

العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر طرجانو

الدكتور علي محمد الأسعد*

رؤى حويجة**

(تاريخ الإيداع 29 / 1 / 2014. قُبِلَ للنشر في 10 / 9 / 2014)

□ ملخص □

ينبع نهر طرجانو، الرافد الشمالي لنهر الصنوبر، من سلسلة الجبال الساحلية على ارتفاع 1300م فوق سطح البحر، وتبلغ مساحة حوضه الساكب 133 km^2 ، ويجري باتجاه الغرب فيلتقي مع نهر ديفة في نهر الصنوبر، الذي يصب في البحر المتوسط على بعد 10 km جنوب مدينة اللاذقية. يوجد في حوض الصنوبر 63 قرية، يبلغ عدد سكانها حوالي 50000 نسمة؛ لذلك لابد من تقويم المصادر المائية المتوافرة لتأمين الاحتياجات المائية المتنوعة، ومن أجل فهم ومعرفة التحديات المحتملة في أثناء تشييد البنى التحتية المتوافرة. تهدف الدراسة إلى تحديد العلاقة بين الهطل المطري والتدفقات في نهر طرجانو، فاعتمد الحل على التحليل الإحصائي لبيانات الهطل المطري والجريان، فبيّنت الدراسة أنّ الكمية الوسطية الإجمالية للهطل المطري السنوي تبلغ $146,4 \text{ MCM}$ ، والكمية الوسطية للجريان السطحي $8,7 \text{ MCM}$ خلال فترة الدراسة، ومن ثمّ فإنّ قيمة عامل الجريان السطحي $0,06$ ؛ أي أنّ الفوائد المائية كبيرة جداً، ووُضِعَت علاقة رياضية تسمح بتقدير تدفقات النهر اعتماداً على قيم الهطل المقاسة أو المتوقعة.

الكلمات المفتاحية: الهطل المطري- الجريان السطحي، الحوض الساكب، نهر الصنوبر.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والرّي - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والرّي - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Rainfall – Runoff Relationship in TERJANO river basin

Dr. Ali ALASAAD *
Roua HOYJA **

(Received 29 / 1 / 2014. Accepted 10 / 9 / 2014)

□ ABSTRACT □

Terjano river, the north tributary of Snoberriver, springs from coastal mountains up to 1300 m above the sea level. Its catchment area is 133 km², It meets Defiriver and form Snober River, which empties into the Mediterranean sea 10 kilometers south of Latakia. There are 63 villages (50000 habitants) in the Snoberbasin, so we must evaluate available water resources to cover different water demands, and to understand potential challenges constructing infrastructures. The study aims to determine the rainfall- runoff relationship. The solution depends on the statistical analysis of precipitation and runoff data. Then the study found the mean annual flow at the Althawra lake was 8.7 MCM, and the annual precipitation is 146.4 MCM/year, so the runoff coefficient is 0.06. This indicates a significant water loss. A mathematical equation to predict the river flows depending on the values of expected precipitation, has been concluded.

Keywords : rainfall-runoff relationship, catchment area, Snoubarriver.

* Professor, Department of Water Engineering and irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

** Postgraduate Student, Department of Water Engineering and irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة:

يرتبط نظام المياه السطحية بعوامل طبيعية مترابطة ارتباطاً معقداً، تُقسم إلى عوامل مناخية وعوامل متعلقة بسطح الأرض. ويعدّ الهطل المطري من أهم عوامل تشكّل الجريان السطحي، حيث يتحدد التدفق الأعظمي وحجم موجة الفيضان بشدة الأمطار واستمراريتها وزمن هطولها. ومن الضروري دراسة هذه العوامل المؤثرة في تشكّل الجريان السطحي، وتحديد معدلات التدفق السنوية والتدفقات الأعظمية وحجم موجة الفيضان، ولا بد من الفهم الجيد للعمليات الطبيعية في الأحواض الساكنة التي تتميز بمتغيرات ضخمة زمنياً ومكانياً، من أجل إدارة الجريان السطحي كماً ونوعاً، وتعتمد الاستجابة الهيدرولوجية للأحواض الساكنة خلال عملية الهطول على مجموعة من العوامل المتعلقة بخصائص الحوض، وخصائص العاصفة المطرية، والشروط الابتدائية. [1، 2]

يمكن أن يؤثر التغير المناخي العالمي في عمليات الإمداد بالمياه، أو الجفاف أو ترددات الفيضان، وبالمجمل يؤثر في الأنظمة الهيدرولوجية المحلية والإقليمية، لذلك لا بد من معرفة الإجراءات اللازمة للتخفيف من آثار التغيرات المناخية المتوقعة في تدفقات الأنهار، ووضع الاستراتيجيات المناسبة للتكيف معها، وتطبيق الإدارة المثلى لمياه الأنهار، وتخطيط إدارة الموارد البشرية والطبيعية، وبغية تحقيق هذا الهدف اتّجه مسؤولو المياه إلى النماذج الحاسوبية لتوقع التأثير الكمي لهذه التغيرات. [3، 4]

يتميز الجريان السطحي بحساسيته الشديدة للهطل المكاني في المناطق المدنية والأحواض الصغيرة، وكذلك في المناطق الجافة، حيث تكون استجابة الحوض للجريان سريعة، كما تبين أنّ الأحواض ذات الترب الغضارية أو الأحواض المدنية urban catchment أكثر حساسية للتوزع المكاني للهطل، كما يكون تأثير التغير المكاني للهطل في الجريان في حوض مساحته 1000 km^2 أقلّ من تأثيره في حوض ذي مساحة $(280 - 80) \text{ km}^2$ ، ومن ثمّ من المناسب تنفيذ شبكة قياس تحوي 16 مقياس هطل للأحواض الكبيرة، و4-7 مقياس للأحواض ذات المساحة $(80 - 280 \text{ km}^2)$. [5]

تُناقش المسائل المتعلقة بالهطولات و الجريانات اعتماداً على بيانات الرادارات، ومقاييس الهطل، لذلك من الضروري قياس الهطل المطري بدقة، واختيار موقع المقياس بعناية كبيرة، وشكل أجهزة القياس وتوضّعها بالنسبة لأشعة الشمس واتجاه الرياح، وتناولت العديد من الأبحاث التغيرات المحتملة لقيم الجريان السطحي السنوية والفصلية ولمدد مختلفة. [6، 7]

إنّ العلاقة بين الهطل المطري والجريان شديدة التعقيد في الأحواض الساكنة التي تزيد مساحتها على $200 - 300 \text{ km}^2$ وذات مناخ معتدل، والتي تختلف فيها مواصفات سطح الأرض المتأثرة بعواصف شديدة منفردة، وهكذا فمن الصعب تحديد أية علاقة مباشرة بين الهطل المطري لوحده مع الجريان السطحي. [8]

تتميز منطقة الدراسة بنوع موسمي للهطولات المطرية، فهي تبدأ في شهر أيلول وتستمر حتى أيار، ورطوبة الهواء عالية نسبياً، وقابلية التبخر قليلة نسبياً بسبب اعتدال درجات الحرارة، ورطوبة الهواء العالية 65%. وتمّ البدء بتسجيل بيانات الجريان السطحي لنهر الصنوبر ابتداءً من سنة 1975، في محطة الصنوبر الواقعة على جسر طريق اللاذقية- طرطوس، وهي مجهزة بالمقاييس اللازمة، إضافةً إلى محطة قياس التدفق عند نقطة دخول النهر إلى بحيرة سد الثورة. [9]

إنّ قياسات التدفق على نهر الصنوبر وروافده قليلة وغير متواصلة، في حين تتوفر قياسات الهطل في أرجائه لفترة زمنية طويلة نسبياً، لكنّ العلاقة بين الهطل المطري ونظام الجريان في حوض نهر طرجانو غير محدّدة، كما أنّ

طبيعة تأثير تغيّر هذه الهطولات في نظام الجريان في الحوض غير واضحة بدقّة، ولا تسمح بإدارة علميّة جيدة للموارد المائية في المنطقة المدروسة.

أهمية البحث أهدافه:

إنّ قياس تدفقات النهر أو استنتاجها هو الهدف الرئيسي للعديد من التطبيقات الحسابية في الهيدرولوجيا الهندسيّة لتصميم المنشآت الهندسية المتنوّعة، كما يُعدّ الجريان السطحي من أهمّ البارامترات التي تدخل في جميع الدراسات المتعلقة بإدارة الأحواض الساكنة والخزانات السطحية و نمذجتها، إضافةً إلى أهميته في دعم عملية صنع القرار (Decision Support Making) DSM.

وبما أنّ الهطل المطري هو العنصر الرئيسيّ المشكّل للجريان السطحي في حوض النهر، يهدف البحث إلى صياغة علاقة رياضية تربط بين الهطل وتدفق نهر طرجانو، ممّا يسمح بوضع تنبؤات مستقبلية تساعد في وضع خطط الاستثمار للموارد المائية المستدامة، وفي وضع خطة إدارة مناسبة لها في المنطقة.

طرائق البحث ومواده:

يتشكّل نهر الصنوبر من التقاء رافدين رئيسيين: نهر طرجانو ونهر ديفة، اللذين ينبعان من قمم الجبال الساحلية على ارتفاع 1300m، ويجريان نحو الغرب، ويلتقيان عند المنسوب 100m، يحدّ حوضه من الشرق حوض نهر العاصي، ومن الشمال حوض نهر الكبير الشمالي، وحوض نهر المضيق في الجنوب الغربي، وحوض نهر الرّوس في الجنوب الشرقي. وتبلغ مساحة الحوض الساكن لنهر الصنوبر 269km²، ويتميّز وادي النهر بتعرجه وكثرة الالتواءات فيه، وعمقه الكبير الذي يبلغ في بعض الأماكن (350-400m)، (الشكل -1). ويشكّل حوض نهر طرجانو الحوض الجزئي الشمالي الشرقي من حوض نهر الصنوبر، وتبلغ مساحته 133 km² وشيّد عليه سد الثورة، بطاقة تخزينية للبحيرة تبلغ 97.9MCM.

تتميز الصخور في حوض نهر الصنوبر بتنوّعها الكبير، فتتكون الأجزاء الجبلية له من الحجر الكلسي الدولوميتي العائد للجوراسي jurassic، وتتكشّف توضع الكريتاسي cretaceous بين المرتفعات الساحلية من الشرق والسهل الساحلي من الغرب على طول منطقة الدراسة، إضافةً إلى الصخور الدولوميتية، وتتكون المنحدرات من المارل (الباليوجينيو النيوجيني) والحجر الكلسي، يتخلله في بعض المناطق مارل غضاري وغضار، وبغض النظر عن عمر هذه الصخور فإن الحجر الكلسي مشقق fissure وتنتشر فيه ظاهرة الكارست karstified، التي تشكّل وسطاً ملائماً لتجميع مياه الأمطار وتسريبها لتغذية المياه الجوفية. [9]

إنّ توضع الجوراسي في قمم الجبال الساحلية، والممتدّة باتجاه الغرب مصابة بمجموعة كبيرة من التشققات والفجوات الكارستية، مما يسمح لقسم كبير من الهطل المطري بالتسرّب خلالها، ثمّ تتجمّع هذه المياه فوق الطبقات الضعيفة النفوذية، ليخرج بعضها من جديد عبر الشقوق والفجوات على شكل ينابيع صغيرة، والقسم الآخر يغذي الحوامل المائية.

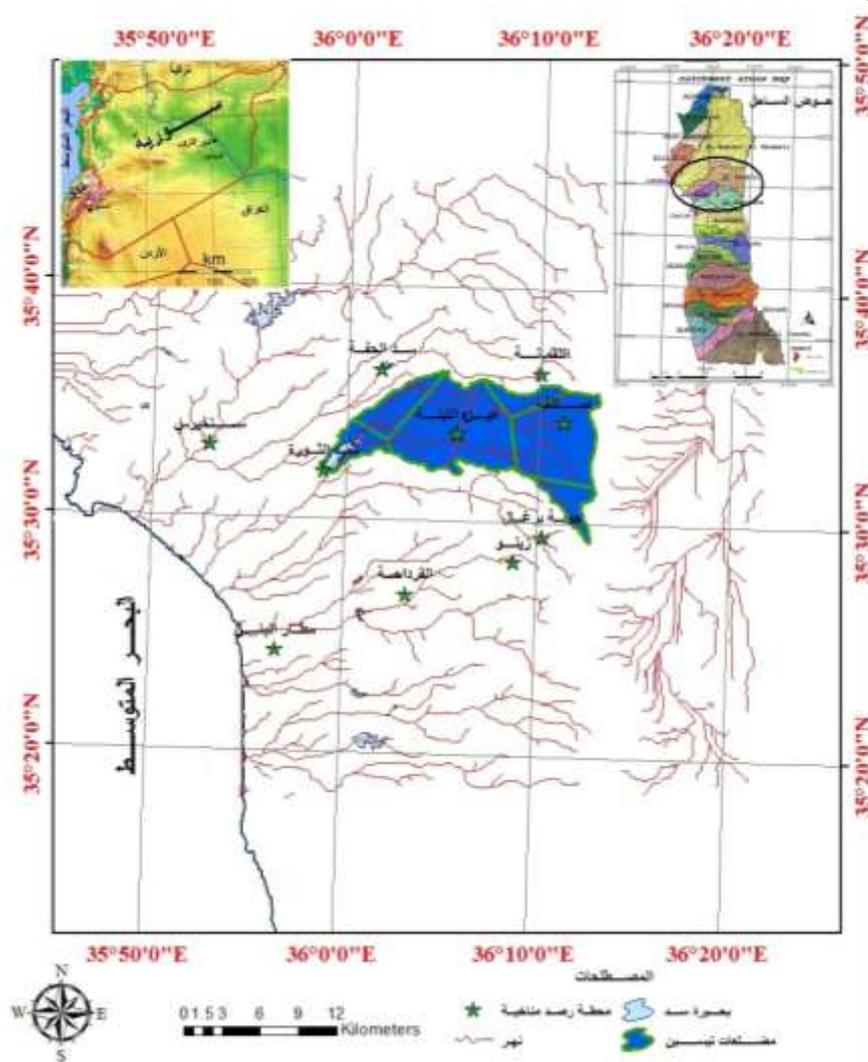
لقد درست تغيرات الهطل المطري بالاستعانة ببرنامج GIS فيستّ محطات هطل مطري هي: سد الثورة؛ سد الحفة؛ اللقمانة؛ صلنفة؛ جوية برغال؛ عين التينة، موزعة ضمن حوض نهر طرجانو وفي جواره، (الشكل 1). واستُكملت بيانات الهطل المطري اليومي المفقودة بتطبيق العلاقة الآتية [2]:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (1)$$

حيث: x - المحطة ذات بيانات الهطل المفقودة؛

P_x قيمة الهطل المفقودة في المحطة x ; n : عدد المحطات المجاورة للمحطة x ; P_i قيمة الهطل في المحطة

المجاورة ذات قيم الهطل المعلومة L_i بُعد المحطات عن المحطة x .



الشكل 1. موقع منطقة الدراسة والمحطات المطرية فيها

اعتماداً على بيانات الهطل المطري اليومي في هذه المحطات الموزعة ضمن الحوض الساكب لبحيرة سد الثورة وفي جواره، رُسمت مضلعات تيسين Thiessen polygons باستخدام برنامج GIS (الشكل 1)، وحُسبت كمية الهطل المطري السنوي فوق الحوض الساكب للبحيرة ببلغت 483.95MCM، ويبين الجدول (1) المحطات المعتمدة في الدراسة وبياناتها في السنوات 2008، 2009، 2010.

الجدول 1. المحطات المطرية المدروسة وبياناتها

المساحة الجزئية حسب تيسين [km ²]	المعدل السنوي للهمل المطري [mm]	الارتفاع عن سطح البحر [m]	الإحداثيات		المحطات
			خط العرض	خط الطول	
10.4	712	163	35° 32' 07 "	35° 58' 54"	سد الثورة
13.5	669	371	35° 36' 27.1"	36° 02' 36"	سد الحفة
39.5	1047	1100	35° 34' 22.8 "	36° 11' 19"	صلنفة
77.3	838	1017	35° 36' 25.8 "	36° 10' 4.7"	اللقمانه
92.9	1382	951	35° 29' 24.9"	36° 10' 20"	جوية برغال
52.6	1163	682	35° 33' 46.4"	36° 05' 49"	عين التينة

ومن ثم جرى حساب حجوم المياه الواردة يومياً إلى بحيرة سد الثورة من بيانات حجوم التخزين اليومية للبحيرة، باستخدام معادلة الموازنة المائية للبحيرة:

$$\Delta S = I - O \quad (2)$$

حيث: ΔS - تغير حجم التخزين بين يومين متتالين MCM؛

I - الجريان الوارد MCM؛

O - الجريان الخارج MCM الذي يمثل الفواقد الكلية اليومية من البحيرة التي تتضمن فواقد التبخر، وفواقد موشور الصرف، وفواقد التسرب، والمياه الجارية من البحيرة عبر المفيض والمفرغ، وكمية المياه المسحوبة من مأخذ الري.

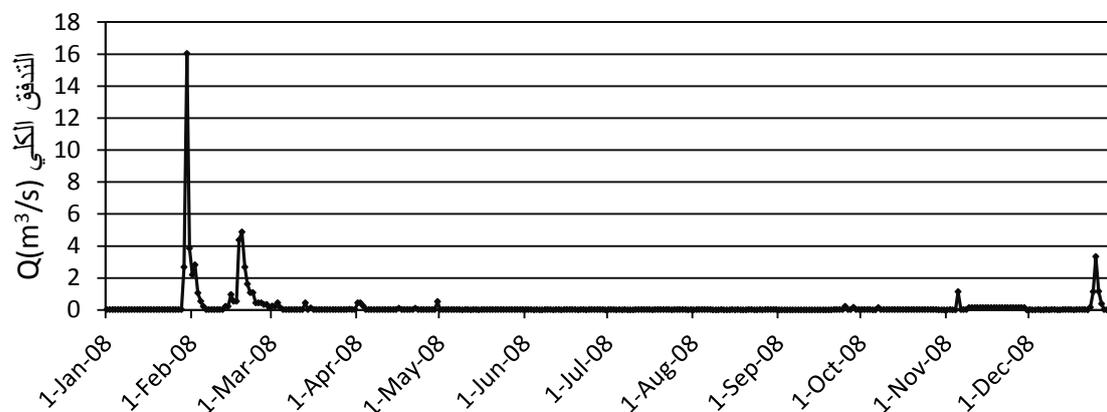
إن حجوم التخزين في بحيرة السد ناتجة من الهطل المطري إضافة إلى كمية المياه الواردة إليها من نفق ديفة التي تبلغ (0.4 m³/s) وسطياً، لذلك طُرحت هذه القيمة من الحجوم الواردة إلى البحيرة بهدف الحصول على التدفقات الصافية الناتجة من الهطل المطري فوق الحوض الساكب للبحيرة بهدف استنتاج العلاقة بين الهطل والجريان.

النتائج والمناقشة:

حُدّدت السماكة الوسطية لطبقة الهطل المطري اليومية اعتماداً على معطيات المحطات المناخية الست الموجودة في منطقة الحوض الساكب لبحيرة سد الثورة وفي جواره، بتطبيق طريقة تيسين، فبلغت كمية الهطل المطري (124.11 MCM) خلال العام 2008، وفي سنة 2009 (187.8 MCM)، وفي سنة 2010 (127.29 MCM).

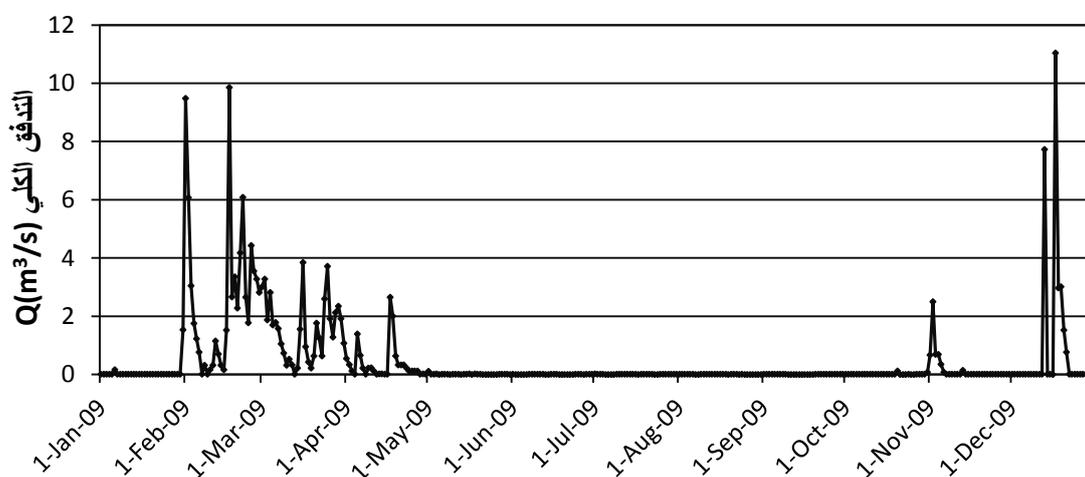
تُلاحظ قمة واضحة على المخطط المائي لسنة 2008 بتاريخ 30 كانون الثاني بتدفق وسطي يومي مقداره 16.03 m³/s (الشكل 2) ناتج من عاصفة مطرية بدأت قبل يومين بلغ متوسط ارتفاع طبقة الهطل الناتج منها حوالي 110 mm فوق الحوض، إضافة إلى قمتين متتاليتين خلال شهر شباط بتدفقين 4.873 m³/s ، 4.361 m³/s، لتتخامد بعد ذلك ويتحوّل التدفق في مجرى النهر إلى تدفق يعتمد على التغذية الجوفية مقداره 0.44 m³/s يوم 25 شباط، وتسفر بعد ذلك التدفقات بقية أيام السنة بقيم متقاربة صغيرة (0.011 m³/s وسطياً) تصل بعدها الأدنى إلى القيمة 0.004 m³/s، تعتمد على التغذية الجوفية.

المخطط المائي 2008



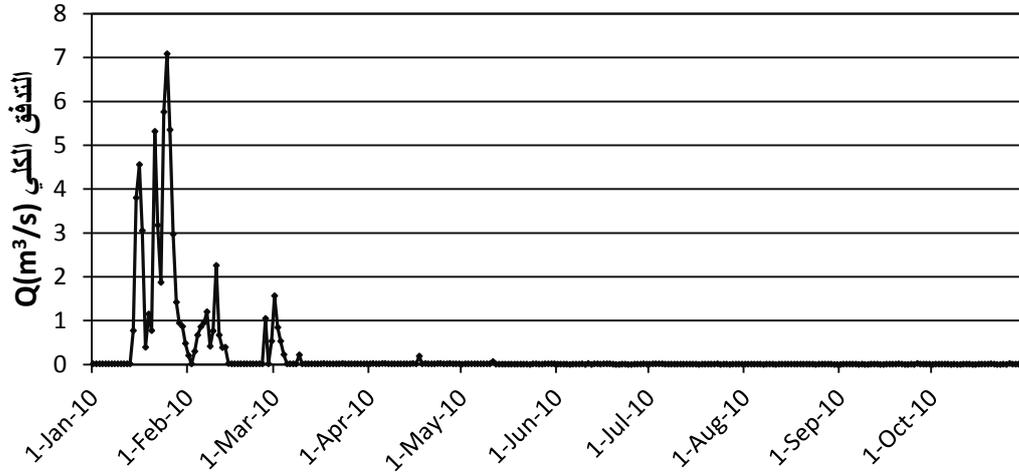
الشكل 2. المخطط المائي للتدفق الوارد إلى البحيرة عام 2008

تتكرر القمم على المخطط المائي خلال عام 2009 معظمها خلال شهري شباط وآذار وكانون الأول، (ثلاث قمم واضحة بقيمة $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ، $9.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ، $11 \text{ m}^3/\text{s}$ اثنتان منها في شهر شباط والأكبر بينها في كانون الأول) (الشكل 3)، إن القيمة الوسطية للتدفق خلال الشهرين الأخيرين من السنة بلغت $0.533 \text{ m}^3/\text{s}$ رغم أن الهطل التراكمي لهذين الشهرين بلغ 467 mm .



الشكل 3. المخطط المائي للتدفق الوارد إلى البحيرة عام 2009

ويُلاحظ تناقص التدفقات في سنة 2010 مقارنةً بالعامين السابقين؛ لأنّ غزارة الهطل خلال هذا العام كانت أقل مما كانت عليه في العامين السابقين (الشكل 4). فبلغت أكبر قيمة للتدفق $7.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ، وتُلاحظ قمم متعدّدة خلال شهر كانون الثاني؛ ويمكن تفسير هذا باستجابة الجريان في النهر للهطولات السابقة التي حصلت في الشهرين السابقين (تشرين الثاني وكانون الأول للعام 2009)، إذ لم يتجاوز حينها التدفق الوسطي في النهر القيمة $0.533 \text{ m}^3/\text{s}$.



الشكل 4. المخطط المائي للتدفق الوارد إلى البحيرة عام 2010

مما سبق يمكن أن تُعزى التدفقات القليلة في النهر مقارنةً بكميات الهطل إلى ازدياد التبادل المائي ضمن حوض الصنوبر على طول الفالق (خط تصدع الأرض) بين توضعات الكريتاسي Cretaceous ومنطقة انتشار توضعات الحقب الثالث، وازدياد معدّل التسرب الذي يجتاز مباشرةً منطقة الجذور، ويغذي الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الذي قُدّر في دراسةٍ سابقةٍ بالقيمة 50% من الهطل المطري [10]، إضافةً إلى التشكيلات الجيولوجية السائدة في الحوض التي تتميز بشقوقية عالية وتعاني انكسارات، ومعظمها من الحجر الكلسي، كما أنّ سماكة التربة رقيقة (-10 cm)، مما يسمح بتسرب نسبة كبيرة من مياه الهطل المطري، ومن ثمّ انخفاض قيمة عامل الجريان، وتحدث القيم الأعظمية للجريان السطحي في النهر بعد الهطولات المائية الغزيرة المتلاحقة خلال فصلي الشتاء والربيع فقط؛ لأنّ التربة تكون رطبة جداً.

توضح المقارنة بين مخططات التدفق للسنوات الثلاث بأنّ كمية المياه الجارية في النهر تبلغ أعظم قيمة في عام 2009 وتساوي (14.57 MCM)، بعد ذلك فصلت مركبات الجريان القاعدي Base Flow عن الجريان الكلي برسم مستقيم ميله 10% للحصول على قيم الجريان السطحي من المخطط المائي الكلي Hydrograph، وهي مناسبة للأنهار الجبلية [2]، وحُسبت قيم الهطل الشهري وقيم التدفقات الوسطية المقابلة لها، ثمّ استنتجت العلاقة الآتية بين الهطل الشهري مقدرة بـ mm والتدفق الوسطي الشهري مقدراً بـ m^3/sec (الجدول 2) بواسطة برنامج Excel، (الشكل 5):

$$Q = 8 \cdot 10^{-8} \cdot P^3 - 10^{-5} \cdot P^2 + 0.002 \cdot P - 0.027 \quad (3)$$

وأعطت هذه المعادلة قيمة جيدة لمعامل الارتباط تساوي $R = 0.92$

P - الهطل الشهري mm فوق الحوض الساكب.

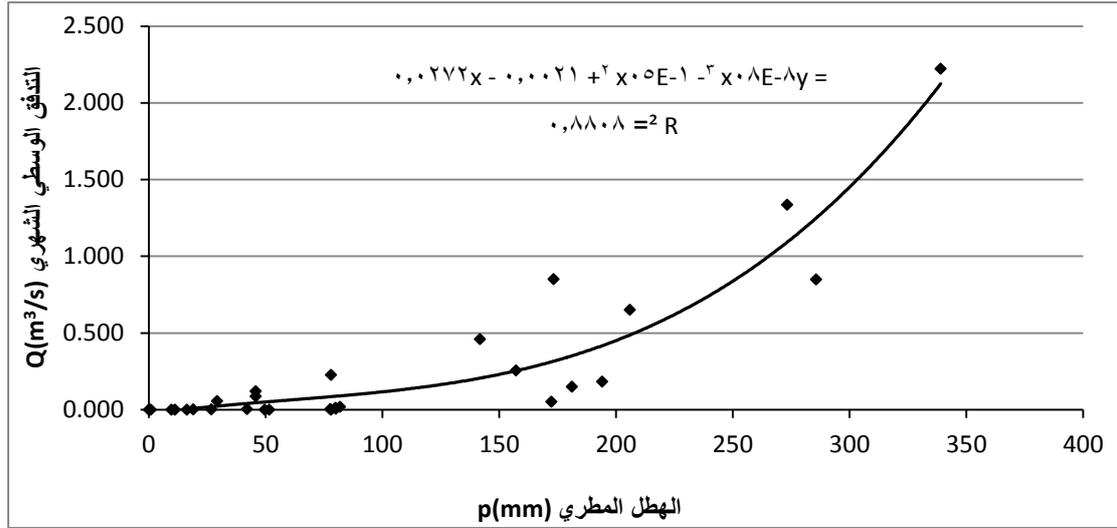
Q - التدفق m^3/sec .

ويمكن استخدام هذه المعادلة شرط ألا تقل قيمة الهطل عن 17mm ($P \geq 17mm$).

الجدول 2. قيم الهطل والتدفق الشهريين

Q(m ³ /s)	P(mm)	Q(m ³ /s)	P(mm)
0.650	206	0.226	78
0.460	142	0.000	16
0.019	82	0.000	10
0.055	29	0.000	1
0.000	50	0.000	78
0.000	52	0.004	78
0.000	0.1	0.149	181
0.000	11	0.848	286
0.012	80	1.335	273
0.004	42	0.256	157
0.120	46	0.088	46
0.184	194	0.006	80
0.051	172	0.002	27
2.223	339	0.002	19
0.850	173		

بلغت قيم الهطل الفعال خلال الفترة المدروسة (0-40 mm) الجدول (3)، حسب الفترة الزمنية التي تهطل فيها الأمطار، ففي الفترة الرطبة تكون الفواقد قليلة وتزداد قيمة الهطل الفعال، ويزداد معه عامل الجريان فيبلغ أكبر قيمة له 0,132 في شباط 2009 الذي سجلت فيه أكبر كمية هطل خلال الفترة 2008-2010، وتبين أن المعادلة السابقة تعطي نتائج أكثر دقة في حال تطبيقها عندما تزيد كمية الهطل على كمية الفواقد؛ أي يوجد هطل فعال، وتزداد قيمة الهطل الفعال عندما تزداد غزارة الهطل التي تسبب جرياناً سطحياً أكبر، أما إذا توزعت كمية الهطل على أيام الشهر فستنقص قيمة الهطل الفعال ومن ثمّ ستنقص كمية الجريان السطحي.



تراوحت قيمة الهطل الشهري خلال الفترة الرطبة بين عدّة عشرات إلى عدّة مئات الميليمترات في الشهر، بينما تكون أشهر الصيف جافة أو شبه جافة، الجدول(3).

الجدول 3. الهطل الشهري والتدفق الوسطي الناتج منه

الهطل الفعال [mm]	عامل الجريان c	التدفق الوسطي الشهري Q [m ³ /s]	الهطل الشهري P [mm]	الشهر	السنة
13	0.064	0.650	206	Jan.	2008
12	0.086	0.460	142	Feb.	
0	0.005	0.019	82	March	
1	0.038	0.055	29	Apr.	
-	0.000	0.000	50	May	
-	0.000	0.000	52	Jun.	
-	0.000	0.000	0.1	Jul.	
-	0.000	0.000	11	Aug	
0	0.003	0.012	80	Sep.	
0	0.002	0.004	42.0	Oct.	
2	0.051	0.120	46	Nov.	
4	0.019	0.184	194	Dec.	
1	0.006	0.051	172	Jan.	2009

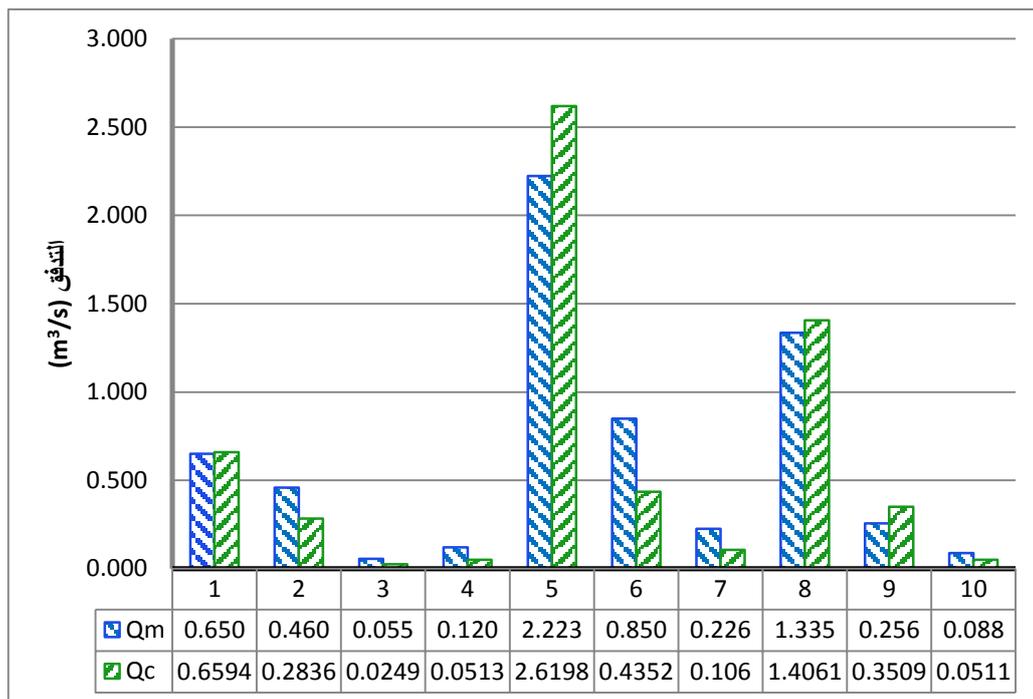
40	0.119	2.223	339	Feb.	
17	0.099	0.850	173	March	
4	0.057	0.226	78	Apr.	
-	0.000	0.000	16	May	
-	-	0.000	0.0	Jun.	
-	0.000	0.000	10	Jul.	
-	0.000	0.000	1	Aug	
-	0.000	0.000	78	Sep.	
0	0.001	0.004	78	Oct.	
3	0.016	0.149	181	Nov.	
17	0.058	0.848	286	Dec.	
27	0.099	1.335	273	Jan.	
5	0.030	0.256	157	Feb.	
2	0.039	0.088	46	March	
0	0.001	0.006	80	Apr.	
0	0.001	0.002	27	May	
0	0.003	0.002	19	Jun.	
-	-	0.000	0.0	Jul	
-	-	0.000	0.0	Aug	
0	0.585	0.009	0.3	Sep	

تختلف قيم الهطل الفعال (المطر الصافي net rain) تبعاً للظروف المناخية وحالة التربة في كل شهر، فمثلاً كان مقدار الهطل في شهر نيسان من العام (2009) (P=78 mm) (الجدول 3)، نتج منها جريان سطحي (Q=226l/s)؛ أي عامل الجريان لهذا الشهر (C=5.7 %) والهطل الفعال $I_{net} = I * C = 4mm$ [11]، بينما سببت كمية الهطل نفسها خلال شهر تشرين الأول من العام نفسه (P= 78 mm) جرياناً أقل من ذلك بكثير (Q= 4l/s) بعامل جريان (C=0.1 %) فقط وهطل فعال قليل جداً 0.1 mm، (الجدول 3)، لأن فواقد الهطل كبيرة خلال فصل الخريف مقارنةً مع فصل الربيع، إذ إن درجة حرارة الهواء والتربة خلال الخريف أعلى مما هي عليه خلال الربيع، ما يسبب زيادة الفواقد بالتبخر خلال الخريف ونقصان المطر الفعال والجريان السطحي الناتج منه، كما أن التربة تكون مشبعة بعد أشهر الشتاء الممطرة، أما في بداية فصل الخريف فتكون مشققة وجافة مما يسمح بتسرب كميات أكبر من مياه الهطل خلال هذه الفترة، كما أن درجات الحرارة ورطوبة الجو تسبب زيادة الفواقد بالتبخر. ومع تقدم فصل الأمطار تزداد رطوبة التربة، وتتنخفض درجات الحرارة ما يؤدي إلى زيادة عامل الجريان خلال الشتاء والربيع.

واستخدمت تدفقات أشهر مختلفة من فترة الدراسة من أجل التحقق من العلاقة (3) المستنتجة، فتبين أنها قريبة من القيم المقيسة، وكانت الفروق بين قيم التدفقات المقيسة وقيم التدفق المحسوبة بالمعادلة التي توصلنا إليها مقبولة (الجدول 4)، (الشكل-7).

الجدول 4. نتائج المقارنة بين القيم المقيسة والقيم المحسوبة للتدفق

الخطأ النسبي	$Q_m - Q_c$ [m ³ /sec]	التدفق الوسطي الشهري المحسوب Q_c [m ³ /sec]	التدفق الوسطي الشهري المقيس Q_m [m ³ /s]	الهطل الشهري P[mm]	الشهر
-1.448	-0.009	0.659	0.650	206	Jan.2008
38.341	0.176	0.284	0.460	142	Feb. 2008
55.079	0.031	0.025	0.055	29	Apr. 2008
57.332	0.069	0.051	0.120	46	Nov. 2008
-17.872	-0.397	2.620	2.223	339	Feb.2009
48.794	0.415	0.435	0.850	173	March200
53.035	0.120	0.106	0.226	78	Apr. 2009
-5.325	-0.071	1.406	1.335	273	Jan.2010
-37.016	-0.095	0.351	0.256	157	Feb.2010
41.614	0.036	0.051	0.088	46	Mar.10
	$\sum((Q_m - Q_c)/Q_m)/10=0.212=21.2\%$			متوسط الخطأ النسبي	



الشكل 7. مخطط مقارنة قيم التدفق المحسوبة Q_c مع المقيسة Q_m

الاستنتاجات والتوصيات:

- المعادلة الرياضية المستتبطة الهطل- الجريان تسمح بالتنبؤ بالتدفقات المحتمل حدوثها من أجل القيم الافتراضية للهطل المطري، ويمكن الاستفادة منها لاستكمال قياسات الجريان إذا توافرت بيانات الهطل المطري؛
- انخفاض معدل الجريان السطحي في منطقة الدراسة (قيمة عامل الجريان 0.06)، وانخفاض قيم الهطل الفعّال؛ بسبب الفواقد المائية الكبيرة بالتسرب؛
- تنفيذ دراسة متكاملة للموارد المائية في المنطقة، وبناء نموذج رياضي لها، لإدارتها بشكل أفضل؛
- بما أنّ الفواقد بالتسرب كبيرة جداً، فمن المفيد دراسة إمكانية استثمار المياه الجوفية.
- إنشاء مراكز رصد إضافية في مواقع مناسبة لقياس التدفقات اليومية.

المراجع:

- 1- ZABALETA, A.; ANTIGUEDAD, I. *Streamflow response of a small forested catchment on different timescales*. Hydrol. Earth Syst. Sci., European Geosciences Union, 17, 2013, 211-223.
- 2- الأسعد، علي محمد؛ عمّار، غطفان عبد الكريم. *الهيدرولوجيا*. جامعة تشرين، 2013، 400.
- 3- BURGER, C.M.; KOLDITZ, O.; FOWLER, H.J.; BLENKINSOP, S. *Future climate scenarios and rainfall-runoff modelling in the Upper Gallego catchment (Spain)*. Science Direct, Environmental Pollution, 148, 2007, 842-854.

4- عمّار، غطفان. تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نبع السن. بحث علمي في جامعة تشرين، 2 آذار

.2010

5- SEGOND, M.L; WHEATER,S.; ONOF,C. *The significance of spatial rainfall representation for flood runoff estimation: A numerical evaluation based on the Lee catchment, UK*. Science Direct, Journal of Hydrology, 347, 2007, 116– 131.

6- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.;MAYS,L.W. *Applied Hydrology*. International Editions, McGraw-Hill Book Company, 1988, 538.

7- CHANG, H.; et al. *Spatial and temporal changes in runoff caused by climate change in a complex large river basin in Oregon*. Science Direct, Journal of Hydrology, 388, 2010, 186–207.

8- SHAW, E. M., *Hydrology in Practice*.Third edition, British Library, Taylor & Francis e-Library, 1994، 328.

9- AGROCOMPLECT.*Thawra IrrigationProject of The Snober River Catchment Basin*. Volume 2- Hydrology and Climate. Engineering Economic Organization, Sofia-Bulgaria, 1984,43.

10- DHV, Partners for Water, the Netherlands, Coastal Water Resources Management Project. Appendix 7, *River Basin Model of Pilot Basin Asnober*, 2004,50.

11-الأسعد، علي محمد؛ عمّار، غطفان عبد الكريم. *الهيدرولوجيا الهندسية*. جامعة تشرين، 2010،

.506