# حوض وادي السهل الغربي بهضبة البطنان (دراسة جيومورفولوجية) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

**د. محمود على المبروك صالح**
قسم الموارد الطبيعية/كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة/جامعة طبرق
*mohmodali1979@gmail.com*

**د. سليمان يحي السبيعي**
قسم الجغرافيـا/كلـية الآداب/ جامعة سرت
*Dr.soliman.alsubaie@su.edu.ly*

**الملخص**

تهدف الدراسة إلى رسم خريطة جيومورفولوجية لحوض وادي السهل الغربي بهضبة البطنان، والتعرف على الظواهر والأشكال الجيومورفولوجية التي تنتشر على طول حوض الوادي. إضافة إلى بناء قاعدة معلومات للخصائص المورفومترية لحوض الوادي.

ولتحقيق أهداف الدراسة، تم استخدم المنهج الوصفي والمنهج التحليلي والمنهج الكمي الإحصائي، وقد اعتمدت الدراسة على الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية المرئيات الفضائية، إضافةً إلى الدراسة الميدانية، وقد تم استخراج المعاملات المورفومترية لحوض الوادي اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (**DEM**) بدقة 12 متر من المرئية الفضائية **SRTM** وذلك باستخدام برنامج **Arc Gis 10.2**.

وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: أن أغلب التكوينات الجيولوجية في حوض الوادي تنتمي للزمن الثالث (الاوليجوسين – الميوسين) إلى الزمن الرابع الحديث، كما توصلت الدراسة إلى أنَّ شبكات التصريف المائية لحوض الوادي بلغت الرتبة الخامسة، وبلغ مجموع أعداد المجاري المائية 362 مجري، وأطوالها حوالي 177.8 كم. وإنَّ متوسط نسبة التشعب بحوض الوادي 3.3 مجرى، وهذا يدل على زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية بشكل واضح. كما يظهر المقطع الطولي للوادي مقعر بشكل عام، وتنخفض درجة الانحدار بشكل عام على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب.

**الكلمات المفتاحية:** وادي السهل الغربي، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل المورفومتري.

**مقدمة:**

إن دراسة أحواض وشبكات التصريف لأي منطقة ذات أهمية في الدارسات الجيولوجية والجيومورفولوجية (Geomorphology)؛ إذ يمكن استخدام نتائجها في التعرف على نوع الصخور، والتراكيب الجيولوجية، وميل الطبقات والخصائص الهيدرولوجية للأحواض، كما يمكن من خلالها استنتاج التطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية بها.

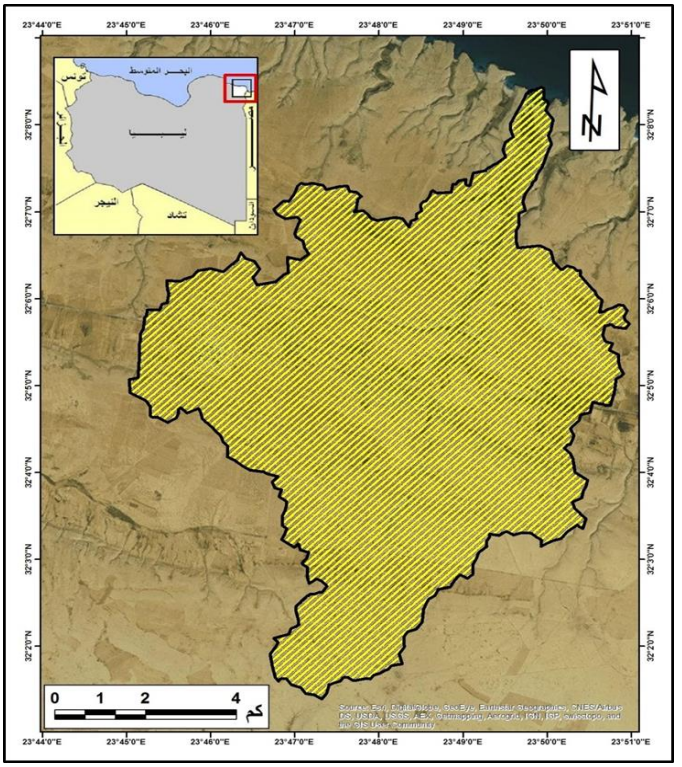
يُعَدُّ حوض وادي السهل الغربي من أهم الأحواض التي تمتد في الجزء الشمالي الشرقي من هضبة البطنان، ولتحقيق أهداف دراسة حوض الوادي؛ تمَّ استخدم المنهج الوصفي والمنهج التحليلي والمنهج الكمي الإحصائي، وقد اعتمدت الدراسة على الخرائط الجيولوجية والطبوغرافيا وصور الأقمار الصناعية للمنطقة، بالإضافة إلى المشاهدات الميدانية، كما اعتمدت أيضًا على تقنية الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية؛ بهدف تحديد أهم المعالم الجيومورفولوجية لحوض الوادي، ولدراسة الخصائص المورفومترية (Morphometricproperties) لوادي السهل الغربي؛ تمَّ الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (digital elevation model) (DEM) بدقة 12 متراً من المرئية الفضائية (SRTM)، من خلال تحديد حدود الحوض، وبناء شبكات التصريف ورسم خطوط الكنتور، وذلك باستخدام برنامج (Arc Gis 10.2)، كما تمَّ رسم القطاع الطولي، والقطاعات العرضية للوادي في برنامج (Global Mapper. 16).

**موقع منطقة الدراسة وملامحها العامة:**

يقع حوض وادي السهل الغربي في شمال شرق هضبة البطنان، ويبعد عن مدينة طبرق بحوالي 15 كم شرقاً، ويمتد من الجنوب إلى الشمال؛ ليصب في البحر المتوسط، ويحده من الجنوب منطقة رأس المدور، ومن الغرب حوض وادي الكراث ووادي بوهتيشة وحوض وادي الشبرق بسقيفة موسي، ويحده من الشرق حوض وادي المقرين وحوض وادي بو القمل.

وبهذا التحديد يقع حوض وادي السهل الغربي ما بين خطي طول **E** 23.45,47,095 و **E** 23.50,24,507 شرقاً، وبين دائرتي عرض **N** 32.01,23,498 و **N** 32.08,13,611 شمالاً، وتبلغ مساحتها حوالي 43.5كم$^2$، شكل (1)، ويتميز حوض الوادي بقلة تضرس بشكل عام، خاصة في منطقة المنبع واتساع منطقة المصب.

**شكل (1) موقع منطقة الدراسة.**




**المصدر**: إعداد الباحثين من المرئية الفضائية ETM باستخدام برنامج Arc GIS 10.2.

## أهداف الدراسة:

تهدف دراسة حوض وادي السهل الغربي إلى الآتي :

- إبراز الخصائص الجيولوجية لحوض وادي السهل الغربي.
- إيجاد العلاقة بين اتجاهات الشقوق و الفواصل الجيولوجية واتجاهات شبكة التصريف.
- رسم خريطة جيومورفولوجية لحوض الوادي، والتعرف على الظواهر والأشكال الجيومورفولوجية.
- دراسة شبكة التصريف وإمكانية استغلالها، و الاستفادة منها في الأغراض المختلفة.

## الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي تناولت منطقة الدراسة وما جاورها سواء كانت دراسات جيولوجية أو هيدرولوجية أو إقليمية ومن هذه الدراسات ما يأتي:

**– الدراسات الجيولوجية:**

- **دراسة** (مركز البحوث الصناعية،Industrial Research Centre، 1974) عبارة عن خريطة جيولوجية، لوحة درنة بمقياس250.000:1، مع كتيب تفسير باللغتين العربية واللغة الانجليزية للخريطة، توضح التكوينات الجيولوجية والأزمنة والتراكيب الجيولوجية في الزمن الثالث والزمن الرابع.
- **دراسة** ( محمود على المبروك، 2013م) بعنوان: "هضبة الدفنه في شمال شرق ليبيا دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس، تناولت الدراسة جيولوجية هضبة الدفنه والمنطقة الساحلية، والخصائص المورفومترية للأودية والتجوية وحركة المواد على المنحدرات، كما تناولت أشكال النحت والترسيب، وتناولت الدراسة 85 وادياً من الهضبة، وبلغ عدد المجاري 13765 مجرى.

**– الدراسات الهيدرولوجية:**

- **دراسة:** (معهد الثروة المائية بلغراد يوغسلافيا، 1974م)" البحوث والدراسات عن 25 واديًا في منطقة طبرق الساحلية كان من ضمنهن وادي السهل الغربي"، تناولت الدراسة 23 واديًا من هضبة الدفنه، واديان من هضبة البطنان كان من ضمنهما وادي السهل الغربي، وكان الغرض الأساسي من الدراسة هو تكوين قاعدة من البيانات الجيولوجية والمناخية بغرض إنشاء سدود على مصبات الأودية، وتتكون الدراسة من مجلدين أساسين باللغة الانجليزية مع بعض التقارير باللغة العربية، كما تضمنت الدراسة مجموعة من الخرائط الجيولوجية وخرائط النباتات الطبيعية والتربة الخاصة بالأودية.

**– الدراسات الإقليمية:**

- دراسة:(جودة حسنين جودة، 1975م) جاءت في كتاب " أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية"، تناولت الدراسة الأول برقة والبطنان في أواخر الزمن الثالث وأثناء الزمن الرابع دراسة في الجيومورفولوجية المناخية، تطرقت فيه إلى التطور الجيومورفولوجي لإقليمي برقة والبطنان، وتناولت

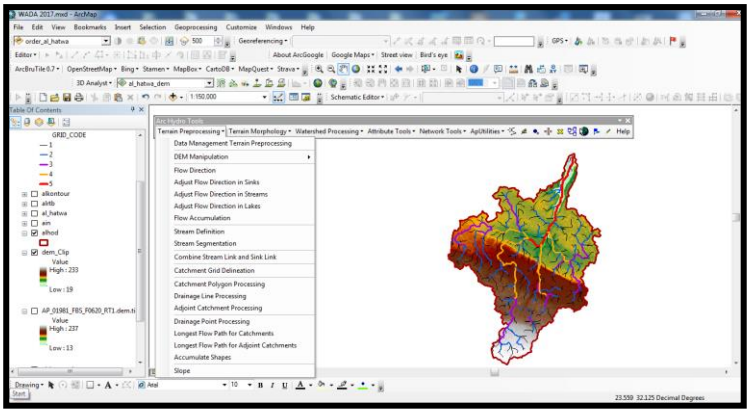
الأشكال الجيومورفولوجية الرئيسة، وبأنها نشأت نتيجة للأحداث التكتونية التي حدثت في الفترة ما بين أواخر عصر الميوسين ونهاية عصر البليوسين، وتطرقت الدراسة أيضاً إلى نشأة الأرصفة البحرية.

## منهجية وأسلوب الدراسة:

تمَّ إتباع مجموعة من المناهج في هذه الدراسة وهي على النحو الآتي:

- **المنهج الوصفي**: وتم إتباعه في وصف التكوينات الجيولوجيا، والخصائص المناخية ووصف الأشكال الجيومورفولوجية.
- **المنهج التحليلي الكمي** :Quantitative Approach : تمَّ استخدامه في تحليل القياسات الحقلية، والتحليل المورفومتري لشبكات تصريف الأودية عن طريق نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وذلك بحساب مجموعة من المعاملات المورفومترية الخاصة بدراسة شبكات التصريف، باستخدام نظم المعلومات الجغرافيةGeographical Information Systems عن طريق تفسير نموذج الارتفاع الرقمي DEM للتضرس، واشتقاق المعلومات الجيومورفولوجية، والهيدرولوجية لشبكات تصريف حوض الوادي (شكل 2)، وتحليل الانحدارات واتجاهاتها وإنشاء خطوط الكنتور، إضافة إلى إنشاء قاعدة بيانات Geodatabase من نافذة Arc catalog، وتمَّ إنشاء ملف لكل نوع من الخرائط، ورسم الظاهرات الجغرافية من الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، وإخراج البيانات على شكل خرائط ورقية.

**شكل (2) طريقة استخلاص شبكة التصريف المائي في برنامج Arc Gis10.2.**



## أولاً: الخصائص الجيولوجية بمنطقة الدراسة:

تُعَدُّ الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة من أهم الركائز التي تعتمد عليها الدراسة الجيومورفولوجية، إذ تعتبر الظاهرات الجيومورفولوجية ناتجاً لعملية التحات من ناحية، والتراكيب الصخرية والخصائص اللثيولوجية من ناحية أخرى، وقد اعتمدت دراستنا للوضع الجيولوجي بمنطقه الدراسة على الدراسات الجيولوجية السابقة والدراسة الميدانية، وسنتناول دراسة الموضوعات الآتية:

### 1- التتابع الطبقي Bedding sequence:

تساعد طبيعة هذه التتابعات الطبقية في استنتاج البيئات، التي تكونت فيها هذه الرواسب، وتتميز تلك الطبقات الرسوبية باحتوائها الأحفوريات، وهي مهمة لدراسة الطبقات الحيوية biostratigraphy، ونستطيع من خلال دراسة تتابع الطبقات معرفة الكثير عن تاريخ منطقة الدراسة.

تنتمي أقدم التكوينات الجيولوجية التي تظهر في منطقة الدراسة إلى الزمن الثالث والزمن الرابع، وهي صخور جيرية تظهر بها الطبقات بوضوح غنية بالحفريات، تتداخل معها طبقات طينية ورملية، وتتداخل معها صخور الكالكارنيت الجيرية، أما اللون السائد فهو أبيض مائل إلى الاصفرار، ويتميز النصف الأعلى منها بوجود طبقات من الصخور الجيرية البلورية التي تظهر بوضوح في المقاطع الجانبية لمنحدرات الأودية (مركز البحوث الصناعية، 1974م). ومن خلال الجدول رقم (1)، الذي يوضح الدراسة التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة تنكشف على سطح المنطقة صخور ذات خصائص متباينة، حيث تشكل الصخور الجيرية حوالي 90%، ويرجع عمرها إلى الزمن الثالث، وتغطي رواسب الزمن الرابع مساحات شاسعة جداً من منطقة.

### 2- التكوينات الجيولوجية:

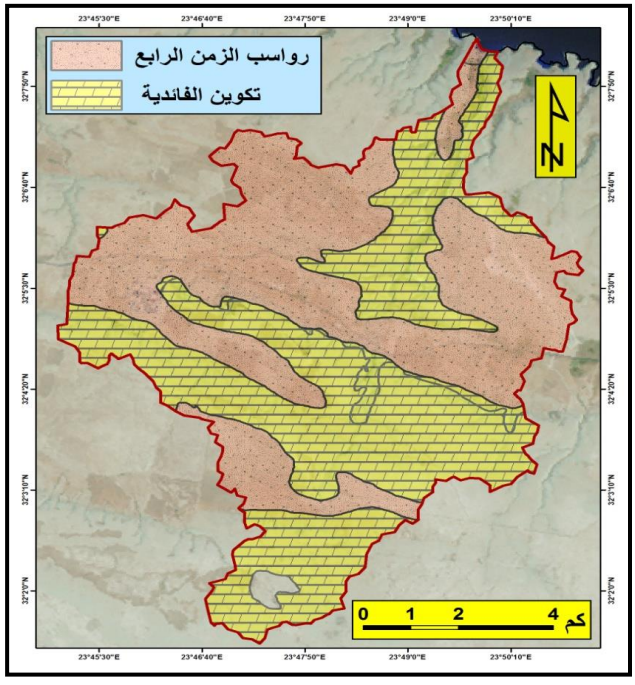
إنَّ أغلب التكوينات الجيولوجية التي تظهر على السطح، هي من الصخور الجيرية "حجر جيري مارلي نقي"، يحتوي على بعض الحفريات (شكل 3)، فقد قُسِّمت الصخور الجيرية في المنطقة إلى التكوينات الجيولوجية الآتية من الأقدم إلى الأحدث:

**جدول (1) التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة.**

| التكوين | وصف التركيب الصخري للتكوين | السمك (م) | التتابع الطبقي للصخور | دليل الرموز | العمر | الرمز | المساحة كم² | المساحة % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تكوين الزاوية الرابي | وتشمل جميع الرواسب النهرية متمثلة في الحصى وطفل Shale ورواسب السبخات متمثلة في رمل ملحي ورمال الشاطئ | | | | الزمن الرابع Lower Miocene | Qa Qs Qd | | |
| تكوين الفائدية Al Fa'idiyah Formation | يبدأ بطبقة من الطين Clay او المارل Marl تميل الي الاخضرار وحجر جيري تقي به بعض الحفريات Fossils يميل الي اللون الابيض وتتداخل معه بعض صخور الكالكاريناىت Calcarenite او الحجر الجيري الطعلبي والمرجاني و حبيباته من متوسطة إلي خشنة | من 50 — 120 م | | marl : calcareous clay<br>Reefoid limestone<br>الكالكاريناىت calcarenite<br>clay الطين<br>Calcilutite الكالسيلوتيت | الأوليجوسين Oligocene | TOMF | | |
| تكوين أكول Al Akrag Formation | يتميز بصخور الكالكاريناىت Calcarenite يميل اللي اللون البني المشرب بلون الصدأ، والكالسيلوتيت Calcilutite مع تداخلات من الحجر الجيري الذي يحتوى على حفريات Fossils من النوع الطعلبي ان طابع هذا التكوين هو الدولوميتي النقي | من 20 م — اكثر | | الكالسيلوتيت calcilutite<br>الكالكاريناىت calcarenite | الإيوسين | TOA | | |

**المصدر**: إعداد الباحثين اعتمادًا على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974م.

**شكل (3) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.**




**المصـــدر**: إعداد الباحثين من خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974م، باستخدام برنامج Arc Gis10.2.

**أ- تكوين الأبرق** Al Abraq Formation :

يمثل تكوين الأبرق دورة ترسيب منفردة، ويتميز بصخور الكالكاريناىت التي يغلب عليها اللون البني الشرب بلون الصدأ، والكالسيلوتيت مع تداخلات قليلة من الحجر الجيري المحتوي على حفريات أغلبها من النوع الطحلبي، وغالبًا ما تتميز ترسيبات تكوين الأبرق بطابعها الدولوميتي إلى حد ما، وقد تبين من نتائج الفحص الحفري إنَّ ترسيبات تكوين الأبرق تعود إلى الفترة ما بين العصر الأوليجوسيني الأوسط إلى العلوي (مركز البحوث الصناعية، 1974م، ص4-5)، كما أن سمك طبقات تكوين الأبرق حوالي 20 متر، وترسبت فوق تكوين الأبرق طبقات من تكوين الفائديه وأخفاه بطريقة تسلسل الطبقي البسيط.

**ب- تكوين الفائدية** Al Fa'idiyah Formation:

يُعَدُّ هذا التكوين أكثر الوحدات الصخرية انتشارًا بحوض الوادي، وقد تكون نتيجة طغيان بحري واسع النطاق، حدث في بداية العصر الأيوسيني (صالح، 2013م، ص31)، ويبدأ هذا التكوين بطبقه من الطين أو المارل تميل إلى الاخضرار، أما الأجزاء العلوية من هذا التكوين فتتألف من حجر جيري نقي، يحتوي على بعض الحفريات Fossils، وهو يميل إلى اللون الأبيض، وتتراوح حبيباته ما بين المتوسطة والخشنة، وتتداخل معه بعض صخور الكالكاريناىتا والحجر الجيري الطحلبي والمرجاني، وغالباً ما تكون هذه الصخور قد تبلورت من جديد، حيث تعلو سطحها طبقه كلسية، تحتوي في معظم الأحوال على درنات كلسيه سيليسية ذات لون بني يميل إلى الاحمرار.

قد اتضح من التحاليل المجهرية للحفريات Fossils أنَّ تكوين الفائدية ينتمي إلى الفترة ما بين العصرين الأوليجوسيني العلوي والميوسيني السفلي (مركز البحوث الصناعية، 1974م، ص5).

**ج- تكوينات الزمن الرابع** Lower Miocene :

تغطي رواسب الزمن الرابع أجزاءً واسعة من منطقة الدراسة، وتتمثل في الترسبات النهرية مثل الطفل، الرمل، الغرين، الحصى والحصى المتماسك ( الكونجلوميرات)، وترسيبات السبخة، وتوجد أغلب هذه الترسبات عند مصبات الأودية، وفي الأجزاء الوسطي من المجرى الرئيس للوادي. هناك عدد من الشواهد تشير إلى حدوث تغيرات مناخية، كانت لها آثاراً بيئية على ساحل المنطقة، فلقد

وصف "ماك بوربي وهيئ "(1955م) ثلاثة أنماطٍ متميزة من الرواسب الساحلية، لها أهمية مناخية خاصة :

**النمط الأول:** يتمثل في رواسب توجد عند خط الشاطئ 6 مترٍ فوق منسوب البحر الحالي، وتحوي أصدافاً بحريةً تشتمل على أنواع ما تزال تعيش حتى الآن في مياه البحر المتوسط (شكل 4)، وتشمل طائفة القواقع (Class: Gastropods)، وطائفة المحاريات (Class: Pelecypoda)، وطائفة النجميات (Class: stars)، مثل نجم البحر(Star Fish).

**النمط الثاني:** عبارة عن رواسب من التوفا الكلسية، تحوي بقايا حفريات غير موجودة في المنطقة.

**النمط الثالث:** يتمثل في كثبان حفرية «حديثة»Dunes young fossil، تحوي حفريات من قواقع هيليكس ميلانوستوما Helix melanostoma (شكل 5)، ويرتبط بالكثبان ويعاصرها، ما سماه "هيئ" بالحصى الأحدث younger Gravels (جودة، 1975م، ص19).

**شكل (4) أصداف بحرية وبعض القواقع.** **شكل (5)حفريات هيليكس ميلانوستوما عند خط الشاطئ الحافة الشرقية لحوض الوادي.**

من خلال الأنماط السابقة والشواهد على خط ساحل منطقة، أن رواسب منطقة الدراسة تقتصر على أواخر عصر البليوستوسين، فهي تعطينا فكره عن الذبذبات المناخية في إقليم برقة، أثناء آخر فتره فورم (جودة، 1975م، ص21). ونظراً للدور الذي تلعبه في تكوين الكثير من الظاهرات الجيومورفولوجية سوف يتم دراسة أهم هذه الإرسابات وهي كما يأتي:

- **الرواسب الهوائية ورمال الشاطئ :**

تشمل رواسب الكثبان الرملية الساحلية، وتتألف من فتات القواقع البحرية ذات اللون الأبيض المائل للاصفرار مع حبيبات كبيرة من الكوارتز (الشريف، وآخرون، 1990م، ص113-

115)، ويتكون هذه الرواسب من رمال ريحية ناعمة إلى متوسطة متجانسة أغلبها من الكوارتز مع بعض حبيبات من الحجر الجيري ويختلف لونها ما بين الأصفر المائل إلى اللون الأحمر (شكل 6).

**شكل (6) حبيبات من الرمال الشاطئية.**

- **رواسب السبخات:**

رواسب السبخات عبارة عن إرسابات مفككة، تتكون من مواد ملحية وطينية وغرين ورمل ناعم إلى متوسط الحبيبات مع جبس، وهي رواسب ريحية ومائية Industria Research Centre Tarabulus, 1984, p66-68 )، حملتها المياه الجارية إلى السبخة، وتتغطى السبخة أحيانًا بقشرة من الملح والجبس الناتج عن التبخر خلال فترات الجفاف، وتغطي المياه أغلب هذه السبخة خلال فصل الشتاء؛ نتيجة لسقوط الأمطار، وتنمو في هذه السبخة مجموعة كبيرة من النباتات مثل الديس، الحجنة، المثنان، القطف (الجديدي، 1986م، ص113-114)، وتقدر مساحة السبخة بمصب الوادي بـ 2.50كم$^2$ وتمتد بشكل طولي داخل المصب، وتتكون على شكل بحيرة مملوءة بالمياه طول العام (الشكل 7) .

**شكل (7) سبخة وادي السهل بمنطقة المصب.**

■ **الرواسب المائية :**

غطت الرواسب المائية معظم أجزاء منطقة الدراسة على منحدراتها وفي قيعان منخفضاتها (شكل 8)، مثل: سقيفة مقبولة، وسقيفة بمويلح وسقيفة موسى، وهي تظهر على هيئة مسطحات، تتكون من التربة الطينية المائلة إلى اللون الأحمر مختلطة بالحصى والجلاميد (صالح، 2006م، ص38-39)، أما رواسب مجرى الوادي فتتكون من الحصى والجلاميد والرمال، وتتراكم هذه الإرسابات نتيجة للتغير التدريجي في سرعه التيارات المائية السائدة عند سقوط الأمطار، وتختلف أحجام المواد المترسبة إذ يتركز الحصى عند قمتها، وتزداد هذه الرواسب دقة ونعومة كلما بعدنا عن المصب (صالح، 2013م، ص70).

**شكل (8) الرواسب المائية عند أحد حافة الأودية.**

## 3- التراكيب الجيولوجية:

تعكس الكثير من الظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عن عمليات النحت تأثيراً التراكيب الجيولوجية وخصائصها، وتنقسم التراكيب الجيولوجية بمنطقة الدراسة إلى قسمين هما:

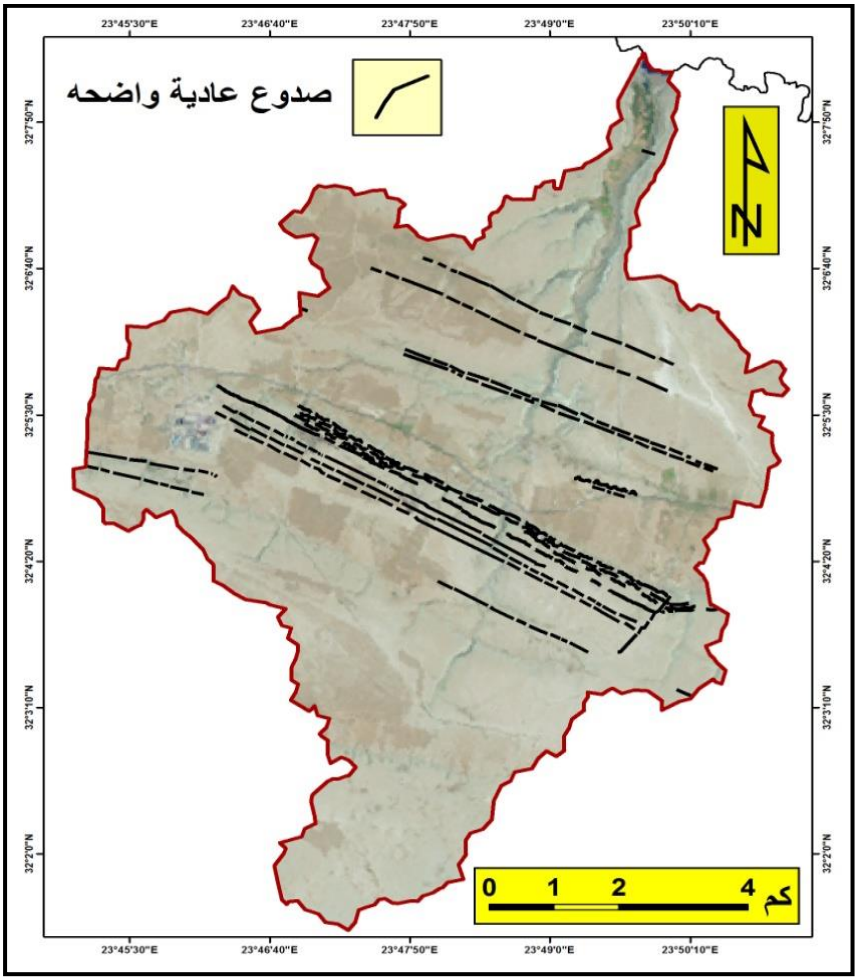
### أ الصدوع Fault:

تتأثر منطقة الدراسة بنطاق من التصدع العادي، حيث الرمية ناحية الشمال، وأحيانًا تأخذ شكل الأخاديد الصغيرة، واختلفت التصدعات في المنطقة من حيث اتجاهاتها وأطوالها وكذلك توزيعها، ومن خلال قراءة الخريطة الجيولوجية والطبوغرافية والدراسة الحقلية نلاحظ أن الصدوع بمنطقة الدراسة في الغالب تكون طولية ومستقيمة وموازية في معظمها لخط الساحل، وبلغ عدد الصدوع في المنطقة حوالي 7 صدوع، تأخذ اتجاهات شرق/ غرب إلى شمال غرب/ جنوب شرق، ومعظمها من النوع العادي، كما يلاحظ وجود صدوع صغيرة تأخذ اتجاهًا من الشمال إلى الجنوب متفقة ومتوازية مع محاور الأودية (شكل 9)، وبلغت جملة أطوال الصدوع بالمنطقة حوالي 39.4 كم (مركز البحوث الصناعية، 1974م)، وتشكل الصدوع الرئيسة أربع حافات، حيث تكون الاتجاهات السائدة هي شرق/غرب وشمال غرب/جنوب شرق، وتمتد متوازية مع امتداد خط الساحل.

### ب . الشقوق والفواصل Joint:

تُعَدُّ الشقوق والفواصل من الأشكال التي تنشأ نتيجة لعمليات التشقق والالتواء، وهي تنتشر في معظم التكوينات الصخرية بالحوض، وعادةً ما تكون على شكل خطوط طولية، بحيث تزداد بالقرب من الحافات وحافات الجروف البحرية حيث تنشط خلالهما عمليات التجوية والتعرية وتؤدي إلى فصل الكتل الصخرية ممَّا كان له أثر على حركة المواد على المنحدرات، وفي تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية على طول الحافات الصدعية وحافات مجاري الأودية (شكل 10)، وحافات الجروف البحرية، وتمثلت في الانهيارات الأرضية والتساقط الصخري وزحف الصخور، ويوضح الجدول (2) بعض القياسات لمجموعة من الشقوق والفواصل بحوض الوادي .

**شكل (9) الخريطة التركيبية لمنطقة الدراسة.**




**المصدر** : إعداد الباحثين من خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974، باستخدام برنامج Arc Gis10.2.

**شكل (10) شقوق وفواصل في الكتل الصخرية.**

**من خلال قياسات الشقوق والاتجاهات لهذه الشقوق نلاحظ :**

1. يبلغ عدد الشقوق التي تم قياسها 18،كان أطول هذه الشقوق حوالي 8م، واقصرها 1م، ويبلغ اتساعها 1 ــ 0.50 م.
2. إنَّ معظم الشقوق كانت في وضع عمودي، وإنَّ اتجاهاتها كانت متجه ناحية الغرب.
3. إنَّ معظم الشقوق تحتوي على رواسب فتاتية، بالإضافة إلى مجموعة من النباتات والقواقع وقطع الصخور والصخور.
4. إنَّ اغلب الفواصل ممتلئ بالرواسب أغلبها مفتتات جيرية مع بعض الأتربة وبقايا من النباتات، كما تنمو بعض النباتات داخل الشقوق والفواصل، أغلبها من نبات الرمث والقطف، وبعض الأعشاب الحولية التي تنمو بعد سقوط الأمطار (صالح، 2013م، ص45).

**جدول (2) قياسات الشقوق والفواصل بحوض الوادي.**

| ت | الطول متر | الاتساع سم | الارتفاع متر | الاتجاه | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| .1 | 8 | 30 -50 | 25 | شرق / غرب | مليء بالقواقع والرواسب الفتاتية |
| .2 | 7.40 | 10 -20 | 27 | شرق / غرب | شق عمودي مليء بالرواسب الفتاتية |
| .3 | 3 | 1 -3 | 35 | الشمال الشرقي/الجنوب الغربي | مليء بالرواسب الفتاتية دقيقة جداً |
| .4 | 4 -3 | 16 -18 | 200 | شرق / غرب | مليء بالرواسب الفتاتية مختلفة الإحجام |
| .5 | 1.50 | 2 -20 | 200 | الشمالي الغربي/الجنوب الشرقي | مليء بالرواسب الفتاتية وهو متعرج، شق عمودي |
| .6 | 1 | 10 -24 | 190 | الشمال الشرقي/الجنوب الغربي | توجد به بعض الرواسب فتاتيه وأسفله رواسب جيرية |
| .7 | 2.28 | 3 -8 | 200 | شرق / غرب | مليء بالرواسب وتوجد به بعض النباتات، شق عمودي |
| .8 | 1.22 | 1 -3 | 200 | شرق / غرب | شق أفقي ويعتبر خالي من الرواسب |
| .9 | 4.35 | 5 -15 | 6 | شرق / غرب | مليء بالرواسب وهو شق طولي |
| .10 | 5 | 10 -25 | 6 | الشمالي الغربي/الجنوب الشرقي | مليء بالمفتتات الصخرية وهو متعرج |
| .11 | 2.25 | 4 -25 | 6 | شرق / غرب | شق عمودي توجد به بعض رواسب الصخور |
| .12 | 3 | 12 -20 | 2 | اتجاه ناحية الشرق- شمال | شق طولي متعرج مليء بالرواسب و بعض الصخور |
| .13 | 3 | 3 -15 | 2 | اتجاه ناحية الشرق | شق متعرج مليء بالرواسب الفتاتية |
| .14 | 5 | 2 -10 | 4 | اتجاه ناحية الشرق- شمال | شق عمودي توجد به بعض رواسب الصخور |
| .15 | 3 | 5 -15 | 5 | اتجاه ناحية الغرب | شق عمودي توجد به بعض رواسب الصخور |
| .16 | 8 | 3 -15 | 5 | اتجاه ناحية الغرب | به بقايا نباتات ورواسب فتاتيه مليئة بالرواسب |
| .17 | 4 | 15 -20 | 5 | اتجاه ناحية الغرب | شق عمودي ملي بالرواسب |
| .18 | 6 | 5 -20 | 5 | اتجاه ناحية الجنوب الغربي | شق متعرج توجد به بقايا جذور النباتات الجافة |

**المصدر** : إعداد الباحثين اعتماداً على القياسات الحقلية.

## ثانياً: الخصائص المناخية:

تعرضت منطقة الدراسة كغيرها من مناطق شمال ليبيا في الزمن الرابع لسلسة متتابعة، تتكون من أربع إلى خمس فترات مطيرة، فصلت بينها فترات جافة (جودة، 1973م، ص17)، ويمكن القول إن الفترات المطيرة في النطاق الشمالي من ليبيا، تعاصر فترات باردة أو جليدية في وسط أوروبا، وهذا التكرار المتشابه لظروف الجليد والمطر يصاحبه انخفاضًا في درجات الحرارة، وزيادة معدلات الرطوبة (صالح، 2013م، ص46). وبناءً على البيانات المناخية المتحصل عليها من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية لمحطة أرصاد طبرق، جدول (3) و(شكل 11).

**جدول (3) المتوسطات الشهرية للبيانات المناخية محطة أرصاد طبرق.**

| المحطة طبرق | يناير | فبراير | مارس | ابريل | مايو | يونيو | يوليو | اغسطس | سبتمبر | اكتوبر | نوفمبر | ديسمبر | المتوسط |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحرارة | 13.4 | 13.6 | 15.3 | 17.9 | 20.7 | 23.7 | 25.6 | 26.5 | 25.5 | 22.5 | 18.5 | 14.8 | 19.8 |
| المدى الحراري | 8.0 | 8.5 | 8.9 | 9.5 | 8.4 | 7.7 | 6.7 | 6.4 | 7.3 | 8.1 | 8.5 | 8.5 | 8.4 |
| الرياح | 9.3 | 10.0 | 9.7 | 9.6 | 8.6 | 8.9 | 10.5 | 10.3 | 8.4 | 7.0 | 8.3 | 9.2 | 9.15 |
| الأمطار | 49.7 | 31.5 | 13.5 | 4.0 | 3.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.9 | 12.6 | 21.0 | 43.5 | 190.2 |
| الرطوبة | 69.6 | 70.7 | 68.5 | 68.8 | 67.7 | 72.0 | 74.3 | 76.9 | 78.2 | 72.8 | 70.0 | 69.2 | 71.6 |
| التبخر | 3.8 | 3.8 | 4.0 | 4.8 | 4.1 | 4.2 | 3.7 | 3.8 | 4.6 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.0 |

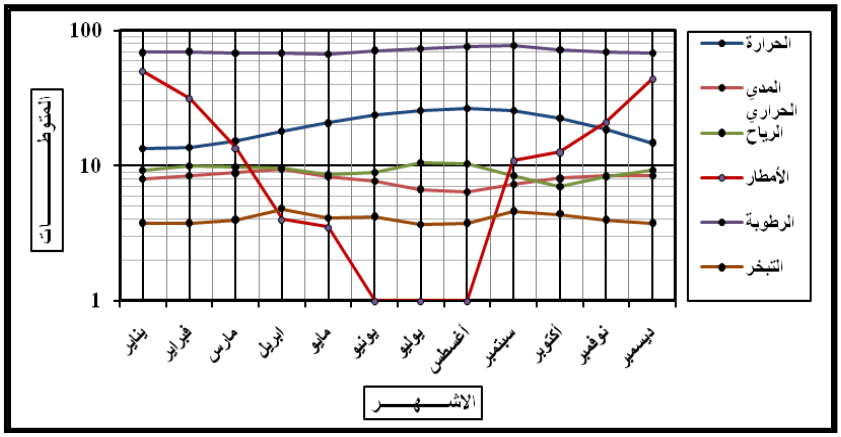
**المصدر**: المركز الوطني للأرصاد الجوية ، بيانات المناخ خلال الفترة 1985- 2009م محطة أرصاد طبرق.

- يظهر منحنى درجات الحرارة، ويتجه نحو الارتفاع من شهر مارس حتى شهر سبتمبر، وأن درجات الحرارة تبدأ في الانخفاض من شهر ديسمبر حتى شهر مارس، وأن ارتفاع درجات الحرارة في النهار وانخفاضها أثناء الليل يؤدي إلى نشاط التجوية الميكانيكية، والتي يظهر أثرها على بعض الصخور في عملية التقشير الصخري.
- تتمثل الرياح السائدة بشكل عام في الرياح الشمالية الغربية بنسبة 49.9% من مجموع الرياح السائدة، وتتفاوت نسبة اتجاهات الرياح الأخرى ما بين 18.2% للرياح الشمالية 1.1% للرياح الشمالية الشرقية، إنَّ دور الرياح كعامل نقل وإرساب يظهر في تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية، إلاَّ أن سرعة الرياح لم تصل إلى قوة كبيرة لتكوين أشكال ريحية كبيرة، وتمثلت في بعض الفرشات والغطاءات الرملية، وفي تشكيل بعض النباك الصغيرة.
- إن الأمطار تسقط بغزارة في الفترة ما بين شهر أكتوبر وشهر أبريل، أما بقية الأشهر تكون بدون أمطار، وأن المعدل السنوي لسقوط الأمطار يقدر بـ 190.2 ملليمتر، وتقل كمية الأمطار إلى

حد أدنى حوالي70 ملليمتر، وتصل إلى حد أعلى حوالي 250 ملليمتر، أن كميات الأمطار تتركز في أيام محدودة، ومعظمها في فصل الشتاء في شهور ديسمبر ويناير وفبراير، ويكون لمثل هذا التركيز الشديد في سقوط الأمطار دوراً في تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية الناتجة عن جريان المياه.

- يبلغ المعدل السنوي للرطوبة حوالي 71.6%، ويلاحظ ارتفاع معدلات الرطوبة في فصل الصيف؛ نتيجة لارتفاع درجات الحرارة مما ينشط من عمليات تبخر مياه البحر، كما تعمل الرياح الشمالية القادمة من البحر على زيادة نسبة الرطوبة، إضافة إلى نشاط نسيم البحر، والذي يبلغ قمته خلال هذا الفصل، ويُعَدُّ فصل الربيع أقل فصول السنة في نسبة الرطوبة، نتيجة تأثير رياح القبلي الحارة والجافة، والتي يكثر هبوبها خلال هذا الفصل على المنطقة، والتي تؤدي إلى هبوط سريع في رطوبة الهواء، وتعمل على رفع درجات الحرارة (صالح، 2006م، ص52).
- إنَّ المتوسط الشهري لكمية التبخر يبلغ حوالي 4.0 مم، وتظهر آثار عملية التبخر على سطح المنطقة في تكوين أشكال من التشققات الطينية، التي تظهر على سطح بعض منخفضات خاصة الصغيرة منها، وفي تكوين القشرات الملحية، والتي تظهر على سطح السبخات خاصة في فصل الصيف.

**شكل (11) المتوسطات الشهرية للبيانات المناخية خلال الفترة 1985– 2007م.**



## ثالثاً: الخصائص المورفومترية لحوض التصريف:

إن دراسة أحواض وشبكات التصريف ذات أهمية في الدارسات الجيولوجية والجيومورفولوجية، ويمكن استخدام نتائجها في التعرف على نوع الصخور والتركيب الجيولوجية وميل الطبقات، واستنتاج التطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية، ولدراسة الخصائص المورفومترية تمَّ الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM من المرئية الفضائية SRTM، من خلال تحديد حدود الحوض، وبناء شبكات التصريف ورسم خطوط الكنتور، وذلك باستخدام برنامج Arc Gis 10.2، كما تمَّ رسم القطاع الطولي للوادي في برنامج Global Mapper. 16.

تشمل الخصائص المورفومترية لحوض التصريف مجموعة من المتغيرات المساحة، والطول، والعرض، والمحيط، إضافة إلى تحليل شكل الحوض، وذلك بحساب معدل الاستطالة، ومعدل الاستدارة، ومعامل شكل الحوض ونسبة الطول والعرض للحوض.

### 1 . الخصائص المساحية (Areas Morphometric):

**أ . مساحة أحواض التصريف:**

تُعَدُّ المساحة الحوضية من أهم المعاملات المورفومترية التي تقوم عليه كافة التحليلات المورفومترية الأخرى، ومن خلال الجدول (4) تبلغ مساحة حوض تصريف وادي السهل الغربي حوالي 59.1 كم$^2$، ويعتبر من الأحواض صغيرة المساحة بصفة عامة، يرجع هذا إلى وقوعه على الحافات القريبة من المنطقة الساحلية، والتي انعكس انحدارها على مجاري الوادي؛ ممَّا لا يعطي الفرص لتطوير هذه المجاري وزيادة مساحتها الحوضية، كما تأثر حوض الوادي بمجموعة من الصدوع الموازية لمجرى الوادي والعمودية عليها، كما أن الظروف المناخية كان لها الدور الأكبر في تفاوت مساحة الحوض، وما يحدث لها اليوم سوى بعض التعديلات.

**جدول (4) الخصائص المساحية لحوض السهل الغربي.**

| الحوض | المساحة | المحيط | الطول | العرض |
|---|---|---|---|---|
| **وادي السهل الغربي** | **59.1** | **50** | **13.6** | **9.3** |

**المصدر**: قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC GIS9.2.

**ب ـ طول الحوض** Basin length:

يُعَدُّ الطول الحوضي من الأبعاد التي يتم قياسها لحساب بعض المعاملات المورفومترية، مثل دراسة أشكال الأحواض أو إيضاح خصائصها التضاريسية (جودة، وآخرون، 1991م، ص290-291)، يتراوح طول حوض وادي السهل الغربي 13.6كم، ويرجع قصر طول الحوض إلى صغر مساحة الحوض وتأثرها بالعديد من الصدوع الطولية، التي عملت على تحديد منابع الوادي، كما إنَّ الظروف المناخية في الوقت الحاضر كان لها دوراً في عدم زيادة طول مجاري الوادي، أي أنه توجد علاقة طردية موجبة ما بين مساحة الحوض وطوله.

**جـ ـ عرض الحوض** Basin Width:

يستخدم هذا المتغير للدلالة على شكل الحوض، يبلغ متوسط عرض حوض وادي السهل9.3 كم، إلاَّ أنها تتميز بقلة عرضها بصفة عامة، ويرجع هذا إلى طبيعة نشأة المنطقة، وشدة انحدار حافاتها الساحلية التي عملت على تصريف المياه بشكل خطوط مستقيمة وعمودية على واجهات الحافات، وهذا ما تظهر علية الأودية بشكل خطوط متوازية وذات جوانب شديدة الانحدار (سلامة، 1982م، ص13).

**د ـ محيطات الأحواض** Basin Perimeter:

يُقْصَد بمحيط الحوض هو طول خط تقسيم المياه بين حوض ما، وما يجاوره من أحواض، يبلغ محيط حوض وادي السهل حوالي 50 كم، ويتميز بكثرة تعرجات خط تقسيم المياه، ويدل بشكل عام على قصر طول محيط الودي، وهذا يُعَدُّ انعكاساً طبيعياً لصغر مساحة الحوض، وتوجد علاقة موجبة بين مساحة الحوض وأبعادها، مثل: (الطول/ العرض/ المحيط)، أي كلما زادت المساحة الحوضية زادت الأبعاد الأخرى.

## 2 . الخصائص الشكلية Shapes Morphometric :

**أ ـ شكل الحوض**: Basin shape:

تفيد دراسة شكل حوض التصريف في توضيح التطور الجيومورفولوجي للوادي، كما يمكن مقارنة شكل الحوض بأشكال مثل المربع والمثلث، وأشكال أحواض التصريف ومساحتها تختلف تبعًا لتفاوت الفترة الزمنية التي قطعتها تلك الأحواض من دورتها التحاتية (مصطفى، 1982م، ص183).

**جدول (5) الخصائص الشكلية لحوض السهل الغربي.**

| الحوض | معدل الاستطالة | معدل الاستدارة | معامل الشكل | الطول / العرض |
|---|---|---|---|---|
| وادي السهل | 0.57 | 0.40 | 0.32 | 1.5 |

**ب ـ معدل الاستطالة** Elongation Ratio:

يوضح معدل الاستطالة مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل، ويعد هذا المعدل من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال أحواض التصريف، ويتم حسابه بالمعادلة الآتية (تراب، 1997م، ص270):

$$\text{معدل الاستطالة} = \frac{\text{قطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض كم}}{\text{أقصى طول للحوض كم}}$$

تتراوح قيمة النتائج ما بين الصفر والواحد الصحيح، وكلما انخفض المعدل واقترب من الصفر دلَّ ذلك على شدة الاستطالة، والعكس يبلغ متوسط معدل الاستطالة بحوض وادي السهل 0.57، وهذا يدل على أن حوض التصريف يميل إلى الاستطالة بوجه عام، ولا يمكن وصفه بأنها شبه مستديرة أو قريبة من الاستدارة، وهذا يؤكد أن قطاعاتها الطولية تبدو خطية وشديدة الاستقامة، كما أن الشكل الطولي للأودية يزيد من فرصة تغذية المخزون الجوفي، ويقلل من خطر الفيضانات.

**ج ـ معدل الاستدارة** Circularity Ratio:

تشير الاستدارة إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض عن الشكل الدائري، وتدل القيمة المرتفعة لهذه النسبة – والتي تقترب من الواحد الصحيح– إلى وجود أحواض مائية مستديرة أو شبة مستديرة، ويتم حساب معدل الاستدارة بالمعادلة الآتية(تراب، 1997م، ص270):

$$\text{معدل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض كم}}$$

يبلغ معدل الاستدارة لحوض السهل0.40 وهذا يدل على أن الحوض بعيد عن الاستدارة.

**د ـ معامل شكل الحوض** Form Factor Ratio:

يعطي هذا المعامل مؤشر إلى مدى تناسق الشكل العام للحوض، وتشير القيمة المنخفضة إلى انخفاض المساحة الحوضية بالنسبة لطول الحوض، يعني زيادة الطول النسبي لأحد بعدي الحوض على حساب الآخر، ويتم حساب معامل شكل الحوض بالمعادلة التالية(تراب، 1997م، ص270):

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مربع طول الحوض كم}}$$

يميل حوض الوادي بصفة عامة إلى الابتعاد عن التناسق وعدم الانتظام في شكله، حيث يتراوح معامل الشكل0.32، وهذا يتفق مع ما توصلنا إلى اتخاذ الأحواض الشكل المستطيل.

**هـ ـ معدل الطول/ العرض الحوضي** length – Width Ratio:

هي من المعاملات المورفومترية لقياس مدى استطالة أشكال الأحواض، وهي تتشابه مع نتائج معدل استطالة الأحواض، حيث تدل القيم المرتفعة على زيادة نسبة طول الحوض على حساب عرضه، وبالتالي اقتراب الأحواض من الشكل المستطيل والعكس، ويتم حساب معامل نسبة الطول/العرض الحوضي بالمعادلة الآتية (جودة، وآخرون، 1991م، ص322-323):

$$\text{نسبة الطول/العرض الحوضي} = \frac{\text{طول الحوض كم}}{\text{عرض الحوض كم}}$$

يبلغ متوسط نسبة الطول إلى العرض حوالي1.46، وهذا يدل على زيادة الطول الحوضي على حساب عرضه، وأنها مازال في مرحلة مبكرة من دورتها التحاتية قبل أن تدركها ظروف المناخ الجاف.

## 3- الخصائص التضاريسية للحوض (Basin Relief Characterizes):

تدل الخصائص التضاريسية على نشاط عوامل التعرية، وأثر الاختلافات البنيوية على الصخور، والمرحلة العمرية من التطور الجيومورفولوجي، وتعد نسبة التضرس والتكامل الهيبسومتري، وقمة الوعورة ، ومعدل النسيج الحوضي، من أهم المعاملات في معرفة الخصائص التضاريسية لحوض الوادي.

**أ ـ معدل التضرس** Relief Ratio:

هو النسبة بين فارق الارتفاع في الحوض وبين الطول الحوضي، ويشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض، التي تتناسب طرديًا مع فارق الارتفاع، ويشير انخفاض نسبة التضرس إلى كبر المساحة الحوضية، ممَّا يدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنبع، وغالبًا ما تكون الأحواض الصغيرة عالية التضرس، ونشطة في عملية النحت، وما تزال في المرحلة الأولى من دورته التحاتية ويمكن حساب نسبة التضرس بالمعادلة الآتية (جودة، وآخرون، 1991م، ص322-323):

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{تضرس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض) متر}}{\text{الطول الحوضي كم}}$$

**جدول (6) الخصائص التضاريسية لحوض وادي السهل.**

| الحوض | نسبة التضرس | التكامل الهيبسومتري | قمة الوعورة | معدل النسيج |
|---|---|---|---|---|
| وادي السهل | 16.6 | 0.26 | 0.67 | 26.6 |

وبدراسة نسبة التضرس ومن الجدول (6) يتضح: إنَّ حوض وادي السهليتميز بانخفاض نسبة التضرس، التي تبلغ 16.6م/كم، ويرجع انخفاضها إلى قلة الفارق الرأسي ما بين المنبع والمصب، حيث إن ارتفاع الهضبة لم يتجاوز223 متراً فوق مستوي سطح البحر، إضافة إلى تشابه التكوينات الجيولوجية والبنيوية التي عملت على إنشاء حافات قليلة الارتفاع تسودها الانحدارات الهينة، كما يمكن إرجاع انخفاض نسبة تضرس إلى الانحدار العام للهضبة، وابتعاد حافات الهضبة عن المنطقة الساحلية.

**ب ـ التكامل الهيبسومتري** Hypsometric Integral :

يعد من المعاملات المورفومترية التي تقيس الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية، أي أن التكامل الهبسومتري يتناسب طرديًا مع الفترة التي قطعتها الأحواض من دورتها التحاتية، والعكس (الهرام، تراب، 1990م، ص49-50)، ويمكن حساب التكامل الهبسومتري بالمعادلة الآتية (تراب، 1997م، ص273):

$$\text{التكامل الهيبسومتري} = \frac{\text{المساحة الحوضية كم}^2}{\text{التضاريس الحوضية م}}$$

وبدراسة جدول (6) تتراوح قيمة التكامل الهبسومتري لحوض الوادي 0.26 وهذا يدل على صغر مساحة حوض الوادي ومازال في مرحلة مبكرة من دورتها التحاتية قبل أن تدركها ظروف المناخ الجاف.

**ج ـ قمة الوعورة** Ruggedness Number :

يعبر هذا المعامل عن العلاقة بين تضرس الحوض، وطول مجاري الشبكة التصريفية، ويعد من المعاملات التي تقيس المرحلة التطورية التي وصلت إليها أحواض التصريف (مصطفى، 1990م، ص173)، ويتم حساب قمة الوعورة بالمعادلة الآتية(جودة، وآخرون، 1991م، ص322-323):

$$\text{قمة الوعورة} = \frac{\text{التضاريس الحوضية (م)} \times \text{الكثافة التصريفية كم/كم}^2}{1000}$$

تتراوح قمة الوعورة لحوض وادي السهل0.67، وهذا يدل على أنه ذات قيم وعورة منخفضة، وذات معدلات تضرس منخفضة، بحيث لم تتجاوز قيم الوعورة عن الواحد الصحيح.

**د ـ معدل النسيج** Texure Ratio :

يتأثر معدل النسيج الحوضي بمجموعة من العوامل من أهمها المناخ وخاصة كمية الأمطار، والتكوينات الصخرية ونظامها، ونوعية التربة ونفاذيتها، ودرجة التضرس، والتطور الجيومورفولوجي الذي وصلت إليه الأحواض، ويتم حساب معدل النسيج الحوضي بالمعادلة الآتية (مصطفى، 1982م، ص225):

$$\text{معدل النسيج الحوضي} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{طول محيط الحوض كم}}$$

**تصنف الأحواض حسب نتائج المعادلة ومعدل نسيجها إلى الفئات التالية:**

- الأحواض ذات النسيج الخشن، وهي التي يقل معدل نسيجها عن 4.
- الأحواض ذات النسيج المتوسط، وتتراوح معدلات نسيجها ما بين 4 ـ 10.
- الأحواض ذات النسيج الناعم، وهي التي يزيد نسيجها عن 10.

من دراسة الجدول (6) تتراوح معدلات النسيج الحوضي 26.6 ، أي: أن الحوض من الأحواض متوسطة النسيج، وهذا يدل على اختلاف عدد المجاري في الحوض وتباين معدلات النحت؛ نتيجة لاختلافات معدلات الانحدار داخل الحوض.

## رابعاً: الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف:

Morphometric Charactristics For Drainage Network

**شبكات التصريف النهري:** هي الصورة التي تشكلها مجموعة المجاري المائية الموجودة في حوض ما أو عدة أحواض متجاورة، ويتوقف هذا التصريف على التكوينات الصخرية للأحواض ومدى تجانسها ودرجة صلابتها وطبيعة انحدار سطح الأرض، إضافة إلى نوع المناخ السائد.

تقوم دراسة شبكة التصريف على حساب مجموعة من المتغيرات المورفومترية، وقد تم تصنيف مجاري شبكات تصريف الأودية إلى رتب نهرية تبعًا لتصنيف(Strahler 1964) وهي كالآتي:

**1 ـ رتب وأعداد المجاري:**

إن دراسة رتب وأعداد المجاري تعطي صورة واضحة عن مورفومترية شبكة التصريف، ومن خلال الجدول (7) الذي يوضح رتب وأعداد مجاري حوض وادي السهل و(شكل 12) يتضح ما يأتي:

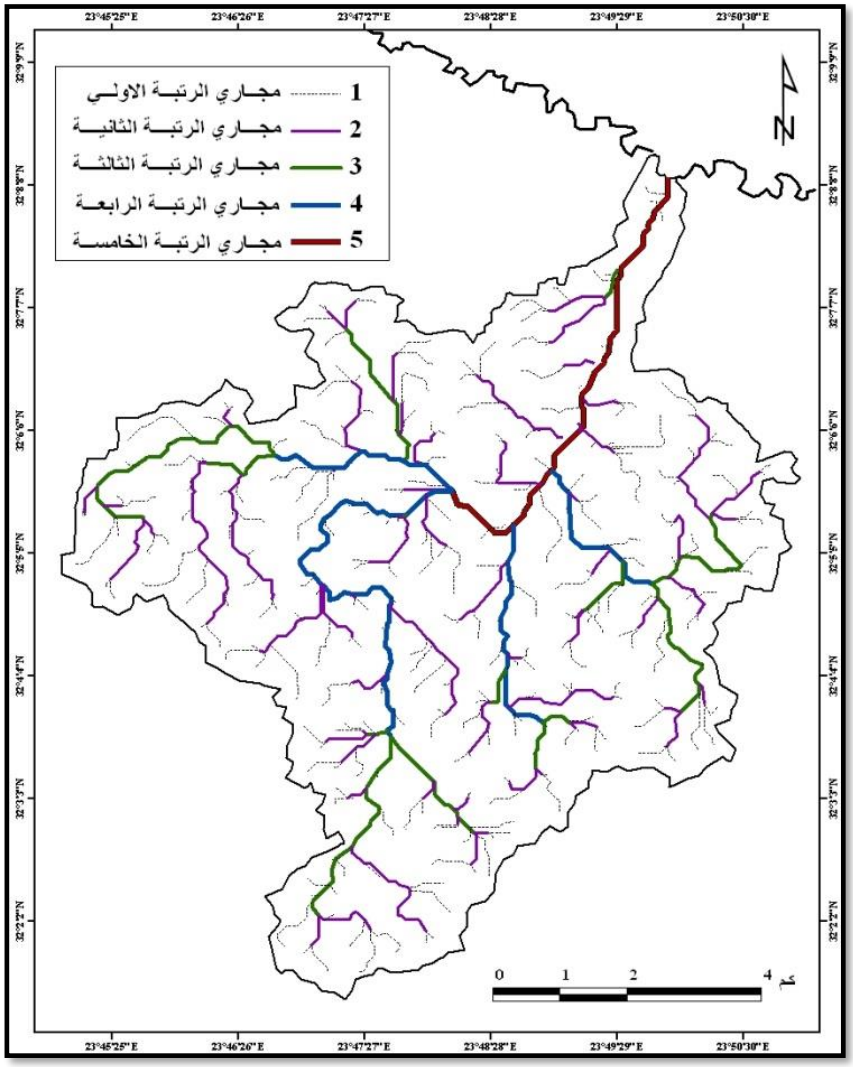
- إنَّ شبكات التصريف المائية لحوض وادي السهل وصلت إلى الرتب الخامسة.
- يبلغ مجموع أعداد المجاري المائية بحوض وادي السهل 362.0 مجرى.
- يبلغ مجموع مجاري الرتبة الأولى حوالي 277 مجرى، ما يعادل 76% من مجموع المجاري، ويبلغ مجموع مجاري الرتبة الثانية حوالي 66 مجرى، بنسبة 18% من إجمالي أعداد المجاري.
- يبلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الأولي والثانية معًا حوالي 343 مجرى بنسبة 94% من إجمالي أعداد المجاري، وهذا يؤكد وجود علاقة بين الرتبة النهرية وأعدادها، فمهما اختلفت مساحة الحوض فإنَّ نسبة ما تساهم به الرتبة الأولى، والثانية يزيد عن 90% من إجمالي عدد المجاري بالحوض.
- يبلغ مجموع عدد المجاري الرتبة الثالثة 14 مجرى، بنسبة 3.8% من إجمالي أعداد المجاري، وتضم الرتبة الرابعة عدد 4 مجاري بنسبة 1.1%، والباقي هو رتبة واحدة، وهي المجري الرئيس للوادي.

**جدول (7) الخصائص التضاريسية لحوض وادي السهل.**

| الحوض | الرتبة | | | | | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| وادي السهل | 277 | 66 | 14 | 4 | 1 | 362 |

**المصدر**: قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC GIS 10.2.

**شكل (12) شبكة تصريف حوض وادي السهل الغربي.**




**المصدر:** إعداد قياسات من المرئية الفضائية DEM، باستخدام برنامج ARC GIS 10.2.

## 2 ـ نسبة التشعب Bifurcation Ratio :

تعد نسبة التشعب من المعاملات المورفومترية التي تتحكم في حجم التصريف وزمن تركيز وصول المياه إلى المجاري الرئيسة، فكلما قلت نسبة التشعب زاد خطر الفيضان، ونتيجة لاختلاف العوامل الطبيعية المؤثرة في شبكات التصريف، أن نسبة التشعب تكون ثابتة من

رتبة إلى الرتبة التي تليها، وتتراوح ما بين4.1، ويتم حساب نسبة التشعب بالمعادلة الآتية (عاشور، 1986م، ص462-465):

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري التابع لرتبة معينه}}{\text{عدد المجاري التابع لرتبه التالية لها}}$$

من الجدول (8)، أن متوسط نسبة التشعب بحوض الوادي3.3، وهذا يدل زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية بشكل واضح، نتيجة لجريانها قرب الحافات حيث تميل الأودية إلى تكوين مجاري من الرتبة الأولى والثانية ويكون معظمها عبارة عن مسيلات مائية قصيرة في الطول وتصب مباشرة في المجرى الرئيس، وتراوحت ما بين 4.1 للرتبة الأولى/الثانية، و4.7 للرتبة الثانية/الثالثة، و3.5 للرتبة الثالثة/الرابعة، ويرجع هذا التباين في قيم معدلات نسبة التشعب بين الرتب، إلى زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى و الثانية والتي تتسم بقصر أطوالها واستقامتها واتصالها برتبة أعلى منها.

**جدول (8) نسبة التشعب لحوض وادي السهل الغربي.**

| الحوض | الرتبة | | | | المتوسط |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2 -1 | 3 – 2 | 4 -3 | 5 -4 | |
| وادي السهل الغربي | 4.1 | 4.7 | 3.5 | 1 | 3.3 |

**3 ـ أطوال المجاري** Streams length :

يبلغ مجموع أطوال المجاري بحوض الوادي 177.8 كم، ويبلغ مجموع أطوال مجاري الرتبة الأولى 60.7 كم، في حين يبلغ أطوال مجاري الرتبة الثانية 15.8 كم، وتبلغ أطوال مجاري الرتبة الثالثة 15.5 كم، وسجلت أطوال مجاري الرتبة الرابعة 4.2 كم، في حين سجل طول الرتبة الخامسة 8.4 كم.

إنَّ أعداد المجاري ترتفع في الرتبة الدنيا، وتنخفض في الرتبة العليا، وعلى الرغم من قصر أطوال مجاري الرتبة الأولى إلاَّ أن أطوال مجاريها تبلغ أكثر من نصف طول المجاري بالحوض، ويرجع ذلك لارتفاع نسبة أعداد المجاري بالرتبة الأولى.

**جدول (9) أطوال المجاري لحوض وادي السهل.**

| الحوض | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| وادي السهل الغربي | 87.6 | 46.0 | 21.0 | 15.9 | 7.3 | 177.8 |

**المصدر**: قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC GIS 10.2.

## 4 ـ كثافة التصريف Drainage Density :

تعكس كثافة التصريف تأثير كل من نوع الصخر ونظامه، والتربة ونفاذيتها، ودرجة الانحدار، إضافة إلى تقطع الحوض بالمجاري المائية، ويتم حساب الكثافة التصريفية بالمعادلة الآتية (جودة، وآخرون، 1991م، ص339):

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري كم}}{\text{المساحة الحوضية كم}^2}$$

من الجدول (10) يتضح أن كثافة التصريف في حوض الوادي بلغت3.0 كم/كم$^2$، وبصفة عامة إن كثافة التصريف منخفضة؛ لأنَّ شبكة التصريف لم تكتمل إلى الصورة النهائية؛ وذلك نتيجة لظروف المناخ الجاف التي تسود المنطقة حاليًا مع وجود مساحات داخل الأحواض، تغطيها الرواسب الحديثة ذات نفاذية عالية وقليلة الانحدار، التي انعكس دورها على انخفاض الكثافة التصريفية داخل الحوض.

**جدول (10) خصائص شبكات التصريف.**

| الحوض | الكثافة التصريفية | تكرار المجاري | بقاء المجاري | نسبة التشعب |
|---|---|---|---|---|
| وادي السهل الغربي | 3.0 | 6.1 | 0.33 | 3.3 |

## 5 ـ معدل تكرار المجاري:

يوضح هذا المعدل النسبة بين أعداد المجاري والمساحة الحوضية، فالمجاري المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة المساحة الحوضية عن طريق النحت الذي تزداد كثافتها للرتبة الدنيا، ويتم حساب تكرار المجاري بالمعادلة الآتية (سلامة، 2007م، ص188):

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{المساحة الحوضية كم}^2}$$

ومن الجدول (10) يتضح تكرار المجاري في حوض وادي السهل6.1 مجرى/كم$^2$، ويُعَدُّ معدلاً منخفضاً جدًا.

## 6- أنماط التصريف لشبكات الأودية:

تأتى أهمية دراسة أنماط التصريف لشبكات الأودية كونها تعكس تأثير كل من الخصائص اللثيولوجية للصخور، وميل طبقاتها، وطبيعتها الانحدارية، وأثر حركات التصدع واتجاهاتها، إضافة إلى نوع المناخ السائد والغطاء النباتي، والتطوير الذي وصلت إليه أحواض التصريف، ومن خلال دراسة أنماط التصريف التي توضحها شبكة تصريف حوض وادي السهل، تتمثل في الآتي:

- **نمط التصريف الشجري:**

يمكن وصف حوض وادي السهل بصفة عامة بأنه ذا نمط تصريف شجري متوازي، حيث يعتبر هو النمط السائد والأكثر انتشاراً وفيه تلتقي الروافد ببعضها بطريقة غير منتظمة في كثير من الاتجاهات، بحيث تصنع شبكات وروافد الأودية شكلاً أشبه بفروع الأشجار تمامًا، ويظهر هذا النمط في الطبقات الصخرية الأفقية والمائلة ميلاً خفيفاً، بحيث يتفق الجريان مع الانحدار العام لسطح المنطقة بشكل متوافق مع الظروف البنيوية.

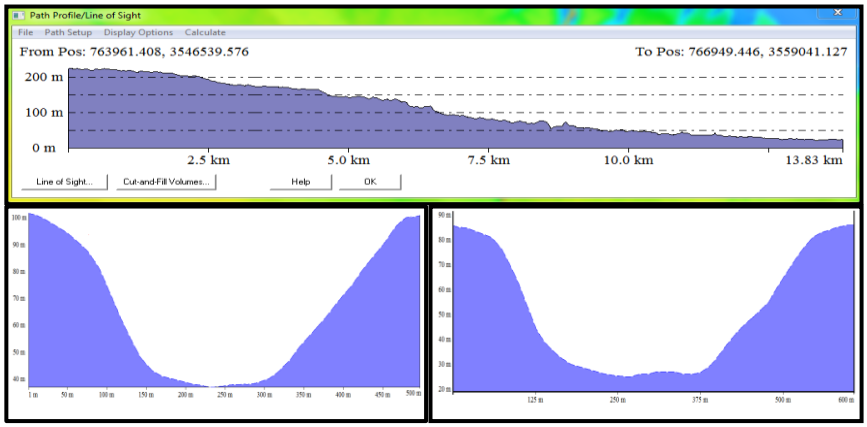
**شكل (13) النمط الشجري المتوازي بحوض الوادي.**

## 7- القطاعات الطولية والعرضية للأودية:

إن أثر الاختلافات اللثيولوجية للتكوينات الصخرية يظهر على طول القطاعات الطولية للأودية في صورة عدم انتظامها في الانحدار بشكل عام؛ ممَّا يفيد في معرفة المرحلة التحاتية التي وصلت إليه ودرجة تطورها، ومن خلال (شكل 14) ، يمكن إبراز أهم السمات العامة والخصائص التي تتسم بها :

1. يظهر القطاع الطولي للوادي مقعرة بشكل عام إلى أعلى، وتنخفض درجة الانحدار بشكل عام على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب .
2. تنتشر على طول القطاعات الطولي للوادي العديد من نقاط تغير الانحدار، وهي من أهم مظاهر عدم انتظام القطاع الطولي للوادي، وهي مناطق يتغير فيها الانحدار بصورة فجائية، نتيجة عبور الأودية تكوينات جيولوجية تختلف في خصائصها اللثيولوجية، أو تعرضها لعمليات تصدع تؤدي إلى تغير في مستوي القاعدة، حيث تنشط عمليات النحت المائية الرأسية وتبدو الطبقات الصخرية الصلبة على هيئة مساقط مائية ذات جبهات شديدة الانحدار.
3. يغطي القطاع الطولي للوادي كميات كبيرة من الرواسب، وتتمثل في الكتل الصخرية الكبيرة والحصى والجلاميد والطين والرمال، وتتسم أغلبها بالخشونة.

**شكل (14) القطاع الطولي والعرضي لوادي السهل الغربي.**




**المصدر**: إعداد الباحثين من نموذج الارتفاع الرقمي DEM من المرئية الفضائية SRTM باستخدام برنامج Global Mapper. 16.

4. تمثل فئة الانحدار شبه المستوية والخفيفة والمتوسطة للقطاعات العرضية في قيعان الأودية، وعلى المصاطب المستوية وفي الأجزاء الدنيا من القطاعات، لذلك فقد استُغلت معظم المصاطب الرسوبية في الزراعة، كما تتناقص هذه الفئات في الأجزاء الوسطى من قطاعات الأودية؛ بسبب ضيق بطون الأودية، واختفاء المصاطب الرسوبية، وتركيز الأودية على النحت الرأسي بدلاً من النحت الجانبي.
5. تُشكل فئة الانحدار الشديد نسبيًا والشديدة والشديدة جداً والجرفية أغلب الأجزاء الوسطى من الأودية، خاصة المجرى الرئيس من الوادي.

## خامساً: الأشكال الناتجة عن عمليات التجوية:

التجوية من العمليات السطحية محصلتها هي تهيئة الصخور لعملية النقل، ويتم ذلك بتفتيت الصخور أو تحللها على سطح الأرض أو بالقرب منه بواسطة العوامل الجوية السائدة في الغلاف الجوي والغلاف المائي، وتم رصد أهم الأشكال على النحو الآتي:

**1 ـ حفر التجوية** Weathering Pits :

تظهر حفر التجوية على الصخور المكشوفة على حافات المنحدرات المكونة من الصخور الجيرية في مختلف أرجاء حوض الوادي، وعادة ما ترتبط بالشقوق والفواصل ومناطق الضعف الصخري، حيث تؤدي المواد المذابة في المياه المتسربة عبر الشقوق والفواصل إلى إذابة المواد اللاحمة، وتعمل على تفتيت بعض أجزاء واجهات الجروف وتكون تجاويف وفتحات صغيرة، يغلب عليها الشكل الدائري والبيضاوي، يتراوح أتساعها ما بين 0.55 إلى 1.10 متر، تنشط بها عمليات التجوية يُطلق عليها حفر التافوني Taffonis (شكل 15).

**شكل (15) حفر تجوية في بحوض وادي السهل الغربي.**

**2 ـ خلايا النحل** Honey Comb:

هي عبارة عن ثقوب وفجوات صغيرة متجاورة تتميز بأنها أصغر حجماً من حفر التافوني، تبدو في شكل فجوات دائرية تشبه أقراص خلايا النحل (شكل 16)، وترجع في نشأتها إلى فعل الإذابة لتوفر نقاط ضعف أو التباين في تآكل الصخور.

**شكل (16) أثر التجوية في تكون خلايا النحل في حوض وادي السهل.**

**3 ـ حفر الإذابة** Doline:

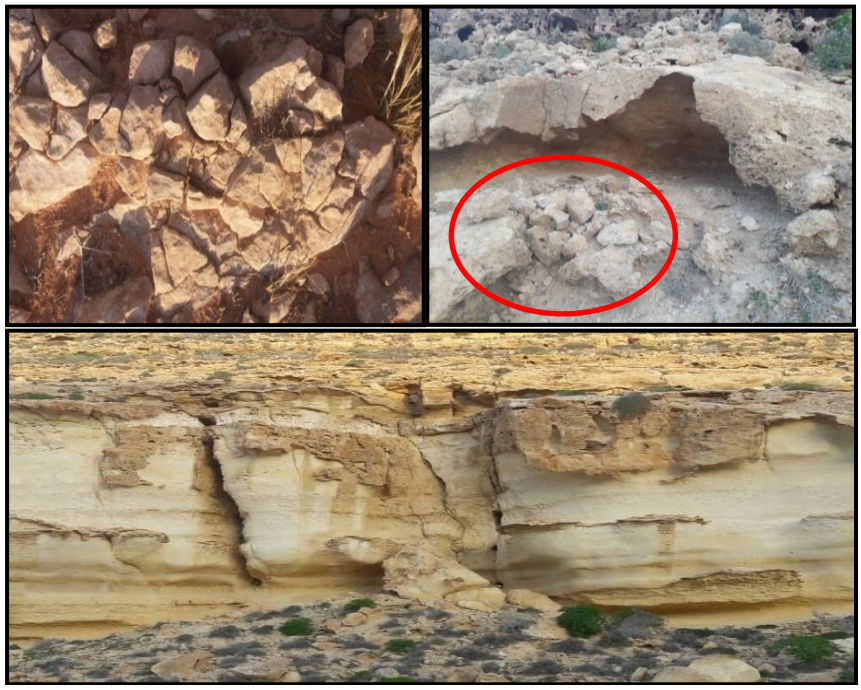
عبارة عن حفر وتجاويف تكونت بفعل عمليات الإذابة السطحية، وتأخذ أغلب الحفر الشكل الدائري والبيضاوي (شكل 17)، وتغطي قيعانها رواسب رملية وحصوية مختلطة، تم رصد هذه الحفرة أثناء الدراسة الحقلية في المجرى الرئيس للوادي.

**شكل (17) حفرة إذابة بالمجرى الرئيس وادي السهل الغربي.**

**4 ـ التفكك الكتلي** Block separation:

تعد عملية التفكك الكتلي من عمليات التجوية الميكانيكية التي تؤدي ظهورها كتل مختلفة الأحجام، والتي ينتج عنها الجلاميد و الحصى حاد الزوايا (شكل 18)، تؤثر عملية التفكك الكتلي في تشكيل المنحدرات، حيث تتحرك الكتل المنفصلة إلى أسفل المنحدرات بفعل الجاذبية الأرضية، وتتراكم هذه الرواسب مكونة مخاريط الهشيم.

**شكل (18) التفكك الكتلي لصخور نتيجة عملية التجوية الميكانيكية.**

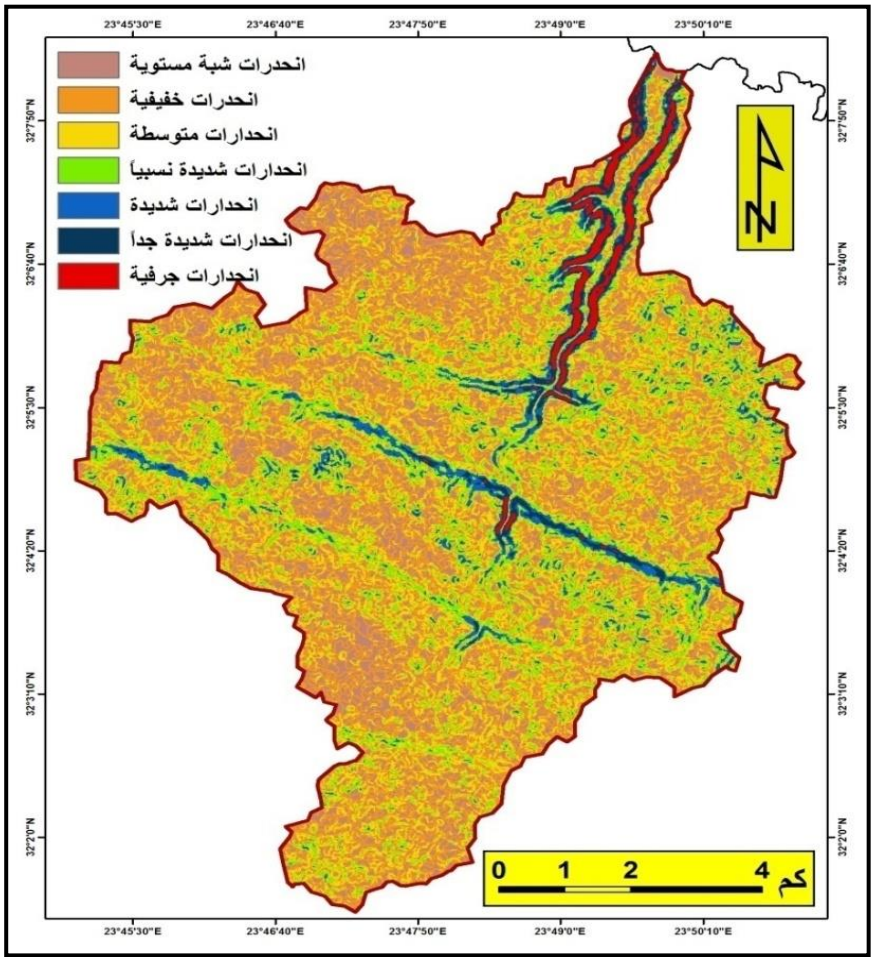


**سادساً: المنحدرات :**

المنحدرات أكثر الأجزاء تعرضاً للتغيرات التي تحدث على سطح الأرض، والمنحدرات ناتجًا طبيعيًا تتدخل في مجموعة من العناصر، مثل المناخ والوضع الجيولوجي والعمليات الجيومورفولوجية، وأن تطور المنحدرات هو نتيجة التفاعل المباشر بين عمليات التجوية والتعرية وحركة المواد، وأنواع الصخور السائدة، من خلال تحليل خريطة الانحدار لحوض الوادي (شكل19) نلاحظ **ما يأتي:**

- تغطي الانحدارات شبه المستوية معظم أرضية حوض الوادي، كما تظهر الأسطح شبه المستوية على أراضي المنخفضات التي تقع ما بين الحافات، وهي الأراضي التي يُطلق عليها اسم السقايف.
- تنتشر أغلب الانحدارات الخفيفة عند أقدام حافات الأودية.
- تنتشر الانحدارات الشديدة نسبيًا والشديدة والجرفية على حافات مجاري الأودية والحافات الصدعية.

**شكل (19) خريطة الانحدارات بمنطقة الدراسة.**




**المصدر**: إعداد الباحثين قياسات من المرئية الفضائية DEM، باستخدام برنامج ARC GIS 10.2.

## أ. حركة المواد على المنحدرات:

تتوقف حركة المواد على المنحدرات بحوض الوادي على مجموعه من العوامل التي تحدد نوع وسرعة تحرك الكتل والمفتتات الصخرية.

1. يُعَدُّ نوع الصخور المشكلة للمنحدرات وخصائصها اللثيولوجية من أهم العوامل المؤثرة في حركة المواد على المنحدرات،ولأنَّ الصخور التي يتركب منها حوض الوادي هي صخور جيرية نلاحظ انتشار مخاريط الهشيم، وظاهرة السقوط والانزلاق والزحف الصخري أسفل العديد من منحدرات، خاصة في الطبقات التي تتعاقب فيها طبقات صلبة مع طبقات هشة.
2. يساعد نظم الشقوق و الفواصل في تحديد طبيعة حركة المواد الصخرية عليها (شكل20)، كونها مناطق ضعف تشتد فيها عمليات التجوية و التعرية، وتعمل على تآكلها وفصلها عن الصخر الأصلي وتعرضها للتساقط أو الانزلاق بفعل الجاذبية الأرضية والمياه الجارية.

**شكل(20) نظم الشقوق والفواصل في حوض وادي السهل الغربي.**

3. تعتبر طبيعة المنحدر ودرجة انحداره من العوامل التي تحدد حركة المواد على المنحدرات، وهذا ما تم ملاحظته من تحليل خريطة المنحدرات، والتي تبين أن المنحدرات الشديدة والجرفية تظهر بشكل واضح في حافات مجاري الأودية.
4. تلعب الظروف المناخية دوراً مهماً في حدوث حركة المواد والانهيارات الأرضية، فالسقوط السريع للأمطار يعمل على تفكك التربة، ويقوم بنقل نواتج التجوية ودفع الرواسب باتجاه أسفل المنحدرات، ويظهر أثر المياه الجارية على نحت الأجزاء الدنيا من المنحدرات، ويظهر ذلك على منحدرات جوانب الأودية في الثنيات المقعرة من مجاري الأودية.

## ب. أنواع حركة المواد على المنحدرات:

ومن الدراسة الميدانية (شكل 21) تم رصد أهم حركات للمواد على المنحدرات والتي تتمثل في:

1. **التساقط الصخري** Rock Fall: يتحكم نظام الشقوق و الفواصل في أحجام الكتل الصخرية المتساقطة أو المعرضة للسقوط، وتعد الانحدارات الجرفية بحوض الوادي من أكثر المناطق تعرضاً للسقوط، حيث تسقط الكتل الصخرية مباشرة دون أن تلامس سطح المنحدر، وتتعرض الكتل الصخرية إلى التكسر و التفتيت نتيجة لعملية الاصطدام، مشكلة مفتتات صخرية
2. **الانزلاقات الأرضية** Land Slide: تتعدد الانزلاقات الأرضية في حوض الوادي ما بين انزلاقات صخرية وانزلاق الكتل الصخرية المفككة و المختلطة بالمفتتات والرواسب السطحية باتجاه أسفل المنحدرات، نتيجة عدم تماسك الكتل الصخرية، على طول امتداد مناطق الضعف الجيولوجية، ويزيد حدوث الانزلاق عندما يتوافق اتجاه ميل الطبقات الصخرية مع ميل اتجاه المنحدر.

**شكل(21) كتل صخرية متساقطة انزلاقات أرضية على احد حافات منطقة الدراسة.**

3. **زحف الصخور** Rock creep: هو عبارة عن عملية تحرك الكتل الصخرية بشكل بطيء باتجاه أسفل المنحدر، دون اختلاطها بأي رواسب أخرى، وبانفصال الكتل الصخرية تبدأ عملية زحف الكتل الصخرية على طول المنحدرات (شكل 22).

**شكل(22) كتل صخرية متساقطة على احد حافات منطقة الدراسة.**

## سابعاً: الأشكال الناتجة عن النحت والترسيب المائي:

هي تلك الظاهرات التي تنشأ نتيجة عمليات النحت والترسيب بفعل المياه، و التي ينتج عنها مجموعة من الأشكال الجيومورفولوجية، حيث تقوم المياه الجارية والمياه البحرية بنقل مخلفات التعرية والتجوية وترسبها في أماكن أخرى، تتمثل أهم أشكال النحت المائي في الآتي:

أ. **الأشكال الناتجة عن النحت المائي:**

### 1 – الأودية الجافة:

تعد الأودية التي تغطي معظم أرجاء منطقة الدراسة من أكثر أشكال النحت المائي انتشارًا على سطح المنطقة، وترتبط بهذه الأودية على طول قطاعاتها ظاهرات جيومورفولوجية من أهمها ما يأتي:

- **نقط تغير الانحدار:** تعد نقطة تغير الانحدار من أهم مظاهر عدم انتظام القطاعات الطولية للأودية، وذلك نتيجة انخفاض مستوى القاعدة أو عبور الأودية تكوينات جيولوجية تختلف في خصائصها اللثيولوجية، والتي تتعاقب فيها طبقات صلبة مع طبقات لينة، أو بسبب التغيرات المناخية التي ساعدت الأودية على تجديد شبابها، وتمَّ رصد 10 نقاط انحدار على طول القطاع الطولي للوادي، إضافة إلى نقاط الانحدار التي تنتشر على روافد الأودية التي تخترق الحافات الصدعية، وتميزت أغلب نقاط الانحدار بظهور الطبقات الصخرية بوضوح، ومن دراستها نلاحظ ما يأتي:

- رغم التجانس في التكوينات الجيولوجية إلا أن الاختلافات اللثيولوجية للصخور أدت إلى ظهور عدة نقاط تغير في الانحدار على طول مجاري القطاع الطولي للوادي وروافده.
- تتركز معظم نقاط تغير في الانحدار في الأجزاء العليا والوسطي من الأودية.
- تتفق نقاط تغير في الانحدار مع محاور الصدوع ،التي تتعامد على مجاري الأودية.
- تظهر نقاط تغير الانحدار على أغلب مجاري الأودية، التي تقطع الحافات، وأغلبها تظهر على شكل سلمي، أي تتابع فيها مجموعة من نقاط التغير، يتراوح ارتفاعها ما بين 0.50- 1 متر، وتتراوح المسافة الأرضية بين كل نقطة والتي تليها لا تزيد عن 10 أمتار.

**2 ـ الجروف البحرية:**

يطلق مصطلح الجروف البحرية على الحواف الصخرية التي تشرف على البحر مباشرة بانحدار يتراوح ما بين 45 ـ 90 درجة، و تلاطم الأمواج عادة هذه الحافات.

تُعَدُّ الجروف الساحلية من الظاهرات الجيومورفولوجية انتشارًا على ساحل حوض الوادي، يبلغ ارتفاعها ما بين 05 ــ 20 متر، ويرتبط وجودها بالرؤوس البحرية، ويظهر أثر التفكك الميكانيكي والتحلل الكيميائي واضحاً على الجروف الساحلية، إذ ينشط دورها في المنطقة؛ لوفرة الفواصل و الشقوق، وبسبب الإذابة بواسطة مياه البحر، الأمر الذي يؤدي إلى تساقط وانهيار بعض الكتل الصخرية من واجهات الجروف لتتراكم عند أسفلها، ومن خلال الدراسة الميدانية أمكن التعرف على بعض الظاهرات الجيومورفولوجية التي ترتبط في نشأتها بالجروف البحرية يمكن تقسيمها إلى الآتي:

- **التساقط والانزلاقات الصخرية:** يشكل التساقط والانزلاقات الصخرية أهم السمات المميزة للجروف البحرية، وتعد انعكاساً لنشاط عمليات التقويض السفلي لأسفل الجروف بفعل التعرية البحرية خاصة أثناء فترات المد، مما يؤدي إلى إنشاء فجوات في قواعد الجروف ثم سقوطها وانزلاقها على هيئة كتل صخرية، والتي تتعرض عقب سقوطه لفعل الأمواج، وإلى تحوله المفتتات صخرية، ثم نقلها وتحريكها صوب البحر وترسيبها علي هيئة غطاء من الرواسب لتغطي القاع الصخري أمام الجروف.
- **الأرصفة الشاطئية:** عبارة عن أرصفة صخرية تظهر أسفل بعض الجروف البحرية النشطة نتيجة تراجعها، لذا تعرف بالأرصفة البحرية التحاتية Wave Cut Platforms، حيث إنها تنشأ

نتيجة التقويض السفلي وتراجع الجروف نحو اليابس، وتميزت الأرصفة البحرية بظهور بعض الأشكال الجيومورفولوجية الدقيقة والتي من أهمها:

أ- **حفر الإذابة والشرشرة الصخرية**: ترجع عملية تكوينها إلى عملية الإذابة بمياه البحر، ويتراوح قطر حفر الإذابة ما بين 2- 15 سم، ويتراوح عمقها ما بين 1- 08 سم، كما قد تلتحم مجموعة من الحفر الصغيرة لتكون حفرة واحدة كبيرة يصل قطرها إلى أكثر من 40 سم، كما تعد هذه الحفر من أهم الأشكال التي تؤدي إلى تغير في مستوى أسطح الشواطئ والأرصفة الصخرية وانخفاض منسوبها؛ وذلك عن طريق عملية النحت الوعائي والتحلل والإذابة الكيميائية.

ب- **قنوات الإذابة** :تظهر في شكل خطوط صغيرة، لا يتعدى عرضها بضعة سنتمترات، وقد تكونت أثناء المد العالي وأمواج العواصف التي تغطي أسطح الشواطئ والأرصفة الصخرية عند رجوع المياه نحو البحر، حيث تعمل على إذابة المناطق الضعيفة من أسطح الصخر مما يؤدي إلى تكون شكل المسيلات المائية الصغيرة التي تصرف المياه نحو البحر.

- **الكهوف والفجوات البحرية**: يعد انتشار الكهوف والفجوات دليل على نشاط عمليات النحت عند قواعد الجروف، ويكون ذلك بإحداث فجوات صغيرة أسفل الجروف والرؤوس البحرية" عملية التقويض السفلي" (محمود، 2001م، ص103-106)، وعن طريق ارتطام الأمواج بهذه الصخور التي تنتشر فيها مجموعات كبيرة من الشقوق والفواصل ما تلبث أن تتسع وتكبر مع مرور الزمن فتكون فتحات تتوسع مكونة كهوف بحرية، ومن قياسات الدراسة الميدانية نلاحظ:

أ- تتراوح فتحات الكهوف والفجوات ما بين 0.50 - 3 أمتار وبمتوسط 1 متر، في حين تتراوح ارتفاعاتها ما بين 0.25 - 2 متر وبمتوسط 0.75 متر، وأعماقها ما بين 0.50 - 2 متر.

ب- تميزت أسقفها الكهوف والفجوات بوجود العديد من الثقوب الصغيرة والشقوق والفواصل، كما توجد بعض الكهوف التي تتكون داخل الصخور بحيث لا تظهر حتى ينهار سقفها، وتظهر على شكل نافورات تخرج منها المياه بشكل مندفع، خاصة عندما تكون الأمواج أكثر قوة وارتفاعا عند اصطدامها بالجروف البحرية.

## ب. الأشكال الناتجة عن الإرساب المائي:

يمكن تقسيم الأشكال الناتجة عن الإرساب بحوض الوادي إلى الآتي:

### 1. المصاطب الرسوبية :

تُعَدُّ من أكثر الظاهرات الجيومورفولوجية التي تظهر على القطاعات العرضية للأودية، وتشير إلى حدوث تغيرات في الظروف المناخية وكمية الأمطار، أو تذبذبات مستوى القاعدة العام للأودية واضطراب نظام التصريف، اعتمدت دراستنا للمصاطب على الدراسة الميدانية والمرئية الفضائية، تم تحديد بعض المصاطب وتم قياسها وتصوير قطاعاتها (شكل 23)، ومن خلال دراستها يتضح ما يأتي:

- تتسم أغلب سطوح المصاطب بانحدارات شبه مستوية وخفيفة، وتمثل الانحدارات الشديدة والشديدة جدًا والجرفية على أغلب حوافها، ويغلب عليها عدم التناظر إلاَّ في أجزاء محدودة جدًا ولا تمتد لمسافات طويلة، كما تظهر أغلب المصاطب في الأجزاء المحدبة من ثنيات الأودية وتختفي في الجوانب المقعرة، نتيجة لتعرضها لعمليات الحت والتآكل.
- تبدأ ارتفاعات المصاطب من منسوب 0.20 متر، ولم يتجاوز أعلى ارتفاع لها 1.50 متر فوق قاع مجاري الأودية، وتُستغل أغلب المصاطب الرسوبية في الزراعة المروية والبعلية.
- يتباين سمك طبقات المصاطب، حيث يتراوح السمك ما بين عدة سنتمترات في بعض الطبقات إلى أكثر من 0.50 متر، ويتراوح عدد طبقاتها ما بين 2 – 5 طبقات، وأحيانا تتألف من طبقة واحدة.

**شكل(23) المصاطب الرسوبية بالمجرى الرئيسي للوادي.**

"E23°49'30.95"N32°06'58.28

### 2. المنطقة الشاطئية والكثبان الرملية الساحلية:

Coastal area and coastal sand dunes

يُغطَّى مصب الوادي برمال شاطئية وكثبان رملية صغيرة جدًا تبلغ مساحتها حوالي 2.30 كم$^2$، (شكل 24)، وتتكون رواسبها من حبيبات رملية وكلسية ناعمة ومتوسطة الحجم إلى خشنة مع حبيبات من الكوارتز، وبقايا الأصداف المفتتة والقواقع البحرية ذات اللون الأبيض المائل للاصفرار مع حبيبات جيرية مشتقة من صخور الحجر الجيري، ومن خلال التحليل الحجمي لعينات رمال المنطقة الشاطئية نلاحظ الآتي:

- تَمَيُّز المنطقة الشاطئية بسيادة الرمال الناعمة والمتوسطة والخشنة في العينات (3 عينات) التي حُلِّلتْ، وكان متوسط حجمها ما بين 20.8% رمل ناعم جدًا، و 40.7% رمل متوسط، و4.6% رمل خشن جدًا، وهذا يؤكد على وجود علاقة ما بين متوسط حجم الرواسب وعمليات النحت والإرساب.
- من دراسة شكل الحبيبات، وفحصها تحت الميكروسكوب (مكبرة 50 مرة ) يتراوح شكلها ما بين المستديرة وشبة المستديرة، (شكل24)، وترجع استدارتها نتيجة لعمليات الاحتكاك واصطدامها مع بعضها البعض أثناء عملية انتقالها.
- ظهور بعض الكثبان الرملية الصغيرة جداً التي يكثر فيها نمو النباتات، ممَّا يسمح بتجمع الرمال لتكون النباك صغيرة ومتوسطة، ويعد نبات القطف هو أكثرها تمثلاً للنباك، وتشكلت فوق أسطح الكثبان تموجات رملية متعامدة مع اتجاه الرياح السائدة.

**شكل(24) الكثبان والرمال الشاطئية بالمصب الخليجي لوادي السهل.**

### 3. السبخات والبحيرات الساحلية :

تخضع السبخة الساحلية بمصب الوادي لجميع التغيرات التي تؤثر على المنطقة الساحلية، وهي عبارة عن رواسب طينية وغرين ورمال ناعم إلى متوسط، ريحية ومائية حملتها مياه السيول إلى السبخة بمصب الوادي، إضافة إلى الرواسب البحرية.

وتتميز السبخة باستواء سطحها، حيث تغطي المياه بعض أجزائها لتكون المستنقعات التي تنمو فيها بعض النباتات، مثل الحجنة والقطف، ويرتفع منسوبها خلال فصل الشتاء نتيجة طغيان البحر مع ارتفاع الأمواج، إضافة إلى مياه السيول التي حملتها إلى السبخة، بينما ينخفض منسوب المياه وتتعرض للجفاف خلال فصل، حيث تغطيها رواسب المبخرات التي تتكون من الجبس والهاليت.

**شكل(25) السبخة الساحلية بالمصب الخليجي لوادي السهل.**

**الخلاصة:**

- من دراسة الخصائص الجيولوجية والتتابع الطبقي للتكوينات الصخرية، أن الصخور الجيرية التي تنكشف على سطح المنطقة ما بين الزمن الثالث (من الاوليجوسين – الميوسين) إلى الزمن الرابع الحديث، الذي يتكون من الأحجار الجيرية والدولوميتية والطفلة، الغني بالحفريات، وتظهر مكاشف هذه الصخور في بعض المقاطع الجانبية للأودية وعلى الجروف البحرية.

- تأثرت منطقة الدراسة بمجموعة من الصدوع وأغلبها من النوع العادي، تركز أغلبها في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة، ويُعدُّ الاتجاه السائد هو شرق/غرب، وجنوب شرق/ شمال غرب، وقد انعكس أثرها بشكل واضح على أشكال السطح في أنتشار الحافات الصدعية والى حدوث حركة للمواد عليها، إضافة إلى وجود العديد من الفواصل والشقوق الصخرية التي تنتشر داخل وخارج الكتل الصخرية، وأن الاتجاهات السائدة للشقوق والفواصل يتطابق نوعاً ما مع اتجاهات الصدوع.
- من دراسة المناخ الحالي أن المنطقة تقع ضمن المناخ الجاف وشبه الجاف، الذي يتسم بارتفاع المدي الحراري اليومي والسنوي وتتقارب فيها درجات الحرارة على مدار السنة مما ينتج عنه نشاط التجوية الميكانيكية.
- إنَّ شبكات التصريف المائية لحوض الوادي وصلت إلى الرتب الخامسة، وبلغ مجموع أعداد المجاري المائية 362.0 مجري، وبلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية معاً حوالي 343 مجرى بنسبة 94% من إجمالي أعداد المجاري، وهذا يؤكد وجود علاقة بين الرتبة النهرية وأعدادها، فمهما اختلفت مساحة الحوض فإنَّ نسبة ما تسهم به الرتبة الأولى والثانية يزيد عن 90% من إجمالي عدد المجاري بالحوض، ويبلغ مجموع أطوال المجاري بحوض الوادي 177.8 كم، وإنَّ متوسط نسبة التشعب بحوض الوادي 3.3، وهذا يدل على زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية بشكل واضح.
- يظهر القطاع الطولي للوادي مقعر بشكل عام، وتنخفض درجة الانحدار على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب، وتنتشر على طول القطاع الطولي العديد من نقاط تغير الانحدار، نتيجة عبور الأودية تكوينات جيولوجية تختلف في خصائصها الليثولوجية، وتبدوا لطبقات الصخرية الصلبة على هيئة مساقط مائية ذات جبهات شديدة الانحدار، وتمثل فئة الانحدار شبه المستوية والخفيفة والمتوسطة للقطاعات العرضية في قيعان الأودية وعلى المصاطب المستوية وفي الأجزاء الدنيا من القطاعات، وتشكل فئة الانحدار الشديد نسبيًا والشديدة و الشديدة جدًا والجرفية أغلب الأجزاء الوسطى من الأودية خاصَّة المجرى الرئيس من الوادي.

## التوصيات:

- الاهتمام بإنشاء السدود الترابية والحجرية والسدود الخراسانية الكبيرة على مجاري الأودية؛ من أجل الاستفادة إلى أقصى حد ممكن من المياه الجارية أثناء سقوط الأمطار، ويمكن الاستفادة من شبكة التصريف المائية لأحواض الأودية لاقتراح مواقع السدود وإنشاء الآبار الرومانية والصهاريج الخراسانية.
- الاهتمام بإجراء دراسات هيدرولوجية، لمعرفة وتقدير كمية المياه، ووضع جدوى اقتصادية لتحديد وكيفية الاستفادة منها في الزراعة، حيث نلاحظ أن بعض المزارع التي تقع في بطون الأودية تعتمد على المياه الجارية اثناء سقوط الامطار.

## المصادر والمراجع:


- أبوالعينين، حسن سيد، (1986م)، **أصول الجيومورفولوجيا، دراسة لأشكال التضاريس الكبرى**، دار المعارف، القاهرة.
- تراب، محمد مجدي، (1997م)، **التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي قصيب بالنطاق الشرقي من شبة جزيرة سيناء**، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثلاثون.
- جاد، طه محمد، (1984م)، **تحليل الخريطة الكنتورية باهتمام جيوموفولوجي**، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، الطبعة الثالثة.
- الجديدي، حسن محمد، (1986م)، **الزراعة المروية وأثرها على استنزاف المياه الجوفية في شمال غرب سهل الجفارة**، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان مصراتة.
- جودة حسنين جودة، (1973م)، **أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية**، الجزء الأول، منشورات جامعة بنغازي.
- جودة حسنين جودة، (1975م)، **أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية**، الجزء الثاني، منشورات جامعة بنغازي.
- جودة حسنين جودة، وآخرون، (1991م)، **وسائل التحليل الجيومورفولوجي**، دار المعارف، القاهرة.
- سلامة، حسن رمضان، (1982م)، **الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية**، دورية علمية محكمة، تعني بالبحوث الجغرافية، يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافيا الكويتية، العدد 43.
- سلامة، حسن رمضان، (2007م)، **أصول الجيومورفولوجية**، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن، الطبعة الثانية.
- الشحومي، خليفة احمد، (2003م)، **مورفولوجية الكارست في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة بالجبل الأخضر– شمال شرق ليبيا**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.

- الشريف، احمد سعيد، وآخرون، (1990م)، **المسح الاقتصادي الشامل لإقليم بلدية البطنان**، مركز البحوث والاستشارات، جامعة قاريونس، بنغازي.
- صالح، محمود على المبروك، (2006م)، **حوض وادي السهل الشرقي بهضبة البطنان، دراسة جيومورفومترية**، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عمر المختار.
- صالح، محمود على المبروك، (2013م)، **هضبة الدفنة في شمال شرق ليبيا، دراسة جيمورفولوجية**، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، جامعة عين شمس، القاهرة.
- طاهر، عابد محمد، (1990م)، **العلاقة بين أنماط التصريف والتراكيب الجيولوجية المتمثلة في الفواصل والصدوع من جهة ونوع الصخور من جهة أخري في المنطقة الممتدة بين سوسة وكرسه بالجبل الأخضر**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.
- عاشور، محمود محمد، (1986م)، **طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي**، حولية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر، العدد التاسع.
- محسوب، محمد صبري، (1991م)، **جيومورفولوجية السواحل**، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.
- محمود، سمير سامي، (2001م)، **كهوف وبالوعات جنوب عمان**، دورية علمية محكمة تعني بالبحوث الجغرافية يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافيا الكويتية، العدد 254.
- مصطفى، أحمد أحمد، (1982م)، **حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية، دراسة جيومورفولوجية**، رسالة ماجستير، (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- مصطفى، أحمد أحمد، (1999م)، **الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها**، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، الطبعة الثانية.
- الهرام، فتحي أحمد، تراب، محمد مجدي، (1990م)، **التطور الجيومورفولوجي لبعض أودية الجبل الأخضر باستخدام التحليل المورفومتري**، مجلة قاريونس العلمية، تصدر عن جامعة قاريونس بنغازي، العدد الرابع.

- المركز الوطني للأرصاد الجوي، **بيانات المناخ**، محطة أرصاد طبرق للفترة من (1985م – 2007م)، (بيانات غير منشورة).

- مركز البحوث الصناعية، **خريطة ليبيا الجيولوجية**، (**1974م**)، لوحة درنة، مقياس 1:250.000.

- Industria Research Centre Tarabulus, (1984), Geological Map of Libya , Explanatory Book at ,(Ajdabiya sheet , 1:250.000).
- Sunamura, T (1992): Geomorphology of Rocky coasts, 3rd Ed. John Wiley