

خطر السيول في وادي مركة سور في أربيل العراقية (دراسة هيدرومورفومترية تطبيقية)

حسين كاظم عبدالحسين
كلية التربية – الجامعة المستنصرية
بغداد - العراق

أ.د. احمد عبدالستار العذاري
كلية التربية – الجامعة المستنصرية
بغداد - العراق

الخلاصة

يهدف البحث الى تحليل الخصائص الهيدرومورفومترية للسيول حوض وادي مركة سور الذي يقع في المنطقة الجبلية في الجهة الشمالية الغربية لمحافظة أربيل ضمن قضاء زيبار , أذ يشغل الحوض مساحة بلغت (162.1 كم²). في هذه البحث تم التعرف على الخصائص الجيولوجية لصخور الحوض (طبيعة نفاذية) و خصائص المناخية (الامطار والتبخر) من خلال تحليل بيانات الموازنة المائية للحوض حسب طريقة معادلة بنمان والخصائص الجيومورفولوجية (عامل التضاريس (الارتفاع والانحدار)) فضلا عن الخصائص المورفومترية للحوض (مساحة , طول , متوسط العرض , نسبة الاستدارة , نسبة الاستطالة , معامل الشكل , خصائص الشبكة التصريف النهري). كما تم التعرف على نتائج نموذج سنايدر كمعدل مدة التباطؤ (5:28:41 ساعة) ومعدل المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار (122:73 ساعة) ومعدل تركيز الامطار لتدفق الذروة (31:65 ساعة) ومعدل مدة القاعدة لمخطط الهيدروجراف للحوض (3.711 يوم) ومعدل التدفق الاقصى للسيول للحوض (571.27 م³/ثا) ومعدل قيمة التدفق الذروة النوعي للحوض (3.525 م³/ثا/كم²) ومعدل قوة السيل (44.88) ومعدل حجم تدفق السيل في الحوض (51.415 مليون م³/ثا) ومعدل سمك او عمق الجريان السطحي (28.8 ملم).

The Risk of Flooding in 'Mirga Sour' Valley in Erbil, Iraq (Hedromorvomitrih Practical Study)

Prof.Dr. Ahmed A. Al-Adhari
College of Education
Al-Mustansriyah University
Baghdad - Iraq

Hussaien K. AbdulHussien
College of Education
Al-Mustansriyah University
Baghdad - Iraq

ABSTRACT

The research aims to analyze the characteristics of flooding in Valley Mirga Sour, which is located in the mountainous region in the northwest of the province of Erbil, within the district of industrial water, since the basin occupies an area of (162.1 km). In this research was to identify the geological characteristics of the rocks of the basin (the nature of the permeability) and climatic characteristics (rainfall and evaporation) through the water balance of the basin data analysis by the way Penman equation and characteristics geomorphological (global topography (height and slope)) as well as morphometric characteristics of the basin (space, All along, the average offer, the proportion of rotation 'elongation ratio, form factor, the network rivers draining properties). Also been identified on the results of model Snyder of the average duration of the slowdown (5:28:41 hours) and average duration ideal for rain (122: 73 hours) and the rate of focus rain to flow peak (31: 65 hours) and the rate for the base scheme of the basin (3.711 days) the flow rate limit of Seoul basin ($571.27 \text{ m}^3 / \text{s}$) and the rate of qualitative peak of the basin flow value ($3.525 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{km}^2$) and the rate of force Torrent (44.88) and the rate of flow of flood in the basin size ($51,415,000 \text{ m}^3 / \text{s}$) and the rate of thickness or depth of runoff (28.8 mm).

المقدمة

تعد السيول أكثر الكوارث الطبيعية شيوعاً ويشكل 40% منها والتي تحصل في العالم ويحدث بسبب عدم توازن في الدورة المائية ويكون ذلك بزيادة حجم المياه الجارية بحيث لا يمكن أستيعابها في البحيرة أو النهر⁽¹⁾ , مما يسبب حدوث سيول ينجم عنها أضرار بشرية ومادية والتي أزداد تكرارها في الآونة الأخيرة حيث شهدت مدن وعواصم عربية سيول عارمه تسببت في اضرار كبيرة بالمتشأة والابنية والمراكز الحضرية نتيجة ازدياد كمية الامطار الساقطة في وقت قصير.

موقع منطقة البحث

تقع منطقة البحث من الناحية الفلكية بين قوسي طول (($44^{\circ}15'$, $44^{\circ}30'$)) ودائرتي عرض (($36^{\circ}42'$, $36^{\circ}53'$)) (خريطة 1) , ومن الناحية الادارية تقع المنطقة ضمن قضاء زيبار في محافظة أربيل بشمال العراق, أما موقع منطقة البحث من الناحية الطبيعية فتحدد من الجهة الشمالية والشمالية الغربية جبل خوشكان ومن الجهة الشرقية جبل قلندر ومن الجهة الجنوبية والجهة الجنوبية الشرقية نهر بركني أما من الجهة الغربية فتحدد بسلسلة جبال برادوست (جبل برادوست , مركه سور).

مشكلة البحث

1. ماهي العوامل المؤثرة على الخصائص المورفومترية بمنطقة الدراسة؟
2. هل يمكن تقدير خطر السيول الذي ينتج بعد العاصمة المطرية؟
3. هل يوجد نموذج يمكن تطبيقها على المنطقة؟

فرضيات البحث

1. تؤثر عاملي الارتفاع والانحدار على الخصائص المورفومترية لمنطقة الدراسة.
2. يمكن تقدير خطر السيول وتدفق الذروة وارتفاع السيول ومدى خطورتها ومقدار تركيز الامطار في الوادي
3. يوجد نماذج يمكن تطبيقها على المنطقة.

هدف البحث

تقدير حجم السيول وتدفق الذروة وأرتفاع السيول ومدى خطورة السيول ضمن منطقة البحث وفق نموذج سنايدر وبالاعتماد على خصائص الطبيعية و المورفومترية للحوض .

السيول

تعريف السيل من الناحية الجيولوجية : هو جريان سيللي للماء يجري على الأرض تحكمه مجموعة من العوامل أهمها الأمطار الفواقد التي تحدث نتيجة التبخر و التسرب. وتعريف السيل من الناحية الأرصاد الجوية : هو نتيجة لسقوط الأمطار الغزيرة المصاحبة لحدوث حالات من عدم الاستقرار المفاجئ في الغلاف الجوي على المناطق الجبلية خلال الفصل الشتوي البارد⁽²⁾.

1. الخصائص الطبيعية: تشمل الخصائص الطبيعية كل من:

1.1. خصائص الجيولوجية:

تعمل جيولوجية المنطقة دوراً مهماً في سرعة تحويل مياه الامطار الى مياه جارية سطحية وسرعة أرتفاع منسوب المياه الجارية السطحية فضلا عن سرعة ظهور السيول وأمتدادها على مساحة التصريف للحوض المائي⁽³⁾.

تعود طبقات الصخرية الى العصر الكريتاسي من الزمن الثاني (ميزوزويك) وصولاً الى العصر الهولوسين من الزمن الرباعي , حيث شغلت التكوينات ذات طبيعة صخرية نفاذة للمياه (ترسبات المنحدرات , مقدادية , أنجانة , عقرة – بخمه) مساحة (92.87 كم^2) أي بنسبة مئوية بلغت (57.29%) من أجمالي مساحة المنطقة,

وبلغت مساحة التكوينات ذات طبيعة صخرية غير نفاذة للمياه (كلكلة , تانجرو) مساحة (42.21 كم²) أي بنسبة مئوية بلغت (26.04%) , أما المساحة المتبقية فهي تكوينات صخرية ذات متوسطة النفاذية (سويس الحمراء , قمجوقة). (جدول 1) (خريطة 1).

2.1. الخصائص المناخية

تؤدي الخصائص المناخية دوراً هاماً في عملية حساب الموازنة المائية للأحواض التصريف النهري ولا سيما الامطار والتبخر⁽⁴⁾ أما بقية عناصر المناخ تدخل بدور ثانوي اثناء حدوث العاصفة المطرية لكونها تدخل ضمن تحديد قيمة التبخر.

من خلال (جدول 2) نجد ان أغلب اشهر السنة تشهد عجز بالموازنة المائية يصل معدلة في شهر تموز الى (149.1) , اما في بالنسبة للفائض نجد ان شهر شباط سجل أعلى معدل بلغ (53.8) , لذا فتوقع حدوث السيول وفق الموازنة المائية لمحطة سوران تحصل في أشهر التي تمتاز بفائض بكمية الامطار الذي سوف يتحول الى سيول ضمن منطقة البحث ومن بين هذه الاشهر (كانون الاول , كانون الثاني , شباط) والذي بلغت معدلات هذه الاشهر (45.8 , 53.8 , 61.8).

3.1. الخصائص الجيومورفولوجية و المورفومترية للحوض

أن الدراسة الخصائص الجيومورفولوجية و المورفومترية لحوض لها اهمية , لأنها تفيد في قياس معدلات الحصة المائية , ومعرفة كمية المياه المؤثرة في تجهيز الماء إلى المجرى الرئيس , وتحكمه بذروة التصريف المائي , ودلالة خطر الفيضان , فالخصائص المتمثلة بالمساحة و الشكل والانحدار وطول المجرى الرئيسي تؤدي دور في تحديد شكل مخطط الهيدروجراف وأهمها تحديد زمن الاستجابة او الوقت الفاصل بين قمة المدة الزمنية للعاصفة المطرية وقمة أو ذروة التصريف⁽⁵⁾.

1.3.1. مساحة الحوض

لمساحة الحوض دور بارز في تحديد كمية المياه المتلقاة من العواصف المطرية، إذ توجد علاقة طردية بين كل من المساحة الحوضية وحجم التصريف المائي بشبكة التصريف النهري⁽⁶⁾. أن الأحواض المائية تتباين في مساحتها بشكل كبير تبعاً للتباين في الحركات الأرضية ، نوع الصخور ، التضاريس ، والأحوال المناخية، فضلاً عن الزمن⁽⁷⁾. حيث بلغت مساحة منطقة البحث (162.1) (جدول 3).

2.3.1. ارتفاع وانحدار الحوض

يتحكم كل من انحدار وارتفاع الاحواض بشكل مباشر وغير مباشر على قمة التصريف سواء أكان انحدار الاحواض أو انحدار المجرى الرئيسي له⁽⁸⁾ , حيث وسجل أعلى ارتفاع في منطقة البحث (2055 م) فوق مستوى سطح البحر وأقل ارتفاع لمنطقة البحث (579 م) بمتوسط ارتفاع ضمن المنطقة بلغ (1132 م) (جدول 3).

أما انحدار الحوض فقد سجل على درجة انحدار بلغت (61.3 د) ومتوسط معدل درجة انحدار بلغت (16.8 درجة) , أما مساحات والنسبة المئوية التي سجلتها انواع انحدارات ضمن منطقة البحث (خريطة 3) (جدول 4) فقد بلغت:

1. مساحة الانحدار من نوع البسيط (69.80 كم²) أي بنسبة مئوية بلغت (43.12%) من إجمالي مساحة منطقة البحث.
2. مساحة الانحدار من نوع الشديد (33.95 كم²) أي بنسبة مئوية بلغت (20.94%) من إجمالي مساحة المنطقة البحث.

2.3.1. نسبة الاستدارة

تشير هذه النسبة إلى مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري، فالقيم المرتفعة تعني عادة وجود أحواض مائية مستديرة الشكل، والقيم المنخفضة تعني ابتعاد الأحواض عن الشكل المستدير⁽⁹⁾ ويمكن أستخراج نسبة الاستدارة من خلال المعادلة الآتية⁽¹⁰⁾ :

$$\text{استدارة الحوض} = 4 \times 7/22 \times \text{مساحة الحوض كم}^2 / \text{مربع محيط الحوض كم}^2 \\ = 12.56 * 162.1 / 2(63.1) = 2035.98 / 3981.61 = 0.5$$

نلاحظ أن نسبة الاستدارة بلغت لحوض وادي مركه سور (0.5) (جدول 3) وهي قيم منخفضة بشكل كبير عن الشكل الدائري، مما يشير إلى ان المياه الجارية نحو المصب ستستغرق وقتاً حتى تصل مما يزيد في زمن الاستجابة أو التباطؤ (Tp).

3.3.1. نسبة الاستطالة

يعد معدل الاستطالة مؤشراً لمدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض من الشكل المستطيل، إذ تكون نسبته بين (صفر - 1)، إذ كلما ابتعد هذا المعدل من الصفر يدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل. أما في حالة ارتفاع قيمة معدل الاستطالة و اقترابه من الواحد الصحيح، فإن ذلك يعني اقتراب شكل الحوض عن الشكل المستطيل و ابتعاده من الشكل الدائري⁽¹²⁾. وتستخرج نسبة الاستطالة على وفق المعادلة الآتية⁽¹³⁾:

$$\text{نسبة استطالة} = (1.772) \text{ مساحة الحوض ب(كم}^2) / \sqrt{\text{أقصى طول للحوض ب (كم)}} \\ = 1.772 * \sqrt{160.1} / 22.7 = 12.65 / 22.7 = 0.9$$

نلاحظ أن نسبة الاستطالة بلغت في حوض وادي مركه سور (0.9) وبذلك فإن الحوض يقترب من الشكل المستطيل، إذ تكون طبيعة الصرف في هذه الأحواض قليلة وذلك بسبب طول المجاري على حساب عرضها ومن ثم فقدانه لكميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل بسبب التسرب مما يؤدي إلى زيادة في زمن الاستجابة أو التباطؤ (Tp).

4.3.1. معامل شكل الحوض

يشير هذا المعامل إلى مدى تناسب العلاقة بين طول الحوض وعرضه بالنسبة لمساحة الحوض، إذ يستدل منه على تناسب أجزاء الحوض، ففي حالة اقتراب قيمة المعامل من الواحد الصحيح يدل على زيادة نسبة المساحة إلى الطول، أما انخفاض المعامل، فيدل على اقتراب شكل الحوض من شكل المثلث وهذا ناتج تغير في عرض الأحواض المائية من المنبع إلى المصب وبسبب زيادة احد بعدي الحوض على البعد الآخر⁽¹⁴⁾. ويستخرج معامل شكل الحوض على وفق المعادلة الآتية⁽¹⁵⁾:

$$\text{معامل شكل الحوض} = \text{مساحة الحوض كم}^2 / \text{مربع طول الحوض كم} \\ = 162.1 / 2(21.9)^2 = 162.1 / 479.61 = 0.34$$

يبلغ معامل شكل الحوض في وادي مركه سور (0.34) (جدول رقم 3) وهي قيم منخفضة إذ إن انخفاض قيمة معامل الشكل و اقترابه من الشكل المثلث يؤثر في نظام الصرف، فعندما تشكل منطقة المنابع رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدته، فإن التصريف المائي يزداد بعد سقوط الأمطار مباشرة، ومسبباً ارتفاع منسوب الماء بشكل سريع وذلك لقرب الجداول والمسيلات من المصب الرئيس⁽¹⁶⁾.

5.3.1. خصائص الشبكة التصريف المائي

يعد الشكل العام لروافد الوادي يرتبها المختلفة انعكاساً للعلاقات ما بين خصائص الصخور ، وإشكالها التركيبية ودرجة تضرس المنطقة من جانب ، وأحوال المناخ من جانب آخر ، كما يعكس خصائص الصخور من ناحية نوع الصخر ودرجة النفاذية ، والصلابة ، والانحدار العام للسطح ، والصورة التركيبية من الصدوع ، والفواصل ، والشقوق وغيرها .

وتبرز كل تلك الخصائص في تعديل المظهر العام لشكل التصريف النهري وتحديد نشاط أوديته ، فضلاً عن درجة التطور الجيومورفولوجي للحوض⁽¹⁷⁾ ، تم تصنيف مجاري شبكة التصريف المائي الى رتب بحسب طريقة ستريلر (جدول 5) (خريطة 4) . ملخص هذه الطريقة هي أن الأنهار الأولية تمتلك المرتبة الأولى ، أما المرتبة الثانية فتتكون من تجمع فرعين من المرتبة الأولى (وهي اللاعبة الاساسية في سرعة الاستجابة نظراً لانحداراتها الشديدة) ، وتتكون المرتبة الثالثة من تجمع فرعين من المرتبة الثانية ، وهكذا في بقية المراتب ، حتى تصل إلى المصب الرئيس للنهر⁽¹⁸⁾ . يغلب استخدام هذه الطريقة لسهولة ووضوح طريقة تحديد مرتبة الجداول والوديان ، وان دراسة المراتب النهري وفقاً لطريقة ستريلر لها أهمية في معرفة كمية التصريف المائي الخاص بكل وادي نهري ، والذي له انعكاسات على تخمين قدرة تلك الأودية الحثية الارسابية ، ومن ثم تأثيرها في استعمالات الأراضي المختلفة المجاورة لتلك الأودية ، ووضع الحلول اللازمة للسلوك الهدمي لتلك الأودية ، ولاسيما فيما يتعلق بالحد من تكرار ظاهرة الفيضان فيها⁽¹⁹⁾ . بلغ مجموع أطوال المجاري المائية (206.24 كم) بعدد (152 وادي) وكثافة تصريف (1.27 كم² / كم²) وتكرار نهري بلغ (0.94 وادي / كم²) مما يشير الى كثافة التصريف عالية ضمن وادي وهذا يلعب دور في تقليل من زمن الاستجابة (Tp).

2. نموذج سنايدر

قدم سنايدر طريقته للتطبيق في المناطق التي تفتقر الى بيانات مسجلة عن الجريان أو العواصف المطرية فضلاً عن امكانية تطبيقها على أي حوض مائي وتحت أي ظرف من الظروف المناخية وذلك لكونها لا ترتبط بأي من التجهيزات التقنية الخاصة بمحطات القياس للأمطار أو الجريان السطحي انما تعتمد بشكل كبير على الخصائص المورفومترية للحوض التي يمكن أستنباطها من معادلات خاصة بها⁽²⁰⁾ ، حيث يمكن من خلال النموذج استخراج الوحدة الهيدروجراف (هو تغير تصريف النهر مع الوقت لمدة زمنية محددة من الامطار عندما يكون عمق المطر المؤثر وحدة عمق واحدة (سم أو بوصة)⁽²¹⁾ وذلك رسم مخطط من مجموعة احداثيات (زمن - تصريف) مستمدة من خلال معادلات توضح زمن ذروه التصريف ومقدار التصريف ومقدار التغير في تصريف خلال زمن أثناء العاصفة المطرية وبعدها. تستند نموذج سنايدر على عاملي هما عامل زمن التدفق الذروة (Ct) والذي يعتمد على خصائص التضاريسية (درجة الانحدار) للحوض وللعامل دور بارز في مقدار زمن التباطؤ (Tp) ، وعامل تدفق الذروة (Cp) والذي يعتمد على خصائص الجيولوجية (النفاذية) وللعامل دور بارز في تحديد كمية التدفق الأقصى ضمن الحوض⁽²²⁾ . يتكون نموذج سنايدر من مجموعة من المعادلات وكما يلي:

1.2 . زمن التباطؤ (Tp):

يمثل المدة الزمنية الفاصلة بين ذروة هطول الأمطار وذروة التدفق أي المدة المحصورة بين بداية العاصفة المطرية وبداية الجريان السطحي ويطلق عليه زمن الاستجابة الاولى⁽²³⁾ ، يمكن أحساب زمن التباطؤ من خلال المعادلة الاتية⁽²³⁾ :-

$$Tp_{(hr)} = Ct (Lb \ Lca)^{0.3}$$

حيث أن:

$Tp_{(hr)}$ = زمن التباطؤ Lb = طول المجرى الرئيسي ب(كم) Lca = المسافة الفاصلة بين المصب الحوض المائي ومركز ثقله (كم)
 Ct = معامل زمن الذروة وهو خاص بطبيعة الحوض وأنحداره وتتراوح قيمته بين 0.2 و 2.2.

عند تطبيق المعادلة ظهرت نتائج حسب (جدول 6) نستدل على المدة الزمنية لهطول محسوبة بالساعات والتي يبدأ معها الجريان السطحي (السيول) لحوض وادي مركة سور حيث سجلت أدنى مدة زمنية ممكن أن تسقط فيها لأمطار على الحوض وادي مركة سور ويبدأ بعدها الجريان السطحي هي (0.948) بمعنى (0:56) ساعة وأعلى مدة زمنية يبدأ بعدها الجريان السطحي هي (10.428) بمعنى (10:25:68) ساعة مهما كانت خواص وادي مركة سور (درجة انحدار قليلة) , أما متوسط المدة الزمنية التي تبدأ بعدها الجريان السطحي هي (5.688) بمعنى (5:28:41) ساعة , وذلك نستنتج أن زمن التباطؤ يرتبط مع درجة الانحدار بعلاقة عكسية وبمعنى أدق مع قيمة معامل زمن الذروة (Ct).

2.2. المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار (Tr):

هي المدة الزمنية المثالية التي يتعرض بها الوادي الى العاصفة المطرية وتسبب جريان سطحي بعمق أو سمك لا يقل عن (25 - 26 ملم) أي ما يعادل (1 بوصة) ويتم حساب هذه المدة من خلال المعادلة التالية (25):-

$$Tr(hr) = Tp (hr) / 5.5$$

حيث أن :

$Tr (hr)$ = المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار $Tp (hr)$ = المدة استجابة الحوض المائي لهطول الامطار (زمن التباطؤ). من خلال (جدول 6) نلاحظ أن أقصر مدة زمنية مثالية لهطول الامطار والتي تسبب في حدوث جريان سطحي في وادي مركة سور هي (0.172364) بمعنى (0:10:34) ساعة وأعلى مدة زمنية مثالية لهطول بلغت (1.896) بمعنى (1:53:76) ساعة , أما معدل المدة الزمنية المثالية لهطول (1.378909) بمعنى (1:22:73) ساعة , وبذلك نستنتج ان العلاقة ما بين (Tr) وبين (Tp) وكذلك (Ct) علاقة طردية حيث كلما ازداد زمن التباطؤ و(Ct) للحوض ازداد قيمة المدة المثالية لهطول الامطار التي تسبب حدوث جريان سطحي مقدارة (1 بوصة) ومما يشير الى علاقة عكسية مع مقدار درجة الانحدار الحوض حيث كلما ازداد درجة الانحدار الحوض قلة المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار التي تسبب حدوث جريان سطحي بمقدار (1 بوصة).

3.2 . حساب تركيز (كثافة) الامطار المناسبة لتدفق الذروة (i) :

ويتم تقديره (سم / ساعة) ويتم حسابة حسب المعادلة الآتية (26):-

$$i (cm/hr) = 1 / Tr(hr)$$

حيث ان:

$i (cm/hr)$ = تركيز الامطار $Tr (hr)$ = المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار محسوبة (ساعة) من خلال (جدول 6) نلاحظ أن أدنى كمية أمطار ضرورية يتم تقديرها لكي يظهر الجريان السطحي في حوض وادي مركة سور هي (5.27 ملم في الساعة) بينما قدرت أعلى كمية أمطار ضرورية لكي يظهر الجريان السطحي في الحوض هي (58.02 ملم في الساعة) أما متوسط كمية الامطار الضرورية لكي تظهر جريان سطحي (31.65 ملم في الساعة) ويعتمد ذلك على مقدار درجة انحدار الحوض والذي تناسب مع (i) بعلاقة عكسية وبالعلاقة طردية مع (Tr) و(Tp).

4.2. مدة الاساس (زمن القاعدة للهيدروجراف) للسيل (Tb):

هي المدة الاساسية لحدوث السيل محسوبة (اليوم) وحددها سنايدر بثلاثة أيام للأحواض وتحسب (باليوم) من خلال المعادلة التالية (27):-

$$Tb(day) = 3 + (Tp (hr) / 8)$$

حيث أن:-

$Tb(day)$ = مدة السيل الاساس باليوم $Tp (hr)$ = زمن التباطؤ بالساعة من خلال (جدول 6) نلاحظ أن أقصر مدة أساس لحدوث السيل لحوض وادي مركة سور هي (3.1185) يوم أي ما يعادل (74.84) ساعة بينما كانت أطول مدة هي (4.3035) يوم أي ما يعادل (103.28) ساعة , أما

متوسط مدة أساس لحدوث السيل للحوض هي (3.711) يوم أي ما يعادل (89.06) ساعة حيث يزداد قيمة مدة الأساس للسيل بانخفاض قيمة درجة الانحدار نستنتج ذلك من خلال العلاقة العكسية ما بين (Tb) و (Ct).

5.2. كمية التدفق الأقصى للسيول بالحوض المائي (Qp):

هي أعلى كمية تدفق للسيول داخل المجاري الاودية بعد العاطفة المطرية التي تسبب بالجريان السطحي (السيول) وتحسب قيمة التدفق الأقصى للسيول بالحوض كما يلي⁽²⁸⁾:-

$$Qp \text{ (m}^3\text{/s)} = Cp \ S_{(Km)} / Tp \text{ (hr)}$$

حيث أن:

$$Tp \text{ (hr)} = \text{زمن التباطؤ} = S_{(Km)} = \text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}$$

Cp = معامل تدفق الذروة ويرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وله علاقة بالنفاذية و قيمته بين (0.2 – 6.5). ويتناسب هذا النموذج مع العواصف المطرية التي بإمكانها أن تتسبب في حدوث جريان سطحي (سيول) بعمق (سمك) لا يقل عن (25 – 26 ملم) ما يعادل (1 بوصة).

من خلال (جدول 7) نلاحظ ما يلي:

1. كمية التدفق الأقصى للسيول بحوض وادي مركة سور عند المصب وحسب القيم لكل من عملي ال (Ct) و (Cp) أن أعلى قيمة سجلها تصل الى (1111.45 م³/ثا) وأدنى قيمة سجلها تصل الى (31.09 م³/ثا) , أما متوسط قيمة التدفق الأقصى للسيول (571.27 م³/ثا).
2. تتناسب قيمة التدفق الأقصى للسيول بعلاقة طردية مع ارتفاع قيمة درجة الانحدار (Ct) وبالعلاقة عكسية مع درجة النفاذية (Cp) , حيث تزداد قيمة التدفق الأقصى للسيول كلما ارتفعت درجة الانحدار للحوض وقلة مقدار نفاذية الحوض.

6.2. حساب قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي (qp (m³/s/Km²))

يتم تقدير قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي والذي يختلف عن كمية التدفق الأقصى للسيول في كون قيمة التدفق الذروة النوعي هو كمية التدفق الأقصى للسيول لكل كيلو متر مربع واحد حيث يمكن تقديره من خلال المعادلة التالية⁽²⁹⁾:-

$$qp \text{ (m}^3\text{/s/Km}^2\text{)} = Qp \text{ (m}^3\text{/s)} / S \text{ (Km}^2\text{)}$$

حيث ان :

$$qp \text{ (m}^3\text{/s/Km}^2\text{)} = \text{قيمة تدفق الذروة النوعي} = Qp \text{ (m}^3\text{/s)} = \text{كمية التدفق الأقصى للسيول}$$

من خلال (جدول 8) نلاحظ مايلي :-

1. قيمة تدفق الذروة النوعي لحوض وادي مركة سور عند المصب وحسب القيم لكل من عملي ال (Ct) و (Cp) أن أعلى قيمة سجلها تصل الى (6.86 م³/ثا/كم²) وأدنى قيمة سجلها تصل الى (0.19 م³/ثا/كم²) , أما متوسط قيمة التدفق الأقصى للسيول (3.525 م³/ثا/كم²).
2. تتناسب قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض بعلاقة طردية مع ارتفاع قيمة درجة الانحدار (Ct) وبالعلاقة عكسية مع درجة النفاذية (Cp) , حيث تزداد قيمة التدفق الذروة النوعي للحوض كلما ارتفعت درجة الانحدار للحوض وقلة مقدار نفاذية الحوض.

7.2. قوة السيل (A) :

يمكن تقدير قوة السيل ضمن حوض مركة سور والذي يختلف قيمة عن قيمة التدفق الذروة النوعي للحوض من خلال معرفة كمية التدفق الأقصى للسيول على جذر مساحة مقدار كيلو متر واحد مربع (جدول 9) حيث يمكن تقديره من خلال المعادلة التالية⁽³⁰⁾ :-

$$A = Qp \text{ (m}^3\text{/s)} / \sqrt{S \text{ (Km}^2\text{)}}$$

من خلال (جدول 9) نلاحظ ما يلي:

1. أن قوة السيل لحوض وادي مركة سور عند المصب وحسب القيم لكل من عملي ال (Ct) و (Cp) أن أعلى قيمة سجلها تصل الى (87.31) على فرض أن انحدار المنطقة شديد والحوض يمتاز بعدم نفاذية بالمطلق

وأدنى قيمة سجلها تصل الى (2.44) على فرض أن انحدار الحوض بسيط جدا ويمتاز نفاذية شديدة , أما متوسط قيمة التدفق الأقصى للسيل (44.88) .
2. تتناسب قوة السيل للحوض بعلاقة طردية مع ارتفاع قيمة درجة الانحدار (Ct) وبالعلاقة عكسية مع درجة النفاذية (Cp) , حيث تزداد قوة السيل للحوض كلما أرتفعت درجة الانحدار للحوض وقلة مقدار نفاذية الحوض.

8.2. حساب التدفق الأقصى المناسب لفترتي الارتفاع التدريجي (QTm) والانخفاض التدريجي (QTd) للسيل:

يعد التدفق الأقصى لفترتي الارتفاع التدريجي والانخفاض التدريجي للسيل ذراعي مخطط الوحدة الهيدرولوجراف حيث يتم تقديره ب (3م/ثا)
ومن خلال هاتين الفترتين يمكن معرفة كمية تدفق السيل للمدة الزمنية التي يستغرقها السيل للوصول الى أقصاه ومن ثم نزولا حتى نهاية توقف السيل حيث يمكن حساب الكمية التدفق الأقصى وفق نموذج سنايدر من خلال توفير مدخلات لمعادلتي كمية التدفق الأقصى للسيل كما في الخطوات التالية:-

1. حساب المدة الارتفاع التدريجي للسيل ومدة انخفاض التدريجي للسيل من خلال:

أ. مدة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (Tm) :-

وهي المدة الزمنية التي يستغرقها السيل للوصول الى أقصاه أي بمعنى المدة التي يحتاجها الجريان السطحي للوصول الى أعلى منسوب له ويتم حسابها من المعادلة التالية (31):-

$$Tm (hr) = (1 / 3) Tb(hr)$$

حيث أن

$Tm (hr)$ = مدة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل $Tb(hr)$ = زمن القاعدة الاساس للسيل.

ب. مدة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل (Td) :

وهي المدة التي يستغرقها السيل لرجوع المياه الى وضعها الطبيعي بمعنى هي المدة أنخفاض منسوب السيل ورجوع الجريان السطحي الى وضعة الطبيعي ويتم حسابها من المعادلة التالية (32):-

$$Td (hr) = (2/3) Tb(hr)$$

حيث أن

$Td (hr)$ = مدة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل $Tb(hr)$ = زمن القاعدة الاساس للسيل.

ومن خلال (جدول 10) نلاحظ مايلي:-

1. ان أدنى مدة زمنية للارتفاع التدريجي لتدفق السيل للوصول الى أقصاه كانت (25 ساعة) , وأدنى مدة زمنية للانخفاض التدريجي لتدفق السيل ورجوعه وضعة الطبيعي كانت (50 ساعة).

2. أن أعلى مدة زمنية يستغرقها السيل للوصول الى أقصاه هي (34 ساعة) بينما كانت أعلى مدة زمنية يستغرقها السيل للوصول الى وضعة الطبيعي كانت (69 ساعة).

2. حساب طرف الثاني من معادلة التدفق الأقصى التدريجي للسيل في الارتفاع (QTm) والانخفاض (QTd) للسيل:

أ. الطرف الثاني لمعادلة التدفق الأقصى التدريجي لارتفاع السيل (Tm) :

أن معادلة حساب التدفق الأقصى التدريجي لمدة الارتفاع التدريجي للسيل والتي تعني المدة الزمنية التي يستغرقها السيل للوصول الى أقصاه هي (33):-

$$QTm (m3/s) = Qp (max , min , mean) \left[\frac{T}{Tm (hr)} \right]^2$$

ب. الطرف الثاني لمعادلة التدفق الأقصى التدريجي للانخفاض السيل (QTd):

أن معادلة حساب التدفق الأقصى التدريجي لمدة الانخفاض التدريجي للسيل والتي تعني المدة الزمنية التي يعود بها الجريان السطحي الى وضعة الطبيعي (34):-

$$QTd \text{ (m}^3\text{/s)} = Qp \text{ (max, min, mean)} \left[\frac{Td(\text{hr}) - T}{Td(\text{hr})} \right]^3$$

من جدول (جدول 11) و(جدول 12) نستخرج قيمة الطرف الثاني لمعادلة كل من (QTd) و(QTm). بعد أن تم تجهيز كل مدخلات معادلة التدفق الأقصى التدريجي للسيل سواء في حالة الارتفاع أو الانخفاض يمكن الآن تطبيق المعادلة في ثلاثة حالات:-

الحالة الأولى: تمثل الحالة الأولى كمية التدفق الأقصى للسيلول (Qp max):

من خلال (جدول 13) و(جدول 14) يبلغ مقدار التدفق الأقصى للسيلول المتوقعة بعد الساعة الأولى (1.78 م³/ثا) لوادي مركة سور حتى يبلغ أقصى تدفق للسيلول بعد الساعة 25 من بداية الجريان السطحي والذي بلغ (1111.45 م³/ثا) ضمن الحوض وحيث تم تقديرها وفق كون طبيعة الحوض تمتاز بانحدار شديد وعدم نفاذية مطلقة للصخور.

لذا فالسيلول تبلغ أقصى تدفق له بعد (25) ساعة أي بعد أكثر من يوم من بداية الجريان السطحي ويجب من سكان المنطقة الذين يسكنون قرب المجرى الرئيسي للوادي من اخذ الاحتياطات من مقدار التدفق الأقصى للوادي.

ثم يبدأ كمية التدفق تقل بعد (25) ساعة من بدء الجريان السطحي حيث بلغت كمية التدفق الأقصى للوادي بعد ساعة من وصوله ذروة التدفق (26 ساعة) بلغ (1046.09 م³/ثا) ويقل مقدار التدفق الى أن يصل الوادي الى وضعة الطبيعي (شكل 1).

الحالة الثانية: تمثل الحالة الثانية كمية التدفق الأدنى للسيلول (Qp min):

من خلال (جدول 15) و(جدول 16) يبلغ مقدار التدفق الأدنى للسيلول المتوقعة بعد الساعة الأولى (0.05 م³/ثا) لوادي مركة سور حتى يبلغ أقصى تدفق للسيلول بعد الساعة 25 من بداية الجريان السطحي والذي بلغ (31.09 م³/ثا) ضمن الحوض وحيث تم تقديرها وفق كون طبيعة الحوض تمتاز بانحدار بسيط و نفاذية للصخور.

لذا فالسيلول تبلغ أدنى تدفق له بعد (25) ساعة أي بعد أكثر من يوم من بداية الجريان السطحي ويجب من سكان المنطقة الذين يسكنون قرب المجرى الرئيسي للوادي من اخذ الاحتياطات من مقدار التدفق ادنى للوادي.

ثم يبدأ كمية التدفق تقل بعد (25) ساعة من بدء الجريان السطحي حيث بلغت كمية التدفق ادنى للوادي بعد ساعة من وصوله ذروة التدفق (26 ساعة) بلغ (29.26 م³/ثا) ويقل مقدار التدفق الى أن يصل الوادي الى وضعة الطبيعي (شكل 2).

الحالة الثالثة: تمثل الحالة الثالثة كمية التدفق الأدنى للسيلول (Qp mean):-

من خلال (جدول 17) و(جدول 18) يبلغ مقدار التدفق المتوسط للسيلول المتوقعة بعد الساعة الأولى (0.91 م³/ثا) لوادي مركة سور حتى يبلغ أقصى تدفق للسيلول بعد الساعة 25 من بداية الجريان السطحي والذي بلغ (571.27 م³/ثا) ضمن الحوض وحيث تم تقديرها وفق كون طبيعة الحوض تمتاز بانحدار معتدل ومتوسط نفاذية للصخور.

ثم يبدأ كمية التدفق تقل بعد (25) ساعة من بدء الجريان السطحي حيث بلغت كمية التدفق المتوسط للوادي بعد ساعة من وصوله ذروة التدفق (26 ساعة) بلغ (537.67 م³/ثا) ويقل مقدار التدفق الى أن يصل الوادي الى وضعة الطبيعي (شكل 3).

من خلال ما تقدم من الحالات الثلاثة نجد أن:

1. أن الفارق بتقدير كمية التدفق (QP) بين أقصى كمية تدفق تصل لها السيلول في حوض وادي مركة سور بعد حدوث سيلول بمقدار واحد بوصة (25) ساعة بلغت (1080.36 م³/ثا). (شكل 4)
2. ان التباين في تقدير قيمة التدفق الأقصى التي تصل لها السيلول في الحوض بعد (25) ساعة كان سبب ذلك يعود الى خصائص الحوض الجيومورفولوجية والمورفومترية.

9.2. حساب حجم تدفق السيل في الحوض المائي (AL) :

ويتم تقديره من خلال المعادلة التالية⁽³⁵⁾:-

$$AL (Hm3)(10^6 m^3) = Qp_{(m3/s)} (Tm(s)^{-6})$$

حيث أن:

$AL (Hm3)(10^6 m^3)$ = حجم لتدفق السيل في الحوض المائي محسوب (مليون م³/ثانية).

$Tm(s)^{-6}$ = مدة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل محسوبة (الثانية)

حيث أن $Tm = 25$ ساعة) تضرب في 60 دقيقة وبعدها في 60 ثانية لتصبح بالثواني ويكون ناتج = (90000 ثانية).

من خلال (جدول 19) نستنتج مايلي:

1. ان أعلى حجم تدفق للسيول مقدرة ضمن حوض مركبة سور بلغت (100.03 مليون م³/ثا) على فرض ان الحوض ذو درجة انحدار شديد فضلاً عن نفاذية معدومة
2. ان أقل حجم تدفق للسيول مقدرة ضمن حوض مركبة سور بلغت (2.80 مليون م³/ثا) على فرض ان الحوض ذو انحدار بسيط ونفاذية عالية.

10.2. حساب سمك أو عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل في الحوض (E):

يتم تقديره من خلال المعادلة التالية (36) :-

$$E_{(mm)} = QP_{(m3/s)} (Tm_{(s)} 10^{-3}) / (S_{(Km2)})$$

حيث أن:-

$E_{(mm)}$ = سمك أو عمق السيول لذروة تدفق السيل (ملم).

من خلال (جدول 20) نستنتج مايلي:

1. أن أعلى قيمة ارتفاع للسيل خلال مدة الذروة بعد (25) ساعة من بداية الجريان السطحي بلغت (56.02 ملم) على فرض ان درجة انحدار حوض مركبة سور شديدة ونفاذية معدومة مما يستوجب على المخططين الجسور والمنشأة الحيوية والسكنية ان ترتفع عن المصب بأعلى من هذا الارتفاع لتكون بأمن من خطر السيول ضمن الوادي.
 2. ان ادنى قيمة لأرتفاع السيل خلال مدة الذروة بعد (25) ساعة من بداية الجريان السطحي بلغت (1.57 ملم) على فرض أن درجة انحدار الوادي بسيطة ويمتاز بالنفاذية.
- في ضوء ما تقدم من المعادلة التي وضعها نموذج سنايدر يمكن أستخراج القيم المتوقعة لخواص السيل ضمن حوض وادي مركبة سور

الاستنتاجات

1. ان الموازنة المائنة لحوض المنطقة تتصف بالعجز لمدة 7 أشهر من السنة.
2. ان نسبة الاستدارة والاستطالة دور في زيادة زمن التباطؤ $Tp_{(hr)}$ ضمن نموذج سنايدر , عكس معامل شكل الحوض يقلل من زمن التباطؤ $Tp_{(hr)}$.
3. ان خصائص شبكة التصريف النهري للحوض (أطول المجاري النهريه وأعدادها , كثافة التصريف (العديدية , الطولية) دور بارز في تقليل من زمن التباطؤ $Tp_{(hr)}$
4. ان زمن التباطؤ $Tp_{(hr)}$ والمدة الزمنية لهطول الامطار $Tr_{(hr)}$ وزمن القاعدة الاساس للسيول $Tb_{(hr)}$ وزمن التدفق الاقصى الارتفاع $Tm_{(hr)}$ او الانخفاض التدريجي $Td_{(hr)}$ للسيول وقيمة التركيز الامطار ترتبط ارتباط كبير بدرجة انحدار الحوض.
5. ان العلاقة التي تربط بين درجة الانحدار وزمن التباطؤ $Tp_{(hr)}$ ومدة الزمنية لهطول الامطار $Tr_{(hr)}$ وزمن السيل الاساس للسيول $Tb_{(hr)}$ بعلاقة عكسية حيث كلما ارتفعت درجة الانحدار قلة الازمان نموذج سنايدر.
6. ترتبط درجة الانحدار وتركز الامطار لتدفق الذروة علاقة طردية فكلما ازدادت درجة الانحدار أزداد قيمة التركيز الامطار لتدفق الذروة .
7. ان كمية التدفق الاقصى للسيول $Qp_{(m3/s)}$ وكمية تدفق النوعي للحوض $qp_{(m3/s/Km2)}$ وقوة السيل A وحجم السيل للحوض $AL (Hm3)(106 m3)$ وسمك أو عمق السيل لذروة تدفق السيل $E_{(mm)}$ ضمن الحوض يرتبطون بعلاقة طردية مع درجة انحدار الحوض وبالعلاقة عكسية بدرجة نفاذية صخور الحوض.

8. ان قوة السيل A وسماك او عمق السيل لذروة تدفق السيل $E(mm)$ ضمن الحوض يرتبطون بعلاقة عكسية مع مساحة الحوض.

الهوامش

- (1) علي احمد غانم , المناخ التطبيقي , دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة , عمان , 2010 , ص 273.
- (2) أحمد عاطف در دير , الهيئة العامة للأرصاد الجوية" , السيول في مصر , منشؤها , طبيعتها و مخاطرها " ,الملتقى العلمي للتخفيف من أخطار الكوارث الطبيعية, نوفمبر , 1993 , ص 7.
- (3) محمد بن فضيل بوروبه , دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية , مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية , جامعة الكويت , العدد (21) , الكويت , 2007 , ص 86.
- (4) حسن ابو سمور وحامد الخطيب , جغرافية الموارد المائية , دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع, عمان , الاردن , 1999, ص 89 – 94.
- (5) محمد سعيد البارودي , تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة ((بأستخدام نظم المعلومات الجغرافية)) , الجمعية الجغرافية المصرية , العدد الثامن والاربعون , 2012 , ص 10 .
- (6) محمد صبري محسوب, جيومورفولوجية الأشكال الأرضية , دار الفكر العربي للطباعة والنشر القاهرة , 2006 , ص 27.
- (7) باترك مكولا, الأفكار الحديثة في الجيومورفولوجيا , الكتاب السادس , ترجمة د. وفيق الخشاب و عبد العزيز الحديثي , جامعة بغداد , 1986, ص 27.
- (8) محمد سعيد البارودي , معراج نواب مرزا و جمعة داوود , استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدى خطورتها عند المجرى الأدنى لوادي نعمان جنوب مدينة مكة المكرمة من خلال تطبيق نموذج سنايدر واعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER, جامعة ام القرى , مكة المكرمة , 2012, ص 764.
- (9) عدنان باقر النقاش ومهدي الصحاف , الجيومورفولوجيا , مطبعة التعليم العالي , بغداد , 1989, ص 521.
- (10) عبد الله صبار عبود , تحليل الخصائص المورفومترية في حوض وادي أبو شخير باستعمال تقانة نظم المعلومات الجغرافية, مجلة الأستاذ , العدد (78) , 2008, ص 55
- (11) حسن رمضان سلامة , " الخصائص الشكلية لأحواض الأنهار ودلالاتها الجيومورفولوجية" , مجلة يصدرها قسم الجغرافية , جامعة الكويت , العدد 43 , 1982, ص 35.
- (12) احمد عبد الستار جابر العذاري , هيدرولوجية مورفولوجية منطقة الوديان غرب الفرات شمالي الهضبة الغربية العراقية , أطروحة دكتوراه , جامعة بغداد , كلية الاداب , 2005, ص 138.
- (13) مهدي الصحاف وكاظم موسى , هيدرولوجية مورفومترية حوض ديالى , دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية, مجلة آداب مستنصريه , العدد (16) , 1988, ص 788.
- (14) سعدية عاكول أالصالحى وعلي مصطفى القيسي , عبد العباس الغريري , علم الموارد المائية , دراسة تطبيقية على اليمن , المكتبة المركزية , تعز , 2000 , ص 29.
- (15) K . J . Gregory and D . E . wolling , Drainage basin , form and process , A – geomorphological approach , Edward Arnold , 1973, p 269 .
- (16) محمد صبري محسوب, جيومورفولوجية الأشكال الأرضية , دار الفكر العربي للطباعة والنشر القاهرة , 2006 , ص 210.
- (17)
- (18) صلاح الدين البحيري , أشكال الأرض , دار الفكر , الطبعة الأولى , دمشق , 1979, ص 142 .
- (19) احمد حسن علي البيواني , حوض وادي العجيج في العراق و استخدامات أشكاله الأرضية , أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب / جامعة بغداد , 1995 , غير منشورة , ص 80.

- (20) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان , دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن , رسالة ماجستير , كلية الاداب , جامعة الملك سعود , 2008 , ص 242.
- (21) احمد عامر الدليمي , تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروجراف القياسي , رسالة ماجستير , كلية الهندسة , جامعة الموصل , 1995 , ص 138.
- (22) محمد سعيد الباوادي , المصدر السابق , ص 29.
- (23) Ramirez J.A , prediction and Modeling of Flood Hydrology and Hydraulics , chapter 11 of Inland Flood Human , Riparian and Aquatic Communities Eds. Ellen Wohl; Cambridge University Press,2000 ,p18.
- (24) Réménieras, G. Hydrologie de l'ingénieur. Eyrolles, 3ème Edition, Paris,1972, p456.
- (25) Raghunath, H.M,Hydrology: principles, analysis and design. Wiley Eastern Limited, New Delhi,1991, p 482.
- (26) عبد الرحمن عبد الرحمن و جاك مارديني , علم حركة المياه (الهيدرولوجيا). منشورات جامعة حلب. كلية الهندسة المدنية, مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية , 2003, ص 413.
- (27) محمد فضيل بوروية , طة عثمان الفراء , تقدير الذروة لسيول روافد وادي حنيفة الداخلة على غرب مدينة الرياض في المملكة العربية السعودية , ندوة الكوارث وسلامة المباني في الدول العربية , الرياض , 2011 , ص 15.
- (28) Dubreuil , Initiation al analyse hydrologique; orstom , Masson , paris , 1974 , p 216.
- (29) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان , المصدر السابق , ص 290.
- (30) محمد سعيد البارودي , معراج نواب مرزا و جمعة داوود , المصدر السابق , ص 58.
- (31) محمد سعيد البارودي , معراج نواب مرزا و جمعة داوود , المصدر نفسه , ص 60.
- (32) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان , المصدر السابق , ص 268.
- (33) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان , المصدر نفسه , ص 273.
- (34) Pnus – ope , Ressources en eau les pays de I, Afrique du Projet Nord; RAB /80/011. Guide maghrebin pour I execution des etudes et des travaux de retenues collinaires . OPU , Alger , p177.
- (35) محمد سعيد البارودي , المصدر السابق , ص 66.

الجداول

 جدول (1)
 طبيعة الصخور

ت	طبيعة الصخور	التكوينات	المساحة	النسبة (%)	المنوية
1	نفاذة	ترسبات المنحدرات , مقدادية , أنجانه , عقرة - بخمة	92.87	57.29	
2	غير نفاذه	كلكلة , تانجرو	42.21	26.04	
3	متوسطة النفاذية	سويس الحمراء , قمجوقة	27.02	16.67	
المجموع			162.1	100	

المصدر: بالاعتماد على تقرير المسح الجيولوجي لمنطقة إقليم كردستان العراق بمقياس (1/250,000) لسنة 1996,
برنامج Arc GIS 10.3.

 جدول (2)
 الموازنة المائية لمحطة سوران للمدة (1992 – 2012)

المحطة	دائرة العرض			خط الطول							ارتفاع		
	ك1	ك2	شباط	إذا ر	نيسا ن	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت1	ت1	
	36°39'			44°32'							م 680		
الاشهر	ك1	ك2	شباط	إذا ر	نيسا ن	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت1	ت1	
الامطار	76.7	86.6	110.4	78	97.7	30.6	5.9	0	0	6	32.4	30.5	
الامطار الفعال	67.3	74.6	90.9	63	82.4	29.1	5.8	0	0	5.9	30.7	29	
التبخّر	21.4	20.7	29.06	55	71.4	94.3	99.2	149.1	134.7	86.5	53.7	31.7	
الحالة	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
الموازنة المائية	45.8	53.8	61.8	17	11	65.2	93.4	149.1	134	80.6	23.0	2.7	

المصدر: بالاعتماد على بيانات محطة سوران , وزارة النقل والمواصلات إقليم كردستان العراق , الهيئة العامة للأمناء
الجوية والرصد الزلزالي , بيانات غير منشورة , 2013, وبرنامج cropwat 8.0

جدول (3)

الخصائص الجيومورفولوجية والمورفومترية لحوض مركه سور

ت	الخصائص	الرمز	القيمة	ت	الخصائص	الرمز	القيمة
1	المساحة	s	162.1 كم	8	متوسط عرض الحوض	-	7.4 كم
2	المحيط	-	63.1 كم	9	طول المجرى الرئيسي	Lb	14.99 كم
3	أعلى ارتفاع	-	2055 م	10	مسافة بين مركز ثقل الحوض والمصب	Lca	11.87 كم
4	أدنى ارتفاع	-	579 م	11	مجموع أطوال المجاري	-	206.24 كم
5	متوسط درجة الانحدار	-	16.8 درجة	12	نسبة الاستدارة	Rc	0.5
6	أعلى درجة انحدار	-	61.3 درجة	13	نسبة الاستطالة	Re	0.9
7	طول الحوض	-	21.9 كم	14	معامل الشكل	F	0.34

المصدر: بالاعتماد على حسين كاظم عبد الحسين , منحدرات سلسلة جبال برادوست في محافظة أربيل , كلية التربية , جامعة المستنصرية , 2013 , ص 74 , برنامج Arc GIS 10.3.

جدول (4)

انواع الانحدارات

ت	نوع الانحدار	درجة الانحدار	المساحة ب (كم)	النسبة المئوية (%)
1	بسيط	0 – 14.9	69.89	43.12
2	معتدل	15 – 24.4	58.26	35.94
3	شديد	25 – 61.3	33.95	20.94
المجموع			162.1	%100

المصدر: بالاعتماد على dem منطقة , برنامج Arc GIS 10.3 , بعض معادلات المورفومترية.

جدول (5)
خصائص الشبكة التصريف المائي

عددتها	أطوال المجاري	الرتب النهرية
117	116.86	1
29	50.26	2
5	24.13	3
1	14.99	4
152	206.24	المجموع
1.27 كم/ كم	الكثافة الطولية (كثافة التصريف)	
0.94 وادي / كم	الكثافة العددية (التكرار النهري)	

المصدر : بالاعتماد على dem منطقة البحث , وبعض معادلات الخاصة بالمورفومتري.

جدول (6)

زمن التباطؤ (Tp) والمدة الزمنية المثالية لهطول الامطار (Tr) و تركيز الامطار المناسبة لتدفق الذروة (i) و زمن السيل الاساس (Tb) (زمن القاعدة) (Tb)

Ct	زمن التباطؤ		المدة الزمنية المثالية لهطول الامطار		تركيز المطر		المدة الاساس للسيل	
	ساعة Tp	ساعة ودقيقة Tp	ساعة Tr	ساعة ودقيقة Tr	(ملم / سم) / ساعة i	(ملم / سم) / ساعة i	أيام Tb	ساعات Tb
0.2	0.948	0:56	0.1723 64	0:10:3 4	5.8016 76	58.0 2	3.118 5	74.84
0.4	1.896	1:53:76	0.3447 27	0:20:6 8	2.9008 46	29.0 1	3.237	77.69
0.6	2.844	2:50:64	0.5170 91	0:31:0 3	1.9338 96	19.3 4	3.355 5	80.53
0.8	3.792	3:47:52	0.6894 55	0:41:3 7	1.4504 21	14.5 1	3.474	83.38
1	4.74	4:44:4	0.8618 18	0:51:7 1	1.6033 8	16.0 3	3.592 5	86.22
1.2	5.688	5:41:28	1.0341 82	1:02:0 5	0.9669 48	9.67	3.711	89.06
1.4	6.636	6:38:16	1.2065 45	1:12:3 9	0.8288 13	8.29	3.829 5	91.91
1.6	7.584	7:35:04	1.3789 09	1:22:7 3	0.7252 11	7.25	3.948	94.75
1.8	8.532	8:31:92	1.5512 73	1:33:0 8	0.6446 32	6.45	4.066 5	97.06
2	9.48	9:28:8	1.7236 36	1:43:4 2	0.5801 69	5.8	4.185	100.4 4
2.2	10.42 8	10:25:6 8	1.896	1:53:7 6	0.5274 26	5.27	4.303 5	103.2 8
max	10.42 8	10:25: 68	1.896	1:53:7 6	5.8016 76	58.0 2	4.303 5	103.2 8
min	0.948	0:56	0.1723	0:10:3	0.5274	5.27	3.118	74.84

زمن درجة الانحدار

				64	4	26		5	
mean	5.688	5:28:41	1.378909	1:22:73	3.164551	31.65	3.711	89.06	

المصدر: بالاعتماد على معادلتى (Tp) و (Tr) و (i) و (Tp) ..

جدول (7)

كمية التدفق الأقصى للسيول في حوض مركبة سور (م3/ثانية)

زيادة في درجة الانحدار	زيادة في نفاذية ←						
	Ct	Cp					
		2	3	4	5	6	6.5
0.2	341.9831	512.9747	643.9662	854.9578	1025.949	1111.445	
0.4	170.9917	256.4873	341.9831	427.4789	512.9744	555.7226	
0.6	113.9944	170.9916	227.9887	284.9859	341.9831	370.4817	
0.8	85.49578	128.2437	170.9916	213.7395	256.4873	277.8613	
1	68.49662	102.5949	136.7932	170.9916	205.1899	222.289	
1.2	56.99719	85.49578	113.9944	142.493	170.9916	185.2409	
1.4	48.85473	73.2821	97.70946	122.1368	146.5642	158.7779	
1.6	42.74789	64.12184	85.49578	106.8697	128.2437	138.9306	
1.8	37.99812	56.99719	75.99625	94.99531	113.9944	123.4939	
2	34.19831	51.29747	68.39662	85.49578	102.5949	111.1445	
2.2	31.08937	46.63406	62.17875	77.72344	93.26812	101.0405	
	max	1111.45	min	31.09	mean	571.27	

المصدر: بالاعتماد على معادلة (Qp).

جدول (8)

كمية التدفق الذروة النوعي لحوض مركبة سور (م3/ثانية/كم2)

زيادة في درجة الانحدار	زيادة في نفاذية ←						
	Ct	Cp					
		2	3	4	5	6	6.5
0.2	2.109705	3.164557	4.219409	5.274262	6.329112	6.856539	
0.4	0.110991	1.582278	2.109705	2.637131	3.164555	3.42827	
0.6	0.703235	1.054853	1.406469	1.758087	2.109704	2.285513	
0.8	0.527426	0.791139	1.054853	1.318566	1.582278	1.714135	
1	0.421941	0.632911	0.84388	1.054853	1.265823	1.371308	
1.2	0.370125	0.527426	0.703235	0.879044	1.054853	1.142757	
1.4	0.301386	0.45208	0.602773	0.753466	0.904159	0.979506	
1.6	0.263713	0.39557	0.527426	0.659283	0.791139	0.857067	
1.8	0.234412	0.351617	0.468823	0.586029	0.70323	0.761838	
2	0.21097	0.316456	0.421941	0.527427	0.632911	0.685654	
2.2	0.191791	0.287687	0.383583	0.479478	0.575374	0.623322	
	max	6.86	min	0.19	mean	3.525	

المصدر: بالاعتماد على معادلة (qp).

جدول (9)
 قوة السيل لحوض مركبة سور

زيادة في درجة الاحترار	زيادة في نفاذية ←						
	Ct	Cp					
		2	3	4	5	6	6.5
0.2	26.86434	40.29652	53.72869	65.16086	80.59301	7.30911	
0.4	13.43218	20.14826	26.86434	33.58043	40.2965	43.65456	
0.6	8.954784	13.43218	17.90956	22.38695	26.86434	29.10304	
0.8	6.716086	10.07413	13.43218	16.79022	20.14826	21.82728	
1	5.372869	8.059301	10.74573	13.43218	16.11861	17.46182	
1.2	4.477391	6.716086	8.954784	11.19348	13.43218	14.55152	
1.4	3.837764	5.756646	7.675527	9.594407	11.51329	12.47273	
1.6	3.358043	5.037065	6.716086	8.395106	10.07413	10.91364	
1.8	2.984927	4.477391	5.969855	7.462318	8.954784	9.701013	
2	2.686434	4.029652	5.372869	6.716086	8.059301	8.730911	
2.2	2.442213	3.66332	4.884427	6.105533	7.326639	7.937196	
	max	87.31	min	2.44	mean	44.88	

المصدر: بالاعتماد على معادلة (A).

 جدول (10)
 مدة الارتفاع (Tm) والانخفاض (Td) التدريجي لتدفق السيل

زيادة في درجة الاحترار	Ct	مدة الاساس	مدة الارتفاع		مدة الانخفاض	
		Tb (hr)	Tm (hr)		Td (hr)	
	0.2	74.84	24.	2	49.8	0
0.4	77.69	25.	2	51.7	5	
0.6	80.53	26.	2	53.6	5	
0.8	83.38	27.	2	55.5	5	
1	86.22	28.	2	57.4	5	
1.2	89.06	29.	2	59.3	5	
1.4	91.91	30.	2	61.2	6	
1.6	94.75	31.	2	63.1	6	
1.8	97.06	32.	2	64.7	6	
2	100.44	33.	2	66.9	6	
2.2	103.28	34.	2	68.8	6	

المصدر: بالاعتماد على نتائج معادلتين (Tm) و (Td).

جدول (11)
قيمة الطرف الثاني لمعادلة (QTm)

T (ساعات)	$\left[\frac{T}{T_m(\text{hr})}\right]^2$	T (ساعات)	$\left[\frac{T}{T_m(\text{hr})}\right]^2$	T (ساعات)	$\left[\frac{T}{T_m(\text{hr})}\right]^2$
1	0.0016	11	0.1963	21	0.7056
2	0.0064	12	0.2304	22	0.7744
3	0.0144	13	0.2704	23	0.8464
4	0.0256	14	0.3136	24	0.9216
5	0.04	15	0.36	25	1
6	0.0576	16	0.4096		
7	0.0784	17	0.4624		
8	0.1024	18	0.5148		
9	0.1296	19	0.5776		
10	0.16	20	0.64		

جدول (12)
قيمة الطرف الثاني لمعادلة (QTd)

T (ساعات)	$\left[\frac{T_d(\text{hr}) - T}{T_d(\text{hr})}\right]^3$	T (ساعات)	$\left[\frac{T_d(\text{hr}) - T}{T_d(\text{hr})}\right]^3$	T (ساعات)	$\left[\frac{T_d(\text{hr}) - T}{T_d(\text{hr})}\right]^3$
1	0.941192	18	0.262144	35	0.027
2	0.884736	19	0.238328	36	0.021952
3	0.830584	20	0.216	37	0.017576
4	0.778688	21	0.195112	38	0.013824
5	0.729	22	0.175616	39	0.010648
6	0.681472	23	0.157464	40	0.008
7	0.636056	24	0.140608	41	0.005832
8	0.592704	25	0.125	42	0.004096
9	0.551368	26	0.110592	43	0.002744
10	0.512	27	0.097336	44	0.001728
11	0.474552	28	0.085184	45	0.001
12	0.438976	29	0.074088	46	0.000512

13	0.405224	30	0.064	47	0.000216
14	0.373248	31	0.054872	48	0.000064
15	0.343	32	0.046656	49	0.000008
16	0.314432	33	0.039304	50	0
17	0.287496	34	0.032768		

جدول (13)

قيمة التدفق الأقصى للارتفاع التدريجي للسيل (QTm max)

T (ساعات)	QTm (m ³ /s)	T (ساعات)	QTm (m ³ /s)	T (ساعات)	QTm (m ³ /s)
1	1.77832	11	218.1776	21	784.2391
2	7.11328	12	256.0781	22	860.7069
3	16.00488	13	300.5361	23	940.7313
4	28.45312	14	348.5507	24	1024.312
5	44.458	15	400.122	25	1111.45
6	64.01952	16	455.2499		
7	87.13768	17	513.9345		
8	113.8125	18	572.1745		
9	144.0439	19	641.9735		
10	177.832	20	711.328		

جدول (14)
قيمة التدفق الأقصى لارتفاع التدرجي للسيل (QTd max)

T (ساعات)	$\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)}\right]^3$	T (ساعات)	$\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)}\right]^3$	T (ساعات)	$\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)}\right]^3$
1	1046.088	18	291.3599	35	30.00915
2	983.3398	19	264.8897	36	24.39855
3	923.1526	20	240.0732	37	19.53485
4	865.4728	21	216.8572	38	15.36468
5	810.2471	22	195.1884	39	11.83472
6	757.4221	23	175.0134	40	8.8916
7	706.9444	24	156.2788	41	6.481976
8	658.7609	25	138.9313	42	4.552499
9	612.818	26	122.9175	43	3.049819
10	569.0624	27	108.1841	44	1.920586
11	527.4408	28	94.67776	45	1.11145
12	487.8999	29	82.34511	46	0.569062
13	450.3862	30	71.1328	47	0.240073
14	414.8465	31	60.98748	48	0.071133
15	381.2274	32	51.85581	49	0.008892
16	349.4754	33	43.68443	50	0
17	319.5374	34	36.41999		

جدول (15)
قيمة التدفق الأقصى لارتفاع التدرجي للسيل (min QTm)

T (ساعات)	QTm (m3/s)	T (ساعات)	QTm (m3/s)	T (ساعات)	QTm (m3/s)
1	0.049744	11	6.102967	21	21.937104
2	0.198976	12	7.163136	22	24.076096
3	0.447696	13	8.406736	23	26.314576
4	0.795904	14	9.749824	24	28.652544
5	1.2436	15	11.1924	25	31.09
6	1.790784	16	12.73446		

7	2.437456	17	14.37602		
8	3.183616	18	16.00513		
9	4.029264	19	17.95758		
10	4.9744	20	19.8976		

جدول (16)

قيمة التدفق الاقصى للارتفاع التدريجي للسيل (QTd min)

T (سا) عات ($\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)} \right]$	T) س اء ا ت ($\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)} \right]$	T (سا) عات ($\left[\frac{Td(hr) - T^3}{Td(hr)} \right]$
1	29.26166	18	8.150057	35	0.83943
2	27.50644	19	7.409618	36	0.682488
3	25.82286	20	6.71544	37	0.546438
4	24.20941	21	6.066032	38	0.429788
5	22.66461	22	5.459901	39	0.331046
6	21.18696	23	4.895556	40	0.24872
7	19.77498	24	4.371503	41	0.181317
8	18.42717	25	3.88625	42	0.127345
9	17.14203	26	3.438305	43	0.085311
10	15.91808	27	3.026176	44	0.053724
11	14.75382	28	2.648371	45	0.03109
12	13.64776	29	2.303396	46	0.015918
13	12.59841	30	1.98976	47	0.006715
14	11.60428	31	1.70597	48	0.00199
15	10.66387	32	1.450535	49	0.000249
16	9.775691	33	1.221961	50	0
17	8.938251	34	1.018757		

جدول (17)
قيمة التدفق الأقصى للارتفاع التدريجي للسيل (QTm mean)

T (ساعات)	QTm (m ³ /s)	T (ساعات)	QTm (m ³ /s)	T (ساعات)	QTm (m ³ /s)
1	0.914032	11	112.1403	21	403.0881
2	3.656128	12	131.6206	22	442.3915
3	8.226288	13	154.4714	23	483.5229
4	14.62451	14	179.1503	24	526.4824
5	22.8508	15	205.6572	25	571.27
6	32.90515	16	233.9922		
7	44.78757	17	264.1552		
8	58.49805	18	294.0898		
9	74.03659	19	329.9656		
10	91.4032	20	365.6128		

جدول (18)
قيمة التدفق الأقصى للارتفاع التدريجي للسيل (QTd mean)

T (ساعات)	QTd (m ³ /s)	T (ساعات)	QTd (m ³ /s)	T (ساعات)	QTd (m ³ /s)
1	537.6748	18	149.755	35	15.42429
2	505.4231	19	136.1496	36	12.54052
3	474.4877	20	123.3943	37	10.04064
4	444.8411	21	111.4616	38	7.897236
5	416.4558	22	100.3242	39	6.082883
6	389.3045	23	89.95446	40	4.57016
7	363.3597	24	80.32513	41	3.331647
8	338.594	25	71.40875	42	2.339922
9	314.98	26	63.17789	43	1.567565
10	292.4902	27	55.60514	44	0.987155
11	271.0973	28	48.66306	45	0.57127
12	250.7738	29	42.32425	46	0.29249
13	231.4923	30	36.56128	47	0.123394
14	213.2254	31	31.34673	48	0.036561
15	195.9456	32	26.65317	49	0.00457
16	179.6256	33	22.4532	50	0
17	164.2378	34	18.71938		

جدول (19)

حجم التدفق السيول في حوض مركبة سور (مليون م³/ثانية)

زيادة في درجة الاتحدار	زيادة في النفاذية					
	Ct	Cp				
		2	3	4	5	6
0.2	30.78	46.17	57.96	76.95	92.34	100.03
0.4	15.39	23.08	30.78	38.47	46.17	50.02
0.6	10.26	15.39	20.52	25.65	30.78	33.34
0.8	7.69	11.54	15.39	19.24	23.08	25.01
1	6.16	9.23	12.31	15.39	18.47	20.01
1.2	5.13	7.69	10.26	12.82	15.39	16.67
1.4	4.40	6.60	8.79	10.99	13.19	14.29
1.6	3.85	5.77	7.69	9.62	11.54	12.50
1.8	3.42	5.13	6.84	8.55	10.26	11.11
2	3.08	4.62	6.16	7.69	9.23	10.00
2.2	2.80	4.20	5.60	7.00	8.39	9.09
	max	100.03	min	2.80	mean	51.415

المصدر: بالاعتماد على معادلة (AL).

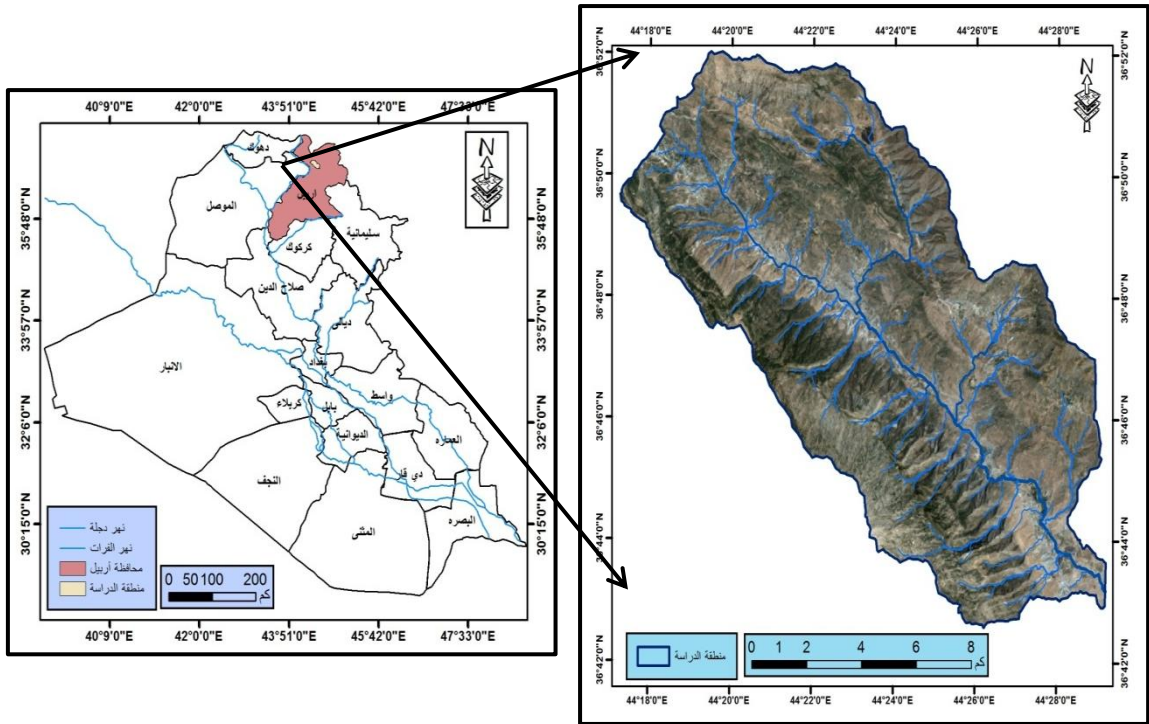
جدول (20)

قيمة سمك أو عمق السيول في حوض مركبة سور (ملم)

زيادة في درجة الاتحدار	زيادة في النفاذية					
	Ct	Cp				
		2	3	4	5	6
0.2	17.2368	25.8552	32.4576	43.092	51.7104	56.0168
0.4	8.6184	12.9248	17.2368	21.5432	25.8552	28.0112
0.6	5.7456	8.6184	11.4912	14.364	17.2368	18.6704
0.8	4.3064	6.4624	8.6184	10.7744	12.9248	14.0056
1	3.4496	5.1688	6.8936	8.6184	10.3432	11.2056
1.2	2.8728	4.3064	5.7456	7.1792	8.6184	9.3352
1.4	2.464	3.696	4.9224	6.1544	7.3864	8.0024
1.6	2.156	3.2312	4.3064	5.3872	6.4624	7
1.8	1.9152	2.8728	3.8304	4.788	5.7456	6.2216
2	1.7248	2.5872	3.4496	4.3064	5.1688	5.6
2.2	1.568	2.352	3.136	3.92	4.6984	5.0904
	max	56.02	min	1.57	mean	28.8

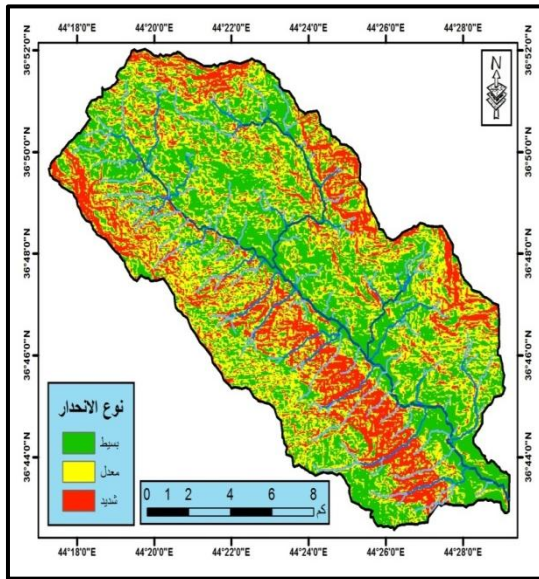
المصدر: بالاعتماد على معادلة (AL).

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة



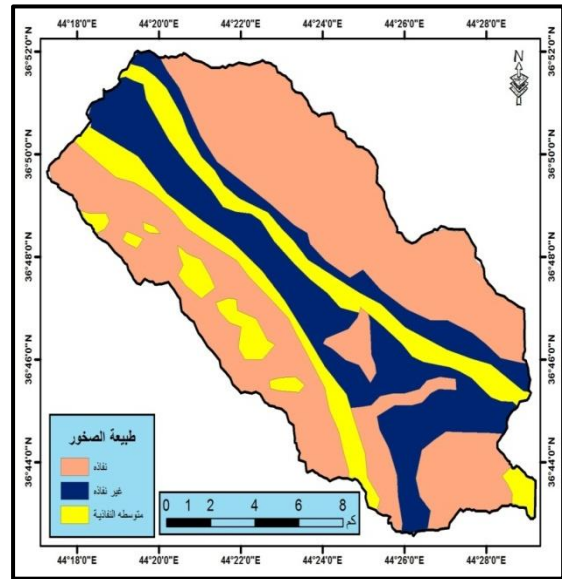
المصدر: مرئية من قمر (land sat 8) , وبرنامج Arc GIS 10.3.

خريطة (3) انواع الانحدارات



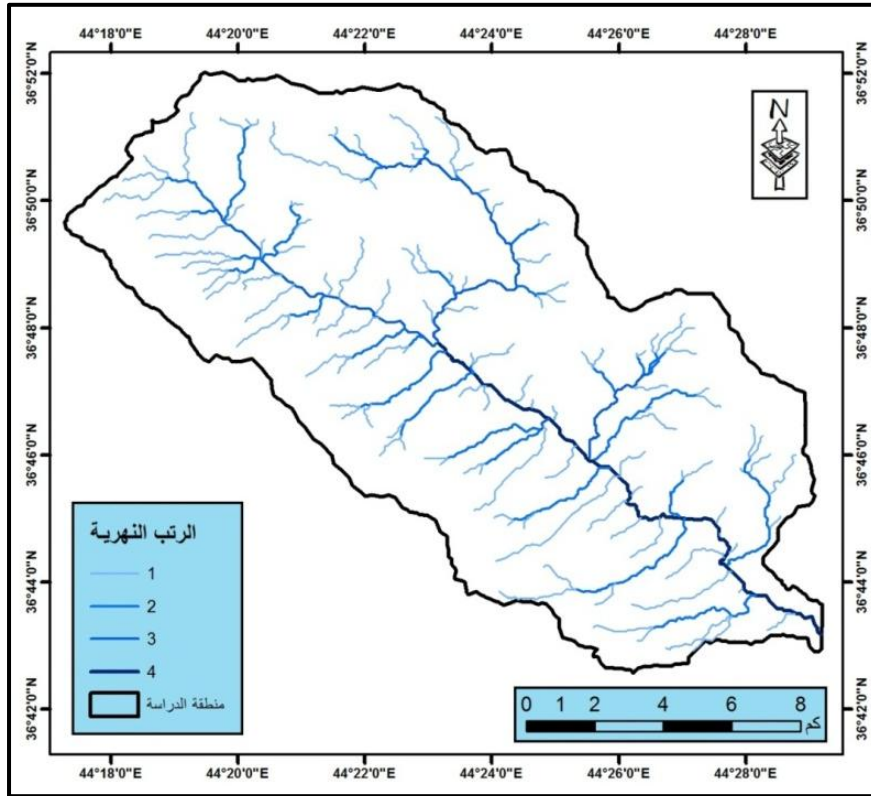
المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc GIS 10.3.

خريطة (2) طبيعة الصخور



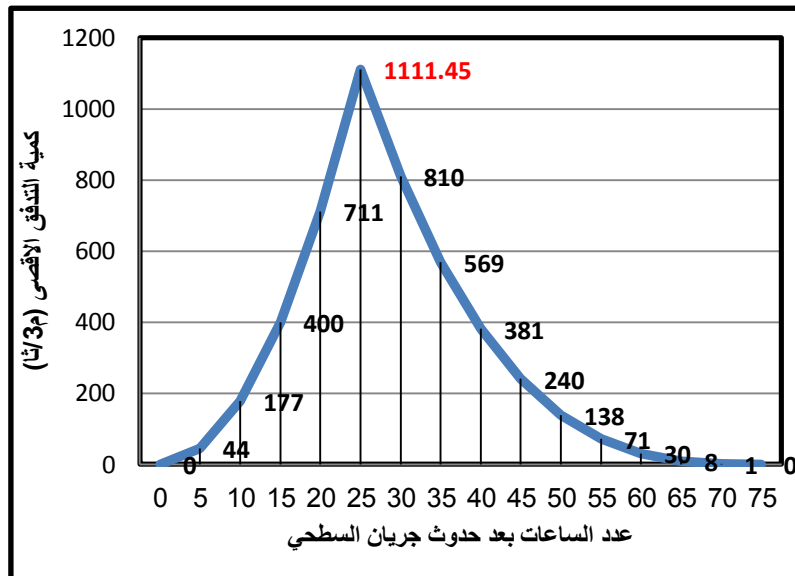
المصدر: بالاعتماد على تقرير المسح الجيولوجي لمنطقة اقليم كردستان

خريطة (4) الرتب النهرية لمنطقة البحث



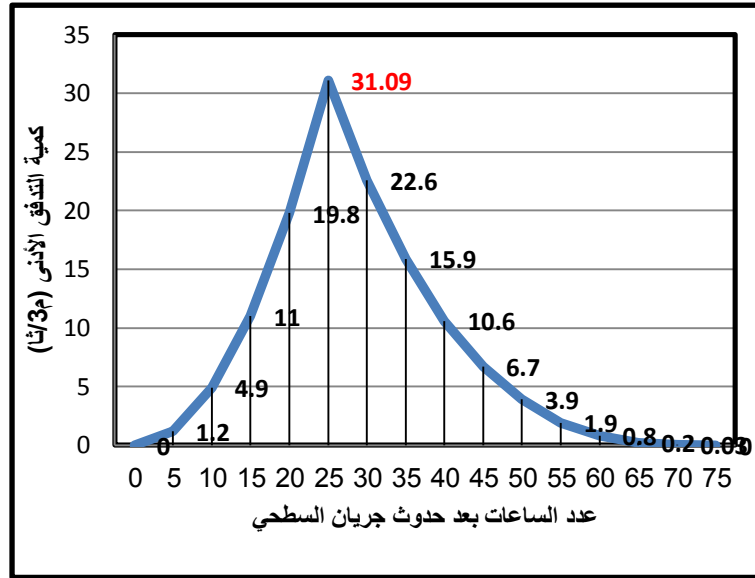
المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc GIS 10.3.

شكل (1) مخطط الهيدرولوجراف لحوض وادي مركة سور في أقصى كمية تدفق له



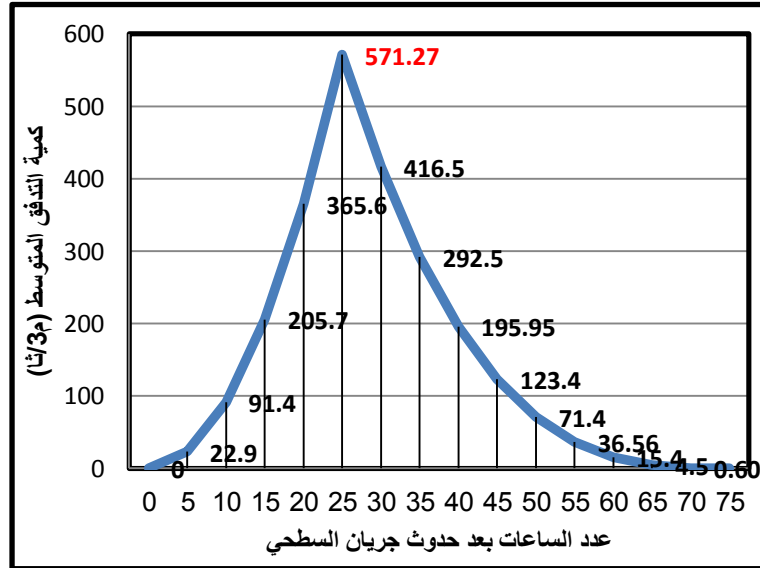
المصدر: بالاعتماد على (جدول 13) و(جدول 14).

شكل (2) مخطط الهيدروغراف لحوض وادي مركة سور في أدنى كمية تدفق له



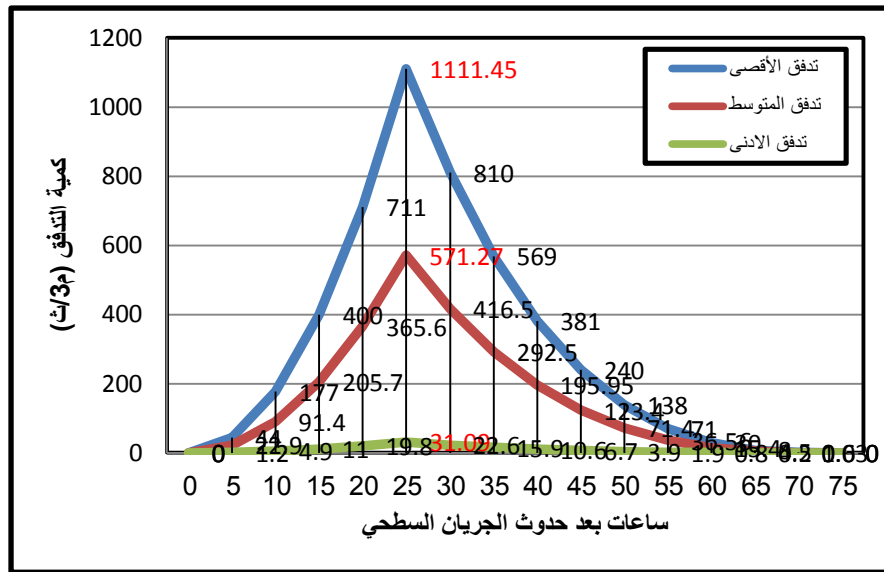
المصدر: بالاعتماد على (جدول 15) و(جدول 16).

شكل (3) مخطط الهيدروغراف لحوض وادي مركة سور في متوسط كمية تدفق له



المصدر: بالاعتماد على (جدول 17) و(جدول 18).

شكل (4) مخطط الهيدروغراف لحوض وادي مركة سور في كل تقديراته



المصدر: بالاعتماد (شكل 1) و(شكل 2) و(شكل 3).