

คู่มือการใช้แบบจำลองชลศาสตร์ HEC-RAS

โดย...นายกันตวิชัย ม่วงเกตุมา ตำแหน่ง วิศวกรแหล่งน้ำ/ ฝ่าย ITW

การศึกษาด้านชลศาสตร์ จะเป็นการจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำ ลำน้ำ การศึกษาจะพิจารณาทั้งระดับน้ำและปริมาณการไหลของลำน้ำในบริเวณจุดต่างๆ ในสภาพปัจจุบันและกรณีมีโครงการบรรเทาอุทกภัยที่ต่างๆ โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งเป็นแบบจำลองชลศาสตร์ของ US Army Corp of Engineer ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความสามารถในการทำงานเทียบเท่าแบบจำลองด้านชลศาสตร์อื่นๆ ทั่วไป มีส่วนติดต่อผู้ใช้ Graphical User Interface (GUI) ในปัจจุบันได้ผนวกการทำงานด้านการจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ในตัวแบบจำลองเอง แบบจำลอง HEC-RAS มีความสามารถในการคำนวณหา Water Surface Profile ของพื้นผิวน้ำที่คงที่ (Steady Flow) การไหลที่ผันแปรที่ละน้อย (Unsteady Flow) ในช่องทางธรรมชาติและที่ถูกสร้างขึ้น ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับผิวน้ำระหว่างรูปหน้าตัดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแบบจำลองสามารถจำลองได้ทั้งการไหล แบบใต้วิกฤต (Sub critical) และเหนือวิกฤต (Super critical) และรวมผลการคำนวณของระดับผิวน้ำเนื่องจากสิ่งก่อสร้างในทางน้ำ เช่น สะพาน ท่อลอด ฝาย และอาคารที่ตั้งอยู่ในทุ่งน้ำนอง วิเคราะห์การไหลได้ทั้งลักษณะการไหลแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ ซึ่งในประเทศไทยแบบจำลอง HEC-RAS ได้มีการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัยและใช้ในการศึกษาวิเคราะห์โครงการพัฒนาแหล่งน้ำของหน่วยงานต่างๆ อย่างแพร่หลาย โดยมีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการวิเคราะห์น้ำหลากในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง การคาดการณ์น้ำท่วมและการกำหนดการไหลตามเส้นทางน้ำ การทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้มีความสามารถในการใช้ข้อมูลจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในสภาพปัจจุบัน การกำหนดขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมถึงและกำหนดโซนอันตรายจากอุทกภัยในระดับต่างๆ เป็นต้น ผลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์สภาพการไหลด้วยแบบจำลอง HEC-RAS จะประกอบด้วย ระดับน้ำและปริมาณการไหลของลำน้ำตามจุดต่างๆ ที่สำคัญตลอดแนวลำน้ำ และแผนที่แสดงขอบเขตน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

1) ทฤษฎีของแบบจำลอง การจำลองการไหลแบบ 1 มิติในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมของแบบจำลอง HEC-RAS ด้วยสมการ Saint-Venant แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q_c}{\partial x_c} + \frac{\partial A_c}{\partial t} = q_f$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial x_c} + \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} = q_c + q_1$$

และ

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} + \frac{\partial (Q_c V_c)}{\partial x_f} + g A_c \left(\frac{\partial z}{\partial x_c} + S_{fc} \right) = M_f$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial t} + \frac{\partial (Q_f V_f)}{\partial x_f} + g A_f \left(\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right) = M_c$$

เมื่อ	A	คือพื้นที่รูปตัดตามขวาง
	S	คือปริมาณกักเก็บจากส่วนตัดขวางการไหลในของรูปตัดขวางลำน้ำ
	x	คือระยะทางตามแนวยาวของลำน้ำ
	t	คือช่วงเวลา
	q ₁	คือปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อหนึ่งระยะทาง
	Q	คือปริมาณการไหล
	V	คือความเร็วของการไหล
	Z	คือระดับความสูงของพื้นผิวน้ำ
การกำหนดเงื่อนไขพื้นที่น้ำท่วมในลำน้ำจะกำหนดให้รูปตัดตามขวางมีระดับเท่ากับความสูงของพื้นผิวน้ำ	C	คือลำน้ำ
	F	คือทุ่งน้ำท่วม
	q _c , q _f	คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำระหว่างลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม
	M _c , M _f	คือโมเมนต์ต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม
	S _{ic} , S _{if}	คือความลาดเอียงของลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม

1.1) การแก้ปัญหาเชิงตัวเลขของสมการอนุพันธ์บางส่วนแบบจำลอง HEC-RAS ได้ใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบอิมพลิต (Implicit Finite Difference) และใช้วิธีการแก้สมการเชิงตัวเลขแบบไม่เป็นเส้นตรงด้วยเทคนิควิธีวนซ้ำแบบ Newton-Raphson ซึ่งทำให้การคำนวณของแบบจำลองมีเสถียรภาพอย่างไรก็ตามการแก้สมการเชิงตัวเลขสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีปริมาณการไหลที่ node หนึ่งในการตัดของ Finite Difference ซึ่งอยู่ภายในตลิ่งในขณะที่ node ตัวอื่นไม่มีปริมาณการไหล เป็นเหตุให้ต่อมา Barkau ได้พัฒนางานของ Fread และ Smith ในเรื่องสมการ finite difference สำหรับการไหลในทางน้ำและทุ่งน้ำท่วม โดยได้กำหนดชุดของสมการใหม่ซึ่งทำให้การคำนวณมีความสะดวกขึ้นโดยใช้แพ็คเกจการกระจายความเร็วกับเทอมของ convective นอกจากนี้ Barkau ได้กำหนดเส้นทางการไหลแบบ equivalent โดยให้ใช้แรง equivalent แทนเทอมของความลาดชันเสียตทานสำหรับสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนต์ที่พัฒนาขึ้นโดย Barkau ในแบบจำลอง HEC-RAS แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0$$

เมื่อ x คือระยะทางตามแนวลำน้ำ

t	คือช่วงเวลา
Q	คือปริมาณการไหล
A	คือพื้นที่หน้าตัดขวางลำน้ำ
S	คือปริมาณเก็บกักจากส่วนตัดขวางการไหลในรูปตัดขวางลำน้ำ
q ₁	คือปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อหนึ่งหน่วยระยะทาง

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial Z}{\partial t} + S_f \right) = 0$$

เมื่อ	g	คืออัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	S _f	คือความลาดชันของแรงเสียดทาน
	V	คือความเร็วของการไหล

เนื่องจากระบบสมการเซนต์-วีแนนท์ เป็นระบบสมการแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งการแก้สมการสามารถทำได้โดยเทคนิคการวนซ้ำของวิธี Newton-Raphson อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคดังกล่าวจะใช้เวลาค่อนข้างมากในการคำนวณเนื่องมาจากการวนซ้ำ นอกจากนี้อาจจะพบปัญหาการไม่สามารถหาค่าผลลัพธ์ของการคำนวณได้เนื่องมาจากความไม่ต่อเนื่องในรูปตัดลำน้ำ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ Preissmann และ Chen ได้พัฒนาเทคนิคสำหรับการเปลี่ยนสมการเซนต์-วีแนนท์ให้เป็นระบบสมการเชิงเส้นตรง (linearized implicit finite difference) โดยสมมติฐานที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS มีดังนี้

- (1) ถ้า $f \cdot f \gg \Delta f \cdot \Delta f$ แล้ว $\Delta f \cdot \Delta f = 0$
- (2) ถ้า $g = g(Q, z)$ แล้ว Δg สามารถประเมินค่าได้จากเทอมเริ่มต้นของ

อนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor Series) ดังนี้

$$\Delta g_i = (\partial g / \partial Q)_j \Delta Q_j + (\partial g / \partial z)_j \Delta z_j$$

- (3) ถ้าช่วงเวลา Δt มีค่าน้อยแล้วค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะมีค่าเข้าใกล้

explicit ดังเช่น

$$h_j^{n+1} \approx h_j^n \text{ และ } \Delta h_j \approx 0$$

สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2 นั้นกำหนดให้ใช้กับความลาดชันเสียดทาน (S_f) และพื้นที่ (A) ส่วนสมมติฐานข้อที่ 3 จะประยุกต์ใช้กับความเร็ว (V) ในเทอม convective แฟคเตอร์การกระจายความเร็ว (β) เส้นทางไหลแบบ equivalent (x) และแฟคเตอร์การกระจายปริมาณการไหล (ϕ)

1.2) เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ในการแก้ปัญหาระบบสมการเซนต์-วีแนนท์เพื่อประเมินปริมาณน้ำและอัตราการไหลนั้น นอกจากการกำหนดข้อมูลทางด้านกายภาพของลำ

น้ำและพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลองแล้ว ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของระบบลำน้ำที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยสำหรับเงื่อนไขขอบเขตในแบบจำลอง HEC-RAS สามารถแบ่งได้เป็นสามประเภทคือ เงื่อนไขขอบเขตภายใน (Interior Boundary Condition) เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) และเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เงื่อนไขขอบเขตภายใน (Interior Boundary Condition) ในกรณีที่ระบบลำน้ำไม่ใช่ทางน้ำเดี่ยวแต่ประกอบไปด้วยแม่น้ำสาขาต่างๆ เงื่อนไขขอบเขตภายในนี้จึงมีความจำเป็นเพื่อใช้กำหนดลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำโดยประกอบด้วย 2 สมการคือ

- สมการต่อเนื่องของปริมาณการไหล (Continuity of Flow)

$$\sum_{i=1}^I S_{gi} Q_i = 0$$

เมื่อ I = จำนวนของแม่น้ำทั้งหมด ณ จุดบรรจบหนึ่งๆ

S_{gi} = -1 เมื่อจุดบรรจบคือด้านเหนือน้ำของแม่น้ำสาขานั้นๆ และมีค่าเป็น +1 เมื่อจุดบรรจบคือด้านท้ายน้ำของแม่น้ำสาขา

Q_i = อัตราการไหลในแม่น้ำสาขาที่ i

- สมการต่อเนื่องของระดับน้ำ (Continuity of Stage)

$$z_k = z_c$$

เมื่อ z_k = ระดับน้ำที่ขอบเขตของแม่น้ำลำดับที่ k

z_c = ระดับน้ำปกติ ณ จุดบรรจบสำหรับทุกแม่น้ำทุกสาขา

จากการพิจารณา **รูปที่ 2-1** สามารถอธิบายการประยุกต์ใช้เงื่อนไขขอบเขตภายในได้ดังนี้ คือสมการต่อเนื่องของปริมาณการไหลจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำสายที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำสำหรับการไหลแบบแยก (flow split) และจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำสำหรับการไหลแบบรวมตัว (flow combination) ซึ่งก็คือแม่น้ำสายที่ 1 โดยในแต่ละจุดบรรจบของลำน้ำจะมีเพียงสมการเงื่อนไขขอบเขตเพียงสมการเดียวเท่านั้นที่ถูกประยุกต์ใช้ ในขณะที่สมการต่อเนื่องของระดับน้ำจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำทุกสายที่เหลือทั้งหมดซึ่งก็คือแม่น้ำสายที่ 2 และ 3 โดย z_c คือระดับน้ำที่จะถูกคำนวณให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในแม่น้ำสายที่ 1 จากนั้นระดับน้ำของแม่น้ำสายที่ 2 และ 3 จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ z_c

- เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) สำหรับด้านเหนือน้ำของแม่น้ำทุกสายที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับแม่น้ำสาขาอื่นกำหนดให้เป็นกราฟน้ำท่าของปริมาณการไหล (Flow Hydrograph) ที่คาบอุบัติต่างๆ

- เงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) จะถูกกำหนดที่ด้านท้ายน้ำของแม่น้ำทุกสายที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับแม่น้ำสาขาอื่นๆ หรือปริมาตรเก็บกักใดๆ สามารถกำหนดได้ 4 ลักษณะคือ

- กราฟน้ำท่าของระดับน้ำ (Stage Hydrograph)
- กราฟน้ำท่าของปริมาณการไหล (Flow Hydrograph)
- ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหล (Rating Curve)
- ความลึกปกติ (Normal Depth) ที่ได้จากสมการ Manning

- กราฟระดับน้ำทะเล (Tidal Hydrograph) ณ ปากแม่น้ำบางปะกง

2) ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองประกอบไปด้วย

- ลักษณะทางภาพภาพของพื้นที่ศึกษาประกอบไปด้วยระดับความสูงเส้นชั้นความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่ผังเมือง ระดับถนน ดังรูปที่ 2-2 เป็นต้น

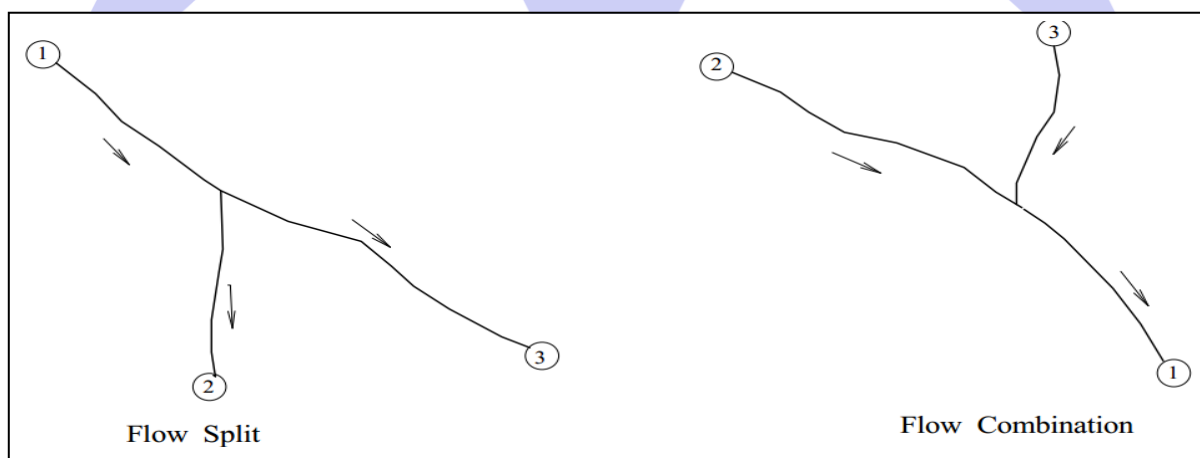
- ข้อมูลรูปตัดลำน้ำตลอดช่วงลำน้ำที่ทำการศึกษาลักษณะของอาคารบังคับสิ่งก่อสร้างในลำน้ำ รวมไปถึงลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ของลำน้ำ เช่น ลักษณะลำน้ำพืชปกคลุมเพื่อเป็นตัวแทนในการกำหนดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

- ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ สะพาน ท่อลอด และสิ่งก่อสร้างในลำน้ำต่างๆ

- ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ

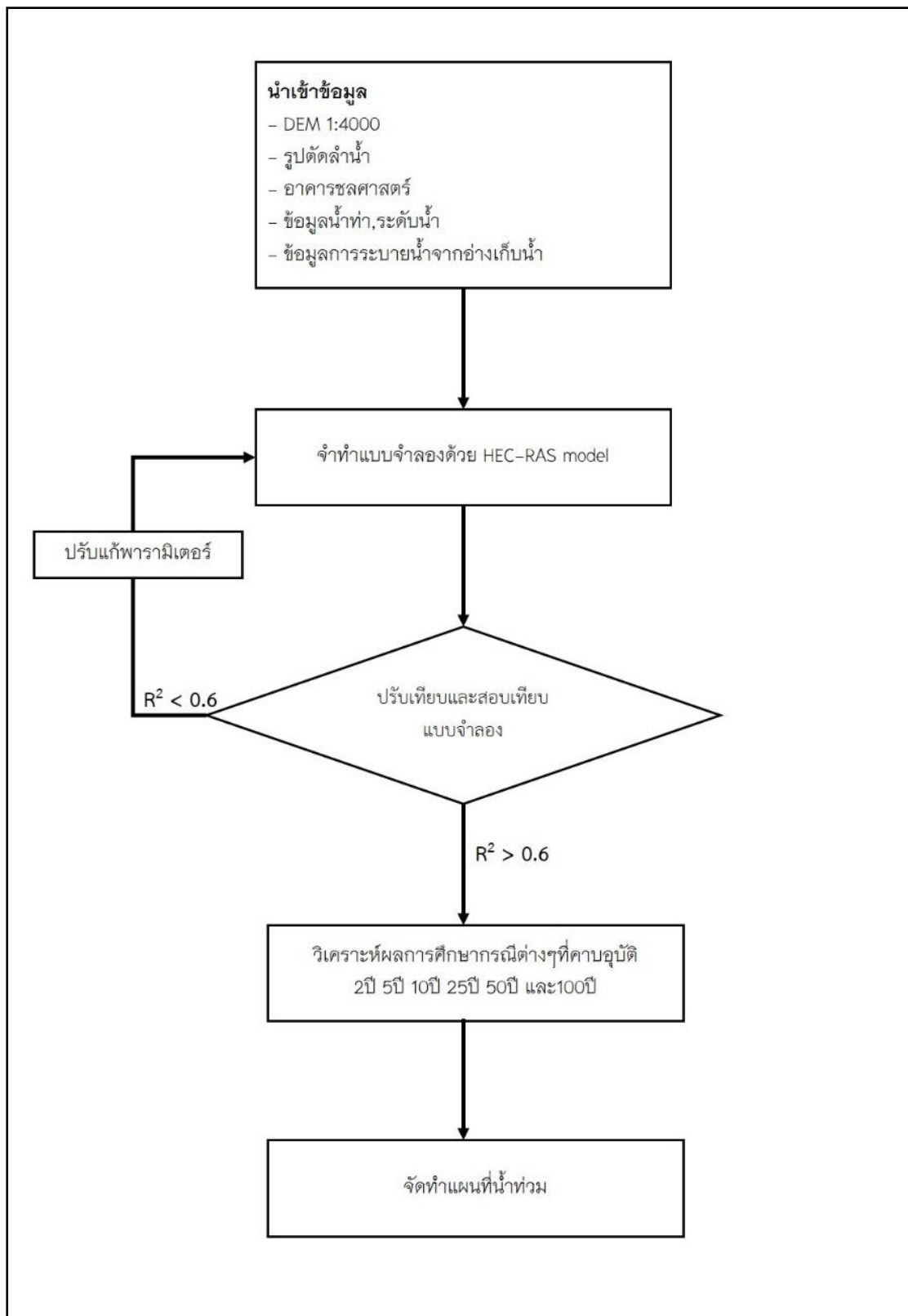
- ข้อมูลระดับน้ำทะเล บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

- ข้อมูลโครงการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยและโครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่รวบรวมได้จากหน่วยงานต่างๆ และจากข้อเสนอของบริษัทที่ปรึกษา



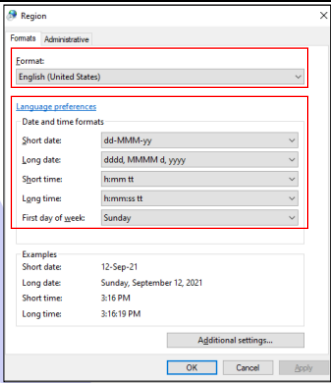
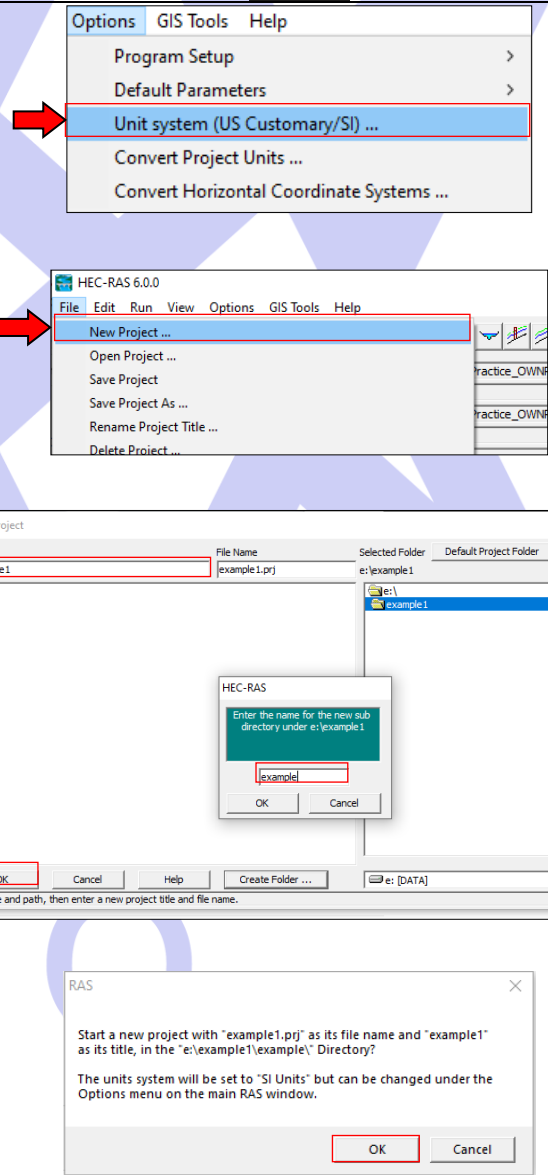
ที่มา : HEC-RAS Reference Manual

รูปที่ 1 การไหลประเภท Split and Combination



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

2.1) การใช้แบบจำลอง 1 มิติ

ตั้งค่า Format - English (United States) - Short date : dd-MMM-yy - Long date: dddd, MMMM d, yyyy	
เปิดโปรแกรม HEC-RAS 6.0.0	
เปลี่ยนหน่วย Unit system สร้าง Project - New Project - Create Folder ตั้งชื่อ example - ตั้งชื่อ Title เป็น example1 - กด OK	

- เลือก icon Geomatic

- เลือก New Geometry Data

- ตั้งชื่อว่า Geometry

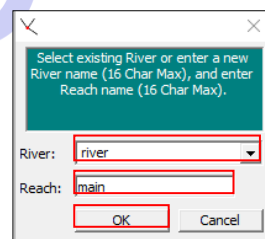
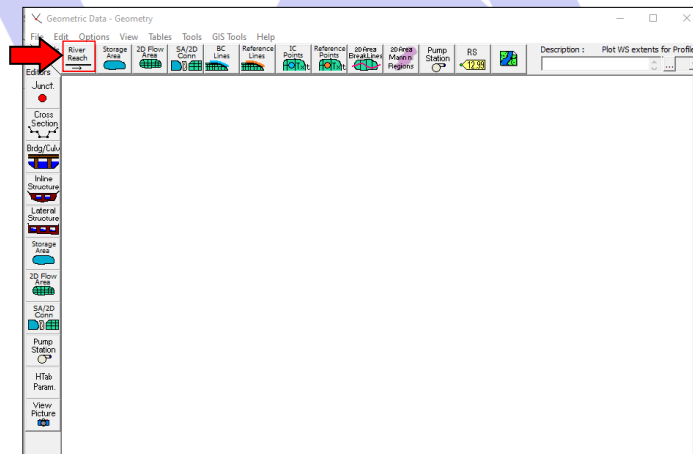
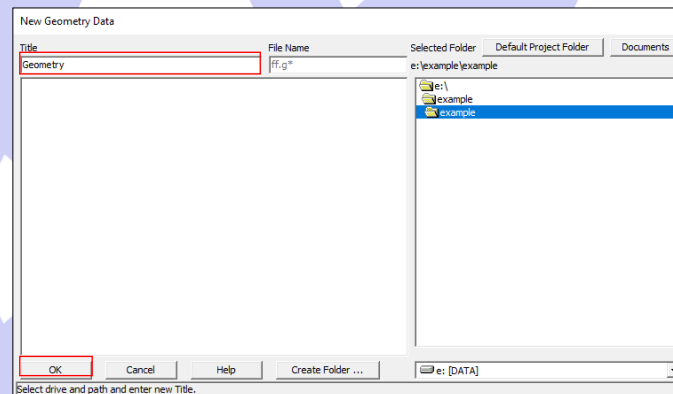
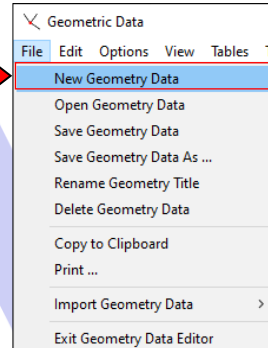
- เลือกคำสั่ง River Reach

- ลากเส้นลำน้ำตามข้อมูลใน Excel
example1.xlsx

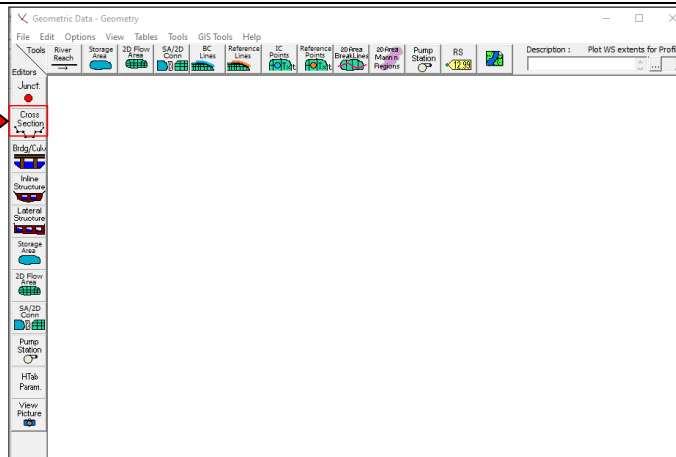
- ตั้งชื่อ River : river

- ตั้งชื่อ Reach : main

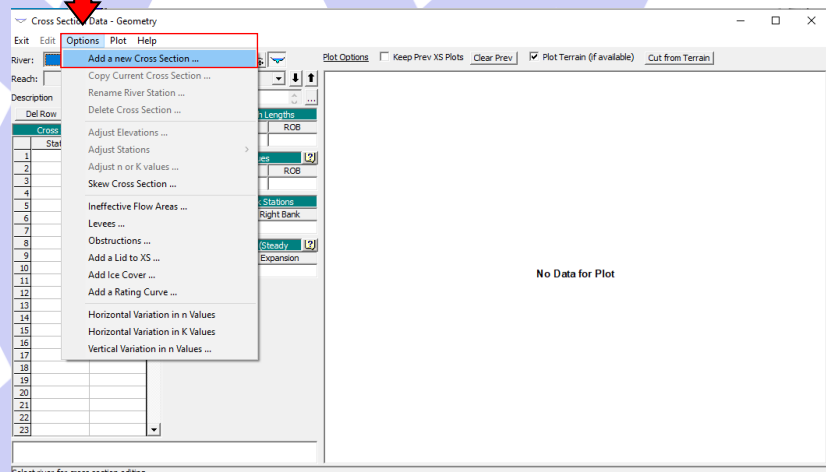
จากนั้นกด OK



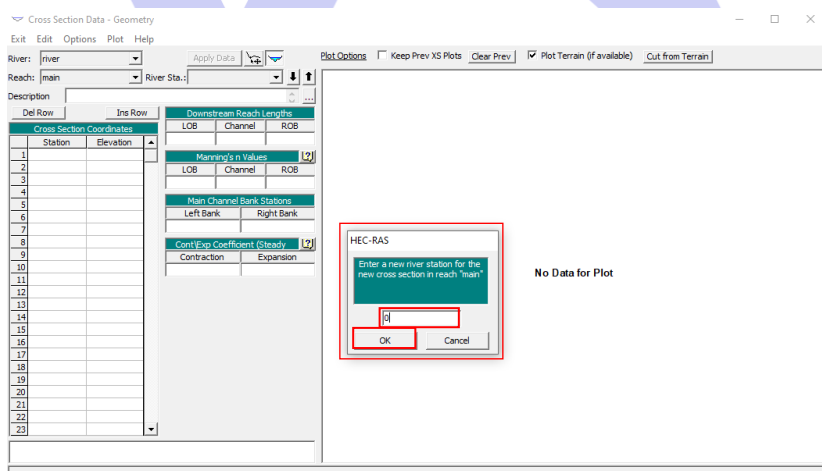
- เลือก icon Cross Section



- ที่ Option
เลือก Add a new Cross
Section...

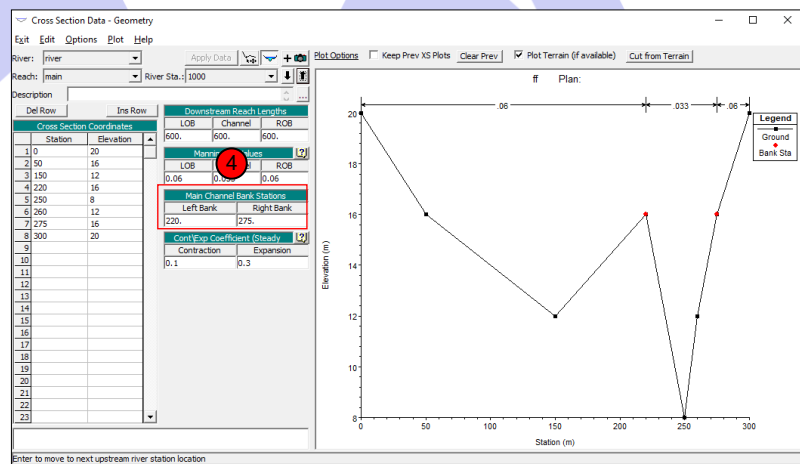
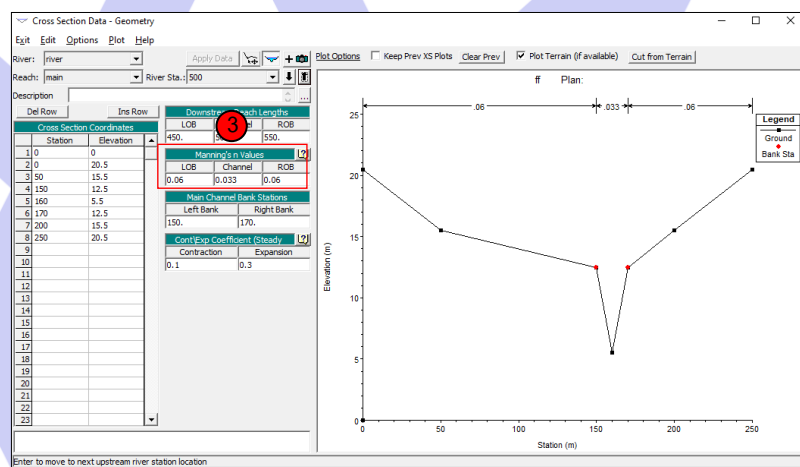
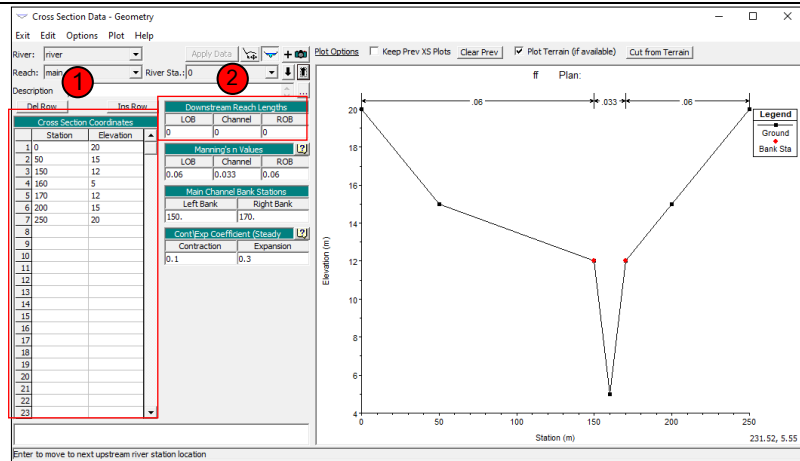


- ใส่ Station ของ รูปตัดลำน้ำ
(สามารถดูข้อมูลได้ใน Excel ไฟล์
example1.xlsx)

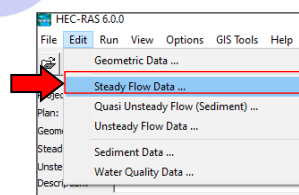


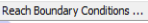
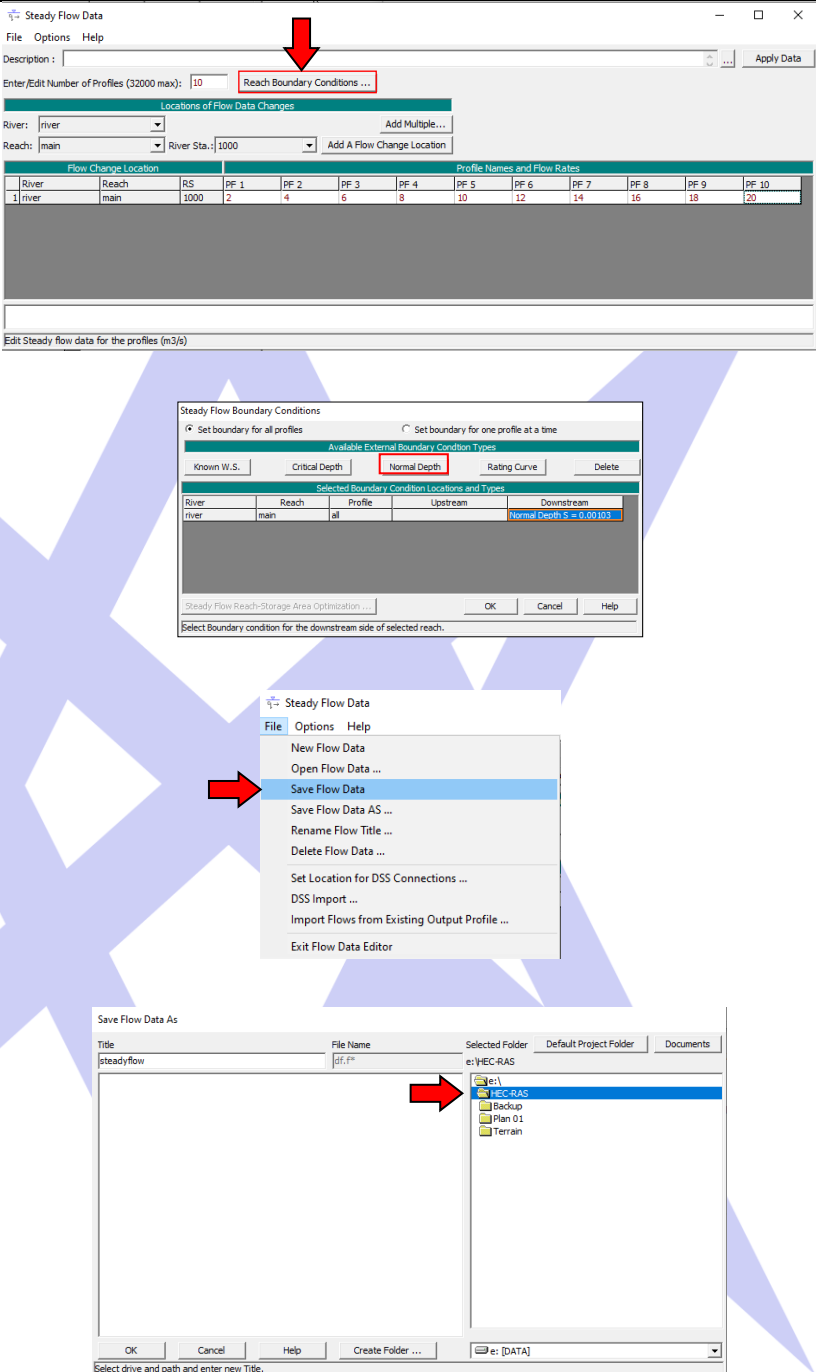
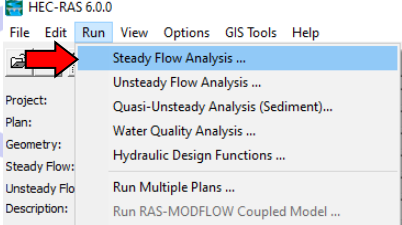
- ทำการใส่ค่า

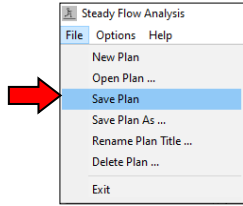
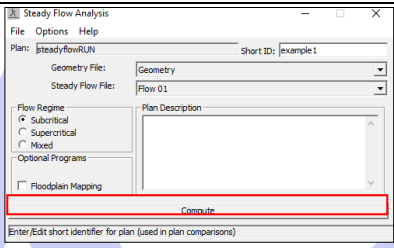
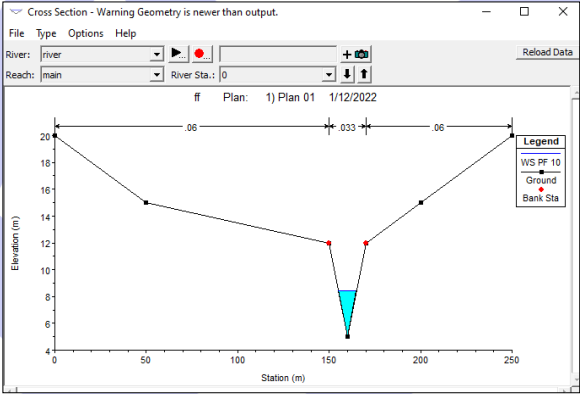
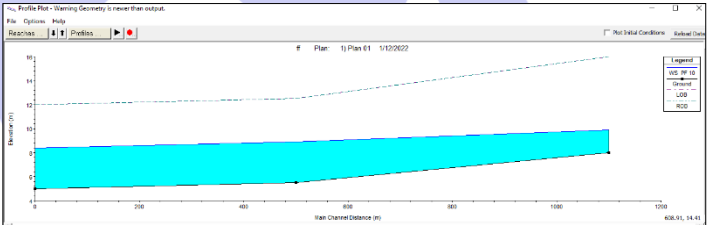
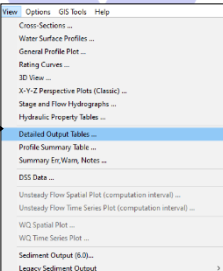
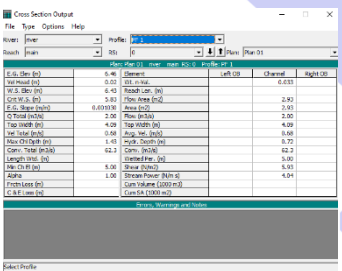
1. Station และ Elevation
2. ระยะห่างระหว่างรูปตัดของ LOB Channel และ ROB (รูปตัดแรก ด้านท้ายน้ำไม่ต้องใส่ค่า)
3. ค่า Manning' n ของ LOB Channel และ ROB
4. ค่าตลิ่งซ้ายและขวา



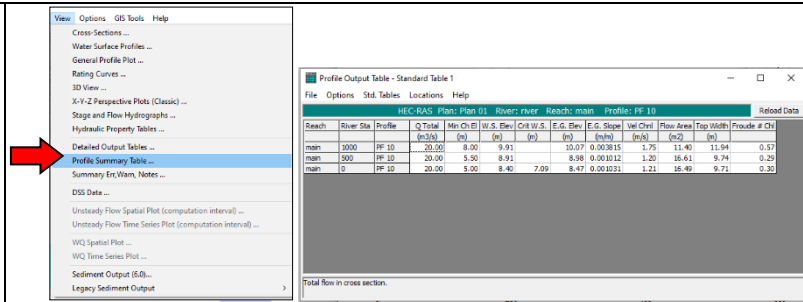
- การใส่ข้อมูล input แบบ Steady Flow Data



- ใส่ Number of Profiles : 10 และใส่ค่า FlowRates 2,4,6,8,10,12,14,16,18 และ 20 ตามลำดับ - กดปุ่ม  - กดเลือก Normal Depth ใส่ค่า 0.00103 จากนั้นกด OK - บันทึก Steady Flow Data - ตั้งชื่อว่า steadyflow จากนั้นกด OK	
- กดเปิด Steady Flow Analysis เพื่อ setup แบบจำลอง	

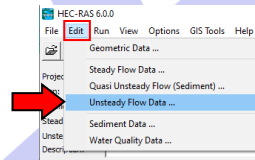
- ทำการ Save Plan ตั้งชื่อ steadyflowRUN	
- กด Compute	
- กดปุ่ม  เพื่อแสดงรูปตัดลำน้ำ - กดปุ่ม  เพื่อแสดงโปรไฟล์ลำน้ำ - กดปุ่ม View -> Detailed Output Tables เพื่อแสดงข้อมูลในรูปตัดการไหล	   

- กดปุ่ม View -> Detailed Output Tables เพื่อแสดงข้อมูลในโปรไฟล์ลำน้ำนั้นๆ

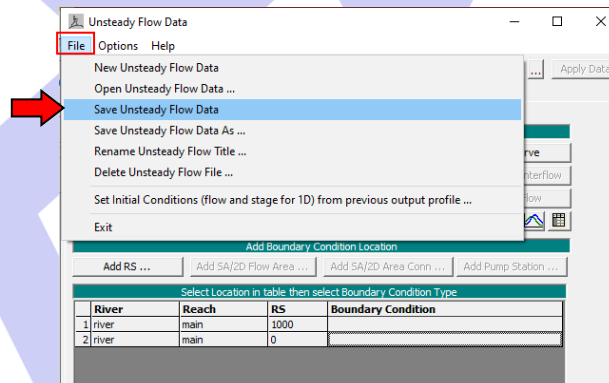


การรันแบบจำลอง 1D-Unsteady Flow

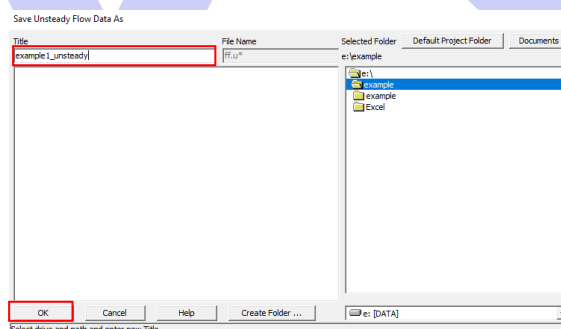
- สร้างไฟล์ข้อมูล Input แบบจำลอง



- Save Unsteady Flow Data



- ตั้งชื่อไฟล์ว่า example_unsteady



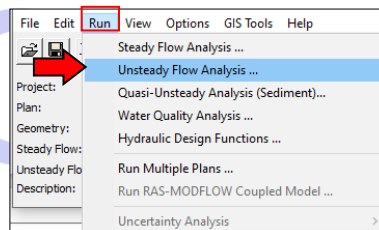
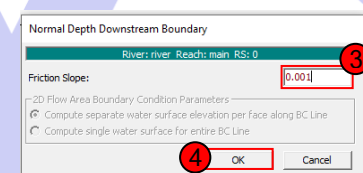
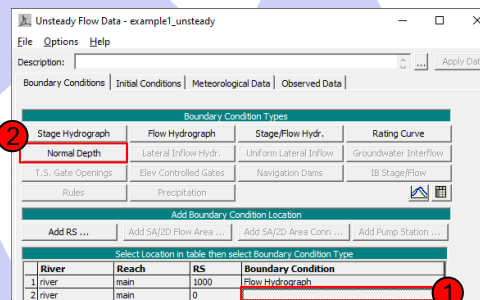
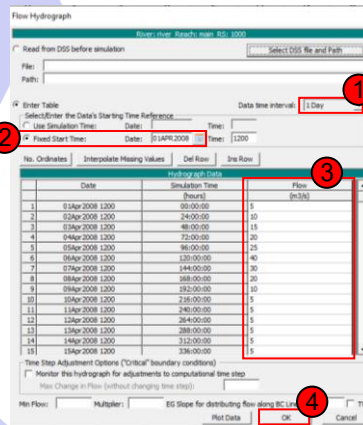
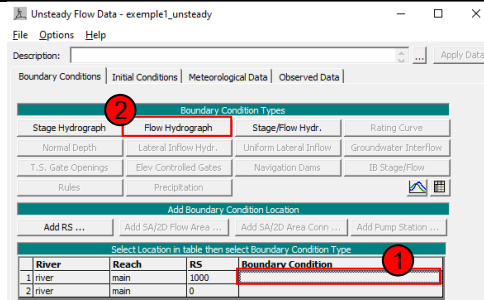
- คลิก Boundary Condition
ที่ RS 1000 จากนั้นกดไปที่ Flow
Hydrograph

- กรอกข้อมูล Flow ตามข้อมูลใน
Excel example1.xlsx

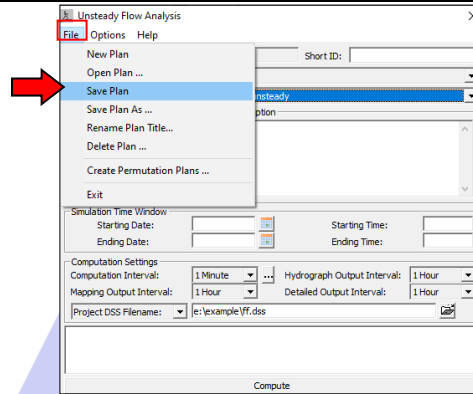
- คลิก Boundary Condition
ที่ RS 0 จากนั้นกดไปที่ Normal
Depth

- ใส่ค่า Slope : 0.001

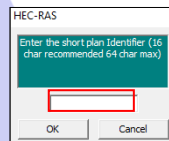
- กดเปิด Unsteady Flow
Analysis เพื่อ setup แบบจำลอง



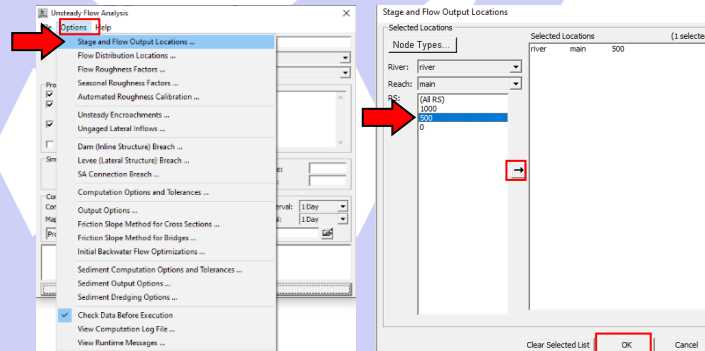
- ทำการ Save Plan ตั้งชื่อว่า
unsteadyflow



- ตั้งชื่อ Plan : plan01



- ตั้งค่าการแสดงผลจากแบบจำลองซึ่ง
เลือก Station ที่จะพิจารณา โดยเลือก
รูปตัดที่ Station 500 กด OK



- ทำเครื่องหมายถูก

✓ Geometry
Preprocessor

✓ Unstrady Flow
Simulation

✓ Post Processor

- ตั้งค่าวันที่จำลอง

Starting Date :

01APR2008

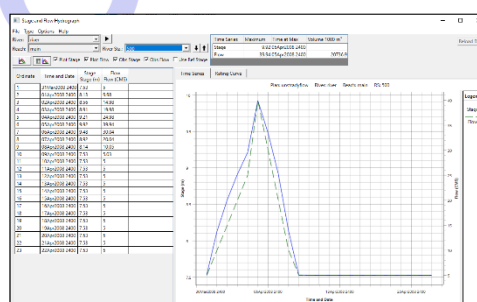
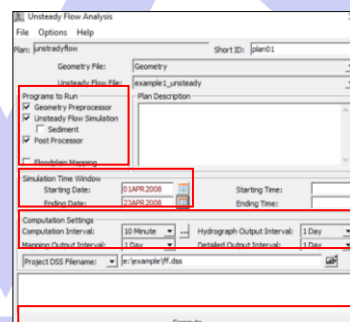
Ending Date : 23APR2008

- ปรับ Computation

Settings ให้เป็น เป็นดังรูป

- กด Compute

กดปุ่ม  เพื่อดูผลแบบจำลอง



2.2) การจัดทำแบบจำลอง 1D ใน RAS-Mapper

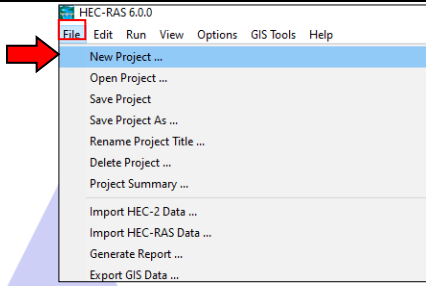
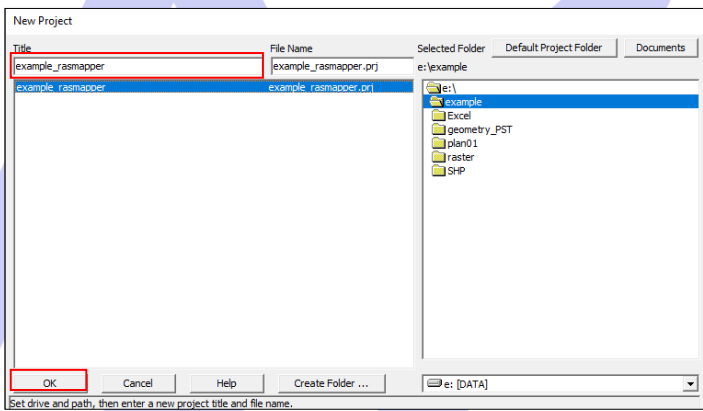
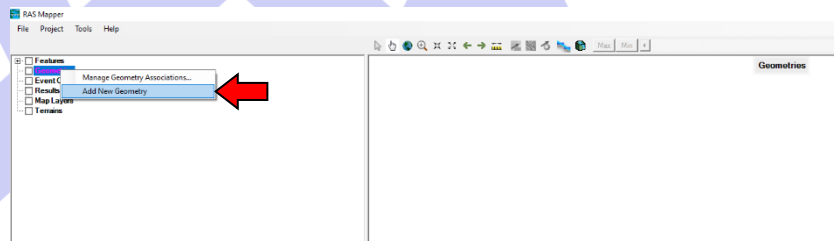
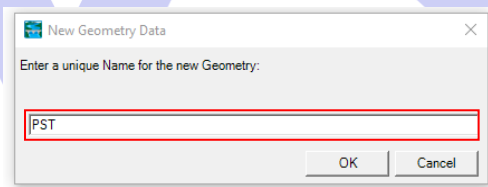
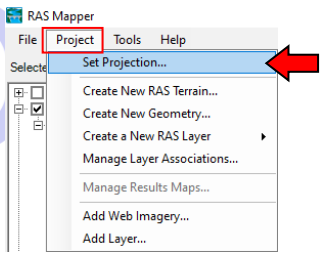
- สร้าง New Project...

- ตั้งชื่อ example_rasmapper

- กดปุ่ม  เพื่อเรียก RAS Mapper คลิกขวาที่ Geometries > Add New Geometry

- ตั้งชื่อ PST

- Set Project โดยเข้าไปที่ Project > Set Projection

- กดปุ่ม  เพื่อดำหนด

Coordinate Reference แล้ว

เปิดไปที่ Folder

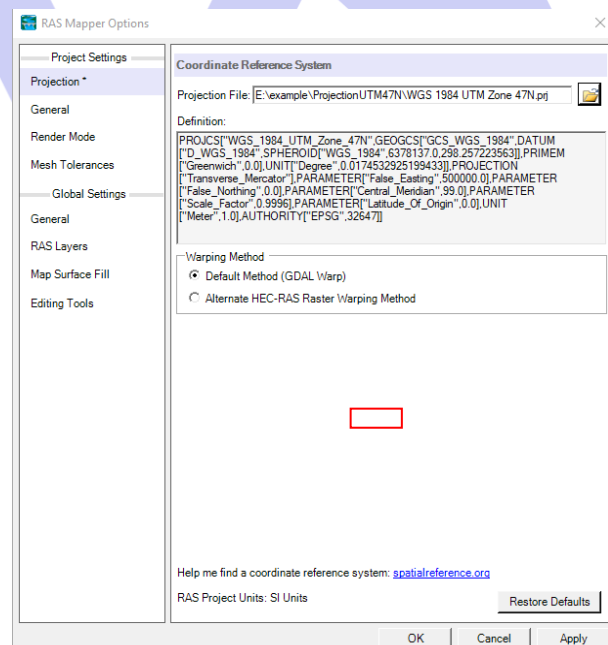
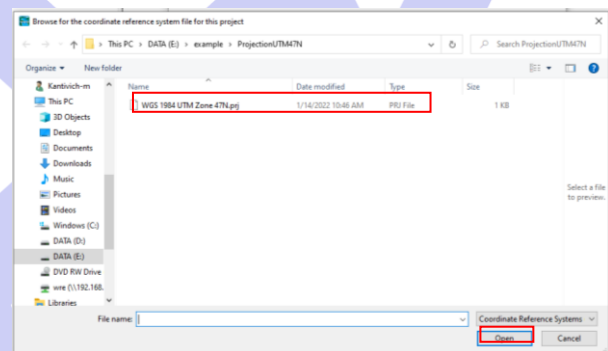
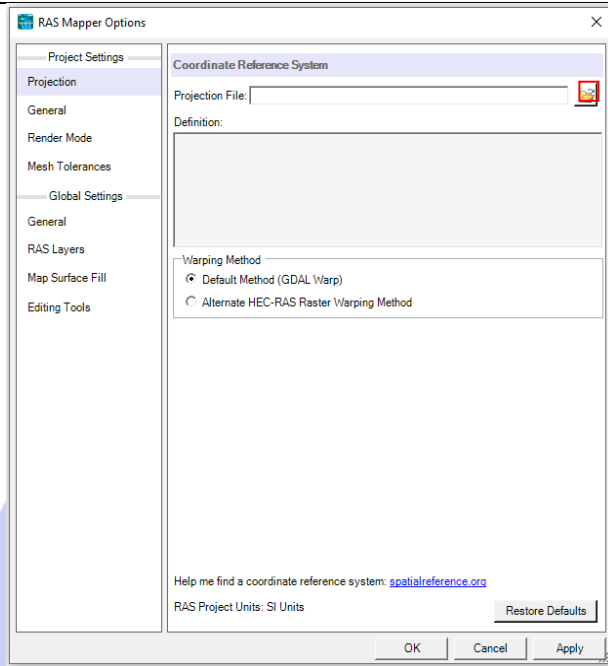
ProjectionUTM47N >

WGS 1984 UTM Zone

47N.prj จากนั้นกด OK

- คลิกขวาที่ Terrain > Create
a New RAS Terrain

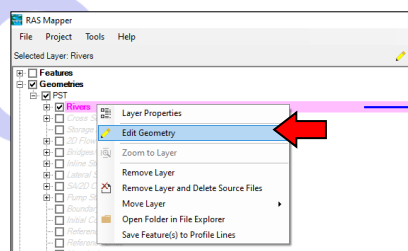
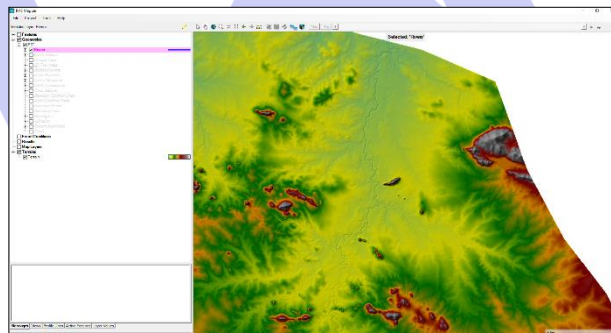
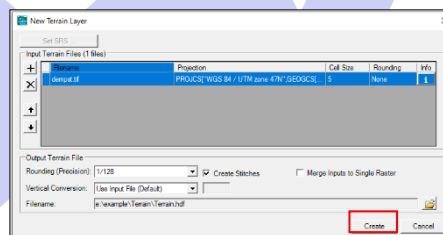
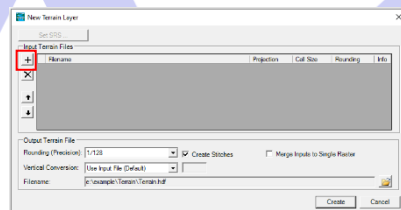
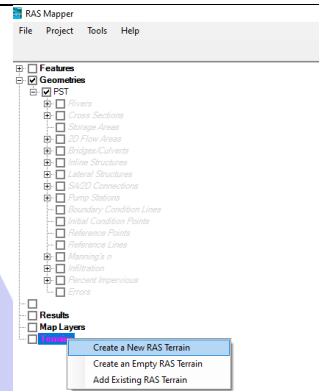
- กดปุ่ม  แล้วเปิด Folder
example>raster>dempst.
tif



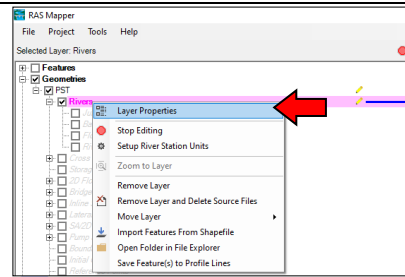
- กด Create

- ข้อมูลพื้นที่หลังจะเป็น terrain ในเส้น
คลองพระสะทึง

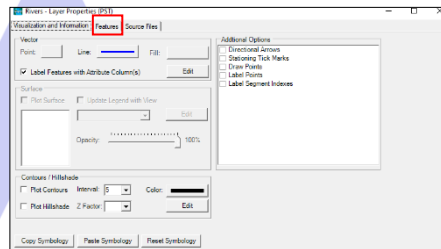
- คลิกขวาที่ River แล้วเลือก Edit
Geometry



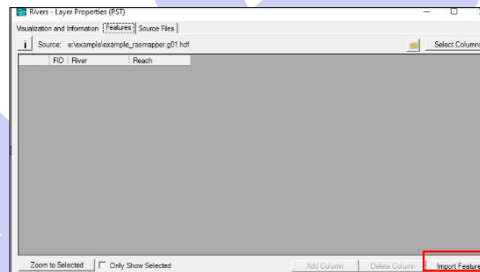
- คลิกขวาที่ River แล้วเลือก Layer Properties



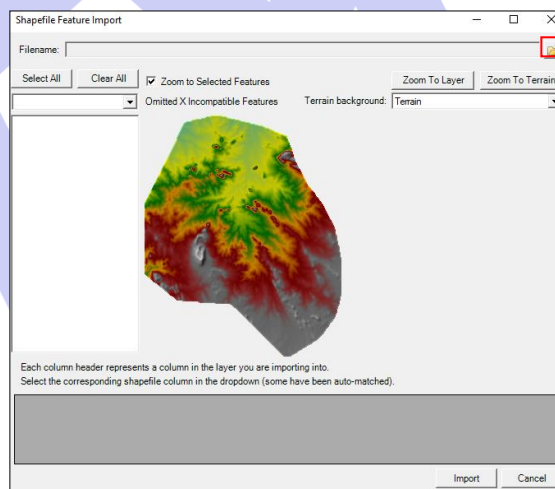
- เลือก Feature



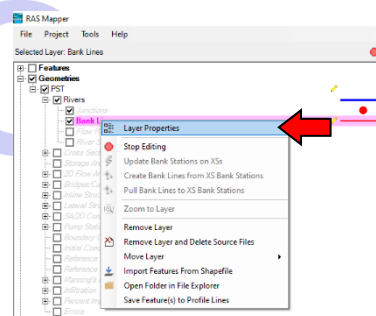
- กด Import Feature



- กดปุ่ม  เพื่อเปิดไฟล์
example>SHP >
streamPST.shp



- คลิกขวาที่ River แล้วเลือก Layer Properties

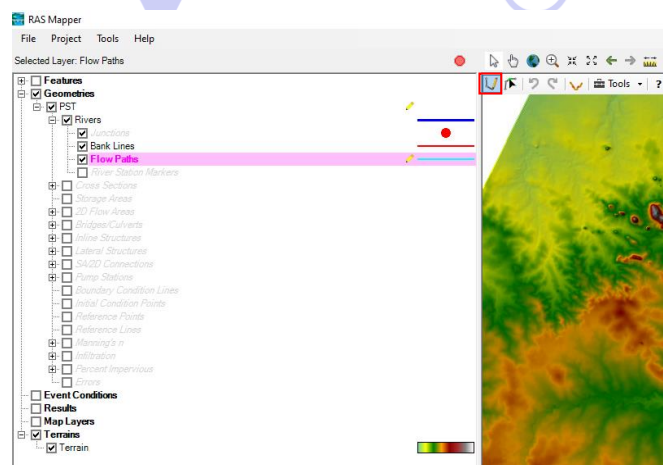
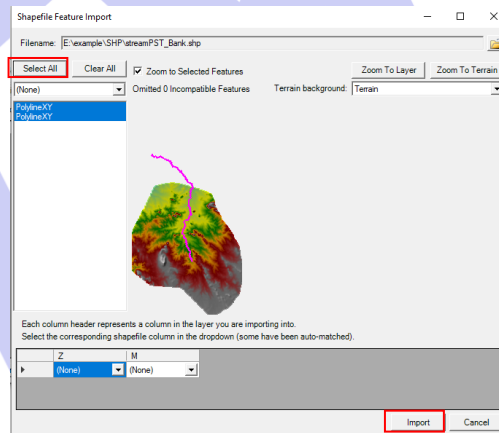
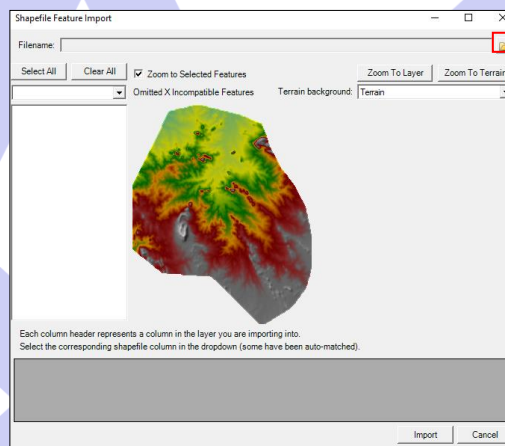
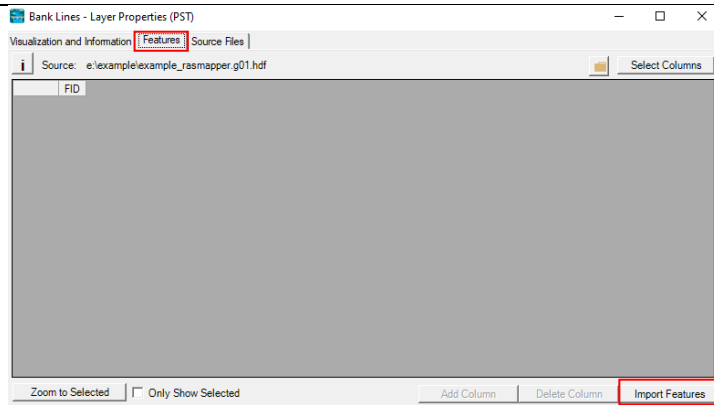


- กด Import Feature

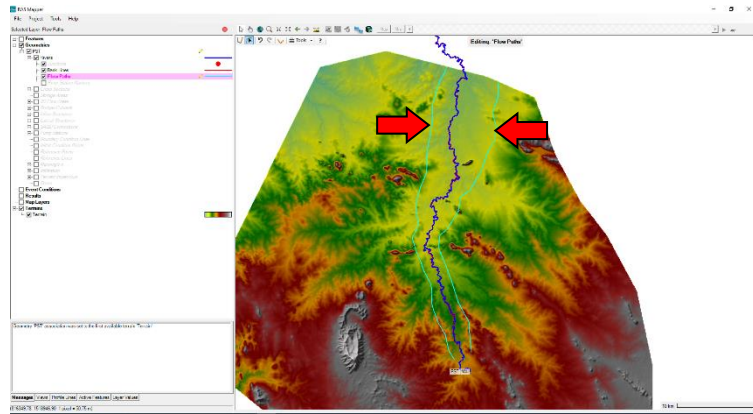
- กดปุ่ม  เพื่อเปิดไฟล์
example>SHP >
streamPST_Bank.shp

- กด Select All (เนื่องจากเส้นตลิ่งมี
2 เส้น) และกด Import

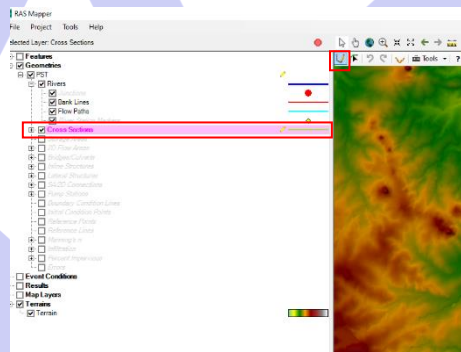
- เลือก Flow Paths แล้วกดปุ่ม
 เพื่อลาก Flow Paths



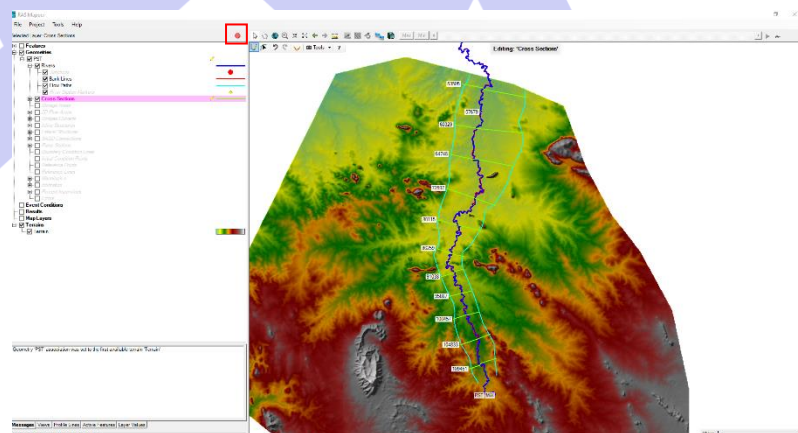
- ลากเส้น Flow Paths ทั้ง 2 เส้น



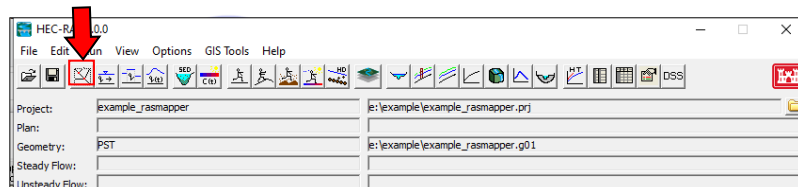
- เลือก Cross Sections แล้วกดปุ่ม  เพื่อลาก Cross Sections



- ทำการ Stop Edits โดยกดปุ่ม  ตอบ Yes



- กดปุ่ม  เพื่อไปกำหนด parameter ของลำน้ำ

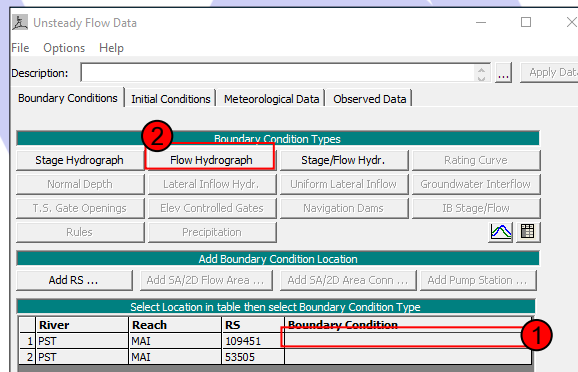
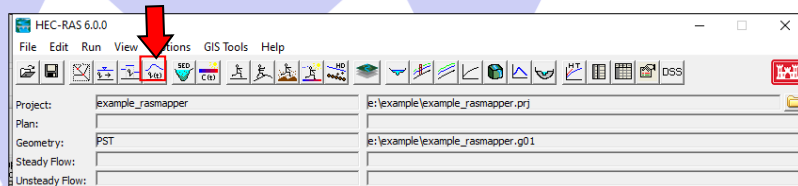
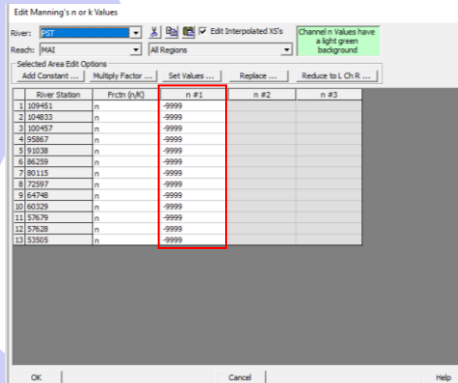
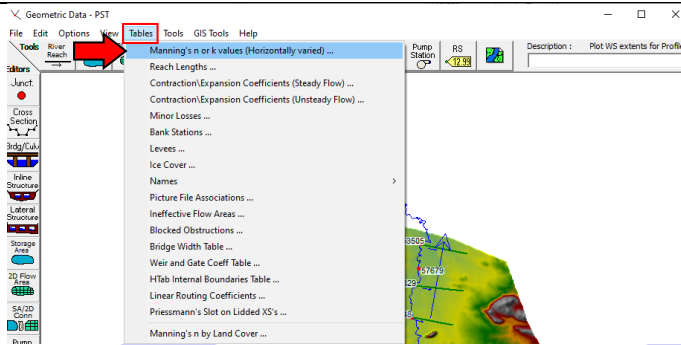


- เลือก Table > Manning's n
ดังรูป

ปรับแก้ ค่า $n = 0.033$

- กดปุ่ม  เพื่อไปกำหนด Inflow
ของแบบจำลอง

- ขอบเขตด้านเหนือน้ำใส่ข้อมูล Inflow
ที่ RS : 109451 กำหนด Types
เป็น Flow Hydrograph สามารถ
ดูข้อมูลได้ใน Excel :
example>Excel>hydrogra
ph.xlsx
กำหนด Data time interval :
1 Hour
Fixed Start Time :
1APR2008



- ขอบเขตด้านท้ายน้ำใส่ข้อมูล Slope
ที่ RS : 53505 กำหนด Types
เป็น Normal Depth โดยมีค่า =
0.001

Flow Hydrograph

River: PST Reach: MAI RS: 112065

☐ Read from DSS before simulation

File: Path:

☒ Enter Table

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☐ Use Simulation Time: Date: 01APR2008 Time:

☒ Fixed Start Time: Date: 12APR2008 Time:

Data time interval: 1 Hour

No.	Ordinates	Interpolate Missing Values	Del Row	Ins Row
Hydrograph Data				
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m³/s)	
1	31Mar2008 2400	00:00:00	3.78	
2	01Apr2008 0100	01:00:00	3.96	
3	01Apr2008 0200	02:00:00	4.14	
4	01Apr2008 0300	03:00:00	4.33	
5	01Apr2008 0400	04:00:00	4.51	
6	01Apr2008 0500	05:00:00	28.2	
7	01Apr2008 0600	06:00:00	51.89	
8	01Apr2008 0700	07:00:00	75.58	
9	01Apr2008 0800	08:00:00	99.26	
10	01Apr2008 0900	09:00:00	123.12	
11	01Apr2008 1000	10:00:00	146.97	
12	01Apr2008 1100	11:00:00	170.83	
13	01Apr2008 1200	12:00:00	194.68	
14	01Apr2008 1300	13:00:00	215.14	
15	01Apr2008 1400	14:00:00	235.6	

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max change in flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier: EG Slope for distributing flow along BC Line: TW Check: ☐

Plot Data OK Cancel

Unsteady Flow Data

File Options Help

Description: Apply Data

Boundary Conditions Initial Conditions Meteorological Data Observed Data

Boundary Condition Types

☒ Stage Hydrograph ☐ Flow Hydrograph ☐ Stage/Flow Hydr. ☐ Rating Curve

☐ Normal Depth ☐ Lateral Inflow Hydr. ☐ Uniform Lateral Inflow ☐ Groundwater Interflow

☐ T/S, Gate Openings ☐ Elev. Controlled Gates ☐ Navigation Dams ☐ IB Stage/Flow

Rules: Precipitation:

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add SA/2D Area Conn ... Add Pump Station ...

River	Reach	RS	Boundary Condition
1	PST	MAI 109451	Flow Hydrograph
2	PST	MAI 53505	Normal Depth

Normal Depth Downstream Boundary

River: PST Reach: MAI RS: 53505

Friction Slope: 0.001

2D Flow Area Boundary Condition Parameters

☒ Compute separate water surface elevation per face along BC Line

☐ Compute single water surface for entire BC Line

OK Cancel

- Save Geometry Data

Unsteady Flow Data

File Options Help

New Unsteady Flow Data ... Apply Data

Open Unsteady Flow Data ...

Save Unsteady Flow Data

Save Unsteady Flow Data As ...

Rename Unsteady Flow Title ...

Delete Unsteady Flow File ...

Set Initial Conditions (flow and stage for 1D) from previous output profile ...

Exit

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add SA/2D Area Conn ... Add Pump Station ...

River	Reach	RS	Boundary Condition
1	PST	MAI 109451	Flow Hydrograph
2	PST	MAI 53505	Normal Depth

- ตั้งชื่อ inflow_pst แล้วกด OK

Save Unsteady Flow Data As

Title: inflow_pst

File Name: example_gamapper.u*

Selected Folder: Default Project Folder Documents

e:\example\example 1

e:\example

Example 1

Backup

plan01

Terrain

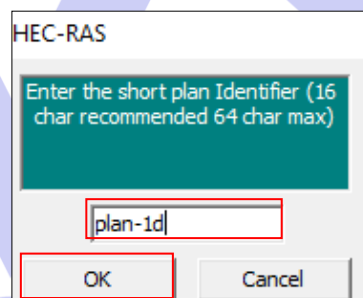
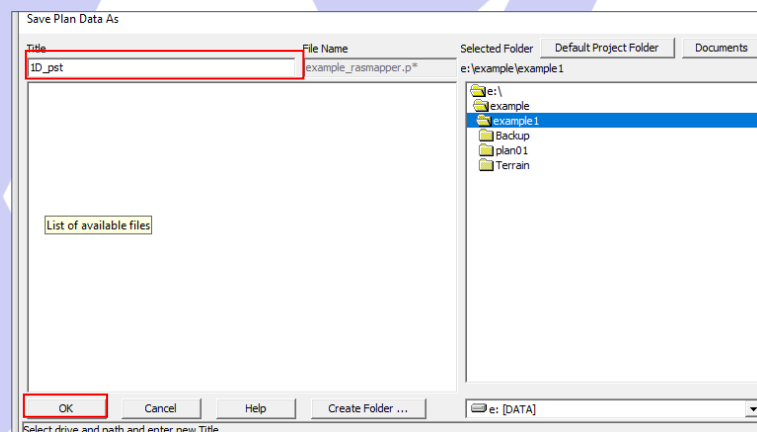
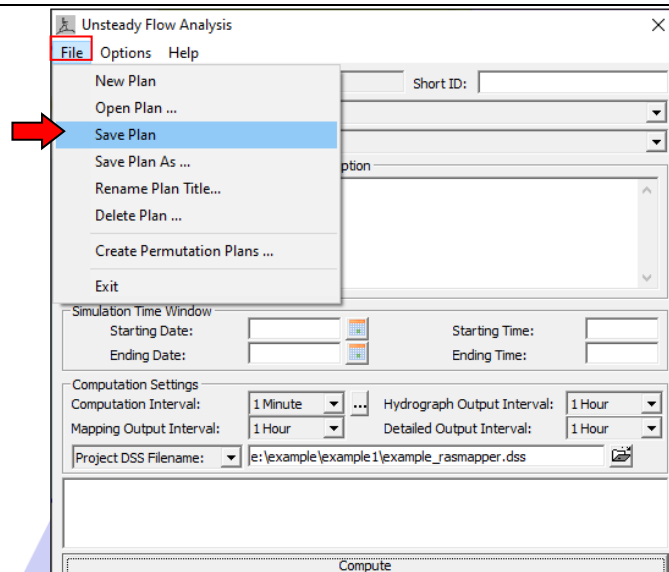
OK Cancel Help Create Folder ...

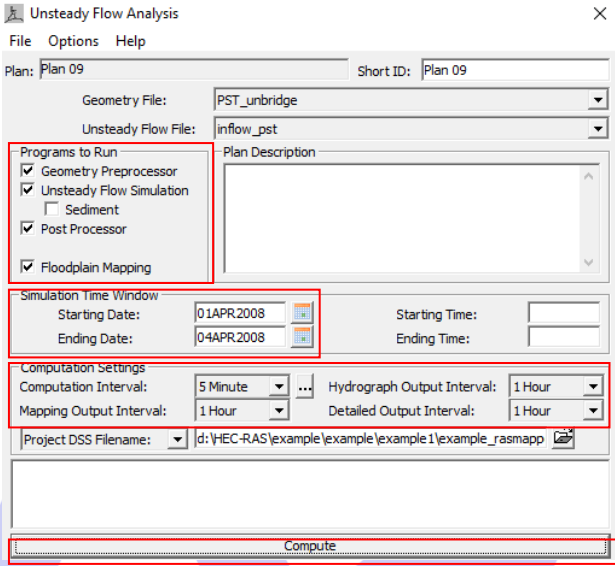
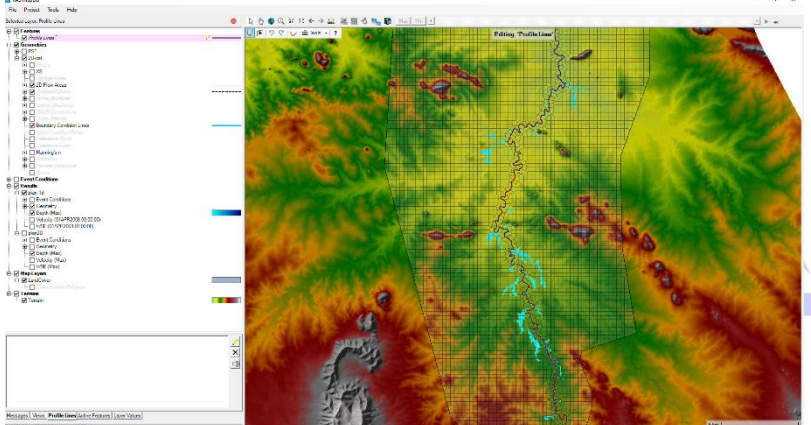
Select drive and path and enter new Title.

- กดปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่าง
แบบจำลองจากนั้น Save Plan

- ตั้งชื่อว่า 1D_pst

- ตั้งชื่อ Plan : plan-1d

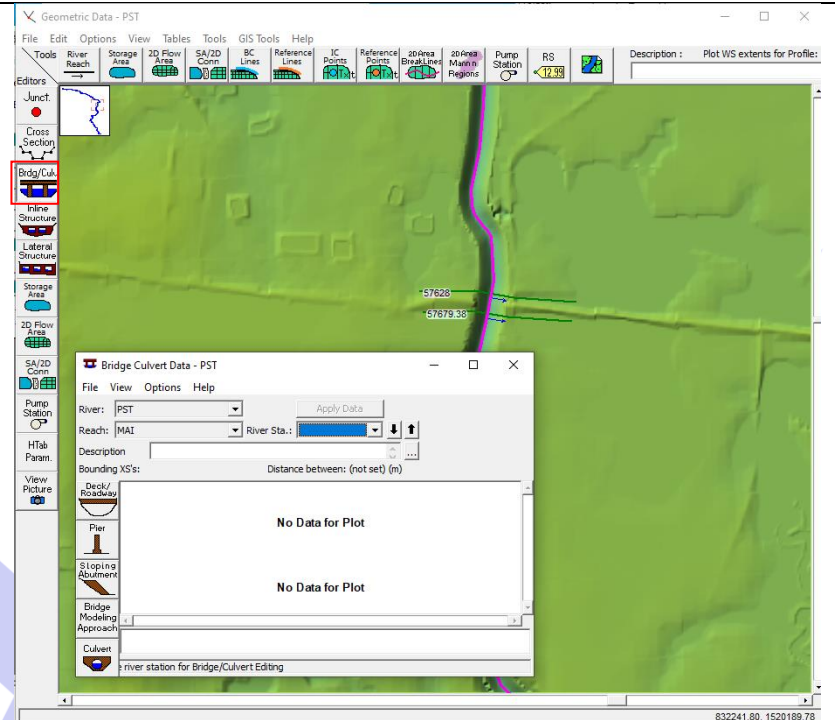
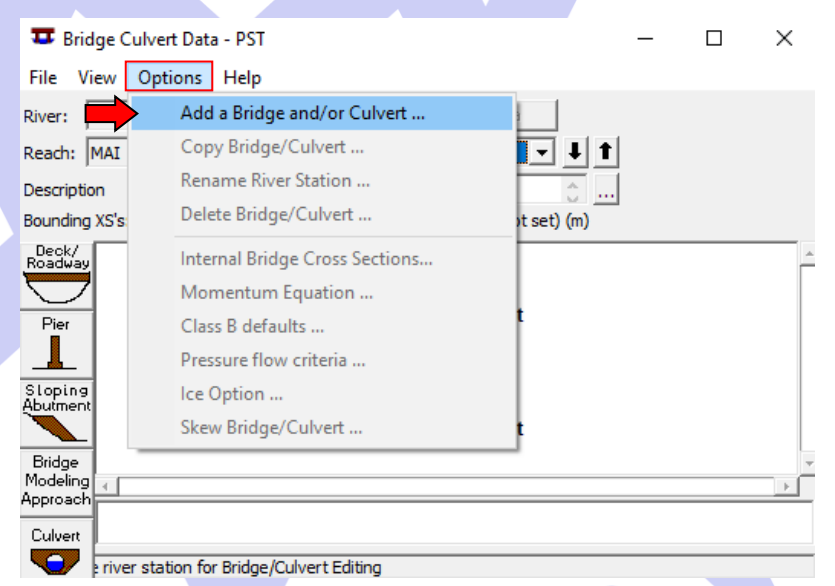
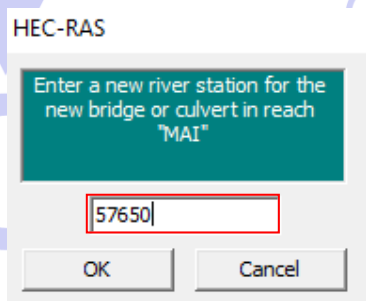


- ตั้งค่าแบบจำลองตามภาพ โดยเลือก Geometry Preprocessor Unsteady Flow Simulation Post Processor Floodplain Mapping Starting Date : 01APR2008 Ending Date : 04APR2008 Computation Interval : 5 Minute Mapping Output Interval : 1 Hour Hydrograph Output Interval : 1 Hour Detailed Output Interval : 1 Hour กด Compute	
- กดปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่างแสดง floodmap	

กดปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่าง Bridge Culvert Data

- Add a Bridge and/or Culvert

- กำหนดเป็น Station : 57650

Deck/Roadway
กคปุม กำหนดค่าต่างๆ ดังรูป

Pier
กคปุม กำหนดค่าต่างๆ ดังรูป

HTab Param.
กคปุม กำหนดค่าต่างๆ ดังรูป

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
10.	10.	1.4

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0	45	0	45	40
2	130	45	145	45	40
3	130	45	145	45	44.5
4	200	45	215	45	44.5
5	200	45	215	45	40
6	370	45	385	45	40
7					
8					

U.S Embankment SS: 0 D.S Embankment SS: 0

Weir Data
Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow EI:

Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK Cancel

Enter station, high chord and low chord for deck/roadway.

Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 1

Del Row Centerline Station Upstream: 150

Ins Row Centerline Station Downstream: 165

Floating Pier Debris
☐ All On ... ☐ All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier
 Set Wd/Ht for all ... Debris Width: Debris Height:

Upstream		Downstream		
Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation	
1	0.6	32	0.6	32
2	0.6	45	0.6	45
3				
4				
5				

OK Cancel Help Copy Up to Down

Select the Pier to Edit

Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 2

Del Row Centerline Station Upstream: 180

Ins Row Centerline Station Downstream: 195

Floating Pier Debris
☐ All On ... ☐ All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier
 Set Wd/Ht for all ... Debris Width: Debris Height:

Upstream		Downstream		
Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation	
1	0.6	32	0.6	32
2	0.6	45	0.6	45
3				
4				
5				

OK Cancel Help Copy Up to Down

Enter to move to previous Pier

Parameters for Hydraulic Property Tables

Number of points on free flow curve: 50

Number of submerged curves: 50

Number of points on each submerged curves: 20

Apply number of points to all bridges and culverts

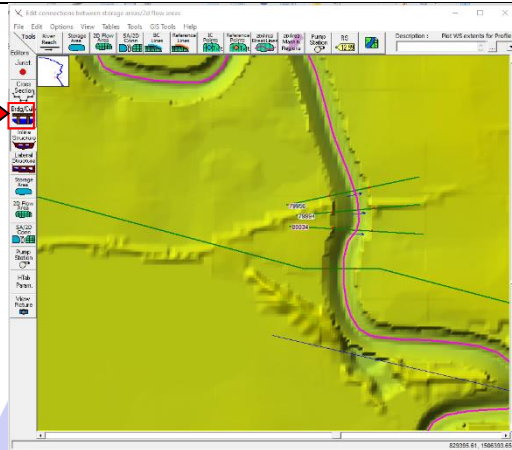
Head water maximum elevation: 46

Tail water maximum elevation (Optional): 45

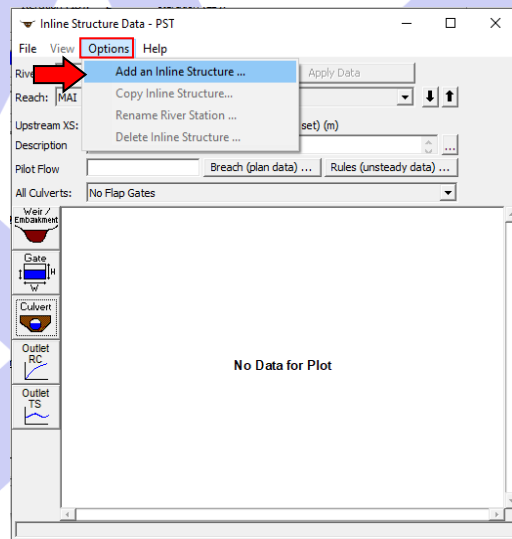
Maximum Flow (Recommended): 3000

OK Cancel

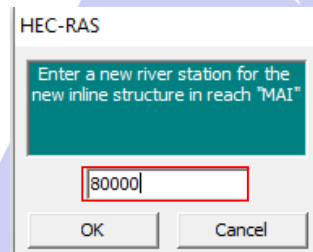
- การสร้าง Culvert ให้กดปุ่ม



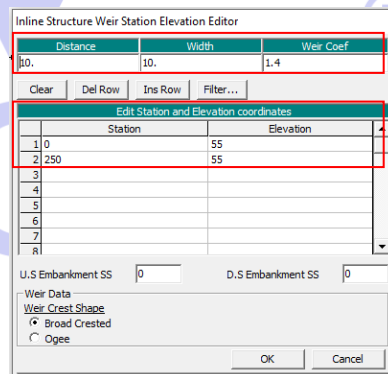
- Add an Inline Structure



- ใส่ station : 80000



กดปุ่ม  และใส่ค่าตามรูป จากนั้นกด OK

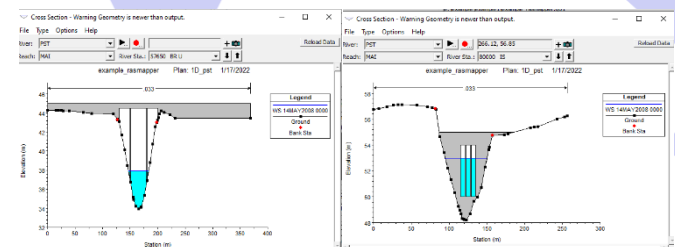
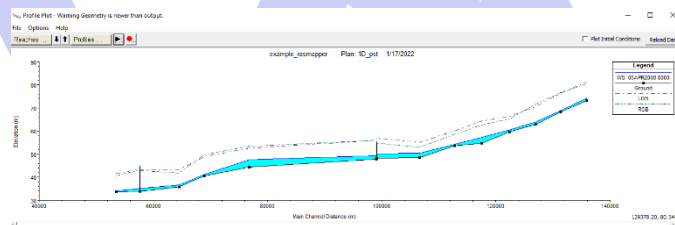


กตปุม และใส่ค่าตามรูปจากนั้น
กต OK

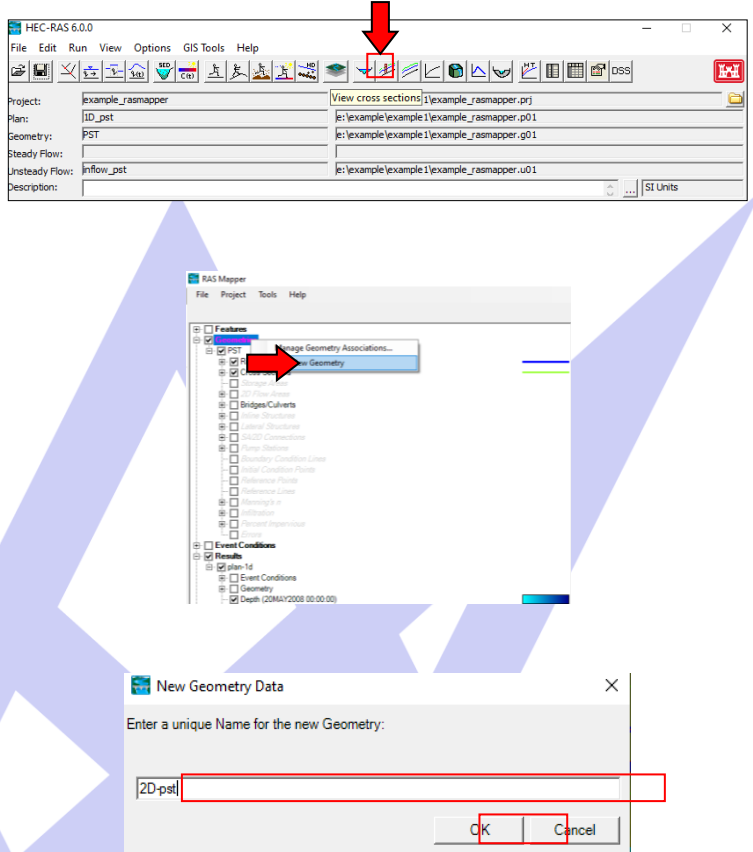
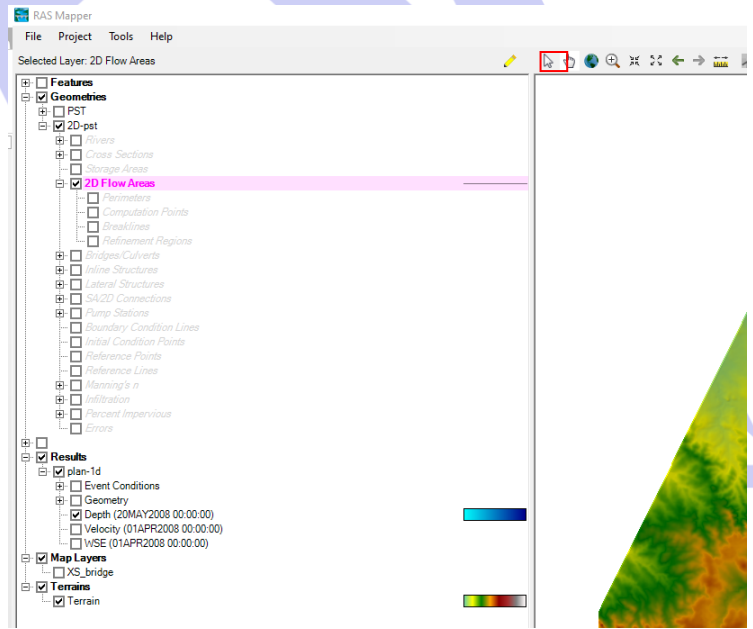
- กตปุม ทำการรันแบบจำลองซ้ำ
อีก1 ครั้ง เปลี่ยน Computation
Interval เป็น 5 Minute เพื่อ
บันทึกข้อมูลลำนน้ำที่มีสะพาน,และท่อลอด

- ดูผลจากแบบจำลองกตปุม เพื่อ
แสดงโปรไฟล์ลำนน้ำ

- ดูผลจากแบบจำลองกตปุม เพื่อ
แสดงรูปตัดลำนน้ำ



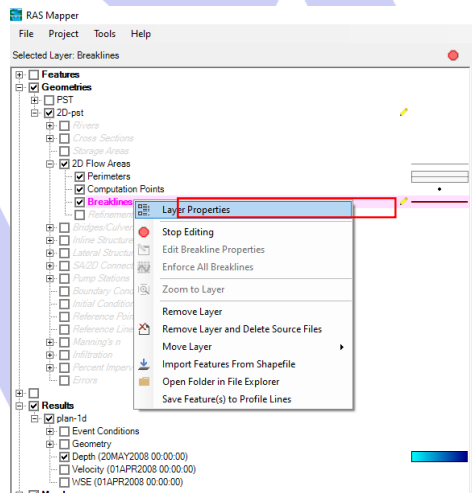
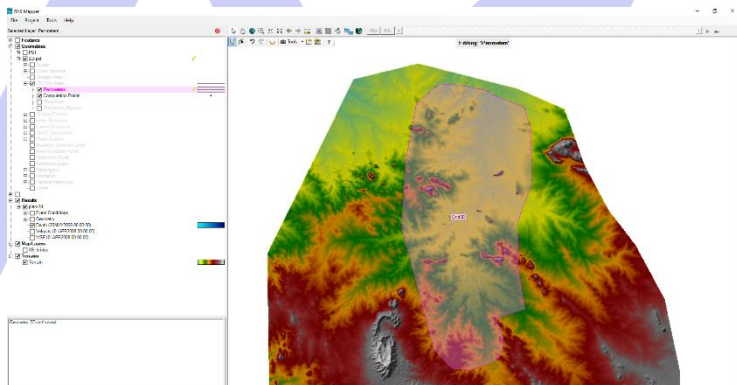
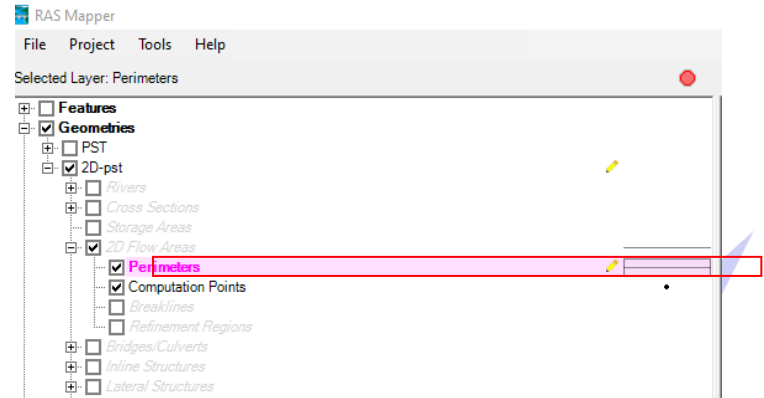
2.3) การจัดทำแบบจำลอง 2D ใน RAS-Mapper

- เปิด RAS Mapper  - คลิกขวา Add New Geometry - ตั้งชื่อ 2D-pst	
- กด Strat Editing 	

- เลือก 2D Flow Areas > Perimeters

- ทำการลากพื้นที่ศึกษาพอดิบเบิลคลิกเสร็จสิ้น
ให้ตั้งชื่อว่า Grid2D กด Ok จากนั้นกด Close

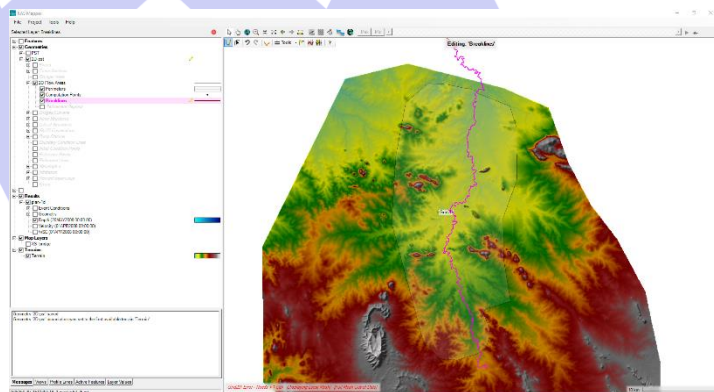
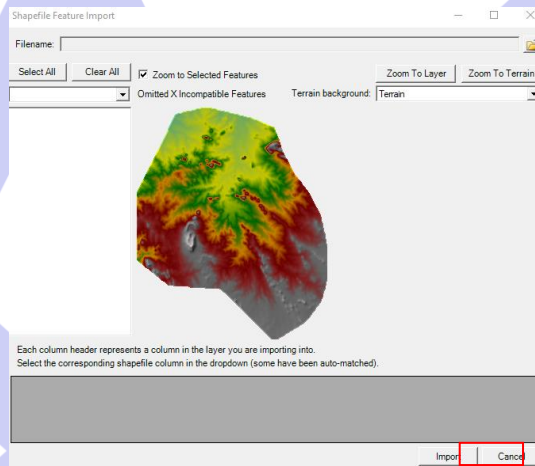
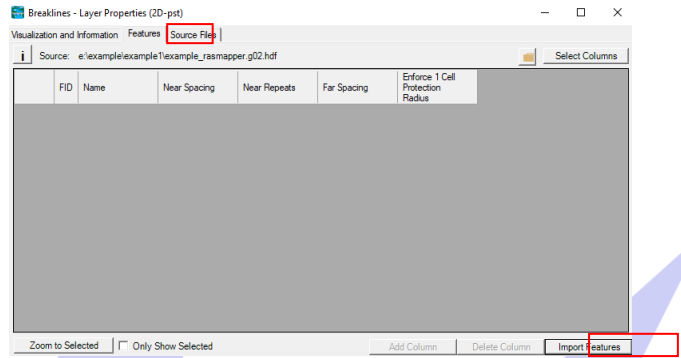
- คลิกขวาที่ Breakline > Layer Properties



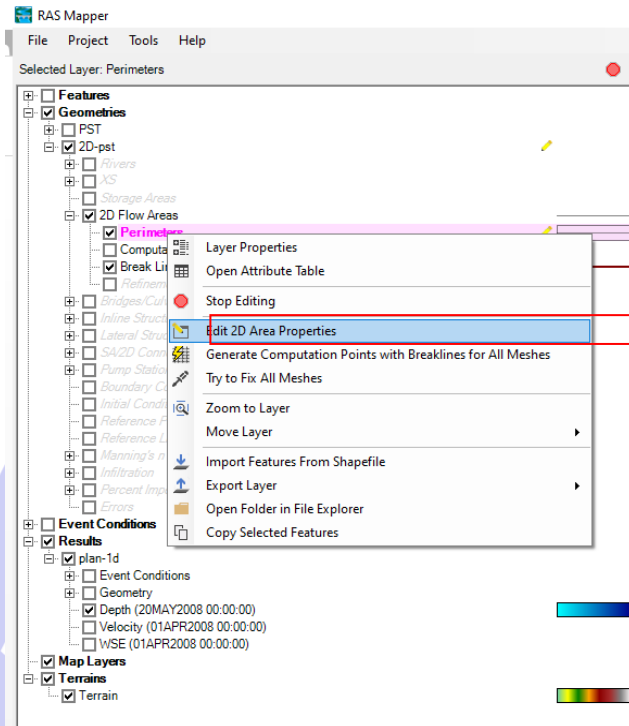
- กดเลือก Features > Import Features

- กดปุ่ม  เพื่อเปิดไฟล์ example>
SHP > streamPST.shp

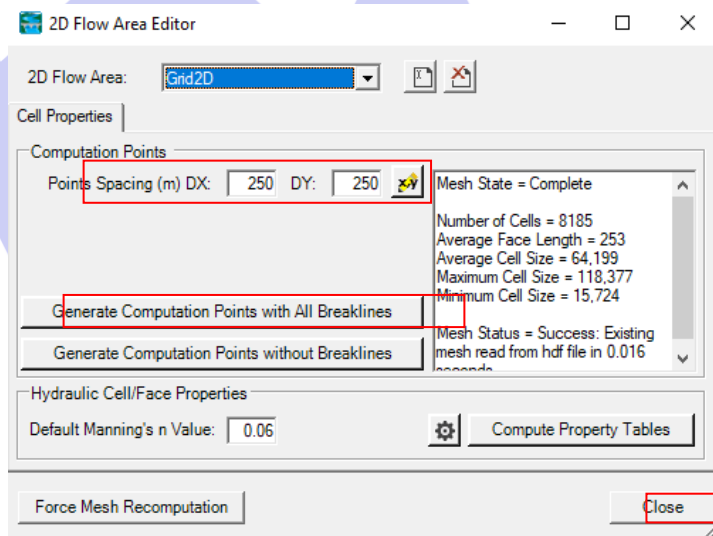
- กด Import



คลิกขวาที่ Perimeters > Edit 2D Area Properties



- ตั้ง Point Spacing 250*250 และ กด Generate Computation Points With All Breaklines และกด Close



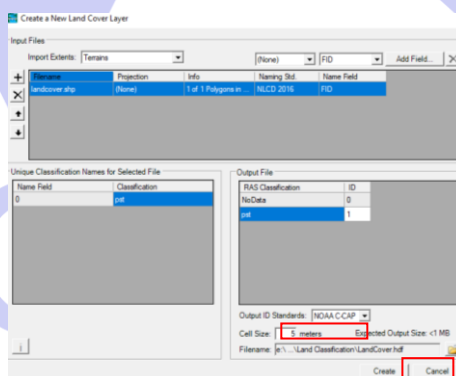
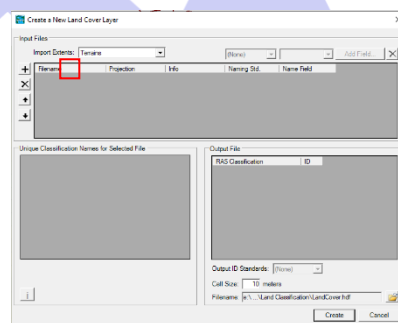
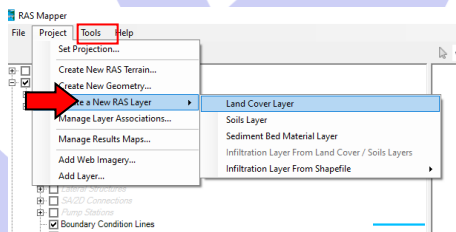
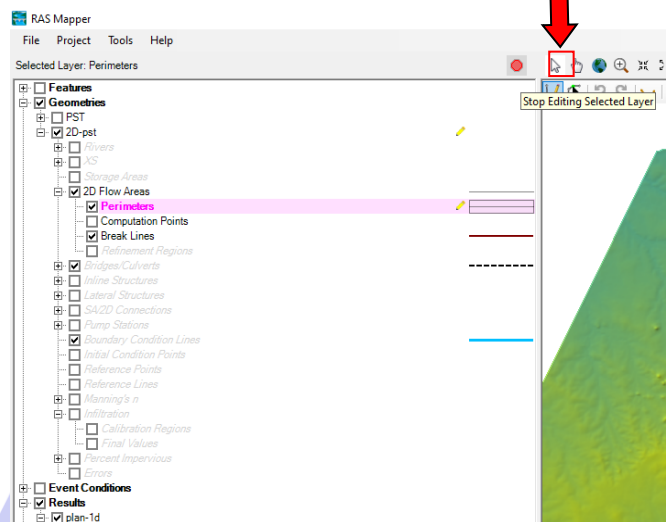
- ทำการ Stop Edits โดยกดปุ่ม

ตอบ Yes

- สร้าง Land Cover เพื่อใส่ค่า manning ' n

กดเครื่องหมาย + และเข้าไปที่ example >
SHP > landcover.shp

- ตั้งชื่อเป็น pst และ Cell Size : 5 meters
จากนั้นกด Create

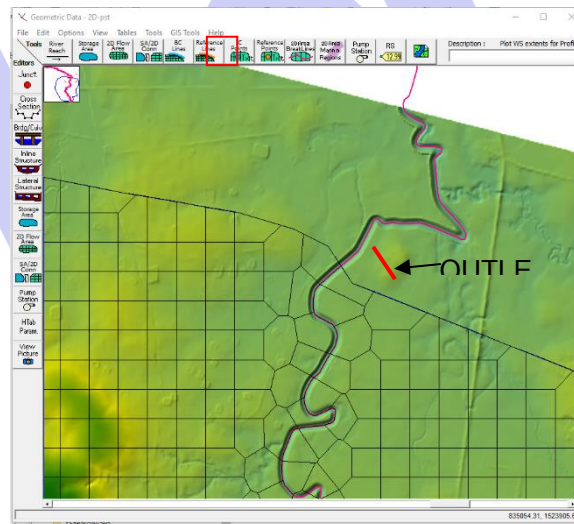
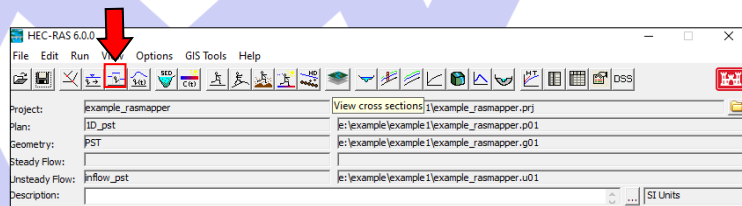
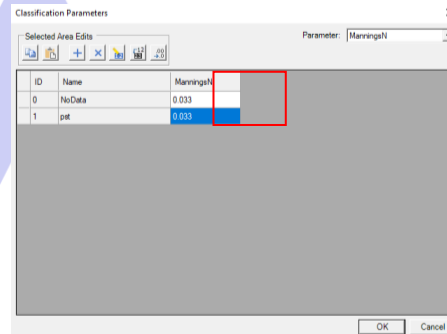
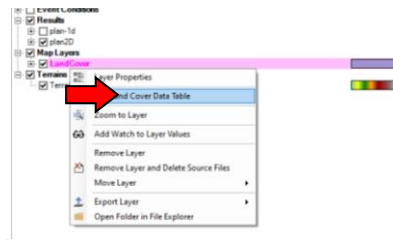


- คลิกขวาที่ Terrain > Manage Terrain Associations

- ตั้งค่าให้เป็น 0.033 แล้วกด OK

กดปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่างแสดง Geometry

- ชุมไปด้านท้ายน้ำแล้วเลือก  กำหนดขอบเขตด้านท้ายน้ำดังกล่าวชื่อว่า outlet

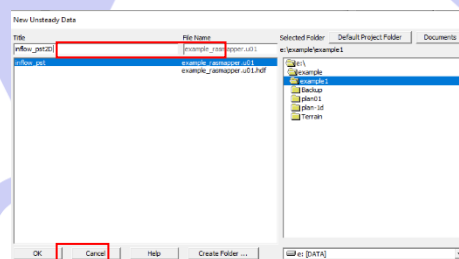
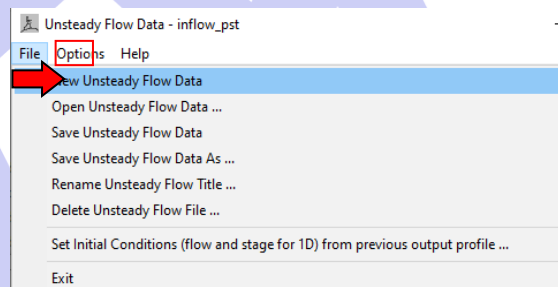
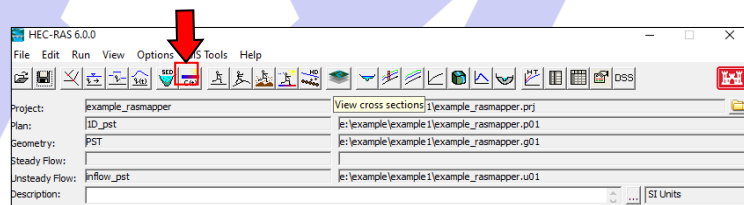
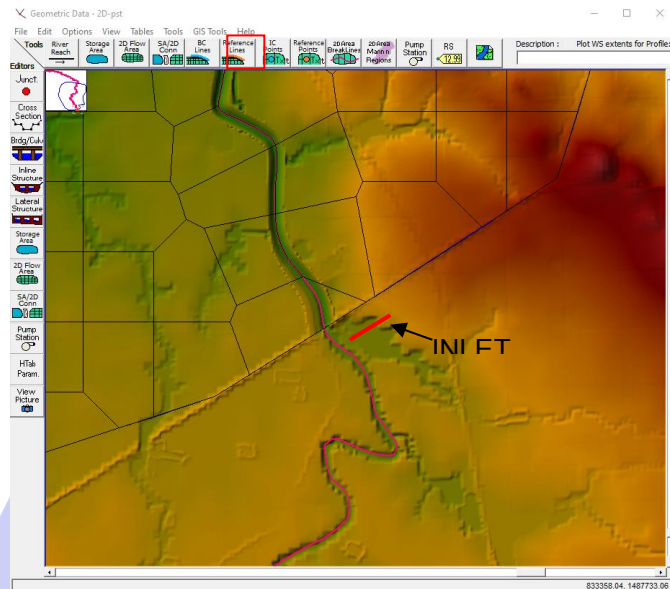


- ชุมไปด้านเหนือแล้วเลือกกำหนดขอบเขตด้านเหนือที่ตั้งชื่อว่า inlet

- กดปุ่ม  เพื่อไปกำหนด Inflow ของแบบจำลอง

- เลือก New Unsteady Flow Data

- ตั้งชื่อเป็น inflow_pst2D



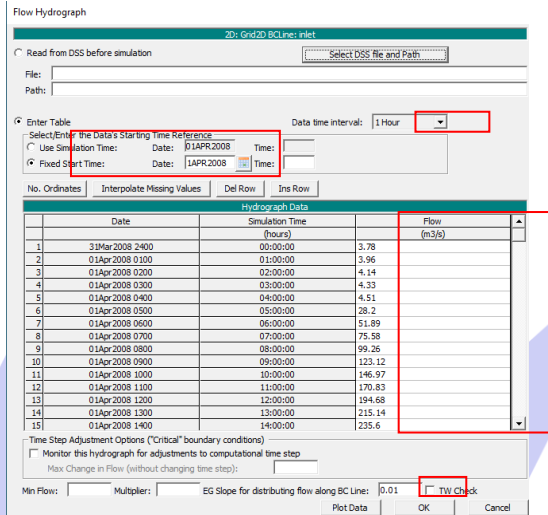
- ขอบเขตด้านเหนือน้ำใส่ข้อมูล inflow ที่ BCLine : inlet กำหนด Types เป็น Flow Hydrograph สามารถดูข้อมูลได้ใน Excel :
example>Excel>hydrograph.xlsx
กำหนด Data time interval : 1 Hour
Fixed Start Time : 1APR2008
และ กำหนด BCLine : 0.01

- ขอบเขตด้านท้ายน้ำใส่ข้อมูล Slope ที่ BCLine : outlet กำหนด Types เป็น Normal Depth โดยมีค่า = 0.001

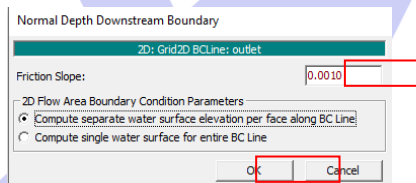
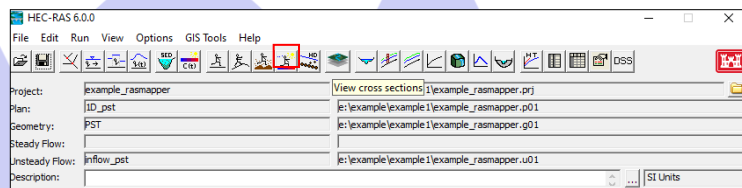
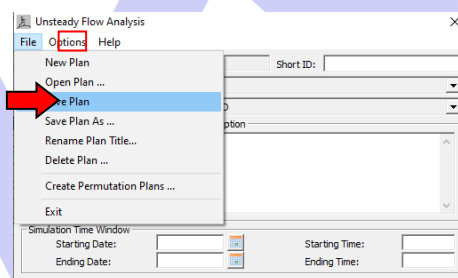
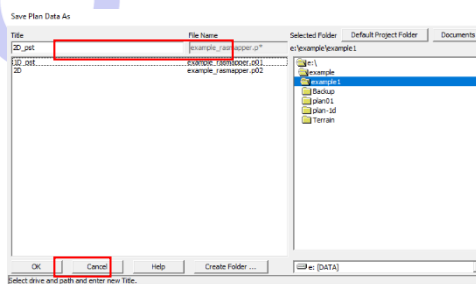
- กดปุ่ม  เพื่อไปกำหนด Inflow ของแบบจำลอง

- Save Plan

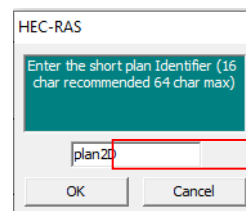
- ตั้งชื่อ 2D_pst



No. Ordinate	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m³/s)
1	31Mar2008 2400	00:00:00	3.78
2	01Apr2008 0100	01:00:00	3.96
3	01Apr2008 0200	02:00:00	4.14
4	01Apr2008 0300	03:00:00	4.33
5	01Apr2008 0400	04:00:00	4.51
6	01Apr2008 0500	05:00:00	28.2
7	01Apr2008 0600	06:00:00	51.89
8	01Apr2008 0700	07:00:00	75.58
9	01Apr2008 0800	08:00:00	99.26
10	01Apr2008 0900	09:00:00	123.12
11	01Apr2008 1000	10:00:00	146.97
12	01Apr2008 1100	11:00:00	170.83
13	01Apr2008 1200	12:00:00	194.68
14	01Apr2008 1300	13:00:00	215.14
15	01Apr2008 1400	14:00:00	235.6

- ตั้งชื่อ plan2D



- ตั้งค่าแบบจำลองตามภาพ

โดยเลือก Geometry

Preprocessor

Unsteady Flow Simulation

Post Processor

Floodplain Mapping

Starting Date : 01APR2008

Ending Date : 04APR2008

Computation Interval : 5

Minute

Mapping Output Interval : 1

Hour

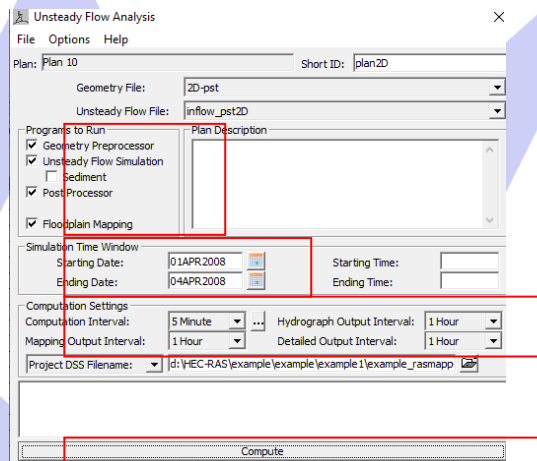
Hydrograph Output Interval : 1

Hour

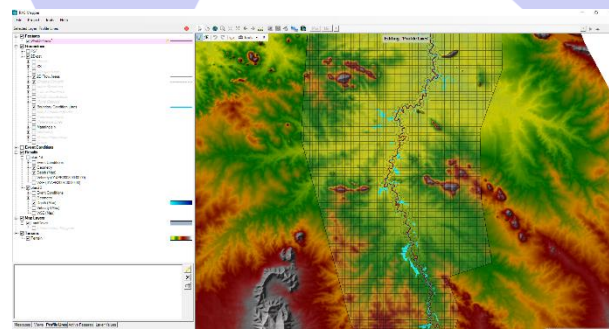
Detailed Output Interval : 1

Hour

กด Compute



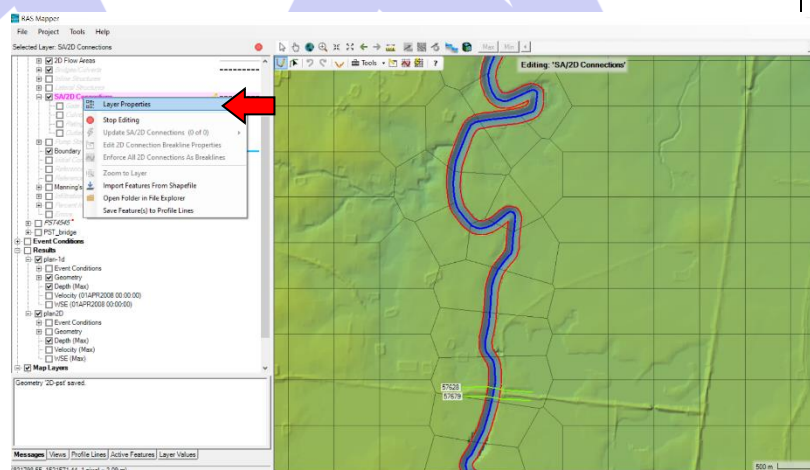
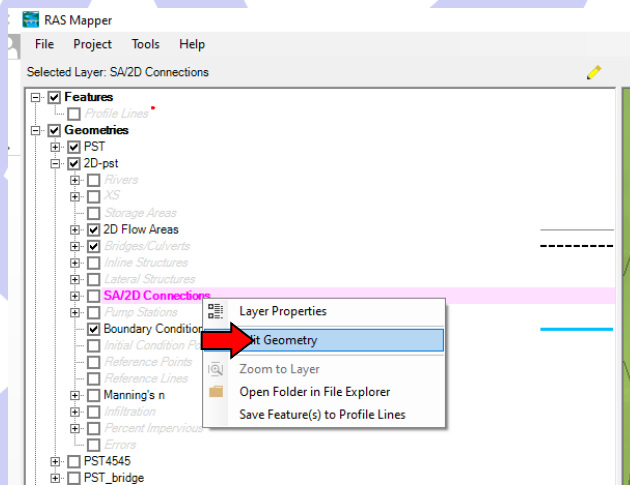
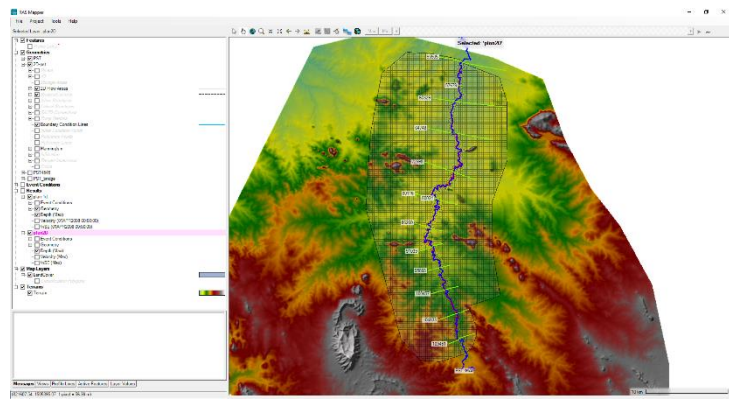
- กดปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่างแสดง floodmap



- การสร้างสะพานสำหรับ 2D

คลิกขวาที่ SA/2D Connections > Edit Geometry

- คลิกขวาที่ SA/2D Connections > Layer Properties

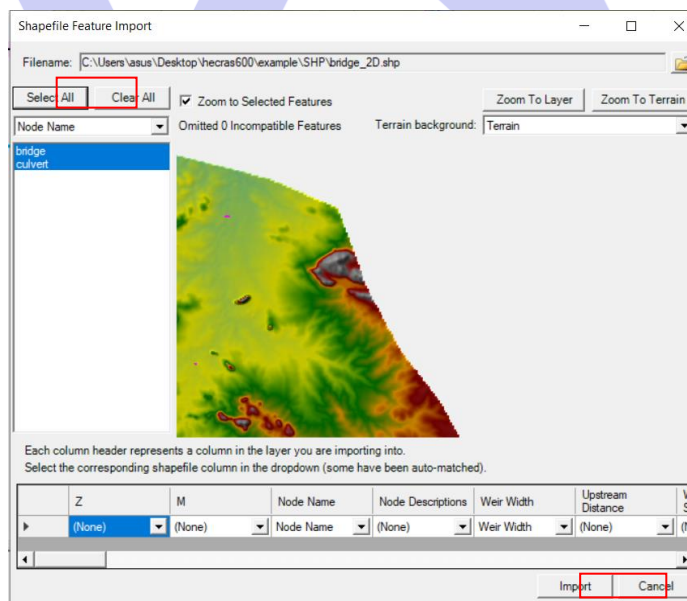
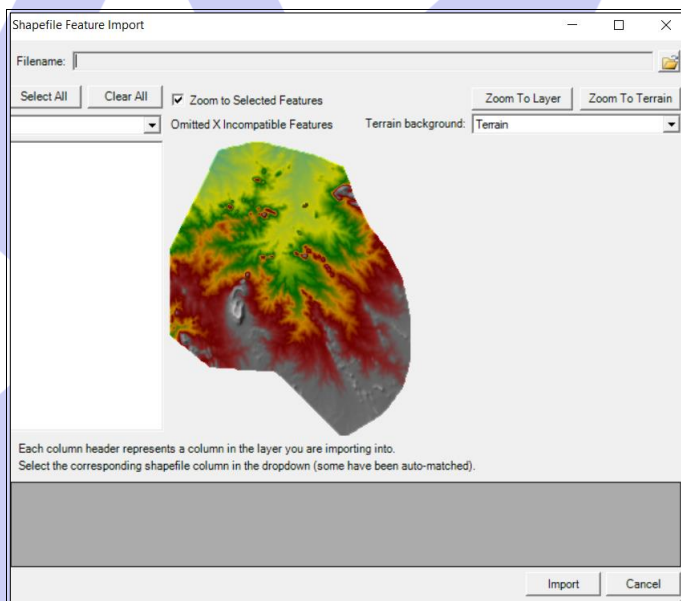
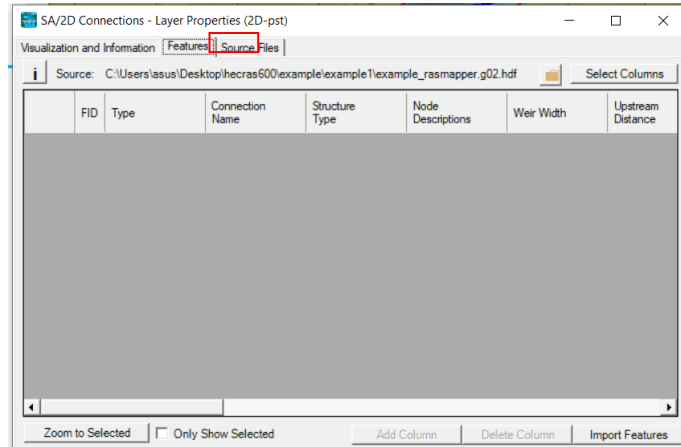


- Import Feature

- กดปุ่ม  เพื่อเปิดไฟล์

example>SHP >
bridge_2D.shp

- กด Select All และกด Import

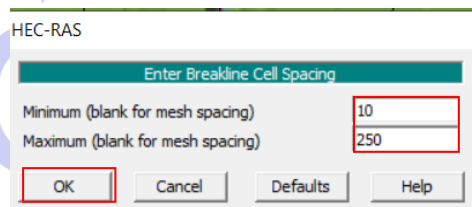
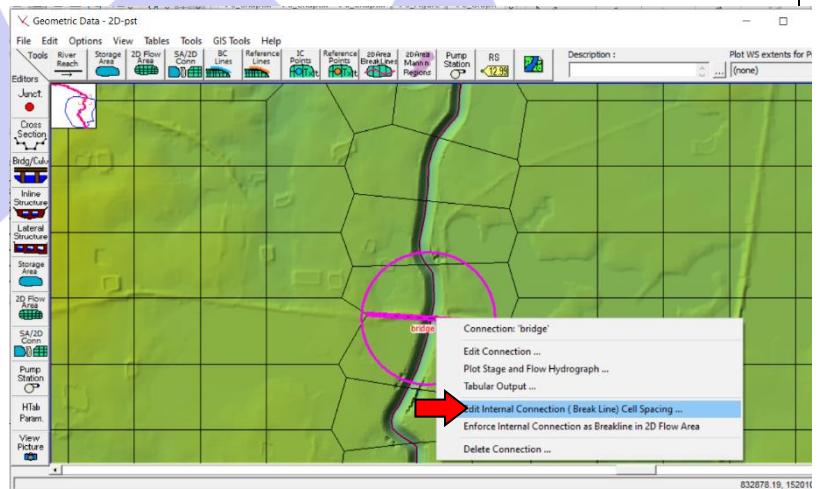
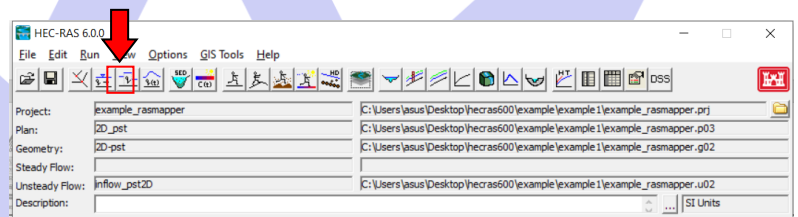
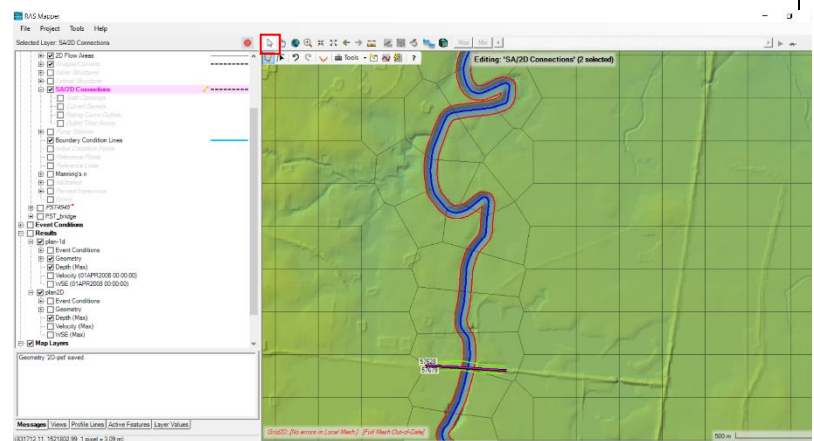


- กด Stop Editing

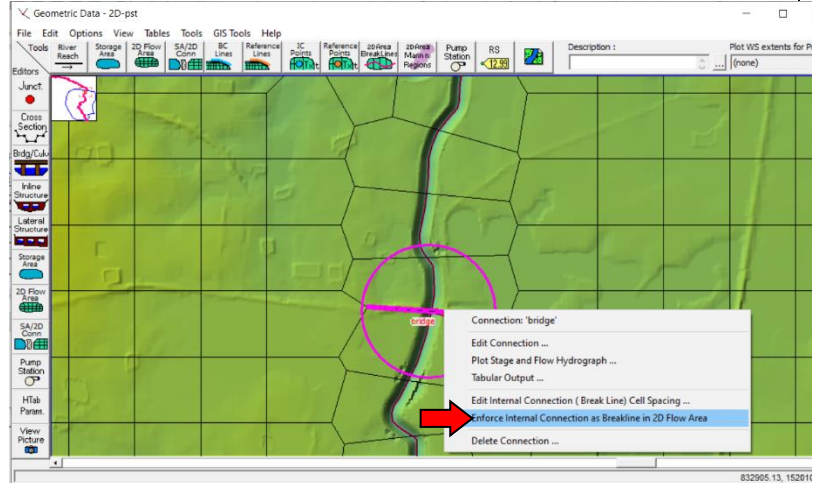
- กดปุ่ม

- คลิกซ้ายที่ Bridge และ Culvert โดยกดไปที่ Edit internal Connection

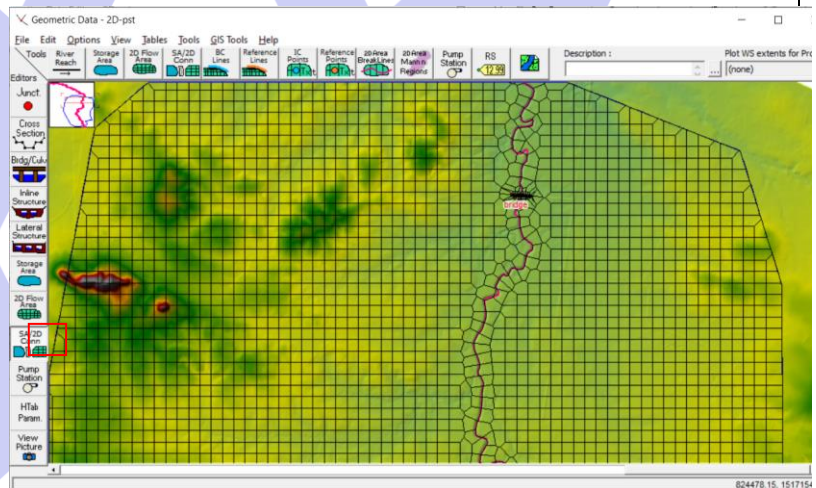
- ตั้งค่าตามรูป



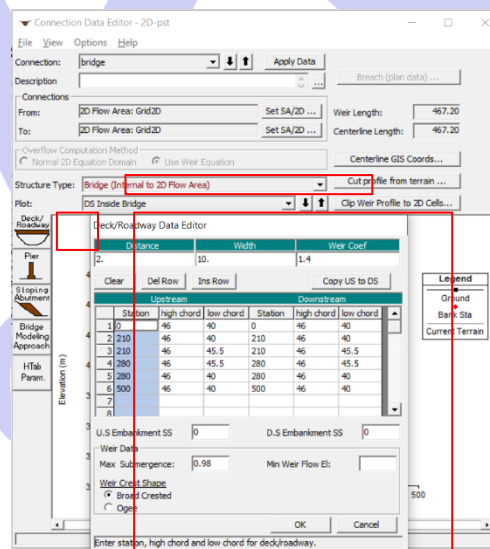
- คลิกซ้ายที่ Bridge และ Culvert โดยกดไปที่
Enforce Internal



- กด  เพื่อสร้าง Bridge และ Culvert



- กดปุ่ม  แล้วตั้งค่าตามรูปแล้วกด OK

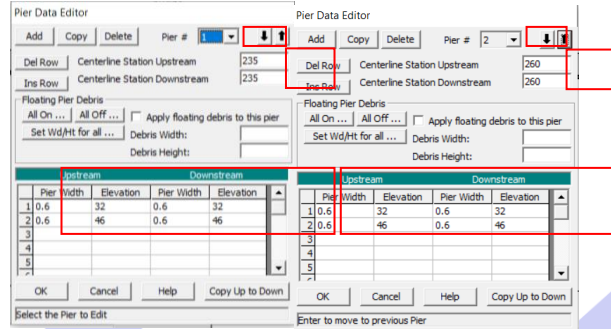
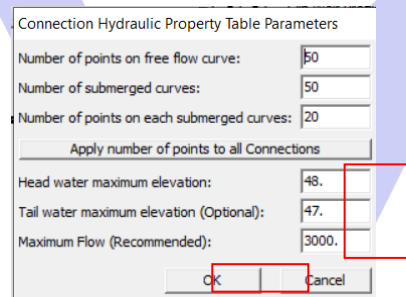
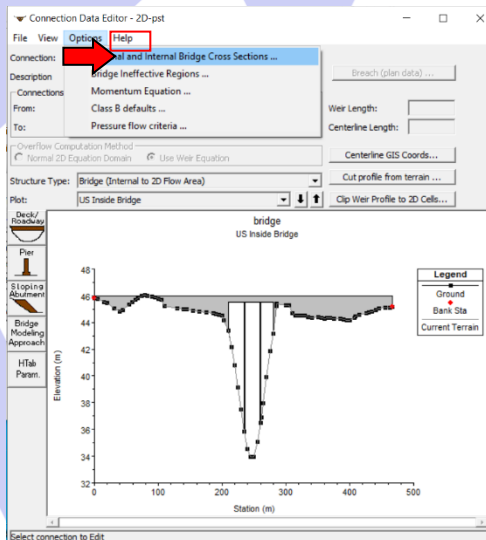


- กดปุ่ม  แล้วตั้งค่าตามรูปแล้วกด OK

- กดปุ่ม  แล้วตั้งค่าตามรูปแล้วกด OK

- กำหนดค่า Manning's n

- กำหนดค่าลำดับที่ 1, 2 และลำดับสุดท้ายทั้ง 4 ช่องเป็น 0.033

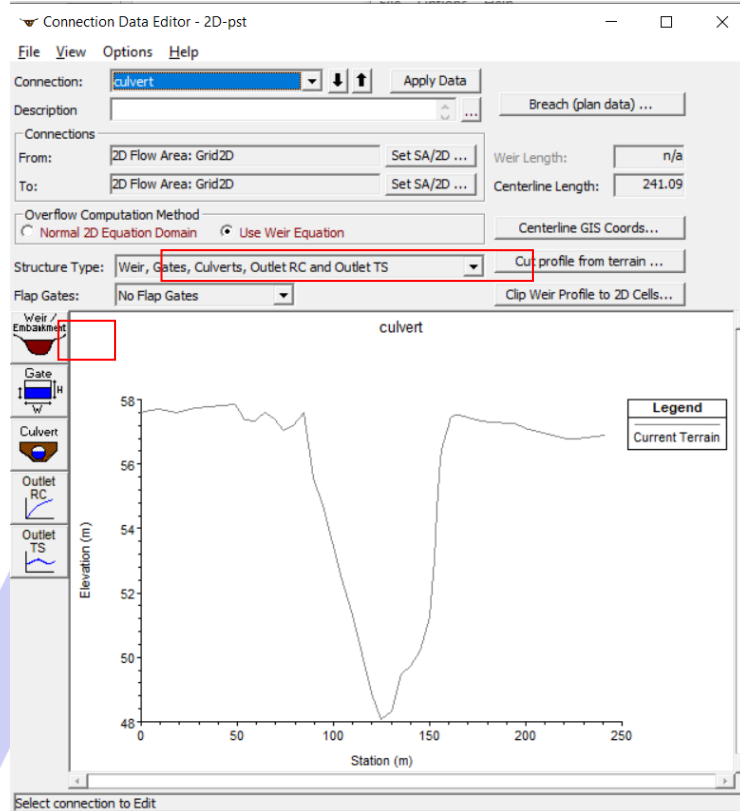
Bridge Cross Sections

Upstream Outside				Upstream Inside				Downstream Inside				Downstream Outside			
Non-Channeled Bank Stationing				Non-Channeled Bank Stationing				Non-Channeled Bank Stationing				Non-Channeled Bank Stationing			
Left Bank Sta		Right Bank Sta		Left Bank Sta		Right Bank Sta		Left Bank Sta		Right Bank Sta		Left Bank Sta		Right Bank Sta	
0		467.204		0		467.204		0		467.204		0		467.204	
Station	Elevation	Mann n		Station	Elevation	Mann n		Station	Elevation	Mann n		Station	Elevation	Mann n	
80	467.204	44.901	0.033	77	455.421	45.118		86	453.186	44.582		77	439.594	44.16	
81				78	463.227	45.117		87	459.77	44.564		78	449.615	44.147	
82				79	467.204	45.139	0.033	88	464.781	44.494		79	439.637	44.094	
83				80				89	467.204	44.425	0.033	80	464.640	43.996	
84				81				90				81	467.204	43.9	0.033
85				82				91				82			
86				83				92				83			
87				84				93				84			
88				85				94				85			
89				86				95				86			
90				87				96				87			
91				88				97				88			

- การสร้าง culvert ต้องทำการสร้าง Weir

ก่อนโดยกดปุ่ม  ให้ตั้งค่าต่างๆดังรูปโดยใส่
ขอ X Y ดังนี้

0	57.58
4.706	57.663
9.045	57.699
18.415	57.606
23.486	57.662
28.557	57.749
48.84	57.862
49.894	57.756
52.428	57.538
53.91	57.378
58.981	57.345
61.105	57.435
64.052	57.592
65.443	57.555
69.123	57.406
74.193	57.039
79.264	57.192
84.335	57.593
89.406	57.6
94.476	57.6
104.618	57.6
109.689	57.6
119.83	57.6
124.901	57.6
129.972	57.6
135.042	57.6
140.113	57.6
145.184	57.6
150.255	57.6
152.209	57.6
153.607	57.6
155.326	57.6
156.548	57.6
159.708	57.6
160.396	57.6
160.886	57.6
163.786	57.6
165.224	57.6
171.909	57.42
173.901	57.374
180.679	57.294
193.82	57.244
200.962	57.085
206.033	56.994
221.622	56.799
225.961	56.792
241.087	56.889



Storage Area Connection Weir Data

Weir Data

Weir Width: 10.0

Weir Computation: Top width of the weir in direction of weir flow (used for display)

Standard Weir Equation Parameters

Weir Coefficient (Cd): 1.6

Weir Crest Shape: Broad Crested

HW Connections ...

TW Connections ...

Embankment Station/Elevation Table

Insert Row

Delete Row

Filter...

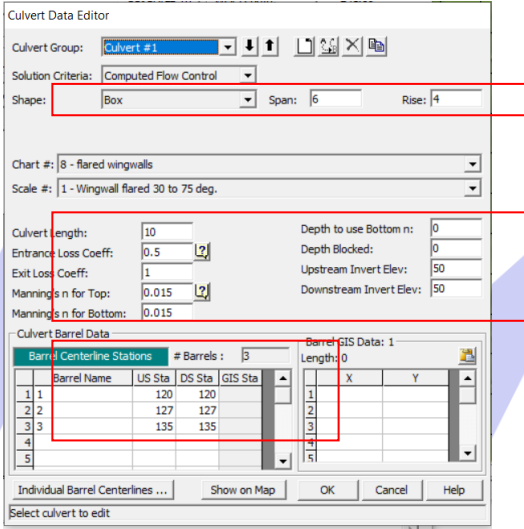
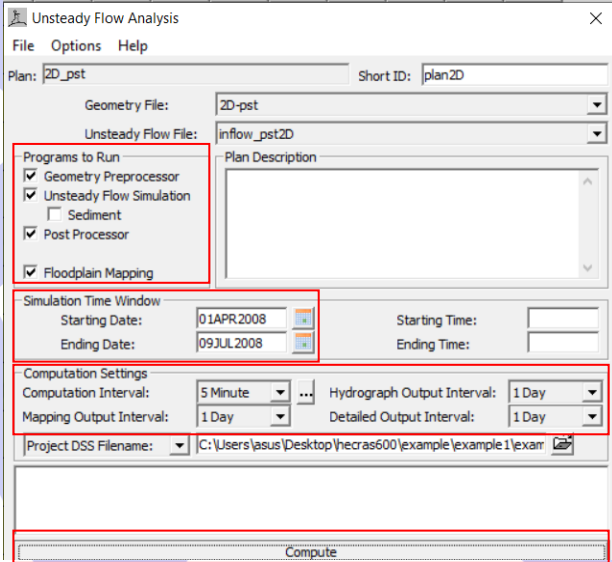
	Station	Elevation
1	0	57.58
2	4.706	57.663
3	9.045	57.699
4	18.415	57.606
5	23.486	57.662
6	28.557	57.749
7	48.84	57.862
8	49.894	57.756
9	52.428	57.538
10	53.91	57.378
11	58.981	57.345
12	61.105	57.435
13	64.052	57.592
14	65.443	57.555
15	69.123	57.406
16	74.193	57.039
17	79.264	57.192
18	84.335	57.593
19	89.406	57.6
20	94.476	57.6
21	104.618	57.6
22	109.689	57.6

OK

Cancel

- กดปุ่ม  แล้วตั้งค่าตามรูปแล้วกด OK

ทำการ **Compute** อีกรอบเพื่อเพิ่มข้อมูล Bridge และ Culvert

กล่าวโดยสรุป การศึกษาด้านชลศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการวิเคราะห์น้ำหลาก การคาดการณ์น้ำท่วมและการกำหนดการไหลตามเส้นทางน้ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการศึกษาโครงการ เช่น การศึกษาความเหมาะสมของโครงการ การประเมินผลกระทบจากการมีโครงการพัฒนาแหล่ง ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดทำคู่มือนี้ จะมีประโยชน์ในการจัดทำรายงานการศึกษาโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ เป็นแนวทางไว้ให้ศึกษาหรือยึดถือเป็นตัวอย่างในการดำเนินงาน ต่อไป

คำสำคัญ (3 คำ): ชลศาสตร์ , การไหลในลำน้ำ , HEC-RAS.

แหล่งอ้างอิง:

Z:\โครงการที่ดำเนินการอยู่\WRE_PROJECT\326302 โครงการจัดทำผังน้ำ ลุ่มน้ำบางปะกง \04_Report สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.). (2565). การจัดทำผังน้ำ ลุ่มน้ำบางปะกง สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2566

Yingyong P, Taesombat W. Dam break simulation of Kaeng Krachan dam by HEC-RAS model.

In: Institute of Engineering, Suranaree University of Technology. Proceeding of the TSAE International Conference 21st. Nakhon Ratchasima; 2020.

US

Army Corps of Engineers. HEC-RAS river analysis system (User's manual). United State; 2020

