

نمذجة الجريان الفيضاني لنهر السن باستخدام الطرائق العددية

الدكتور المهندس عز الدين حسن*

الدكتور المهندس إبراهيم يزبك**

نادين أنيس أحمد**

(تاريخ الإيداع 21 / 3 / 5. قُبل للنشر في 13 / 5 / 2012)

□ ملخص □

تهدد فيضانات الأنهار المناطق المجاورة لها، بما فيها من أراضٍ وممتلكات خاصة وعامة، وتخلف وراءها دماراً كبيراً، وبالتالي فإن معرفة سلوك هذه الفيضانات ومناطق انتشارها يساعد في درء المخاطر الناتجة عنها وحماية تلك المناطق للاستفادة منها بالشكل الأمثل.

يهدف هذا البحث إلى دراسة سلوك الجريان في أثناء الفيضان في نهر السن خصوصاً مع رافديه الموسميّين (نهر أبو بكرة - ساقية السلطان)، ووضع مخططات الغمر له باحتمالات مختلفة، اعتماداً على طرائق متطورة بمساعدة الحاسوب، ومعرفة المناطق المتضررة، وإعطاء بعض الحلول لإجراءات الحماية لها.

تم إجراء عدة قياسات حقلية للنهر في عدة مواقع متميزة من أجل معرفة التغيرات في كمية الجريان، وخاصةً بعد الالتقاء بنهر أبو بكرة وساقية السلطان، وتم استخدام نتائجها في معايرة النموذج الأولي للنهر باستخدام برنامج الـ Hec-Ras، وتم التوصل إلى إيجاد مخططات الغمر لنهر السن باحتمالات مختلفة، وتحديد المناطق المتضررة من فيضانه التي تركزت على نحو كبير بعد الالتقاء بالروافد، كما بينت إمكانية إيجاد المسار الأفضل الذي يمكن أن يسلكه الفيضان بأقل أضرار ممكنة، واعتماداً عليه يمكن إعطاء تصورات عن تنظيم مجرى النهر واتخاذ وسائل الحماية المناسبة.

الكلمات المفتاحية: الفيضان - مخطط الغمر - مسار الفيضان - Hec-Ras.

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

** مدرس - قسم هندسة وإدارة الموارد المائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.

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

Modeling Of Flood Flow Of Alsin River By Using Numerical Methods

Dr. s aldeen Hasan^{*}
Dr.Ibraheem yazbik^{**}
Nadeen Anees Ahmad^{***}

(Received 5 / 3 / 2012. Accepted 13 / 5 / 2012)

□ ABSTRACT □

River Floods threaten nearby areas of it and cause large damage, so if the behavior of these floods and its spreading areas are known, it helps to protect lands around the river and use it in the best way.

The object of this paper is studying the flow in Alsin river`s flood with its tributary (Abu bara, Alsultan sakia), making floodplains during different periods, by using numerical methods, and taking procedures of protection.

The study depends on many field measurements at many stations of the river to describe any change of the flow, especially after meeting its tributary, and uses results to calibrate a river`s model which is defined by Hec-Ras program. The study describes the computational details of encroachment method to perform floodplain in one-percent chance event (100-year recurrence interval), then calculates the floodway, defines encroachment areas, discusses the results, and finally suggests protection procedures to decrease total damage.

Keywords: Flood, Floodplain, Floodway, Hec-Ras.

^{*} Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

^{**} Assistant Professor, Water Resources Management and Engineering Department-Civil Engineering Faculty- Al-Baath University- Homs.

^{***} Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة

تشكل فيضانات الأنهار هاجساً وخوفاً كبيراً للإنسان منذ أقدم العصور، والتي لم يكن بمقدوره الإحاطة بجميع مقوماتها الصحيحة من الدراسات الهيدرولوجية اللازمة ودراسة حركة الجريان والعوامل الأخرى المؤثرة فيها، ومع تطور العلوم واتساع معارفه عن الفيضانات وأسبابها ومقوماتها وطرائق حسابها، وما رافقه من تقدم تكنولوجي كبير في علوم الحاسب وتطبيقاته تبين أهمية النمذجة الحاسوبية وقدرتها على معالجة أعقد المشاكل الهندسية والأهم من هذا قدرتها على رسم سيناريوهات التشغيل المختلفة للمنشآت المدنية المعقدة والتنبؤ بالمشاكل الممكنة جراء حدوث الظواهر الطبيعية الخارجة عن سيطرة الإنسان وإعطائه سبل الحل الممكنة، وهذا التقدم انعكس بصورة كبيرة نسبياً على نمذجة المسائل المتعلقة بالهندسة المائية والتي كانت تعدّ إلى فترة قريبة من أعقد العلوم وأصعبها نظراً لتنوع المتغيرات الداخلة فيها.

أظهرت الإحصائيات تزايد شدة الفيضانات في النصف الأخير من القرن العشرين، فنهر "اليانغتسي" في الصين مثلاً كان يفيض بشدة منذ قرون مرة كل عشرين عاماً، أما الآن فقد أصبح يفيض بمعدل تسعة أعوام من كل عشرة، أما نهر "الراين" في ألمانيا فقد ارتفع منسوب المياه فيه إلى 7.6 متر فوق مستوى الفيضان أربع مرات فقط بين عامي (1900، 1977)، بينما ارتفع إلى هذا المستوى عشر مرات في الفترة الممتدة بين عامي (1987، 1996) [1].

من أجل دراسة فيضانات الأنهار، لا بد من معرفة سلوك الماء الجاري فيها ومعرفة أعماق المياه في مختلف نقاط النهر وكمية الجريان وما يرافقها من تغيرات وضيعات، وطرائق حسابها التي تعتمد على حلول عدة، واختيار ما يناسب واقع المجاري المائية المكشوفة، [2,3,4] وقد كان الاعتماد الأمثل في حساب الجريان (بنوعيه المستقر وغير المستقر) على تجزئة المجرى المدروس إلى مجالات، وتطبيق معادلات الجريان بين كل مقطعين متتاليين وفقاً لنوع الجريان، ومن أجل الدقة في الحسابات تم الاستعانة ببرامج النمذجة الحاسوبية نظراً لإمكانية اختصار تجارب ضخمة على الطبيعة، وذلك بإدخال شروط تخص الظروف المناخية والطبوغرافية وأبعاد الأفتنية وعوامل الاحتكاك ومتحولات أخرى للمنطقة، والشروط الأولية والطرفية للحساب، وإجراء عمليات تحليلية ضمن برنامج معين، تم دراسة الفيضان وإجراء الحسابات الهيدروليكية في نهر السن باستخدام برنامج Hec-Ras الاختصاصي في نمذجة الأنهار، والذي يركز أساسه الرياضي على معادلة القدرة للجريان المستقر، ومعادلتى SIANT-VENANT المشهورين للجريان غير المستقر، التي تعتمد في حلها على الطريقة التفاضلية الضمنية [2] implicit Finite Difference، كما تم إيجاد مخططات الغمر Floodplain لنهر السن إذ إن تحديدها وتحديد مسار الفيضان ضروري من أجل إدارة الفيضان وإيجاد الحلول المناسبة للتقليل من الأضرار الناتجة عنه.

تعددت الدراسات حول الفيضان وإمكانية إيجاد مخططات الغمر وتحديد المناطق المتضررة، إذ درست فرقة مهندسين أميركية عام 1990 في الولايات المتحدة إمكانية التحكم في فيضان نهر Truckee من المنبع إلى المصب.... إذ اعتمدت طريقة الخزانات لدرء الفيضان ووضعت اقتراحات لمواضع الحواجز الجانبية، وباستخدام برنامج الـ HEC-RAS تم إيجاد نموذج لمناسيب سطح الماء لفيضان يتكرر كل 100 سنة، وقد قامت شركة الـ NVE عام 1998 بدراسة مشروع نهر NORWAY إذ حلت بيانات مناسيب المياه، وعالجت البيانات باستخدام برنامج الـ GIS وبإجراء محاكاة هيدروليكية واستخدام برنامج الـ HEC-RAS وتوصلت إلى مخطط الغمر التالي بمقياس 1:1000.

وأجريت دراسة لتنظيم مجرى نهر الكبير الشمالي بين سد 16 تشرين وجسر خان عطا الله [5]، إذ تم تحديد الأماكن التي يمكن أن يظهر فيها أمواج واقفة باستخدام برنامج الـ MIKE 11، وأظهرت الدراسة أن مجاراة الواقع

الحالي للمجرى لا يحتاج إلا لتسوية طبيعية لكنه مصحوب بجرف كبير على الرغم من تكسيته بالحجارة نتيجة الميل الكبير له.

وأجريت دراسة لتنظيم نهر مرقية [6] إذ تعرض النهر لفيضانات كثيرة كان آخرها في عام 2004، لذلك تم تحديد الفيضانات الأعظمية باحتمالات مختلفة واقترح قناة مكساء بالببتون على شكل شبه منحرف، مع الأخذ بعين الاعتبار وجود سد مرقية الذي يمرر مفيضه 200 (متر مكعب /ثانية).

وفي دراسة عملية [7] تم تحديد التدفقات الأعظمية المارة في مجرى نهر السن من المنبع إلى المصب في البحر باحتمالات مختلفة، وبمساعدة برنامج HEC-RAS حُدِّت منحنيات الغمر على كامل طول المجرى بمقياس 5000/1 لمنطقة المشروع حسب الوضع الطبيعي الحالي للنهر، وأظهرت المنحنيات الناتجة أن منطقة الغمر كبيرة جداً لجميع التدفقات المحتملة، حيث تغمر مياه الفيضان لهذه التدفقات معظم منطقة المشروع وخصوصاً بعد نقطة التقاء نهر أبو بكرة مع مجرى نهر السن.

أهمية البحث وأهدافه

أظهرت الإحصائيات تزايد حدوث الفيضانات في الآونة الأخيرة، والتي من أهم أسبابها: التغيرات المناخية والنشاط البشري، لذلك كان لا بد من دراسة سلوك الجريان في أثناء الفيضان ضمن المجاري الطبيعية، ووضع مخططات الغمر، ومعرفة المناطق المتضررة، والقيام بإجراءات الحماية... اعتماداً على طرائق متطورة بمساعدة الحاسوب، لما في ذلك من أهمية في حماية الممتلكات الخاصة والعامة.

وكان من أهم أهداف البحث وضع نموذج رياضي للجريان الفيضاني في نهر السن باستخدام الطرائق العددية بمساعدة برنامج HEC-RAS، وإيجاد مخطط الغمر لنهر السن، ومعرفة سلوك الجريان الفيضاني في مجرى النهر خصوصاً في مناطق التقاء النهر مع مجرى نهر أبو بكرة وساقية السلطان، واختيار الحلول الهندسية المثلى لتنظيم المجرى، من أجل استيعاب الموجات الفيضانية وحماية الممتلكات العامة والخاصة وأرواح المواطنين.

طرائق البحث ومواده

من بين الطرائق الكثيرة سواءً طرائق هيدرولوجية أو الطرائق الديناميكية المستخدمة في حساب الجريانات بأنواعها، تم الاعتماد على برنامج الـ HEC-RAS في وضع نموذج رياضي لفيضان نهر السن لموجات فيضانية مختلفة إذ تمت معايرته من خلال إجراء قياس أعماق المياه وكميات الجريان حقلياً في مقاطع عدة، ورسم مخططات الغمر والمسار الأمثل للفيضان، وتحديد المناطق المتضررة من انتشاره.

برنامج الـ HEC-RAS: هو برنامج يستخدم لنمذجة الأنهار، يقوم بتخزين البيانات وتحليلها وإدارتها وإعطاء تقارير بشكل مخططات أو جداول، يقوم بحسابات الجريان المستقر، ومحاكاة الجريان غير المستقر، يتطلب عمله:

1. إدخال أبعاد الأبنية وعوامل الاحتكاك: يتم إدخال المقاطع العرضية والمسافة بينها وبين المنشآت الهيدروليكية الموجودة على النهر كافة... يفضل أن تكون المقاطع العرضية منتشرة على طول المجرى وعلى مسافات قريبة من بعضها قدر الإمكان للحصول على معلومات أكثر دقة، بحيث تتوزع في المناطق الحرجة مثل مناطق تغير الميول ومناطق تغير معامل الخشونة ومناطق التوسع والتصيق وعند نقاط التفرع

- للنهر وعند توضع المنشآت الهيدروليكية وكل ما يعيق الجريان، كما يتم إدخال فواقد الطاقة (فواقد الخشونة، فواقد التوسع والتضييق).
2. الشروط الأولية لدى البدء بالحساب: هي الشروط التي نبدأ عندها الحساب، أي قيم المناسيب والتدفقات في اللحظة $t=0$ ، يمكن أن تعطى كقيم عددية ل (Q, z) أو (v, h) .
3. الشروط الطرفية في بدء مقطع الحساب: عند تقدير الجريانات في المجاري الطبيعية نستخدم ثلاثة أنواع للشروط الطرفية: شروط طرفية من الدرجة الأولى: $z = cte$ ، شروط طرفية من الدرجة الثانية: $Q = cte$ ، شروط طرفية من الدرجة الثالثة: $Q = f(z)$.

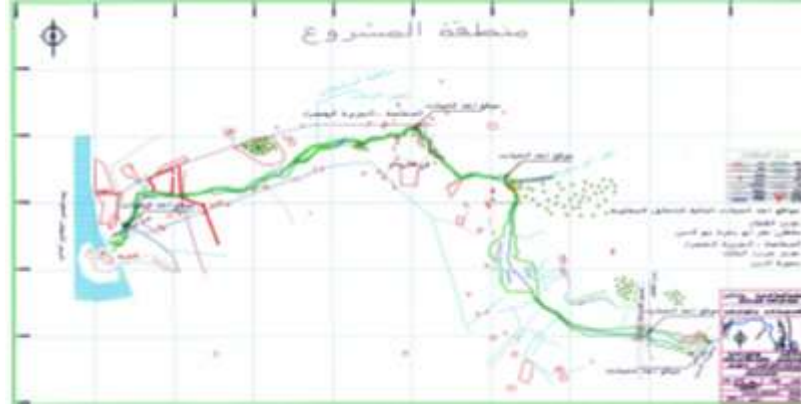
أما أهم النتائج التي يمكن الحصول عليها: جداول تبين تفاصيل كل مقطع عرضي (مناسيب الماء الناتجة، مساحة المقطع المبلول، السرعة والفواقد...)، وجداول للأخطاء والتحذيرات الناتجة عن الدراسة، ومنحنيات توضح العلاقة بين التدفق ومنسوب الماء والتي تظهر تأثير المنشآت الهيدروليكية على امتداد المجرى، ومخططات للمقاطع العرضية موضح عليها البارامترات الناتجة عن الحسابات الهيدروليكية و العراقيل والمساحات الفعالة كافة، ومخططات ثلاثية الأبعاد تظهر المجرى والمياه الجارية فيه، وغيرها...

النتائج والمناقشة

قام فريق مختص بالرفع الطبوغرافي لكامل مجرى نهر السن من دراسة سابقة [7]، مشروع تنظيم مجرى نهر السن، وتم إنشاء 81 مقطعاً عرضياً انطلاقاً من المنبع وانتهاءً بمصبه عند البحر، حيث تم اختيار مواقع هذه المقاطع على تباعدات مناسبة فيما بينها من أجل الحصول على أفضل تمثيل لمجرى النهر، تعتبر المياه الرئيسية المشكلة للنظام المائي لوادي نهر السن مياه نبع السن وبشكل موسمي مياه رافديه: نهر أبو بكرة الناتجة عن هطول الأمطار على الحوض الساكب، وساقية السلطان لدى ارتفاع منسوب المياه الجوفية في الأراضي المجاورة وفائض مياه الري وكذلك تصريف المياه الجوفية المباشر، الشكل (1)، لذلك تم تقسيم النهر للدراسة اعتماداً على روافده.

النموذج الرياضي: قمنا باختيار نموذج اعتباري محدد للنهر:

1. الجزء الأول من النهر (Reach1): من المنبع إلى نقطة الالتقاء بنهر أبو بكرة بطول 2.258 كم، إذ تم رفع (33) مقطعاً طبوغرافياً توزعت في مناطق التوسع والتضييق وعند نقاط تغير الاتجاه والعرض.
2. الجزء الثاني من النهر (Reach2): من نهاية الجزء الأول وعلى امتداد 1.727 كم، وصولاً إلى نقطة الالتقاء بساقية السلطان، ويحتوي على (28) مقطعاً متقاربة في منطقة التعرجات والتغير في عرض مجرى النهر.
3. الجزء الثالث من النهر (Reach3): 3 من نهاية الجزء الثاني باتجاه مصبه في البحر، يتوزع على طوله البالغ 1.425 كم، (20) مقطعاً عرضياً.



الشكل (1) نهر السن ورافديه

القياسات الحقلية

تم اختيار مناطق القياس تبعاً للتغيرات الأساس في غزارة نهر السن، حيث تجري القياسات في نقاط منفصلة من المقطع العرضي، وُقِّم المقطع العرضي وفقاً للعرض الكلي للمجرى كما يأتي:

- العرض أقل من 10 أمتار، نقسم المقطع العرضي إلى شرائح بحيث يكون عرض كل منها حوالي 15% من العرض الكلي أو 0.5م.
 - العرض بين (10 - 20) متراً يكون عرض كل شريحة حوالي 1م.
 - العرض أكبر من 20 متراً يكون عرض كل شريحة حوالي 1م.
- نأخذ العمق في كل نقطة قياس، ويتم قياس السرعة اعتماداً على العمق الناتج بشكل متوافق مع علاقات السرعة السابقة كما يأتي:

- إذا كان العمق أقل من متر واحد يتم قياس السرعة في نقطة واحدة فقط من الشاقول أي نضع الجهاز على ارتفاع 40% عن قاع المجرى، وبالتالي يتم قياس السرعة عند 60% من عمق الماء.
 - إذا كان العمق أكثر من متر واحد يتم قياس السرعة في نقطتين.
- ولتنفيذ العمل أجريت القياسات في ثلاثة مواقع:

الموقع الأول تحت جسر القطار على بعد 4.877 كم عن مصب النهر، أي على بعد 500 متر من المنبع.

الموقع الثاني عند منطقة المخاضة أي بعد الالتقاء بنهر أبو بكرة.

الموقع الثالث عند جسر عرب الملك على بعد 0.21 كم من المصب، الذي يمثل تقريباً الغزارة الكلية للنهر

بعد التقاء الروافد فيه كافة.

استخدمت البرامه المائية في حساب السرعة، إذ قيس عدد الدورات خلال زمن محدد "30 ثانية"، واستخدمت

عصا فولاذية مدرجة لقياس أعماق المياه.

إن اختلاف قيم التدفق بين مقطع وآخر يعود إلى وجود ينابيع تظهر على امتداد المجرى النهري، ومنها نبع الدلب، الذي يبعد 500 متر عن المقطع الأول والذي قُدِّر تدفقه منه بـ 400 لتر في الثانية (قيست خلال فترة القياس نفسها باستخدام البرامه المائية)، وتصل إلى النهر كمية من تدفقه بعد ضياع جزء منه في التسرب والتبخر.

كما ترد مياه إلى النهر ناتجة عن التسرب من قنوات الري المنتشرة في هذه المنطقة، وقد تظهر بعض المياه الواردة على نحو واضح على جانبي المجرى، إضافة إلى الجريان في نهر أبو بكرة الذي تم تقدير كمية الجريان فيه بشكل تقريبي بـ 400 لتر في الثانية (قيست خلال فترة القياس نفسها باستخدام البرامه المائية)، وتظهر في مجراه

الأعشاب والشجيرات الصغيرة، التي تعيق الجريان وتزيد من خشونة المجرى، ومن ضياع المياه الواصلة إليه، وتصيب في المجرى نواتج صرف صحي من البيوت والمطاعم المنتشرة على امتداد النهر، بالإضافة إلى نواتج معمل أوغاريت المقام على النهر.

وقد تم الاعتماد على نتائج القياسات السابقة من أجل معايرة النموذج الاعتراري المحدد للنهر ومعايرة البيانات الداخلة فيه.

الجدول (1) قيم التدفقات المقاسة

التدفق Q	الموقع	النهر
0.917	الموقع الأول	السن
1.331	الموقع الثاني	السن
1.613	الموقع الثالث	السن

$$(Q) \quad (m^3 / sec)$$

إن تعدد عناصر التغذية في مجرى نهر السن، سواءً كانت تغذية قادمة من المسيلات السطحية أو من نهر أبو بكرة أو من ساقية السلطان، أو التغذية الجوفية للنبع والنهر، تسهم جميعها في وجود الفروقات في قيم التدفق في المقاطع الثلاث المختارة.

أما بالنسبة لقياسات معامل ما نينغ، فقد تم تحديد خشونة المجرى [7] اعتماداً على التحليل الحبي للعينات التي أخذت من المواقع الآتية من المجرى: جسر الأوتوستراد، نقطة التقاء نهر أبو بكرة مع نهر السن، المخاضة، مصب ساقية السلطان، جسر عرب الملك، ومن كل موقع أخذت عينة من المجرى وعينة من إحدى الضفاف، إذ بلغ عددها عشر عينات ولدى التحليل الحبي حصلنا على النتائج المطلوبة (منحني التحليل الحبي والنسبة المتبقية والمارة من المناخل) واعتماداً على هذه المنحنيات حُدّد معامل الخشونة "معامل مانينغ" الجدول (2) بطريقتين:

1- من علاقة Mueller الآتية:

$$M = \frac{1}{n} = \frac{26}{(d90)^{\frac{1}{6}}} \quad (m^{1/3} / sec)$$

حيث d90 القطر الذي يمرر 90% من حبات العينة (m).

2- من علاقة Strickler الآتية:

$$M = \frac{1}{n} = \frac{21.1}{(dm)^{\frac{1}{6}}} \quad (m^{1/3} / sec)$$

حيث: dm هو القطر الوسطي الفعّال للعينة (m).

ندخل المقاطع العرضية (81) مقطعاً، بالإضافة إلى تحديد المسافة بين المقاطع (الجوانب اليسرى واليمنى وقاع المجرى) ونظراً لتعرج النهر تكون المسافات مختلفة، كما ندخل فواقد الطاقة التي تشمل فاقد الاحتكاك الناتجة عن الخشونة (مانينغ) وفواقد التوسع (التمدد) والتقلص (الانكماش)، ويفرض نمط الجريان دون الحرج نختار المعاملات في هذا البحث كما يأتي { Cont = 0.1, exp = 0.3 }.

الجدول (2) قياسات معامل الخشونة في عدة مواقع من المجرى

M (m ^{1/3} /sec) حسب strickler	d ₅₀ (mm)	M (m ^{1/3} /sec) حسب muller	d ₉₀ (mm)	الموقع
46.62	8.6	44.84	38.1	الضفة اليمنى
102.98	0.074	44.84	38.1	المجرى
102.98	0.074	126.89	0.074	الضفة اليمنى
48.24	7	50.288	19.1	المجرى
102.98	0.074	126.89	0.074	الضفة اليمنى
70	0.75	47.95	25.4	المجرى
102.98	0.074	126.89	0.074	الضفة اليمنى
102.98	0.074	89.525	0.6	المجرى
51.93	4.5	52.35	15	الضفة اليمنى
63.87	1.3	58.137	8	المجرى

معالجة النتائج ومعايرة الموديل الرياضي

خطوات المعايرة

- وضع النموذج الرياضي الأولي: إدخال المقاطع العرضية وخصائصها، وإدخال المسافة بين المقاطع ومعاملات فواقد الطاقة، تم اختيار النموذج الأولي "كما أشرنا سابقاً" مؤلفاً من 3 أجزاء.
- وضع قيمة معامل مانينغ لكل مقطع عرضي، حسب الدراسة السابقة بتحديد معامل الخشونة في مواقع محددة "مذكورة سابقاً"، وباعتبار مجرى النهر كثير التعرجات والانعطافات وكثير التخريب ويحتوي على كتل حجرية وبعض الشجيرات والكثير من الأعشاب وأحجار كثيرة في القاع، فإن قيم معاملات الخشونة تتراوح بين (0.04-0.01)، ولذلك تم اختيار قيم ل n = 0.1 عند بعض المقاطع ذات الجدران البيتونية، وقيم تتراوح بين (0.04 و 0.043) في بقية المقاطع.
- وضع قيمة معامل التمدد والتقلص { Cont = 0.1 , exp = 0.3 } بفرض أن الجريان دون الحرج.
- إدخال معطيات التدفق: باعتبار الجريان جريان مستقر، يطلب البرنامج إدخال قيم التدفقات عند بداية كل مجرى نهري، كما يمكن للمستخدم إضافة مواقع جديدة تعدّ ضرورة كنقاط تغير التدفق، المذكورة في الجدول (1).
تم إدخال التدفق (Q=0.917m³/s) في بداية الجزء الأول للنهر، والتدفق بعد الالتقاء بنهر أبو بكرة (Q=1.331m³/s) في الجزء الثاني للنهر، والتدفق (Q=1.613m³/s) في الجزء الثالث للنهر قبل الوصول إلى مصبه في البحر.
- إدخال الشروط الطرفية الجدول (3)، وبما أن الجريان هو جريان دون الحرج فتكون الشروط الطرفية المطلوبة كما هي مبيّنة في الجدول (3).

الجدول (3) الشروط الطرفية الأولية

الجزء الثالث من النهر	الجزء الثاني من النهر	الجزء الأول من النهر	نهر السن
Known WS (Q=1.88, WS=0)	Normal Depth I=0.0072	Normal Depth I=0.002	الشرط الطرفي السفلي (Downstream Condition)

Normal Depth : العمق الطبيعي للجريان اعتماداً على الميل الطبيعي للجزء المدروس من المجرى عند الطرف المدروس.

Known WS : منسوب ماء معلوم عند الطرف المدروس.

• نفرض الجريان دون الحرج، والنتائج تبين إن كان هذا الفرض صحيحاً، وتعاد الحسابات بعد تصحيح الفرضيات عند اللزوم وفقاً لهذه النتائج.

• يجب تحديد القيم الحدية المسموحة التي يعتمدها البرنامج عند إجراء الحسابات الهيدروليكية:

1. حساب منسوب سطح الماء بما فيها حساب العمق الحرج (0.0001 م - 1 م): نفرضها (0.003 م).

2. العدد المسموح من التكرارات (3-40) مرة : نفرضها = 20 مرة.

3. المعامل المسموح للتدفق (0.0001-0.05): نفرضه = 0.001.

• إجراء الحسابات والتأكد من نمط الجريان المقترض، ومقارنة نتائج التحليل الهيدروليكي الناتجة عن النموذج الرياضي الاعتباري، مع القيم الناتجة عن الحسابات.

عند حساب قيم فرويد في كل مقطع من المجرى النهري، وانطلاقاً من الجدول (4)، نجد أن عدد فرويد يتغير من القيمة (0-1.06) أي يتغير الجريان في بعض المقاطع من جريان دون الحرج إلى جريان فوق الحرج وبالعكس في مقاطع أخرى، وهذا لا يتوافق مع شرط الجريان دون الحرج ونظراً لعدم تحقق شرطه في بعض المقاطع:

$$F_r = \frac{u}{\sqrt{gh}} < 1$$

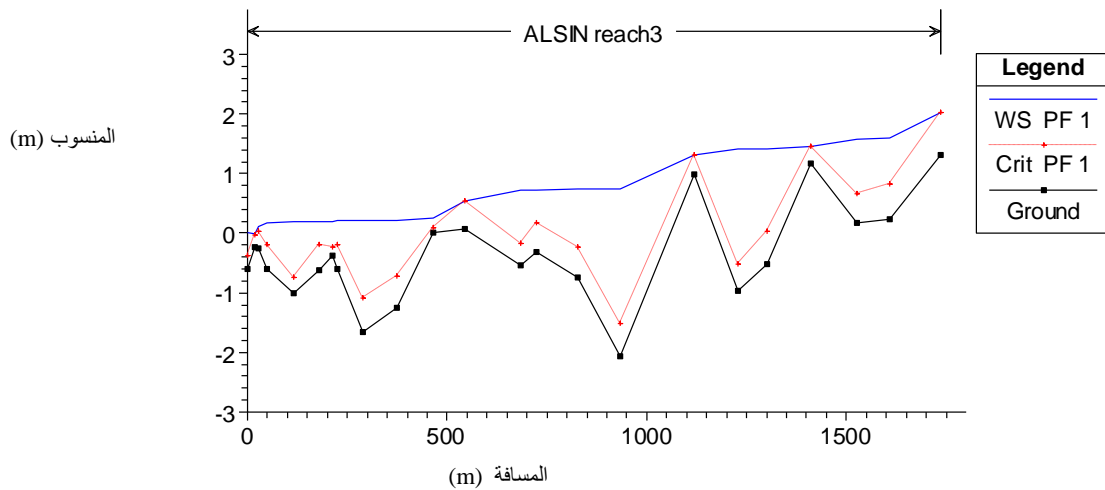
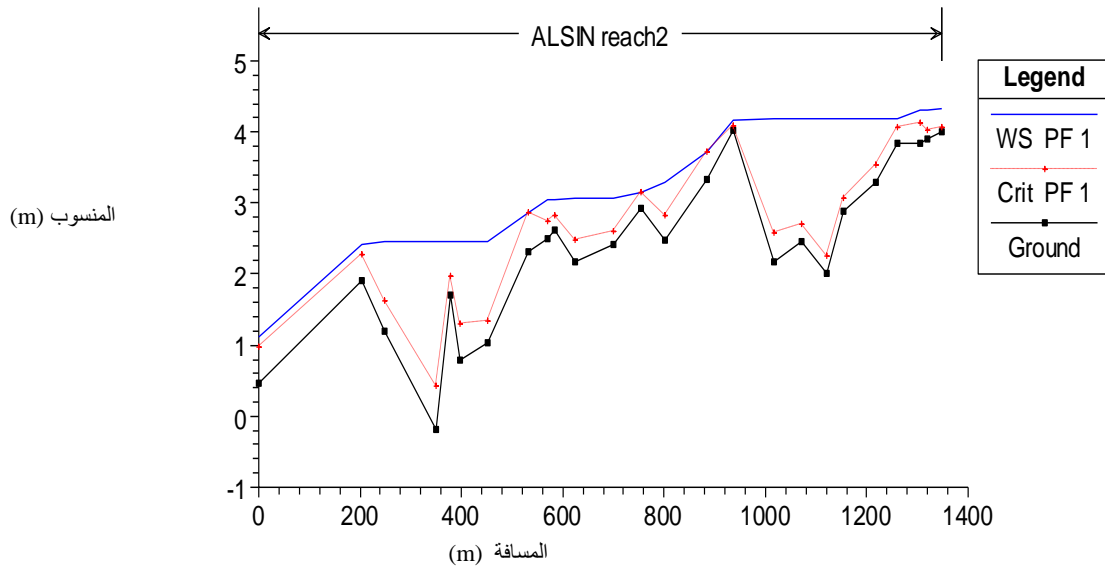
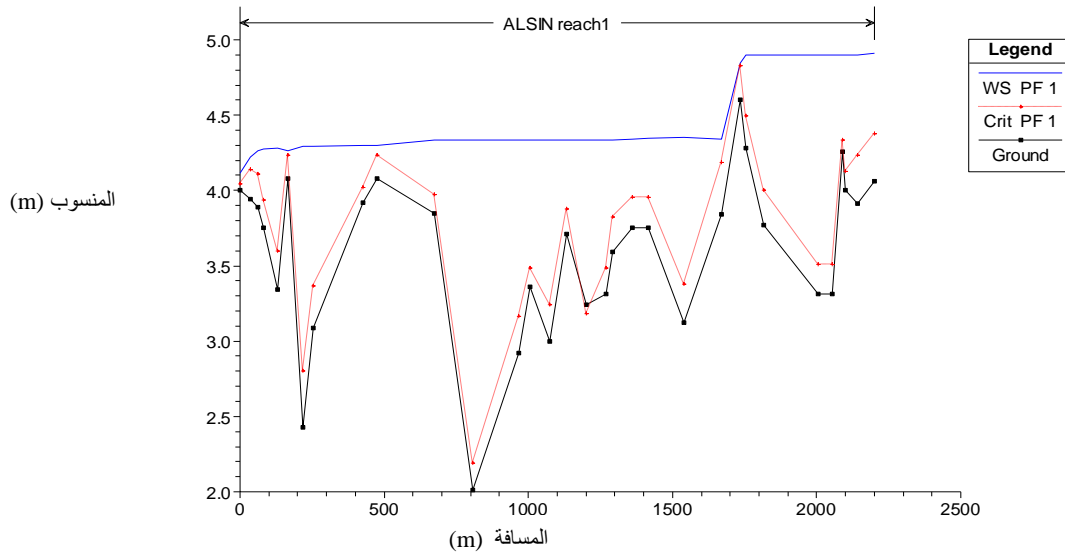
يكون الافتراض غير صحيح، وهذا ما يبدو واضحاً في الشكل (2)، الذي يبين سطح الماء في مجرى النهر

والعمق الحرج المقابل له في كل مقطع عرضي.

لذلك يتم تعديل فرضية الجريان دون الحرج باعتبار الجريان مختلط، لأن قيم رقم فرويد تتراوح بين نوعي الجريان

المختلفة، الذي يتطلب إدخال كل من الشرط الطرفي العلوي Upstream Condition إضافة إلى شرط الجريان

السفلي (downstream Condition)، موضحةً في الجدول (5).



الشكل(2)، سطح الماء في مجرى النهر والعمق الحرج المقابل له في كل مقطع عرضي

الجدول (4) قيم فرود في كافة المقاطع العرضية

المقطع المدروس	فروود	المقطع المدروس	فروود	المقطع المدروس	فروود
5.41	0.04	3.37	0.56	2.18	0.03
5.35	0.03	3.34	0.05	2.08	0.07
5.3	0.01	3.29	0.13	2.03	1.01
5.292	0.03	3.27	0.19	1.83	0.05
5.25	0.01	3.24	0.5	1.73	1.04
5.21	0.01	3.21	0.26	1.61	0.33
5.02	0.01	3.18	0.09	1.53	0.54
4.96	0.03	3.15	0.09	1.41	1.06
4.94	0.05	3.13	0.29	1.3	0.02
4.88	0.03	3.09	0.39	1.23	0.01
4.877	0.84	3.05	0.06	1.12	0.99
4.75	0.03	2.98	0.03	0.93	0.01
4.62	0.09	2.95	0.01	0.83	0.05
4.57	0.09	2.9	0.02	0.72	0.11
4.5	0.07	2.85	0.01	0.69	0.05
4.48	0.03	2.77	0.27	0.54	0.51
4.41	0.01	2.71	0.99	0.47	0.35
4.34	0.1	2.63	0.11	0.37	0.05
4.28	0.02	2.58	0.98	0.29	0.03
4.21	0.01	2.53	0.07	0.22	0.13
4.17	0.01	2.45	0.06	0.21	0.08
4.01	0	2.41	0.18	0.18	0.14
3.88	0.04	2.4	0.13	0.12	0.03
3.68	0.32	2.36	1.03	0.05	0.13
3.63	0.05	2.28	0.03	0.03	0.45
3.46	0.04	2.23	0.06	0.02	0.36
3.42	0.03	2.21	0.1	0	0.04

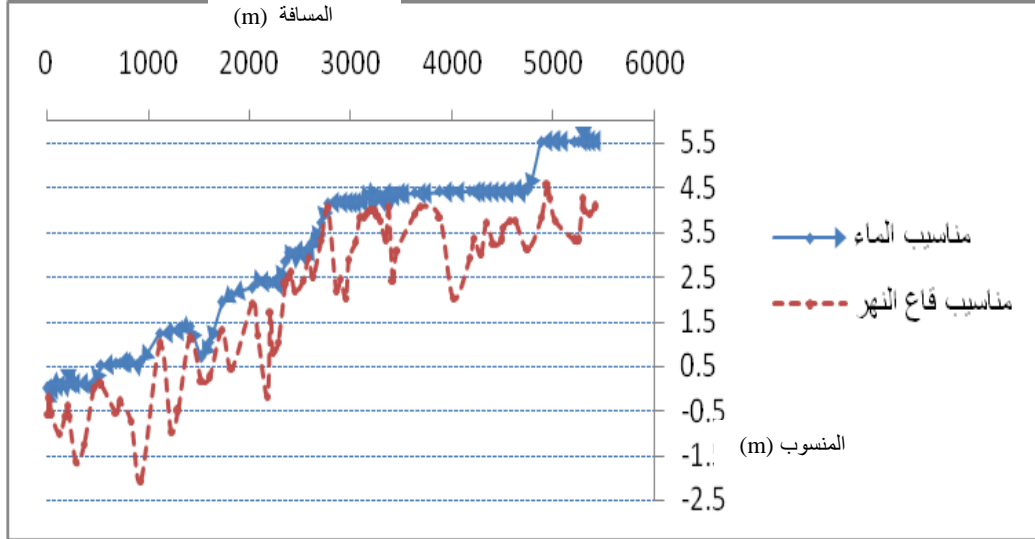
الجدول (5) الشروط الطرفية النهائية

نهر السن	الجزء الأول من النهر	الجزء الثاني من النهر	الجزء الثالث من النهر
الشروط الطرفية العلوي (upstream condition)	Normal Depth I=0.0018	Normal Depth I=0.003	Normal Depth I=0.0085
الشروط الطرفية السفلي (Downstream Condition)	Normal Depth I=0.002	Normal Depth I=0.0072	Known WS =1.613, WS=0

• معالجة النتائج، وإجراء التصحيح اللازم في النموذج الرياضي الاعتباري للبيانات المرتبطة به كافة.

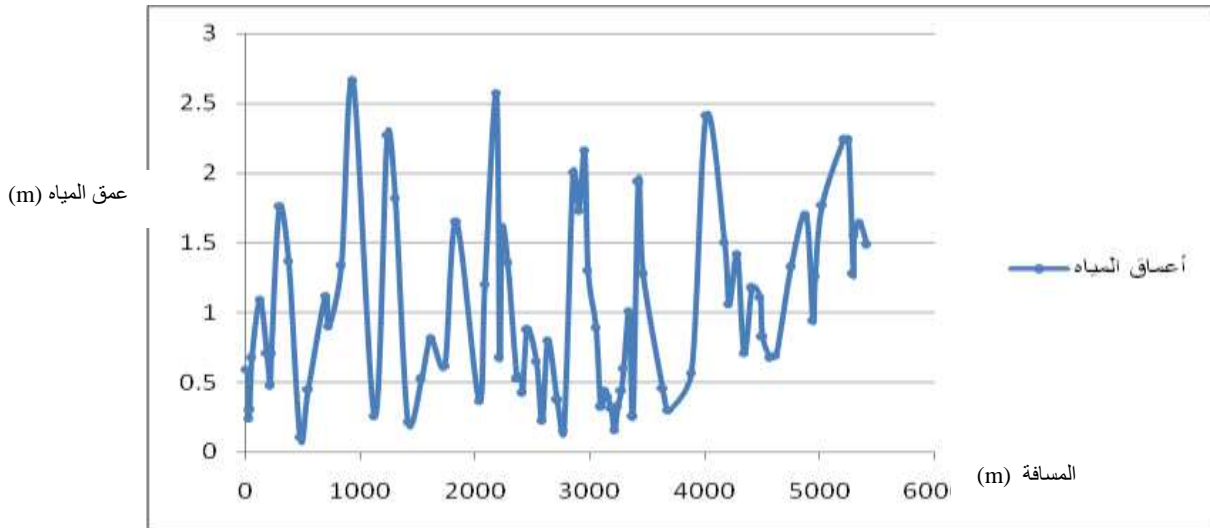
نرسم مخطط يبين تغيير مناسيب المياه على كامل طول النهر، ونلاحظ أن مناسيب قاع المجرى تتراوح بين (5.38) م فوق سطح البحر إلى (2.07) م تحت سطح البحر، إذ إنها تبدأ من منسوب (4.06) م ترتفع تارةً وتتنخفض تارةً أخرى بشكل واضح كما في الشكل(3)، وهذا ناتج عن جريان الماء وعمليات الحت والترسيب الناتجة

عنها، وتنتهي عند المنسوب (0.59) م تحت سطح البحر، كما نلاحظ تناقص مناسيب الماء من (5.55) م إلى منسوب الصفر عند مصبه في البحر.



الشكل (3) مخطط تغير مناسيب المياه على كامل طول النهر

أما مخطط تغير أعماق المياه في المجرى النهري فيوضحه الشكل (4)، إذ إن أعماق المياه تتراوح في المجرى بين (2.66) م و (0.11) م، حيث تنخفض وترتفع المياه في مجرى النهر، بسبب تضاريس القاع المختلفة، أو بسبب الميول الطبيعية للنهر، أو بسبب اختلاف عرض النهر على امتداد طوله، أو بسبب نوعية التربة ووجود النباتات والمواد العالقة التي تؤثر على جريان المياه.



الشكل (4) أعماق المياه

الجدول (6) يبين المقارنة بين أعماق المياه في المقاطع المقاسة، وأعماق المياه الناتجة عن تحليل النموذج الاعتباري في المقاطع نفسها.

الجدول (6) المقارنة بين أعماق المياه المقاسة، وأعماق المياه المحسوبة

عمق المياه (m)	المقطع الأول	المقطع الثاني	المقطع الثالث
النموذج الاعتباري	0.089	0.89	0.56
القيم المقاسة	0.0864	0.867	0.55
الفروق	0.0026	0.023	0.01

عند مقارنة نتائج القياس مع القيم الناتجة في النموذج الاعتباري نلاحظ أن الفروق تتحصر بين 1 سم إلى 3 سم ويمكن إهمالها، وبالتالي يمكن اعتماد النموذج الرياضي الاعتباري كنموذج رياضي يمثل منطقة الدراسة (نهر السن)، موصفاً بالبارامترات التابعة له (فواقد الاحتكاك - فواقد التمدد والتقلص)، و يمكن إيجاد مخطط الغمر لنهر السن لتحديد المناطق المتضررة واتخاذ الإجراءات الضرورية لحمايتها والتقليل من أخطارها.

إنشاء مخطط الغمر Floodplain، ومسار الفيضان Floodway

تم إيجاد مخطط الغمر باستخدام برنامج ال Hec - Ras، إذ تم تمرير عدة موجات فيضانية [7] مبينة في الجدول (7)، وحساب أعماق المياه في المقاطع كافة كما هو مبين في الجدول (8)، وتبين المناطق التي يرتفع فيها الماء عن جانبي سرير النهر والتي تشكل ما يسمى Floodplain.

الجدول (7) قيم الموجات الفيضانية باحتمالات مختلفة (m^3/s)

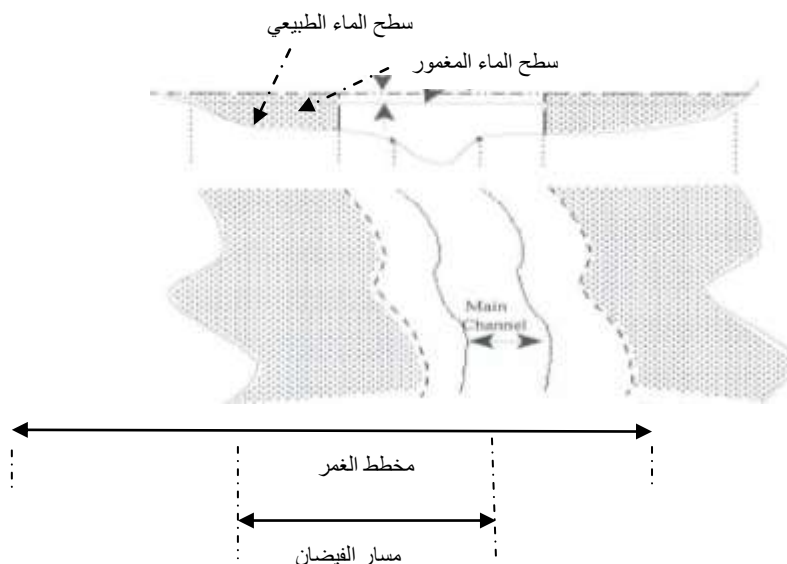
1000yr	500yr	200yr	100yr	50yr	20yr	10 yr	
56	54	52	50	48	45	42	بعد المنبع
260	227	207	200	185	158	142	بعد الالتقاء بنهر أبو بعرة
287	254	234	227	212	185	169	بعد الالتقاء بساقية السلطان

ومن أجل تحديد حدود الغمر للمجرى المائي وإيجاد إحداثيات الغمر encroachment stations التي يحدث ضمنها الضرر الأكبر للأراضي المجاورة وهذا ما نسميه مسار الفيضان Floodway، وهذا ما يوضحه الشكل (5)، على اعتبار أن المناطق البعيدة من المجرى تكون أقل ضرراً من القريبة منه، واتخاذ التدابير اللازمة لتقليل الخسائر، يجب اتباع الخطوات الآتية:

1. نحدد منسوب الماء كسطح مائي طبيعي من دون غمر وهذا يتم باستخدام جريان فيضاني أعظمي في النهر، واعتمدت الدراسة على فيضان يحدث مرة كل 100 عام.
2. بالاعتماد على هذا السطح نوجد مخطط الغمر (Floodplain).
3. نستخدم أحد الطرق الخمسة لإيجاد مسار الفيضان (Floodway).

الجدول (8) أعماق المياه في المقاطع كافة لموجة فيضانية مئوية

عمق الماء في المجرى	منسوب الماء في المجرى	منسوب قاع المجرى	المقطع المدرّوس	الجزء المدرّوس	عمق الماء في المجرى	منسوب الماء في المجرى	منسوب قاع المجرى	المقطع المدرّوس	الجزء المدرّوس
(m)	(m)	(m)			(m)	(m)	(m)		
4.01	6.19	2.18	2.85	reach2	2.57	6.63	4.06	5.41	reach1
2.13	6.15	4.02	2.77		2.7	6.61	3.91	5.35	
2.73	6.06	3.33	2.71		2.61	6.61	4	5.3	
3.1	5.58	2.48	2.63		2.17	6.43	4.26	5.292	
2.56	5.48	2.92	2.58		3.23	6.54	3.31	5.25	
2.95	5.36	2.41	2.53		3.23	6.54	3.31	5.21	
3.21	5.39	2.18	2.45		2.74	6.51	3.77	5.02	
2.77	5.39	2.62	2.41		2.18	6.46	4.28	4.96	
2.89	5.39	2.5	2.4		1.84	6.44	4.6	4.94	
2.82	5.14	2.32	2.36		2.51	6.35	3.84	4.88	
4.06	5.1	1.04	2.28		0.67	6.05	5.38	4.877	
3.92	4.7	0.78	2.23		2.74	5.86	3.12	4.75	
2.97	4.68	1.71	2.21		2.09	5.84	3.75	4.62	
4.86	4.68	-0.18	2.18		2.08	5.83	3.75	4.57	
3.37	4.56	1.19	2.08		2.23	5.82	3.59	4.5	
2.39	4.29	1.9	2.03		2.5	5.81	3.31	4.48	
3.87	4.33	0.46	1.83		2.57	5.81	3.24	4.41	
3.01	4.32	1.31	1.73		2.04	5.75	3.71	4.34	
3.84	4.07	0.23	1.61		2.77	5.77	3	4.28	
4.89	5.07	0.18	1.53		2.41	5.77	3.36	4.21	
3.9	5.07	1.17	1.41	2.84	5.76	2.92	4.17		
5.58	5.06	-0.52	1.3	3.75	5.76	2.01	4.01		
6.03	5.06	-0.97	1.23	1.91	5.76	3.85	3.88		
4.08	5.06	0.98	1.12	1.66	5.74	4.08	3.68		
7.13	5.06	-2.07	0.93	1.82	5.74	3.92	3.63		
5.81	5.06	-0.75	0.83	2.6	5.69	3.09	3.46		
5.38	5.06	-0.32	0.72	3.24	5.67	2.43	3.42		
5.6	5.06	-0.54	0.69	1.47	5.55	4.08	3.37		
4.99	5.06	0.07	0.54	2.2	5.54	3.34	3.34		
5.06	5.06	0	0.47	1.7	5.45	3.75	3.29		
6.32	5.06	-1.26	0.37	1.55	5.44	3.89	3.27		
6.72	5.06	-1.66	0.29	1.39	5.33	3.94	3.24		
5.66	5.05	-0.61	0.22	1.31	5.31	4	3.21		
3.73	3.35	-0.38	0.21	3.13	7.13	4	3.18		
2.65	2.03	-0.62	0.18	3.19	7.1	3.91	3.15		
2.94	1.94	-1	0.12	3.23	7.08	3.85	3.13		
2.35	1.75	-0.6	0.05	2.74	6.59	3.85	3.09		
1.57	1.31	-0.26	0.03	3.23	6.52	3.29	3.05		
1.31	1.07	-0.24	0.02	3.39	6.27	2.88	2.98		
1.11	0.52	-0.59	0	4.18	6.2	2.02	2.95		
				3.57	6.02	2.45	2.9		



الشكل (5) مخطط الغمر و مسار الفيضان

يعتمد البرنامج على طريقة واحدة أو أكثر ضمن خمس طرائق أساس، والتي تهدف إلى إيجاد حدود الغمر (stations encroachment) وهي كما يأتي:

1. الطريقة الأولى: إدخال المستخدم قيم محطات الغمر.

يتم في هذه الطريقة تحديد محطتي الغمر اليمنى واليسرى بشكل مباشر لكل مقطع عرضي، ويمكن أن تتغير هذه المحطات من جريان إلى آخر، ويمكن الحصول على هذه المحطات من دراسات سابقة أو بالارتكاز على نتائج إحدى الطرق الأخرى.

2. الطريقة الثانية: إدخال المستخدم عرض ثابت للقامة في المقاطع كافة على كامل امتداد النهر.

يتم في هذه الطريقة تحديد عرض قمة بشكل منفصل لكل مقطع عرضي، ويكون بعد محطتي الغمر متساوياً عن الخط المركزي للقناة، وبالتالي نعود في منهجية الحساب إلى الطريقة الأولى.

3. الطريقة الثالثة: تحديد المستخدم نسبة تخفيض من قيمة الخشونة k .

يتم في هذه الطريقة تحديد نسبة تخفيض $k/2\%$ من السطح الطبيعي لكل مقطع عرضي، وبالتالي تحديد الجزء المهمل منه.

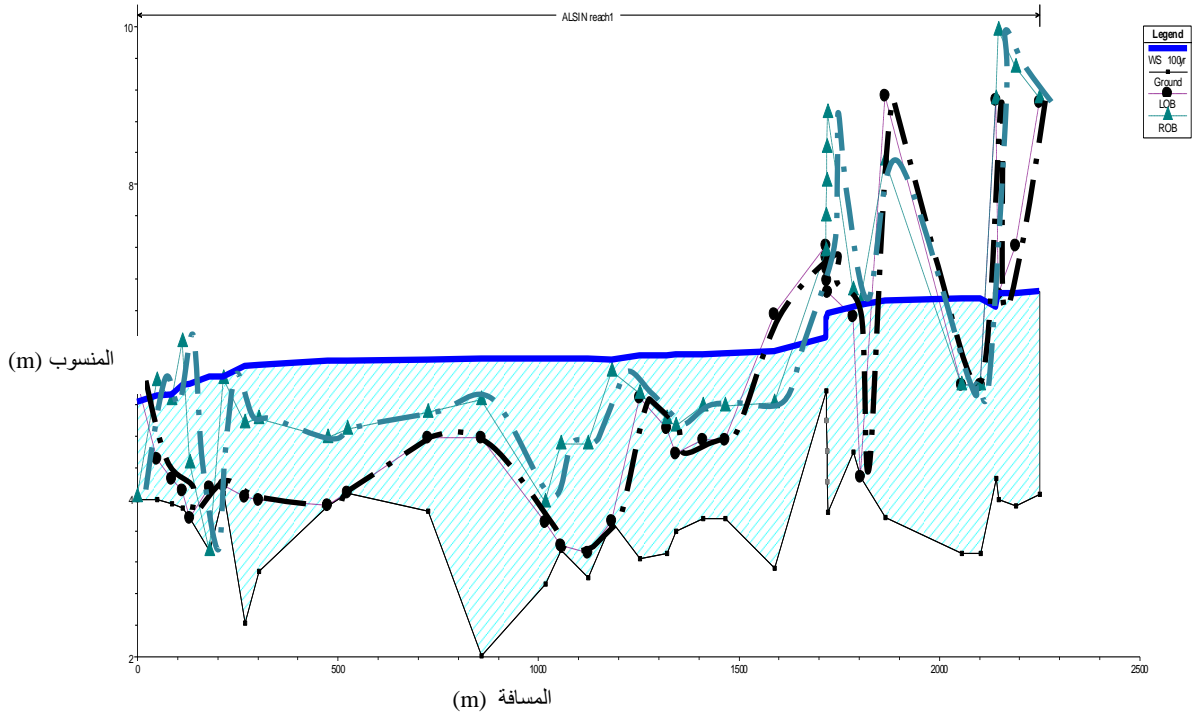
4. الطريقة الرابعة: فرض المستخدم زيادة في سطح الماء.

يجب أن يؤمن المخطط المطلوب حجم تخزين يستوعب أي زيادة في منسوب الماء المحسوب للموجة الفيضانية، لذلك يتم فرض قيمة مضافة في منسوب الماء أعلى من المنسوب الطبيعي في نقطة معلومة المنسوب من النهر، ثم يتم حساب الفروق بين المناسيب الجديدة والمناسيب الطبيعية، التي يجب ألا تتجاوز الزيادة المفروضة، وفي حالة عدم تحقق ذلك في بعض المقاطع، نقوم بزيادة هذه القيمة فيها ونعيد الحسابات من جديد (من الممكن زيادة هذه القيمة عدة مرات حتى نصل إلى الغاية المرجوة).

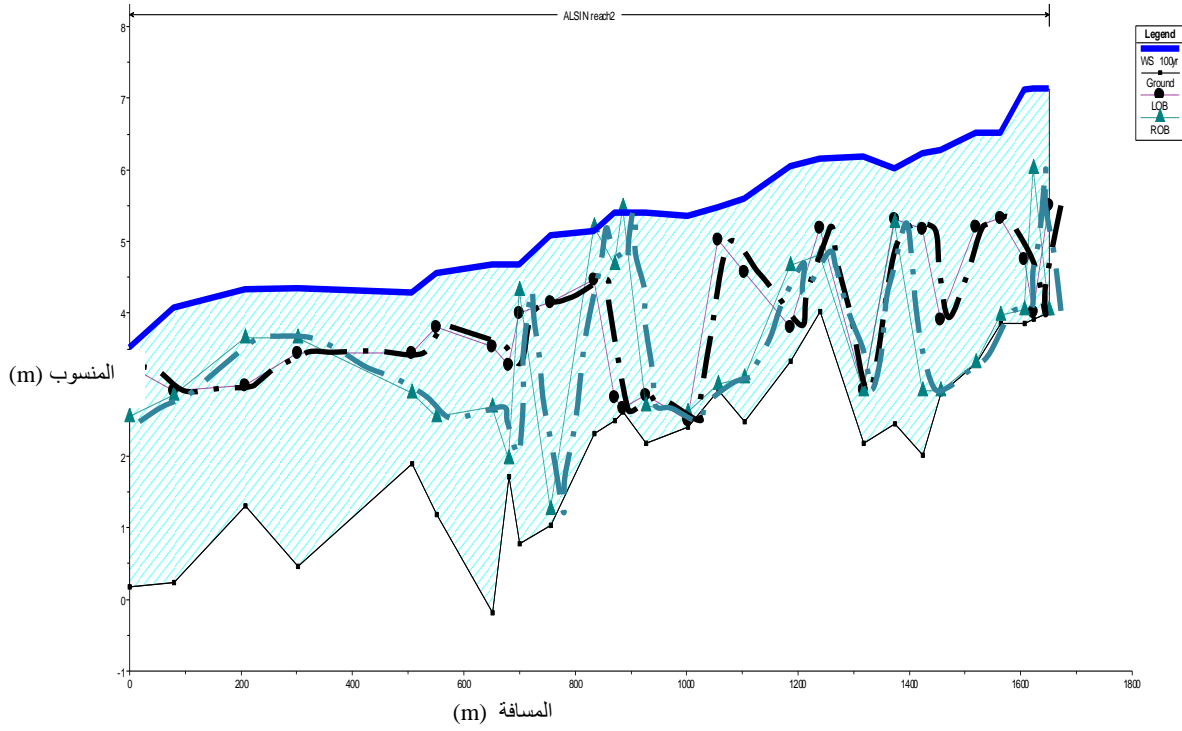
5. فرض المستخدم زيادة في سطح الماء وتغير أعظمي في الطاقة.

تشبه الطريقة الرابعة التي تعتمد على فرض تغير في المنسوب W_g ، إضافة إلى فرض تغير في القدرة E_g ، وبالتالي تتم مقارنة الفروق في المنسوب والقدرة مع الفرض الأولي ونقوم بمعالجة النتائج كما ذكر سابقاً. وبالنسبة لنهر السن فإن الطريقة المتبعة في إيجاد مخطط الغمر في منطقة الدراسة تعتمد على نوعية البيانات المتواجدة، وقد اعتمدنا في حساباتنا على الطريقة الثالثة ومن النتائج النهائية لها استخدمنا الطريقة الأولى كنتائج نهائية، يبين الجدول (7) قيم الجريان من أجل عدة موجات فيضانية، وقد استخدمنا قيم الجريان الناتجة عن الموجة الفيضانية في نهر السن التي تحدث كل 100 عام ندخل قيم الجريان الناتجة عن الموجة الفيضانية التي تحدث كل 100 عام في نهر السن، ونحصل على مخطط الغمر ونعتمد على مناسيب المياه الناتجة في إيجاد مسار الفيضان (floodway).

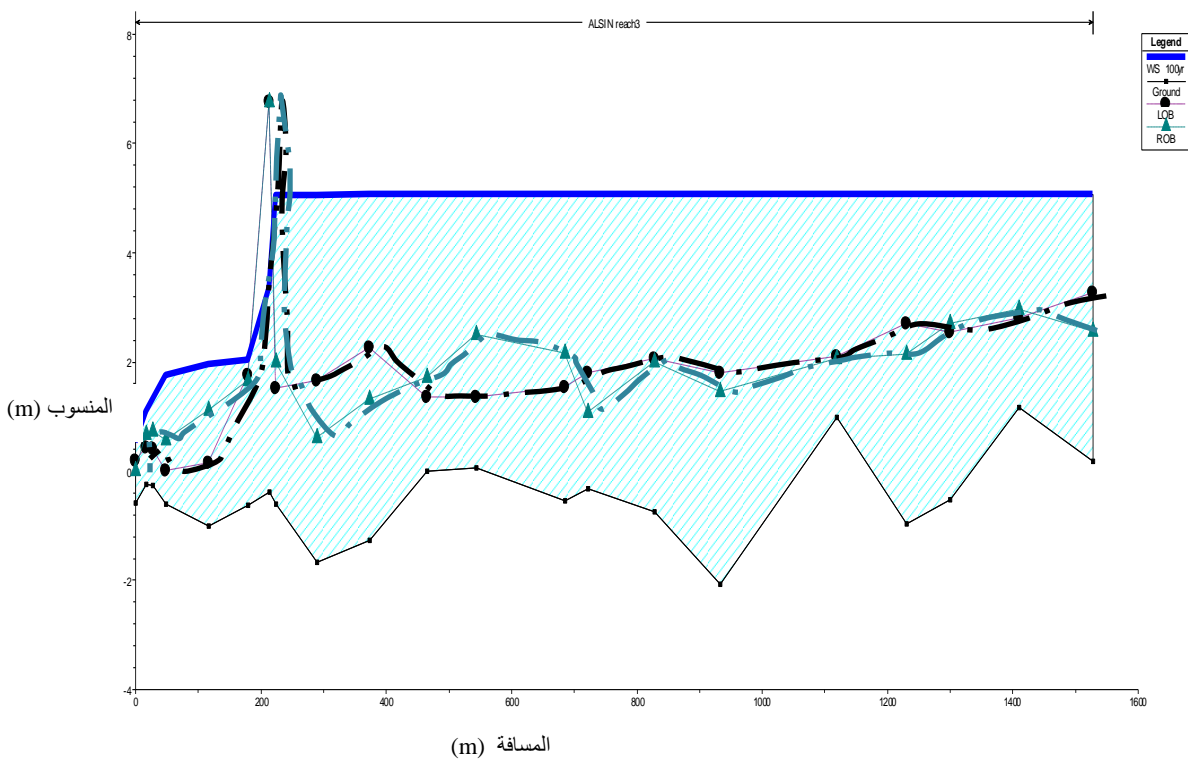
يبين مخطط الغمر الواضح على الخريطة الطبوغرافية الشكل (6) اتجاه الجريان وسلوكه عند تمرير الموجة الفيضانية في المجرى المائي، كما يوضح مدى انتشار غمر المياه في الأراضي المجاورة له، وعلاقة هذا الغمر من جهة مع عرض المجرى وعمقه، حيث إن المياه تغطي بشكل كبير في المناطق الضحلة والضيقة وتبدو واضحة في أجزاء المجرى كافة، بينما تقل في المناطق الواسعة والعميقة وبخاصة في الجزء الأول من المجرى، الأشكال (7,8,9) تبين ضفتي النهر وسطح الماء في كل جزء من المجرى.



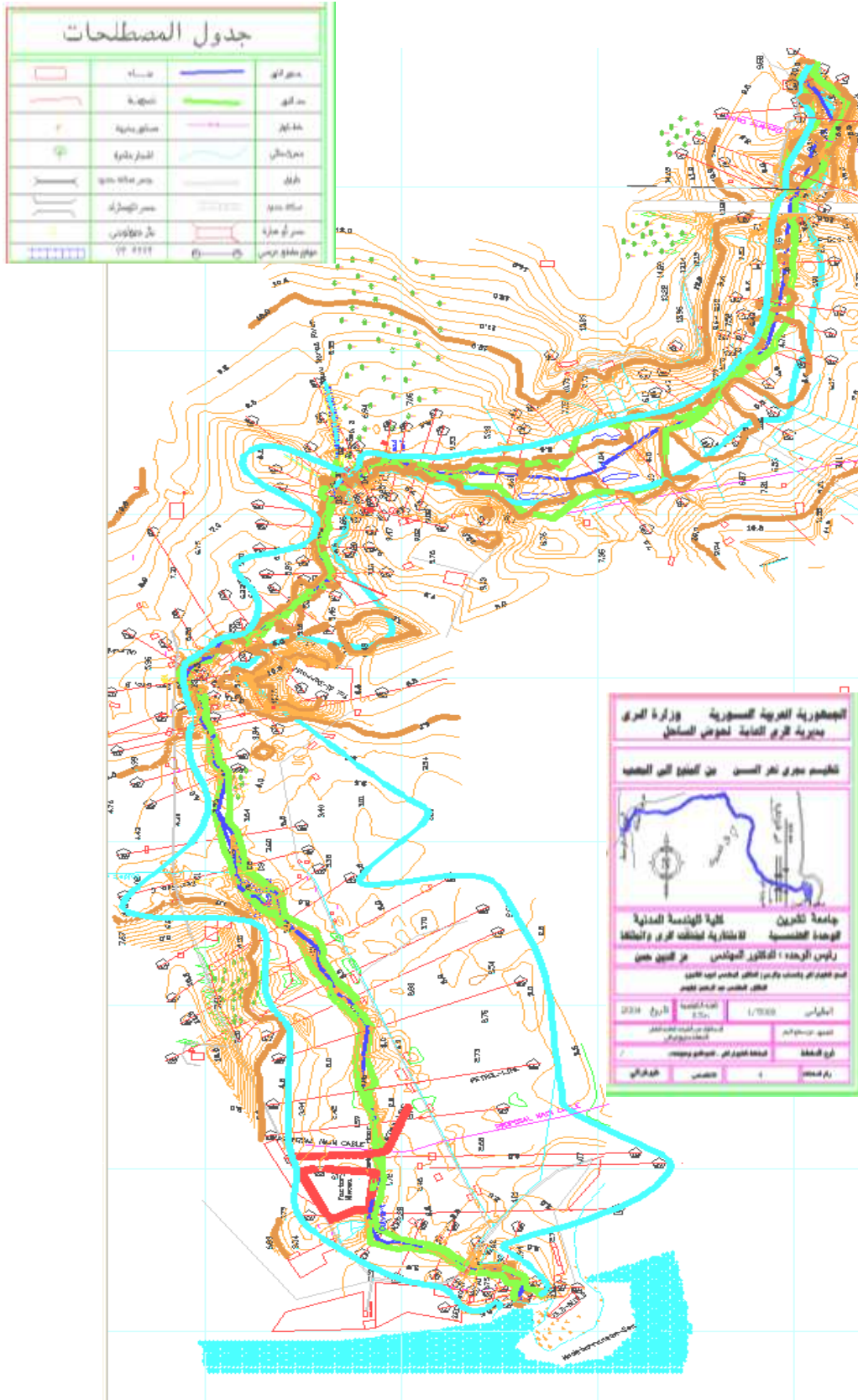
الشكل (7) يبين ضفتا المجرى



الشكل (8) ضفتي المجرى في الجزء الثاني من النهر و سطح الماء فيه



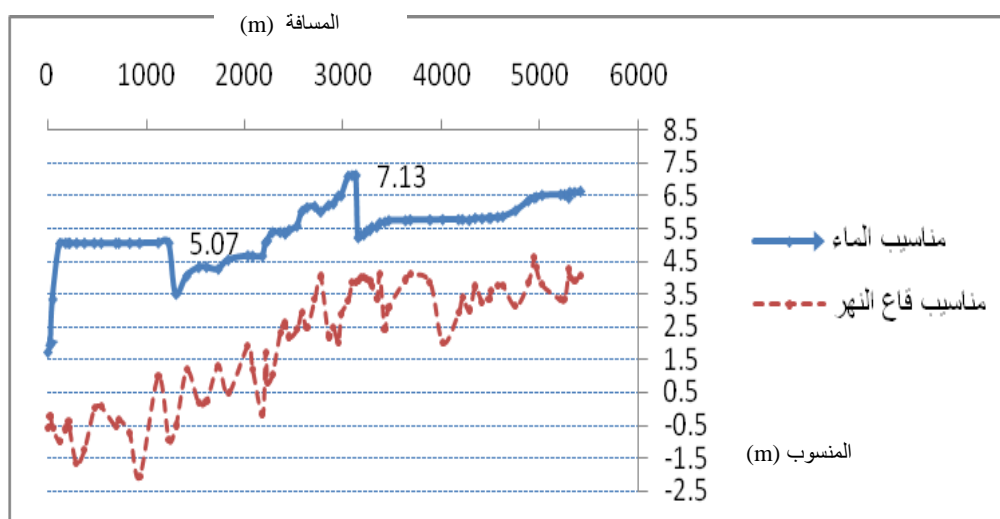
الشكل (9) يبين ضفتي المجرى



مخطط الغمر لنهر السن الناتج عن موجة فيضانية مئوية

كما يبين المخطط علاقة الغمر المائي والانتشار المتزايد للمياه على ضفتي النهر مع التدفق القادم من الرافدين (نهر أبو بكرة - ساقية السلطان)، إذ تلعب مياه هذين الرافدين دوراً في تغذية النهر ولكنها في الوقت نفسه تزيد من رفع المياه على ضفتيه، حيث نجد من مخطط مناسيب المياه في نهر السن الموضح بالشكل (10)، أن المياه تبدأ بالتدفق من منسوب 6.64 m وتتحرك باتجاه البحر منخفضة ومرتفعة مع تعرجات قاع النهر، وعند ورود مياه نهر أبو بكرة إلى المجرى الرئيس ترتفع المياه بشكل حاد إلى المنسوب 7.13 m فوق سطح البحر، وبالتالي تغطي المياه بشدة على الضفة اليمنى لتستمر بعدها على كلتا الضفتين، إلى أن تلتقي مياه النهر مع المياه القادمة من ساقية السلطان، ويزداد بعدها الغمر بشكل كبير على الضفتين وبالمقابل يكون منسوب الماء قفز بشكل حاد من جديد إلى المنسوب 5.07 m فوق سطح البحر ويتابع مساره مستقراً بشكل تقريبي، إلى أن ينحسر الغمر عند النهاية في منطقة سهلية شديدة حيث تتخفض المياه قبل الوصول إلى المصب في البحر.

ونلاحظ أن مناسيب قاع المجرى تتراوح بين 5.38 م فوق سطح البحر إلى 2.07 م تحت سطح البحر، حيث تبدأ من منسوب 4.06 م ترتفع تارةً وتتخفض تارةً أخرى بشكل واضح، وهذا ناتج عن جريان الماء وعمليات الحت والترسيب الناتجة عنها، وتنتهي عند المنسوب 0.59 م تحت سطح البحر.



الشكل (10) مخطط مناسيب المياه في نهر السن

طرق الحماية من الفيضانات

تتم عملية السيطرة على الفيضان وضبطها من خلال إدارة أحواض التصريف، وتهذيب المجرى وتحسين الميول واتجاه الجريان من خلال إزالة العوائق المحلية التي تسبب حجز المياه وزيادة ميل قاع المجرى للتقليل من الرسوبيات المعيقة للجريان وتوفير مساحة غمر كبيرة تخفض سرعات الجريان، كما يمكن أيضاً زيادة مقطع الجريان عن طريق استغلال المساحات الخضراء وتقليل البناء، كما يمكن بناء سدود تخزين صغيرة عند أعلى الجريان تخدم أغراض تخزين المياه وتعمل على رفع مستوى المياه الجوفية [9,8].

يمكن إقامة الحواجز أو السدود الترابية الطويلة كأكتاف جانبية على طول المجرى، وحماية جوانب من خلال الزراعة النباتية أو الشجرية للتقليل من عوامل التعرية والحت، وإضافة بعض المنشآت الهندسية لتنظيم الجريان والمناسيب المائية، بالنسبة لنهر السن تمكنت دراسة سابقة لتنظيم مجرى نهر السن [10] من وضع تصور بعض

الحلول الهندسية: اختيار مقطع الجريان للمجرى المنظم، اختيار مسار جديد لمجرى نهر السن، إضافة بعض منشآت تنظيم المياه وتغيير معامل خشونة المجرى وإضافة الحواجز الجانبية.

وتم البحث في إمكانية وجود حلول أخرى:

1. استبدال الهدار والمنشآت المضافة بتكسية مناسبة كمخمدات طاقة: كان اقتراح استخدام تكسية حجرية مناسبة وخاصةً عند نقاط الالتقاء لاستخدامها كمخمدات طاقة، انطلاقاً من أن إضافة منشآت لتخفيض مناسب المياه يعد خياراً غير اقتصادي، كما أن إضافة تلك المنشآت تحتاج إلى صيانة دائمة وتعزيل مستمر لضمان عملها الصحيح.
2. رفع الأكتاف بعد التخفيض الأخير للمياه: بعد تمرير موجة الفيضان والقيام بإجراءات الحماية السابقة، نجد أن المياه ما زالت تغطي على جانبي النهر في عدة مواقع، ويتبين عدم كفاية هذه المقاطع لاستيعاب التدفق المار، لذلك وجب رفع منسوب الأكتاف في مناطق الغمر إلى منسوب الماء ثم أخذ احتياطي حسب عمق الجريان، لكي تساعد في رفع إمكانية المجرى في استيعاب المياه المتدفقة.

الاستنتاجات والتوصيات

1. يوضح مخطط الغمر الناتج عن الموجة الفيضانية المئوية لنهر السن مدى غمر المياه في الأراضي المجاورة له، وعلاقة هذا الغمر مع عرض المجرى وعمقه من جهة، والتدفق القادم من الروافد من جهة أخرى.
2. تغطي المياه بشكل كبير في المناطق الضحلة والضيقة ويبدو ذلك واضحاً في أجزاء المجرى كافة، بينما تقل في المناطق الواسعة والعميقة لتشكل مستنقعات وخاصةً في الجزء الأول من المجرى،
3. تلعب مياه الروافد (نهر أبو بكرة - ساقية السلطان) دوراً في تغذية النهر ولكنها في الوقت نفسه تزيد من رفع المياه على ضفتيه.
4. تتراوح مناسيب المياه في النهر بين 7.13 m فوق سطح البحر إلى الصفر عند سطح البحر، إذ تبدأ المياه بالتدفق من منسوب 6.64 m وتتحرك منخفضة ومرتفعة مع تعرجات قاع النهر باتجاه مصبه في البحر.
5. ترتفع المياه بشكل حاد بعد ورود مياه نهر أبو بكرة إلى المجرى الرئيس إلى القيمة 7.13 m، وتظهر المياه جيشاً كبيراً متمثلاً بهذا الارتفاع المفاجئ للمياه، وبالتالي تغطي المياه بشدة على ضفتي النهر، وكذلك الأمر بالنسبة للمياه القادمة من ساقية السلطان.
6. تتراوح مناسيب قاع المجرى بين 5.38 m فوق سطح البحر إلى 2.07 m تحت سطح البحر، وتبدأ من منسوب 4.06 m ترتفع تارةً وتنخفض تارةً أخرى بشكل واضح، وهذا ناتج عن جريان الماء وعمليات الحث والترسيب الناتجة عنها وظواهر الجيشان المتكررة، وتنتهي عند المنسوب 0.59 m تحت سطح البحر.
7. يعيق وجود السدات والعراقيل في بعض المقاطع العرضية سواءً كانت في قاع النهر أو على جوانبه انتشار المياه في المجرى.
8. يؤثر انتشار الأعشاب والنباتات والأحجار في المجرى أضف إلى ذلك التدخل البشري في طبيعته على تأرجح المياه في النهر.
9. لا بد من السيطرة قدر الإمكان على آثار الغمر باتخاذ وسائل حماية مناسبة مثل بناء حواجز ترابية جانبية تقلل من ارتفاع المياه.

10. كما يمكن إزالة الأعشاب والحجارة والعوائق التي يمكن أن تؤثر على الجريان، وزرع الجوانب بنباتات أو رصفها بالحجارة للتقليل من جرف التربة وعمليات الحت والترسيب.
11. توسيع المجرى في أماكن التضيق والتي تسبب غمراً كبيراً على جانبيه.
12. يجب حماية مناطق الالتقاء مع الروافد (نهر أبو بكرة - ساقية السلطان) وتصحيح نقاط التقائها بالنهر للتقليل من الضرر الناتج عن حركة المياه، والعمل على تصميم مداخل مناسبة لهذه المياه تخفف من قوة جرفها.
13. تهذيب المجرى بالشكل المناسب وخاصةً في منطقة المستنقعات، لتأمين الاستفادة الأكبر من مياهه.
14. العمل على تطبيق أنجع وسائل الحماية المدروسة وأكثرها اقتصادية.
15. زيادة عدد المقاطع العرضية عند الدراسة سواءً حقلياً أو باستخدام خصائص البرنامج.
16. التخطيط المستقبلي لزيادة استثمار مياه النهر في مختلف المشاريع التي تجعل من فيضان النهر وحركة مياهه وسيلةً لتطوير الواقع المائي في بلادنا.

المراجع

1. عمار، غطفان؛ الأسعد، علي. *الهيدرولوجيا*، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، منشورات جامعة تشرين، 1995، 311.
2. BRATER, E; KING, H; and LINDLE, J; and WEI, Y. Handbook of Hydraulics 1996, 400-403.
3. MECUEN, R; and SNYDER, W. Modeling Statistical Methods and Application. Prentice-Hall, Englewood cliffs., Newjersey, 1968, 568.
4. ABBOT, MB; and CUNGEL, JA. Engineering Application of Computational , Boston, London, Melbourne, 1982, 262.
5. حسن، عز الدين. تنظيم مجرى نهر الكبير الشمالي بين سد 16 تشرين وجسر خان عبد الله. مديرية الري العامة لحوض الساحل وكلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، اللاذقية، الجمهورية العربية السورية، 1998.
6. عمار، غطفان. حساب الفيضانات الأعظمية في نهر مرقية. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية في اللاذقية في الجمهورية العربية السورية، المجلد 29، العدد 2، 2007، 11-25.
7. عمار، غطفان؛ الأسعد، علي. مشروع تنظيم مجرى نهر السن- الدراسة الهيدرولوجية، الوحدة الاستشارية لمنشآت الري وأتمتها في جامعة تشرين مع مديرية الري العامة لحوض الساحل، اللاذقية، الجمهورية العربية السورية، 2004.
8. حسن، عز الدين. *الوجيز في الفيضانات*، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، دمشق، 2005، 691.
9. عوض، عادل. *حماية المدن من أخطار الفيضانات*، مركز الدراسات والبحوث، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، 2005، 147-182.
10. حسن، عز الدين؛ الكنج، أسعد. مشروع تنظيم مجرى نهر السن. الوحدة الاستشارية لمنشآت الري وأتمتها في جامعة تشرين مع مديرية الري العامة لحوض الساحل، اللاذقية، الجمهورية العربية السورية، 2004.