การประยุกต์โปรแกรม iRIC-Nays2DFlood ศึกษาพฤติกรรมและผลกระทบจากการหลากของน้ำท่วมเนื่องจากการวิบัติของเขื่อนเซเปียน
Application of iRIC-Nays2DFlood for Study the Flow Behavior and Impact of Flooding from the Failure of Xe-Pian Dam

กุลยา ขันธ์วรวงศ์[1] ,ภัทรานิษฐ์ ชุ่มมิ[2] และ สนิท วงษา[3,*]

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[1]Kunlaya Khanworawong; E-mail address: Peakh_@hotmail.com
[2]Pattranit Chummi; E-mail address: pattrazn7@gmail.com
[3]Sanit Wongsa; E-mail address: sanit.won@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องเหตุการณ์วิบัติของเขื่อนเซเปียน บริเวณเขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำ D ที่ตั้งอยู่ที่เมืองสะหนามไซ แขวงอัตตะปือ ประเทศลาว ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อพื้นที่บริเวณนั้น ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้โปรแกรม iRIC-Nays2DFlood เพื่อสร้างแบบจำลอง ที่แสดงพฤติกรรมการไหล ขอบเขตพื้นที่ ระดับความลึก และระยะเวลาการท่วมขังของน้ำท่วม จากการศึกษาได้นำผลคำนวณไปสร้างแผนที่น้ำท่วมและแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางป้องกันและเตรียมการรับมือเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: เขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำ D, เขื่อนเซเปียน, เขื่อนแตก, iRIC-Nays2DFlood, แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม

Abstract

The disaster of the Xe-Pian dam caused a lot of damage to the surrounding area. The saddle dam D, located in Sanamxai, Attapeu province, Laos. The researcher applied the program iRIC-Nays2DFlood to create a model that shows flow behavior boundary, area, depth and duration of flooding from the study. The calculation results were used to create flood maps and flood risk maps. As well as suggesting preventive measures and preparing for future incidents.

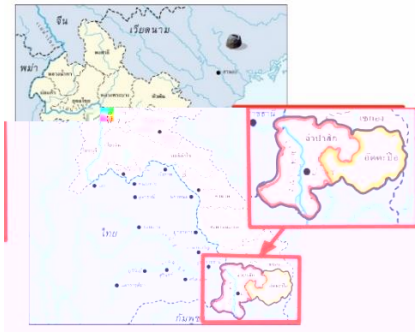
Keywords: Saddle Dam D, Xe-Pian dam, Dam Break, iRIC-Nays2DFlood, Flood Risk Map

1. คำนำ

ปี พ.ศ. 2561 ประเทศลาว ประสบปัญหาการวิบัติของเขื่อน Saddle dam D ในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนเซเปียน-เซน้ำน้อย ซึ่งการวิบัตินี้ทำให้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ ส่งผลกระทบทั้งด้านเศรษฐกิจและประชาชนในพื้นที่อย่างมาก

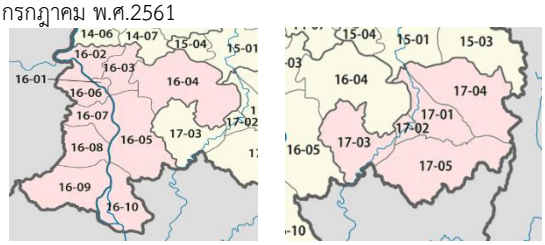
จากความบกพร่องและล่าช้าจากการเตือนภัยที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมและแบบจำลองที่สามารถแสดงได้ทั้งระยะเวลา ทิศทาง ความลึกและขอบเขตของน้ำท่วมจากการประยุกต์ใช้โปรแกรม iRIC-Nays2DFlood เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนรับมือสถานการณ์ในอนาคตหรือประยุกต์ใช้กับพื้นที่เสี่ยงอื่นๆได้

2. พื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1 แผนที่ประเทศลาวและพื้นที่ศึกษา
ที่มา: https://www.matichon.co.th/columnists/news_199717

จากรูปที่ 1 จะเห็นบริเวณพื้นที่โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อน เซเปียน-เซน้ำน้อย ตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแขวงอัตตะปือและแขวงจำปาสัก ประเทศลาว โดยระยะเวลาที่ศึกษาตั้งแต่วันที่เกิดการวิบัติคือ ตั้งแต่วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ.2561



(ก) (ข)

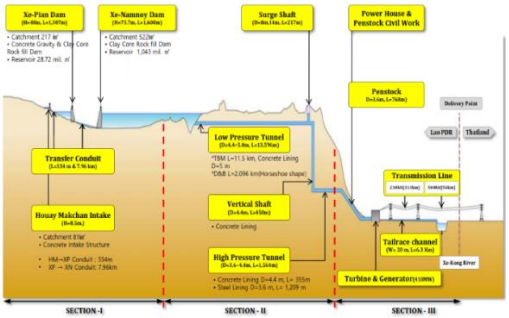
รูปที่ 2 พื้นที่แขวงจำปาสักและแขวงอัตตะปือ
ที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/ประเทศลาว

จากรูปที่ 2(ก) แขวงจำปาสักมีพื้นที่ทั้งหมด 15,415 ตารางกิโลเมตร มีเขตติดต่อกับประเทศไทยและประเทศกัมพูชา เป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำโขงและแม่น้ำเซเปียน ตอนกลางเป็นเทือกเขาสูง มีประชากรทั้งหมดประมาณ

643,785 คน และรูปที่ 2(ข) คือ แขวงอัตตะปือมีพื้นที่ 1,032 ตาราง-กิโลเมตร ภูมิประเทศปกคลุมด้วยป่าทึบและเขาสูง มีเขตติดต่อกับประเทศเวียดนามและกัมพูชา ประชากรทั้งหมดประมาณ 123,398 คน

2.1 โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนเซเปียน-เซน้ำน้อย ณ เขื่อนปิดช่องเขาต่ำ Saddle Dam D[2][3][5]

โครงการนี้เกิดจากการร่วมลงทุนของ 3 ประเทศ คือ เกาหลี : บริษัท SK Engineering and Construction จำกัด, บริษัท Korea Western Power จำกัด, บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรีโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ประเทศไทย และบริษัท Lao Holding State Enterprise สปป.ลาว โดยสภาพทั่วไปของโครงการแระกอบไปด้วย 2 เขื่อน และ 1 ฝายกั้นน้ำ หรือเรียกอีกแบบคือ “อ่างเก็บน้ำ 3 ระดับ” ซึ่งถูกพื้นที่โครงการจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกคือการผันน้ำจากฝายห้วยหมากจันไปสู่เขื่อนเซเปียนและส่งไปสู่เขื่อนเซน้ำน้อย จากนั้นส่วนที่สองคือ ส่วนที่ผันน้ำจากเขื่อนผ่านอุโมงค์ในแนวราบและแนวดิ่งเพื่อส่งไปสร้างกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าในส่วนที่สาม ณ แขวงอัตตะปือ หลังจากการสร้างกระแสไฟฟ้าแล้วน้ำจะถูกส่งลงสู่แม่น้ำเซกอง ดังความสัมพันธ์ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 องค์ประกอบของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนเซเปียน-เซน้ำน้อย
ที่มา: http://www.pnpclaos.com/index.php/en/project/

โดยเขื่อนประกอบหลักทั้ง 2 เขื่อน คือ เขื่อนเซเปียนเป็นเขื่อนประเภท Earth and Rock Fill Dam มีความจุอ่างเก็บน้ำอยู่ที่ 28.72 ล้านลูกบาศก์เมตรดังรูปที่ 4 และจากรูปที่ 5 เขื่อนเซน้ำน้อย เป็นเขื่อนประเภท Rock Fill Dam หรือเขื่อนหินถม กั้นลำน้ำเซนน้ำน้อยที่ไหลลงสู่แม่น้ำเซกอง มีความจุอ่างเก็บน้ำ 1,043.27 ล้านลูกบาศก์เมตร

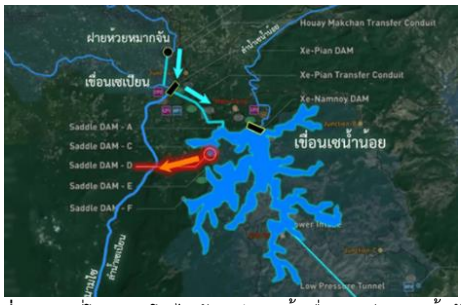


รูปที่ 4 เขื่อนเซเปียน
ที่มา: https://www.thairath.co.th/news/local/1341798



รูปที่ 5 เขื่อนเซน้ำน้อย
ที่มา: https://www.thairath.co.th/news/local/1341798

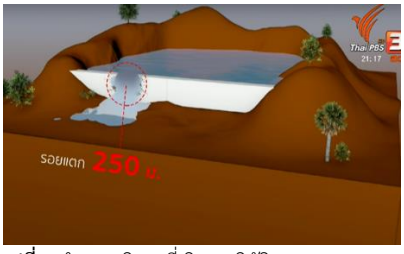
เนื่องจากเขื่อนเซน้ำน้อยตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาจำเป็นต้องสร้างเขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำขึ้น ประกอบไปด้วย 5 เขื่อนดิน คือ Saddle Dam A, C, D, E และ F ดังรูปที่ 6 ซึ่งบริเวณที่เกิดการวิบัติคือบริเวณ Saddle Dam D



รูปที่ 6 แผนที่โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนเซเปียน-เซน้ำน้อย
ที่มา: https://positioningmag.com/1180457

2.2 ลักษณะและผลกระทบจากการวิบัติของเขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำ D[1]

เขื่อนปิดช่องเขาต่ำ D มีความสูง 16 เมตร สันเขื่อนมีความกว้างประมาณ 8 เมตร ความยาวของสันเขื่อนประมาณ 770 เมตร โดยเกิดการวิบัติเป็นแนวยาวประมาณ 200 – 300 เมตร ดังรูปที่ 7 ทำให้มีน้ำหลากออกจากเขื่อนมากกว่า 600 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งมวลน้ำจำนวนนี้เทียบเท่ากับ 2 ใน 3 ของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จ.นครนายก ที่มีความจุ 960 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายอย่างน้อย 8 หมู่บ้าน คือ บ้านท่าม่วง บ้านใหม่ บ้านสะหนองใต้ บ้านหินลาด บ้านท่าหินใต้ บ้านท่าบก บ้านท่าแสงจัน และบ้านตะหมอยอด เมืองสะหนามไช แขวงอัตตะปือ ซึ่งทำให้มีประชาชนได้รับผลกระทบประมาณ 16,000 คน มีผู้เสียชีวิต 27 คน สูญหายจำนวน 123 คน และไร้ที่อยู่อาศัย 6,600 คน ณ วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2561 โดยรูปที่ 8แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบางส่วนในเหตุการณ์นี้



รูปที่ 7 จำลองบริเวณที่เกิดการวิบัติ Saddle Dam D
ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=sO7nsmPxQFw



รูปที่ 8 ความเสียหายจาก Saddle Dam D วิบัติ
ที่มา: https://www.komchadluek.net/ news/foreign/336139

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แบบจำลองทางชลศาสตร์ iRIC-Nays[5][6]

โปรแกรม iRIC-Nays เป็นfreeware ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย The Foundation of Hokkaido River Disaster Prevention Research Center (iRIC) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมพร้อมกับคู่มือการใช้งานได้จากเว็บไซต์ http://iric.org/nays/en/download.html

3.2 หลักการทำงานของแบบจำลอง iRIC-Nays

แบบจำลอง iRIC-Nays มีลักษณะของระบบโครงสร้างที่ออกแบบไว้โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ 1) iRIC-Nays launcher 2) iRIC-Nays Pre 3) Sample solver and library 4) iRIC-Nays2D,3D ซึ่งงานวิจัยนี้เราเลือกใช้โปรแกรม iRIC-Nays2DFlood แบบจำลองนี้สามารถใช้คำนวณเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำได้ทั้งแบบคงที่และแบบไม่คงที่ สำหรับการแสดงผล สามารถแสดงได้หลายรูปแบบทั้งที่เป็นปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ เช่น เส้นการไหล เวกเตอร์ทิศทางของการไหล เส้นชั้นความสูง และการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ เป็นต้น หรือ มีความสามารถนำเสนอข้อมูลในแบบจำลองที่เป็นรูปภาพได้ในหลายๆปริมาณในรูปภาพเดียว

3.3 ทฤษฎีสมการพื้นฐาน[9]

สมการการไหลของน้ำ คือ สมการการไหลต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัมการไหลแบบ 2 มิติ ในระบบพิกัดฉาก ตามลำดับ ดังนี้

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial (hu)}{\partial x}+\frac{\partial (nv)}{\partial y}=0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (hu)}{\partial t}+\frac{\partial (hu^2)}{\partial x}+\frac{\partial (huv)}{\partial y}=-gh\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{\tau_{bx}}{\rho}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\nu\frac{\partial (hu)}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\nu\frac{\partial (hu)}{\partial y}\right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial (hv)}{\partial t}+\frac{\partial (huv)}{\partial x}+\frac{\partial (hv^2)}{\partial y}=-gh\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\tau_{by}}{\rho}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\nu\frac{\partial (hv)}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\nu\frac{\partial (hv)}{\partial y}\right] \quad (3)$$

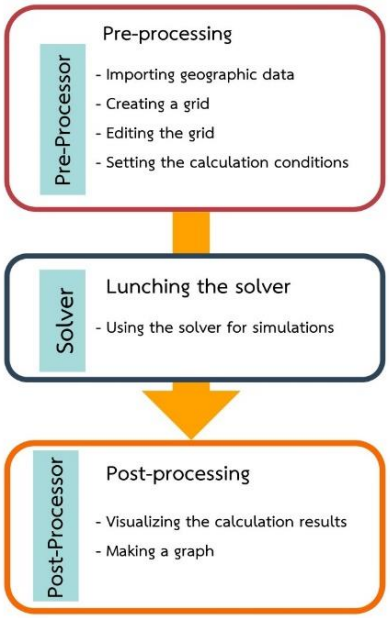
โดยที่ h คือ ความลึกของน้ำ, u,v คือ ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในแนวดิ่ง, $\tau_{x,y}$ คือ ความเค้นเฉือนในแนวแกน x,y , ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, H คือ ค่าเสาระดับ *(H= z $_b$+ h)*, z_b คือ ระดับของท้องน้ำ, ν คือ ความหนืดจลน์, t คือ เวลา, $x,\ y$ คือ แนวแกนของระบบพิกัดแบบฉากตามทิศทางการไหลกับทิศทางตั้งฉาก, พจน์ของความเค้นเฉือน $\tau_x,\ \tau_y$ และความหนืดจลน์สามารถคำนวณได้จาก

$$\tau_x=\rho C_d u\sqrt{u^2+v^2}, \tau_y=\rho C_d \quad (4)$$

$$\nu=\frac{k}{6}u_* h \quad (5)$$

โดยที่ C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, k คือ ค่าคงที่ของ Karman (มีค่าเท่ากับ 0.4) , u_* คือ ความเร็วเฉือน ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของ $u_*=C_d\sqrt{u^2+v^2}$

4. การดำเนินการวิจัย



แผนผังแสดงขั้นตอนและวิธีการใช้งานโปรแกรม

โปรแกรม iRIC เป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลอง มีขั้นตอนกระบวนการทำงาน ดังนี้ 1) Per-processing การแก้ไขและใส่ข้อมูล 2) Solver ระบบจะทำการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ใช้ และ 3) Post-processing การแสดงผลของข้อมูลในรูปแบบ แบบจำลอง 2 มิติ หรือ 3 มิติ[7][8]

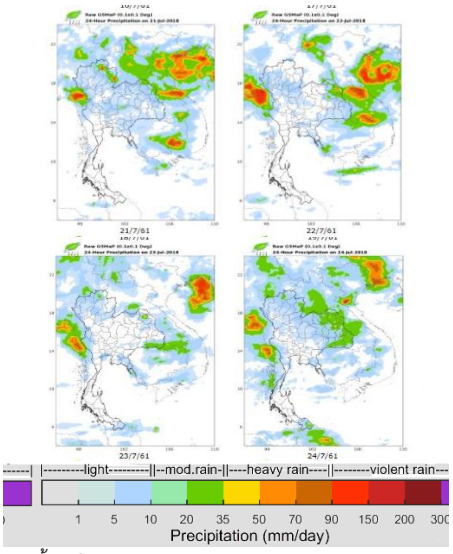
4.1 การเตรียมข้อมูลระดับพิกัดดินเดิม (DEM)

ข้อมูล SRTM DEM จากองค์กรบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NASA) มาจากเว็บไซต์ ซึ่งความละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลกริดขนาด 90x90 ม.

4.2 การเตรียมข้อมูลทางด้านสถิติปริมาณน้ำฝน[4]

ในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม 2561 มรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงเกือบตลอดทั้งเดือน ประกอบกับในช่วงต้นเดือนมีร่องมรสุมพาดผ่านตอนบนของประเทศไทย ประเทศลาว และเวียดนามเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำบริเวณทะเลจีนใต้ตอนบน ส่งผลทำให้มีฝนตกหนักบริเวณประเทศลาวต่อมาในช่วงกลางเดือนร่องมรสุมดังกล่าว ได้เลื่อนลงมาพาดผ่านประเทศเมียนมาร์ ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย และประเทศลาว เข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงบริเวณอ่าวตังเกี๋ย ประกอบกับพายุโซนร้อน "เซินติญ" บริเวณทะเลจีนใต้ตอนบนได้เคลื่อนตัวผ่านเกาะไหหลำลงสู่อ่าวตังเกี๋ยในวันที่ 18 กรกฎาคม ก่อนเคลื่อนขึ้นฝั่งบริเวณเมืองวิญ ประเทศเวียดนาม ในวันที่ 19 กรกฎาคม แล้วอ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชัน จากนั้นพายุนี้ได้เคลื่อนตัวเข้าสู่บริเวณประเทศลาว แล้วสลายตัวลงเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงปกคลุมบริเวณประเทศลาวตอนบน ส่งผลทำให้เกิดฝนตกหนักมากในหลายพื้นที่ของประเทศลาว ต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นเดือน เนื่องจากมีร่องมรสุมยังคงพาดผ่านประเทศเมียนมาร์ ลาว และเวียดนามตอนบน ประกอบกับพายุ "เซินติญ" ที่สลายตัวไป ได้ทวีกำลังแรงขึ้นเป็นพายุดีเปรสชันอีกครั้ง ในวันที่ 22 กรกฎาคม 2560 ส่งผลให้ช่วงเดือนกรกฎาคม ประเทศลาวมีฝนตกหนักต่อเนื่องเกือบตลอดทั้งเดือน

จะเห็นได้จากรูปที่ 8 บริเวณประเทศลาวมีปริมาณน้ำฝนในปริมาณมาก ซึ่งระดับความรุนแรงของฝนอยู่ในระดับตกหนักถึงหนักมาก โดยประมาณ 35-150 มิลลิเมตรต่อวัน [4]



รูปที่ 9 ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2561และระดับความรุนแรง

4.3 การวิเคราะห์ผลการศึกษาและสอบเทียบแบบจำลองที่ได้จากโปรแกม iRIC-Nays2DFlood

นำแบบจำลองจากโปรแกรม iRIC-Nays2DFlood ที่กำหนดอัตราการไหล 2,000 ,2,500 ,3,000 และ 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที(ลบ.ม./วินาที) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตั้งค่าในโปรแกรม iRIC-Nays2DFlood

อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	จำนวนช่องกริด		ระยะเวลา (ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง	แสดงค่า	การไหลของน้ำ	น้ำฝน
	I	J					
2,000 - 2,500	1,500	1,000	48	0.045	ชั่วโมง	อิสระ	ไม่มี
3,000	1,500	1,000	48	0.045	ชั่วโมง	อิสระ	ไม่มี
4,000	1,500	1,000	48	0.045	ชั่วโมง	อิสระ	ไม่มี

4.3.1 วิเคราะห์สอบเทียบแบบจำลองที่ได้จากโปรแกม iRIC-Nays2DFlood

1) นำภาพจากแบบจำลองที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดมาสอบเทียบพื้นที่ท่วมขังของน้ำท่วมกับรูปถ่ายดาวเทียมจากเหตุการณ์จริง

2) สอบเทียบระดับความลึกสูงสุดของน้ำท่วมที่พิกัดI=373, J=230 และพิกัด I=420, J=213 นำระดับความลึกของน้ำท่วมที่ทั้งสองพิกัดมาสอบเทียบกับระดับความลึกของน้ำท่วมจากรูปถ่ายเหตุการณ์จริง

4.3.2 วิเคราะห์ผลการศึกษา

1) วิเคราะห์พฤติกรรมและทิศทางการไหลของน้ำท่วมของแต่ละอัตราการไหล โดยจะสอบเทียบพฤติกรรมจากระยะเวลาที่น้ำไหลไปแต่ละสถานที่

2) ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม เปรียบเทียบจากบริเวณการหลากของน้ำจากแบบจำลอง

3) ระยะเวลาท่วมขังของแต่ละอัตราการไหล เพื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของน้ำท่วม

4) ระดับความลึกของน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบจากแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรม iRIC-Nays2DFlood และเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของน้ำท่วมตามระดับความลึกของระดับน้ำ ดังตารางที่ 2 ซึ่งประยุกต์มาจากทฤษฎีของ Penning-Rowsell and Chatterton ปี 1997

5) แนวทางการป้องกันและรับมือผลกระทบโดยวิเคราะห์จากแบบจำลองและแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม

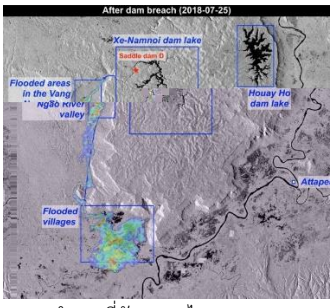
ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงของน้ำท่วมตามความลึกของระดับน้ำ

ความลึกของน้ำท่วม (เมตร)	รายละเอียด	ระดับความรุนแรง	แถบสีแสดงระดับน้ำ
0.00	ไม่เกิดน้ำท่วม	ไม่มีความรุนแรง	
0.01-0.50	ทำให้เกิดความรำคาญไม่สะดวกในการเดินทาง แต่ไม่สูญเสียทรัพย์มาก	รุนแรงน้อย	แถบสีน้ำเงิน
0.51-1.50	ทำให้สูญเสียทรัพย์สินและกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างมากขึ้น แต่ไม่มีการสูญเสียชีวิต	รุนแรงปานกลาง	แถบสีน้ำเงินถึงสีฟ้า
มากกว่า 1.50 ขึ้นไป	ทำให้สูญเสียทรัพย์สินและกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างมากกว่าระดับความรุนแรงปานกลางและเป็นอันตรายต่อชีวิต	รุนแรงมาก	ตั้งแต่แถบสีฟ้าขึ้นไป

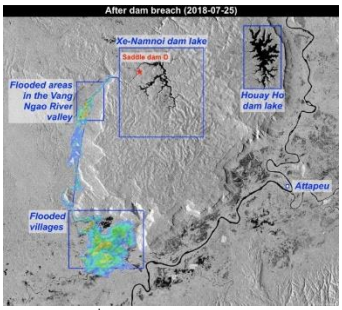
5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

5.1 ผลการสอบเทียบแบบจำลองที่ได้จากโปรแกม iRIC-Nays2DFlood

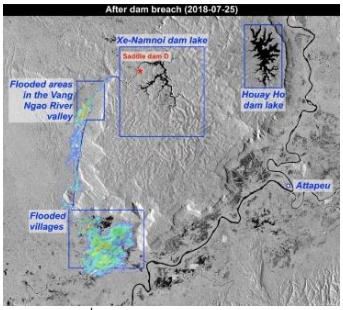
1) สอบเทียบขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ขอบเขตที่เกิดน้ำท่วมสูงสุดแต่ละอัตราการไหล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองแสดงพื้นที่น้ำท่วมได้ตรงกับรูปถ่ายดาวเทียมเหตุการณ์จริง ดังรูปที่ 10(ก)-(ค)



(ก) สอบเทียบแบบจำลองที่อัตราการไหล 2,000 –2,500 ลบ.ม./วินาที



(ข) สอบเทียบแบบจำลองที่อัตราการไหล 3,000 ลบ.ม./วินาที



(ค) สอบเทียบแบบจำลองที่อัตราการไหล 4,000 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ 10(ก)-(ค) การสอบเทียบแบบจำลองกับรูปถ่ายดาวเทียมที่อัตราการไหลต่างๆ

2) สอบเทียบระดับความลึกสูงสุดจากแบบจำลอง ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงผลการคำนวณเป็นกราฟระดับความลึกสูงสุดแต่ละช่วงเวลาได้ โดยผู้ศึกษาเลือกพิกัดที่ I=373, J=230 และพิกัด I=420, J=213 ของแต่ละอัตราการไหลแสดงผลได้ดังตารางที่ 3

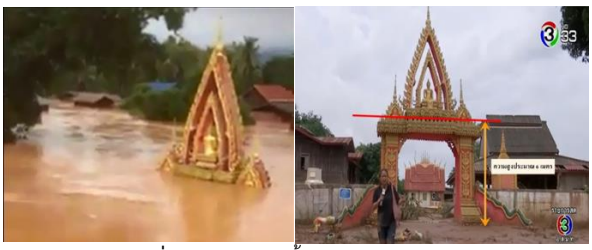
ตารางที่ 3 ระดับความลึกสูงสุดที่พิกัดต่างๆในแต่ละอัตราการไหล

อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับความลึกสูงสุดที่พิกัด (เมตร)	
	I=373 , J=230	I=420 , J=213
2,000 – 2,500	3.80	6.04
3,000	4.07	5.82
4,000	3.72	5.39
ระดับความลึกสูงสุดเฉลี่ย	3.86	5.75

ระดับความลึกสูงสุดเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3.86-5.75 เมตร เมื่อนำไปสอบเทียบกับคราบน้ำที่ได้จากรูปถ่ายเหตุการณ์จริง พบว่า ระดับความลึกที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับระดับความลึกของน้ำท่วมจากเหตุการณ์จริงจากรูปที่ 11 และ 12 ซึ่งมีระดับความลึกอยู่ที่ประมาณ 4-6 เมตร



รูปที่ 11 ระดับคราบน้ำที่บ้านเรือนหลังเหตุการณ์
ที่มา: https://story.pptvhd36.com/@pptvPhoto/5b6faee017a8b



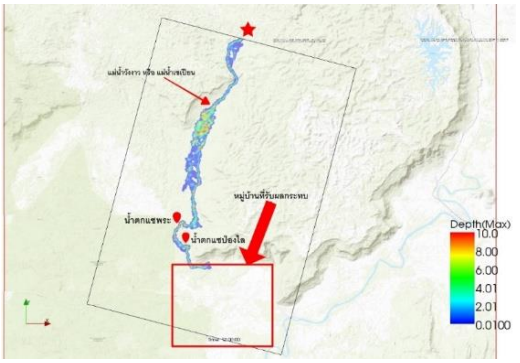
รูปที่ 12 ระดับคราบน้ำท่วมบริเวณประตูวัด
ที่มา: http://news.ch3thailand.com/abroad/74513

5.2 ผลการวิเคราะห์และศึกษาพฤติกรรมและทิศทางการไหล

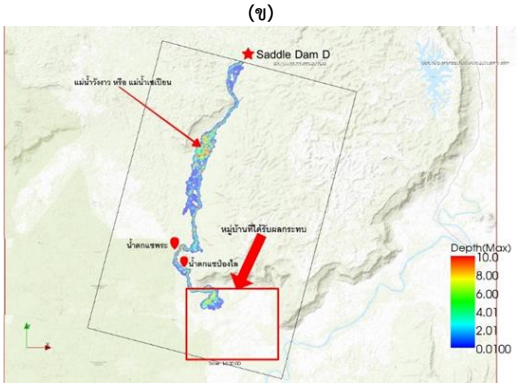
1) แบบจำลองแสดงพฤติกรรมการไหลของน้ำตั้งแต่เกิดการวิบัติของ Saddle Dam D จนถึงเวลา 48 ชั่วโมง โดยผู้ศึกษาได้ทำการสร้างแบบจำลองทั้งหมด 3 อัตราการไหลโดยแสดงพฤติกรรมการไหลดังนี้ ที่อัตราการไหล 2,000-2,500 ลบ.ม./วินาที ที่เวลา 1 ชั่วโมง น้ำไหลลงสู่แม่น้ำงาวหรือแม่น้ำเซเปียน ดังรูปที่ 13(ก) และที่เวลา 12 ชั่วโมงน้ำหลากเข้าสู่หมู่บ้านหินลาดดังรูปที่ 13(ข) และเริ่มไหลเข้าท่วมหมู่บ้านอื่นๆในบริเวณพื้นที่เมืองสะหนามไซที่เวลา 14 ชั่วโมง ดังรูปที่ 13(ค) จากนั้นน้ำหลากเข้าท่วมหมู่บ้านทั้ง 8 หมู่บ้านที่เวลา 39 ชั่วโมง ดังรูปที่ 13(ง)



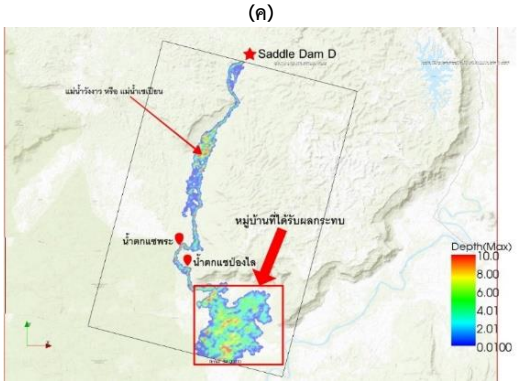
(ก)



(ข)



(ค)

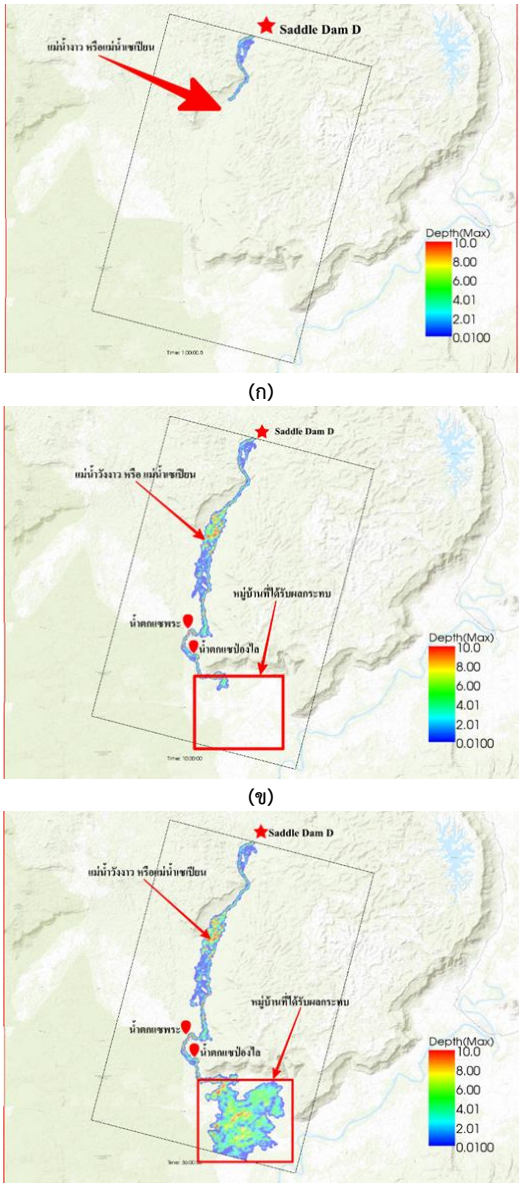


(ง)

รูปที่ 13(ก)-(ง) ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของน้ำที่อัตราการไหลที่ 2,000-2,500 ลบ.ม./วินาที

ที่อัตราการไหล 3,000 ลบ.ม./วินาที ที่เวลา 1 ชั่วโมง น้ำไหลลงสู่แม่น้ำงาวหรือแม่น้ำเซเปียน ดังรูปที่ 14(ก) และที่เวลา 10 ชั่วโมงน้ำหลากเข้าสู่หมู่บ้านดังรูปที่ 14(ข) จากนั้นน้ำหลากเข้าท่วมหมู่บ้านทั้ง 8 หมู่บ้านที่

เวลา 36 ชั่วโมง ดังรูปที่ 14(ค) ก่อนที่น้ำทั้งหมดจะค่อยๆระบายลงสู่แม่น้ำเชกอง



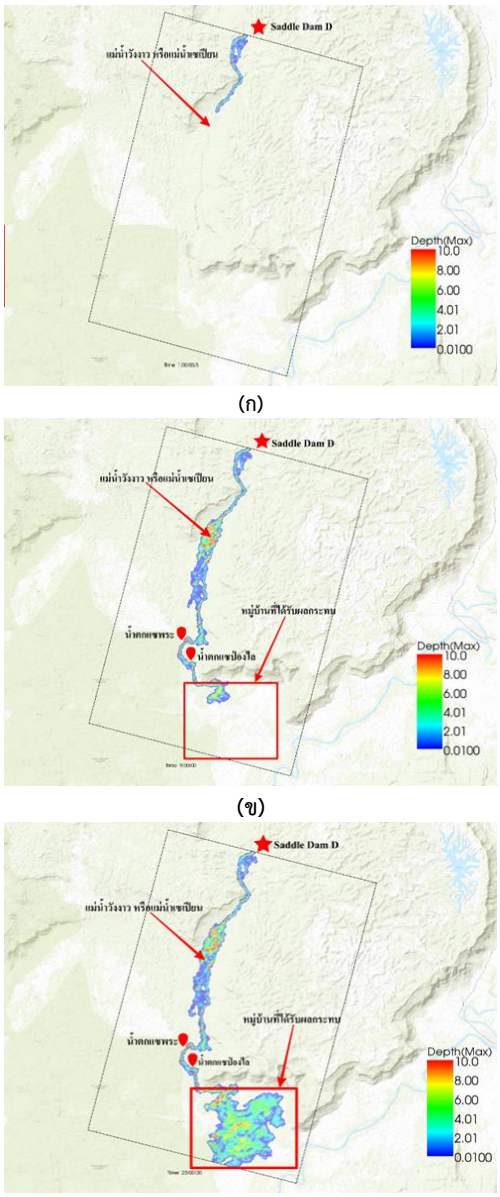
(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 14(ก)-(ค) ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของน้ำที่อัตราการไหลที่ 3,000 ลบ.ม./วินาที

ที่อัตราการไหล 4,000 ลบ.ม./วินาที ที่เวลา 1 ชั่วโมง น้ำไหลลงสู่แม่น้ำงาวหรือแม่น้ำเชเปียน ดังรูปที่ 15(ก) และเริ่มไหลเข้าท่วมหมู่บ้านอื่นๆในบริเวณพื้นที่เมืองสะหนามไชที่เวลา 9 ชั่วโมง ดังรูปที่ 15(ข) จากนั้นน้ำหลากเข้าท่วมหมู่บ้านทั้ง 8 หมู่บ้านที่เวลา 25 ชั่วโมง ดังรูปที่ 15(ค)



(ก)

(ข)

(ค)

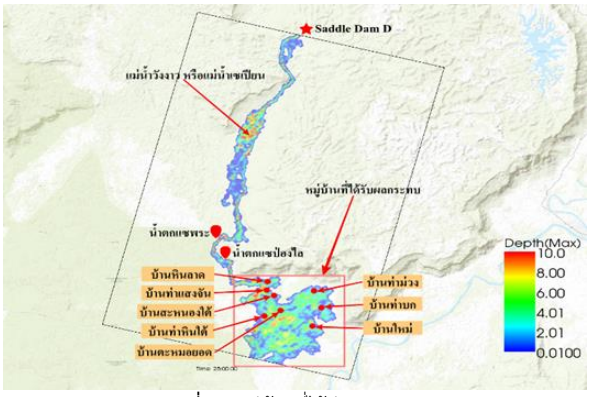
รูปที่ 15(ก)-(ค) ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของน้ำที่อัตราการไหลที่ 4,000 ลบ.ม./วินาที

จากการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ผู้ศึกษาจึงนำแบบจำลองที่แสดงระดับน้ำสูงสุดที่อัตราการไหลต่างๆ ได้นำมาวิเคราะห์ผลกระทบได้ดังนี้

1) ระดับความลึกน้ำท่วมขัง จากแบบจำลองจะเห็นได้ว่า ความลึกของน้ำท่วมในเมืองสะหนามไช แขวงอัตตะปือ จะเห็นได้ว่าพื้นที่บางส่วนแสดงแถบสีเหลืองถึงสีแดง คือมากกว่า 8 เมตร ที่บริเวณใกล้กับแม่น้ำงาวหรือแม่น้ำเชเปียน และพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่อยู่มนช่วงแถบสีครามหรือ 2 เมตรขึ้นไป เมื่อเทียบกับตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงของน้ำท่วมอยู่ในระดับความรุนแรงมาก โดยขอบๆของพื้นที่แสดงแถบสีน้ำเงินเข้มถึงสีคราม คือ 0.01-1.5 เมตร ระดับความรุนแรงน้อยถึงปานกลาง

2) ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม จากรูปที่ 16 มีหมู่บ้านในเมืองสะหนามไช แขวงอัตตะ-ปือ อย่างน้อย 8 หมู่บ้าน คือ บ้านท่าม่วง บ้านใหม่ บ้านสะหนองใต้ บ้านหินลาด บ้านท่าหินใต้ บ้านท่าบก บ้านท่าแสงจัน บ้านตะ

หมอยอด และบริเวณที่ใกล้เคียงมีบางส่วนที่ไม่ได้รับผลกระทบ หรือได้รับผลกระทบน้อย เช่น บริเวณรอยต่อของเมืองปากเซ แขวงจำปาศักดิ์ และบางพื้นที่เมืองสะหนามไซ แขวงอัตตะปือ



รูปที่ 16 หมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบ

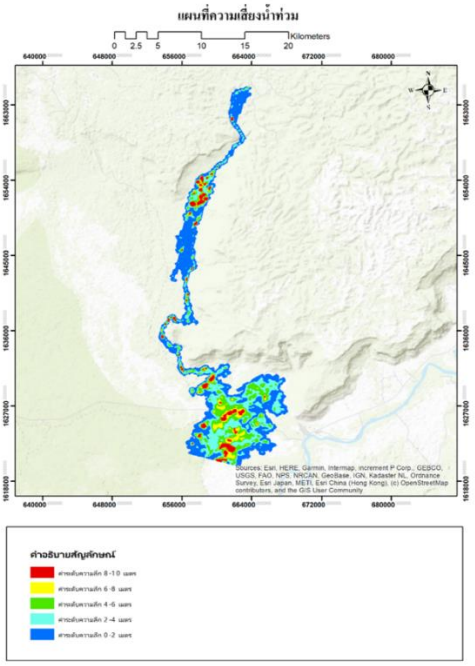
3) ระยะเวลาในการท่วมขัง จากการสร้างแบบจำลองระยะเวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมง โดยพบว่า ที่อัตราการไหล 2,000-2,500 ลบ.ม./วินาที ระดับน้ำท่วมสูงสุดอยู่ที่เวลา 39 ชั่วโมง ระยะเวลาในการท่วมขังในพื้นที่ทั้งหมดตั้งแต่ Saddle Dam D ถึงเมืองสะหนามไซ แขวงอัตตะ-ปือ ประมาณ 39 ชั่วโมงขึ้นไป ที่อัตราการไหล 3,000 ลบ.ม./วินาที ระดับน้ำท่วมสูงสุดอยู่ที่เวลา 36 ชั่วโมง ระยะเวลาในการท่วมขังในพื้นที่ทั้งหมดตั้งแต่ Saddle Dam D ถึงเมืองสะหนามไซ แขวงอัตตะปือ ประมาณ 36 ชั่วโมงขึ้นไป ที่อัตราการไหล 4,000 ลบ.ม./วินาที ระดับน้ำท่วมสูงสุดอยู่ที่เวลา 25 ชั่วโมง ระยะเวลาในการท่วมขังในพื้นที่ทั้งหมดตั้งแต่ Saddle Dam D ถึงเมืองสะหนามไซ แขวงอัตตะปือ ประมาณ 25 ชั่วโมงขึ้นไป

5.3 แนวทางการรับมือและป้องกันความรุนแรงที่มีผลกระทบมาจากการวิบัติของ Saddle Dam D

5.3.1 แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมแต่ละระดับความลึก

จากรูปที่ 17 แสดงแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมที่อัตราการไหล 2,000-2,500 ลบ.ม./วินาที โดยมีพื้นที่แบ่งตามระดับความลึกหรือแถบสีดังนี้

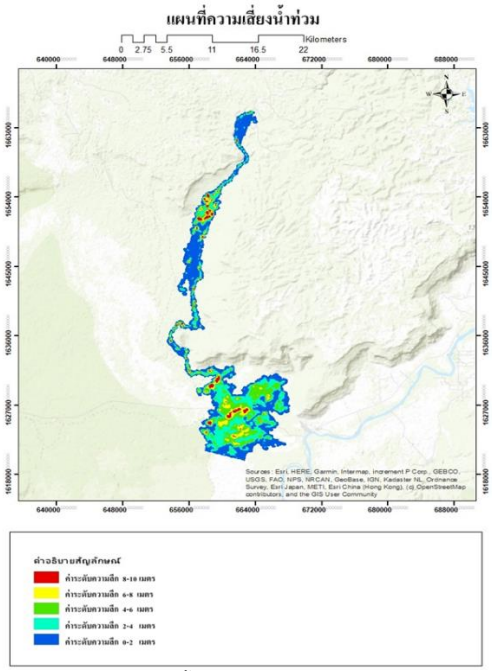
- ที่แถบสีน้ำเงิน ระดับความลึก 0-2 เมตร มีพื้นที่ 65.30 ตร.กม.
- ที่แถบที่ฟ้าน้ำทะเล ระดับความลึก 2-4 เมตร มีพื้นที่ 39.87 ตร.กม.
- ที่แถบสีเขียว ระดับความลึก 4-6 เมตร มีพื้นที่ 20.53 ตร.กม.
- ที่แถบสีเหลือง ระดับความลึก 6-8 เมตร มีพื้นที่ 10.32 ตร.กม.
- ที่แถบสีแดง ระดับความลึก 8-10 เมตร มีพื้นที่ 4.64 ตร.กม.



รูปที่ 17 แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมที่อัตราการไหล 2,000-2,500 ลบ.ม./วินาที

จากรูปที่ 18 แสดงแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมที่อัตราการไหล 3,000 ลบ.ม./วินาที โดยมีพื้นที่แบ่งตามระดับความลึกหรือแถบสีดังนี้

- ที่แถบสีน้ำเงิน ระดับความลึก 0-2 เมตร มีพื้นที่ 62.9 ตร.กม.
- ที่แถบที่ฟ้าน้ำทะเล ระดับความลึก 2-4 เมตร มีพื้นที่ 38.83 ตร.กม.
- ที่แถบสีเขียว ระดับความลึก 4-6 เมตร มีพื้นที่ 25.29 ตร.กม.
- ที่แถบสีเหลือง ระดับความลึก 6-8 เมตร มีพื้นที่ 9.59 ตร.กม.
- ที่แถบสีแดง ระดับความลึก 8-10 เมตร มีพื้นที่ 3.15 ตร.กม.



รูปที่ 18 แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมที่อัตราการไหล 3,000 ลบ.ม./วินาที

จากรูปที่ 19 แสดงแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมที่อัตราการไหล 4,000 ลบ.ม./วินาที โดยมีพื้นที่แบ่งตามระดับความลึกหรือแถบสีดังนี้

- ที่แถบสีน้ำเงิน ระดับความลึก 0-2 เมตร มีพื้นที่ 67.80 ตร.กม.
- ที่แถบที่ฟ้าน้ำทะเล ระดับความลึก 2-

[9] สนิท วงษา (2560), “การประยุกต์ใช้แบบจำลอง iRIC เพื่อการคาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่อำเภอบางสะพานในปี พ.ศ 2560”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี