الدراسة الهيدروليكي للموجة الفيضانية الناجمة عن المفيض الجانبي لسد الأبرش

اسم الباحث: حسين الحسين
الدكتور المشرف: د. شعبان حديد
المشرف المشارك: د. مرتضى علي

الملخص

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على حالات الفيضان الناجمة عن تصميم مفيضات السدود بقدرة تصريفية لا تتناسب مع القدرة الاستيعابية لمجرى نهر الأبرش مما يؤدي الى فيضان المياه خارج حدود المجرى وتعرض بعض المناطق للغمر. حيث تناول البحث دراسة الموجة الفيضانية التي تتعرض لها الأراضي الممتدة على جانبي نهر الأبرش من السد وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط وذلك عند تشغيل المفيض الجانبي بقدرته التصريفية العظمى بالتزامن مع المفرغين السفليين لسد الأبرش وذلك بتصريف كلي يبلغ ($564m^3/sec$) والذي يعتبر أكبر من القدرة الاستيعابية للمجرى خلفة والتي لا تتجاوز في أفضل مقاطعة ($80m^3/s$) مما يتسبب بحدوث فيضانات متكررة في المنطقة.

تم اجراء الدراسة من خلال بناء نموذج طبوغرافي رقمي للمنطقة المدروسة ضمن بيئة (GIS) وذلك بالاعتماد على الأداة (Hec-GeoRas) التي تسمح بتصدير النموذج إلى برنامج التحليل النهري (Hec-Ras) لإجراء عملية المعايرة والدراسة الهيدروليكية، ومنه تم تحديد كافة الأثار الناجمة عن الموجة الفيضانية ومدى تأثيرها على القرى والمنشآت والطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة، حيث تبين أن الجزء الأخير من النهر هو الأكثر تأثراً من حيث عرض الغمر وذلك بسبب سهلية المنطقة بالإضافة للتشوهات الحاصلة في ضفاف المجرى، كما أن سرعة الجريان تجاوزت في بعض المقاطع (4m/s) مما يؤدي

لجرف التربة وإلحاق الضرر بالأراضي الزراعية والممتلكات، كما أن الموجة الفيضانية تتسبب في قطع حركة السير على جميع الطرقات التي تتقاطع مع المجرى حيث تراوحت ارتفاعات الغمر الأعظمية بين m(3.1 – 1.55).

الكلمات المفتاحية: الموجة الفيضانية _ سد الأبرش _ المعايرة الهيدروليكية _ جريان غير مستقر_ برنامج التحليل النهري

The Hydraulic Study of Flood Wave Resulting from the Side Spillway of Al-Abrash Dam

Abstract

The research aims to shed light on the flooding cases resulting from the design of dam spillways with a discharge capacity that is not commensurate with the carrying capacity of the channel behind it, which leads to water overflowing outside the channel boundaries and submerging some areas. The research dealt with the flood wave that the lands extending on both sides of the Abrash River are exposed to, from the dam to the river mouth in the Mediterranean Sea, when the side spillway is operated at its maximum discharge capacity in conjunction with the two lower discharges of the Abrash Dam, with a total discharge of (564 m^3/sec), which is considered greater than the carrying capacity of the channel behind it, which does not exceed (80 m^3/s) in the best district, which causes recurrent flooding in the region.

The study was conducted by building a digital topographic model of the studied area within a GIS environment, relying on the Hec-GeoRas tool, which allows the model to be exported to the river analysis program (Hec-Ras) for calibration and hydraulic study. From this, all the effects resulting from the flood wave and the extent of its impact on the villages, facilities and roads located within the study area were determined. It was found that the last part of the river

is the most affected in terms of the width of the flood due to the flatness of the area in addition to the distortions occurring in the banks of the river. Also, the flow speed exceeded (4 m/s) in some sections, which leads to soil erosion and damage to agricultural lands and property. The flood wave also causes traffic disruption on all roads intersecting with the river, as the maximum flood heights ranged between (1.55 - 3.1 m).

Keywords: Flood Wave - Al-Abrash Dam - Hydraulic Calibration - Unstable Flow - River System Analysis Program

1. مقدمة

تعتبر فيضانات الأنهار واحده من أكبر المشاكل التي تواجه الانسان منذ أقدم العصور لما لها من آثار مدمرة على الممتلكات والأراضي والتربة والمزروعات، فحاول السيطرة عليها من خلال بناء السدود والحواجز المجهزة بمفرغات ومفيضات الهدف منها تفريغ المياه الزائدة من بحيرة السد إلى المجرى خلفه، حيث تتكون المناطق خلف السد في معظم الأحيان من مجرى متغير المقطع وغالبا ما توجد على جوانبه تجمعات سكنية أو فعاليات اقتصادية كالمنشآت المدنية والمعامل والأراضي الزراعية، وعند حدوث ارتفاع لمنسوب المياه خارج حدود المجرى يحصل تدفق فيضاني متغير مع الزمن ينتقل في مجرى متغير المقطع متنوع التضاريس يختلف فيه الميل الطولي وبالتالي يكون الجريان الناتج غير منتظم وغير مستقر.

ومن هنا تأتي أهمية البحث من خلال تسليط الضوء على مفهوم الفيضانات الناجمة عن تصميم مفيضات السدود بقدرة تصريفية أكبر من القدرة الاستيعابية للمجرى خلفه، حيث تزداد هذه المشكلة مع مرور الزمن نتيجة تراكم الرواسب في قاع المجرى والتهدم الحاصل في الضفاف ونمو الحشائش والنباتات، كما هو الحال في نهر الأبرش.

تم اجراء الدراسة من خلال بناء نموذج حاسوبي للمنطقة المدروسة، حيث تعرف النمذجة الحاسوبية بأنها استخدام البرمجيات الهندسية في تمثيل الأشياء والمواقع لتتبع سير العمليات والتغيرات الحاصلة في منظومة معينة ضمن أسس وقواعد محددة، ولنماذج الحاسب قيمة

علمية عالية لأنها تسمح للباحث بدراسة سلوك واستجابة ظاهرة معينة في ظل ظروف لا يمكن تطبيقها على أرض الواقع [1].

2. هدف البحث

تحديد كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفيض الجانبي لسد الأبرش بقدرته التصريفية العظمى.

3. الدراسات المرجعية:

3-1- تحديد العناصر الهيدروليكية للموجات الفيضانية الناتجة عن الهطولات المطرية واقتراح منشآت تنظيم لمجرى نهر الغمقة (2022) [3]

تهدف الدراسة إلى تقييم الخصائص الهيدرولوجية والهيدروليكية للموجات الفيضانية الناتجة عن العواصف المطرية ضمن مجرى نهر الغمقة. قام الباحث بتطوير نموذج تحليلي متكامل يعتمد على بيانات الأقمار الصناعية، والنمذجة العددية، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).

استُخدم في الدراسة بيانات مستخرجة من الأقمار الصناعية اليابانية (ALOS) بالإضافة لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لتوليد طبقة الأساس الطبوغرافية، ثم تم بناء قاعدة بيانات مكانية باستخدام (GIS) وبالتكامل مع نظم الإسقاط تمت معالجة كافة البيانات المكانية. وجرى بعد ذلك تحويل هذه البيانات إلى تنسيقات قابلة للاستخدام الهيدرولوجي من خلال الأداة (HEC-GEORAS).

استخدام الباحث برنامج (HEC-HMS) لمحاكاة العاصفة المطرية النموذجية، التي بلغت شدة هطولها (29.8) ملم خلال 24 ساعة ثم استخدم الأداة (HEC-GEORAS) لتجهيز البيانات المكانية والهندسية من أجل نمذجة الجريان باستخدام برنامج (HEC-RAS)، حيث تم إدخال معلومات مفصلة عن طبيعة مجرى النهر، والانحدارات، وخطوط الضفاف، وبيانات المنشآت كالمصبات والعبارات.

أظهرت نتائج المحاكاة أن الموجة الفيضانية الناتجة عن هذه العاصفة قد تصل سرعتها القصوى في بعض المقاطع الجبلية إلى (5.21m/sec)، في حين سجلت في مناطق أخرى سرعة أقل بلغت (2.4m/sec)، مع عرض جريان تجاوز (35) مترًا في بعض المواضع. كما بيّنت النتائج أن أقصى عرض للفيضان بلغ حوالي (400) متر، وتم تحديد أعلى معدل تصريف للنهر والذي بلغ عند بعض المقاطع ($156m^3/sec$).

قسمت الدراسة حوض النهر إلى أربعة مناطق تنظيمية، بهدف تطوير استراتيجيات لإدارة الجريان وتصريف المياه الفائضة، وتم اقتراح حلول تنظيمية كإقامة سدود صغيرة وأحواض تهدئة وترسيب، بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من مياه الفيضان من خلال منشآت تخزينية.

3-2- تطبيق النمذجة الرياضية لدراسة سلوك الموجات الفيضانية في الأنهار الطبيعية وفقاً للمعاملات الهيدروليكية والهيدرولوجية لحوض التصريف (2010) [4]

في دراسة أجراها Chagas et al. (2010) في جامعة سيارا الفيدرالية بالبرازيل، تم استخدام النمذجة الرياضية كأداة تحليلية لفهم كيفية تفاعل سلوك الموجة الفيضانية مع الخصائص الهيدروليكية والهيدرولوجية لحوض التصريف، ركزت الدراسة على محاكاة سلوك الفيضانات في الأنهار طبيعية باستخدام بيانات ميدانية ونموذج رياضي يأخذ بالاعتبار مجموعة من العوامل الحاكمة مثل معامل مانينغ، مساحة الحوض، الميل الطولي للمجرى، وزمن التركيز.

توصلت الدراسة إلى تحليل مدى تأثير هذه المعاملات في خصائص الموجة الفيضانية مثل الارتفاع، والسرعة، وزمن الوصول، وقد أظهرت النتائج أن للمعاملات الهيدروليكية تأثيراً حاسماً على سلوك الجريان، حيث تبين أن زيادة معامل الخشونة يؤدي إلى انخفاض في سرعة الموجة، مما يمنح وقتًا أطول للتنبيه والاستجابة الطارئة، في حين أن انخفاض الميل الطولي قد يؤدي إلى تراكم المياه وارتفاع منسوب الفيضان في بعض النقاط.

كما أشارت الدراسة إلى أهمية تمثيل الخصائص الفيزيائية لحوض التصريف بدقة داخل النموذج الرياضي، لأن ذلك يساهم في رفع موثوقية التنبؤ بسلوك الفيضان في السيناريوهات

المختلفة، مما يجعل النمذجة أداة فعالة في دعم خطط الطوارئ وتقنيات إدارة الفيضانات في المناطق المعرضة للخطر.

أبرز ما توصلت إليه الدراسة:

– تتأثر ديناميكية الموجة الفيضانية بصورة مباشرة بمعاملات الحوض الهيدروليكية والهيدرولوجية.

– المعاملات مثل الخشونة والميل وزمن التركيز تؤثر على توقيت الذروة الفيضانية وارتفاعها.

– النمذجة الدقيقة تساهم في فهم السيناريوهات الحرجة وتُعد أداة استراتيجية في إدارة الكوارث.

4. توصيف منطقة الدراسة

تشمل المنطقة المدروسة الأراضي الممتدة على جانبي نهر الأبرش وذلك ابتداءً من السد وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط، وذلك بمساحة كلية تبلغ ($2490\ km^2$). كما تتميز المنطقة بتضاريس متفاوتة حيث تصل الارتفاعات فيها إلى (250m) عن سطح البحر في الجزء العلوي من النهر وتنتهي بتضاريس سهلية عند المصب، كما تتميز المنطقة باحتوائها على نباتات متنوعة، وتغطي مساحات كبيرة منها إذ تنتشر الأحراش الكثيفة في الجزئين العلوي والوسطي من الحوض، كما تسود في المنطقة التربة (الحمراء – البنية) حيث تتميز المناطق الجبلية بمخارج صخرية كلسية تغطيها طبقة بسيطة من التربة الناعمة أما الهضاب السطحية فمغطاة بشكل أساسي بتربة حصوية قليلة السماكة وذات لون بنّي وبنّي رمادي حيث تبلغ سماكة التربة عند قدم السفوح (0.1-0.25 m) وسطياً ، وفي وادي النهر تصل حتى (1m) أو أكثر[2].

5. مواد وطرق البحث

5–1– الأدوات المستخدمة في البحث:

– برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS): هو عبارة عن مجموعة من الأنظمة التكاملية التي توفر إمكانية التعامل مع البيانات المكانية والوصفية، وإجراء عمليات التحليل ثلاثية البعد التي تتضمن دراسة السطوح المائية وتغيراتها والسطوح المعبرة عن البيانات المناخية،

وتحليل سطح الأرض الطبيعية بغرض استنتاج الأحواض الساكبة والمسيلات المائية وإعداد وتحديث الخرائط الطبوغرافية [5].

– برنامج التحليل النهري (Hec-Ras): هو عبارة عن مجموعة برمجيات هندسية تسمح بتحليل الجريان ضمن المجاري المائية وإيجاد السطوح الحرة للمياه في حالتي الجريان المستقر وغير المستقر (الفيضان)، بالإضافة لدراسة حركة الرسوبيات وتحليل درجات حرارة المياه في المجاري المائية، حيث يعتمد البرنامج في حساباته الهيدروليكية على معادلة (Saint-Venant) والتي تتطلب إدخال قيم التدفقات ضمن المجرى وتغيراتها بالإضافة إلى الشروط الحدية والبيانات الجيومترية الخاصة بمنطقة الدراسة [6] .

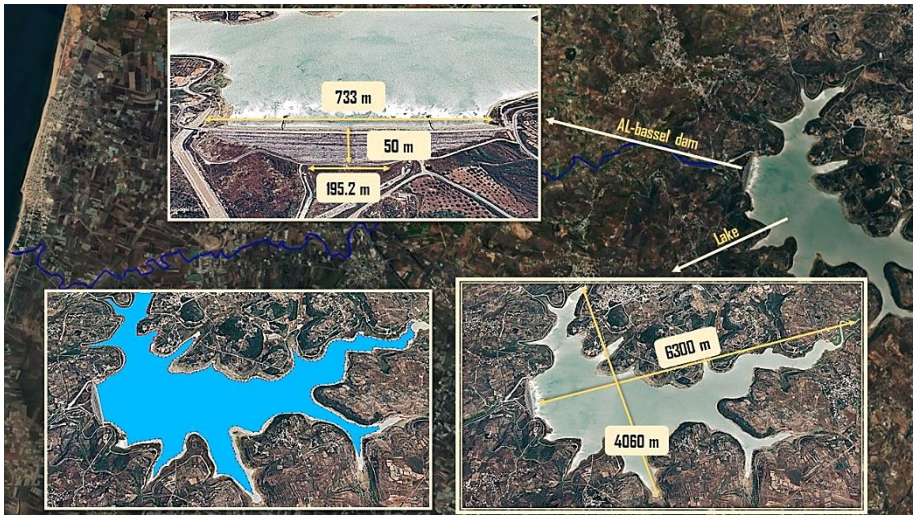
– برنامج Google Earth: برنامج حاسوبي يعرض تمثيلًا ثلاثي الأبعاد للأرض بالاعتماد على الصور المأخوذة من الأقمار الصناعية والصور الجوية وبيانات نظم المعلومات الجغرافية، ومن خلاله يمكن التعرف على العديد من معالم سطح الأرض ودراسة تغيراتها الطبوغرافية، كما يساعد على الوصول إلى مجموعة واسعة من البيانات الجغرافية المكانية مثل تحديد مسارات الأنهار ورصد شبكات الطرق وأماكن توضع المنشآت والقرى والتجمعات السكنية [7].

– الأداة Hec-GeoRas: هي عبارة عن مجموعة من الأدوات المساعدة لمعالجة البيانات الجغرافية في ArcGIS باستخدام واجهة رسومية (GUI) تسمح بإعداد البيانات الهندسية بشكل قابل للتصدير الى برنامج Hec-Ras، ومن شروط العمل على الأداة أن يتوفر لدى المستخدم نموذج تضاريسي رقمي لمنطقة الدراسة بتنسيق (Arc Info TIN) [8].

5-2- البناء الطبوغرافي للنموذج:

تم أخذ مجموعة من الصور الجوية لمنطقة الدراسة الممتدة من سد الأبرش وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط، حيث تم تحديد مسار نهر الأبرش وتغيراته ضمن المنطقة المدروسة وامتداد الضفاف على جانبي المجرى مع الأخذ بالاعتبار كافة التغيرات الحاصلة في أبعاد المقاطع، كما تم تحديد موقع وأبعاد جسم السد والبحيرة كما يوضح الشكل (1)، بالإضافة لأماكن توضع العبارات والمنشآت المائية والمدنية والصناعية وأماكن توضع القرى والتجمعات السكنية والأراضي المستثمرة ضمن المنطقة المدروسة.

تم حفظ هذه البيانات بشكل مسارات ومضلعات ومواقع بصيغة KML وذلك بهدف تصديرها إلى برنامج GIS من أجل البناء الأولي للنموذج الطبوغرافي.



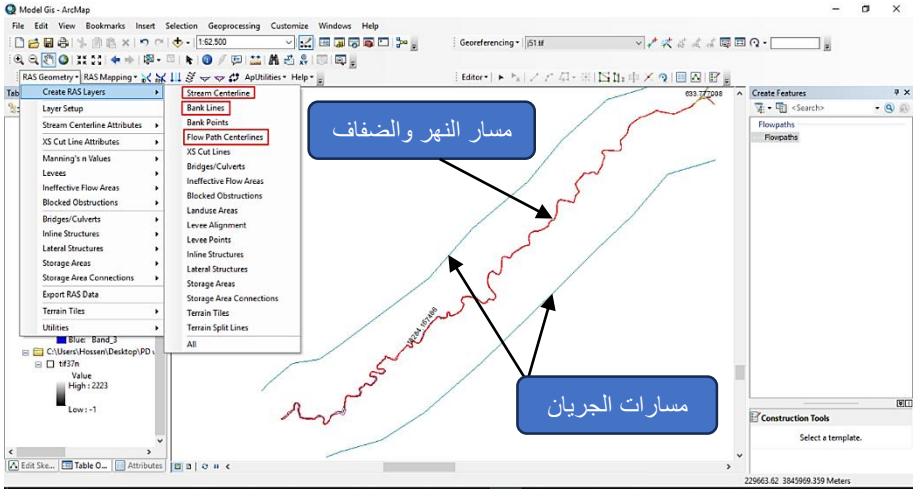
الشكل (1): صورة جوية توضح موقع وأبعاد جسم السد والبحيرة.

تمثيل ومعالجة البيانات المكانية ضمن بيئة GIS باستخدام الأداة Hec-GeoRas:

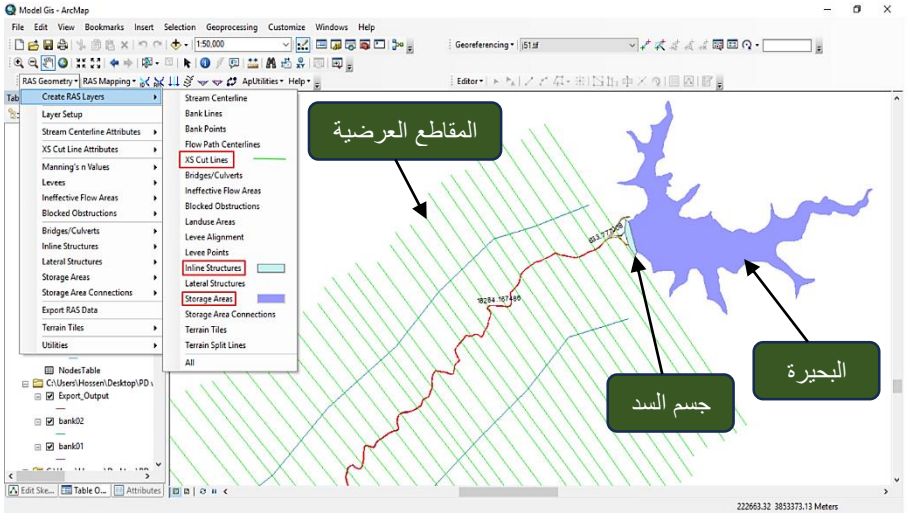
تم استخدام الأداة Hec-GeoRas بهدف الحصول على نموذج طبوغرافي يمكن اخراجه بصيغة (RAS) القابلة للتصدير إلى برنامج Hec-Ras وذلك لمعايرة النموذج وإجراء الدراسة الهيدروليكية، وفق الخطوات التالية:

1. اسقاط وتوجيه كافة الصور الجوية المأخوذة لمنطقة الدراسة وفق نظام الاسقاط WGS-1984-UTM-ZONE-37N وذلك باستخدام الأداة Georeferencing.
2. استيراد كافة معطيات النموذج (النهر – الضفاف – العبارات – السد – البحيرة) بشكل طبقات (layer) وتم اسقاطها وفق نفس النظام السابق.
3. تحديد مسار النهر (stream centerline) والضفاف (Banks) ومسارات الجريان على جانبي المجرى (flow path centerline)، كما يوضح الشكل (2).
4. انشاء طبقة خاصة بموقع جسم السد والبحيرة كما يوضح الشكل (3).
5. استنتاج المقاطع العرضية (cross section): تم اختيار أماكن المقاطع العرضية استنادا الى بارامترات معادلة الجريان غير المنتظم، حيث تم اختيار الأماكن التي تكثر

فيها التعرجات والالتواءات والمواقع التي يتغير فيها ميل النهر ومعامل خشونة ضفاف وقاع المجرى، مع مراعات تكثيف المقاطع في الأماكن التي يتغير فيها المقطع العرضي لمجرى النهر بشكل كبير.



الشكل (2): انشاء الطبقات الخاصة بمجرى النهر والضفاف ومسارات الجريان في GIS.

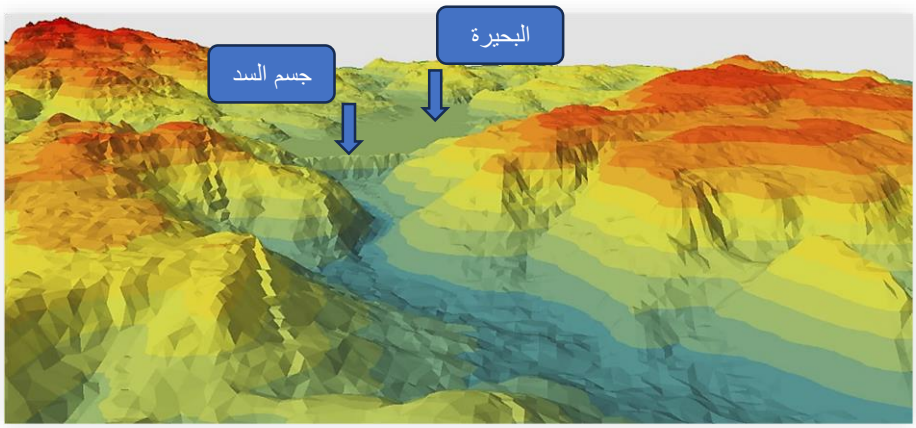


الشكل (3): انشاء الطبقات الخاصة بجسم السد والبحيرة والمقاطع العرضية في GIS.

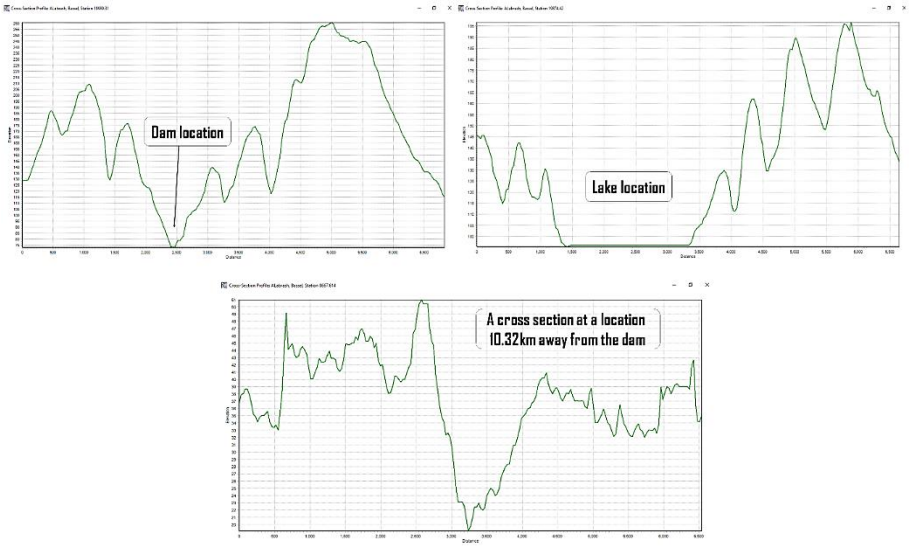
تحويل العناصر الثنائية البعد الى عناصر ثلاثية البعد:

بهدف الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد يوضح التضاريس الطبوغرافية لمنطقة الدراسة تم استخدام طبقة الارتفاعات (dem_{30}) والتي يجب أن تكون مرجعة وفق نفس نظام

الاسقاط المستخدم في الخرائط بهدف الحصول على تطابق بين الخريطة المسقطة واحداثياتها الجغرافية فوق طبقة الارتفاعات، وبالتالي أصبح بالإمكان الحصول على مخطط طبوغرافي ثلاثي الأبعاد لحدود منطقة الدراسة كما يوضح الشكل (4)، كما يمكن الحصول على مقاطع عرضية تفصيلية لجميع المدخلات الخاصة بالنموذج كما يوضح الشكل (5).



الشكل (4): مقطع ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة بعد معالجة البيانات الطبوغرافية.



الشكل (5): مقاطع عرضية توضح طبوغرافية المنطقة في موقع جسم السد والبحيرة وعند مقطع من النهر يبعد عن السد 10.32 كم.

5-3- المعايرة الهيدروليكية للنموذج ضمن بيئة Hec-Ras:

تمت معايرة النموذج من خلال دراسة حالة الجريان المستقر ضمن المجرى وذلك من خلال تحديد قيم ارتفاعات الماء المقاسة والناتجة عن مرور تدفقات مختلفة في عدة مواقع من المجرى ومقارنتها مع قيم ارتفاعات الماء المحسوبة من النموذج والناتجة عن ادخال نفس التدفقات السابقة حيث كلما زاد معدل التقارب بين القيم المحسوبة والمقاسة كلما كان النموذج أقرب إلى الواقع، مع العلم أنه تم استخدام طريقة معامل الارتباط الخطي (r) لتحديد معدل التقارب بين القيم ومدى صحة النموذج ومطابقته للواقع [1].

علاقة معامل الارتباط الخطي $$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \ldots\ldots (1)$$

دراسة حالة الجريان المستقر (steady flow):

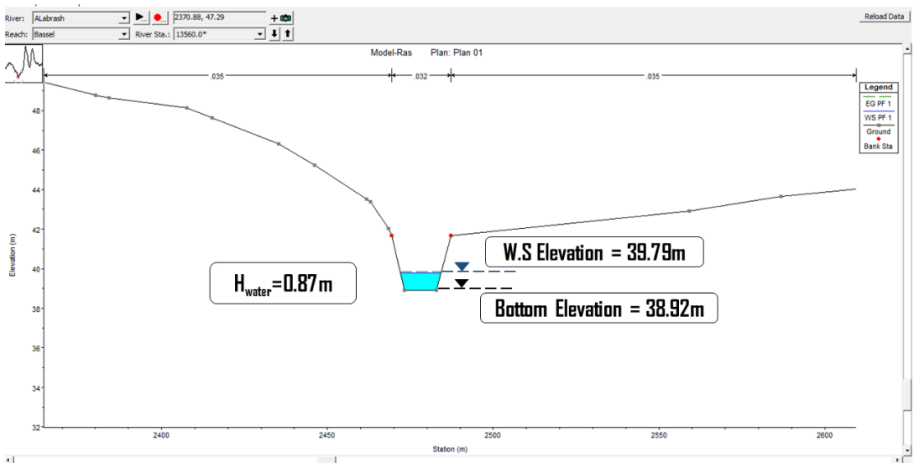
يعتمد برنامج Hec-Ras في دراسة نظام الجريان المستقر على ادخال قيم التدفقات المارة في النهر وتغيراتها بالإضافة إلى الشروط الحدية الخاصة بالمجرى، مع العلم أن البرنامج يقوم بتحديد نوع الجريان إذا كان فوق حرج او دون حرج أو مختلطا بالاعتماد على العمق الحرج الذي يقوم بحسابه [9].

تم ادخال قيم التدفقات في عدة مقاطع من النهر والتي تراوحت بين m^3/s (1.2-8.5)، كما تم تحديد الشروط الحدية للحوزين العلوي والسفلي وفق التالي:

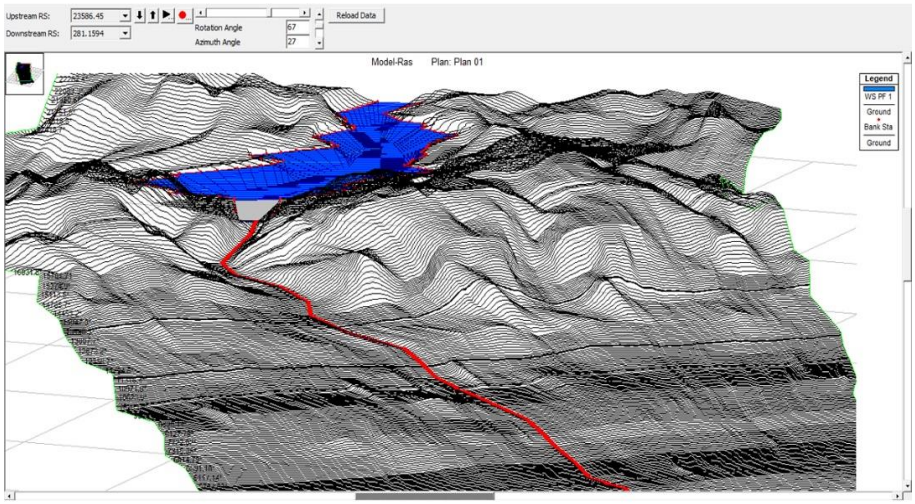
- الحوز العلوي (بداية النهر بعد السد): تم تحديد ارتفاع الماء الموافق للتدفق المدخل كشرط حدي بدائي.
- في الحوز السفلي (الجزء الأخير من النهر عند المصب) تم ادخال قيمة الميل الطبيعي لسرير النهر (0.0036) كشرط حدي نهائي.

بعد ادخال قيم التدفقات والشروط الموافقة لها تمت معالجة البيانات والحصول على النتائج التالية:

- قيم ارتفاعات الماء ضمن المجرى وتغيراتها على امتداد منطقة الدراسة، والتي تراوحت بين (0.3−1.4)m، كما يوضح الشكل (6) منسوب المياه في مقطع ما من النهر يبعد مسافة (5.39km) عن السد.
- سرعة جريان الماء ضمن المجرى بالحالة الطبيعية وتغيراتها، والتي تراوحت بين (0.21−1.69) m/sec.
- مقاطع عرضية وطولية تظهر شكل وارتفاع الماء ضمن المجرى، بالإضافة لمقاطع ثلاثية الأبعاد توضح حركة المياه على امتداد المنطقة المدروسة كما يوضح الشكل (7).



الشكل (6): منسوب الماء في مقطع من النهر يبعد عن السد 5.39km.



الشكل (7): مقطع ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة بحالة الجريان الطبيعي.

المعايرة الهيدروليكية للنموذج:

تمت معايرة النموذج عند خمس مواقع من النهر موضحة في الجدول (1)، كما يوضح الجدول (2) والشكل (8) نتائج المعايرة عند المحطة الأولى، ويوضح الشكل (9) القيم المحسوبة والمقاسة لارتفاعات المياه عند محطات المعايرة الثانية والثالثة والرابعة والخامسة.

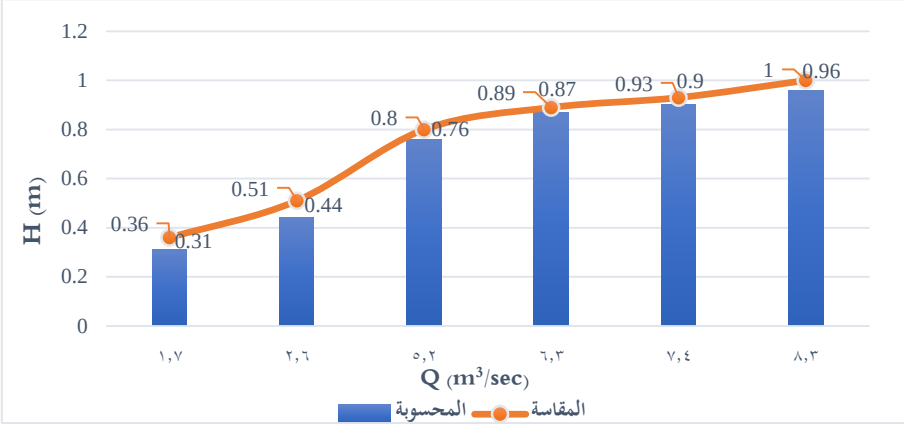
الجدول (1) يوضح مواقع محطات المعايرة الخاصة بالنموذج.

رقم المحطة	1	2	3	4	5
البعد عن السد (m)	2270	5500	8800	13780	15045
نوع المنشأة في موقع المعايرة	عبارة (دائرية)	جسر	جسر	ضمن المجرى	ضمن المجرى

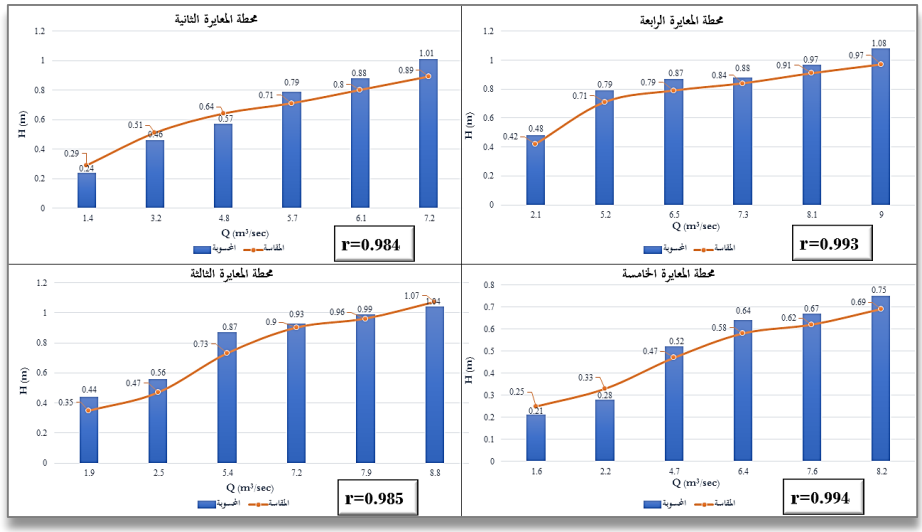
الجدول (2) نتائج تطبيق قيم التدفق على النموذج ضمن محطة المعايرة الأولى.

معامل الارتباط الخطي(r)	المقاسةh (m)	المحسوبة h (m)	w.s elevation (m)	culvert elevation (m)	Q (m^3/sec)
0.998	0.36	0.31	55.91	55.6	1.7
	0.51	0.44	56.04	55.6	2.6
	0.8	0.76	56.36	55.6	5.2
	0.89	0.87	56.47	55.6	6.3
	0.93	0.9	56.5	55.6	7.4

	1	0.96	56.56	55.6	8.3



الشكل (8): ارتفاعات الماء المحسوبة والمقاسة خلال مرور تدفقات مختلفة عند محطة المعايرة الأولى.



الشكل (9): ارتفاعات الماء المحسوبة والمقاسة خلال مرور تدفقات مختلفة عند محطات المعايرة الثانية والثالثة والرابعة والخامسة.

نلاحظ من الشكلين (8) و(9) أن قيمة معامل الارتباط الخطي تجاوزت ($r > 0.9$) عند جميع محطات المعايرة وبالتالي النموذج مقبول ويمكن اجراء الدراسات الهيدروليكية الخاصة بالموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفرغ الجانبي لسد الأبرش.

6. النتائج ومناقشتها

بعد الوصول إلى الشكل النهائي للنموذج الخاص بمنطقة الدراسة والتحقق من مطابقته للواقع من الناحية الطبوغرافية والهيدروليكية، سيتم دراسة كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفيض الجانبي لسد الأبرش بالقدرة التصريفية العظمى ومدى تأثيرها على القرى والمنشآت والطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة. حيث تم باستخدام صور الأقمار الصناعية اجراء مسح طبوغرافي لكافة القرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة وذلك على امتداد (3.5) كم على جانبي نهر الأبرش حيث بلغ عددها (17) قرية، وبناء على الاحداثيات الجغرافية لكل قرية تم تحديد موقعها على النموذج وبالتالي تحديد بعد كل منها عن السد والنهر ومنسوبها عن سطح البحر، وباستخدام برنامج الخرائط الجوية (google earth) ومن خلال الزيارات الميدانية لموقع النهر تم تحديد أماكن المنشآت المدنية والصناعية الواقعة ضمن منطقة الدراسة كما تم تحديد مواقع الطرقات الرئيسية والفرعية وخطوط السكك الحديدية التي تتقاطع مع النهر وامتدادها ضمن منطقة الدراسة ومن خلال اسقاط هذه المسارات فوق الخريطة الجوية تم تحديد احداثيات ومنسوب كل منها في منطقة التقاطع مع النهر، حيث يوضح الجدول (3) البيانات الخاصة بالقرى والجدولين (4) و(5) البيانات الخاصة بالمنشآت والطرقات.

الجدول (3) البيانات الخاصة بالقرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

	التسلسل	الاسم	البعد عن السد (m)	البعد عن النهر (m)	المنسوب عن سطح البحر (m)
القرى	1	المباركة	878	1989	240
	2	بلدة القصر	1061	1319	225
	3	بلدة تركب	1770	970	192
	4	التوانين	1841	410	172
	5	الصفصافة	4123	1197	101
	6	عين الزبدة	4639	2878	96
	7	بيت شوفان	5258	2284	83
	8	بحوزي	5905	1385	75

	9	ظهر الشمرة	7072	1821	45
	10	دير الحجر	9092	285	46
	11	الهويسية	9185	86	44
	12	الريحانية	9485	103	45
	13	الجماسية	10725	1093	38
	14	زاهد	10990	1736	30
	15	تل كزل	12050	147	38
	16	الحمدانية	14680	1937	8
	17	عرب الشاطئ	17750	395	6

الجدول (4) البيانات الخاصة بالمنشآت الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

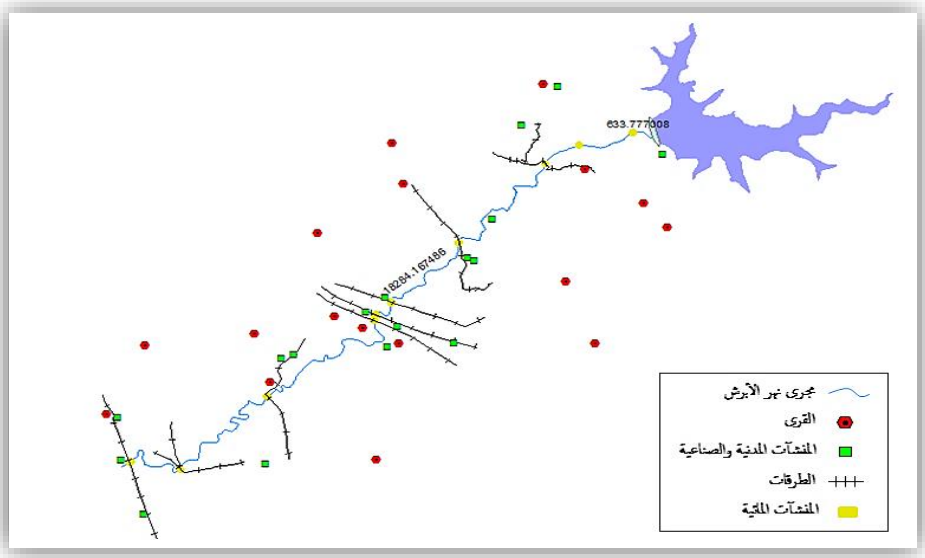
التسلسل	الاسم	البعد عن السد (m)	البعد عن النهر (m)	المنسوب عن سطح البحر (m)
1	ثانوية تركب	1260	1710	198.2
2	مدرسة تركب الإعدادية الثانية	2110	948	175.2
3	محطة معالجة الصرف	4327	161	46
4	مبنى شركة صناعية	5728	217	43.3
5	معمل الأعلاف	5807	374	49.5
6	مستودعات لحفظ الحبوب والاسمنت	7510	129	35.1
7	مشتل زراعي	8827	226	33.5
8	مرملة	8871	517	30.8
9	مول تجاري	9680	276	32.6
10	روضة أطفال	10992	373	29.8
11	مدرسة (تل كزل)	11258	497	27.4
12	شركة لإنتاج الفلين	14551	1126	17.6
13	مدرسة (عرب الشاطئ)	17564	1022	6.4
14	محطة ضخ الصرف	17803	1183	2.2

15	تجمع أبنية وشاليهات	17876	97	3.6

الجدول (5) البيانات الخاصة بالطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

الاسم	البعد عن السد (m)	المنسوب عن سطح البحر (m)
طريق تركب – التوانين	2270	57.7
طريق بحوزي – الصفصافة	5500	43
طريق طرطوس– الصفصافة	7600	31.06
طريق حمص – طرطوس	8800	29.9
خط القطار	8950	29.5
طريق تل كزل – زاهد	12300	13.12
طريق عرب الشاطئ – زاهد	15950	5.1
طريق طرطوس – طرابلس	17710	4.43

بعد تحديد جميع المواقع والمسارات والنقاط الواقعة ضمن منطقة الدراسة تم انشاء خريطة طبوغرافيه توضح التوزع المكاني لكافة العناصر السابقة وذلك بشكل طبقات مرجعة جغرافياً ضمن برنامج GIS كما يوضح الشكل(10).

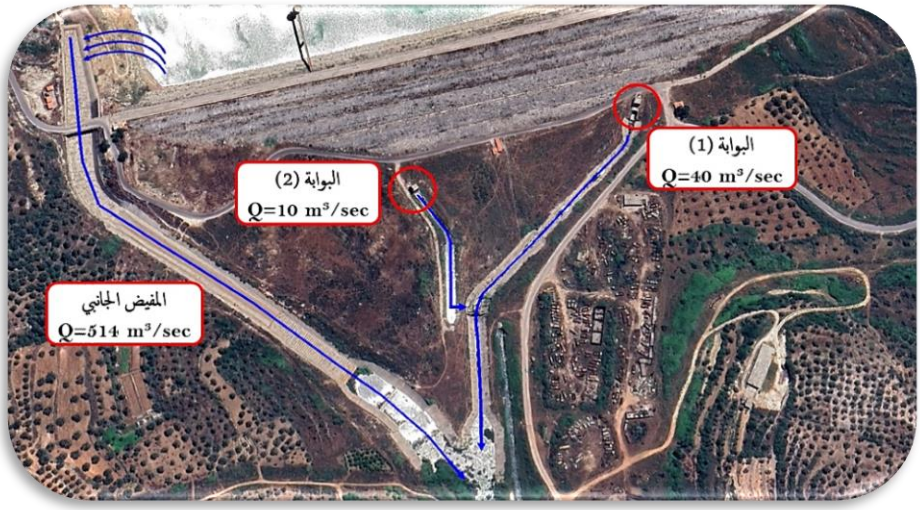


الشكل (10) يوضح التوزع المكاني للعناصر المدروسة ضمن برنامج GIS.

6-1- الدراسة الهيدروليكية للموجة الفيضانية:

تم تحديد كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية وفق الفرضيات التالية:

- منسوب سطح الماء في البحيرة: (+114.74)
- التصريف المار عبر المفيض الجانبي يبلغ ($514\ m^3/sec$).
- بوابات المفرغ السفلي للسد مفتوحة بشكل كامل وعددها (2)، تمرران تصريفاً كلياً يبلغ ($50\ m^3/sec$)، محولة بالكامل إلى مجرى النهر، كما يوضح الشكل (11).

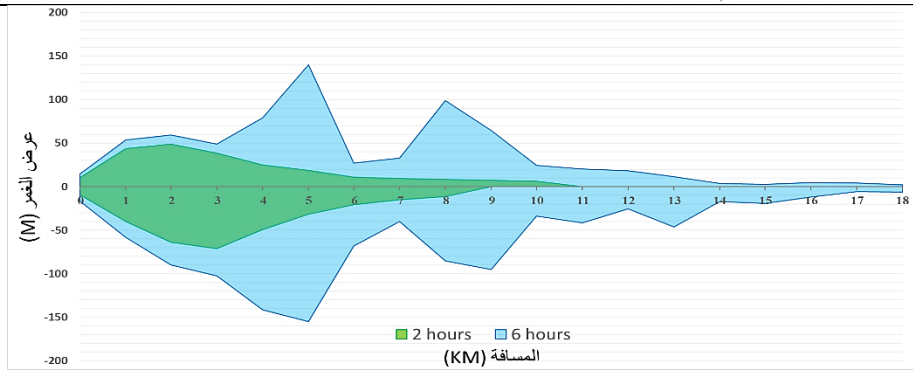


الشكل (11) يوضح معدل تصريف البوابتين والمفيض الجانبي وفق السيناريو المدروس.

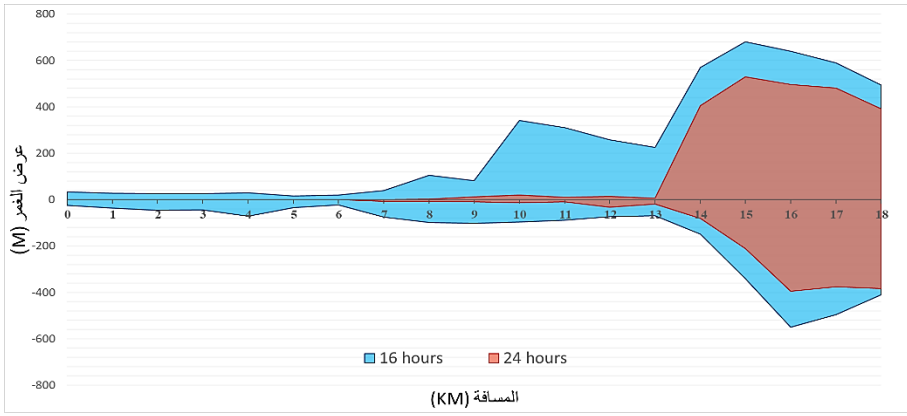
6-2- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على كامل منطقة الدراسة:

عرض الغمر:

بلغت القيمة العظمى لعرض الغمر على الضفة اليسرى للنهر (680.3m) بعد مسافة (15.2km) عن السد وذلك بعد مرور (15.9hr) على بدء تشغيل المفيض الجانبي للسد، وعلى الضفة اليمنى بلغت (550.6m) بعد مسافة (16.5km) وذلك بعد مرور (15.4hr)، حيث يوضح الشكلين (12) (13) عرض الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة خلال فترات زمنية مختلفة.



الشكل (12) عرض الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة بعد مرور (2–6) ساعة على بدء تشغيل المفيض الجانبي.



الشكل (13) عرض الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة بعد مرور (16–24) ساعة على بدء تشغيل المفيض الجانبي.

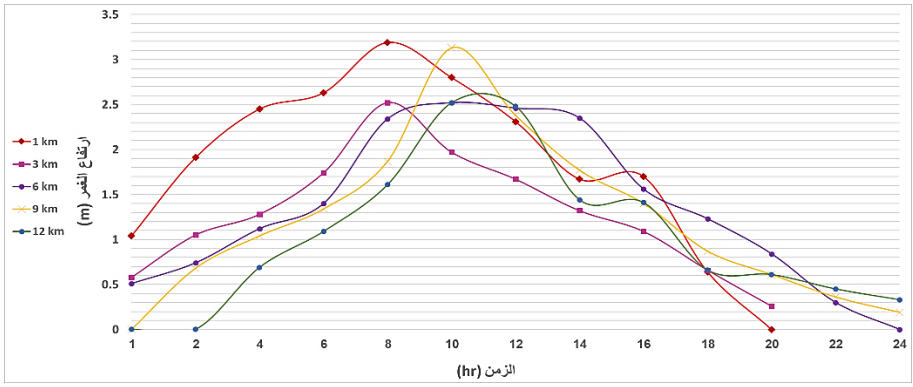
ارتفاع وسرعة الغمر:

تتعلق قيم ارتفاع وسرعة الغمر بالظروف الطبوغرافية للمنطقة وتغيراتها وبنوع التربة ومعامل الخشونة وبمعدل التدفق ومساحة ومحيط مقطع الجريان والميل الطولي وتغيراته، ومن خلال المعالجة الهيدروليكية والطبوغرافية لكافة المعطيات السابقة ضمن بيئة (Gis ; Hec-Ras) تم تحديد ارتفاع وسرعة الغمر في جميع مقاطع النهر وعلى امتداد منطقة الدراسة (المجرى والضفتين اليمنى واليسرى) وتغيراتها مع الزمن، حيث يوضح الجدول (6)

القيمة العظمى لارتفاع الغمر على امتداد منطقة الدراسة، كما يوضح الشكل (14) التغيرات في قيم ارتفاعات الغمر مع الزمن والمسافة.

الجدول (6) ارتفاع الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة.

	القيمة العظمى (m)	الموقع (البعد عن السد) (km)	الزمن (بدءاً من عمل المفرغ) (hr)
ارتفاع الغمر	3.48	3.19	8.2

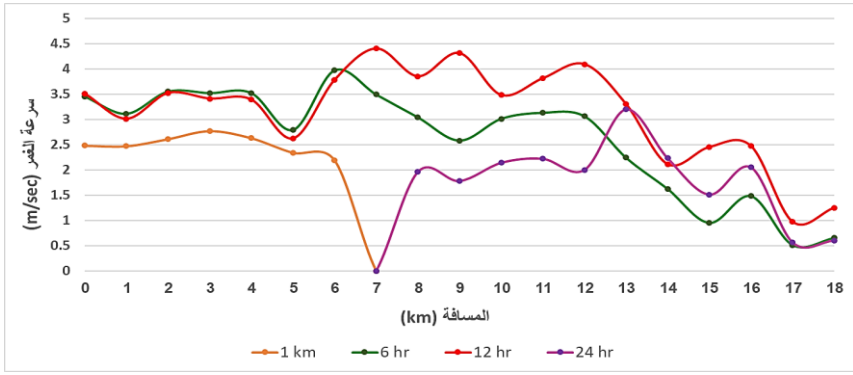


الشكل (14) يوضح علاقة ارتفاع الغمر مع الزمن في عدة مواقع من النهر.

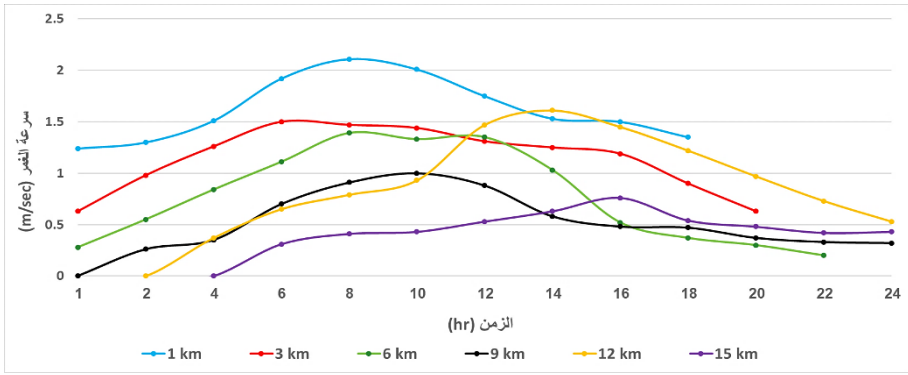
يوضح الجدول (7) القيم العظمى لسرعة الغمر ضمن المجرى وعلى الضفتين اليمنى واليسرى كما يوضح الشكل (15) التغير في سرعة الغمر على امتداد منطقة الدراسة وخلال عدة أزمنة بدءاً من لحظة عمل المفيض، كما يوضح الشكلين (16) (17) سرعة الغمر وتغيراتها مع الزمن عند الضفتين اليمنى واليسرى.

الجدول (7) القيم العظمى لسرعة الغمر على امتداد منطقة الدراسة.

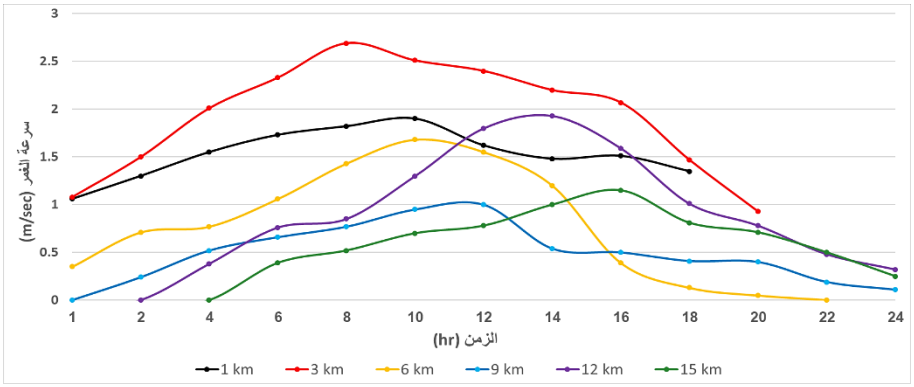
	الضفة اليمنى	المجرى	الضفة اليسرى
سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)	3.31	4.48	2.92
الموقع (البعد عن السد) (km)	2.3	7.2	4.1
زمن الوصول للسرعة العظمى من لحظة عمل المفيض(hour)	9.9	10.8	8.7



الشكل (15) يوضح التغير في سرعة الغمر مع المسافة على امتداد منطقة الدراسة



الشكل (16) يوضح التغير في سرعة الغمر مع الزمن في عدة مواقع (عند الضفة اليسرى)



الشكل (17) يوضح التغير في سرعة الغمر مع الزمن في عدة مواقع (عند الضفة اليمنى)

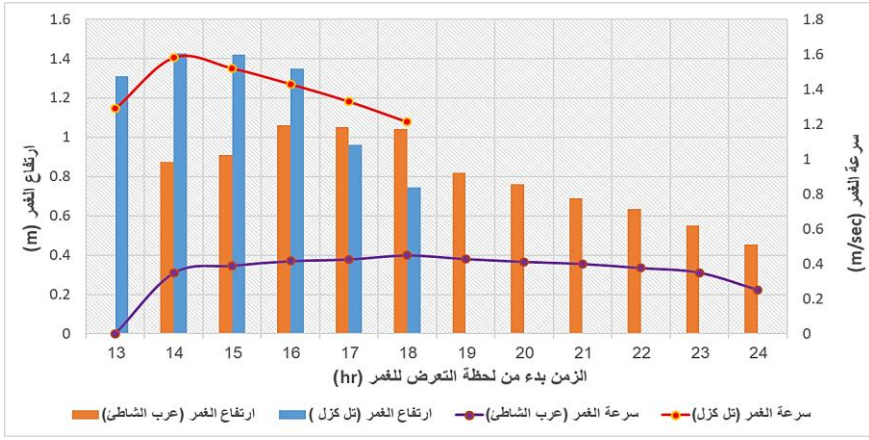
6-3- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على القرى والمنشآت الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

بناء على المعطيات الخاصة بالقرى والمنشآت من حيث الموقع الجغرافي والمنسوب عن سطح البحر والموضحة في الجدولين (3) و(4)، ومن خلال مقاطعة هذه المعطيات مع مخططات الغمر الناتجة عن الموجة الفيضانية المدروسة تبين أن القرى التي تتعرض للغمر تشمل (تل كزل وعرب الشاطئ)، ومن حيث المنشآت يشمل الغمر محطة معالجة الصرف بالإضافة لمجموعة من الأبنية والشاليهات تتوضع عند نهاية مجرى النهر وبالقرب منه وتمتد على مساحة تبلغ ($0.023\ km^2$)، حيث يوضح الجدول (8) والأشكال (18) و(19) و(20) نتائج الغمر وفق السيناريو المدروس.

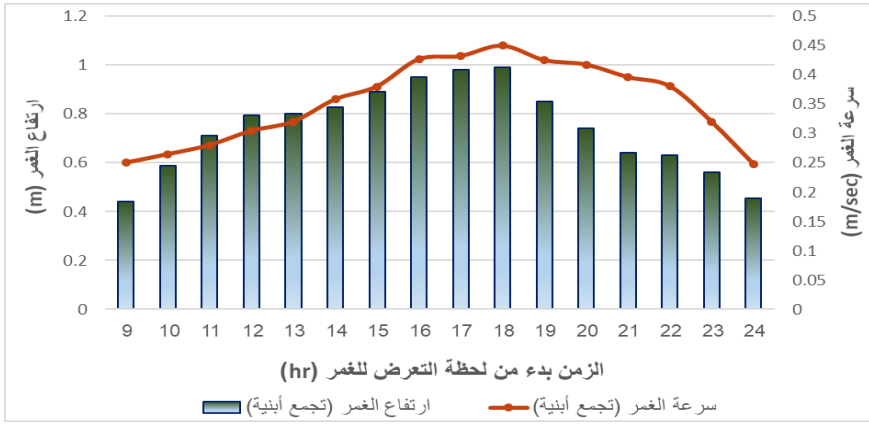
الجدول (8): نتائج تطبيق سيناريو الغمر المدروس على القرى والمنشآت.

	القرى		المنشآت والأبنية	
	تل كزل	عرب الشاطئ	تجمع أبنية وشاليهات	محطة معالجة الصرف
منسوب الغمر الأعظمي (m)	39.42	7.06	4.59	47.58

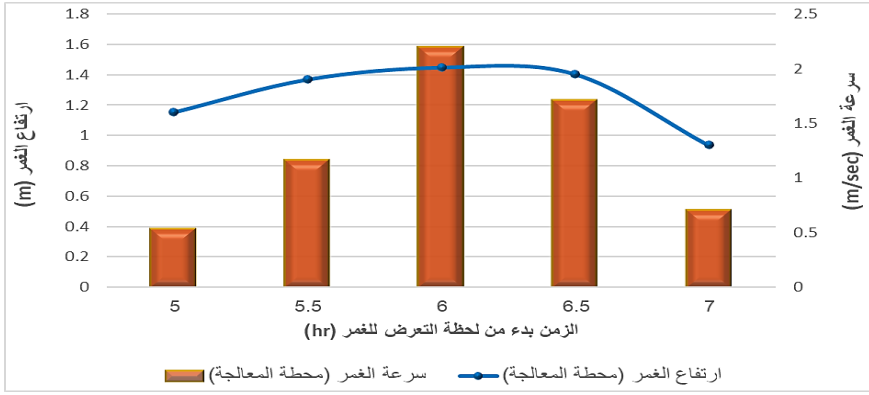
زمن التعرض للغمر بدءاً من لحظة عمل المفيض (hour)	12.7	14.1	9.2	5.0
مدة استمرار الغمر (hour)	6.4	9.9	14.8	2.1
ارتفاع الغمر الأعظمي (m)	1.42	1.06	0.99	1.58
سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)	1.58	0.45	0.44	2.01
عرض الغمر الأعظمي عند الموقع (m)	257.1	516.7	510.2	146.3
زمن الوصول إلى عرض الغمر الأعظمي (hour)	16.2	16.6	15.7	6.2
مسافة دخول المياه ضمن حدود القرية (m)	110.1	121.8	——	——



الشكل (18) يوضح التغير في ارتفاع وسرعة مع الزمن عند عرب الشاطئ وتل كزل.



الشكل (19) يوضح التغير في سرعة وارتفاع الغمر مع الزمن في منطقة تجمع أبنية وشاليهات تقع عند نهاية مجرى نهر الأبرش.



الشكل (20) يوضح علاقة الزمن مع سرعة وارتفاع الغمر عند موقع محطة معالجة الصرف.

مناقشة النتائج:

- نلاحظ أن جميع القرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة لم تتأثر بالفيضان الناجم عن مفرغات السد وذلك باستثناء (عرب الشاطئ وتل كزل)، ويعود السبب في ذلك إلى المناسيب المرتفعة لأغلب القرى وخاصة تلك التي تتوضع في الجزء الأول من منقطة الدراسة (على امتداد 6 كيلومتر خلف السد)، بالإضافة إلى بعدها عن المجرى بحيث لا تصلها مياه الغمر كما هو موضح في الجدول (3).

- نلاحظ من الشكل (18) أن ارتفاعات الغمر عند عرب الشاطئ تراوحت بين (0.46-1.06 m)، ومع استمرارية الغمر الطويلة التي وصلت إلى (10) ساعات، هذا

سيؤدي إلى تخريب الممتلكات وإلحاق الضرر بالبنى التحتية الموجودة في المنطقة بالإضافة لاحتمالية فيضان مياه الصرف الصحي وحدوث تلوث بيئي في القرية.

– نلاحظ من الشكل (18) أن الساعة الثانية بدءاً من لحظة التعرض للغمر هي الأخطر بالنسبة لقرية تل كزل من حيث سرعة وارتفاع الغمر، مع العلم أن سرعة الجريان كانت عالية طيلة فترة الغمر حيث تراوحت بين (1.21_1.58 m/sec)، مما سيؤدي إلى إتلاف المزروعات وتخريب البيوت البلاستيكية الموجودة في المنقطة.

– تتعرض محطة معالجة الصرف للغمر الجزئي بمياه الفيضان وذلك بعد وصول عرض الغمر إلى قيمته العظمى والبالغ (146.3m)، حيث استمر الغمر لمدة (2.1hr) فقط وذلك بسبب المنسوب المرتفع للمحطة والميول العالية التي أدت إلى انحسار المياه خلال زمن قصير.

– نلاحظ من الشكل (19) أن الخطر الأكبر بالنسبة لموقع تجمع الأبنية والشاليهات هو استمرارية الغمر والتي تجاوزت (14hr)، مع العلم أن ارتفاعات الغمر لم تتجاوز (1m) في أقصى حالاتها، لذلك يمكن حماية هذه المنشآت باستخدام الحواجز الترابية أو البيتونية.

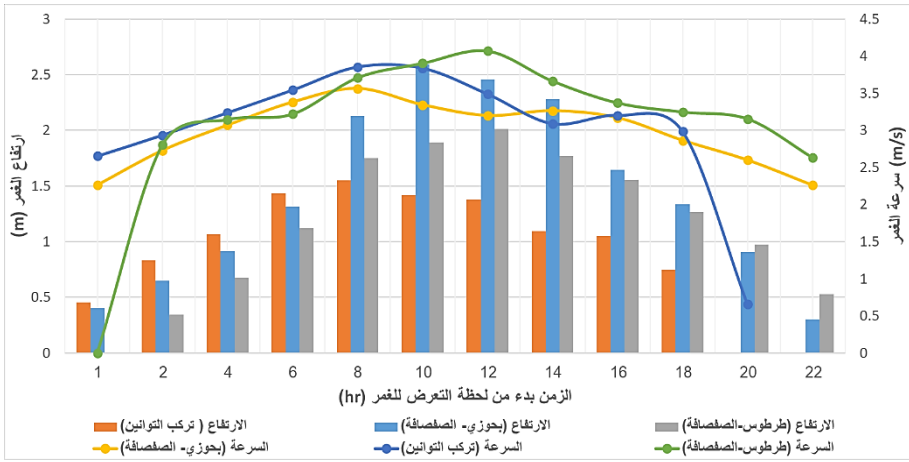
6-4- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على الطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

يتعلق تعرض الطريق للغمر في منطقة التقاطع مع النهر بنوع المنشأة المقام عليها، حيث تزداد احتمالية التعرض للغمر في حال وجود عبارة بسبب إعاقتها للجريان في الموقع، وتكون الاحتمالية أقل في حالة الجسر إلا في حال كان الجسر منخفض وعلى مستوى الضفاف كما هو الحال عند طريق (تل كزل–زاهد)، ومن خلال تحديد مناسيب الغمر الحاصلة في منطقة تقاطع الطرقات مع النهر ومقارنتها مع منسوب أعلى الطريق تم تحديد جميع الطرقات التي تتعرض للغمر كما هو موضح في الجدول (9).

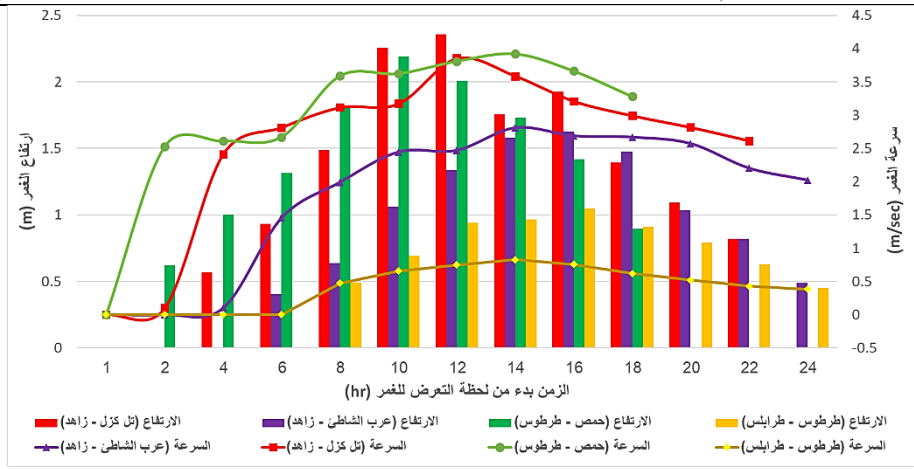
الجدول (9): نتائج تأثير الموجة الفيضانية على الطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

سبب الغمر	الطريق	زمن التعرض للغمر (hour)	استمرارية الغمر (hour)	ارتفاع الغمر الأعظمي (m)	سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)	عرض الغمر الأعظمي (m)	
						يسار المجرى	يمين المجرى

غمر ناتج عن ارتفاع منسوب المياه في المجرى عند منطقة التقاطع مع الطريق.	تركب – التوانين	0.5	19.4	1.55	3.85	56.6	93.1
	بحوزي – الصفصافة	0.9	21.5	2.59	3.56	83.5	111.5
	طرطوس – الصفصافة	1.7	22.1	2.0	4.07	78.9	89.1
	حمص – طرطوس	2.4	17.2	2.19	3.92	86.1	102.2
	تل كزل – زاهد	3.6	20.3	2.35	3.85	248.4	71.9
	عرب الشاطئ – زاهد	5.3	18.7	1.62	2.81	642.1	540.1
غمر ناتج عن تدفق المياه من مقاطع سابقة نحو الطريق	طرطوس – طرابلس	7.5	16.5	1.05	0.82	527.6	439.3



الشكل (21) يوضح ارتفاع وسرعة الغمر للطرقات الواقعة ضمن المنطقة الممتدة من السد وحتى مسافة (8) كم عنه.



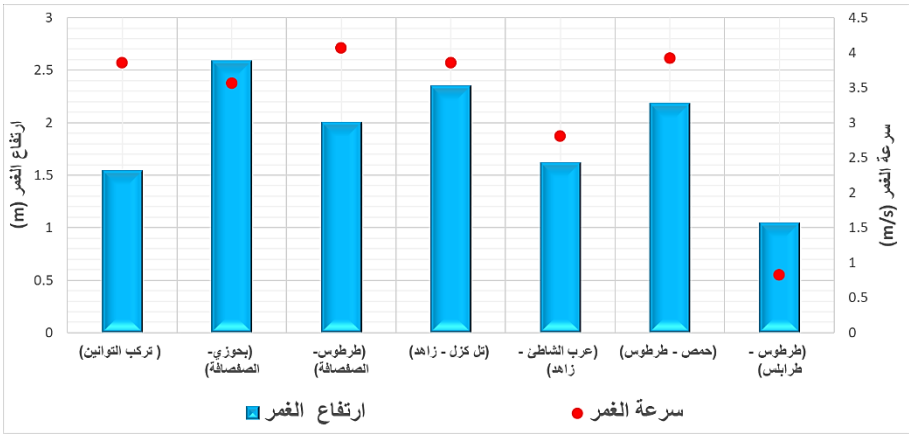
الشكل (22) يوضح ارتفاع وسرعة الغمر للطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة من مسافة (8) كم عن السد وحتى نهاية المجرى.

مناقشة النتائج:

– نلاحظ من الجدول (9) أن طريق (طرطوس – طرابلس) لا يتعرض للغمر المباشر بمياه الفيضان في منطقة التقاطع مع المجرى حيث بلغ منسوب الغمر الأعظمي عند موقع الطريق (3.48m) في حين أن منسوب أعلى الطريق (4.43)، وإنما يتعرض امتداد الطريق على جانبي المجرى بالغمر الناتج عن المياه المتدفقة من المقاطع السابقة.

– نلاحظ من الشكلين (21)،(22) أن سرعة جريان الموجة الفيضانية تجاوزت (3.5m/sec) عند كل من الطرقات (تركب التوانين – بحوزي الصفصافة – طرطوس الصفصافة – تل كزل زاهد – حمص طرطوس) واستمرت لمدة تجاوزت (10) ساعات، وبالتالي يمكن اعتبار معدل الخطر مرتفع ويسبب بحدوث اضرار كبيرة على هذه الطرقات بالإضافة للمنشآت والمزروعات والبيوت البلاستيكية المتواجدة على محيطها.

– نلاحظ من الشكلين (21)،(22) أن المدة بدءاً من الساعة الثامنة وحتى الساعة السادسة عشر هي الأخطر من حيث السرعة والارتفاع بالنسبة لجميع الطرقات المعرضة للغمر، حيث يوضح الشكل (23) نتائج الفيضان عند جميع الطرقات خلال هذه المدة.



الشكل (23) القيم العظمى لارتفاع وسرعة الغمر عند الطرقات (من الساعة 8 حتى الساعة 16).

7. الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

– تبين من الدراسة أن مياه الفيضان ستؤثر بشكل مباشر على التجمعات السكنية والشاليهات التي تتوضع عند نهاية مجرى نهر الأبرش وتبعد عنه مسافة (24.5m)، حيث بلغ ارتفاع الغمر الأعظمي (0.99m)، وبالتالي ستتعرض هذه الأبنية لغمر جزئي سيؤدي لبعض الأضرار الناجمة عن تسرب المياه إلى الطوابق السفلية (تحت الأرض) التابعة لبعض الأبنية، بالإضافة لاحتمالية حدوث تلوث ناجم عن فيضان مياه الصرف الصحي في المنطقة.

– الجزء الأخير من منطقة الدراسة (الذي يمتد على مسافة 3 كم من النهاية) يعتبر الأخطر من حيث عرض واستمرارية الغمر، وذلك بسبب سهلية المنطقة بالإضافة للتشوهات الحاصلة في أغلب مقاطع المجرى والتي تؤدي إلى حدوث انتشار عرضي لمياه الفيضان حيث تجاوز عرض الغمر الكلي على جانبي المجرى (1190m).

– تبين من الدراسة أنه لا يوجد خطر مباشر على سكان القرى المعرضة للغمر وخاصة مع وجود الزمن الكافي لاتخاذ إجراءات الحماية، حيث يجب اخلاء الطرقات من المارة وخاصة الأطفال، وإخلاء الطوابق السفلية من السكان مع محاولة اغلاق المنافذ لتقليل معدلات التسرب الممكن حدوثها.

– تتعرض جميع الطرقات الواقعة ضمن منطقة الدراسة للغمر بمياه الفيضان، حيث يعتبر طريق (طرطوس–الصفصافة) هو الأخطر من حيث استمرارية وسرعة الغمر والتي تجاوزت (4 m/s) في منطقة التقاطع مع المجرى.

التوصيات:

– ضرورة اجراء أعمال الصيانة والتسوية لجوانب وقاع مجرى نهر الأبرش وخاصة في مقاطعه الأخيرة.

– تحديد حرم الأنهار بناء على سيناريوهات الغمر المدروسة والمخططات الناتجة عنها، وتقسيم المناطق على جانبي المجرى حسب درجة الخطر.

– وضع محطات لقياس الغزارة والمنسوب على كافة المجاري المائية وخاصة التي تتضمن سدود بهدف الحصول على قيم دقيقة عند اجراء الدراسات الخاصة بالمجرى.

– التخطيط المستقبلي لزيادة استثمار مياه السد في مختلف المشاريع وذلك من خلال السيطرة على مياه الفيضان وتوجيهها والاستفادة منها في تتحسين الواقع المائي في البلاد

– ضرورة المحافظة على الغطاء النباتي وتشجير المناطق الممتدة على جانبي المجرى، والتوسع في دراسة تأثير معامل الخشونة على سلوك الفيضان ومخططات الغمر.

8. المراجع

المراجع العربية

1- حلاوة، ليلى (2014) – الإدارة الهيدروليكية للموجة الفيضانية الناجمة عن انهيار سد ترابي والتخفيف من آثارها (منطقة الدراسة مجرى نهر العاصي بين سد قطينة والرستن ومحرده). رسالة دكتورا في الهندسة المدنية، جامعة حمص.

2- إبراهيم، بتول (2019) – تخطيط الموارد المائية وإدارتها في حوض نهر الأبرش. رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، جامعة حمص.

3– أحمد، علي (2022) – تحديد العناصر الهيدروليكية للموجات الفيضانية الناتجة عن الهطولات المطرية واقتراح منشآت تنظيم لمجرى نهر الغمقة. رسالة دكتورا في الهندسة المدنية، قسم هندسة وإدارة المواد المائية، جامعة حمص.

المراجع الأجنبية

4- CHAGAS, P. F., SANTOS, S. H., ANDRADE, C., UETA, V., & SOUZA, R. (2010) -Application of mathematical modeling to study flood wave behavior in natural rivers as function of hydraulic and hydrological parameters of the basin. Federal University of de Ciara, Fortaleza, Brazil.

5- Maguire, D. J. (1991). An overview and definition of GIS Geographical information systems. Principles and applications, 1(1), 9-20.

6- BRUNNER, G. W. (2016) -HEC-RAS River Analysis System Version 5. Hydrologic Engineering Center, California.

7- Zhao, Q., Yu, L., Li, X., Peng, D., Zhang, Y., & Gong, P. (2021). Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. Remote Sensing, 13(18), 3778.

8- SHARMA, P, & MUJUMDAR, S (2016) Dam Break Analysis Using HEC-RAS and Hec-GeoRas–A Case Study of Ajwa Reservoir. Water Resources and Ocean Science, Vol.6.108.

9- Diedhiou, R., Sambou, S., Kane, S., Leye, I., Diatta, S., Sane, M. L., & Ndione, D. M. (2020). Calibration of HEC-RAS model for one dimensional steady flow analysis—a case of senegal river estuary

downstream diama dam. Open Journal of Modern Hydrology, 10(03), 45.