

خلاصة البحث

يقدم هذا البحث دراسة مرجعية لتطور المفاهيم المتعلقة بتنظيم مجاري الأنهار والهندسة النهرية وتطور علاقة الإنسان والمجتمع بالنظام النهري والبيئة النهرية كما تضمن سرداً لعدد من الأمثلة العالمية الرائدة في إطار الاستغلال الأمثل لعناصر النظام النهري. ويتضمن البحث إنشاء نماذج لثلاثة أجزاء من مجرى نهر بردى الأول بين نبع بردى وسد التكية والثاني بين ساحة الأمويين وجسر فيكتوريا والثالث بين شارع الثورة وجسر باب توما. وتم في إطار البحث حساب المناسيب المقابلة لممرور عدة قيم للغزارة في النماذج الثلاث وكانت النتيجة إمكانية ضعيفة لحصول غمر في المنطقة الأولى يمكن التغلب عليها بتعديلات طفيفة على المقاطع العرضية. اقترح البحث تصاميماً بديلة للمقاطع العرضية في منطقة الدراسة الأولى والثانية مع شرح لعدد من النقاط اللازم مراعاتها في مناطق الدراسة الثلاث والتي تأخذ بعين الاعتبار القواعد العامة والأسس البيئية وتعزيز علاقة المجتمع بالنهر وتضعه في تناغم مع مفاهيم التصميم الحضري. وانتهى البحث بوضع خطة عمل للارتقاء بواقع نهر بردى تتضمن تصافر جهود المؤسسات البحثية مع المؤسسات التنفيذية القائمة على إدارة النهر.

الكلمات المفتاحية:

تنظيم مجاري الأنهار – إعادة تأهيل الأنهار – نهر بردى – استخدام نظم المعلومات الجغرافية – نظام التحليل النهري.

Abstract

This study includes a review of the development of theoretical concepts regarding river regulation, river engineering and the relation between society and the river environment. It also includes a number of pilot projects concerning exploiting and managing river systems. Computer-based models were produced to represent three parts of the Barada River: (1) between the Barada Spring and the Takieh Dam, (2) between the Omawieen Square and the Victoria Bridge, (3) between the Thawra Street and The Bab-Toma Bridge. These models were used to calculate water surface profiles along the three parts of the river based on a variety of flow values. The results showed that there is little chance of small-scale flooding in the first study area which can be eliminated by simple engineering measures. New designs of the rivers cross-sections were suggested in the first and the second study areas. A list of general management and engineering practices was presented for the three study areas and similar projects. The study was concluded with a simple work plan for The Barada River and suggestions for future research topics.

Keywords:

River Regulation – River Rehabilitation – The Barada River – GIS – HEC-RAS.

الفهرس

| | |
|----------|--|
| 1..... | خلاصة البحث |
| 3..... | الفهرس |
| 5..... | قائمة الجداول |
| 6..... | قائمة الأشكال |
| 8..... | الفصل الأول - مقدمة |
| 9 | 1- تمهيد: |
| 10 | 2- هدف البحث: |
| 10 | 3- مشكلة البحث: |
| 10 | 4- الحدود المكانية: |
| 10 | 5- الحدود الزمانية للبحث: |
| 10 | 6- منهج البحث: |
| 11 | 7- صعوبات البحث: |
| 11 | 8- محتويات الأطروحة: |
| 11 | 9- الأدوات المستخدمة في البحث: |
| 13..... | الفصل الثاني - تطور مفاهيم إدارة النظام النهري |
| 14 | 1- النمو الحضري والمياه: |
| 14 | 2-التطور التاريخي لأسلوب تعامل الإنسان مع النهر: |
| 17 | 3- مفاهيم متعلقة بإدارة النظام النهري: |
| 17..... | تنظيم مجاري الأنهار: |
| 17..... | الهندسة النهريّة: |
| 18..... | الجريان البيئي: |
| 18..... | التصميم الحضري: |
| 20..... | استعادة الأنهار وإعادة تأهيلها: |
| 22 | 4- الدوافع والأهداف لعمليات تأهيل الأنهار: |
| 23 | 5- تجارب عالمية: |
| 27 | 6- حوض بردى: |

33..... الفصل الثالث - نظام التحليل النهري HEC-RAS

- 1- مقدمة حول نظام التحليل النهري HEC-RAS : 34
- 2- مكونات النظام: 34
- 3- تخزين البيانات وإدارة الملفات في HEC-RAS: 35
- 4- المبدأ النظري لإجراء الحسابات أحادية البعد: 35
- 5- تسلسل عملية الحساب: 41
- 6- افتراضات البرنامج عند إجراء حسابات الجريان المستقر: 41
- 7- تحديد العمق الحرج: 42
- 8- استخدام معادلة تغير كمية الحركة: 43

48..... الفصل الرابع - بناء النماذج

1. مصادر البيانات 49
2. اختيار مناطق الدراسة: 50
3. توصيف مناطق الدراسة الثلاث: 51
4. خطوات العمل: 56
5. الخطوات التفصيلية لبناء النموذج: 59

71..... الفصل الخامس - النتائج والبدائل

1. منطقة الدراسة الأولى: 72
2. المنطقة الثانية 80

90..... الفصل السادس - مناقشة البدائل والمقترحات والتوصيات

- 1- مناقشة النتائج والبدائل: 91
- 2- خطة عمل نهر بردى: 93
- 3- المقترحات والتوصيات العامة لمشاريع تنظيم وإعادة تأهيل المجاري المائية واستعادتها: 94
- 4- مقترحات للأبحاث المقبلة: 97

قائمة الجداول

| | |
|----|--|
| 53 | جدول 3 التبادل مع المياه الجوفية في منطقة الدراسة الأولى..... |
| 66 | جدول 4 جدول المعايير..... |
| 74 | جدول 5 بيانات مفتاح التصريف في نهاية منطقة الدراسة الأولى..... |
| 91 | جدول 6 مقارنة البدائل الثلاث لمنطقة الدراسة الأولى..... |

قائمة الأشكال

- شكل 1 يوضح مقطعاً عرضياً في النهر والطريق فووقه قبل تنفيذ المشروع مع ترتيب عمليات الهدم التي تم تنفيذها (Young-Nam 2005)..... 24
- شكل 2 نهر شيونغ غي شيون Cheonggyecheon بعد تنفيذ المشروع (Restore 2013)..... 24
- شكل 3 نهر الباسيج “Pasig River” قبل وبعد إعادة التأهيل (ABS-CBN Foundation)..... 25
- شكل 4 نهر سبو في مدينة فاس في وضعه الحالي (Aziza Chaouni)..... 26
- شكل 5 تصميم لشكل نهر سبو في مدينة فاس بعد إنتهاء مشروع إعادة التأهيل (Aziza Chaouni)..... 26
- شكل 6 الشبكة النهرية لبردى ضمن مدينة دمشق..... 31
- شكل 7 تصريف نبع بردى الوسطي الشهري خلال العامين الهيدرولوجيين (2010-2009) و (2010-2011)..... 32
- شكل 8 تصريف نهر بردى الوسطي الشهري خلال العامين الهيدرولوجيين (2010-2009) و (2010-2011) في منطقة الهامة..... 32
- شكل 9 تطبيق معادلة الطاقة على جزء من الجريان..... 36
- شكل 10 تقسيم الجريان وحساب الناقلية..... 38
- شكل 11 تقسيم الجريان وحساب الناقلية عند تعدد قيم معامل مانينغ..... 39
- شكل 12 تباين الطاقة الحركية بين أجزاء المقطع الواحد..... 40
- شكل 13 مفهوم العمق الحرج..... 43
- شكل 14 تطبيق قانون نيوتن الثاني في الحركة على جزء من الجريان..... 44
- شكل 15 صورة جوية لنبع بردى..... 51
- شكل 16 منطقة نبع بردى..... 51
- شكل 17 بحيرة سد التكية..... 51
- شكل 18 صورة جوية لسد التكية..... 51
- شكل 19 صورة جوية توضح مسار النهر في منطقة الدراسة الأولى..... 52
- شكل 20 صورة جوية لمنطقة الدراسة الثانية..... 54
- شكل 21 صورة جوية لمنطقة الدراسة الثالثة..... 55
- شكل 22 مخطط تدفقي مبسط يبين الخطوات المتبعة في بيئة GIS..... 58
- شكل 23 مخطط تدفقي مبسط يبين الخطوات المتبعة في بيئة HEC-RAS..... 59
- شكل 24 صورة لبيئة العمل توضح DEM مع مجرى النهر..... 59
- شكل 25 صورة لبيئة العمل توضح رسم مسار النهر والصورة الجوية المعتمدة..... 60
- شكل 26 صورة لبيئة العمل أثناء رسم الضفاف بالاعتماد على مخططات المساحة العسكرية ووزارة الري..... 60
- شكل 27 تحديد مسارات جريان المياه الأوسط والأيمن والأيسر..... 61
- شكل 28 نشر بيانات المنسوب..... 61
- شكل 29 رسم المقاطع العرضية..... 62
- شكل 30 تكوين ملف تصدير البيانات..... 62
- شكل 31 مقطع عرضي ومقطع طولي من مخططات إكساء النهر..... 63
- شكل 32 مقطع عرضي..... 63
- شكل 33 مقطع طولي 1..... 64
- شكل 34 مقطع طولي 2..... 64
- شكل 35 مسقط منطقة الدراسة الأولى..... 65
- شكل 36 شكل المقطع العرضي بالقرب من نهاية منطقة الدراسة..... 65
- شكل 37 مخطط المعايرة..... 67

- شكل 38 جدول إحدائيات المقطع العرضي 68
- شكل 39 تغيير قيم المنسوب والإحدائيات لنقاط المقطع العرضي 68
- شكل 40 تغيير شكل المقطع يدوياً 69
- شكل 41 تصميم مقطع عرضي متكرر 70
- شكل 42 تحديد امتداد المقطع المصمم 70
- شكل 43 مقطع طولي في المجرى النهر في منطقة الدراسة الأولى 72
- شكل 44 مقطع عرضي في منطقة الدراسة الأولى 72
- شكل 45 مسقط أفقي لمنطقة الدراسة الأولى 73
- شكل 46 مقطع عرضي في منطقة الغمر الأولى 75
- شكل 47 مقطع عرضي في منطقة الغمر الثانية 75
- شكل 48 مقطع طولي في المجرى يبين مناطق الغمر لمنطقة الدراسة الأولى 76
- شكل 49 شكل ثلاثي البعد لمنطقة الغمر الأولى 76
- شكل 50 شكل ثلاثي البعد لمنطقة الغمر الثانية 77
- شكل 51 شكل المقطع المتكرر في المناطق التي كانت معرضة للغمر وفق البديل الأول 77
- شكل 52 شكل ثلاثي البعد يوضح منطقة الغمر الأولى بعد التعديل 78
- شكل 53 شكل ثلاثي البعد يوضح منطقة الغمر الثانية بعد التعديل 78
- شكل 54 شكل المقطع المقترح المتكرر في حال مرور الغزارة الصغرى والعظمى 79
- شكل 55 مقطع طولي في المجرى بمنطقة الدراسة الثانية 80
- شكل 56 شكل المقطع العرضي في المجرى لمنطقة الدراسة الثانية 80
- شكل 57 مسقط أفقي لمنطقة الدراسة الثانية 81
- شكل 58 مقطع عرضي للمجرى في منطقة الدراسة الثانية 82
- شكل 59 مقطع طولي في المجرى يوضح المنسوب المقابل لعدة غزارات 82
- شكل 60 تصميم المجرى عند مرور الغزارة الدنيا 84
- شكل 61 شكل المجرى عند مرور غزارة متوسطة 84
- شكل 62 مقطع عرضي في المجرى يوضح التعديلات التصميمية المقترحة والمناسيب المقابلة لعدة غزارات 85
- شكل 63 مقطع طولي في المجرى للمنطقة الثالثة 85
- شكل 64 شكل المقطع العرضي المتكرر في المجرى للمنطقة الثالثة 86
- شكل 65 مسقط أفقي لمنطقة الدراسة الثالثة 86
- شكل 66 تغيير المنسوب المقابل لعدة غزارات على طول المجرى 87
- شكل 67 المنسوب المقابل لعدة غزارات موضحاً على المقطع العرضي 88

الفصل الأول

مقدمة

محتويات الفصل

- تمهيد
- الهدف من البحث
- مشكلة البحث
- الحدود المكانية والزمنية للبحث
- منهج البحث
- صعوبات البحث
- محتويات الأطروحة
- الأدوات المستخدمة في البحث:
 - GIS
 - HEC-RAS

1- تمهيد:

مع دخولنا القرن الواحد والعشرين نجد أنفسنا في مواجهة تحديات كثيرة على المستوى المائي والبيئي، فقد تعرضت الممارسات الهندسية التي كانت سائدة سابقاً إلى انتقادات شديدة ولربما أسهم ذلك في تطورها لتصبح أكثر تلاؤماً مع متطلبات هذا العصر وتركيزه على مفاهيم أكثر تطوراً، كالإدارة المستدامة للموارد المختلفة والوعي البيئي والمسؤولية الاجتماعية المشتركة إذ أن تصرفات الجيل الراهن ستحدد مستقبل الحياة على هذا الكوكب ككل، وبات العلم والممارسات الهندسية في مرحلة تسمح بالاتصال الوثيق مع حاجات المجتمع والتطور الاقتصادي والتنمية الحضرية المخططة إضافة لقدرته المتزايدة على التنبؤ واستشراف النتائج المتوقعة لأي إجراء متخذ أو يتم التخطيط له من مختلف النواحي وخاصة البيئية، وبات يقيناً أن استخدام هذه الأدوات التي يقدمها التطور العلمي واجبٌ ومسؤولية ملقاة على عاتق العاملين في الإطار الهندسي والبحثي والبيئي، وهو أقل ما يمكن تقديمه للطبيعة الأم والأجيال المقبلة التي ستذكر الإرث الذي نتركه اليوم بإيجابياته وسلبياته.

يقدم هذا البحث مثلاً جيداً عن استخدام الأدوات العلمية والتقنية وتوظيفها في المجال البيئي وخدمة المجتمع مع عدم إغفال الناحية الاقتصادية والجمالية، إلا أن الوصول إلى درجة من التكامل في النتيجة النهائية يتطلب بحق تعاوناً وثيقاً بين العديد من التخصصات العلمية إضافة لاهتمامٍ ودعمٍ حقيقيٍ ومتابعةٍ حثيثةٍ من الجهات ذات الصلة إذا أردنا أن نقدم شيئاً ذا قيمة لمدننا وبلدنا ومجتمعنا ككل، بحيث لا تبقى النتائج والأفكار والمقترحات حبيسة في ظلمات المكتبات الشخصية والعامة وقرينة للغبار والنسيان.

2- هدف البحث:

التوصل إلى مجموعة من القواعد والخطوط العامة اللازم مراعاتها عند عمل أي تعديل على نظام نهري ضمن الظروف المكانية والمناخية لسورية، إضافة لوضع تصور عن الوضع الحالي لنهر بردى والفرص المتاحة لاستغلال مكونات النهر بالشكل الأمثل.

3- مشكلة البحث:

الجفاف الشديد للنهر والحيز الكبير الذي يشغله المجرى لإمرار غزارة قليلة جداً معظم أيام السنة إضافة للتعديات الدائمة عليه، بمعنى آخر "عدم الاستثمار الأمثل لعناصر النظام النهري".

4- الحدود المكانية:

اعتمد البحث مجرى نهر بردى كحالة دراسية إلا أن ضعف البيانات المتوفرة تسبب في اقتصار البحث على ثلاثة أجزاء من المجرى الرئيس وهي الجزء الأول من النبع وحتى سد التكية. الجزء الثاني من ساحة الأمويين وحتى جسر فيكتوريا. الجزء الثالث من شارع الثورة وحتى جسر باب توما.

5- الحدود الزمنية للبحث:

تضمنت البيانات المستخدمة في هذا البحث تسجيلات للغزارة وبيانات تعود للعام 1974 من وزارة الري يضاف لذلك مجموعة كبيرة من الخرائط لسنوات متعددة. وأحدث البيانات المعتمدة كانت عدداً من الخرائط الجوية من Google Earth و Bing Arial تعود لشهر نيسان 2014.

6- منهج البحث:

اتبع هذا البحث المنهج التاريخي في الفصل الثاني والمنهج الوصفي في الفصلين الثالث والرابع والمنهج الاستقرائي في الفصل الخامس والتحليلي في السادس.

7- صعوبات البحث:

العقبة الأهم التي واجهت هذا البحث هي صعوبة جمع البيانات والحصول عليها من مصادرها المختلفة إضافة للحاجة إلى معرفة كافية باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS وبرنامج التحليل النهري HEC-RAS والذي استهلك وقتاً طويلاً من زمن الإعداد لهذه الأطروحة.

8- محتويات الأطروحة:

تتضمن الأطروحة خمسة فصول إضافة إلى هذا الفصل:

- يتضمن الفصل الثاني دراسة المفاهيم المتعلقة بتنظيم مجاري الأنهار واستعادتها وإعادة تأهيلها، وتم كذلك توضيح مجموعة من الأمثلة والحالات الدراسية وسرد الدروس المستفادة منها ثم عرض بسيط لخصائص حوض ونهر بردى ونبعي بردى والفيجة.
- يتضمن الفصل الثالث شرحاً بسيطاً لنظام التحليل النهري HEC-RAS وآلية حل معادلات الجريان التي يستخدمها في حالة الجريان المستقر.
- يوضح الفصل الرابع أسلوب العمل المتبع في إنشاء النموذج الحاسوبي بالاعتماد على تجميع خرائط ورقية ورقمية من عدة مصادر ودمجها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ثم تصدير هذه البيانات إلى برنامج تحليل الأنهار وتكوين عدة نماذج لمناطق الدراسة وآلية إجراء المعايرة وتشغيل النماذج وفقاً لعدة سيناريوهات واقتراح البدائل والحلول.
- يتضمن الفصل الخامس عرضاً لنتائج النماذج المعتمدة لمناطق الدراسة الثلاث والبدائل المقترحة إضافة لشرح طبيعة الجريان والشروط المحيطة المعتمدة عند إجراء الحسابات.
- أما الفصل السادس فتم تخصيصه لمناقشة النتائج التي تم التوصل إليها في مناطق الدراسة الثلاث والتركيز على صياغة عدد من المقترحات والتوصيات المتعلقة بكل منطقة والتوصيات التي يمكن تعميمها في ما يتعلق بتنظيم مجاري الأنهار والدراسات المستقبلية.

9- الأدوات المستخدمة في البحث:

- برمجيات نظم المعلومات الجغرافية: باتت هذه البرمجيات المستخدمة على نطاق واسع في مختلف المجالات العلمية والعملية ضرورة ملحة وشرطاً ضرورياً لربط البيانات الوصفية والمكانية والربط بين مختلف مجالات العلوم.

وقد تم التعامل في إطار هذه الدراسة مع برنامجي ArcCatalog9.3 و ArcMap9.3 حيث يشكل الأول أداة لإدارة الملفات وتخزين البيانات وعرضها أما الثاني فيقدم مجموعة واسعة من أدوات العرض والتحليل المكاني للبيانات وإنتاج بيانات جديدة. تم كذلك التعامل مع شريطي أدوات ملحقين بـ ArcMap الأول لإضافة الخرائط الجوية من Google Maps و Bing و Arial ويدعى ArcBruTile والثاني لإنشاء ملف تصدير البيانات إلى نظام التحليل النهري ويدعى HEC-GeoRAS .

- HEC-RAS: هو أحد البرمجيات المنتجة من قبل U.S. Army Corps of Engineers واسم البرنامج هو اختصار لنظام التحليل النهري الصادر عن مركز الهندسة الهيدرولوجية:

"Hydrologic Engineering Center – River Analysis System"

يتيح البرنامج إجراء الحسابات الهيدروليكية أحادية البعد المستقرة وغير المستقرة، له عدة إصدارات. استخدمت في هذا البحث الإصدار 4.1 الصادر في شهر كانون الثاني 2010. ومن الجدير بالذكر أنه قد صدر حديثاً نسخة جديدة من البرنامج قادرة على إجراء تحليلات ثنائية البعد وهي لا تزال في المرحلة التجريبية.

و يمكن تحميل البرنامج مجاناً من موقع مركز الهندسة الهيدرولوجية عبر الرابط:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>

ومن الجدير بالذكر أن دراسة جميع النماذج والبدايل المدروسة في إطار هذه الأطروحة تمت ضمن شروط جريان مستقر نظراً لعدم توفر المعطيات والقياسات الكافية لتغير الغزارة مع الزمن في أي نقطة من نقاط المجرى.

الفصل الثاني

تطور مفاهيم إدارة النظام النهري

محتويات الفصل:

- النمو الحضري والمياه
- التطور التاريخي لأسلوب تعامل الإنسان مع النهر
- مفاهيم متعلقة بإدارة النظام النهري:
 - تنظيم مجاري الأنهار
 - الهندسة النهريّة
 - الجريان البيئي
 - التصميم الحضري
 - استعادة الأنهار وإعادة تأهيلها
- الدوافع والأهداف لعمليات تأهيل الأنهار
- تجارب عالمية
- نهر بردى

يتضمن الفصل الثاني دراسة للمفاهيم المتعلقة بتنظيم مجاري الأنهار واستعادتها وإعادة تأهيلها وعدداً من الأمثلة والحالات الدراسية والدروس المستفادة منها ثم عرضاً بسيطاً لخصائص حوض ونهر بردى ونبعي بردى والفيجة.

1- النمو الحضري والمياه:

مع دوران عجلة الثورة الصناعية أصبح معظم العالم يعيش في المناطق الحضرية من مدن وضواحيها ففي عام 1900 كان 190 مليون نسمة يعيشون في المدن مما شكل في حينه 10% من سكان العالم أما في عام 2000 باتت هذه النسبة تزيد على 50% (C.G. Boone & A. Modarres 2006)، وتبعاً لـ (Simsek 2012) فإن 75% من البشر في العالم يعيشون في أو حول مراكز المدن ويتوقع بقاء معدلات التزايد السكاني في هذه المناطق عند مستويات عليا نتيجة التوسع العمراني وهجرة سكان المدن إلى الأرياف. ونتيجة لذلك باتت المدن محط اهتمام جهود التنمية حول العالم.

تشكل المياه مورداً أساسياً للحياة عند توفرها بكميات كافية ونوعية ملائمة لوجود الإنسان وحاجاته المتنوعة في مجالات الانتاج الاقتصادي حيث لا يمكن إنشاء وتطوير الزراعة والصناعة وتحقيق نمو حضري فعال بدون توفر كميات كافية من الموارد (A.S. Goodman & D.C Major 1984) وكان للأنهار والمنشآت المقامة عليها علاقة تاريخية مع النمو الحضري منذ العصور القديمة فقد نشأت أولى التجمعات الحضرية على أطراف المياه من ينابيع وبحيرات وأنهار والتي وفرت للإنسان مياه الشرب ولبت احتياجاته الزراعية والصناعية والخدمية ووفرت إمكانية النقل الملاحي والحماية الطبيعية. (Adler 2007)

2- التطور التاريخي لأسلوب تعامل الإنسان مع النهر:

تركزت الحضارات الأولى التي امتدت بين النيل والهند على ضفاف الأنهار، وجميع الحضارات التي تلتها من رومان وبيزنطيين ومسلمين اعتمدت على الماء كعنصر مركزي وحافظت الحضارات التي نشأت في منطقتنا على علاقة خاصة مع الأنهار بالرغم من ازدياد المخاطر والتحديات التي تواجه هذه العلاقة. ومع ازدياد عدد سكان المدن والتغيرات المناخية ازدادت الآثار التي تخلفها هذه التجمعات الحضرية على البيئة الطبيعية والموارد المائية، فقد استخدم الإنسان الأنهار واستغلها منذ القدم بأوجه متنوعة كإدارة النفايات الصلبة والسائلة والنقل وقد أدى ذلك لتدهور الحالة الطبيعية لمعظم الأنهار. وإضافة للتلوث الناتج عن المصادر السكنية والزراعية والصناعية (نقطية وغير نقطية) فإن السطوح المحيطة بالنهر في المناطق الحضرية غير نفوذة مما يتسبب بزيادة الغزارات الفيضانية وزيادة التلوث المحمول من الطرق والسطوح المصمتة. (Simsek 2012)

منذ النصف الثاني من القرن الماضي بدأ الاهتمام بإعادة تأهيل مجاري الأنهار لأسباب متعددة أهمها الصحية والبيئية وفي العقد الأخير أصبح الاهتمام منصباً على نوعية المياه واستدامة المورد المائي وبالتالي تحسين الفهم العام لطبيعة العلاقة بين النهر والمنطقة المحيطة به والمجتمع ككل. وبما أن مشاكل الأنهار لا يمكن عزلها عن النظام المائي الذي يحويها أو عن احتياجات المناطق الحضرية وسكان هذه المناطق القريبة أصبح التوصل إلى مقاربة جديدة لحل مشاكل الأنهار ضرورة ملحة بحيث يتم أخذ جميع هذه العوامل بالحسبان . وباتت عملية تقييم الآثار البيئية لأي مشروع مرتبط بالمياه أمراً شديداً خطورة في إطار عمليات التخطيط المستدام.

درس (Simsek 2012) التسلسل التاريخي لتطور طبيعة العلاقة بين الإنسان والنظام النهري خلال القرن الأخير وتبين النقاط التالية المواصفات التي ميزت كل مرحلة:

- في أواسط القرن العشرين كانت الأنهار لا تزال في حالة طبيعية أو شبه طبيعية وكان ينظر إليها على أنها مكب للنفايات الصلبة والسائلة ومصدر لخطر الفيضان.
- مع النمو الحضري السريع في الخمسينات والستينات كان الاهتمام الأول منصباً على منع الفيضانات بتوسيع وتقويم المجرى ورفع الضفاف إلا أن هذه العمليات والمشاريع بلغت أو قللت من قيم وتأثير خشونة المجرى الناتجة عن الرسوبيات مما أدى في بعض الحالات إلى أداء غير فعال (G.M. Kondolf & E.A. Keller 1991)
- في السبعينات ركزت أعمال الإدارة النهرية على التحكم بالفيضانات واستغلال المياه تبعاً للاحتياجات المختلفة مما تسبب في تدهور الحالة البيئية للأنهار وفقدان وظائفها الطبيعية وأهمها قدرتها على التنقية الذاتية وتكوينها كمجال حيوي للعديد من الأحياء إضافة للمظهر الطبيعي الذي كانت تتميز به.
- في بداية الثمانينات ومع انحسار الخطر الظاهر للفيضان بدأ استغلال المساحات التي كانت تتعرض للغمر وتحولت تدريجياً إلى طرق وممرات ومسابح مزروعة وحدائق ومناطق سكنية.
- مع نهاية الثمانينات ظهرت الحاجة الاجتماعية لتحسين البيئة النهرية والمظهر العام فتم إنشاء مسارات للمشبي والدراجات الهوائية والحدائق الخضراء على طول مجاري الأنهار والمساحات الموازية لها.
- منذ 1990 بدأ اعتماد تقنيات تستهدف تحسين النهر كنظام متكامل واستعادة وظائفه كمجال حيوي.

- مع بداية القرن الواحد والعشرين أخذت الإدارة النهرية نقلة نوعية في فلسفتها حيث باتت تستهدف تحسين العلاقة المتبادلة بين المجتمع البشري المحيط بالنهر وبين البيئة النهرية. (C.W. Kim 2006) ويمكن إجمال التغيرات في هذه الفلسفة بالنقاط الموضحة في الجدول (1).

| النظرة الحديثة | النظرة السابقة |
|--|---|
| الصرف الصحي مورد هام يتوجب معالجته والاستفادة منه بفعالية في تغذية وسقاية المزروعات | الصرف الصحي نفايات يجب التخلص منها |
| مياه الفيضان مورد طبيعي يتوجب استغلاله عبر تخزينه في طبقات المياه الجوفية أو تحويله لمواقع الاحتياج الزراعي وتنظيم الاستفادة منه | مياه الفيضان مصدر خطر لا فائدة منها ويتوجب إبعادها عن المناطق الحضرية بأسرع ما يمكن |
| الطلب على المياه يحمل عدة أوجه ويتوجب عند تخطيط الاحتياج المائي الأخذ بعين الاعتبار النوعية المطلوبة لهذه البنى التحتية والمصادر المتوفرة | الطلب على المياه يتعلق بالكميات والكمية هي المعيار الوحيد المعتمد في تخطيط البنى التحتية وتتم معاملة جميع نقاط الاحتياج بنفس الأسلوب من حيث التزويد بنفس نوعية المياه |
| ينبغي إعادة استخدام المياه بشكل متسلسل تبعاً لتناقص مستوى النوعية المطلوب في الاحتياجات المختلفة، وينبغي العمل على معالجة المياه لتصبح قابلة للاستخدام من جديد في النظام نفسه عدة مرات | تتبع المياه مساراً واحداً من المصدر إلى مكان الاحتياج إلى مكان المعالجة إلى نقطة المصب النهائي والعودة إلى الطبيعة |
| بناء نظام موجه للتخزين بحيث يتم استغلال أكبر قدر من المياه وإعادة استخدامها في الأغراض المختلفة مثل تجميع مياه الأمطار في خزانات أرضية محلية بدلاً من التخلص منها في شبكة الصرف | بناء نظم موجه للنقل، حيث يتم نقل المياه بسرعة عبر النظام باستخدام مسارات وأقنية مكشوفة وأنابيب مغطاة بحيث تصل بأسرع ما يمكن لنقاط الصرف |
| بنية تحتية خضراء تحاول استخدام التربة والغطاء النباتي والمواد الطبيعية ودمجها بنظم تخزين وتوزيع ومعالجة المياه قدر الإمكان | بنية تحتية رمادية تعتمد البيتون والمواد البلاستيكية والصناعية |
| اللامركزية والأحجام الصغيرة لنظم التخزين والنقل والمعالجة بما يتيح حرية أكبر في التصميم والتنفيذ | المركزية والأحجام الكبيرة لنظم نقل ومعالجة المياه |
| تشجيع الحلول المبتكرة والتعاون بين مختلف المجالات العلمية والتنفيذية والمرونة واستخدام استراتيجيات الإدارة الحديثة | اعتماد قوالب بسيطة جاهزة وتعليمات جامدة يتم التقيد بها في التصميم وإيجاد الحلول |
| التنسيق الوثيق المخطط له بين مختلف الإدارات وأنظمة التزويد بالمياه وصرفها ومعالجتها | التنسيق الضعيف بين أنظمة التزويد بالمياه وأنظمة صرف المياه |
| يتوجب النقاش والبحث عن حلول بالتعاون مع ممثلين عن السكان والمستفيدين من المياه | التعامل مع السكان والمستفيدين من المياه يقتصر على محاولة ترويح حلول جاهزة مسبقاً |
| تقديم حلول جديدة تضمن تحسين العلاقة بين النهر والأحياء المجاورة له وإيجاد مسارات تسمح باتصال السكان بالأنهار وإنشاء الحدائق على الضفاف | مشروعات تنظيم النهر تعني رفع الضفاف وتحويل النهر إلى مجرى معزول عن المدينة بأسوار أو تغطيته |

جدول 1 : تطور فلسفة ومفاهيم الإدارة النهرية (SIMSEK 2012)

- والجدول (2) يوضح التسلسل التاريخي لتغيير أسلوب التعامل البشري مع النظام النهري وفق (C.W. Kim 2006)

| التحول في أسلوب التعامل مع الأنهار | المجال الزمني |
|---|---------------|
| معظم الأنهار كانت في حالة طبيعية | قبل 1850 |
| تحولت الأنهار إلى مجارٍ للصرف الصحي مع وجود منشآت قليلة | 1960-1870 |
| تحول الاهتمام للحماية من الفيضان والتركيز على تقويم النهر وفقدت الأنهار الكثير من وظائفها البيئية | 1980-1970 |
| إنشاء الحدائق على ضفاف الأنهار وفي المساحات التي كانت معرضة للغمر | 1990-1980 |
| محاولة استعادة الوظائف البيئية للنهر واستخدام تقنيات لتحسين البيئة النهريّة | 2000-1990 |
| تحسين العلاقة بين النهر والإنسان كوجه من أوجه العلاقة بين البيئة والمجتمع | 2010-2000 |

جدول 2 : التطور التاريخي لفلسفة ومفاهيم الإدارة النهريّة وفق (C.W. KIM 2006)

3- مفاهيم متعلقة بإدارة النظام النهري:

- تنظيم مجاري الأنهار:

يعرف تنظيم مجرى نهر بأنه الإجراءات التي تتخذ لتحسين قنوات وفروع النهر لتصبح قابلة للاستخدام وفقاً لاهتمامات الاقتصاد الوطني (A.S. Goodman & D.C Major 1984) بحيث تحقق ظروفاً ملائمة للملاحة النهريّة والنقل وتأمين المنسوب الملائم في نقاط المآخذ المائية وحماية المناطق الزراعية والسكنية خلال فترة ارتفاع المنسوب والفيضانات وحركة أبطاً للرسوبيات عبر النهر وانسياباً ملائماً للماء إلى المنشآت المائية المختلفة. يمكن أن تمتد أعمال تنظيم الأنهار على كامل مجرى النهر كما يمكن أن تقتصر على أجزاء محددة منه تبعاً للفائدة المرجوة وتزداد صعوبة العمل والعقبات التي تواجه المشاريع من هذا القبيل عندما تشمل أجزاء كبيرة من المجرى نتيجةً لتعدد الجهات المستفيدة من النهر والتي تكون عادة ذات مصالح متضاربة (Great Soviet Encyclopedia 1975)

- الهندسة النهريّة:

تعرف الهندسة النهرية بأنها التطبيقات العملية الناتجة عن فهم العلم لطبيعة العمليات النهرية وسلوك الأنهار. ويتضمن ذلك دمج المهارات المتعلقة بتحليل حركة الرسوبيات والهيدرولوجيا والهيدروليكا وخلفية عملية قوية في اختيار وتصميم المنشآت والتعديلات المقامة على مجاري الأنهار وتأثيراتها المختلفة (Remus 2010) ويتوجب التمييز بين مصطلحي استعادة النهر والهندسة النهرية فالهندسة النهرية تقوم على تعديل خصائص الجسم المائي لغايات غير بيئية عادة كالتحكم بالفيضان وتوزيع المياه والملاحة النهرية، بينما يستخدم مصطلح استعادة النهر عند الرغبة بتحسين الظروف الطبيعية والخصائص البصرية والتي قد تخدم أغراضاً سياحية. (Simsek 2012)

● الجريان البيئي:

هي غزارة مائية تجري في النهر وتسمح بالحفاظ على ظروف بيئية مطلوبة (J. O’Keeffe & T.L. Quesne 2009)

إن تحديد الجريان البيئي هو عملية اجتماعية وعلمية من حيث المبدأ حيث يتوجب تحديد ما يريده المجتمع أولاً في بيئة النهر سواء كان مساره في منطقة سكنية أو زراعية. وتنطلق هذه العملية من فرض وجود كميات فائضة من المياه عن الحاجة لاستمرار الجريان في النهر. ولا يقتصر الجريان البيئي على غزارة دنيا محددة بل يجب أن يحقق خصائص الجريان الطبيعي من حيث الجفاف والفيضان فعلى سبيل المثال عند تمرير غزارة ثابتة في النهر بشكل دائم يصبح مكاناً ملائماً لتكاثر الحشرات غير المرغوب بها. ويجدر القول أن نقص البيانات والموارد المادية لا ينبغي أن يشكل عائقاً أمام العمل على تطبيق مفهوم الجريان البيئي فبعض الإجراءات أفضل من لا شيء ويمكن دوماً العمل على تحسين الوضع عندما تصبح البيانات والموارد المادية متوفرة.

● التصميم الحضري:

يربط التصميم الحضري كل فرد بالأفراد المحيطين به من جهة وبالمحيط الفيزيائي من جهة أخرى عن طريق تعديل بنية ونسيج وتصميم المدينة أو الضاحية بحيث يتم تحقيق عدد من الأهداف.

إن التطور الطبيعي للمناطق الحضرية القريبة من الأنهار وعمليات التنظيم غير المخططة تتسبب في العديد من المشكلات للنظام النهري نذكر منها:

أ- التصريف السيء: فعند سقوط الأمطار على السطوح الصلبة تتجه هذه المياه إلى مجرى النهر بسرعة مما يؤدي إلى زيادة الغزارة بشكل سريع وارتفاع المنسوب مما يهدد بحدوث فيضان في المناطق الأدنى على مجرى النهر كما قد تدخل مياه الأمطار هذه إلى شبكات الصرف متسببة بأضرار كبيرة.

ب- استخدام الأراضي المعرضة للغمر لأغراض سكنية أو زراعية يعني أن الآثار الناجمة عن الفيضان أصبحت أكثر كلفة من حيث الأرواح والماديات.

ت- عدم أخذ أثر التغييرات والإنشاءات التي يتم تنفيذها في جزء ما من النهر على بقية أجزاءه مما يؤدي إلى ارتفاع أو انخفاض المنسوب وعدم القدرة على استخدام المياه في مقاطع النهر التي حصل فيها التغيير غير المخطط له.

ث- التناقص التدريجي للغزارة وجفاف النهر بنتيجة استخدام مياهه لأغراض الشرب أو الزراعة أو للأغراض الصناعية.

ج- التلوث بمصادره المتنوعة السكنية والزراعية والصناعية بكل ما تحويه من مخلفات وأسمدة ومبيدات ومواد كيميائية تنتقل وتتراكم على طول النهر وتقتل ما فيه من أحياء وتهدد البيئة في كل المناطق التي تصل إليها مياه النهر.

يحقق التصميم الحضري للمنطقة المحيطة بالنهر الاستفادة العظمى من خصائص هذه المنطقة للمجتمع بضمن إمكانيّة الوصول والاستخدام من قبل الأفراد لأغراض مختلفة. ومن الضروري تضمين التصميم الحضري في جهود عمليات إعادة التأهيل للمجاري المائية فهو يقيم نوعاً من المرونة والتحسينات التفصيلية التي تربط النهر بالبيئة والتراث المكاني حيث أن حلول الهندسة المائية الصرفية عادة ما تتجاهل الخصائص المكانية والبيئية مما يجعل الفوائد الإضافية لمشاريعها محدودة بالنسبة للمجتمع (M.B. Phillips 2006). وفيما يلي بعض أهداف المشاريع الممكنة والتي تتعلق بتطوير وإعادة تأهيل مجاري الأنهار في المناطق الحضرية:

○ طيف واسع من النشاطات التي يمكن أن يقوم بها الزوار.

- تحسين المظهر العام الذي ينعكس إيجاباً على القاطنين في المناطق القريبة.
- جعل أجزاء من المجرى المائي متاحة أمام الزوار.
- التركيز على النشاطات المتعلقة مباشرة بالمجرى المائي والمياه بشكل عام.
- القدرة على التعامل بكفاءة مع حالات الفيضان.
- إعادة بناء مجال حيوي مناسب للأحياء الأصلية.
- تأمين مساحات مفتوحة خاصة في المناطق شديدة الازدحام.
- السماح بنشاطات خارجية تجارية وثقافية.
- مساحات للفنون والتسلية.
- فرصة أمام العامة لإعادة التواصل مع المجرى المائي.
- نقطة تجمع مركزية للعلاقات الثقافية.
- مساحة متميزة جغرافياً وبيئياً عما حولها.
- يشكل حداً وفاضلاً طبيعياً بين المناطق الحضرية المحيطة.
- تحسين العلاقة بين المجتمع والنهر بيئياً وبصرياً.
- استعادة الأنهار وإعادة تأهيلها:

استمرت الأنهار بالحياة مع استمرار وجود المدن إلا أن تصرفاتنا الخاطئة تسببت بتلويثها وتغطيتها بالعديد من المنشآت وأصبحت معظم الأنهار حول العالم عرضة لتأثيرات متنوعة نتيجة التدخل البشري فعلى سبيل المثال:

- تم تصنيف أكثر من 45% من أنهار الولايات المتحدة على أنها مهددة نتيجة لنشاطات النمو الحضري (Simsek 2012)
- تبقى نسبة 20% فقط من الأنهار في ألمانيا دون تغييرات كبيرة على حالتها الطبيعية مما أدى لمشكلات تتعلق بنقص الفاعلية الاقتصادية للنهر والتلوث ونقص المساحات الخضراء ومخاطر الفيضانات (RESTORE 2013)
- لم يتبق أكثر من 10% من الأنهار في سويسرا في حالة طبيعية أو قريبة من الطبيعية (Swiss Agency for the Environment 1997)

ومع ظهور مفاهيم التنمية البيئية والتنمية المستدامة والتركيز على تطبيقاتها العملية اكتسبت إعادة إحياء الأنهار اهتماماً خاصاً وكان ذلك أكثر وضوحاً خلال العقد الأخيرين. وبذلت

الجهود لتحسين البيئة النهرية وهنا ينبغي التمييز بين مفهومين واسعي الاستخدام وهما إعادة التأهيل "rehabilitation" و الاستعادة "restoration" (Simsek 2012) هذان المفهومان غير منفصلان بشكل واضح عملياً وفي المراجع النظرية يتم استخدام المصطلحين كمتراذفات والقاسم المشترك بينهما هو محاولة تحسين الواقع البيئي في النهر أو المجرى المائي.

أ- الاستعادة "restoration": المعنى الحرفي لكلمة استعادة هو العودة بالشيء إلى حالته السابقة التي كان عليها في نقطة زمنية مضت. وفي مجال الأنهار تعني استعادة النهر العودته بالنظام النهري إلى ظروفه الطبيعية السابقة بكل ما يتضمنه ذلك من نوعية مياه وحياتة طبيعية وشكل للمجرى قبل حدوث التأثير البشري عليه وذلك أمر أصبح شبه مستحيل التطبيق واقعياً في معظم الأحيان. يمكن أن تتراوح الاستعادة للنظام النهري بين عدة درجات فقد تكون بسيطة تتعلق بإزالة بعض الظروف والمنشآت التي تعيق الوظائف الطبيعية للنهر ويمكن أن تكون مركبة شديدة التعقيد تتضمن العديد من النشاطات مثل إزالة السدود وكسر الحواجز المائية وهدم الضفاف الصناعية وتعديل منشآت التحكم بالغرارة أو إزالتها واعتماد بعض الأساليب البيئية لحماية المجرى من الحت كزراعة السفوح وإعادة فتح القنوات التي تم إلغاؤها. (F.D. Shields et al. 2003)

ب- إعادة التأهيل "rehabilitation": إعادة تأهيل النهر تعني إعادة الجريان ونظامه الحيوي إلى أقرب حالة تسمح له بمتابعة وظائفه الحيوية (F.D. Shields et al. 2003) ويتم ذلك بإجراء تعديلات أو إضافات أو تطبيق تقنيات جديدة وممارسات هندسية أكثر فعالية أو إزالتها. تتضمن معظم المراجع حول إعادة تأهيل الأنهار تعميق وتقويم مجرى النهر مثلاً 90% من الأنهار والمجاري المائية في أوروبا تم تحويلها إلى أفنية وأكبر المشاريع في هذا المجال هما إعادة تأهيل نهري الدانوب والراين وكان معيار النجاح في هذه المشاريع هو عودة نوع معين من الأسماك للوجود في مجرى النهر (I.D. Rutherford et al. 1998) لا تتطلب إعادة تأهيل النهر استعادة كاملة للبيئة بل المهم هو تحسين ظروف الجريان وقدرة النهر على أداء وظائفه الطبيعية والبيئية إضافة للحاجات البشرية والوصول إلى حالة مثلى واقعية في آن واحد (J. Schanze et al. 2004) وعندما لا يكون ممكناً إجراء إعادة تأهيل شاملة للمجرى يمكن الاكتفاء بإعادة تأهيل جزئي من خلال تحسين الضفاف أو تغيير شكل المقطع أو مادة المقطع ويفضل دوماً الابتعاد عن الإجراءات الهندسية "الصلبة" "Hard Engineering Practices"

4- الدوافع والأهداف لعمليات تأهيل الأنهار:

خلال ال 200 سنة الماضية تم تنظيم العديد من الانهار وتقويمها (G.E. Petts 1989) وتتنوعت الأسباب والدوافع لذلك يمكن إجمالها تبعاً لـ (J. M. Wheaton 2005) في نطاقات عامة أساسية علماً أنها متداخلة مع بعضها خاصة وأن كل مشروع يسعى لتلبية أكبر عدد من هذه الدوافع في آن واحد:

- استعادة النظام الطبيعي
- إعادة تأهيل المجال الحيوي
- التحكم بالفيضانات
- إعادة الاتصال بين السهول الفيضانية
- حماية الضفاف
- إدارة الرسوبيات
- تحسين نوعية المياه
- وسيلة استجمام جمالية وفنية

أما في المناطق الحضرية وعلى الرغم من العقبات التي تواجه مشاريع تنظيم مجاري الأنهار وإعادة تأهيلها مقارنة بالمناطق التي لا تتضمن العديد من الإنشاءات إلا أنها تكتسب أهمية خاصة من خلال الفرص التي تخلقها والفوائد المضافة الممكن تحقيقها ومن هذه الفوائد:

- تحسين نوعية حياة السكان: عند الوصول إلى مساحات آمنة جذابة خضراء للهرب من الازدحام يتشجع السكان على البدء بنشاطات رياضية وإمضاء جزء من أوقات فراغهم في المساحات المفتوحة مثلاً عند إعادة تأهيل نهر Quagay في لندن ازدادت نسبة الزائرين للحديقة الملحقة به بنسبة 73%.
- وسائل نقل مستدامة: تصل الأنهار عادة مراكز المدن بالأرياف المحيطة بها وبالتالي تشكل مسارات نموذجية لطرق نقل مستدامة وخاصة للمشاة وراكبي الدراجات الهوائية.
- رفع الوعي الاجتماعي: حيث تتيح هذه المشاريع فرص تعليم غير مباشرة للسكان بحيث يزداد تقديرهم للبيئة المحلية ويرتفع وعيهم بالمواضيع البيئية ويمكن تعزيز ذلك بإنشاء لوحات تعليمية توعوية وإتاحة الفرصة وتشجيع الرحلات المدرسية العلمية والترفيهية إلى النهر المعاد تأهيله.
- فوائد اقتصادية متنوعة: فعند تقليل التلوث تنخفض تكاليف عمليات تنقية المياه كما يتسبب تناقص خطر الفيضان في التخلص من الكلفة المرافقة له. ومع ازدياد عدد الزوار يصبح المكان

نقطة جذب للاستثمارات المحلية بأشكالها المختلفة إضافة لارتفاع القيمة المادية للعقارات المحيطة.

- نوعية حياة أفضل نتيجة المساحات المفتوحة وتأمين المكان الصحي والمناسب للسكان للترويح عن النفس إضافة للفائدة الصحية وتقليل التلوث.
- مكان ملائم للنمو الحيوي.
- الحماية من الفيضان: استعادة مساحات الغمر الطبيعية يقلل سرعة وحجم المياه التي تنتقل إلى المناطق السكنية مما يعني قدرة أفضل على التعامل مع الفيضانات.
- مواجهة التغيرات المناخية: خاصة أن التنبؤات تشير إلى ارتفاع احتمال الحوادث المتطرفة من حيث الفيضانات أو الجفاف مما يهدد الحياة والاقتصاد والبيئة.
- تترافق استعادة الأنهار إلى حالتها الطبيعية مع انخفاض في درجة الحرارة بالمنطقة المحيطة وبالتالي يتم تأمين ملجأ للسكان والأحياء من الحرارة العالية والجفاف.

5- تجارب عالمية:

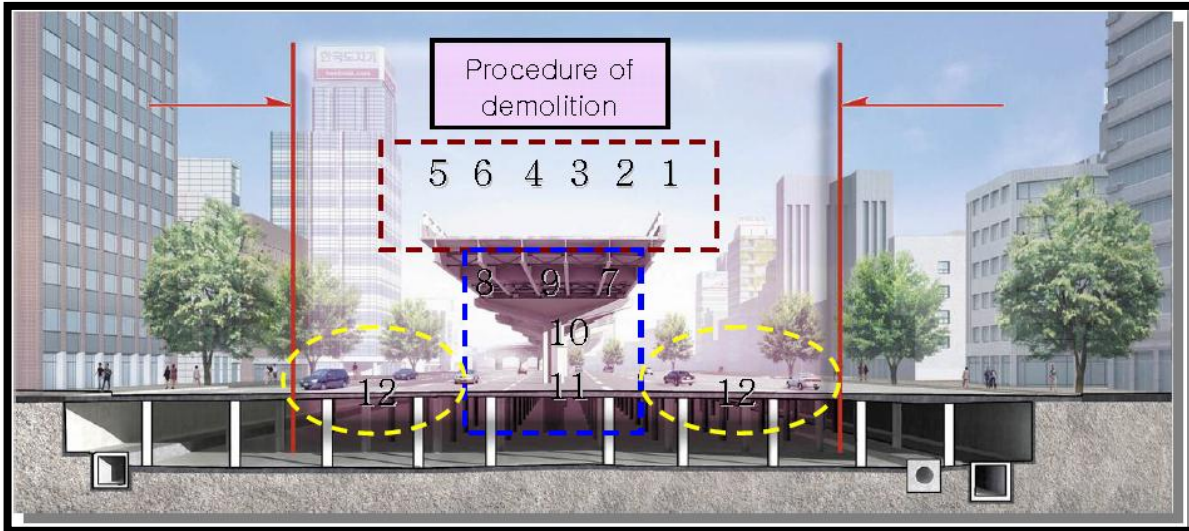
خلال ال 200 سنة الماضية تم تنظيم العديد من الانهار وتقويمه (G.E. Petts 1989) وأصبحت إعادة تأهيل الأنهار ظاهرة عالمية مع وجود آلاف المشاريع قيد التنفيذ حول العالم.

- يعتبر مشروع إعادة إحياء نهر شيونغ غي شيون Cheonggyecheon في سول كوريا الجنوبية واحداً من أهم وأنجح عمليات إعادة إحياء الأنهار في العالم حيث تم بموجب هذا المشروع الذي امتد من 2000 وحتى 2005 معالجة عدد من القضايا البيئية والاجتماعية والاقتصادية في آن واحد. فقد تضمن المشروع إزالة طريق سريع مكتظ يتضمن 12 مساراً واستغلال المساحة التي كان يشغلها لاستعادة النهر بطول 5.8 كم وبكلفة 280 مليون دولار (RESTORE 2013).

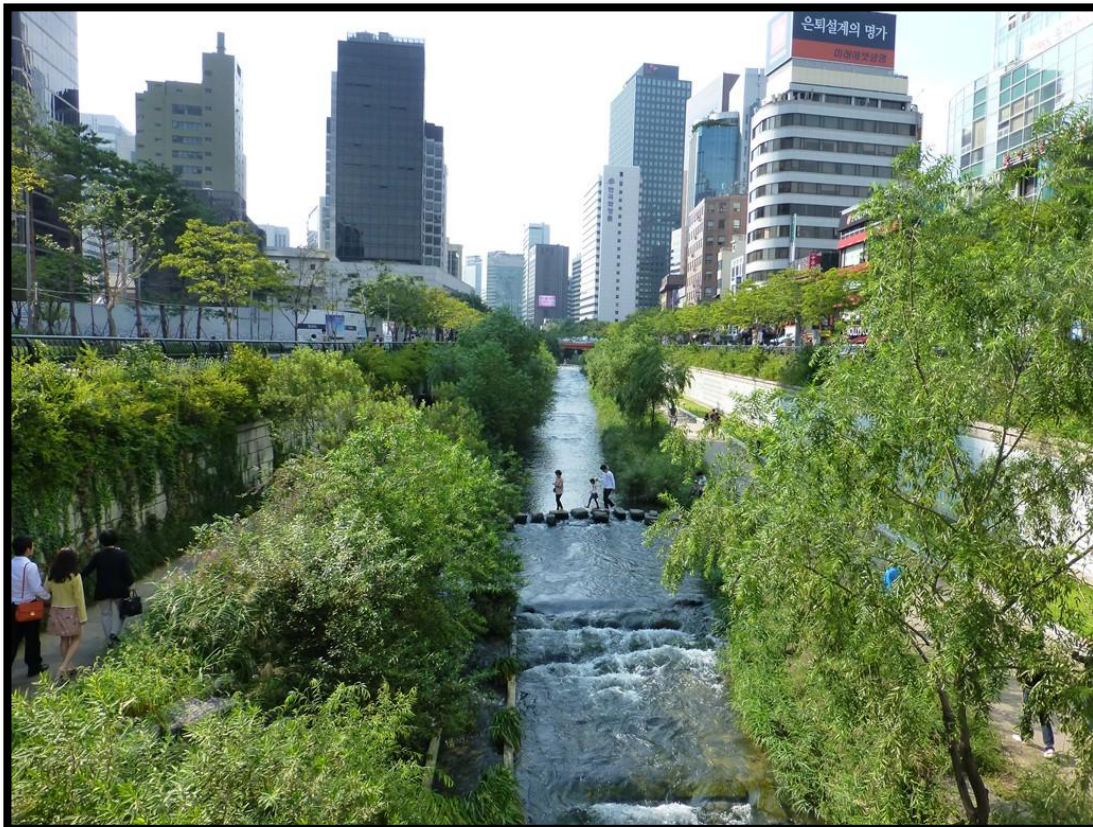
عانى النهر قبل المشروع من التلوث وانعدام الحياة الطبيعية. وبعد فترة تحضيرية تضمنت رسداً للرأي العام حول مستقبل النهر والطريق السريع تم إقرار المشروع وتنفيذه مما حقق الفوائد التالية: (Young-Nam 2005)

- إعادة إحياء وتجديد للمنطقة ككل
- نمو اقتصادي وجذب للسياح

- ت- إمكانية الوصول للنهر مما يتيح الصيد والسباحة
- ث- الاهتمام بالنشاطات التعليمية المتعلقة بالنهر
- ج- إبراز العناصر الثقافية والتاريخية ضمن المشروع
- ح- تحسن بيئي ملحوظ
- خ- تحسن نوعية المياه والهواء
- د- انخفاض واضح في درجة الحرارة بالمنطقة "وسطى 3.6"



شكل 1 يوضح مقطعاً عرضياً في النهر والطريق فوقه قبل تنفيذ المشروع مع ترتيب عمليات الهدم التي تم تنفيذها (YOUNG-NAM 2005)



شكل 2 نهر شيونغ غي شيون CHEONGGYECHEON بعد تنفيذ المشروع (RESTORE 2013)

- ويعد نهر الباسيج "Pasig River" في مانيل – الفلبين واحداً من أكثر المشاريع طموحاً لإعادة إحياء النهر المار بوسط مانيل حيث يتم توجيه مخلفات الصرف الصحي بكميات هائلة إضافة للنمو الصناعي السريع بدون ضوابط بيئية مما أدى لإعلان الموت البيئي للنهر في بداية التسعينات. وبفضل الجهود المبذولة من عدد من المنظمات البيئية والعالمية بدأ النهر بإظهار آثار الحياة مجدداً (Helmer 1997).



شكل 3 نهر الباسيج "PASIG RIVER" قبل وبعد إعادة التأهيل (ABS-CBN FOUNDATION)

تم حصر العقبات التي واجهت المشروع في مراحله الأولى بضعف التكنولوجيا المتوفرة والإجراءات البيروقراطية وضعف التمويل. أما النقاط التي أهلت الموضوع وساعدته على تحقيق خطوات أولى ناجحة فتمثلت بتعاون الجهات الصناعية وقدرتها على تنظيف مخلفاتها المائية قبل صرفها إلى النهر، وكانت هذه الجهات مضطرة للتعاون تبعاً لمجموعة من القوانين التي تم إحداثها ووضعها موقع التطبيق. ويمثل هذا المشروع تجربة ناجحة للتعاون بين الجهات الرسمية والأهالي وأصحاب المصانع والجهات الدولية للقضاء على مصادر التلوث والوصول بالنهر إلى مستوى مقبول من النظافة كما هو مبين بالصورة.

- كمثال آخر نجد نهر سيو في مدينة فاس بالمغرب والتي تعتبر واحدة من المواقع المعتمدة كإرث للحضارة الإنسانية من قبل اليونسكو، إلا أن إهمال السلطات القائمة للنهر حوله إلى مصرف صحي كبير على الرغم من استخدام مياه النهر للشرب. وتقوم الجهود حالياً على كشف الأجزاء المغطاة بالنفايات والألواح الإسمنتية واستعادة الضفاف لتكوين متنفس للمدينة في مركزها وزيادة نسبة المساحات الخضراء مع إيجاد حلول لمشاكل التلوث وإعادة تخطيط للمجرى المائي

والضفاف بحيث تصبح ذات مظهر حضاري لائق (H. Radoine 2008). وتم تنفيذ أجزاء من هذا المشروع فيما لا تزال بعض أجزائه الأخرى في المراحل التخطيطية الأولى.



شكل 4 نهر سبو في مدينة فاس في وضعه الحالي (AZIZA CHAOUNI)



شكل 5 تصميم لشكل نهر سبو في مدينة فاس بعد إنتهاء مشروع إعادة التأهيل (AZIZA CHAOUNI)

بالاعتماد على الأمثلة السابقة ودراسة (B.M. Phillips 2006) يمكن تحديد مجموعة من الأسباب التي تؤدي لفشل أو إعاقة أعمال إعادة التأهيل في المناطق الحضرية وهي:

- ضعف كفاءة التحكم بالفيضان ودرئه.
- التدخلات الهندسية واسعة النطاق على المجرى والتي تمنع الحصول على وضع قريب من الطبيعي.
- ضعف الدعم والاهتمام من الجهات الإدارية الرسمية.
- عدم وعي السكان بما يقدمه التصميم الحضري في مشاريع تنظيم مجاري الأنهار وتأهيلها.
- المبالغة في قوانين ومتطلبات الحماية البيئية.
- التخطيط بشكل اعتباطي وغير مدروس بشكل كاف وشامل لمختلف الجوانب المؤثرة.
- ضعف الدعم والموارد المادية.
- ضعف القيادة والتنسيق بين الأطراف ذات العلاقة.

6- حوض بردى:

يقع الحوض في جنوب غرب سورية ويمتد من جبال دمشق الغربية التي تتضمن جبل الشيخ وسلسلة القلمون شمالاً حتى القنيطرة ومرتفعات الجولان جنوباً ومن لبنان غرباً حتى البادية السورية شرقاً ويشغل مساحة كلية تبلغ 8639 كم² مقسمة تبعاً للطبيعة الجغرافية إلى قسمين:

- منطقة جبلية في الشمال الغربي تشغل ما يقارب 3500 كم² ومنسوب القمة في جبل الشيخ هو 2814م عن سطح البحر.
- سهل يشمل الغوطة والسهول المحيطة بها بمساحة تقريبية تبلغ 5100 كم² تمتد بين المنسوبيين 595 م 1400م عن سطح البحر.

ويشمل الحوض كامل مساحة محافظة دمشق و 70% من ريفها و 11% من محافظة درعا و 19% من محافظة السويداء (UN-ESCWA & BGR 2013)

يختلف المناخ مع تغير الارتفاع عن سطح البحر فيغلب عليه الطابع الصحراوي في المنطقة السهلية ويصبح رطباً معتدلاً في المرتفعات التي تتجاوز 2000 م. تخلف الهطولات المطرية بشكل غير منتظم مكانياً وزمانياً وتبلغ أعلى المعدلات 1500 – 1800 مم في المنطقة الجبلية الغربية عند جبال الشير والحرمون وتتنخفض معدلات الهطول حتى 90مم بالقرب من بحيرة العتبية والهجانة.

يبلغ التبخر السنوي في المنطقة الجبلية 300 – 350 مم وينخفض في المنطقة السهلية إلى حدود 90 – 100 مم وتسود الرياح الشمالية الغربية في الجزء الشمالي الغربي من الحوض بينما تسود الرياح الجنوبية الغربية في الجنوب الشرقي من الحوض

يبلغ عدد السكان الكلي في الحوض تبعاً لإحصاءات 2000 نحو 3.6 مليون نسمة منهم 1.49 مليون نسمة في دمشق وحدها وتتراوح نسبة الزيادة في عدد السكان بين 1.6% في مدينة دمشق و نحو 4.48% في أجزاء أخرى من الحوض.

يمكن تقسيم الحوض إلى حوض نهر بردى بمساحة 2348 كم² وحوض نهر الأعوج بمساحة 1456 كم² وعدد من الأحواض الفرعية الصغيرة مجموع مساحاتها نحو 4386 كم² ويتضمن الحوض نحو 50 نبعاً تؤمن المياه لأغراض الشرب والزراعة ويعتبر نبعاً بردى والفيجة أهم هذه الينابيع التي تزود مدينة دمشق بمياه الشرب (UN-ESCWA & BGR 2013)

نهر بردى

كان نهر بردى تاريخياً مصدراً شديداً الأهمية للمياه في دمشق وحوله مساحة خضراء واسعة هي الغوطة التي كانت مصدراً للغذاء السكان ومحيطاً حيويماً شديداً الغنى. كما أنه كان يعتبر إرثاً حضارياً وثقافياً ومصدراً للإلهام كما يبدو واضحاً في العديد من الأشعار التي تضمنت ذكره. أما في السنوات الأخيرة فقد أصبح النهر ميناً تماماً نظراً لـ :

- كميات التلوث الهائلة مقارنة بقدرة النهر على التنقية الذاتية.
- التغير المناخي والانخفاض الشديد في الهطول في المنطقة المحيطة.
- إنشاءات شبكة المياه التي تعمل على استغلال معظم مياه الفيحة والينابيع الأخرى واستخدامها لتلبية احتياج الشرب في مدينة دمشق.

يبدأ النهر رحلته من نبع بردى على ارتفاع 1095 م عن سطح البحر ويصب في بحيرة العتيبة على مسافة 28 كم شرقي مدينة دمشق على ارتفاع 596 م عن سطح البحر ويبلغ الطول الكلي للمجرى الرئيسي للنهر نحو 65 كم (Selkhozpromexport1986).

يقسم النهر إلى ثلاثة أجزاء:

- الأول: في سهل الزبداني بين نبع بردى ومنطقة التكية بطول يقارب 8 كم وميل نحو 0.0017 مما يتسبب في سرعات ضعيفة للنهر وتراكم الرسوبيات.
 - الثاني: في وادي بردى بين منطقة التكية والربوة بطول نحو 25 كم وميل نحو 0.015 .
 - الثالث: في سهل دمشق ما بين الربوة وبحيرة العتيبة بطول نحو 32 كم وميل 0.003 .
- يرفد نهر بردى العديد من الينابيع بعضها ظاهر إضافة لتبادل المياه مع الطبقات الجوفية وأهم ينابيعه هما نبع الفيحة ونبع بردى (UN-ESCWA and BGR 2013) :

○ نبع بردى:

يقع نبع بردى على بعد نحو 30 كم من مدينة دمشق باتجاه الشمال الغربي على منسوب 1095 م عن سطح البحر ويعد أكبر الينابيع التي تصرف مياه الطبقة الجوفية الجوراسية لسلسلة جبال لبنان و يتم تغذية مياه النبع من الهطول المطري على مساحة 149 كم² 54% منها تقع في لبنان و 46% في سورية . تبلغ الغزارة الوسطية السنوية للنبع نحو 3.12 م³/ثا والصغرى 0.32 م³/ثا أما العظمى فقد تم تسجيلها في 1992/1991 وبلغت 4.12 م³/ثا

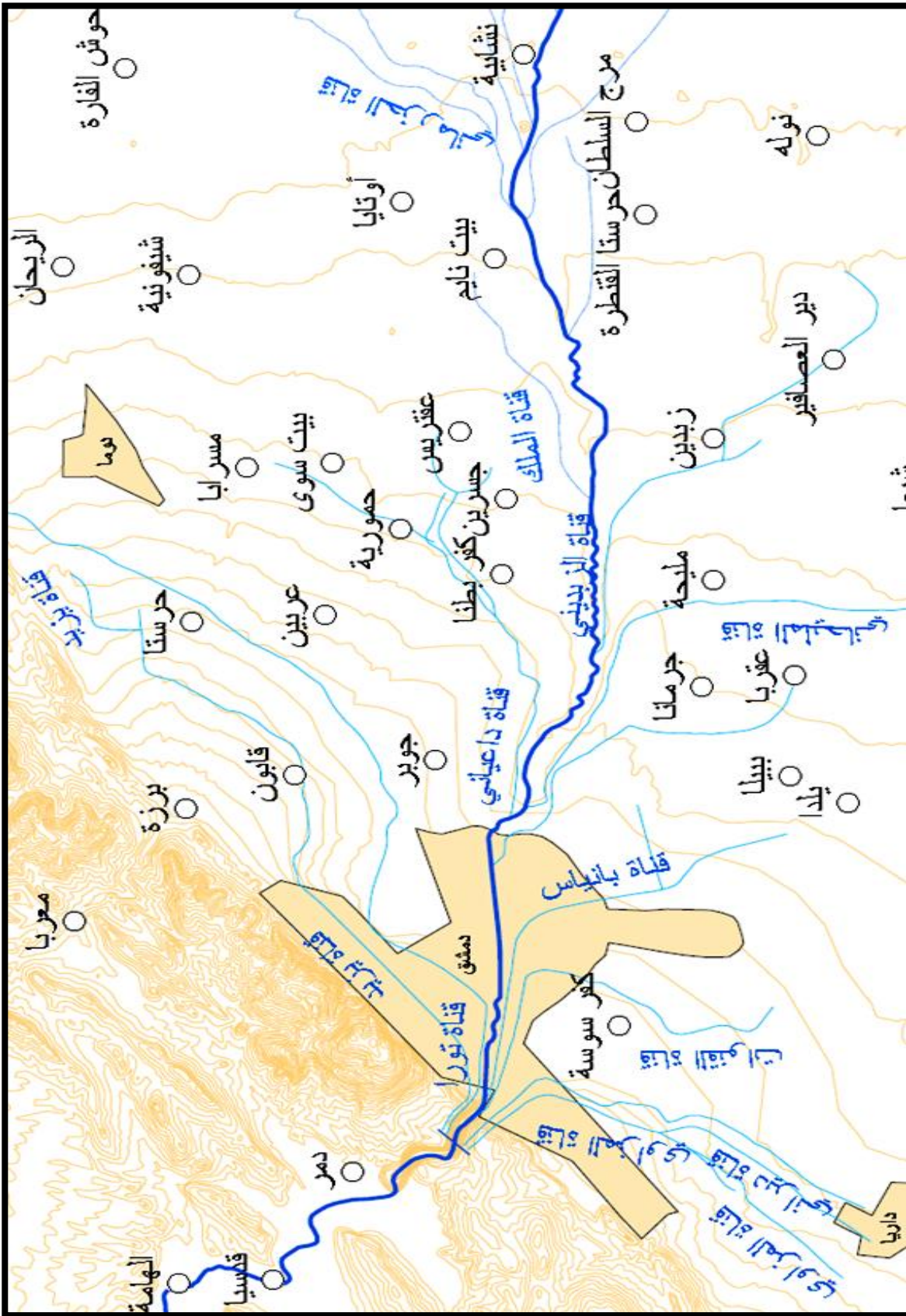
○ نبع الفيحة:

يقع نبع الفيحة على بعد نحو 15 كم شمال غرب العاصمة دمشق على ارتفاع 830 م عن سطح البحر في منطقة وادي بردى وقد بدأ استغلاله منذ فترة طويلة جداً أيام حكم الرومان لإرواء عدة قرى وتجمعات سكنية وتبلغ مساحة الحوض الصباب الذي تتجمع منه مياه النبع نحو 750 كم² تبعاً لتقديرات (JICA 1996) أما حسب (M. Khawlie & A. Shaban 2003) فتبلغ مساحة الحوض الصباب الذي تتجمع منه مياه النبع نحو 658 كم² منها 16% في لبنان و 84% في سورية. يتألف النبع من أربعة آبار حقلية هي النبع الرئيسي والجانبى ونبع الهروش ونبع دير مقرن. إن نبع الفيحة ذو غزارة متغيرة بشكل كبير ويبلغ الوسطي المحسوب لفترة طويلة الأمد نحو 7.7 م³/ثا أما القيمة السنوية الصغرى هي 1.4 م³/ثا والعظمى 28.3 م³/ثا.

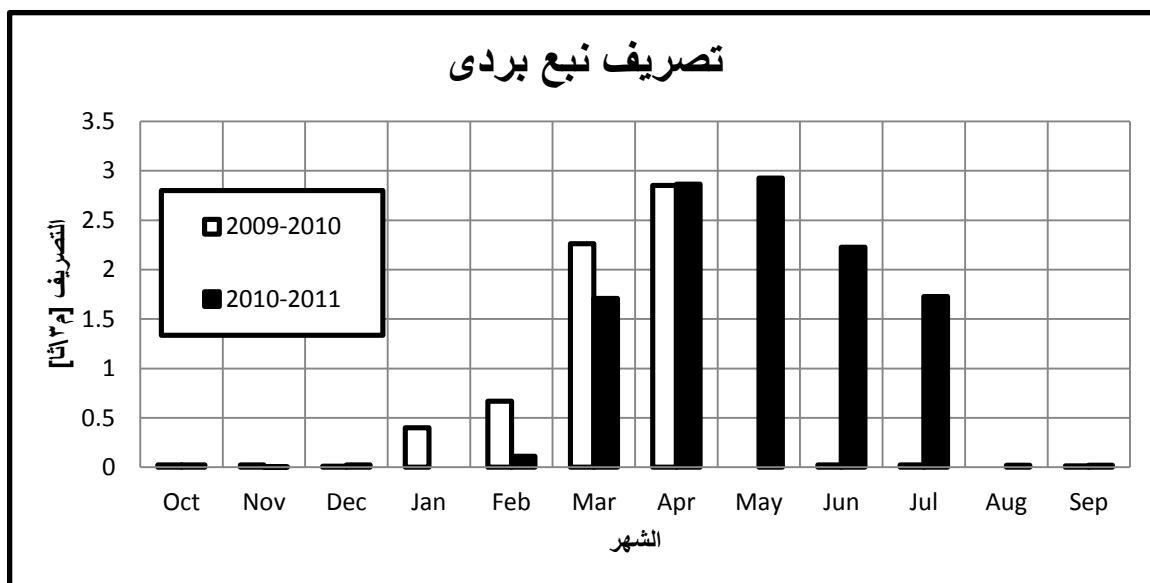
يتفرع عن نهر بردى مجموعة من الأقنية الرئيسية وهي بالترتيب الآتي وفق تسلسل مأخذها على النهر (Selkhozpromexport 1986) :

- 1- قناة يزيد: تتفرع عن الضفة اليسرى لنهر بردى شمال الهامة على بعد 30 كم من النبع وتسير بشكل مواز لنهر بردى حتى الربوة ثم تتجه شمالاً وشرقاً لتروي أراضي القابون وحرستا ودوما.

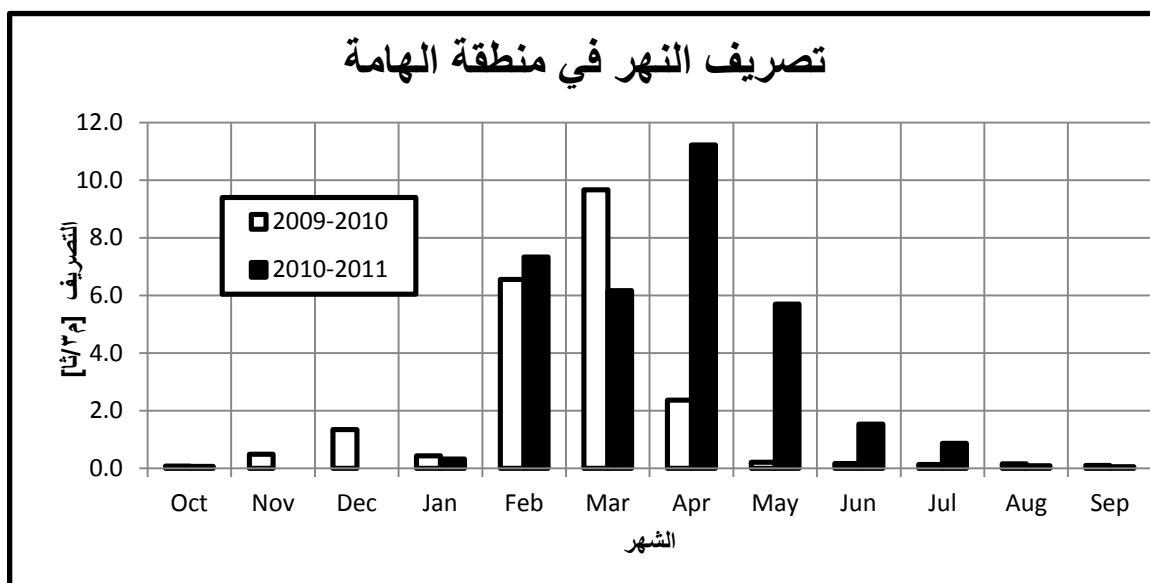
- 2- المزاوي: تتفرع عن الضفة اليمنى للنهر قبل دمر على مسافة 3.8 كم عن مأخذ قناة يزيد وتروي أراضي المزة وكفرسوسة.
 - 3- الديراني: تتفرع عن الضفة اليمنى للنهر ما بين دمر والقصير على مسافة 10 كم من مأخذ قناة المزاوي وتروي أراضي المزة ثم شمال كفرسوسة وداريا
 - 4- تورا تتفرع عن الضفة اليسرى للنهر في موقع القصر على مسافة 0.7 كم من مأخذ الديراني نزولاً باتجاه المهاجرين ثم سوق ساروجة فالعمارة فالقصاص ثم تجتاز جسر تورا باتجاه أراضي جوبر وعين ترما وخرما وزملكا وعربين ومسرابا ودوما.
 - 5- القنوات: تتفرع عن الضفة اليمنى لنهر بردى ما بين القصر والربوة على مسافة 0.7 كم من مأخذ تورا وتدخل دمشق في باب سريجة وتسير باتجاه أحياء القنوات وباب مصلى والشاغور وتنتهي في أراضي بساتين الشاغور والقدم.
 - 6- بانياس: تتفرع عن الضفة اليمنى للنهر في موقع الربوة على مسافة 1.4 كم من مأخذ القنوات وتجري بمحاذاة جامعة دمشق ثم شارع النصر والسنجدار ثم تتفرع إلى فرعين أحدهما إلى الشاغور فالميدان والآخر إلى العمارة باب السلام وبساتين الشاغور.
- تختلف قدرة استيعاب كل قناة تبعاً للأغراض والمساحات التي صممت من أجلها في الأصل وكانت معظمها مبنية من الحجر بشكل أفنية مكشوفة باستثناء قناتي بانياس والقنوات حيث تجريان بشكل مغطى تحت العديد من المساكن في مدينة دمشق.
- توجد عدة فروع أخرى تتفرع عن نهر بردى عند مغادرة مدينة دمشق وهي أفنية تشارك في ري الغوطة منها (Selkhozpromexport 1986) :
- 1- العقرباني : يتفرع عن الضفة اليمنى لنهر بردى تحت ساحة المرجة وبعد مغادرة المدينة جنوباً يروي أراضي جرمانا وعقربا وبيت سحم.
 - 2- الداعياني: تتفرع عن الضفة اليسرى لنهر بردى في موقع الصوفانية شرق المدينة وبعد ري قسم من أراضي جوبر تتفرع إلى ثلاثة أفرع تروي أراضي عين ترما وكفر بطنا وسقبا وحمورية وبيت سوا وجسرين.
 - 3- المليحاني: تتفرع عن الضفة اليمنى لنهر بردى في موقع الأحد عشرية شرق المدينة وتروي أراضي المليحة والبلاط والخيارة ودير مجدل وشبعا.
 - 4- الزبدي: تتفرع عن الضفة اليمنى لنهر بردى وتروي أراضي الحنيفة وزبدين.



شكل 6 الشبكة النهرية لبردي ضمن مدينة دمشق



شكل 7 تصريف نبع بردى الوسطي الشهري خلال العامين الهيدرولوجيين (2010-2009) و (2011-2010) مأخوذة عن بيانات وزارة الري



شكل 8 تصريف نهر بردى الوسطي الشهري خلال العامين الهيدرولوجيين (2010-2009) و (2011-2010) في منطقة الهامة مأخوذة عن بيانات وزارة الري

الفصل الثالث

نظام التحليل النهري HEC-RAS

محتويات الفصل:

- مقدمة حول نظام التحليل النهري HEC-RAS
- مكونات النظام.
- تخزين البيانات وإدارة الملفات في HEC-RAS
- المبدأ النظري لإجراء الحسابات أحادية البعد.
- تسلسل عملية الحساب.
- افتراضات البرنامج عند إجراء حسابات الجريان المستقر.

يتضمن هذا الفصل شرحاً بسيطاً لنظام التحليل النهري HEC-RAS وآلية حل معادلات الجريان التي يستخدمها في حالة الجريان المستقر.

معظم الفقرات في هذا الفصل مأخوذة من مرجعي دليل استخدام HEC-RAS (Brunner & CEIWR-HEC 2010) والدليل الهيدروليكي لمرجعي لمستخدمي HEC-RAS (Brunner 2010)

1- مقدمة حول نظام التحليل النهري HEC-RAS :

هو أحد البرمجيات المنتجة من قبل U.S. Army Corps of Engineers والاسم هو اختصار لنظام التحليل النهري الصادر عن مركز الهندسة الهيدرولوجية:

"Hydrologic Engineering Center – River Analysis System"

يتيح البرنامج إجراء الحسابات الهيدروليكية أحادية البعد المستقرة وغير المستقرة، له عدة إصدارات استخدمت في هذا البحث الإصدار 4.1 الصادر في كانون الثاني 2010. و جدير بالذكر أنه قد صدر حديثاً نسخة جديدة من البرنامج قادرة على إجراء تحليلات ثنائية البعد وهي لا تزال في المرحلة التجريبية. و يمكن تحميل البرنامج مجاناً من موقع

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/downloads.aspx>

وتتضمن ملفات التنصيب مجموعة ملفات مساعدة كدليل المستخدم والمرجع الهيدروليكي ودليل التطبيقات. ويمكن كذلك تنصيب عدد من الأمثلة المحلولة التي توضح قدرات البرنامج على التحليل لأغراض مختلفة كحالات غمر الجسور والعبارات أو انهيار السدود.

يمكن للبرنامج عمل نمذجة أحادية البعد لـ : (1) جريان مستقر (2) جريان غير مستقر (3) نقل الرسوبيات وتغيير شكل المجرى (4) النمذجة الحرارية للمياه.

2- مكونات النظام:

يتألف البرنامج من أربعة مكونات وهي:

- مجموعة واجهات تفاعلية
- مكونات إدارة وتخزين البيانات
- مكونات التحليل الهيدروليكي: تقسم لأربعة أجزاء:
 - أدوات الحساب لنمذجة الجريان المستقر "حساب سطح الماء في كل مقطع"
 - أدوات الحساب لنمذجة الجريان غير المستقر
 - أدوات الحساب لنقل الرسوبيات.
 - أدوات التحليل النوعي للمياه.
- أدوات إنشاء التقارير والرسومات "المنحنيات والأشكال" لعرض النتائج.

3- تخزين البيانات وإدارة الملفات في HEC-RAS:

يتم تخزين البيانات المتعلقة بمشروع ما في HEC-RAS ضمن عدة ملفات كل منها مختص بنوع معين من البيانات وفيما يلي شرح بسيط لأنواع هذه الملفات:

- ملف المشروع: "Project file"
يتضمن الاسم المعتمد للمشروع ووصفه وقائمة بالملفات والبيانات التي يتألف منها المشروع.
 - ملف الخطة: "Plan file"
يضمن ربط ملف البيانات الجيومترية بملف بيانات الجريان ونوع الجريان سواء كان هادئاً أو سريعاً.
 - ملفات البيانات الجيومترية: "Geometry Files"
يتضمن كافة البيانات المكانية للمقاطع ومناسبتها وقيم معامل مانينغ إضافة لبيانات المنشآت الواقعة على مجرى النهر كالجسور والعبارات.
 - ملفات الجريان المستقر: "Steady Flow Files"
تتضمن بيانات الغزارة المارة في حالة الجريان المستقر والشروط المحيطة المقابلة لها
 - ملفات الجريان غير المستقر: "Unsteady Flow Files"
تتضمن قيم الغزارة المارة في حالة الجريان غير المستقر وتغيراتها مع الزمن إضافة للشروط البدائية والمحيطية المقابلة لها
 - ملفات بيانات الرسوبيات: "Sediment data Files"
تتضمن البيانات المتعلقة بنقل الرسوبيات وتغير شكل المقطع العرضي.
 - ملفات بيانات نوعية المياه: "Quality information Files"
تتضمن بيانات الحرارة والشروط البدائية والمحيطية وبيانات متعلقة بالمزج والانتشار.
- 4- المبدأ النظري لإجراء الحسابات أحادية البعد:
- حساب المقاطع المائية:

في حالة الجريان المستقر أحادي البعد يتم تطبيق معادلة الطاقة بين كل مقطعين متتاليين بالاعتماد على نظرية الخطوة الأساسية Standard step method :

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \dots\dots\dots (1)$$

حيث:

Z_i : منسوب المقطع المائي

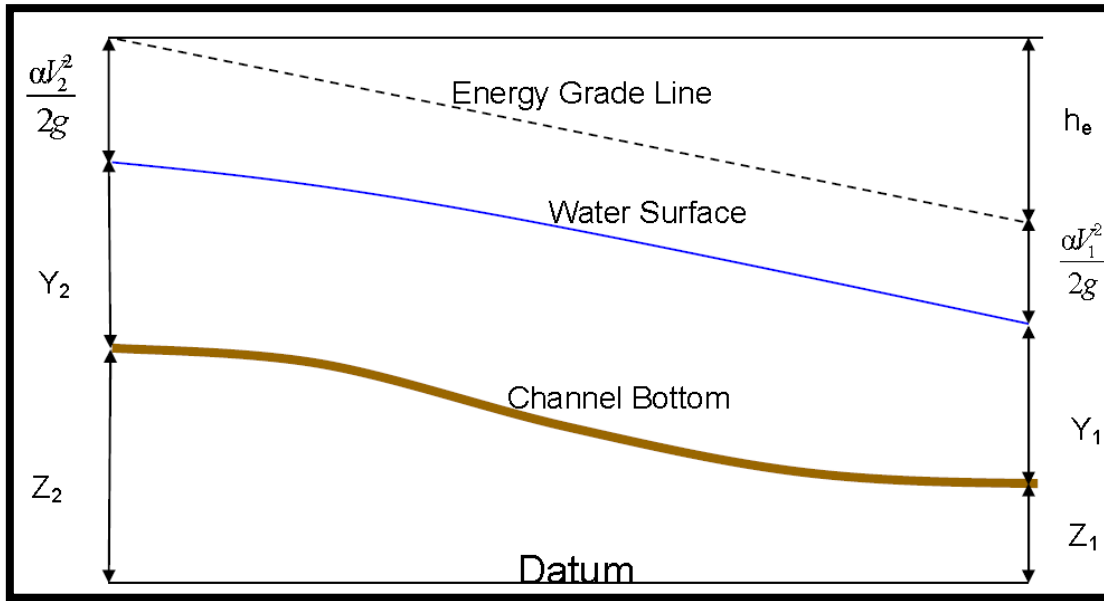
Y_i : عمق الماء في المقطع

V_i : السرعة الوسطية للماء في المقطع

a_i : معامل تثقيل السرعة – معامل كاريوليس

g : تسارع الجاذبية الأرضية

h_e : فواقد الطاقة



شكل 9 تطبيق معادلة الطاقة على جزء من الجريان

تتكون فواقد الطاقة من قسمين الأول ينتج عن الاحتكاك والثاني عن توسع أو تضيق المساحة بين المقطعين المتتاليين:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (2)$$

حيث :

L: المسافة بين المقطعين المتتاليين مثقلة بالجزارة

$$L = \frac{L_{Lob} \cdot Q_{Lob} + L_{Ch} \cdot Q_{Ch} + L_{Rob} \cdot Q_{Rob}}{Q_{Lob} + Q_{Ch} + Q_{Rob}}$$

L_{Lob} : المسافة بين مركزي الضفة اليسرى في المقطعين المتتاليين

L_{Ch} : المسافة بين مركزي القناة الرئيسية في المقطعين المتتاليين

L_{Rob} : المسافة بين مركزي الضفة اليمنى في المقطعين المتتاليين

Q_{Lob} : الغزارة الوسطى المارة في الجزء الأيسر من القناة

Q_{Ch} : الغزارة الوسطى المارة في الجزء الأوسط من القناة

Q_{Rob} : الغزارة الوسطى المارة في الجزء الأيمن من القناة

\bar{S}_f : الميل الهيدروليكي الناتج عن قوى الاحتكاك

C: معامل التوسع أو التضيق في المجرى

- تقسيم الجريان:

يعتمد HEC-RAS تقسيم الجريان في كل مقطع إلى أجزاء تحقق تجانس السرعة ويمتاز كل منها بقيمة واحدة لمعامل مانينغ للخشونة وتحسب الغزارة التي ينقلها كل جزء بالعلاقة

$$Q = k \cdot \bar{S}_f^{0.5}$$

حيث:

K: ناقلية الجزء من المقطع

$$k = \frac{1.486}{n} A \cdot R^{2/3}$$

n: معامل الخشونة - مانينغ

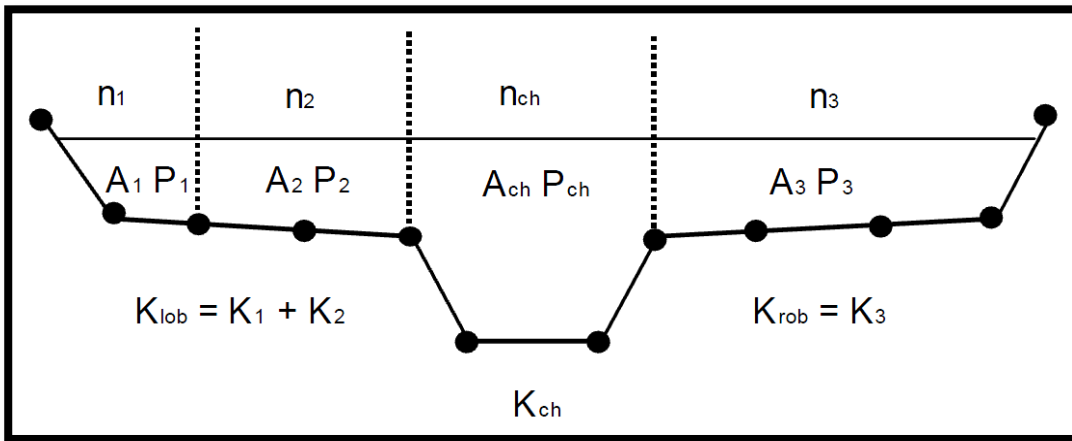
A: مساحة الجزء من المقطع

R: نصف القطر الهيدروليكي "المساحة مقسومة على المحيط المبلول"

ملاحظة: المعادلة السابقة تعطي ناقلية المقطع في نظام الواحدات الأمريكي أما عند استخدام نظام الواحدات الدولي تصبح معادلة الناقلية:

$$k = \frac{A \cdot R^{2/3}}{n}$$

وتكون الغزارة الكلية للمقطع مجموع الغزارات الجزئية

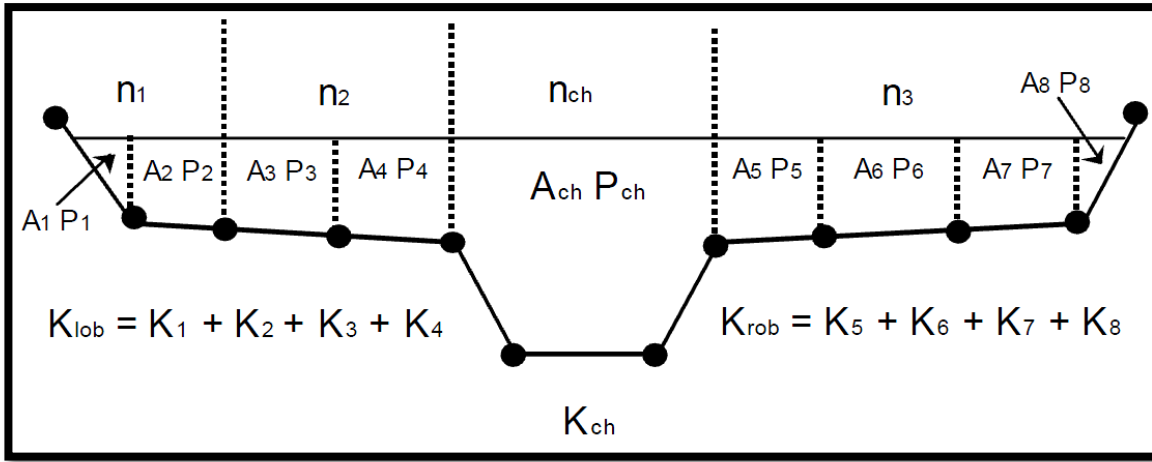


شكل 10 تقسيم الجريان وحساب الناقلية

جدير بالذكر أنه يمكن الاكتفاء بالأجزاء الرئيسية الثلاث

Channel – Left over bank –Right over bank

ويمكن تقسيم المقطع إلى أجزاء أصغر لكل منها قيمة معلومة لـ n :



شكل 11 تقسيم الجريان وحساب الناقلية عند تعدد قيم معامل مانينغ

في حال وجود تغير في قيم n يقوم البرنامج بحساب معامل موزون للخشونة بالاعتماد على المحيط المبلول:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3}$$

حيث:

P_i : المحيط المبلول للمقطع الجزئي

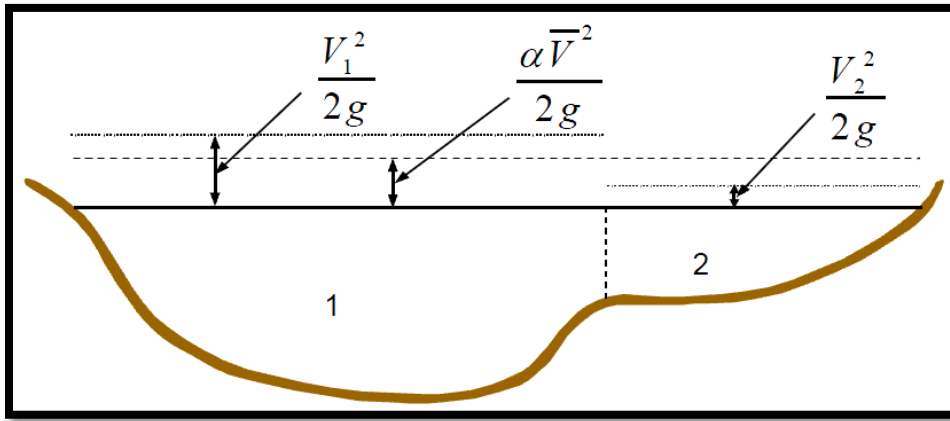
n_i : معامل الخشونة للجزء

P : المحيط المبلول للمقطع الكلي

n_c : معامل الخشونة المكافئ لكامل المقطع

- تقدير وسطي الطاقة الحركية:

نتيجة لتقسيم الجريان في كل مقطع عرضي يظهر تباين في قيمة السرعة بين هذه الأجزاء المتجاورة ويكون لكل منها خط طاقة حركية مختلف عن الآخر. وتكون قيمة الطاقة الحركية للمقطع بأكمله عبارة عن وسطي موزون للطاقات الحركية للأجزاء المتجاورة. كمثال في حال كون المجرى مؤلفاً من مجرى رئيسي وجزء أيمن فقط كما في الشكل:



شكل 12 تبين الطاقة الحركية بين أجزاء المقطع الواحد

لإيجاد الطاقة الحركية للمقطع بأكمله نحتاج حساب قيمة المعامل α حيث :

$$a \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{Q_1 + Q_2}$$

$$a = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \cdot \bar{V}^2}$$

وبشكل عام

$$a = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_n V_n^2]}{(Q) \cdot \bar{V}^2}$$

- حساب قيمة فواقد الاحتكاك:

تحسب قيمة فواقد الاحتكاك من حاصل ضرب طول المسافة بين المقطعين بالميل الهيدروليكي:

$$h_f = L \cdot \bar{S}_f$$

ولحساب الميل الهيدروليكي الناتج عن الاحتكاك توجد مجموعة من المعادلات التي يعتمدها

HEC-RAS إلا أن الأساس في الحساب هو معادلة مانينغ:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q}{k}\right)^2$$

حساب قيمة الفواقد الناتجة عن التضيق والتوسع في المجرى:

$$h_{ce} = C. \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right|$$

يفترض البرنامج حصول تضيق في المجرى عند ارتفاع قيمة السرعة من المقطع الأول إلى الثاني ويفترض حصول توسع في المجرى عند انخفاض قيمة السرعة.

5- تسلسل عملية الحساب:

يتم تحديد عمق الماء المجهول في أي مقطع بالحل المتتالي للمعادلتين 1 و 2 باتباع الخطوات التالية:

- فرض قيمة أولية للمنسوب في المقطع الأعلى إذا كان الجريان هادئاً، أما إذا كان الجريان سريعاً يتم في البداية فرض قيمة أولية للمنسوب في المقطع الأدنى.
- بناء على قيمة المنسوب المفروضة في الخطوة السابقة يتم حساب ناقلية المقطع والسرعة.
- حساب S_f وحل المعادلة الثانية لإيجاد قيمة \bar{h}_e .
- حل المعادلة الأولى لحساب قيمة جديدة لمنسوب الماء.
- مقارنة القيمة المحسوبة لعمق المياه مع القيمة المفترضة وإعادة الخطوات 1 إلى 5 حتى يصبح الخطأ في القيمة المفروضة أقل من 0.003 م .

6- افتراضات البرنامج عند إجراء حسابات الجريان المستقر:

- الجريان مستقر.
- الجريان أحادي البعد.
- الجريان متغير تدريجياً باستثناء المقاطع التي تحوي منشآت كالجسور والعبارات حيث يتم استخدام معادلة تغير كمية الحركة في الحساب.
- مسارات النهر ذات ميل أقل من 1:10 .

7- تحديد العمق الحرج:

يتم حساب العمق الحرج في المقطع عند الحالات التالية:

- أ- تحديد نظام جريان سريع عند إجراء الحساب.
 - ب- عند طلب المستخدم حساب العمق الحرج.
 - ت- المقطع الذي يتم الحساب عنده يمثل حداً محيطياً ويتوجب حساب العمق الحرج لتحقيق الشرط المحيطي المحدد من قبل المستخدم.
 - ث- التحقق من كون الجريان هادئاً باستخدام عدد فراود يشير إلى ضرورة حساب العمق الحرج للتأكد من توافق العمق المحسوب مع نظام الجريان المحدد.
 - ج- عدم تمكن البرنامج من موازنة معادلة الطاقة ضمن حدود الخطأ المقبولة قبل الوصول إلى عدد التكرارات "محاولات الحل" الأعظم الممكن.
- إن قيمة الطاقة الكلية في أي مقطع تعطى بالعلاقة:

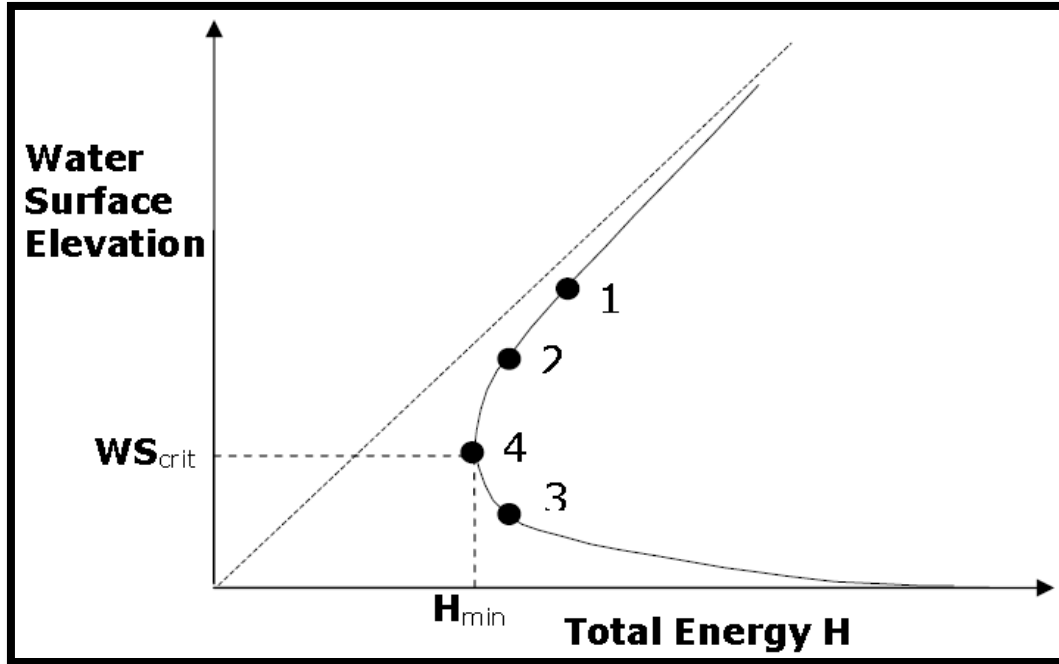
$$H = WS + \frac{aV^2}{2g}$$

H : قيمة الطاقة الكلية :

WS: منسوب سطح الماء

$\frac{aV^2}{2g}$: الطاقة الحركية :

العمق الحرج هو العمق الذي تكون عنده قيمة الطاقة الكلية في المقطع هي القيمة الدنيا الممكنة وله قيمة معينة مقابلة لقيمة الغزارة. يتم حساب العمق الحرج في نظام تحليل الأنهار بإعطاء عدة قيم لمنسوب الماء في المقطع وحساب قيمة H المقابلة لها والبحث عن القيمة الدنيا بالتكرار.



شكل 13 مفهوم العمق الحرج

8- استخدام معادلة تغير كمية الحركة:

عندما يتجاوز منسوب الماء العمق الحرج تصبح معادلة الطاقة غير قابلة للتطبيق في الحسابات، فهي تطبق فقط في حالات الجريان المستقر أو المتغير بانتظام أما عندما يتحول الجريان من سريع إلى هادئ أو العكس فإن التغير يكون غير منتظم.

يحدث الانتقال من الجريان السريع إلى الهادئ أو العكس في عدد من الحالات ومنها التغيرات الكبيرة في ميل المجرى والتقاطعات مع الجسور والعبارات وعقد الجريان. في بعض هذه الحالات يمكن استخدام معادلات Empirical كالجريان في العبوات ولكن في معظم الحالات تكون معادلة تغير كمية الحركة هي المستخدمة للحصول على النتائج.

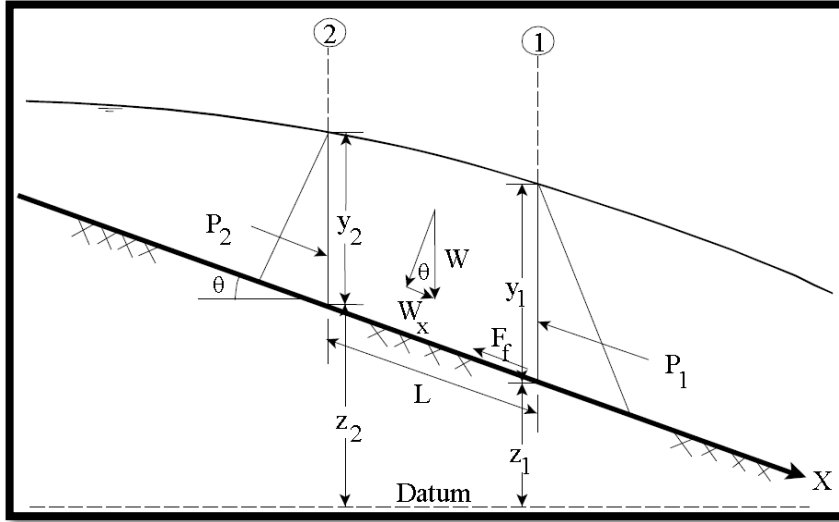
في نظام التحليل النهري يتم تطبيق معادلة تغير كمية الحركة في حالات القفزة المائية والجريان عند الجسور وعقد الجريان. وفيما يلي شرح بسيط لاستنتاج معادلة الحل المعتمدة على معادلة تغير كمية الحركة.

يتم اشتقاق معادلة تغير كمية الحركة من قانون نيوتن الثاني للحركة:

$$\sum F_x = m a$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني للحركة على جسم مائي محصور بين المقطعين 1 و 2 كما هو موضح بالشكل 14 نحصل على العلاقة التالية:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$



شكل 14 تطبيق قانون نيوتن الثاني في الحركة على جزء من الجريان ويجب الاتياه لكون ترقيم المقاطع مأخوذ وفقاً لاصطلاحات البرنامج بعكس اتجاه الجريان

حيث:

- P: قوة الضغط الهيدروستاتيكي في الموقعين 1 و 2
- W_x : وزن الماء مسقطاً على المحور x
- F_f : قوة ناتجة عن الاحتكاك بين المقطعين 1 و 2
- Q: الغزارة
- ρ : كثافة الماء
- ΔV_x : تغير السرعة بين المقطعين 1 و 2 مقاسة على المحور x

قوة الضغط الهيدروستاتيكي:

تعطى قيمة القوة الناجمة عن الضغط الهيدروستاتيكي على المحور x بالعلاقة:

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta$$

ان افتراض توزع الضغط الهيدروستاتيكي يؤخذ بالاعتبار فقط عندما يكون ميل القناة أقل من 1:10 "تقريباً 6 درجات". وبما أن ميل معظم الأودية والأنهار يكون أقل من هذه القيمة يمكن اعتبار قيمة $\cos \theta$ مساوية لـ 1 وبالتالي تصبح قوة الضغط الهيدروستاتيكي على الشكل التالي:

$$P_1 = \gamma A_1 \bar{Y}_1$$

$$P_2 = \gamma A_2 \bar{Y}_2$$

حيث:

γ : وزن وحدة الحجم من المياه

A_i : مساحة المقطع المائي عند المقطع i

Y_i : العمق مقاساً من سطح الماء إلى مركز المقطع العرضي عند المقطع i

وزن الماء:

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L$$

$$W_x = W \times \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{Z_2 - Z_1}{L} = S_0$$

$$W_x = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0$$

حيث:

L : المسافة بين المقطعين 1 و 2 على المحور x

S_0 : ميل المجرى بالاعتماد على المناسيب الوسطية للمقاطع

Z_i : المنسوب الوسطي للمقطع i

قوى الاحتكاك الرئيسية:

$$F_f = \tau_0 \bar{P}L$$

حيث:

τ_0 : إجهاد القص

\bar{P} : المحيط المبلول الوسطي بين المقطعين 1 و 2

$$\tau = \gamma \bar{R} \bar{S}_f$$

حيث:

\bar{R} : نصف القطر الهيدروليكي

\bar{S}_f : ميل خط الطاقة "ناتج عن الاحتكاك"

$$F_f = \gamma \frac{\bar{A}}{\bar{P}} \bar{S}_f \bar{P}L$$

$$F_f = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \bar{S}_f L$$

جاء الكتلة في السرعة:

$$ma = Q\rho\Delta V_x$$

$$\Delta V_x = (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2) \quad \text{و} \quad \rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$ma = \frac{Q\gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

حيث:

β : معامل عدم انتظام السرعة في المقطع

بالتعويض في المعادلة 3 وافترض إمكانية تغير الغزارة بين المقطعين 1 و 2 :

$$\gamma A_2 \bar{Y}_2 - \gamma A_1 \bar{Y}_1 + \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1 \gamma}{g} \beta_1 V_1 - \frac{Q_2 \gamma}{g} \beta_2 V_2$$

$$\frac{Q_2 \beta_2 V_2}{g} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1 V_1}{g} + A_1 \bar{Y}_1$$

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

وهذا هو الشكل العملي لمعادلة تغير كمية الحركة الذي يتم استخدامه في حسابات نظام التحليل النهري.

الفصل الرابع

بناء النماذج

محتويات الفصل

- مصادر البيانات
- اختيار مناطق الدراسة
- توصيف مناطق الدراسة الثلاث
- خطوات العمل العامة المتبعة عند بناء النماذج الثلاث
- تفصيل خطوات العمل عند تطبيقها على المنطقة الأولى
- العمل في بيئة GIS
- العمل باستخدام برنامج HEC-RAS
- معايرة النموذج
- تصميم البدائل

يوضح هذا الفصل أسلوب العمل المتبع في إنشاء النموذج الحاسوبي بالاعتماد على تجميع خرائط ورقية ورقمية من عدة مصادر ودمجها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ثم تصدير هذه البيانات إلى برنامج تحليل الأنهار وتكوين عدة نماذج لمناطق الدراسة وآلية إجراء المعايرة وتشغيل النماذج وفقاً لعدة سيناريوهات واقتراح البدائل والحلول.

1. مصادر البيانات

تم تجميع البيانات اللازمة لإنشاء النموذج من عدد كبير من المصادر للحصول على أفضل درجة من التكامل بين هذه البيانات واستثناء المشكوك بصحتها. وأستعرض فيما يلي أهم هذه البيانات ومصادرها:

- خرائط صادرة عن مؤسسة المساحة العسكرية.
- خرائط تفصيلية معتمدة في وزارة الري.
- مخططات تفصيلية لمجرى النهر ومقاطعها بدءاً من ساحة الأمويين وحتى الزبلطاني من دائرة الأنهار في محافظة دمشق "مشروع إكساء نهر بردى".
- خرائط رقمية مأخوذة من شبكة الانترنت باستخدام برنامج Google Earth إضافة لما تم الاعتماد عليه ضمن برنامج ArcMap من خرائط وصور جوية من Google و Bing
- مقطع طولي كامل وعدد من المقاطع العرضية وارده في التقرير الروسي 1985.
- مقاطع من الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية اتضح أنها متوافقة تماما مع مخططات مشروع إكساء نهر بردى.
- بيانات وصفية للإشغالات وشكل المجرى وأبعاده من وزارة الري في تقرير تم إعداده بغرض تنظيم المجرى من المنبع وحتى منطقة الربوة.
- جداول الغزارات الوسطية والعظمى المقاسة في عدة مقاطع من النهر من وزارة الري.
- دراسة صادرة عن أكساد في تموز 2008 تتضمن بيانات عن غزارة النهر والمناسيب المقابلة لها في مقطع التكية إضافة لبيانات عن التبادل بين النهر والمياه الجوفية.
- تم كذلك القيام بعدة زيارات لأجزاء من مجرى النهر بغرض التحقق من توافق المقاطع المستخدمة في النموذج مع أرض الواقع وإضافة بعض التفاصيل.

2. اختيار مناطق الدراسة:

تم اختيار نهر بردى في هذه الدراسة لأهميته التاريخية وارتباطه الوثيق بتاريخ ومستقبل مدينة دمشق ووضعها المائي إضافة لأن الاختيار تم بناء على رغبة قسم الهندسة المائية بكلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق بالتركيز على أحد أهم مصادر المياه لمدينة دمشق ووضع تصور عن الوضع المائي في حوض بردى.

عند النظر إلى البيانات المتوفرة لدى الجهات الدراسية والحكومية المختلفة ظهرت العديد من الفجوات فيما يتعلق بكم ونوعية البيانات إضافة لصعوبة الحصول على البيانات لأسباب متنوعة أبرزها فيما يلي:

- عدم وجود قسم من البيانات المطلوبة لهذه الدراسة نتيجة عدم الوعي بضرورتها أو الإهمال في تحصيلها.
- عدم الاهتمام وعدم الرغبة بالتعاون مع طلاب الدراسات العليا لدى مختلف الجهات الحكومية بالرغم من اتباع الطرق الرسمية وتحصيل الوثائق اللازمة.
- فقدان كم كبير من المعلومات نتيجة الأوضاع السائدة في فترة الدراسة.
- عدم القدرة لدى الجهات المعنية ولدى شخصياً على القيام بالقياسات الحقلية خلال فترة الدراسة نتيجة الأوضاع السائدة والتي تشمل عدم القدرة على الوصول لجزء كبير من منطقة الدراسة.
- اعتبار البيانات المتعلقة بالوضع المائي وخاصة نبع الفيحة ونبع بردى مواضيع حساسة تمس بالأمن المائي ولا يجوز مشاركتها مع أي جهة دارسة بالرغم من الحصول على الموافقات اللازمة بشكل رسمي.
- الفجوات التي تعاني منها البيانات في أجزاء كبيرة من مجرى النهر والدقة غير الكافية خاصة بما يتعلق بالخرائط الرقمية والمناسيب على طول مجرى النهر والمقاطع العرضية إضافة لإهمال القياسات المائية للمناسيب والغزارة على الرغم من قصر المسافة التي تفصل النهر عن مباني وزارة الري.

ونتيجة لهذه الأسباب لم يكن من الممكن بناء نموذج كامل يتضمن النهر مع أفرعه من المنبع إلى المصب وتم بدلاً من ذلك الاكتفاء بثلاثة أجزاء من المجرى الرئيس للمنطقة الأولى من المنبع وحتى

سد التكية ويغلب عليها الطابع الزراعي والثانية من ساحة الأمويين وحتى جسر فيكتوريا بالقرب من مركز المدينة والثالثة من شارع الثورة حتى جسر باب توما ويغلب عليها الطابع التاريخي.

3. توصيف مناطق الدراسة الثلاث:

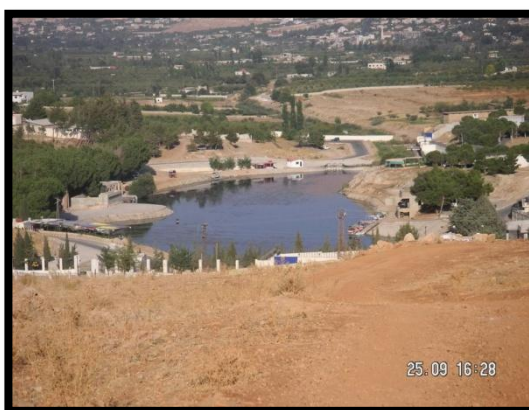
أ- منطقة الدراسة الأولى:

تمتد من نبع بردى وحتى سد التكية بطول 7.5 كم

نبع بردى:



شكل 15 صورة جوية لنبع بردى



شكل 16 منطقة نبع بردى

سد التكية:



شكل 18 صورة جوية لسد التكية



شكل 17 بحيرة سد التكية

مسار النهر:



شكل 19 صورة جوية توضح مسار النهر في منطقة الدراسة الأولى

يوجد طريق معبد من الجهة اليسارية للنهر ابتداءً من منشأة مؤسسة مياه الشرب والصرف الصحي المحاذية للنبع وصولاً إلى سد التكية بطول يقارب 6 كم.

ويلاحظ وجود إشغالات على طرفي النهر تبدأ قبل سد التكية بنحو 300 م وهي بشكل منازل سكنية ومنزهات واستراحات ومصاطب خاصة بمقاصف ومطاعم.

العرض الوسطي للنهر حوالي 14 متر وينخفض في منطقة الإشغالات ليلعب نحو ستة أمتار.

بالرغم من اهتمام وزارة الري بالقضاء على التعديات على حرم النهر في هذه المنطقة ونجاحها في التخلص من معظم أنابيب الصرف الصحي خاصة في منطقة الإشغالات القريبة من سد التكية إلا أن هذه المشكلة لم يتم القضاء عليها نهائياً.

بالنظر إلى بيانات الغزارة المنشورة في تقرير أكساد 2008 يلاحظ وجود تبادل نشط بين المياه الجوفية ومجرى النهر في الجزء المحدد بمنطقة الدراسة الأولى ومن الضروري أخذه بالحسبان والحفاظ عليه عند تخطيط أي تعديل على مجرى النهر.

| الشهر | غزارة نبع بردى (Mm ³ /month) | الغزارة عند سد التكية (Mm ³ /month) | الوارد من المياه الجوفية (Mm ³ /month) |
|-------------------|--|---|--|
| تشرين الأول-2004 | 2.42 | 2.97 | 0.55 |
| تشرين الثاني-2004 | 5.6 | 4.74 | -0.86* |
| كانون الأول-2004 | 4.53 | 4.41 | -0.12 |
| كانون الثاني-2005 | 4.43 | 8.27 | 3.84 |
| شباط-2005 | 7.52 | 17.54 | 10.02 |
| آذار-2005 | 13.07 | 12.49 | -0.58 |
| نيسان-2005 | 9.52 | 11.29 | 1.77 |
| أيار-2005 | 5.77 | 8.5 | 2.73 |
| حزيران-2005 | 7.47 | 7.47 | 0 |
| تموز-2005 | 4.16 | 4.22 | 0.06 |
| أب-2005 | 1.86 | 1.56 | -0.3 |
| أيلول-2005 | 1.78 | 1.64 | -0.14 |

جدول 1 التبادل مع المياه الجوفية في منطقة الدراسة الأولى

* القيم السالبة تعني تسرب المياه من النهر إلى المياه الجوفية

جدير بالذكر أن الخطط الموضوعية للحفاظ على جريان بيئي أصغري في النهر كانت تعتمد أساساً على دعم مشاريع محطات معالجة الصرف الصحي في التجمعات السكنية القريبة وتوجيه المياه المعالجة إلى مجرى النهر. إلا أنه وبعد انتهاء العمل بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في الزبداني وبناء على عدد من التقارير الصحفية اتضح وجود مقاومة شديدة من المزارعين وأصحاب الأراضي في تلك المنطقة حيث قاموا بكسر خطوط الصرف الصحي غير المعالجة المتجهة إلى المحطة لاستخدامها مباشرة في الري. وبالرغم من محاولات وزارة الري لمساعدة الفلاحين على إنشاء شبكات ري حديثة مستخدمة المياه المعالجة إلا أنها باءت بالفشل حتى الآن.

وفقاً لبيانات وزارة الإسكان يتوقع أن تبلغ كمية المياه المعالجة والتي سيتم توجيهها للنهر في هذه المنطقة نحو 150 ألف متر مكعب يومياً حيث تتغير الغزارة الوسطية اليومية والساعية تبعاً لأنماط الاستخدام.

بالرغم من أن هذه الخطة الطموحة تبدو فعالة للوهلة الأولى إلا أن المشكلة تكمن في أن هذه الغزارة التي سيتم توفيرها من محطات المعالجة لن تكون قادرة على تلبية احتياجات المناطق

الزراعية الواقعة على جانبي النهر في هذه المنطقة في فترات الجفاف يضاف لذلك انخفاض غزارة النبع التي يتوقع أن يتم استثمارها كلها حتى آخر قطرة في شبكة الشرب. بالتالي تبقى مشكلة جفاف النهر قائمة في فصل الصيف بينما تزداد الغزارة المارة في المجرى خلال أشهر الشتاء بسبب عدم الحاجة للري وازدياد غزارة النهر واستمرار محطات الصرف الصحي بالعمل.

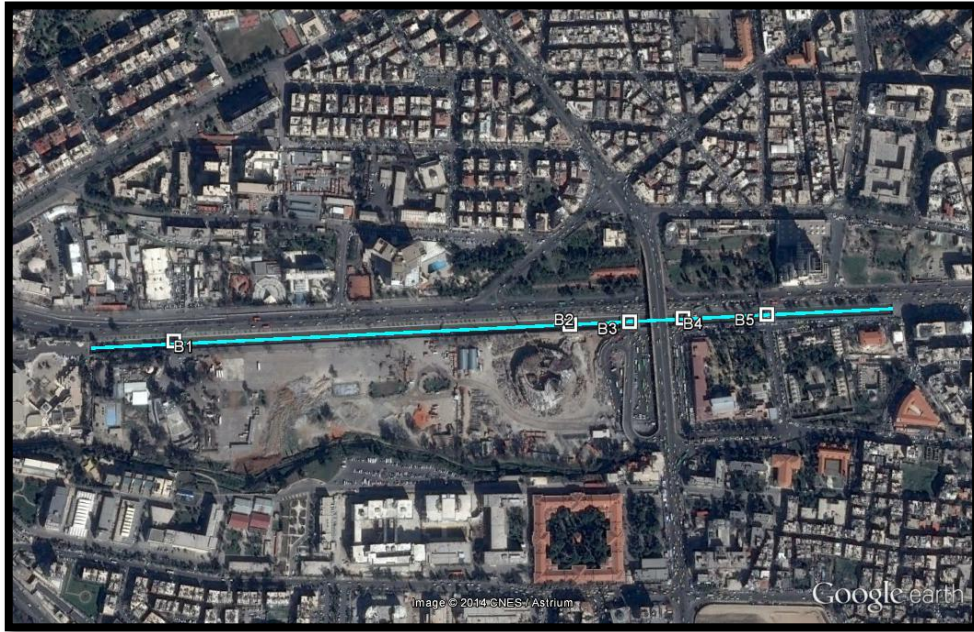
ب- منطقة الدراسة الثانية:

تمتد بين ساحة الأمويين ومنطقة جسر فيكتوريا بطول نحو 1.2 كم

تعتبر هذه المنطقة قلب العاصمة دمشق ويحيط بالنهر عدد من المنشآت والمباني شديدة الأهمية وتتنوع بين المنشآت الخدمية والثقافية والتاريخية والسياحية.

تم في هذا الجزء من المجرى عملية تنظيم كانت الغاية الرئيسية منها تحسين المظهر العام للنهر وحماية الضفاف وتدعيمها وأثناء التصميم تم اقتراح تشكيل قناة صيفية تسمح باستمرار مرور الجريان في النهر حتى عند مرور القيم الصغرى للغزارة بحيث لا تصبح مياه راكدة ومصدراً للحشرات والروائح. وقد أثبتت هذه القناة فعاليتها خلال العقد الأخير.

يكون النهر مغطى في جزءه المار تحت ساحة الأمويين ويمر بعدها بخمسة جسور هي جسر المسرح القومي وجسر قصر النبلاء وجسر الرئيس الأول والثاني وجسر النكية ليصل النهر بعدها إلى منطقة جسر فيكتوريا ويعود مغطى مرة أخرى.



شكل 20 صورة جوية لمنطقة الدراسة الثانية

يبلغ عرض المجرى في هذه المنطقة نحو 20 متراً بعمق نحو 2.5 متر إلا أن عمق المياه خلال العقد الماضي لم يتجاوز النصف متر في معظم الفترات. وتشكل هذه المنطقة واحدة من أكثر المسارات ازدحاماً في مدينة دمشق حيث أنها تصل بين عقدتين من أهم العقد المرورية في المدينة. وفي حال بقاء النهر بوضعه الراهن فإنه ليس من المنطقي وليس من الكفاءة إشغال مقطع عرضي بعرض 20 م على طول 1200 م لمرور غزارة لا تزيد عن متر مكعب واحد في الثانية لأكثر من 90% من أيام السنة.

ت- منطقة الدراسة الثالثة

تمتد بين شارع الثورة وساحة باب توما بطول نحو 2.6 كم وبعرض يتراوح بين 20 و 14 متر و تعتبر المنطقة التي يمر فيها هذا الجزء من النهر واقعة في نطاق دمشق القديمة وهي محاذية لسور قلعة دمشق وتمر في نهايتها بساحة باب توما. لا يزال البناء في الكثير من أجزاء هذا المسار محافظاً على شكله التاريخي، إلا أن بقية أجزاء النهر ترتفع على جانبيه الأبنية والمنشآت المخالفة غير المنظمة والتي تسيء إلى البنية الجمالية للنهر وهناك عدد منها مهدد بالسقوط إضافة لكونها تشكل عائقاً يمنع تواصل المارة في دمشق القديمة مع النهر.



شكل 21 صورة جوية لمنطقة الدراسة الثالثة

تم في هذا الجزء كذلك مشروع لتنظيم المجرى تضمن إنشاء مسارين للصرف الصحي على جانبي النهر لجمع مخلفات الصرف الصحي ومنعها من دخول مجرى النهر. وتضمن المشروع كذلك مجرى صيفياً وتدعيم الضفاف منعاً لانهايارها تحت ضغط المنشآت والترتبة على جانبي النهر.

4. خطوات العمل :

أ- ضمن بيئة عمل نظم المعلومات الجغرافية:

تم أولاً الحصول على نموذج رقمي للمناسيب DEM لمنطقة دمشق وما حولها وهي متوفرة على شبكة الانترنت مجاناً من خلال الرابط

www.gdem.aster.ersdac.or.jp

والنموذج الرقمي للمناسيب هو عبارة عن ملف صورة من نوع Raster مؤلف من خلايا ذات أبعاد معينة "في حالتنا الخلية هي مربع مساحته 30 م * 30 م = 900 م²" تغطي هذه الخلايا كامل منطقة الدراسة وتحمل كل خلية قيمة واحدة تمثل منسوب الأرض الطبيعية الوسطي ضمن المساحة التي تغطيها الخلية.

من الواضح أن هذه الدقة غير كافية عندما يتعلق الأمر بدراسة مجرى نهر وبالتالي تم الاعتماد على مصدرين آخرين للمناسيب وهي خريطة مؤسسة المساحة العسكرية وخريطة من وزارة الري للحصول على منسوب الأرض الطبيعية للضفاف والنقاط المجاورة لها ثم تم دمج المناسيب المأخوذة من الخريطين مع DEM المذكور سابقاً للحصول على DEM جديد تبلغ أبعاد الخلية الواحدة فيه 6*6 م وهي أعلى دقة تمكناً من الحصول عليها باستخدام البيانات المتوفرة.

نذكر هنا أن هذه الدقة لم تكن متوفرة على طول مجرى النهر مما ساهم في اتخاذ القرار باقتصار النموذج المنشأ على ثلاثة مناطق من النهر وهي التي تضمنت بيانات كافية

بعد الحصول على النموذج الرقمي للمناسيب لمناطق الدراسة المعتمدة بدأ العمل على تكوين ملف تصدير بيانات النهر إلى برنامج التحليل النهري HEC-RAS وتم ذلك باتباع خطوات متسلسلة عبر شريط الأدوات HEC-GeORAS وهو ملحق يتم إضافته إلى برنامج Arc GIS

9.3 .

تضمنت هذه الخطوات ما يلي:

- رسم مجرى النهر لكل منطقة دراسة بشكل مستقل ابتداء من أعلى النهر باتجاه أسفله وبالاعتماد على خرائط الصور الجوية التي تم الحصول عليها من Bing Arial إضافة للخرائط التفصيلية المعتمدة من وزارة الري ومؤسسة المساحة العسكرية.
- تحديد الضفتين لمجرى النهر باتجاه الجريان من أعلى النهر إلى أسفله بأكبر قدر ممكن من الدقة علماً أن هذه الخطوة تحدد عرض مجرى النهر في المقاطع التي سيتم تحديدها لاحقاً. وجدير بالذكر أن قيمة عرض النهر يمكن تعديلها لاحقاً بالاعتماد على بيانات المقاطع العرضية التفصيلية ضمن واجهة HEC-RAS .
- تحديد المجرى الأيمن والأيسر والوسطى للنهر.
- نشر بيانات المنسوب من نموذج المناسيب الرقمي DEM إلى الخطوط الثلاث التي تكون مجرى النهر.
- تحديد مواقع المقاطع العرضية على مجرى النهر برسم مسقطها الأفقي ابتداء من الضفة اليسرى إلى الضفة اليمنى "تحدد الضفة اليمنى واليسرى واليمنى بالنسبة لعين الناظر من جهة أعلى النهر حسب اصطلاحات HEC-RAS".
- نشر بيانات المنسوب من DEM إلى المقاطع العرضية.
- إضافة مواقع السدود والجسور والعبارات ومناطق الجريان غير الفعال وكافة المنشآت التي نود إدخالها في النموذج "هذه الخطوة اختيارية ويمكن دوماً عملها ضمن واجهة HEC-RAS".
- تكوين ملف تصدير البيانات إلى HEC-RAS.

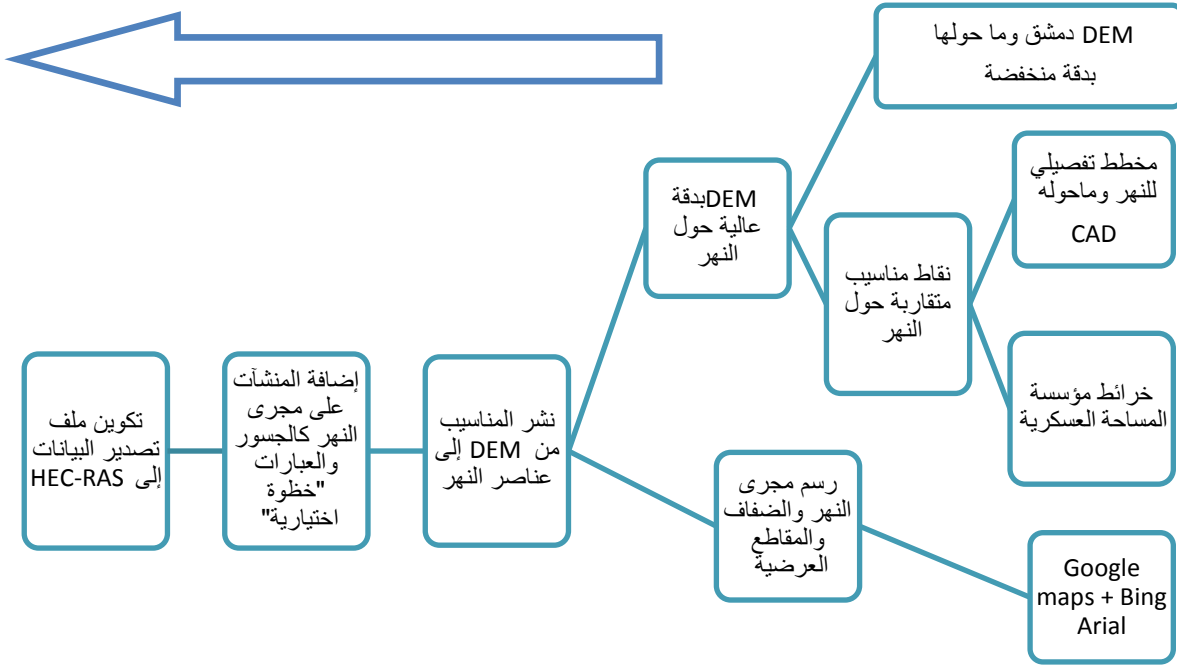
ب- ضمن بيئة عمل HEC-RAS :

تم أولاً استيراد البيانات الجيومترية المحتواة في ملف تصدير البيانات من بيئة Arc Map 9.3 تلا ذلك إضافة تفاصيل المقاطع العرضية بالاعتماد على المخططات التفصيلية من التقرير الروسي وتقرير وزارة الري المصور عن التعديلات على المجرى وتقرير أكساد ومخططات إكساء مجرى النهر من محافظة دمشق.

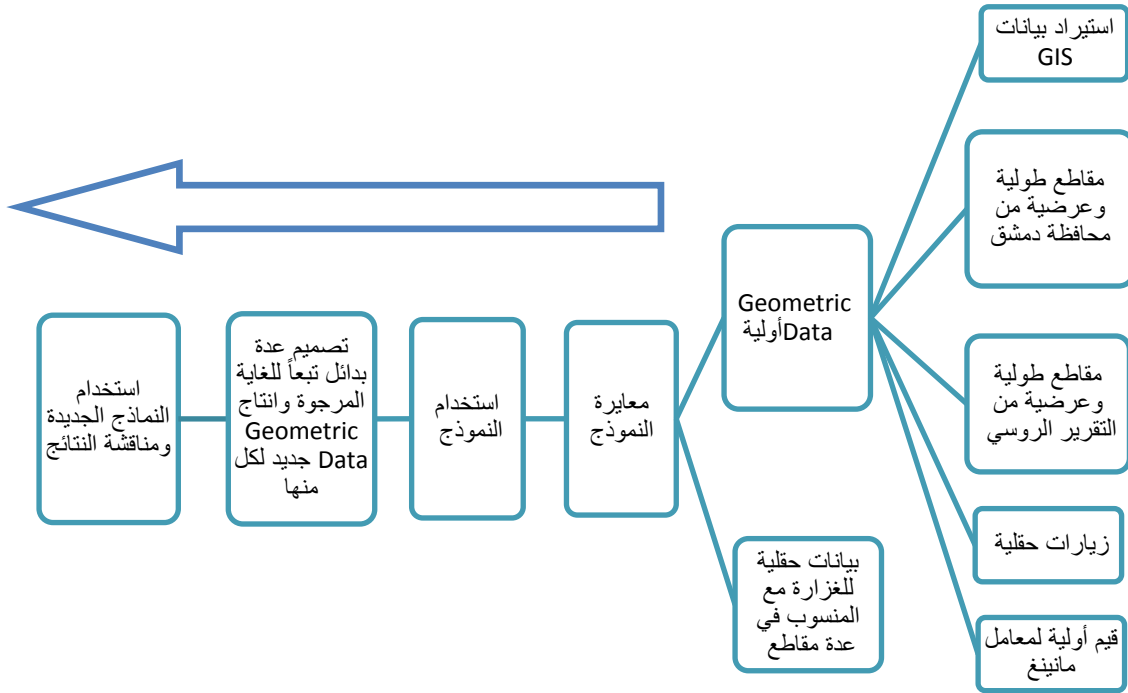
تحديد قيم أولية لمعامل مانينغ بالاعتماد على مادة المجرى والقيم المقابلة لها وفقاً لجدول معامل مانينغ المتوفرة في المرجع الهيدروليكي لاستخدام HEC-RAS

عمل معايرة للنموذج بالخطوات التالية:

- تشغيل النموذج وفقاً لجدول الغزارة/المنسوب المتوفر للمعايرة.
 - مقارنة نتائج المناسيب المحسوبة وفقاً للنموذج الجديد بالقياسات المتوفرة.
 - تعديل قيم معامل مانينغ.
 - إعادة الخطوات السابقة حتى الحصول على تطابق بين المناسيب المقاسة على أرض الواقع والمناسيب المحسوبة وفقاً للنموذج.
- تم لمنطقتي الدراسة الأولى والثانية اقتراح تغييرات على شكل مجرى النهر باستخدام أداة Channel Design/Modification وبناء على هذه التعديلات تم إنشاء نموذجين إضافيين لمنطقة الدراسة الأولى ونموذج إضافي لمنطقة الدراسة الثانية. أما منطقة الدراسة الثالثة فلم يتم اقتراح تعديلات جذرية على المجرى لأسباب سيتم مناقشتها في الفصل الرابع.



شكل 22 مخطط تدفقي مبسط يبين الخطوات المتبعة في بيئة GIS

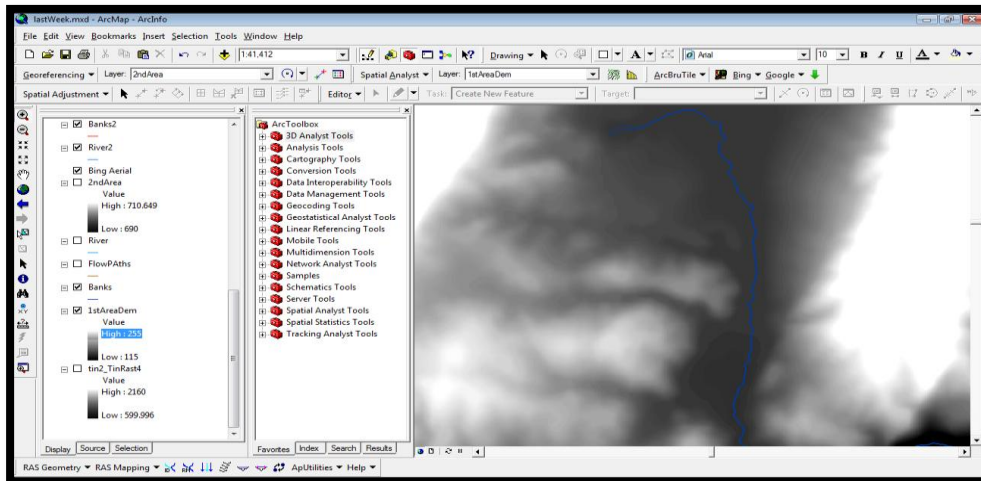


شكل 23 مخطط تدفقي مبسط يبين الخطوات المتبعة في بيئة HEC-RAS

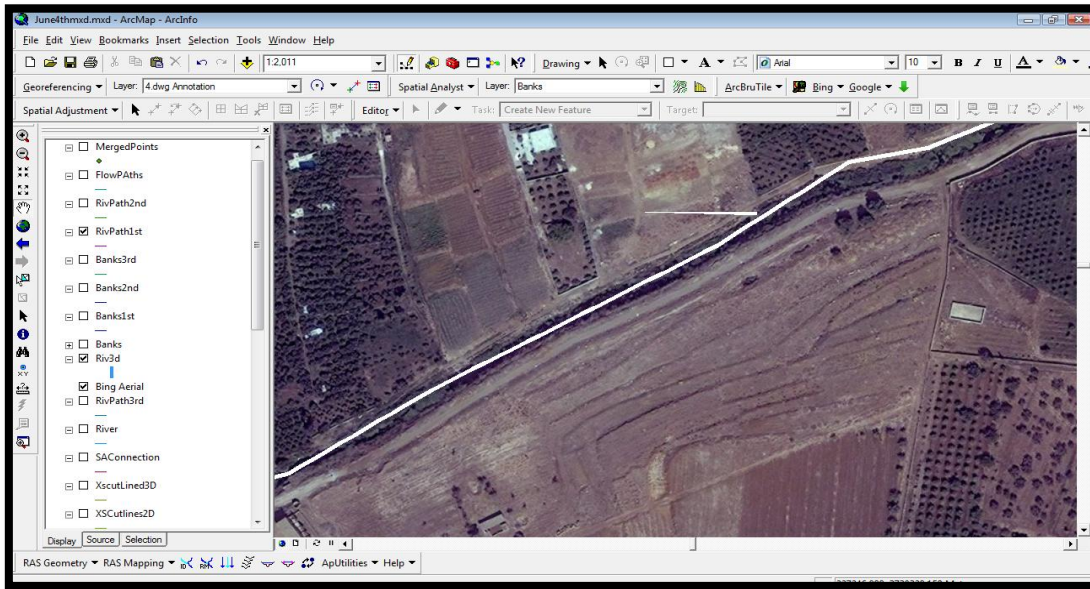
5. الخطوات التفصيلية لبناء النموذج:

أ- ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية:

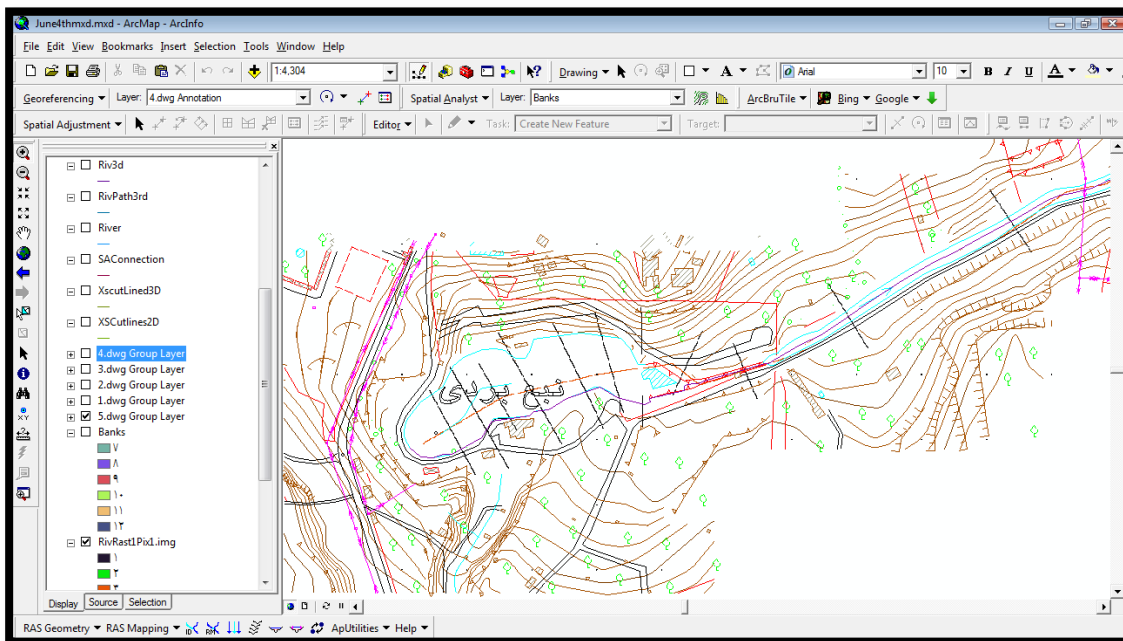
1. بناء النموذج الرقمي للمناسيب الناتج عن دمج خرائط DEM العالمية مع الخرائط المرقمنة من مؤسسة المساحة العسكرية ووزارة الري.
2. رسم مسار النهر والضفاف بالاعتماد على الصور الجوية من Bing Aerial والتي تم تحميلها في بيئة عمل Arc Map باستخدام شريط الأدوات ArcBruTile



شكل 24 صورة لبيئة العمل توضح DEM مع مجرى النهر

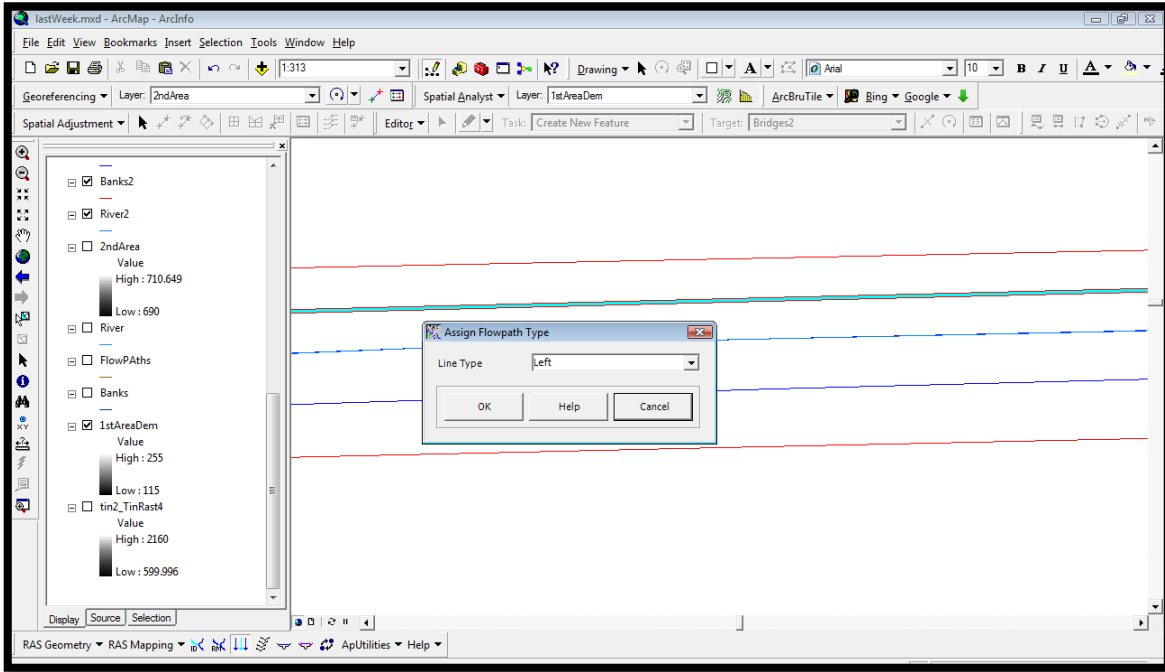


شكل 25 صورة لبيئة العمل توضح رسم مسار النهر والصورة الجوية المعتمدة



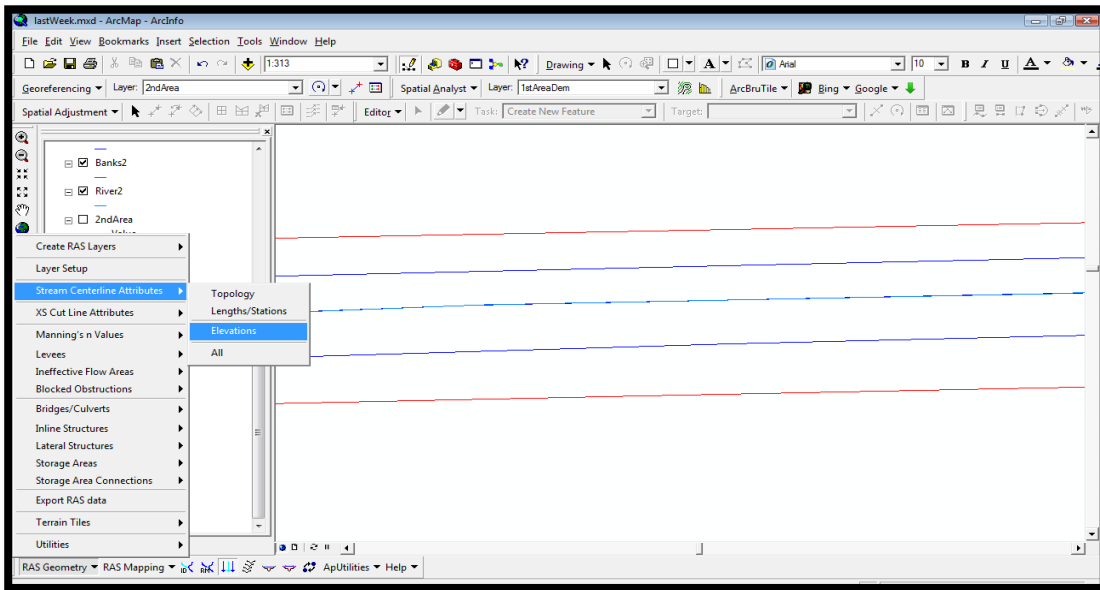
شكل 26 صورة لبيئة العمل أثناء رسم الضفاف بالاعتماد على مخططات المساحة العسكرية ووزارة الري

3. تحديد مسارات جريان المياه الأوسط والأيمن والأيسر:



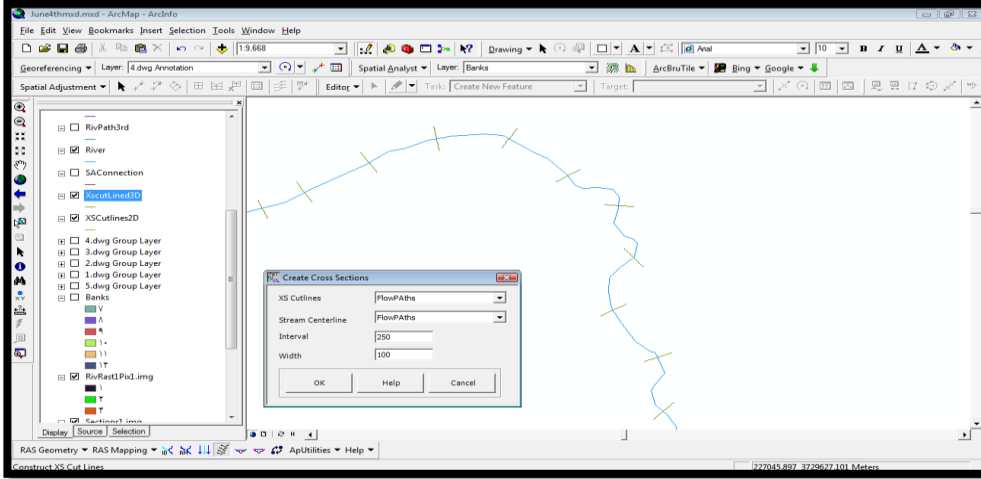
شكل 27 تحديد مسارات جريان المياه الأوسط والأيمن والأيسر

4. نشر بيانات المنسوب من نموذج المناسيب الرقمي DEM إلى مجرى النهر. هذه الخطوة تقوم بإضافة قيم المنسوب من DEM إلى عناصر مجرى النهر محولة إياه من عنصر ثنائي البعد إلى عنصر ثلاثي البعد يحمل إحداثيات الموقع والمنسوب في كل نقطة من نقاطه.



شكل 28 نشر بيانات المنسوب

5. تحديد مواقع المقاطع العرضية على مجرى النهر برسم مسقطها الأفقي ابتداء من الضفة اليسرى إلى الضفة اليمنى "تحدد الضفة اليمنى واليسرى واليمنى بالنسبة لعين الناظر من جهة أعلى النهر حسب اصطلاحات HEC-RAS" أو برسمها آلياً من قبل شريط أدوات HEC-GeoRAS بتباعد 250 م وعرض 100 م وهو موضح بالشكل التالي:

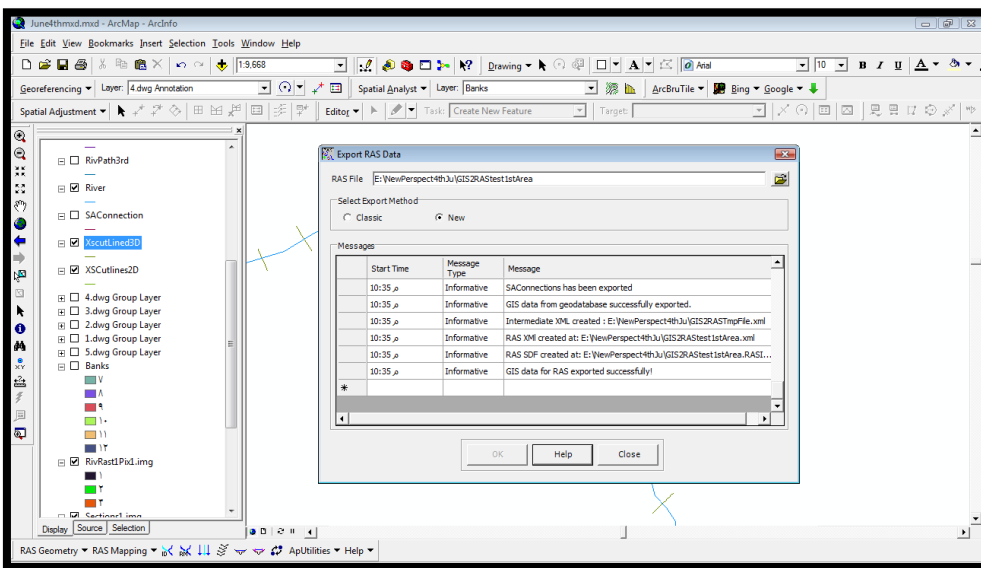


شكل 29 رسم المقاطع العرضية

6. نشر بيانات المنسوب من DEM إلى المقاطع العرضية. بشكل مشابه للخطوة 4 بحيث يتحول كل مقطع من خط ثنائي البعد إلى خط ثلاثي البعد.

7. إضافة مواقع السدود والجسور والعبارات ومناطق الجريان غير الفعال وكافة المنشآت التي نود إدخالها في النموذج "هذه الخطوة اختيارية ويمكن دوماً عملها ضمن واجهة HEC-RAS"

8. تكوين ملف تصدير البيانات إلى HEC-RAS

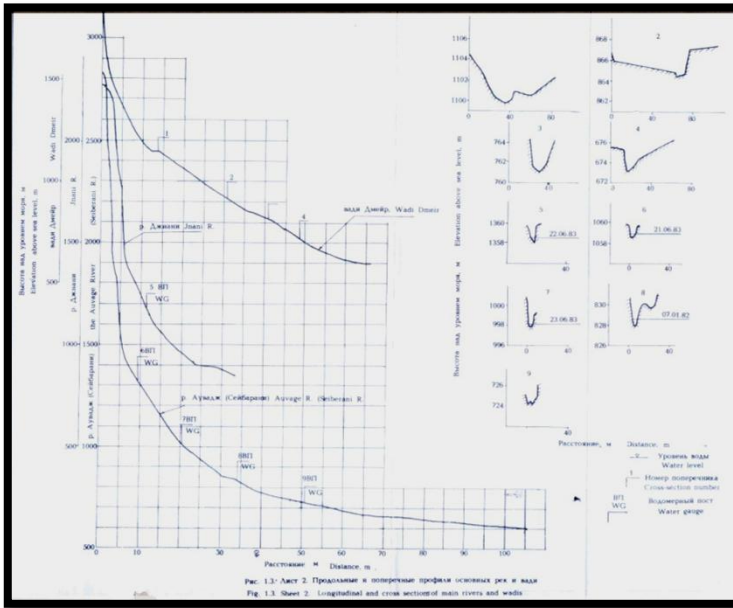


شكل 30 تكوين ملف تصدير البيانات

ب- ضمن بيئة عمل HEC-RAS :

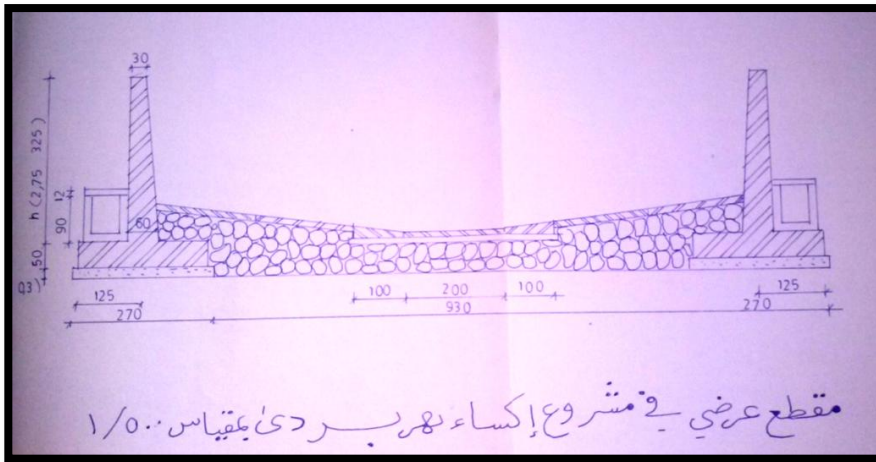
- بناء ملف البيانات الجيومترية :

تم أولاً استيراد البيانات الجيومترية المحتواة في ملف تصدير البيانات من ArcMap9.3 تلا ذلك إضافة تفاصيل المقاطع العرضية بالاعتماد على المخططات التفصيلية من التقرير الروسي وتقرير وزارة الري المصور عن التعديلات على المجرى وتقرير أكساد ومخططات إكساء مجرى النهر من محافظة دمشق.

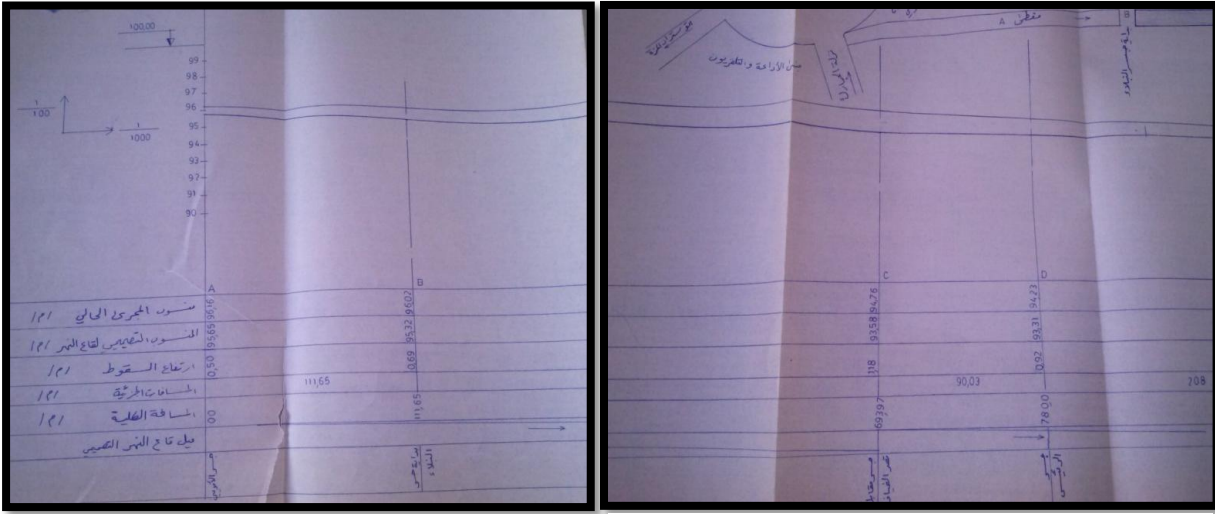


شكل 31 مقطع عرضي ومقطع طولي من مخططات إكساء النهر

مقطع عرضي ومقطع طولي من مخططات إكساء النهر



شكل 32 مقطع عرضي



شكل 33 مقطع طولي 1

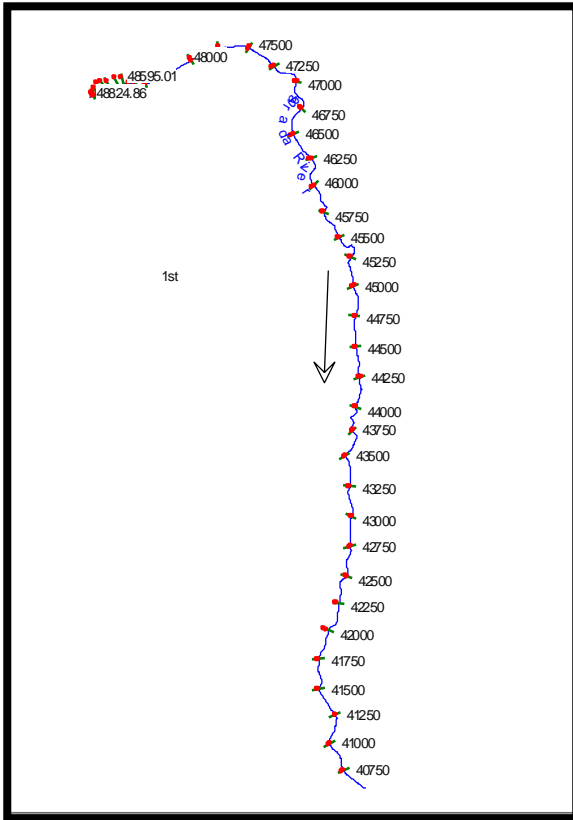
شكل 34 مقطع طولي 2

تحديد قيم أولية لمعامل مانينغ بالاعتماد على مادة المجرى والقيم المقابلة لها وفقاً لجدول معامل مانينغ المتوفرة في المرجع الهيدروليكي لاستخدام HEC-RAS

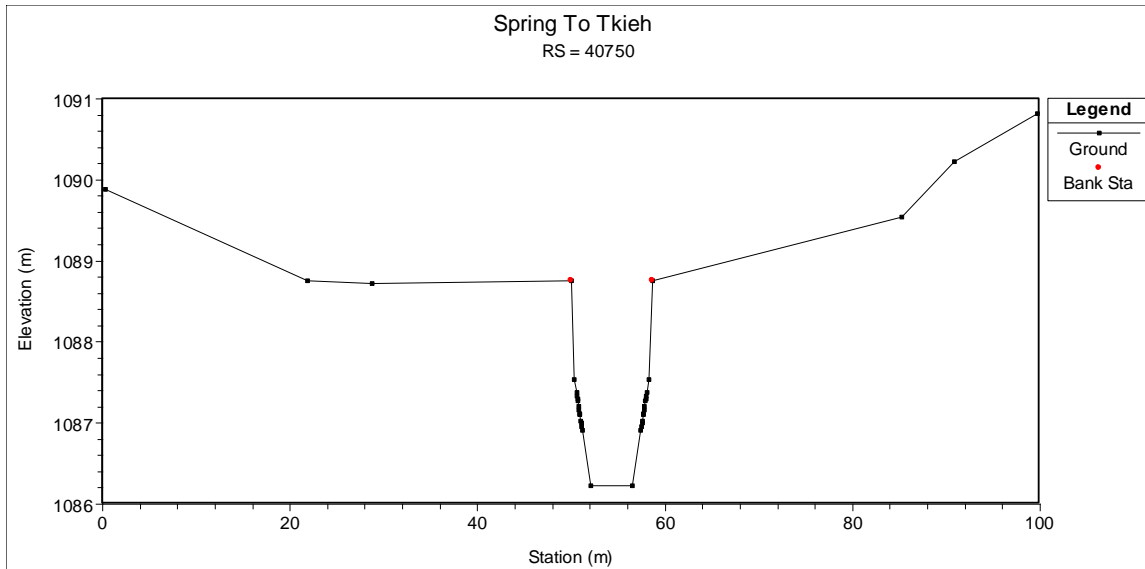
بانتهاؤ هذه الخطوة يتشكل لدينا نموذج متكامل مؤلف من بيانات جيومترية تتضمن أبعاد المقاطع العرضية والتباعد بينها ومنسوب كل نقطة من كل مقطع عرضي إضافة لخشونة السطح الذي يتم عليه الجريان مما يسمح للبرنامج في حال إدخال أي غزارة بحساب المنسوب المقابل لها وعند أي نقطة من نقاط المجرى. إلا أن أي نتيجة يعطيها النموذج في هذه المرحلة لا تزال غير موثوقة عملياً قبل إجراء عملية المعايرة والتحقق من صلاحية النموذج وقدرته على إعطاء نتائج واقعية ودقيقة.

● المعايرة:

تتم عملية المعايرة عبر عدة خطوات وتبدأ بتمرير جريان مستقر بقيم محددة سابقاً وفقاً لجداول قياس واقعية يتم مقارنة المناسيب المقاسة فيه بالمناسيب التي يعطيها النموذج المنشأ، ويتم بعدها تعديل قيم الخشونة للحصول على تقارب مقبول بين القيم المحسوبة للمنسوب والقيم المقاسة. سيتم فيما يلي توضيح خطوات عملية المعايرة المنفذة على منطقة الدراسة الأولى علماً أن الأسلوب نفسه تكرر في جميع مناطق الدراسة.



شكل 35 مسقط منطقة الدراسة الأولى



شكل 36 شكل المقطع العرضي بالقرب من نهاية منطقة الدراسة

تجدر الملاحظة هنا إلى أن قيمة معامل مانينغ الأولية تم اعتمادها باعتبار المجرى بيتوني والقيمة المقابلة للمجرى البيتوني تتراوح بين 0.011 و 0.04 تبعاً لجودة التنفيذ والصيانة وتراكم العوائق والنباتات والنفائات الصلبة (Brunner 2010). وتم اعتماد القيمة الأولى لمعامل مانينغ 0.011 على كامل المجرى.

بالاعتماد على جدول مفتاح التصاريح الوارد في دراسة أكساد والذي يتضمن المنسوب المقابل لكل غزارة في الجزء الأخير من منطقة الدراسة تم اعتماد الغزارات التالية :

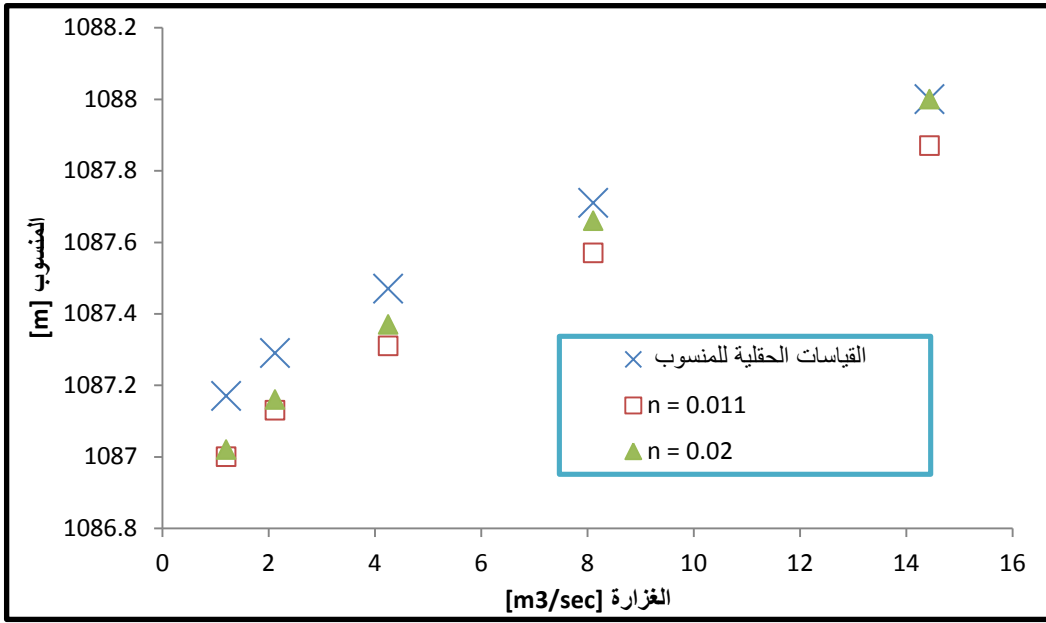
| | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Q1 = 1.2 m ³ /sec | Q2 = 2.12 m ³ /sec | Q3 = 4.25 m ³ /sec |
| Q4 = 8.11 m ³ /sec | Q5 = 14.44 m ³ /sec | |

وعند تمرير هذه الغزارات في النموذج ومقارنتها بالقيم المقاسة حصلنا على قيم المناسيب الموضحة في العمود الثاني من الجدول "المحاولة الأولى" تم بعدها إجراء عدة تعديلات على قيم معامل مانينغ موضحة بالجدول حتى الوصول إلى القيم النهائية التي تعتمد على نتيجة المحاولة الثالثة:

| نتائج حساب المنسوب باستخدام النموذج [م] | | | | | | | | القياسات الحقلية للمنسوب [م] | Q [م ³ /ثا] |
|---|-------|-----------------|-------|----------------------------|-------|----------------|-------|---------------------------------------|---------------------------|
| التجربة الرابعة | | التجربة الثالثة | | التجربة الثانية | | التجربة الأولى | | | |
| n = 0.03 | | n = 0.02 | | n = 0.02 للحاق n = 0.03 | | n = 0.011 | | | |
| عمق الماء | الخطأ | عمق الماء | الخطأ | عمق الماء | الخطأ | عمق الماء | الخطأ | | |
| 0.65 | -0.12 | 0.62 | -0.15 | 0.63 | -0.14 | 0.6 | -0.17 | 0.77 | 1.2 |
| 0.8 | -0.09 | 0.76 | -0.13 | 0.77 | -0.12 | 0.73 | -0.16 | 0.89 | 2.12 |
| 1.05 | -0.02 | 0.97 | -0.1 | 0.99 | -0.08 | 0.91 | -0.16 | 1.07 | 4.25 |
| 1.38 | 0.07 | 1.26 | -0.05 | 1.28 | -0.03 | 1.17 | -0.14 | 1.31 | 8.11 |
| 1.77 | 0.17 | 1.6 | 0 | 1.63 | 0.03 | 1.47 | -0.13 | 1.6 | 14.44 |

جدول 2 جدول المعايرة

من الواضح أن تغيير قيم معامل مانينغ لم يكن فعالاً في تحسين النتائج للقيم الدنيا من الغزارة إلا أن تأثيره بات أكثر وضوحاً عند الغزارات العليا فالاختلاف بين القيم المقاسة والمحسوبة للمنسوب بالنسبة للغزارة الصغرى المعتمدة في المعايرة وصل إلى 17 سم تم تخفيضه إلى 14 سم أما في الغزارة العليا فقد تم تخفيض الخطأ من 13 سم إلى 0 وهذا يتضح في المخطط التالي:



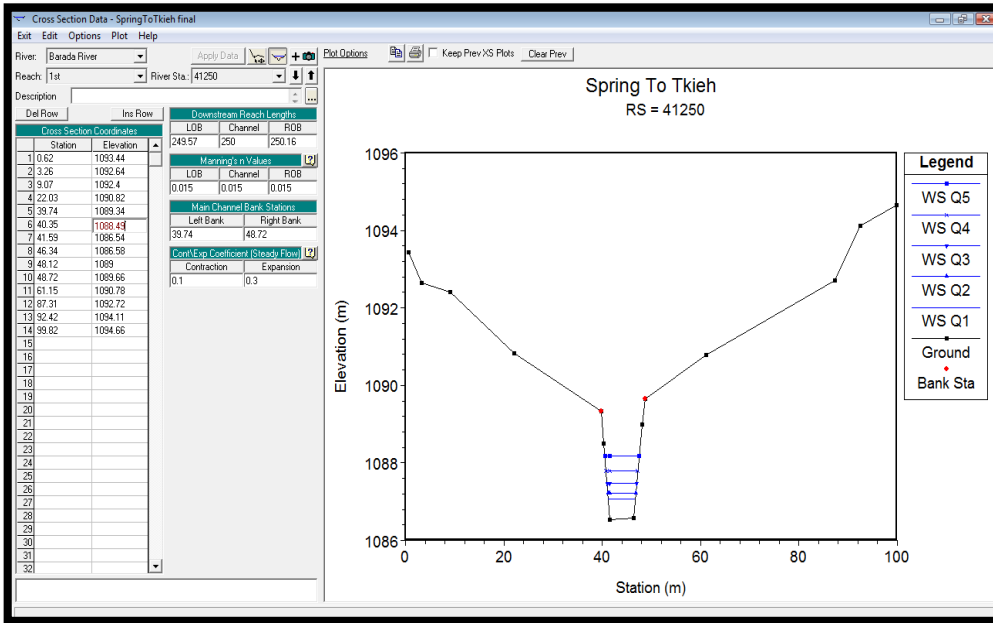
شكل 37 مخطط المعايرة

وبالتالي تم اعتماد قيمة معامل مانينغ 0.02 ثابتة لجميع نقاط المجرى في المنطقة الأولى وإجراء الحسابات على أساسها وبذلك بات النموذج جاهزاً للاستخدام. أما عند إجراء عملية المعايرة للمنطقتين الثانية والثالثة كانت قيم معامل مانينغ النهائية 0.02 و 0.025 على الترتيب.

● آلية بناء البدائل في HEC-RAS

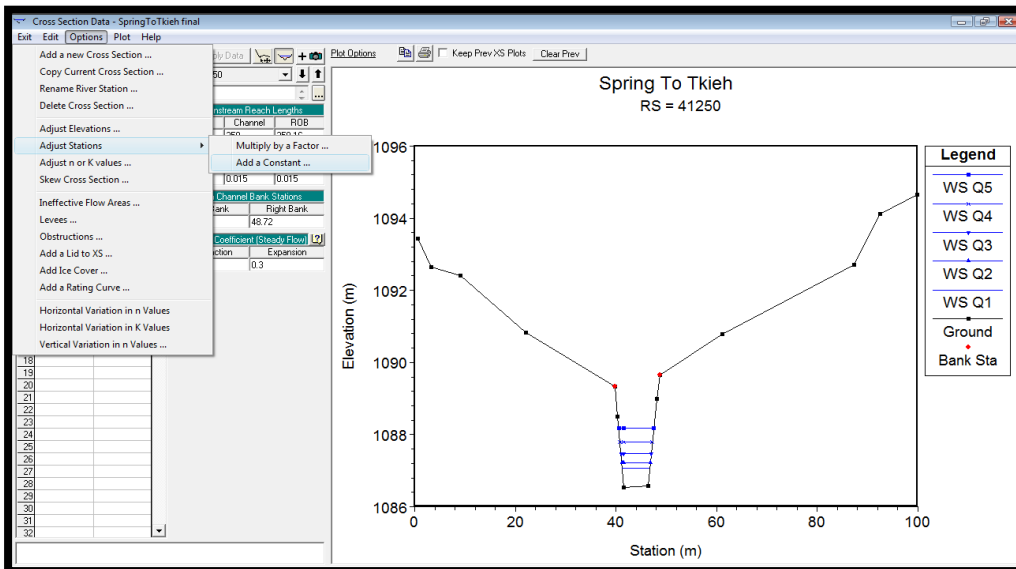
توجد آليتان تم اعتمادهما لتكوين البدائل في HEC-RAS

- 1- التعديلات المباشرة على المجرى من خلال نافذة Geometric Data و نافذة Cross Section Data حيث يمكن تعديل بيانات المنسوب والموقع لأي نقطة من المقطع العرضي بتغيير القيمة اللازمة مباشرة على الجدول



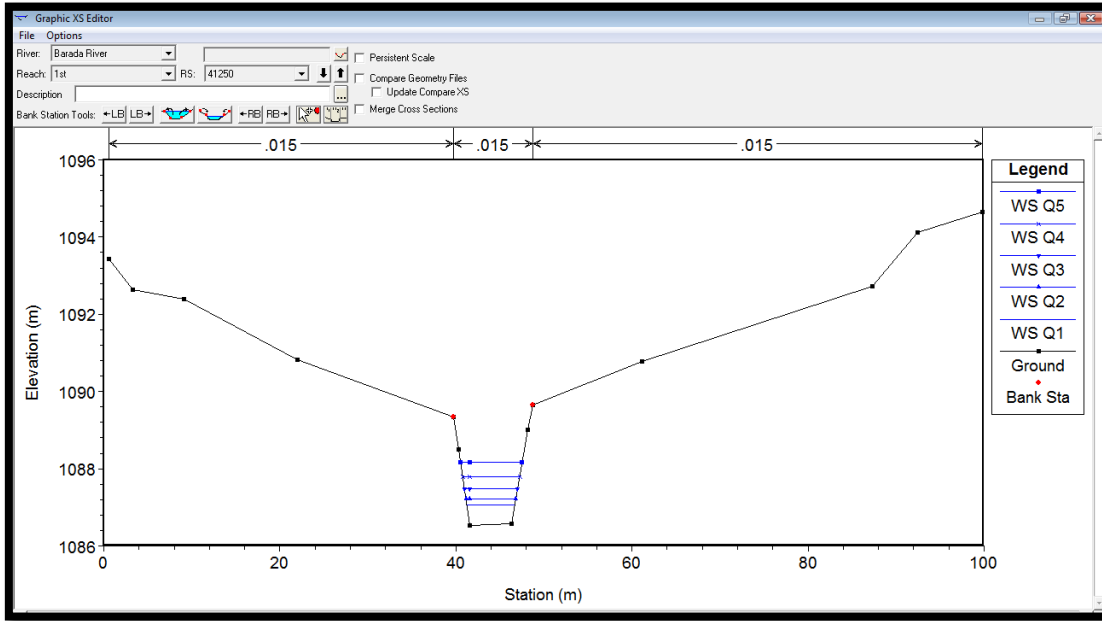
شكل 38 جدول إحداثيات المقطع العرضي

ويمكن كذلك تعديل القيم لعدد من النقاط في نفس المقطع من خلال الأداة Adjust Stations أو Adjust Elevations



شكل 39 تغيير قيم المنسوب والإحداثيات لنقاط المقطع العرضي

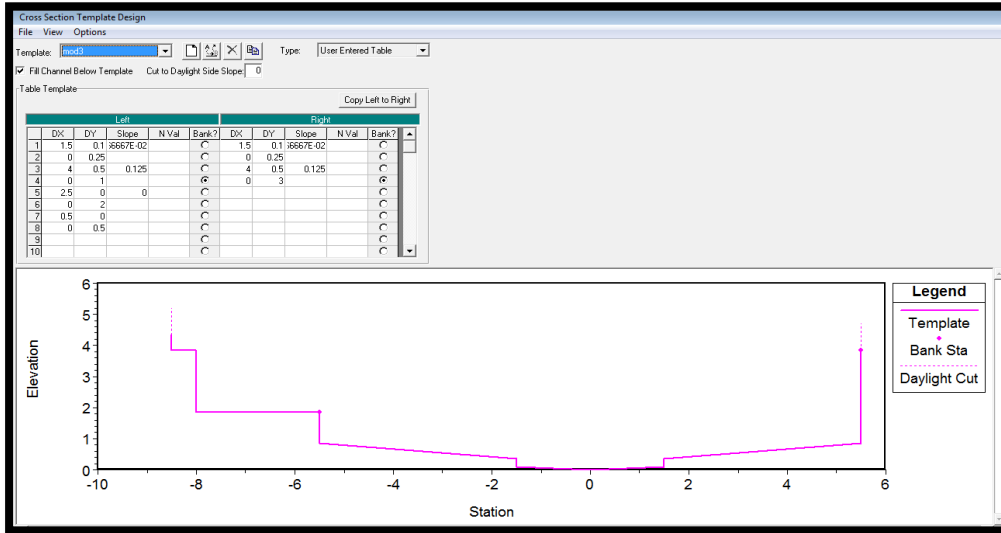
وزيادة في المرونة بالتعامل مع التعديلات الصغيرة على المقطع يمكن الاعتماد على نافذة Graphic XS Editor والتي تتيح تغيير موقع ومنسوب أي نقطة من المقطع مباشرة على الرسم.



شكل 40 تغيير شكل المقطع يدوياً

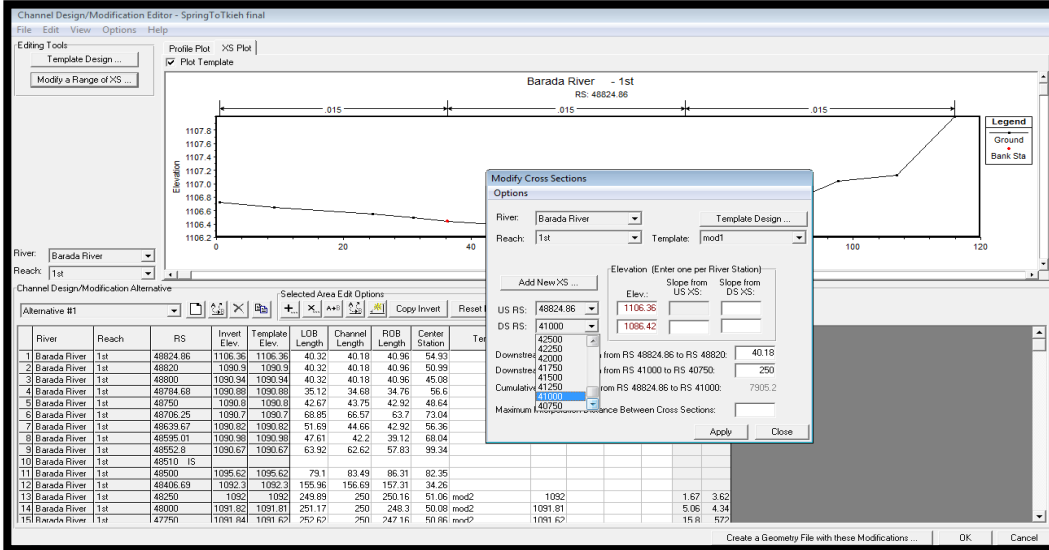
2- بناء ملف جديد للبيانات الجيومترية:

عند الرغبة بوضع تصميم جديد للمجرى بشكل عام يتم الاعتماد على أداة Channel Design/Modification Editor والذي يتيح وضع شكل موحد للمقطع "او عدة أشكال متكررة على عدة مقاطع" ثم تحديد المقاطع التي سيتم تغييرها إلى التصميم الجديد وبناء بيانات جيومترية جديدة يتم اعتمادها كبديل يمكن إجراء الحسابات عليه لاحقاً. هذا الأسلوب تم اعتماده في تصميم البديل الثالث للمنطقة الأولى والبديل الثاني للمنطقة الثانية.



شكل 41 تصميم مقطع عرضي متكرر

تحديد المقاطع التي يطبق عليها التصميم الجديد:



شكل 42 تحديد امتداد المقطع المصمم

يلي ذلك حفظ التصميم كملف جيومتري جديد يستخدم لاحقاً

الفصل الخامس

النتائج والبدائل

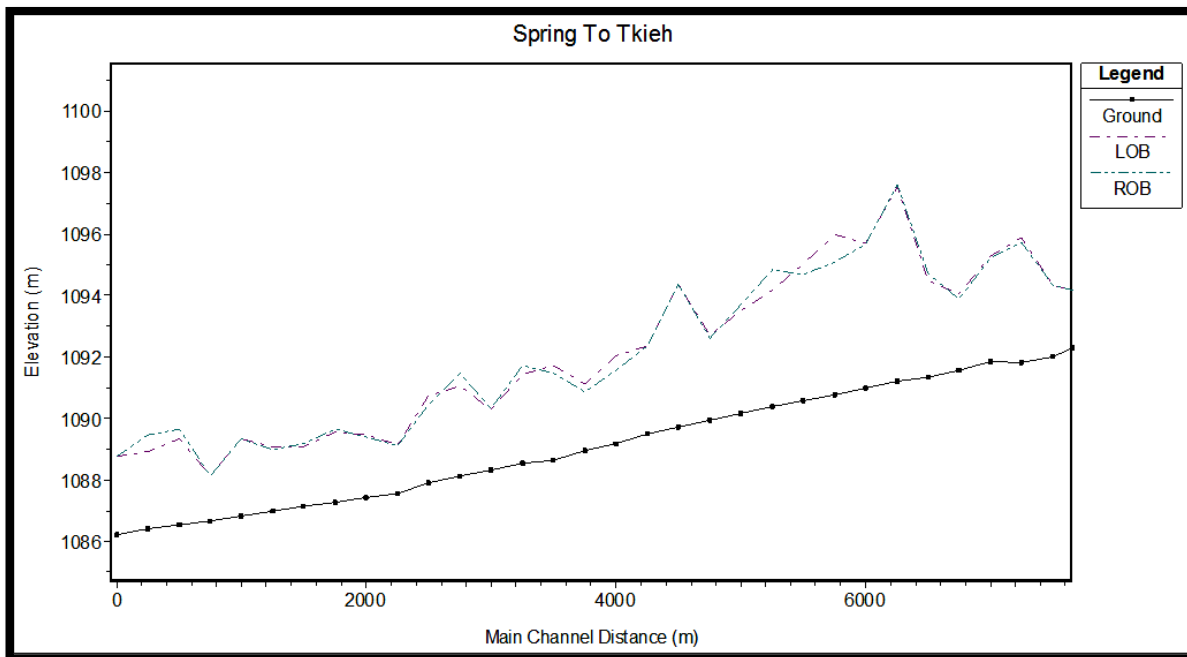
محتويات الفصل:

- منطقة الدراسة الأولى
- منطقة الدراسة الثانية
- منطقة الدراسة الثالثة

يتضمن الفصل الخامس عرضاً لنتائج النماذج المعتمدة لمناطق الدراسة الثلاث والبدائل المقترحة إضافة لشرح طبيعة الجريان والشروط المحيطة المعتمدة عند إجراء الحسابات

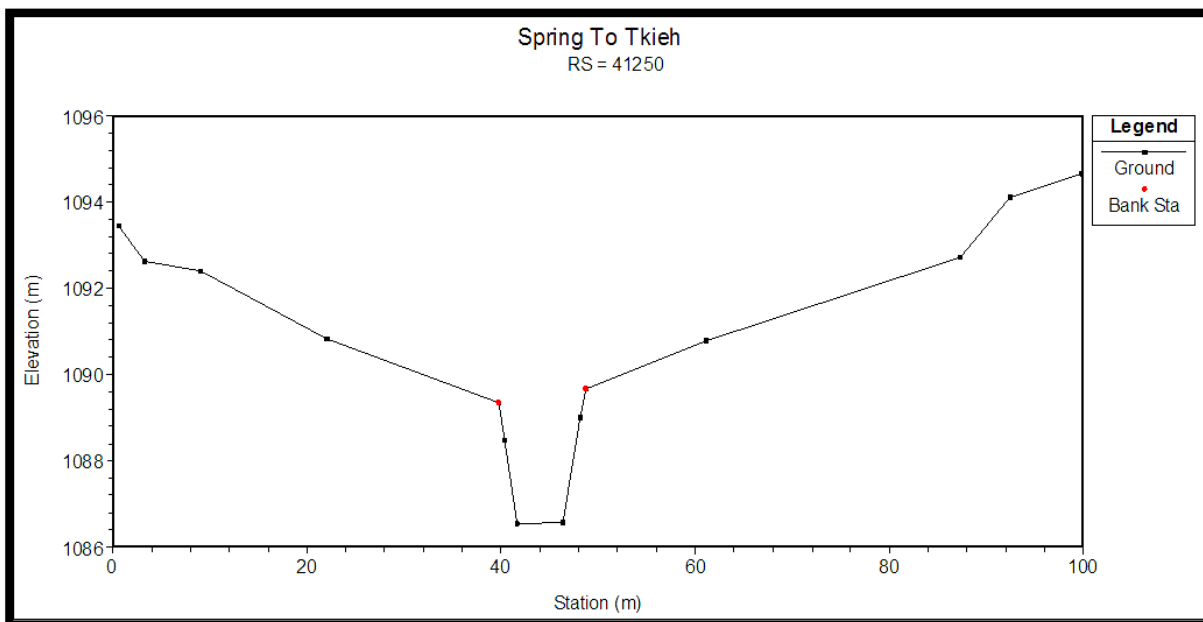
1. منطقة الدراسة الأولى:

المقطع الطولي:



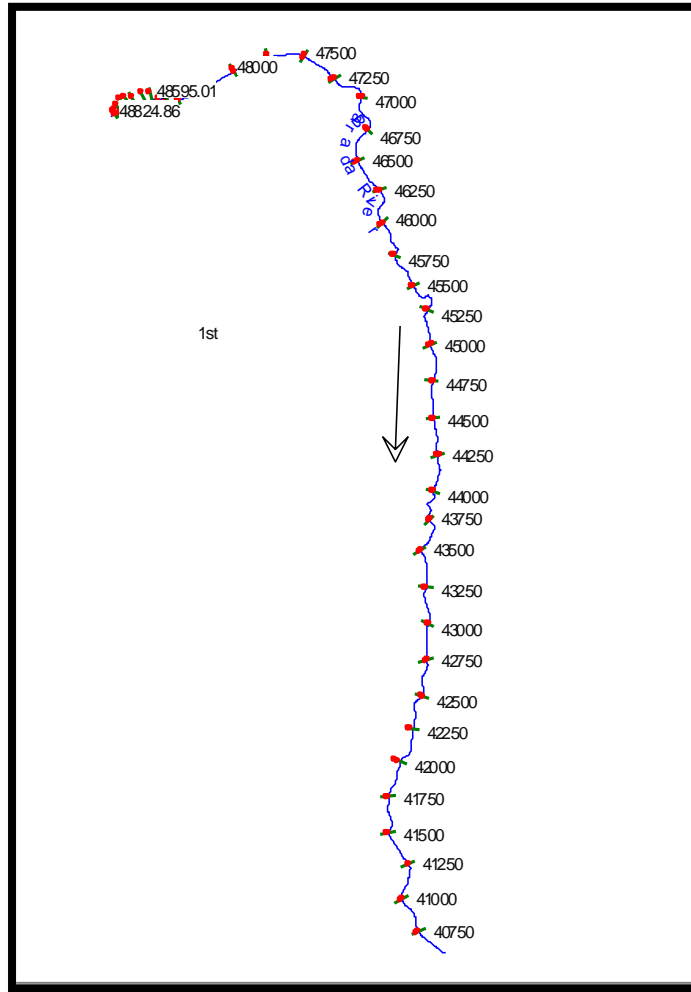
شكل 43 مقطع طولي في المجرى النهر في منطقة الدراسة الأولى

مقطع عرضي بالقرب من سد التكية "500 م باتجاه أعلى النهر":



شكل 44 مقطع عرضي في منطقة الدراسة الأولى

شكل عام لمجرى النهر في منطقة الدراسة الأولى:



شكل 45 مسقط افقي لمنطقة الدراسة الأولى

- الشروط المحيطة للمنطقة الأولى:

في أعلى النهر تم تمثيل بحيرة النبع وافترض أن الغزارة الداخلة إلى النموذج تظهر بين مقطعين ضمن مقاطع البحيرة ومع امتلاء البحيرة تبدأ قناة الجريان بتصريف الفائض من البحيرة إلى مجرى النهر.

في أدنى النهر يتوفر مفتاح التصريف التالي من تقرير أكساد:

| الغزارة [م ³ /ثا] | العمق [م] | عرض المقطع المبلل [م] |
|------------------------------|-----------|-----------------------|
| 0 | 0 | 4.5 |
| 0.7 | 0.63 | 6.27 |
| 0.9 | 0.73 | 6.40 |
| 1.2 | 0.77 | 6.5 |
| 1.4 | 0.80 | 6.58 |
| 1.92 | 0.87 | 6.76 |
| 2.12 | 0.89 | 6.81 |
| 2.43 | 0.93 | 6.92 |
| 2.90 | 0.98 | 7.05 |
| 3.62 | 1.05 | 7.23 |
| 4.25 | 1.07 | 7.28 |
| 4.66 | 1.1 | 7.36 |
| 4.80 | 1.15 | 7.49 |
| 8.11 | 1.31 | 7.91 |
| 14.44 | 1.6 | 8.66 |

جدول 3 بيانات مفتاح التصريف في نهاية منطقة الدراسة الأولى

- بيانات الغزارة:

بالنظر إلى بيانات وزارة الري التي تتضمن غزارة النهر خلال السنوات العشر الأخيرة تم التوصل إلى أن الغزارة العليا التي تم قياسها عند سد التكية لم تتجاوز 14.5 م³/ثا. ومع إضافة قيمة غزارة ناتجة عن محطات المعالجة بمقدار 1.5 م³/ثا يصبح المجموع الكلي للغزارة العظمى في الحالة الأشد خطورة هي 16 م³/ثا. ويتوجب أن يكون المجرى قادراً على إمرار هذه الغزارة في جميع نقاطه بدون حدوث غمر للضفاف. وإضافة لذلك تم تشغيل النموذج في حالة مرور جريان بغزارة صغرى قيمتها 1 م³/ثا .

- البدائل الممكنة:

تم إجراء تعديلات على النموذج لتكوين ثلاثة بدائل:

البديل الأول هو عدم القيام بأي تعديل على مجرى النهر في هذا الجزء مما يعني أن بعض المساحات لاتزال معرضة لخطر الغمر وذلك عند مرور الغزارة العليا.

يتضمن البديل الثاني إجراء تعديلات محدودة على مجرى النهر بغاية حصر إمكانية الفيضان في جهة واحدة فقط بالنسبة لمجرى النهر وذلك كما هو موضح بالشكل (51).

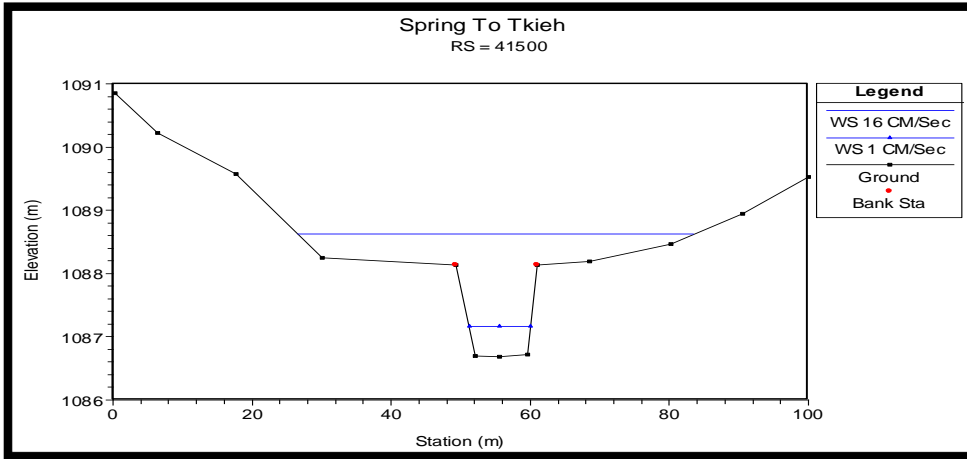
يحيوي البديل الثالث تعديلات واسعة النطاق على مجرى النهر والضفاف بغرض تحويل هذه المنطقة إلى نموذج يحتذى من حيث الاستفادة المثلى من عناصر النظام النهري والعلاقة بين المجتمع والبيئة وذلك دون التأثير على ناقلية النهر للمياه في حال مرور غزارات كبيرة.

● نتائج تطبيق السيناريوهات على البدائل الثلاث:

○ نتائج البديل الأول:

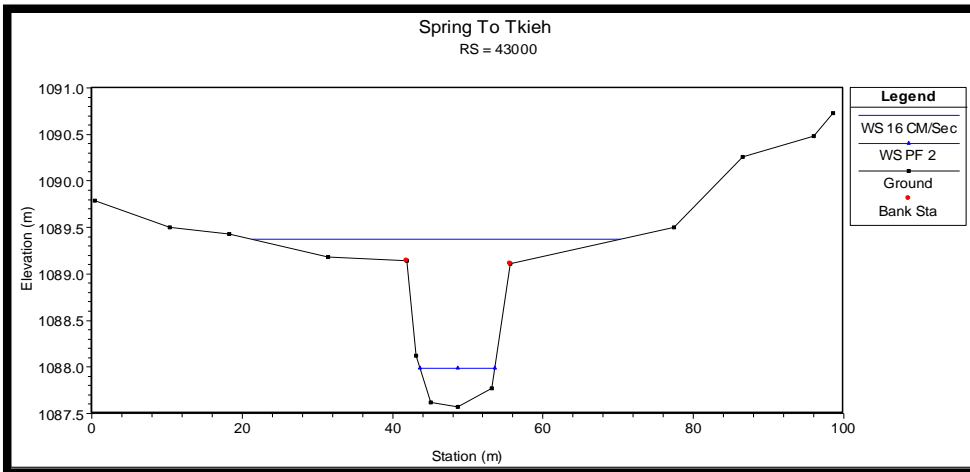
تبين أن المجرى بشكله الحالي قادر على إمرار الغزارة العليا بشرط عدم وجود عوائق أو تراكم للمخلفات الصلبة والنباتات في المجرى وذلك باستثناء مقطعين ولم يتجاوز عمق الغمر في المقطعين 25 سم إلا أنه يمتد لمسافة تقارب 20 م على كل من جانبي النهر.

الأول يبعد 750 م عن بحيرة سد التكية:

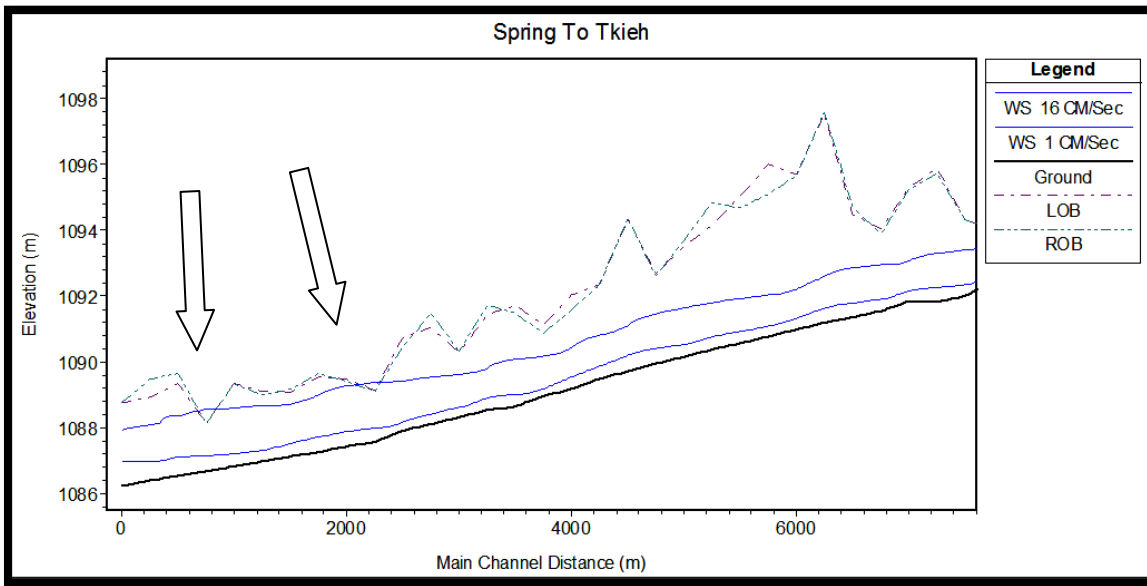


شكل 46 مقطع عرضي في منطقة الغمر الأولى

والثاني يبعد 2250 م عن بحيرة سد التكية باتجاه أعلى النهر:

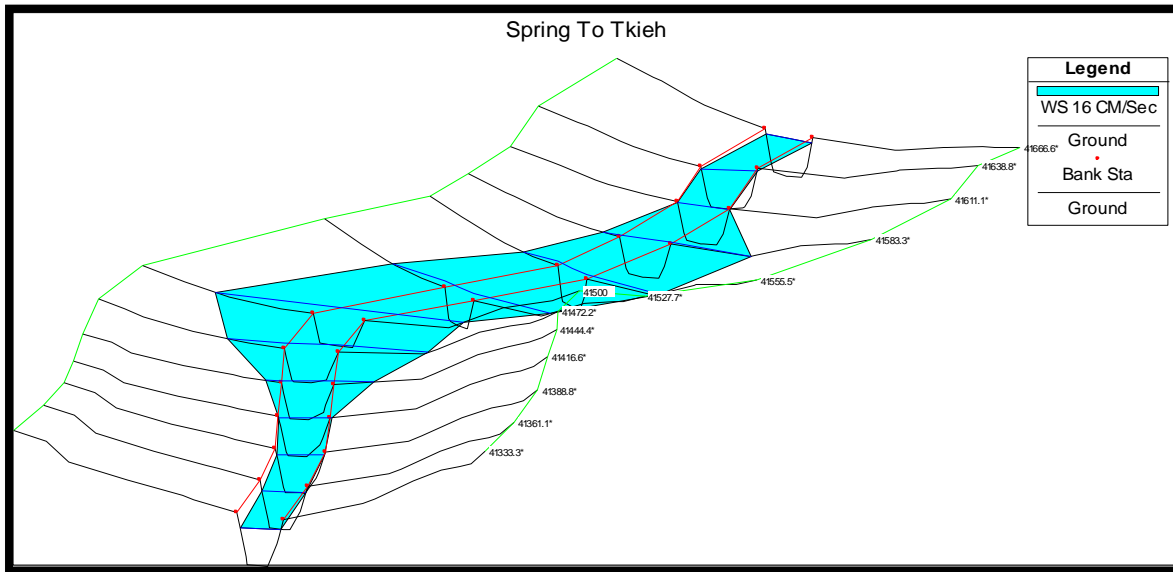


شكل 47 مقطع عرضي في منطقة الغمر الثانية

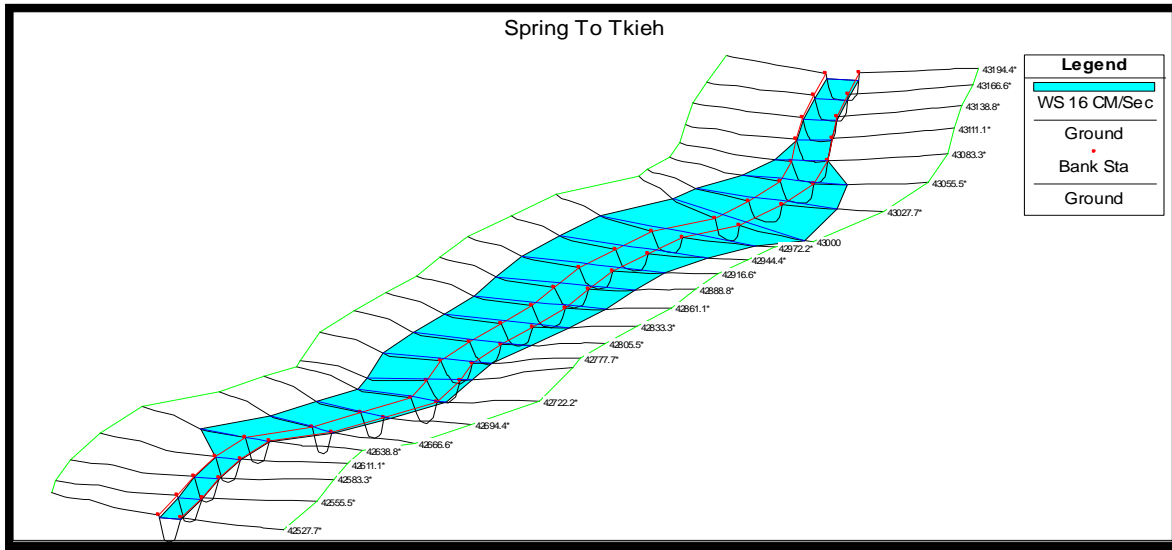


شكل 48 مقطع طولى في المجرى يبين مناطق الغمر لمنطقة الدراسة الأولى

المساحات المغمورة وفقاً للبدل الأول:



شكل 49 شكل ثلاثي البعد لمنطقة الغمر الأولى

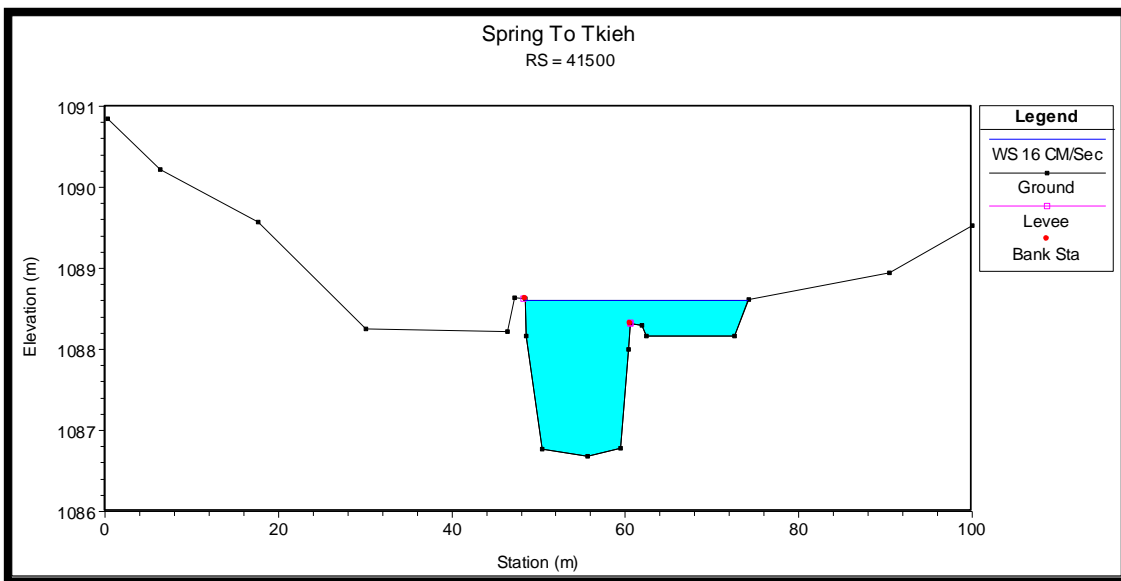


شكل 50 شكل ثلاثي البعد لمنطقة الغمر الثانية

○ البديل الثاني:

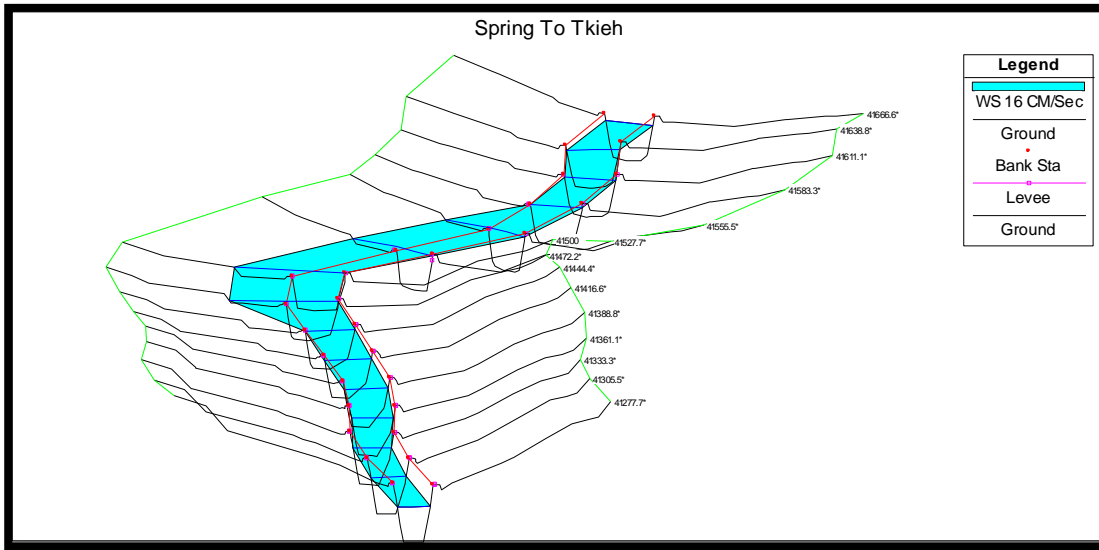
لايجاد حل لغمر الضفاف في المنطقتين الموضحتين سابقاً تم بموجب هذا البديل رفع الضفة اليسرى بحيث لا يتجاوزها الماء عند ارتفاع المنسوب أما الضفة اليمنى فتم تحديد مناطق معرضة للغمر بعرض وسطي يقارب 15 م وعمق بحدود 60 سم وهي تمتد في منطقتين الأولى بطول 190 م والثانية بطول 450 متر

شكل المقطع المتكرر في المناطق التي كانت معرضة للغمر وفق البديل الأول:

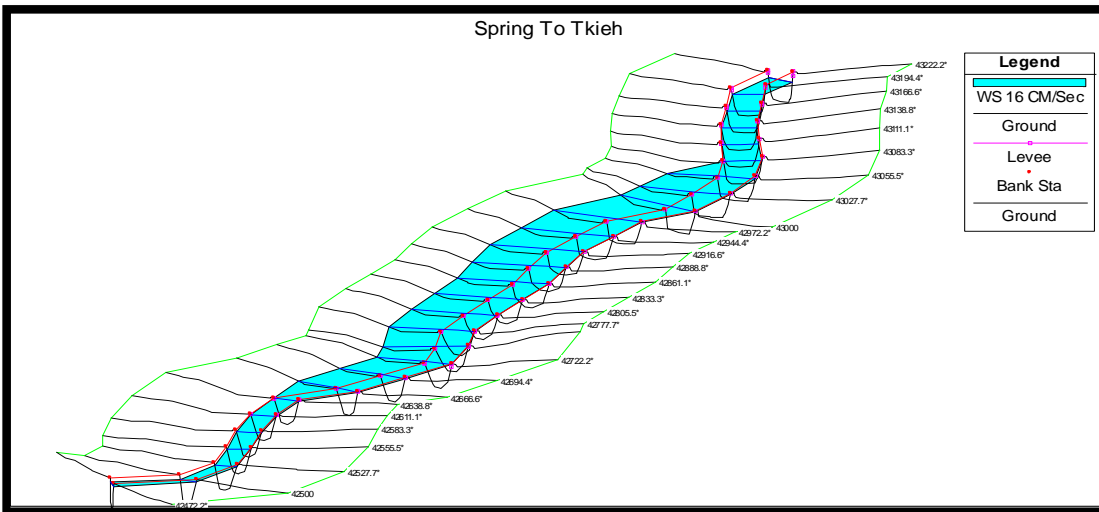


شكل 51 شكل المقطع المتكرر في المناطق التي كانت معرضة للغمر وفق البديل الأول

شكل ثلاثي البعد يوضح المنطقتين التي جرت عليهما التعديلات



شكل 52 شكل ثلاثي البعد يوضح منطقة الغمر الأولى بعد التعديل



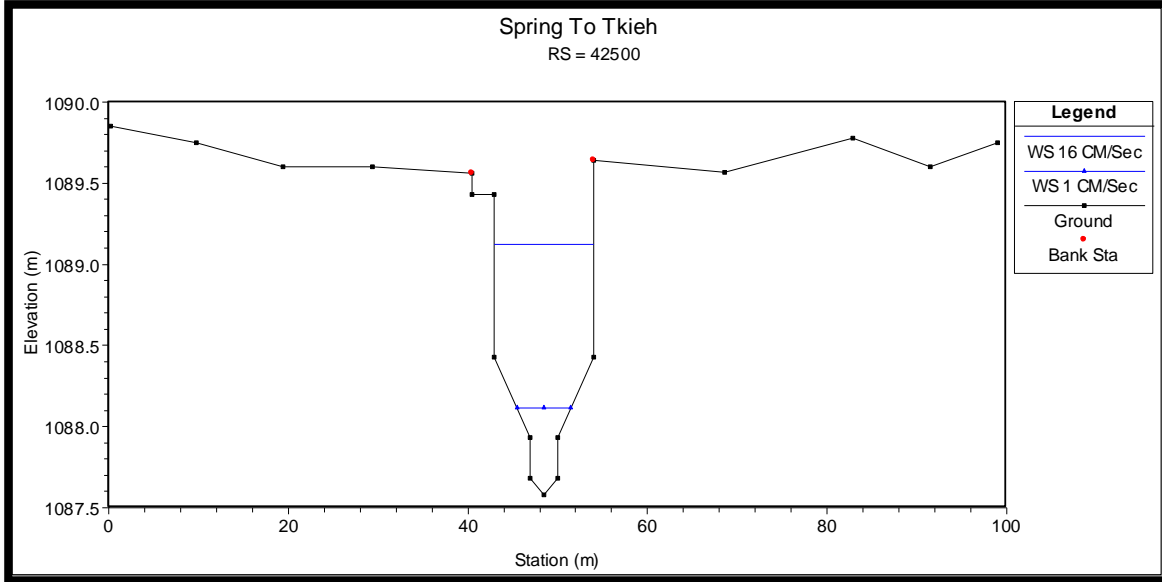
شكل 53 شكل ثلاثي البعد يوضح منطقة الغمر الثانية بعد التعديل

● البديل الثالث:

يتضمن البديل الثالث تعديلات على المجرى والضفاف تتضمن:

- توسيع وعميق طفيف للمجرى بحيث يكون قادراً على إمرار الغزارات العليا.
- إنشاء قناة للجريان الأصغري في النهر.

- إنشاء مسار جانبي للمشاة والدراجات الهوائية مع أسوار حماية ذات مظهر لائق بحيث تأخذ الضفة شكل حديقة مطلة على النهر بعرض أصغر للمسار يبلغ 4 أمتار قابلة للتوسيع بالاتجاه البعيد عن مجرى النهر.
 - إنشاء نقاط وصول إلى النهر محدودة ومحمية لإجراء عمليات تنظيف وصيانة المجرى إضافة للسماح للزوار بالاتصال المباشر مع الماء.
 - استخدام مواد محلية لحماية الضفاف من الحت ونقل الرسوبيات مع الحفاظ على نفوذية قاع النهر لاستمرار التبادل مع المياه الجوفية.
 - يقترح العمل على إيجاد أسلوب ملائم لتغطية المجرى والضفاف باستخدام أشجار أو نباتات مناسبة لتحسين الجو العام لزوار النهر وتخفيض قيم التبخر الناتج عن الإشعاع الشمسي.
- شكل المقطع المقترح المتكرر في حال مرور الغزارة الصغرى والعظمى:

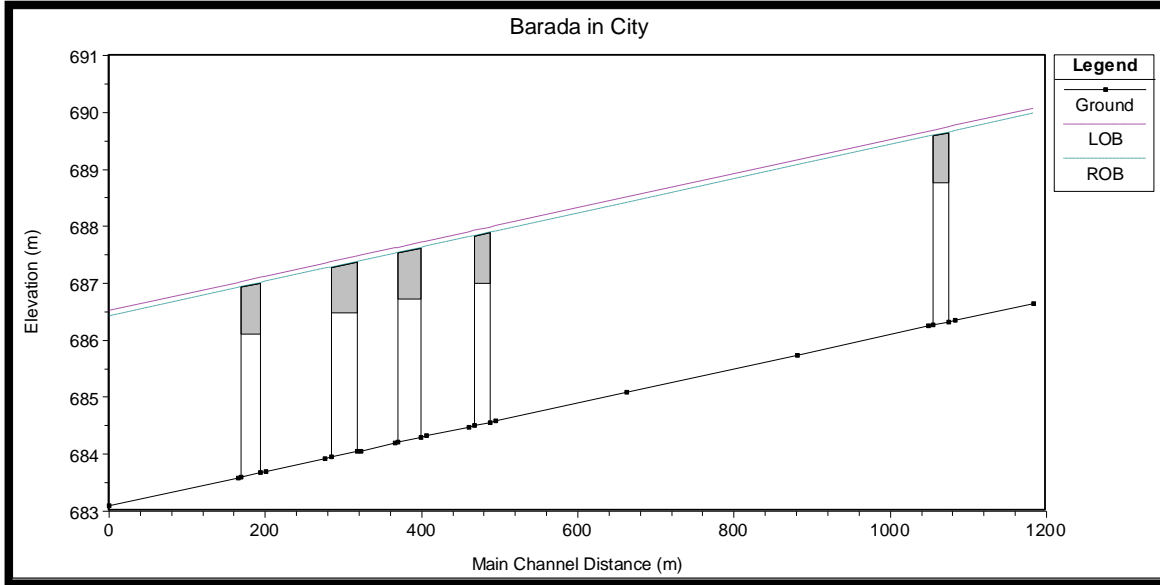


شكل 54 شكل المقطع المقترح المتكرر في حال مرور الغزارة الصغرى والعظمى

ولم يلاحظ وفق هذا التصميم أي غمر للضفاف وفق الغزارة العليا المعتمدة

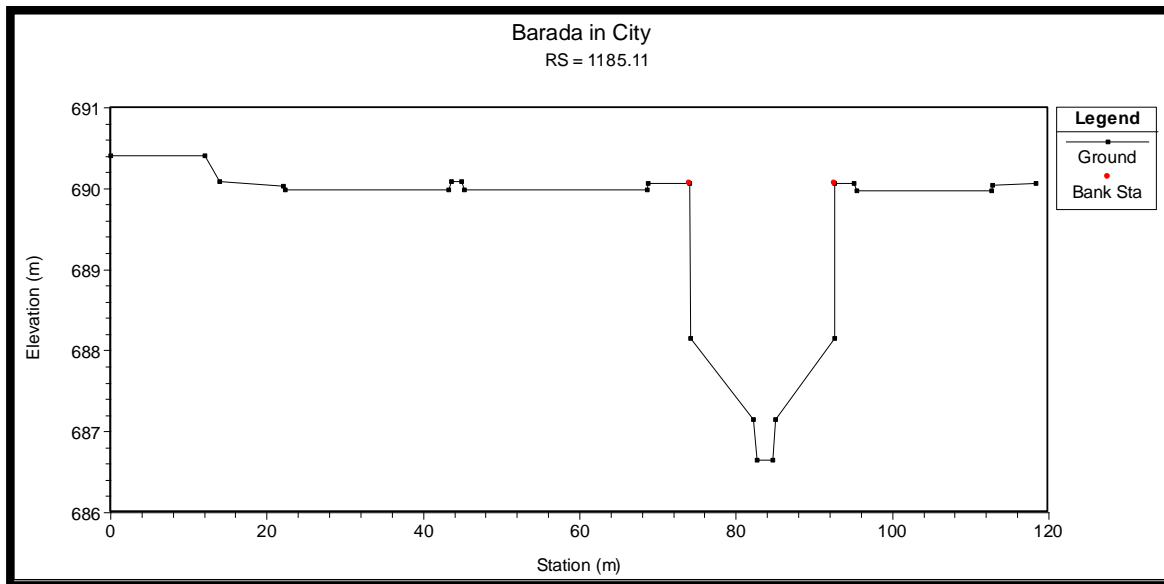
2. المنطقة الثانية

شكل المقطع الطولي موضحاً عليه مواقع الجسور الخمسة:



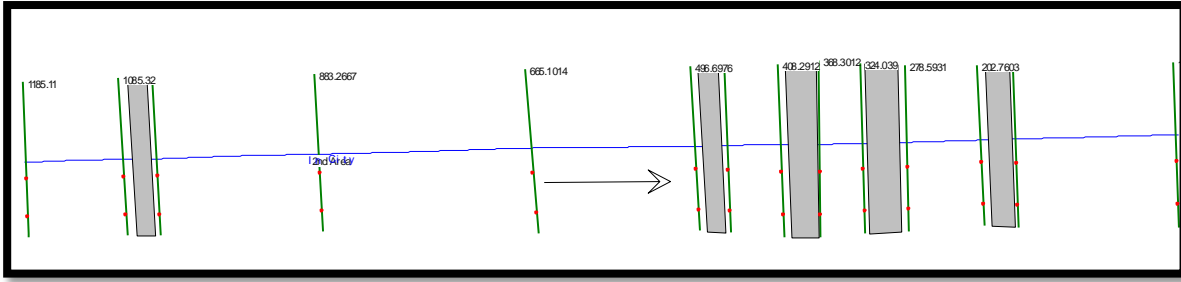
شكل 55 مقطع طولي في المجرى بمنطقة الدراسة الثانية

شكل المقطع العرضي "متكرر على طول المجرى"



شكل 56 شكل المقطع العرضي في المجرى لمنطقة الدراسة الثانية

مسقط منطقة الدراسة الثانية



شكل 57 مسقط افقي لمنطقة الدراسة الثانية

- الشروط المحيطة:

نتيجة نقص البيانات أعلى وأدنى منطقة الدراسة تم الاكتفاء بتزويد البرنامج بميل قاع النهر أعلى وأدنى النهر واعتبار عمق الماء أعلى وأدنى النهر هو العمق النظامي الذي يتم حسابه تلقائياً من قبل البرنامج.

- بيانات الغزارة:

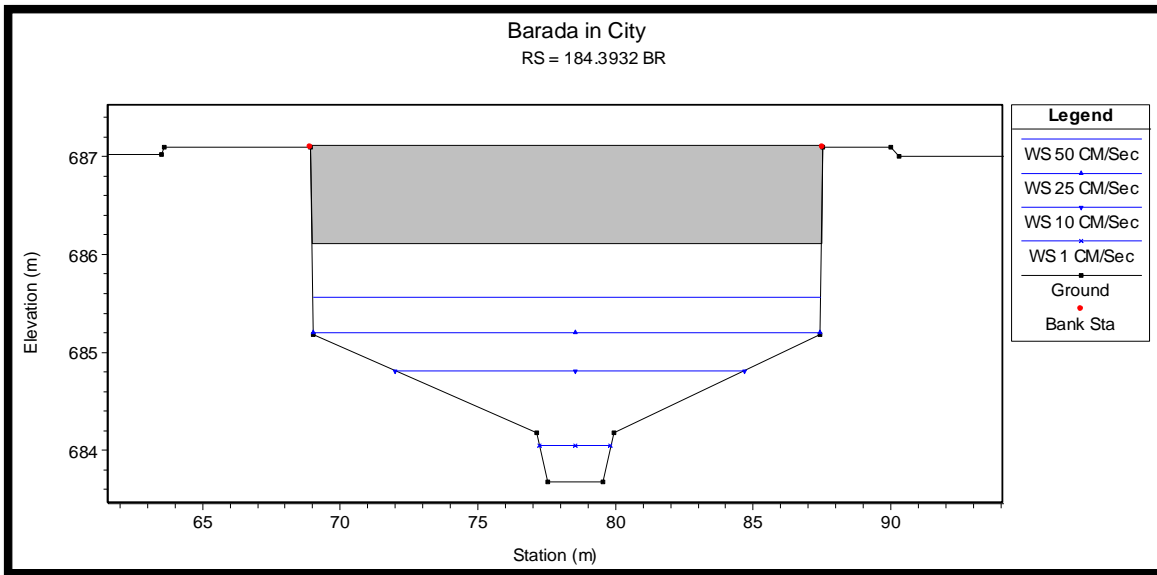
لا يوجد قياسات متوفرة لدى وزارة الري حول الغزارات العظمى المارة في هذا المقطع من النهر تحديداً بالرغم من أنه يقع في قلب العاصمة دمشق وحصل سابقاً عدة حوادث غمر في هذه المنطقة إلا أنها لم توثق رقمياً لدى الجهات المعنية. إلا أن النموذج قادر على إعطاء القيمة العظمى للغزارة التي يمكن إمرارها في المجرى بوضعه الحالي دون حدوث غمر للضفاف وتجاوزت الغزارة الناتجة 50 م³/ثا. إلا أن ذلك لا يعني أن المجرى قادر في الواقع على إمرار هذه الغزارة نتيجة للاختناق الحاصل في المنطقة المغطاة منه تحت جسر فيكتوريا وساحة المرجة.

تم كذلك تشغيل النموذج عند إمرار جريان مستقر بغزارات 1 م³/ثا ، 10 م³/ثا ، 25 م³/ثا لبيان منسوب الماء المقابل لهذه الحالات وفق البديلين المعتمدين.

- البدائل:

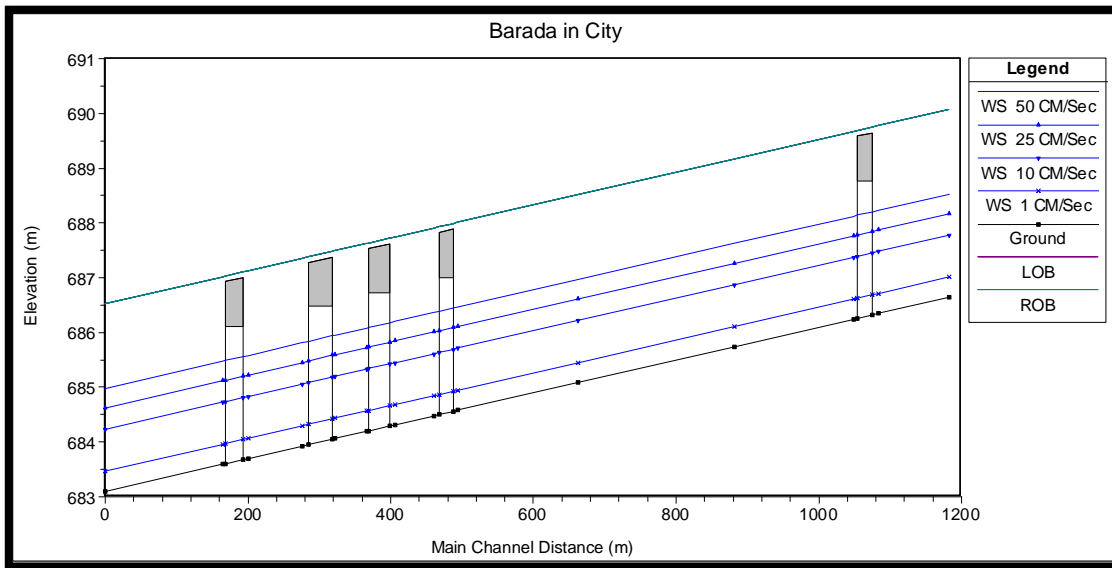
○ البديل الأول : عدم القيام بأي تعديل على المجرى مما يعني بقاء مقطع النهر على شكله الحالي ويتضح من خلال النموذج الغزارة العليا التي يسمح المجرى الحالي بمرورها دون حدوث غمر للضفاف.

شكل المقطع العرضي مقابل التكية السليمانية عند مرور الغزارات الأربع المعتمدة



شكل 58 مقطع عرضي للمجرى في منطقة الدراسة الثانية

نلاحظ أن المقطع الحالي للنهر قادر على تمرير غزارة عليا تبلغ 50 م³/ثا دون تلامس بين سطح الماء والجسور المقامة على النهر في هذا الجزء وهو ما يظهر كذلك في المقطع الطولي للمجرى:



شكل 59 مقطع طولي في المجرى يوضح المنسوب المقابل لعدة غزارات

○ البديل الثاني:

ويتمثل بالنقاط التالية:

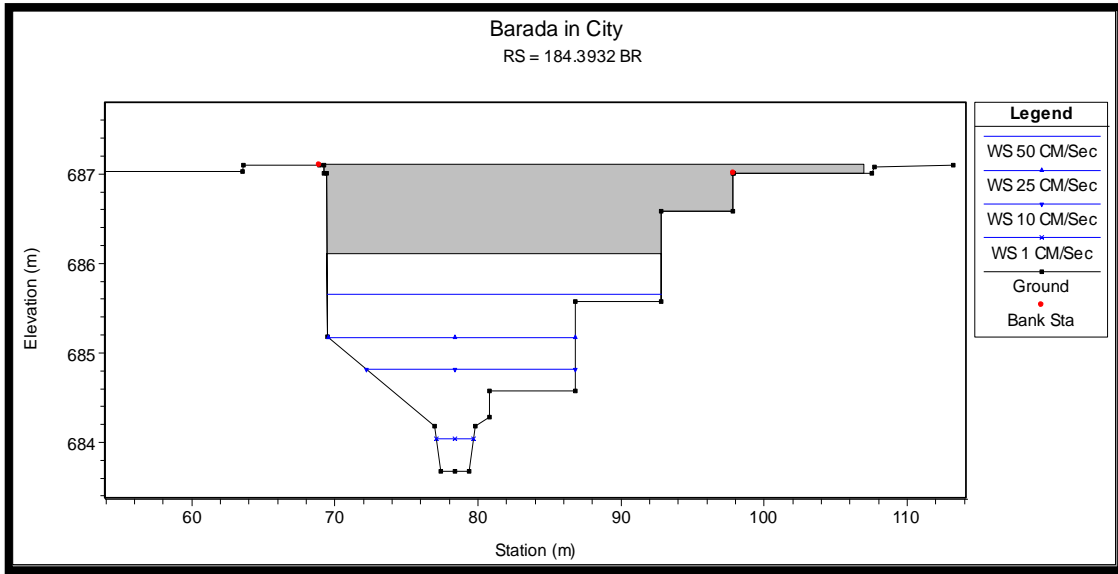
- يتضمن تحويل الضفة اليمنى للنهر إلى حديقة بعرض يقارب 20 متر وتخفيض منسوب الضفة فيها بشكل تدريجي مع الاقتراب من النهر بحيث يصبح من الممكن الوصول لمجرى النهر في نقاط محددة.
- يتيح هذا البديل حلاً إضافياً لمشكلة المرور في المدينة باستخدام مسار خاص للمشاة والدراجات الهوائية كما يمكن العمل على استثمار المشروع إعلانياً بنشر عدد من اللوحات الإعلانية ذات المظهر اللائق.
- استثمار المشروع تجارياً من خلال العمل على جذب الاستثمارات المختلفة والسماح بأكشاك مرخصة ذات مظهر حضاري
- العمل على إحداث اتصال بين هذا المشروع ومشروع وردة مسار الذي يتم تنفيذه حالياً وتحقيق الاتصال مع منطقة المتحف الوطني والتكية السليمانية.
- لا يسمح للمياه بالتوقف عن الجريان في هذا الجزء عن طريق إنشاء خزان صناعي في آخر نقطة من هذه المنطقة بحجم ملائم وضخ المياه باتجاه أعلى النهر حتى ساحة الأمويين وذلك في فترات الجفاف الشديد. يمكن تقسيم الخط الراجع إلى عدة أجزاء كل منها يعتمد على خزان خاص ويمتلك آلية تنظيف وتنقية للمياه.
- العمل على تغطية جزء كبير من مجرى النهر بظل الأشجار الملائمة أو باستخدام ألواح الخلايا الشمسية والغاية من ذلك تقليل التبخر إلى الحدود الدنيا الممكنة وتحسين المظهر العام. ويتوجب اختيار نباتات ملائمة تتحمل الظروف الجوية القاسية وتعطي مظهراً لائقاً وتحقق العديد من الشروط الملائمة لموقعها في مركز المدينة.
- دراسة إعادة إحياء الخط الحديدي المحاذي للنهر بين منطقة المرجة والربوة وتحديد المنسوب الملائم للسكة الحديدية والبعد الملائم لها عن مجرى النهر.



شكل 60 تصميم المجرى عند مرور الغزارة الدنيا



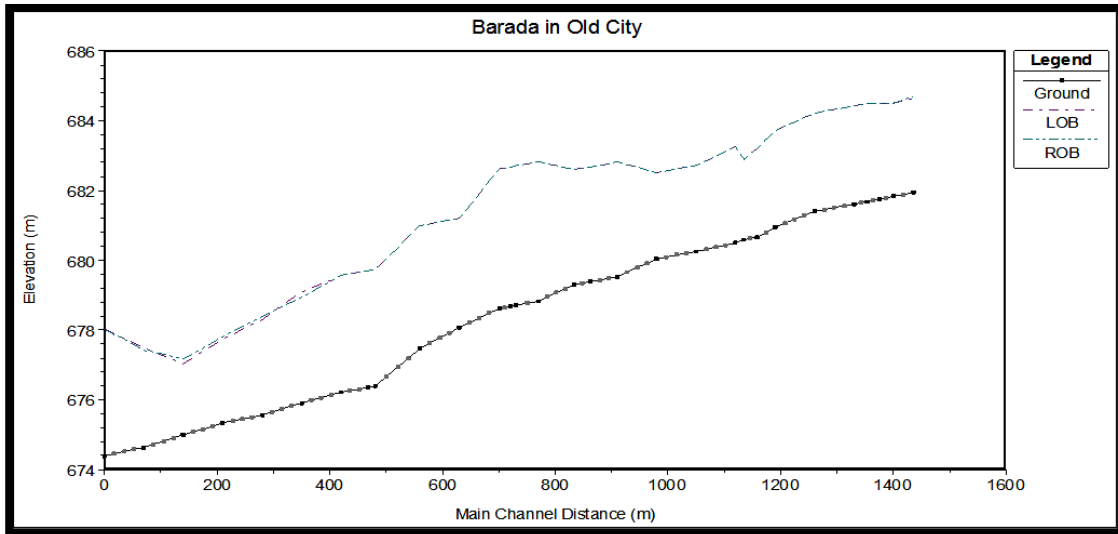
شكل 61 شكل المجرى عند مرور غزارة متوسطة



شكل 62 مقطع عرضي في المجرى يوضح التعديلات التصميمية المقترحة والمناسيب المقابلة لعدة غزارات

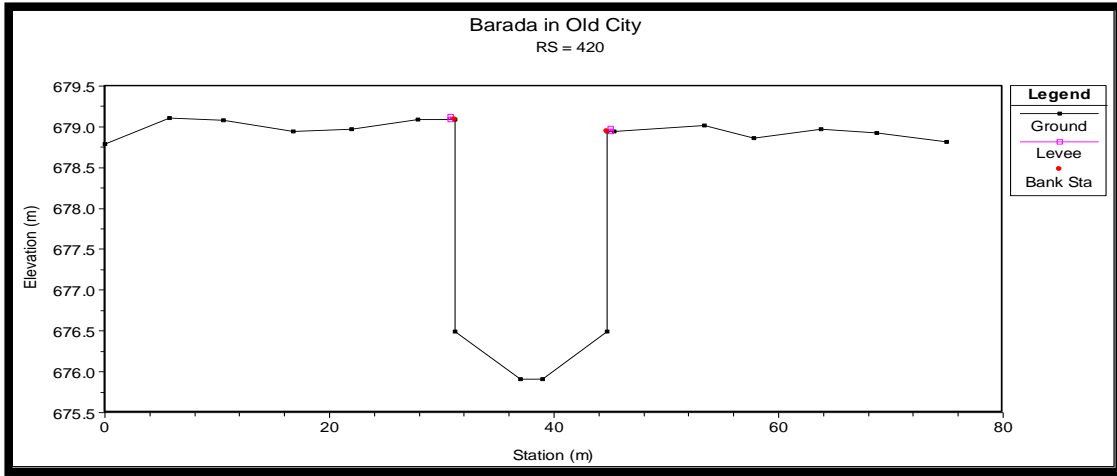
3. منطقة الدراسة الثالثة:

الممتدة بين شارع الثورة وجسر باب توما بطول نحو 1500 م وفيما يلي شكل المقطع الطولي:



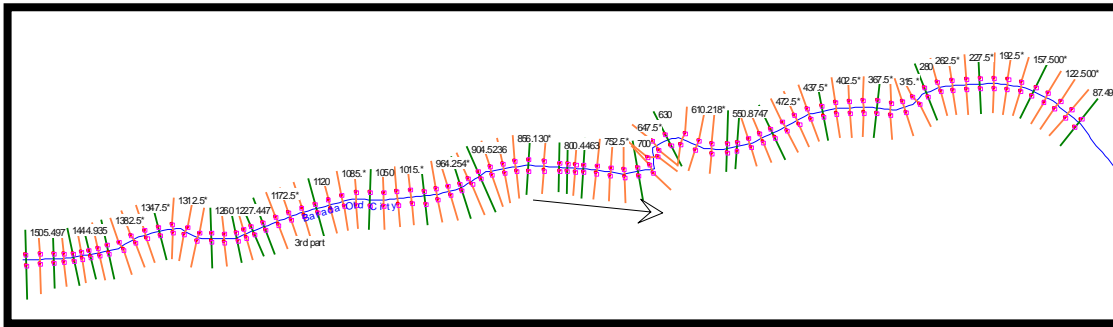
شكل 63 مقطع طولي في المجرى للمنطقة الثالثة

شكل المقطع العرضي المتكرر



شكل 64 شكل المقطع العرضي المتكرر في المجرى للمنطقة الثالثة

مسقط منطقة الدراسة الثالثة ضمن بيئة HEC-RAS



شكل 65 مسقط افقي لمنطقة الدراسة الثالثة

● الشروط المحيطة:

نتيجة نقص البيانات المتعلقة بطبوغرافيا المجرى خارج منطقة الدراسة من الجهتين العليا والدنيا تم الاكتفاء بتزويد البرنامج بميل قاع النهر أعلى وأدنى النهر واعتبار عمق الماء على طرفي المجرى العلوي والسفلي هو العمق النظامي الذي يتم حسابه تلقائياً من قبل البرنامج بالاعتماد على الميل 0.003 الوارد في مخططات محافظة دمشق.

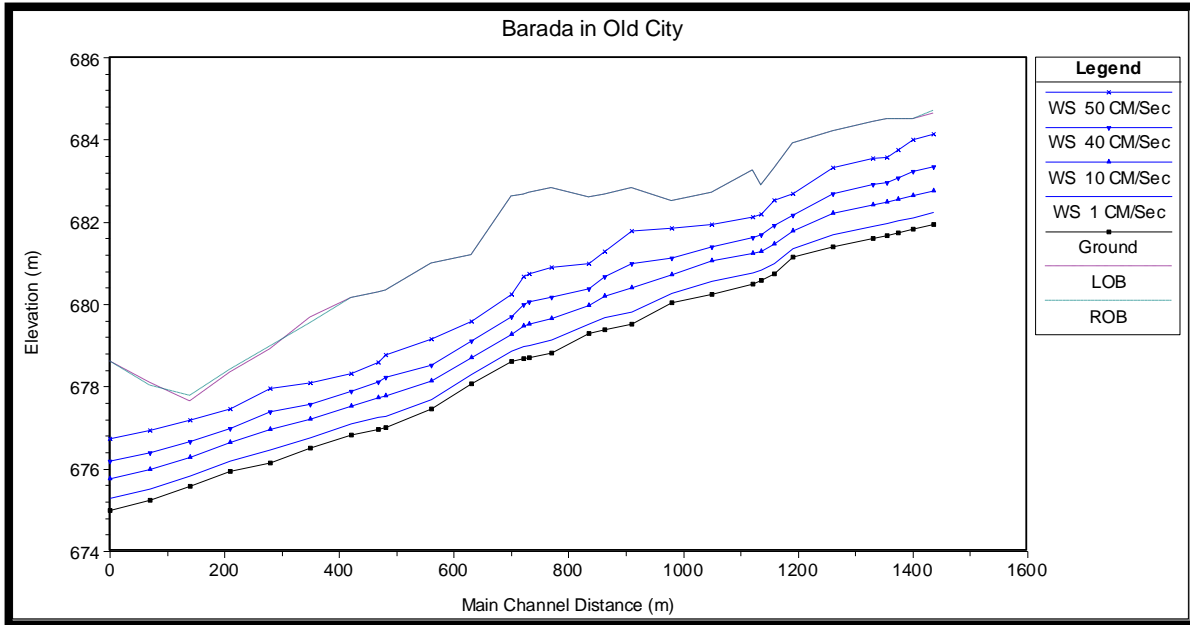
● بيانات الغزارة:

لا يوجد قياسات متوفرة لدى وزارة الري حول الغزارات العظمى المارة في هذا المقطع من النهر إلا أن النموذج قادر على إعطاء القيمة العظمى للغزارة التي يمكن إمرارها في المجرى بوضعه الحالي دون حدوث غمر للضفاف وكذلك الأمر تجاوزت الغزارة الناتجة 50 م³/ثا. وتم

كذلك تشغيل النموذج عند إمرار جريان مستقر بغزارات 1 م³/ثا ، 10 م³/ثا ، 40 م³/ثا لبيان منسوب الماء المقابل لهذه الحالات. ويتوجب ملاحظة أن الغزارات الفعلية التي يمكن إمرارها في هذا الجزء من المجرى تتعلق بشكل مباشر بالاختناق الحاصل تحت ساحة المرجة في المنطقة الواصلة بين جسر فيكتوريا وشارع الثورة.

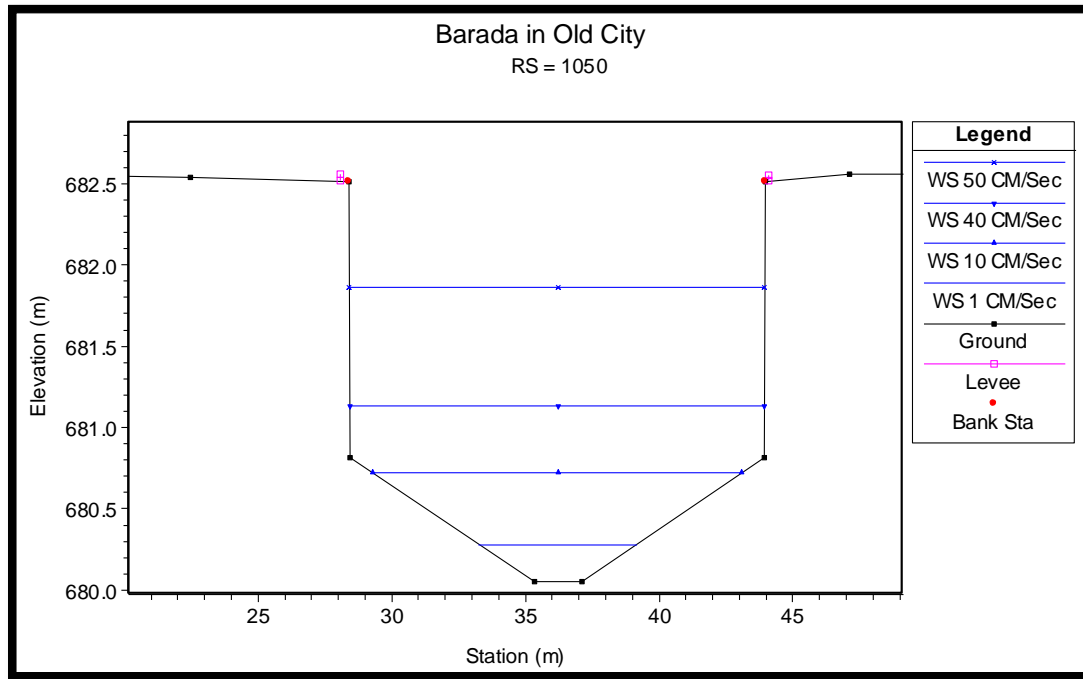
● البدائل:

○ البديل الأول : عدم القيام بأي تعديل على المجرى مما يعني بقاء مقطع النهر على شكله الحالي ويتضح من خلال النموذج الغزارة العليا التي يسمح المجرى الحالي بمرورها دون حدوث غمر للضفاف.



شكل 66 تغير المنسوب المقابل لعدة غزارات على طول المجرى

يظهر في الشكل التالي مقطع عرضي للنهر في وضعه الحالي عند مرور الغزارة العليا وبعض الغزارات المختارة.



شكل 67 المنسوب المقابل لعدة غزارات موضحاً على المقطع العرضي

○ البديل الثاني:

لم يكن من السهل التوصل إلى تصميم عملي وفعال للمقاطع في هذا الجزء من النهر بسبب القيمة التاريخية للمدينة القديمة والتداخل مع عدد كبير من الأبنية التي تمتد على طول هذا الجزء من المجرى. إلا أنه من الضروري الوصول إلى قناعة بجدوى العمل أولاً ومستوى التغيير المطلوب ثانياً.

لم يتم وضع مقاطع تصميمية تفصيلية لهذا الجزء إلا أن التغييرات المقترحة وفقاً لهذا البديل تتضمن:

- أ- العمل على تسوية قانونية عادلة لأصحاب المصالح والعقارات والمنشآت المقامة في حرم النهر ووضع خطة عملية قابلة للتنفيذ ومحددة زمنياً لذلك.
- ب- توسيع أحد أو كلا الضفتين والتدرج في المنسوب عبرها مع دراسة مسارات المشاة والدراجات الهوائية.
- ت- تزويد المسار بمجموعة خزانات وبحيرات اصطناعية صغيرة والحفاظ على جريان مستمر باستخدام خطوط مائية راجعة في أجزاء من المجرى.

- ث- الاهتمام بالإخراج والتصميم المعماري لشكل الضفاف ومواد الإكساء والاندماج بالمحيط وطبيعة المدينة القديمة.
- ج- الاهتمام بوضع عدد كافٍ من الجسور عبر النهر للمشاة والدراجات الهوائية.
- ح- التشجيع على استثمار المباني المحيطة بالنهر للمشاريع السياحية الصغيرة والمتوسطة.
- خ- تنظيم الأعمال التجارية في المحيط القريب من الضفتين والاهتمام بأكشاك عرض المنتجات التقليدية.
- د- دراسة خيارات زراعة النباتات المختلفة على الضفتين لتحسين المظهر العام.
- ذ- العمل على إيجاد ظل كافٍ للمشاة ولتقليل التبخر بأساليب متنوعة كالنباتات أو الألواح الشمسية.
- ر- الاهتمام الشديد بنوعية المياه والتأكد من وجود آليات تنقية فعالة لمنع تراكم الفضلات تحول النهر من جديد إلى مكب للنفايات ومصدر للروائح الكريهة والحشرات والأمراض.
- ز- الاهتمام الشديد بتطبيق القوانين الناظمة ومعاقبة الملوثين والمتعدين على حرم النهر.
- س- يمكن تقسيم العمل في هذا المسار إلى عدة أجزاء وطرح عدة مسابقات تصميمية عالمية ووطنية للحصول على تصور جيد لجميع الإمكانيات.
- ش- الاهتمام بمناقشة الأهالي وأصحاب العقارات والحصول على آرائهم والإدارة الجيدة لتسويق المشروع وبيان فوائده وتكوين رأي عام فعال وبناءً في هذا الإطار.

الفصل السادس

مناقشة البدائل والمقترحات والتوصيات

- مناقشة النتائج والبدائل:
 - لمنطقة الدراسة الأولى
 - لمنطقة الدراسة الثانية والثالثة
- خطة عمل لنهر بردى بالكامل
- المقترحات والتوصيات العامة لمشاريع تنظيم وإعادة تأهيل المجاري المائية واستعادتها
- مقترحات للأبحاث المقبلة

مناقشة للنتائج التي تم التوصل إليها في مناطق الدراسة الثلاث إضافة للمقترحات والتوصيات المتعلقة بكل منطقة والتوصيات التي يمكن تعميمها في ما يتعلق بتنظيم مجاري الأنهار والدراسات المستقبلية.

1- مناقشة النتائج والبدائل:

• منطقة الدراسة الأولى:

لازال الطابع الزراعي غالباً على المناطق المحيطة بمعظم مسار النهر في هذا الجزء، وذلك يقدم فرصة جيدة للتحكم بمجرى النهر وإجراء التعديلات المطلوبة عليه بشكل أسهل. تم في الجدول التالي عمل مقارنة بين البدائل المطروحة في الفصل السابق:

| نوع المقارنة | البديل الأول | البديل الثاني | البديل الثالث |
|---|---|--|--|
| من حيث تكاليف الإنشاء | لا يوجد تكاليف | تكاليف محدودة | تكاليف كبيرة |
| من حيث تكاليف الاستثمار والصيانة | لا يوجد تكاليف | تكاليف محدودة | تكاليف متوسطة |
| من حيث المردود الاقتصادي | لا يوجد مردود | لا يوجد مردود | قابل للاستثمار إعلانياً وتجارياً وسياحياً |
| من حيث سهولة التنفيذ | ليس بحاجة لأي إجراءات | عمليات محدودة حفر وردم وتدعيم ورفع للضفاف في مناطق محدودة على طول المجرى | بحاجة لعناية في اختيار مواد التنفيذ والتدعيم والكثير من أعمال الحفر واختيارات ملائمة لإكساء المجرى والمسار الأخضر المقترح |
| من حيث الفائدة المضافة | لا يوجد | حماية من لفيضان | حماية من الفيضان فائدة بيئية طريق مواصلات جديد استثمار سياحي اقتصادي اجتماعي |
| من حيث التأثير على المورد المائي والنظام النهري | يبقى المجرى على حاله وهو عرضة للتعديلات المستمرة حتى الآن | تأثير محدود نتيجة رفع الضفاف يمكن حماية المجرى من التعديلات بتثديد إجراءات الحماية وملاحقة المخالفين | تغيرات مقبولة في سرعة الجريان "قابلية للقياس باستخدام النموذج الذي تم إنشاؤه" تغير في التبادل مع المياه الجوفية "لا يمكن تحديده في إطار هذه الدراسة" تغير في شكل المجرى تغير في البيئة المحيطة ونوعية النباتات زيادة عدد الزوار قد تأتي بنتائج سلبية على المجرى في حال عدم وجود مراقبة وصيانة مستمرة النباتات المقترح زراعتها يمكن أن تزيد التنوع الحيوي في المنطقة المحيطة بالنهر |

جدول 4 مقارنة البدائل الثلاث لمنطقة الدراسة الأولى

برأيي الشخصي ونتيجة لمقارنة البدائل الثلاث المقترحة الواردة في الفصل الرابع يتضح أن هذه المنطقة وإن لم تكن ذات أولوية مقارنة بالمنطقة الثانية والثالثة فهي تقدم فرصة نادرة لإنشاء مشروع رائد على المستوى البيئي والاقتصادي في حال اعتماد البديل الثالث .

- منطقة الدراسة الثانية والثالثة:

تتميز هاتان المنطقتان بالطابع الحضري فالمنطقة الثانية تعبر مركز مدينة دمشق ويحيط بها العديد من المنشآت والطرق الحيوية أما المنطقة الثالثة فتعبر مركز المدينة التاريخي وتحيط بها العديد من المنشآت المتلاصقة شديدة القدم. كانت البدائل المطروحة بالاعتماد على أمثلة لمشاريع عالمية منها ما تم تنفيذه ومنها ما هو في مراحل التصميمية حتى الآن. وعند النظر إلى هذه البدائل نجد أن أهم ما تعانيه من صعوبات وعقبات هو مايلي:

- ارتفاع تكاليف الإنشاء وصعوبة التنفيذ نتيجة الحاجة لأعمال حفر تمتد على مسافات طويلة والتداخل الشديد مع العديد من المنشآت خاصة في المنطقة الثالثة مما قد يستدعي اللجوء إلى حلول هندسية مبتكرة وإزالة عدد من المنشآت.
- الحاجة للحصول على موافقة عدد كبير من الجهات المعنية صاحبة المنشآت القريبة من مكان التنفيذ.
- الحاجة إلى تسويق البديل وإقناع الجهات صاحبة العلاقة بجدواه العملية والاقتصادية إضافة لتسويق البديل لدى الرأي العام.

وبالرغم من هذه العقبات إلا أن البدائل المقترحة تقدم كذلك فرصة يتوجب اغتنامها لتطوير مركز المدينة وأحد أهم شوارعها ليس من الناحية الجمالية وحسب بل أيضاً من حيث ما تقدمه من فوائد إضافية كطرق المواصلات الرديفة والاستثمار الإعلاني والتجاري. فيما يلي أهم الإيجابيات التي يقدمها البديل المقترح في حال تنفيذه:

- حل إضافي للازدحام المروري من خلال ثلاثة مسارات إحداها للمشاة والثانية للدراجات الهوائية والثالثة يمكن تخصيصها لإنشاء سكة حديدية. وجميع هذه المسارات صديقة للبيئة.
- إعادة الاعتبار لنهر بردى وإعطاؤه حلة جديدة بالاعتماد على النوافير والخطوط الراجعة للمياه إضافة لتزويده بنطاق أخضر مظل عليه مما يعني تحسين المظهر الجمالي ككل.
- تقليل مستويات التلوث:

- السمعي الناتج عن تقليل الاعتماد على السيارات.
- البصري الناتج عن الفضلات الصلبة والمياه الأسنة التي كانت تشغل حيزاً من مقطع النهر.
- الهوائي نتيجة الاعتماد على وسائل مواصلات صديقة للبيئة.

○ إمكانية الحصول على مردود اقتصادي للمسار المقترح من خلال:

- تزويد أجزاء محددة من المسار بأكشاك نظامية على مستويات آمنة يتم تأجيرها.
- تزويد المسار بلوحات إعلانية ذات مظهر لائق يعود ريعها لأعمال الصيانة.
- إقامة فعاليات دورية تدعم استمرارية المشروع وتسوق لمشاريع مماثلة برعاية مؤسسات وشركات مختلفة.

○ الجانب الترفيهي والثقافي والاجتماعي:

تقدم هذه البدائل طيفاً واسعاً من النشاطات التي يمكن أن يقوم بها الزوار وخاصة النشاطات التي تتضمن اتصالاً مباشراً مع المياه إضافة لتحسين المظهر العام للزوار والقاطنين في المناطق القريبة وتأمين مساحات مفتوحة خاصة في هذه المناطق شديدة الازدحام والسماح بنشاطات فنية وثقافية والترويج لها في الهواء الطلق بحيث تتحول الضفة النهر إلى نقطة جذب مركزية للنشاطات الثقافية والاجتماعية.

○ تحسين العلاقة بين المجتمع والنهر بيئياً وبصرياً.

جدير بالذكر فيما يتعلق بتبادل المياه بين مجرى النهر والمياه الجوفية ضرورة الحفاظ على هذا التبادل خاصة في منطقة الدراسة الأولى والتي أظهرت بياناتها المأخوذة عن دراسة أكساد 2008 أن حجم المياه الواردة من المياه الجوفية على طول مجرى النهر حتى سد التكية يزيد في بعض الأشهر على غزارة نبع بردى "جدول 3" لذلك يتوجب انتقاء مواد الإكساء بعناية خاصة للحفاظ على التغذية من المياه الجوفية للنهر.

2- خطة عمل نهر بردى:

تنضوي هذه الخطة على تعاون وثيق بين جامعة دمشق كمؤسسة تعليمية والجهات الرسمية القائمة على النهر ممثلة بوزارة الموارد المائية ومحافظة دمشق وريفها ووزارة الإسكان. وتتألف من مرحلتين:

● المرحلة البحثية:

تتم في إطار جامعة دمشق ويتم من خلالها العمل على مجموعة كبيرة من الأبحاث الموجهة لتخدم مشروع إعادة تأهيل نهر بردى وذلك يتطلب:

- مجموعة من الأبحاث في كلية الهندسة المدنية بدمشق تركز على الموارد المائية لمدينة دمشق والتصور المستقبلي لها والبحث في خصائص فروع نهر بردى كلها ووضع مقترحات لتحسينها من وجهة نظر هندسية وبيئية ووضع حلول جديدة لأساليب النقل والمواصلات التي يمكن أن تتأثر بهذا النوع من المشاريع إضافة لدراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع متكامل في هذا الإطار أو عدد من المشاريع الجزئية المتكاملة فيما بينها والتركيز على الأساليب صديقة البيئة والاستدامة في إدارة الموارد.
- مجموعة من الأبحاث في كلية الهندسة المعمارية بدمشق تركز على الاستفادة المثلى من المساحات المحيطة بالمجرى وتقديم الحلول من وجهة نظر التصميم الحضري.
- لا يمكن لهذه المرحلة أن تتم بدون تعاون كامل واهتمام شديد من قبل الجهات الرسمية التي تمتلك البيانات الضرورية لهذه الأبحاث والتي بإمكانها تقديم التسهيلات والمقترحات والتوجيهات لمجالات البحث وذلك يتطلب رفع مستوى التعاون بين إدارة جامعة دمشق والعديد من المؤسسات والوزارات.
- يمكن كذلك الأمر الإعلان عن مسابقات للتصميم والحلول الهندسية المتعلقة بإعادة إحياء نهر بردى وهذا الأسلوب متبع في مختلف أنحاء العالم.

● المرحلة التنفيذية:

بالاتفاق بين الجهات الرسمية والجهات البحثية يتم وضع النقاط العامة التي يجب التقيد بها في المشروع المعتمد ثم يتم المباشرة في آليات التنفيذ المعتمدة لدى الجهات الحكومية. ويمكن في هذا الإطار تقسيم المشروع إلى عدد من الأجزاء مكانياً وعدد من المراحل الزمنية والاهتمام بمراقبة أعمال التنفيذ وجودتها والعمل على الإعلان عن كل جزء تم إنجازها ودعمه إعلامياً كمشروع مستقل والترويج لبقية الأجزاء التي لم يتم إنجازها والاهتمام الأكبر بالاستثمار والصيانة.

3- المقترحات والتوصيات العامة لمشاريع تنظيم وإعادة تأهيل المجاري المائية واستعادتها:

- التفكير بالمصدر المائي من ناحية شمولية والتأكيد على أن المشروع المقترح لا يقوم باستهلاك المورد المائي الذي يجب تخصيصه لمشاريع أكثر كفاءة اقتصادياً وحيوياً.

- التواصل مع الجهات المالكة للأراضي الملاصقة لحرم النهر والمؤسسات ذات الصلة والتوصل إلى تصور نهائي لطبيعة الاستثمارات في المنطقة سواء كانت زراعية أو سكنية أو تجارية أو سياحية.
- اختيار شكل المقطع الذي يدعم طبيعة الاستثمارات المختارة "يمكن تغيير نمط الاستثمار وبالتالي شكل المقطع على طول المجرى لأكثر من مرة"
- العمل على تحديد الهيئة المؤسسية والإدارية ذات الصلاحية لإدارة عملية إزالة التعديات السابقة ومباشرة عملية التنظيم ومتابعة الاستثمار والصيانة.
- إيلاء أهمية خاصة لجودة إدارة حرم النهر وتفعيل القوانين المتعلقة به.
- يمكن بناء على التمويل المتوفر تقسيم عملية إعادة التنظيم إلى عدة خطوات ومراحل تطبق على كامل المسار في المنطقة أو على أجزاء منها.
- يمكن مثلاً الاكتفاء كمرحلة أولى بإزالة التعديات عن كامل المجرى وملاحقة المخالفين وجذب الاستثمارات والتمويل اللازم لتنفيذ المراحل التالية. عند توفر التمويل يمكن البدء بتنفيذ المشروع على مسافات جزئية من المسار والاهتمام بالدعم الاعلامي للمشروع وإظهار نتائج كل جزء والعمل على تلافي الأخطاء التي يمكن أن تظهر عند تنفيذ واستثمار أي جزء.
- تحسين مسارات المشاة: خاصة للوصول إلى أطراف النهر والاتصال بشبكة النقل الموجودة مسبقاً إضافة لمسارات الدراجات الهوائية.
- العناية بالعناصر الترفيهية: مكان ملائم لعدد من النشاطات الترفيهية التي تحتاج مساحات واسعة تمتد بمحاذاة مجرى النهر.
- اختيار مادة الإنشاء: يجب الاهتمام بمادة الإنشاء من وجهة نظر معمارية بحيث يفضل عادة استخدام المواد السائدة في منطقة المشروع في محاولة لإعادة المظهر الطبيعي للنهر أو دمجها بالمحيط وطبيعة الإنشاءات الموجودة مسبقاً.
- توفير مساحات مخصصة للعامة: بحيث تكون مدروسة تبعاً للنشاطات المتوقعة فيها كما يمكن أن يتضمن ذلك أبنية ومراكز ترفيهية ومناطق للاستراحة.
- الخصائص الطبيعية للنهر: يجب أن يبقى النهر قريباً من حالته الطبيعية حيث يمكن إضافة منخفضات تقوم بتجميع مياه النهر بشكل بحيرات صغيرة مع الحفاظ على مجرى النهر والاهتمام بالاتصال بين المسطحات المائية واليابسة.

- المزروعات: يجب أن تتحمل الشروط التي يفرضها وجود النهر واحتمال ارتفاع منسوبه مع استمرارها بتكوين شكل طبيعي جذاب أي أن اختيارها يجب أن يكون مبنياً على المظهر العام وقدرة التحمل.
- الميزات المائية: يشكل الماء صلة الوصل بين عناصر المشروع لذلك يجب العمل على الحفاظ على جريان دائم في المجرى المائي حتى في فترات الجفاف التام باعتماد أساليب هندسية صناعية . ويمكن استخدام النوافير في عدة أجزاء من المجرى.
- إعطاء المشروع الشكل العام للحدائق.
- الاهتمام بالقدرة على استخدام المشروع في أغراض إعلانية وتسويقية بحيث تقدم هذه النشاطات دعماً مادياً يساهم في الحفاظ على استمرارية المشروع.
- الحفاظ على العناصر التاريخية المجاورة وأخذها بالحسبان عند التخطيط.
- وضع خطط مفصلة لحالات الفيضان والطوارئ وتحديد الجهة المسؤولة عن التعامل معها.
- تأهيل المختصين بالهندسة النهرية لدى المؤسسات التعليمية والجهات المهنية:

يتوجب على المهندس العامل في مجال الأنهار أن يكون حاصلاً على خبرة عملية فيما يتعلق بتصميم وإنشاء ومراقبة التعديلات على مجاري الأنهار وأحواضها الصبابة وعليه أن يحوز فهماً تقنياً للهيدرولوجيا والهيدروليك وعمليات نقل الرسوبيات إضافة إلى متطلبات الإدخال للنماذج ومخرجاتها ومحدوديتها. حيث تتطلب أعمال الهندسة النهرية إجراء تعديلات فيزيائية على النظام النهري ومهمة المهندس في هذه الحالة تحقيق النتائج المرجوة وتجنب النتائج غير المطلوبة . ويمكن القول أن أهم المميزات المطلوبة في المهندسين العاملين في مجال تنظيم الأنهار وإعادة تأهيلها هي:

- القدرة على تصور الإجراءات اللازمة والمشاكل التي قد تواجهها أعمال تنظيم وإعادة تأهيل المجرى المائي.
- توقع استجابة النظام النهري وحوضه لهذه الإجراءات
- فهم العمليات الفيزيائية المتضمنة في هذه الاستجابة وخاصة فيما يتعلق بنقل الرسوبيات وتفاعلها مع المجرى.
- فهم شروط التصميم ومواد البناء المتوفرة وتقنياتها إضافة لمتابعة ومراقبة المشروعات أثناء وبعد تنفيذها.
- مقارنة هندسية وعلمية في وضع نماذج اختبار أولية.

○ معرفة بالعمليات الحقلية والإدارية المطلوبة لدعم ما سبق.

إن كل ما سبق يتطلب بحق تعاوناً وثيقاً بين الجامعة والمؤسسات القائمة على إدارة الأنهار ومجاريها بحيث يتمكن المهندسون من الحصول على التأهيل العلمي والعملية بالصورة المرجوة.

4- مقترحات للأبحاث المقبلة:

يمكن لجامعة دمشق أن تلعب دوراً هاماً في تكوين الأساس العلمي البحثي في مجال تنظيم مجرى نهر بردى بالكامل ويمكن تحقيق ذلك من خلال سلسلة ممنهجة من الأبحاث تستهدف أجزاء محددة من النهر ضمن إطار محدد لكل بحث ويمكن أن تنفذ هذه الأبحاث في إطار مجموعة من رسائل الدراسات العليا وأقترح التركيز على المواضيع التالية:

- آليات تقسيم المياه عند عقد المجاري المائية.
- دراسة خاصة باستشراق مستقبل نهر بردى في ظل تدهور الوضع المائي لمدينة دمشق.
- دراسة خاصة بكل فرع من أفرع نهر بردى بغرض التنظيم وإعادة التأهيل.
- دراسة الحلول المرورية في ضوء مقترحات إعادة إحياء نهر بردى.
- دراسة الوارد المائي من محطات الصرف المختلفة وإمكانية توجيهه لتغذية نهر بردى وفروعه.
- استخدام الخزانات الصناعية والخطوط المائية الراجعة للحفاظ على جريان دائم في المجاري المائية في المناطق الحضرية.
- مقارنة لآليات تقليل التبخر من المجاري المائية في المناطق الحضرية.
- بحث فعالية وآليات تنقية المياه للخزانات الصناعية المكشوفة صغيرة الحجم.

المراجع:

- Adler, R. (2007): Overcoming Legal Barriers to Hydrological Sustainability of Urban Systems in Cities of the Future. Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management. Washington D.C.: V. Novotny & P.R. Brown, IWA Publishing.
- Boone, C.G. & Modarres, A. (2006): City and Environment, Urban Stream Restoration Techniques. Center for Watershed Protection, Philadelphia. Available online at http://www.stormwatercenter.net/Slideshows/restoration_files/frame.htm, checked on 2010, August 26.
- Bruce M. Phillips (2006): Integrating Urban Design for Creek Restoration Projects, checked on 7/5/2014.
- Gary Brunner (2010): HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, checked on 10/1/2014.
- Gary Brunner, CEIWR-HEC (2010): HEC-RAS User's Manual, CPD-68, checked on 10/1/2014.
- Goodman, A.S. & Major, D.C. (1984): Principles of Water Resources Planning. New Jersey: Prentice-Hall.
- Hassan Radoine (2008): Urban Conservation of Fez-Medina: A Post-Impact Appraisal. In Global Urban Development 4 (1), checked on 9/28/2014.
- Helmer, Richard; Hespanhol, Ivanildo (1997): Water pollution control. A guide to the use of water quality management principles. 1st ed. London, New York: E & FN Spon.
- Jay O'Keeffe, Tom Le Quesne (2009): keeping rivers alive, checked on 7/5/2014.

- JICA (Japan International Cooperation Agency). 1996. Appendix C: Water Resources. In The Study on Development of Water Supply System for Damascus City, Phase I, vol. III. Published by Ministry of State for Environmental Affairs in the Syrian Arab Republic
- Joseph M. Wheaton (2005): Review of River Restoration Motives and Objectives. Southhampton U.K., checked on 8/24/2014.
- Khawlie, M. and Shaban, A. 2003. Desk Study Report on Lebanese-Syrian Shared Aquifers. Published by UN-ESCWA and BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). Beirut.
- Kim C.W. (2006): River Restoration in Korea.
- Kondolf G.M., Keller E.A. (Ed.) (1991): Management of Urbanizing Watersheds. California Watersheds at the Urban Interface. The Third Biennial Watershed Conference. University of California.
- Lamoreaux, P. E., Hughes, T. H., Memon, B. A. And Lineback, N. 1989. Hydrogeologic Assessment—Figeih Spring, Damascus, Syria. Environmental Geology, 13(2): p. 73-127.
- Petts G E. (1989): Perspectives for ecological management of regulated rivers. Alternatives in Regulated River Management. Boca Raton, Fla.: CRC Press, pp. 3–24.
- Remus, John (2010): River Engineering: Past, Present And Future. A Comprehensive Systems Approach, checked on 5/25/2014.
- RESTORE (2013): Rivers by design. Available online at <http://www.restorerivers.eu/LinkClick.aspx?fileticket=I5zgtMIsR%2bE%3d&tabid=2624>.

- Rutherford I.D., Ladson A., Tilleard J., Stewardson M., Ewig S., Brierley G., Fryirs K. (1998): Research and Development Needs for River Restoration in Australia. Canberra.
- Schanze J., Olfert A., Tourbier J.T., Gersdorf I., Schwager T. (2004): Existing Urban River Rehabilitation Schemes. Dresden.
- Selkhozpromexport. 1986. Water Resources Use in Barada and Auvage Basins for Irrigation of Crops. Published by Syrian Arab Republic; USSR; Ministry of Land Reclamation and Water Management. Moscow.
- Shields F.D., Copeland R.R., Klingeman P.C., Doyle M.W., Simon A. (2003): Design for Stream Restoration vol. 129, pp. 575–584.
- Simsek, Gul (Ed.) (2012): Urban River Rehabilitation as an Integrative Part of Sustainable Urban Water Systems. 48th ISOCARP Congress 2012. Turkey. Turkey.
- Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (BUWAL) (1997): Umwelt in der Schweiz (The Environment of Switzerland). Bern, Switzerland.
- The Great Soviet Encyclopedia, 3rd Edition (1970-1979). 2010, The Gale Group, Inc.
- UN-ESCWA and BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). 2013. Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. Beirut.
- Young-Nam LEE (2005): Cheonggyecheon Restoration And Urban Development. Available online at http://management.kochi-tech.ac.jp/PDF/IWPM/IWPM_Lee.pdf, checked on 9/28/2014.