

دراسة مختبرية لتأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسية على الجريان في قناة فرعية

ا. م. د. مؤيد سعد الله خليل

صفية اسامة احمد النيلة

هندسة الموارد المائية
كلية الهندسة / جامعة الموصل

ملخص

تم في هذا البحث إجراء دراسة مختبرية لتأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسية على الشحنة والتصريف في قناة فرعية ترتبط بها في مقدم الهدار. استخدمت قناة رئيسية تتفرع منها قناة فرعية وبثلاث زوايا (30° و 60° و 90°) باتجاه جريان القناة الرئيسية، في تجارب البحث جميعها تم تثبيت انحدار القناة الرئيسية والفرعية ليساوي 0.0002 و 0.0005 على التوالي. تم استخدام هدار متغير الارتفاع ثبت على بعد (60 و 90 و 120) سم عن منطقة التفرع، ولكل حالة تم امرار سبعة تصارييف. لكل تصريف تم تغيير ارتفاع الهدار عدة مرات بين (2 و 10) سم. أظهرت نتائج البحث أن نسبة التصريف الفرعي (التصريف الفرعي مقسوماً على التصريف الكلي) تزداد مع ارتفاع الهدار ويقل مقدار هذه الزيادة كلما زاد التصريف. كما لوحظ أن نسبة التصريف الفرعي تتناسب عكسياً مع موقع الهدار وأن مقدار تغير هذه النسبة كان ضئيلاً لم يتجاوز 6.4% في تجارب البحث كافة. ووجد أيضاً أن زاوية التفرع 60° تعطي أكبر نسبة تصريف تليها الزاوية 30° ثم 90°. أما عمق الماء فقد كان يزداد بشكل طردي مع زيادة ارتفاع الهدار وتم الحصول على أعلى نسبة للزيادة في عمق الماء وكانت 194%.

Laboratory Study of Weir Height and Location Effect in a Main Channel on the Branching Channel Flow

Safiya Usama Ahmed Al-Neelah Moayad Sa'ad Allah Khaleel

Water Resources Engineering
College of Engineer / Mosul University

Abstract

In this paper an experimental work was conducted to study the effect of a weir height and location in a main channel on the head and discharge of branching channel connected upstream the weir, with three different angles (30°, 60° and 90°). The bed slope of the main and branch channel was kept constant and it was equal to 0.0002 and 0.0005, respectively. A variable height weir was fixed in the main channel at different distance (60, 90 and 120 cm) downstream the branching point. For each location, seven different discharges were used, and for each discharge, the height of the weir was changed from 2 to 10 cm. The results of the research showed an existence branching and main discharges, and a similar relation between branch discharge and the weir height. It is also found that the ratio of discharge (the branch discharge divided by main discharge) increases with increasing weir height, and the magnitude of this decreases as the discharge increases. The result also showed that the angle 60° of branch channel gave highest values for discharge ratio. The depth of water in the branch channel varies directly with the height of weir, and a maximum percentage of increases of depth observed in all experiments were 194%.

المقدمة

تستخدم القنوات المتفرعة بشكل واسع في مشاريع الري ونقل المياه، كما انه هناك العديد من الأنهار والقنوات الـ(متفرعة في الطبيعة. إن فكرة استخدام مياه القنوات والأنهار الفرعية لتوليد الطاقة الكهربائية جديدة نسبياً، حيث تعتمد على زيادة التصريف أو المنسوب أو الاثنين معاً لتوفير طاقة إضافية في القناة الفرعية. إن هذه العملية يمكن تنفيذها باستخدام هدار أو سد في القناة الرئيسية مما يؤدي إلى رفع المنسوب وزيادة التصريف في القناة الفرعية. إن توليد الطاقة الكهربائية من مصادر نظيف كالماء أمر مهم كون هذه الطريقة لا تؤدي إلى تلوث البيئة ولا ينتج عنها مواد تلوث أو انبعاث غازات خطرة أو نفايات صلبة كما لو تم استخدام الوقود كالبترول أو الغاز في التوليد، ولا توجد أي تكاليف للوقود فهي تستخدم مصدر طاقة قابل للتجديد لأن الماء يتجدد باستمرار بفضل دورة الأرض الهيدرولوجية وعن طريقها نستطيع توليد الكهرباء عند الحاجة إليها وليس عند إتاحتها مثل طاقة الرياح وضوء الشمس، لذلك فهي تستخدم طاقة مجانية متوفرة بشكل مستمر وبكلفة بسيطة في عملية التوليد. إضافة إلى ذلك فإن محطات توليد الكهرباء الصغيرة يمكن أن تنتج الكثير من الكهرباء دون الحاجة إلى سدود كبيرة، وتصنف بـ " صغيرة " أو " صغيرة جداً " بحسب كمية الكهرباء التي تنتجها، إن المحطات الكهرومائية الصغيرة هي مصدر طاقة لايلحق الأذى بالبيئة ويتمتع بإمكانية نمو كبيرة، إن السدود الكبيرة التي تتناسب مع محطات الطاقة الكهرومائية الكبيرة يمكن أن تغرق الأنظمة البيئية، حيث تؤثر على المزارع والأنظمة البيئية القائمة على مجرى النهر في منطقة السد والبحيرة.

الدراسات السابقة

قام الباحث نيري و اودكارد (Neary and Odgaard, 1993) بدراسة مختبرية عن الجريان في قناة مفتوحة متفرعة بزواوية 90° . تم صنع القناتين الرئيسة والفرعية من الفايبركلاس وبقر ناعم للقناة الفرعية، أما في القناة الرئيسية فقد تم استخدام حالتين للقعر خشن وناعم. في حالة القعر الخشن تم استخدام حصى بقطر 10 ملم، أما القعر الناعم فكان طبقات من الخشب الناعم. وكانت قيمة معامل الاحتكاك (Friction factor) لكل من حالي القعر الخشن والناعم 0.05 و 0.007 على التوالي. لدراسة خواص الجريان عند منطقة التفرع تم أخذ قياسات السرعة على ثلاثة أعماق: بالقرب من سطح الماء، وفي الوسط وبالقرب من القعر وتم رسم خطوط الجريان في هذه المنطقة ولهذه الأعماق المختلفة ولحالي القعر الخشن والناعم. في كل حالة من حالي خشونة القعر، تم استخدام ثلاث نسب مختلفة للسرعة (السرعة في القناة الفرعية V_b إلى السرعة في القناة الرئيسية V_m)، إذ كانت $\frac{V_b}{V_m}$ (20%، 60%، 90%)، وكان عمق الجريان في التجارب جميعها 18.6سم، ورقم فرود انحصر بين 0.04 إلى 0.11 في القناة الرئيسية و 0.13 إلى 0.23 في القناة الفرعية. ومن خلال هذه الدراسة توصل الباحثان إلى العديد من الاستنتاجات منها: تحدث منطقة انفصال في الجريان بسبب الزخم الذي يحدث نتيجة دخول الماء من القناة الرئيسية إلى الفرعية، وتزداد هذه المنطقة كلما زادت سرعة الماء وإن هذه المنطقة تكون أقل عند القعر وتزداد باتجاه سطح الماء. كما تحدث دوامات ثانوية (Secondary circulation) بسبب زيادة نسبة سرعة الجريان ولا تحدث دوامات ثانوية عندما تقل هذه النسبة عن 3%.

قدم الباحث رامامورثي وآخرون (Ramamurthy, et. al.2006) دراسة نظرية ومختبرية عن الجريان في القنوات المتفرعة المغلقة لمعرفة خواص الجريان المتجمع في القنوات المغلقة، وذلك باستخدام قناة فرعية عمودية على قناة رئيسة. وقاموا باستخدام ثلاثة مقاطع مختلفة من عرض القناة الفرعية b إلى عرض القناة الرئيسية B للحصول على نسب المساحة التالية (22%، 77%، 100%). كما قاموا بتطوير نموذج نظري لحل معادلات الجريان المضطرب للحالة المستقرة منها معادلة الاستمرارية ثلاثية الأبعاد لرينولدز (Reynolds)، ومعادلة نافير- ستوكس (Navier- Stokes) بالاعتماد على معادلتَي $K-\omega$ لنموذج ويلكوكس (Wilcox 2000). ومن خلال مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من النموذج النظري مع النتائج المختبرية توصل الباحثون إلى الاستنتاجات التالية: إن الخسارة في الاحتكاك في النموذج تحدث في جهات القناة جميعها وهي تتطابق جيداً مع التجارب المختبرية، وإن نتائج معاملات الخسارة في الطاقة التي تحدث في النموذج تتطابق بصورة معقولة مع النتائج المختبرية، وكذلك فإن قيم الضغط والسرعة تتطابق جيداً مع مثيلاتها المختبرية. كما لاحظوا إن منطقة الانفصال التي حدثت في النموذج تتطابق مع منطقة الانفصال التي حدثت في القناة المختبرية.

قدم الباحث جوستين وآخرون (Ghostine, et. al., 2010) بدراسة مقارنة كاملة ووصف شامل تبين المحاكاة العددية للجريان تحت الحرج الأحادي البعد (1D) والثنائي البعد (2D) في قناة مفتوحة متفرعة، إذ تم التركيز في هذه الدراسة على تخمين أعماق الماء عند منطقة الاتصال للجريان الأحادي البعد (1D) تم استخدام معادلات سانت فيننت الأحادية البعد (1D Saint Venant equations) مع نموذج الباحث شبايك وآخرون (Shabayek, et. al., 2002) لإيجاد الحلول في نظام الشبكة (في القناة الفرعية وعند منطقة الاتصال)، أما في حالة الجريان الثنائي البعد (2D) فقد تم تحويل سطح الجريان إلى شبكة من خلايا مثلثة تتكون من 1290 خلية. تم استخدام معادلات سانت فيننت ثنائية البعد (2D) Second- Order Finite- Saint Venantequations وتم حلها باستخدام معادلات الحجم المحددة من الدرجة الثانية (Second- Order Finite- Volume method) مع حلول الباحث روي (Roe, 1981). من خلال مقارنة الطريقتين (1D) و (2D) والبيانات

المختبرية لتايلور (Taylor, 1944) و ويبر وكريند (Webber and Greated, 1966) وجيرام (Gurram, 1994) وهسو وآخرون (Hsu, et. al. 1998) تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:
إن طريقة (1D) لا تعطي دائماً تطابقاً جيداً، وإن هذه الطريقة تعطي نتائج جيدة في حالة زاوية اتصال صغيرة ورقم فرود صغير في نهاية القناة، وكلما زادت هذه المتغيرات فإن التناقض بين طريقة (1D) والبيانات المختبرية يزداد، بينما طريقة (2D) تتطابق جيداً مع البيانات المقاسة. وبذلك توصلوا إلى أن معادلات سانت فيننت أحادية البعد تطبق في التفرعات بينما تطبق معادلات سانت فيننت ثنائية البعد في منطقة الاتصال.
قدم الباحث كيسرواني وآخرون (Kesserwani, et. al., 2010) نموذج رياضي لتخمين الجريان غير المستقر في قناة مفتوحة متفرعة بصورة عمودية، تعاملوا مع الجريان المتفرع على أنه جريان فوق هدار جانبي وبارتفاع صفر الذي تم وصفه من لدن الباحث هاكر (Hager, 1987)، واستخدموا معادلة سانت فيننت أحادية البعد (ID St. Venant equation) في حالات الجريان فوق الحرج وتحت الحرج. تم اختبار النموذج بالاستناد على النتائج المختبرية للباحث ريفيير وآخرون (Riviere, et. al., 2007) والتي نتجت من إجراء تجارب في قناة زجاجية رباعية التقاطع، وكانت جميع القنوات المستخدمة بطول 2 م وعرض 0.3 م، وقاموا بغلق إحدى القنوات عند منطقة التقاطع فأصبحت القناة ثلاثية وبانحدار متغير لغير القنوات مع بقاء منطقة التقاطع أفقية، انحصر التصريف الكلي ما بين (0.002 إلى 0.02) م³/ثا. وجد الباحثون أن نسبة التصريف Q_r التي تم الحصول عليها من النموذج الرياضي تتوافق مع النتائج المختبرية في التجارب جميعها وبأقصى نسبة خطأ لا تزيد عن 9%.
يهدف البحث الحالي إلى دراسة تأثير موقع وارتفاع الهدار في القناة الرئيسية على المنسوب والتصريف في القناة الفرعية ودراسة تأثير زاوية تفرع القناة الفرعية مع القناة الرئيسية، علماً أن معظم الدراسات السابقة قد تركزت على القنوات المتفرعة وعلى كيفية توزيع التصريف بينهما وخواص الجريان فيهما. ولم يتمكن من الحصول على بحث تخص تأثير الهدارات والسدود على توزيع التصريف بين القناتين وخاصة تأثير ارتفاع وموقع الهدار على ذلك. وعليه فقد أجريت هذه الدراسة الموسعة لأهمية موضوع القنوات المتفرعة في أعمال الري والسيطرة على الفيضان وتنظيم الجريان، فضلاً عن إمكانية توليد الطاقة الكهربائية التي أصبح الحصول عليها من مصادر نظيفة غير ملوثة أمراً ملحا في الوقت الحالي وفي المستقبل.

التجارب المختبرية

أجري العمل المختبري في كلية الهندسة/ قسم الموارد المائية في جامعة الموصل. وذلك باستخدام قناة بطول 10 م وعرض 30 سم وارتفاع 45 سم جوانبها مصنوعة من الزجاج وقعرها أملس من الحديد المغلون، على بعد 35 سم من نهاية القناة وضع هدار بارتفاع 10 سم لقياس التصريف المار في القناة. على بعد 4.575 م عن بداية القناة الرئيسية تنفرع منها قناة مصنوعة من البلاستيك الشفاف بسلك 10 ملم وطول 2 م وعرض 15 سم وارتفاع 30 سم، تحوي في نهايتها على حوض من البلاستيك أيضاً بطول 70 سم وعرض 40 سم يصب في خزان تم تصنيعه من الحديد بطول وعرض 90 سم وارتفاع 35 سم لقياس التصريف المار في القناة الفرعية يحتوي على قفل وبيزوميتر، موضوع فوق خزان يقع في نهاية القناة الفرعية لتجميع المياه المارة فيها، وتحول المياه إلى خزانات القناة الرئيسية عن طريق مضخة غاطسة ربط فيها طواف كهربائي وذلك للحفاظ على مستوى ثابت في الخزانات جميعها.
أما برنامج العمل المختبري فقد كان كالآتي:

تم اعتماد ثلاث زوايا مختلفة لربط القناة الفرعية مع القناة الرئيسية وهي 30° و 60° و 90° ولكل زاوية تم أخذ ثلاث مواقع مختلفة للهدار في القناة الرئيسية مؤخر منطقة الاتصال وهي (60 و 90 و 120) سم ولكل موقع تم أخذ ثمانية ارتفاعات مختلفة للهدار وهي (2 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 و 8 و 10) سم، ولكل ارتفاع تم إمرار سبعة تصاريح في القناة الرئيسية (5 و 7 و 9 و 11 و 13 و 15 و 17.25) لتر/ثا، وفي كل زاوية تفرع ولكل تصريف تم إجراء تجارب في حالة عدم وجود هدار وبذلك يصبح العدد الكلي للتجارب 516. لمزيد من التفاصيل حول التجارب والعمل المختبري والقياسات يمكن مراجعة المصدر (النيلة، 2011).

تحليل النتائج المختبرية

إن الهدف من هذا التحليل هو التركيز على تأثير الهدار على التصريف في القناة الفرعية وعمق الجريان فيها وإيجاد مدى هذا التأثير.

1: العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي وارتفاع الهدار

إن إيجاد وتقدير نسبة التصريف الفرعي هو من أهم الأهداف التي قام عليها البحث الحالي وكذلك تغير هذه النسبة مع العوامل المتغيرة في القناة (موقع وارتفاع الهدار والتصريف الكلي وكذلك زاوية التفرع)، وإيجاد مدى التغير الحاصل في هذه النسبة. لذلك تم دراسة نسبة التصريف الفرعي ومدى تغيره وكما يأتي:

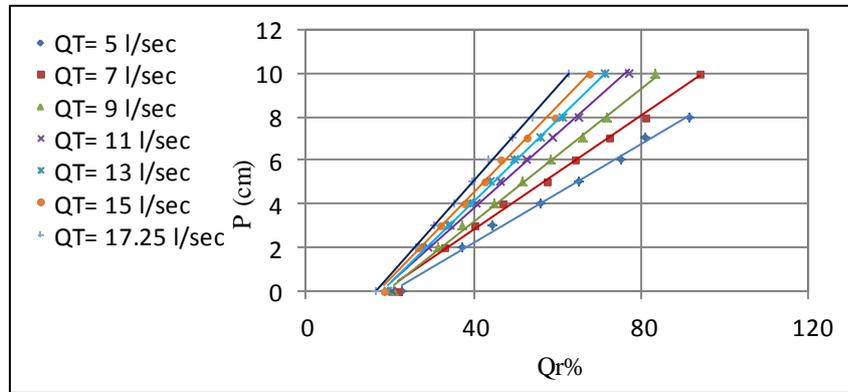
1-1: تغير نسبة التصريف الفرعي مع ارتفاع الهدار والتصريف الكلي وبقاء موقع الهدار وزاوية التفرع ثابتة:

تم رسم تغير قيم نسبة التصريف الفرعي Q_r مع ارتفاع الهدار P لكل تصريف من التصارييف السبعة للقناة الرئيسية مع تثبيت موقع الهدار وزاوية التفرع كما في الشكل (1) كنموذج لهذه العلاقة. يلاحظ من الشكل السابق أن الزيادة في نسبة التصريف تقل مع زيادة التصريف بغض النظر عن ارتفاع الهدار، كما تكون كبيرة نسبياً في التصارييف القليلة وتزداد بوتيرة أكبر مع ارتفاع الهدار مقارنةً مع ما يحدث كلما ازداد التصريف إذ انحصرت هذه النسبة ما بين (24.58 و 98.57)%. ويمكن تمثيل العلاقة بينهما بالصيغة التالية:

$$Q_r = a_1 + a_2 P \quad \dots\dots\dots(1).$$

إذ انحصرت معاملات التحديد R^2 ما بين (0.993 و 0.999). والجدول (1) يبين قيم a_1 و a_2 للتصارييف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 30^\circ$).
الجدول(1): يبين قيم a_1 و a_2 للتصارييف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 30^\circ$).

Q_r L/sec	X					
	60 cm		90 cm		120 cm	
	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2
5	20.83	9.434	20.5	9.259	20.693	8.772
7	20.008	7.874	19.414	9.434	18.97	7.519
9	19.649	6.757	19.616	6.623	19.286	6.494
11	18.788	6.061	18.333	5.952	18.041	5.848
13	18.3	5.556	18.104	5.495	17.946	5.376
15	17.812	5.208	17.894	5.051	17.397	5.051
17.25	16.833	4.785	16.869	4.695	16.885	4.608



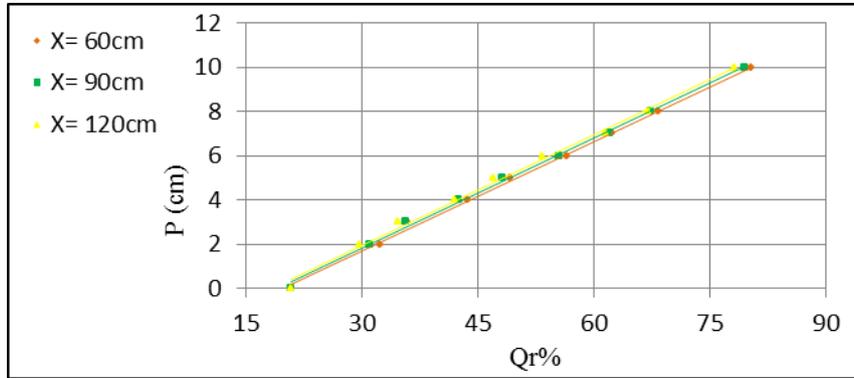
الشكل (1): العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي وارتفاع الهدار ($\theta = 30^\circ$, $X = 120\text{cm}$).
الجدول(1): يبين قيم a_1 و a_2 للتصارييف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 30^\circ$).

2-1: تغير نسبة التصريف الفرعي مع ارتفاع الهدار وموقع الهدار وبقاء التصريف وزاوية التفرع ثابتة:

لبيان تأثير موقع الهدار على نسبة التصريف الفرعي تم رسم قيم نسبة التصريف مع ارتفاع الهدار وللمواقع الثلاثة المختلفة للهدار، ولكل تصريف من تصارييف القناة الرئيسية ولزوايا التفرع الثلاثة الشكل (2) كنموذج لهذه العلاقة. يلاحظ من الشكل أن نسبة التصريف الفرعي تقل مع زيادة بعد الهدار عن منطقة التفرع لأن الهدار يعمل على رفع منسوب الماء كما هو معلوم وبالتالي سوف يزيد من التصريف الفرعي بتأثير زيادة الشحنة، وعندما يبتعد الهدار عن منطقة التفرع فإن الشحنة سوف تقل وبالتالي سوف يقل التصريف الفرعي. إن التناقص في نسبة التصريف إنحصرت بين (0.17 و 3.71) عندما كان الهدار موضوعاً على بعد 60 و 90 سم عند زوايا التفرع 30° و 60° على التوالي، كما انحصرت هذه النسبة

خليل: دراسة مختبرية لتأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسة على الجريان في قناة فرعية

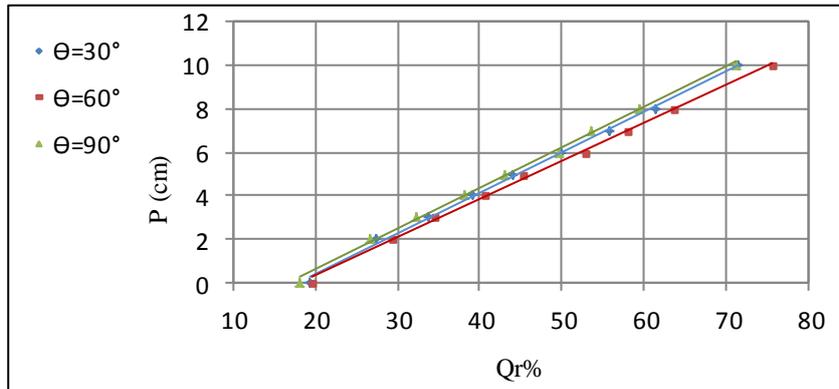
يبين (0.23 و 6.4) عندما وضع الهدار على بعد 60 و 120 سم وعند زوايا التفرع 30° و 90° على التوالي، علماً أن هذه النسبة الأخيرة (6.4) تمثل أعلى تناقص تم الحصول عليه في تجارب البحث جميعها رغم أن الهدار ابتعد كثيراً عن منطقة التفرع 120 سم وهي مسافة تعادل أربعة أضعاف عرض القناة الرئيسية. وهذا يشير إلى ضعف تأثير موقع الهدار على نسبة التصريف ضمن ظروف ومحددات هذا البحث.



الشكل (2): العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي وارتفاع الهدار ($\Theta = 60^\circ$, $Q_T = 11$ l/sec).

3-1: تغير نسبة التصريف الفرعي مع ارتفاع الهدار وزاوية التفرع وبقاء التصريف وموقع الهدار ثابتاً:

تم رسم العلاقة بين التصريف الفرعي وارتفاع الهدار مع تغير زاوية التفرع ولكل تصريف للقناة الرئيسية مع تثبيت موقع الهدار الشكل (3) نموذج لهذه الحالة. إذ يلاحظ من الشكل أن نسبة التصريف الفرعي تكون أكبر ما يمكن في حالة زاوية التفرع 60° وتقل في الزاوية 30° وتكون في أقل قيمها للزاوية 90° ، ويعود السبب في هذا إلى الانسيابية في الجريان التي تحدثها طريقة الربط التي استخدمت في البحث عند اتصال القناة الفرعية مع الرئيسية. إن التناقص في نسبة التصريف الفرعي إنحصرت بين (0.09 و 3.43) عندما كانت زاوية التفرع 30° و 90° ، كما انحصرت هذه النسبة بين (0.18 و 5.44) عندما كانت زاوية التفرع 60° و 90° . وهذه النسبة تؤثر أيضاً التأثير البسيط لزاوية التفرع على نسبة التصريف الفرعي.



الشكل (3): العلاقة بين نسبة التصريف الفرعي وارتفاع الهدار ($X = 120$ cm, $Q_T = 13$ l/sec).

2: تأثير الهدار على عمق الجريان في القناة الفرعية:

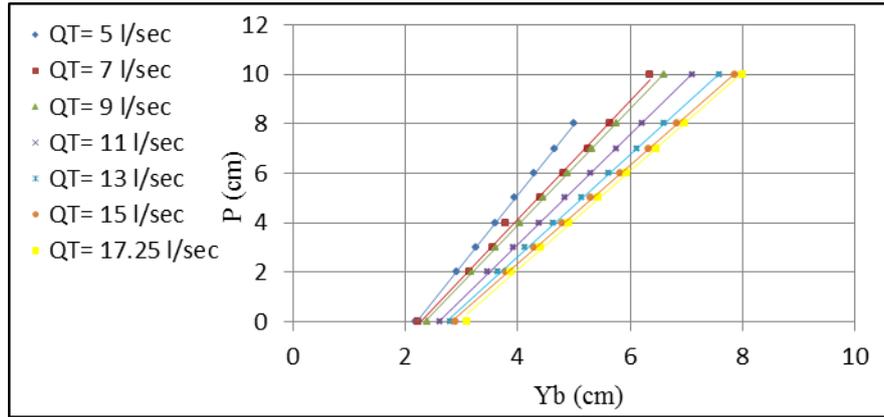
إن من أهداف البحث المهمة هو معرفة تأثير الهدار كارتفاع وموقع على عمق الجريان في القناة الفرعية، وبيان مدى هذا التأثير والذي يبين مقدار الزيادة أو النقصان في شحنة الجريان في هذه القناة وهو الأمر المهم هنا. وعليه فقد تم دراسة هذا التأثير كما يأتي:

1-2: العلاقة بين عمق الجريان وارتفاع الهدار مع التصريف وبقاء زاوية التفرع وبعد الهدار ثابتاً:

لتوضيح تآثر عمق الجريان في القناة الفرعية بارتفاع الهدار تم رسم قيم عمق الجريان y_b مع ارتفاع الهدار P للتصريف السبعة في القناة الرئيسية مع بقاء زاوية التفرع وموقع الهدار ثابتاً الشكل (4) كنموذج لهذه العلاقة. يتضح من الشكل أن هناك علاقة طردية خطية بين المتغيرين وإن نسبة الزيادة في عمق الجريان انحصرت بين (9.44 و 194.62) % ويمكن تمثيل العلاقة بينهما بالصيغة التالية:

$$y_b = a_3 + a_4 P \quad \dots\dots\dots(2).$$

وانحصر معامل التحديد R^2 بين (0.981 و 0.999). الجدول (2) يبين قيم a_3 و a_4 للتصريف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 60^\circ$).



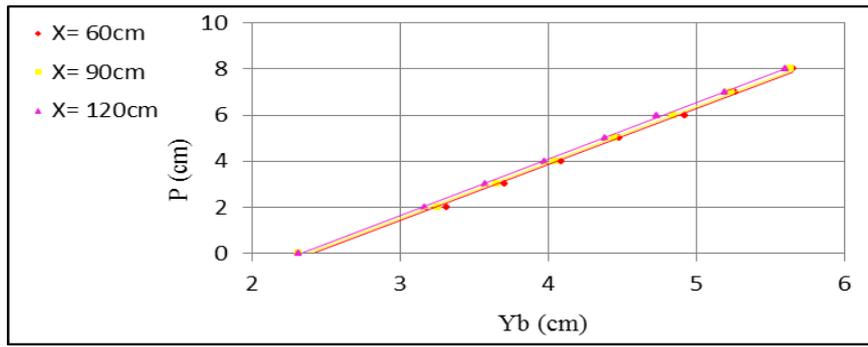
الشكل (4): العلاقة بين عمق الجريان الفرعي وارتفاع الهدار ($\theta=90^\circ$, $X=90\text{cm}$).
الجدول(2): يبين قيم a_3 و a_4 للتصريف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 60^\circ$).

2-2: العلاقة بين عمق الجريان وارتفاع الهدار مع موقع الهدار وبقاء التصريف وزاوية التفرع ثابتة:

تم رسم قيم عمق الجريان وارتفاع الهدار مع موقعه لكل تصريف ولكل زاوية تفرع الشكل (5) كنموذج لهذه الحالة. إذ يلاحظ من الشكل أن عمق الجريان يتناسب عكسياً مع بعد الهدار عن منطقة التفرع، كما يلاحظ أن تغيير العمق يتأثر بشكل طفيف بموقع الهدار وإن التناقص في نسبة عمق الماء إنحصرت بين (0.57 و 21.76) عندما كان الهدار موضوعاً على بعد 60 سم و 90 سم عند زوايا التفرع 60° و 90° على التوالي، كما انحصرت هذه النسبة بين (2.16 و 23.43) عندما وضع الهدار على بعد 60 سم و 120 سم عند زوايا التفرع 30° و 90° على التوالي.

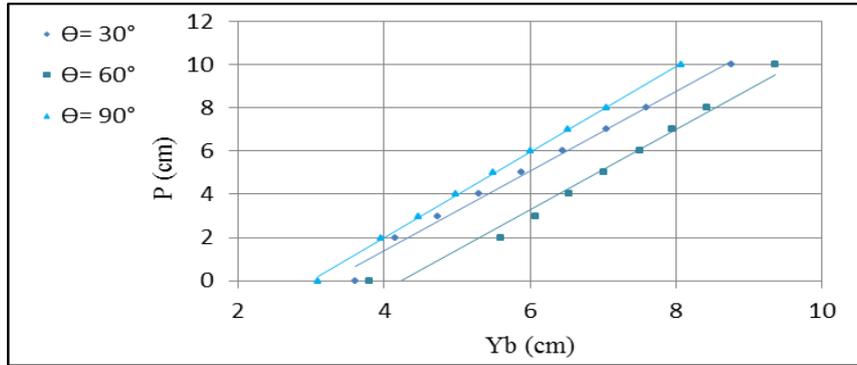
الجدول(2): يبين قيم a_3 و a_4 للتصريف ومواقع الهدار المختلفة و ($\theta = 60^\circ$).

Q_T L/sec	X					
	60 cm		90 cm		120 cm	
	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2
5	2.474	0.473	2.465	0.461	2.428	0.447
7	2.564	0.5	2.564	0.487	2.554	0.478
9	2.878	0.48	2.867	0.469	2.836	0.461
11	2.998	0.49	2.974	0.483	2.958	0.477
13	3.533	0.464	3.529	0.46	3.491	0.458
15	3.718	0.478	3.711	0.469	3.665	0.468
17.25	4.239	0.535	4.159	0.532	4.132	0.529



الشكل (5): العلاقة بين عمق الجريان الفرعي وارتفاع الهدار ($\theta = 30^\circ$, $Q_T = 5 \text{ l/sec}$).

2-3: العلاقة بين عمق الجريان وارتفاع الهدار مع زاوية التفرع وبقاء التصريف وموقع الهدار ثابتاً:
تم رسم قيم عمق الجريان وارتفاع الهدار مع زاوية التفرع وبقاء التصريف وموقع الهدار ثابتاً الشكل (6) كنموذج لهذه الحالة. إذ يلاحظ من الشكل أن عمق الجريان يكون في أعلى قيمة عندما تكون الزاوية 60° ويقل عند الزاوية 30° ويكون في أقل قيمة له عند الزاوية 90° .



الشكل (6): العلاقة بين عمق الجريان الفرعي وارتفاع الهدار ($X = 60 \text{ cm}$, $Q_T = 17.25 \text{ l/sec}$).

الاستنتاجات

1. تزداد نسبة التصريف الفرعي Q_T (التصريف الفرعي مقسوماً على التصريف الكلي) بزيادة ارتفاع الهدار مع وجود علاقة خطية قوية بينهما. ويزداد ميل هذه العلاقة مع زيادة التصريف الكلي مما يشير إلى تناقص فاعلية الهدار عند زيادة التصريف. وبلغت أعلى زيادة في نسبة التصريف 98.57%.
2. الزيادة في نسبة التصريف الفرعي تقل على الأكثر مع زيادة التصريف عند ثبات بقية المتغيرات الأخرى (ارتفاع وموقع الهدار وزاوية التفرع).
3. تتناسب نسبة التصريف الفرعي عكسياً مع موقع الهدار، إذ تقل هذه النسبة كلما ابتعد الهدار عن منطقة التفرع. إن تأثير موقع الهدار بشكل عام (ضمن محددات الدراسة) كان قليلاً جداً على نسبة التصريف، إذ بلغ أعلى تناقص في هذه النسبة 6.4% عندما كان الهدار يبعد 120 سم عن منطقة التفرع.
4. إن نسبة التصريف الفرعي تكون أكبر ما يمكن عند زاوية التفرع 60° وتقل في الزاوية 30° وتكون في أقل قيمها عند الزاوية 90° مع بقاء بقية المتغيرات ثابتة. وبلغ أعلى تناقص في نسبة التصريف 5.44% مما يشير إلى ضعف تأثير زاوية التفرع في هذه الدراسة.
5. يتأثر عمق الماء في القناة الفرعية طردياً مع ارتفاع الهدار في القناة الرئيسية، إذ بلغت أعلى نسبة للزيادة في عمق الماء 194%.
6. العلاقة خطية وعكسية بين عمق الماء في القناة الفرعية وموقع الهدار وبلغ أعلى تناقص في نسبة العمق بحدود 23%.
7. إن عمق الماء في القناة الفرعية يكون أكبر ما يمكن عند زاوية التفرع 60° ويقل في الزاوية 30° ومن ثم الزاوية 90° .

المصادر

1. النيلة، صفية اسامة احمد، (2011)، " دراسة مختبرية لتأثير موقع وارتفاع هدار غاطس في قناة رئيسية على الجريان في قناة فرعية " رسالة ماجستير، هندسة الموارد المائية / هيدروليك، كلية الهندسة، جامعة الموصل.
2. Ghostine, R., Mose, R., Vazquez, J., Ghenain, A., and Gregoire, C., (2010), "Two-Dimensional Simulation of Subcritical Flow at a Combining Junction: Luxury or Necessity?", ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 136, No.10, pp. 799-805.
3. Gurram, S. K. (1994). " A Study of Subcritical and Transitional Combining Flow in Open Channel Junction." Ph. D. thesis, Banaras Hindu Univ., Varanasi, India,.
4. Hsu, C. C., Lee W. J., and Chang, C. H. (1998a). " Subcritical Open Channel Junction Flow." J. Hydraul. Eng., 124(8), 847- 855.
5. Kesserwani, G., Vazquez, J., Riviere, N., Liang, Q., Travin, G., and Mose, R., (2010), "New Approach for Predicting Flow Bifurcation at Right- Angled Open- Channel Junction", ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 136, No.9, pp. 662-668.
6. Neary, V.S. and Odgaard, A.J., (1993), "Three-Dimensional Flow Structure at Open-Channel Diversion", ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 119, No.11, pp. 1223-1230.
7. Ramamurthy, A.S., Qu, J., and Zhai, C., (2006), "3D Simulation of Combining Flow in 90° Rectangular Closed Conduits", ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 132, No. 2, pp. 214-218.
8. Riviere, N., Travian, G., and Perkins, R. J. (2007). " Transcritical Flows in Open Channel Intersection." Proc., 32nd IAHR Congress (CD-ROM), Venice, Italy, IAHR, Paper SS05- 11.
9. Shabayek, S., Seffler, P., and Hicks, F. (2002). " Dynamic Model for Subcritical Combining Flows in Channel Junctions." J. Hydraul. Eng., 128(9), 821- 828.
10. Taylor, E. H. (1944). " Flow Characteristics at Rectangular Open- Channel Junctions." Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 109, 893- 912.
11. Webber, N. B., and Greated, C. A. (1966). " An Investigation of Flow Behavior at the Junction of Rectangular Channels." Proc., Institute Civil Engineers, Vol. 34, London, pp. 321-334, 321- 334.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل