

## تأثير شكل حافتي مدخل القناة الفرعية في سلوكية انقسام خطوط الجريان بمنطقة التفرع

نشوان كمال الدين العمري

[nashwan.alomari@uomosul.edu.iq](mailto:nashwan.alomari@uomosul.edu.iq)

احمد يحيى عبد الحافظ

[ahmed.enp113@student.uomosul.edu.iq](mailto:ahmed.enp113@student.uomosul.edu.iq)

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 7/7/2021

تاريخ الاستلام: 19/5/2021

### المستخلص

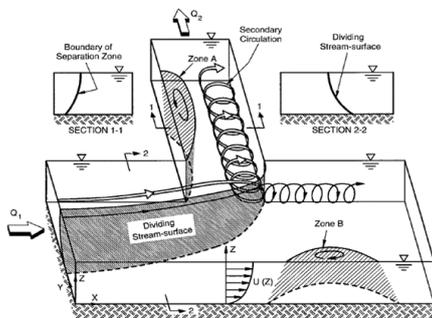
تستخدم القنوات الفرعية في شبكات الري والكثير من مشاريع الموارد المائية. نتيجة لتفرع قسم من المياه، تنحرف وتتفرع نسبة من خطوط الجريان الرئيس باتجاه القناة الفرعية (من جهة التفرع). تزداد نسبة خطوط الجريان المتفرعة من السطح الى القعر نتيجة للزخم العالي لطبقات الجريان العليا الذي يقاوم تفرعها. مما يؤثر سلباً على نوعية المياه المتفرعة لكون النسبة الأكبر منها قادمة من الطبقات السفلى ذات التركيز العالي للرسوبيات. في هذا البحث تم دراسة تأثير تغيير شكل حافة مدخل القناة الفرعية (عند المقدم أو المؤخر أو كلاهما) من حافة حادة وإلى حافة دائرية في سلوكية انقسام خطوط الجريان. تم دراسة خمس نسب مختلفة للتصريف المتفرع (بين 7.5% و 30% من التصريف الكلي) وخمسة أقطار مختلفة للحافة الدائرية. أشارت النتائج الى وجود تحسن ملحوظ في انتظامية عرض خطوط الجريان المتفرعة مع العمق في حال استخدام الحافة الدائرية لمقدم ومؤخر مدخل القناة الفرعية وكذلك في الأقطار الكبيرة للحافة في حال استخدام الحافة الدائرية لمقدم مدخل القناة الفرعية. إضافة الى ذلك، زيادة نسبة التصريف الفرعي تقلل من انتظامية خطوط الجريان.

### الكلمات الدالة:

القنوات المفتوحة، القناة الرئيسية، القناة الفرعية، خطوط الجريان، الجريان المتفرع.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).  
<https://rengj.mosuljournals.com>

الجريان بين القناتين الرئيسة والفرعية، وكما هو معروف ان سرعة الجريان عند السطح اكبر مما هو عليه عند القعر (Mohammed, N. 2017)، مما يجعل زخم الجريان باتجاه الجريان الرئيس عند السطح اكبر مما هو عليه عند القعر لكون قيمة الزخم تعتمد بشكل مباشر على سرعة الجريان، ولهذا سيكون انقسام خطوط الجريان من الطبقات العليا اصعب مما هو عليه في الطبقات السفلى. كنتيجة لهذه الظاهرة، يزداد عرض انقسام خطوط الجريان من السطح باتجاه القعر (الشكل (1)) (Section 2-2). وبالتالي فان كمية المياه المتفرعة من طبقات الجريان الرئيس السفلى أكبر مما هو عليه من طبقاته العليا.



الشكل (1): رسم ثلاثي الابعاد يوضح مناطق الفصل والدوامات وخط تقسيم الماء (Neary et al., 1999).

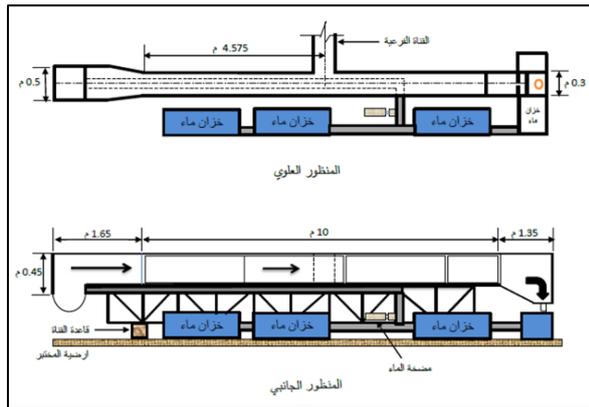
### 1. المقدمة

القنوات المفتوحة الطبيعية منها (الأنهار والجداول) او الصناعية أحد اهم الوسائل المستخدمة لنقل المياه من مصادرهما المختلفة الى المصببات ومشاريع الموارد المائية المختلفة (Neary et al., 1999). كثيراً ما تتفرع قنوات من المجاري الرئيسة اما بشكل طبيعي نتيجة لاختلاف طوبوغرافية الارض او ان يتدخل بها الانسان من اجل إيصال المياه الى مشاريع جانبية بعيدة عن المجرى الرئيس للمياه كأن تكون لإرواء اراضي زراعية او أي من مشاريع الموارد المائية الأخرى (Van Denderen et al., 2018). لذلك اهتم الكثير من الباحثين بدراسة خواص الجريان المتفرع (khaleel et al., 2015) منذ القدم (Bulle, 1926; Taylor, 1944) ومزال الت موضع اهتمام الى يومنا هذا (Alomari et al., 2020; Alomari et al., 2018; Salman & Mohammed, 2020; Ali et al., 2019) وذلك لوجود العديد من المتغيرات التي تتحكم بهذا النوع من الجريان (Lama et al., 2002; Alomari et al., 2016). عند التقاء القناة الفرعية بزواوية معينة مع القناة الرئيسة، تنحرف قسم من خطوط الجريان الرئيسي باتجاه القناة الفرعية (Keshavarzi et al., 2012) والذي يؤدي الى انقسام الجريان الرئيسي الى جزئين، جزء باتجاه القناة الفرعية (وهو الجزء الذي يكون من جانب القناة الفرعية) وجزء اخر يستمر باتجاه الجريان الرئيس (الشكل (1)) (Neary et al., 1999). يعتمد عرض الخط الفاصل بين خطوط الجريان المنقسمة على كمية التصريف المتفرع وعلى جيومترية القناة الفرعية. ان قيمة واتجاه سرعة الجريان الرئيس تؤثران على ميكانيكية انقسام خطوط الجريان وتوزيع

اعادة تدوير الجريان). يبلغ اعلى تصريف للقناة الرئيسية (18) لتر/ثا، يمرر هذا التصريف عبر مضخة تحتوي على صمام كهربائي للتحكم بكمية التصريف.

اما القناة الفرعية فهي قناة مصنوعة من البلاستيك الشفاف بطول (2) م وعرض (15) سم وارتفاع (45) سم، يوجد في نهايتها حوض بلاستيك بطول (70) سم وعرض (40) سم وتكون القناة الفرعية والحوض مثبتة على قاعدة حديدية ويوجد بوابة ذيلية داخل الحوض للتحكم في ارتفاع الماء في القناة الفرعية وفي نسب التصريف الفرعية.

تم اختيار موقع للقناة الفرعية لتكون تقريبا في منتصف القناة الرئيسية من اجل الابتعاد عن تأثير اضطراب الجريان عند دخوله الى القناة الرئيسية وخروجه منها عند مؤخرة القناة وبعيدا عن المساند الحديدية الجانبية لجدران القناة، ولهذا ربطت القناة الفرعية بالجهة اليسرى من القناة الرئيسية وعلى بعد (4.575) م من بداية القناة الرئيسية، تم فرش قعر القناة الرئيسية بطول (5.2) م والقناة الفرعية بطول (2) م بتربة منتظمة بسمك (15) سم. من اجل الحصول على تربة منتظمة تم عمل تحليل منخلي للتربة المتوفرة محليا وتم الحصول على تربة ذات معامل انحراف ( $\sigma_g = 1.24$ ) ومعدل قطر حبيبات ( $D_{50} = 0.78 \text{ mm}$ ). الشكل (2) يوضح القناة المختبرية المستخدمة للتجارب.



الشكل (2): القناة المختبرية المستخدمة في التجارب

تم نصب بوابة منزلقة في نهاية القناة الرئيسية وبوابة ذيلية في نهاية القناة الفرعية، تم تثبيت التصريف الكلي ليكون بمقدار (11.2) لتر/ثا لكل التجارب. يتم التحكم بالبوابتين من اجل الحصول على ارتفاع مقدم القناة الرئيسية ليكون بمقدار (12) سم لكل التجارب ونسب التصريف المتفرع المطلوبة. وهذا ينتج سرعة جريان بحود (0.311) م/ثا وهي تمثل (90%) من قيمة السرعة الحرجة لبدء حركة رسوبيات التربة والتي تم حسابها بالاعتماد على معادلة (1) (Melville & Sutherland, 1988). ولهذا فان حالة جريان لجميع التجارب هو حالة جريان الماء الصافي (Clear Water Condition) ( $V = 0.9 V_C$ ) (اي لا توجد حركة للرسوبيات). الجريان في كل التجارب مستقر ورقم فرود تحت الحرج للقناتين الرئيسية والفرعية.

$$\frac{V_C}{U_{*C}} = 5.75 \log \left( 5.53 \frac{y}{D_{50}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

في حالة الجريان المحمل بالرسوبيات تاخذ القناة المتفرعة تركيزاً أعلى للرسوبيات من الجريان الرئيس (Neary & Odgaard, 1993; Omidbeigi et al. 2009; Casas, 2013; Alomari et al., 2016) والسبب بذلك لأن الرسوبيات المنقولة مع الجريان تتركز بالغالب قرب القعر لكون وزنها النوعي أكبر من الوزن النوعي للمياه ويقط هذا التركيز باتجاه السطح. كما تم ذكره اعلاه بان نسبة كمية المياه المتفرعة من الطبقات السفلى للجريان الرئيس أكثر بكثير من نسبتها بالطبقات العليا لكون الطبقات السفلى ذات زخم باتجاه الجريان الرئيس اقل مما هو عليه في الطبقات العليا. ولهذا فان نسبة كبيرة من حمل الرسوبيات قرب القعر والموجود اصلا في القناة الرئيسية يتفرع باتجاه القناة الفرعية بينما طبقات المياه العليا ذات التركيز الواطئ بالرسوبيات تستمر باتجاه الجريان الرئيس (Mohammed, N. 2017; Alomari et al., 2020).

هناك محاولات عديدة للسيطرة على كمية الرسوبيات الداخلة الى القناة الفرعية تنوعت ما بين تنفيذ مراوح غاطسة امام مدخل القناة الفرعية (AbdelHaleem et al., 2008;) او تغيير منسوب ارضية القناة الفرعية وجعله اعلى من منسوب قعر الجريان الرئيس لمنع حمل القعر من الدخول الى القناة الفرعية كما هو الحال مع معظم مشاريع التوزيع كالنواظم او عن طريق التحكم بجيومترية القناة الفرعية مثل التحكم بزواوية التفرع (Mohammed, N. 2017). هذا الاختلاف في خط تقسيم الماء عند السطح والقعر من حيث التفرع من قناة رئيسية شبه منحرفة يكون اقل من التفرع من قناة رئيسية مستطيلة بين الجريان الداخل الى القناة الفرعية والجريان الذي يذهب مباشرة باتجاه القناة الرئيسية. تكون كمية التحويل اكبر عندما يكون اقرب الى القعر بسبب السرعة المنخفضة في منطقة القعر (Bulle, 1926; Neary et al., 1999;) وهذا هو احد الاسباب التي تجعل معظم الرواسب تذهب الى القناة الفرعية (Herrero et al., 2015).

ولهذا يهدف هذا البحث دراسة تأثير شكل حافتي مدخل القناة الفرعية وتغيير شكلها من الشكل الحاد الى شكل ربع دائرة على سلوكية انقسام خطوط الجريان في القناة الرئيسية من اجل محاولة زيادة انتظام انقسام خطوط الجريان المتفرعة وتقليل الفرق بين عرض خطوط الجريان المتفرعة للطبقات العليا والطبقات السفلى لما لها تأثير كبير على ميكانيكية الجريان ونوعية المياه المتفرعة في حال كون الجريان محمل بالرسوبيات.

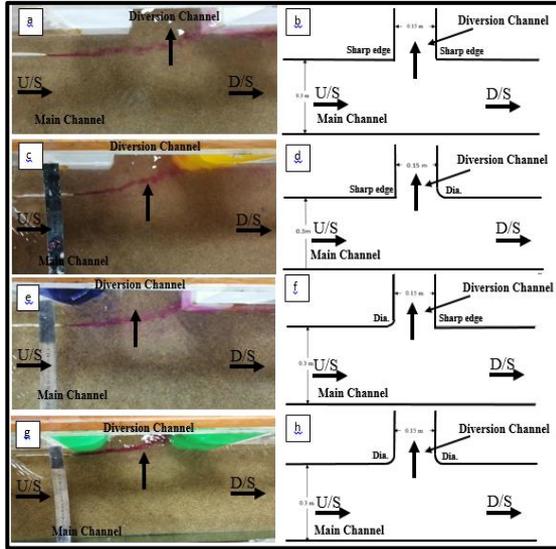
## 2. العمل المختبري

تم اجراء التجارب المختبرية في مختبر الهيدروليك التابع لقسم هندسة السدود والموارد المائية/كلية الهندسة/جامعة الموصل باستخدام موديل فيزيائي مكون من قناتين معلقتين (قناة رئيسية وقناة فرعية). القناة الرئيسية بعرض (30) سم وارتفاع (45) سم وطول (10) م. في بداية القناة الرئيسية هناك حوض بطول (1.65) م وعرض (0.5) م يتخسر الى ان يرتبط مع القناة لتقليل اضطرابات الجريان قبل دخوله للقناة الرئيسية، وكذلك في نهايتها ايضا حوض بطول (1.35) م وعرض (0.3) م وبه فتحة دائرية بقطر (25) سم لتصريف المياه الخارجة من القناة الرئيسية الى الخزانات ويضخ مرة اخرى الى القناة (اذ تعتمد القناة على نظام

حيث ان نسبة التصريف المتفرع تمثل نسبة التصريف الداخل الى القناة الفرعية الى التصريف الكلي.

اذ ان

$V_C$ : قيمة السرعة الحرجة لبدء حركة مواد القعر (م/ثا).  
 $U_*C$ : قيمة سرعة القص الحرجة لبدء حركة مواد القعر (م/ثا).  
 $y$ : ارتفاع الماء فوق الرمل (م).  
 $D_{50}$ : معدل قطر حبيبات التربة (م).



الشكل (4): استخدام الصبغة لرؤية خط تقسيم الماء للأشكال (a) لمقدم ومؤخر بحافة حادة، (c) مقدم بحافة حادة ومؤخر بشكل ربع دائرة، (e) مقدم بشكل ربع دائرة ومؤخر بحافة حادة و (g) مقدم ومؤخر بشكل ربع دائرة. اما الاشكال (b, d, f, h) فهي توضيح للأشكال (a, c, e, g).

### 3. تحليل النتائج

ان الهدف الاساسي من هذه الدراسة هو معرفة تأثير شكل حافتي مدخل القناة الفرعية على انقسام خطوط الجريان في القناة الرئيسية بمنطقة التفرع. من اجل توضيح تأثير شكل المدخل على انقسام الجريان تم ايجاد زاوية الخط الذي يربط ما بين الحد الفاصل بين خطوط الجريان المتفرعة بشكل كامل الى القناة الفرعية وخطوط الجريان الاخرى وعلى ارتفاعات مختلفة من عمق الجريان في القناة الرئيسية مقدم القناة الفرعية. الشكل (5) يبين مقطع للجريان في القناة الرئيسية، 20سم مقدم مدخل القناة الفرعية، كنموذج لايجاد زاوية انقسام خط الجريان ( $\theta$ ) موضعاً عليه الحد الفاصل بين خطوط الجريان المتفرعة بشكل كامل الى القناة الفرعية وخطوط الجريان الاخرى. وكما تم ذكره آنفاً، فان عرض خطوط انقسام الجريان باتجاه القناة الفرعية يزداد بزيادة عمق الجريان. وعليه فان زاوية انقسام خط الجريان ( $\theta$ ) تكون بزوايا اقل من  $90^\circ$  مع الافق كما هو واضح في الشكل (6). تقل هذه الزاوية كلما زاد الفرق بين عرض انقسام الجريان بالطبقات السفلى عن عرضها في الطبقات العليا. وكلما قلت الزاوية فهذا يعني ان كمية التصريف الداخل الى القناة الفرعية من الطبقات السفلى قد ازدادت على حساب الطبقات العليا وتكون العلاقة بين الزاوية وكمية التصريف المتفرع من الطبقات السفلى للجريان الرئيسي عكسية. بما ان الجريان في الطبقات السفلى من الجريان الرئيس يكون ذات تركيز رسوبيات اعلى بكثير من طبقات الجريان العليا (Alomari et al., 2020)،

قبل البدء بأي تجربة، يتم تسوية قعر التربة وبعد فترة مناسبة ما بين (3-4) ساعة (لأستقرار حالة الجريان وحالة القعر تقريباً) يتم اخذ قياسات انقسام خطوط الجريان باستخدام مادة صبغية لتوضيح خطوط الجريان وللحالات المختلفة. يتم حقن المادة الصبغية عن طريق انبوب معدني انسيابي أملس كما في الشكل (3) (من اجل عدم حدوث تشويه في خطوط الجريان اثناء حقن المادة الصبغية) مربوط بخزان بلاستيكي للمادة الصبغية ويتم التحكم عن طريق صمام ربط بين الانبوب والخزان البلاستيكي. وبالاعتماد على مسار الصبغة تم ايجاد الحد الفاصل لانقسام خطوط الجريان وعلى مسافات مختلفة مقدم القناة الفرعية (10 و 20) سم وعلى ارتفاعات مختلفة من عمق الجريان كما في الشكل (4). اما المسافات الاكثر من (20) سم فان المادة الصبغية تبدأ بالتشتت حين وصولها الى مدخل القناة الفرعية ولا تعطي نتائج دقيقة.



الشكل (3): حقن المادة الصبغية

تم اعتماد الحد الفاصل لانقسام خطوط الجريان بين القناتين الرئيسية والفرعية في حال ان جميع الصبغة المحقونة تدخل القناة الفرعية وما بعد هذه النقطة تبدأ قسم من الصبغة بالاستمرار باتجاه القناة الرئيسية لبيان عرض خط تقسيم الجريان عند منطقة التقاطع مع عمق الجريان. ان حالات شكل المدخل للقناة الفرعية التي تم اجراء التجارب عليها ثلاثة وهي لمقدم بزوايا حادة ومؤخر ذات شكل ربع دائرة بأقطار (6، 9، 12، 15، 18) سم، الحالة الثانية لمقدم ذات شكل ربع دائرة بأقطار (6، 9، 12، 15، 18) سم ومؤخر بحافة حادة والحالة الثالثة لمقدم ومؤخر ذات شكل ربع دائرة بأقطار (6، 9، 12، 15، 18) سم، تقارن جميع الحالات اعلاه مع الحالة ذات مقدم ومؤخر بحافة حادة ولخمس نسب مختلفة للتصريف المتفرعة (Qr) (7.5، 12.5، 17.5، 22.5، 30)% من التصريف الكلي.

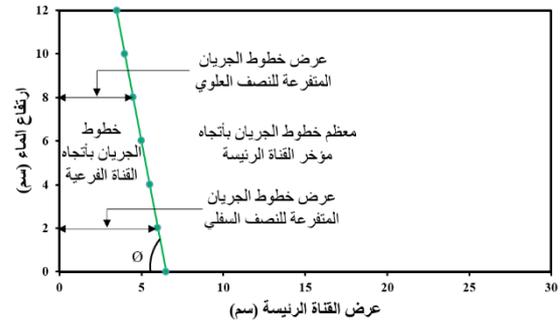
$$\Theta_r = \frac{\Theta_{\text{for any shape}}}{\Theta_{\text{for sharp edges}}} \dots \dots \dots (2)$$

حيث تمثل ( $\Theta_r$ ) النسبة ما بين زاوية انقسام خط الجريان للشكل الدائري سواءً لحافة مدخل القناة الفرعية عند المقدم او عند المؤخر او كلتا الحافتين الى زاوية انقسام خط الجريان في حالة الشكل الاعتيادي ذات الحافة الحادة عند مقدم ومؤخر مدخل القناة الفرعية ولنفس ظروف الجريان. ان زيادة قيمة الزاوية النسبية عن الواحد معناه تحسن انتظام انقسام خطوط الجريان عما كانت عليه في الحالة الاعتيادية وتقليل الفرق بين خطوط انقسام الجريان للطبقات العليا والطبقات السفلى.

### 1. تأثير تغيير حافة مؤخر مدخل القناة الفرعية الى الشكل الدائري

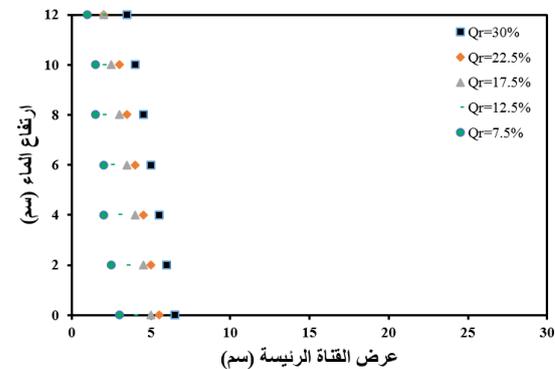
الجدول (1) يبين قيم زوايا خطوط انقسام الجريان لحافة مؤخر مدخل القناة الفرعية بالشكل الدائري ولجميع الاقطار مع الحالة الاعتيادية (بمدخل ذات حافتي حادة) من اجل المقارنة. وكذلك يوضح الجدول قيم ( $Fr_0$ ) للقناة الفرعية، علماً ان ارتفاع الماء في القناة الفرعية للحالات المختلفة كان بحدود  $(0.05 \pm 11.95)$  سم. تم ايضاً ايجاد الزاوية النسبية ( $\Theta_r$ ) من المعادلة (2) ورسمها مع الاقطار ولمختلف النسب (الشكل (7)) لبيان ايجابية او سلبية النتائج، حيث ان سلبية النتائج تعني ان قيمة الزاوية النسبية ( $\Theta_r$ ) قد قلت عن 1 أي استاءت قيمة زاوية خطوط الجريان والايجابية معناه ان الزاوية النسبية ( $\Theta_r$ ) قد زادت عن 1 أي تحسنت قيمة زاوية خطوط الجريان. عند مقارنة الحالة لمقدم ومؤخر بحافة حادة مع الحالة حافة الحادة عند مقدم مدخل القناة الفرعية ومؤخر بشكل دائري ولمختلف نسب التصريف المتفرع، لوحظ ان هناك تحسن بسيط جداً عند نسبة تصريف متفرع مقداره 30% من التصريف الكلي وكانت النتائج ايجابية للاقطار (6، 9، 15، 18) سم وسلبية للقطر (12) سم وعلى بعد (10) سم من مقدم المدخل. بينما لوحظ عدم وجود تحسن لجميع الاقطار ولنفس نسبة التصريف ولكن على بعد (20) سم من المدخل. في حين ان هناك ايضا تحسن بسيط جداً عند نسبة تصريف 22.5% من التصريف الكلي فكانت ايجابية للاقطار (6، 9، 12، 18) سم وسلبية للقطر (15) سم وعلى بعد (10) سم من المدخل، بينما كانت الحالة ايجابية فقط للقطر (18) سم وسلبية لباقي الاقطار وعلى بعد (20) سم من المدخل. ايضا كانت الحالة سلبية عند نسبة تصريف 17.5% من التصريف الكلي للاقطار (9، 12، 15، 18) سم ماعدا القطر (6) سم كان ايجابي وعلى بعد (10) سم من المدخل، بينما كانت ايجابية للاقطار (6، 9) سم وسلبية للاقطار (12، 15، 18) وعلى بعد (20) سم من المدخل. الا انه كانت الحالة ايجابية عند نسبة تصريف 12.5% من التصريف الكلي للاقطار (6، 9، 12، 18) سم وكانت سلبية للقطر (6) سم وعلى بعد (10) سم من المدخل بينما كانت الحالة ايجابية للقطر (18) سم وسلبية للاقطار (6، 9، 12، 15، 18) سم وعلى بعد (20) سم من المدخل. اما لنسبة 7.5% من التصريف الكلي فكان الحالة سلبية وعلى بعد (10 و 20) سم من المدخل. ان تأثير زيادة نسبة التصريف المتفرع ( $Q_r$ ) على قيمة

ولهذا فإن زيادة هذه الزاوية واقترابها من الشكل العمودي تعتبر من العوامل المهمة والتي تعمل على تحسين انتظام خطوط انقسام الجريان وكذلك تعمل على تقليل نسبة الرسوبيات المتفرعة في حال وجودها. تم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها مختبرياً والتركيز في هذه الدراسة على زاوية انقسام خط الجريان ( $\Theta$ ).



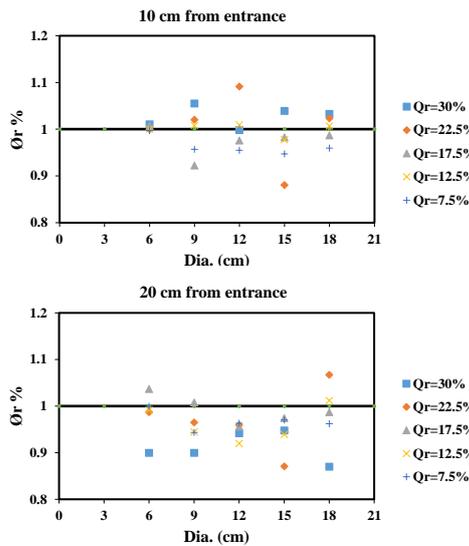
الشكل (5): مقطع عرضي للجريان الرئيسي موضعا عليه زاوية انقسام خط الجريان ( $\Theta$ ) لحالة مقدم ومؤخر بحافة حادة وعلى بعد 20 سم مقدم مدخل القناة الفرعية ولنسبة تصريف متفرع 30% من التصريف الكلي.

تم اخذ قياسات على بعد (10 و 20) سم مقدم القناة الفرعية وتم رسم العلاقات ما بين ارتفاع الماء وقيم عرض خطوط انقسام الجريان والتي تمثل الحد الفاصل بين خط الجريان الذي يتفرع بشكل كامل وبدء خطوط الجريان بالاستمرار باتجاه مؤخر القناة الرئيسية، حيث ان معظم خطوط الجريان يمين الحد الفاصل تكون باتجاه مؤخر القناة الرئيسية ويسار هذا الخط تكون باتجاه القناة الفرعية. الشكل (6) يوضح نموذج لهذه القياسات.



الشكل (6): خط انقسام الجريان على اعماق مختلفة ولنسب تصاريح مختلفة لمقدم ومؤخر بحافة حادة وعلى بعد 20 سم من المدخل.

في هذه الدراسة تم اخذ ثلاث نماذج مختلفة لشكل مدخل القناة الفرعية كما في الشكل (4) بالإضافة الى الشكل الاعتيادي للمدخل ذات حواف حادة (من اجل المقارنة) ولعدة نسب تصريف متفرع و عدة اقطار للحافات بشكل ربع دائرة مع تثبيت بقية ظروف الجريان. من اجل المقارنة مع حالة الحافة الحادة، تم ايجاد قيمة الزاوية النسبية لأنقسام خط الجريان ( $\Theta_r$ ) حسب المعادلة (2).



الشكل (7): قيم ( $\theta_r$ ) للحالات المختلفة من قطر الحافة ونسب التصريف المتفرع لحالة مقدم بحافة حادة ومؤخر بشكل ربع دائرة.

## 2. تأثير تغيير حافة مقدم مدخل القناة الفرعية الى الشكل الدائري

الجدول (2) يبين قيم زوايا خطوط انقسام الجريان لحالة حافة مقدم مدخل القناة الفرعية بالشكل الدائري ولجميع الاقطار مع الحالة الاعتيادية (بمدخل ذات حافتي حادة) من اجل المقارنة. وكذلك يوضح الجدول قيم ( $Fr_b$ ) للقناة الفرعية وايضاً كما في الحالة السابقة فان ارتفاع الماء في القناة الفرعية للحالات المختلفة كان بحدود ( $0.05 \pm 11.95$ ) سم. تم ايضاً ايجاد الزاوية النسبية ( $\theta_r$ ) من المعادلة (2) ورسمها مع الاقطار ولمختلف النسب (الشكل (8)) لتوضيح ايجابية او سلبية النتائج. عند مقارنة الحالة الاعتيادية مع الحالة عند مقدم ذات شكل دائري ومؤخر ذات حافة حادة لمختلف نسب التصريف المتفرع، حيث كان هناك تحسن بسيط جدا عند نسبة تصريف 30% من التصريف الكلي، فكانت ايجابية للاقطار (6، 12، 15، 18) سم وسلبية للقطر (9) سم وعلى بعد (10) سم من المدخل، بينما كانت ايجابية للاقطار (12، 18) سم وسلبية للاقطار (6، 9، 15) سم وعلى بعد (20) سم من المدخل. في حين ان هناك تحسن بسيط ايضا عند نسبة 22.5% من التصريف الكلي، فكانت ايجابية للاقطار (6، 9، 12، 15، 18) سم وسلبية للقطر (6) سم وعلى بعد (10 و 20) سم من المدخل. ايضا كانت النتائج ايجابية عند نسبة تصريف 17.5% من التصريف الكلي وعلى بعد (10 و 20) سم من المدخل. وايضا كانت ايجابية عند نسبة تصريف 12.5% من التصريف الكلي وعلى بعد (10) سم من المدخل، بينما كانت سلبية عند القطر (6) سم وايجابية لباقي الاقطار الاخرى وعلى بعد (20) سم من المدخل. اما لنسبة تصريف 7.5% من التصريف الكلي، كانت النتائج ايجابية للاقطار (6، 12، 15، 18) سم، بينما سلبية للقطر (9) سم وعلى بعد (10 و 20) سم من المدخل. ان تأثير زيادة نسبة التصريف ( $Q_r$ ) على قيمة زاوية خط الجريان لهذه الحالة بشكل عام تقل زاوية خط الجريان مع زيادة نسبة التصريف. بشكل عام وكما هو واضح من خلال الشكل (8) فان انتظامية عرض

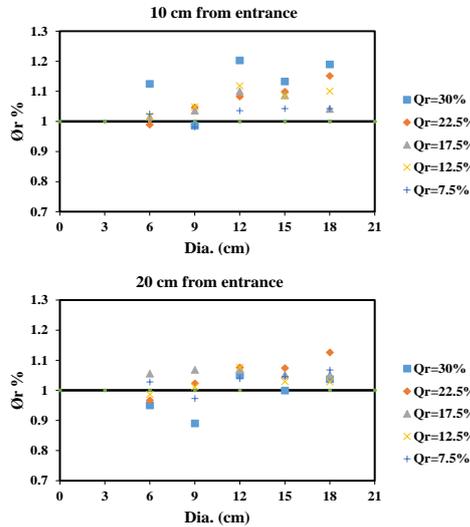
زاوية خط الجريان لهذه الحالة بشكل عام تقل زاوية خط الجريان مع زيادة نسبة التصريف.

مما ذكر أعلاه يتبين بأن تغيير شكل حافة المدخل عند مؤخر مدخل القناة الفرعية من الشكل الحاد والى الشكل الدائري ليس له تأثير واضح ايجابياً ام سلبياً على انسيابية وانتظامية خطوط الجريان. في منطقة حافة مدخل القناة الفرعية عن المؤخر تتشكل منطقة سكن للجريان (Stagnation point) حول منطقة الحافة (Alomari et al., 2016; Ramamurthy et al., 2007) حيث يرجح ان تكون هذه المنطقة هي السبب بعدم تأثر خطوط الجريان بشكل كبير. حيث يكون الجريان شبه راكد هذه المنطقة. فتغير شكل المنطقة ليس له تأثير كبير ومباشر على خطوط الجريان. لوحظ انه ليس هناك اختلاف كبير بين قيم زاوية انقسام خط الجريان على بعد (10 و 20) سم من مدخل القناة الفرعية الا في بعض حالات نسب التصريف العالية. اما في حالة زيادة هذه المسافة الى اكثر من (20) سم فعندها تبدأ المادة الصبغية بالتشتت ولا تعطي نتائج دقيقة.

الجدول (1): مقارنة الزوايا لمقدم ومؤخر بحافة حادة مع الحالة عند مقدم بحافة حادة ومؤخر بشكل ربع دائرة ولمختلف النسب، كذلك قيم رقم فرود للقناة الفرعية

شكل المدخل	نسبة التصريف ( $Q_r$ ) %	$Fr_b$	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $\theta$ ) على بعد 10 سم من المدخل	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $\theta$ ) على بعد 20 سم من المدخل
u/s Sharp edge & d/s Sharp edge	30	0.173	66.83	75.2
	22.5	0.129	71.83	73.5
	17.5	0.1	75.2	75.2
	12.5	0.072	75.2	78.14
	7.5	0.043	80.53	80.32
u/s Sharp edge & d/s Dia. 6 cm	30	0.173	67.53	67.64
	22.5	0.129	71.82	72.54
	17.5	0.1	75.71	77.97
	12.5	0.072	75.2	77.47
	7.5	0.043	80.28	80.28
u/s Sharp edge & d/s Dia. 9 cm	30	0.173	70.51	67.64
	22.5	0.129	73.29	70.93
	17.5	0.1	69.36	75.79
	12.5	0.072	75.79	73.8
	7.5	0.043	77.06	75.79
u/s Sharp edge & d/s Dia. 12 cm	30	0.173	66.7	70.81
	22.5	0.129	78.4	70.5
	17.5	0.1	73.38	71.87
	12.5	0.072	75.91	71.87
	7.5	0.043	76.89	77.36
u/s Sharp edge & d/s Dia. 15 cm	30	0.173	69.45	71.26
	22.5	0.129	63.26	64
	17.5	0.1	73.87	73.26
	12.5	0.072	73.5	73.38
	7.5	0.043	76.26	77.93
u/s Sharp edge & d/s Dia. 18 cm	30	0.173	69.01	65.42
	22.5	0.129	73.5	78.43
	17.5	0.1	74.21	74.21
	12.5	0.072	75.71	79.08
	7.5	0.043	77.27	77.27

يؤدي الى تقليل حجم هذه المنطقة (Seperation zone) مما يؤثر بشكل ايجابي على انتظامية عرض خطوط انفصال الجريان مع عمق الجريان. لم يلحظ في هذه الحالة وجود اختلافات لقيم زاوية انقسام خط الجريان على بعد (10 و 20) سم من مدخل القناة الفرعية الا لحالة قطر (6) سم ونسبة التصريف (30%).



الشكل (8): قيم ( $Or$ ) للحالات المختلفة من قطر الحافة ونسب التصريف المتفرع لحالة مقدم بشكل ربع دائرة ومؤخر بحافة حادة.

### 3. تأثير تغيير حافتي مقدم ومؤخر مدخل القناة الفرعية الى الشكل الدائري

الجدول (3) يبين قيم زوايا خطوط انقسام الجريان لحالة حافتي مقدم ومؤخر مدخل القناة الفرعية بالشكل الدائري ولجميع الاقطار مع الحالة الاعتيادية (بمدخل ذات حافتي حادة) من اجل المقارنة. وكذلك يوضح الجدول قيم ( $Fr_b$ ) للقناة الفرعية وايضاً كما في الحالات السابقة فان ارتفاع الماء في القناة الفرعية للحالات المختلفة كان بحدود  $(0.05 \pm 11.95)$  سم. تم ايضاً ايجاد الزاوية النسبية ( $Or$ ) من المعادلة (2) ورسمها مع الاقطار ولمختلف النسب (الشكل (9)) لتوضيح تأثير هذه الحالة على انتظامية عرض انقسام خطوط الجريان مع عمق الجريان. عند مقارنة الحالة لمقدم ومؤخر بحافة حادة مع الحالة لمقدم ومؤخر ذات شكل دائري فكانت النتيجة ايجابية (اي ان انتظامية خطوط الجريان قد تحسنت) لجميع الاقطار ونسب التصريف وعلى بعد (10 و 20) سم من المدخل. ان تأثير زيادة نسبة التصريف ( $Qr$ ) على قيمة زاوية خط الجريان لهذه الحالة بشكل عام تقل زاوية خط الجريان مع زيادة نسبة التصريف.

ان تغيير مدخل القناة الفرعية من الشكل الحاد الى الشكل الدائري يزيد من انسيابية الجريان مما يقلل عرقلة الجريان وبالتالي يقلل من التأثير السلبي للزخم العالي الذي يعيق انحراف خطوط الجريان للطبقات العليا. بالإضافة الى ذلك تغيير مدخل القناة من الشكل الحاد الى الشكل الدائري يزيد من مساحة مدخل القناة الفرعية وبالتالي يقلل من سرعة الجريان لهذه المنطقة.

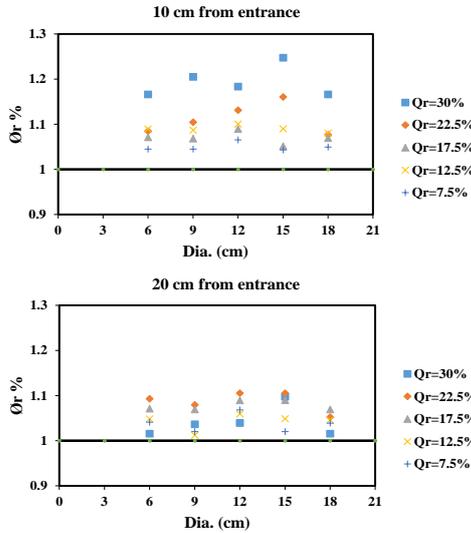
انقسام خطوط الجريان مع عمق الجريان كانت ايجابية لمعظم الحالات. حيث بلغت قيمة ( $Or$ ) بحدود 1.2 وهذه أفضل من حالة تغيير شكل حافة المدخل عند المؤخر فقط. ففي هذه الحالة من شكل حافتي مدخل القناة الفرعية هناك انسيابية اكثر في حركة الماء الداخل الى القناة الفرعية لكون مقدم القناة الفرعية ذات شكل دائري فان ذلك يسهل حركة دخول الماء الى القناة الفرعية ويزيد من انسيابية انقسام خطوط الجريان.

الجدول (2): مقارنة الزوايا لمقدم ومؤخر بحافة حادة مع الحالة عند مقدم بشكل ربع دائرة ومؤخر بحافة حادة ولمختلف النسب، كذلك قيم رقم فرود للقناة الفرعية

شكل المدخل	نسبة التصريف ( $Qr$ ) %	$Fr_b$	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $Or$ ) على بعد 10 سم من المدخل	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $Or$ ) على بعد 20 سم من المدخل
u/s Sharp edge & d/s Sharp edge	30	0.173	66.83	75.2
	22.5	0.129	71.83	73.5
	17.5	0.1	75.2	75.2
	12.5	0.072	75.2	78.14
	7.5	0.043	80.53	80.32
u/s Dia. 6 cm & d/s Sharp edge	30	0.173	75.2	71.44
	22.5	0.129	71.06	71.06
	17.5	0.1	76.37	79.35
	12.5	0.072	76.56	77.09
	7.5	0.043	82.53	82.56
u/s Dia. 9 cm & d/s Sharp edge	30	0.173	65.92	66.95
	22.5	0.129	75.2	75.2
	17.5	0.1	77.93	80.32
	12.5	0.072	78.89	79.08
	7.5	0.043	79.08	78.14
u/s Dia. 12 cm & d/s Sharp edge	30	0.173	80.41	78.97
	22.5	0.129	77.79	79.08
	17.5	0.1	82.74	80.28
	12.5	0.072	84.14	84.14
	7.5	0.043	83.44	83.44
u/s Dia. 15 cm & d/s Sharp edge	30	0.173	75.71	75.12
	22.5	0.129	78.95	78.95
	17.5	0.1	81.73	79.08
	12.5	0.072	81.57	80.41
	7.5	0.043	83.99	83.99
u/s Dia. 18 cm & d/s Sharp edge	30	0.173	79.51	77.97
	22.5	0.129	82.74	82.74
	17.5	0.1	78.3	79.08
	12.5	0.072	82.78	80.32
	7.5	0.043	83.99	85.76

تزداد هذه الانسيابية مع زيادة قطر حافة المدخل وكما هو واضح في النتائج أعلاه للاقطار (12، 15، 18) سم مقارنة مع الحافة الحادة ولمختلف نسب التصريف. اضافة الى ذلك، زيادة انسيابية المدخل قد تعمل على تقليل التأثير السلبي للزخم العالي باتجاه مؤخر القناة الرئيسية للطبقات العليا من الجريان والذي يعيق انحراف خطوط الجريان بهذه الطبقات باتجاه القناة الفرعية. بالإضافة الى ذلك، في الجريان المتفرع تتشكل منطقة انفصال للجريان في مقدم مدخل القناة الفرعية وكما هو واضح في الشكل (1) (Neary et al., 1999). تتشكل هذه المنطقة لكون الجريان المتفرع ذات زخم عالي باتجاه مؤخر القناة الفرعية (Alomari et al., 2016). ان تغيير شكل الحافة عند المقدم الى الشكل الدائري قد

تزداد مع زيادة هذه النسبة. فهذه المقارنة أيضاً تبين مدة زيادة انتظامية خطوط الجريان.



الشكل (9): قيم ( $\text{Qr}$ ) للحالات المختلفة من قطر الحافة ونسب التصريف المتفرع لحالة مقدم ومؤخر بشكل ربع دائرة.

#### 4. الاستنتاجات

تم في هذا البحث إجراء دراسة مختبرية لقناة ذات قعر من التربة المنتظمة لدراسة تأثير تغيير شكل حافتي مدخل القناة الفرعية من الشكل الاعتيادي (ذات حواف حادة) الى الشكل الدائري. تم تحري ثلاث حالات مختلفة من اشكال المدخل وهي الحالة الاولى لمقدم بحافة حادة ومؤخر ذات شكل دائري والحالة الثانية لمقدم ذات شكل دائري ومؤخر بحافة حادة والحالة الثالثة لمقدم ومؤخر ذات شكل دائري. تم الأخذ بنظر الاعتبار خمس اقطار مختلفة للحواف الدائرية (بين 6 الى 18) سم وخمس نسب تصريف فرعي الى التصريف الكلي بين (7.5-30)%. تم قياس الحد الفاصل ما بين خطوط الجريان المتفرعة بشكل كلي وخطوط الجريان الاخرى بعد (3-4) ساعات من بدأ تشغيل التجربة وذلك للابتعاد عن تأثير النحر الذي يكون متغيراً جداً في بداية اجراء التجربة. اظهرت النتائج بأن افضل تحسن بانتظامية خطوط الجريان كانت في حال استخدام حافتي مدخل القناة الفرعية ذات الشكل الدائري. بلغت اعظم قيمة لـ ( $\text{Qr}$ ) لهذه الحالة (1.24) عند مقدم ومؤخر ذات شكل ربع دائرة بقطر (15) سم ونسبة تصريف (30%) من التصريف الكلي. وكذلك بلغت نسبة معدل عرض النصف العلوي لخطوط الجريان المنقسمة الى معدل عرضها في النصف السفلي للجريان لهذه الحالة من ظروف الجريان (82.75%). بينما بلغت هذه القيمة (69.56)% لنفس ظروف الجريان ولكن في حال كون حافتي المدخل بشكل حاد. ان النتائج المستنبطة من هذه الدراسة تشير الى امكانية تطوير مدخل القناة الفرعية باعتماد الحواف الدائرية بدلاً من الحادة والتي تسهم في زيادة انتظامية وانسيابية خطوط الجريان في منطقة التفرع والتي بدورها تؤثر ايجابياً على نوعية المياه المتفرعة في حال كون المياه محملة بالرسوبيات. ان تأثير زيادة نسبة التصريف ( $\text{Qr}$ ) على قيمة زاوية خط الجريان وللحالات المختلفة بشكل عام تقل زاوية خط الجريان مع زيادة نسبة التصريف. ان تأثير مسافة حقن المادة الصبغية في القناة الرئيسية والتي كانت في هذه الدراسة (10 او 20) سم مقدم القناة الفرعية لم تؤثر بشكل كبير على قيم زاوية انقسام خط الجريان.

الجدول (3): مقارنة الزوايا لمقدم ومؤخر بحافة حادة مع الحالة عند مقدم بشكل ربع دائرة ومؤخر بشكل ربع دائرة ولمختلف النسب، كذلك قيم رقم فرود للقناة الفرعية

شكل المدخل	نسبة التصريف ( $\text{Qr}$ ) %	$\text{Fr}_b$	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $^\circ$ ) على بعد 10 سم من المدخل	قيمة زاوية انقسام خط الجريان ( $^\circ$ ) على بعد 20 سم من المدخل
u/s Sharp edge & d/s Sharp edge	30	0.173	66.83	75.2
	22.5	0.129	71.83	73.5
	17.5	0.1	75.2	75.2
	12.5	0.072	75.2	78.14
	7.5	0.043	80.53	80.32
u/s Dia. 6 cm & d/s Dia. 6 cm	30	0.173	77.93	76.37
	22.5	0.129	77.93	80.32
	17.5	0.1	80.53	80.53
	12.5	0.072	81.91	81.91
	7.5	0.043	84.14	83.6
u/s Dia. 9 cm & d/s Dia. 9 cm	30	0.173	80.53	77.93
	22.5	0.129	79.33	79.33
	17.5	0.1	80.32	80.41
	12.5	0.072	81.73	79.08
	7.5	0.043	84.14	81.95
u/s Dia. 12 cm & d/s Dia. 12 cm	30	0.173	79.08	78.14
	22.5	0.129	81.25	81.25
	17.5	0.1	81.91	81.91
	12.5	0.072	82.74	82.78
	7.5	0.043	85.79	85.79
u/s Dia. 15 cm & d/s Dia. 15 cm	30	0.173	83.35	82.53
	22.5	0.129	83.35	81.25
	17.5	0.1	79.08	81.95
	12.5	0.072	81.95	81.95
	7.5	0.043	83.99	81.95
u/s Dia. 18 cm & d/s Dia. 18 cm	30	0.173	77.93	76.37
	22.5	0.129	77.34	77.34
	17.5	0.1	80.41	80.41
	12.5	0.072	81.27	81.73
	7.5	0.043	84.5	83.44

ان الجريان المتفرع يؤدي الى توليد العديد من الدوامات في منطقة التفرع (Alomari et al., 2020). فعند تغيير شكل المدخل من الحاد الى الدائري، فإن هذا التغيير قد يكون احد الاسباب الرئيسية لتقليل التأثير السلبي لهذه الدوامات. وبالتالي اظهرت النتائج في هذه الحالة تغيير افضل واحسن لانقسام خطوط الجريان من الحالات السابقة. الفروقات كانت طفيفة جدا بين قيم زاوية انقسام خط الجريان على بعد (10 و 20) سم من مدخل القناة الفرعية.

واخيرا تم عمل مقارنة لحالة حافتي مقدم ومؤخر مدخل القناة الفرعية بقطر (15) سم ونسبة تصريف 30% من التصريف الكلي كنموذج لاحد الحالات. تم في هذه المقارنة ايجاد معدل عرض النصف العلوي من خطوط الجريان المنقسمة الى معدل عرض النصف السفلي منه كنسبة مئوية (الشكل (5) يوضح معدل عرض خطوط الجريان المنقسمة للطبقات العليا والطبقات السفلى) فكانت (82.75)%. بينما بلغت هذه النسبة (69.56)% لنفس ظروف الجريان ولكن في حال كون حافتي المدخل بشكل حاد. علما ان افضل حالة (المثالية) هي عندما يتساوى عرض الطبقات العليا الى السفلى اي بنسبة (100)%, بمعنى اخر ان الانتظامية

- [12] L., S. K., Kuroki, M., & Hasegawa, K. (2002). 'Study of flow bifurcation at the 30° open channel junction when the width ratio of branch channel to main channel is large'. Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.46, pp.583-588.
- [13] M., B., & Sutherland, A. (1988). 'Design method for local scour at bridge piers'. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.114, No. 10, pp. 1210-1226.
- [14] M., M. K., Bajestan, M. S., Sedghi, H., & Seyedian, M. (2014). 'An experimental and numerical study of flow patterns at a 30 degree water intake from trapezoidal and rectangular channels'. Iranian Journal of Science and Technology. Transactions of Civil Engineering, Vol. 38(C1), pp. 85-97.
- [15] M., N (2017), 'modelling water and sediment flow in branching channel system', Ph.D. Thesis, Universiti Putra Malaysia.
- [16] N. VS, Odgaard AJ. (1993). 'Three dimensional flow structure at open-channel diversions'. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.117, No.11, pp. 1223-1230.
- [17] N., VS, Sotiropoulos, F & Odgaard, AJ (1999). 'Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows', Journal of Hydraulic Engineering, Vol.125, No.2, pp. 126-140.
- [18] O., M., Ayyoubzadeh, S., & Safarzadeh, A. (2009). 'Experimental and numerical investigations of velocity field and bed shear stresses in a channel with lateral intake'. In 33rd IAHR Congress, Vancouver, Canada, 1284-1291.
- [19] R., A., Qu, J., & Vo, D. (2007). 'Numerical and experimental study of dividing open channel flows'. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.133, No.10, pp.1135-1144.
- [20] S., E. E., & Mohammed, M. Y. (2020). 'Studying the Effect of Intake Channel Angle on the Sediment Transport Branching Channels'. Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ), Vol.25, No. 2, pp. 60-65.
- [21] T., E. (1944). 'Flow characteristics at rectangular open Channel junctions'. Trans. ASCE. Vol.109, pp. 893-902.
- [22] V. Denderen, RP, Schielen, RM, Blom, A, Hulscher, SJ & Kleinhans, M G (2018). 'Morphodynamic assessment of side channel systems using a simple one-dimensional bifurcation model and a comparison with aerial images', Journal Earth surface processes and landforms, Vol.43, No.6, pp. 1169-1182.
- [1] A., F. S., Esam, H. Y., Ibrahim, S., & Sobeih, M. (2008). 'Sediment control at river intakes using a single row of vanes'. Ain Shams Journal of Civil Engineering, No.2, pp.395-400.
- [2] A., HL, Yusuf, B, Mohammed, TA, Shimizu, Y, Ab Razak, MS, & Rehan, BM (2019), 'Enhancing the Flow Characteristics in a Branching Channel Based on a Two-Dimensional Depth-Averaged Flow Model', journal of Water, Vol.11, No.9, pp. 1863.
- [3] A., N. K., Yusuf, B., Mohammad, T. A., & Ghazali, A. H. (2020). 'Influence of diversion angle on water and sediment flow into diversion channel'. International Journal of Sediment Research, Vol.35, No. 6, pp.600-608.
- [4] A., NK, Yusuf, B, Ali, TA & Ghazali, AH. (2016). 'Flow in a branching open channel' a review, Journal Pertanika of Scholarly Research Reviews, Vol.2, No.2.
- [5] A., NK, Yusuf, B, Mohammad, TA & Ghazali, AH (2018), 'Experimental investigation of scour at a channel junctions of different diversion angles and bed width ratios'. *Journal Catena*, Vol.166, pp. 10-20.
- [6] B., B. D., Ettema, R., & Odgaard, A. J. (1999). 'Sediment control at lateral diversions: limits and enhancements to vane use'. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.125, No. 8, pp. 862-870.
- [7] B., H (1926), 'Investigations on the trapping of bed-load in branching rivers'. Journal VDI-Verlag, Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Ing. wesens, Berlin, 283.
- [8] C., A. H. (2013). 'Experimental and theoretical analysis of flow and sediment transport in 90-degree fluvial diversions'. (Doctoral dissertation). Universitat Politècnica of Catalunya, Barcelona.
- [9] H., A, Bateman, A & Medina, V (2015), 'Water flow and sediment transport in a 90 channel diversion: an experimental study', Journal of Hydraulic Research, Vol.53, No.2, pp. 253-263.
- [10] K., A., Moghadam, M. K., & Ball, J. E. (2012). 'Optimising round-edged entrance of 55° river water intake'. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management, Vol. 165, No. 1, pp. 9-19.
- [11] K., M, Taha, K & Alomari, NK (2015), 'Effect of Main Channel Roughness on the Branching Flow'. Journal AL-Rafidain Engineering, Vol.23, No.1, pp. 51-61.

## The Effect of Entrance Edges Shape of the Diversion Channel on the Dividing Streamlines Behavior at the Junction Region

**Ahmed Yahya Abdalhafedh**

[ahmed.enp113@student.uomosul.edu.iq](mailto:ahmed.enp113@student.uomosul.edu.iq)

**Nashwan K. Alomari**

[nashwan.alomari@uomosul.edu.iq](mailto:nashwan.alomari@uomosul.edu.iq)

Dams and Water Resources Engineering Department, College of Engineering, University of Mosul

### **ABSTRACT**

*Diversion channels are used in irrigation networks and many of water resource projects. Due to the diversion of a portion of the water, a ratio of the main flow streamlines is deflected to the diversion channel (on the diversion side). The ratio of dividing streamlines increases from the surface to the bottom due to the high momentum of the flow upper layers, which resists its diversion. This negatively affects the quality of diversion water, as the largest proportion of it comes from the high sediment concentration of the lower layers. In this study, the effect of changing the sharp edge of the diversion channel entrance to a circular edge (at upstream, downstream or both sides) on the behavior of dividing streamlines. The study considered five different percentages of the diversion discharge ratio (between 7.5% and 30% of the total discharge) with five different diameters of the circular edge. The results indicated that there is a noticeable improvement of the dividing streamlines uniformity along the flow depth when using the upstream and downstream circular edge, as well as when using large diameter of the upstream circular edge only. In addition, increasing the discharge ratio reduces the regularity of the flow lines.*

### **Key words:**

*Open channel; Main channel; Diversion channel; Streamlines; Diversion flow.*