

## معامل التصريف للسد الغاطس الجانبي المتعرج

د. غنية عبد المجيد حياوي  
استاذ مساعد  
قسم هندسة الموارد المائية /جامعة الموصل

عزة نصر الله الطالب  
مدرس مساعد  
قسم هندسة الموارد المائية /جامعة الموصل

مينا أحمد الصواف  
مدرس مساعد  
قسم هندسة الموارد المائية /جامعة الموصل

### الخلاصة

يهدف البحث إلى إيجاد معامل التصريف للسد الغاطس الجانبي المتعرج. وقد صنع لهذا الغرض 24 نموذج لسدود غاطسة متعرجة مثلثة موضوعة في مقدم قناة جانبية ( بعرض 15 سم وعمق 30 سم وطول 2 م ) ويقع أفقي ثابت. وقد تم تغيير ارتفاعات نماذج السدود لثلاث مرات ( 9 سم و12 سم و15 سم ) وتغيير زوايا رأس السدود الغاطسة لأربع حالات ( $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ ) كما وضعت السدود الغاطسة في حالتين مع وعكس اتجاه الجريان كمتغيرات هندسية للنماذج وبإمرار تصاريح مختلفة عليها. ومن تحليل النتائج وجد أن السدود الغاطسة الأقل ارتفاعاً وذات الزاوية الصغيرة كفاءتها أكبر في إمرار التصريف باتجاه الجريان، وتم إيجاد علاقتين لمعامل التصريف بدلالة المتغيرات الهندسية والهيدروليكية للنماذج محل الدراسة باتجاهها مع وعكس الجريان كما وجد أن نسبة طول حافة السد إلى عمق الجريان هو المؤثر الأكبر في كلا العلاقتين.

الكلمات الدالة : السد الغاطس الجانبي ، معامل التصريف.

## Coefficient of Discharge for Labyrinthine Side Weir

Dr. GhaniaHayawi  
Ass.Prof.  
Water Resources Engineering Dept.  
Mosul University/ Iraq

Azza Al-Talib  
Ass. Lecturer  
Water Resources Engineering Dept.  
Mosul University/ Iraq

Mena Al-Sawaf  
Ass. Lecturer  
Water Resources Engineering  
Dept.

### Abstract

The main objective of this investigation is to be obtain the coefficient of discharge for labyrinthine side weir. 24 labyrinthine side weirs were constructed and built in upstream of side channel of a 15 cm width and 30 cm depth and 2 m long with constant horizontal bed. The weir height were varied three times as 9cm, 12 cm, and 15 cm and each height tested for four different angels of the weir crest ( $\theta = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ ). The weirs were used with direction and opposite direction of flow with different discharges.

From the analysis of results it was found that the labyrinthine side weir with small height and small angle is more efficient when put in the direction of flow.

Two general expressions were obtained to estimate the coefficient of discharge in terms of the hydraulic parameters in direction and opposite direction of flow, also it was found that the rate between length of weir to the depth of flow is the most effective parameter.

Key words: side weir, discharge coefficient.

**المقدمة :**

تدعو الحاجة دائماً لنقل المياه وتوزيعها عن طريق شبكة من القنوات المفتوحة للحقول لأغراض أروائية، ولكن يتطلب الأمر في كثير من الأحيان استخدام منشآت للسيطرة والتحكم بالجريان ومن أشهر هذه المنشآت وأكثرها استخداماً السدود الغاطسة، والتي يستفاد منها في قياس الجريان والسيطرة على التصريف الذي تمرره والسيطرة على تذبذب منسوب الماء، ولكن قد يسبب وجودها في بعض الأحيان غمر مساحات من الأراضي الزراعية بسبب محدودية الجريان الذي تمرره مما يستعاض عنها بالسدود الغاطسة الطويلة التي تمرر كميات أكبر من التصريف بارتفاع قليل للماء، كذلك تفيد في رفع منسوب الماء وتحويله إلى قنوات جانبية أخرى (نوري وحياوي 1999). يمكن استخدام هذه المنشآت في مقدم القنوات الجانبية للسيطرة على التصريف المار وكذلك لتنظيم مستوى سطح الماء في كل من القناة الرئيسية والجانبية (كرمر وباتاك 2010). وأيضاً يمكن استخدامها كعامل أمان للأنهار في حالات الفيضان حيث تمرر التصريف الزائدة عن قدرة استيعاب مقطع النهر، كما وتعتبر مصيدة للرسوبيات بسبب تنظيمها للتصريف (رويسر وآخرون 2008). وقد تعد السدود الغاطسة المائلة عن خط مركز القناة بزوايا معينة حالة خاصة من السدود المتعرجة (labyrinthine weir) ذات التعرج المثلث في المنظور العلوي (Al-Hasson 1976).

درس كل من (نوري وحياوي 1999) مختبرياً الخصائص الهيدروليكية للجريان فوق سد غاطس متعرج طويل متكون من مثلثين متناظرين من المنظور العلوي ولحالتين للزوايا هي (30° و 40°) من جانب الجدار وباتجاهين مع وعكس الجريان ولثلاث ارتفاعات هي (10 و 15 و 20) سم، ووجد أن السدود الغاطسة ذات الزاوية الأصغر والارتفاع الأقل مع اتجاه الجريان تعطي أداء أفضل وتمرر كمية تصريف أكبر وقيم أفضل لمعامل التصريف مقارنة مع نظائرها كما توصلنا إلى حساب علاقة بين معامل التصريف بدلالة الأبعاد الفيزيائية للسد الغاطس.

أجرى (جوسيان 2004) دراسة حول السدود الجانبية ذات التلمة المثلثة بزوايا (30° و 60° و 90° و 120°) وبارتفاعات ما بين (5 - 15) سم لإيجاد معامل التصريف، حيث وُجد أن المؤثر الأكبر لإمرار الجريان هو رقم فرود يليه في التأثير زاوية السد والزيادة في نسبة ارتفاع السد إلى عمق الجريان.

درس (رويسر وآخرون 2008) مختبرياً تأثير السد الغاطس الجانبي على رسوبيات قعر القناة الرئيسية والجانبية، حيث لوحظ حصول نحر موضعي في القناة الرئيسية قرب القناة الجانبية مما يزيد من عمق الجريان وبالتالي التصريف المار فوق السد الغاطس وأيضاً حصول ترسيب خلفه.

درس (امروغلو وآخرون 2009) تأثير زاوية السدود الغاطسة الجانبية المثلثة بزوايا (45° و 60° و 90° و 120° و 180°) وبارتفاعات مختلفة (12 و 16 و 20) سم وبتغيير نسبة عرض القناة الجانبية إلى طول حافة السد الغاطس من (0.383 - 1.00)، ووجد أن الزاوية 45° للسد الغاطس المثلث تعطي أفضل قيمة لمعامل التصريف والذي يزداد بزيادة ارتفاع السد الغاطس وعرضه نسبة لعرض القناة.

قام (كرمر وباتاك 2010) بدراسة السدود الغاطسة الجانبية المثلثة ذات الحافة الحادة بزوايا (60° و 90° و 120°) والسدود الغاطسة الجانبية العريضة ذات التلمة المثلثة بزوايا 90°، لاستخراج معادلة معامل التصريف لها والتي وجد إنها تعتمد كلياً على رقم فرود وزاوية المثلث بالنسبة للسد الغاطس الحاد، وارتفاع السد الغاطس نسبة لامتداده بالقناة بالنسبة للسد الغاطس العريض.

درس كيايا 2010 تأثير طول حافة السدود الغاطسة الجانبية المثلثة (غير متساوية الساقين) على خصائص الجريان في قناة جانبية متغيرة العرض لثلاث ارتفاعات هي (25 و 50 و 75) سم، ووجد أن السدود الطويلة المثلثة تمرر تصريف أكبر بمقدار (1.5-4.5) مرة مقارنة بنظائرها المستطيلة العادية، وأن معامل التصريف يتناسب طردياً مع طول حافة السد الغاطس من جهة مقدم الجريان الرئيسي ويكون بأكبر قيمة له عند الزاوية 45° للسد الغاطس.

تم في هذا البحث إجراء دراسة مختبرية للسدود الغاطسة الجانبية ذات التعرج المثلث من المنظور العلوي باتجاهين مع وعكس الجريان ولعدة زوايا لمعرفة تأثير الاتجاه على معامل التصريف كما وتم إيجاد علاقتين عامتين لمعامل التصريف لهذا النوع من السدود الغاطسة مع وعكس الجريان.

**التحليل البعدي :**

أن معامل التصريف ( $C_d$ ) للسدود الغاطسة الجانبية يعد دالة لكثير من العوامل التي يمكن وضعها بالصيغة الآتية:

$$C_d = f(P, l, Q, h, B, b, \rho, g, \sigma, \mu) \quad \dots (1)$$

إذ أن:

$$\begin{aligned} C_d &: \text{معامل التصريف للسدود الغاطسة الجانبية} \\ l &: \text{طول حافة السد الغاطس (طول المسقط الجانبي) (L)} \\ h &: \text{ارتفاع الماء فوق قمة السد الغاطس (L)} \\ P &: \text{ارتفاع السد الغاطس (L)} \\ Q &: \text{التصريف المار في القناة الجانبية (L}^3\text{/T)} \\ B &: \text{عرض القناة الرئيسية (L)} \end{aligned}$$

## حياوي : معامل التصريف للسد الغاطس الجانبي المتعرج

$$\begin{aligned} \rho &: \text{الكثافة الكتلية للماء (M/L}^3\text{)} & b &: \text{عرض القناة الجانبية (L)} \\ \sigma &: \text{الشدة السطحي (M/T}^2\text{)} & g &: \text{التعجيل الأرضي (L/T}^2\text{)} \\ \mu &: \text{اللزوجة الحركية للماء (M/L.T)} & & \end{aligned}$$

ومن التحليل البعدي باستخدام ( theorem<sup>π</sup> - ) تم التوصل للمتغيرات اللابعديّة التالية :

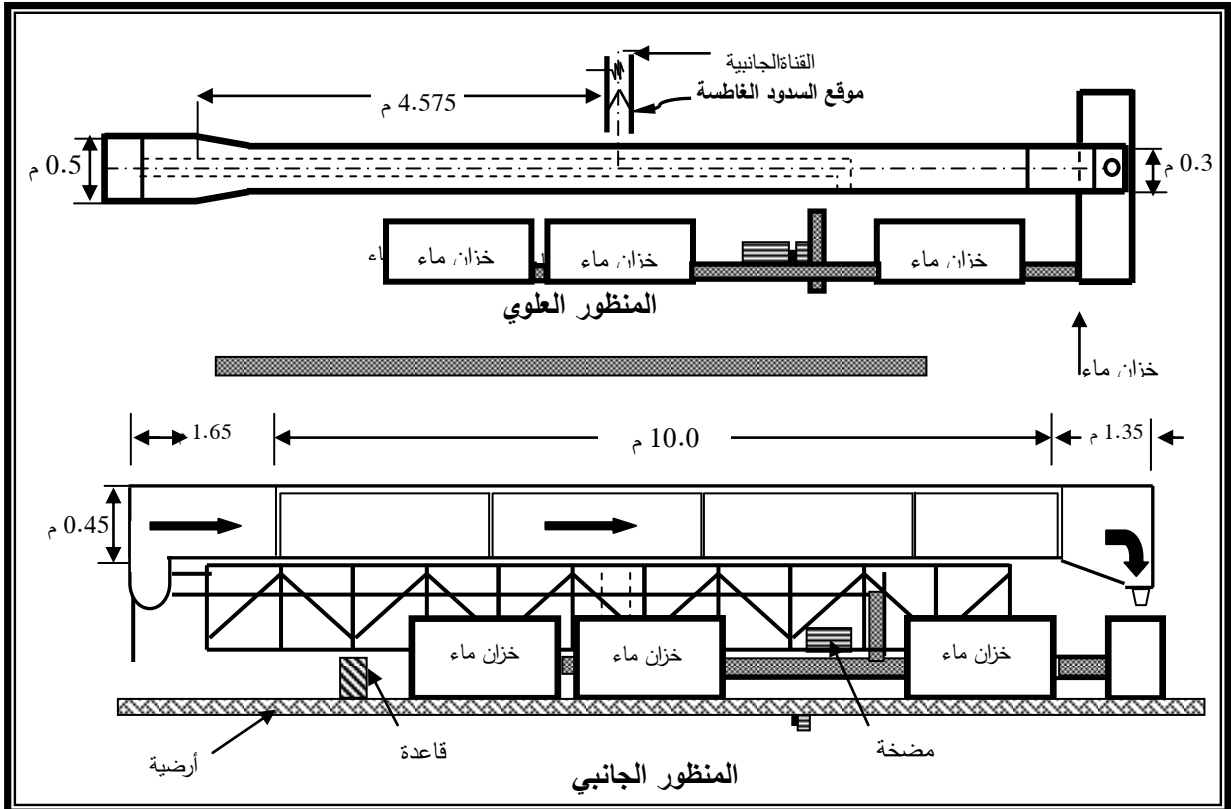
$$C_d = f' \left( \frac{h^5 g}{Q^2}, \frac{h^3 \sigma}{\rho Q^2}, \frac{h \mu}{\rho Q}, \frac{P}{h}, \frac{b}{h}, \frac{B}{h}, \frac{l}{h} \right) \quad \dots (2)$$

ووجد أن المتغير اللابعدي الأول  $\left( \frac{h^5 g}{Q^2} \right)$  يمثل رقم فرود للجريان  $Fr$  والمتغير اللابعدي الثاني  $\left( \frac{h^3 \sigma}{\rho Q^2} \right)$  يمثل رقم ويبر  $We$  والمتغير اللابعدي الثالث  $\left( \frac{h \mu}{\rho Q} \right)$  يمثل رقم رينولدز  $Re$  وبذلك تصبح المعادلة أعلاه بالشكل التالي :

$$C_d = f'' \left( Fr, We, Re, \frac{P}{h}, \frac{b}{h}, \frac{B}{h}, \frac{l}{h} \right) \quad \dots (3)$$

### العمل المختبري :

أجريت التجارب في مختبر الهيدروليك، قسم هندسة الموارد المائية، باستخدام قناة رئيسية أفقية بطول 10 م وعرض 30 سم وارتفاع 45 سم ترتبط بقناة جانبية عمودية على القناة الرئيسية على مسافة 4.6 م من مقدم القناة الرئيسية بطول 2 م وعرض 15 سم وارتفاع 30 سم، القناة الرئيسية ذات جدران زجاجية ومثبت عليها ثلاث مقاييس نقطية على طول القناة لقياس ارتفاع الماء في القناة الرئيسية وفوق السد الغاطس (المستخدم لقياس الجريان)، أما القناة الجانبية فذات جدران وقعر من البلاستيك كما في الشكل رقم (1).



الشكل (1) مخطط توضيحي لقناة التجارب

أجريت التجارب على 24 نموذج لسدود غاطسة متعرجة بشكل مثلث من المنظور العلوي صنعت من الخشب وبثلاث ارتفاعات هي ( P= 9 , 12 , 15 ) سم وأربعة زوايا مختلفة لرأس المثلث (  $\theta = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$  ) وضعت في مقدم القناة الجانبية والشكل رقم ( 1 ) يوضح موقعها. أما الجدول رقم ( 1 ) فيوضح تفاصيل النماذج المستخدمة. تم قياس التصريف في القناة الرئيسية بواسطة سد غاطس مستطيل حاد الحافة ارتفاعه 10 سم وضع على بعد 35 سم من مؤخر القناة الرئيسية ومُصنَع حسب المواصفات البريطانية ( BSI1965 )، أما ارتفاع الماء فوق السد الغاطس المتعرج فقد تم قياسه بواسطة مقياس نقطي بدقة 0.1 ملم وتم إجراء التجارب بتغيير التصريف ( 4 - 5 ) مرات لكل نموذج. حيث يتم قياس عمق الماء فوق السد الغاطس الحاد الحافة بواسطة المقياس النقطي وعلى مسافة 40 سم من الحافة ( white , 1977 ) ومنه يتم حساب التصريف الحقيقي المار في القناة الرئيسية من خلال العلاقة ( العمري ، 2009 ) :

$$Q_m = 0.579 h_m^{1.5} \quad \dots (4)$$

إذ إن:

$Q_m$ : التصريف المتبقي في القناة الرئيسية بعد مأخذ القناة الجانبية (  $L^3/T$  )

$h_m$ : ارتفاع الماء فوق قمة السد الغاطس الحاد الحافة ( L )

ثم يتم قياس التصريف مرة ثانية في القناة الرئيسية بعد غلق القناة الجانبية بنفس الطريقة أعلاه وتطبيق نفس المعادلة لحساب التصريف لينتج بذلك التصريف الكلي المار، أي:

الجدول رقم ( 1 ) يوضح تفاصيل النماذج

زاوية السد الغاطس المتعرج	اتجاه السد الغاطس بالنسبة للجريان		ارتفاع السد الغاطس المتعرج ( سم )		
90°			9	12	15
75°			9	12	15
60°			9	12	15
45°			9	12	15

$$Q_T = 0.579 h_T^{1.5} \quad \dots (5)$$

إذ ان:

$$Q_T : \text{التصريف الكلي في القناة الرئيسية (L}^3/\text{T)}$$

وبطرح قيمة التصريف الكلي من تصريف القناة الرئيسية ينتج التصريف المار في القناة الجانبية :

$$Q_b = Q_T - Q_{\text{=}} \quad \dots (6)$$

$$Q_b : \text{تصريف القناة الجانبية أي التصريف المار فوق السد الغاطس المتعرج (L}^3/\text{T)}$$

تحليل النتائج :

تم حساب معامل التصريف ( $C_d$ ) من معادلة ( Rehbock ) :

$$C_d = \frac{Q_b}{Q_{the}} \quad \dots (7)$$

$$Q_{the} = \frac{2l\sqrt{2g}}{3} \left( 0.602 + 0.0832 \frac{h}{p} \right) (h + 0.00125)^{\frac{3}{2}} \quad \dots (8)$$

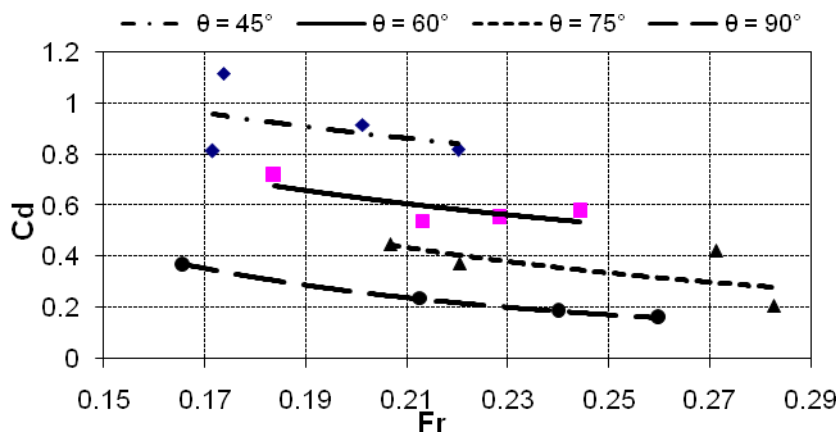
إذ ان:

$Q_{the}$  : التصريف النظري في القناة الجانبية ( $L^3/T$ )

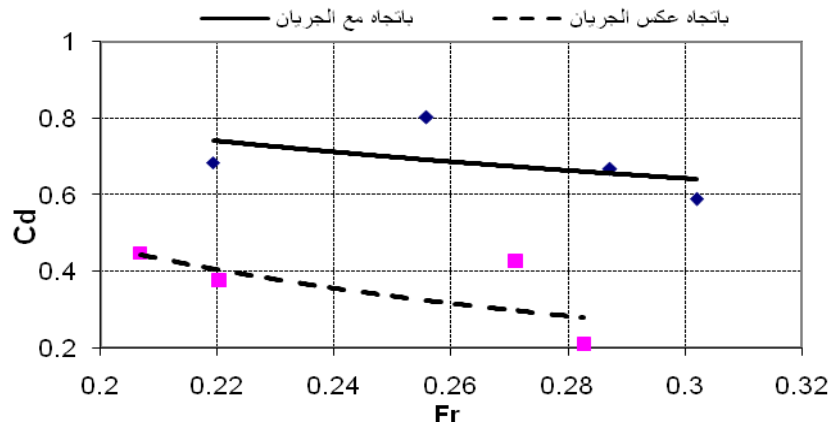
من المعادلة رقم ( 3 ) يتبين أن معامل التصريف للسد الغاطس الجانبي المتعرج يعتمد على رقم فرود ( $Fr$ ) ورقم وبيير

( $We$ ) والمتغيرات ( $\frac{P}{h}, \frac{b}{h}, \frac{B}{h}, \frac{y}{h}$ )، ولا يعتمد على رقم رينولدز ( $Re$ ) بسبب كون الجريان مضطرب كلياً من الناحية الهيدروليكية لذا يمكن إهمال تأثير اللزوجة في الجريان من دون خطأ يذكر إلا عند الأعماق القليلة جداً فوق حافة السد الغاطس ( Rao, 1971 )، وقد تم رسم العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) و المتغيرات المؤثرة وكما يلي :

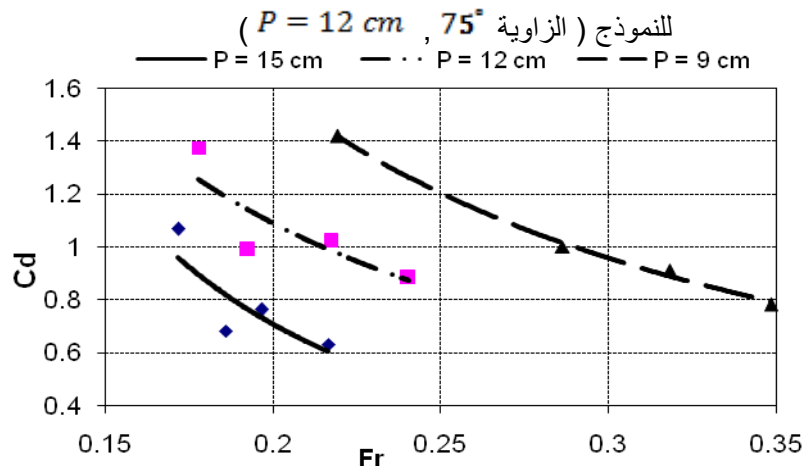
1. تم رسم العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) ورقم فرود ( $Fr$ ) في الأشكال ( 2 ، 3 ، 4 ).  
ويلاحظ من هذه الأشكال بأن معامل التصريف يقل بزيادة رقم فرود ضمن حدود الجريان تحت الحرج وأن معامل التصريف يزداد كلما قلت زاوية رأس المثلث وذلك بسبب زيادة طول حافة السد الغاطس مما يؤدي إلى زيادة مسار مسقط الجريان، والشكل رقم ( 2 ) يوضح كافة الزوايا للنموذج ( $P = 12 \text{ cm}$  عكس اتجاه الجريان). وإن النماذج الموضوعة مع اتجاه الجريان تعطي معامل تصريف أعلى مقارنة بالنماذج الموضوعة عكس اتجاه الجريان. والشكل رقم ( 3 ) يوضح النموذج ( ). أما الشكل رقم ( 4 ) فيبين كفاءة السدود الغاطسة قليلة الارتفاع مقارنة بالسدود الغاطسة عالية الارتفاع بسبب تمريرها تصريف أعلى في القناة الجانبية.



شكل رقم ( 2 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ورقم فرود للنموذج ( عكس اتجاه الجريان ,  $P = 12 \text{ cm}$  )



شكل رقم ( 3 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ورقم فرود

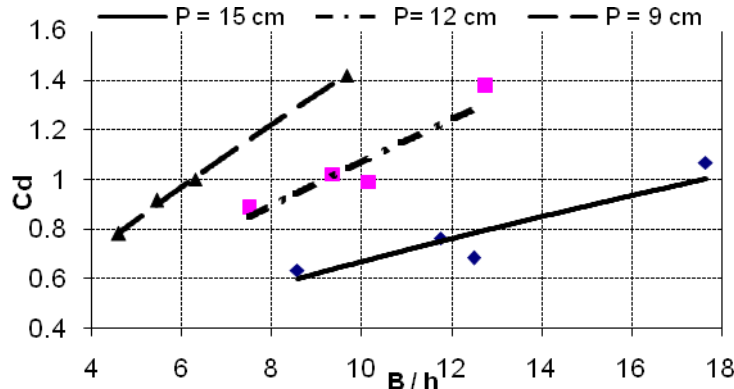


شكل رقم ( 4 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ورقم فرود

للمنموذج ( الزاوية  $75^\circ$  ,  $P = 12 \text{ cm}$  )

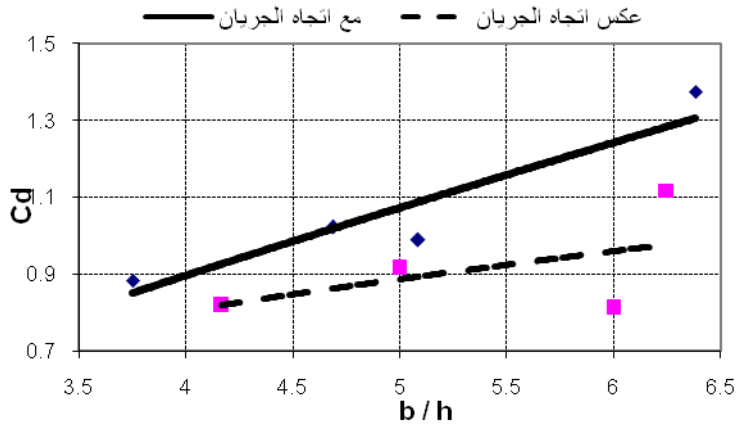
2. رسمت العلاقة بين معامل التصريف  $C_d$  ونسبة كل من عرض القناة الرئيسية  $B$  وعرض القناة الجانبية  $b$  وارتفاع السد  $P$  وطول حافة السد  $l$  إلى ارتفاع الماء فوق قمة السد  $h$  المتعرج أي  $C_d$  مع  $\left( \frac{l}{h}, \frac{P}{h}, \frac{b}{h}, \frac{B}{h} \right)$

في الأشكال ( 5 ، 6 ، 7 ، 8 ) للنماذج (  $\theta = 45^\circ$  ، باتجاه الجريان ) ، (  $\theta = 45^\circ$  ،  $P = 12 \text{ cm}$  ) ، (  $P = 15 \text{ cm}$  ، باتجاه الجريان ) ، (  $P = 12 \text{ cm}$  ،  $\theta = 90^\circ$  ) على التوالي. حيث يلاحظ من جميع هذه الأشكال بأن معامل التصريف يزداد بزيادة هذه النسب.

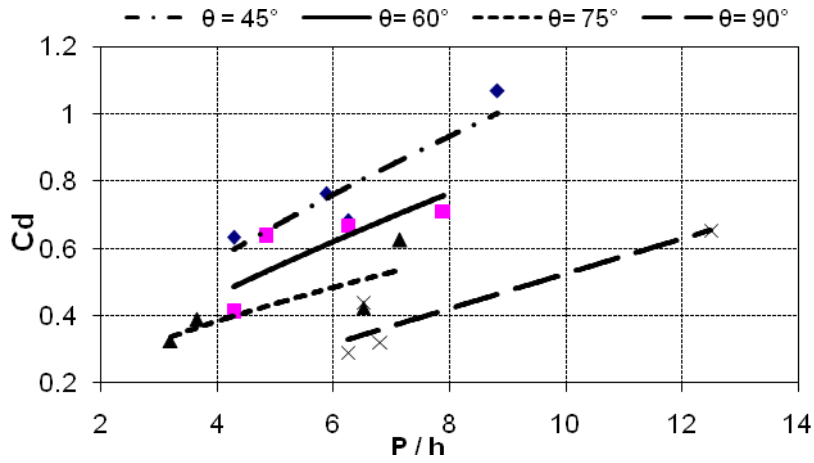


شكل رقم ( 5 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ونسبة عرض القناة الرئيسية

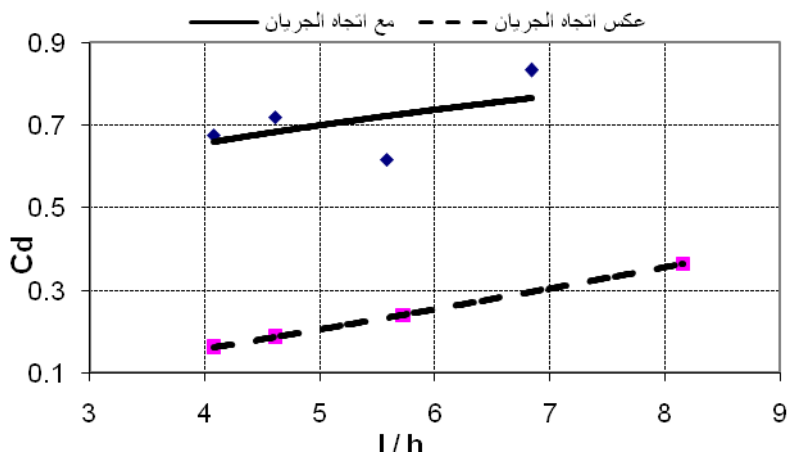
إلى عمق الماء فوق السد للمنموذج ( باتجاه الجريان , الزاوية  $45^\circ$  )



شكل رقم ( 6 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ونسبة عرض القناة الجانبية إلى عمق الماء فوق السد للنموذج (  $P = 12 \text{ cm}$  , الزاوية  $45^\circ$  )

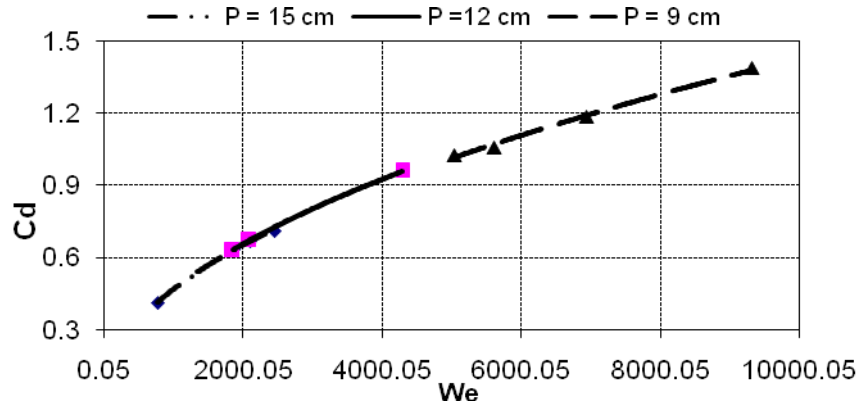


شكل رقم ( 7 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ونسبة ارتفاع السد إلى عمق الماء فوق السد للنموذج (  $P = 15 \text{ cm}$  , باتجاه الجريان )



شكل رقم ( 8 ) يوضح العلاقة بين معامل التصريف ونسبة طول السد إلى عمق الماء فوق السد للنموذج (  $P = 12 \text{ cm}$  , الزاوية  $90^\circ$  )

3. رسمت العلاقة بين رقم ويبر ( $We$ ) ومعامل التصريف ( $C_d$ ) في الشكل رقم (9) لكافة الارتفاعات وللزوايا ( $\theta = 60^\circ$ ) باتجاه الجريان) حيث يلاحظ من الشكل بان رقم ويبر ( $We$ ) يزداد كلما قل ارتفاع السد الغاطس بسبب زيادة عمق الجريان.



شكل رقم (9) يوضح العلاقة بين رقم ويبر ومعامل التصريف للنموذج (الزاوية  $60^\circ$  باتجاه الجريان)

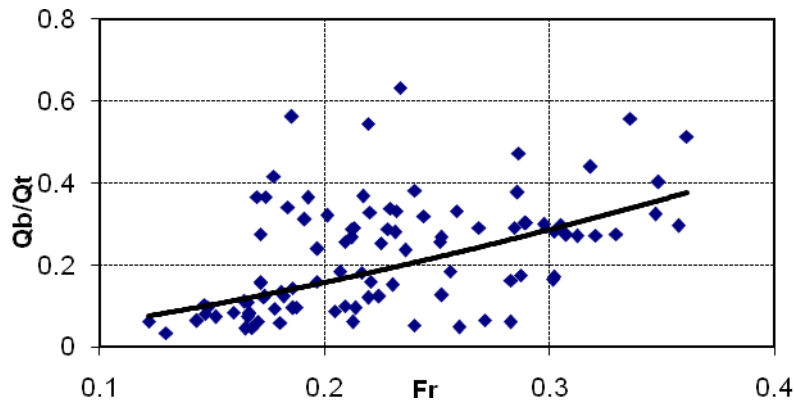
4. كما رسمت العلاقة بين رقم فرود قبل التفرع ونسبة التصريف في القناة الجانبية إلى التصريف الكلي في القناة الرئيسية

لكافة النماذج (كافة الزوايا والارتفاعات) في الشكل رقم (10)، ويلاحظ زيادة رقم فرود كلما

$$\frac{Q_b}{Q_c}$$

زادت النسبة

5.



شكل رقم (10) يوضح العلاقة بين نسبة معدل التصريف في القناة الجانبية إلى معدل التصريف في القناة الرئيسية ورقم فرود

6. وباستخدام البرنامج الإحصائي ( $SPSS 10$ ) تم التوصل إلى علاقة وضعية لحساب معامل التصريف للسدود الغاطسة الجانبية المتعرجة للحالتين عند وضعها باتجاه الجريان وعكس اتجاه الجريان وكما يلي على التوالي :

$$C_d = 0.877 \frac{Fr^{0.908} We^{0.046} \left(\frac{P}{h}\right)^{0.04} \left(\frac{b}{h}\right)^{0.6} \left(\frac{B}{h}\right)^{0.347}}{\left(\frac{l}{h}\right)^{0.995}} \dots (9)$$



## حياوي : معامل التصريف للسد الغاطس الجانبي المتعرج

بمعامل تحديد ( $R^2 = 0.99$ ) وانحراف معياري ( $\sigma = 0.2$ )

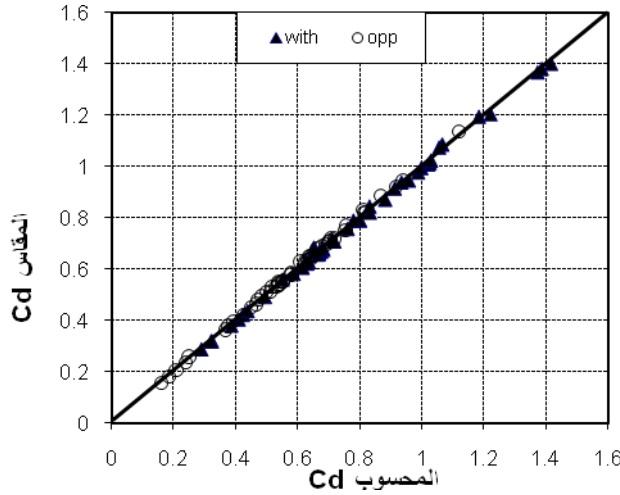
$$C_d = 0.47 \frac{Fr^{0.792} We^{0.108} \left(\frac{P}{h}\right)^{0.05} \left(\frac{b}{h}\right)^{0.386} \left(\frac{\bar{h}}{h}\right)^{0.558}}{\left(\frac{l}{h}\right)} \quad \dots (10)$$

بمعامل تحديد ( $R^2 = 0.99$ ) وانحراف معياري ( $\sigma = 0.2$ )

وأن نسبة الخطأ في كلا المعادلتين لم تتجاوز (5 %).  
إذ أن:

$$\% \text{ الخطأ} = \frac{\text{المحسوبة القيم} - \text{المقاسة القيم}}{\text{القيم المقاسة}} * 100 \quad \dots (11)$$

والشكل رقم (11) يوضح العلاقة بين معامل التصريف المقاس ومعامل التصريف المحسوب من المعادلتين (9) و (10).



شكل رقم (11) يوضح العلاقة بين معامل التصريف المقاس ومعامل التصريف المحسوب

## الاستنتاجات :

من خلال النتائج يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية :

1. تزداد كفاءة السد الغاطس في تمرير التصريف كلما قلت زاوية رأس المثلت المستخدم في تجارب هذا البحث.
2. تمرر السدود الغاطسة الموضوعة باتجاه الجريان تصاريف اكبر مقارنة مع السدود الغاطسة التي باتجاه عكس الجريان.
3. كلما قل ارتفاع السد الغاطس كلما أزدت قدرته على تمرير تصاريف اكبر.
4. تم التوصل إلى علاقة وضعية تربط بين معامل التصريف والمتغيرات الهندسية والهيدروليكية محل الدراسة لحالتي السدود الغاطسة باتجاه الجريان وعكس اتجاه الجريان.
5. إن نسبة طول حافة السد الغاطس إلى عمق الجريان ( $\bar{h}$ ) هو المتغير الأكثر تأثيراً على معامل التصريف، يليه رقم فرود ونسبة عرض القناة الجانبية إلى عمق الجريان ( $\frac{b}{h}$ ).

## المصادر :

## المصادر العربية :

1. العمري، نشوان كمال الدين ( 2009 ) " دراسة مختبرية لتأثير زاوية التفرع وانحدار القناة الفرعية على الجريان " رسالة ماجستير، كلية الهندسة ، جامعة الموصل، العراق.

## المصادر الأجنبية :

1. Al-Hasson, H.M. ( 1976 ) " Hydraulic of Flow Labyrinth Weirs ", a report submitted of facility of engineering and applied sciences university of Southampton, England, U.K.
2. British Standard Institution ( BSI ) , ( 1981 ) " Thin Plate Weir and Venturi Flume in Methods of Measurements of Liquid Flow in Open Channel ", Part 4A, BSI, 3680, London.
3. Emiroglu, M. E., Kaya, N. & Agaccioglu, H. ( 2010 ) " Discharge Capacity of Labyrinth Side Weir Located on a Straight Channel ", Journal of irrigation and drainage engineering ASCE, January 2010, pp. 37-46.
4. Ghodsian, M. ( 2004 ) " Flow over Triangular Side Weir ", Scientia Iranica, Vol. 11, Nos. 1&2, pp. 114-120.
5. Kurmar, C.P. & Pathak, S.K. ( 2010 ) " Triangular Side Weirs ", Journal of irrigation and drainage engineering ASCE, January 2010, pp. 98-105.
6. Rao, S. & Shulka, M. ( 1971 ) " Characteristics of Flow over Weirs of Finite Crest Width ", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol. 97, No. HY 11, pp. 1807-1816 .
7. Rosior, B., Boillat, J. & Schleiss, A. J. ( 2008 ) " Outflow Angle for Side Weirs in a Channel with Mobile Bed at Flood Discharges ", Interpraevent conference proceeding , Vol. 1, pp. 199-208.
8. Noori, B.M. & Hayawi, H.A. ( 1999 ) " Hydraulic Characteristics of Free Flow Over Sharp – Crested Zigzag Weirs ", Journal of Dirasat, Engineering Sciences, Vol. 26, No. 1, pp. 135 - 146.
9. White, W. K. ( 1977 ) " Thin Plate Weirs ", Proc. Inst. Civil Engineering, Part 2, 63

