائي تجاه مصباتها خلال العواصف المطرية الغزيرة، وطاقة المياه الجارية في الأخدود يزداد فعلها الجيومورفولوجي مع البعد عن خط تقسيم المياه وزيادة

الانحدار باتجاه أسفل المنحدر. والنحت الأخدودي منشر على جوانب هضبة أبو سعيد، اذ تعرضت سفوح الهضبة إلى عمليات نحت بواسطة طاقة الجريان المائي المركز، ونشأت مجموعة الأخدود وعملت على تقطيع سفوح منحدراتها، وسببت تضرسا شديدا لسفوحها ولاسيما عند المناطق الأكثر انحدارا عند قمتها.

أشكال وأنماط القنوات الأخدودية

تظهر سفوح هضبة أبو سعيد بصورة أكثر تضرسا بسبب تشددها بواسطة الجريان المائي (صورة ٧)، بالإضافة إلى أن تكوينها الجيري الذي أدى إلى استجابتها السريعة لعملية النحت والإذابة بفعل مياه الأمطار خلال فترات حظيت بظروف كانت أوفر رطوبة من الظروف الجافة الحالية. ونشأت عليها قنوات أخدودية ذات انحدار شديد في قطاعاتها الطولية والعرضية ومختلفة الاتساع، وتغطيها بعض الإرسابات الرملية وكتل صخرية متفاوتة الحجم معظمها بسبب الانهيارات التي أصابت جوانبها، حيث يتكون معظم أعلى الأحواض من جروف صخرية حادة خالية من تربات حقيقة (صورة ٨)، وإن وجدت على المنحدرات الأقل انحدارا فهي تربة ضحلة من مفتتات صخرية خشنة، واتسعت الأخدود عندما كانت المياه المتداخفة من فوق سطح الهضبة غزيرة إذ عملت على تعرية القاع والحفارات بسبب قابلية الماء على التعرية، ومع زيادة درجة الانحدار سواء كان اتساع المنحدر طويلا كما في شرقها أو قصيرا كما في باقي سفوحها يصبح الجريان السطحي أكثر شدة بصرف النظر عن كمية المياه المتداخفة، وهذا أدى إلى الاندفاع السريع لحمولة الأودية نحو بطونها وكانت المراوح الفيوضية والمخاريط الإرسابية الخشنة في نهاية الأخدود. وبذلك جاءت الأحواض كلها المنتملة على سفوحها صيقة المساحة ومستطيلة الشكل، وتقارب معظمها في قيم الخصائص الشكلية.



(صورة ٧) الأخداد على الواجهة الشرقية لهضبة أبو سعيد



(صورة ٨) أعلى الأخداد في الواجهة الشرقية من المرئية الفضائية

ويسود أحواض سفوح الهضبة عدة أنماط من أشكال التصريف (راجع شكل ١٢)، الأول: النمط الشجري؛ ويوجد هذا النمط في الأجزاء العلى في جميع الأحواض كبيرة المساحة وبالذات في السفوح الشرقية مثل أحواض (٦، ١١، ٢٨، ٣٩، ٤٦، ٤٩، ٥٤، ٨٣، ٨٧)، والثاني: النمط الرئيسي؛ ويوجد هذا النمط في أجزاء الحوض ويكون هذا النمط انعكاساً للبناء الجيولوجي إلى درجة كبيرة، حيث يرتبط بالحافات الصخرية

والكويستات، إذ يتحكم فيه نقاط الضعف الصخري كالشقوق والفوائل ذات الامتدادات الطولية في اتجاه المنحدر، وغالباً ما تتصل الروافد بمجاريها الرئيسية بزوايا قائمة وحادة معظمها من الرتبة الأولى، ويتمثل هذا النمط في بعض روافد أحواض الحافة (صورة ٩). وتظهر بعض الأنماط الثانوية في بعض أجزاء من الأحواض مثل النمط المتوازي والمتعامد في حوض ٣١ والنمط الخطي المستقيم في روافد بعض الأحواض مثل حوض

.٢٤



(صورة ٩) النمط الرئيسي في أخدود منحدرات الهضبة

خصائص الطول والعرض للأخدود

تم عمل مجموعة من القطاعات الطولية للمجاري الرئيسية (٣٢ قطاعاً) لعدة أخدود مختار من أخدود سفوح الهضبة، للوقوف على خصائصها الجغرافية، وكان القياس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية من رأس الأخدود حتى مصبها، وقد لوحظ أن القطاعات كلها تحدّر انحداراً شديداً في الثلث العلوي منها، وهذا ما زاد من الكفاءة الهيدروليكيّة

للمياه في هذه الشقة، حيث تميل الأخدود إلى تعميق وتوسيع مجاريها عن طريق نحت قاعها وجوانبها (صورة ١٠)، وتعد هذه الأجزاء الأكثر ديناميكية في نمو وتقدم الأخدود نحو منابعه، وأظهرت الدراسة الميدانية أن الجدران الجانبية للأخدود معظمها رأسية ومتوازية تقريباً على كلا الجانبين في هذا القطاع من الأخدود، وظهرت قمة رأس الأخدود متهدلة، ويرجع ذلك لطبيعة العمليات الجيومورفولوجية السائدة فيها بسبب الجفاف التي تعيشها المنطقة حالياً، وقد ذكر (Rădoane 2002) أن النوع المهيمن من العمليات في أنظمة الأخدود يخضع لموسمية المناخ، وفي ثلثي القطاع الباقي نقل الكفاءة الهيدروليكية للمياه لأنخفاض درجة الانحدار وزيادة طوله، لهذا تعتمد المواد المنقولة إلى مصبه - إلى حد كبير - على شكل القطاع، وأن ثمة نقاط تجديد (صورة ١٢) ظهرت على طول القطاع الطولي مما يشير إلى تردد المطر وتغير حجمه؛ أو نتيجة حركة الرفع التكتونية التي أصابت المنطقة آنذاك، أدت إلى نحت قاعها الرسوبي بفعل تجدد الجريان.



(صورة ١٠) الانحدار الرأسي لجاني الأخدود



(صورة ١١) تهطل قمة رأس الأخدود



(صورة ١٢) آثار نقاط تجديد بمجاري الأخدود

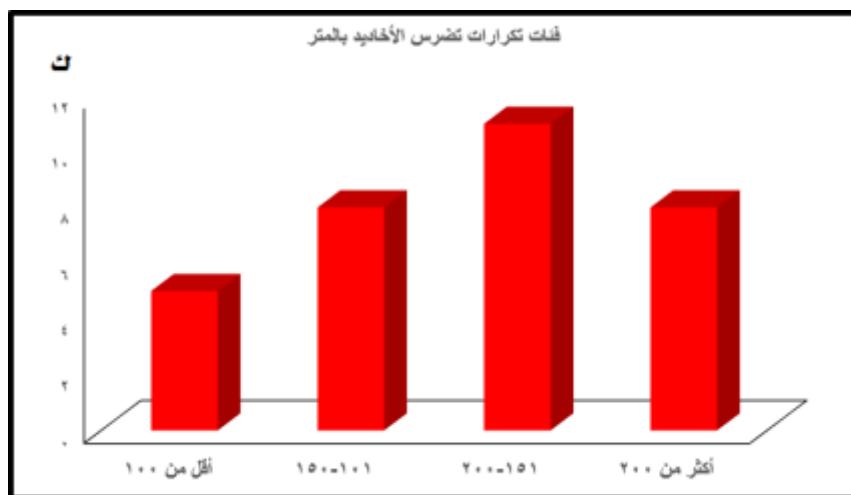
ومن خلال نتائج (جدول ١٠) وشكلٍ (٢١، ٢٠) يمكن عرض التالي: تم تصنيف البيانات الخاصة بالقطاعات الطولية (ملحق ٧) إلى فئات بناء على تضرس القطاع (الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة) وتشمل تكرارات القطاعات، وقد لوحظ أنه كلما زاد عمق

الأخدود زاد طوله في علاقة طردية، ومثلت الفئة الأولى (أقل من ١٠٠ م) خمسة أخذود فقط من عدد القطاعات بنسبة ٦٥.٦%， وترواحت أطوال قطاعاتها بين ٦٠.٦ - ٩٢ كم بمتوسط ١١.١ كم للقطاع، وجاءت الفئتين الثانية والأخيرة بتكرارات متساوية انتكرارات وكان متوسط التضرس للأخذود الأخيرة ثلاثة أضعاف متوسط تضرس أخذود الفئة الثانية، أما الفئة الثالثة (١٥١ - ٢٠٠) فهي الفئة الشائعة بعدد ١١ تكرار بنسبة ٣٤.٤%， وترواحت أطوال القطاعات فيها بين ١٠.٧ - ٦٥.٦ كم بمتوسط ٣٣.٣ كم للقطاع، واختلفت درجة الانحدار على طول القطاع فقد بلغت في الثلث العلوي ٦ درجة وانخفضت إلى درجتين في قطاعاتها السفلية، وجاءت علاقة الارتباط بين طول القطاعات وتضرسها قوية جداً ومحضة وبلغت نسبتها ٧٨٤.٠٠، وتشير إلى وجود تناسق في تطور طول القطاع مع تضرسه.

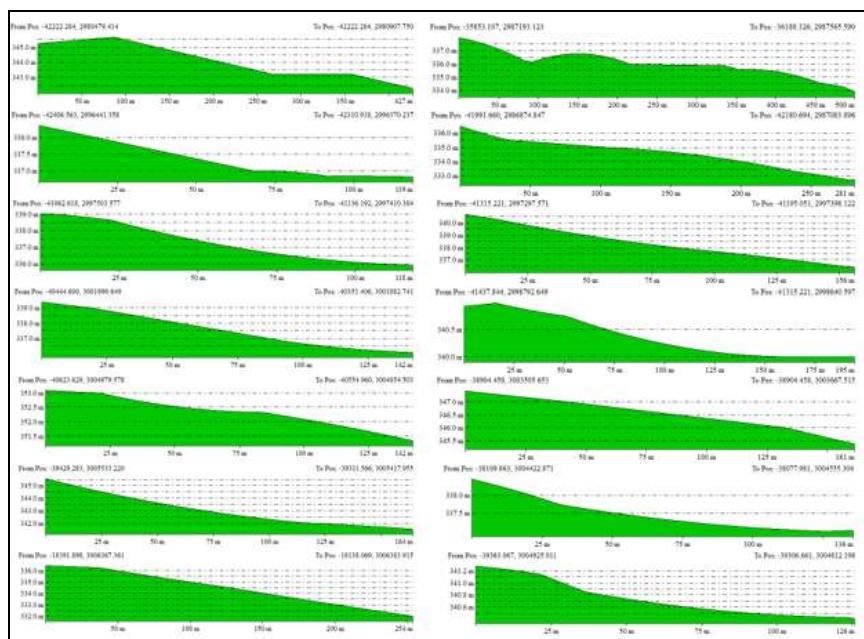
جدول (١٠) خصائص الطول للأخذود

فئات تضرس الأخذود م	تكرار التضرس	النسبة المئوية	متوسط طول الأخدود
أقل من ١٠٠	٥	٦٥.٦	١١
١٥٠ - ١٥١	٨	٢٥	١٠.٨
٢٠٠ - ١٥١	١١	٣٤.٤	٣٣.٣
٢٠٠	٨	٢٥	٤.٦
المجموع	٣٢	١٠٠	٢.٧

المصدر / ملحق (٧)



(شكل ٢٠) تكرارات فئات التضرس للأخاديد بسفوح الهضبة



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٢١) نماذج من القطاعات الطولية للأخاديد

أما القطاعات العرضية للأخاديد فيختلف شكلها بسبب مدي استجابة الصخور لعملية النحت وطبيعة العمليات الجيومورفولوجية الفاعلة فيها (Rădoane 2002)، ووفقاً للقطاعات العرضية المأخوذة من التموج الرقمي بواسطة نظم المعلومات الجغرافية فقد ظهرت أشكال الأخاديد على شكل حرف (V) على القطاعات العلوية منها ويتغير الشكل تدريجياً إلى شكل حرف U ثم يقل العمق إلى أن تصبح ضحالة في قطاعاتها السفلية، ويرتبط تطور قطاعها العرضي ارتباطاً وثيقاً بكمية المياه وخصائص الجريان فيها، ويعود ذلك إلى توسيع الأخدود وتراجع سريع لرأسه نحو منابعه nongullied وذلك في ظل انعدام وجود غطاء نباتي يعيق عمليات النحت المائية، وتشير المتغيرات التي تصف هندسة الأخاديد هي العمق والعرض والطول، إلا أن هناك عدم تناسق في انحدار جانبيها هذا وقد يرتبط بانعطاف المجري حيث إنه إذا زادت طاقة هطول الأمطار وتدفقها أدت إلى نحت أحد الجانبين على حساب الآخر بنطاق الانعطاف، ويتباين خصائص القطاع العرضي للأخدود على طول قطاعه الطولي، وأظهرت الدراسة الميدانية للأخاديد أن جوانبها شديدة الانحدار وغير منتظمة بسبب فعل عمليات التجوية الحالية فيها (صورة ٣)، وسرعان ما تختفي معالمها بعد خروجها من حافة الهضبة (صورة ٤)، وأن ثمة بقايا مصاطب فيضية على أقدام جانبيها (صورة ٥) مما يشير إلى تردد المطر وتغير كميته قديماً.



(صورة ١٣) شدة انحدار جوانب الأخداد



(صورة ١٤) أخداد الحافة الجنوبية للهضبة



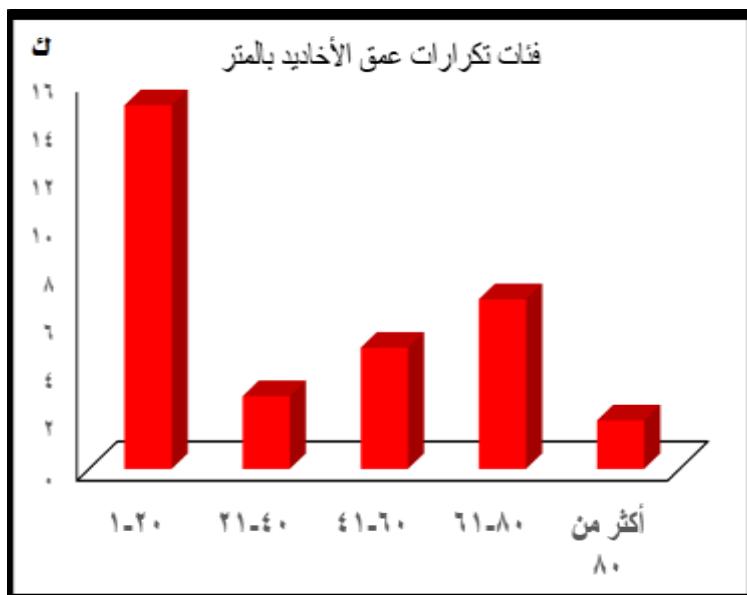
(صورة ١٥) آثار لمصاطب فيضية على بعض جوانب الأخدود

وتم تصنيف البيانات الخاصة بالقطاعات العرضية للأخدود (٣٢ قطاعا) في فئات طبقاً لعمقها (جدول ١١)، وتم تحديد عرض القطاع طبقاً لاتساعه من أعلى (شكلٰ ٢٢، ٢٣)، وبلغت أطوالها ٢.١ كم، وقد لوحظ أن العمق السائد بينها هو عمق من ١ - ٢٠ م حيث بلغت ٥٠٪ تكراراً بنسبة ٤٦.٩٪، ومتوسط عميقها ٠.٣٠ كم حيث تراوح العمق لهذه الفئة بين ٠.٢ - ٠.٣ كم (ملحق ٨)، وتفاوتت الفئات الباقية فيما بينها في عدد تكراراتها، وصاحب الفئتان الأخيرتان اتساعاً في العرض مع زيادة العمق، لهذا كانت علاقة الارتباط قوية ومحضة بين العرض والعمق وبلغت نسبتها ٧٨٥٪، مما يشير إلى حجم الجريان المائي الكبير وارتباطه بعمليات النحت الجانبي وتوسيع مجري الأخدود.

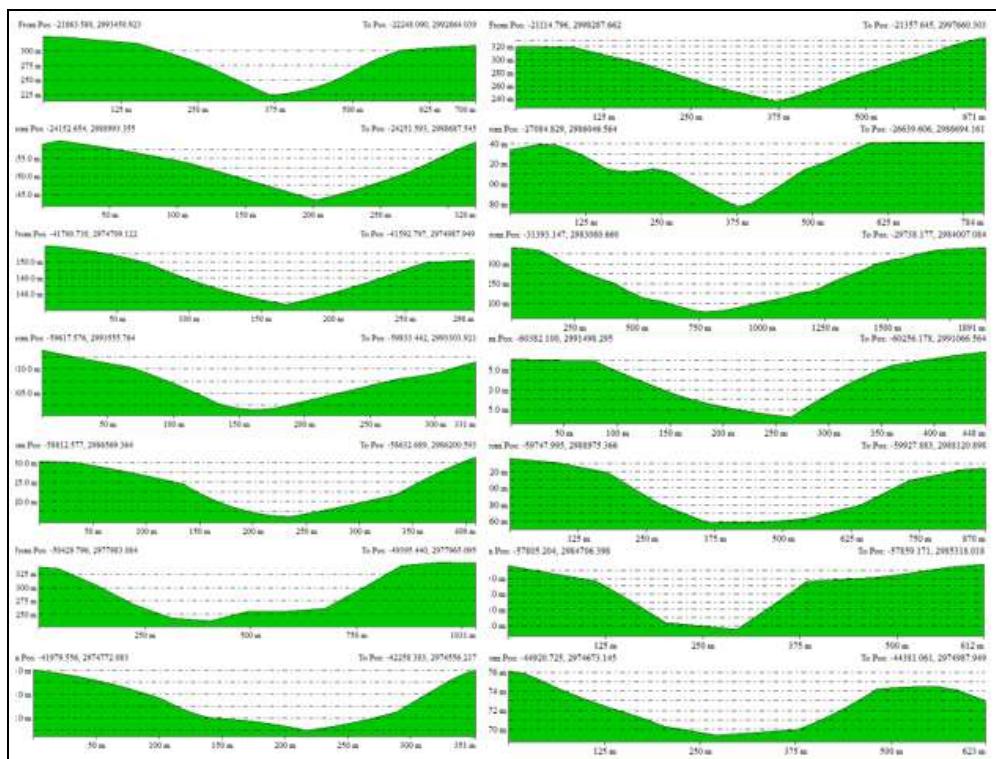
جدول (١١) خصائص عمق القطاعات العرضية للأخاديد

متوسط عمق الأخدود	النسبة المئوية	تكرار العمق	فئات عمق الأخدود م
٠.٣	٤٦.٩	١٥	٢٠ - ١
٠.٤	٩.٤	٣	٤٠ - ٢١
٠.٣	١٥.٦	٥	٦٠ - ٤١
٠.٥	٢١.٩	٧	٨٠ - ٦١
٠.٧	٦.٢	٢	أكثر من ٨٠
٠.٤	١٠٠	٣٢	المجموع

(المصدر / ملحق (٨)



(شكل ٢٢) تكرارات فئات العمق للأخاديد سفوح الھضبة



المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(شكل ٢٣) نماذج من القطاعات العرضية للأخذاد

الخاتمة

تتوسط هضبة أبو سعيد منخفض الفرافرة بوسط الصحراء الغربية، وتشكلت طوبوغرافيتها بفعل الحركة التكتونية التابعة لحركة الأقواس السورية أثناء الزمن الثالث، وتكونتها جيري من أصل بحري، ويسود سطحها تكوين النقب التابع لعصر الإيوسين الأدنى، وتكتفت بنيتها مجموعة من الانكسارات التي كانت سبباً في تحديد معالمها وتوجيه بعض خطوط التصريف عليها وقرب أحواضها من الشكل المستطيل بدلاً من الشكل الدائري، وبلغت مساحة سطحها 1886.7 كم^2 وتمثل منحدراتها نسبة ٢٧.٥٪ من مساحتها، ويظهر سطحها في مستويات متفاوتة الارتفاعات التي ترجع نشأتها إلى التعرية الكارستية، وذات أسطح انحدراته خفيفة جداً، وخلفت مياه الأمطار قدماً عليها مجموعة من الميسيلات على سطحها شبه المستوى ومجموعة من الأخدود علي سفوحها بفعل عملية الجريان المائي المركز، وطبقت على أحواضها مقاييس شدة النحت المطري وانحصرت أحواضها في فنات العالي جداً والشديد جداً، وارتبطت الميسيلات بالأحواض كبيرة المساحة المتمثلة على سطح الهضبة، وهي قنوات نهرية هينة الانحدار عمقها قلما يتجاوز ١١م، ومتغيرة في الطول والعرض، ويغلب على شبكتها النمط الشجري بسبب التجانس الصخري على سطح الهضبة والانحدار الخيف، والنطط الخطي المستقيم بسبب الشقوق والفوائل التي تكتف السطح، وقطعها العرضي يغلب عليه الشكل الخانق والقاع المنبسط المحدد بجانبين منفرجين. أما الأخدود فهي قنوات عميقه قصيرة الطول ارتبطت بحافة الهضبة لأنحدارها الشديد، ويتحدد مقطعها العرضي بشكل حرف (V) في منابعها العليا وشكل حرف (U) بالبعد عن منابعها وبالاتجاه لمصباتها، وتتفاوت أعماقها بين ٤-٨م- وأكثر من ١٠م، وذات جوانب جرفية ويظهر عليها أثر عوامل التجوية، ويسود شبكتها النمط الرئيسي الذي يعد انعكاساً للبنية الذي يرتبط بالحافات والكويستات.

الملاحق**(ملحق ١) الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف**

رقم الحوض	أطوال الروافد كم	مساحة الحوض كم²	الطول كم/ المساحة كم	رقم الحوض	أطوال الروافد كم	مساحة الحوض كم²	الطول كم/ المساحة كم	رقم الحوض
١	١٩.٣	٤.٧	٤.١	٣٦	٩.٦	٢.٢	٤.٣	٢
٢	٤.٨	١.١	٤.٤	٣٧	٣٧.٧	٩.٠	٤.٢	٣
٣	٣٣.٦	٨.٣	٤.٠	٣٨	١٥.١	٤.٠	٣.٧	٤
٤	٣٤.٦	٨.٢	٤.٢	٣٩	٧٤.٣	١٩.١	٣.٩	٥
٥	٢٥.٧	٦.٣	٤.١	٤٠	٣٦.٨	٨.٦	٤.٣	٦
٦	٨٩.٩	٢٠.٤	٤.٤	٤١	١٢.٢	٣.٠	٤.١	٧
٧	٢٣.٦	٥.٢	٤.٥	٤٢	٤.٦	١.٣	٣.٥	٨
٨	٣١.٩	٨.٠	٤.٠	٤٣	١٥.٦	٤.٠	٣.٩	٩
٩	١٩.١	٤.٥	٤.٢	٤٤	٢١.١	٥.٠	٤.٢	١٠
١٠	٩.٣	١.٨	٥.٠	٤٥	٦.٤	١.٥	٤.٣	١١
١١	٩١.٧	٢١.٨	٤.٢	٤٦	٨١.٧	١٩.٧	٤.٢	١٢
١٢	١٢.٨	٣.١	٤.١	٤٧	٢٣.٠	٥.٦	٤.١	١٣
١٣	٢٤.٦	٥.٩	٤.٢	٤٨	١٥.٧	٣.٨	٤.١	١٤
١٤	١٠.٥	٢.٨	٣.٨	٤٩	٤٨.٧	١٢.٨	٣.٨	١٥
١٥	٦٥.١	١٨.١	٤.١	٥٠	٣٤.٢	٨.١	٤.٢	١٦
١٦	٦٥.١	١٦.٩	٣.٨	٥١	٩.١	٢.٣	٣.٩	

٤.٥	٢.٦	١١.٦	٥٢	٤.٠	٦.٠	٢٣.٩	١٧
٣.٨	١.٠	٣.٧	٥٣	٤.٩	٧.١	٣٤.٦	١٨
٤.٢	١٦.٦	٦٩.٨	٥٤	٥.٦	٣.٤	١٩.١	١٩
٤.٦	٢.٢	١٠.١	٥٥	٤.٥	٧.٢	٣٢.٩	٢٠
٤.١	١٠.٦	٤٣.٣	٥٦	٣.٩	٥.٦	٢١.٩	٢١
٤.٥	٦.٨	٣٠.٤	٥٧	٤.٠	١.٧	٧.١	٢٢
٤.٣	٢.٦	١١.٢	٥٨	٣.٩	٣.٩	١٥.٢	٢٣
٤.٢	٣.٣	١٣.٩	٥٩	٤.١	١١.٥	٤٦.٩	٢٤
٤.٣	٥.٠	٢١.٣	٦٠	٤.٢	٩.٦	٤٠.٧	٢٥
٤.٤	١.٢	٥.١	٦١	٤.٠	١٦.٨	٦٦.٦	٢٦
٤.٤	٣.٥	١٥.٦	٦٢	٤.٠	١١.٩	٤٧.٥	٢٧
٣.٧	٣.١	١١.٣	٦٣	٤.٢	١٨.٨	٧٨.٨	٢٨
٤.١	٢.٢	٨.٨	٦٤	٣.٨	٤.٢	١٤.١	٢٩
٤.٢	٤.٠	١٦.٥	٦٥	٤.٠	٣.٩	١٥.٤	٣٠
٤.٣	٤.٥	١٩.١	٦٦	٤.٠	٣٠.٢	١٢١.٦	٣١
٣.٧	٢.٥	٩.١	٦٧	٣.٩	١.٨	٦.٩	٣٢
٤.١	١.٣	٥.٥	٦٨	٤.١	٣.٨	١٥.٧	٣٣
٥.٣	١.١	٦.٠	٦٩	٤.٣	٢.٣	٩.٧	٣٤
٤.٥	١.٣	٦.٠	٧٠	٣.٩	٥.٣	٢٠.٧	٣٥

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(ملحق ٢)

الطول كم/ المساحة كم	مساحة الحوض كم	أطوال الروافد كم	رقم الحوض	الطول كم/ المساحة كم	مساحة الحوض كم	أطوال الروافد كم	رقم الحوض
٤.٤	٣.٧	١٦.٤	١٠٦	٤.٤	٢.٣	١٠.٢	٧١
٤.١	٥.٤	٢٢.٦	١٠٧	٤.٤	١.٢	٥.٤	٧٢
٣.٦	٣.١	١١.١	١٠٨	٤.٥	٢.٠	٩.١	٧٣
٣.٧	٤.١	١٥.٢	١٠٩	٤.٣	١.٤	٦.٠	٧٤
٤.٠	٤.٥	١٨.٠	١١٠	٤.٠	٦.٥	٢٥.٨	٧٥
٤.٦	٣.٦	١٦.٦	١١١	٤.٢	٤.١	١٧.٠	٧٦
٤.٣	٣.٧	١٦.٠	١١٢	٤.٧	٣.٨	١٧.٧	٧٧
٤.١	١٢.٠	٤٩.١	١١٣	٣.٠	١.٢	٣.٥	٧٨
٤.٣	٠.٥	٢.٣	١١٤	٣.٩	٧.١	٢٨.٠	٧٩
٤.٣	٢.٧	١١.٦	١١٥	٤.٢	٨.٠	٣٣.٦	٨٠
٤.٥	٠.٨	٣.٧	١١٦	٤.٠	٥.١	٢٠.٦	٨١
٤.٠	٣.٤	١٣.٦	١١٧	٣.٨	٧.٧	٢٩.٢	٨٢
٤.٠	٨.٠	٣٢.٤	١١٨	٤.٢	١٧.٦	٧٤.٥	٨٣
٤.٨	٢.٣	١١.٠	١١٩	٣.٩	١.٢	٤.٩	٨٤
٤.٢	١٠.٨	٤٥.٣	١٢٠	٣.٩	٢.٤	٩.٣	٨٥
٤.٠	٥.١	٢٠.٦	١٢١	٣.٩	٣.٠	١١.٨	٨٦
٤.٢	٩.٧	٤١.٠	١٢٢	٣.٩	١٢.٦	٤٩.٤	٨٧

٣.٤	٢.٩	١٠.١	١٢٣	٤.١	٣.٠	١٢.١	٨٨
٣.٨	٠.٧	٢.٦	١٢٤	٤.٠	٥.٧	٢٣.٠	٨٩
٤.٥	٤.٨	٢١.٦	١٢٥	٤.١	٥.١	٢٠.٨	٩٠
٣.٨	٥.٣	٢٠.٤	١٢٦	٣.٩	٥.٣	٢٠.٨	٩١
٤.٤	٢.٧	١١.٩	١٢٧	٤.٦	٤.٥	٢٠.٧	٩٢
٤.٠	١.٨	٧.٣	١٢٨	٤.٥	٦.٤	٢٩.١	٩٣
٣.٩	٩.٦	٣٧.٣	١٢٩	٥.٠	٢.٥	١٢.٩	٩٤
٤.٨	١٦٤.٨	٧٩٠.٥	١٣٠	٤.٣	٤.٠	١٧.٢	٩٥
٦.٤	٤٦١.١	٢٩٥٧.٣	١٣١	٣.٧	١.٣	٤.٩	٩٦
٥.٤	٢٠٣.٦	١٠٩٨.١	١٣٢	٤.٩	١.٠	٥.١	٩٧
٨.٦	٧٣.٥	٦٣٥.٥	١٣٣	٣.٤	١.٨	٦.٢	٩٨
٤.١	٦٠.١	٢٤٧.٦	١٣٤	٤.٠	١.٠	٤.٠	٩٩
٤.٤	٩.٣٤	٤٠٧.٤	١٣٥	٤.٢	١.٧	٧.٣	١٠٠
٣.٤	٠.٨	٢.٦	١٣٦	٣.٧	٢.٢	٨.١	١٠١
٦.٤	٢٢.٥	١٤٤.٨	١٣٧	٤.١	٣.٨	١٥.٦	١٠٢
٨.٢	٣٦.٧	٣٠٠.٧	١٣٨	٤.٢	٣.٠	١٢.٥	١٠٣
٧.٠	٢٦.٥	١٨٦.٥	١٣٩	٣.٩	٥.٨	٢٢.٧	١٠٤
				٤.٣	٨.٧	٣٧.٦	١٠٥

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

ملحق (٣) مقياس Breggsma

معدل النحت كم / ٢ كم	معدل النحت م / ٢ كم	الوصف	درجة النحت
٠.٤ - ٠	٤٠٠ - ٠	نحت خفيف جدا	١
١ - ٠.٤٠١	١٠٠٠ - ٤٠١	نحت خفيف	٢
١.٥ - ١.٠٠١	١٥٠٠ - ١٠٠١	نحت متوسط	٣
٢.٧ - ١.٥٠١	٢٧٠٠ - ١٥٠١	نحت عالي	٤
٣.٧ - ٢.٧٠١	٣٧٠٠ - ٢٧٠١	نحت عالي جدا	٥
٤.٧ - ٣.٧٠١	٤٧٠٠ - ٣٧٠١	نحت شديد	٦
أكثر من ٤.٧٠١	أكثر من ٤٧٠٠	نحت شديد جدا	٧

المصدر / Breggsma 2000 بعد تعديل الباحث

(ملحق ٤) خصائص الشكل والاستدارة لبعض أحواض التصريف

الموقع	معامل الاستدارة	معامل الشكل	اسم الحوض
السفح الشرقي	٠.٧٢	٠.٦٢	٦
السفح الشرقي	٠.٧٣	٠.٤٤	١١
السفح الشرقي	٠.٤٩	٠.٣٦	٢٠

السفح الشرقي	٠.٣٠	٠.٢٢	٢٦
السفح الشرقي	٠.٥٢	٠.٧٠	٣١
السفح الشرقي	٠.٥٣	٠.٥٦	٣٩
السفح الشرقي	٠.٤٧	٠.٣٢	٤٦
السفح الغربي	٠.٣٩	٠.٢٥	٥٤
السفح الغربي	٠.٥٢	٠.٣٠	٦٠
السفح الغربي	٠.٤٧	٠.٤٣	٨٣
السفح الغربي	٠.٤٨	٠.٣٤	٨٧
السفح الجنوبي	٠.٤٤	٠.٥٩	١١٣
السفح الجنوبي	٠.٨٢	٠.٠٣	١٢٠
السفح الجنوبي	٠.٢١	٠.٢٧	١٢٥

السطح الجنوبي	٠٠٣	٠٠٢٢	١٢٩
سطح الهضبة	٠٠٤٤	٠٠٥٠	١٣١
سطح الهضبة	٠٠٣٧	٠٠٣٨	١٣٢
سطح الهضبة	٠٠٢٧	٠٠٤٤	١٣٣
سطح الهضبة	٠٠٤٦	٠٠٤١	١٣٤
سطح الهضبة	٠٠٣٤	٠٠٥٢	١٣٥

المصدر / من حساب الباحث

(ملحق٥) خصائص القطاعات الطولية للمسيرات

الامتدا دم	فرق المنسو ب	منسو ب	منسو ب	مسا سل	الامتدا دم	فرق المنسو ب	منسو ب	منسو ب	مسا سل
١٢٦	٠.٢	٣٤٤.	٣٤٤.	١٧	٤٢٧	٠.٤	٣٥٠.	٣٥١.	١
		٣	٥				٧	١	
١٤٩	٠.٩	٣٤٨.	٣٤٩.	١٨	٦٠٤	٠.٥	٣٥٠.	٣٥٠.	٢
		٦	٥					٥	
٣٠٩	٠.٥	٣٣٢.	٣٣٢.	١٩	٥٠٠	٠.٧	٣٥٠.	٣٥١	٣
		١	٦				٣		
٢٥٩	٠.٧	٣٣١.	٣٣١.	٢٠	١١٩	٠.٢	٣٥٠.	٣٥١.	٤
		٢	٨				٣	٥	
١٣٥	٠.٣	٣٣٨.	٣٣٨.	٢١	١٥٦	٠.٢	٣٥٢.	٣٥٢.	٥
		٦	٩				٤	٦	
١١٩	٠.٤	٣٢٠.	٣٢١	٢٢	١١٨	٠.٢	٣٥٠.	٣٥٠.	٦
		٦					٦	٨	
١٢٠	٠.٢	٣٢٨	٣٢٨.	٢٣	١٩٥	٠.٥	٣٥١.	٣٥٢	٧
			٢				٥		
١٢٦	٠.٣	٣٢٨	٣٢٨.	٢٤	٢١٦	٠.٣	٣٥١.	٣٥٢	٨
			٣				٧		
١٣٥	٠.٩	٣٢٧.	٣٢٨	٢٥	١٢٥	٠.٢	٣٥٠.	٣٥٠.	٩
		١					٧	٩	

١٣٢	٠.٥	٢٩٩.	٣٠٠	٢٦	١٤٢	٠.٢	٣٥٠.	٣٥٠.	١٠
		٥					٣	٥	
١٣٥	٠.٣	٢٩٧.	٢٩٨	٢٧	٩٥	٠.١	٣٥٠.	٣٥١	١١
		٧					٩		
٩٦	٠.١	٢٩٧.	٢٩٧.	٢٨	١٦١	٠.٣	٣٤٠.	٣٤١.	١٢
		٤	٥				٨	١	
٣٠٤	٠.٣	٢٩٣.	٢٩٤	٢٩	١٤٢	٠.٣	٣٤١.	٣٤٢	١٣
		٧					٧		
٢٥٤	٠.٤	٢٩٠.	٢٩٠.	٣٠	١٣٦	٠.٥	٣٤٣.	٣٤٤	١٤
		٤	٦				٥		
١٩٠	٠.٣	٢٨٣.	٢٨٤	٣١	١٣٩	٠.٢	٣٤٩.	٣٤٩.	١٥
		٧					٣	٥	
١٥٢	٠.٣	٢٨٩.	٣٨٩.	٣٢	١٦٤	٠.٢	٣٤٤.	٣٤٥	١٦
		٦	٩				٨		

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(ملحق ٦) خصائص القطاعات العرضية للمسيرات

المسار	العمق	المنسوب	مسلسل	المسار	العمق	المنسوب	مسلسل
م	م			م	م		
١٨٨	٠.٢	٣٤٤.٤	١٧	١٢٧	٠.٤	٣٥٠.٩	١
٣١٣	٠.٩	٣٤٨.٩	١٨	١٨٤	٠.٥	٣٥٠.٣	٢
١٠٣	٠.٥	٣٣٢.٤	١٩	٢١٧	٠.٧	٣٥٠.٥	٣

١٢٤	٠.٧	٣٣١.٥	٢٠	١٤٦	٠.٢	٣٥٠.٤	٤
٥٠	٠.٣	٣٣٨.٨	٢١	١٤١	٠.٢	٣٥٢.٥	٥
١٥٥	٠.٤	٣٢٠.٨	٢٢	١٥٧	٠.٢	٣٥٠.٧	٦
٧٣	٠.٢	٣٢٨.١	٢٣	٢٤١	٠.٥	٣٥١.٩	٧
٨٨	٠.٣	٣٢٨.٢	٢٤	٢٥١	٠.٣	٣٥١.٩	٨
١٤٢	٠.٩	٣٢٧.٧	٢٥	٤٣٢	٠.٢	٣٥٠.٨	٩
١٠١	٠.٥	٢٩٩.٧	٢٦	١٢٥	٠.٢	٣٥٠.٤	١٠
١٤٦	٠.٣	٢٩٧.٨	٢٧	٢٨٠	٠.١	٣٥٠.٩	١١
٢٧٥	٠.١	٢٩٧.٤	٢٨	١٨٦	٠.٣	٣٤٠.٩	١٢
١٥٢	٠.٣	٢٩٣.٩	٢٩	١٥٠	٠.٣	٣٤١.٨	١٣
١٤٦	٠.٤	٢٩٠.٦	٣٠	٢٠٤	٠.٥	٣٤٣.٨	١٤
٢٤٦	٠.٣	٢٨٣.٨	٣١	٢٨٨	٠.٢	٣٤٩.٤	١٥
١٨٥	٠.٣	٢٨٩.٨	٣٢	١٥٥	٠.٢	٣٤٤.٩	١٦

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

(ملحق ٧) خصائص القطاعات الطويلة للأحاديد

الامتداد م	فرق المنسو ب	أدنى منسو ب	أعلى منسو ب	مسافة سل	الامتداد م	فرق المنسو ب	أدنى منسو ب	أعلى منسو ب	مسافة سل
٠.٦	٢٧	٢٩٣	٣٢٠	١٧	٣	٢٤٨	١٠٣	٣٥١	١
٣.١	٢١٥	١٠٧	٣٢٢	١٨	٦.٥	٢٤٣	١٠٨	٣٥١	٢
٤.٨	٢٠٦	١٠٥	٣١١	١٩	٤.٤	٢١٤	١٣٩	٣٥٣	٣
٢.٧	١٤٩	١٥٢	٣٠١	٢٠	٣.٩	١٩٧	١٥٣	٣٥٠	٤
٣.٦	١٥١	١٥٠	٣٠١	٢١	٢.٤	١٧٨	١٧٢	٣٥٠	٥
٥.٦	١٥٧	١٤٧	٣٠٤	٢٢	١.٨	١٧٩	١٧٥	٣٥٤	٦
٤.٣	١٧٩	١٢٥	٣٠٤	٢٣	٢.٤	١٥٧	١٩٥	٣٥٢	٧
٣.٧	١٩٩	١٠٤	٣٠٣	٢٤	٠.٧	٣٩	٣١١	٣٥٠	٨
٤.٥	١٧٤	١٢٦	٣٠٠	٢٥	١.٣	٩٤	٢٥٠	٣٤٤	٩
١.٧	١٧٥	١٣١	٣٠٦	٢٦	٠.٧	٥٧	٢٨٤	٣٤١	١٠
٢.٨	١٧٦	١٢٥	٣٠١	٢٧	٤.٥	٢٣٠	١٠٣	٣٣٣	١١
٢	١٢٣	١٥٩	٢٨٢	٢٨	٢	١٣١	٢٠١	٣٢٢	١٢
١.٦	١١٦	١٦٦	٢٨٢	٢٩	٢.١	١٢٤	٢٠٣	٣٢٧	١٣
١.١	١١٩	١٦١	٢٨٠	٣٠	٥.٧	٢٢١	٩٩	٣٢٠	١٤
١.١	١٢٠	١٥٢	٢٧٢	٣١	٥.١	٢٢٢	١٠١	٣٢٣	١٥
١.٦	١٢٠	١٥٣	٢٧٢	٣٢	٢	٧٨	٢٤٣	٣٢١	١٦

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية

(ملحق ٨) خصائص القطاعات العرضية للأأخذيد

الامتداد م	العمق م	أدنى منسوب منسوب	أعلى منسوب منسوب	مسلسل	الامتداد م	العمق م	أدنى منسوب منسوب	أعلى منسوب منسوب	مسلسل
٠.٢	٤١	٣١٤	٣٥٥	١٧	٠.٩	١٢٨	١٤٢	٢٧٠	١
٠.٣	١٢	٣١٨	٣٣٠	١٨	٠.٦	٨١	١٦٩	٢٥٠	٢
٠.٤	٦٢	٢٥٨	٣٢٠	١٩	٠.٥	٧٧	٢٤٣	٣٢٠	٣
٠.٥	٨٠	٢٦٠	٣٤٠	٢٠	٠.٣	٧٥	٢٢٥	٣٠٠	٤
٠.٣	١٨	٣٠٢	٣٢٠	٢١	٠.٥	٤٧	٢٨٣	٣٣٠	٥
٠.٢	٥	٢٨٥	٢٩٠	٢٢	٠.٣	١٨	١٤٢	١٦٠	٦
٠.٢	١٧	٢٩٨	٣١٥	٢٣	٠.٣	٥	٩٢	٩٧	٧
٠.٣	١٦	٣٠٩	٣٢٥	٢٤	٠.٣	٤	٩٢	٩٦	٨
٠.٣	٢٠	٣١٠	٣٣٠	٢٥	٠.٨	٦٩	٢٨١	٣٥٠	٩
٠.٢	٨	٣١٧	٣٢٥	٢٦	٠.٤	٤١	٢٨٤	٣٢٥	١٠
٠.٣	١٥	٣٢٥	٣٤٠	٢٧	٠.٢	٤٢	٢١٨	٢٦٠	١١
٠.٥	٤٨	٢٥٩	٣٠٧	٢٨	٠.٣	١٩	٣٢١	٣٤٠	١٢
٠.٣	٢٣	٢٩٧	٣٢٠	٢٩	٠.٣	٣	١٥١	١٥٤	١٣
٠.٤	٣٢	٢٧٨	٣١٠	٣٠	٠.٤	٦	١٧٠	١٧٦	١٤
٠.٢	٢٦	٢٩٤	٣٢٠	٣١	٠.٢	٣	١٤٨	١٥١	١٥
٠.٧	٦٥	٢١٥	٢٨٠	٣٢	٠.٥	٧٧	٢٤٨	٣٢٥	١٦

المصدر / نظم المعلومات الجغرافية

المراجع

أولاً: العربية

إبراهيم صابر ٢٠١٠: الظاهرات الكلستيتية في الهضبة الوسطى بصحراء مصر الغربية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية البنات للآداب والعلوم والتربية، جامعة عين شمس.

أشرف أبو الفتاح ٢٠٠٧: جيومورفولوجية أشكال الكلست في منخفض الفرافرة بالصحراء الغربية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

آمال شاور ٢٠١٦: جغرافية مصر الطبيعية. الغيطاني للطباعة والنشر، بور سعيد.

جودة التركمانى ١٩٨١: منخفض الفرافرة دراسة في الجغرافية الإقليمية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

جودة حسنين جوده ١٩٩٨: الجيومورفولوجيا، علم أشكال سطح الأرض، مع التطبيق بأبحاث في جيومورفولوجية العالم العربي. دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

رحيم حميد العبدان ومحمد جعفر السامرائي ٢٠١٦: التعرية المطرية لسفوح منحدرات تلال حمرىن باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب - جامعة بغداد.

صابر أمين ١٩٨١: منخفض الفرافرة في الصحراء الغربية دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

صبري محسوب ٢٠٠٨: بيئه الواحات المصرية، القاهرة.

عويس الرشيدى ٢٠٠٣: جيومورفولوجية البلايا في منخفض الفرافرة بالصحراء الغربية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

محمد صفي الدين أبو العز ١٩٦٦: مورفولوجية الأراضي المصرية. دار غريب للطباعة والنشر، القاهرة.

محمدى شعبان ٢٠٠٨: الأشكال الأرضية الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الفرافرة. دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنوفية.

هانى كمال ٢٠١٤: الأخطار الجيومورفولوجية بمنخفض الفرافرة بالصحراء الغربية. دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنيا.

ثانياً: الأجنبية

Akmell, S. &. (1953). The geology of Gabel EL-Nassuri and Gabel EL-Agabia Disirict. *Bull Dela Soc. De Geo. D' Egypt*, 26.

Ali, K. S. (1968). *Geophysical of underground water in the area lying south of Ismailia*. Cairo, Egypt: Cairo Univ.

Beadnell, H. J. (1901). *Farafra Oasis: Its topography and geology*. Cairo: Survey Dep., Puplic Work Ministry, Geological Survey Report.

Bergsma, E. (Ed.). (2000). *Terminology for soil erosion and conservation*. Wageningen: International Society of Soil Science, Grafisch Service Centrum.

Bocco, G. (1991). *Gully erosion: Processes and models*. Institute of Geography, University of Mexico.

Bull, L., & Kirkby, M. (1997). *Gully processes and modelling*. Leeds: School of Geography, University of Leeds.

- Carey, B. (2006). *Gully erosion. Natural resources and water managing Queensland's natural resources for today and tomorrow.*
- Cook, R., Warren, A., & Goudie, A. (1993). *Desert geomorphology.* London: UCL Press.
- El-Aref, M. M. (1987). Karst topography and karstification processes in the Eocene Limestone plateau of El Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt. *Z. Geomorph N. F.*, 45-64.
- El-Aref, M. M., & Lotfy, Z. H. (1985). Genetic karst significance of the iron ore deposits of El-Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt. *Ann. of Geol. Surv. of Egypt*, XV, 1-30.
- El-Shazly, E. M., Abdel-Hady, M. A., Sanad, S., Attia, S. H., El-Ghawaby, M. A., & Khawsik, S. A. (1977). *Regional geological and soil investigations at Farafra Oasis, Nile Valley area, Western Desert, Egypt, using landsat satellite imaging.* Cairo, Egypt: Remote Sensing Center, Acad. of Sci. Res. and Tech.
- Embabi, N. S. (2004). The geomorphology of Egypt, landforms, and evolution. *The Nile valley and the Western Desert (Special Publication)*, 1.
- Hermina, M. (1990). The surroundings of Kharga, Dakhla and Farafra Oases. In *The Geology of Egypt* (Said, R. ed., pp. 259-292). Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Kaufmann, G. (2003). Karst landscape evolution, speleogenesis and evolution of karst quifers. *The Virtual Scientific Journal*, 1, 1-10.
- Khalifa, M. A., & Zaghloul, E. (1985). Stratigraphy and depositional history of the Upper Cretaceous-Plaeocene sequence in Abu Minqar, Farafra Stretch, Western Desert, Egypt. *Ann. of the Geological Survey of Egypt.*, XV, 275-285.

- Khalifa, M. A., & Zaghloul, E. A. (1990). Diagenesis in the Esna and Farafra formations, Farafra Oasis, Western Desert, Egypt. *Ann. of the Geological Survey of Egypt.*, XVI, 223-227.
- Mahmoud, A. A. (1989). Quaternary geology and geoarchaeology of Farafra Oasis. Fac. of Sci., Ain Shams Univ.
- Okwu-Delunzu, V. U., Iwueke, N. T., & Aniagolu, C. O. (2018). Gully erosion and its environmental impact. In U. Eke (Ed.), *Local Government Area of Enugu State*. Nigeria: Department of Geography & Meteorology, Enugu State University of Science and Technology.
- Poesen, J. (2011). *Challenges in gully erosion research*. Belgium: Physical and Regional Geography Research Group, Department of Earth and Environmental Sciences.
- Rădoane, M., & Rădoane, N. (2017). Gully erosion. In M. Rădoane, & A. Vespremeanu-Stroe (Eds.), *Landform dynamics and evolution in Romania* (pp. 371-396). Switzerland: Springer Geography
- Sadek, H. (1926). *The geography and geology of district between Gabal Ataqa and the Galala-Bahria, Gulf of Suez*. Egypt: Government Press.
- Said, R. (1962). *Geology of Egypt*. New York, Amesterdam: Elsevier Pub. Co.
- Said, R. (1980). The quaternary sediments of the southern Western desert of Egypt: An overview. In F. Wendorf, & R. Schild (Eds.), *The prehistory of the Eastern Sahara* (pp. 281-289). New York: Academic Press.
- Sirviö, T., & Rebeiro-Hargrave, A. (2004). *Hazardous foothills: An overview of gully erosion in Taita Hills*. ?: ?

- Sokkar, A. M. (1991). Geomorphology, petrological, and mineralogical studies on the carbonate sediments between Baharia-Farafra, Western Desert, Egypt. Cairo: Dept. of Geology, Fac. Of Sci., Cairo Univ.
- Tebebu, A., Abiy, Z., Zegeye, A. D., Dahlke, H. E., Easton, Z. M., Tilahun, S. A., . . . Steenhuis, T. S. (2010). *Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia.*
- Vanwalleghem, T., Poesen, J., Eeckhaut, M. V., Nachtergaele, J., & Deckers, J. (2005). *Reconstructing rainfall and land-use conditions leading to the development of old gullies.*
- Ylhäisi, P., & Clark, B. (Eds.). (2004). Taita Hills and Kenya: Seminar, reports and journal of a field excursion to Kenya. *Expedition Reports of the Department of Geography 40* (pp. 79-86). University of Helsinki.
- Zaghoul, E. A. (1983). Geology of Abu Minqar, Farafra, Ain Dalla Stretch, Western Desert, Egypt. Fac. of Sci., Cairo Univ.

Abstract

Rills and gullies in El-Quss Abu Said Plateau were formed due to the ancient rains whose geomorphological effects are still evident there. After the Eocene sedimentation of Tertiary period, a tectonic movement accompanied by Syrian arcs movement hit the Plateau and caused a convex-like torsion that has made its surface higher than the surrounding area and its axis northern/eastern-southern/western. A number of multi-directional refractions also changed its structure, and its limy formation affected its topographic nature in such that its surface has become rather flat with slopes in the four sides. Rills on the top and gullies on the bottom have begun to emerge thus. This is why rills in longitudinal and horizontal sectors are long, ramified, relatively sloping, and wide while they are hardly 1m deep. Unlike rills that are linked with big basins, steep gullies are related to the Plateau bottom. Their drainages in longitudinal and horizontal sectors are characteristically short, linear, highly sloping, and narrow, and they are always more than deep.