

Aleppo University
Faculty of Agriculture
Department of Rural Engineering

جامعة حلب
كلية الزراعة
قسم الهندسة الريفية

استخدام برنامج EPANET

في تصميم خطوط الري بالتنقيط

Using EPANET Program In Designing of Drip Irrigation Laterals



دراسة أعدت لنيل شهادة البكالوريوس في الهندسة الزراعية
(قسم الهندسة الريفية)

Prepared by
Tammam I. Dayoub

إعداد
تمام ابراهيم ديوب

Supervision Of
Dr.eng. Faraj Naoum

بإشراف
د.م. فرج نعوم

2009 - 2008

الإهداء

MA

Tanmam.ma@yahoo.com

الفهرس

رقم الصفحة	الموضوع
الفصل الأول: المقدمة ومراجعة الأبحاث السابقة	
3	الدراسات المرجعية السابقة
3	الهدف من الدراسة
الفصل الثاني: المبادئ والمكونات الأساسية في برنامج EPANET	
4	1.2. ما هو EPANET
5	2.2. نافذة العمل في EPANET
10	3.2. نماذج عناصر الشبكة في EPANET
15	4.2. كيف نرسم شبكة توزيع المياه في EPANET
الفصل الثالث: إعدادات البرنامج	
16	1.3. الخصائص الافتراضية للمشروع
19	2.3. نموذج المحاكاة الهيدروليكي
الفصل الرابع: تطبيقات البرنامج في مجال تصميم خطوط الري بالتنقيط (النتائج والمناقشة)	
20	مثال (1) تصميم خط ري بالتنقيط
23	مثال (2) تصميم شبكة ري بالتنقيط بعدة خطوط
27	الخاتمة والتوصيات
28	المراجع
29	الملحق (I)
30	الملحق (II)
35	الملحق (III)
36	الملحق (IV)
41	الملحق (V)

الفصل الأول

المقدمة ومراجعة الأبحاث السابقة

يعد الماء من أهم عناصر ومقومات الحياة واستمرارها على سطح الكرة الأرضية، كما أنه يلعب دوراً هاماً في تكوين الترب، فالماء والأرض والبذرة والمناخ المناسب إضافةً إلى الإنسان تمثل أهم عناصر التنمية الزراعية، حيث أنه لا توجد زراعة في حال انعدام أي منهما، فالماء عامل محدد خاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة، لأن الماء أساس الحياة وعليه يركز إنتاج الغذاء في العالم، كما ويشكل أهم عناصر البيئة. إن توفر الماء يمثل عامل الحسم في التوسع الزراعي، كما يحتل الركن الأساسي في التنمية الاقتصادية والاجتماعية بكافة جوانبها وذلك من خلال استخدامه في ري الأراضي الزراعية.

ويمكن تقسيم طرق الري المتبعة في الأراضي الزراعية إلى ثلاثة أقسام وهي:

1. طرق الري السطحي: وتشمل الانسياب (الشرائح)، الغمر، الخطوط.

2. طرق الري تحت السطحي.

3. طرق الري الحديثة: تشمل الري بالرش والري بالتنقيط.

ومن أكثر الطرق التي يتم الحديث حولها اليوم طريقة الري بالتنقيط، حيث يتم إيصال الماء للنبات في هذه الطريقة بالقرب من منطقة انتشار الجذور بشكل بطيء على هيئة قطرات مستمرة أو منقطعة من منقطات ثابتة على امتداد أنبوب الري، يبلغ تصريف المنقطة الواحدة (2-10 L/h).

يتم نقل وتوزيع الماء في شبكة الري بالتنقيط من خلال أنابيب مغلقة تعمل تحت ضغوط منخفضة تبلغ 1 bar ويلاحظ في هذه الطريقة أن المياه ترطب التربة على شكل دائرة، أي أن جزءاً فقط من التربة يترطب بالماء وهو حول النبات فقط بينما تبقى التربة جافة في باقي المناطق.

ويتميز الري بالتنقيط عن غيره من طرق الري بعدة أمور هي:

1. كفاءة ري عالية مما يؤدي للتوفير الكبير بكميات المياه المستخدمة.

2. الحد من نمو الأعشاب الضارة.

3. إمكانية إضافة الأسمدة الذوابة مع مياه الري.

4. توفير الرطوبة في منطقة انتشار الجذور بشكل مستمر نظراً لطول فترات الري وتكرارها.

5. التقليل من مخاطر انجراف التربة في الأراضي المنحدرة.

6. عدم إعاقة العمليات الزراعية.

7. إمكانية استخدامها بمختلف الظروف الطبوغرافية.

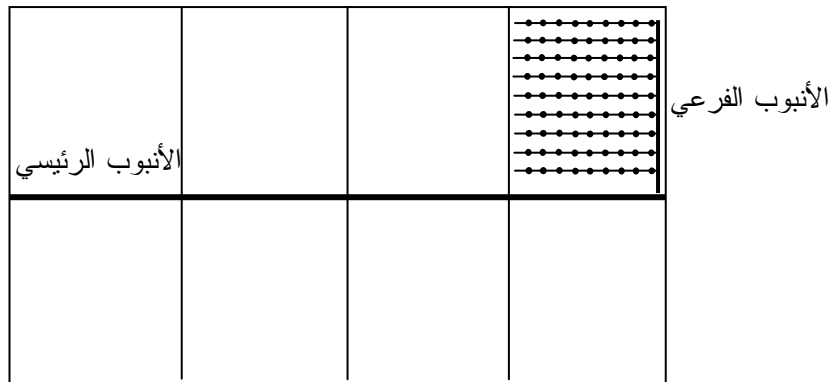
8. التقليل من عدد الأيدي العاملة اللازمة وسهولة التشغيل.

9. تناسب معظم الأشجار والمحاصيل ولمختلف فترات النمو.

أما أهم سيئات هذه الطريقة فهي:

1. الكلفة الأولية المرتفعة بالمقارنة مع باقي طرق الري.
 2. إمكانية انسداد المنقطات نتيجة للشوائب والأملاح الموجودة بالماء.
 3. تعرض الأشجار لخطر الاقتلاع عند هبوب رياح قوية بسبب عدم تعمق الجذور بالتربة.
- ويتألف نظام الري بالتنقيط من محطة الضخ ومركز التحكم ومن شبكة الأنابيب الرئيسية والفرعية وأنابيب التنقيط والمنقطات، إضافة للصمامات والأكواع والتجهيزات الضرورية الأخرى.
- **محطة الضخ:** لتوفير الضاغط اللازم للتغلب على قوى الاحتكاك والفواقد الإضافية نتيجة التجهيزات الثانوية للشبكة، وللتغلب على فروق الارتفاعات التضاريسية في الحقل، إضافة إلى تأمين الضغط اللازم لعمل المنقطات. كما يمكن الاستغناء عن المضخات إذا كان ارتفاع مصدر الماء في الحقل يكفي لتأمين ضاغط التشغيل المطلوب.
 - **وحدة التحكم:** وتتكون من عدد من التجهيزات مثل أجهزة الترشيح والتنقية، مقياس تدفق الماء، جهاز تنظيم وقياس الضغط، خزان السماد وخزان خلط الأسمدة الكيماوية. والعديد من الصمامات.
 - **شبكة الأنابيب:** تشتمل شبكة الري بالتنقيط على أنابيب رئيسية وفرعية (ثانوية) وأنابيب الري الحقلية.
1. الأنبوب الرئيسي (Main line): وهو الأنبوب الذي ينقل مياه الري من مصدرها إلى الأرض الزراعية، ويمكن أن يتفرع إلى أكثر من خط فرعي تبعاً للمساحة المزروعة.
 2. الأنابيب الفرعية (Sub-main lines): وهي تفرعات الأنبوب الرئيسي.
 3. الأنابيب الحاملة للمنقطات (Laterals): تتفرع عن الأنابيب الفرعية، ويتم تثبيت المنقطات عليها، تتراوح أقطارها بين (10-22 mm). تختلف المسافة بينها بحسب نوع المحصول المزروع والمسافة بين خطوط الزراعة.

الأنابيب الحاملة للمنقطات



الشكل (1) تخطيط أنابيب شبكة الري بالتنقيط

- **المنقطات:** تقوم بإيصال ماء الري من الأنبوب الحامل لها إلى منطقة انتشار الجذور. تصمم النقاطات بحيث تقوم بتخفيض ضغط الماء ليخرج منها بضغط يعادل الضغط الجوي، يتراوح تصريف المنقطات (2-10 L/h)، وتصنع من مادة البولي إيثيلين PE.

ويوصف تصميم نظام الري بالتنقيط بأنه العملية التي يتم من خلالها إيجاد عناصر النظام، مثل كمية المياه والطاقة وأطوال الأنابيب اللازمة وأقطارها. وعموماً تتم عملية التصميم من خلال الخطوات التالية:

1. حساب الاحتياجات المائية للمحصول.
2. اختيار المنقطات.
3. اختيار شبكة الأنابيب وتخطيطها.
4. تصميم شبكة الأنابيب.
5. إيجاد متطلبات الترشيح والتسميد وحساب قدرة الضخ الملائمة للنظام.

الدراسات المرجعية السابقة:

قام كل من (Todini and Pilati (1987) ومن ثم (Salgado (1988 باستخدام النظرية التي أسموها "نظرية التدرج" من أجل إجراء حسابات التدفق و الضياعات التي تميز الحالة الهيدروليكية لشبكة الأنابيب. والتي تم وصفها بشكل مشابه من قبل (Hamam and Brameller (1971 "نظرية التهجين" ومن قبل (Osiadacz (1987 "نظرية حلقة العقد لنيوتن".

الفرق بين هذه النظريات هو في الطريقة التي يتم بها تحديث قيمة التدفق في الأنابيب عند كل إجراء لاختبار المحاكاة الهيدروليكية لهذه الشبكة وذلك بناءً على قيمة ضاغط العدة التي يجدها البرنامج. ونظراً لكون نظرية Todini هي الأبسط فقد تم استخدامها في برنامج EPANET.

الهدف من الدراسة:

تصميم خطوط ري بالتنقيط باستخدام برنامج EPANET.

الفصل الثاني

المبادئ والمكونات الأساسية في برنامج EPANET

1.2. ما هو EPANET:

EPANET هو عبارة عن برنامج حاسوبي يقوم بمحاكاة هيدروليكية لتغير ضغط ونوعية المياه داخل شبكات الأنابيب لفترات زمنية طويلة.

تتألف هذه الشبكات من أنابيب، وصلات (نقاط التقاء الأنابيب)، مضخات، صمامات، وخزانات تكون مصدراً للماء وخزانات مستقبلية له. فيقوم هذا البرنامج بتتبع تدفق الماء في كل أنبوب، الضغط في كل عقدة، ارتفاع الماء في كل الخزانات، وتركيز الأنواع المختلفة من المواد الكيماوية في الشبكة خلال فترة المحاكاة الزمنية التي نقوم بها والتي تتألف من عدة خطوات زمنية، وبالإضافة لذلك يقوم بتقدير عمر المياه في الخزان وتعقب تغير نوعيتها في الشبكة في أوقات زمنية مختلفة.

إن هذا البرنامج يعمل على نظم Windows، وهو يقدم بيئة عمل واحدة لتحرير البيانات المدخلة للشبكة، تشغيل محاكاة لنوعية وهيدروليكية المياه، وإظهار النتائج في صيغ متعددة. كما يتضمن ترميز لوني على خريطة الشبكة، جداول للبيانات المدخلة والمخرجة، خرائط كونتورية ومخططات لفترات زمنية متعددة.

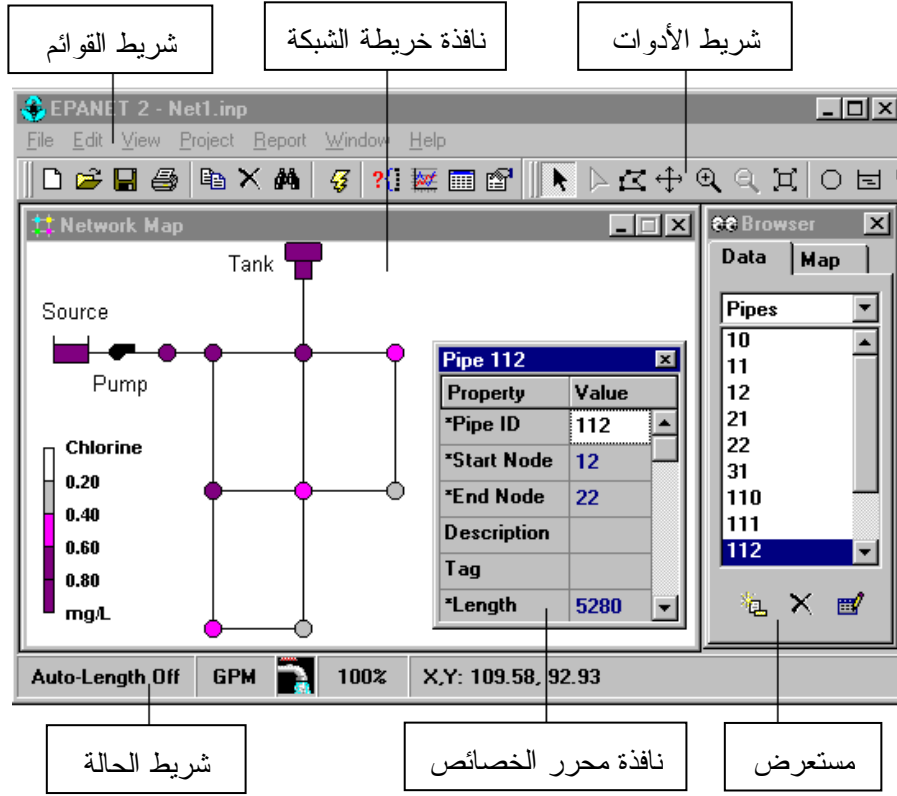
ويستطيع برنامج EPANET القيام بالعديد من عمليات التحليل الهيدروليكي التي تمكننا من تغيير الاستخدام الأساسي للبرنامج المتمثل بتحديد نوعية المياه في شبكات توزيعها، إلى استخدامه في تصميم شبكات الري الحديث والتي تتطلب بالدرجة الأولى حساب الضغط والتدفق ضمن الأنابيب ونقاط خروج الماء سواءً نقاط أو فوهات الرشاشات.

حيث يستطيع EPANET القيام بالحسابات الهيدروليكية التالية:

1. حساب ضياعات الاحتكاك في الأنابيب مستخدماً معادلات Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, Chezy-Manning.
2. حساب ضياعات الضغط الثانوية في الأكواع وغيرها من تركيبات الشبكة.
3. استخدام مضخات ذات سرعات ثابتة أو متغيرة.
4. حساب التكلفة والطاقة اللازمة لعملية الضخ.
5. إعطاء نماذج متنوعة من أنواع الصمامات تتضمن صمامات الفتح والإغلاق، تنظيم الضغط، وصمامات التحكم بالتدفق وغيرها.
6. يمكنه أن يعطي خزانات لتخزين المياه Tank بأي شكل نريده (تغيير القطر أو الارتفاع حسب المطلوب).
7. يأخذ بعين الاعتبار تغير الطلب المائي للعقد مع مرور الوقت أو باختلاف العقد.
8. حساب التدفق الناتج عن الضغط في النقاطات أو المرشات.

2.2 نافذة العمل في EPANET

نافذة العمل في EPANET تظهر في الصورة المبينة في الأسفل، حيث تتألف واجهة المستخدم من العناصر التالية: شريط القوائم، شريط الأدوات، نافذة خريطة الشبكة، شريط الحالة، محرر الخصائص، مستعرض.



الشكل (2) نافذة العمل في EPANET

1.2.2. شريط القوائم: وهو عبارة عن الشريط الذي يتواجد في القسم العلوي من ساحة العمل، ويتألف من مجموعة من القوائم تستخدم للتحكم في البرنامج. هذه القوائم هي: قائمة ملف (File)، تحرير (Edit)، عرض (View)، مشروع (Project)، تقرير (Report)، نافذة (Window)، مساعدة (Help).

▪ قائمة ملف (File): وتتألف من مجموعة من الأوامر لفتح وحفظ الملفات وأيضاً للطباعة.

الوظيفة	الأمر	
إنشاء ملف (مشروع) جديد	New	جديد
فتح ملف موجود	Open	فتح
تخزين الملف الحالي	Save	حفظ
تخزين الملف الحالي باسم مختلف	Save as	حفظ باسم
استيراد بيانات رسم الشبكة أو الخريطة من ملف نصي	Import	استيراد
تصدير بيانات الشبكة المرسومة لملف نصي	Export	تصدير
تحديد هوامش الصفحة والطباعة المستخدمة	Page setup	إعدادات الصفحة
معاينة طباعة للنافذة النشطة	Print preview	معاينة قبل الطباعة

طباعة العرض الحالي أو النافذة النشطة	Print	طباعة
تحديد خيارات البرنامج مثل عدد المنازل العشرية في النتائج	Preferences	الخيارات
الخروج من EPANET	Exit	خروج

الجدول (1): الأوامر الموجودة في قائمة File ووظائفها

- قائمة تحرير (Edit): تتألف من مجموعة من الأوامر للتحرير والنسخ، هذه الأوامر هي:

الوظيفة	الأمر	
نسخ النافذة النشطة (خريطة، تقرير، مخطط، جدول) إلى ملف	Copy To	نسخ لـ
السماح بتحديد عنصر على الخريطة (الشبكة)	Select Object	تحديد عنصر
السماح بتحديد مساحة معينة من الخريطة	Select Region	تحديد منطقة
تحديد كامل مساحة العمل	Select All	تحديد الكل
تحرير الخصائص لمجموعة من العناصر تقع في المساحة المحددة من الخريطة	Group Edit	تحرير العناصر

الجدول (2): الأوامر الموجودة في قائمة Edit ووظائفها

- قائمة عرض (View):

الوظيفة	الأمر	
تحديد الواحدة المستخدمة في قياس الأبعاد في الشبكة	Dimensions	الأبعاد
السماح بظهور صورة كخلفية لخريطة الشبكة	Backdrop	خلفية الشاشة
تحريك الخريطة	Pan	تحريك
تكبير الخريطة	Zoom in	تكبير
تصغير الخريطة	Zoom out	تصغير
عرض الخريطة كاملة ضمن نطاق الشاشة	Full extent	امتداد كامل
إيجاد عناصر خاصة في الخريطة	Find	إيجاد
البحث عن عناصر في الخريطة تطابق معايير محددة	Query	تساؤل
إلغاء أو إظهار شريطي الأدوات	Toolbars	شريط الأدوات
خيارات إظهار العناصر في الخريطة	Option	خيارات

الجدول (3): الأوامر الموجودة في قائمة View ووظائفها

- قائمة المشروع (Project): وتتضمن الأوامر المتعلقة بالمشروع الذي سنقوم بتحليله.

الوظيفة	الأمر	
يزودنا بملخص عناصر ومكونات المشروع	Summary	ملخص
تحرير الخصائص الافتراضية للمشروع	Defaults	الإفتراضيات
إدخال بيانات ملف المعايرة للمشروع	Calibration Data	بيانات المعايرة
تحرير خيارات التحليل الهيدروليكي	Analysis Option	خيارات التحليل
تشغيل المحاكاة	Run Analysis	تشغيل التحليل

الجدول (4): الأوامر الموجودة في قائمة Project ووظائفها

▪ قائمة تقرير (Report): مجموعة من الأوامر تستخدم لإعطاء تقرير عن النتائج المحسوبة بصيغ مختلفة.

الوظيفة	الأمر	
تقرير كامل عن النتائج المحسوبة في كل العقد والخطوط في كل الفترات الزمنية، وتُخزن في ملف نصي بسيط	Full	تقرير كامل
إنشاء مخططات عامة أو كمنورية للعناصر المحددة	Graph	مخطط
إنشاء جدول للمخرجات المحددة في العقد أو الخطوط	Table	جدول
التحكم بنموذج التقرير أو المخطط أو الجدول	Options	خيارات

الجدول (5): الأوامر الموجودة في قائمة Report ووظائفها

▪ قائمة نافذة (Window):

الوظيفة	الأمر	
تنظيم النوافذ المنشأة للتوافق مع النافذة الأساسية	Arrange	تنظيم
إغلاق كل النوافذ المفتوحة (الخريطة والمستعرض)	Close All	إغلاق الكل

الجدول (6): الأوامر الموجودة في قائمة Window ووظائفها

▪ قائمة مساعدة (Help): وتتألف من الأوامر:

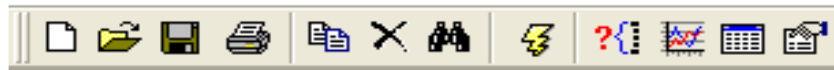
الوظيفة	الأمر	
إظهار نقاط التعليمات للبرنامج	Help Topics	نقاط المساعدة
وحدات قياس المتحولات في EPANET	Units	الوحدات
درس صغير عن كيفية استخدام EPANET	Tutorial	درس

الجدول (7): الأوامر الموجودة في قائمة Help ووظائفها

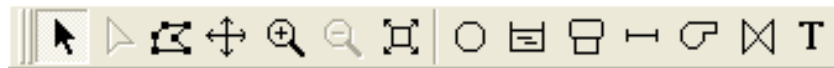
2.2.2. أشرطة الأدوات (Toolbars): في الغالب يكون شريط الأدوات عبارة عن اختصارات للعمليات

الأكثر استخداماً في البرنامج. إذا لم تكن موجودة هذه الأشرطة يمكن إظهارها من View>>Toolbars. لدينا في EPANET شريطي أدوات:

☒ شريط الأدوات القياسي (Standard Toolbar).



☒ شريط أدوات الخريطة (Map Toolbar).



✘ شريط الأدوات القياسي: ويتألف من الأيقونات التالية:

موقعها في شريط القوائم	الوظيفة	الأيقونة
File >> New	إنشاء ملف جديد	
File >> Open	فتح ملف موجود	
File >> Save	حفظ الملف الحالي	
File >> Print	طباعة النافذة النشطة	
Edit >> Copy To	نسخ الخريطة إلى ملف	
	حذف العنصر المحدد	
View >> Find	إيجاد عناصر خاصة في الخريطة	
Project >> Run Analysis	تشغيل المحاكاة	
View >> Query	البحث عن عناصر في الخريطة تطابق معايير محددة	
Report >> Graph	إنشاء مخطط للنتائج	
Report >> Table	إنشاء جدول للنتائج	
View >> Options	خيارات إظهار العناصر في الخريطة	

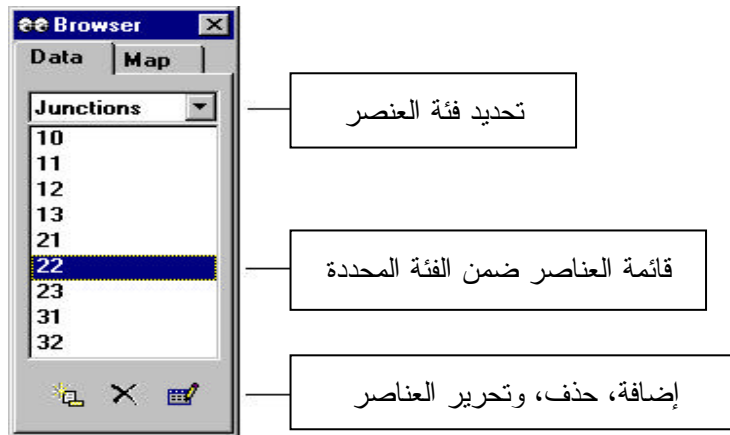
الجدول (8): الأيقونات الموجودة في شريط الأدوات القياسي ووظائفها وموقعها في شريط القوائم


✘ شريط أدوات الخريطة: ويتضمن الأيقونات التالية:

موقعها في شريط القوائم	الوظيفة	الأيقونة
Edit >> Select Object	تحديد عنصر من الخريطة	
Edit >> Select Region	تحديد مساحة معينة على الخريطة	
View >> Pan	تحريك الخريطة	
View >> Zoom In	تكبير الخريطة	
View >> Zoom Out	تصغير الخريطة	
View >> Full Extent	إظهار الخريطة ضمن الشاشة بكامل أبعادها	
لا يوجد اختصارات لهذه العناصر في شريط القوائم	إضافة وصلة إلى الخريطة	
	إضافة خزان مصدر إلى الخريطة	
	إضافة خزان مستقبل إلى الخريطة	
	إضافة أنبوب إلى الخريطة	
	إضافة مضخة إلى الخريطة	
	إضافة صمام إلى الخريطة	
	كتابة عناوين ضمن الخريطة	

الجدول (9): الأيقونات الموجودة في شريط أدوات الخريطة ووظائفها وموقعها في شريط القوائم

3.2.2. مستعرض البيانات: ويوضح الشكل التالي، حيث يظهر فيه العناصر الموجودة في الشبكة بترميز معين يشير إلى هذه العناصر التي تصنف ضمن فئات (عقد، أنابيب، ...). ويمكن أيضاً من خلال هذا المستعرض إضافة عناصر أو حذفها أو تحرير خصائصها.



4.2.2. محرر الخصائص: ويستخدم لتحرير خصائص العناصر الموجودة في الشبكة، يمكن الحصول عليه من خلال النقر مرتين على العنصر المطلوب، أو باستخدام الزر الأيمن للماوس باختيار خصائص Properties من القائمة التي تظهر، أو من خلال مستعرض البيانات بتحديد العنصر ومن ثم النقر على أيقونة تحرير .

كما تجدر الإشارة إلى أن الخاصية المطلوب إدخال قيمتها بشكل إجباري يكون إلى جانبها علامة نجمية مثلاً (*Pipe ID). وأن الخلايا التي يكون لونها أصفر ويوجد بداخلها عبارة (#N/A) هي عبارة عن الخلايا التي يقوم البرنامج بحساب محتوياتها ولا يمكن إدخال قيم فيها، ونحصل على قيمها بعد القيام بتشغيل (Run) البرنامج.

الشكل التالي يوضح محرر الخصائص لأحد الأنابيب، حيث يتضمن: ترميز الأنبوب، عقدة البداية، عقدة النهاية، طول وقطر الأنبوب وخشونته... وغيرها من الخصائص.


Property	Value
*Pipe ID	21
*Start Node	21
*End Node	22
Description	
Tag	1965
*Length	5280
*Diameter	10
*Roughness	100

3.2. نماذج عناصر الشبكة في EPANET

EPANET يحتوي على العديد من العناصر الفيزيائية التي تظهر على خريطة الشبكة، وعلى العديد من العناصر الغير فيزيائية التي لا تظهر على الشبكة والتي تتضمن معلومات التصميم وخصائص العناصر الفيزيائية والعمليات المنفذة على عناصر الشبكة وغيرها.


1.3.2. العناصر الفيزيائية: يمكننا EPANET من تمثيل شبكة لتوزيع الماء على شكل عقد Nodes متصلة فيما بينها بالخطوط Lines. هذه العقد يمكن أن تمثل نقاط التقاء الأنابيب (الوصلات) Junction أو الخزانات سواء المصدر للماء Reservoir أو المستقبل له Tank. أما الخطوط فيمكن أن تمثل الأنابيب Pipes أو المضخات Pumps أو الصمامات Valves.

1.1.3.2. الوصلات Junctions: وهي عبارة عن نقاط التقاء الأنابيب مع بعضها، حيث يدخل ويخرج

الماء عندها، وهي تمثل على الشبكة على شكل دوائر مصمتة، ويمكن إضافتها من خلال الأيقونة .

ومن أجل رسم الشبكة بشكلها الصحيح وتخطيطها يجب إدخال بعض البيانات الضرورية للوصلات ضمن خصائصها، مثل ارتفاعها فوق مستوى قياسي معين Elevation والطلب المائي فيها Base demands وغيرها من الخصائص الضرورية الموضحة في الجدول (10). أما النتائج الأساسية التي يمكن الحصول عليها فهي عبارة عن الضاغط الكلي Total head والتدفق الموافق Actual demand.

بالإضافة لذلك يمكن أن تعبر الوصلات عن نقاط Emitters أو مرشات Spinklers فيما لو أدخل ضمن خصائص هذه العقدة معامل النقاطة أو المرش، فيصبح التدفق فيها مرتبطاً بالضاغط المطبق.

ويوجد لدينا طريقتين لرسم الوصلات، إما باستخدام الماوس؛ حيث ننقر على الأيقونة الخاصة بها ونحرك الماوس إلى الموقع الذي نريد وضعه فيها على الشبكة ونثبتها فيه بالنقر على هذا الموقع، أو باستخدام مستعرض البيانات؛ حيث نختار منه فئة الوصلات Junctions، ونستخدم زر الإضافة .

الوصف	الخصائص	
تستخدم للتمييز بين الوصلات برمزها	Junction ID	ترميز الوصلة ID
الموقع الأفقي للوصلة على الخريطة (m, ft)	X-Coordinate	إحداثيات X
الموقع العمودي للوصلة على الخريطة (m, ft)	Y-Coordinate	إحداثيات Y
نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذه الوصلة	Description	الوصف
يقاس بـ (m, ft)، للمقارنة بين ارتفاعات الوصلات وذلك من أجل حساب الضغط	Elevation	الارتفاع
وهو عبارة عن معدل الطلب النظري للماء من الوصلة، يقاس بوحدات التدفق، القيمة السالبة تشير إلى أن الماء يخرج من هذه الوصلة	Base Demand	الطلب الأساسي
معامل التدفق للنقاطات C، لحساب تدفق النقاط اعتماداً على ضاغطة	Emitter coefficient	معامل النقاط

الجدول (10): الخصائص المدخلة للوصلات.

2.1.3.2. الخزان المصدر (المصدر المائي) Reservoir: يمكن أن يكون بحيرات أو أنهار وغير ذلك، والمدخلات الأساسية للمصدر المائي موضحة في الجدول (11)، ومن أهمها الضاغط الكلي الذي يمثل ارتفاع سطح الماء في الخزان مضافاً إلى الارتفاع الطبوغرافي للخزان. ولا يوجد أي نتائج محسوبة بالنسبة للمصدر المائي.

الوصف	الخصائص	
تستخدم للتمييز بين الخزانات برموزها	Reservoir ID	ترميز الخزان ID
الموقع الأفقي للخزان على الخريطة (m, ft)	X-Coordinate	إحداثيات X
الموقع العمودي للخزان على الخريطة (m, ft)	Y-Coordinate	إحداثيات Y
نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الخزان	Description	الوصف
الضاغط الهيدروليكي (ارتفاع الخزان + ارتفاع الماء)	Total Head	الضاغط الكلي

الجدول (11): الخصائص المدخلة للخزان المصدر

3.1.3.2. الخزان المستقبل Tank: هو عبارة عن عقدة لها قدرة تخزين للماء، حيث يتغير حجم الماء المخزن خلال فترة المحاكاة التي نجرها. والمدخلات الأساسية للخزانات هي ارتفاع القاعدة، القطر، المستوى الأعظمي والأصغري للماء، نوعية الماء الابتدائية. أما النواتج الأساسية المحسوبة مع الوقت فهي الضاغط الهيدروليكي، نوعية الماء.


كما يقوم EPANET تلقائياً بإيقاف التدفق الخارج من الخزان المستقبل عندما يكون مستوى الماء فيه في حدوده الدنيا، كما ويوقف التدفق الداخل إليه إذا كان مستوى الماء فيه في حدوده العليا.

4.1.3.2. النقاط Emitters: هي أدوات مرتبطة مع الوصلات، حيث يخرج التدفق منها من الفوهات أو الثقوب إلى الوسط المحيط. ويكون التدفق خلال النقاط تابع للضاغط المتاح في الوصلة حسب العلاقة:

$$q = C.H^y$$

q: التدفق (واحدة التدفق)، C: معامل النقاط (واحدات التدفق والضاغط)، H: الضاغط المطبق (واحدة الضاغط)، y: أس النقاط.

ويمكن استعمال النقاط لتجسيد التدفق الخارج من الوصلات في شبكات الري، كما نستطيع استخدامها لمحاكاة الرش الحاصل في الأنابيب المتصلة بالعقد إذا كان بإمكاننا تقدير معامل النقاط وأس الضاغط في شقوق الرش. وفي حالات أخرى يمكن تعديل ارتفاعات العقد لتشمل الضاغط المكافئ للضغط المستهدف تطبيقه. حيث يتعامل البرنامج مع النقاط كخاصة من خصائص العقد وليس ككائن منفصل في الشبكة.

5.1.3.2. الأنابيب Pipes: هي وصلات تقوم بنقل الماء من نقطة إلى أخرى في الشبكة. وتمثل الأنابيب في الشبكة على شكل خطوط، حيث يتم رسمها بالنقر على الأيقونة  وتحديد عقدة البداية وعقدة النهاية ووصل الخط بينهما بالاتجاه الذي نريده. أو باستخدام المستعرض باختيار الفئة أنابيب Pipes والنقر على زر الإضافة وتحديد عقدة البداية والنهاية من ضمن خصائص الأنبوب.

يقوم EPANET بافتراض أن هذه الأنابيب تكون ممثلة طيلة الوقت. اتجاه التدفق يتحدد ابتداءً من الضاغط الهيدروليكي الأعلى وانتهاءً عند الضاغط الهيدروليكي الأخفض.

المدخلات الهيدروليكية الأساسية للأنابيب هي: ترميز عقدة البداية والنهاية، القطر، الطول، معامل الخشونة (لتحديد فواقد الضغط)، الحالة (مفتوح، مغلق، يحتوي على صمام). (الجدول 12).

النتائج المحسوبة للأنابيب تتضمن: مقدار التدفق، السرعة، ضياعات الضاغط، حساب معامل احتكاك دارسي- وايسباخ.

الوصف	الخصائص	
تستخدم للتمييز بين الأنابيب برموزها	Pipe ID	ترميز الأنبوب ID
ID للعقدة حيث يبدأ الأنبوب	Start Node	عقدة البداية
ID للعقدة حيث ينتهي الأنبوب	End Node	عقدة النهاية
نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الأنبوب	Description	الوصف
الطول الحقيقي للأنبوب (m, ft)	Length	الطول
قطر الأنبوب (mm, inch)	Diameter	القطر
معامل الخشونة للأنبوب	Roughness	الخشونة
معامل الضياعات الثانوية في الأكواع ووصلات T	Loss coefficient	معامل الضياعات
لتحديد حالة الأنبوب مفتوح، مغلق، يوجد فيه صمام	Initial Status	الحالة الابتدائية

الجدول (12): الخصائص المدخلة للأنابيب

6.1.3.2. المضخات Pumps: وهي عبارة عن الآلة التي تقوم بنقل الطاقة إلى المائع لرفع ضغطه الهيدروليكي للحصول على ضغوط التشغيل المطلوبة.

المدخلات الأساسية للمضخة موضحة في الجدول (13)، حيث يشير منحنى المضخة Pump curve إلى ترميز المنحنى الذي ستعمل المضخة وفقه (العلاقة بين الضاغط و التدفق الذي يمكن للمضخة أن تولده). أما المخرجات الأساسية فهي التدفق و الضاغط الناتج.

والجدير ذكره أن التدفق عبر المضخة أحادي الاتجاه، و EPANET لا يسمح للمضخة بالعمل خارج إطار منحنياها. كما نستطيع استخدام مضخات بسرعات متغيرة وذلك بتغيير المنحنى الذي سنقوم بتشغيل المضخة على أساسه، حيث يمكن إنشاء أكثر من منحنى، وكل منحنى يعمل وفق ضاغط و تدفق معين يختلف عن سابقه فينتج عن ذلك مضخات بسرعات واستطاعات مختلفة.

وإذا كانت شروط تشغيل النظام تتطلب ضغوط أكبر من الضغوط المولدة من المضخة، عندها يقوم EPANET بإغلاق المضخة. أما إذا كان التدفق المطلوب أكبر من التدفق المتوفر فان EPANET سوف يولد منحنى للتدفق المطلوب حتى ولو نتج عن ذلك ضغط سالب في الشبكة، وفي كلا الحالتين ستظهر لدينا رسالة تحذير.

الوصف	الخصائص	
تستخدم للتمييز بين المضخات برمزها	Pump ID	ترميز المضخة ID
ID للعقدة حيث تبدأ المضخة	Start Node	عقدة البداية
ID للعقدة حيث تنتهي المضخة	End Node	عقدة النهاية
نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذه المضخة	Description	الوصف
ID لمنحني المضخة	Pump Curve	منحني المضخة

الجدول (13): الخصائص المدخلة للمضخة

7.1.3.2. الصمامات Valves: وهي عبارة عن أجهزة تقوم بتحديد التدفق أو الضغط في نقاط معينة من الشبكة، وأهم المدخلات التي تعرف بها الصمامات من ضمن خصائصها موضحة في الجدول (14).

الوصف	الخصائص	
تستخدم للتمييز بين الصمامات برمزها	ID Label	ترميز الصمام
ID لعقدة دخول الماء إلى الصمام، فقط نوعين من الصمامات يسمحان باتجاه واحد للتدفق هما (PRV, PSV)	Start Node	عقدة البداية
ID لعقدة خروج الماء من الصمام	End Node	عقدة النهاية
نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الصمام	Description	الوصف
قطر الصمام (mm, inch)	Diameter	القطر
لتحديد المنحني الذي سيعمل وفقه الصمام (منحني يربط بين التدفق والضياعات الموضعية)	Setting	الإعدادات
لتحديد قيمة الضياعات بالاعتماد على هذا المعامل دون الحاجة إلى منحني	Loss coefficient	معامل الضياعات
لتحديد حالة الصمام عند التشغيل، مفتوح أو مغلق أو نصف مفتوح	Fixed Status	الحالة الثابتة

الجدول (14) الخصائص المدخلة للصمامات

يوجد لدينا عدة أنواع من الصمامات هي:

نوع الصمام	الخصائص المطلوبة للتعريف Setting
صمام خافض الضغط	PRV الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام يحافظ على الضغط	PSV الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام مكسر للضغط	PBV الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام التحكم بالتدفق	FCV التدفق (واحدات التدفق)
صمام التحكم بالاختناق	TCV معامل الضياعات
صمام متعدد الاستخدام	GPV رمز منحني ضياع الضاغط المرتبط بالتدفق

2.3.2: العناصر الغير الفيزيائية: بالإضافة للمكونات الفيزيائية يقوم EPANET باستخدام ثلاث عناصر غير ظاهرة يستفاد منها في تشغيل العناصر الفيزيائية، وهي المنحنيات- النماذج - التحكم.

1.2.3.2. المنحنيات Curves: وهي عبارة عن الأدوات التي تحتوي على بيانات مزدوجة (ثنائية) لتمثل العلاقة بين نوعين من المقادير أو أكثر. من أهم هذه المنحنيات:

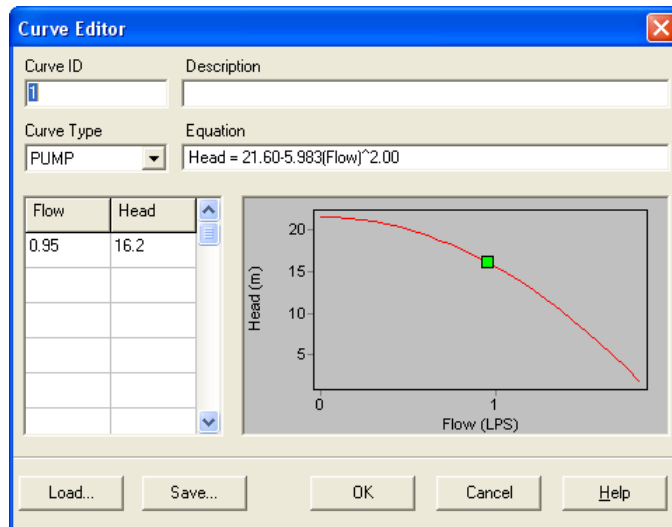
1. منحنى المضخة Pump Curve: وهذا المنحنى الذي يمثل العلاقة بين الضاغط والتدفق الذي يمكن للمضخة أن تولده بشكل نظري عند إعدادات سرعة محددة. الضاغط هو ذلك الضاغط المكتسب والمنقول إلى الماء بواسطة المضخة ويكون مرسوم على المحور العمودي للمنحنى (Y) ويقاس بالقدم أو المتر. أما مستوى التدفق فيرسم على المحور الأفقي (X) و يقاس بوحدات التدفق. ومنحنى المضخة الصحيح يكون فيه الضاغط متناقص تدريجياً مع زيادة التدفق.

2. منحنى الضياعات Headloss Curve: يستخدم لوصف الضياعات بشكل بياني، حيث يقاس المحور Y بالقدم أو بالمتر والمحور X يقاس بوحدة التدفق، ويمكن اعتباره كمنحنى تشغيل للصمامات.

3. منحنى الكفاءة.

4. منحنى الحجم.

لكي نستطيع إضافة منحنى إلى الشبكة نذهب إلى المستعرض نختار من ضمن قوائمه منحنيات (Curves) ثم ننقر على زر الإضافة فيظهر ID للمنحنى ننقر عليه مرتين فتظهر نافذة كما هي موضحة في الشكل (4)، حيث تتألف هذه النافذة من: ترميز المنحنى (Curve ID) لنحدد له رمز هذا المنحنى لتمييزه عن غيره من المنحنيات، ونوع المنحنى (Curve Type) الذي نريده، سواءً مضخة (Pump) أو حجم (Volume) أو كفاءة (Efficiency) أو ضياعات (Headloss)، وأيضاً وصف هذا المنحنى Description، والمعادلة التي تربط بين المتحولين Equation. فلو اخترنا المضخة مثلاً (Pump)، فيلزم لرسم منحنىها تدفق هذه المضخة والضاغط الذي تعمل عليه، ليقوم البرنامج بشكل تلقائي برسم هذه المنحنى وفق المعادلة التي يفرضها البرنامج أيضاً بشكل تلقائي.



الشكل (3) منحنى المضخة

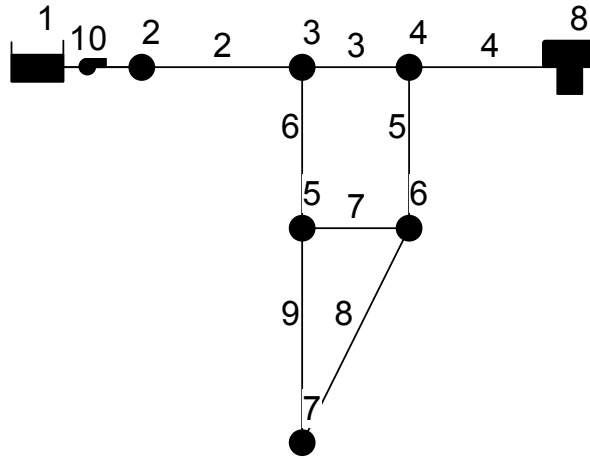
4.2. كيف نرسم شبكة توزيع المياه في EPANET

تزدنا خريطة الشبكة برسم بياني تخطيطي للمشروع الذي يمثل شبكة توزيع المياه، لكن موقع هذا المشروع والمسافات بين عناصره ليس من الضروري أن تكون مطابقة للمقياس الفعلي الحقيقي بشكلها الظاهري، حيث يمكننا تحرير هذه الأبعاد من خلال خصائص هذه العناصر لتتطابق مع المقياس الحقيقي، كما يمكن إضافة عدد لا محدود من العناصر إلى هذه الخريطة وتحرير خصائصها وحذفها وكذلك تعديل مكانها إذا أردنا ذلك. يمكن رسم شبكة توزيع المياه باستخدام الماوس والأزرار الموجودة في شريط أدوات الخريطة.



في البداية يجب أن نضيف المصدر المائي (الخزان المصدر) Reservoir بالضغط على الأيقونة الخاصة به  ثم نضغط بالماوس ضمن نافذة العمل (الخريطة) في الموقع الذي اخترناه لهذا العنصر. وبعدها نقوم بإضافة وصلة Junction بالضغط على أيقونة الوصلة  وننقر بالماوس على موقع الوصلة المختار على الخريطة، ونضيف للخريطة عدد من الوصلات حسب حجم الشبكة المطلوب. ومن ثم نضيف الخزان المستقبل Tank  بنفس الخطوات السابقة. ومن ثم يجب أن نضيف الأنابيب وذلك بالضغط على أيقونة الأنبوب في شريط الأدوات ، ولنفرض أننا سنرسم الأنبوب الواصل بين الوصلتين (1-2)، ننقر بالماوس على الوصلة (1) لنحدد بداية الأنبوب، ثم على الوصلة الثانية (2) ليظهر لدينا الأنبوب الواصل بين هاتين الوصلتين، وبنفس الطريقة للأنابيب الواصلة بين جميع الوصلات. وأخيراً يجب إضافة المضخة بالضغط على أيقونة المضخة في شريط الأدوات وبالنقر بالماوس على الوصلة 1 ثم على الوصلة 2 (المضخة موضوعة بين الوصلتين 1 و2).

ليظهر الشكل (4) موضحاً الوصلات والأنابيب والخزانات والمضخة.



الشكل (4) خريطة لشبكة من الأنابيب

الفصل الثالث

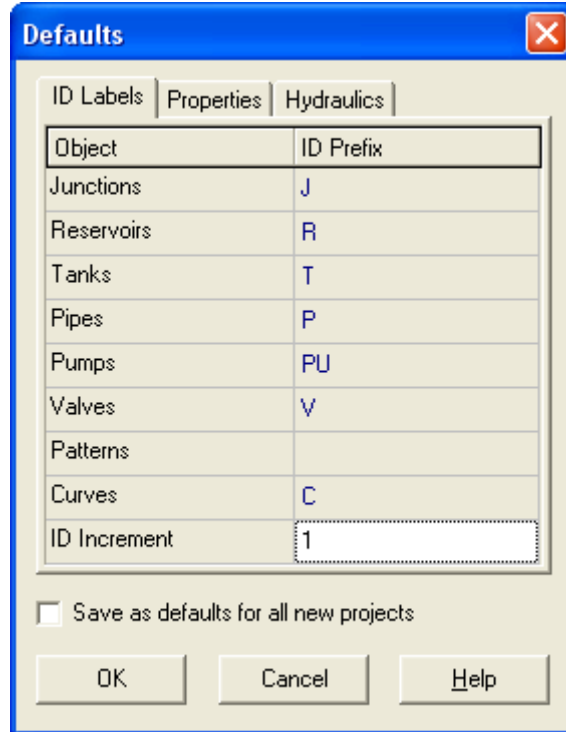
إعدادات البرنامج

1.3: الخصائص الافتراضية للمشروع

نستطيع تحديد بعض الخصائص الافتراضية لعناصر شبكة توزيع المياه التي نقوم برسمها، وذلك من خلال المسار Project >> Default، فيقوم البرنامج بافتراض هذه القيم لعناصر الشبكة في المشروع الذي نقوم بإنشائه أو عند إنشاء أي مشروع جديد. تصنف هذه الخصائص ضمن ثلاثة فئات:

1. بطاقة الترميز (ID) الخاصة بكل عنصر.
2. الخصائص الافتراضية للعقد أو الخطوط (ارتفاع العقدة، طول الأنبوب وقطره ...).
3. خيارات التحليل الهيدروليكي (نظام الواحدات، معادلات الضياعات ...).

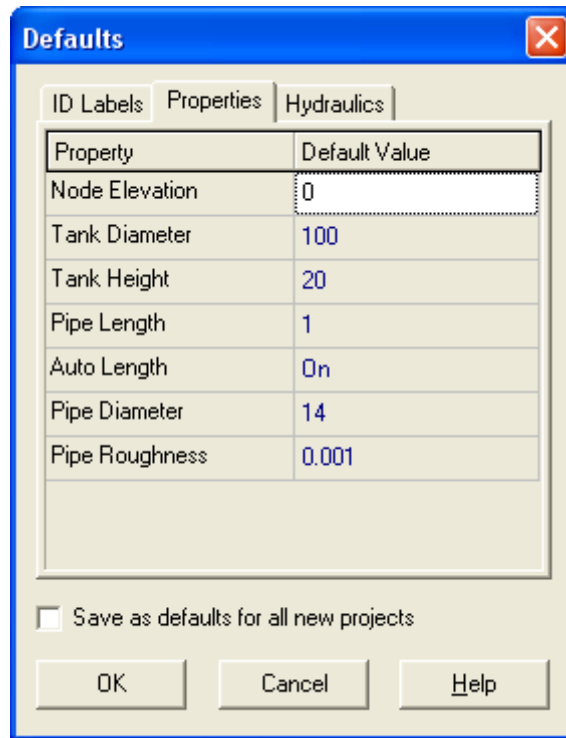
1.1.3. بطاقة الترميز الافتراضية (ID Labels): وتستخدم هذا الفئة لتحديد كيف يقوم EPANET بتحديد ID الخاصة بمكونات الشبكة عند البدء بإنشاء المشروع، كالوصلات مثلاً حيث تستطيع أن نرمز إلى الوصلات مثلاً برمز (J) اختصاراً لـ (Junctions)، فعند ظهور ترميز الوصلات في ساحة العمل أو في المستعرض فتظهر باسم (... J₁, J₂, J₃, ...) مثلاً، بالإضافة إلى ترميز غيرها من العناصر الموجودة في ساحة العمل كالخزانات والأنابيب وغيرها ...



الشكل (5) بطاقة الترميز الافتراضية لعناصر الشبكة

2.1.3. الخصائص الافتراضية للعقد والخطوط (Properties): هذه الخصائص تتضمن ما يلي:

- ارتفاع العقدة (Node Elevation).
- قطر الخزان المستقبل (Tank Diameter).
- مستوى الماء الأعظمي في الخزان المستقبل (Tank Height).
- طول الأنابيب (Pipe Length).
- الطول التلقائي للأنابيب (Auto Length): فعندما يكون هذا الخيار نشط (Turn on) فإن البرنامج يقوم بشكل تلقائي بحساب أطوال الخطوط في ساحة العمل بعد أن تقوم برسمها على الشبكة.
- قطر الأنابيب (Pipe Diameter).
- خشونة الأنابيب (Pipe Roughness).



الشكل (6) الخصائص الافتراضية للعقد والخطوط

3.1.3. الخيارات الهيدروليكية الافتراضية: وتستخدم هذه الفئة لتحديد خيارات التحليل الهيدروليكي

الافتراضية، يمكن الحصول عليها من خلال نافذة المستعرض بأخذ الخيار Hydraulics >> Option.

الخيارات الهيدروليكية الأكثر أهمية التي سوف تستخدم في المشروع الذي سنقوم بإنشائه هي:

1.3.1.3. وحدات التدفق Flow Units: وهي عبارة عن وحدات قياس الطلب المائي في العقد ومقدار

التدفق في الأنابيب، وبناءً على وحدة التدفق المختارة يتم تحديد وحدات باقي المتحولات في البرنامج كالطول والقطر مثلاً.

فلو استخدمنا وحدة تدفق من الجملة الدولية (SI METRIC) مثل (لتر/ثانية، لتر/دقيقة... LPS, LPM) فستكون وحدة قياس الطول والضاغط بالمتر، ولو اخترنا وحدة قياس من الجملة البريطانية مثل (غالون/دقيقة GPM) فسيقاس الطول والضاغط بالقدم والضغط بالرطل على الإنش المربع PSI.

يبين الجدول التالي وحدات قياس التدفق في الجملتين الدولية والبريطانية والوحدات الموافقة لهما لكل العوامل المتغيرة في البرنامج.

الوحدات البريطانية		الوحدات الدولية		العوامل المتغيرة	
CFS	قدم ³ /ثانية	LPS	لتر/ثانية	Flow (Demand)	التدفق (الطلب)
GPM	غالون/دقيقة	LPM	لتر/دقيقة		
MGD	مليون غالون/يوم	MLD	ميغا لتر/اليوم		
IMGD	مليون غالون ملكي/يوم	CMH	م ³ /ساعة		
AFD	قدم. ياردة ² /يوم	CMD	م ³ /يوم		
inches	إنش	mm	ملم	Diameter (Pipes)	القطر (أنابيب)
Feet	قدم	m	م	Diameter (Tanks)	القطر (خزانات)
ft	قدم	m	م	Elevation	الارتفاع
unitless		unitless		Friction Factor	معامل الضياعات
ft	قدم	m	م	Hydraulic Head	الضاغط الهيدروليكي
ft	قدم	m	م	Length	الطول
ft/s	قدم/ثانية	m/s	م/ثانية	Velocity	السرعة
flow units / (psi) ^{0.5}	وحدة تدفق/(رطل في الإنش المربع) ^{0.5}	flow units / (meters) ^{0.5}	وحدة تدفق/م ^{0.5}	Emitters coefficient	معامل النقاط

الجدول (15) العوامل المتغيرة و وحدات قياسها.

2.3.1.3. معادلات الضياعات (Headloss Formula): هذه المعادلات تستخدم لحساب الضياعات في

الأنابيب سواءً ضياعات الضغط أو التدفق، ولدينا ثلاثة معادلات هي:

1. معادلة دارسي- وايسباخ (Darcy – Weisbach) [D-W].

2. معادلة هازن- ويليام (Hazen-Williams) [H-W].

3. معادلة شيزي- مانينغ (Chezy-Manning) [C-M].

3.3.1.3. الوزن النوعي (Specific Gravity): وهو عبارة عن نسبة الوزن النوعي للسائل الذي نقوم

باستخدامه في الشبكة إلى الوزن النوعي للماء في درجة الحرارة 4C (1000 Kg/m³)، ليس له واحدة، فإذا كان السائل المستخدم هو الماء فالقيمة تساوي (1).

4.3.1.3. اللزوجة النسبية (Relative Viscosity): نسبة اللزوجة الحركية للسائل بالنسبة للزوجة

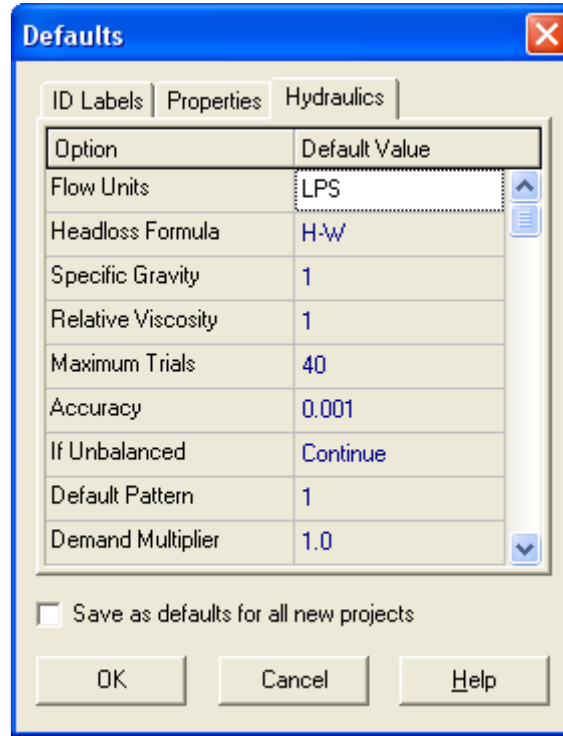
الحركية للماء في درجة الحرارة 20C، ليس لها واحدة، فإذا كان السائل المستخدم الماء فالقيمة تساوي (1).

5.3.1.3. أس النقاط "y" (Emitter Exponent): وتعتمد قيمتها على نوع النقاط، وهي بالعادة تأخذ

القيمة (y = 0.5).

6.3.1.3. عدد التجارب الأقصى Maximum Trials: حيث يستخدم هذا الخيار من أجل تحديد عدد مرات طرق الحل الهيدروليكي، فكلما ازداد عدد طرق أو تجارب الحل كلما كان أدق وأقرب إلى الواقع التجريبي، القيمة المفترضة (40).

7.3.2.3. الدقة Accuracy: معيار يستخدم لتحديد دقة الأرقام في الحل الهيدروليكي، القيمة الافتراضية هي 0.001.



الشكل (7) الخيارات الهيدروليكية الافتراضية

كما يوجد في أسفل هذه النافذة أحد الخيارات التي تميز بين حفظ القيم الافتراضية لكل المشاريع الجديدة أو عدم الحفظ.

2.3: نموذج المحاكاة الهيدروليكي:

إن نموذج المحاكاة الهيدروليكي لـ EPANET يقوم بحساب ضاغط النقاطات وتدفقات الخطوط، وذلك من أجل وضع ثابت لمستوى الماء في الخزان المصدر Reservoir والخزان المستقبل Tank، حيث يقوم البرنامج بتوزيع التدفق الموجود في الخزان على عدد النقاطات الموجودة في الشبكة ثم يقوم بحساب الضاغط عند كل نقطة بناءً على نقصان هذا التدفق عبر النقاطات، ويحسب تدفق النقطة المتعلق بضاغطها بناءً على علاقة التدفق والضاغط المعرفة لهذه النقطة، ثم يقوم بإعادة الحل الهيدروليكي بناءً على تدفق النقطة الجديد المحسوب، يكرر الحل حسب عدد المرات المحددة له من ضمن الخيارات الهيدروليكية للبرنامج.

هذه العملية يطلق عليها التوازن الهيدروليكي hydraulically balancing. الشبكة تحتاج لاستعمال تقنية مناسبة لحل المعادلة غير الخطية التي تم استخدامها. وهذا ما يوفره البرنامج.

الفصل الرابع

تطبيقات البرنامج في مجال تصميم خطوط الري بالتنقيط

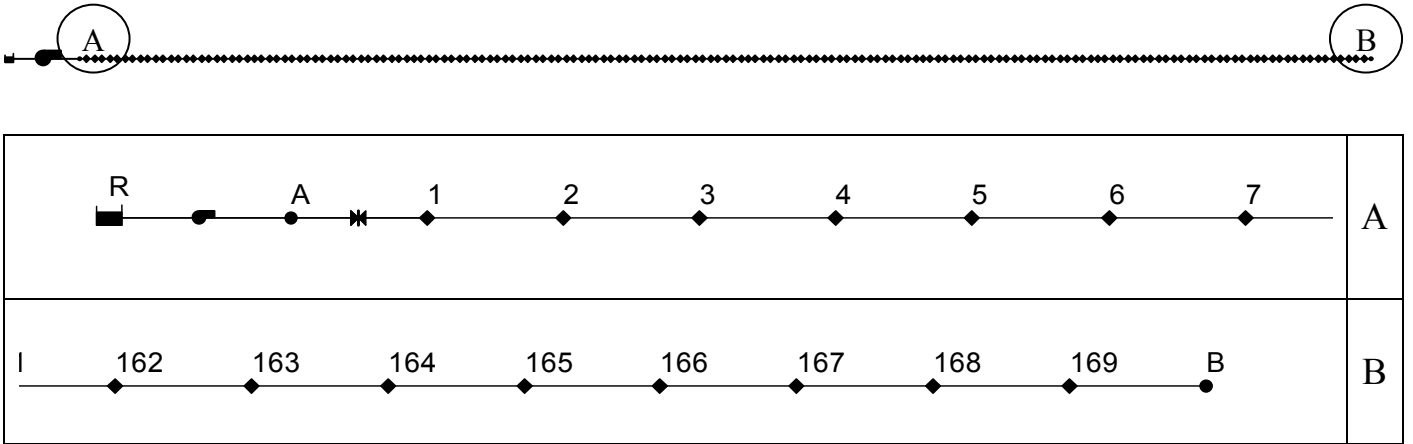
النتائج والمناقشة

من أجل معرفة مدى قدرة EPANET على إجراء الحسابات الهيدروليكية لشبكة الري بالتنقيط، سوف نقوم برسم خطوط وشبكات الري بالتنقيط والمؤلفة من عدد من النقاطات والأنابيب ومن خزان مصدر ومن مضخة وصمامات لأنابيب الري، بأبعاد وأطوال وثوابت محددة لكل العناصر السابقة، وسوف نقوم بحساب الضاغط والتدفق عند كل نقاط، مع العلم أن المعادلة المستخدمة من أجل حساب ضياعات الضاغط هي معادلة (Hazen-Williams).

مثال (1) تصميم خط ري بالتنقيط

لدينا خط ري بالتنقيط طوله (170 m)، قطره (14 mm)، معامل الخشونة فيه (150) عند استخدام معادلة H-W، يتوضع عليه عدد من النقاطات المسافة بينها (1 m) م بحيث يبعد أول وآخر نقاط عن بداية الخط ونهايته على الترتيب مسافة (1 m)، ومعامل النقاط ($0.000358 \text{ L/s/m}^{0.5}$)، يتصل الخط مع خزان ارتفاع الماء فيه يعطيه التدفق والضاغط المطلوب لسريان الماء، ضاغط أول نقاط (16.18 m)، وقطر الأنبوب الذي يصل الخزان بالخط (25 mm)، ويبعد عنه مسافة (1 m). نستخدم صمامات خافضة للضغط في بداية الخط، ضياعات الضاغط فيها (0.5 m).

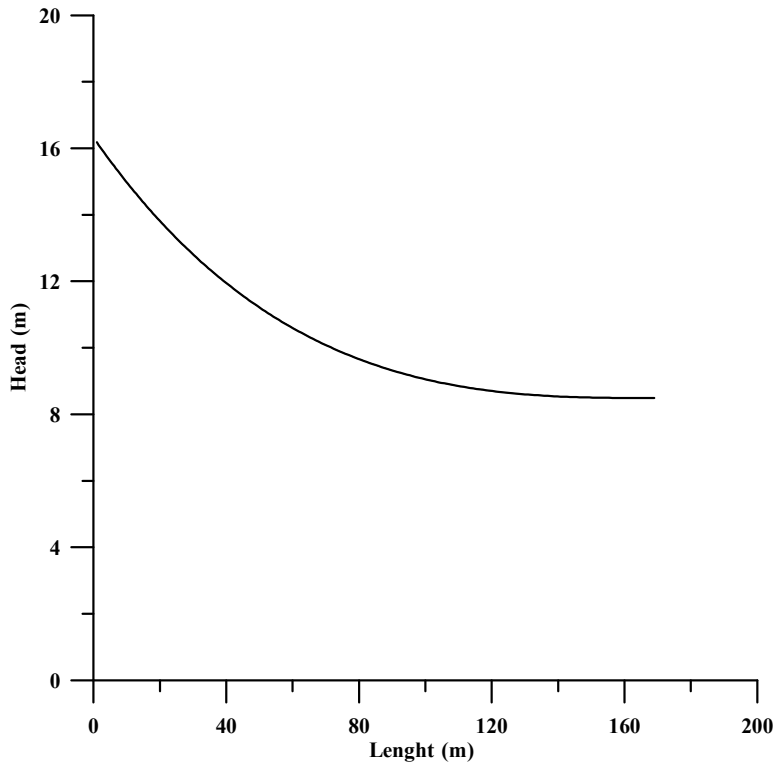
الشكل التالي يوضح تخطيط هذه الشبكة بواسطة EPANET



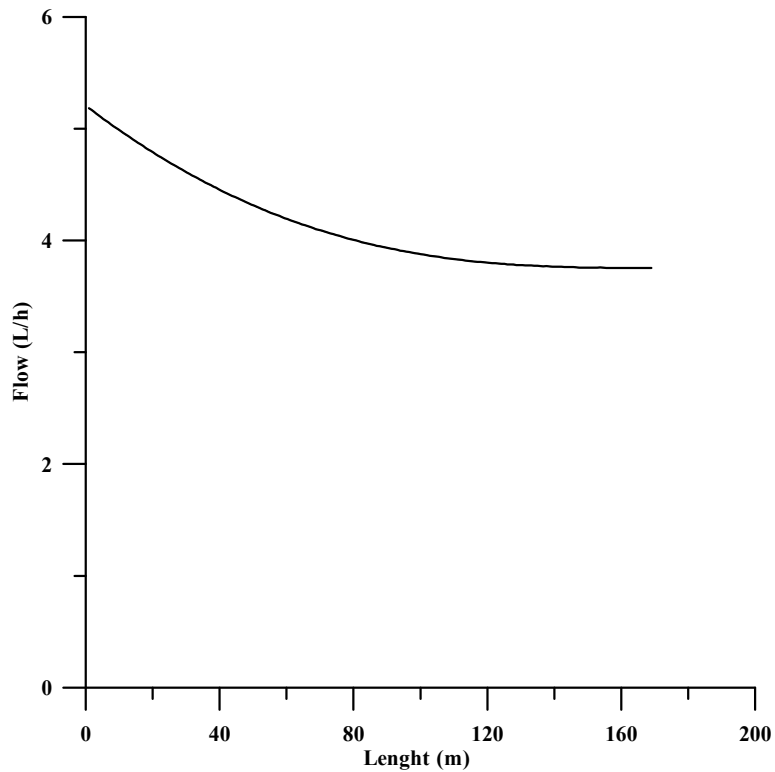
الشكل (8) خط الري بالتنقيط مرسوماً بواسطة EPANET



بعد أن رسمنا الشبكة، نطلب من البرنامج أن يعمل محاكاة هيدروليكية لها، ليعطينا الضاغط والتدفق عند كل نقاط، وذلك بواسطة الصيغ الهيدروليكية الموجودة فيه، النتائج موضحة في الملحق I. والمخططات التالية توضح انخفاض التدفق والضاغط للنقاطات على طول الخط:



الشكل (9) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في خط الري بالتنقيط



الشكل (10) مخطط يوضح انخفاض التدفق في خط الري بالتنقيط

نقوم بحساب تغير تدفق النقاطات على طول الخط (Δq) حسب العلاقة: $\Delta q = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{avg}}$ حيث:

- q_{max} : التدفق الأعظمي للنقاط (L/h).

- q_{min} : التدفق الأصغري للنقاط (L/h).

- q_{avg} : التدفق المتوسط للنقاطات في الخط (L/h).

كما نقوم بحساب تغير الضاغط على طول الخط (ΔH) حسب العلاقة: $\Delta H = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{avg}}$ حيث:

- H_{max} : الضاغط الأعظمي للنقاط (m).

- H_{min} : الضاغط الأصغري للنقاط (m).

- H_{avg} : الضاغط المتوسط للنقاطات في الخط (m).

نحسب معامل التجانس (CU) للخط حسب العلاقة: $CU = 100 \left[1 - \frac{1}{n \cdot q_{avg}} \cdot \sum_{i=1}^n |q_i - q_{avg}| \right]$ (%)

النتائج موضحة في الجدول التالي:

q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
5.184	3.755	4.141	16.18	8.489	10.427	0.35	0.74	91.514

إن قيم ($\Delta q > 10\%$, $\Delta H > 20\%$)، وهي قيم غير مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط. لجعلها مقبولة نقوم إما بتكبير قطر الأنبوب المستخدم أو بتقصير طوله.

ولنفرض أن قمنا بتقصير طول الخط، فبعد رسم الخط بأطول مختلفة وجدنا أن الطول الأعظمي المسموح به لهذا الخط ضمن الشروط نفسها من مواصفات الأنبوب والضاغط المطبق عليه يساوي: ($L = 107.67$ m) فيصبح لدينا:

q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
5.184	4.702	4.831	16.18	13.316	14.062	0.10	0.20	97.561

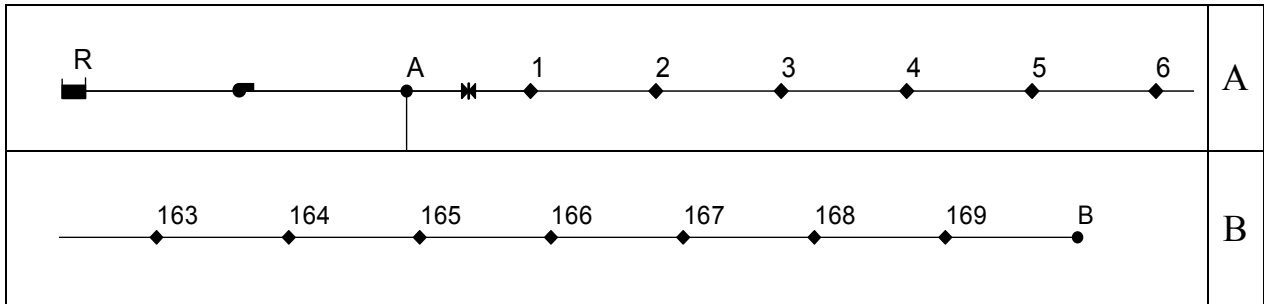
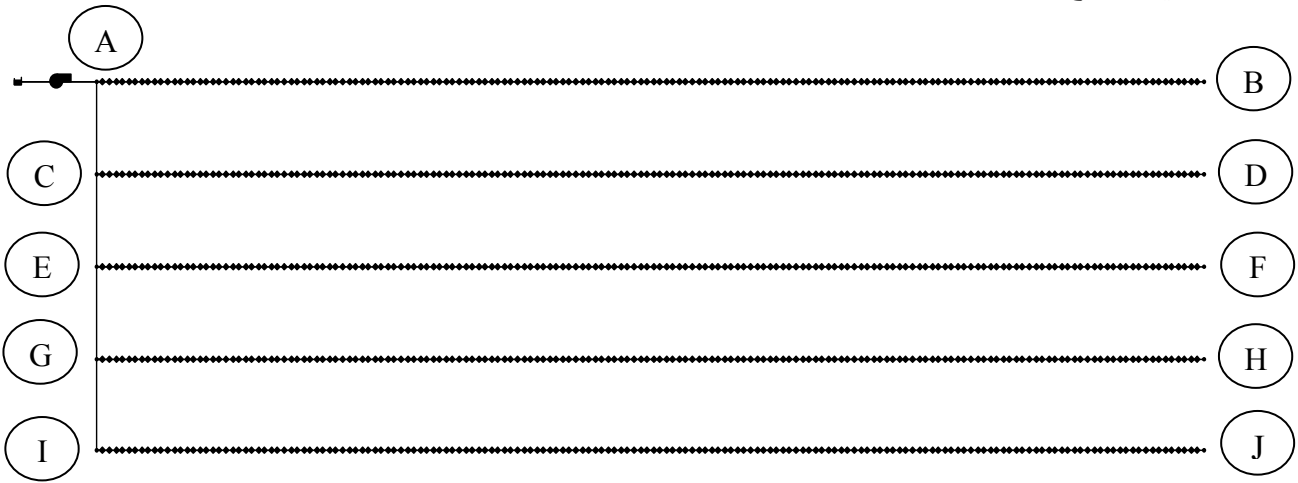
وهي قيمة مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط ($\Delta q = 10\%$, $\Delta H = 20\%$).

(تدفق وضاغط النقاطات للخط بعد تعديل طوله موضحة في الملحق III).

مثال (2) تصميم شبكة ري بالتنقيط بعدة خطوط

لدينا (5) خطوط ري بالتنقيط تبعد عن بعضها (1m) ، طول الخط الواحد (170 m)، قطره (14 mm)، معامل الخشونة فيه (150) عند استخدام معادلة H-W. قطر الأنابيب التي تصل بين خطوط الري (25 mm)، يتوضع عليها عدد من النقاطات المسافة بينها (1 m) بحيث يبعد أول وآخر نقاط عن بداية الخط ونهايته على الترتيب مسافة (1 m)، ومعامل النقاط ($0.000358 \text{ L/s/m}^{0.5}$)، تتصل الخطوط مع خزان ارتفاع الماء فيه يعطيها التدفق والضاغط المطلوب لسريان الماء، ضاغط أول نقاط في أول خط (16.18m)، وقطر الأنبوب الذي يصل الخزان بالخط الأول يساوي (25 mm)، ويبعد عنه مسافة (1 m). نستخدم صمامات خافضة للضغط في بداية كل خط، ضياعات الضاغط فيها (0.5 m).

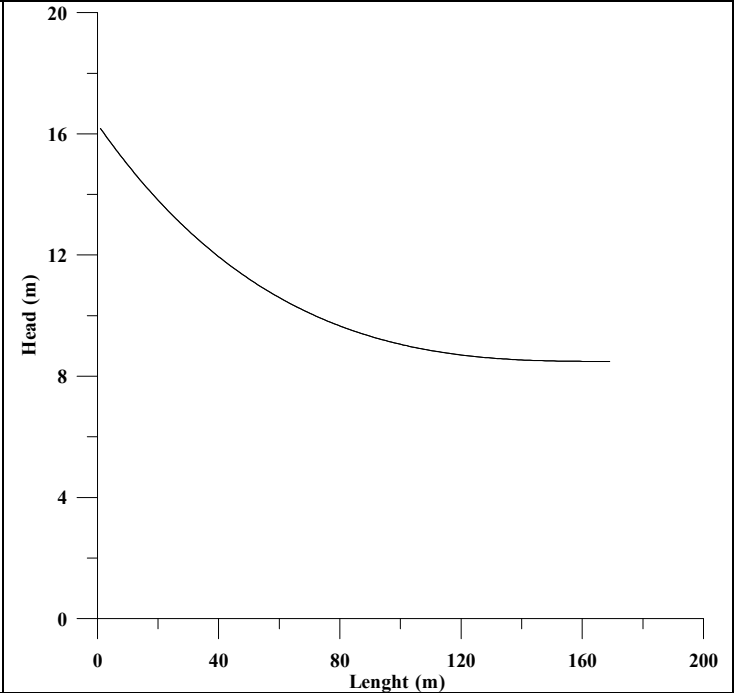
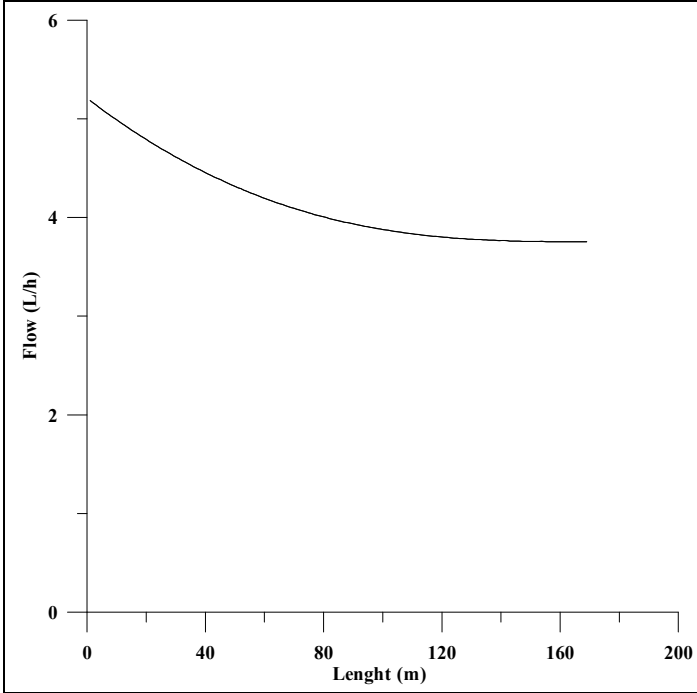
الشكل التالي يوضح تخطيط هذه الشبكة بواسطة EPANET



الشكل (11) شبكة الري بالتنقيط مرسومة بواسطة EPANET

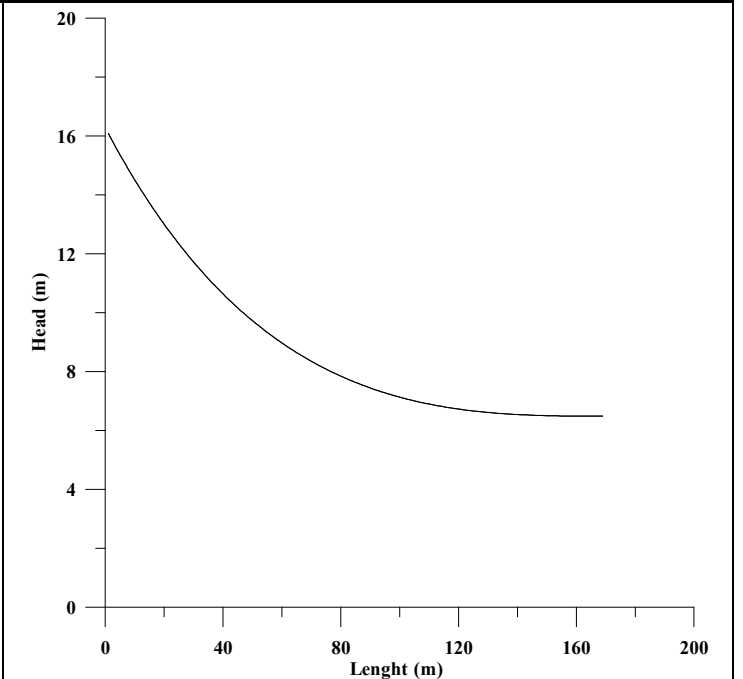
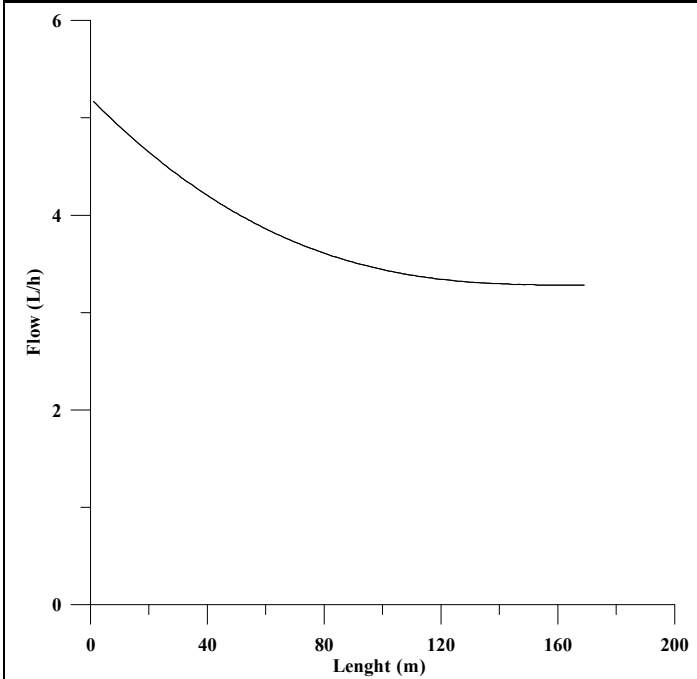
بعد أن رسمنا الشبكة، نطلب من البرنامج أن يعمل محاكاة هيدروليكية لها، ليعطينا الضاغط والتدفق عند كل نقاط، وذلك بواسطة الصيغ الهيدروليكية الموجودة فيه، النتائج موضحة في الملحق II.

المخططات التالية توضح انخفاض التدفق والضاغط للنقاط على طول خطوط الشبكة:



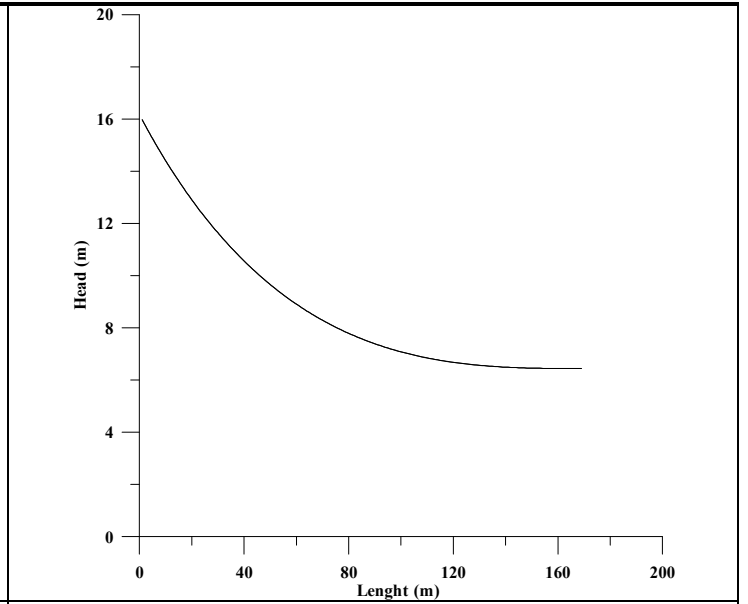
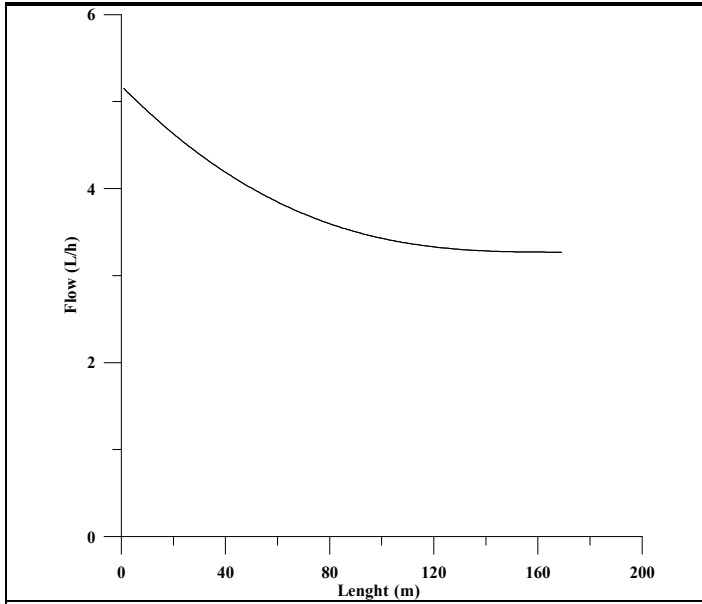
الشكل (13) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (AB)

الشكل (12) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (AB)



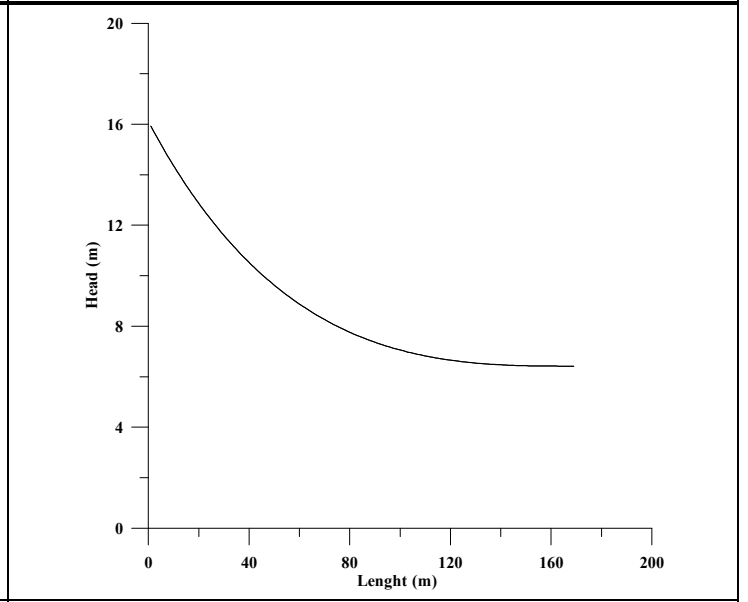
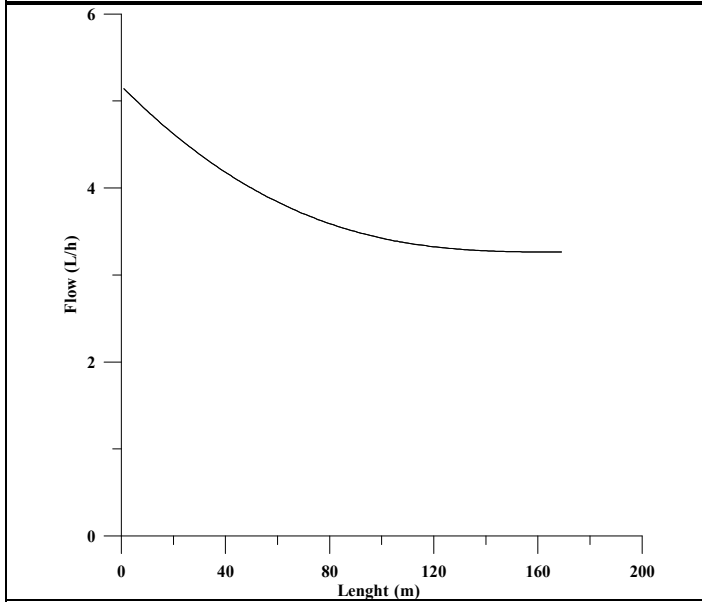
الشكل (15) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (CD)

الشكل (14) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (CD)



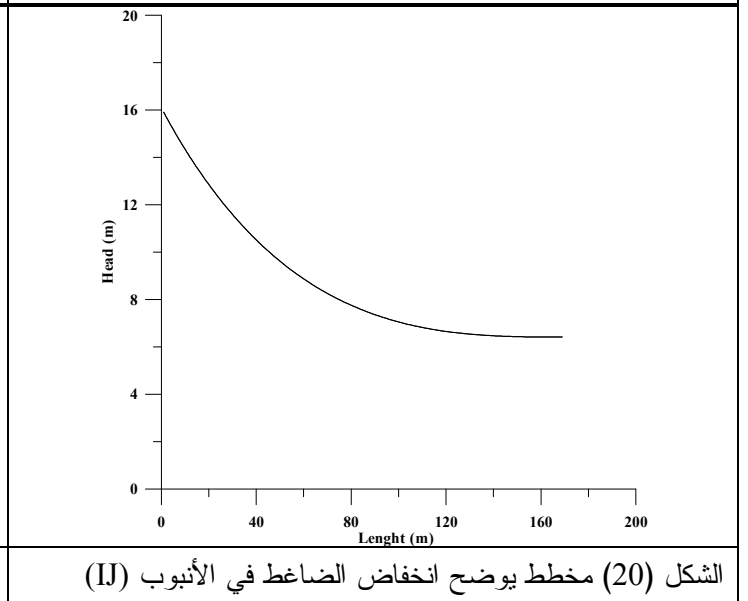
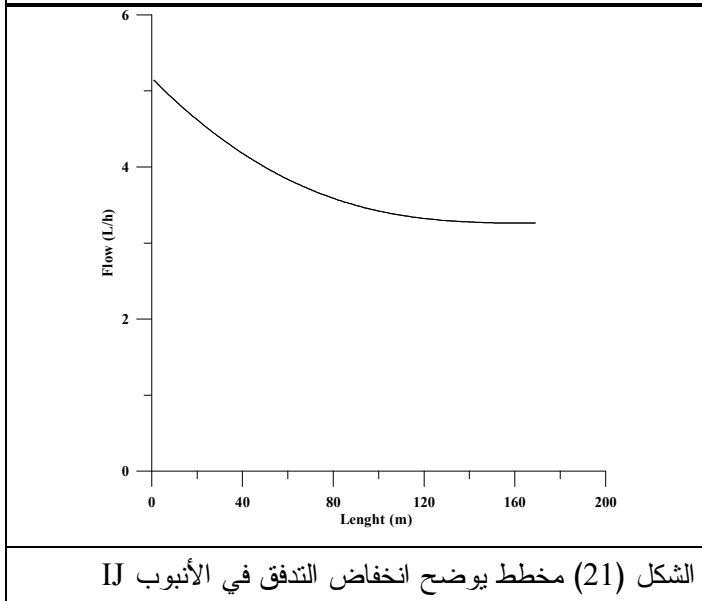
الشكل (17) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (EF)

الشكل (16) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (EF)



الشكل (19) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (GH)

الشكل (18) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (GH)



الشكل (21) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (IJ)

الشكل (20) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (IJ)

نقوم بحساب تغير تدفق وضغط النقاطات على طول الخطوط جميعها وكذلك معامل التجانس، النتائج موضحة في الجدول التالي:

Line	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	5.184	3.755	4.141	16.18	8.489	10.427	0.345	0.738	91.514
CD	5.170	3.283	3.789	16.087	6.487	8.828	0.499	1.088	87.763
EF	5.152	3.269	3.775	15.973	6.439	8.764	0.497	1.088	87.757
GH	5.141	3.265	3.769	15.921	6.418	8.735	0.497	1.088	87.757
IJ	5.14	3.264	3.768	15.907	6.412	8.727	0.497	1.088	87.756

إن قيم ($\Delta q > 10\%$, $\Delta H > 20\%$)، وهي قيم غير مقبولة لتغير التدفق والضغط على طول الخط. لجعلها مقبولة نقوم إما بتكبير قطر الأنابيب المستخدم أو بتقصير طوله.

ولنفرض أن قمنا بتقصير طول الخطوط، وجدنا أن الأطوال الأعظمية المسموح بها التي يمكن استخدامها في الشبكة موضحة في الجدول التالي، وذلك ضمن الشروط نفسها من مواصفات الأنابيب والضغط المطبق.

(تدفق وضغط النقاطات بعد تعديل الأطول موضحة في الملحق IV).

Line	L (m)	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	107.67	5.184	4.702	4.831	16.180	13.316	14.062	0.10	0.20	97.561
CD	93.561	5.170	4.691	4.817	16.100	13.244	13.980	0.10	0.20	97.571
EF	93.284	5.155	4.676	4.803	16.007	13.167	13.899	0.10	0.20	97.568
GH	93.181	5.152	4.673	4.797	15.969	13.136	13.866	0.10	0.20	97.567
IJ	93.150	5.148	4.669	4.796	15.962	13.129	13.860	0.10	0.20	97.567

وهي قيمة مقبولة لتغير التدفق والضغط على طول الخط ($\Delta q = 10\%$, $\Delta H = 20\%$).

وبما أنه توجد أطول مختلفة لخطوط الشبكة، فمن أجل تصميم هذه الشبكة فإننا نأخذ طول أقصر خط من بين الخطوط، والذي هو ($L = 93.15$ m) ونصمم باقي الخطوط على أساس طوله.

أي أصبح الطول الجديد لجميع الخطوط في الشبكة ($L = 93.15$ m)، نعيد حساب القيم الموجودة في الجدول السابق من أجل الأطوال الجديدة.

Line	L (m)	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	93.15	5.184	4.853	4.940	16.180	14.175	14.7	0.067	0.136	98.356
CD	93.15	5.177	4.694	4.822	16.133	13.272	14.009	0.10	0.20	97.573
EF	93.15	5.166	4.687	4.813	16.076	13.225	13.960	0.10	0.20	97.570
GH	93.15	5.162	4.684	4.810	16.050	13.203	13.937	0.10	0.20	97.568
IJ	93.15	5.162	4.684	4.809	16.044	13.198	13.931	0.10	0.20	97.568

(تدفق وضغط النقاطات عند ($L = 93.15$ m) موضحة في الملحق V).

الفصل السابع

الخاتمة والتوصيات

- I. تطوير استخدام البرنامج في تصميم أنواع أخرى من نظم الري مثل الري بالرش والري بالخطوط.
- II. استخدام البرمجيات الجاهزة مثل EPANET في تصميم شبكات الري (تنقيط، رش) بسبب الدقة العالية في الحسابات الهيدروليكية التي تقوم بها هذه البرمجيات.

المراجع

1. الحاج حسين، مروان؛ عبد الناصر الضريير (2008) " الري والصرف الزراعي "، منشورات جامعة حلب، 384 صفحة.
2. كوينكا، ريتشارد (2004) " تصميم نظم الري المنظور الهندسي "، ترجمة د. أحمد ابراهيم العمود وآخرون، منشورات جامعة الملك سعود، 623 صفحة.
3. Rossman, L.A. (2000), "EPANET 2 USERS MANUAL", Environmental Protection Agency (EPA). United States. 200 p.
4. Valiantzas, J. D., (1998), "Analytical approach for direct drip lateral hydraulic calculation", J. Irrig. and Drain. Engrg., Vol. 124, No. 6, PP. 300-305.
5. Hathoot, H. M.; Al-Amoud, A.I. and Al-Misned, A.S. (1999), "Effect of Energy Loss Due to Emitters on the Design of Trickle Irrigation Laterals", King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, 16 P.

الملحق (I): تدفق وضغط النقاطات في خط الري بالتنقيط

التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
3.820	8.785	114	4.219	10.711	58	5.184	16.180	1
3.816	8.770	115	4.205	10.653	59	5.162	16.039	2
3.812	8.756	116	4.194	10.596	60	5.141	15.900	3
3.809	8.742	117	4.183	10.541	61	5.116	15.763	4
3.809	8.728	118	4.172	10.486	62	5.094	15.628	5
3.805	8.715	119	4.162	10.432	63	5.072	15.495	6
3.802	8.703	120	4.151	10.379	64	5.051	15.364	7
3.798	8.691	121	4.140	10.327	65	5.029	15.234	8
3.798	8.679	122	4.133	10.276	66	5.008	15.106	9
3.794	8.668	123	4.122	10.226	67	4.990	14.980	10
3.791	8.657	124	4.111	10.177	68	4.968	14.856	11
3.791	8.647	125	4.100	10.129	69	4.946	14.734	12
3.787	8.637	126	4.093	10.082	70	4.928	14.613	13
3.787	8.627	127	4.082	10.036	71	4.907	14.494	14
3.784	8.618	128	4.075	9.991	72	4.885	14.377	15
3.780	8.610	129	4.064	9.946	73	4.867	14.261	16
3.780	8.601	130	4.057	9.903	74	4.849	14.147	17
3.776	8.593	131	4.046	9.860	75	4.828	14.035	18
3.776	8.586	132	4.039	9.819	76	4.810	13.924	19
3.776	8.579	133	4.028	9.778	77	4.792	13.815	20
3.773	8.572	134	4.021	9.738	78	4.770	13.708	21
3.773	8.565	135	4.014	9.699	79	4.752	13.602	22
3.769	8.559	136	4.007	9.660	80	4.734	13.498	23
3.769	8.553	137	4.000	9.623	81	4.716	13.395	24
3.769	8.548	138	3.989	9.586	82	4.698	13.294	25
3.766	8.543	139	3.982	9.550	83	4.680	13.194	26
3.766	8.538	140	3.974	9.515	84	4.666	13.096	27
3.766	8.533	141	3.967	9.481	85	4.648	12.999	28
3.766	8.529	142	3.960	9.447	86	4.630	12.904	29
3.762	8.525	143	3.953	9.414	87	4.612	12.810	30
3.762	8.521	144	3.949	9.382	88	4.597	12.717	31
3.762	8.518	145	3.942	9.351	89	4.579	12.626	32
3.762	8.515	146	3.935	9.321	90	4.565	12.537	33
3.758	8.512	147	3.928	9.291	91	4.547	12.449	34
3.758	8.509	148	3.924	9.262	92	4.532	12.362	35
3.758	8.507	149	3.917	9.233	93	4.514	12.276	36
3.758	8.504	150	3.910	9.206	94	4.500	12.192	37
3.758	8.502	151	3.906	9.179	95	4.486	12.109	38
3.758	8.500	152	3.899	9.152	96	4.471	12.028	39
3.758	8.499	153	3.895	9.127	97	4.453	11.948	40
3.758	8.497	154	3.888	9.102	98	4.439	11.869	41
3.755	8.496	155	3.884	9.077	99	4.424	11.791	42
3.755	8.495	156	3.877	9.054	100	4.410	11.715	43
3.755	8.494	157	3.874	9.031	101	4.396	11.640	44
3.755	8.493	158	3.870	9.008	102	4.385	11.566	45
3.755	8.492	159	3.863	8.987	103	4.370	11.493	46
3.755	8.491	160	3.859	8.965	104	4.356	11.422	47
3.755	8.491	161	3.856	8.945	105	4.342	11.351	48
3.755	8.490	162	3.852	8.925	106	4.327	11.282	49
3.755	8.490	163	3.845	8.906	107	4.316	11.214	50
3.755	8.490	164	3.841	8.887	108	4.302	11.148	51
3.755	8.490	165	3.838	8.868	109	4.291	11.082	52
3.755	8.489	166	3.834	8.851	110	4.277	11.017	53
3.755	8.489	167	3.830	8.834	111	4.266	10.954	54
3.755	8.489	168	3.827	8.817	112	4.252	10.892	55
3.755	8.489	169	3.823	8.801	113	4.241	10.831	56
						4.230	10.770	57

الملحق (II): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (AB)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
3.820	8.785	114	4.219	10.711	58	5.184	16.180	1
3.816	8.770	115	4.205	10.653	59	5.162	16.039	2
3.812	8.756	116	4.194	10.596	60	5.141	15.900	3
3.809	8.742	117	4.183	10.541	61	5.116	15.763	4
3.809	8.728	118	4.172	10.486	62	5.094	15.628	5
3.805	8.715	119	4.162	10.432	63	5.072	15.495	6
3.802	8.703	120	4.151	10.379	64	5.051	15.364	7
3.798	8.691	121	4.140	10.327	65	5.029	15.234	8
3.798	8.679	122	4.133	10.276	66	5.008	15.106	9
3.794	8.668	123	4.122	10.226	67	4.990	14.980	10
3.791	8.657	124	4.111	10.177	68	4.968	14.856	11
3.791	8.647	125	4.100	10.129	69	4.946	14.734	12
3.787	8.637	126	4.093	10.082	70	4.928	14.613	13
3.787	8.627	127	4.082	10.036	71	4.907	14.494	14
3.784	8.618	128	4.075	9.991	72	4.885	14.377	15
3.780	8.610	129	4.064	9.946	73	4.867	14.261	16
3.780	8.601	130	4.057	9.903	74	4.849	14.147	17
3.776	8.593	131	4.046	9.860	75	4.828	14.035	18
3.776	8.586	132	4.039	9.819	76	4.810	13.924	19
3.776	8.579	133	4.028	9.778	77	4.792	13.815	20
3.773	8.572	134	4.021	9.738	78	4.770	13.708	21
3.773	8.565	135	4.014	9.699	79	4.752	13.602	22
3.769	8.559	136	4.007	9.660	80	4.734	13.498	23
3.769	8.553	137	4.000	9.623	81	4.716	13.395	24
3.769	8.548	138	3.989	9.586	82	4.698	13.294	25
3.766	8.543	139	3.982	9.550	83	4.680	13.194	26
3.766	8.538	140	3.974	9.515	84	4.666	13.096	27
3.766	8.533	141	3.9672	9.481	85	4.648	12.999	28
3.766	8.529	142	9.447	86	86	4.630	12.904	29
3.762	8.525	143	9.414	87	87	4.612	12.810	30
3.762	8.521	144	9.382	88	88	4.597	12.717	31
3.762	8.518	145	9.351	89	89	4.579	12.626	32
3.762	8.515	146	9.321	90	90	4.565	12.537	33
3.758	8.512	147	9.291	91	91	4.547	12.449	34
3.758	8.509	148	9.262	92	92	4.532	12.362	35
3.758	8.507	149	9.233	93	93	4.514	12.276	36
3.758	8.504	150	9.206	94	94	4.500	12.192	37
3.758	8.502	151	9.179	95	95	4.486	12.109	38
3.758	8.500	152	9.152	96	96	4.471	12.028	39
3.758	8.499	153	9.127	97	97	4.453	11.948	40
3.758	8.497	154	9.102	98	98	4.439	11.869	41
3.755	8.496	155	9.077	99	99	4.424	11.791	42
3.755	8.495	156	9.054	100	100	4.410	11.715	43
3.755	8.494	157	9.031	101	101	4.396	11.640	44
3.755	8.493	158	9.008	102	102	4.385	11.566	45
3.755	8.492	159	8.987	103	103	4.370	11.493	46
3.755	8.491	160	8.965	104	104	4.356	11.422	47
3.755	8.491	161	8.945	105	105	4.342	11.351	48
3.755	8.490	162	8.925	106	106	4.327	11.282	49
3.755	8.490	163	8.906	107	107	4.316	11.214	50
3.755	8.490	164	8.887	108	108	4.302	11.148	51
3.755	8.490	165	8.868	109	109	4.291	11.082	52
3.755	8.489	166	8.851	110	110	4.277	11.017	53
3.755	8.489	167	8.834	111	111	4.266	10.954	54
3.755	8.489	168	8.817	112	112	4.252	10.892	55
3.755	8.489	169	3.823	8.801	113	4.241	10.830	56
						4.230	10.770	57

تابع الملحق (II): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (CD)								
التدفق (L/h)	الضغوط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغوط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغوط (m)	ترميز النقطة
3.366	6.821	114	3.892	9.111	58	5.170	16.087	1
3.362	6.803	115	3.874	9.041	59	5.141	15.901	2
3.359	6.787	116	3.859	8.971	60	5.108	15.717	3
3.355	6.771	117	3.845	8.903	61	5.080	15.537	4
3.348	6.755	118	3.830	8.837	62	5.051	15.359	5
3.344	6.740	119	3.816	8.771	63	5.022	15.184	6
3.341	6.726	120	3.802	8.707	64	4.993	15.011	7
3.341	6.712	121	3.791	8.645	65	4.964	14.842	8
3.337	6.699	122	3.776	8.583	66	4.936	14.675	9
3.334	6.686	123	3.762	8.523	67	4.910	14.510	10
3.330	6.674	124	3.751	8.464	68	4.882	14.348	11
3.326	6.662	125	3.737	8.406	69	4.856	14.189	12
3.323	6.651	126	3.722	8.349	70	4.828	14.032	13
3.323	6.640	127	3.712	8.294	71	4.802	13.878	14
3.319	6.630	128	3.701	8.239	72	4.774	13.726	15
3.316	6.620	129	3.686	8.186	73	4.748	13.576	16
3.312	6.611	130	3.676	8.134	74	4.723	13.429	17
3.312	6.602	131	3.665	8.083	75	4.698	13.285	18
3.308	6.594	132	3.654	8.033	76	4.673	13.142	19
3.308	6.586	133	3.643	7.985	77	4.648	13.002	20
3.305	6.578	134	3.632	7.937	78	4.622	12.864	21
3.305	6.571	135	3.622	7.890	79	4.597	12.728	22
3.301	6.564	136	3.611	7.845	80	4.576	12.595	23
3.301	6.557	137	3.600	7.800	81	4.550	12.464	24
3.298	6.551	138	3.589	7.757	82	4.525	12.335	25
3.298	6.545	139	3.578	7.714	83	4.504	12.208	26
3.298	6.540	140	3.571	7.673	84	4.478	12.083	27
3.294	6.535	141	3.560	7.632	85	4.457	11.960	28
3.294	6.530	142	3.550	7.592	86	4.435	11.839	29
3.294	6.526	143	3.542	7.554	87	4.414	11.720	30
3.290	6.522	144	3.532	7.516	88	4.388	11.603	31
3.290	6.518	145	3.524	7.479	89	4.367	11.488	32
3.290	6.514	146	3.517	7.443	90	4.345	11.375	33
3.290	6.511	147	3.506	7.408	91	4.327	11.264	34
3.287	6.508	148	3.499	7.374	92	4.306	11.155	35
3.287	6.505	149	3.492	7.341	93	4.284	11.048	36
3.287	6.503	150	3.485	7.308	94	4.262	10.942	37
3.287	6.501	151	3.478	7.277	95	4.244	10.839	38
3.287	6.499	152	3.470	7.246	96	4.223	10.737	39
3.283	6.497	153	3.463	7.216	97	4.205	10.637	40
3.283	6.495	154	3.456	7.187	98	4.183	10.538	41
3.283	6.494	155	3.449	7.159	99	4.165	10.442	42
3.283	6.492	156	3.442	7.131	100	4.147	10.347	43
3.283	6.491	157	3.434	7.104	101	4.126	10.253	44
3.283	6.490	158	3.427	7.078	102	4.108	10.162	45
3.283	6.490	159	3.424	7.053	103	4.090	10.072	46
3.283	6.489	160	3.416	7.028	104	4.072	9.983	47
3.283	6.488	161	3.409	7.004	105	4.054	9.896	48
3.283	6.488	162	3.406	6.981	106	4.036	9.811	49
3.283	6.488	163	3.398	6.959	107	4.021	9.727	50
3.283	6.487	164	3.395	6.937	108	4.003	9.645	51
3.283	6.487	165	3.388	6.916	109	3.985	9.565	52
3.283	6.487	166	3.384	6.896	110	3.971	9.485	53
3.283	6.487	167	3.380	6.876	111	3.953	9.408	54
3.283	6.487	168	3.373	6.857	112	3.938	9.331	55
3.283	6.487	169	3.370	6.838	113	3.920	9.257	56
						3.906	9.183	57

تابع الملحق (II): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (EF)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
3.355	6.771	114	3.877	9.045	58	5.152	15.973	1
3.348	6.754	115	3.863	8.975	59	5.119	15.788	2
3.344	6.737	116	3.845	8.906	60	5.090	15.606	3
3.341	6.721	117	3.830	8.839	61	5.062	15.426	4
3.337	6.706	118	3.816	8.773	62	5.033	15.250	5
3.334	6.691	119	3.802	8.708	63	5.004	15.076	6
3.330	6.677	120	3.791	8.644	64	4.975	14.905	7
3.326	6.663	121	3.776	8.582	65	4.946	14.736	8
3.323	6.650	122	3.762	8.521	66	4.921	14.570	9
3.319	6.637	123	3.748	8.461	67	4.892	14.407	10
3.316	6.625	124	3.737	8.402	68	4.864	14.246	11
3.316	6.614	125	3.722	8.345	69	4.838	14.088	12
3.312	6.602	126	3.712	8.289	70	4.810	13.932	13
3.308	6.592	127	3.697	8.234	71	4.784	13.779	14
3.305	6.582	128	3.686	8.180	72	4.759	13.628	15
3.305	6.572	129	3.676	8.127	73	4.730	13.480	16
3.301	6.563	130	3.661	8.075	74	4.705	13.334	17
3.298	6.554	131	3.650	8.025	75	4.680	13.190	18
3.298	6.545	132	3.640	7.975	76	4.655	13.048	19
3.294	6.537	133	3.629	7.927	77	4.630	12.909	20
3.294	6.530	134	3.618	7.879	78	4.604	12.772	21
3.290	6.522	135	3.607	7.833	79	4.583	12.638	22
3.290	6.516	136	3.596	7.788	80	4.558	12.505	23
3.287	6.509	137	3.586	7.744	81	4.532	12.375	24
3.287	6.503	138	3.575	7.700	82	4.511	12.246	25
3.287	6.497	139	3.568	7.658	83	4.486	12.120	26
3.283	6.492	140	3.557	7.617	84	4.464	11.996	27
3.283	6.487	141	3.546	7.577	85	4.442	11.874	28
3.280	6.482	142	3.539	7.537	86	4.417	11.754	29
3.280	6.478	143	3.528	7.499	87	4.396	11.636	30
3.280	6.474	144	3.521	7.461	88	4.374	11.520	31
3.280	6.470	145	3.510	7.425	89	4.352	11.406	32
3.276	6.467	146	3.503	7.389	90	4.331	11.294	33
3.276	6.463	147	3.496	7.354	91	4.309	11.184	34
3.276	6.460	148	3.488	7.320	92	4.288	11.075	35
3.276	6.458	149	3.478	7.287	93	4.270	10.969	36
3.276	6.455	150	3.470	7.255	94	4.248	10.864	37
3.272	6.453	151	3.463	7.224	95	4.226	10.761	38
3.272	6.451	152	3.456	7.193	96	4.208	10.660	39
3.272	6.449	153	3.449	7.163	97	4.187	10.560	40
3.272	6.447	154	3.442	7.134	98	4.169	10.463	41
3.272	6.446	155	3.434	7.106	99	4.151	10.367	42
3.272	6.445	156	3.431	7.079	100	4.129	10.272	43
3.272	6.444	157	3.424	7.052	101	4.111	10.180	44
3.272	6.443	158	3.416	7.026	102	4.093	10.089	45
3.272	6.442	159	3.409	7.001	103	4.075	9.999	46
3.272	6.441	160	3.406	6.977	104	4.057	9.911	47
3.272	6.441	161	3.398	6.953	105	4.039	9.825	48
3.272	6.440	162	3.391	6.930	106	4.021	9.740	49
3.269	6.440	163	3.388	6.908	107	4.007	9.657	50
3.269	6.440	164	3.380	6.886	108	3.989	9.576	51
3.269	6.439	165	3.377	6.866	109	3.971	9.496	52
3.269	6.439	166	3.373	6.845	110	3.956	9.417	53
3.269	6.439	167	3.366	6.826	111	3.938	9.340	54
3.269	6.439	168	3.362	6.807	112	3.924	9.264	55
3.269	6.439	169	3.359	6.788	113	3.906	9.190	56
						3.892	9.117	57

تابع الملحق (II): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (GH)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
3.348	6.748	114	3.870	9.015	58	5.141	15.921	1
3.344	6.731	115	3.856	8.945	59	5.112	15.736	2
3.341	6.714	116	3.841	8.877	60	5.083	15.555	3
3.337	6.698	117	3.827	8.809	61	5.054	15.376	4
3.330	6.683	118	3.812	8.744	62	5.026	15.200	5
3.326	6.668	119	3.798	8.679	63	4.997	15.026	6
3.323	6.654	120	3.784	8.615	64	4.968	14.856	7
3.323	6.641	121	3.769	8.553	65	4.939	14.688	8
3.319	6.627	122	3.755	8.492	66	4.910	14.522	9
3.316	6.615	123	3.744	8.433	67	4.885	14.360	10
3.312	6.603	124	3.730	8.374	68	4.856	14.199	11
3.308	6.591	125	3.715	8.317	69	4.831	14.042	12
3.305	6.580	126	3.704	8.261	70	4.802	13.887	13
3.305	6.569	127	3.694	8.206	71	4.777	13.734	14
3.301	6.559	128	3.679	8.152	72	4.748	13.583	15
3.298	6.550	129	3.668	8.100	73	4.723	13.435	16
3.298	6.540	130	3.658	8.048	74	4.698	13.290	17
3.294	6.532	131	3.643	7.998	75	4.673	13.147	18
3.290	6.523	132	3.632	7.948	76	4.648	13.006	19
3.290	6.515	133	3.622	7.900	77	4.622	12.867	20
3.287	6.508	134	3.611	7.853	78	4.597	12.730	21
3.287	6.500	135	3.600	7.807	79	4.576	12.596	22
3.283	6.494	136	3.589	7.762	80	4.550	12.464	23
3.283	6.487	137	3.582	7.718	81	4.525	12.334	24
3.280	6.481	138	3.571	7.675	82	4.504	12.206	25
3.280	6.476	139	3.560	7.632	83	4.478	12.080	26
3.280	6.470	140	3.550	7.591	84	4.457	11.957	27
3.276	6.465	141	3.5424	7.55114	85	4.435	11.835	28
3.276	6.461	142	3.532	7.512	86	4.410	11.715	29
3.276	6.456	143	3.524	7.474	87	4.388	11.598	30
3.272	6.452	144	3.514	7.436	88	4.367	11.482	31
3.272	6.448	145	3.506	7.400	89	4.345	11.368	32
3.272	6.445	146	3.499	7.364	90	4.324	11.257	33
3.272	6.442	147	3.488	7.330	91	4.302	11.147	34
3.269	6.439	148	3.481	7.296	92	4.280	11.039	35
3.269	6.436	149	3.474	7.263	93	4.262	10.932	36
3.269	6.433	150	3.467	7.231	94	4.241	10.828	37
3.269	6.431	151	3.460	7.199	95	4.219	10.725	38
3.269	6.429	152	3.452	7.169	96	4.201	10.624	39
3.269	6.427	153	3.445	7.139	97	4.180	10.525	40
3.265	6.426	154	3.438	7.110	98	4.162	10.428	41
3.265	6.424	155	3.431	7.082	99	4.144	10.332	42
3.265	6.423	156	3.424	7.055	100	4.122	10.238	43
3.265	6.422	157	3.416	7.029	101	4.104	10.146	44
3.265	6.421	158	3.409	7.003	102	4.086	10.055	45
3.265	6.420	159	3.406	6.978	103	4.068	9.966	46
3.265	6.420	160	3.398	6.953	104	4.050	9.878	47
3.265	6.419	161	3.391	6.930	105	4.032	9.793	48
3.265	6.419	162	3.388	6.907	106	4.014	9.708	49
3.265	6.418	163	3.380	6.885	107	4.000	9.625	50
3.265	6.418	164	3.377	6.863	108	3.982	9.544	51
3.265	6.418	165	3.370	6.842	109	3.964	9.464	52
3.265	6.418	166	3.366	6.822	110	3.949	9.386	53
3.265	6.418	167	3.362	6.803	111	3.931	9.309	54
3.265	6.418	168	3.355	6.784	112	3.917	9.233	55
3.265	6.418	169	3.352	6.766	113	3.899	9.159	56
						3.884	9.087	57

تابع الملحق (II): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (I)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
3.348	6.742	114	3.866	9.007	58	5.140	15.907	1
3.341	6.725	115	3.852	8.937	59	5.112	15.723	2
3.337	6.708	116	3.838	8.869	60	5.080	15.541	3
3.334	6.693	117	3.823	8.802	61	5.051	15.363	4
3.330	6.677	118	3.809	8.736	62	5.022	15.187	5
3.326	6.662	119	3.794	8.671	63	4.993	15.013	6
3.323	6.648	120	3.780	8.608	64	4.964	14.843	7
3.319	6.635	121	3.769	8.546	65	4.936	14.675	8
3.316	6.622	122	3.755	8.485	66	4.910	14.510	9
3.312	6.609	123	3.740	8.425	67	4.882	14.347	10
3.312	6.597	124	3.730	8.367	68	4.853	14.187	11
3.308	6.585	125	3.715	8.310	69	4.828	14.030	12
3.305	6.574	126	3.704	8.254	70	4.799	13.875	13
3.301	6.564	127	3.690	8.199	71	4.774	13.722	14
3.298	6.553	128	3.679	8.145	72	4.748	13.572	15
3.298	6.544	129	3.665	8.093	73	4.723	13.424	16
3.294	6.535	130	3.654	8.041	74	4.698	13.278	17
3.294	6.526	131	3.643	7.991	75	4.669	13.135	18
3.290	6.517	132	3.632	7.941	76	4.648	12.994	19
3.287	6.509	133	3.622	7.893	77	4.622	12.856	20
3.287	6.502	134	3.611	7.846	78	4.597	12.719	21
3.283	6.495	135	3.600	7.800	79	4.572	12.585	22
3.283	6.488	136	3.589	7.755	80	4.547	12.453	23
3.280	6.482	137	3.578	7.711	81	4.525	12.323	24
3.280	6.475	138	3.568	7.668	82	4.500	12.195	25
3.280	6.470	139	3.560	7.626	83	4.478	12.070	26
3.276	6.464	140	3.550	7.585	84	4.453	11.946	27
3.276	6.459	141	3.539	7.544	85	4.432	11.825	28
3.276	6.455	142	3.532	7.505	86	4.410	11.705	29
3.272	6.450	143	3.521	7.467	87	4.388	11.588	30
3.272	6.446	144	3.514	7.430	88	4.367	11.472	31
3.272	6.443	145	3.503	7.393	89	4.345	11.358	32
3.269	6.439	146	3.496	7.358	90	4.324	11.247	33
3.269	6.436	147	3.488	7.323	91	4.302	11.137	34
3.269	6.433	148	3.481	7.289	92	4.280	11.029	35
3.269	6.430	149	3.470	7.256	93	4.259	10.923	36
3.269	6.428	150	3.463	7.224	94	4.241	10.818	37
3.265	6.425	151	3.456	7.193	95	4.219	10.716	38
3.265	6.423	152	3.449	7.163	96	4.198	10.615	39
3.265	6.422	153	3.442	7.133	97	4.180	10.516	40
3.265	6.420	154	3.434	7.104	98	4.162	10.419	41
3.265	6.419	155	3.427	7.076	99	4.140	10.323	42
3.265	6.417	156	3.420	7.049	100	4.122	10.229	43
3.265	6.416	157	3.416	7.022	101	4.104	10.137	44
3.265	6.415	158	3.409	6.997	102	4.086	10.046	45
3.265	6.414	159	3.402	6.972	103	4.068	9.957	46
3.265	6.414	160	3.398	6.947	104	4.050	9.870	47
3.265	6.413	161	3.391	6.924	105	4.032	9.784	48
3.265	6.413	162	3.384	6.901	106	4.014	9.700	49
3.265	6.412	163	3.380	6.879	107	3.996	9.617	50
3.265	6.412	164	3.373	6.857	108	3.978	9.536	51
3.265	6.412	165	3.370	6.836	109	3.964	9.456	52
3.265	6.412	166	3.366	6.816	110	3.946	9.377	53
3.265	6.412	167	3.359	6.797	111	3.931	9.301	54
3.265	6.412	168	3.355	6.778	112	3.913	9.225	55
3.265	6.412	169	3.352	6.759	113	3.899	9.151	56
						3.884	9.079	57

الملحق (III): تدفق وضغط النقاطات في خط الري بالتنقيط بعد تعديل طوله

ترميز النقطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	37	14.172	4.853	72	13.431	4.723
2	16.101	5.173	38	14.137	4.846	73	13.422	4.723
3	16.024	5.159	39	14.103	4.838	74	13.413	4.720
4	15.949	5.148	40	14.070	4.835	75	13.405	4.720
5	15.874	5.134	41	14.038	4.828	76	13.397	4.716
6	15.802	5.123	42	14.007	4.824	77	13.389	4.716
7	15.730	5.112	43	13.976	4.817	78	13.383	4.716
8	15.660	5.101	44	13.947	4.813	79	13.376	4.712
9	15.592	5.090	45	13.918	4.810	80	13.370	4.712
10	15.525	5.080	46	13.891	4.802	81	13.364	4.712
11	15.459	5.069	47	13.864	4.799	82	13.359	4.709
12	15.394	5.058	48	13.838	4.795	83	13.354	4.709
13	15.331	5.047	49	13.813	4.792	84	13.350	4.709
14	15.269	5.036	50	13.788	4.784	85	13.346	4.709
15	15.209	5.026	51	13.765	4.781	86	13.342	4.709
16	15.149	5.015	52	13.742	4.777	87	13.338	4.705
17	15.091	5.008	53	13.720	4.774	88	13.335	4.705
18	15.034	4.997	54	13.699	4.770	89	13.332	4.705
19	14.979	4.990	55	13.678	4.766	90	13.330	4.705
20	14.924	4.979	56	13.658	4.763	91	13.327	4.705
21	14.871	4.972	57	13.639	4.759	92	13.325	4.705
22	14.819	4.961	58	13.621	4.756	93	13.324	4.705
23	14.768	4.954	59	13.603	4.752	94	13.322	4.705
24	14.719	4.943	60	13.586	4.752	95	13.321	4.705
25	14.670	4.936	61	13.570	4.748	96	13.320	4.705
26	14.623	4.928	62	13.554	4.745	97	13.319	4.705
27	14.576	4.921	63	13.539	4.741	98	13.318	4.702
28	14.531	4.914	64	13.525	4.741	99	13.317	4.702
29	14.487	4.907	65	13.511	4.738	100	13.317	4.702
30	14.444	4.900	66	13.498	4.734	101	13.316	4.702
31	14.402	4.892	67	13.486	4.734	102	13.316	4.702
32	14.361	4.885	68	13.474	4.730	103	13.316	4.702
33	14.321	4.878	69	13.462	4.730	104	13.316	4.702
34	14.282	4.871	70	13.451	4.727	105	13.316	4.702
35	14.245	4.864	71	13.441	4.723	106	13.316	4.702
36	14.208	4.856						

الملحق (IV): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (AB)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.723	13.431	72	4.853	14.172	37	5.184	16.180	1
4.723	13.422	73	4.846	14.137	38	5.173	16.101	2
4.720	13.413	74	4.838	14.103	39	5.159	16.024	3
4.720	13.405	75	4.835	14.070	40	5.148	15.949	4
4.716	13.397	76	4.828	14.038	41	5.134	15.874	5
4.716	13.389	77	4.824	14.007	42	5.123	15.802	6
4.716	13.383	78	4.817	13.976	43	5.112	15.730	7
4.712	13.376	79	4.813	13.947	44	5.101	15.660	8
4.712	13.370	80	4.810	13.918	45	5.090	15.592	9
4.712	13.364	81	4.802	13.891	46	5.080	15.525	10
4.709	13.359	82	4.799	13.864	47	5.069	15.459	11
4.709	13.354	83	4.795	13.838	48	5.058	15.394	12
4.709	13.350	84	4.792	13.813	49	5.047	15.331	13
4.709	13.346	85	4.784	13.788	50	5.036	15.269	14
4.709	13.342	86	4.781	13.765	51	5.026	15.209	15
4.705	13.338	87	4.777	13.742	52	5.015	15.149	16
4.705	13.335	88	4.774	13.720	53	5.008	15.091	17
4.705	13.332	89	4.770	13.699	54	4.997	15.034	18
4.705	13.330	90	4.766	13.678	55	4.990	14.979	19
4.705	13.327	91	4.763	13.658	56	4.979	14.924	20
4.705	13.325	92	4.759	13.639	57	4.972	14.871	21
4.705	13.324	93	4.756	13.621	58	4.961	14.819	22
4.705	13.322	94	4.752	13.603	59	4.954	14.768	23
4.705	13.321	95	4.752	13.586	60	4.943	14.719	24
4.705	13.320	96	4.748	13.570	61	4.936	14.670	25
4.705	13.319	97	4.745	13.554	62	4.928	14.623	26
4.702	13.318	98	4.741	13.539	63	4.921	14.576	27
4.702	13.317	99	4.741	13.525	64	4.914	14.531	28
4.702	13.317	100	4.738	13.511	65	4.907	14.487	29
4.702	13.316	101	4.734	13.498	66	4.900	14.444	30
4.702	13.316	102	4.734	13.486	67	4.892	14.402	31
4.702	13.316	103	4.730	13.474	68	4.885	14.361	32
4.702	13.316	104	4.730	13.462	69	4.878	14.321	33
4.702	13.316	105	4.727	13.451	70	4.871	14.282	34
4.702	13.316	106	4.723	13.441	71	4.864	14.245	35
						4.856	14.208	36

تابع الملحق (IV): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (CD)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.709	13.349	63	4.838	14.089	32	5.170	16.100	1
4.709	13.339	64	4.831	14.049	33	5.155	16.008	2
4.705	13.330	65	4.824	14.010	34	5.141	15.918	3
4.705	13.321	66	4.817	13.973	35	5.126	15.831	4
4.702	13.313	67	4.810	13.936	36	5.116	15.745	5
4.702	13.305	68	4.806	13.901	37	5.101	15.661	6
4.702	13.299	69	4.799	13.867	38	5.087	15.579	7
4.698	13.292	70	4.795	13.835	39	5.072	15.499	8
4.698	13.286	71	4.788	13.803	40	5.062	15.421	9
4.698	13.281	72	4.784	13.773	41	5.047	15.345	10
4.694	13.276	73	4.777	13.743	42	5.036	15.271	11
4.694	13.271	74	4.774	13.715	43	5.026	15.198	12
4.694	13.267	75	4.766	13.688	44	5.011	15.128	13
4.694	13.264	76	4.763	13.662	45	5.000	15.059	14
4.694	13.261	77	4.759	13.637	46	4.990	14.991	15
4.694	13.258	78	4.756	13.613	47	4.979	14.926	16
4.691	13.255	79	4.752	13.590	48	4.968	14.862	17
4.691	13.253	80	4.748	13.568	49	4.957	14.800	18
4.691	13.251	81	4.745	13.546	50	4.946	14.739	19
4.691	13.250	82	4.741	13.526	51	4.939	14.680	20
4.691	13.248	83	4.738	13.507	52	4.928	14.623	21
4.691	13.247	84	4.734	13.489	53	4.918	14.567	22
4.691	13.246	85	4.730	13.471	54	4.910	14.513	23
4.691	13.246	86	4.727	13.454	55	4.900	14.460	24
4.691	13.245	87	4.723	13.439	56	4.892	14.409	25
4.691	13.245	88	4.723	13.423	57	4.885	14.359	26
4.691	13.245	89	4.720	13.409	58	4.874	14.310	27
4.691	13.244	90	4.716	13.396	59	4.867	14.263	28
4.691	13.244	91	4.716	13.383	60	4.860	14.218	29
4.691	13.244	92	4.712	13.371	61	4.853	14.174	30
			4.712	13.360	62	4.846	14.131	31

تابع الملحق (IV): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (EF)								
الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)	الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)	الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.007	5.155	32	14.008	4.824	63	13.271	4.694
2	15.916	5.141	33	13.968	4.817	64	13.262	4.694
3	15.826	5.126	34	13.929	4.810	65	13.252	4.691
4	15.739	5.112	35	13.892	4.802	66	13.244	4.691
5	15.654	5.098	36	13.856	4.799	67	13.236	4.687
6	15.571	5.087	37	13.821	4.792	68	13.228	4.687
7	15.489	5.072	38	13.787	4.784	69	13.221	4.687
8	15.410	5.058	39	13.754	4.781	70	13.215	4.684
9	15.332	5.047	40	13.723	4.774	71	13.209	4.684
10	15.256	5.033	41	13.693	4.770	72	13.204	4.684
11	15.183	5.022	42	13.664	4.763	73	13.199	4.684
12	15.110	5.011	43	13.635	4.759	74	13.194	4.680
13	15.040	4.997	44	13.608	4.756	75	13.190	4.680
14	14.971	4.986	45	13.582	4.748	76	13.187	4.680
15	14.905	4.975	46	13.558	4.745	77	13.183	4.680
16	14.839	4.964	47	13.534	4.741	78	13.181	4.680
17	14.776	4.954	48	13.511	4.738	79	13.178	4.680
18	14.714	4.943	49	13.489	4.734	80	13.176	4.676
19	14.654	4.932	50	13.468	4.730	81	13.174	4.676
20	14.595	4.925	51	13.448	4.727	82	13.173	4.676
21	14.538	4.914	52	13.429	4.723	83	13.171	4.676
22	14.483	4.903	53	13.410	4.720	84	13.170	4.676
23	14.429	4.896	54	13.393	4.716	85	13.169	4.676
24	14.376	4.885	55	13.376	4.712	86	13.169	4.676
25	14.325	4.878	56	13.360	4.712	87	13.168	4.676
26	14.276	4.871	57	13.345	4.709	88	13.168	4.676
27	14.227	4.860	58	13.331	4.705	89	13.168	4.676
28	14.181	4.853	59	13.318	4.702	90	13.167	4.676
29	14.135	4.846	60	13.305	4.702	91	13.167	4.676
30	14.092	4.838	61	13.293	4.698	92	13.167	4.676
31	14.049	4.831	62	13.282	4.698			

تابع الملحق (IV): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (GH)								
الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)	الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)	الترميز النقطة	الضغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.969	5.152	32	13.974	4.817	63	13.240	4.691
2	15.878	5.137	33	13.934	4.810	64	13.230	4.687
3	15.789	5.123	34	13.896	4.806	65	13.221	4.687
4	15.702	5.108	35	13.859	4.799	66	13.212	4.684
5	15.617	5.094	36	13.822	4.792	67	13.204	4.684
6	15.534	5.080	37	13.788	4.784	68	13.196	4.684
7	15.452	5.065	38	13.754	4.781	69	13.190	4.680
8	15.373	5.054	39	13.721	4.774	70	13.183	4.680
9	15.296	5.040	40	13.690	4.770	71	13.177	4.680
10	15.220	5.029	41	13.660	4.763	72	13.172	4.676
11	15.146	5.015	42	13.631	4.759	73	13.167	4.676
12	15.074	5.004	43	13.603	4.752	74	13.163	4.676
13	15.004	4.993	44	13.576	4.748	75	13.159	4.676
14	14.936	4.982	45	13.550	4.745	76	13.155	4.673
15	14.869	4.968	46	13.525	4.741	77	13.152	4.673
16	14.804	4.957	47	13.501	4.734	78	13.149	4.673
17	14.741	4.946	48	13.478	4.730	79	13.147	4.673
18	14.679	4.939	49	13.456	4.727	80	13.144	4.673
19	14.619	4.928	50	13.436	4.723	81	13.143	4.673
20	14.560	4.918	51	13.415	4.720	82	13.141	4.673
21	14.503	4.907	52	13.396	4.716	83	13.140	4.673
22	14.448	4.900	53	13.378	4.712	84	13.139	4.673
23	14.394	4.889	54	13.361	4.712	85	13.138	4.673
24	14.342	4.882	55	13.344	4.709	86	13.137	4.673
25	14.291	4.871	56	13.328	4.705	87	13.137	4.673
26	14.241	4.864	57	13.314	4.702	88	13.136	4.673
27	14.193	4.856	58	13.299	4.702	89	13.136	4.673
28	14.147	4.849	59	13.286	4.698	90	13.136	4.673
29	14.102	4.838	60	13.273	4.694	91	13.136	4.673
30	14.058	4.831	61	13.261	4.694	92	13.136	4.673
31	14.015	4.824	62	13.250	4.691			

تابع الملحق (IV): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (I)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.687	13.234	63	4.817	13.968	32	5.148	15.962	1
4.687	13.224	64	4.810	13.928	33	5.134	15.871	2
4.684	13.215	65	4.802	13.890	34	5.119	15.782	3
4.684	13.206	66	4.795	13.853	35	5.105	15.695	4
4.684	13.198	67	4.792	13.817	36	5.090	15.610	5
4.680	13.191	68	4.784	13.782	37	5.080	15.527	6
4.680	13.184	69	4.777	13.748	38	5.065	15.446	7
4.680	13.177	70	4.774	13.716	39	5.051	15.367	8
4.676	13.172	71	4.766	13.684	40	5.040	15.289	9
4.676	13.166	72	4.763	13.654	41	5.026	15.214	10
4.676	13.161	73	4.756	13.625	42	5.015	15.140	11
4.676	13.157	74	4.752	13.597	43	5.004	15.068	12
4.673	13.153	75	4.748	13.570	44	4.990	14.998	13
4.673	13.149	76	4.745	13.544	45	4.979	14.929	14
4.673	13.146	77	4.738	13.519	46	4.968	14.863	15
4.673	13.143	78	4.734	13.495	47	4.957	14.798	16
4.673	13.141	79	4.730	13.473	48	4.946	14.734	17
4.673	13.139	80	4.727	13.451	49	4.936	14.673	18
4.673	13.137	81	4.723	13.430	50	4.928	14.613	19
4.669	13.135	82	4.720	13.410	51	4.918	14.554	20
4.669	13.134	83	4.716	13.391	52	4.907	14.497	21
4.669	13.133	84	4.712	13.372	53	4.896	14.442	22
4.669	13.132	85	4.709	13.355	54	4.889	14.388	23
4.669	13.131	86	4.705	13.338	55	4.878	14.336	24
4.669	13.131	87	4.705	13.323	56	4.871	14.285	25
4.669	13.131	88	4.702	13.308	57	4.864	14.235	26
4.669	13.130	89	4.698	13.294	58	4.853	14.187	27
4.669	13.130	90	4.698	13.280	59	4.846	14.141	28
4.669	13.130	91	4.694	13.268	60	4.838	14.096	29
4.669	13.130	92	4.691	13.256	61	4.831	14.052	30
			4.691	13.244	62	4.824	14.009	31

الملحق (V): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (AB)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.867	14.253	63	4.957	14.784	32	5.184	16.180	1
4.864	14.245	64	4.950	14.755	33	5.173	16.117	2
4.864	14.239	65	4.946	14.728	34	5.162	16.056	3
4.864	14.232	66	4.943	14.701	35	5.155	15.995	4
4.860	14.226	67	4.936	14.675	36	5.144	15.936	5
4.860	14.221	68	4.932	14.650	37	5.137	15.879	6
4.860	14.215	69	4.928	14.626	38	5.126	15.823	7
4.860	14.211	70	4.925	14.603	39	5.119	15.767	8
4.856	14.206	71	4.921	14.580	40	5.108	15.714	9
4.856	14.202	72	4.918	14.559	41	5.101	15.661	10
4.856	14.199	73	4.914	14.538	42	5.090	15.610	11
4.856	14.195	74	4.910	14.518	43	5.083	15.559	12
4.856	14.192	75	4.907	14.498	44	5.076	15.510	13
4.856	14.189	76	4.903	14.479	45	5.069	15.462	14
4.853	14.187	77	4.900	14.461	46	5.062	15.416	15
4.853	14.185	78	4.900	14.444	47	5.054	15.370	16
4.853	14.183	79	4.896	14.428	48	5.044	15.326	17
4.853	14.181	80	4.892	14.412	49	5.040	15.282	18
4.853	14.180	81	4.889	14.396	50	5.033	15.240	19
4.853	14.179	82	4.889	14.382	51	5.026	15.199	20
4.853	14.178	83	4.885	14.368	52	5.018	15.159	21
4.853	14.177	84	4.882	14.355	53	5.011	15.120	22
4.853	14.176	85	4.882	14.342	54	5.004	15.082	23
4.853	14.176	86	4.878	14.330	55	5.000	15.045	24
4.853	14.175	87	4.878	14.318	56	4.993	15.009	25
4.853	14.175	88	4.874	14.307	57	4.986	14.974	26
4.853	14.175	89	4.874	14.297	58	4.982	14.940	27
4.853	14.175	90	4.871	14.287	59	4.975	14.907	28
4.853	14.175	91	4.871	14.278	60	4.972	14.875	29
4.853	14.175	92	4.867	14.269	61	4.964	14.843	30
			4.867	14.261	62	4.961	14.813	31

تابع الملحق (V): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (CD)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.712	13.377	63	4.842	14.118	32	5.177	16.133	1
4.712	13.367	64	4.835	14.078	33	5.162	16.041	2
4.709	13.357	65	4.828	14.039	34	5.148	15.951	3
4.709	13.349	66	4.824	14.002	35	5.134	15.863	4
4.709	13.341	67	4.817	13.965	36	5.119	15.777	5
4.705	13.333	68	4.810	13.930	37	5.105	15.693	6
4.705	13.326	69	4.806	13.896	38	5.090	15.611	7
4.705	13.320	70	4.799	13.863	39	5.080	15.531	8
4.702	13.314	71	4.792	13.832	40	5.065	15.453	9
4.702	13.308	72	4.788	13.801	41	5.054	15.377	10
4.702	13.303	73	4.784	13.772	42	5.040	15.302	11
4.702	13.299	74	4.777	13.743	43	5.029	15.229	12
4.698	13.295	75	4.774	13.716	44	5.018	15.159	13
4.698	13.291	76	4.770	13.690	45	5.008	15.089	14
4.698	13.288	77	4.763	13.665	46	4.997	15.022	15
4.698	13.285	78	4.759	13.641	47	4.986	14.956	16
4.698	13.283	79	4.756	13.618	48	4.975	14.892	17
4.698	13.280	80	4.752	13.596	49	4.964	14.830	18
4.698	13.279	81	4.748	13.574	50	4.954	14.769	19
4.694	13.277	82	4.745	13.554	51	4.943	14.710	20
4.694	13.276	83	4.741	13.535	52	4.932	14.653	21
4.694	13.275	84	4.738	13.516	53	4.925	14.597	22
4.694	13.274	85	4.734	13.499	54	4.914	14.542	23
4.694	13.273	86	4.734	13.482	55	4.907	14.490	24
4.694	13.273	87	4.730	13.466	56	4.896	14.438	25
4.694	13.272	88	4.727	13.451	57	4.889	14.388	26
4.694	13.272	89	4.723	13.437	58	4.882	14.340	27
4.694	13.272	90	4.723	13.423	59	4.871	14.293	28
4.694	13.272	91	4.720	13.411	60	4.864	14.247	29
4.694	13.272	92	4.716	13.399	61	4.856	14.203	30
			4.716	13.387	62	4.849	14.160	31

تابع الملحق (V): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (EF)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.705	13.329	63	4.835	14.069	32	5.166	16.076	1
4.705	13.319	64	4.828	14.029	33	5.152	15.985	2
4.702	13.310	65	4.820	13.990	34	5.137	15.895	3
4.702	13.301	66	4.813	13.952	35	5.123	15.807	4
4.698	13.293	67	4.806	13.916	36	5.108	15.722	5
4.698	13.286	68	4.802	13.881	37	5.098	15.638	6
4.698	13.279	69	4.795	13.847	38	5.083	15.556	7
4.694	13.273	70	4.792	13.814	39	5.069	15.477	8
4.694	13.267	71	4.784	13.783	40	5.058	15.399	9
4.694	13.261	72	4.781	13.752	41	5.044	15.323	10
4.691	13.256	73	4.774	13.723	42	5.033	15.248	11
4.691	13.252	74	4.770	13.695	43	5.022	15.176	12
4.691	13.248	75	4.766	13.668	44	5.008	15.105	13
4.691	13.244	76	4.759	13.642	45	4.997	15.036	14
4.691	13.241	77	4.756	13.617	46	4.986	14.969	15
4.691	13.238	78	4.752	13.593	47	4.975	14.904	16
4.687	13.236	79	4.748	13.570	48	4.964	14.840	17
4.687	13.234	80	4.745	13.548	49	4.954	14.778	18
4.687	13.232	81	4.741	13.527	50	4.943	14.717	19
4.687	13.230	82	4.738	13.506	51	4.936	14.659	20
4.687	13.229	83	4.734	13.487	52	4.925	14.601	21
4.687	13.228	84	4.730	13.469	53	4.914	14.545	22
4.687	13.227	85	4.727	13.451	54	4.907	14.491	23
4.687	13.226	86	4.723	13.435	55	4.896	14.439	24
4.687	13.226	87	4.720	13.419	56	4.889	14.387	25
4.687	13.225	88	4.720	13.404	57	4.882	14.338	26
4.687	13.225	89	4.716	13.390	58	4.871	14.289	27
4.687	13.225	90	4.712	13.376	59	4.864	14.242	28
4.687	13.225	91	4.712	13.363	60	4.856	14.197	29
4.687	13.225	92	4.709	13.351	61	4.849	14.153	30
			4.709	13.340	62	4.842	14.110	31

تابع الملحق (V): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (GH)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.702	13.308	63	4.831	14.046	32	5.162	16.050	1
4.698	13.298	64	4.824	14.006	33	5.148	15.959	2
4.698	13.289	65	4.817	13.967	34	5.134	15.869	3
4.698	13.280	66	4.810	13.930	35	5.119	15.782	4
4.694	13.272	67	4.802	13.893	36	5.105	15.696	5
4.694	13.264	68	4.799	13.858	37	5.094	15.613	6
4.694	13.257	69	4.792	13.825	38	5.080	15.531	7
4.691	13.251	70	4.788	13.792	39	5.065	15.452	8
4.691	13.245	71	4.781	13.760	40	5.054	15.374	9
4.691	13.240	72	4.777	13.730	41	5.040	15.298	10
4.687	13.235	73	4.770	13.701	42	5.029	15.224	11
4.687	13.230	74	4.766	13.673	43	5.018	15.152	12
4.687	13.226	75	4.759	13.646	44	5.004	15.081	13
4.687	13.223	76	4.756	13.620	45	4.993	15.012	14
4.687	13.220	77	4.752	13.595	46	4.982	14.945	15
4.687	13.217	78	4.748	13.571	47	4.972	14.880	16
4.684	13.214	79	4.745	13.548	48	4.961	14.816	17
4.684	13.212	80	4.741	13.526	49	4.950	14.754	18
4.684	13.210	81	4.738	13.505	50	4.939	14.694	19
4.684	13.209	82	4.734	13.484	51	4.932	14.635	20
4.684	13.207	83	4.730	13.465	52	4.921	14.578	21
4.684	13.206	84	4.727	13.447	53	4.910	14.522	22
4.684	13.205	85	4.723	13.429	54	4.903	14.468	23
4.684	13.205	86	4.720	13.413	55	4.892	14.415	24
4.684	13.204	87	4.716	13.397	56	4.885	14.364	25
4.684	13.204	88	4.716	13.382	57	4.874	14.314	26
4.684	13.204	89	4.712	13.368	58	4.867	14.266	27
4.684	13.203	90	4.709	13.354	59	4.860	14.219	28
4.684	13.203	91	4.709	13.342	60	4.853	14.174	29
4.684	13.203	92	4.705	13.330	61	4.846	14.130	30
			4.702	13.318	62	4.838	14.087	31

تابع الملحق (V): تدفق وضغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (I,J)								
التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة	التدفق (L/h)	الضغط (m)	ترميز النقطة
4.7016	13.30210	63	4.8276	14.03996	32	5.1624	16.04350	1
4.6980	13.29217	64	4.8240	13.99994	33	5.1480	15.95203	2
4.6980	13.28288	65	4.8168	13.96120	34	5.1336	15.86261	3
4.6944	13.27422	66	4.8096	13.92372	35	5.1192	15.77520	4
4.6944	13.26615	67	4.8024	13.88749	36	5.1048	15.68977	5
4.6944	13.25866	68	4.7952	13.85248	37	5.0904	15.60629	6
4.6908	13.25174	69	4.7916	13.81867	38	5.0796	15.52475	7
4.6908	13.24535	70	4.7844	13.78604	39	5.0652	15.44511	8
4.6908	13.23947	71	4.7808	13.75457	40	5.0508	15.36735	9
4.6872	13.23410	72	4.7736	13.72423	41	5.0400	15.29144	10
4.6872	13.22919	73	4.7700	13.69500	42	5.0292	15.21736	11
4.6872	13.22475	74	4.7628	13.66687	43	5.0148	15.14507	12
4.6872	13.22073	75	4.7592	13.63982	44	5.0040	15.07456	13
4.6872	13.21713	76	4.7556	13.61381	45	4.9932	15.00581	14
4.6836	13.21392	77	4.7520	13.58884	46	4.9824	14.93877	15
4.6836	13.21108	78	4.7484	13.56487	47	4.9716	14.87344	16
4.6836	13.20859	79	4.7412	13.54190	48	4.9608	14.80978	17
4.6836	13.20643	80	4.7376	13.51990	49	4.9500	14.74778	18
4.6836	13.20457	81	4.7340	13.49884	50	4.9392	14.68740	19
4.6836	13.20299	82	4.7304	13.47871	51	4.9284	14.62862	20
4.6836	13.20167	83	4.7268	13.45949	52	4.9212	14.57143	21
4.6836	13.20059	84	4.7268	13.44116	53	4.9104	14.51579	22
4.6836	13.19973	85	4.7232	13.42369	54	4.8996	14.46169	23
4.6836	13.19906	86	4.7196	13.40707	55	4.8924	14.40909	24
4.6836	13.19855	87	4.7160	13.39128	56	4.8852	14.35798	25
4.6836	13.19820	88	4.7124	13.37628	57	4.8744	14.30834	26
4.6836	13.19797	89	4.7124	13.36208	58	4.8672	14.26014	27
4.6836	13.19783	90	4.7088	13.34864	59	4.8600	14.21335	28
4.6836	13.19777	91	4.7052	13.33594	60	4.8528	14.16797	29
4.6836	13.19775	92	4.7052	13.32396	61	4.8420	14.12395	30
			4.7016	13.31269	62	4.8348	14.08129	31