Surface Runoff in the Basin of Al-Khabour Al-Kabeer Dam (Southern Hassakah) in Syria

Dr. Sharif Bader HAYEK*
Dr. Ebrahim Saleh YAZBEK**
Adnan Muhammad Al-Ali***

(Received 13 / 11 / 2024. Accepted 27 / 2 / 2025)

□ ABSTRACT □

Al-Khabour Al-Kabeer Dam (Southern Hassakah) is the biggest dam in Al-Khabour basin, where the drying up of Ras Al-Ain springs has limited the surface water resources in Al-Khabour Basin to surface runoff resulting from rainfall. The research aims to study the surface runoff in the basin of Al-Khabour Al-Kabeer Dam (Southern Hassakah) in Syria.

The Soil Conservation Service method (SCS-CN) and Geographic Information System (GIS) were used to study the possibility of the surface runoff in the dam basin which has an area of (1663.67 km^2). The results showed that there is a big possibility for surface runoff in the study area which got a high curve number (CN=87.97) and this is consistent with both of the land use and the soil texture in the study area.

The research results were also calibrated by choosing a time period in which rainfall occurred that caused surface runoff, where the accuracy percentage between the observe runoff and the simulated runoff was 86% and this is a good percentage that proves the validity of the research results.

Keywords: Surface Runoff, Al-Khabour Al-Kabeer Dam, SCS-CN, GIS

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria. Email: Shareefhayek@tishreen.edu.sy**

** **Associate Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria. Email: Ibrahimyazbek@tishreen.edu.sy**

*** **Postgraduate student (Master), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria. Email: Adnan.alali@tishreen.edu.sy**

تشكل الجريان السطحي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) في سورية

د. شريف بدر حايك*

د. ابراهيم صالح يزبك**

عدنان محمد العلي***

(تاريخ الإيداع 13 / 11 / 2024. قُبِل للنشر في 27/ 2 / 2025)

□ ملخّص □

يعد سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) أكبر سد موجود في حوض الخابور، حيث أدى جفاف مياه ينابيع رأس العين وانقطاع تصريفها في عام 2001 إلى اقتصار الموارد المائية السطحية في الحوض على الجريان السطحي الناتج عن الهطولات المطرية.

يهدف البحث إلى دراسة تشكل الجريان السطحي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي). وتم دراسة مدى استجابة الحوض الساكب للسد لتشكيل جريان سطحي باستخدام طريقة صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حيث بلغت مساحة الحوض الصباب للسد ($1663.67\ km^2$)؛ وبينت النتائج إمكانية الحوض الكبيرة لتشكيل جريان سطحي، حيث بلغت قيمة (CN) الموزون لكامل الحوض (87.97)، وهذا يتوافق مع كلاً من نوعية الغطاءات الأرضية وبنية التربة في منطقة الدراسة، كما تم إجراء معايرة لنتائج البحث، حيث تم اختيار فترة زمنية حصلت فيها هطولات مطرية رافقها حدوث جريان سطحي، بلغت نسبة التطابق بين قيمتي الجريان السطحي المحسوب والجريان السطحي المقيس (86%)، وهي نسبة جيدة وتعزز صحة نتائج الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، سد الخابور الكبير، SCS-CN، GIS.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ – قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.

الايميل: Shareefhayek@tishreen.edu.sy

** أستاذ مساعد– قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.

الايميل: Ibrahimyazbek@tishreen.edu.sy

*** طالب ماجستير – قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.

الايميل: Adnan.alali@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يعد الجريان السطحي أحد مكونات الدورة الهيدرولوجية، ويشكل جزء من الهطولات المطرية على الحوض المائي الذي ينساب على سطح الأرض وعلى المنحدرات متبعاً عدة مسارات حسب طبوغرافية المنطقة، حتى يصل إلى النهر أو إلى مجرى يحصر المياه ضمن مقطعه فيصب فيه ويصبح جزءاً منه، ويحدث الجريان السطحي نتيجة لتشبع التربة بالماء عقب سقوط الأمطار وبالتالي فإن ما يزيد عن مقدرة الأرض على امتصاصه من ماء سوف يجرى على المنحدرات باتجاه القناة الرئيسية (النفيعي، 2010)، أو قد يحدث الجريان السطحي نتيجة ظهور المياه الجوفية على سطح الأرض في شكل ينبوع أو غدير (أحمد، 2002).

تعد السدود من أعظم وأضخم المنشآت المدنية التي يبنيها الإنسان على الإطلاق، كونها غيرت معالم الحضارة البشرية، فهي إحدى المنشآت المائية التي تؤسَس لحفظ المياه وتخزينها لإعدادها للاستهلاك، إذ تقام لأغراض شتى منها: التحكم في المنسوب المائي، تخزين المياه للتحكم في الفيضان، توليد الطاقة الكهربائية، ري الأراضي الزراعية (حماد وغانم، 2019).

قام العديد من الباحثين بإجراء دراسات مائية في حوض نهر الخابور الذي يقع فيه سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)، حيث درست (الحسينو، 2021) الإدارة المتكاملة للموارد المائية في أعالي حوض الخابور، وبينت نتائج الموازنة المائية التي أجريت تناقص المخزون المائي الجوفي في الأحواض الفرعية المدروسة مع وجود عجز في تلبية الطلب الزراعي في السنة الجافة، فيما بحث (أحمد، 2020) الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض نهر الخابور في سورية، فبين أن الهطل المطري هو المصدر الرئيس للجريان في الحوض، كما اقترح رفع كفاءة استخدام المياه في الحوض واستخدام طرائق الري الحديث.

تعد دراسة العلاقة بين الهطل المطري والجريان السطحي من الدراسات المائية المهمة والتي شغلت العديد من الباحثين، حيث وضع (الأسعد وحويجة، 2014) علاقة رياضية تسمح بتقدير تدفقات نهر طرجانو اعتماداً على قيم الهطل المطري، أيضاً تمكن (الأسعد وعلي، 2018) من استنتاج علاقة رياضية تسمح بتقدير كميات الجريان السطحي في حوض السفرقية اعتماداً على قيم الهطل المطري، في حين بحث (حايك وآخرون، 2015) العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر مرقية وذلك عن طريق إجراء دراسة إحصائية تحليلية لبيانات الهطل المطري وغزارة النهر باستخدام برنامج Minitab، وتوصلت الدراسة إلى معادلة رياضية تعبر عن العلاقة بين الهطل المطري والجريان في منطقة الدراسة، كما توصلت إلى أن قيم الهطل المطري ضمن الحوض تعبر عن 87.2% من المتغيرات التي تطرأ على جريان النهر، حيث أوصت الدراسة بضرورة تكثيف قياسات تصاريف النهر بغية زيادة موثوقية بياناتها.

تم استخدام طريقة صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقدير حجم الجريان السطحي في العديد من الأحواض المائية في العالم، حيث أنه وعلى الرغم من أن طريقة (SCS-CN) وضعت لتقدير الجريان السطحي في الأحواض الساكبة الصغيرة؛ إلا أنها أُستخدِمت من قبل العديد من الباحثين لتقدير الجريان السطحي في الأحواض الكبيرة، حيث أظهرت نتائج دراسة قام بها (طلاب، 2022) لتقدير حجم الجريان السطحي في حوض وادي الشنشال في العراق الذي تبلغ مساحته ($807.38\ Km^2$) أن قيم (CN) مرتفعة في جميع مناطق الحوض مما يدل على إمكانية توليد جريان مائي سطحي في الحوض، كما أوصى بضرورة إقامة محطة رصد هيدرولوجية في منطقة الدراسة، كما عَمِل (العكام وعلوان، 2015) على تقدير الجريان السطحي لحوض دويريج في العراق والذي تبلغ مساحته ($3537\ Km^2$) باستخدام تقنية (GIS) وطريقة (SCS-CN)، حيث بينا أن التربة والغطاء الأرضي يؤثران على حجم الجريان السطحي فاختلاف نفاذية التربة يؤدي إلى اختلاف قيم CN لكل نوع من أنواع

الغطاء الأرضي، كما أوصت الدراسة بإنشاء محطات لقياس كمية الأمطار الساقطة وأخرى لقياس التصريف لغرض توفير البيانات التي قد يحتاجها الباحث عند القيام بأبحاث من شأنها أن تساعد على تنمية المنطقة، أيضاً قام (Kumar et al, 2021) بتقدير الجريان السطحي في حوض نهر السند في الهند الذي تبلغ مساحته (26207 Km^2) باستخدام طريقة (SCS-CN) وبالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حيث قام بالاعتماد على الموقع Global weather.tamu.edu للحصول على البيانات المناخية اليومية للفترة من عام 2005 وحتى عام 2014 في منطقة الدراسة، حيث أظهرت النتائج أن 49.02% من مساحة الحوض يُستخدم لأغراض زراعية وأن 65.05% من مساحة تربة الحوض تتدرج تحت التصنيف (C)، كما أوصت الدراسة بالمناطق التي يمكن إنشاء خزانات مائية فيها، أيضاً تمكن (Mohammed et al, 2020) من تقدير الجريان السطحي في حوض نهر مينير في الهند الذي تبلغ مساحته ($6668.212\ Km^2$) بالاعتماد على طريقة (SCS-CN)، حيث قام بحساب عمق الجريان السطحي الناتج عن عدة عواصف مطرية حصلت في الفترة بين 2010 إلى 2018، كما قدّر (Balakrishna, 2019) الجريان السطحي في حوض هيمافيثي في الهند الذي تبلغ مساحته ($2855\ Km^2$) باستخدام طريقة (SCS-CN) حيث تبين أن قرابة (41%) من مساحة الحوض كانت أرقام (CN) فيها مرتفعة، أيضاً تم استخدام طريقة صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) في دراسة حصاد مياه الأمطار، حيث بحثت (الزرفي، 2021) التقييم الهيدرولوجي لإمكانية حصاد مياه الأمطار في حوض الغضاري بالعراق الذي تبلغ مساحته ($573.2\ Km^2$)، وبينت أهمية التقانات الحديثة في نمذجة طرائق حصاد المياه في الحوض، كما قامت باختيار أربعة مواقع للسدود الصغيرة داخل الحوض.

أهمية البحث وأهدافه:

أدى جفاف مياه ينابيع رأس العين وانقطاع تصريفها في عام 2001 والتي كانت تمثل الوارد المائي الرئيس لنهر الخابور إلى حدوث مشكلة مائية كبيرة في حوض الخابور، تمثلت باقتصار الموارد المائية السطحية على الجريان السطحي الناتج عن الهطولات المطرية في المنطقة التي تعاني أصلاً من شح هذه الهطولات، الأمر الذي انعكس سلباً على كافة الأنشطة الزراعية والصناعية والاجتماعية في الحوض، وبالتالي لابد من الاهتمام بالجريان السطحي الناتج عن الهطل المطري ومحاولة الاستفادة منه قدر الإمكان في ظل الظروف المائية الصعبة التي تعيشها المنطقة، ومن هنا تبرز أهمية سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) الذي يعد أكبر سدود حوض دجلة والخابور.

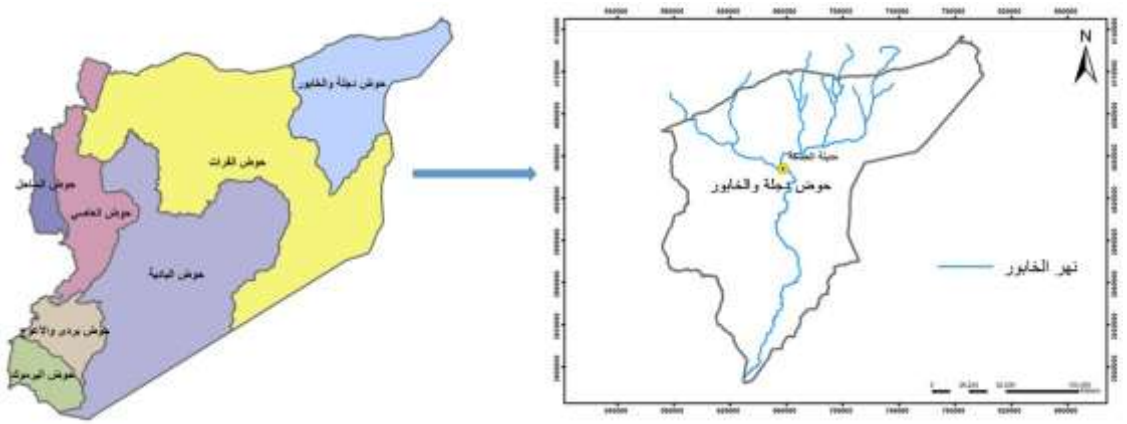
يهدف البحث إلى دراسة تشكل الجريان السطحي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

طرائق البحث ومواده:

يعد حوض دجلة والخابور أحد الأحواض المائية السبعة في الجمهورية العربية السورية والذي يقع في شمال شرق سورية وتبلغ مساحته ($25016.87\ km^2$)، حيث يكتسب هذا الحوض أهمية كبيرة بسبب المساحات الزراعية الواسعة الموجودة فيه والتي تشكل سلة غذائية لسورية، الشكل (1).

يحتوي حوض دجلة والخابور على تسعة أحواض فرعية وهي: حوض دجلة، حوض جغجغ، حوض وادي عيوج، حوض نهر زرقان، حوض نهر جرجب، حوض وادي الجصة، حوض وادي قزقز، حوض وادي المالحة، حوض الخابور الأدنى، الشكل (2).

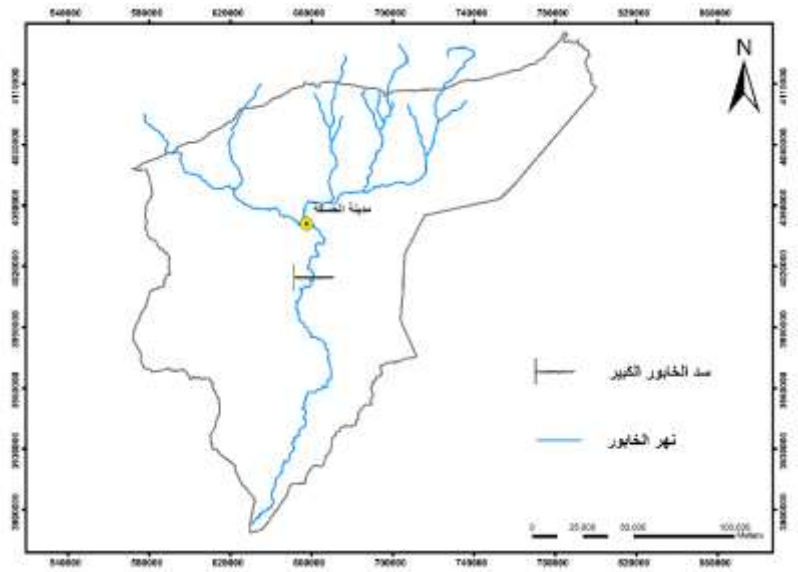
يقع سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) جنوبي مدينة الحسكة على مجرى نهر الخابور، وأنجز عام 2001م والهدف من إنشائه ري المزروعات وتوليد الكهرباء، وهو سد ترابي ذو نواة غضارية ويبلغ حجم تخزينه الكلي (605) مليون متر مكعب (أحمد، 2020)، حيث كان إنشاء هذا السد من ضمن مراحل إنجاز مشروع ري الخابور الذي اعتُمِد في القرن الماضي والذي كان يهدف إلى زيادة الإنتاج الزراعي عن طريق إرواء (150) ألف هكتار باستخدام الموارد المائية في حوض الخابور، الشكل (3).



الشكل (1). موقع حوض دجلة والخابور.

الشكل (2)، الأحواض الفرعية في حوض دجلة والخابور.

سنقوم بدراسة العلاقة بين الهطل المطري والجريان السطحي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) وذلك باستخدام طريقة صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، من خلال توضيح مدى قدرة هذا الحوض على توليد جريان سطحي، ومعايرة هذا النموذج عن طريق اختيار عاصفة مطرية حدثت في منطقة الدراسة نتج عنها جريان سطحي، ومن ثم مقارنة القيم المحسوبة عن طريق نموذج (SCS-CN) بالقيم المقيسة، ونتبع في بحثنا الخطوات الآتية:



الشكل (3)، موقع سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

1. تحديد الحوض الساكب لسد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي):

من خلال الشكل (2) فإن سد الخابور الكبير يقع في حوض نهر الخابور الأدنى، ونقوم بتحديد حدود حوض السد عن طريق برنامج (GIS)، حيث تم الحصول على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) الخاص بحوض نهر الخابور الأدنى من مركز المعلومات في الهيئة العامة للموارد المائية بدقة (25m x 25m) للبيكسل الواحد.

2. تطبيق طريقة صيانة التربة الأمريكية Soil Conservation Service (SCS-CN)

تعد طريقة صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) من الطرائق الرياضية الشهيرة التي تستخدم لتقدير الجريان السطحي الناتج عن الهطل المطري، والتي طورتها إدارة صيانة التربة التابعة لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية (Soil Conservation Service) عام 1970م ووضعت صيغتها المشهورة في عام 1986م(USDA, 1986)،

تأخذ طريقة صيانة التربة الأمريكية الصيغة الرياضية الآتية (USDA, 1986):

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \qquad (1)$$

حيث أن:

Q = عمق الجريان السطحي (مم).

P = كمية الأمطار الساقطة (مم).

Ia = الاعتراض الأولي قبل بدء الجريان السطحي متمثل بالتبخر والتسرب والنبات.

S = الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي (مم)

عن طريق العديد من الدراسات التي أُجريت تبين أن Ia تعادل خمس قيمة S، بالتالي Ia تصبح كالآتي:

$$Ia = 0.2S \quad (2)$$

ووفق ذلك تكون المعادلة:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (3)$$

أما حساب قيمة S فيكون على أساس العلاقة الرياضية الآتية:

$$S = \frac{100}{CN} - 10 \quad (4)$$

ولتحويل واحدات العلاقة (4–4) من (بوصة) إلى (مم) فإنها تأخذ الشكل الآتي:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

حيث تعبر قيم (CN) عن مقدار نفاذية السطح والاستجابة المائية اعتماداً على نوعية التربة والغطاء في أحواض التصريف، وهي قيمة لا بعدية تتراوح بين (صفر– 100)، فكلما اتجهت القيم نحو 100 تكون الأسطح أكثر كتامة أي أنها غير منفذة للماء، وإذا اتجهت القيم نحو الصفر فإن الأسطح تكون نفوذة أكثر للماء (USDA, 1986)، ويتم استخراج قيم (CN) بالاعتماد على جداول موضوعة من قبل طريقة (SCS-CN)، حيث أنه كل نوع تربة وغطاء أرضي تقابله قيم (CN) مخصصة. وبالتالي لتطبيق طريقة (SCS-CN) لابد من توافر خريطتي استخدام الأراضي ونوع التربة لمنطقة الدراسة، كما تم تصنيف بنية التربة في طريقة (SCS-CN) إلى (4) أصناف وهي (A, B, C, D)، الجدول (1).

الجدول (1)، تصنيفات التربة في طريقة SCS-CN، (Chow et al, 1988).

نوع التربة	عمق الجريان السطحي	صنف التربة
طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جداً من الطين والغرين	قليل	A
طبقة رملية اقل عمق من الصنف A مع معدل ارتشاح متوسط	متوسط	B
طبقة طينية محدودة العمق مع معدل ارتشاح دون المتوسط أو طبقة صخرية مغطاة بطبقة من التربة.	فوق المتوسط	C
طبقة طينية سميكة مغطاة بطبقة ضحلة من الغرين الناعم او طبقة صخرية عارية	عالي	D

بعد استخراج قيم (CN) يجب تحديد الحالة الأولية لرطوبة التربة لمعرفة ما إذا كان سيتم تعديل قيم (CN) أم لا، حيث يقُصد بالرطوبة الأولية للتربة حالة التربة قبل حدوث هطول الأمطار، ووفقاً لهذه التصنيفات عند دراستنا لأي عاصفة مطرية يجب علينا العودة خمسة أيام قبل حدوث هذه العاصفة، فإذا كانت الأيام الخمسة شهدت أمطار أقل من (35.6 mm) نعتبر أن الحالة الأولية لرطوبة التربة هي الحالة الجافة، وإذا كانت الأيام الخمسة قد شهدت أمطار بين (35.6–53.3 mm) نعتبر أن الحالة الأولية لرطوبة التربة هي الحالة المعتدلة، أما إذا شهدت الأيام الخمسة أمطار أكثر من (53.3 mm) حينها نعتبر أن الحالة الأولية لرطوبة التربة هي الحالة الرطبة، الجدول (2).

الجدول (2)، تصنيفات الحالة الأولية لرطوبة التربة في طريقة SCS-CN، (Chow et al, 1988)

تصنيفات الحالة الأولية لرطوبة التربة				
قيم (CN)	الهطولات المطرية في الأيام الخمسة السابقة (مم)		الحالة الأولية	التصنيف
	موسم السكون	موسم النمو		
CNI =4.2*CNII / (10-0.058CNII)	< 12.7	< 35.56	الحالة الجافة	I
CNII	12.7–27.9	35.56-53.3	الحالة معتدلة	II
CNIII =23*CNII / (10+0.13CNII)	>27.9	> 53.3	الحالة الرطبة	III

3. استخدام بيانات موقع Water Productivity Open Access Portal (WaPOR):

يعد موقع (WaPOR) من المواقع العالمية المهمة التي تستخدم تقنية الاستشعار عن بعد في مجال المياه، ويتمثل ذلك عن طريق توفير قاعدة بيانات واسعة تتضمن بيانات عن الهطول المطري، التبخر..، حيث يتبع هذا الموقع لمنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (FAO) والذي يهدف إلى إيجاد الحلول للتحديات والمشاكل المتعلقة في مجال المياه.

النتائج والمناقشة:

1. تحديد الحوض الساكب لسد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)

من خلال تطبيق الأداة (Basin) في (ArcMap) تم الحصول على حدود الحوض الساكب لسد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)، حيث بلغت مساحة هذا الحوض ($1663.67\ km^2$)، الشكل (4).

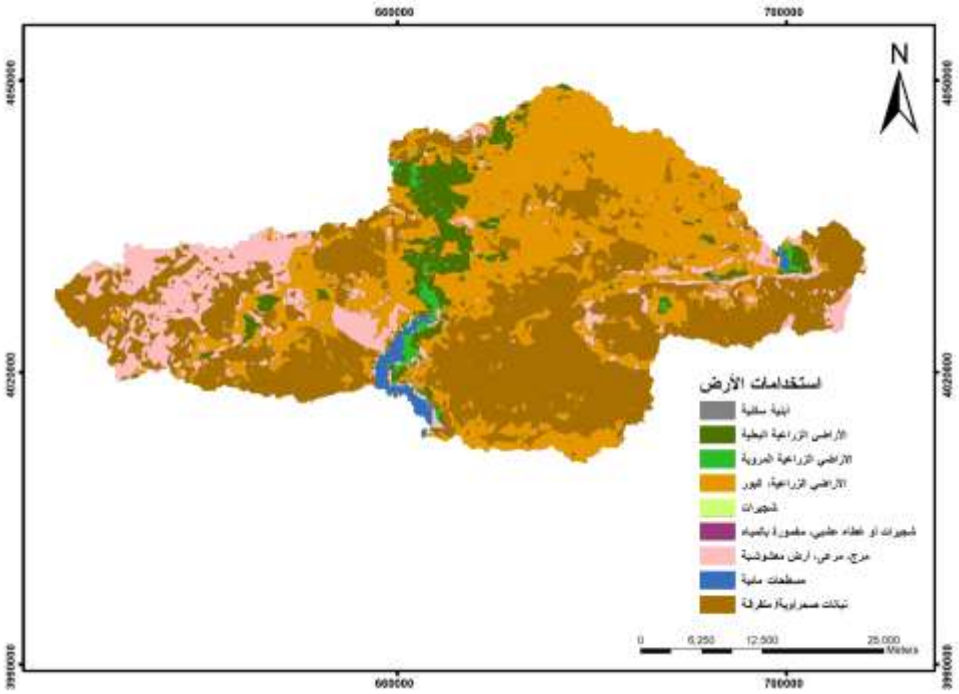
الشكل (4)، حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

2. استخدامات الأرض في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) Land Use

تم الحصول على خريطة استخدامات الأراضي لحوض الخابور الأدنى من مركز المعلومات في الهيئة العامة للموارد المائية المأخوذة من موقع (WAPOR)، حيث أنه ومن خلال أداة (Clip) في (ArcMap) تم اقتطاع خريطة استخدامات الأراضي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)، الجدول (3)، الشكل (5).

الجدول (3)، تصنيفات استخدامات الأراضي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

أصناف استخدامات الأراضي	المساحة (km^2)	النسبة المئوية %
أبنية سكنية	1.21	0.07
الأراضي الزراعية البعلية	104.2	6.27
الأراضي الزراعية المروية	17.07	1.03
الأراضي الزراعية غير المستثمرة/البور	623.11	37.47
شجيرات	0.35	0.02
شجيرات أو غطاء عشبي، مغمورة بالمياه	0.1	0.01
مرج، مرعى، أرض معشوشبة	214.47	12.9
مسطحات مائية	18.5	1.11
نباتات صحراوية/ متفرقة	683.93	41.13
المجموع	1662.94	100



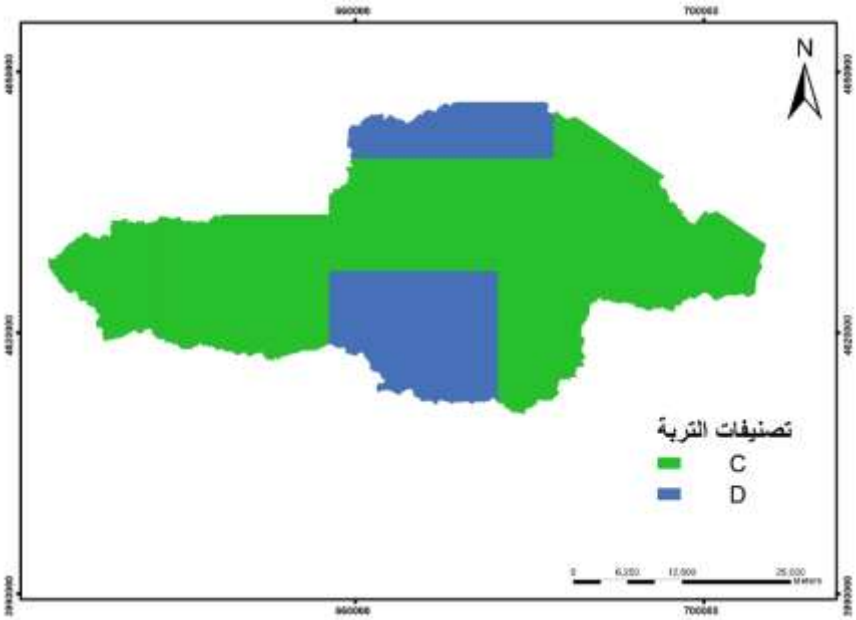
الشكل (5)، استخدامات الأرض في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

3. مجموعات الترب الهيدرولوجية في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) Hydrologic Soil Groups

تم الحصول على خريطة مجموعات الترب الهيدرولوجية لحوض الخابور الأدنى من مركز المعلومات في الهيئة العامة للموارد المائية المأخوذة من موقع (WAPOR)، حيث أنه ومن خلال أداة (Clip) في (ArcMap) تم اقتطاع خريطة الترب الهيدرولوجية في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)، الجدول (4)، الشكل (6).

الجدول (4)، مجموعات الترب الهيدرولوجية في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

نوع التربة	المجموعة الهيدرولوجية	المساحة (km^2)	النسبة المئوية %
طينية	C	121.98	7.6
لومية رملية	C	1094.77	68.22
لومية	D	388.11	24.18



الشكل (6)، مجموعات الترب الهيدرولوجية في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

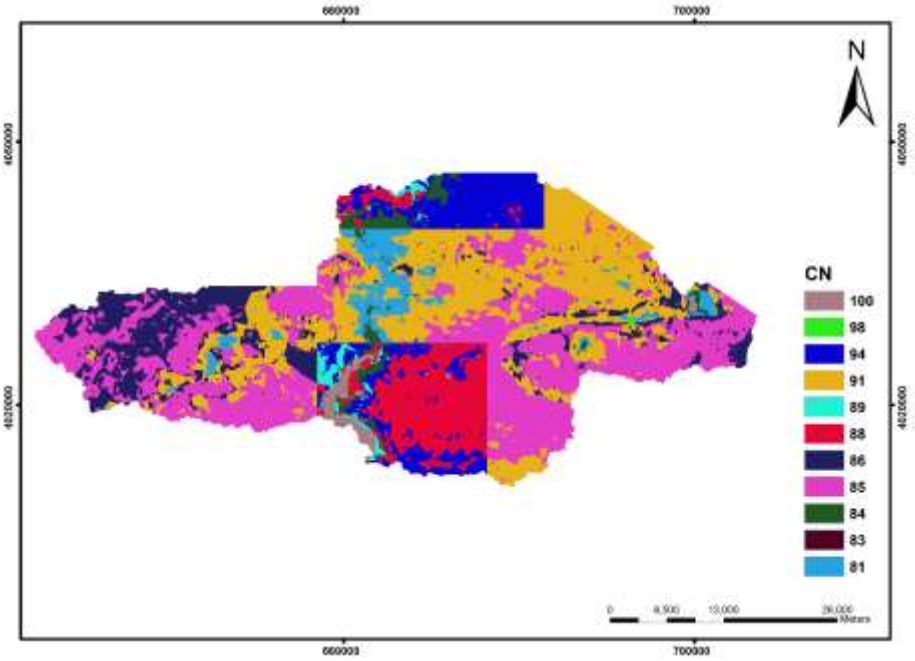
4. استخلاص قيم (CN) في منطقة الدراسة

تم الحصول على قيم (CN) للحوض من خلال دمج شريحتي استخدامات الأراضي وأصناف الترب الهيدرولوجية باستخدام أداة (Combine) في (ArcGis) وبالاعتماد على الجدول (5) الذي يوضح قيم (CN) المقابلة لأصناف الترب الهيدرولوجية واستخدامات الأراضي في منطقة الدراسة والمشتق من الجدول الأساسي المعد من قبل طريقة صيانة التربة الأمريكية (USDA, 1986).

الجدول (5)، قيم (CN) المقابلة لكل نوعي تربة وغطاء أرضي، (USDA, 1986).

استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة	مجموعات الترب الهيدرولوجية في منطقة الدراسة	
	D	C
أبنية سكنية	98	98
الأراضي الزراعية البعلية	84	81
الأراضي الزراعية المروية	88	84
الأراضي الزراعية غير المستثمرة /البور	94	91
شجيرات	83	77

استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة	مجموعات الترب الهيدرولوجية في منطقة الدراسة	
شجيرات أو غطاء عشبي، مغمورة بالمياه	100	-
مرج، مرعى، أرض معشوشبة	89	86
مسطحات مائية	100	100
نباتات صحراوية / متفرقة	88	85



الشكل (7)، توزع قيم (CN) في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

4-1. استخلاص قيم (CNw) الموزون في منطقة الدراسة

يقصد بقيمة (CNw) الموزون قيمة (CN) التي تعبر عن كامل الحوض في حالة الرطوبة الأولية المعتدلة للتربة التي تمثل الحالة الوسط بين الحالات الأولية لرطوبة التربة، وهي حاصل قسمة مجموع قيم (CN) المختلفة في الحوض مضروبة بالمساحات التي تشغلها كل قيمة على مجموع المساحات، الجدول (6)، وتعطى بالعلاقة الآتية (USDA, 1986):

$$CNw = \frac{\sum(CN * Area)}{\sum Area} \quad (6)$$

الجدول (6)، توزع قيم (CN) في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

قيم (CN)	المساحة (km^2)	النسبة المئوية %
81	72.44	4.52%
83	0.37	0.02%

84	37.54	2.34%
85	504.52	31.45%
86	188.60	11.76%
88	164.59	10.26%
89	20.74	1.29%
91	440.75	27.48%
94	154.76	9.65%
98	1.23	0.08%
100	18.63	1.16%

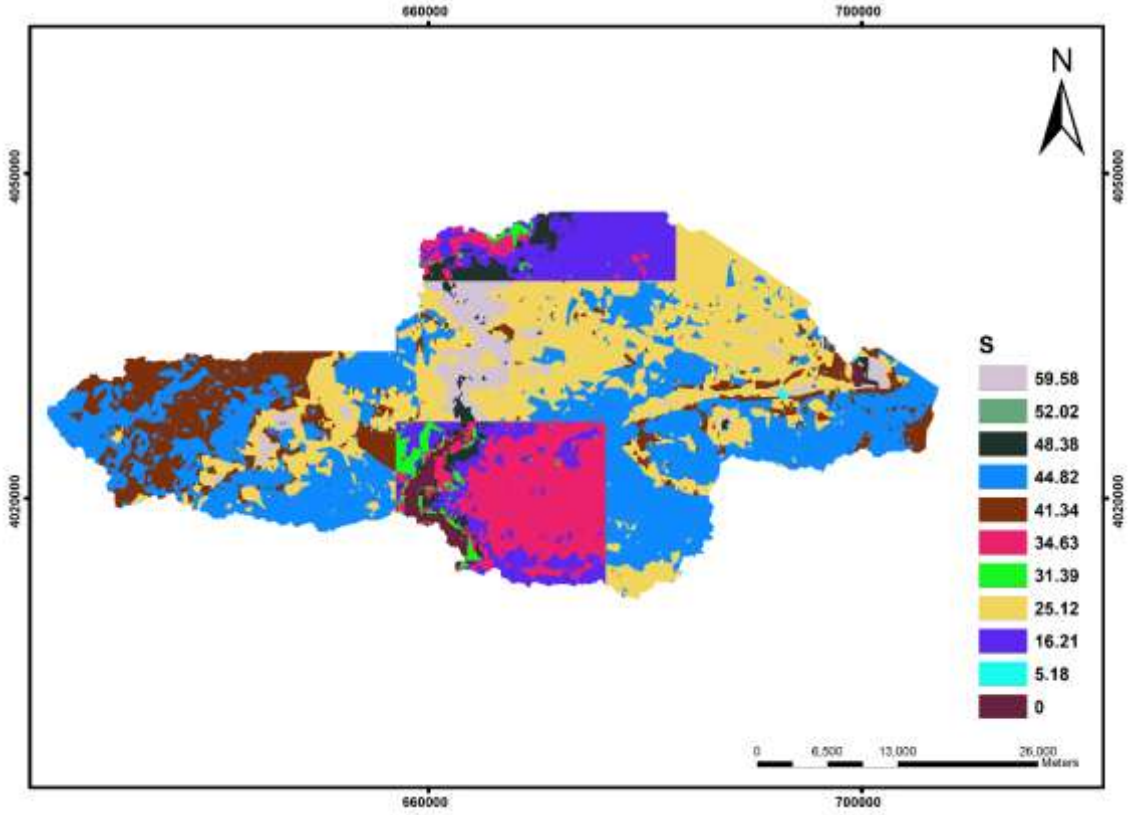
من خلال تطبيق العلاقة (6) وبالاعتماد على الجدول (6) تبين أن قيمة (*CNw*) لكامل حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) هي87.97، حيث تبيّن أن الحوض لديه إمكانية كبيرة على توليد الجريان السطحي، وهي نتيجة منطقية وذلك لأن معظم الغطاء الأرضي في الحوض هو من نوع النباتات المتفرقة (الصحراوية) والأراضي الزراعية غير المستثمرة (البور)، وهي غطاءات أرضية تسمح بتوليد الجريان السطحي نظراً لقلة الغطاء النباتي فيها والذي يعمل على إعاقة عملية الجريان السطحي، فضلاً على أن جميع أصناف الترب الهيدرولوجية في منطقة الدراسة تنتمي إلى الأصناف (C, D)، وهي أصناف تتميز بقدرتها على توليد الجريان السطحي وعدم تسرب الماء إلى باطن الأرض.

5. استخلاص قيم الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي لمنطقة الدراسة

Potential Maximum Retention After Runoff (S)

تشير قيمة (S) على قدرة التربة بالاحتفاظ بالماء بعد سقوط الأمطار وبدء الجريان السطحي، حيث أنه لكل قيمة من قيم (S) دلالات خاصة؛ فتدل القيم القريبة من الصفر على تدني إمكانية التربة في الاحتفاظ بالماء على السطح بعد بدء الجريان مما يؤدي إلى ارتفاع كمية المياه الجارية على السطح، فيما يتماثل معدل احتفاظ التربة بالماء مع معدل المياه الجارية على السطح إذا بلغت قيمة (S) قريباً من (254 mm)، وهي قيمة الوسيط للمعامل S وترتفع إمكانية التربة في حفظ الماء على السطح كلما زادت قيم S عن الوسيط مما يؤدي إلى انخفاض كمية الجريان السطحي (النفيعي، 2010).

من خلال تطبيق العلاقة (5) تم الحصول على قيم (S)، حيث يبين الشكل (8) توزع هذه القيم في منطقة الدراسة، كما تم حساب قيمة (S) لكامل حوض سد الخابور الكبير وبلغت (34.72 mm).

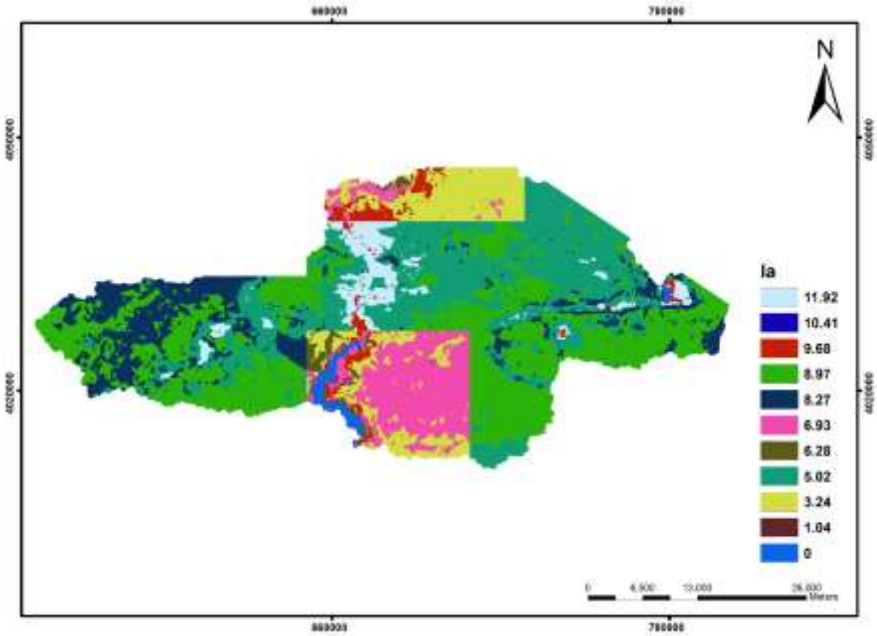


الشكل (8)، توزع قيم (S) في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

6. حساب معامل الاستخلاص الأولي قبل بدء الجريان السطحي Initial Abstraction (Ia)

يعبر معامل الاستخلاص الأولي عن جميع الفواقد من مياه الأمطار قبل بدء عملية الجريان السطحي والتي تتضمن المياه المحجوزة في المنخفضات السطحية والمياه التي تعترضها النباتات او المياه المفقودة بالتبخر والتسرب إلى داخل الأرض (USDA, 1986).

من خلال تطبيق العلاقة (2) تم الحصول على قيم المعامل (Ia)، حيث يبين الشكل (9) توزع قيم المعامل (Ia) في منطقة الدراسة، كما تم حساب قيمة (Ia) لكامل حوض سد الخابور الكبير وبلغت (6.94mm).



الشكل (9)، توزع قيم (Ia) في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

7. معايرة نموذج (SCS-CN) في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي)

7-1. البيانات اللازمة لإجراء المعايرة

يتطلب إجراء معايرة نموذج (SCS-CN) للتحقق من مدى دقة نتائج هذه الطريقة إلى توافر مجموعة من البيانات:

- بيانات الهطل المطري: كما هو مبين في العلاقة (1)؛ فإن الهطل المطري هو من المدخلات الأساسية لتطبيق علاقة (SCS-CN)، حيث أنه يجب مراعاة تحقيق شرطين عند اختيار بيانات الهطل المطري:

1) من خلال العلاقة (1) نلاحظ أن البسط هو مربع حاصل طرح قيمة معامل الاستخلاص الأولي (Ia) من كمية الهطل المطري (P)، وبالتالي في حال كانت كمية الهطولات المطرية أقل أو تساوي قيمة معامل الاستخلاص الأولي فلن يحدث أي جريان سطحي، ومنه فإن وجود بيانات للهطولات المطرية اليومية هو شرط أساسي لتطبيق هذه العلاقة؛ وذلك لمعرفة ما إذا كانت هذه الأمطار ستحقق الشرط السابق أم لا.

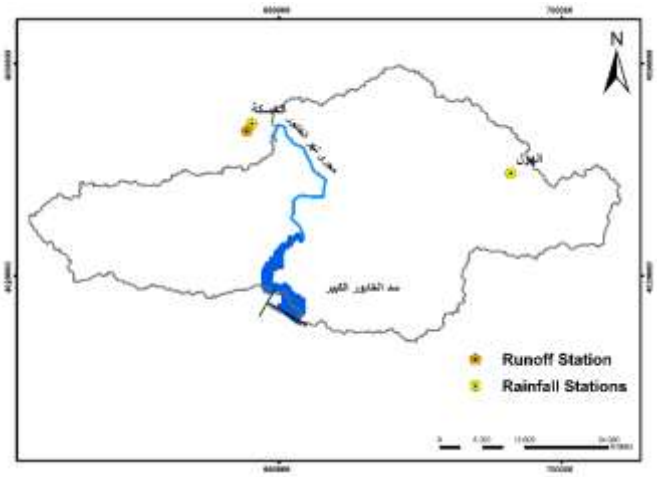
2) عند اختيار عاصفة مطرية حدثت في منطقة الدراسة ونريد حساب عمق الجريان السطحي الناتج عنها وفقاً لطريقة (SCS-CN) يجب علينا مراعاة شرط الحالة الأولية لرطوبة التربة؛ وذلك لأن قيم (CN, S, Ia) تتغير وفقاً لحالات الرطوبة الأولية للتربة (الجافة، المعتدلة، الرطبة)، الجدول (7).

الجدول (7)، قيم (CN, S, Ia) في منطقة الدراسة لجميع حالات الرطوبة الأولية للتربة.

الحالة الأولية لرطوبة التربة	CN	S	Ia
الحالة الجافة	75.44	82.67	16.53
الحالة المعتدلة	87.97	34.72	6.94
الحالة الرطبة	94.39	15.10	3.02

يتوفر في منطقة الدراسة حالياً محطتين مطريتين فقط وهما محطة الحسكة ومحطة الهول، حيث أنه كان يتواجد في منطقة الدراسة محطات مطرية أخرى قبل العام (2011) ولكن خرج معظمها عن الخدمة حالياً ولم يتبقى سوى المحطتين السابقتين، الشكل (10)، حيث سيتم اختيار فترة زمنية حصلت فيها هطولات مطرية تحقق الشرطين السابقين.

- بيانات مقيسة للجريان السطحي الناتج عن الهطل المطري: يتوفر في منطقة الدراسة محطة واحدة فقط لقياس الجريان السطحي، حيث توجد هذه المحطة عند مدخل الحوض وبالتالي لا يمكن اعتماد بيانات هذه المحطة فقط لأن البيانات التي توفرها هي عن الجريانات القادمة من حوض جغجغ وأحواض أعالي الخابور، وبالتالي سنستفيد من بيانات تخزين بحيرة السد، حيث تمثل المياه المتجمعة في بحيرة السد، كلاً من المياه القادمة من الأحواض الأخرى والتي تتوفر لدينا بياناتها، والمياه التي يولدها الحوض الصباب لبحيرة السد بالإضافة إلى الهطولات المطرية الساقطة فوق بحيرة السد، الشكل (10).



الشكل (10)، محطات قياس الهطل المطري والجريان السطحي في حوض سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي).

2-7. تطبيق المعايرة

تم الحصول على بيانات كلاً من المحطات المطرية (الحسكة، الهول) ومحطة قياس الجريان السطحي بالإضافة إلى تخزين بحيرة سد الخابور الكبير (الحسكة الجنوبي) للفترة من عام 2009/2010 وحتى عام 2022/2023 من مركز المعلومات في الهيئة العامة للموارد المائية في سورية، حيث تم اختيار الفترة الزمنية من تاريخ 10/4/2016 وحتى تاريخ 15/4/2016 لإجراء المعايرة عليها.

- الهطولات المطرية في هذه الفترة:

الجدول (8)، بيانات الهطولات المطرية.

بيانات الهطل المطري			
الحسكة		الهول	
اليوم	mm	اليوم	mm
2016-03-30	0.7	2016-03-29	5
2016-04-10	1	2016-04-10	0
2016-04-11	2	2016-04-11	0
2016-04-12	21	2016-04-12	35
2016-04-13	11	2016-04-13	15
2016-04-14	8	2016-04-14	0
2016-04-15	0	2016-04-15	25
2016-05-05	3	2016-05-05	1.1

يبين الجدول (8) الهطولات المطرية التي حصلت خلال الفترة المرصودة، حيث نلاحظ أنه لم يحدث هطول أمطار قبل تاريخ (10/4/2016) إلا في تاريخ (30/3/2016)، كما أنه توقفت الأمطار بعد تاريخ (15/4/2016) ولم يحدث أي هطول مطري حتى تاريخ (5/5/2016).

نلاحظ أن مجمل الأمطار التي هطلت وفقاً لمحطة الحسكة هي (43 mm) و(75 mm) وفقاً لمحطة الهول، إذ أن بعض هذه البيانات تخضع لحالة الرطوبة الأولية الجافة للتربة والبعض يخضع لحالة الرطوبة الأولية المعتدلة للتربة، يبين الجدول (9) بيانات الهطل المطري المسببة لحدوث جريان سطحي في الحالتين.

الجدول (9)، بيانات الهطولات المطرية المسببة لحدوث جريان سطحي.

المتوسط (mm)	الهول (mm)	الحسكة (mm)	حالة الرطوبة الأولية للتربة
28	35	21	الحالة الجافة
24	40	8	الحالة المعتدلة

- التدفقات القادمة من الأحواض الأخرى:

الجدول (10)، بيانات التدفقات القادمة من الأحواض الأخرى.

بيانات التدفقات–الحسكة		
m^3	m^3/s	اليوم
0	0	2016-04-10
0	0	2016-04-11
432000	5	2016-04-12
432000	5	2016-04-13
86400	1	2016-04-16
توقفت التدفقات		

يبين الجدول (10) التدفقات التي قَدِمت من الأحواض الأخرى خلال فترة الرصد، حيث بلغ حجم التدفقات القادمة خلال هذه الفترة ($950400\ m^3$).

- حجم تخزين بحيرة السد:

الجدول (11)، حجم تخزين بحيرة سد الخابور الكبير.

حجم تخزين بحيرة سد الخابور الكبير		
التدفقات الخارجة من بوابات السد (m^3)	حجم التخزين MCM	اليوم
0	121.47	2016-04-07
0	122.03	2016-04-12
0	132.74	2016-04-17
0	133.34	2016-04-18
0	133.64	2016-04-19
0	133.94	2016-04-21
توقف تغير المنسوب		

يبين الجدول (11) حجم تخزين بحيرة السد قبل حدوث هطول الأمطار في تاريخ (7/4/2016) وصولاً إلى ما بعد توقف التدفقات القادمة من الأحواض الأخرى حتى استقرار منسوب بحيرة السد في تاريخ (21/4/2016)، وبالتالي يكون إجمالي كميات المياه التي تجمعت في بحيرة السد نتيجة الجريانات السطحية القادمة من حوض السد ومن الأحواض الأخرى وأيضاً نتيجة هطول الأمطار فوق بحيرة السد هي ($12470000\ m^3$).

تم تطبيق العلاقة (1) مع مراعاة وجود حالتي رطوبة أولية (جافة، معتدلة)، حيث تم حساب عمق الجريان السطحي الناتج عن كل حالة باستخدام بيانات الجدول (7) والجدول (9)، تبين أن عمق الجريان السطحي الناتج عن الهطل المطري في حوض سد الخابور الكبير في حالة الرطوبة الأولية الجافة هو (1.5 mm) و(5.62 mm) في الحالة المعتدلة وبالتالي يكون حجم الجريان السطحي الناتج عن الهطل المطري الذي يولده حوض السد في حالة الرطوبة الأولية الجافة هو ($2495505\ m^3$) و($9349825.4\ m^3$) في الحالة المعتدلة ومنه فإن حجم الجريان السطحي الإجمالي هو ($11845330.4\ m^3$)، يبين الجدول (12) معايرة النتائج:

بيانات الهطولات المطرية المسببة لحدوث جريان سطحي (mm)			التدفقات القادمة من الأحواض الأخرى (m^3)	حجم الهطول المطري على بحيرة السد (m^3)	حجم المياه في بحيرة السد (m^3)	حجم المياه المقاسة التي يولدها حوض السد (m^3)	حجم المياه المحسوبة التي يولدها حوض السد (m^3)	نسبة الخطأ
المحطات		المتوسط						
الحسكة	الهول							
29	75	52	950400	1378830	12470000	10140770	11845330.4	14%

تم تقييم أداء نموذج (SCS-CN) عن طريق حساب نسبة الخطأ (الانحراف) بين قيمة الجريان السطحي المحسوب والجريان السطحي المقيس وفق العلاقة الآتية (Shadeed et al, 2010):

$$D_v = \frac{Q_s - Q_o}{Q_s} * 100 \qquad (7)$$

حيث أن:

Q_s = الجريان السطحي المحسوب.

Q_o = الجريان السطحي المقيس.

بلغت نسبة الخطأ بين حجم الجريان السطحي المحسوب وفق طريقة (SCS-CN) وحجم الجريان السطحي المقيس (14%) وهي نسبة جيدة ومقبولة نظراً لظروف منطقة الدراسة، حيث أنه كما ذكرنا سابقاً لا يوجد في الحوض سوى محطتين لقياس الهطل المطري وهذا غير كافٍ نظراً لمساحة الحوض الكبيرة ($1663.67\ km^2$).

الاستنتاجات والتوصيات:

1. يشغل صنفي النباتات الصحراوية، والأراضي الزراعية غير المستثمرة (البور) معظم مساحة منطقة الدراسة (78.6% من مجمل مساحة الحوض)، إذ يتميز كل منهما بقدرته العالية على توليد الجريان السطحي.
2. تنتمي تربة منطقة الدراسة إلى المجموعتين (C, D) اللتين تتميزان بالقدرة العالية على توليد الجريان السطحي.
3. بلغت قيمة (CN) الموزون لكامل منطقة الدراسة (87.97) في حين بلغت القيمتان (S) الإمكانية القصوى للتربة للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي، و(Ia) معامل الاستخلاص الأولي قبل بدء الجريان السطحي في منطقة الدراسة (34.72, 6.94)mm على التوالي، وتشير كل هذه القيم إلى الإمكانية الكبيرة للحوض على توليد الجريان السطحي.
4. تم إجراء معايرة لنموذج (SCS-CN) وذلك عن طريق حساب نسبة الخطأ (الانحراف) بين قيمة الجريان السطحي المحسوب والذي بلغ ($11845330.4\ m^3$) خلال فترة الرصد والجريان السطحي المقيس والذي بلغ ($10140770\ m^3$)، أظهرت نتيجة المعايرة أن نسبة الخطأ بلغت (14%) وهي نسبة جيدة.
5. ضرورة إنشاء المزيد من محطات القياس المطرية وقياسات التدفقات المائية وأتمتتها في منطقة الدراسة.

References:

1. HAMMAD, M.; GHANEM, S. *Water balance of AL-THAWRA dam Lake Evaluation.* Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 41, No 2, 2019, 475-489.
2. ALASAAD, A.; HOYJA, R. *Rainfall – Runoff Relationship in TERJANO river basin.* Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 36, No 5, 2014, 445-458.
3. ALASAAD, A.; ALI, R. *Rainfall – Runoff Relationship in Alsafarqieh Watershed.* Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 40, No 3, 2018, 335-348.
4. HAYEK, S, B.; AMMAR, G, A.; ISSA, S, M. *The relationship between the precipitation and the flow in the Mrqiyeh River Basin by using the Minitab program.* Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 37, No 6, 2015, 301-320.
5. SISHAH, S. *Rainfall Runoff Estimation Using GIS and SCS-CN Method for Awash River Basin, Ethiopia*. Journal of Earth Science & Climate Change. Vol 12, No 4, 2021.
6. Skarnah, Z, A.; Makhamreh, Z, M. *Impact of Urban Expansion on Surface Runoff in Amman City using Geographic Information System: Case study Abdoun and Jubiha Drainage basins.* The University Of JORDAN, Dirasat; Human and Social Sciences Journal, Vol 46, No 1, 2019, 1-22.
7. ALHUSSEINO, M. *Integrated Water Resources Management of the Upper Khabour Basin in Syria*. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master in Water Engineering. Damascus University, Faculty of Civil Engineering, 2021, 130.
8. Ahmed, Abdul-Hay Hassan Haj; Issa, Maryam Juma; Ahmed, Ghassan Ahmed. Integrated Water Resources Management in the Khabur River Basin in Syria. A thesis prepared for the degree of PhD in Physical Geography. Damascus University, Faculty of Arts and Humanities, Department of Geography, Division of Physical Geography, 2020.
9. ALGHOBARI, H.; DEWIDAR, A.; ALATAWAY, A. *Estimation of Surface Water Runoff for a Semi-Arid Area Using GIS Based SCS-CN Method*. Water. 12, 2020.
10. Al-Akkam, Ishaq Saleh; Alwan, Nawal Kamel. Estimating the volume of surface runoff of Wadi Duwairij basin based on remote sensing technology and geographic information systems. Journal of Geographical Research, Issue (21), 2015.
11. USDA-TR55, *Urban Hydrology for Small Watersheds*, Department of Agriculture, USA, 1986, 164.
12. KUMAR, A.; KANGA, S.; TALOOR, A, K.; SINGH, S, K.; ĐURIN, B. *Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques*. HydroResearch. Vol 4, 2021, 61-74.
13. TALAB, A, K. *Estimation of the volume of surface runoff in the basin of Wadi Al-Shenshal*. Thesis submitted which is part of the requirements for obtaining a master's degree in geography. Mustansiriya University, Colleage of Education, Department of Geography, 2022, 159.
14. THAMIR, B, B. *Estimation Of The Surface Runoff Volume Of Wadi Duilib In Area Aljazira - Governorate Alainbar Using Geographic Information Systms*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for The master's degree in Geography of Arts in Geography. University of Al Iraqia, College of Arts, Geography Department, 2021, 185.
15. ALZURFI, N, Q. *Hydrological Evaluation of the Possibility of Rain Water Harvesting in Al-Muthanna Desert (Al-Ghadari Streambed- A Practical Study)*. A Thesis

submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of master of Arts in Geography. Al-Muthanna University, College of Education for Human Sciences, Department of Geography, 2021, 190.
16. ALNOFAI, H, M. *Estimating Runoff and Flood Hazards in the Upper Basin of Oranah Valley East Makkah Through Remote Sensing and Geographic Information Systems*. A study submitted to the Department of Geography as supplementary requirement for master's degree in Geography. Umm Al – Qura University, College of social Sciences, Department of Geography, 2010, 194.
17. Hamid, Dli Khalaf. Spatial Analysis for Estimating Surface Runoff Volume Using SCS(CN) for the Southern Murr Valley Basin, Northern Iraq. Tikrit Journal of Pure Sciences, Vol. 21, No. 5, 2016.
18. SHADEED, S.; ALMASRI, M. *Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments, Palestine.* Water Science and Engineering, Vol 3, No 1, 2010, 1-13.
19. Chow, V, T.; Maidment D, R.; Mays, L, W. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, USA, 572.
20. Balakrishna, K; Balakrishna, H, B. Runoff Estimation of Watershed in Hemavathy Basin using GIS based SCS-CN Method. International Journal of Current Engineering and Technology. Vol.9, No.3 (May/June 2019).
21. Mohammed, Abdul Moid; Thatiparthi, Vijaya Lakshmi; Pyla, Kesava Rao; Maryada, Abhilash. Estimation of Surface Runoff in an Ungauged Basin Using SCS-CN Method, A Case Study of Manair River Basin in Telangana, India. Applied Ecology and Environmental Sciences. 8, 6, 2020.