

الخصائص المورفومترية لأحواض كويستا صفراء الأسياح في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية

هيا محمد صالح العقيّل *

أستاذ الجيومورفولوجيا المشارك/ قسم الجغرافيا/ جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن/ المملكة العربية السعودية/ الرياض
haya.mo@hotmail.com

المستخلص:

تعتبر الدراسات المورفومترية للأحواض المائية في المناطق الصحراوية الجافة من الدراسات التي لاقت اهتماماً واضحاً من قبل الجيومورفولوجين لإعتبارها وحدة مساحية تتحدد بموجبها مؤشرات وخصائص رقمية لها أهميتها في التحليل والتصنيف والمقارنة عند استثمار وتنمية مناطقها؛ وأحواض كويستا صفراء الأسياح من الأودية الجافة الهامة في منطقة شرق القصيم؛ ونظراً لأهميتها من حيث إمكانية تأهيل تنميتها البيئية لذا فإن هذه الدراسة ستتناول خصائصها المورفومترية من خلال استعراض خصائصها الطبيعية والمناخية والمورفومترية، ومن أجل تحقيق ذلك تم الاستعانة بالإسلوب التحليلي الكمي من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مختلف مراحل البحث وفحص المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي 30DEM بالإضافة إلى الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية ومطابقتها بالدراسة الحقلية، وهي خصائص يمكن الاعتماد عليها في انشاء قاعدة بيانات مورفومترية للأحواض المدروسة للخروج برسم شبكة تصريف مائي لكل حوض على حده كظاهرة طبيعية مورفومترية يختلف عن غيره من الأحواض الأخرى تبعاً لانعكاس الخصائص البنوية والمناخية لكل منها.

الكلمات المفتاحية: الأسياح، مورفومتري، صفراء، كويستا، مرئيات فضائية.

تاريخ الاستلام: 2022/2/13

تاريخ قبول البحث: 2022/3/2

تاريخ النشر: 2023/6/30

أهمية الدراسة:

تقع أحواض منطقة الدراسة ضمن المناطق الحارة الجافة التي تتمتع بها أجواء المملكة العربية السعودية؛ مما يشير ذلك إلى أن أحواضها نشأة في ظروف مناخية مختلفة عن الظروف الحالية إذ تعود لفترات زمنية أكثر رطوبة خلال الزمن الرابع فرسمت بذلك ملامح شبكات تصريفها النهري.

مشكلة البحث:

تعتبر أحواض كويستا صفراء الأسياح من الأحواض المائية الهامة في منطقة القصيم والتي تحتاج لفهم طبيعة العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في تكوين الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف بها؛ والذي ينعكس بدوره على المشاريع التنموية بالمنطقة من زراعية وعمرانية وصناعية.

أهداف البحث:

- دراسة الخصائص الطبيعية للأحواض المدروسة لأهميتها في الدراسات المورفومترية والهيدرولوجية.
- إبراز الخصائص المناخية وتحديد دورها في تباين كميات المياه الواردة لأحواض المنطقة.
- القيام بالتحليل المورفومتري لخصائص شبكة التصريف المائي لأحواض منطقة الدراسة.
- إجراء العلاقات الإحصائية بين متغيرات خصائص أحواض التصريف وشبكات تصريفها.

منهجية الدراسة:

يعتمد البحث على اتباع المنهج الوصفي الذي فُعل من خلال وصف منطقة الدراسة ومعالما الطبيعية، وأيضاً اتبع المنهج التحليلي الإحصائي عند دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية حيث تم دراسة الخصائص رياضياً وتحليلياً بالإضافة إلى الإستعانة بمجموعة من الأدوات والإجراءات وعدد من التقنيات الحديثة كالتقنيات الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية Arc GIS 10.8 من خلال تحليل الصور الفضائية للقمر الاصطناعي لاندسات 8 ونموذج الارتفاع الرقمي بدقة 30 م وساند ذلك بطبيعة الحال الدراسة الميدانية حيث تم رصد أحواض منطقة الدراسة وتحليل أبعادها المكانية بشكل دقيق وشامل.

الدراسات السابقة:

- تناولت الدراسات بعض أحواض منطقة القصيم المجاورة بمنطقة الدراسة والتي منها على سبيل المثال لا الحصر:
- قدم أحمد الشامخ عام (1980) دراسة بعنوان "نظام التصريف المائي في منطقة القصيم" حيث تمثل دراسة وصفية عامة اهتمت بوادي الرمة وفروعه كما أشارت إلى وادي الترمس الواقع كحد شمالي لكويستا صفراء الاسياح ووادي الجارمة الذي يعبر منطقة الاسياح من الشمال إلى الجنوب ويصب به بعض الأودية المنحدرة من الصفراء وتمثل إشارات وصفية عامة تخلص من التحليل المورفومتري والهيدرولوجي.
 - الدراسة التي قدمها عبدالرحمن الشريف في عام (1980) بعنوان "دراسة في جغرافية المملكة العربية السعودية: الاسياح" تناولت الدراسة منطقة الاسياح كإمارة بشكل جغرافي عام من الجوانب الطبيعية والبشرية والتاريخية دون أن تشير للمجاري المائية بالمنطقة.

- قدم أحمد الدغيري في (2012) بحث بعنوان "أدلة فيضان وادي الطرفية رافد وادي الرمة بإقليم القصيم خلال الرباعي المتأخر، أواسط المملكة العربية السعودية" استخدم فيه التقنيات الحديثة لتحديد الخصائص العامة للفيضانات العظمى خلال الفترات الفاصلة بين الجموديات الرباعية مرحلة MIS3، MIS5c والتي اتضح أنها كانت نشطة إما بفعل الرياح الموسمية الجنوبية الغربية أو لتأثيرات امطار البحر المتوسط الشتوية، وبحلول أواسط الهولسين بدأ مستوى الوادي ينخفض بفعل أنظمة الرياح الشمالية الجافة.

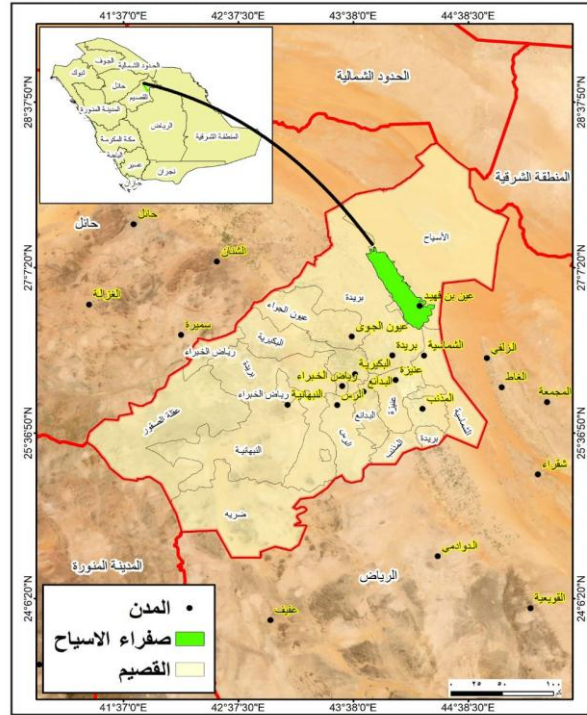
- قدم محمد الشرقاوي وآخرون في عام (2018) دراسة بعنوان "تطبيق نموذج المنحنى المائي الأحادي في تقدير تدفق الذروة لسيول الأودية الداخلة على مدينة بريدة بمنطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية" حيث قدمت الدراسة تقديراً لكمية التدفق اليومي الأقصى لسيول أودية النقيب والوطاة والعوشز والودي والعود الرافدة لوادي الرمة بالقصيم والتي تصب في مدينة بريدة وتأثر على الامتداد العمراني بها.

- دراسة محمد الشرقاوي و، محمد بوروبة (2019) بعنوان "تحديد عتبات الجريان السطحي لأودية منطقة القصيم في وسط المملكة العربية السعودية" طبقت الدراسة نموذج NRCS-CN التابع للهيئة الأمريكية لحماية التربة وباستخدام بيانات الأمطار اليومية القصوى للفترة 1981-2017 م ولم تتطرق الدراسة للمناطق الواقعة على كويستا صفراء الأسياح التي تمثل دراستنا الحالية.

أولاً: موقع وحدود منطقة الدراسة:

تقع أحواض منطقة الدراسة ضمن الحدود الإدارية لمنطقة القصيم-الواقعة وسط المملكة العربية السعودية-وذلك في الجزء الشمالي الشرقي؛ منها وتتكون من 11 حوض تتمثل في أحواض الشعبان التالية من الشمال إلى الجنوب: بليعيم، العشرات، ضيدة، أم حواش، أبا الدود (والذي غير اسمه إلى أبا الورود)، حنيظل، العطشان، البرود ويعرف محلياً بفروعه (بالجوارم)، السيح، طوقان ثم الوديات؛ وتتنحصر بين نفوذ المظهر بعروقه المختلفة والتي منهاخبة الشنومة وعروق الديرة وعروق الأسياح وعروق الأشعلي وعروق غشام شرقاً حيث تنتهي بعضها في شكل مراوح غريانية تضم بعض العيون من أشهرها عين بن فهيد الواقعة شرق محافظة الاسياح وكذلك تضم بعض الآبار والقلبان منها قلبان المبيضية ودابان والبعيثة وأيضاً الفياض كفيضة العيفية والحماموضيدة والتومة والبعض الأخرى تنتهي بمنخفض حوض وادي الرميثية الضحل والذي يتجه من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي ليتحد بعد ذلك بوادي الرمة، بينما يحدها غرباً عرق الطرفية ورمال القعرة وبرقان ومدرج، إما من جهة الشمال فيحدها عرق غشام وشعيب مديسيس والهرايات بينما تنفصل كويستا صفراء الأسياح جنوباً عن صفراء المستوي بعروق من نفوذ الثويرات والسر والطرفية الرملية التي يختفي تحتها مجرى وادي الرمة - الباطن في منطقة النبقية والربيعية إلى الشرق من مدينة بريدة، وتقع المنطقة فلكياً بين خطي طول 44° 20' 43" - 44° 20' 42" ° درجة شرقاً وبين دائرتي عرض 52° 32' 26" - 37° 18' 27" ° درجة شمالاً بمساحة تقدر نحو 1382.4 كم² شكل (1)، وتجري شعبان وأودية منطقة الدراسة فوق هضبة مستطيلة الشكل تمتد من الشمال الغربي - الجنوب الشرقي تعرف بصفراء الأسياح التي تمثل ظهر إحدى كويستات هضبة نجد المرتفعة بين 600-700م فوق سطح البحر وتتحد بسطح ممتد من الحافة الغربية باتجاه الحافة الشرقية؛ حيث تشرف حافتها الشديدة الانحدار نحو الغرب على حوض رمال الطرفية والقعرة وتمثل جبال مدرج وخشم القعرة أعلى جهاتها؛

بينما ينحدر ظهر الكويستا انحدارا تدريجيا باتجاه الشرق وينتهي في شكل منخفض طولي خطي يطلق عليه اسم جوف الأسياح والتصريف المائي للاودية فوق ظهر الكويستا من النوع التتابعي أي الذي يتبع ميل الطبقات في اتجاهه، وكان لوجود الكثبان الرملية التابعة لنفوذ المظهر ونفوذ الأسياح والديرة وغيرها دور في تشكل منخفض صفراء الأسياح شرقا وحال ذلك دون أن تستمر المجاري في تصريف مياهها وساهم ذلك في تقطع ظهر الكويستا بعدد من الأودية المتوازية والمتقاربة والتي تتراوح أطوالها بين 20-25 كم تقريبا حيث عند تعرض المنطقة لسقوط الأمطار سرعان ما تتصرف لمجاري الأودية ثم لا تلبث أن تخفي لتسربها في التكوينات الطينية الحديثة وكذلك ضمن الصخور المنفذة على طول كويستا الصفراء.



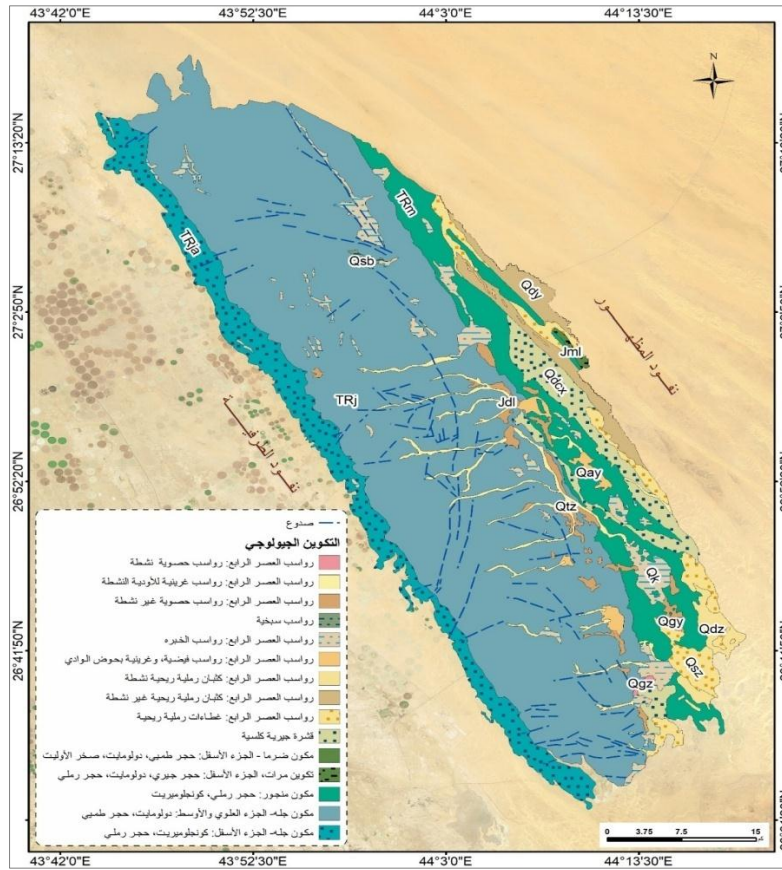
شكل 1: موقع وحدود كويستا صفراء الأسياح بمنطقة القصيم.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على مرئيات القمر الاصطناعي لاندسات 8 باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

ثانياً: الخصائص الطبيعية:

أ- الخصائص الجيولوجية:

تعتبر دراسة الخصائص الجيولوجية للتكوينات الصخرية ووضعها البنيوي من أهم العوامل التي تظهر أثارها على الخصائص المورفومترية والهيدروجيولوجية للأودية؛ ومن خلال استعراض الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة تبين انتمائها لصخور رسوبية تعود في أعمارها لعصر البلايوسين التاب للزمن الثالث الرابع وحتى العصر الترياسي الأوسط والتي تركز على تكوينات الزمن الأول المتنوعة في خصائصها الليثولوجية وقد ترسبت جميعها في بيئات بحرية، دلتاوية، وقارية (Wallace , et al., 2000 ,p.3) الشكل (2).



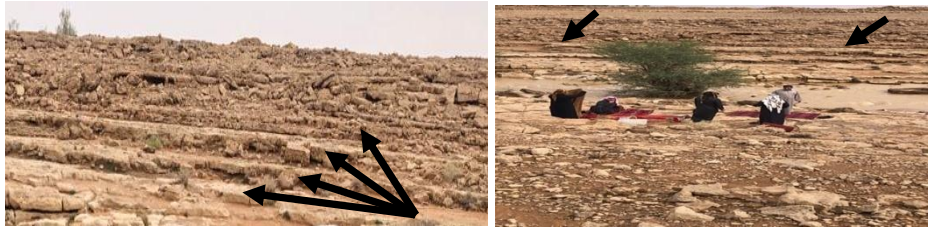
شكل 2: التكوينات الجيولوجية وتوزيعاتها بمنطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخرائط الجيولوجية 250000 و 500000 والخرائط الطبوغرافية مقياس 50000 الصادرة من وزارة البترول والثروة المعدنية.

ومن خلال الخريطة الجيولوجية يتضح تباين التكوينات الجيولوجية المنكشفة على السطح حيث تسود إجمالاً تكوينات العصر الترياسي الأوسط والأعلى والتي تغطي ما يزيد عن 1600 كم² وتشكل ما نسبته 81 % من مساحة المنطقة؛ وتمثلها صخور متكون الجلة (التابع للترياسي الأوسط) بنسبة غالبية تصل إلى 71% تليها متكون المنجور (الترياسي الأعلى) بنسبة 10% تقريباً من إجمالي تكوينات ذلك العصر بالمنطقة، وتظهر بسمك يتراوح بين 226-375 م فوق مستوى سطح البحر، وتتألف من الدولومايت والحجر الطميي Siltstone والحجر الرملي والكونجلوميريت المختلط بالطفال الحديدي والجص وبحجر الكلس Ferruginous and gypsiferous shale والدولومايت الرملين؛ حيث تتميز باللون الأصفر المائل للبني الغامق نسبياً، ويلاحظ تتابعه بطبقات من الجص والأوولايت الرملي والحجر الرملي الأوولايتي التي تميل للون المحمر المائل للبني (Powers et al, 1966.p.D119)، ويتغذى المتكون في كثير من مواضعه خاصة المنخفضة منها والتي تشغلها قيعان مجاري الأودية بطبقة من الطمي الحديث والرواسب الناعمة التي جلبتها الأودية مع وجود متبخرات قديمة وقشور كلسية متصلبة تتخللها ترسبات ريحية ويظهر ذلك في شعيب حنيظل وأبا الورود (الدوود سابقاً) وأم حواش والعطشان والبرود وطوقان شكل (3)، ويرتكز متكون الجلة على تكوينات الزمن الأول المتنوعة في تركيبها وتتمثل بتكوينات سدير والخف وتبوك والساق.

بينما يظهر البعض الآخر من تكوينات المنطقة بمساحات محدود جدا حيث لا تزيد عن 3 كم² بنسبة تقدر بنحو 0.4% من مساحة المنطقة وتمثلها صخور متكوني مرات وضرما المنتميان إلى للعصر الجوراسي الأسفل والأوسط على الترتيب وذلك في شرق منطقة الدراسة ويتميزا بوجود صخور الطفال البني الفاتح والزيثوني اللون والحجر الرملي والحجر الجيري والدولومايت المتبادل براكات من حجر الكلس الغير نقي والكلكارينايت Calcarenite والكوارتز المائل للأشقر والبني المحمر حيث يحتوي على الحديد والكلس (Powers.et al,1966,D. p42-49).

في حين تغطي رواسب الزمن الرابع جهات متفرقة من المنطقة بمساحة تقدر بنحو 19% تقريبا من منطقة الدراسة؛ وتتنوع بين رواسب حصوية مختلفة في أحجامها تظهر فيأقصى جنوب ووسط هضبة صفراءالأسياح عند مراوح مصبات شعبي طوقان والوديات،، وكذلك رواسب السبخات التي تتكون من الغرين والطين المحتوي على نسب كبيرة على معادن المتبخرات الأمر الذي يجعل أسطح تربتها تكتسب اللون الأبيض وتتميز بعض أراضيها بالنشبع بالمياه المالحة مما يؤدي إلى صعوبة السير عليها وتوجد في مناطق محدودة جدا من شرق منطقة الدراسة في نهاية بعض المراوح الفيضية للأودية، وتعتبر الرواسب الفيضية والغرينية ورواسب الخبرات من أكثر الرواسب الرباعية وضوحاً في المنطقة حيث تمتد في شكل خطوط طولية شرق المنطقة وتشغل المراوح الفيضية لبعض الأودية حيث تبدو على شكل سهول حصوية مندمجة بما يشبه الدلتاوات والتي تم استغلال أجزاء كبيرة منها في الزراعة إلى جانب مجاري وقيعان بعض الأودية كما هو الحال في شعيب بلغوم والعشرات وضيعة وأبا الورود وغيرها من الأودية شكل(4) ويلاحظ اختلاف خصائص وترسيب مكوناتها ما بين قممها وأقدامها لفضل ما تتعرض له من فرز رسوبي مرتبط بحجم الراسب وسرعة الجريان المائي،. كما تظهر القشور الجيرية الكلسية في شرق وجنوب وجنوب شرق منطقة الدراسة وهي عبارة عن رواسب جيرية مسامية إسفنجية الشكل، تتكون من ترسب المواد الجيرية حول حواف بعض الينابيع والعيون المائية والنافورات والينابيع الحارة، كما قد تترسب أحيانا عند بعض جوانب الأودية النهرية. وتتميز المنطقة بوجود الكثبان الرملية حيث تختلف ما بين كثبان رملية تنتشر في شرق وجنوب شرق المنطقة؛ وتتجمع على شكل تلال منفردة أو سلاسل من التلال الرملية وكثبان رملية ثابتة متواضعة بين مجاري الأودية وشرق محافظة الاسياح بالإضافة للغطاءات الرملية الريحية التي تغطي وتطرر قيعان بعض روافد الأودية وكذلك تظهر في أجزاء من المراوح الغرينية المتاخمة للعروق الرملية.



شكل 3: تتابع من الحجر الطمبي والحجر الرملي مختلط بالكونجلوميريت والطفال وذلك في قيعان وجوانب شعيب الوديات وطوقان جنوب غرب منطقة الدراسة. المصدر الدراسة الميدانية



لوحة 4: تتابع من الحجر الطيني والظمي الرملي والقشور الكلسية التي تظهر في قيعان شعيب الوديات والسبح وطوقان. المصدر الدراسة الميدانية خلال الامطار التي حدثت في 10-13/ 6/ 1444 هـ.

ب- البنية الجيولوجية:

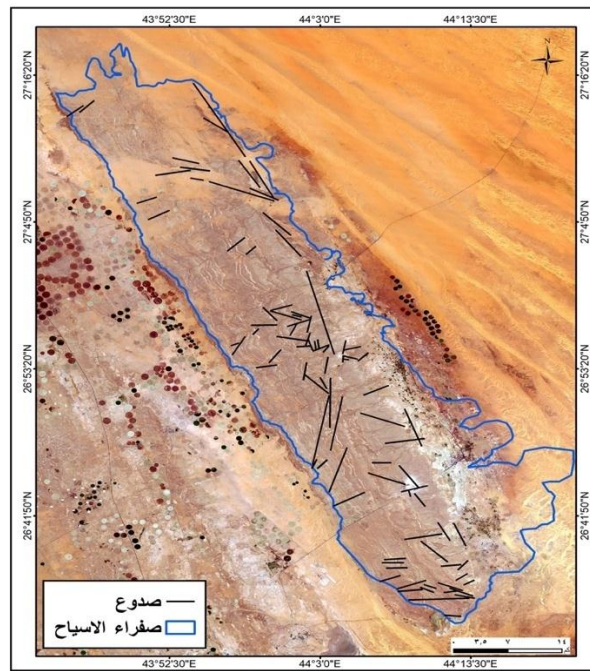
ساهمت حركات التصدع وقوى الشد الجانبية التي شكلت منخفض البحر الأحمر وخليج العقبة خلال الزمن الثالث والرابع إلى تأثر منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها بحدوث الصدوع والأخاديد الرئيسية والثانوية، كما كان لتكون قوس حائل Hail Arch دور في حدوث تغير في اتجاه مضرب الطبقات Strike للصخور الرسوبية التي أرسبت خلال العصور الجيولوجية المتتابعة سواء حول منطقة حائل شمال وشرق منطقة الدراسة أو المناطق المجاورة والتي تمثل منطقتنا الحالية جزء منها. (Chapman, 1978a,p.14) حيث تنتشر وتتركز الصدوع في منطقة الدراسة ضمن صخور متكون الجله وتكاد تخلو المتكونات الأخرى تماماً منها، إذ وصل عددها إلى نحو 90 صدع بأقصى طول قدر ب 12.51 كم وأقل طول وصل إلى 0.72 كم ومتوسط بلغ 3.25 كم بمعدل إلتواء قدر بنحو 2.16 جدول (1) شكل (5).

الجدول 1: أعداد وأبعاد الصدوع بمنطقة الدراسة.

العدد	أقل طول (كم)	أقصى طول (كم)	متوسط الطول (كم)	الوسيط (كم)	الانحراف المعياري للطول	معامل الاختلاف (%)	معدل التفلطح	معدل الالتواء
90	0.72	12.51	3.25	2.55	2.26	69.51	5.40	2.16

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخرائط الجيولوجية 250000 و 500000 الصادرة من وزارة البترول والثروة المعدنية.

وقد اتخذت الصدوع في منطقة الدراسة اتجاهات مختلفة بشكل كبير حيث نجد أن أكبر عدد منها يرتكز في الاتجاه المحصور بين 67.5 و 112.5 درجة بعدد 30 صدع واجمالي أطوال قدر بنحو 117.07 كم أي 39% من جملة أطوال صدوع المنطقة؛ يليه الاتجاهين المحصورين بين 22.5 - 67.5 درجة بعدد بلغ 22 صدع ومثل 15% من نسبة أطوال الصدوع؛ والاتجاه المحصور بين 112.5-157.5 بعدد وصل إلى 23 صدع وشكل تقريبا 23% من اجمالي أطوال الصدوع بالمنطقة بينما توزعت النسب الباقية على الاتجاهات الأخرى كما في الشكلين 5 و 6 والجدول 2.



شكل5: الصدوع البنيوية وتوزيعها في منطقة الدراسة.

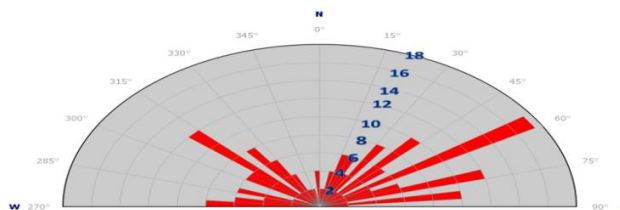
المصدر: الخرائط الجيولوجية مقياس ٢٥٠٠٠٠ و ٥٠٠٠٠٠ الصادرة من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية ووزارة البترول

جدول2: أطوال الصدوع والنسبة المئوية لاتجاهاتها.

النسبة (%)	العدد	النسبة (%)	طول الانكسارات (كم)	اتجاه الصدوع
7.78	7	15.56	47.07	22.5 – 0
12.22	11	6.26	18.94	45 – 22.5
12.22	11	8.65	26.16	67.5 – 45
17.78	16	21.52	65.12	90 – 67.5
15.56	14	17.17	51.95	112.5 – 90
12.22	11	5.26	15.92	135 – 112.5
13.33	12	17.75	53.7	157.5 – 135
8.89	8	7.83	23.69	180 – 157.5

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخرائط الجيولوجية 250000 و 500000 الصادرة من وزارة البترول والثروة المعدنية

شكل6: ورده اتجاهات الصدوع في منطقة الدراسة والنسبة المئوية لأطوالها.



من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات الجدول السابق.

ومن خلال دراسة العلاقة بين المجاري المائية والصدوع في منطقة الدراسة الشكلين (6 و5) تبين ان الاتجاه الشرقي والجنوب الشرقي للصدوع هو الغالب في المنطقة بنسبة قد تزيد عن 70%. من جملة أعداد الصدوع؛ والذي يتوافق مع انحدار ظهر الكويستا والأودية المنحدره عليها، واتضح قلة وجودها في أجزاء من الطرف الجنوبي الشرقي المتاخم لعروق نفوذ المظهر وعروق الأسياح وكذلك في شمال المنطقة عند المنابع الشمالية الشرقية العليا لشعيب بليعيم وأجزاء من المنابع العليا لشعيب العشرات وضيدة وأبا الدود، بينما ظهرت كثافتها بشكل واضح في وسط المنطقة و جنوب غربها حيث تتقاطع بعض المجاري المائية مع الصدوع في هذه الأجزاء كما هو الحال في شعبان حنيظل والعطشان والبرود وطوقان والوديات بينما بعضها يتوافق مع مسارات المجاري المائية عند المنابع الغربية لشعيب بليعيم في أقصى شمال غرب المنطقة وفي أجزاء من المنابع العليا لشعيب العشرات وحنيظل والبرود وضيدة وطوقان. وعلى العموم فإن تركيز الصدوع في شعاب عن شعاب أخرى لا ينفي عدم ظهورها بل قد توجد ولكن بشكل أقل كثافة كما هو الحال في شعيب أم حواشوشعيب السيح وغيرها.

ومما سبق ومن خلال الخريطة الجيولوجية للصدوع تبين أن هناك علاقة ارتباط طردية بين المجاري المائية والصدوع أي كلما زادت كثافة المجاري المائية كلما زادت كثافة الصدوع خاصة في المجاري المائية الثانوية والصغيرة، وعلى الجانب الآخر نجد العلاقة عكسية بين المجاري المائية الرئيسية والصدوع بمعنى تقل الصدوع في المجاري المائية الرئيسية الكثيفة ماعدا أجزاء محدودة خاصة في وسط وشمال منطقة الدراسة.

ج- الخصائص التضاريسية:

تكمن أهمية الخصائص التضاريسية في التعرف على طبيعة تضرس المنطقة وعلاقتها بتطور أحواض المجاري النهرية وعوامل التعرية والخصائص المساحية بها فضلا عن دورها الهام في توجيه السيول المتدفقة وحدوث الفيضان، واستخدام لتحقيق ذلك الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 بالإضافة إلى نموذج الارتفاع الرقمي STRM30 متر بهدف الحصول على البيانات التي تتعلق بتضرس مظاهر السطح المتنوعة وما يرتبط بها من ارتفاعات وانحدارات تتأثر على تطور خصائص الأودية المورفومترية ووفقاً للجداول رقم (3 و4) وللشكل (7) اتضح:

تتنوع مظاهر سطح المنطقة وتتعدد تبعاً لتباين نوعية الصخر وخصائصه الليثولوجية حيث تبرز الصخور الدولوميتية وصخور الحجر الطميي والحجر الرملي التابعة لمكون الجلة تتخللها في مواقع معينة صخور الحجر الجيري التابع لمكوني مرات وضرما متبادل برفاقات من الطفال والكلس في شكل غطاءات حصوية أفقية طباقية تغطي أجزاء واسعة من ظهر كويستا صفراء الأسياح خاصة في الجزء الجنوبي الغربي والأوسط منها وتشكل ما مساحته 42.5% من جملة مساحة المنطقة، بينما تظهر السهول الرسوبية الغريانية والفيضية في شكل خطوط طولية شرق المنطقة وجنوبها الشرقي وشمالها الغربي وتشغلها: المراوح الفيضية لبعض الأودية كما هو الحال في شعبان أحواض بلغوم والعشرات وضيدة وأبا الدود والسيح وطوقان وكذلك بعض مناطق الفيض منها فيض البرود وطريف والسكة والتنومة وأبا الدود واللغيفة وخصبة بالإضافة إلى بعض السباح كسبخة حمام والسّمراء والبرقاء وتشكل ما مساحته نحو 42.6% من جملة مساحة المنطقة حيث تبدو على شكل سهول غريانية وحصوية مندمجة بما يشبه الدلتاوات والتي تم استغلال أجزاء كبيرة منها في الزراعة إلى جانب مجاري وقيعان بعض الأودية، بينما تتوزع المجمعات الرملية في شكل فرشاة متواضعة تتخللها منكشفات

لحافات صخرية محدودة الارتفاع تقطعها مجاري أودية تتحدر من الغرب إلى الشرق وذلك في شمال غرب وغرب المنطقة عند المنابع العليا لشعبي حوضي بليغيم والعشرات في حين تظهر في شكل كتبان رملية نشطة في جنوب محافظة الأسياح وعين بن فهيد كما هو الحال في عرق البنايا والعطشانة والديرة حيث تلتحم بعد ذلك بعروق الثويرات والظرفية جنوبا وعروق الأسياح في الشرق والجنوب الشرقي وتشكل ما مساحته 7.4% من إجمالي مساحة المنطقة.

ومن خلال دراسة الشكل (7) والجدول (4) تبين تفاوت الارتفاعات في المنطقة ما بين 509-762 م وتدرجها من الغرب والشمال الغربي إلى الشرق والجنوب الشرقي، إذ بلغ أقصاها في الطرف الغربي والشمال الغربي للمنطقة لوجود بعض التلال الدولومايتية المتداخلة بالحجر الجيري والتي تزيد ارتفاعاتها عن 700م منها تلال مدرج والقعرة والغرة وتشغل نحو 23 كم² أي نحو 2% من مساحة المنطقة، في حين يظهر أديانها في الجزء الجنوبي الشرقي حيث تقل عن 650 م عند محافظة الأسياح وعين ابن فهيد لانتشار بعض الفيض والسبخ والمراوح الغريانية كما سبق ذكره وتشكل تقريبا 311 كم² أي نحو 23% من مساحة المنطقة. أما بالنسبة للانحدارات فتبرز أهميتها من خلال تأثيرها على سرعة التدفق والجريان للمجاري المائية وصولها إلى منطقة المصب؛ حيث يلاحظ من الجدول رقم (4) والشكل (7) سيادة الانحدارات الخفيفة إلى المتوسطة الانحدار حسب تصنيف (Young, 1972, p.175) حيث تمثل الانحدارات التي تقل عن 10 درجات نحو 1257 كم² أي نحو 91% من مساحة المنطقة؛ بينما تمثل الانحدارات التي تزيد عن 20 درجة والتي تشكلها الانحدارات الشديدة والشديدة جدا حسب تصنيف يونج نحو 3,5 كم² أي بنسبة لا تزيد عن 0,3%؛ ويرجع ذلك لكون أحواض منطقة الدراسة تشغل سطح ظهر كويستا صفراء الاسياح التي تتحدر تدريجيا من الغرب إلى الشرق لتنتهي في شكل منخفض طولي خطي يعرف بجو الأسياح، ولذا يظهر التصريف المائي لمعظم مجاري الأودية فوقها بشكل متوازي منتظم ومتقارب في انحداراته تقريبا بأطوال متفاوتة لمجاريه تختلف ما بين 20-25 كم تقريبا متتبعه في ذلك اتجاهاتها انحدار ميل الطبقات.

جدول 3: الأشكال التضاريسية ومساحاتها في منطقة الدراسة.

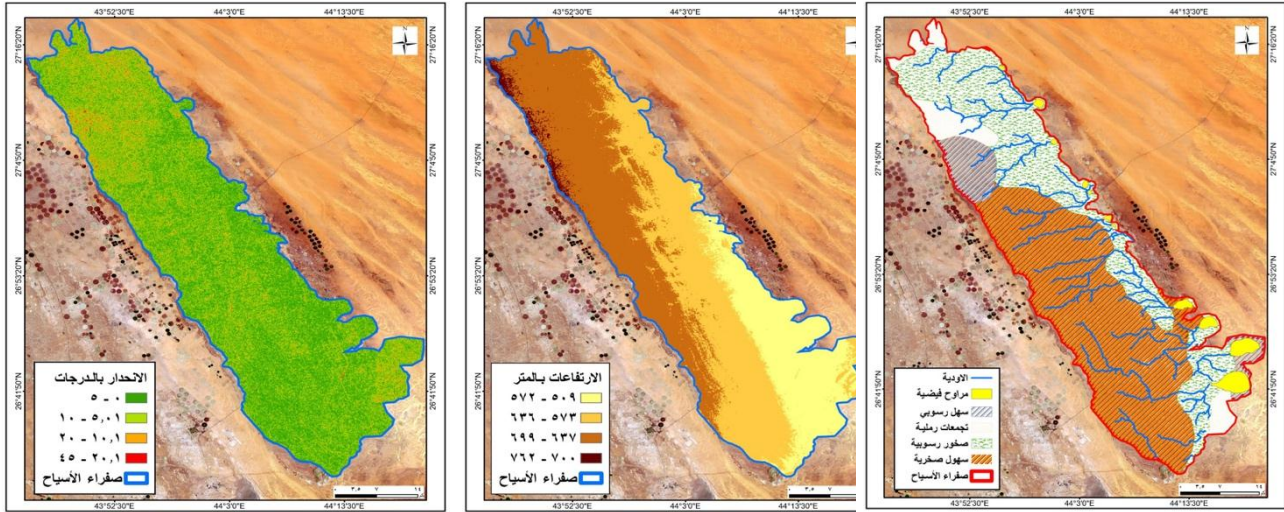
المظهر التضاريسي	السهل الرسوبي	التجمعات الرملية	المراوح الفيضية	الصخور الرسوبية	السهول الصخرية	الأودية	الإجمالي
المساحة كم ²	76.3	102.1	51.2	461.8	587.4	103.6	1382.4
النسبة المئوية %	5.5	7.4	3.7	33.4	42.5	7.5	100

جدول 4: فئات الارتفاع والانحدار ومساحتها بمنطقة الدراسة.

فئات الارتفاعات بالمتري	المساحة كم ²	النسبة المئوية %	فئات الانحدار بالدرجات	المساحة كم ²	النسبة المئوية %
572 - 509	311.2	22.5	5 - 0	795.4	57.5
636 - 573	521.4	37.7	10 - 5.1	461.6	33.4
699 - 637	526.7	38.1	20 - 10.1	121.9	8.8
762 - 700	23.1	1.7	45 - 20.1	3.5	0.3
الإجمالي	1382.4	100	الإجمالي	1382.4	100

المصدر للجدولين السابقين: من اعداد الباحثة اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية 50000 ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام

برنامج ArcGIS 10.8



شكل 7: فئات الارتفاع والانحدار وتوزيعها بمنطقة الدراسة.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية 50000 ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS

10.8

د: الخصائص المناخية:

تتأثر الخصائص الشكلية لأحواض التصريف بالخصائص المناخية الحالية الذي تمثل أحد العوامل المؤثرة بها؛ حيث لا تتشكل أي ظاهرة مورفومترية بمعزل عن تأثير العمليات المناخية المتنوعة وقد أظهرت البيانات المناخية المسجلة في محطة القصيم ببريد وذلك للفترة الممتدة من (1980-2018) أي لنحو 38 سنة عن وجود تباين فصلي في جميع عناصر المناخ وذلك على النحو التالي:

1- الحرارة:

تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية لتأثيرها المباشر وغير المباشر على باقي العناصر الأخرى ومما لا شك فيه أن درجات الحرارة تختلف زمانياً ومكانياً؛ فمن خلال الجدول (5) تبين أن فصل الشتاء الذي يمتد من شهر ديسمبر إلى فبراير يمثل أقل معدلات سجلت لمتوسطات درجات الحرارة سواء العظمى أو الصغرى وقد يرجع ذلك لتأثير المنطقة بالرياح الباردة الجافة الشمالية والشمالية الشرقية، في حين يمثل فصل الصيف الممتد من شهر يونيو إلى أغسطس أكثر الفصول حرارة ويرجع ذلك لانتماء المنطقة للعروض المدارية التي يمر بالقرب منها خط السرطان حيث تكون أشعة الشمس شبه عمودية علاوة على ذلك فإن ساعات النهار أطول من أي فصل آخر مما يساهم في زيادة درجات الحرارة، فتتقارب فيه درجات الحرارة العظمى والصغرى.

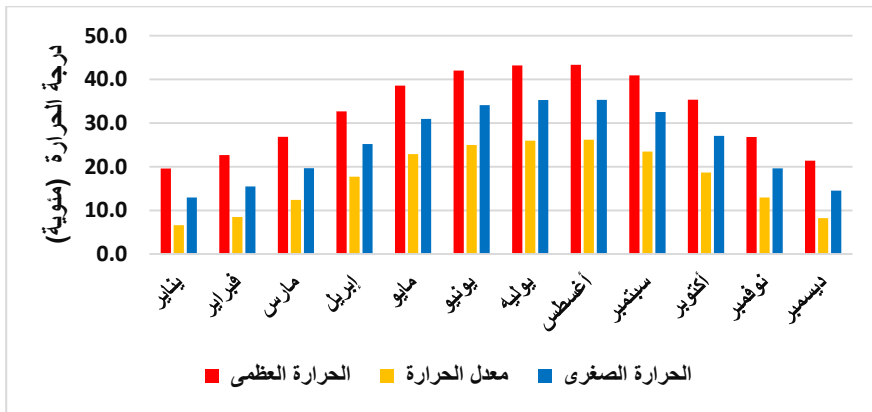
إما عن الفصليين الانتقاليين الربيع الممتد من شهر مارس إلى مايو والخريف الممتد من شهر سبتمبر إلى نوفمبر فتتميل درجات الحرارة إلى الاعتدال النسبي، ويتبين من الشكل (8) أن درجات الحرارة تتخذ شكل المنحنى الشبه متمائل حيث بلغت ذروته خلال شهور الصيف بينما بدأ بالانحدار التدريجي نحو بقية الفصول، وتدل تلك الفروق في درجات الحرارة الشهرية أو الفصلية سواء الصغرى أو الكبرى إلى أن المنطقة تتمتع بمدى حراري شهري وفصلي معتدل حيث

تراوحت متوسطاته بين 6 درجات في شهور الشتاء ونحو 8 درجات في أشهر الصيف، بينما يرتفع المدى السنوي عن ذلك إلى نحو 24 درجة.

جدول 5: درجات الحرارة العظمى والصغرى ومعدل الحرارة (درجة سيليزية) بمحطة منطقة الدراسة.

الشهر	الموسم	الحرارة العظمى (سيليزية)		الحرارة الصغرى (سيليزية)		معدل الحرارة (سيليزية)
		الشهري	الفصلي	الشهري	الفصلي	
ديسمبر	الشتاء	21.4	21.2	14.5	14.3	9.2
		19.6				
		22.7				
يناير	الشتاء	26.8	32.7	19.7	25.3	17.7
		32.7				
		38.6				
فبراير	الربيع	42.0	42.9	34.1	34.9	26.0
		43.2				
		43.4				
مارس	الربيع	40.9	34.4	32.5	26.4	18.7
		35.3				
		26.8				
أبريل	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
مايو	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
يونيو	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
يوليو	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
أغسطس	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
سبتمبر	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
أكتوبر	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
نوفمبر	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				
ديسمبر	الصيف	26.8	32.8	19.6	25.2	18.3
		35.3				
		40.9				

المصدر: وزارة الدفاع والطيران، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد و <https://en.tutiempo.net/climate/saudi-arabia.htm> البيانات المناخية لمحطة القصيم (بريدة).



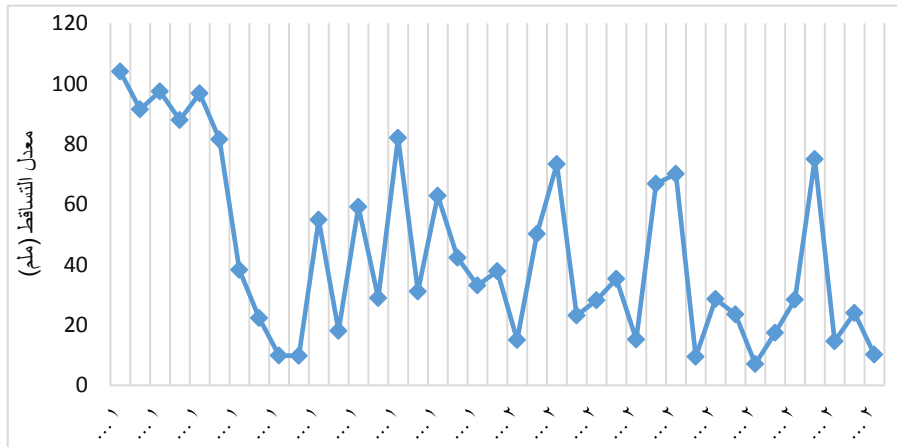
شكل 8: يوضح متوسط درجة الحرارة العليا والدنيا الشهري للفترة من (1980-2018) بمحطة منطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحثة استناداً على بيانات الجدول السابق.

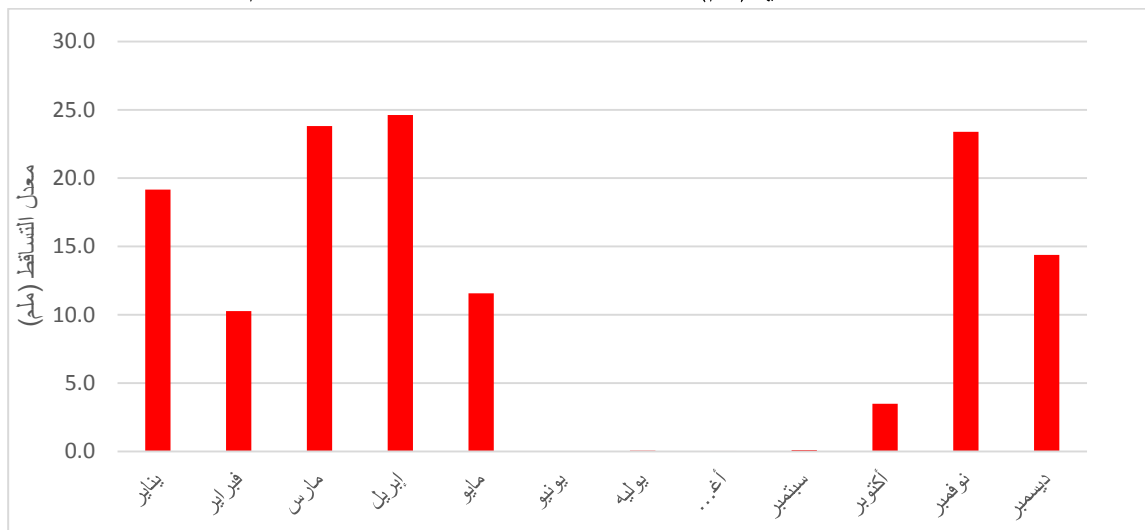
2- الأمطار

تعتبر الأمطار من العناصر المناخية الهامة حيث تعد المصدر الرئيس لتغذية أحواض التصريف بالمياه السطحية وأيضاً تمثل أحد المظاهر المناخية التي تساهم بشكل فعال في تشكيل معالم سطح المنطقة؛ ومن خلال استعراض بيانات تساقط الأمطار في منطقة الدراسة في الفترة بين عام 1980 وعام 2018، تبين أن متوسطاتها تراوحت بين 7.9 - 80 ملم؛ باستثناء بعض السنوات التي قد تزيد عن ذلك ليصل فيها المعدل إلى 104 ملم ويتضح ذلك في الفترة بين عامي 1980 و 1985 حيث تراوحت فيها معدلات الأمطار بين 80 - 104 ملم (شكل 9)؛ في حين تتذبذب الأمطار بعد ذلك من عام إلى آخر بشكل ملحوظ بين الانخفاض والارتفاع في معظم سنوات التسجيل إذ تارة تقل معدلاتها عن 15 ملم كما في

الأعوام 1988 و 1989 و 2000 و 2009 و 2006 و 2012 و 2018 م، وتارة تزيد لتتراوح بين 15 و 80 ملم وهو ما سجلته في بقية الأعوام الأخرى، ويعود ذلك إلى اختلاف تأثير منخفضات أعاصير البحر المتوسط المارة بالمنطقة من جهة ولانخفاض تأثير امتداد الرياح الموسمية الجنوبية الجنوبية الغربية الرطبة إلى المنطقة من جهة أخرى؛ وفي الغالب قد يكون مصدر الأمطار التي قد تسقط على المنطقة نتيجة تكون سحب ركامية في فصل الشتاء والفصول الانتقالية قد يصاحبها رياح عاتية وعواصف رعدية وكميات كبيرة من الأمطار ينتج عنها بعض السيول الجارفة أو سقوط حبات من البرد، وتتصف الأمطار بالمنطقة علاوة على تذبذب كمياتها السنوية بفصلية سقوطها شكل (10). وحدثها على مدد متباعدة نسبياً و في شكل زخات شديدة وسريعة سرعان ما تتحول بعد ذلك لسيول جارفة تعمل على تشكيل بعض الظواهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة شكل (11). ومما سبق نستنتج أن كميات الأمطار المتباينة في المنطقة يعود لوقوعها ضمن العروض المدارية الصحراوية الجافة مما يؤدي ذلك إلى تباين تأثير فعل عمليات التعرية والتجوية بأنواعها والذي بدوره يعمل على اختلاف مظاهر أشكال السطح بها وكذلك يؤثر على معالم أحواض الأودية من حيث مساحاتها ومراتبها وأبعادها وأعدادها مجاريها وشبكات تصريفها والذي سيتضح بعد ذلك.



شكل 9: معدلات التساقط المطري (ملم) خلال سنوات الرصد من 1980 - 2018 م بمحطة الدراسة.



شكل 10: معدل التساقط الشهري (ملم) في منطقة الدراسة.

المصدر للشكلين 9 و 10: وزارة الدفاع والطيران، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد و <https://en.tutiempo.net/climate/saudi-arabia.htm> البيانات المناخية لمحطة القصيم (بريدة).



شكل 11: تظهر بعض من مناطق الشعاب في صفراء الاسياح وتأثرها بأمطار 2023م الموافق 10-13/ 1444/6 هـ المصدر: الدراسة الميدانية باستخدام كاميرا الدرون الطائرة بمساعدة المصور الفوتوغرافي أ ناصر الفهيد.

3- الرياح

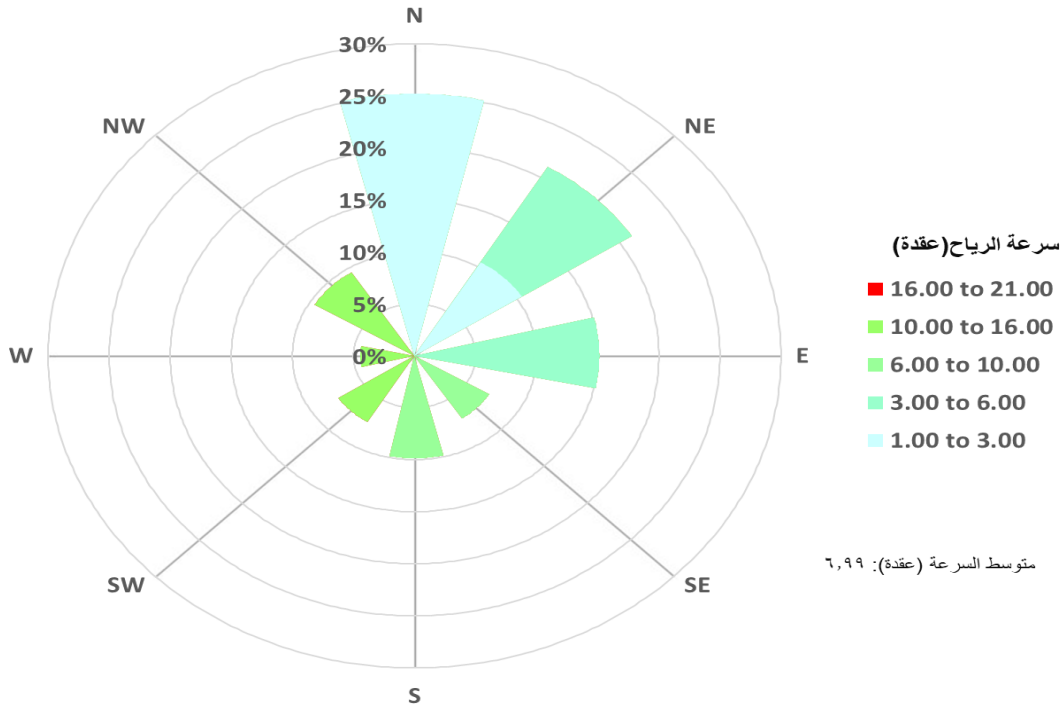
تعد الرياح من العناصر المناخية المؤثرة في مختلف نواحي الحياة حيث يتحرك الهواء نتيجة لتباين نطاقات الضغط الجوي وعندما يحدث التدفق الهوائي ينتج عنه سرعة وتدفق الرياح؛ وباستعراض سرعة الرياح في منطقة الدراسة تبين أنها تتراوح بين 4.9 عقدة / ساعة في شهري سبتمبر و أكتوبر ونحو 6.9 عقدة / ساعة في شهر إبريل؛ وقد تقاربت معدلات سرعة الرياح في قيمها إذ سجل فصل الربيع أعلى متوسط لمعدلاتها والذي وصل إلى 6.8 عقدة / ساعة بينما سجل فصل الخريف أدناها حيث قدرت بنحو 5.1 عقدة/ساعة الجدول (6) الشكل (12). وتسود الرياح الشمالية والشمالية الشرقية بالمنطقة بنسبة تصل إلى أكثر من 45% من نسبة هبوب الرياح والتي تراوحت سرعاتها بين 3-10 عقدة / ساعة، تليها الرياح الشرقية بنسبة 15% بينما توزعت باقي النسب على الجهات الأخرى حيث لا تشكل الرياح الشمالية الغربية القادمة من البحر المتوسط سوى تقريباً 10% والجنوبية الغربية القادمة من المحيط الهندي سوى تقريباً 7% والذي ينعكس بدوره على قلة الأمطار بالمنطقة نظراً لبعدها عن تأثير الأعاصير التي تجلبها تلك الرياح من المسطحات المائية القادمة منها. وعند الحديث عن الرياح ينبغي ألا نتجاهل تأثير المنطقة بالعواصف الترابية الرملية حيث ساهمت طبيعة المنطقة المحدودة الارتفاع والتي لا تزيد عن 174م فوق مستوى سطح الكويستا؛ إلى جانب وقوعها بين عروق من الرمال المكشوفة والتي تقل بها نسبة الغطاء النباتي في تعرضها لتأثير العواصف الرملية المصاحبة للرياح النشطة إمالهبوب رياح السموم الصيفية الحارة الجافة والقادمة من الجنوب والجنوب الشرقي والتي تتراوح سرعتها بين 6 - 10 عقدة / ساعة وتشكل تقريباً 13% من نسبة اتجاه هبوب الرياح أو لهبوب العواصف التي تحدث خلال الفترات الانتقالية بين الفصول (الربيع والخريف) وتحدث عادة قبيل العواصف الرعدية. (موسوعة المملكة العربية السعودية بمنطقة الجوف، 1428هـ، ص 33 - 40)

جدول 6: سرعة الرياح الشهرية في منطقة الدراسة خلال الفترة من 1980 - 2018 م

الخريف		الصيف			الربيع			الشتاء			الفصول	
نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليه	يونيو	مايو	إبريل	مارس	فبراير	ديسمبر	الأشهر	
5.5	4.9	4.9	5.3	5.8	6.2	6.8	6.9	6.7	6.1	5.3	5.1	سرعة الرياح (عقدة / ساعة)
5.1		5.8			6.8			5.5			المتوسط الفصلي	

المصدر: وزارة الدفاع والطيران، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد و
<https://en.tutiempo.net/climate/saudi-arabia.htm> البيانات المناخية لمحطة القصيم (بريدة)

تكرارات وفئات السرعة للرياح



شكل 12: النسبة المئوية لتكرارات هبوب اتجاهات الرياح وفئات سرعتها خلال الفترة من 1980 - 2018 م.

المصدر: وزارة الدفاع والطيران، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد والبيانات المناخية لمحطة القصيم
 (بريدة) <https://en.tutiempo.net/climate/saudi-arabia.htm>

4-الرطوبة

تعد الرطوبة النسبية عنصراً مناخياً فعالاً ومؤثراً في كثير من العمليات الطبيعية والحيوية، حيث ساهم خلو السماء من السحب وصفائها وطول ساعات الإشعاع الشمسي اليومي في انخفاض معدلات الرطوبة النسبية في معظم أيام السنة الجدول رقم (7)، إذ تصل متوسطاتها الشهرية بين 13.2 - 55.6 % مما أدى إلى زيادة فاعلية الإشعاع الشمسي المؤثر على المنطقة والذي بدوره ينعكس على ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف ومعظم شهور الخريف والربيع؛ حيث تظهر العلاقة عكسية بين الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة والتبخّر فكلما ارتفعت درجة الحرارة انخفضت الرطوبة النسبية والعكس صحيح والذي يؤثر بدوره خاصة مع قلة نسبة الغطاء النباتي على نسبة جفاف التربة والطبقات الصخرية المكشوفة من حيث تماسكها ومقامتها لعمليات التعرية والنحت سواء التعرية المائية أو الريحية.

الشهر الموسم الشهر	معدل التبخر الشهري (ملم / يوم)	الرطوبة العظمى (%)			الرطوبة الصغرى (%)			معدل الرطوبة (%)				
		الفصلي للمعدلات التبخر	الشهري	الفصلي	الشهري	الفصلي	الشهري	الفصلي	الشهري			
ديسمبر	الشتاء	6.4	6.3	72.4	32.8	74.5	35.4	51.3	54.1			
						77.2	36.2		55.6			
						65.4	26.9		44.1			
يناير	الشتاء	6.1	8.1	49.4	18.1	59.1	22.3	31.4	38.1			
						53.5	18.9		33.7			
						35.7	13.2		22.5			
فبراير	الشتاء	7.9	12.3	21.2	8.7	21.5	8.6	13.5	13.6			
						20.7	8.5		13.2			
						21.3	9.0		13.8			
مارس	الربيع	10.3	8.5	40.1	17.6	23.8	9.8	27.6	15.6			
						35.5	14.4		23.4			
						61.1	28.5		43.8			
إبريل	الربيع	11.4	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
مايو	الصيف	7.7	8.5	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
يونيو	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
يوليو	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
أغسطس	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
سبتمبر	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
أكتوبر	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
نوفمبر	الصيف	13.9	8.8	45.8	19.3	8.8	31.0	31.0	19.3			
										7.3	14.4	23.4
										6.9	28.5	43.8
المتوسط السنوي		8.8		45.8	19.3	31.0						

جدول 7: معدل الرطوبة والتبخر الشهري والفصلي في منطقة الدراسة خلال الفترة من 1980 - 2018 م.

المصدر: وزارة الدفاع والطيران، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد و

<https://en.tutiempo.net/climate/saudi-arabia.htm> للبيانات المناخية لمحطة القصيم (بريدة).

5- التبخر

التبخر هو العنصر الأكثر تعقيداً في الدورة الهيدرولوجية، ويقصد به: الكمية المائية التي انطلقت أو تبخرت من سطح الأرض ورجعت إلى الجو سواء أكان سطح الأرض عارياً أو تكسوه الغابات أو المسطحات المائية. ويعتبر التبخر من أهم العناصر التي تتميز بها المناطق الصحراوية الحارة الجافة وشبه الجافة والتي تؤثر في مظهرها الجيومورفولوجي والهيدرولوجي وذلك من خلال تأثيره على عمليات التجوية الكيميائية (نعمان شحادة، 1981) و (أشرف أبو الفتوح ومعوذ بدوي، 2019، ص 537) وتبين من دراسة معدل التبخر في منطقة الدراسة خلال شهور السنوات المقاسة جدول (7) أن معدلات التبخر في المنطقة تتراوح بين 6.1 (ملم/يوم) فييناير ونحو 13.9 (ملم / يوم) في أغسطس بمتوسط عام وصل لنحو 8.8 (ملم / يوم) ومن النظرة العامة لمعدلات التبخر في المنطقة نجد أنها ترتفع في فصل الصيف نتيجة لارتفاع درجة الحرارة والإشعاع الشمسي وقلة الغطاء النباتي وتقل في فصل الشتاء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة في ذلك الفصل. وعليه فإن زيادة معدلات التبخر في المنطقة تؤثر على كمية المياه التي قد تتكون في الأودية خلال مواسم الأمطار مما يقلل بذلك من القيمة الفعلية للأمطار ومن ثم يؤثر أيضاً في تزويد المياه الجوفية بالمخزون المائي بالمنطقة.

ثالثاً: خصائص الأحواض وشبكات التصريف:

يعد التحليل المورفومتري للأحواض المائية أحد الاتجاهات الحديثة لدراسة الخصائص النهرية، إذ تعتبر من المعايير الهامة للدلالة على القياسات والخصائص الهندسية لسطح الأرض والتي تساهم الأنهار ونظمها المختلفة في تشكيلها. ويمكن الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بالتكامل مع الطرق الإحصائية

لاستخلاص وتحليل المتغيرات المورفومترية وإيجاد العلاقات ما بينها وتحديد دلالاتها الهيدرولوجية والجيومورفولوجية و الجيولوجية والمناخية وذلك لفهم الخصائص التضاريسية بهدف تحقيق الإدارة والتخطيط لأحواض المائية حيث أظهرت هذه التقنيات قدرة عالية في التحليل المورفومتري (الحسبان وزريقات، 2015) و (حمدان وأبو عمرة، 2010). وتشمل الخصائص المورفومترية لأحواض شبكة التصريف ما يلي:

- الخصائص المساحية.
- الخصائص الشكلية.
- الخصائص التضاريسية.
- خصائص شبكة التصريف.

1- الخصائص المساحية Area Characteristics:

تعتبر دراسة الخصائص المساحية لأحواض منطقة الدراسة ذات أهمية بالغة من حيث علاقتها بتوضيح تطور اعداد وأطوال الشبكة المائية للأحواض وتأثير ذلك على حجم التصريف المائي إذ تمثل دور هام في تحديد مصادر وكميات التصريف داخل الأحواض، حيث يمكن اعتبارها من أكثر

العوامل تأثيراً في كميات التصريف (Strahler, 1958, pp. 279-300) ويمثل الجدول التالي رقم (8) والشكل

(13) أهم الخصائص المساحية لأحواض كويستا صفراء الأسياح:

جدول 8: الخصائص المساحية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

الرقم	اسم الحوض	مساحة الحوض (كم ²)	طول الحوض (كم)	عرض الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)	نسبة الطول إلى العرض
1	حوض بليعيم	115.30	11.2	15.2	71.30	0.74
2	حوض شعيب أبا الدود	122.60	11.4	16.1	54.00	0.71
3	حوض شعيب البرود	314.20	23.8	17.2	88.00	1.38
4	حوض شعيب السبيح	26.10	6.1	7.2	29.60	0.85
5	حوض شعيب العشرات	182.40	17.2	13.7	80.20	1.26
6	حوض شعيب العطشان	18.20	3.7	9.0	24.20	0.41
7	حوض شعيب الوديات	308.70	31.1	18.2	124.90	1.71
8	حوض شعيب أم حواش	28.30	8.9	6.1	25.00	1.46
9	حوض شعيب حنيظل	68.50	6.2	14.2	47.10	0.44
10	حوض شعيب ضيدة	134.80	13.5	16.5	55.00	0.82
11	حوض شعيب طوقان	63.30	12.1	8.4	48.00	1.44
	المتوسط	125.67	13.20	12.89	58.85	1.02
	الانحراف المعياري	100.26	7.78	4.17	29.11	
	معامل الاختلاف (%)	79.78	58.92	32.37	49.46	

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي 30 SRTM باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

من خلال الشكل والجدول السابقين يتضح ما يلي:

- تضم منطقة صفراء الاسياح 11 حوضاً تتباين في مساحتها وأبعادها تبعاً للتباين في الظروف الليثولوجية والبنوية والمناخية فضلاً عن عامل الزمن، حيث تبلغ مساحة هذه الاحواض الاجمالية نحو 1382.4 كم² بمتوسط عام 125.6 كم² وبانحراف معياري وصل إلى 100.26 كم² ومعامل اختلاف 79.78%.

- تختلف مساحة كل حوض من أحواض كويستا صفراء الأسياح عن الآخر والشكل السابق يظهرها في شكل فئات على النحو التالي:

- الفئة الأولى أقل من 28.2 كم²: وتشمل حوضي السيح والعطشان بنسبة بلغت 18.2% من إجمالي الأحواض المدروسة.
- الفئة الثانية من 28.3-68.5 كم²: وتمثلها أحواض شعبان كل من أم حواش وحنيزل وطوقان وتشكل ما نسبته 27.3%.

- الفئة الثالثة من 86.6-182.3 كم²: ويمثلها أحواض كل من شعيب بليغيم وأبا الدود وضيدق وتشكل ما نسبته 27.3% من مجموع أحواض المنطقة.

- الفئة الرابعة من 182.4 كم² وأكثر: ويشكلها أحواض شعيب البرود والعشرات والوديات وتشكل ما نسبته 27.3% من مجموع أحواض المنطقة.

- من خلال حساب مساحات أحواض كويستا صفراء الأسياح اتضح أن الأحواض التي تتميز بصغر مساحتها وتمثلها الفئتين الأولى والثانية تتركز بشكل واضح في جنوب شرق المنطقة ووسطها وتبدأ منابعها من بعض التلال التي تبرز في وسط ظهر الكويستا والتي ترتفع لمناسيب تتراوح بين 602-630 م لشعبي السيح وطوقان ونحو 630 - 645 م لشعبي العطشان وأم حواش.

- يرجع التباين في اختلاف المساحات الحوضية في منطقة الدراسة لانعكاس الظروف الطبيعية والتي من أهمها الجيولوجية والبنوية بالإضافة لطبيعة الظروف المناخية والتي تؤثر على تشكيل الأحواض فتظهرها بمظاهر مساحية مختلفة، حيث تزداد مساحتها بنشاط عمليات التعرية المائية على الصخور الضعيفة المقاومة المتأثرة بالصدوع والتي اتسمت بها أحواض شعيب الوديات والبرود والعشرات وضيدة وأبا الورود (الورود) فإزداد معها ما تستقبله من أمطار مما يزيد من إمكانية تعرضها للسيول الجارفة التي قد تساهم في حدوث عمليات نحت رأسي تراجع تدفع به خط تقسيم المياه في اتجاه المنابع.

أطوال الأحواض Basins Length:

تعتبر الأطوال الحوضية من العناصر المورفومترية المؤثرة التي لها ارتباطات متعددة مع الخصائص المورفومترية الأخرى فطول الحوض مهم في عملية الجريان السطحي لتأثيره في التحكم بمدة تفرغ الحوض لمياهه ولحمولته الرسوبية، ومن خلال قياس أطوال الأحواض في منطقة الدراسة الجدول السابق (8) والشكل (13ب) تبين أن هناك اختلافات كبيرة في أطوال أحواضها حيث شكل حوض شعيب الوديات أطولها بمعدل 31.1 كم يليه حوض شعيب البرود بنحو 23.8 كم، بينما سجل حوض شعيب العطشان أقل طول وصل إلى 3.7 كم يليه حوض شعيب السيح 6.1 كم، وقد ساهم في زيادة أطوال شعبي الوديات والبرود وجود العديد من الصدوع التي تقطع سطح أحواضها ولتتميز المنطقة أيضاً بوجود رواسب

من الحجر الجيري والحجر الرملي بنسب تزيد عن (80%) من نسبة العامود الجيولوجي للمنطقة مما قد يساهم في زيادة تعرية سطح ظهر الكويستا وتآكلها وتراجعها الخلفي.

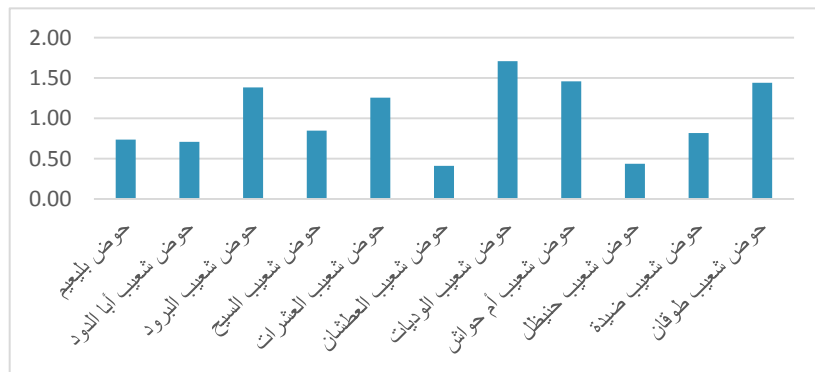
عرض الحوض Basins Width

يتأثر عرض الأحواض بما تتلقاه من تساقط للأمطار فكلما زاد العرض زادت كمية المياه الواصلة لها كما يؤثر ذلك على عملية كل من الجريان والتسرب والتبخير؛ ومن خلال قياس عرض الأحواض الجدول السابق (8) والشكل (13ج) وجد أنها تختلف من حوض لآخر باجمالي وصل إلى 141.8 كم بمتوسط عرض بلغ 12.8 كم، حيث سجل حوض شعيب الوديات المركز الأول بمعدل عرض 18.2 كم يليه حوض شعيب البرود بمقدار 17.2 كم، وظهرت العلاقة بين عرض الأحواض ومساحتها بعلاقة طردية مرتفعة بلغت 0.80 ويرجع لذلك لاتساع مساحتها وزيادة أطوال مجاريها والذي أثر على زيادة عرضها.

نسبة الطول إلى العرض Length / Width Ratio

والتي قيست من خلال المعادلة التالية:

طول الحوض (كم) / عرض الحوض (كم) (إدريس الودعاني، 2014، ص 35) و (محمد صبري محسوب، 2001، ص 206) حيث يدل ارتفاع قيمها إلى اقترابها إلى الشكل المستطيل أكثر منه للاستدارة؛ وبناء على ذلك سجلت أحواض شعيب الوديات وأم حواش وطوقان والبرود أعلى معدلاتها التي تراوحت بين 1.71 و 1.38 شكل (14) مما قد يشير لقربها من الاستطالة بينما سجلت الأحواض الأخرى معدلات أقل من ذلك، وتمثل هذه النسبة من أبسط المعاملات المورفومترية الخاصة بقياس مدى استطالة أحواض التصريف، ويرجع ذلك لتأثرها بالظروف الجيولوجية والبنوية التي تتمثل في أنظمة الفواصل والصدوع خاصة في حوضي الوديات والبرود بالإضافة لتعرج محيطاتها مما أثر في اتجاه وأطوال مجاريها المائية.



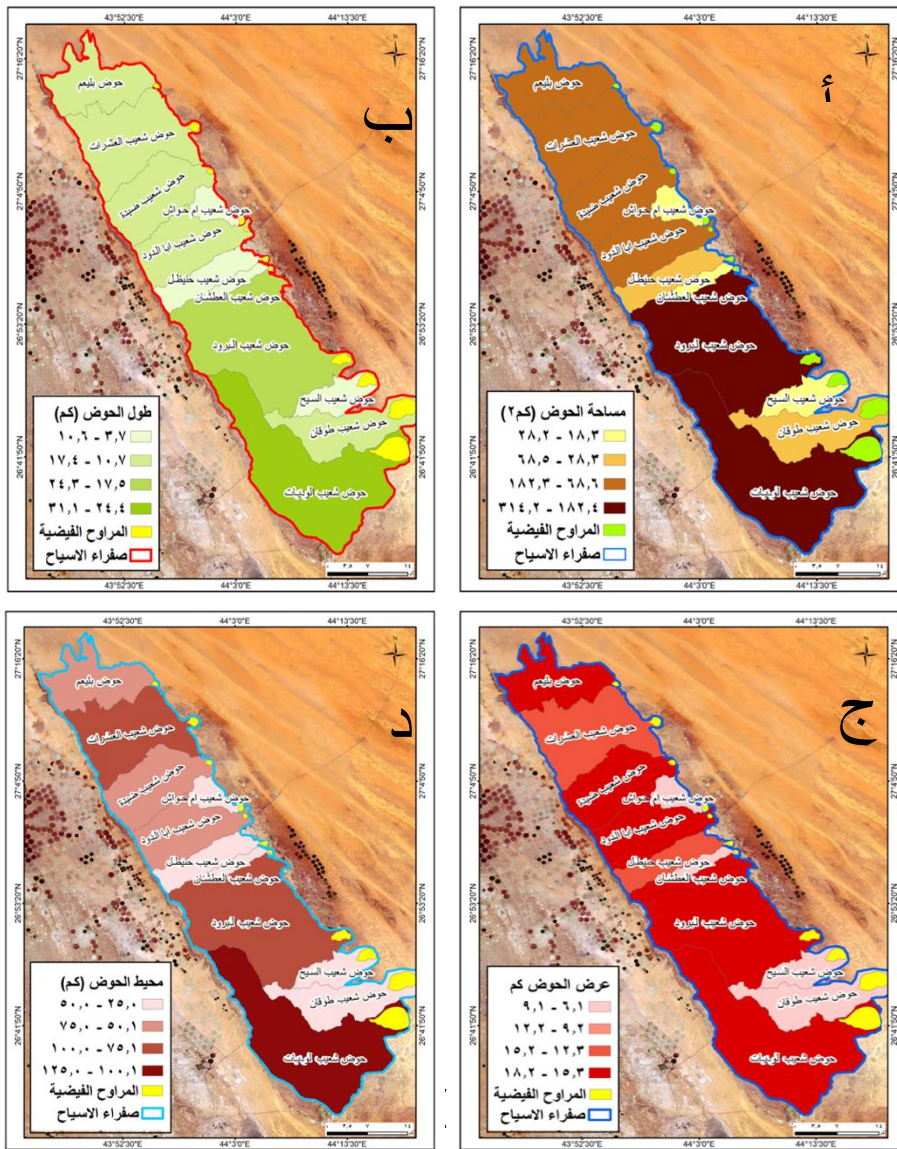
شكل 14: نسبة أطوال المجاري إلى عرضها في أحواض منطقة الدراسة

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

محيط الحوض

يقصد بمحيط الحوض طول خط تقسيم المياه بين حوض التصريف وما يجاوره من أحواض أخرى. (مجدي تراب، 1991) ويساعد هذا المعامل في توضيح مدى انتشار الحوض واتساعه فكلما ازداد طول المحيط انعكس ذلك على زيادة سعة الحوض وانتشاره وأدى ذلك لازدياد تطوره الجيومورفولوجي (عبير القرشي، 2011، ص 80)، ومن خلال

دراسة محيطات أحواض منطقة الدراسة جدول (8) والشكل (13د) تبين ان هناك تباين في قيمها المحيطة، حيث سجل حوض شعيب الوديات قيمة محيطة بلغت 124.9 كم يليه حوض شعيب البرود بمحيط بلغ 88 كم ويمثل ذلك انعكاسا لاتساع مساحاتها الحوضية وتسجيلها كأكثر الأحواض طولاً وعرضاً في أبعادها، بينما الأحواض التي سجلت أقل معدلات في مساحة وأبعاد أحواضها فبطبيعة الحال سيأثر ذلك على محيطاتها الحوضية والتي تتمثل بحوض شعيب العطشان بمحيط بلغ 24.2 كم يليه حوض شعيب ام حواش بمحيط بلغ 25 كم. وقد المتوسط العام لمحيطات أحواض ظهر الكويستا 58.85 كم وانحراف معياري بلغ 29.11 كم ومعامل اختلاف بلغ 49.46%. وقد اتضحت العلاقة بين محيط الأحواض ومساحاتها وأطوالها بشكل بارز حيث وصلت إلى 0.93 و 0.94، بينما ظهرت بعلاقة فوق المتوسط مع عرضه والتي سجلت نحو 0.79؛ وضعيفة جداً مع الشكل ومعدلات الانحدار بحيث لا تزيد عن 0.29، ويرجع التباين في تلك العلاقات بين القوية والضعيفة لانعكاس طبيعة جيولوجية وبنوية تلك الأحواض والظروف المناخية القديمة والحديثة التي أثرت على اختلاف المساحة الحوضية والأبعاد الشكلية في كل منها.



المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي 30 SRTM باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

2- الخصائص الشكلية:

تعتبر الخصائص الشكلية من الدراسات المورفومترية التي لها أهمية كبيرة في الجانب التطبيقي ويرجع ذلك لدلالاتها الهيدرولوجية في فهم الصرف السطحي للأحواض وتحديد أشكالها ومعرفة كمية المحتوى المائي لمجاريها وقياس معدلات النحت الناتجة منه والتي بدورها تؤثر على مساحاتها الحوضية ويوضحها الجدول التالي رقم (9) والشكل (14).

جدول 9: الخصائص الشكلية بأحواض كويستا صفراء الأسياح.

الرقم	اسم الحوض	معدل الاستطالة	معدل الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج
1	حوض بليعيم	0.1	0.1	0.3	1.9
2	حوض شعيب أبا الدود	0.2	0.5	0.3	1.5
3	حوض شعيب البرود	0.7	0.5	0.6	1.4
4	حوض شعيب السيج	0.1	0.4	0.2	1.6
5	حوض شعيب العشرات	0.5	0.4	0.7	1.6
6	حوض شعيب العطشان	0.1	0.4	0.4	1.7
7	حوض شعيب الوديات	0.4	0.4	0.3	1.6
8	حوض شعيب أم حواش	0.2	0.4	0.1	1.5
9	حوض شعيب حنيظل	0.2	0.2	0.8	2.1
10	حوض شعيب ضيدة	0.2	0.5	0.4	1.5
11	حوض شعيب طوقان	0.7	0.5	0.1	1.4
	المتوسط	0.30	0.38	0.38	1.62
	الانحراف المعياري	0.22	0.12	0.22	0.20
	معامل الاختلاف (%)	72.48	31.66	57.08	12.21

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي 30 SRTM باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

معدل الاستطالة $Elongation\ ratio$

يشير هذا المفهوم إلى مدى امتداد مساحة الحوض بشكل مستطيل أو قربه من الاستطالة وذلك من خلال قياس طول قطردائرة بنفس مساحة الحوض إلى نسبة أقصى طول له؛ وكلما اقتربت هذه النسبة من الواحد الصحيح دل ذلك على أن الحوض قريب من الشكل الدائري وكلما اقترب من الصفر يشير ذلك إلى الاستطالة (Morisawa m.e.1985.p.589). ومن خلال تطبيق معدل الاستطالة على أحواض منطقة الدراسة الجدول رقم (9) والشكل (14 أ) تبين ان أغلب الأحواض سجلت معدلات تراوحت بين 0.1 و 0.5 وعليه فإنها تميل إلى الاستطالة باستثناء حوضي شعيب البرود وطوقان اللذان سجلا أعلا قيم وصلت إلى 0.7 والذي يبدو أنهما أقرب إلى الشكل الشبه دائري في جزء من أحواضها. وعموما فإن الأحواض تظهر امتداداً طويلاً تقريباً من الغرب - الشرق والذي يؤدي بدوره إلى اختراقها لتكوينات صخرية مختلفة وغير متجانسة وبالإضافة لتأثرها بعمليات التصدع والطي في أجزاء منها؛ مما يساهم في زيادة الجريان السطحي للمياه ومن ثم يساعد ذلك على زيادة الفرصة لتغذية الخزان السطحي والجوفي لا سيما مع وجود رواسب فيضية وحصوية ورملية تسمح بالنفاذية وإن كان لطول المسافة دور في زيادة فرص التبخر والتسرب وزيادة زمن التركيز وزمن التباطؤ أثناء الجريان السطحي.

معدل الاستدارة Circularity ratio

ويشير معدل الاستدارة إلي اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري ويتم حساب معدل الاستدارة من خلال المعادلة التالية:

$$\text{معدل الاستدارة} = \text{مساحة الحوض كم}^2 / \text{مساحة دائرة لها نفس محيط الحوض كم}^2$$

(Miller,1953,p.30) وذكر ميلتون بأن الاستدارة تمثل المقياس الذي يمكن من خلالها يتم معرفة مدى تماثل شكل الحوض مع الشكل الدائري ((Milton,1958,p.446).

وكلما اقتربت القيم من الواحد الصحيح فان الحوض يقترب من الشكل الدائري بينما القيم المنخفضة تدل على عدم انتظام شكل الحوض (عبد الحميد احمد كليو، 1988، ص62) وبعد تطبيق معادلة الاستدارة على الاحواض في منطقة الدراسة الجدول السابق رقم (9) والشكل (14 ب) تبين ان معدلاتها تتراوح بين 0.1 و 0.5 حيث سجلت أحواض أبا الورود والبرود وضيعة وطوقان أعلى القيم لمعدل الاستدارة والبالغة 0.5 بينما قلت عن ذلك في الأحواض الأخرى، وجمالاً تعتبر تلك القيم قليلة وتعكس الشكل الطولي لتلك الأحواض حيث سجلت زمن تركيز¹ لا يزيد عن 19 ساعة وزمن تباطؤ لا يزيد عن 0.37 دقيقة وإن قل عن ذلك كثيراً في معظم أحواض الأودية لصغر حجم مساحتها كشعب أحواض العطشان والسيح وأم حواش التي بلغ تركيزها أقل من ساعتين وتباطؤها 0.20 دقيقة ويعود ذلك إلى أن خط تقسيم المياه لبعض تلك الأحواض لا يسير بشكل منتظم بل يمر بتعرجات ملحوظة تؤثر بدورها على طول المجاري المائية ذات الرتب الأولى والثانية التي تقع بالقرب من محيطاتها ويتضح ذلك في أحواض أبا الورود والبرود وطوقان.

معامل الشكل Shape Factor

وهو معامل يشير إلي مدى تناسق شكل الحوض من عدم تناسقه مع بقية العناصر الأخرى: أي أنه يصف مدى انتظام عرض الحوض المائي على طول امتداده من منابعه إلى منطقة مصبه إذ يمثل النسبة بين عرض الحوض وطوله؛ حيث اذا اقترب الناتج من 1 صحيح فالحوض أقرب إلى الشكل المنتاسق وإذا انخفض إلى الصفر فهو أقرب إلى عدم التناسق (عبد الحميد احمد كليو، 1988، ص 62). ويتم حساب معامل الشكل من خلال المعادلة التالية:

معامل الشكل = مساحة الحوض كم² / (طول الحوض كم) (Horton.1932, p.353) و (Gregory and Walling.1976.p.51) ومن خلال تطبيق المعادلة السابقة على أحواض منطقة الدراسة الجدول السابق (9) والشكل (14 ج) تبين أن أعلى قيمة للمعامل بلغت 0.8 في حوض شعيب حنيظل وأقلها في حوض شعيب طوقان وشعيب أم حواش بقيمة بلغت 0.1 إما عن المتوسط فبلغ 0.38 بانحراف معياري وصل إلى 0.22 وبمعامل اختلاف بلغ 57.08%. وتشير تلك القيم إلى عدم التناسق وميلها إلى الاستطالة في أغلب أحواض التصريف (وهذا ما بينته نتائج معاملي الاستطالة والاستدارة) حيث يظهر بعضها بمصببات أعرض من منابعها كما هو الحال في حوض شعيب البرود بينما بعضها يتخذ الشكل الأقرب للمثلث الذي تتجه رؤوسه نحو منابعه مما يشير إلى احتمالية خطورة جريانها السيلي وتكون الفيضانات (أحمد أبو رية، 2014م، ص 264) مثل شعيب طوقان والوديات.

معامل الاندماج Compactness Factor :

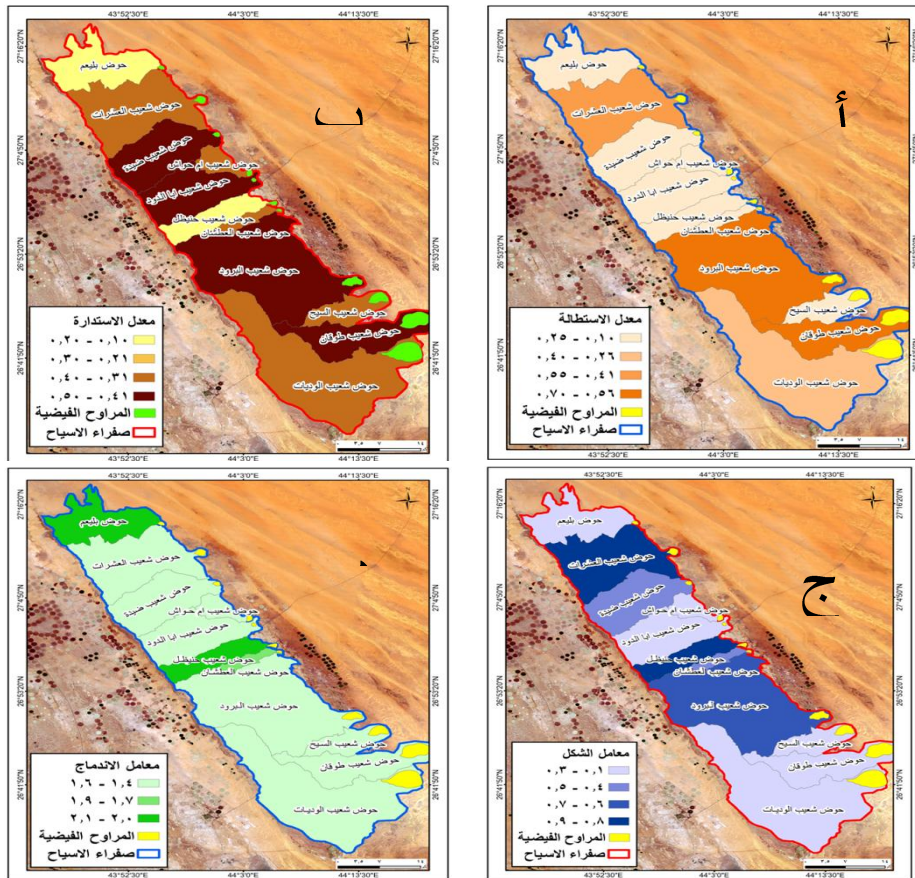
يعبر معامل الاندماج عن العلاقة النسبية بين محيط الحوض المائي (كم) ومحيط دائرة لها مساحة تساوي مساحة التصريف لنفس الحوض؛ وتحسب قيمة معامل الاندماج بواسطة المعادلة التالية:

$$\text{معامل الاندماج} = \text{مساحة التصريف (كم}^2\text{)} / \text{محيط الحوض (كم}^2\text{)}$$

(فتحي عبدالعزيز ابوراضي، 2004)

ويوضح هذا المعامل المراحل الجيومورفولوجية التي تقطعها الأحواض حيث تشير القيم المرتفعة إلى تعرج وقلة تناسق وانتظام شكل الأحواض، بينما تشير القيم الأقل على أن الأحواض قطعت شوطاً كبيراً في دورتها الجيومورفولوجية (يحي أبو حصيرة، 2013م).

- ومن خلال بيانات الجدول السابق (9) والشكل (14 د) تبين أن أعلى قيم كانت لحوض شعيب حنيظل بمعامل بلغ 2.1 يليه حوض شعيب بليعيم بمعامل وصل إلى 1.9 ويوضح ذلك أن تلك الأحواض أقل تناسقاً ولم تقطع شوطاً طويلاً في دورتها التحتائية، بينما سجلت الأحواض الأخرى قيم أقل؛ واتضح ذلك في حوض شعيب البرود بقيمة بلغت 1.4 وحوض شعيب طوقان أيضاً بنفس القيمة والذي يشير إلى أن تلك الأحواض قد قطعت شوطاً كبيراً في دورتها التحتائية، أما عن المتوسط فبلغ 1.62 والانحراف المعياري يساوي 0.20 وكانت قيمة معامل الاختلاف تساوي 12.21%، بينما ارتبط معامل الاستطالة ومعاملات كل من الاستدارة والشكل بعلاقات ارتباط موجبة ضعيفة وصلت إلى 0.43 و0.25 على الترتيب، في حين ظهرت العلاقة عكسية ضعيفة لا تزيد 0.38 مع معامل الاندماج، يتضح من ذلك أن أحواض كويستا صفراء الأسياح أقل تناسقاً وتميل إلى الاستطالة حيث لم تكمل دورتها التحتائية ولم تقطع شوطاً طويلاً خلالها مما يشير إلى احتمالية تعرضها لخطورة الفيضان.



شكل 14: الخصائص الشكلية بأحواض كويستا صفراء الأسياح.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

3- الخصائص التضاريسية: Topographic Characteristics

تمثل دراسة الخصائص التضاريسية أهمية كبيرة عند تناول الخصائص المورفومترية للأحواض المائية نظر الأهميتها في إلقاء الضوء على تضرس المنطقة وعلاقتها بتطور الأحواض وعوامل التعرية والخصائص المساحية، كما تساهم في فهم المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها الأحواض المائية وكذلك في معرفة القدرات الحثية لها وتطور شبكات الهيدرولوجية، وسيتم تناول الخصائص التضاريسية من حيث ما يلي جدول (10) الشكل (16):

جدول 10: بعض الخصائص التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة.

الرقم	اسم الحوض	نسبة التضرس (م/كم)	درجة الوعورة	معدل الانحدار (درجة)
1	حوض بليعيم	0.9	0.19	5.8
2	حوض شعيب أبا الدود	3.0	0.13	5.1
3	حوض شعيب البرود	2.1	0.14	4.8
4	حوض شعيب السيح	4.1	0.09	4.7
5	حوض شعيب العشرات	2.4	0.13	6.9
6	حوض شعيب العطشان	4.6	0.11	4.8
7	حوض شعيب الوديات	1.4	0.12	4.7
8	حوض شعيب أم حواش	3.9	0.08	4.7
9	حوض شعيب حنيظل	3.5	0.13	5.1
10	حوض شعيب ضيدة	2.7	0.13	5.8
11	حوض شعيب طوقان	2.7	0.10	4.4
	المتوسط	2.84	0.123	5.16
	الانحراف المعياري	1.08	0.027	0.71
	معامل الاختلاف (%)	38.14	22.181	13.74

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

نسبة التضرس Relief Ratio

تعد نسبة التضرس من المقاييس الجيومورفومترية الهامة التي تعطي فكرة جيدة عن تضرس الحوض ومدى ارتفاعه أو انخفاضه كما تدل على العلاقة المتبادلة بين تضرس الحوض وطوله وهو يؤثر بدرجة واضحة على الانحدار العام للحوض (حسن ابوالعينين،، 1990، ص 81) ولايجاد قيمة هذه النسبة يتم تطبيق المعادلة التالية:

نسبة التضرس = فرق الارتفاع بين أقصى وأدنى منسوبين بالحوض المائي (متر) / طول المجرى المائي (كم)
(schum,1956,pp.597-646)

ومن خلال الجدول السابق رقم (10) والشكل (16) تبين أن نسب التضرس تختلف من حوض إلى آخر حيث تتراوح بين 0.9 - 4.6 م / كم؛ إذ سجل حوض شعيب العطشان أعلى نسبة وصلت إلى 4.6 م/كم يليه حوض شعيب السيح بنسبة وصلت إلى 4.1 م/كم ويرجع ذلك لصغر مساحة أحواضها، بينما سجل حوض شعيب بليعيم نسبة 0.9 م/كم والوديات 1.4 م/كم أقل النسب ويبرر ذلك لزيادة مساحاتها الحوضية مما يدل على زيادة نشاط عمليات النحت والتراجع لروافدها نحو منابعها العليا.

درجة الوعورة Ruggedness Value:

يعبر هذا المقياس عن مدى تقطع الحوض بالمجاري المائية ومدى انحداره بالاعتماد على كثافة الصرف للحوض؛ وارتفاع هذه القيم يشير لشدة التضرس بفعل التعرية المائية ونقل الرواسب من منابعها العليا لمنحدراتها السفلى (تراب،، 1997، ص 212 - 213) ويتم استخراجها بالمعادلة التالية:

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

ويقصد بالتضاريس الحوضية هي: الفارق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض م

بينما يقصد بالكثافة التصريفية هي: إجمالي أطوال المجاري كم / مساحة الحوض كم²

ومن خلال تطبيق المعادلة كما في الجدول السابق (10) والشكل (16 ب) تبين أن درجات الوعورة تختلف من حوض إلى آخر فكانت أعلاها في حوض بليعيم وتساوي 0.19 أما أقلها فكانت في حوض شعيب أم حواش؛ وتمثل تلك القيم إجمالاً قيم منخفضة جداً مما يشير إلى قلة تضرس أجزاء واسعة من أحواض منطقة الدراسة والتي انعكست على قلة درجة وعورتها ويرجع ذلك لزيادة أطوالها بالنسبة لعرضها وقلة انحدارها النسبي بحيث لا تزيد عن 10 درجات؛ وهو ما أثر بدوره على نتائج تلك المتغيرات، ويستدل من ذلك إلى أن الأحواض المدروس لم تصل بعد في دورتها التحاتية إلى مرحلة الشيخوخة وذلك لقلّة قيم معامل الوعورة بها والذي يمكن إثباته من خلال استخراج المعامل الهيسومتري لاحقاً.

- معدل الانحدار

يدل معدل الانحدار على مدى تضرس الحوض ويقاس هذا المعامل العلاقة بين المسافة الأفقية، وبين المسافة الرأسية (الفرق بين أدنى وأعلى نقطة في الحوض)، ويُعبر عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{المسافة الأفقية}}{\text{المسافة الرأسية}} = 1$$

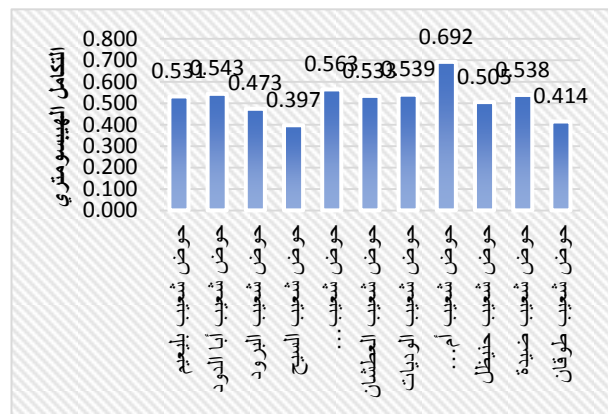
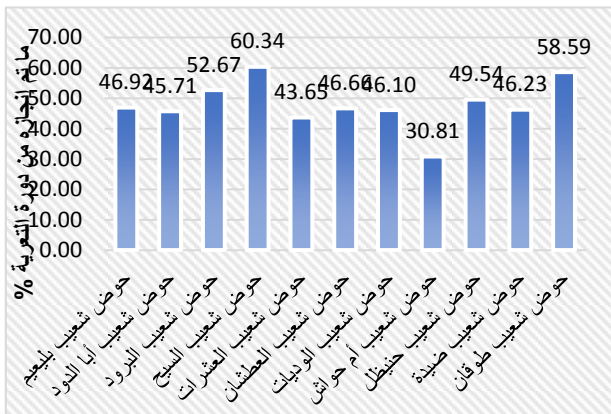
م وكلما كان الناتج مرتفعاً دل ذلك على بطء الانحدار نظراً لزيادة طول الحوض والعكس صحيح (محمود خضر، 1997، ص 246)

ومن خلال دراسة معطيات الجدول السابق (10) والشكل (16 ج) تبين أن معدلات الانحدار في أحواض منطقة الدراسة تتراوح بين 4.4 و 6.9 درجة بمتوسط عام بلغ 5.16 درجة ومعامل انحراف بلغ 0.71 درجة ومعامل اختلاف 13.74 %، ويشكل حوض شعيب العشرات أعلى معدلاتها بينما يمثل حوض شعيب طوقان أقلها، ومن خلال حساب علاقات الارتباط بين درجة الانحدار ودرجة الوعورة ونسبة التضرس ظهرت العلاقة عكسية إذ بلغت -0.34 و -0.71 ويعكس هذا التفاوت بين معدلات الانحدار في أحواض منطقة الدراسة اختلاف كل من الظروف البنيوية والتكوينية الصخرية وخصائصها الطبيعية والتي أثرت جميعها في اختلاف انحدارات أسطحها.

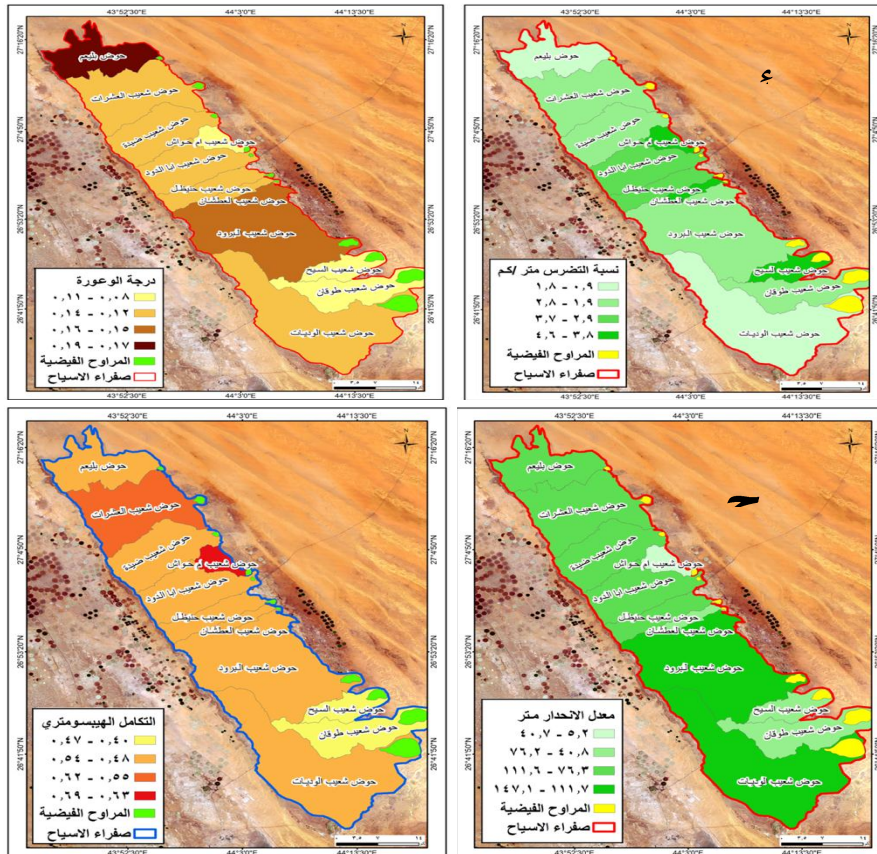
التكامل الهيسومتري Hypsometric Integral

يمكن باستخدام التكامل الهيسومتري تحديد المدة الزمنية التي قطعها الأحواض خلال دورتها التحاتية، وتعتمد هذه الطريقة على العلاقة بين متغيرين هما: المساحة الحوضية والتضاريس الحوضية؛ أي مقارنة تكميلية بين حجم التضاريس الحالية وحجم التضاريس القديمة للحوض الواحد، وتدل النتائج المنخفضة لقيم التكامل الهيسومتري في الأحواض على حداثة عمرها من جهة وصغر مساحة أحواضها من جهة أخرى وأنها لا زالت في بداية مراحل دورتها التحاتية وبالتالي زيادت خطورة الجريان المائي بها والعكس في القيم المرتفعة. ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية.

التكامل الهيسومتري = المساحة الحوضية (كم²) / التضاريس الحوضية (م) (احمد مصطفى، 1982، ص 210) من خلال الجدول السابق رقم (10) والشكلين (15 و16) تبين أن التكامل الهيسومتري في أحواض منطقة الدراسة يتراوح بين 0.397 كم²/م سجله حوض شعيب السيج و0.692 كم²/م سجله حوض شعيب أم حواش. وبالنظر إلى ما تم إنجازه لكل حوض في دورته الجيومورفولوجية نجد أن جميع الأحواض تمر بمرحلة الشباب (النضج) حيث تباينت بين 43.65% و 58.59% باستثناء حوضي شعيب السيج الذي يمر بمرحلة الشيخوخة وحوض شعيب أم حواش الذي يمر بمرحلة التوازن، وأظهرت تقييم التكامل الهيسومتري مع نسب التضرس ومعدل الانحدار علاقة ارتباط موجبة ضعيفة جداً قدرت بـ 0.02 و 0.26 على التوالي بينما تميزت العلاقة بدرجة الوعورة بعلاقة عكسية ضعيفة جداً قدرت بـ 0.08، وعلى العموم فإن نسب معظم القيم تمثل نسب منخفضة مما يشير إلى أن بعض أحواض منطقة الدراسة تتميز بكثافة تصريفات في كثافتها وانخفاض في نسب تضرسها والذي قد يؤدي إلى حدوث الفيضانات في حال تعرضت للسيول القوية مما يعمل على غرق كثير من المنشآت العمرانية والزراعية في مناطقها.



شكل 15: قيم معدل التكامل الهيسومتري وما تم إنجازه من دورة لكل حوض في منطقة الدراسة المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8



شكل 16: الخصائص التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

4- خصائص شبكة التصريف:

أن تطور شبكة التصريف المائي في أي منطقة هو انعكاس للعوامل التضاريسية والمناخية والجيولوجية، وتعتمد قياسات خصائص شبكة التصريف بالدرجة الأولى على أطوال الأودية واعدادها ومراتبها، ويعتبر هورتن Horton وتبعه سترييلر Strahler وشم من أوائل من قام باستخدام العلاقات والطرق الرياضية في تحليل خصائص تلك الشبكة حيث قاموا بترتيب شبكات التصريف بالاعتماد على التدرج الرقمي في شكل تتابع هندسي منتظم في توزيع الروافد داخل حوض التصريف بهدف كشف العلاقات التي تحكم تلك الشبكة المائية وتوزيعها والتعرف على خصائصها المورفومترية والجيومورفولوجية وذلك للوقوف على مدى تطورها وتميزها من جهة ومدى حجم العلاقة بين عناصرها المختلفة من جهة أخرى (Horton, 1945, pp. 265-280) و (Shumm, 1956, pp. 597-646) وسنتناول الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف من خلال مجموعة من المعاملات الرياضية بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الذي استخدم في استخراج ورسم شبكات التصريف شكل (17أ):

- تحليل الرتب وأعداد المجاري:

ويقصد بها التدرج الرقمي لجميع روافد الحوض المائي، والتي تتباين من حوض لآخر تبعاً لحجم الحوض ومساحته واتساعه ومدى تأثير ظروفه الطبيعية في زيادة وانتشار الشبكة المائية حيث أن تنوع الصخور واختلاف استجابتها وقابليتها لعوامل التعرية المختلفة فضلاً عن عامل التساقط دور فعال وأساس في تطور المراتب النهرية والذي يبرز بشكل كبير في المراتب الدنيا التي تقع في مناطق المنحدرات الشديدة أكثر منها في المراتب العليا (حسن أبو العينين، 1990، صص 81-84) وقد ذكر كل من بودن وواليس أن عملية ترتيب المجاري النهرية تمثل حجر الأساس التي يمكن عن طريقها ربط الخصائص المختلفة لأحواض التصريف بالعمليات الهيدرولوجية والحتية (Bowden and Wallis, 1964, pp. 767-774، وفي الدراسة الحالية اتبعت طريقة سترييلر⁽²⁾ (Strahler, 1968, p. 900). وعلى الرغم من النقد الموجه إلى هذه الطريقة إلا أنها تعتبر أكثر بساطة وسهولة من حيث إمكانية تطبيقها وأيضاً من جانب معالجتها بالوسائل الرياضية، بالإضافة إلى شموليتها ومرونتها في ربط قوانين التصريف والمقارنة بين نتائجها (محمد دياب، 1989م، ص 104). وتمثل هذه الطريقة تعديلاً بسيطاً لطريقة هورتن (Horton 1945, pp. 265-280)؛ ويوضحها الجدول التالي رقم (11) والشكل (17ب).

جدول 11: أعداد المجاري المائية لأحواض منطقة الدراسة

الرقم	اسم الحوض	أعداد المجاري في كل رتبة					
		1	2	3	4	5	6
1	حوض بليعيم	126	20	4	1	1	1
2	حوض شعيب أبا الدود	36	6	2	1	0	0
3	حوض شعيب البرود	69	15	5	2	1	0
4	حوض شعيب السيج	8	2	1	0	0	0
5	حوض شعيب العشرات	42	10	3	1	0	0
6	حوض شعيب العطشان	5	2	1	0	0	0
7	حوض شعيب الوديات	68	15	3	1	0	0
8	حوض شعيب أم حواش	6	2	1	0	0	0
9	حوض شعيب حنيظل	17	2	1	0	0	0

10	حوض شعيب ضيدة	31	6	2	1	0	0	40
11	حوض شعيب طوقان	17	4	1	0	0	0	22

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

من خلال الجدول والشكل السابقين تبين:

- وصل مجموع مجاري الأودية بأحواض صفراء الاسياح إلى 543 مجرى، حيث يختلف كل حوض عن الآخر في قيمة الرتبة النهائية التي تتجمع بها روافده لتصل لواديه الرئيس؛ وذكر جريجوري ووالنج "أنا لو ثبتنا كل العوامل المؤثرة في حوض التصريف فإن رتب المجاري في الحوض يجب أن تتناسب مع حجم شبكة التصريف، وأي زيادة في رتب مجاري الشبكة سوف يصاحبها المزيد من التصريف والجريان" (Gregory and Walling, 1973, p. 456).

- تباينت الأحواض في الرتب الدنيا التي وصلت لها؛ حيث تراوحت بين الرتبة الثالثة والسادسة، إذ شكلت الأحواض التي وصلت للرتبة الثالثة 45.45% من نسبة أحواض المنطقة وتمثلها خمسة أحواض شعيب السيج والعطشان وأم حواش وحنيزل وطوقان، بينما تمثل الأحواض التي وصلت للرتبة الرابعة كل من أحواض شعيب أبا الورود والعشرات والوديات وضيدة وشكلت ما نسبته 36.36% من نسب أحواض المنطقة، في حين وصل للرتبة الخامسة شعيب البرود وشكل 9.09% وأيضا وصل حوض شعيب بليعيم للرتبة السادسة ومثل 9.09% من مجموع أحواض منطقة الدراسة.

- شكلت أعداد مجاري الرتبة الأولى في أحواض منطقة الدراسة 425 مجرى بنسبة 78.27% من مجاري الأحواض، والرتبة الثانية 84 مجرى بنسبة 15.47%، والرتبة الثالثة 24 مجرى بنسبة 4.42%، والرتبة الرابعة 7 مجرى بنسبة 1.29%، والرتبة الخامسة مجريين بنسبة 0.37%، بينما شكلت الرتبة السادسة مجرى واحد فقط بنسبة 0.18%، ومما سبق يتضح أن أعداد المجاري تتناقص مع تزايد عدد الرتبة؛ وهذا يتفق مع ما ذكره قانون هورتن لأعداد المجاري الذي نص على أن التناقص في أعداد المجاري يسير وفق متوالية هندسية ويزداد تبعاً لنسبة تشعب ثابتة (Horton 1945, 291).

- يتضح من الجدول السابق أن معظم مجاري شبكة التصريف في الأحواض اجمالاً تقع في الرتبتين الأولى والثانية والتي تمثل ما نسبته تقريباً 93.74% من مجموع أعداد المجاري بالأحواض، وتلك الأحواض تتفق مع غيرها من أحواض الأودية في المناطق الجافة والتي منها على سبيل المثال لا الحصر: أحواض وديانأم رحل حيث بلغ مجموع الرتبتين فيه 94.74% من مجموع أعداد مجاريه البالغة 6890 مجرى (باسم الجحامي، 2020، ص 105-107). وحوض وادي أم أرطي التي وصلت فيه تلك الرتبتين نحو 94.6% مجرى من مجموع أعداد مجاريه المقدره بحوالي 8022 مجرى (هيا العقيل، 2016، ص 68-67)، ويرجع ذلك إلى ندرة الغطاء النباتي في المناطق الجافة وانكشاف أراضي مناطقها للنحت بفعل السيول الفجائية الشديدة الجريان أثناء حدوث العواصف المطيرة.

- يعود التفاوت في رتب الأحواض وأعداد روافد كل رتبة إلى اختلاف مساحة الاحواض التي تراوحت بين 314.2 - 18.2 كم²، حيث شغلت الأحواض التي وصلت للرتبة الثالثة مساحات محدودة في أحواضها لا تزيد عن 68.5 كم²

وانعكس ذلك على انخفاض أبعادها (الطول والعرض والمحيط)، بينما سجلا حوضي الرتبة الخامسة والسادسة (البرودوبليعيم) أكثر الأحواض مساحة وأبعاداً والذي أثر بدوره على كمية التصريف المائي وعلى قدرة الروافد في النحت والتراجع الخلفي لمنابعها.

- أظهرت الأحواض تباين واضح في أعداد المجاري في الرتب المختلفة والذي يرجع إلى سرعة تطور مجاري الرتب الأولى (الأولى والثانية) وذلك لاختلاف مساحة الأحواض وانحداراتها وللاختلافات الليثولوجية والبنوية للصخر إلى جانب قلة الغطاء النباتي؛ مما يقلل من فواقد الأمطار وزيادة فاعليتها من ناحية وزيادة تركيز تفكك مواد السطح وتشكل المجاري من ناحية أخرى.

أطوال المجاري المائية:

من خلال دراسة أطوال المجاري المائية في منطقة الدراسة الجدول (12) والشكل (17 ج) تبين ما يلي:

- بلغ مجموع أطوال المجاري في شبكات تصريف أحواض صفراء الأسياح 1130.9 كم، منها 517.6 كم بنسبة 45.77% لروافد الرتبة الأولى ونحو 333.5 كم بنسبة 29.49% لروافد الرتبة الثانية بينما وصلت إلى 181.9 كم بنسبة 16.08% لروافد الرتبة الثالثة وسجلت الرتبة الرابعة ما مقداره 91.3 كم بنسبة 8.07% والرتبة الخامسة بلغت 5.5 كم بنسبة 0.49% في حين مثل طول مجرى وادي بليعيم الذي سجل الرتبة السادسة 0.09% من نسبة أطوال مجاري أحواض المنطقة.

- تبين من الجدول رقم (11) أن أطوال المجاري المائية في الأحواض المدروسة تتراوح بين 17.7 كم و 266.9 كم حيث سجل حوض شعيب الودياني المركز الأول بإجمالي أطوال 266.9 كم يليه حوض شعيب البرود بإجمالي أطوال 230.5 كم، بينما سُجلت الأطوال الأقل في حوض شعيب العطشان بإجمالي أطوال 17.7 كم يليه حوض شعيب السيح بإجمالي أطوال 19.8 كم ويوضح الشكل (21 ج) التفاوت الكبير بين كل حوض وآخر والذي قد يعود إلى اختلاف مساحة أحواضها وما يترتب على ذلك من اختلاف في أعداد مجاريها وأطوال وعرض أحواضها.

- يلاحظ أن مجموع أطوال المجاري يتركز في الرتب الأولى والثانية حيث بلغ تقريبا 75. % من مجموع الأطوال؛ ويرجع ذلك إلى زيادة أعداد المجاري في تلك الرتب في جميع الأحواض، في حين تمثل باقي الرتب ما نسبته 25% تقريبا من مجموع أطوال الرتب؛ ويبرر ذلك إلى تعرج مجاري الرتب العليا نوعاً ما ولشدة الانحدار خاصة في منابعا العليا بالإضافة إلى تأثير الظروف البنيوية والخصائص الطبيعية للصخر مما أدى إلى تزايد أطوالها.

- تبين من معدلات مجموع أطوال المجاري أنها تتناقص بشكل مطرد مع تزايد الرتبة إذ أن أطوال الرتبة العليا في أغلب المجاري لا تتجاوز 4 كم فمثلا شعيب بليعيم طول الرتبة السادسة سجل كيلومتر واحد فقط بينما سجلت الرتبة الأولى 33 كم في نفس الحوض؛ وأيضا قدرت الرتبة الخامسة في شعيب البرود 3.5 كم في الوقت الذي بلغت فيه الرتبة الأولى 101.9 كم؛ وكذلك وصلت الرتبة الرابعة في شعيب العشرات وضيده 12.2 و 10.5 كم والرتب الأولى 62.3 و 54.1 كم على الترتيب؛ ويشير ذلك إلى اختلاف مراحل التطور لشبكات المجاري بين الرتب الدنيا والعليا وكذلك لاتخاذ الأحواض تقريبا الأشكال الطولية والمثلثية الغير منتظمة الشكل والذي أثر بطبيعة الحال على أطوال مجاريها.

- بحساب معدل بقاء المجرى³ المنطقة جدول (13) تبين ارتفاع معدلات بقاء المجرى في الأحواض المدروسة باستثناء حوض بليعيم إذ بلغ معدله 0.77 وربما يرجع ذلك لارتفاع انحدار المجرى الذي وصل معدل انحداره إلى 5.8 درجة؛ بينما تراوحت في بقية الأحواض بين 1.03 كما في حوض شعيب العطشان ونحو 1.47 في حوض شعيب العشرات وقد يدل ذلك إلى انخفاض عمليات النحت المائي وانخفاض معدل الجريان في تلك الأحواض وابتعاد مجاريها عن بعضها البعض.

جدول 12: أطوال المجاري المائية في كل رتبة

الرقم	اسم الحوض	أطوال المجاري المائية في كل رتبة (كم)						
		المجموع	1	2	3	4	5	6
1	حوض بليعيم	33.0	51.0	21.5	42.0	2.0	1.0	150.5
2	حوض شعيب أبا الدود	42.7	28.7	16.5	4.5	0.0	0.0	92.4
3	حوض شعيب البرود	101.9	70.1	36.3	18.6	3.5	0.0	230.5
4	حوض شعيب السيح	9.5	3.2	7.2	0.0	0.0	0.0	19.8
5	حوض شعيب العشرات	62.3	37.9	12.1	12.2	0.0	0.0	124.5
6	حوض شعيب العطشان	7.8	7.2	2.7	0.0	0.0	0.0	17.7
7	حوض شعيب الوديات	141.2	74.8	47.5	3.5	0.0	0.0	266.9
8	حوض شعيب أم حواش	8.7	5.7	6.0	0.0	0.0	0.0	20.4
9	حوض شعيب حنيظل	29.8	21.0	1.9	0.0	0.0	0.0	52.8
10	حوض شعيب ضيدة	54.1	18.0	22.5	10.5	0.0	0.0	105.2
11	حوض شعيب طوقان	26.6	15.9	7.7	0.0	0.0	0.0	50.2

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

النسيج الطبوغرافي⁽⁴⁾ Texture topography :

يوضح هذا المعدل مدى شدة تقطع سطح الأحواض بالمجاري المائية، حيث يعتبر من المقاييس الهامة لقياس المسافات التي تفصل بين المجاري المائية ودرجة اقترابها أو ابتعادها (Leopold and Miller, 1964, p 143) وتشير نسبة التقطع إلى التغيرات التضاريسية للمنطقة التي تساعد في التعرف على نوعية الطبوغرافيا ودرجة التطور التحتاني للأحواض المائية، كما تشير التغيرات التي تعمل على انحناءات خطوط الكنتور عادة إلى وجود مجاري مائية صغيرة جداً يتعذر التعبير عنها برموز المجاري المائية بوضوح (Strahler, 1957, p 468). وقد أشار جونسون إلى أن النسيج الطبوغرافي ما هو إلا متوسط حجم الوحدات التي تتركب منها الظواهر الطبوغرافية (Johnson, 1932, p.41). ويتأثر النسيج الطبوغرافي بعدة عوامل منها المناخ ونوع الصخر والغطاء النباتي وغيرها من العوامل ويتم حسابه بالمعادلة التالية:

نسبة النسيج الطبوغرافي = عدد المجاري المائية / طول محيط الحوض (كم) (Horton, 1945, p.293)

ومن خلال تطبيق المعادلة السابقة جدول (13) والشكل (17) على أحواض منطقة الدراسة تبين:

أن معدل النسيج الطبوغرافي يختلف من حوض لآخر حيث يتراوح بين 0.3 و 1 مجرى / كم؛ إذ سجل حوض شعيب البرود أعلى قيمة بلغت 1 مجرى / كم أما أقل قيمة كانت في حوض شعيب العطشان والتي بلغت 0.3 بينما المتوسط

العام بلغ 0.58 والانحراف المعياري وصل 0.22 وكانت قيمة معامل الاختلاف بلغت 38.52%؛ ومن خلال تلك القيم يتضح أن أحواض المنطقة اجمالاً تدخل ضمن فئة القوام المتوسط الخشن⁽⁵⁾ إذ سجلت علاقات الارتباط بين النسيج الطبوغرافي وأعداد وأطوال المجاري علاقة موجبة قوية بلغت 0.93 و 0.83 على الترتيب؛ ويعود ذلك تبعاً لاختلاف طبيعة الصخور بالمنطقة ودرجة مقاومتها لعمليات التعرية المائية ونفاذية تكويناتها الصخرية وكذلك تبعاً لاختلاف مساحاتها الحوضية وأعداد مجاريها ومراحل تطورها وطبيعة الغطاء النباتي (صلاح الدين بحيري، 1979م، ص 122).

جدول 13: يبين بعض معاملات خصائص شبكة التصريف في أحواض منطقة الدراسة.

الرقم	اسم الحوض	كثافة التصريف الطولية	كثافة التصريف العددية	معدل النسيج الطبوغرافي (مجرى/كم)	معدل بقاء المجرى
1	حوض بليعيم	0.76	1.33	0.53	0.77
2	حوض شعيب أبا الدود	0.73	0.37	0.78	1.33
3	حوض شعيب البرود	0.77	0.29	1.04	1.36
4	حوض شعيب السيج	0.81	0.42	0.39	1.32
5	حوض شعيب العشرات	0.73	0.31	0.77	1.47
6	حوض شعيب العطشان	0.94	0.44	0.31	1.03
7	حوض شعيب الوديات	0.75	0.28	0.79	1.16
8	حوض شعيب أم حواش	0.74	0.32	0.32	1.39
9	حوض شعيب حنيظل	0.78	0.29	0.4	1.3
10	حوض شعيب ضيدة	0.74	0.3	0.6	1.28
11	حوض شعيب طوقان	0.79	0.35	0.5	1.26
	المتوسط	0.78	0.43	0.58	1.24
	الانحراف المعياري			0.22	
	معامل الاختلاف (%)			38.52	

المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

الكثافة التصريفية Drainage Density

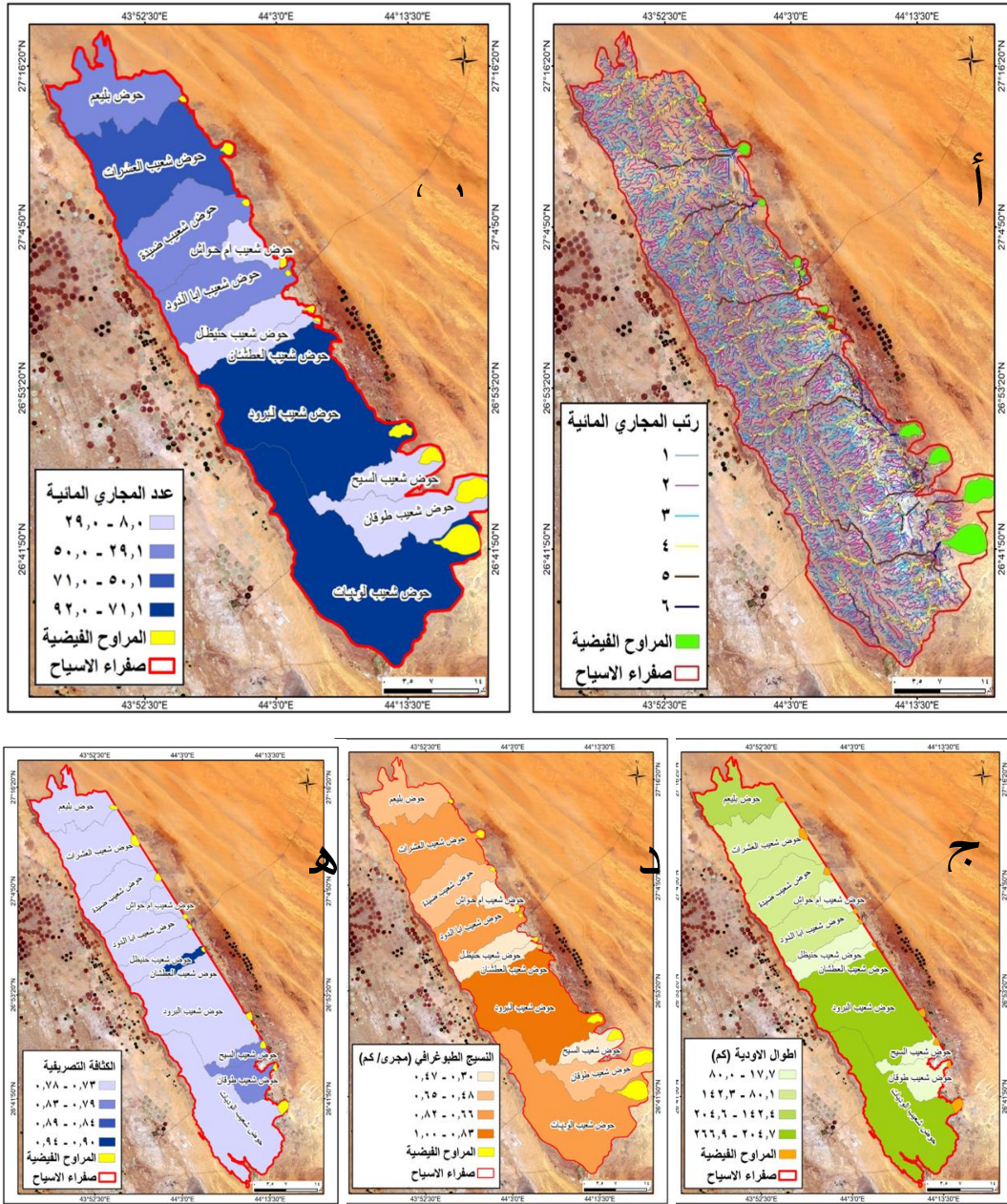
تعد كثافة التصريف مقياساً أساسياً للخصائص المورفومترية لأحواض التصريف وللتحليل الهيدرولوجي فهي تأتي في مقدمة المقاييس التي تصف النظام المورفومتري والنظام المورفولوجي وتعكس طبيعة العلاقة بين المتغيرات المختلفة التي ساهمت بتأثيراتها المتعددة في رسم ملامح هذين النظاميين: كعلاقة الظروف المناخية وبصفة خاصة الأمطار وفصليتها بالخصائص الجيومترية لسطح الأرض في حوض التصريف والتي تتوقف عليها نشاط شبكة التصريف وتتمثل في التكوينات الصخرية وطبيعتها البنيوية ونوع التربة والغطاء النباتي والدورات التحاتية التي تمر بها، حيث تعتبر جميعها من أهم المتغيرات التي تؤثر في كثافة التصريف وتعكس مدى كفاءته وتعبّر أيضاً عن العلاقة بين أطوال المجاري ومساحة أحواضها، حيث للتباين المساحي تأثير واضح في اختلاف لكثافة التصريفية (معوض بدوي، 2021، ص 328) بالإضافة إلى أنها أحياناً تُظهر تأثير الانسان في شبكة التصريف بالأحواض، وتتوقف قيمة الكثافة التصريفية دون شك على كمية الأمطار الساقطة على إقليم الأحواض ومعدلات التبخر والتسرب والنفاذية وتزداد كفاءة شبكة نقل المياه مع ارتفاع قيم كثافة التصريف (Melton, 1957, p446) وسيتم تناول كثافة التصريف من حيث:

- كثافة التصريفية الطولية: Drainage Density: Linear والتي ترتبط بشكل مباشر بالمناخ السائد وعلى وجه الخصوص بالتساقط طردياً وبدرجة الحرارة عكسياً (وذلك من خلال المعادلة التالية:
الكثافة التصريفية الطولية = مجموع اطوال المجاري المائية (كم) / المساحة الحوضية (كم²)
(Horten, 1932,p.130)

- كثافة التصريفية العددية: ويقصد بها معدل تكرار المجاري النهرية بجميع رتبها على مساحة الحوض لكل كم² دون الاخذ في الاعتبار للأطوال؛ ولهذه الكثافة أهمية في معرفة الخصائص الهيدرولوجية ودورها في معرفة تقطيع الحوض في كل كم² من الحوض وتحسب كالتالي:
كثافة التصريفية العددية = مجموع عدد المجاري المائية في الحوض لكل (كم) / المساحة الحوضية (كم²) (Horten, 1932, p.130)

ومن خلال تطبيق المعادلتين على أحواض منطقة الدراسة الجدول (13) والشكل (17 هـ) كانت النتائج كالتالي:
تتراوح كثافة التصريف الطولية في منطقة الدراسة بين 0.73 و 0.94 كم / كم² وكذلك الكثافة العددية والتي تراوحت بين 0.28 و 1.33 كم / كم واستناداً لما ذكره ستريلر⁽⁶⁾ واتفق معه Gregoryand (Walling,1973,p269) و (Howard ,1967, pp.2246-2259). بينما ذكرت (Morisawa, 1985,p. 140) أن الأحواض تكون خشنة إذا انخفضت كثافة تصريفها عن 8 كم / كم؛ وفي الحالتين فإن أحواض كويستا صفراء الأسياح تصنف ضمن الكثافة الخشنة ذات النسيج الطبوغرافي الخشن والتي تقل معدلات كثافتها عن 5 كم / كم (Strahler,1957, p.913-920). إذ يلاحظ انخفاض القيم اجمالاً في كل الأحواض والذي يعكس الفاقد المائي الكبير بفعل البحر والتسرب إضافة إلى وقوعها في منطقة مناخية حارة ذات أمطار فصلية قليلة الكمية ونادرة ومتذبذبة من سنة لأخرى، بالإضافة إلى اختراق تلك الأحواض لمناطق شبه سهلية مستوية وقليلة الانحدار تغطيها رواسب بلايستوسينية مفككة من الرمل والحصى والحصاء والرواسب الغرينية والتي تزيد نسبة مساحتها عن (19%) من جملة مساحة المنطقة.

ومما يلاحظ أن كثافة التصريف تكون منخفضة في بدايات مجاريها والتي تمثل بداية دورتها التحاتية ثم بعد ذلك ترتفع في منتصفها ثم تعاود الانخفاض في نهاية الدورة، وعليه فانخفاض معدلات كثافة التصريف سواء الكثافة العددية أو الطولية يوضح أنها تمثل مرحلة بداية دخولها لمنتصف دورتها التحاتية وهذا ما اظهرته المتغيرات المساحية ومعامل الشكل ونسبة التضرس والتكامل الهبوسومتري للأحواض المائية، ومعنى ذلك أن أحواض الأودية في منطقة الدراسة لم تكتمل دوراتها التحاتية وتوقفت نمو شبكة تصريفها وتطورها مع تغير الظروف المناخية المطيرة التي شهدتها شبه الجزيرة العربية خلال عصر البلايوسنوسين، حيث أن الأمطار الحالية قد تقف عاجزة أمام تطور شبكتها وحتى إزالة ما بها من مواد صخرية تكونت بفعل عوامل التجوية والتعرية والتي علقت في مجاري تلك الأودية وبالطبع يعود ذلك لندرة الأمطار وتدني قيمتها الفعلية وضعف جريانها.



المصدر: من اعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي 30 SRTM باستخدام برنامج ArcGIS 10.8

رابعاً: مصفوفة العلاقات الإحصائية بين متغيرات خصائص أحواض التصريف وشبكات تصريف الأحواض:

تمت دراسة العلاقة الإحصائية بين 16 خاصية من خصائص أحواض وشبكات التصريف لكويستا صفراء الأسياح

والتي تضمنها الجدول التالي (14)، ونتج منها 136 علاقة ارتباطية يمكن تصنيفها كالتالي:

أ- العلاقات الارتباطية القوية (الموجبة والعكسية) والتي تزيد عن 0.7 كالتالي:

- ظهرت العلاقة طردية قوية بين أبعاد الأحواض كعلاقة المساحة بالطول والعرض والمحيط وكذلك علاقتها بأعداد المجاري وأطوالها وأبعادها المساحية والتي أثرت على نسيج طبوغرافية تلك الأحواض فكلما زادت رتب وأعداد المجاري ومساحتها زاد بذلك معدل تقطع السطح وخشونته.

- ظهرت علاقه عكسية قوية بين نسب التضرس مع كل من أبعاد الأحواض المساحية وأطوالها، وكذلك بين الاستدارة ومعامل الشكل وهو أمر طبيعي فكلما صغرت المساحة الحوضية زادت معها تضرس أسطح أحواضها وتقارب

روافدها وقلة انتظام أشكال محيطاتها؛ نتيجة لاختلاف طبيعة الانحدار ونوع الصخر في كل منها وأيضاً لحدثة دورتها الجيومورفولوجية.

ب- العلاقات الارتباطية (الموجبة والعكسية) المتوسطة والتي تقل عن 0.7 - 0.3 كالاتي:

- برزت تلك العلاقات المتوسطة بين بعض خصائص أبعاد الأحواض المساحية والشكلية والتضاريسية كعلاقة الطول بالعرض وعلاقة المساحة بالاستطالة ومعامل الشكل ودرجة الوعورة ومعامل الإندماج والنسيج الطبوغرافي، ويتضح من ذلك بأن كلما زادت المساحات والأطوال والمحيطات ترتب على ذلك إزدياد في استطالة تلك الأحواض وقلة انحدارها النسبي وعدم انتظام شكلها وقلة اندماجها وبعدها عن الاستدارة ومن ثم شدة وعورتها.
- تميزت علاقة أبعاد الأحواض المساحية وأعداد مجاريها وأطوالها مع كثافة التصريف بعلاقة عكسية متوسطة؛ كما مثلت تلك العلاقة أيضاً بين بعض الأبعاد الشكلية والتضاريسية في الأحواض، مما يشير ذلك إلى الأحواض الكبيرة الابعاد تتميز بكثافة تصريف منخفضة ويرجع ذلك إلى وقوع تلك الأحواض ضمن مناطق صحراوية حارة متذبذبة في التساقط إضافة إلى ما تتعرض له مياهها للفق بفعال البخر والتسرب بالإضافة لجريان بعض مجاريها فوق مناطق شبه سهلية مستوية قليلة الانحدار تغطيها رواسب بلايستوسينية مفككة.

ج- العلاقات الارتباطية (الموجبة والعكسية) الضعيفة والتي تقل عن 0.3 كالاتي:

- ظهرت تلك العلاقات الموجبة الضعيفة بين أطوال المجاري ومعاملات الاستدارة والشكل والوعورة والانحدار والتكامل الهبسومتري كما تظهر في علاقة معدل الانحدار مع عدد المجاري وأطوالها ونسيجها الطبوغرافي وكذلك تظهر في عدد من العلاقات الشكلية والتضاريسية وجميعها تعكس التباين في الظروف الطبيعية والليثولوجية للتكوينات السطحية والتي بدورها أثرت على تشكيل الأحواض حيث يزداد نشاط عمليات التعرية المائية على الصخور الضعيفة المقاومة المتأثرة بالصدوع والتي اتسمت بها بعض الأحواض كشعيب الوديات والبرود والعشرات وغيرها.
- وجدت العلاقات العكسية الضعيفة بين المعاملات الشكلية للأحواض كعلاقة الاستدارة والاستطالة بأطوال وأعداد المجاري ومعدلات انحدارها والتكامل الهبسومتري وارتباط بعض المعاملات السابقة بكثافة التصريف والنسيج الطبوغرافي وعلاقة معامل الاندماج بنسبة التضرس وغيرها من العلاقات العكسية الضعيفة.
- مما سبق يتضح أن أحواض منطقة الدراسة تمثل موروثلفترة مناخية سابقة حدثت خلال عصر البلايوسينين تميزت بغزارة مطرية ساهمت في بناء شبكة تصريف مجاري أحواض كويستا صفراء الأسياح وقد مارست نشاطها خلال تلك الفترة بالنحت والتعميق، غير أن هذا النشاط لم يكن موحداً في كل أنحاء منطقة الكويستا بل اختلف أثره من حوض لآخر نتيجة لاختلاف التكوينات الصخرية والظروف البنيوية ودرجة انحدار السطح فانعكس ذلك على اختلاف الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية والمورفومترية لأحواض التصريف وعلى طبيعة العلاقات فيما بينها.

الخصائص	الم ساحة	الط ول	الع رض	الم حيط	الاستطالة	الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج	نسبة التضرس	درجة الوعورة	معدل الانحدار	التكامل الهيسومتري	عدد المجاري	اطوال المجاري	الكثافة التصريفية	النسيج الطبوغرافي
المساحة	1.00															
الطول	0.95	1.00														
العرض	0.80	0.66	1.00													
المحيط	0.93	0.94	0.79	1.00												
الاستطالة	0.54	0.57	0.16	0.47	1.00											
الاستدارة	0.16	0.23	0.11	0.06	0.43	1.00										
معامل الشكل	0.33	0.13	0.44	0.29	0.05	0.15	1.00									
معامل الاندماج	0.22	0.30	0.08	0.03	0.88	0.36	1.00									
نسبة التضرس	0.71	0.71	0.00	0.83	0.35	0.10	0.05	1.00								
درجة الوعورة	0.39	0.20	0.68	0.45	0.04	0.35	0.41	0.71	1.00							
معدل الانحدار	0.16	0.07	0.35	0.24	0.02	0.62	0.10	0.34	0.47	1.00						
التكامل الهيسومتري	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.04	-0.02	0.02	-0.08	0.26	1.00					
عدد المجاري	0.99	0.92	0.83	0.93	0.09	0.31	-0.20	0.77	0.48	0.21	-0.03	1.00				
اطوال المجاري	0.97	0.93	0.82	0.96	0.04	0.23	-0.09	0.82	0.52	0.16	0.98	1.00				
الكثافة التصريفية	0.43	0.47	0.44	0.46	0.09	0.09	0.20	0.57	0.18	0.38	0.45	-0.41	1.00			
النسيج الطبوغرافي	0.91	0.81	0.77	0.79	0.08	0.35	-0.40	0.63	0.39	0.24	0.93	0.83	-0.49	1.00		

جدول 14: يوضح العلاقات الإحصائية بين متغيرات خصائص أحواض التصريف وشبكات تصريف الأحواض

المصدر: (Rodgers, and Nicewande, 1988).

الاستنتاجات:

- تضم منطقة الدراسة 11 حوضاً رئيسياً تجري فوق هضبة مستطيلة الشكل تمثل ظهر كويستا تمتد من الشمال الغربي - الجنوب الشرقي تعرف بصفراء الأسيح؛ وتتباين تلك الأحواض في مساحاتها وأبعادها الطولية والعرضية ومحيطاتها الحوضية؛ حيث سجلت مساحة اجمالية تقدر بنحو 1382.4 كم²، ويرجع ذلك للتباين في الظروف الليثولوجية والبنوية والمناخية فضلا عن عامل الزمن.

- تتميز منطقة الدراسة بظروف جيولوجية متنوعة حيث يتكون العمود الجيولوجي من صخور رسوبية تعود في أعمارها لعصر البلايوسين التابع للزمن الثالث والرابع وحتى العصر الترياسي الأوسط والتي تتركز على تكوينات الزمن الأول المتنوعة في خصائصها الليثولوجية وقد ترسبت جميعها في بيئات بحرية.
- تأثرت التكوينات الجيولوجية بالمنطقة بحركات التصدع، التي قد تكاد تنتشر بصخور متكون الجله وتختفي في المتكونات الأخرى حيث سجلت أطوال قدرت بنحو 302.55 كم بأعداد بلغت حوالي 90 صدعاً. وقد اتخذت اتجاهات مختلفة إذبرز تركزها في الاتجاه الشرقي والجنوب الشرقي نسبة قد تزيد عن 70% من جملة أعداد الصدوع بالمنطقة والذي يتوافق مع انحدار ظهر الكويستا والأودية المنحدره عليها.
- يتضح من دراسة البنية أن هناك علاقة ارتباط طردية بين المجاري المائية واتجاهات الصدوع أي كلما زادت كثافة المجاري المائية زادت كثافة الصدوع خاصة في المجاري المائية الثانوية والصغيرة، بينما تظهر العلاقة عكسية بين المجاري المائية الرئيسة والصدوع حيث تقل الصدوع في المجاري المائية الرئيسية.
- تتفاوت الخصائص التضاريسية بمنطقة الدراسة؛ حيث تنحصر ارتفاعاتها بين خطي كنتور 500-750 م وتدرج من الغرب والشمال الغربي نحو الشرق والجنوب الشرقي، بينما تسود الانحدارات الخفيفة والمتوسطة التي تقل عن 10 درجات لتشكل نحو 91% من مساحة المنطقة ويظهر تأثير ذلك على نمط التصريف المائي لمعظم مجاري الأودية التي تتبع في اتجاهاتها انحدار ميل الطبقات لظهر كويستا صفراء الأسياح.
- من خلال دراسة الظروف المناخية لأحواض منطقة صفراء كويستا الأسياح تبين أن المناخ السائد في المنطقة يتصف بالجفاف والذي يمثل المناخ الصحراوي؛ فالظروف المناخية الحالية ليست العامل الأساس الذي نتجت عنه تكون الأحواض بشبكاتها الحالية وإنما تمثل أحواض موروثه من ظروف مناخية سابقة تختلف عما هو عليه الآن؛ بالإضافة إلى دور التركيب الصخري وتتابعه الطباق واختلاف درجة صلابته في تشكيل تلك الأحواض.
- تبين من خلال دراسة الأمطار بمحطة بريدة أن متوسطاتها تذبذب من عام إلى آخر بحيث تراوحت بين 7.9-80 ملم؛ وتزيد في بعض السنوات إلى 104 ملم خاصة خلال الفترة بين 1980 و 1985؛ ويعود ذلك إلى محدودية تأثير المنطقة بمنخفضات أعاصير البحر المتوسط وبالرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة.
- تشير الخصائص المورفومترية سواء المساحية والشكلية والتضاريسية والتصريفية انعكاساً للخصائص الجيولوجية والبنوية والمناخية بالإضافة للغطاء النباتي.
- من خلال دراسة الخصائص الشكلية لأحواض منطقة الدراسة تبين أن أغلب أحواض المنطقة سجلت معدلات استتالة واستدارة تقل عن 0.5 فتبتعد بذلك عن الاستداره وعدم التناسق في أشكالها وتظهر أغلبها امتداداً طولياً تقريباً من الغرب - الشرق والذي يؤدي بدوره إلى اختراقها لتكوينات صخرية متباينة بالإضافة لتأثرها بعمليات التصدع والطي في أجزاء أخرى منها والذي قد يساعد طول جريانها السطحي في زيادة الخزان الجوفي.
- أظهرت دراسة الخصائص التضاريسية بالمنطقة قيماً منخفضة تشير إلى قلة تضرس ووعورة أجزاء واسعة من أحواضها ويرجع ذلك لقلّة معدلات انحدارها النسبي الذي لا يزيد عن 6.9 درجة كما أن معدلات ما أنجزته الأحواض

- في دورتها التحتية لا يزيد عن 58.59% وهي معدلات منخفضة نسبياً مما يعني أن تلك الأحواض لم تقطع شوطاً طويلاً في دورتها التحتية الذي ربما يشير إلى حدوث فيضانات في حال تعرضت المنطقة لأمطار فجائية غزيرة.
- تبين من دراسة خصائص شبكة التصريف بأحواض صفراء الأسياح إلى وصول مجموع مجاري أوديتها إلى 543 مجرى بأطوال بلغت نحو 1130.9 كم؛ وتباينت تلك الأحواض في رتبها الدنيا حيث تراوحت بين الرتبة الثالثة إلى السادسة؛ ويرجع ذلك إلى اختلاف مساحتها الحوضية التي تراوحت بين 18.2 - 314.2 كم² والذي انعكس على اختلاف أبعادها (الطول والعرض والمحيط) فأثر بدوره على كمية التصريف المائي وعلى قدرة الروافد في النحت والتراجع الخلفي لمنابعها.
- سجلت معدلات النسيج الطبوغرافي وكثافة التصريف اختلاف في قيمها من حوض لآخر، إذ يلاحظ انخفاض القيم إجمالاً في الأحواض والذي يرجع لوقوع المنطقة ضمن عروض حارة جافة تقل بها الأمطار وترتفع معدلات البخر والتسرب حيث تغطي تلك الأحواض برواسب من الرمل والحصى والحصباء والرواسب الغريانية بنسبة تصل إلى (19%) من جملة مساحة المنطقة.
- اتضح من خلال اجراء العلاقات الإحصائية بين متغيرات خصائص الأحواض وشبكات تصريفها إلى أن هناك علاقات ارتباط واضحة وقوية بين الأبعاد المساحية وأعداد المجاري وأطوالها والنسيج الطبوغرافي تقابلها علاقات عكسية قوية بمعامل الشكل ونسبة التضرس ومتوسطة كثافة التصريف بينما تتفاوت العلاقات بين معظم الخصائص الأخرى بعلاقات متوسطة وضعيفة ويرجع لاختلاف تأثير التركيب الصخري وتتابعه الليثولوجي ودرجة مقاومته لعوامل التعرية المائية بالإضافة لاختلاف تأثير المنطقة بعمليات التصدع والطي في أجزاء منها وتأثير الظروف المناخية سواء القديمة أو الحالية عليها؛ مما يساهم في اختلاف أبعادها وأعداد أطوال مجاريها.

التوصيات:

خرجت الدراسة بعدد من التوصيات تتمثل في:

- ضرورة التعاون مع محافظة الأسياح من حيث اجراء دراسات مستفيضة عن الأحواض بالمنطقة توظف خلالها تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لما توفره من جهد ووقت وذلك بهدف تسهيل استثمار وتنمية موارد المنطقة الطبيعية بشكل يخدم الهجر والقرى المنتشرة بها.
- اجراء داسات بيئية وهيدرولوجية تفصيلية مستقبلية لأحواض كويستا صفراء الأسياح وذلك بالاعتماد على قاعدة البيانات ذات المتغيرات الجيوهيدرولوجية التي توصلت لها هذه الدراسة.
- انشاء محطات لقياس التصريف على مجارى الأودية خاصة الكبيرة المساحة فضلاً عن إقامة محطات مناخية خاصة مطرية نظراً لأهميتها من الناحية الهيدرولوجية التطبيقية.

Abstract**morphometric characteristics of Cuesta Safra Al-Asiyah basins in Al-Qassim region, Saudi Arabia****By Haya Mohammed Saleh Al-Aqeel**

The morphometric studies of the Drainage basins in the dry and desert regions are among the studies that received clear attention from geomorphologists, as they are considered as a unique area unit, according to which indicators and numerical characteristics that are important in analysis, classification and comparison are determined when investing and developing their regions.

The basins of Cuesta Safra Asiah are considered as one of the important dry valleys in the eastern Qassim region. In view of its importance in terms of the possibility of rehabilitating its environmental development, therefore, this study will address its morphometric characteristics by reviewing its natural, climatic and morphometric characteristics. In order to achieve this, the quantitative analytical method was used through the use of remote sensing techniques and geographic information systems (GIS) in the various stages of research and examination of satellite visuals and the 30m Resolution digital elevation model (DEM). In addition to geological and topographical maps and matching them with the field study, these characteristics can be relied upon in establishing a morphometric database for the studied basins to draw a water drainage network for each basin separately as a natural morphometric phenomenon that differs from other basins. According to the reflection of the structural and climatic characteristics of each of them.

Keywords: Al-Asiyah, Cuesta, morphometric, Safra, satellite visuals.

الهوامش

- ¹ سيتم تناول زمن التركيز والتباطؤ ضمن بحث آخر بإذن الله مستقبلاً
- (¹) تتمثل في إعطاء المجاري الأولية الرتبة النهريّة الأولى وعند اتحاد مجريين من الأولى تعطي الرتبة النهريّة الثانية والتي تتحد بدورها لتشكل الرتبة النهريّة الثالثة، وهكذا حتى نحصل على أعلى الرتب النهريّة التي تمثل المجرى الرئيس للحوض.
- ³ معدل بقاء المجرى = المساحة (كم²) / مجموع أطوال المجاري (كم) (رحيم العبدان، 2008، ص130)
- (⁴) يستخدم مصطلح معدل التقطع Texture - Ratio كمرادفله.
- (¹) قسم سميث (Smith, 1950, pp. 600-601) معدل النسيج الطبوغرافي إلى ثلاثة أنماط:
- أحواض خشنة النسيج والتي يقل نسيجها عن 4.
 - أحواض متوسطة النسيج وهي التي يتراوح نسيجها بين 4-10.
 - أحواض دقيقة النسيج (ناعمة النسيج) وهي التي يزيد نسيجها عن 10.
- (¹) أقل من (5) خشنة، من (5-13,7) متوسطة الخشونة، ومن (13.7-155.3) ناعمة، وأكثر من (155.3) أكثر نعومة.

المراجع العربية:

- أبو العينين، حسن سيد أحمد (1990): "حوض وادي دبا في دولة الإمارات العربية المتحدة جغرافيته الطبيعية وأثره في التنمية الزراعية"، مطبعة جامعة الكويت، الكويت.
- أبو حصيرة، يحي محمود (2013): "تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي العرجاء - فلسطين"، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

- ابوراضي، فتحي عبدالعزيز (2004): "الأصول العامة في الجيومورفولوجيا"، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان.
- الجحامي، باسم عباس جودة (2020): "التقييم الجيومورفولوجي لأحواض وديان أم رحل جنوب غرب العراق وآثارها في التنمية المستدامة"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة المثني، قسم الجغرافيا، الجمهورية العراقية.
- الحسيان، يسري و زريقات، دلال (2015): "الخصائص المورفومترية لحوض وادي الزرقاء في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التضرس الرقمي"، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلة الأردنية، الملحق (1).
- أبورية، أحمد محمد، (2014م): "الخصائص الجيومورفولوجية لقطاع طيبة بين البلينا واسنا ومخاطرها على الطريق الغربي (القاهرة - أسوان)"، المجلة الجغرافية العربية، العدد 64، السنة 46، الجزء الثاني، الجمعية الجغرافية المصرية.
- أبو الفتوح، أشرف، ومعوذ، بدوي معوض (2019): "تأثير مظاهر الكارست على الجريان السطحي في وادي بئر العين بهضبة المعازة الجيرية شرق سوهاج -مصر" حوليات آداب عين شمس، المجلد 49، (عدد يناير - مارس 2021)، جامعة عين شمس، كلية الآداب، مصر.
- الدغيري، أحمد بن عبدالله بن محمد (2012): "أدلة فيضان وادي الطرفيه رافد وادي الرمة بأقليم القصيم خلال الرباعي المتأخر أواسط المملكة العربية السعودية" رسائل جغرافية، الرسالة 377، 1 - 44.
- الدغيري، أحمد بن عبد الله بن محمد، والعوضي، حمدينة عبد القادر السيد (2012): "التطور الجيومورفولوجية والتحليل المورفومتري لحوض وادي السهل بمنطقة القصيم: دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، رسائل جغرافية، الرسالة 388، 1 - 56.
- الدغيري، أحمد بن عبدالله بن محمد و الوهبي، ألاء عبدالله (2016): " التحليل الجيومورفولوجي لحوض وادي النساء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، مجلة العلوم العربية والإنسانية، مج 9 العدد 2، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية، 883-920.
- الدغيري، أحمد بن عبد الله بن محمد، والعوضي، حمدينة عبد القادر السيد (2017): " التحليل الهيدرولوجي وتقدير حجم السيول في حوض وادي الوطأة بمنطقة القصيم"، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 47، جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية، عمادة البحث العلمي. الرياض. 193-260.
- الشامخ، أحمد عبد الرحمن. (1980): "نظام التصريف المائي في منطقة القصيم". الدارة، مج 5، ع 4، 69 - 75.
- الشرفاوي، محمد محمود علي والدغيري، أحمد بن عبد الله بن محمد وبوروبة، محمد بن فضيل (2018): " تطبيق نموذج المنحنى المائي الأحادي في تقدير تدفق الذروة لسيول الأودية الداخلة على مدينة بريدة بمنطقة القصيم المملكة العربية السعودية"، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، جامعة الملك سعود، الجمعية الجغرافية السعودية.
- الشرفاوي، محمد محمود علي وبوروبة، محمد بن فضيل (2019): "تحديد عتبات الجريان السطحي لأودية منطقة القصيم في وسط المملكة العربية السعودية"، أبحاث اليرموك - سلسلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة اليرموك، عمادة البحث العلمي، الأردن.
- الشريف، عبد الرحمن صادق (1980): " دراسة في جغرافية المملكة العربية السعودية: الاسياح"، دار الملك عبد العزيز، الرياض.
- العبدان، رحيم حميد (2008): " التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي تانجرو"، مجلة القادسية للعلوم الإنسانية، المجلد الحادي عشر، العدد 3.
- العقيل، هيا محمد (2016م): " دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي أم أرطى بمنطقة الجوف باستخدام نظم المعلومات جغرافية"، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، العدد 9، الرياض.
- المبارك، حصة عبدالعزيز (2020): " دراسة الهيدرولوجي لحوض وادي السهل بمنطقة القصيم"، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، مصر، 133-165.
- القريشي، عبير حميد ساجد جيد (2011): " أشكال سطح الأرض في حوض وادي كاني هنجير " رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد.

- الودعاني، إدريس على سلمان (2014 م): "مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية (منظور جيومورفولوجي)"، مجلة جامعة جازان - فرع العلوم الانسانية، المجلد 1.
- بحيري، صلاح الدين (1979): "نحو تصنيف مورفولوجي لمنخفضات الصحراء"، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 10، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، الكويت.
- تراب، محمد مجدي مصطفى (1991): "مورفولوجية التنيات النهرية بفرع دمياط بعد بناء السد العالي"، مجلة كلية الآداب، جامعة المنيا، مصر.
- تراب، محمد مجدي مصطفى (1997): "الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقتي قارة أم الصغير ومنقار أبودويس بالهوامش الشمالية الغربية لمنخفض القطارة"، مجلة الجمعية الجغرافية المصرية، العدد التاسع والعشرون، الجزء الأول، مصر.
- تراب، محمد مجدي مصطفى (1997): "التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي قسيب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء"، مجلة الجمعية الجغرافية المصرية، العدد التاسع والعشرون، الجزء الثاني، مصر.
- حسنين، جودة، عاشور، محمود محمد، دسوقي، صابر أمين، تراب، محمد مجدي، مرغني، على مصطفى كامل، مصطفى، محمد رمضان، (1991): "وسائل التحليل الجيومورفولوجي"، الطبعة الأولى، دار صاف نت، مصر. ص 421
- حمدان، صبري محمد. أبو عمرة، صالح محمد (2010): "بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الريميين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية"، مجلة جامعة الأزهر بغزة، المجلد 12، العدد 2، الصفحات 595-620.
- دياب، محمد، (1989م): "أودية كتلي الجبال الوسطى، الشمالية بدولة الإمارات العربية المتحدة - دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- شحادة، نعمان (1981): "التوازن المائي للتربة في الأردن"، مجلة الجغرافية العراقية، مطبعة العاني، بغداد، ص ٥٦
- كليو، عبد الحميد (1988): "أودية حافة جال الزور بالكويت، تحليل جيومورفولوجي"، وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، الجمعية الجغرافية الكويتية.
- محسوب، محمد صبري (2001): "جيومورفولوجية الأشكال الأرضية"، القاهرة.
- مصطفى، أحمد أحمد السيد (1982): "حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية: دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، قسم الجغرافيا، مصر.
- مجموعة مؤلفين، (1428هـ): "موسوعة المملكة العربية السعودية، منطقة الجوف"، مكتبة الملك عبدالعزيز العامة، الرياض
- معوض، معوض بدوي (2021): "دراسة هيدرومورفومترية لسيل الأول من نوفمبر ٢٠٢٠ بمدينة رأس غارب - مصر" حوليات آداب عين شمس، المجلد 49، (عدد يناير - مارس 2021)، جامعة عين شمس، كلية الآداب، مصر.

المراجع الأجنبية:

- Bowden , K. L. and Wallis, J. R., (1964): "Effect of Steam Ordering Technique on Horton's Low of Drainage Composition " Bulletin, **Geol. Soc.Am**, Vol.75,NO 8,pp.767-774.
- Gregory , K. J. and Walling, D. E.,(1973): "The Variation of Drainage Density Within a Catchment", Bull Inter, Asso. Sci-Hydro, Vol 3., pp. 61-68
- Gregory , K. J., and Walling ,D. E. ,(1976):" Drainage networks and Climate" In E. Derby shire (ed). Geomorphology and Climate,London.
- Horton R. E., (1932): " Drainagebasin Characteristics " ,Transactions of the American Geophysical Union,130.
- Horton R. E., (1945): "Erosional Development of Streams and their drainage basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology", Geol. Soc. America 56, 275-370, pp.533-554.
- Howard,R.D.(1967): " Drainage Analysis in Geologic" , Interpretation a Summation of American of Petroleum Geologists.Bull. Vol.11.pp:2246-2259

- Johnson, D., (1932) :“Available Relief and Texture of Topography Scissions J”., Geol , 41.
- Leopold, L. B. and Miller , J. P., (1964):“Eluvial Processes in Geomorphology”, San Francisco , Free man.
- Melton, M., (1957): “ An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology”, Project NR 389 – 042, Tech.Rept.11.Columbia Univ.
- Miller, V. C., (1953):“A Quantitative Geomorphic Study of Drainage basin Characteristics in the Clinch Mountain Area”, Virginia and Tennessee of Nav.Res.Proj.NR.384-042, Tech Rep.3, 30p.
- Milton, M.A., (1958): "Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and their Controlling Agents", **Jour.Geol.**, Vol. 66, pp. 442-460.,.
- Morisawa,M., (1985): “ Rivers Form and Process”, New York.
- Powers, R.W., Ramirez, L.F., Redmond, C.D., and Elberg, E.L., Jr.,(1966): “ Geology of the Arabian peninsula: Sedimentary geology of Saudi Arabia”: U.S. Geological Survey Professional Paper, 560-D, 147 p., 14 fig., 1 table, 10 pl.
- Rodgers, J. L. and Nicewander, W. A., (1988): "Thirteen ways to look at the correlation coefficient", The American Statistician, P42.
- Schulz,E.andWhitney,J.W.,(1986a): “Upper Pleistocene and Holocene lakes in the An Nafud Saudi Arabia”. Hydrobiologia ,Vol. 143,pp: 175 -190.
- Schumm, S. A. ,(1956): "Evolution of Drainage systems and slopes in badlands at Perth Am bog.", New Jersey Bull. Geol. Soc. Amer., Vol.6 pp. 597–6467.,.
- Strahler, A. N., (1954): "Statistical Analysis in Geomorphic", Research Journal of geology, V. 62, PP.1-25, American Association for Geology, U.S.A
- Strahler, A. N., (1957):“Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology”,Thesis Transactions American Geophysical Union ,American Geophysical Union
- Strahler, A. N., (1958): "Dimensional Analysis Applied to Fluvial Eroded Land forms", Geol. Soc. America Bull., Vol.69, pp 279-300.
- Strahler, A. N., (1968):“Quantitative Geomorphology in Encyclopedia of Geomorphology”, Edited by R. W. Fairbridge, Reinhold, New York.
- Wallace, C.A., Dini, S.M., Al-Farasani, A.A., (2000):“Geologic map of the Wadi as Sirhan quadrangle (Sheet 30C), Kingdom of Saudi Arabia” Saudi Arabian Deputy Ministry of Mineral Resources. Geologic Map GM-127, Scale 1:250,000.
- Wallace, C.A., Dini, S.M., Al-Farasani, A.A.,(2000):“Geologic map of the ThaniyatTurayf quadrangle (Sheet 29C), Kingdom of Saudi Arabia” Saudi Arabian Deputy Ministry of Mineral Resources. Geologic Map GM-129, Scale 1:250,000
- Young,A.,(1972): “Slopes”, Oliver & Boyd,Edinburgh.