مقارنة تصميم خطوط الري بالرش حاسوبياً باستخدام برنامج SPRINKDESIGN مع التجارب الحقلية

محمود البكري*، عبد الناصر الضرير، فرج نعوم **، م.أحمد الحافظ*****

* طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة حلب

** قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة حلب

*** الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية –حلب.

الملخص

أجريت في هذا البحث دراسة لتحديد أثر بعض المتغيرات التصميمية حقلياً على تصميم خطوط الري بالرش، بحيث تمت دراسة عدة أنواع من المرشات، والتشغيل عند ضواغط وسطية مختلفة، وعدة حالات للميول سواء الصاعدة أو الهابطة، ليتم بعد ذلك مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع نتائج التجارب الحقلية. كانت نتائج البرنامج الحاسوبي متقاربة إلى حد كبير مع النتائج التجريبية عند كل ضواغط التشغيل الوسطية المستخدمة، ومن أجل كل المرشات المختبرة ذات أقطار الفوهات المختلفة، إلا أنه لوحظ أن قيمة الاختلاف أو الخطأ النسبي رغم صغر قيمته كان يتناقص مع زيادة قطر فوهة المرش. كذلك كانت نتائج التجارب الحقلية في حالة الأرض ذات الميول السالبة متوافقة بشكل جيد مع نتائج برنامج SPRINKDESIGN، لكن ذلك لم يتحقق في حالة الميل الموجب فقد وصل مقدار الاختلاف في قيمة الضاغط في نهاية خط الرش إلى 16% ويعزى ذلك إما للأخطاء التجريبية أثناء عملية القياس أو لمحدودية البرنامج الحاسوبي، أما بالنسبة للتدفق في حالة الميل الصاعد فقد كان التوافق جيداً بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية.

الكلمات المفتاحية: تصميم، برنامج SPRINKDESIGN، الميل، ضاغط التشغيل الوسطي، فوهة المرش.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2019/9/22

قبل للنشر بتاريخ 2019/10/14

Comparing the Computerized Design of Sprinkler Irrigation Lines Using SPRINKDESIGN PROGRAM with Field Experiments

Mahmood Albakri*, Abdulnaser Aldarir, Faraj Naoum****, Eng.**Ahmad Alhafez*****

* Postgraduate Student (PhD), Dept. of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Aleppo.

** Dept. of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Aleppo.

*******General Commission of Scientific Agricultural Researches.

Abstract:

The effect of some design variables on the design of sprinkler irrigation lines was studied in the field. Several types of sprinklers, operating at different intermediate pressure, and several cases of upward or downward slope, were studied. The results of the SPRINKDESIGN software were then compared with the results of the field trials. The results of the software were very close to the experimental results at all operating pressures used, and for all tested sprinklers with different nozzle diameters. Although the difference between the program and field results was small, the percentage of relative error was decreasing with the increase in the diameter of the sprinkler nozzle. Again the results of field experiments in the case of downward slope were in good agreement with the results of the computer software, but this was not achieved in the case of upward slope, where the difference in the pressure value at the end of the lateral was 16% due to either the experimental errors during the measurement process or the limitations of the computer program. However, for the upward sloping flow, the experimental and program results were in good agreement.

Key words: design, SPRINKDESIGN software, slope, intermediate operating pressure, sprinkler nozzle.

Received 22/9/2019
Accepted 14/10/ 2019

1. المقدمة والدراسة المرجعية:

إن الانتشار الواسع لنظم الري الحديث (الرش والتنقيط) دفع إلى ضرورة الاهتمام بالتوصل إلى تصميم صحيح لهذه النظم مبني على أسس علمية يوائم بين الناحية الهيدروليكية والتكلفة الاقتصادية، إلا أن صعوبة عملية التصميم هذه كونها تحتاج إلى حل معادلات هيدروليكية طويلة ومعقدة، أدى لحدوث أخطاء تصميمية عديدة سواء عندما تتم هذه العملية بشكل اعتباطي (دون إجراء العمليات الحسابية اللازمة) نتيجة لعدم توفر الكفاءة العلمية لدى المصمم، أو نتيجة حدوث أخطاء أثناء حل المعادلات الهيدروليكية الطويلة والحسابات المعقدة يدوياً. دفع ذلك إلى ضرورة الاستفادة من التطور الحاصل في مجال البرمجة الحاسوبية من أجل الوصول إلى تصميم صحيح لنظم الري الحديثة. انصب اهتمام الباحثين في مجال الري الحديث على تصميم نظم الري بالتنقيط، فقد قدمت الكثير من الأبحاث التي اعتمدت على الحاسب من أجل تصميم نظم الري بالتنقيط [1, 2, 3]، أما الأبحاث التي قدمت في مجال تصميم نظم الري بالرش فكانت خجولة نوعاً ما. ففي عام 1994 قدم برنامج حاسوبي لتصميم خطوط الري بالرش وذلك من أجل المرشات ذات التباعدات المتساوية فيما بينها ومن أجل الحقول ذات الميول المنتظمة [4]، وأهم ما يميز هذا البرنامج الحاسوبي أن الخوارزمية التي بني على أساسها استخدمت معادلة دارسي _ فايسباخ لتقدير فاقد الضاغط بالاحتكاك بدلا من معادلة هايزن _ ويليامز كونها تعتبر أكثر دقة وموثوقية، لكن ما يؤخذ عليه أنه تمت برمجته بلغة FORTRAN القديمة نوعاً ما والتي لم تعد متداولة في وقتنا الحاضر نتيجة تطور لغات برمجة أحدث وأسهل منها.

تم في عام 2017 تقديم برنامج حاسوبي للمحاكاة والتحليل الهيدروليكي والتصميم لخطوط الري المضغوط بحيث اعتمد النموذج الرياضي للبرنامج والحل العددي له بشكل أساسي على فرضية انحدار منحني الطاقة، وتم تقييم هذا البرنامج من خلال مقارنة ضغط وتدفق المرش اللذين تم الحصول عليهما باستخدام النموذج المقترح مع تلك التي تم الحصول عليها باستخدام نماذج أخرى، وكانت الفروقات في

النتائج منخفضة جداً [5].

قدم في عام 2018 برنامج حاسوبي يسمح بتصميم نظم الري بالرش وتحليل تكاليفها الاقتصادية وذلك بهدف الوصول إلى التصميم الأمثل لهذه النظم، بحيث يسمح هذا البرنامج بتصميم نظام الري بالرش خطوة بخطوة بدءاً من اختيار المرشات وحتى حساب استطاعة المضخة اللازمة، وذلك من خلال واجهات المستخدم التي يؤمنها البرنامج [6]، إلا أن ما يؤخذ على هذا البرنامج أنه ركز على جانب إظهار النتائج وطريقة عرضها، وأهمل الأهم وهو الحساب الدقيق لضاغط الدخول بعد تقدير مجمل الفواقد الاحتكاكية والموضعية للطاقة، كما أن هذا البرنامج ومعظم البرامج المصممة في هذا المجال تعطي النتائج على شكل أرقام مجردة ، وبالتالي كان هناك صعوبة في تحليل النتائج والاستفادة منها من قبل مصممي شبكات الري، لذلك قدم [7] نموذجاً رياضياً لتصميم خطوط الري بالرش بالاعتماد على معادلات هيدروليكية دقيقة مع الأخذ بالاعتبار الحساب الدقيق لفواقد الطاقة بالاحتكاك والفواقد الموضعية أيضاَ. تمت برمجة هذا النموذج الرياضي حاسوبياً باستخدام برنامج الـ MATLAB وتم التوصل إلى برنامج حاسوبي لتصميم خطوط الري بالرش سمي SPRINKDESIGN، بحيث يتمتع هذا البرنامج بالعديد من الميزات التي تؤمن لمصمم شبكات الري بالرش الراحة والسهولة في الاستخدام، إذ يتميز البرنامج المصمم بسهولة إدخال المعطيات اللازمة وبطريقة بسيطة جداً، و تتميز طريقة المعالجة بالدقة العالية والسرعة في الحصول على النتائج، علاوةً على ذلك فإن هذا البرنامج يعرض النتائج بطريقة مميزة فهو يعطي مخططات تصميمية إضافة إلى إعطاء جدول يظهر فيه كل من ضاغط الدخول (H_0) وقيمة معامل كريستيانسن (UC) بالإضافة إلى قيمة تدفق كل مرش وضاغطه وسرعة الجريان عنده والتدفق النسبي والضاغط النسبي قبيل المرش والضاغط النسبي عند فوهة المرش وذلك لجميع المرشات على طول خط الرش. إن المخططات التصميمية التي يقدمها هذا البرنامج عالية الجودة علاوة عن توفير الوقت والجهد اللازمين لعملية الرسم التي كانت تتم بالاعتماد على الرسم اليدوي أو باستخدام برامج رسم خاصة (AutoCAD, Coreldraw, …) اعتمدت عليها

بعض البرامج المصممة في مجال تصميم نظم الري [8] وذلك من خلال قيام برنامج SPRINKDESIGN برسم المخططات التصميمية بشكل مباشر، كما يسمح برنامج SPRINKDESIGN بدراسة تأثير العديد من المتغيرات على تصميم خطوط الري بالرش.

إن المعيار التصميمي المعتاد تطبيقه عند تصميم خطوط الري بالرش هو أن الاختلاف بين تدفق أول مرش وآخر مرش Δq لا يتجاوز ±10%، وبالتالي فإن الاختلاف في ضاغط التشغيل عند فوهة المرش بين أول وآخر مرش ΔH لا يتجاوز ±20% [9].

قدم [10] دراسة تهدف إلى تحديد تأثير الميل الطولي لخط الري بالرش على تصميم هذا الخط وتفسير طريقة التأثير بهدف إيجاد الحلول التصميمية المناسبة، فقد تم استخدام برنامج SPRINKDESIGN لدراسة تأثير الميل الطولي على تصميم خطوط الري بالرش وذلك لحالة الميل الصاعد بمقدار +1 و+3 و+5%، ولحالة الميل الهابط بمقدار−1 و−3 و−5%، وتم مقارنة جميع هذه الحالات مع حالة الأرض المستوية (الميل= 0). بينت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال المخططات البيانية التي يعطيها برنامج SPRINKDESIGN أنه في حالة الميل الصاعد +1% وصلت المعايير التصميمية لتغير التدفق والضاغط على طول خطوط الري بالرش Δq وΔH إلى قيمتها العظمى المسموح بها. عند زيادة ميل الأرض الصاعد إلى +3% و+5% يلاحظ من المخططات أن قيمة Δq وΔH قد تجاوزت الحد الأقصى المسموح به. تعتبر حالة الميل الهابط بمقدار −1% حالة تصميمية مثالية من بين الحالات المدروسة. من جهة أخرى، تصبح المعايير التصميمية من أجل حالة الميل − 3% ذات قيم أعلى إلا أنها مازالت ضمن الحدود التصميمية المسموح بها، أما بالنسبة للميل −5% فعلى الرغم من الانخفاض الكبير في ضاغط الدخول الذي بلغ 22.12% مقارنة بالحالة المستوية، فقد أدى هذا الميل إلى زيادة قيم المعايير التصميمية فوق الحدود المسموح.

أهمية وهدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحديد أثر بعض المتغيرات التصميمية على تصميم خطوط الري بالرش حقلياً، بحيث يشمل هذا البحث دراسة سلوكية أنواع مختلفة للمرشات، وأثر التشغيل عند ضواغط وسطية مختلفة، وعدة حالات للميول (صاعدة هابطة)، ليتم بعد ذلك مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع النتائج الحقلية.

طريقة البحث:

تم في بداية الدراسة العملية (قبل البدء بفرش شبكة الري بالرش) إجراء عملية تسوية مساحية لمكان تنفيذ التجربة (محطة بحوث حميمة التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في حلب)، وذلك بهدف تحديد الميول المتوفرة. تبين من خلال عملية التسوية المساحية التي أجريت أن هناك بعض المواقع ذات ميول منتظمة ويمكن أن يتم تنفيذ التجارب عليها، فقد كانت الميول بقيم 1.92% و4.135% وموقع آخر كانت فيه الأرض مستوية تقريباً أي ما يساوي 0.05%.

نُفذت في هذا البحث عدة حالات تجريبية بهدف دراسة عدة متغيرات تصميمية لمعرفة تأثيرها على تصميم خطوط الري بالرش ومقارنة نتائج التجارب الحقلية مع نتائج برنامج SPRINKDESIGN:

1. تشغيل خط الري بالرش عند عدة ضواغط وسطية:

مُدت الأنابيب ذات الأطوال المتساوية (9 متر) وكان عددها 18 حيث كان تباعد المرش الأول عن بداية الخط مساوياً للتباعد بين المرشات المتتالية على نفس الخط (s_1= s =9 m)، وتم توصيل هذه الأنابيب مع بعضها البعض من خلال ربطها باستخدام وصلة الـ T التي تم تثبيت حامل المرش عليها(ذو الارتفاع 0.7 متر)، وتم تركيب المرشات على الحوامل وكان عددها 18 وذلك في حالة الأرض المستوية تقريباً (S_O=0.0005)، كذلك تم استخدام مقاييس الضغط في بداية الخط ومباشرة قبل المرش الأول وأيضاً مباشرة قبل المرش الأخير، وعلى حامل المرش رقم 13 (هو مكان الضاغط الوسطي حسب نتائج برنامج SPRINKDESIGN) بحيث يتوضع مقياس الضغط على الحامل أسفل فوهة المرش بمسافة 40 سم.

تم تشغيل خط الري بالرش عند ضواغط وسطية مختلفة شملت 2 و2.5 و3 بار (وهي الضواغط الموصى بها من قبل الشركة الصانعة) مع تثبيت جميع المتغيرات التصميمية الأخرى، ليتم عند التشغيل من أجل كل ضاغط جمع الماء الخارج من المرشات 1 و3 و5 و7 و9 و11 و13 و15 و17 و18،على التوالي، وذلك بواسطة خزان معياري سعته 30 ليترا، ليتم تقدير الزمن اللازم لملء الوعاء وذلك باستخدام مؤقت زمني. كررت هذه العملية 3 مرات عند كل ضاغط، وفي كل مرة كانت تؤخذ قراءات الضاغط عند كل مقياس ضغط.

2. استخدام أنواع مختلفة من المرشات:

تمت دراسة سلوكية أنواع مختلفة من المرشات من خلال استخدام قياسات مختلفة من الفوهات لمرش الـ RC1300 الإسباني الصنع. استخدمت فوهات دائرية بقطر 4 و4.4 و4.8 و5.2 ملم حيث تم تشغيلها جميعاً على ضاغط وسطي ثابت مقداره 2 بار، أيضاً مع ثبات جميع المتغيرات التصميمية الأخرى، وتم أخذ ثلاثة مكررات من القراءات لكل من الفوهات المختلفة.

3. توضع خط الري بالرش على أرض ذات ميول منتظمة مختلفة (+0.05 و+1.92 و−1.92 و−4.135%):

مُد خط الري بالرش على أرض مائلة صعوداً بمقدار +1.92% وتم تشغيل الخط عند ضاغط 2 بار مع تثبيت جميع المتغيرات التصميمية الأخرى، وتم أخذ ثلاثة مكررات، ليتم بعد ذلك مد خط الري بالرش على أرض مائلة هبوطاً بمقدار −1.92% وتم التشغيل على ضاغط 2 بار، ولكن في هذه الحالة لم تسمح ظروف التجربة باستخدام 18 مرشا لذلك تم إنقاص طول الخط ليحتوي على 14 مرشا فقط. تم قياس الزمن اللازم لملء الخزان المعياري عند كل مرش وتم أخذ القراءات عنده وهي المرشات رقم 1 و3 و5 و7 و9 و11 و13 و14، على التوالي.

تم أيضاً مد خط الري بالرش على أرض ذات ميل منتظم هابط بمقدار −4.135% وتم التشغيل عند ضاغط 2 بار، وتم إنقاص طول الخط ليحتوي على 12 مرشا فقط، بحيث تم أخذ قراءات الزمن اللازم لملء الخزان المعياري عند

المرشات ذوات الأرقام 1 و3 و5 و7 و9 و11 و12 وتم تكرار العملية ثلاث مرات.

النتائج والمناقشة:

1. التشغيل عند ضغوط مختلفة:

تبين النتائج الحقلية وبوضوح تأثير زيادة الضغط على زيادة التدفق مع ثبات باقي المتغيرات التصميمية، فبمقارنة النتائج التجريبية يلاحظ أن التدفق الوسطي عند ضاغط التشغيل الوسطي 2 بار كان 0.404 ل/ثا ليزداد إلى 0.454 ل/ثا عند زيادة ضاغط التشغيل الوسطي إلى2.5 بار، وإلى 0.48 ل/ثا عند زيادة ضاغط التشغيل الوسطي إلى 3 بار كما هو مبين في الجدول (1)، كما يلاحظ أيضاً في الجدول (1) ازدياد قيم المعايير التصميمية Δq وΔH مع زيادة قيمة ضاغط التشغيل الوسطي، فقد كانت قيم Δq وΔH في حدودها الدنيا عند ضاغط التشغيل الوسطي 20 مترا حيث بلغت 1.9% و1.5%، على التوالي، في حين ارتفعت عند ضاغط التشغيل الوسطي 2.5 بار لتصبح قيم Δq وΔH 5.77% و11.2%، على التوالي، وعند زيادة الضاغط إلى 3 بار ترتفع قيم Δq وΔH لتصبح 6.89% و9.23%.

يُظهر الجدول (1) مقارنة بين نتائج برنامج SPRINKDESIGN ونتائج التجارب الحقلية وذلك عند التشغيل عند ضواغط وسطية مختلفة (2 و2.5 و3 بار) مع ثبات باقي المتغيرات التصميمية. يظهر الجدول (1) أنه عند ضاغط التشغيل الوسطي 2 بار كانت الاختلافات بين القيم المقاسة حقلياً والقيم المحسوبة بواسطة برنامج SPRINKDESIGN منخفضة جداً حيث كانت قيمة الخطأ النسبي المئوي بالنسبة لتدفق المرش الأول أقل من 1% والتي حسبت من العلاقة التالية:

$$err\ q(\%) = \frac{|q_{TH} - q_{EX}|}{q_{TH}} * 100 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

وكذلك كانت قيمة الخطأ النسبي المئوي بالنسبة لتدفق المرش الأخير أقل من 1.5% والتي حسبت من العلاقة:

$$errH(\%) = \frac{|H_{TH} - H_{EX}|}{H_{TH}} * 100 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

الجدول (1): مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع نتائج التجارب الحقلية عند ضواغط تشغيل وسطية مختلفة.

H_{av} =30 m			H_{av} =25 m			H_{av} =20 m			
الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	المتغير
	*0.483	0.483		*0.454	0.4542		*0.404	0.404	q_{av} (L/s)
2.7	0.494	0.507	1.8	0.465	0.474	0.7	0.414	0.411	q_1 (L/s)
0.6	0.476	0.473	0.0	0.447	0.447	1.4	0.398	0.403	q_{end} (L/s)
5.5	34.37	32.5	2.5	28.41	2.77	2.6	22.79	22.2	H_{in}(m)
5.8	33.87	31.9	2.4	27.96	2.73	1.8	22.43	22.03	H_1(m)
4.4	31.10	29.73	2.3	25.48	2.49	7.2	20.42	21.9	H_{end} (m)
1.1	98.96	97.88	1.1	98.87	97.80	0.1	98.87	98.77	UC (%)
9.8	3.63	6.89	45.7	3.96	5.77	53.0	4.04	1.9	Δq (%)
5.4	10.91	9.23	4.4	11.71	11.2	37.3	11.83	1.5	ΔH (%)

*اعتبرت قيم التدفق الوسطي q_{av} المدخلة في البرنامج الحاسوبي مساوية لقيم التدفق الوسطي المقاسة حقلياً.

أما بالنسبة للضغوط فقد كانت أيضاً القيم التجريبية متقاربة إلى حد كبير مع القيم المحسوبة بواسطة برنامج SPRINKDESIGN، بحيث كانت قيمة الخطأ النسبي المحسوبة من العلاقة (2) بالنسبة لضاغط الدخول حوالي 2.5%، أما قيمة الخطأ النسبي بالنسبة للضاغط عند المرش الأول فقد كانت 1.7%، أما عند نهاية الخط فقد ارتفعت قيمة الخطأ النسبي إلى 7%. هذا التقارب بين القيم المقاسة حقلياً والقيم المحسوبة كان له دور إيجابي على قيمة الخطأ النسبي بالنسبة لمعامل التجانسUC بحيث انخفضت قيمته إلى قيمة صغيرة للغاية (0.1 %).

أما عند ضاغط التشغيل الوسطي 2.5 بار، فإن قيم الخطأ النسبي بالنسبة للتدفق عند المرش الأول كانت أيضاً منخفضة جداً بحيث كانت 1.7% وانعدمت قيمة هذا الخطأ عند المرش الأخير مما يدل على وجود توافق جيد بين القيم التجريبية والقيم

المحسوبة، كما كانت قيمة الخطأ النسبي من أجل الضواغط عند بداية الخط وعند المرش الأول وعند نهاية الخط بحدود 2.5، وارتفعت قيمة هذا الخطأ عند ضاغط التشغيل الوسطي 3 بار إلى حدود 5% أي أنه من أجل عدة ضواغط تشغيل وسطية مختلفة كانت نتائج البرنامج الحاسوبي متقاربة إلى حد كبير مع النتائج التجريبية مع وجود فروق بسيطة تعزى إلى الأخطاء المرتكبة أثناء عملية القياس.

2. استخدام أنواع مختلفة من المرشات:

يُظهر الجدول (2) الارتباط الوثيق بين قطر فوهة المرش والتدفق الوسطي للمرش، حيث يلاحظ انخفاض قيمة التدفق الوسطي من 0.4037 ل/ثا عند الفوهة ذات القطر 5.2 ملم إلى 0.3467 ل/ثا عند الفوهة ذات القطر 4.8 ملم، وإلى 0.2871 ل/ثا عند الفوهة ذات القطر 4.4 ملم، وإلى0.2437 ل/ثا عند الفوهة ذات القطر 4 ملم، وذلك عند ثبات باقي المتغيرات التصميمية الأخرى. كما يلاحظ أن قيم المعايير التصميمية Δq وΔH كانت في حدودها الدنيا من أجل جمع الفوهات وبالتالي انعكس ذلك إيجابياً على معامل التجانس UC حيث وصل لـ 99%.

يبين الجدول (2) أن قيم تدفق المرش الأول المحسوبة بواسطة برنامج SPRINKDESIGN كانت متقاربة إلى حد كبير مع تلك المقاسة حقلياً، إلا أنه لوحظ أن قيمة الاختلاف أو الخطأ النسبي رغم صغر قيمته كان يتناقص مع زيادة قطر فوهة المرش فقد انخفض من 3% عند الفوهة ذات القطر 4 ملم إلى 1.6%، و0.9%، و0.7% عند الفوهات ذات الأقطار 4.4 و4.8 و5.2 ملم، على التوالي، ويعزى ذلك إلى أن زيادة قطر الفوهة يؤدي إلى زيادة تدفق المرش كما ذكر آنفاً، وبالتالي مع زيادة مقدار التدفق تنخفض قيمة الخطأ التجريبي. كذلك يتبين من الجدول (2) أن قيم الضواغط عند بداية خط الري بالرش وعند المرش الأول وعند نهاية الخط كانت متقاربة إلى حد كبير بحيث تراوحت قيم الخطأ النسبي لهذه الضواغط (بالنسبة لمعظم الفوهات المستعملة) بين 1 و2%، وهذا كان له انعكاس ايجابي على الخطأ النسبي لمعامل التجانس UC والذي كان معدوماً تقريباً بحيث لم يتجاوز عند جميع الفوهات المدروسة 0.3 %.

الجدول (2): مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع نتائج التجارب الحقلية من أجل أنواع مختلفة من المرشات.

Nozzle= 4 mm			Nozzle= 4.4 mm			Nozzle= 4.8 mm			Nozzle= 5.2 mm			
الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	المتغير
	.244	244		*0.28 7	287		.347	347		*0.404	0.40	q_{av} (L/s)
.0	0.246	254	1.7	0.291	0.29	9.9	0.3	0.3	0.7	0.414	0.41	q_1 (L/s)
.4	0.242	0.237	0.7	0.284	0.28	2.2	0.34	0.3	1.4	0.398	0.40	q_{end} (L/s)
.1	21.84	.16	0.8	22.08	1.9	0.2	2.46	.25	3.0	22.89	2.2	H_{in} (m)
.9	21.70	.15	1.8	21.89	1.5	0.9	2.19	.20	2.2	22.53	.03	H_1(m)
.6	20.87	.12	2.6	20.79	1.32	3.6	0.66	.14	6.7	20.52	1.9	H_{end} (m)
.7	99.57	97.87	0.4	99.41	99.02	0.2	99.16	98.96	0.1	98.87	98.77	UC (%)
32	1.68	7.06	3.8	2.26	3.25	8.1	3.09	0.06	2.7	4.04	1.91	Δq (%)
58	4.85	2	5.0	6.45	2.9	8.9	9	5.5	7.3	11.83	1.5	ΔH (%)

*اعتبرت قيم التدفق الوسطي q_{av} المدخلة في البرنامج الحاسوبي مساوية لقيم التدفق الوسطي المقاسة حقلياً.

3. توضع خط الري بالرش على عدة مواقع ذات ميول مختلفة:

تظهر النتائج التجريبية المبينة في الجدول (3)، أنه في حالة الأرض المستوية تقريباً (So=0.0005)، فإن القيمة الوسطية لتدفق المرشات هي 0.4036 ل/ثا، وهو بشكل عام قريب من القيمة الاسمية لتدفق المرش بحسب الشركة الصانعة (0.4 ل/ثا)، كما نجد أن قيمة المعايير التصميمية لخط الري بالرش Δq وΔH هما 1.9% و1.5%، على الترتيب. إن قيمة تغير التدفق السابقة Δq أقل من 10% أي أنها ضمن الحد التصميمي المسموح به، وكذلك الأمر بالنسبة لـΔH فقد كانت أقل من 20% وبالتالي ضمن الحد المسموح به. يظهر من الجدول (3) أن قيم معامل تجانس الري (UC) كانت مرتفعة وهذا يعزى إلى قصر خط الري بالرش وكون

الأرض مستوية.

أما في حالة الأرض ذات الميل الموجب (+0.0192)، فتظهر النتائج التجريبية المبينة في الجدول (3) أن معامل التجانس UC لم ينخفض كثيراً مقارنةً مع حالة الأرض المستوية، مما يدل على أن الارتفاع القليل في الميل الموجب للأرض لا يغير كثيراً من النتائج مقارنةً مع الأرض المستوية. كما يلاحظ أن قيم المعايير التصميمية Δq وΔH ارتفعت إلى 4.5 و9.5%، على التوالي، لكنها بقيت ضمن الحد المسموح به تصميمياً. كذلك تبين النتائج أنه عند توضع خط الري بالرش على أرض ذات ميل سالب (هابط)، فإن هذا الميل يقوم بدور إيجابي في المحافظة على الضغط ضمن أنبوب الري بالرش، فمن أجل الميل السالب 0.0192- كان ضاغط الدخول في بداية الخط 20.7 متر، أي أنه انخفض بشكل ملحوظ من 22.89 متر في حالة الأرض المستوية، وهذا يعني انخفاضاً في الطاقة اللازمة وبالتالي انخفاضاً في تكاليف التشغيل. كما كانت قيم المعايير التصميمية منخفضة نوعاً ما فقد كانت 2.5 و5.65% لكل من Δq وΔH، على التوالي، مما يعني إمكانية زيادة طول خط الري بالرش لأكثر من الطول المستعمل في هذه الحالة التجريبية مع بقاء الشروط التصميمية محققة. مع زيادة ميل الأرض الهابط إلى (0.04135-) لوحظ انخفاض أكبر في ضاغط الدخول لخط الري بالرش فقد بلغ 19.28 متر وهذا يعني انخفاضاً أكبر في الطاقة المستهلكة، إلا أنه لوحظ أنه مع زيادة الميل السالب إلى (-) 0.04135 أدى ذلك إلى زيادة الضاغط في خط الري لدرجة وصل فرق الضاغط بين بداية الخط ونهايته لدرجة كبيرة بحيث أ صبحت قيم المعايير التصميمية Δq وΔH 8.67% و24%، على التوالي، حيث تجاوزت قيمة ΔH الحد المسموح به، وهذا أدى بدوره إلى انخفاض قيمة معامل التجانس والذي بلغ 97.18% تجريبياً، لذا يجب الانتباه والحذر عند تصميم خطوط الري بالرش في حالة الأراضي ذات الميول الكبيرة والتي تؤدي إلى التقليل من قيم معاملات التجانس.

كذلك يبين الجدول (3) مقارنة بين قيم الضاغط والتدفق التجريبي مع قيم الضاغط والتدفق الحاسوبي بالنسبة لجميع حالات الميول المدروسة، وتبين النتائج أن

مقدار الخطأ أو الاختلاف بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية كان أقل من 2.6 % بالنسبة لضاغط الدخول لجميع حالات الميول، وكذلك الأمر بالنسبة لضاغط المرش الأول، أما بالنسبة للضاغط في نهاية الخط فقد كانت التجارب الحقلية في كلتا حالتي الأرض المائلة هبوطا المدروسة متوافقة بشكل كبير مع نتائج برنامج SPRINKDESIGN، لكن ذلك لم يتحقق في حالة الميل الصاعد فقد وصل مقدار الاختلاف إلى 16% ويعزى ذلك إما للأخطاء التجريبية أثناء عملية القياس أو لمحدودية البرنامج. أما بالنسبة للتدفق فقد كان التوافق جيداً بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية بحيث كان الخطأ النسبي أقل من5 % بالنسبة لتدفق المرش الأول وأقل من 1.5 % بالنسبة لتدفق المرش الأخير.

الجدول (3): مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN.مع التجارب الحقلية من أجل حالات ميول مختلفة.

S_o= -4.135%			S_o= -1.92 %			So= +1.92%			S_o= 0.05%			
الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	الخطأ النسبي (%)	قيم محسوبة	قيم مقاسة	المتغير
	12	12		14	14		18	18		18	18	n
0.0	*0.382	0.382	0.0	*0.39	0.39		*0.4	0.4		*0.404	0.404	q_{av} (L/s)
1.2	0.364	0.369	2.9	0.386	0.397	5.0	0.428	0.407	0.7	0.414	0.411	q_1 (L/s)
0.7	0.399	0.402	1.5	0.401	0.407	1.4	0.383	0.389	1.4	0.398	0.403	q_{end} (L/s)
1.2	19.28	19.5	1.0	20.70	2.09	1.7	24.52	24.1	3.0	22.89	22.2	H_{in}(m)
2.8	19.49	18.95	0.7	20.65	2.05	2.4	23.99	23.4	2.2	22.53	22.03	H_1(m)
5.5	23.02	24.3	0.2	21.98	2.203	16.3	19.09	22,2	6.7	20.52	21.9	H_{end} (m)
0.3	97.52	97.18	1.4	98.90	97.49	1.2	97.16	98.30	0.1	98.87	98.77	UC (%)
4.0	9.03	8.67	33.7	3.77	2.5	59.7	11.18	4.5	52.7	4.04	1.9	Δq (%)
28.1	18.74	24	12.1	6.43	5.65	65.0	27.15	9.5	87.3	11.83	1.5	ΔH (%)

*اعتبرت قيم التدفق الوسطي q_{av} المدخلة في البرنامج الحاسوبي مساوية لقيم التدفق الوسطي المقاسة حقلياً.

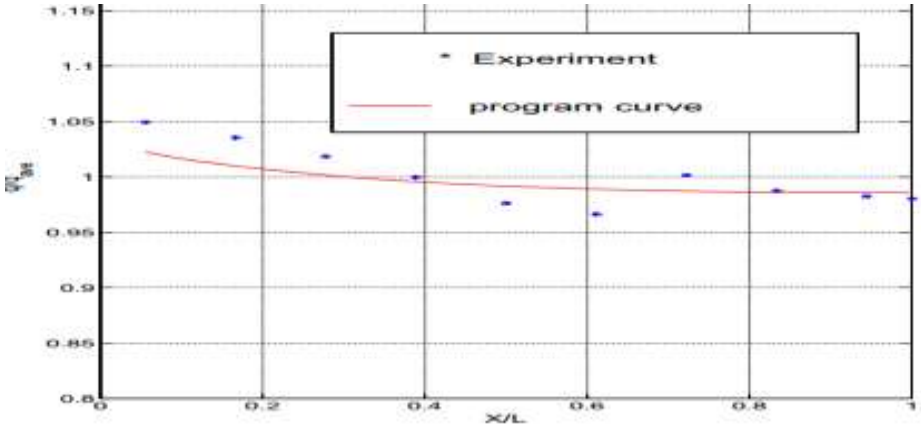
تم رسم نتائج البرنامج الحاسوبي SPRINKDESIGN مع نتائج التجارب الحقلية على نفس المخطط من أجل سهولة المقارنة، بحيث رسمت نتائج برنامج SPRINKDESIGN بخطوط متصلة وذلك من أجل نفس المعطيات التصميمية للتجارب الحقلية، في حين تم رسم نتائج التجارب الحقلية على شكل نقاط تعبر عن التدفق عند كل مرش على طول خط الري بالرش.

يبين الشكل (1) مخططات تصميمية لخط ري بالرش مصنوع من الـ P.V.C ($\varepsilon = 0mm$)، قطره ($D = 75mm$) ويحمل مرشات ذات تدفق وسطي (اسمي) (q_{ave} $= 0.4037$ L/s) وأس مرش مقداره ($y = 0.5$)، ويبلغ عدد المرشات على هذا الخط ($n = 18$) بتباعد ثابت مقداره ($s = 9m$) ويبعد المرش الأول عن بداية الخط ($s_1 =$ 9m)، بحيث يتوضع خط الري بالرش على أرض مستوية تقريباً ($So = 0.0005$). مع ثبات جميع المتغيرات المذكورة أعلاه تم رسم نتائج التجارب الحقلية مع نتائج برنامج SPRINKDESIGN وذلك من أجل قيم مختلفة لضاغط التشغيل (2 و2.5 و3 بار) بحيث رسمت كل حالة على حدة.

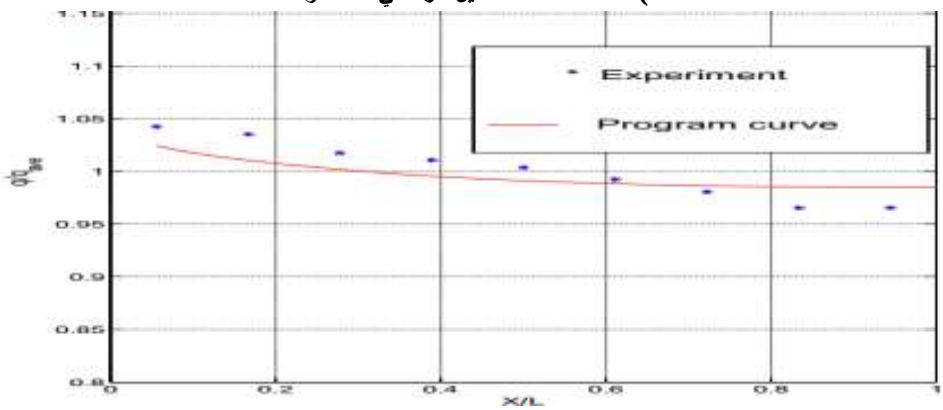
تبين المخططات (a, b, c) في الشكل (1) أن تدفق المرشات يتناقص تدريجياً باتجاه نهاية الخط وذلك من أجل جميع ضواغط التشغيل الوسطية المستعملة وفي كلتا القيمتين المقاسة تجريبياً والمحسوبة باستخدام برنامج SPRINKDESIGN، وهذا منطقي ومتوقع وذلك نتيجة زيادة ضياعات الضاغط على طول خط الري بالرش كنتيجة لزيادة الضياعات الموضعية وضياعات الاحتكاك على طول الخط. كذلك يلاحظ من المخططات (a, b, c) في الشكل (1) أن القيم التجريبية كانت متوافقة بشكل جيد مع القيم الحاسوبية مع وجود بعض الانحرافات البسيطة التي قد تعود إلى الأخطاء أثناء القياس. كما تبين هذه المخططات أنه مع تناقص قيمة ضاغط التشغيل الوسطي فإن قيم التدفق الوسطي تنخفض مقارنة مع مثيلاتها في الحالات التصميمية التي يكون فيها ضاغط التشغيل الوسطي أعلى.

أما بالنسبة لحالات الميول المختلفة، فيبين الشكل (2) مقارنة بين القيم التجريبية والقيم المحسوبة باستخدام برنامج SPRINKDESIG وذلك بالنسبة لحالة

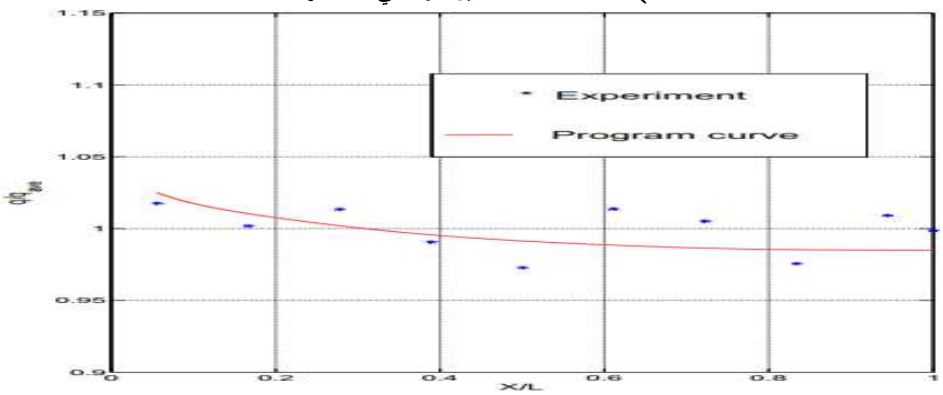
الأرض المستوية تقريباً (So=0.0005) المبينة في المخطط (a)، والأرض المائلة صعوداً بمقدار (0.0192+) المبينة في المخطط (b)، والأرض المائلة هبوطاً بمقدار (0.0192-) و(0.04135-) والمبينة في المخططات (c) و(d)، على التوالي. يلاحظ من المخططات المبينة في الشكل (2)، أن النتائج التجريبية والحاسوبية متقاربة مع بعضها بشكل جيد على الرغم من وجود بعض الفروق أحياناً والتي تعزى على الأرجح إلى أخطاء القياس عند أخذ القراءات التجريبية وكذلك بسبب محدودية البرنامج الحاسوبي، كما لوحظ في المخططات (c و d) أي في حالة الميل السالب أن منحنيات التدفق تسلك سلوكاً مخالفاً لمثيلاتها في حالة الميول الموجبة، فمع زيادة الميل الهابط تزداد قيمة الضاغط بسبب الضغط المكتسب مع زيادة الميل الهابط مما يؤدي إلى زيادة تدفقات المرشات على طول خط الرش. كذلك يبين الشكل (3) مقارنة بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية وذلك من أجل مرشات ذات فوهات بأقطار مختلفة، حيث يبين المخطط (a) المقارنة في حالة الفوهة ذات القطر 5.2 ملم، أما المخطط (b) فيبين المقارنة في حالة الفوهة ذات القطر 4.8 ملم، أما المخطط (c) فيظهر المقارنة في حالة الفوهة 4.4، أما المقارنة عند الفوهة 4 ملم فتظهر في المخطط (d). يتبين من المخططات a و b و c و d في الشكل (3) وجود توافق جيد بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية عند استخدام الفوهات 5.2 و4 ملم إلا أن هذا التوافق كان مثالياً عند استخدام الفوهات 4.8 و4.4، مع ملاحظة وجود بعض القيم التجريبية الشاذة نوعاً ما والتي تعزى إلى أخطاء أثناء عملية القياس.



a) حالة ضاغط التشغيل الوسطي 30 متر

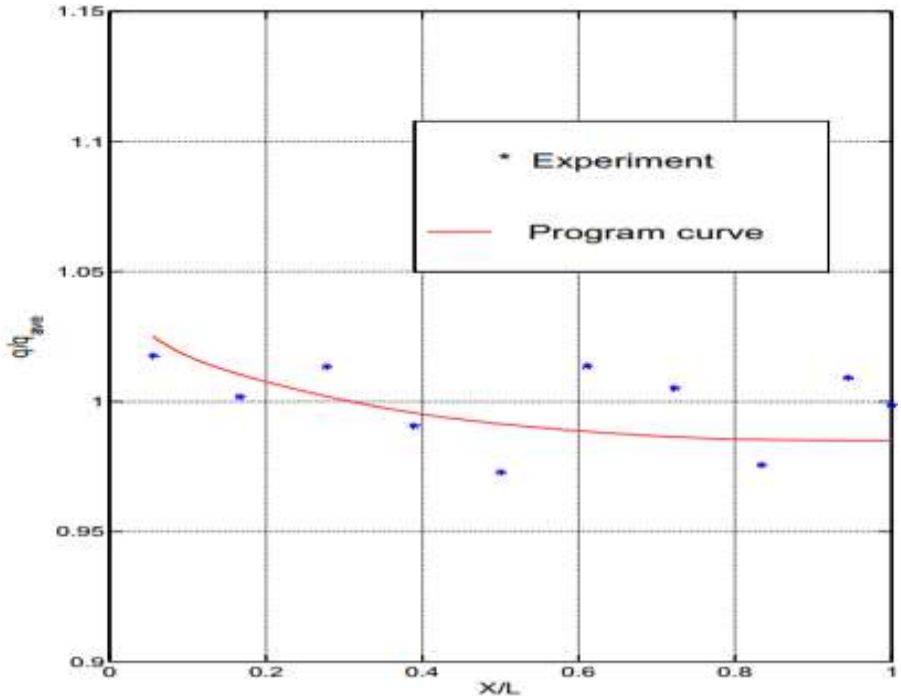


b) حالة ضاغط التشغيل الوسطي 25 متر

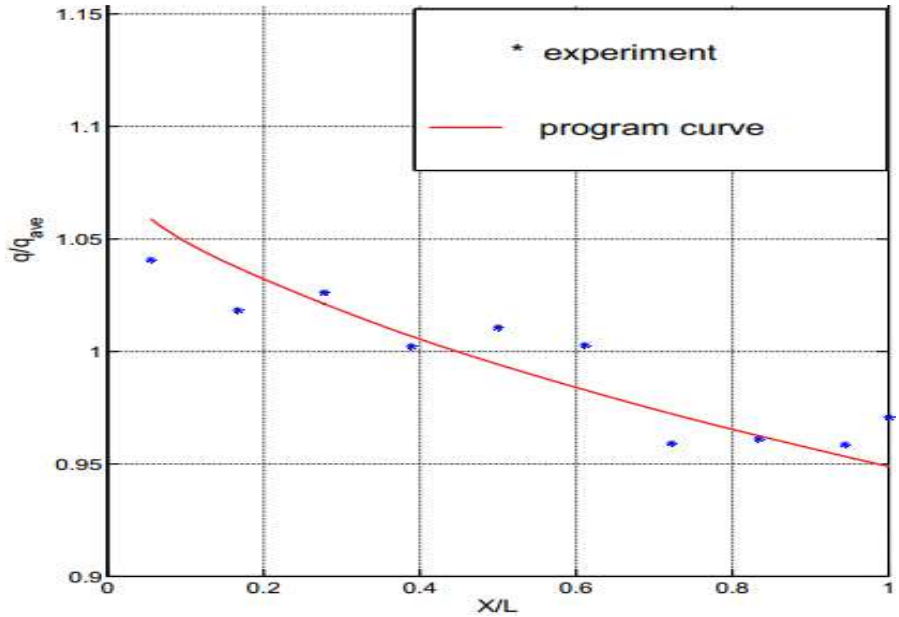


c) حالة ضاغط التشغيل الوسطي 20 متر

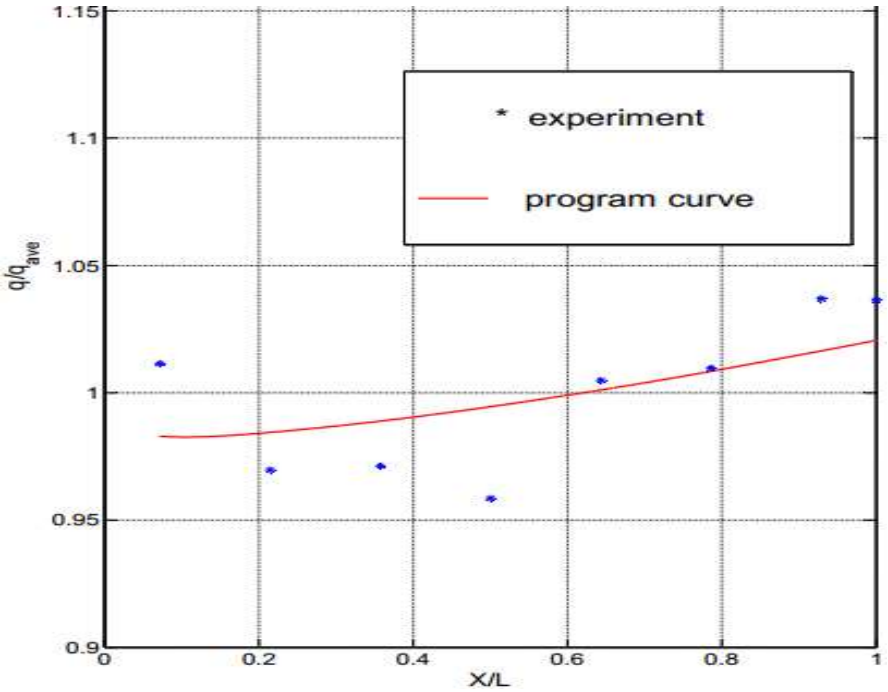
الشكل (1) مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع النتائج التجريبية من أجل ضواغط تشغيل وسطية مختلفة. (D = 75 mm, d = 19.05 mm, hR = 0.7 m, y = 0.5, s = 9 m, s1 = 9 m, S_O = 0, n = 18, epsilon = 0 mm).



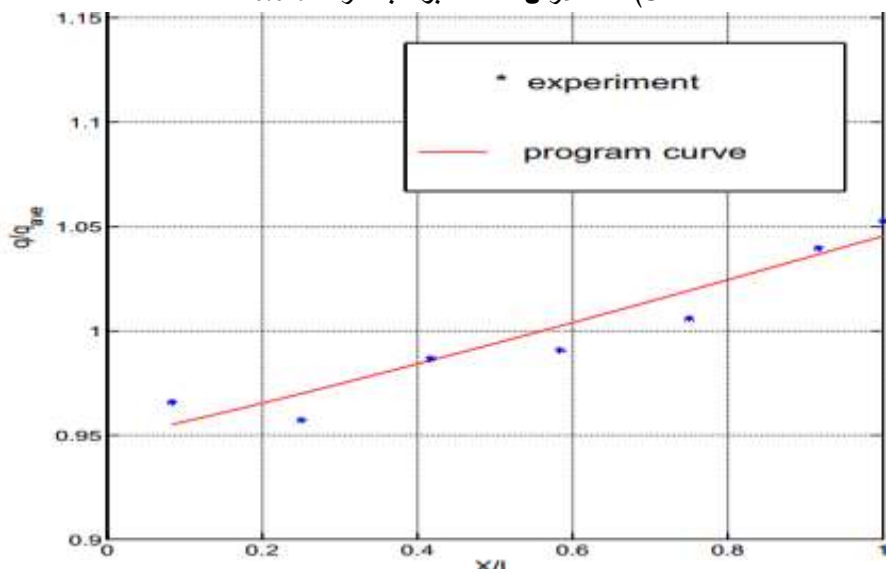
a) حالة الأرض المستوية



b) حالة الأرض المائلة صعوداً بمقدار+0.0192



c) حالة الأرض المائلة هبوطاً بمقدار −0.0192

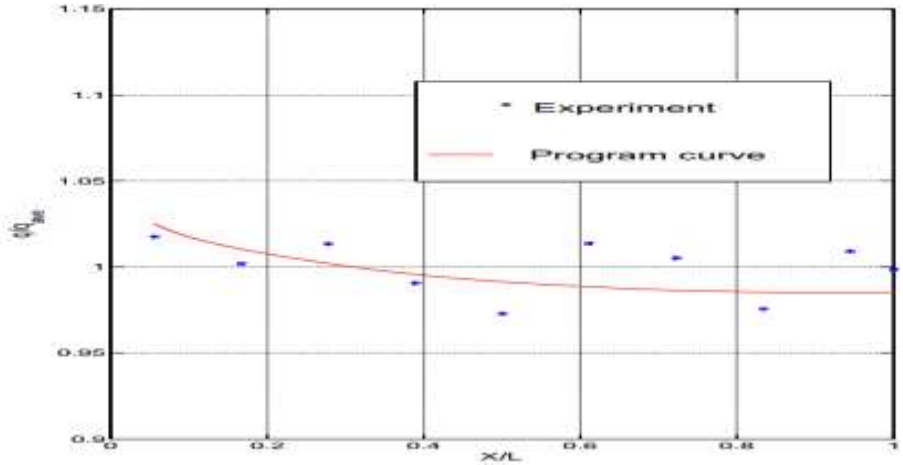


d) حالة الأرض المائلة هبوطاً بمقدار −0.04135

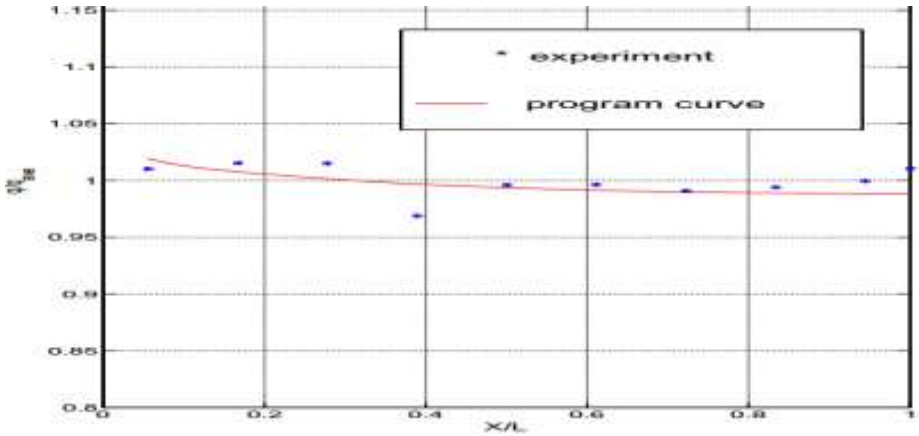
الشكل (2) مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع النتائج التجريبية من أجل عدة ميول مختلفة

Have = 20 m, D = 75 mm, d = 19.05 mm, hR = 0.7 m, y = 0.5, s = 9 m, s1 = 9 m,)

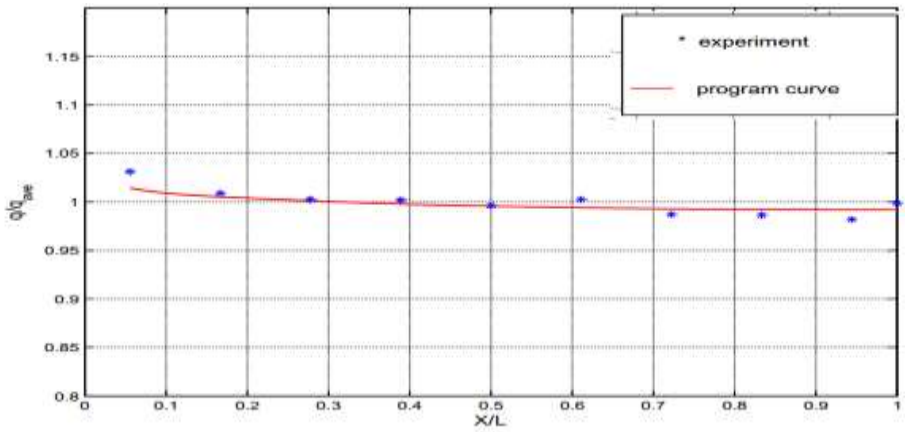
(n = 18, epsilon = 0 mm



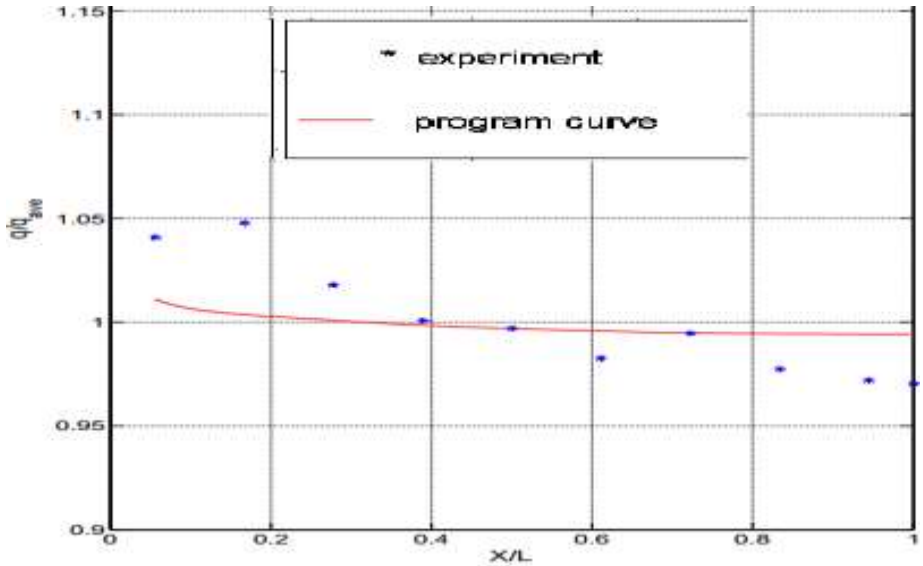
a) حالة المرش ذو الفوهة 5.2 ملم



b) حالة المرش ذو الفوهة 4.8 ملم



c) حالة المرش ذو الفوهة 4.4 ملم



d) حالة المرش ذو الفوهة 4 ملم

الشكل (3) مقارنة نتائج برنامج SPRINKDESIGN مع النتائج التجريبية من أجل عدة انواع من المرشات (Have = 20 m, D = 75 mm, d = 19.05 mm, hR = 0.7 m, y = 0.5, s = 9 m, s1 = 9 m, S_O = 0, n = 18, epsilon = 0 mm).

الاستنتاجات:

أعطى البرنامج الحاسوبي نتائج متقاربة إلى حد كبير مع النتائج التجريبية من أجل عدة ضواغط تشغيل وسطية مختلفة، وكذلك كان الأمر من أجل المرشات ذات أقطار الفوهات المختلفة، إلا أنه لوحظ أن قيمة الاختلاف أو الخطأ النسبي على الرغم من صغر قيمته كان يتناقص مع زيادة قطر فوهة المرش.

كذلك كانت نتائج برنامج SPRINKDESIGN في كلتا حالتي الأرض المائلة هبوطا المدروسة متوافقة بشكل كبير مع نتائج التجارب الحقلية ، لكن ذلك لم يتحقق في حالة الميل الصاعد فقد وصل مقدار الاختلاف في قيمة الضاغط في نهاية الخط إلى 16% ويعزى ذلك إما للأخطاء التجريبية أثناء عملية القياس أو لمحدودية البرنامج الحاسوبي، أما بالنسبة للتدفق في حالة الميل الصاعد فقد كان التوافق جيداً بين القيم التجريبية والقيم الحاسوبية

المراجع:

1- HATHOOT, H. M., AL-AMOUD, A. L., and MOHAMMAD, F.S., 1993- **Analysis and Design of Trickle-Irrigated Laterals**. J. Irrig. and Drain. Engrg., 119 (5), 756-767.

2- KANG, Y., and NISHIYAMA, S., 1996a- **Analysis and Design of Microirrigation Laterals.** J. Irrig. and Drain. Engrg., 122 (2), 75-82.

3- KANG, Y., and JIANG, S., 2010-**Simple Method for the Design of Microirrigation Laterals on Sloped Fields**. J. Irrig. and Drain. Engrg., 136 (4), 271-275.

4- HATHOOT, H. M., AL-AMOUD, A. L., and MOHAMMAD, F.S., ABO-GHOBAR, H. M., 1994- **Analysis and Design of Sprinkler Irrigation Laterals**. J. Irrig. and Drain. Engrg., 120(3), 534-549.

5- ZERIHUN D., SANCHEZ C. A., 2017- **Irrigation Lateral Hydraulics with the Gradient Method**. J. Irrig. Drain. Engrg., 143(8), 1-16.

6- LANDGE P.R., KOTHARI M., BHAKAR S.R., PATIL P.R. ,and PATIL M.A., 2018- **Design and Evaluation of Software Tool for Optimal Design of Sprinkler Irrigation System.** International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(2), 2660-2667.

7- **البكري** محمود، **الضرير** عبد الناصر، **نعوم** فرج، 2019– **تطوير برنامج حاسوبي لتصميم خطوط الري بالرش. مجلة بحوث جامعة حلب**، العدد 137.

8- SONAJE N. P., JOSHI M., G., 2015- **A Review of Modeling and Application of Water Distribution Networks (WDN) Software**. Int. J. Tech. Res. and App., 3(5), 174-178.

9- CUENCA R. H., 1989- **Irrigation System Design: an Engineering Approach**. PrenticeHall, Englewood Cliffs, New Jersey. P. 552.

10-**البكري** محمود، **الضرير** عبد الناصر، **نعوم** فرج، 2019 **استخدام برنامج SPRINKDESIGN في دراسة تأثير الميول المنتظمة على تصميم خطوط الري بالرش**، العدد 138.