

تأثير خشونة القناة الرئيسية على الجريان الفرعي

أ.م.د. مؤيد سعد الله خليل م.د. خالد ياسين طه م.م.نشوان كمال الدين العمري

هندسة السدود والموارد المائية
كلية الهندسة / جامعة الموصل

الملخص

تناول البحث الحالي دراسة مختبرية لتأثير تغير خشونة قعر قناة رئيسية على نسبة التصريف المتفرع ومنطقة الانفصال المتكونة في القناة الرئيسية نتيجة لتفرع الجريان داخل قناة فرعية، حيث تم تغيير نسبة خشونة قعر القناة الرئيسية إلى خشونة قعر القناة الفرعية بين (1.7 - 3.9) ولحالتين من زوايا التفرع (30° ، 90°) ولقيم مختلفة لتصريف القناة الرئيسية تراوحت بين (7 - 17) لتر/ثا. أشارت النتائج المختبرية إلى زيادة في نسبة التصريف المتفرع بزيادة التصريف الكلي المار بالقناة الرئيسية عند قيم نسبة الخشونة الأقل من (2)، بينما تقل نسبة التصريف المتفرع عند قيم نسبة الخشونة الأكبر من (2)، وتبقى نسبة التصريف المتفرع ثابتة تقريباً عند نسبة الخشونة بحدود (2) ولجميع التصاريح المارة بالقناة الرئيسية. أما بالنسبة لمنطقة الانفصال المتكونة بالقناة الرئيسية فأشارت النتائج إلى نقصان في نطقة الانفصال بزيادة قيم نسبة الخشونة ولا تتأثر بزيادة التصريف الكلي المار بالقناة الرئيسية.

تصريف :

Effect of Main Channel Roughness on The Branching Flow

Dr. Moayed S. Khaleel Dr. Khalid Y. Taha Nashwan K. Alomari

Dams and Water Resources Engineering
College of Engineer / Mosul University

Abstract

The work concerns a laboratory study to investigate the effect of changing the bed roughness of the main channel on the branching discharge and separation zone formed in the main channel as a result of discharging flow through a branch channel. The ratio of main channel roughness to the roughness of the branch channel bed has been changed between (1.7 – 3.9) for two branching angles (30° , 90°) and for different values of main channel discharge ranged between (7 – 17) L/sec. Laboratory result shows that branching discharge ratio increases by the increasing the total discharge through the main channel at roughness ratio less than (2), where's the branching discharge decreases at roughness ratio greater than (2), and stay constant at roughness ratio about (2) for all discharge passing through the main channel. The result shows that the length of the separation zone decrease with the increasing in the roughness ratio and total discharge through the main channel.

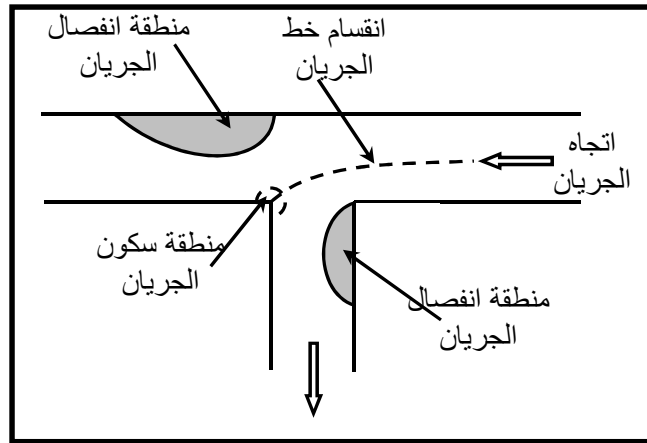
Keyword: Branching Channel, Bed Roughness, Branching Discharge, Separation Zone.

لاقت دراسة سلوكية الجريان داخل القنوات المفتوحة المتفرعة أو المآخذ الجانبية للقنوات الرئيسية اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين والعاملين في مجال تصميم المشاريع الأروائية، حيث يعتمد نجاح معظم تلك المشاريع على التصميم الهيدروليكي لها. فالتصميم الهندسي لتلك القنوات يجب أن يأخذ بنظر الاعتبار عدة عوامل تؤثر في سلوكية الجريان داخل القنوات، منها ما يتعلق بالقناة الرئيسية وأخرى بالقناة الفرعية وطبيعة مواد القعر وعدد القنوات المتفرعة، حيث تؤثر تلك العوامل على مقدار التصريف المارة في القنوات (نسبة تصريف القناة الفرعية إلى تصريف القناة الرئيسية) وكمية الرسوبيات المتركمة في مناطق الاتصال بين تلك القنوات وكذلك على طبيعة و نوعية الجريان داخل تلك القنوات وعلى شكل سطح الماء المتكون نتيجة تفرع تلك القنوات.

إن قيمة نسبة تصريف القناة الفرعية إلى تصريف القناة الرئيسية يعتبر واحد من أهم الخصائص التي تتأثر بطبيعة تلك العوامل والتي تحدد وتقرر توزيع الحصص المائية الداخلة إلى الحقول والمزارع في مرحلة تصميم المشروع الأروائي. كذلك يفضل الحصول على أكبر نسبة تصريف متفرع بأصغر مقطع هيدروليكي للقناة الفرعية لما في ذلك من تقليل في كلفة إنشاء القناة الفرعية.

إن طبيعة خصائص الجريان داخل القنوات المفتوحة المتفرعة موضحة بالشكل (1) [1]، حيث يوضح الشكل طريقة انحراف خط الجريان داخل القناة الرئيسية قبل منطقة الاتصال بالقناة الفرعية وتشكل منطقتين لانفصال الجريان واحدة عند مدخل القناة الفرعية والأخرى في الجهة المقابلة لمنطقة الاتصال وتكون طبيعة ونوعية الجريان في تلك المناطق مضطربة وغير مستقرة.

درس نايلور [2] ظاهرة تقسيم الجريان بين القناة الرئيسية والقناة الفرعية واقترح بواسطة رسوم بيانية للظاهرة وباستخدام خطوات محددة وبطريقة التجربة والخطأ حلول لتقسيم الجريان بين القناتين.



الشكل (1): خواص الجريان المتفرع في القنوات المفتوحة

قدم كريس وبرست [3] نتائج مختبرية لطبيعة ونوعية الجريان وباستخدام قيم مختلفة لنسبة عرض القناة الفرعية إلى عرض القناة الرئيسية، حيث قاما بتصنيف ظاهرة تقسيم الجريان إلى نظامين مع وبدون ظهور الموجات المحلية بالقرب من منطقة الاتصال، ووجدا إن نظام الجريان بدون ظهور الموجات يتوافق مع الجريان تحت الحرج عند القيم القليلة لرقم فرود، أما نظام الجريان بتكون الموجات فيتوافق مع الجريان فوق الحرج القيم العالية نسبياً لرقم فرود.

[4] مناطق الانفصال التي تتكون نتيجة وجود القنوات الفرعية

تأثير كل من طول وعرض منطقة الانفصال على قيمة نسبة التصريف المتفرع حيث وجدا ان تلك النسبة تزداد بنقصان

اجرى نيري و اودكارد [5] دراسة مختبرية لجريان متفرع بشكل عمودي على القناة الرئيسية ولحالتين من خشونة قعر القناة الرئيسية وبمعامل مانك (0.05 و 0.007) اما القناة الفرعية فتم استخدام قعر ناعم فقط. اثناء التجارب المختبرية حيث تم تثبيت ارتفاع الماء في القناة الرئيسية بمقدار 18.6 سم واخذت ثلاث نسب مختلفة للجريان وهي (20 و 60 و 90)% وذلك من اجل دراسة توزيع السرعة بالقناة الرئيسية. وجد الباحثون ان مناطق الانفصال عند السطح اكبر من القعر ويزداد هذا الفرق بزيادة خشونة القعر، وكذلك ان هذه المنطقة تقل بزيادة نسبة السرعة.

من اجل تخمين مقاطع توزيع السرعة في القناتين الرئيسية والفرعية، قام الباحث نيري وآخرون [6] بعمل نموذج نظري ثلاثي الابعاد للجريان المتفرع، حيث قاموا بأخذ حالتين من خشونة القناة الرئيسية (قعر ناعم وقعر خشن)، اما القناة الفرعية

خليل: تأثير خشونة القناة الرئيسية على الجريان الفرعي

فلم يؤخذ خشونة قعرها بنظر الاعتبار وذلك لان خشونة القناة الرئيسية عادةً اكبر بكثير من القناة الفرعية. تم اخذ نسب للتصريف المتفرع تراوحت ما بين 1% الى 20% ونسبتين لعمق الجريان الى عرض القناة وهي 25% و 50% وذلك لتخمين مقاطع توزيع السرعة في القناتين الرئيسية والفرعية.

درس العمري [7] هيدروليكية الجريان المتفرع بثلاث زوايا (30° 60° 90°) في القنوات المفتوحة ولأربع انحدارات مختلفة للقناة الفرعية وذلك لبيان تأثير زاوية التفرع وانحدار القناة الفرعية على نسبة التصريف المتفرع. تم دراسة الجريان المتفرع بزوايا 30° مختبرياً من قبل ماكادام وآخرون [8] وباستخدام قناة رئيسية ذات مقطع شبه منحرف وقناة فرعية مستطيلة، وذلك لدراسة سلوك انقسام الرسوبيات العالقة بالجريان بين القناتين الرئيسية والفرعية لظروف هيدروليكية مختلفة. واستنتج الباحثون ان نسبة الرسوبيات تعتمد على رقم فرود في مقدم القناة الرئيسية، وان اقل نسبة هي عندما يكون رقم فرود بين 0.35 و 0.4.

قامت الباحثة النيلة [9] بتجارب مختبرية لدراسة تأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسية على نسب التصريف المتفرع في قناة جانبية وبثلاث زوايا (30° 60° 90°) باتجاه جريان القناة الرئيسية، حيث تم وضع الهدار على مسافات مختلفة من مؤخر القناة الرئيسية (بعد منطقة التفرع).

يتناول البحث الحالي دراسة تغير نسبة خشونة القناة الرئيسية الى خشونة القناة الفرعية على نسب التصريف المتفرع ولحالتين من زوايا التفرع وهي (90° , 30°) باتجاه جريان القناة الرئيسية.

:

تم إجراء التجارب المختبرية باستخدام قناة رئيسية بطول (10م) وعرض (0.3م) وارتفاع (0.45م) ذات قعر من الحديد المغلون وجوانب زجاجية، القناة مجهزة بمضخة كهربائية يبلغ أعظم تصريف لها (17.25 لتر/ثا)، ويتم السيطرة على التصريف بواسطة صمام يتم التحكم به كهربائياً. ربط بالجانب الأيسر من القناة الرئيسية قناة فرعية ذات قعر وجوانب من البلاستيك الشفاف، يبلغ طول هذه القناة (2.0م) وبعرض (0.15م) وارتفاع (0.3م)، يبعد مركز هذه القناة بمسافة مقدارها (4.575م) من بداية القناة الرئيسية. تم اخذ زاويتي ربط للقناة الفرعية مع القناة الرئيسية (30° ، 90°) مع اتجاه الجريان بالقناة الرئيسية. الشكل (2) يبين القناة الرئيسية والفرعية.

تم قياس التصريف الكلي عن طريق هدار حاد الحافة بعرض (30سم) وارتفاع (10سم) تم تثبيته على بعد (35سم) من نهاية القناة الرئيسية، تم معايرة هذا الهدار بالطريقة الحجمية وإيجاد معادلته التي تربط ما بين ارتفاع الماء فوق حافة الهدار العليا وبين التصريف المار فوقه، العمري [7]، وكما يأتي:

$$Q_t = 0.58H^{1.5} \quad \dots\dots\dots(1)$$

:

Q_t : التصريف الكلي فوق الهدار (/) .

H : ارتفاع الماء فوق الهدار سم.

تم قياس قيم التصريف الكلية المستخدمة في التجارب المختبرية لهذا البحث عن طريق إمرار الجريان داخل القناة الرئيسية فقط، حيث تم عزل الجريان الداخل إلى القناة الفرعية، وبتطبيق المعادلة (1) الخاصة بالهدار المستخدم يتم الحصول على تلك التصريف، وبعد ذلك يتم السماح للجريان بالدخول إلى القناة الفرعية ويترك لفترة معينة لحين استقرار الجريان وبعدها يقاس التصريف الفرعي Q_b بالطريقة الحجمية، وذلك عن طريق جمع الماء بحوض مثبت بنهاية القناة الفرعية مربع الشكل بإبعاد (0.9 × 0.9) (0.35) فيحسب من المعادلة التالية:

$$Q_d = Q_t - Q_b \quad \dots\dots\dots(2)$$

:

Q_d : التصريف في نهاية القناة الرئيسية (لتر/ثا)

Q_b : تصريف القناة الفرعية (لتر/ثا)

ويتم إيجاد نسبة التصريف المتفرع Q_f من قسمة التصريف الفرعي على التصريف الكلي كما في المعادلة التالية:

$$Q_f\% = \frac{Q_b}{Q_t} * 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Q_f : نسبة التصريف الفرعي الى التصريف الكلي

إجريت جميع التجارب المختبرية بانحدار مقداره 0.005 لقر القناة الرئيسية، بينما كان انحدار قعر القناة الفرعية (0.006).

من اجل دراسة تأثير تغير خشونة القناة الرئيسية تم استخدام أربع قيم لمعامل خشونة ماننك للقناة الرئيسية وهي (0.017 0.028 0.035 0.039)، تم الحصول عليها عن طريق تخشين قعر القناة باستخدام شرائط خشبية مربعة المقطع (1) * [سم] سم تثبت على قعر القناة وبمسافات منتظمة، ويتم تغير المسافات بين الشرائط الخشبية للحصول على الخشونة المطلوبة، الحرابوي [10]، أما قيمة معامل الخشونة للقناة الفرعية المصنوعة من البلاستيك فهو (0.01) [11]. وبذلك قيم نسبة خشونة القناة الرئيسية إلى القناة الفرعية هي (1.7 2.8 3.5 3.9) لمعادلة التالية:

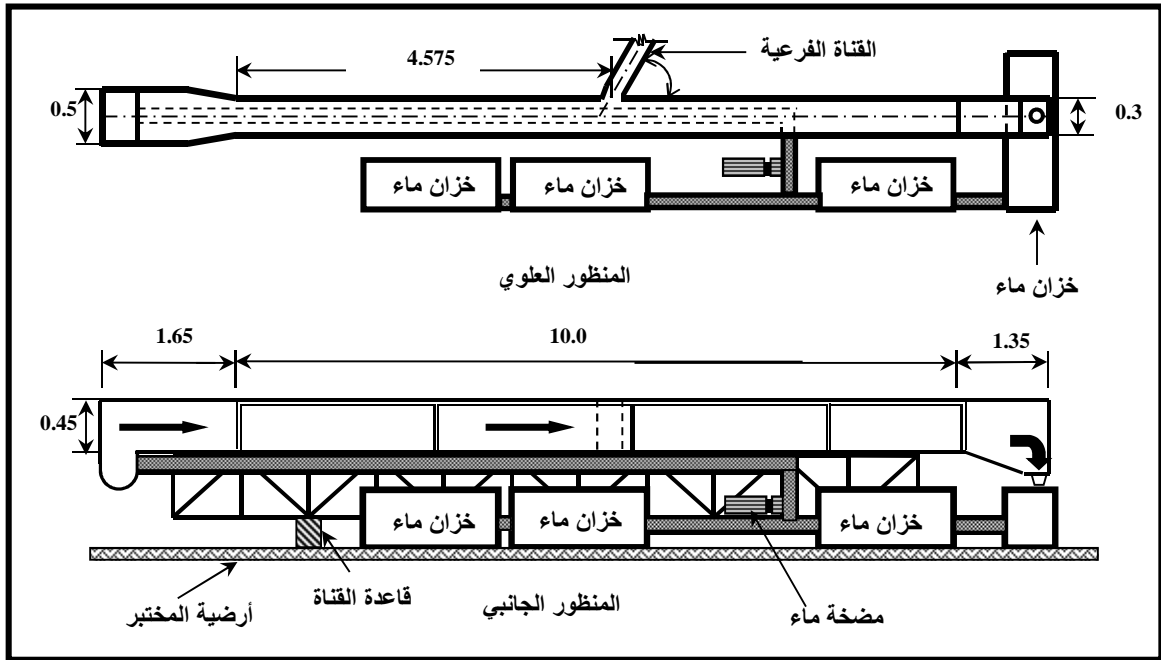
$$n_r = \frac{n_m}{n_b} \quad \dots\dots\dots(4)$$

:
 n_r : نسبة خشونة قعر القناة الرئيسية الى خشونة قعر القناة الفرعية

n_m : خشونة قعر القناة الرئيسية

n_b : خشونة قعر القناة الفرعية

لكل نسبة خشونة تم إمرار ستة تصاريف مختلفة تراوحت ما بين (7 - 17.25) لتر/ثا ولزاويتي تفرع القناة الفرعية (30° ، 90°) مع القناة الرئيسية، وبهذا بلغ عدد التجارب الكلي 48 تجربة مختبرية تم في كل منها اخذ قياسات لأعماق الجريان على طول القناة الرئيسية.



الشكل (2): مخطط توضيحي للقناة الرئيسية والفرعية

القياسات والحسابات المختبرية:

تم إدراج جميع القياسات والحسابات المختبرية بالجدول (1 2). حيث تم حساب التصريف الفرعي بالطريقة الحجمية والتصريف المتبقي في نهاية القناة الرئيسية ونسبة التصريف المتفرع من المعادلتين (2 3) لرئيسة إلى خشونة القناة الفرعية

خليل: تأثير خشونة القناة الرئيسية على الجريان الفرعي

(1): جميع القياسات والحسابات المختبرية لزاوية ($\theta = 30^\circ$)

Q_t (L/sec)	Q_b (L/sec)	Q_d (L/sec)	Q_r %	n_m	n_b	n_r
7	0.67	6.33	9.57	0.017	0.01	1.7
9.04	0.9	8.14	9.96	0.017	0.01	1.7
11.02	1.1	9.92	9.98	0.017	0.01	1.7
12.88	1.35	11.53	10.48	0.017	0.01	1.7
14.88	1.56	13.32	10.48	0.017	0.01	1.7
17	1.8	15.2	10.59	0.017	0.01	1.7
6.88	1.21	5.67	17.59	0.028	0.01	2.8
8.85	1.52	7.33	17.18	0.028	0.01	2.8
10.97	1.81	9.16	16.50	0.028	0.01	2.8
13	2.12	10.88	16.31	0.028	0.01	2.8
15.27	2.34	12.93	15.32	0.028	0.01	2.8
16.32	2.55	13.77	15.63	0.028	0.01	2.8
7.07	2.08	4.99	29.42	0.035	0.01	3.5
8.85	2.39	6.46	27.01	0.035	0.01	3.5
10.97	2.95	8.02	26.89	0.035	0.01	3.5
12.88	3.2	9.68	24.84	0.035	0.01	3.5
14.93	3.64	11.29	24.38	0.035	0.01	3.5
16.72	3.86	12.86	23.09	0.035	0.01	3.5
7.02	2.32	4.7	33.05	0.039	0.01	3.9
9.06	2.82	6.24	31.13	0.039	0.01	3.9
11.2	3.28	7.92	29.29	0.039	0.01	3.9
12.88	3.55	9.33	27.56	0.039	0.01	3.9
15.01	3.96	11.05	26.38	0.039	0.01	3.9
16.45	4.26	12.19	25.90	0.039	0.01	3.9

(2): جميع القياسات والحسابات المختبرية لزواوية ($\theta = 90^\circ$)

Q_t (L/sec)	Q_b (L/sec)	Q_d (L/sec)	Q_r %	n_m	n_b	n_r
6.88	0.645	6.235	9.38	0.017	0.01	1.7
9.06	0.87	8.19	9.60	0.017	0.01	1.7
11.1	1.07	10.03	9.64	0.017	0.01	1.7
12.88	1.25	11.63	9.70	0.017	0.01	1.7
14.88	1.45	13.43	9.74	0.017	0.01	1.7
16.98	1.69	15.29	9.95	0.017	0.01	1.7
6.88	1.11	5.77	16.13	0.028	0.01	2.8
8.95	1.43	7.52	15.98	0.028	0.01	2.8
11.02	1.68	9.34	15.25	0.028	0.01	2.8
12.88	1.87	11.01	14.52	0.028	0.01	2.8
14.88	2.16	12.72	14.52	0.028	0.01	2.8
15.79	2.23	13.56	14.12	0.028	0.01	2.8
6.68	1.83	4.85	27.40	0.035	0.01	3.5
9.06	2.39	6.67	26.38	0.035	0.01	3.5
10.97	2.75	8.22	25.07	0.035	0.01	3.5
12.63	3.02	9.61	23.91	0.035	0.01	3.5
14.755	3.46	11.295	23.45	0.035	0.01	3.5
15.66	3.49	12.17	22.29	0.035	0.01	3.5
6.68	2.06	4.62	30.84	0.039	0.01	3.9
9.06	2.57	6.49	28.37	0.039	0.01	3.9
10.97	3.02	7.95	27.53	0.039	0.01	3.9
12.76	3.37	9.39	26.41	0.039	0.01	3.9
14.76	3.76	11	25.47	0.039	0.01	3.9
15.66	3.86	11.8	24.65	0.039	0.01	3.9

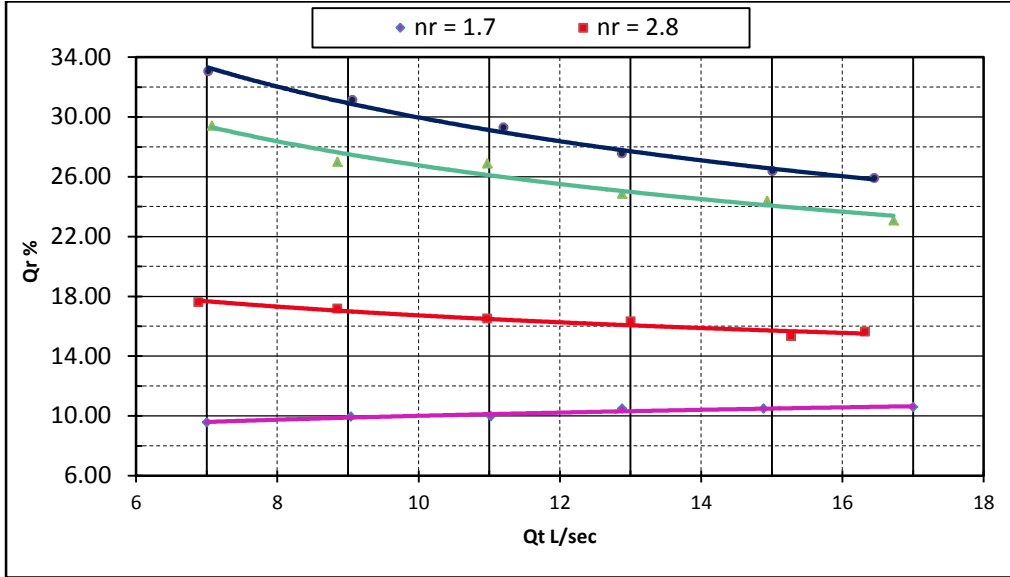
تحليل النتائج المختبرية:

تناول البحث الحالي دراسة مختبرية لتغير نسبة خشونة القناة الرئيسية إلى خشونة القناة الفرعية على نسب التصريف المنفرع ولحالاتي زوايا المنفرع (30° و 90°)، حيث تم إجراء تحليل للبيانات العملية والتي تم الحصول عليها مختبرياً وكما يأتي:

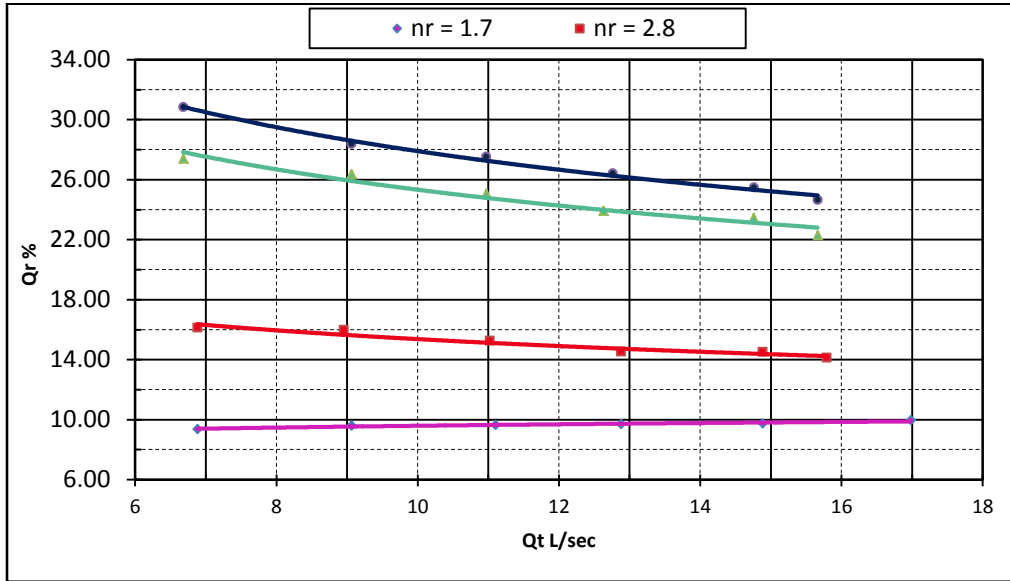
1. نسبة التصريف المنفرع:

رسمت العلاقة بين نسبة التصريف المنفرع والتصريف الكلي لكل حالة من حالات نسبة الخشونة وكما هو مبين في الأشكال (3 و 4) للزوايا (30° و 90°) على التوالي، وتم إدراج المعادلات ومعاملات التحديد بالجدول (3) إذ تراوح معامل التحديد ما بين (0.9301 و 0.9922). ويلحظ من الجدول والأشكال إن نسبة التصريف المنفرع تزداد بزيادة نسبة الخشونة ويعود ذلك إلى أن زيادة الخشونة يؤدي إلى تقليل سرعة الجريان وبالتالي تقليل الزخم بالقناة الرئيسية مما يؤدي إلى سهولة التفاف الماء ودخوله إلى القناة الفرعية، ويلحظ أيضاً وجود علاقة أسية قوية ما بين نسبة التصريف المنفرع والتصريف الكلي، وهذه العلاقة تكون طردية في حالة نسبة الخشونة (1.7) ويزداد انحدار العلاقة بينهما وتتحول إلى علاقة عكسية كلما زادت نسبة الخشونة.

خليل: تأثير خشونة القناة الرئيسية على الجريان الفرعي



(3): العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي والتصريف الكلي
($\theta = 30^\circ$)

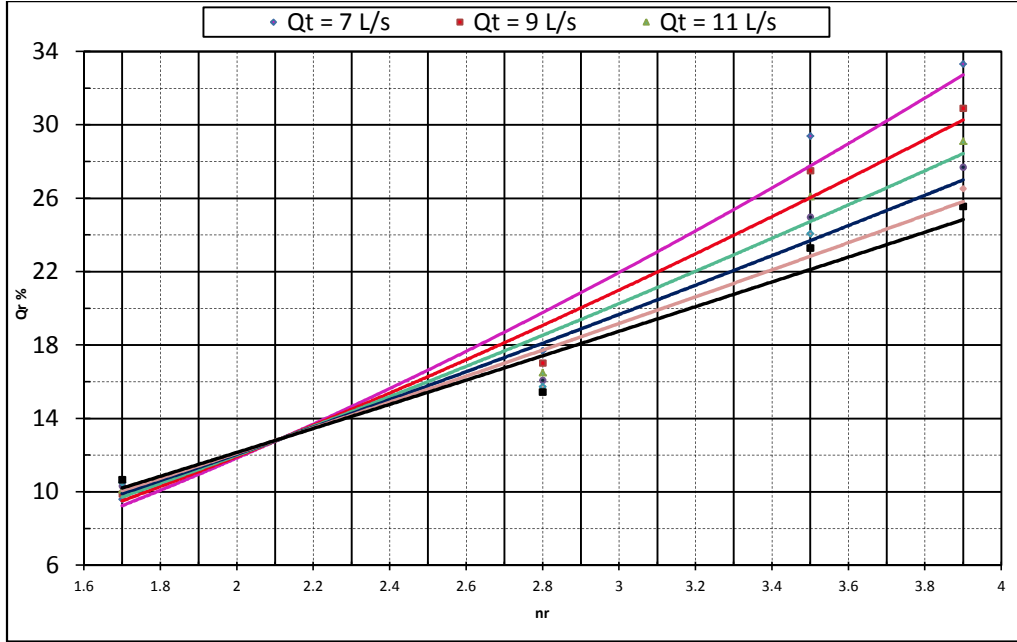


(4): العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي والتصريف الكلي
($\theta = 90^\circ$)

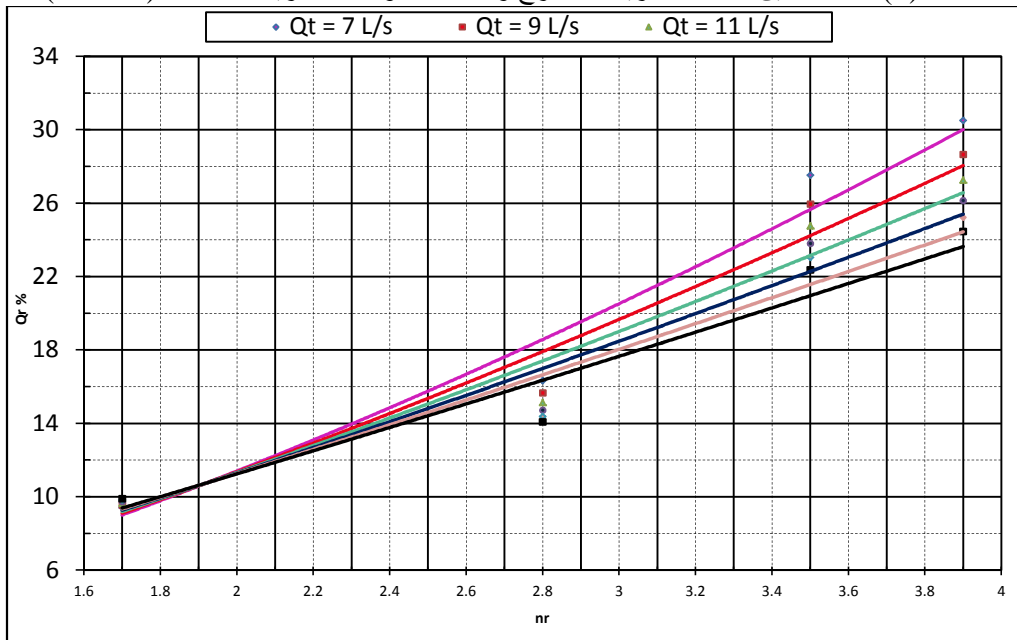
(3): العلاقات ومعاملات التحديد ما بين نسبة التصريف الفرعي والتصريف الكلي لنسب الخشونة المختلفة

$\theta = 90^\circ$		$\theta = 30^\circ$		n_r
R^2	$Q_r \%$	R^2	$Q_r \%$	
0.9227	$8.4217 (Q_t)^{0.0566}$	0.9301	$7.6427 (Q_t)^{0.1171}$	1.7
0.9316	$22.598 (Q_t)^{-0.1673}$	0.9363	$23.865 (Q_t)^{-0.1543}$	2.8
0.9519	$43.403 (Q_t)^{-0.2339}$	0.9536	$48.919 (Q_t)^{-0.2619}$	3.5
0.9884	$49.511 (Q_t)^{-0.249}$	0.9922	$59.619 (Q_t)^{-0.2987}$	3.9

لإيجاد نسبة الخشونة التي تتحول عندها العلاقة من طردية إلى عكسية تم رسم الأشكال (5 و 6) (بالاعتماد على المعادلات التي تم إيجادها من الأشكال السابقة) والتي تمثل العلاقة بين نسبة التصريف المتفرع ونسبة الخشونة لحالات تصريف كلي يتراوح ما بين (7 – 17) لتر/ثا وهي حدود التصريف الكلي التي تم استخدامها في التجارب المختبرية. تبين من هذه الأشكال إن نسبة الخشونة التي تتحول عندها العلاقة من طردية إلى عكسية هي (2.11 ، 1.92) للزاويتين (30° و 90°) على التوالي، أي أنه في هذه النسبة لخشونة القناة الرئيسية إلى الفرعية نسبة التصريف المتفرع تبقى ثابتة لجميع التصاريح، وهذا مهم جداً في تصميم القنوات المتفرعة وذلك من أجل الحفاظ على نسبة تصريف فرعي ثابت ولجميع التصاريح المارة بالقناة الرئيسية، كما أنه مهم في توزيع الحصص المائية كنسب مئوية وبصورة ثابتة لجميع التفرعات المائية. تم إدراج جميع المعادلات ومعاملات التحديد التي تم إيجادها من الأشكال (5 و 6) بالجدول (4)، حيث يلاحظ وجود علاقة أسية طردية قوية ما بين نسبة التصريف المتفرع ونسبة الخشونة ولجميع حالات التصريف الكلي، حيث تراوحت معاملات التحديد بين (0.943 0.982)، ويلاحظ أيضاً إن انحدار العلاقة بينهما يقل بزيادة التصريف الكلي.



(5): العلاقة بين نسبة التصريف المتفرع ونسبة الخشونة للتصاريح المختلفة ($30^\circ =$)



(6): العلاقة بين نسبة التصريف المتفرع ونسبة الخشونة للتصاريح المختلفة ($90^\circ =$)

خليل: تأثير خشونة القناة الرئيسية على الجريان الفرعي

(4): العلاقات ومعاملات التحديد ما بين نسبة التصريف الفرعي ونسبة الخشونة للتصريف الكلية

= 90°		= 30°		Q _t
R ²	Q _r %	R ²	Q _r %	
0.9732	4.1793(n _r) ^{1.4485}	0.982	4.1242(n _r) ^{1.5221}	7
0.9672	4.4476(n _r) ^{1.3532}	0.9778	4.5397(n _r) ^{1.3941}	9
0.9612	4.6741(n _r) ^{1.277}	0.9734	4.9013(n _r) ^{1.292}	11
0.9552	4.8715(n _r) ^{1.2136}	0.9688	5.2242(n _r) ^{1.2069}	13
0.9491	5.0472(n _r) ^{1.1593}	0.964	5.5176(n _r) ^{1.134}	15
0.943	5.206(n _r) ^{1.1119}	0.959	5.7878(n _r) ^{1.0703}	17

2. إيجاد عامة لحساب نسبة التصريف Q_r:

تم باستخدام القياسات والنتائج المختبرية وبالأستعانة بالبرنامج (SPSS 11.5) إيجاد علاقة لحساب نسبة التصريف بدلالة نسبة الخشونة وتصريف القناة الرئيسية وكانت العلاقة بالشكل التالي وبمعامل تحديد (R² = 0.9566):

$$Q_r = 7.09 \frac{n_r^{1.412}}{Q_t^{0.224}} \quad \text{----- (5)}$$

تم حساب نسبة التصريف المحسوبة من (5) قارنتها مع القيم المقاسة مختبرية وإيجاد نسبة الخطأ من المعادلة التالية:

$$\%Error = \left(\frac{(Q_r)_{act} - (Q_r)_{the}}{(Q_r)_{act}} \right) \times 100 \quad \text{----- (6)}$$

:

%Error

(Q_r)_{act}: نسبة التصريف المقاس.

(Q_r)_{the}: نسبة التصريف المحسوب من المعادلة (5)

(5) يبين

:(5) %

		%
22.9 %	11	± 3
52 %	25	± 6
66.7 %	32	± 9
70.8 %	34	± 12
79.2 %	38	± 15
91.7 %	44	± 20
100 %	48	± 25

3. طول منطقة الانفصال بالقناة الرئيسية:

واضحة في القناة الرئيسية وكما هو موضح بالشكل (1) حيث تم قياس طول هذه المنطقة في كل تجربة وكما مثبت في الجداول (6) (7). تشير هذه الجداول الى ان منطقة الانفصال يقل طولها مع زيادة نسبة الخشونة العالية (بعد n_r = 2.8) هذا الطول لا يتأثر كثيراً وبشكل واضح بزيادة التصريف الكلي في القناة الرئيسية.

(6): طول منطقة الانفصال في القناة الرئيسية اوية التفرع 30°

cm				التصريف الكلي (/)
$n_r = 3.9$	$n_r = 3.5$	$n_r = 2.8$	$n_r = 1.7$	
10	10	50	50	7
10	12.5	50	50	9
12.5	10	50	50	11
5	10	60	50	13
5	10	60	50	15
5	15	40	50	17

(7): طول منطقة الانفصال في القناة الرئيسية اوية التفرع 90°

cm				التصريف الكلي (/)
$n_r = 3.9$	$n_r = 3.5$	$n_r = 2.8$	$n_r = 1.7$	
لا يوجد	7.5	50	45	7
لا يوجد	7.5	50	55	9
لا يوجد	7.5	50	55	11
لا يوجد	لا يوجد	60	55	13
لا يوجد	7.5	60	55	15
لا يوجد	10	60	60	17

1. تزداد نسبة التصريف المتفرع بزيادة خشونة القناة الرئيسية.
2. تزداد نسبة التصريف المتفرع بزيادة التصريف المار بالقناة الرئيسية ولنسب الخشونة الأقل ، (1.92 2.11) للزاويتين (30° 90°) ، بينما تقل نسبة التصريف المتفرع إذا زادت نسب الخشونة عن هذه القيم.
3. يقل ال المتكونة بالقناة الرئيسية بزيادة نسبة الخشونة ولا يتأثر بتغير التصريف الكلي المار بالقناة الرئيسية.

بـية:

1. Ramamurthy, A.S., Qu, J. and Vo, D., “Numerical and Experimental Study of Dividing Open – Channel Flows”, ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 133, No.10,2007, pp. 1135-1144.
2. Taylor, E., “Flow Characteristics at Rectangular Open Channel Junction”, Trans., ASCE, 109, 893-902. as Cited in Ramamurthy, et. al., 1988
3. Grace, J. L., and Priest, M. S,” Division of Flow in Open Channel Junctions”, Bulletin No. 31, Engineering Experimental Station, Alabama Polytechnic Institute, 1958.
4. Kasthuri, B. and Pundarikhanthan, N.V, “Discussion on Separation Zone at Open Channel Junction.”, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.113, No.4, 1987,pp.543-548.
5. Neary, V.S. and Odgaard, A.J., “Three-Dimensional Flow Structure at Open-Channel Diversion”, ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 119, No. 11,1993, pp. 1223-1230.
6. Neary, V.S., Sotiropoulos, F., and Odgaard, A.J., “Three-Dimensional Numerical Model of Lateral-Intake Inflows”, ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 125, No.2, 1999, pp. 126-140.

7. العمري، نشوان كمال الدين، " دراسة مختبرية لتأثير زاوية التفرع وانحدار القناة الفرعية على الجريان " رسالة ماجستير، هندسة الموارد المائية / هيدروليك، كلية الهندسة ، جامعة الموصل، 2009.
8. Moghadam, M. K., Bajestan, M. S., and Sedghi, H., " Sediment Entry Investigation at the 30 Degree Water Intake Installed at a Trapezoidal Channel" World Applied Sciences Journal, Vol.11, No.1,2010, pp.82-88.
9. النيلة، صفية اسامة، "دراسة مختبرية لتأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسة على الجريان في قناة فرعي " رسالة ماجستير، هندسة الموارد المائية / هيدروليك، كلية الهندسة ، جامعة الموصل، 2011.
10. الحرباوي، خالد ياسين، " تأثير الخشونة في سلوكية القنوات المركبة غير المتناظرة" رسالة ماجستير، هندسة الري والبزل / موارد مائية، كلية الهندسة ، جامعة الموصل، 1999.
11. Chow, V. T., "Open Channel Hydraulics", Mc Crow-Hill book Co., New York, 1959.