



คลังความรู้ในส่วนอุทกฯ  
เอกสารเผยแพร่ในส่วนอุทกวิทยา

การพยากรณ์และการคาดการณ์สถานการณ์น้ำด้วยแบบจำลองทาง  
คณิตศาสตร์  
(พ.ศ. **2561**)

โดย  
นายปกรณ์ สุตสุนทร

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นใน จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2553 นับได้ว่ารุนแรงที่สุดในรอบ 50 ปี โดยมีสาเหตุมาจากร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพัดผ่านพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ก่อให้เกิดความเสียหาย ในเขตเทศบาลในอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอเมือง และอีกกว่า 10 อำเภอ ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรม บ้านเรือนและทรัพย์สินของประชาชน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง และลำพระเพลิง ได้รับความเสียหายรุนแรง โดยมีสาเหตุดังนี้

- 1) เกิดจากปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักเป็นระยะเวลาติดต่อกันหลายวัน ประกอบกับในช่วงเวลา ก่อนที่จะเกิดฝนตกหนักนั้น สภาพพื้นที่ของกลุ่มน้ำทั้งสองมีความอิ่มตัวและชุ่มน้ำอยู่แล้วจึงทำให้เกิดปริมาณ น้ำไหลหลากมากกว่าปกติ
- 2) สภาพพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันสูง ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลหลากเร็วเข้าท่วมพื้นที่ อำเภอปากช่องและอำเภอปักธงชัยค่อนข้างรุนแรง
- 3) ความสามารถในการระบายน้ำในลำน้ำธรรมชาติ เช่น ลำตะคอง ลำปริบูรณ์ ลำพระเพลิง และลำสำลาย มีอัตราการระบายน้ำไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำหลาก
- 4) ไม่มีระบบป้องกันน้ำหลากก่อนที่จะไหลเข้าสู่เขตชุมชนเมือง

สภาพการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ อุทกภัยที่เกิด ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและลำน้ำสาขาต่างๆ และอุทกภัยที่เกิดในพื้นที่ราบลุ่ม การเกิดอุทกภัยในลักษณะแรก จะเกิดจากการที่ฝนตกหนักและน้ำป่าไหลหลากจากต้นน้ำลงมาจนลำน้ำสายหลักไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ประกอบกับมีสิ่งกีดขวางจากเส้นทางคมนาคมที่ขวางทางน้ำ และมีอาคารระบายน้ำไม่เพียงพอ ในอดีตที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่าเหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรงมากเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2521 และ พ.ศ. 2545 และมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในระยะหลังๆ มากขึ้น และล่าสุดในปี พ.ศ. 2553 ก็ได้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมขึ้นอีก โดยพื้นที่ประสบอุทกภัยและได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมเป็นประจำนั้น ลักษณะน้ำท่วมของจังหวัดต่างๆ ที่อยู่ในบริเวณลุ่มน้ำมูลมีลักษณะการท่วมที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ เช่น ในเขตจังหวัด นครราชสีมา พบว่า บริเวณที่น้ำท่วมเป็นบริเวณที่อยู่ริมแม่น้ำมูลทั้งสองฝั่งไล่มาจากท้ายอ่างเก็บน้ำลำตะคอง จนไปจบลำน้ำมูลที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยจะมีการเอ่อท่วมในบริเวณที่มีลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบกับ ลำน้ำสายหลัก โดยถ้าน้ำมาพร้อมๆ กันมักจะระบายไม่ทัน ส่วนของจังหวัดสุรินทร์จะมีลักษณะการเกิด น้ำท่วมขังในบริเวณตัวเมือง เป็นน้ำท่วมขังระยะสั้น แต่มักจะเกิดขึ้นบ่อยๆ โดยเฉพาะในบริเวณตัวเมือง สำหรับจังหวัดศรีสะเกษ เกิดอุทกภัยเป็นประจำ เนื่องจากน้ำที่ระบายมาจากห้วยสำราญ ซึ่งถึงแม้ว่าจะมี อ่างเก็บน้ำขนาดกลางอยู่บ้างแล้วแต่ความจุเก็บกักก็ยังไม่เพียงพอ อีกทั้งสิ่งกีดขวางในลำห้วยสำราญและปริมาณ น้ำฝนในจังหวัดศรีสะเกษก็มีค่อนข้างมาก

## 1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีความประสงค์ที่จะดำเนินการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อใช้ประกอบการวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัย การแจ้งเตือนภัย และการเตรียมความพร้อมเพื่อรับสถานการณ์ ทั้งในฤดูฝนและในฤดูแล้งบริเวณพื้นที่เป้าหมาย ทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือ (Tools) ช่วยประกอบการตัดสินใจเพื่อบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้นและสามารถใช้สำหรับการติดตามและเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำ นำข้อมูลจากการติดตามตรวจวัดไปประกอบการคำนวณของแบบจำลอง และนำผลการตรวจวัดและผลการคำนวณมาใช้ประกอบการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการให้มีประสิทธิภาพ และทันต่อสถานการณ์

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยา และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ในการการบริหารจัดการน้ำท่าวมลุ่มน้ำมูลตอนบน ประกอบด้วยพื้นที่จังหวัด นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ และ ศรีสะเกษ

## บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อใช้ในระบบพยากรณ์น้ำ ประกอบไปด้วย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองอุทกวิทยา หรือ แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

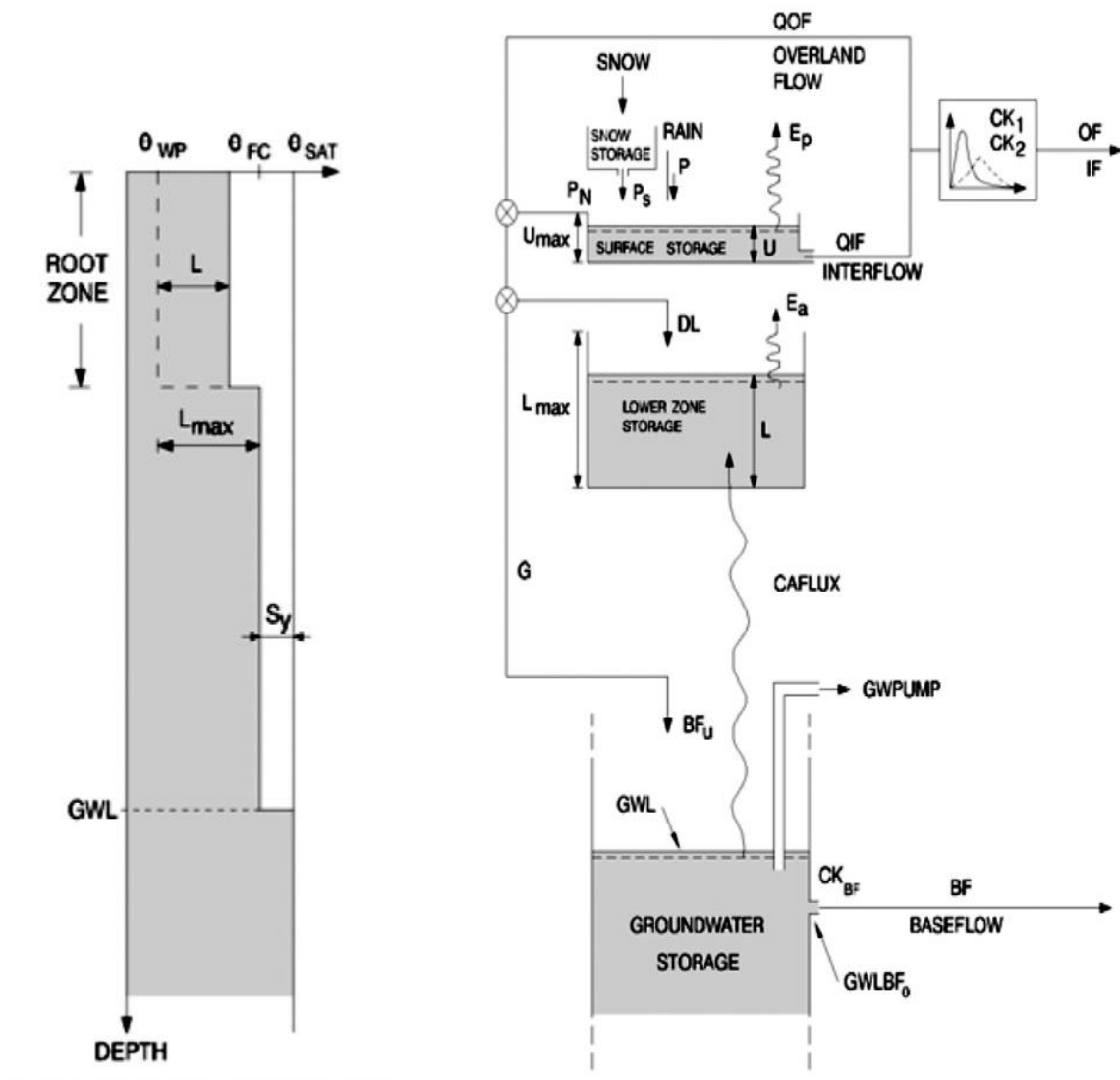
#### 2.1.1 แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)

แบบจำลองน้ำฝน น้ำท่า หรือ NAM Model เป็นแบบจำลองใช้สำหรับคำนวณปริมาณน้ำท่า จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยฝนที่ตกที่สถานีวัดน้ำฝนต่างๆ จะถูกนำมาคำนวณเป็นฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ โดยใช้แฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก จากนั้นจึงจะคำนวณเป็นปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อย โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง หลักการทำงานของแบบจำลอง NAM จะเลียนแบบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ โดยนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้จำลองสภาพทางธรรมชาติ ในแบบจำลอง NAM จะแบ่งชั้นดินออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่

- ชั้นที่ปกคลุมด้วยหิมะ (Snow Storage)
- ชั้นผิวดิน (Surface Storage)
- ชั้นรากพืช (Root Zone)
- ชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage)

ความสัมพันธ์ของการไหลระหว่างชั้นดิน และการไหลออกจากกลุ่มน้ำจะถูกแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มน้ำ ดังแสดงโครงสร้างของแบบจำลองในรูปที่ 2 - 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลอง NAM และพารามิเตอร์ของกลุ่มน้ำดังแสดงในตารางที่ 2 - 1

## SOIL MOISTURE PROFILE



รูปที่ 2 - 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลอง NAM

ที่มา : DHI. (2014). A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

ตารางที่ 2 - 1 ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการปรับเทียบแบบจำลอง NedbØr AfstrØmning

| ตัวแปร | คำจำกัดความ/คุณลักษณะ  | ช่วงของค่า   | ผลของการปรับค่าเพิ่มขึ้น  |
|--------|--|--------------|---|
| Umax   | ปริมาณน้ำที่ตกค้างอยู่ตามใบไม้/ผิวดิน และแหล่งน้ำผิวดิน  | 10-20 มม.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณการไหลผิวดินลดลง</li> <li>- การคายน้ำและการระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น</li> <li>- ปริมาณการซึมผิวดินมากขึ้น</li> <li>- การซึมลงสู่ดินชั้นล่างลดลง</li> <li>- (ทำให้ขนาดน้ำท่าเล็กลง ปริมาณน้ำท่าสะสมลดลง)</li> </ul>                               |
| Lmax   | ความสามารถในการเก็บกักน้ำในแหล่งน้ำชั้นล่าง (Root zone) <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีค่าน้อย สำหรับลุ่มน้ำที่เป็นดินทราย</li> <li>- มีค่ามาก สำหรับลุ่มน้ำที่เป็นดินเหนียว</li> </ul>  | 50-300 มม.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณการไหลผิวดินลดลง</li> <li>- การคายน้ำและการระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น</li> <li>- การซึมลงสู่ดินชั้นล่างเพิ่มขึ้น</li> <li>- (ทำให้ขนาดน้ำท่าเล็กลง ปริมาณน้ำท่าสะสมลดลง)</li> </ul>   |
| CQOF   | ค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีค่าน้อย สำหรับพื้นที่ราบลุ่ม และน้ำซึม ผ่านได้ง่าย</li> <li>- มีค่ามาก สำหรับพื้นที่ลาดชัน และน้ำซึม ผ่านได้ยาก</li> </ul>   | 0.00-1.00    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณการไหลผิวดินสูงขึ้น</li> <li>- ปริมาณการซึมลดลง</li> <li>- (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น และน้ำท่าสะสมเพิ่มขึ้น)</li> </ul>  |
| CKIF   | กำหนดเวลาในการเกิดน้ำซึมผิวดิน (interflow)   | 500-1000 ชม. | (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น และอัตราการไหลที่มีค่าน้อยมีค่าลดลง)  |
| CK1,2  | การเคลื่อนตัวของน้ำผิวดินและน้ำซึมผิวดิน ตามความลาดชันของกลุ่มน้ำ และตามลำน้ำมายังท้ายน้ำของกลุ่มน้ำ โดยทั่วไปกำหนดให้ CK1=CK2   | 3-48 ชม.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้ช่วงเวลาของการเกิดน้ำผิวดินและน้ำซึมผิวดินยาวนานขึ้น</li> <li>- (ทำให้รูปร่างของกราฟน้ำท่ามีฐานกว้างขึ้น แต่ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าลดลง)</li> </ul>   |
| TOF    | ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลผิวดิน <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>L/L_{max} &lt; TOF</math> ไม่เกิดการไหล</li> <li>- <math>L/L_{max} \geq TOF</math> เกิดการไหล</li> </ul> เมื่อดินชุ่มน้ำ ( $L/L_{max} = 1$ ) การปรับค่า TOF จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล    | 0.00-0.99    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำผิวดินช้าลงในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก</li> <li>- ทำให้การซึมลงสู่ดินชั้นล่าง ในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลากมีค่าเพิ่มขึ้น</li> <li>- (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าลดลง และอัตราการไหลที่มีค่าน้อยมีค่าลดลง)</li> </ul> |
| TIF    | ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมผิวดิน <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>L/L_{max} &lt; TIF</math> ไม่เกิดการไหล</li> <li>- <math>L/L_{max} \geq TIF</math> เกิดการไหล</li> </ul> เมื่อดินชุ่มน้ำ ( $L/L_{max} = 1$ ) การปรับค่า TIF จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล | 0.00-0.99    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำซึมผิวดินช้าลงในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก</li> <li>- ทำให้การซึมลงสู่ดินชั้นล่างและการไหลผิวดินมีค่ามากขึ้น</li> <li>- (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น แต่อัตราการไหลในช่วงน้ำแล้งมีค่าลดลง)</li> </ul>         |
| TG     | ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมผิวดิน <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>L/L_{max} &lt; TG</math> ไม่เกิดการไหล</li> <li>- <math>L/L_{max} \geq TG</math> เกิดการไหล</li> </ul> เมื่อดินชุ่มน้ำ ( $L/L_{max} = 1$ ) การปรับค่า TG จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล    | 0.00-0.99    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำใต้ดินช้าลงในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก</li> <li>- (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น แต่อัตราการไหลในช่วงน้ำแล้งมีค่าลดลง)</li> </ul>  |
| CKBF   | ความยาวนานในการเกิดการไหลของน้ำใต้ผิวดิน (baseflow)  | 500-5000 ชม. | (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าน้อยลง แต่อัตราการไหลในช่วงน้ำแล้งมีค่ามากขึ้น)   |

ที่มา : DHI. (2014). A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

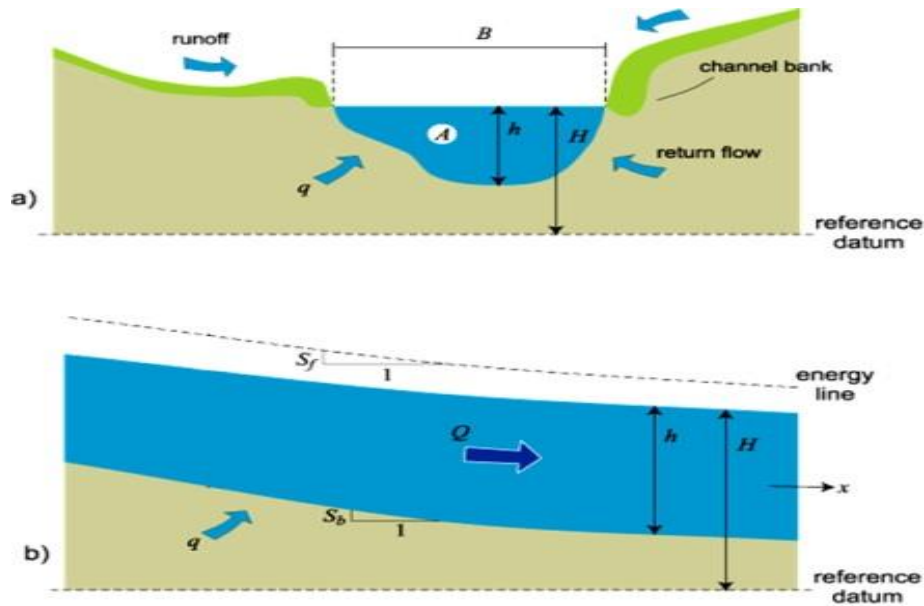
### 2.1.2 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics Model)

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำนวณการไหลของน้ำต่อเนื่องจากน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากลุ่มน้ำย่อย (ผลคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า) ซึ่งสามารถคำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำ (Main Channel) และที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ (Flood Plain) นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณการไหลของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนได้

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model) จะต้องมีข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ (Cross Sections) สภาพภูมิประเทศของร่องน้ำและที่ราบลุ่ม (Topography of River and Flood Plain) อาศัยสมการบังคับน้ำใช้สมการคำนวณการไหลในทิศทางเดียวของ Saint Venant Equation โดยอัตราการไหลและระดับน้ำในสมการอยู่ในรูปฟังก์ชันของเวลาและระยะทาง

สมมติฐานสมการคำนวณการไหลของ Saint Venant ดังแสดงในรูปที่ 2 - 2 มีดังนี้

- 1) น้ำมีลักษณะที่ไม่สามารถถูกกดอัดได้ (Incompressible) และเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) แสดงว่าความหนาแน่นของน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- 2) การไหลเป็นแบบหนึ่งมิติ (One Dimension Flow) โดยความลึก และความเร็วในการไหลเปลี่ยนแปลงในทิศทางตามยาวของลำน้ำ แสดงว่าความเร็วการไหลมีค่าคงที่ และผิวน้ำอยู่ในแนวระดับกับหน้าตัดใดๆ
- 3) ความลาดชันของท้องคลองมีค่าน้อยมาก ดังนั้นค่า Cosine ของมุมที่ทำกับแนวระดับจะมีค่าเข้าใกล้หนึ่ง
- 4) การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดตามยาวของลำน้ำไม่มากนัก
- 5) ทิศทางการไหลในทุกๆ จุด จะมีทิศทางขนานกับท้องลำน้ำ แสดงว่าความเร่งในแนวตั้งจะไม่ถูกนำมาพิจารณา



รูปที่ 2 - 2 แสดงหลักการคำนวณของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)

ที่มา : DHI. (2014). A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

## 2.2 การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ

สมการคำนวณอัตราการไหลผ่านบานระบาย มีดังนี้

$$Q = C_d L G_o \sqrt{2gY_1} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c \left( \frac{G_o}{Y_1} \right)}} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ  $Q$  = ปริมาณน้ำไหลผ่านบานระบาย, ลบ.ม. ต่อ วินาที

$C_d$  = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านบานระบาย

$C_c$  = สัมประสิทธิ์การปิดตัวของหน้าตัดการไหลของน้ำ

$G_o$  หรือ  $W$  = ระยะเปิดบาน, เมตร

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 เมตร ต่อ วินาที<sup>2</sup>

$L$  = ความกว้างของบานประตู, เมตร

$Y_1$  = ความลึกของน้ำด้านเหนือน้ำของบานประตู, เมตร

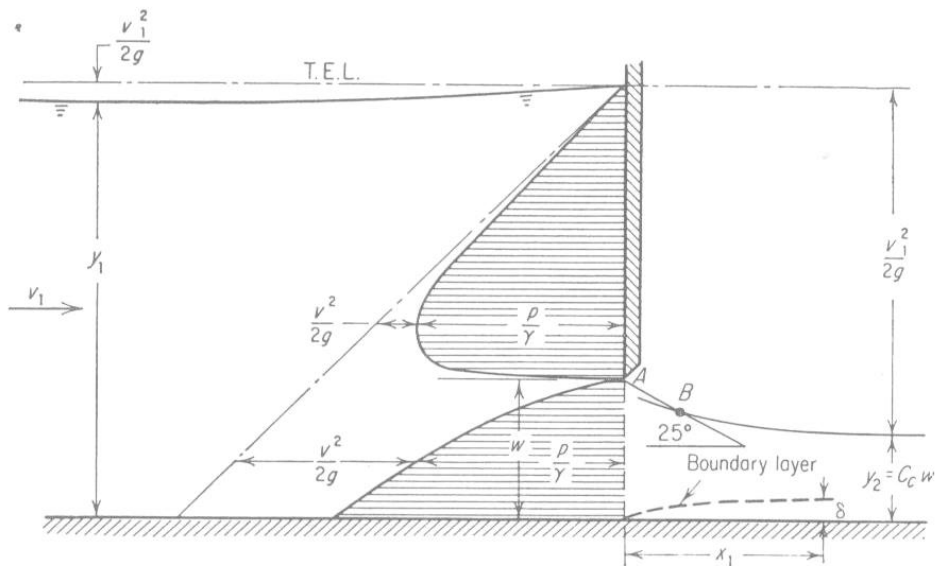


## 2.2.1 บานระบายชนิดบานตรง (Vertical lift gate or Sluice gate)

จากการศึกษาของ United State Bureau of Reclamation (USBR) การคำนวณการไหลของบานระบายชนิดบานตรงกรณีเปิดบานบางส่วน แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การไหลลอดผ่านบานตรงแบบอิสระ (Free flow) และการไหลลอดผ่านบานแบบท่วม (Submerged flow) ลักษณะการไหลของน้ำผ่านบานระบายตรงมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลที่ตำแหน่งช่องเปิดของบานตรง ขอบล่างของบานประตูกับธรณีรองรับบานเป็นแนวตำแหน่งหน้าตัดแนวตั้งแนวเดียวกันตลอด (วรารุช วุฒินิชย์, (2534). การออกแบบอาคารบังคับน้ำ (Design of Water Control Structure) . ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.)

### (1) การคำนวณอัตราการไหลผ่านบานตรงแบบอิสระ (Free flow)

การไหลแบบอิสระเมื่อระดับน้ำท้ายประตูมีระดับไม่สูงกว่าระดับท้องบานระบายที่ยกขึ้นเป็นการไหลของน้ำแบบอิสระที่ไม่อยู่ภายใต้การถูกบังคับหรือต้านทานของการไหลของน้ำท้ายบานระบาย ดังแสดงในรูปที่ 2 - 3 สภาวะการไหลของน้ำด้านท้ายบานเป็นการไหลแบบ Supercritical ( $Fr > 1$ ) และท้ายบานไม่ถูกท่วมเนื่องจาก Backwater curve จากสมการที่ 1 ในทางปฏิบัติใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัวของหน้าตัดการไหลของน้ำ  $C_c = 0.61$

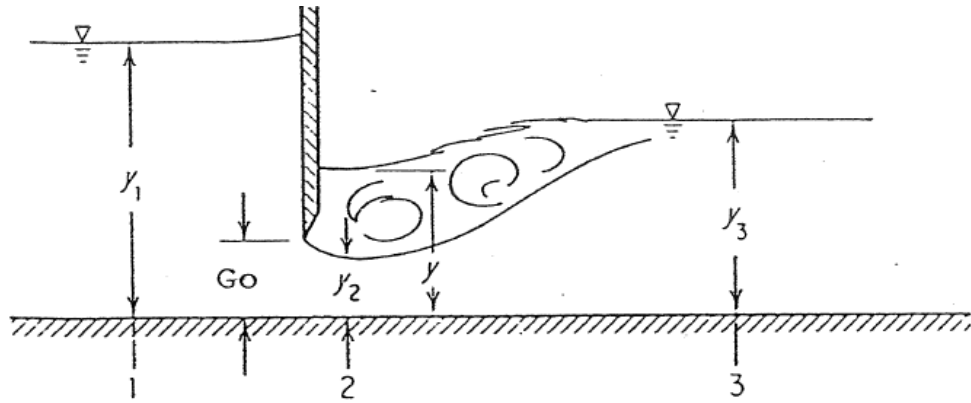


รูปที่ 2 - 3 การไหลผ่านบานตรงแบบอิสระ

ที่มา : US. Bureau of Reclamation. (1977). Design Standard No.7, Valves, Gates and Steel Conduits.

### (2) การคำนวณอัตราการไหลผ่านบานตรงแบบท่วมท้ายบาน (Submerged flow)

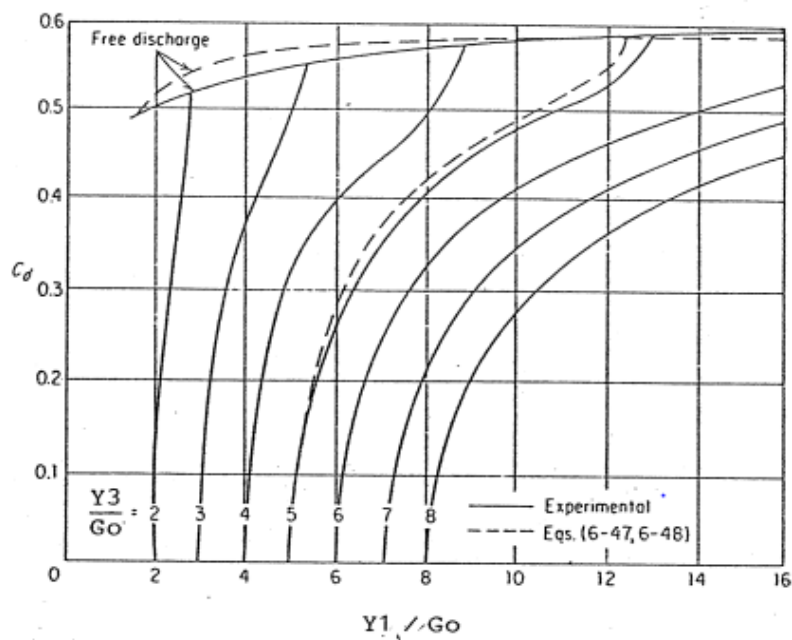
การไหลของน้ำลอดใต้บานประตูจะเป็นแบบท่วมท้ายบานก็ต่อเมื่อความลึกของน้ำด้านท้ายบานประตู ( $y_3$ ) มีค่ามากกว่า Conjugate depth ของ  $y_2$  ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีอาคารชลศาสตร์ด้านท้ายน้ำหรือช่วงน้ำท่วม ทำให้ระดับน้ำด้านท้ายมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ ( $C_d$ ) ดังแสดงในรูปที่ 2 - 4



รูปที่ 2 - 4 การไหลผ่านบานตรงแบบท่วมท้ายบาน

ที่มา : US. Bureau of Reclamation. (1977). Design Standard No.7, Valves, Gates and Steel Conduits.

Henry ได้ศึกษาทดลองการไหลผ่านบานระบายแบบบานตรง ได้ผลการทดลองสรุปค่าสัมประสิทธิ์การไหล ( $C_d$ ) ซึ่งแปรผันตามค่า  $Y_1/G_0$  แสดงในรูปที่ 2 - 5 โดยเส้นกราฟ Free flow เป็นกราฟเส้นแนวนอนเส้นบนมีค่าระหว่าง 0.5 - 0.6 และเส้นกราฟแนวเฉียงเป็นของกรณีการไหลแบบ Submerged flow



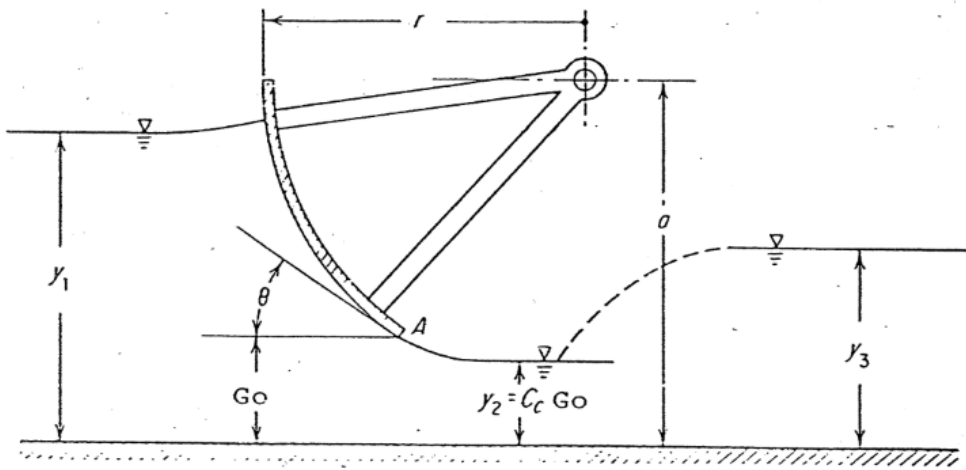
รูปที่ 2 - 5 สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำลอดใต้บานประตูแบบบานตรง

ที่มา : Henry, H.R. (1950). A study of flow from a submerged sluice gate. M.S. Thesis. Department of Mechanics and Hydraulics, Iowa City IA: State University Iowa.

## 2.2.2 บานระบายชนิดบานโค้ง (Radial or Tainter gate)

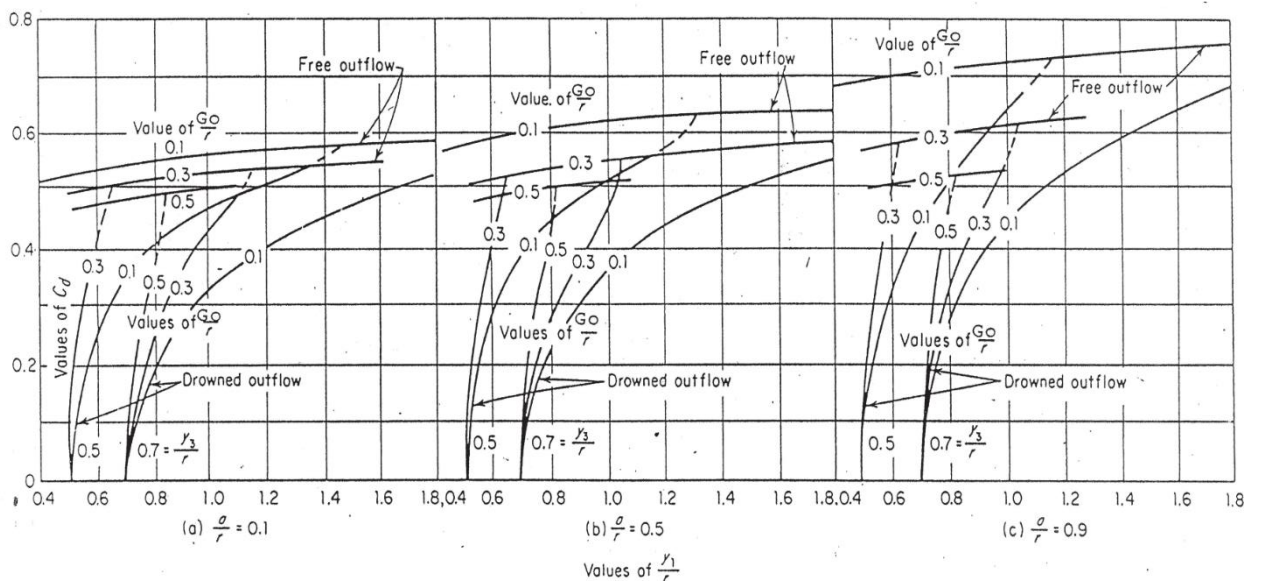
ปริมาณน้ำไหลผ่านบานระบายชนิดบานโค้งนั้น ใช้หลักการวิเคราะห์การไหลผ่าน Orifice ขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกรณีบานตรง แต่จะมีความแตกต่างกันที่บานกรณีบานโค้งเมื่อยกบานขึ้น ส่วนขอบล่างของบานจะเคลื่อนตัวเป็นส่วนโค้งของวงกลมไม่อยู่ในแนวตั้งแนวเดียวกับจุดตรึงรองรับบานแบบประตูบานตรง ขอบล่างจะทำมุม  $\theta$  กับกรณีประตู หรืออาจกล่าวได้ว่าช่องเปิดของบานโค้งนั้นจะเอียงเป็นมุม  $\theta$  ดังแสดงในรูปที่ 2 - 6

จากการศึกษาของ Toch (1995) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านบานระบาย ( $C_d$ ) จะแปรผันกับค่า  $Y_1 G_o a$  และ  $r$  ดังแสดงในรูปที่ 2 - 7 ของกรณีการไหลแบบอิสระ (Free flow หรือ Free outflow) และกรณีการไหลแบบท่วมท้ายบาน (Submerged flow หรือ Drowned outflow)



รูปที่ 2 - 6 การไหลผ่านบานโค้งแบบอิสระ

ที่มา : US. Bureau of Reclamation. (1977). Design Standard No.7, Valves, Gates and Steel Conduits..



## รูปที่ 2 - 7 สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านบานระบายแบบบานโค้ง (Cd)

ที่มา : Toch, A. (1955). Discharge characteristics of Tainter gates. Transaction, American Society of Civil Engineers, Volume 120, 290.

ค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัวของหน้าตัดการไหลของน้ำ ( $C_c$ ) ของการไหลผ่านบานโค้งจะมีค่ามากกว่ากรณีการไหลผ่านบานตรง สมการสำหรับประมาณค่า  $C_c$  แสดงดังสมการที่ 3 ซึ่งสมการมีค่าคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณ  $\pm 5\%$  เมื่อ  $\theta < 90^\circ$  เมื่อ  $\theta$  คือ มุมที่ห้องบานประตูกระทำกับแนวราบ หน่วยเป็น องศา

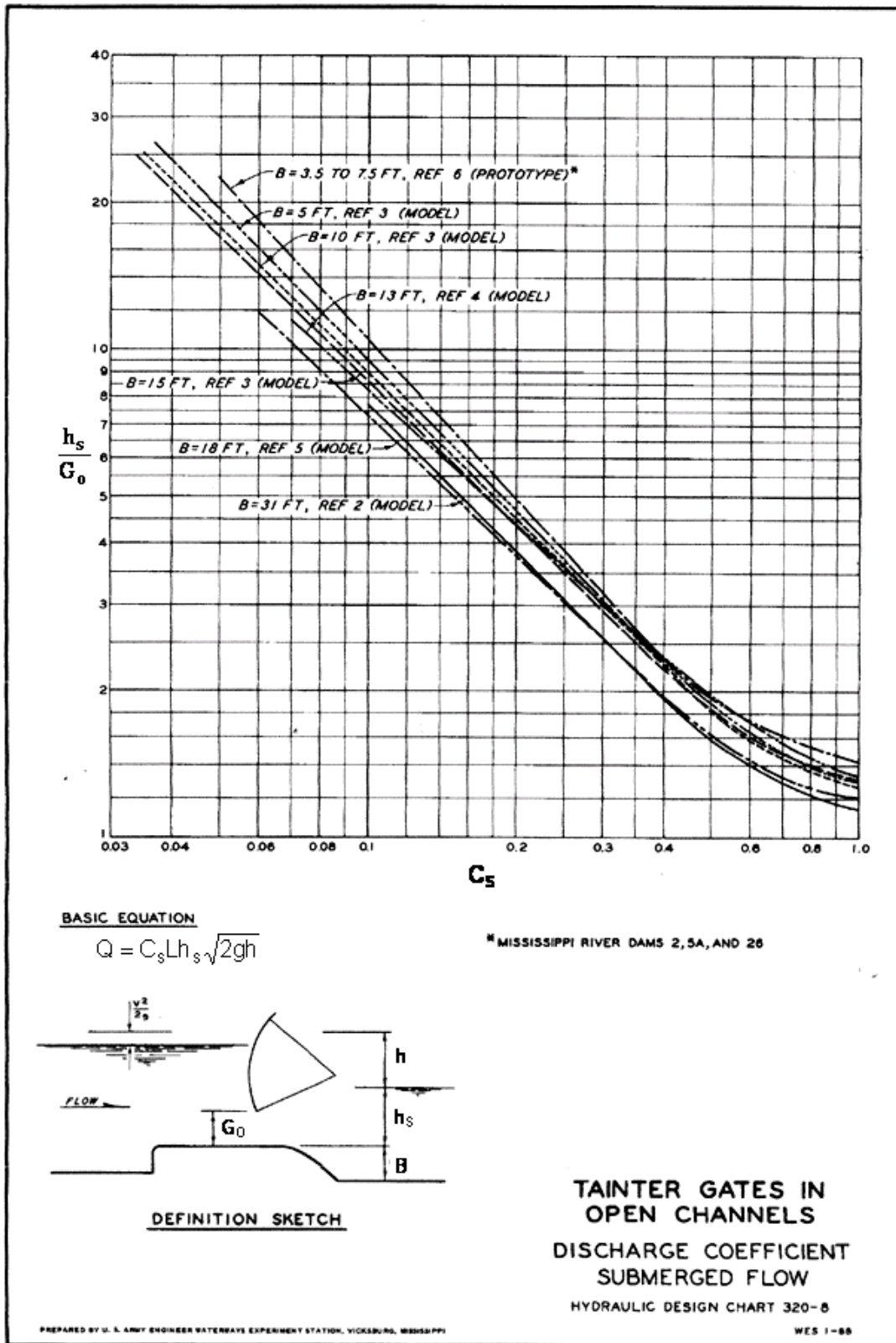
$$C_c = 1 - 0.75 \left( \frac{\theta}{90} \right) + 0.36 \left( \frac{\theta}{90} \right)^2 \quad \text{สมการที่ 3}$$

กรณีการไหลผ่านประตูระบายบานโค้งแบบท่วมห้ายบาน US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station ได้พัฒนาสูตรสำหรับใช้คำนวณอัตราการไหลผ่านบานระบาย โดยดัดแปลงจากสูตรของ Standard Orifices (สมการที่ 1) ดังนี้

$$Q = C_s L h_s \sqrt{2gh} \quad \text{สมการที่ 4}$$

- เมื่อ  $Q$  = ปริมาณน้ำไหลผ่านบานระบาย, ลบ.ม. ต่อ วินาที  
 $C_s$  = สัมประสิทธิ์การไหลลอดใต้บานแบบท่วมห้ายบาน  
 $L$  = ความกว้างของบานประตู, เมตร  
 $g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 เมตร ต่อ วินาที<sup>2</sup>  
 $h_s$  = ผลต่างของระดับน้ำด้านท้ายน้ำและระดับธรณีประตู, เมตร  
 $h$  = ผลต่างของเฮดทั้งหมดระหว่างเหนือน้ำและท้ายน้ำ ซึ่งรวมถึงเฮดความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าสู่บานด้วย, เมตร

ค่า  $C_s$  มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่า  $h_s/G_o$  ดังแสดงในรูปที่ 2 - 8 โดยเลือกเส้นกราฟตามระยะผลต่างของระดับธรณีประตูกับระดับพื้นท้ายน้ำ (B)



รูปที่ 2 - 8 สัมประสิทธิ์การไหลลอดใต้บานแบบทวมท้ายบาน

ที่มา : USACE. (1977). Hydraulic Design Criteria (Vol.2). Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

## 2.3 การวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานและการสอบเทียบอาคารชลประทาน

กรมชลประทานได้จัดทำคู่มือการวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานและการสอบเทียบอาคารชลประทาน (กรมชลประทาน, 2554) เพื่อใช้ตรวจสอบการคำนวณอัตราการไหลผ่านอาคารชลประทาน การสอบเทียบ (Calibration) อาคารชลประทานเป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (Discharge Coefficient) ผ่านอาคารชลประทาน เพื่อใช้สำหรับคำนวณอัตราการไหลผ่านอาคารชลประทานนั้นๆ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านบานระบายกับระดับน้ำด้านเหนือ - ท้ายน้ำ ระยะการเปิดบานประตูระบายน้ำ และสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านอาคาร โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์คำนวณจากสูตรมาตรฐานสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำ

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

### 1. ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลและการเตรียมงาน

1.1 รวบรวมและศึกษาข้อมูลรายละเอียด เช่น ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ข้อมูลด้านชลศาสตร์ของอาคาร ค่าระดับต่างๆ ของอาคาร เป็นต้น

1.2 จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวัดความเร็วกระแส น้ำ และเครื่องวัดความเร็ว กระแส น้ำที่มีการตรวจสอบปรับเทียบพร้อมใช้งาน

1.3 ตรวจสอบความถูกต้องของระดับต่างๆ ของอาคาร เช่น ระดับธรณีประตู ระดับน้ำใช้ การเต็มที (FSL) เป็นต้น และตรวจสอบแผ่นระดับน้ำทั้งแบบแนวตั้งให้ตั้งตรงอยู่ในแนวตั้ง หรือแผ่นระดับน้ำแบบเอียงตามความลาดชันของคลอง (ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นระดับน้ำ) ให้ตั้งอยู่ในระดับที่ถูกต้องทั้งด้านเหนือ น้ำและท้ายน้ำ

1.4 ปรับตั้งค่าศูนย์ของบาน โดยการปรับระยะเปิดบานให้อ่านได้ค่าศูนย์ในขณะที่บานนั้น ปิดลงและน้ำไม่สามารถไหลผ่านอาคารได้

1.5 พิจารณาเลือกสถานที่ที่จะทำการวัดความเร็วกระแส น้ำ โดยบริเวณดังกล่าวจะต้องมี ระยะห่างเพียงพอจากอาคารชลประทานที่ต้องการสอบเทียบ และควรเลือกทางน้ำที่ตรง น้ำไหลราบเรียบ ปราศจากการไหลแบบปั่นป่วน ไม่ได้รับอิทธิพลจาก Back water effect และจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการไหล ของน้ำ

### 2. ขั้นตอนการวัดปริมาณน้ำและสอบเทียบอาคาร

2.1 สำรวจรูปตัดทางน้ำที่จะทำการวัด

2.2 แบ่งหน้าตัดของทางน้ำออกเป็นช่วงๆ วัดความลึกของน้ำในแนวตั้งแต่ละแนว และหา ความลึกตามระยะต่างๆ ของความลึกผิวน้ำ ตามเกณฑ์การวัด

2.3 บันทึกข้อมูลอาคาร จำนวนบานที่เปิด, ลักษณะช่องระบาย (ท่อกลม/เหลี่ยม หรือ ประตู) จำนวนช่อง/แถว ทั้งหมดขนาดช่อง (กว้าง - สูง, หรือเส้นผ่าศูนย์กลาง)ระดับธรณีประตู

2.4 บันทึกข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือ น้ำ, ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ, ความต่างของระดับน้ำและ ระยะเปิดบาน

2.5 ใช้เครื่องมือวัดกระแสน้ำ วัดความเร็วของกระแสน้ำในแนวตั้งของหน้าตัด โดยวัดความเร็วของกระแสน้ำในระดับความลึกต่างๆ ตามเกณฑ์การวัด

2.6 ปรับการเปิดบานที่ระยะต่างๆ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่ทดสอบหลายๆ ค่า

3. การคำนวณปริมาณน้ำ และหาสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ

3.1 คำนวณหาความเร็วเฉลี่ย

3.2 คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของแต่ละหน้าตัดย่อย

3.3 หาอัตราการไหลทั้งหมดโดยรวมอัตราการไหลของทุกหน้าตัดย่อย

3.4 นำค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ในหน้าตัด ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การไหล

3.5 นำสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ ( $C_s$ ) ที่คำนวณได้จากการวัดความเร็วกระแสน้ำแต่ละครั้ง ไปหาความสัมพันธ์กับค่า  $h_s/G_0$  ที่ได้มาพล็อตกราฟ log-log จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  และ  $h_s/G_0$

3.6 นำสมการความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  และ  $h_s/G_0$  มาคำนวณและจัดทำตารางแสดงปริมาณน้ำไหลผ่านอาคารที่ระยะเปิดบานต่าง ๆ

4. วิเคราะห์ผลและสรุปรายงาน

## บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา การรวบรวมข้อมูลและวิธีการศึกษา

### 3.1 ระบบลุ่มน้ำมูล

แม่น้ำมูลในเขตจังหวัดนครราชสีมาจากด้านท้ายเขื่อนมูลบนได้ไหลรวมกับลำพระเพลิงก่อนจะไหลผ่านตัวเมืองนครราชสีมาถึงสถานี M.2A ซึ่งมีระยะทางประมาณ 70.4 กิโลเมตร สภาพลำน้ำมีขนาดเล็ก มีความกว้างประมาณ 50 เมตร และลึกประมาณ 5.2 เมตร แต่มีความลาดชันสูงประมาณ 1:3,360 และมีความสามารถในการระบายน้ำที่สถานี M.2A ที่ 166.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที หลังจากนั้นแม่น้ำมูลจะไหลบรรจบกับลำตะคอง จะไหลผ่านฝายยางบ้านส้มไปบรรจบกับลำเชียงไกรและลำจักรราช หลังจากนั้นจะไหลผ่านเขื่อนระบายน้ำพิมายและประตูระบายน้ำชุมพวง ไปรวมกับลำปลายมาศ และผ่านฝายยางบ้านเขว้าและฝายกุดชุมแสงก่อนจะไหลเข้าเขตอำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานี M.6A โดยมีความกว้างของลำน้ำประมาณ 100 เมตร ลึก 8.8 เมตร และมีความสามารถในการระบายน้ำ 330.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความลาดชันของแม่น้ำมูลระหว่างสถานี M.2A ถึงสถานี M.6A ซึ่งมีระยะทาง 387.6 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1:9,690

หลังจากแม่น้ำมูลไหลผ่านอำเภอสตึกแล้วจะไหลรวมกับลำชีก่อนจะไหลผ่านฝายยางบ้านตะลุงและไหลเข้าเขตอำเภอนำทม จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานี M.4 โดยมีความกว้างของลำน้ำประมาณ 100 เมตร ลึก 9.5 เมตร โดยมีความสามารถในการระบายน้ำ 571.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความลาดชันของแม่น้ำมูลระหว่างสถานี M.6A ถึงสถานี M.4 ซึ่งมีระยะทาง 86 กิโลเมตร มีค่าลดลงจากลำน้ำในช่วงเหนือน้ำโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1:12,285 หลังจากนั้นแม่น้ำมูลจะไหลรวมกับห้วยทับทันและไหลผ่านฝายราชสีไศลเข้าสู่เขตอำเภอราชสีไศล จังหวัดศรีสะเกษ ที่สถานี M.5 มีความกว้างลำน้ำประมาณ 170 เมตร ลึก 8.7 เมตร และมีความสามารถในการระบายน้ำ 1,002 ลูกบาศก์เมตร/วินาที แต่ค่าความลาดชันของแม่น้ำมูลระหว่างสถานี M.4 ถึงสถานี M.5 ซึ่งมีระยะทาง 112 กิโลเมตร มีค่าลดลงจากลำน้ำมูลในช่วงเหนือน้ำโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1:14,000

แม่น้ำมูลตอนล่างหลังจากไหลผ่านอำเภอราชสีไศลจะไหลรวมกับห้วยสำราญและห้วยขยุง และผ่านฝายห้วยนา หลังจากนั้นจะไหลรวมกับแม่น้ำชีเข้าสู่เขตอำเภอเมืองอุบลราชธานีซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานี M.7 โดยมีความกว้างลำน้ำประมาณ 420 เมตร ลึก 5.5 เมตร และมีความสามารถในการระบายน้ำ 2,360 ลูกบาศก์เมตร/วินาที แต่ค่าความลาดชันของแม่น้ำมูลระหว่างสถานี M.5 ถึงสถานี M.7 ซึ่งมีระยะทาง 132 กิโลเมตร ลดลงจากลำน้ำมูล ในช่วงเหนือน้ำโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1:16,500 หลังจากไหลผ่านอำเภอเมืองอุบลราชธานี แม่น้ำมูลจะไหลผ่านอำเภอบึงมูลและเขื่อนปากมูลก่อนจะไหลลงแม่น้ำโขงที่อำเภอโขงเจียม รวมความยาวลำน้ำทั้งหมด 930 กิโลเมตร

การจัดทำแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของน้ำหลาก โดยวิเคราะห์ระดับน้ำและปริมาณน้ำที่ตำแหน่งต่างๆของแม่น้ำที่ต้องการพิจารณา สามารถรับข้อมูลปริมาณน้ำทำที่วิเคราะห์จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ได้โดยตรง ระบบโครงข่ายลำน้ำที่พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล ประกอบด้วยลุ่มน้ำลำตะคอง ลุ่มน้ำที่มีอิทธิพลต่อจังหวัดนครราชสีมา และลุ่มน้ำที่มีอิทธิพลต่อจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ ดังแสดงในรูปที่ 3 - 1 และดังแสดงในรูปที่ 3 - 2



## 3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัยและอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่มีการรายงานข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า ข้อมูลการระบายน้ำออกจากเขื่อน และข้อมูลทางกายภาพทั่วไป ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ ขนาดและมิติต่างๆ ของอาคารควบคุมน้ำ มีรายละเอียดของข้อมูลดังต่อไปนี้

### 3.2.1 ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย

ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย เพื่อนำเข้าในแบบจำลองประกอบด้วย ข้อมูลฝนที่สถานีวัดน้ำฝนดัชนีข้อมูลอัตราการระเหย รายละเอียดมีดังนี้

1) สถานีวัดน้ำฝนที่มีการบันทึกข้อมูลรายวัน จากกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย มีจำนวนทั้งสิ้น 87 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 - 3

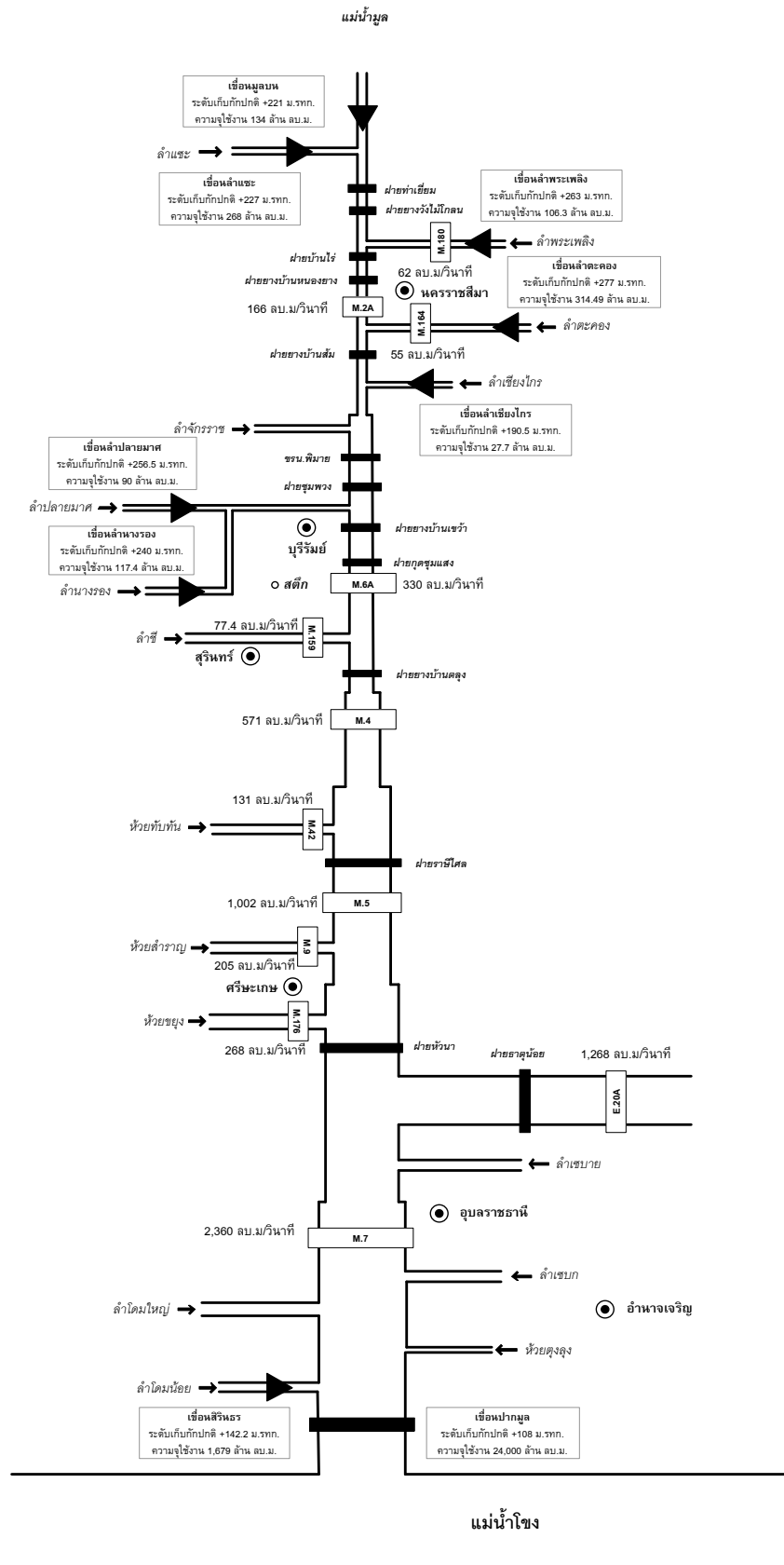
2) สถานีวัดการระเหย ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำมูล จำนวน 16 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 - 4

เนื่องจากข้อมูลน้ำฝนรายวันจากกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2546 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่จะใช้ในแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (NAM Model) มีข้อมูลบางส่วนขาดหายไป จึงมีความจำเป็นต้องประมาณค่าของข้อมูลน้ำฝนรายวันดังกล่าวเพื่อให้ข้อมูลครบถ้วน การศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method) ในการประมาณค่า

การคัดเลือกสถานีฝนข้างเคียงได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาสถานีที่ใกล้เคียงกับสถานีน้ำฝนที่ขาดหายไป โดยใช้เมนู Selection คำสั่ง Select By Location โดยระบุ target layers เป็นตำแหน่งสถานีฝนและ Source layer เป็นสถานีฝนเช่นเดียวกันในส่วน Spatial Selection Method ให้ระบุเป็น “target layer feature are with a distinct of source layer feature” จากนั้นกำหนดระยะทางที่ต้องการ

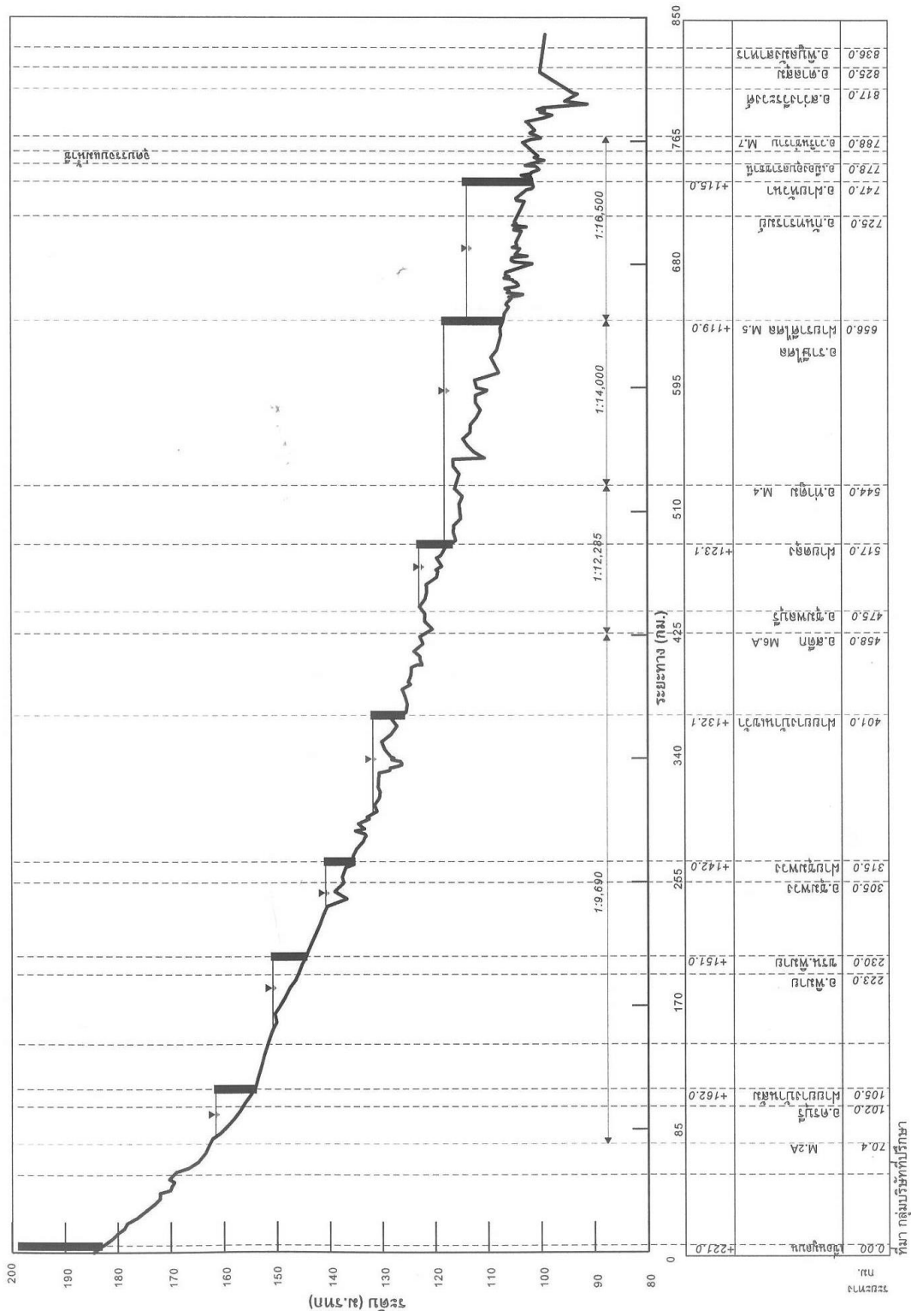
### 3.2.2 ข้อมูลอุทกวิทยา

ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่โครงการ จำนวน 31 สถานี จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ดังแสดงในตารางที่ 3 - 1 และรูปที่ 3 - 3 เป็นข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Rainfall-Runoff) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ในการพัฒนาแบบจำลองจะเลือกใช้ข้อมูลในปีน้ำปานกลางในการเปรียบเทียบ และนำไปตรวจพิสูจน์ด้วยข้อมูลปีที่มีปริมาณน้ำมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงข้อมูลที่มีของแต่ละสถานีวัดน้ำท่า



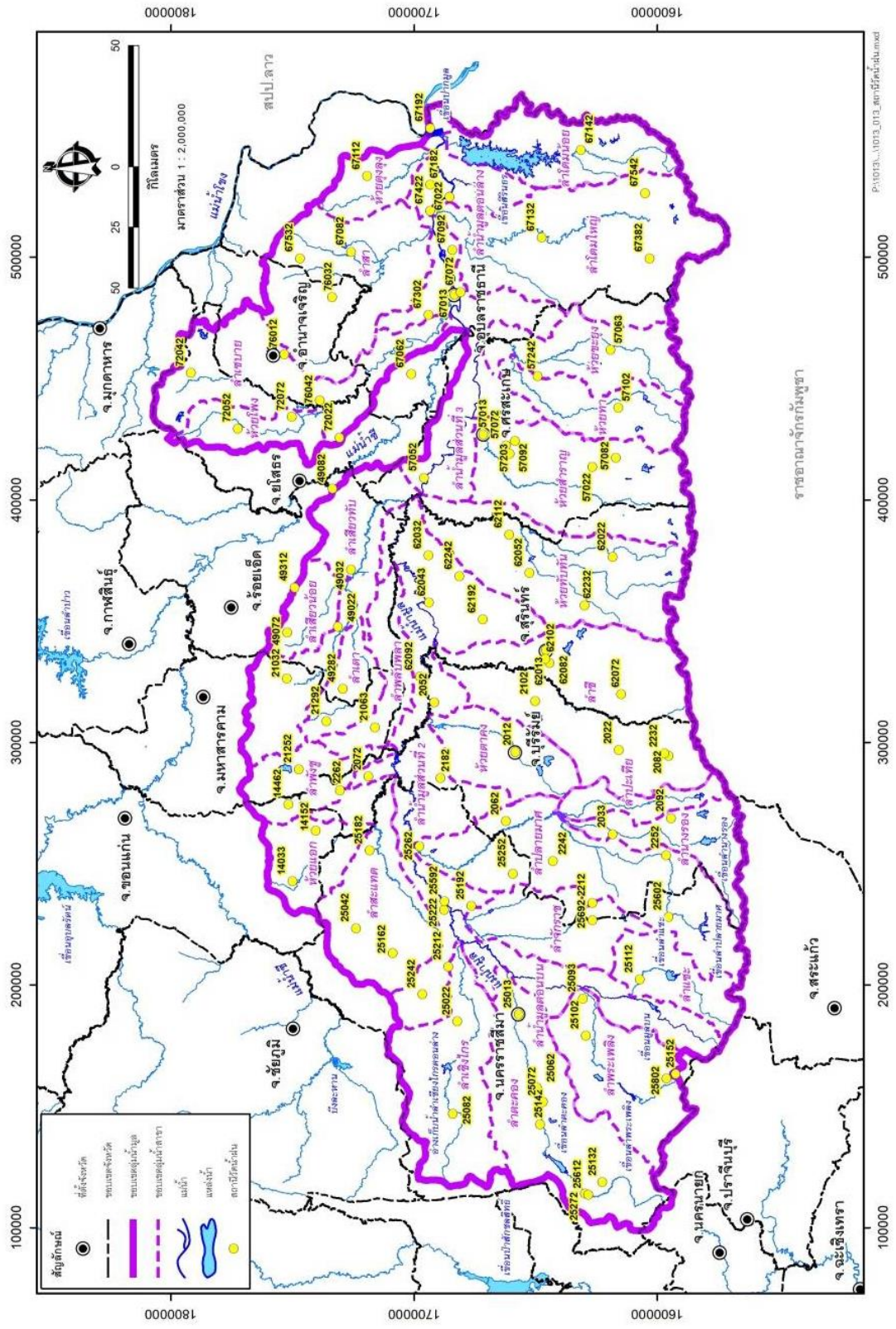
**รูปที่ 3 - 1** โครงข่ายลำน้ำและความจุลำน้ำของกลุ่มน้ำมูล

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางแผนและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).

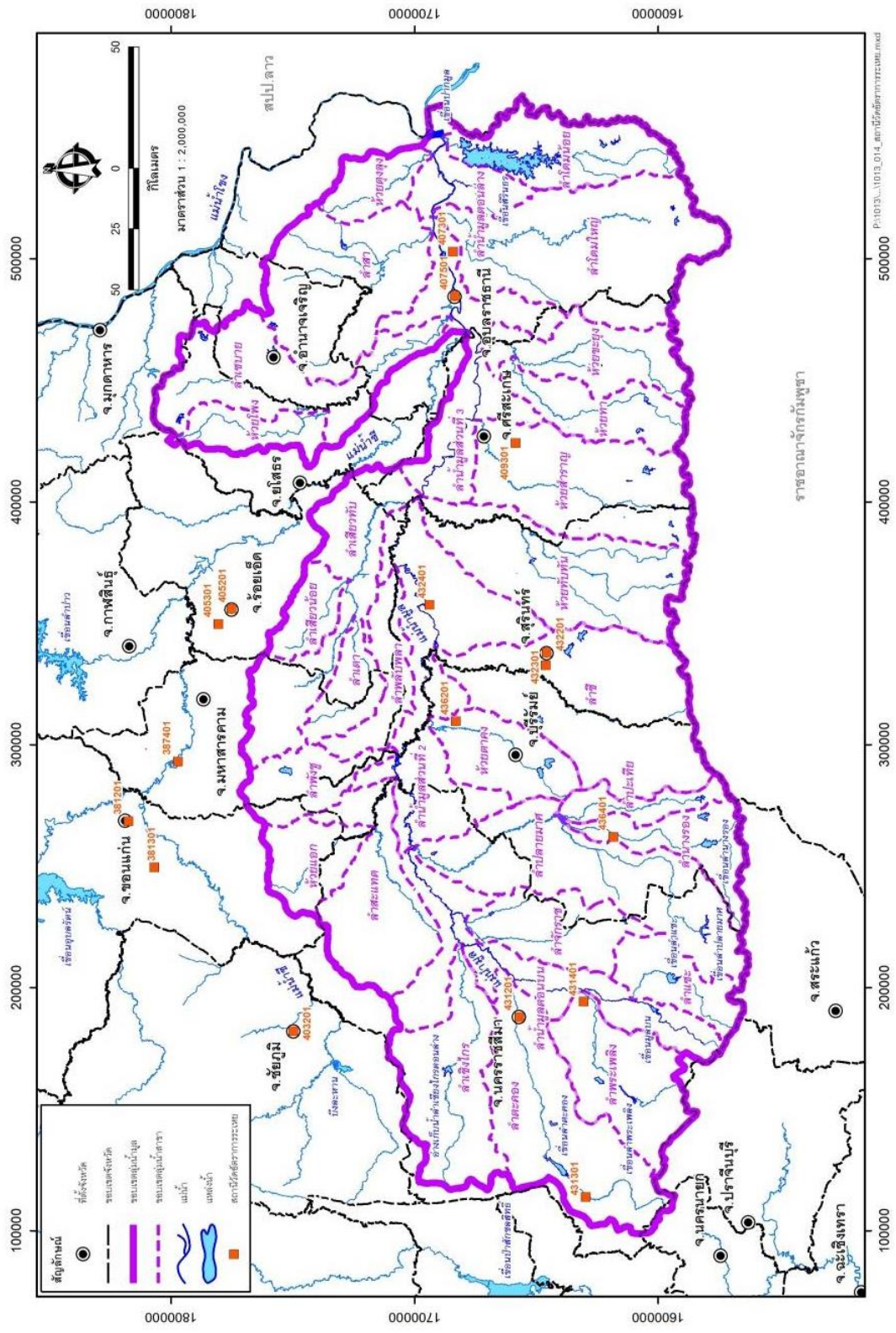


รูปที่ 3 - 2 รูปตัดตามยาวของแม่น้ำมูล

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).







รูปที่ 3 - 4 สถานีวัดอัตราการระบายในลุ่มน้ำมูล

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางแผนและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).

ตารางที่ 3 - 1 สถานีวัดน้ำฝน

| ลำดับ | รหัสสถานี | อำเภอ                                   | จังหวัด    | ตำแหน่ง<br>(องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา) |           | ฝนรายปีเฉลี่ย |
|-------|-----------|---|------------|---------------------------------|-----------|---------------|
|       |           |   |            | ละติจูด                         | ลองจิจูด  |               |
| 1.    | 02012     | อ.เมืองบุรีรัมย์                        | บุรีรัมย์  | 14-59-32                        | 103-06-29 | 1244.84       |
| 2.    | 02022     | อ.ประโคนชัย                             | บุรีรัมย์  | 14-36-27                        | 103-07-06 | 1363.49       |
| 3.    | 02033     | อ.นางรอง                                | บุรีรัมย์  | 14-37-39                        | 102-47-48 | 1187.22       |
| 4.    | 02052     | อ.สตึก                                  | บุรีรัมย์  | 15-17-40                        | 103-17-45 | 1156.53       |
| 5.    | 02062     | อ.ลำปลายมาศ                             | บุรีรัมย์  | 15-01-26                        | 102-50-33 | 1214.77       |
| 6.    | 02082     | นิคมสร้างตนเอง บ้านกรวด                 | บุรีรัมย์  | 14-25-20                        | 103-05-56 | 1340.46       |
| 7.    | 02092     | อ.ละหานทราย                             | บุรีรัมย์  | 14-24-40                        | 102-51-38 | 1220.15       |
| 8.    | 02102     | อ.กระสัง                                | บุรีรัมย์  | 14-55-11                        | 103-18-15 | 1203.94       |
| 9.    | 02212     | อ.หนองกี่                               | บุรีรัมย์  | 14-42-00                        | 102-32-00 | 1125.19       |
| 10.   | 02232     | อ.บ้านกรวด                              | บุรีรัมย์  | 14-26-14                        | 103-06-27 | 1285.00       |
| 11.   | 02242     | อ.หนองหงส์                              | บุรีรัมย์  | 14-50-55                        | 102-41-29 | 1097.66       |
| 12.   | 02252     | อ.ปะคำ                                  | บุรีรัมย์  | 14-25-38                        | 102-43-09 | 1092.96       |
| 13.   | 05062     | อ.คอนสวรรค์                             | นครราชสีมา | 14-55-50                        | 102-17-02 | 1079.13       |
| 14.   | 05072     | สถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ      | นครราชสีมา | 15-15-00                        | 102-01-01 | 1045.12       |
| 15.   | 14033     | อ.พล                                    | ขอนแก่น    | 15-48-52                        | 102-36-12 | 995.93        |
| 16.   | 21063     | อ.พยัคฆภูมิพิสัย                        | มหาสารคาม  | 15-30-50                        | 103-11-54 | 1347.88       |
| 17.   | 21252     | อ.นาเชือก                               | มหาสารคาม  | 15-47-44                        | 103-02-05 | 1214.59       |
| 18.   | 21292     | อ.นาดี                                  | มหาสารคาม  | 15-41-44                        | 103-13-13 | 1199.94       |
| 19.   | 25013     | อ.เมืองนครราชสีมา                       | นครราชสีมา | 14-58-10                        | 102-06-13 | 1086.29       |
| 20.   | 25042     | อ.บัวใหญ่                               | นครราชสีมา | 15-34-35                        | 102-25-32 | 1017.30       |
| 21.   | 25062     | อ.สูงเนิน                               | นครราชสีมา | 14-53-50                        | 101-49-30 | 840.39        |
| 22.   | 25072     | อ.สีคิ้ว                                | นครราชสีมา | 14-52-28                        | 101-46-10 | 893.99        |
| 23.   | 25082     | อ.ด่านขุนทด                             | นครราชสีมา | 15-12-28                        | 101-43-10 | 909.24        |
| 24.   | 25093     | อ.โชคชัย                                | นครราชสีมา | 14-43-50                        | 102-10-00 | 1065.43       |
| 25.   | 25102     | อ.ปักธงชัย                              | นครราชสีมา | 14-43-06                        | 102-01-32 | 917.17        |
| 26.   | 25112     | อ.ครบุรี                                | นครราชสีมา | 14-31-12                        | 102-14-36 | 839.57        |
| 27.   | 25132     | สถานีพืชอาหารสัตว์ ปากช่อง (M.89)       | นครราชสีมา | 14-39-00                        | 101-28-00 | 1252.10       |
| 28.   | 25142     | สถานีทดลองพืชไร่ บ้านใหม่สำโรง อ.สีคิ้ว | นครราชสีมา | 14-53-00                        | 101-41-00 | 1009.86       |
| 29.   | 25152     | โรงเรียนบ้านศาลเจ้าพ่อ อ.ปักธงชัย       | นครราชสีมา | 14-23-00                        | 101-53-00 | 1176.72       |
| 30.   | 25182     | อ.ประทาย                                | นครราชสีมา | 15-31-46                        | 102-43-31 | 1094.03       |
| 31.   | 25192     | นิคมสร้างตนเอง พิมาย                    | นครราชสีมา | 15-09-00                        | 102-31-00 | 1012.61       |
| 32.   | 25222     | สถานีทดลองข้าว พิมาย                    | นครราชสีมา | 15-15-00                        | 102-30-00 | 1041.64       |
| 33.   | 25242     | อ.ขามสะแกแสง                            | นครราชสีมา | 15-19-40                        | 102-10-31 | 950.30        |
| 34.   | 25252     | อ.ห้วยแถลง                              | นครราชสีมา | 14-59-45                        | 102-38-31 | 1090.82       |
| 35.   | 25272     | อากาศเกษตร ปากช่อง                      | นครราชสีมา | 14-42-48                        | 101-25-16 | 1132.60       |
| 36.   | 25592     | โรงเรียนบ้านท่าหลวง อ.พิมาย             | นครราชสีมา | 15-15-00                        | 102-32-00 | 939.16        |

ตารางที่ 3 - 1 สถานีวัดน้ำฝน (ต่อ)

| ลำดับ | รหัสสถานี | อำเภอ                                  | จังหวัด     | ตำแหน่ง<br>(องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา) |           | ฝนรายปีเฉลี่ย |
|-------|-----------|--|-------------|---------------------------------|-----------|---------------|
|       |           |  |             | ละติจูด                         | ลองจิจูด  |               |
| 37.   | 25602     | อ.เสิงสาง                              | นครราชสีมา  | 14-25-00                        | 102-29-00 | 1014.33       |
| 38.   | 25612     | สำนักงานเกษตร อ.ปากช่อง                | นครราชสีมา  | 14-42-00                        | 101-25-00 | 966.53        |
| 39.   | 25692     | อ.หนองบุญนาก                           | นครราชสีมา  | 14-42-00                        | 102-28-00 | 1066.82       |
| 40.   | 25702     | อ.แก้งสนามนาง                          | นครราชสีมา  | 15-47-27                        | 102-18-40 | 947.39        |
| 41.   | 25802     | อ.วังน้ำเขียว                          | นครราชสีมา  | 14-25-00                        | 101-52-00 | 1308.67       |
| 42.   | 49032     | อ.สุวรรณภูมิ                           | ร้อยเอ็ด    | 15-36-28                        | 103-48-14 | 1299.86       |
| 43.   | 49312     | อ.เมืองสรวง                            | ร้อยเอ็ด    | 15-49-00                        | 103-44-00 | 1101.27       |
| 44.   | 57013     | อ.เมืองศรีสะเกษ                        | ศรีสะเกษ    | 15-07-03                        | 104-19-31 | 1508.81       |
| 45.   | 57022     | อ.ขุขันธ์                              | ศรีสะเกษ    | 14-42-42                        | 104-12-08 | 1427.85       |
| 46.   | 57052     | อ.ราชีไศล                              | ศรีสะเกษ    | 15-20-19                        | 104-09-26 | 1427.81       |
| 47.   | 57063     | อ.กันทรลักษ์                           | ศรีสะเกษ    | 14-38-43                        | 104-39-01 | 1532.32       |
| 48.   | 57072     | สถานีทดลองไหม (ขยายพันธุ์พืช) ศรีสะเกษ | ศรีสะเกษ    | 15-02-00                        | 104-17-00 | 1405.79       |
| 49.   | 57082     | นิคมสร้างตนเอง ปรีอใหญ่ อ.ขุขันธ์      | ศรีสะเกษ    | 14-37-28                        | 104-14-14 | 1383.45       |
| 50.   | 57092     | นิคมสร้างตนเอง ห้วยคล้า อ.กันทรลักษ์   | ศรีสะเกษ    | 15-01-12                        | 104-15-05 | 1384.96       |
| 51.   | 57102     | อ.ขุนหาญ                               | ศรีสะเกษ    | 14-36-59                        | 104-25-43 | 1279.79       |
| 52.   | 57203     | อากาศเกษตร ศรีสะเกษ                    | ศรีสะเกษ    | 15-00-00                        | 104-18-00 | 1458.22       |
| 53.   | 57242     | อ.น้ำเกลี้ยง                           | ศรีสะเกษ    | 14-55-00                        | 104-33-00 | 1363.03       |
| 54.   | 62013     | อ.เมืองสุรินทร์                        | สุรินทร์    | 14-52-51                        | 103-29-56 | 1432.55       |
| 55.   | 62022     | อ.สังขะ                                | สุรินทร์    | 14-38-07                        | 103-51-26 | 1244.22       |
| 56.   | 62043     | อ.ท่าตูม                               | สุรินทร์    | 15-19-04                        | 103-40-43 | 1399.09       |
| 57.   | 62052     | อ.ศรีขรภูมิ                            | สุรินทร์    | 14-56-42                        | 103-47-41 | 1316.46       |
| 58.   | 62072     | นิคมสร้างตนเอง ปราสาท                  | สุรินทร์    | 14-36-00                        | 103-20-00 | 1371.98       |
| 59.   | 62092     | อ.ชุมพลบุรี                            | สุรินทร์    | 15-20-55                        | 103-23-40 | 1336.88       |
| 60.   | 62112     | อ.สำโรงทาบ                             | สุรินทร์    | 15-01-14                        | 103-56-28 | 1177.14       |
| 61.   | 62192     | อ.จอมพระ                               | สุรินทร์    | 15-06-56                        | 103-36-56 | 1393.04       |
| 62.   | 62232     | อ.ลำดวน                                | สุรินทร์    | 14-44-16                        | 103-40-19 | 1255.28       |
| 63.   | 62242     | อ.สนม                                  | สุรินทร์    | 15-12-16                        | 103-46-52 | 1199.78       |
| 64.   | 64042     | นิคมสร้างตนเองคำสร้อย                  | มุกดาหาร    | 16-22-00                        | 104-32-60 | 1641.78       |
| 65.   | 67013     | อ.เมืองอุบลราชธานี                     | อุบลราชธานี | 15-13-35                        | 104-51-42 | 1593.20       |
| 66.   | 67022     | อ.พิบูลมังสาหาร                        | อุบลราชธานี | 15-14-39                        | 105-14-11 | 1798.03       |
| 67.   | 67062     | อ.เขื่องใน                             | อุบลราชธานี | 15-23-13                        | 104-33-21 | 1405.29       |
| 68.   | 67082     | อ.ตระการพิพิธผล                        | อุบลราชธานี | 15-36-39                        | 105-01-33 | 1729.02       |
| 69.   | 67092     | อากาศเกษตร อุบลราชธานี                 | อุบลราชธานี | 15-14-00                        | 105-02-00 | 1608.90       |
| 70.   | 67112     | อ.ศรีเมืองใหม่                         | อุบลราชธานี | 15-33-00                        | 105-19-00 | 1826.02       |

ตารางที่ 3 - 1 สถานีวัดน้ำฝน (ต่อ)

| ลำดับ | รหัสสถานี | อำเภอ                         | จังหวัด     | ตำแหน่ง<br>(องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา) |           | ฝนรายปีเฉลี่ย |
|-------|-----------|-------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------|---------------|
|       |           |                               |             | ละติจูด                         | ลองจิจูด  |               |
| 71.   | 67132     | อ.เดชอุดม                     | อุบลราชธานี | 14-54-06                        | 105-04-47 | 1552.55       |
| 72.   | 67142     | อ.บุญศรี                      | อุบลราชธานี | 14-45-22                        | 105-24-56 | 1875.43       |
| 73.   | 67192     | อ.โขงเจียม                    | อุบลราชธานี | 15-18-58                        | 105-30-03 | 1824.19       |
| 74.   | 67302     | สถานีรักษาพันธุ์สัตว์ อ.เมือง | อุบลราชธานี | 15-19-20                        | 104-47-00 | 1433.67       |
| 75.   | 67382     | อ.น้ำยืน                      | อุบลราชธานี | 14-30-00                        | 105-00-00 | 1499.88       |
| 76.   | 67422     | อ.ตาลชุม                      | อุบลราชธานี | 15-19-00                        | 105-11-00 | 1494.36       |
| 77.   | 67532     | อ.กุดข้าวปุ้น                 | อุบลราชธานี | 15-48-00                        | 105-00-00 | 1663.10       |
| 78.   | 67542     | อ.นาจะหลวย                    | อุบลราชธานี | 14-31-00                        | 105-15-00 | 1652.06       |
| 79.   | 72012     | อ.เมือง ยโสธร                 | ยโสธร       | 15-47-38                        | 104-08-38 | 1299.56       |
| 80.   | 72032     | อ.มหาชนะชัย                   | ยโสธร       | 15-31-50                        | 104-14-49 | 1430.33       |
| 81.   | 72022     | อ.คำเขื่อนแก้ว                | ยโสธร       | 15-39-07                        | 104-18-41 | 1459.28       |
| 82.   | 72042     | อ.เลิงนกทา                    | ยโสธร       | 16-12-22                        | 104-33-32 | 1809.19       |
| 83.   | 72052     | อ.กุดชุม                      | ยโสธร       | 16-01-51                        | 104-20-40 | 1479.65       |
| 84.   | 72072     | อ.ป่าติ้ว                     | ยโสธร       | 15-49-50                        | 104-23-27 | 1343.05       |
| 85.   | 76012     | อ.เมืองอำนาจเจริญ             | อำนาจเจริญ  | 15-51-28                        | 104-37-53 | 1461.02       |
| 86.   | 76032     | อ.พนา                         | อำนาจเจริญ  | 15-40-52                        | 104-51-02 | 1394.45       |
| 87.   | 76042     | อ.หัวตะพาน                    | อำนาจเจริญ  | 15-43-35                        | 104-27-18 | 1284.00       |



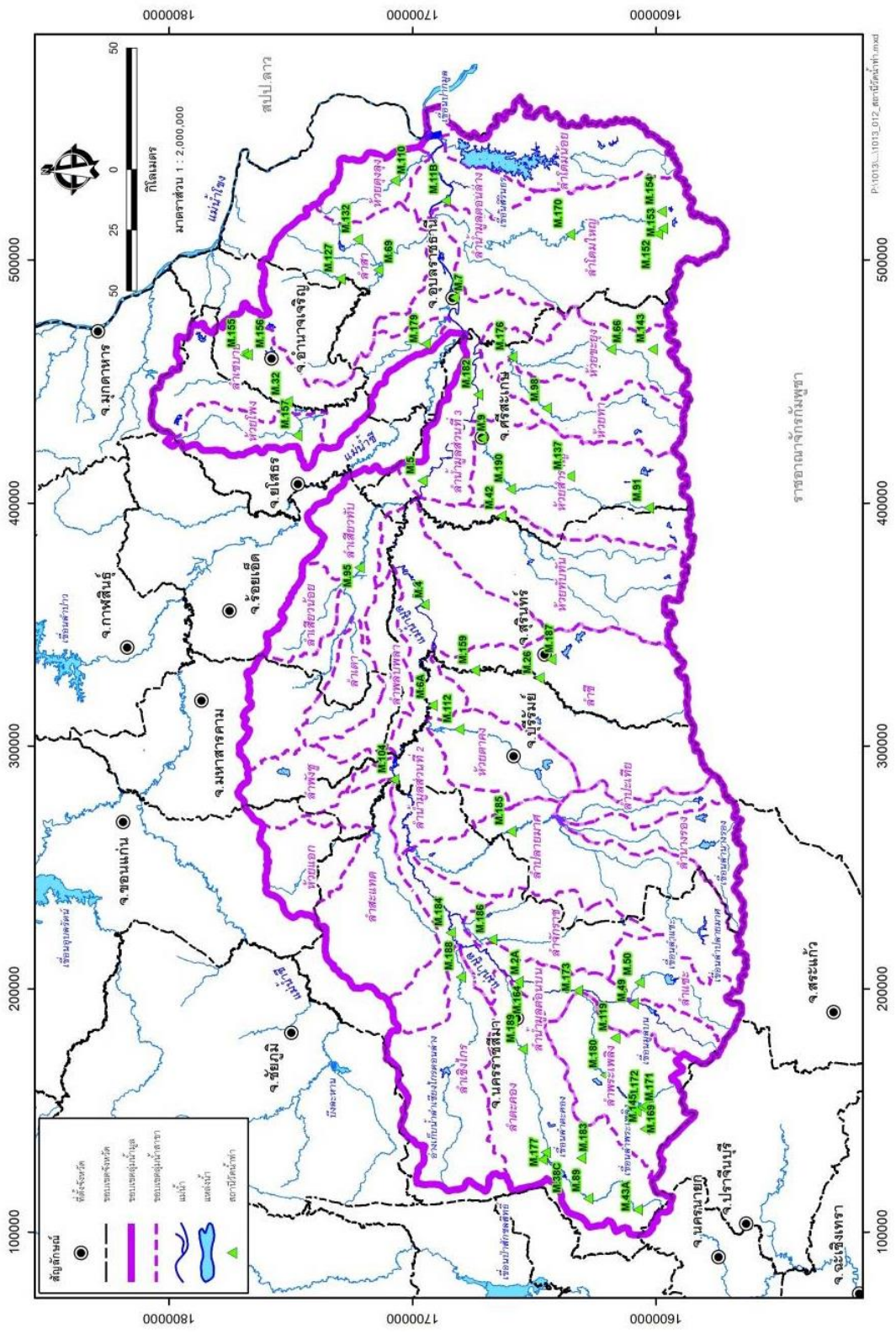
ตารางที่ 3 - 2 สถานีวัดอัตราการระเหย

| ลำดับที่ | รหัสสถานี | ชื่อสถานี                 |
|----------|-----------|---------------------------|
| 1.       | 381201    | ขอนแก่น                   |
| 2.       | 381301    | สภษ. ท่าพระ จ.ขอนแก่น     |
| 3.       | 387401    | โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม    |
| 4.       | 403201    | ชัยภูมิ                   |
| 5.       | 405201    | ร้อยเอ็ด                  |
| 6.       | 405301    | สภษ. ร้อยเอ็ด             |
| 7.       | 407301    | สภษ. อุบลราชธานี          |
| 8.       | 407501    | อุบลราชธานี               |
| 9.       | 409301    | สภษ. ศรีสะเกษ             |
| 10.      | 431201    | นครราชสีมา                |
| 11.      | 431301    | สภษ. ปากช่อง จ.นครราชสีมา |
| 12.      | 431401    | โชคชัย จ.นครราชสีมา       |
| 13.      | 432201    | สุรินทร์                  |
| 14.      | 432301    | สภษ. สุรินทร์             |
| 15.      | 432401    | ท่าตูม จ.สุรินทร์         |
| 16.      | 436201    | บุรีรัมย์                 |
| 17.      | 436401    | นางรอง จ.บุรีรัมย์        |

ตารางที่ 3 - 3 สถานีวัดน้ำท่า

| ลำดับ<br>ที่ | รหัสลุ่ม<br>น้ำ | ชื่อลุ่มน้ำ       | สถานีเปรียบเทียบ |                                | ช่วงข้อมูล                            |
|--------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
|              |                 |                   | รหัส             | ชื่อสถานี                      |                                       |
| 1            | 0502            | ลำมูลบน           | M.184            | แม่น้ำมูลที่พิมาย              | 2551-2555                             |
|              |                 |                   | M.173            | แม่น้ำมูลที่โชคชัย             | 2551-2555                             |
|              |                 |                   | M.2              | แม่น้ำมูลที่บ้านด่านตะกา       | 2520-2539                             |
|              |                 |                   | M.2A             |                                | 2543-2555                             |
| 2            | 0503            | ลำแซะ             | M.50             | ลำแซะที่นครบุรี                | 2520-2524, 2542-2547, 2549-2550, 2552 |
| 3            | 0504            | ลำพระเพลิง        | M.119            | ลำเชียงสาที่บ้านโคกสะแกราช     | 2543, 2545-2555                       |
|              |                 |                   | M.180            | ลำพระเพลิงที่ปักธงชัย          | 2546-2555                             |
|              |                 |                   | M.171            | ลำพระเพลิงที่วังน้ำเขียว       | 2552-2555                             |
|              |                 |                   | M.145            | ลำพระเพลิงที่บ้านวังตะเคียนทอง | 2533-2555                             |
| 4            | 0505            | ลำตะคอง           | M.89             | ลำตะคองที่สถานเสาวภา           | 2514-2555                             |
|              |                 |                   | M.164            | ลำตะคองที่เมืองนครราชสีมา      | 2550-2555                             |
|              |                 |                   | M.183            | ห้วยหินลับที่ปากช่อง           | 2550-2555                             |
| 5            | 0506            | ลำเชียงไกร        | M.188            | ลำเชียงไกรที่โนนสูง            | 2551-2555                             |
| 6            | 0507            | ลำจักราช          | M.186            | ลำจักราชที่บ้านโนนคอย          | 2551-2555                             |
| 7            | 0508            | ลำนางรอง          | M.185            | ลำปลายมาศที่บ้านไผ่น้อย        | 2551-2555                             |
| 8            | 0509            | ลำปะเทีย          |                  |                                |                                       |
| 9            | 0510            | ลำปลายมาศ         |                  |                                |                                       |
| 10           | 0511            | ลำน้ำมูลส่วนที่ 2 | M.104            | แม่น้ำมูลที่คูเมือง            | 2551-2555                             |
|              |                 |                   | M.6A             | แม่น้ำมูลที่บ้านสตึก           | 2508-2555                             |
|              |                 |                   | M.4              | แม่น้ำมูลที่ท่าตูม             | 2552-2555                             |
| 11           | 0515            | ลำตะโค่ง          | M.112            | ห้วยตะโค่งที่บ้านโคกใหญ่       | 2526-2530, 2541-2555                  |
| 12           | 0516            | ลำชี              | M.26             | ลำชีที่บ้านลำชี                | 2520-2555                             |
|              |                 |                   | M.187            | ห้วยเสนงที่เมืองสุรินทร์       | 2552-2555                             |
|              |                 |                   | M.159            | น้ำชีที่บ้านหลุมดิน            | 2541, 2543-2555                       |
| 13           | 0518            | ลำเตา             | M.95             | ลำเสียวใหญ่ที่บ้านกู่          | 2521-2532, 2548, 2550-2555            |
| 14           | 0519            | ลำเสียน้อย        |                  |                                |                                       |
| 15           | 0520            | ลำเสียวใหญ่       |                  |                                |                                       |
| 16           | 0521            | ห้วยทับทัน        | M.42             | ห้วยทับทันที่บ้านห้วยทับทัน    | 2516-2540, 2543-2555                  |
| 17           | 0522            | ลำน้ำมูลส่วนที่ 3 | M.5              | แม่น้ำมูลที่ราชไศล             | 2498-2555                             |
|              |                 |                   | M.182            | แม่น้ำมูลที่กัณฑ์ธรรมย์        | 2551-2555                             |
| 18           | 0523            | ห้วยสำราญ         | M.9              | ห้วยสำราญที่เมืองศรีสะเกษ      | 2497-2524, 2530-2555                  |
|              |                 |                   | M.190            | ห้วยสำราญที่อุทุมพรพิสัย       | 2551-2555                             |
| 19           | 0524            | ห้วยทา            | M.98             | ห้วยทาที่บ้านอะลาบ             | 2522-2548, 2550-2555                  |
| 20           | 0525            | ห้วยขยุง          | M.66             | ห้วยขยุงที่บ้านน้ำอ้อม         | 2509-2555                             |
|              |                 |                   | M.176            | ห้วยขยุงที่กัณฑ์ธรรมย์         | 2546-2555                             |

หมายเหตุ : ชื่อลุ่มน้ำสาขาอ้างอิงจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง กรมชลประทาน



รูปที่ 3 - 5 สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำมูล

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาทางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มด).

### 3.2.3 ข้อมูลการบริหารจัดการอาคารบังคับน้ำ

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล มีลักษณะเป็นเขื่อนฝายและประตูระบายน้ำ ปิดกั้นลำน้ำตามธรรมชาติเกือบกัก เพื่อการชลประทานและการอุปโภคบริโภค พร้อมทั้งแบ่งให้ใช้ประโยชน์ ด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงอาคารบังคับน้ำในลุ่มน้ำมูล มีดังต่อไปนี้

1. เขื่อนมูลบน เป็นเขื่อนดินปิดกั้นแม่น้ำมูลบริเวณอำเภอบึงสามพัน จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อน 454 ตารางกิโลเมตร เป็นอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน ตัวเขื่อนก่อสร้างระหว่างปี พ.ศ. 2523 - พ.ศ. 2532 มีระดับเก็บกักปกติเท่ากับ 221 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกักต่ำสุด 208 เมตร (ร.ท.ก.) มีความจุอ่างใช้งาน 134 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานได้ 41,400 ไร่

2. เขื่อนลำแะ เป็นเขื่อนดินที่ปิดกั้นลำแะ ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูลที่ตำบลโคกกระชาย อำเภอบึงสามพัน จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อนประมาณ 601 ตารางกิโลเมตร ตัวเขื่อนก่อสร้างระหว่างปี พ.ศ. 2523 - พ.ศ. 2540 เป็นอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน มีระดับเก็บกักน้ำที่ 227 เมตร (ร.ท.ก.) มีความจุอ่างใช้งาน 268 ล้านลูกบาศก์เมตร สามารถส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานได้ 94,000 ไร่

3. เขื่อนลำพระเพลิง เป็นเขื่อนดินปิดกั้นลำพระเพลิง ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูลที่บริเวณตำบลตะขบ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่ลุ่มน้ำ 807 ตารางกิโลเมตร ตัวเขื่อนก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2513 เก็บกักน้ำเพื่อการชลประทาน มีระดับเก็บกักปกติ 263 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกักต่ำสุด 240 เมตร (ร.ท.ก.) มีความจุอ่างใช้งานได้ 106.30 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกประมาณ 63,100 ไร่ และมีอ่างเก็บน้ำลำสำลายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำพระเพลิง ตั้งอยู่ในตำบลตะขบ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำสามารถเก็บกักน้ำได้ประมาณ 38 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกประมาณ 15,000 ไร่ และก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2527

4. เขื่อนลำตะคอง เป็นเขื่อนดินที่ปิดกั้นลำตะคอง ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูลที่ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2512 มีพื้นที่รับน้ำ 1,430 ตารางกิโลเมตร ระดับเก็บกักปกติ 277 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกักต่ำสุด 261 เมตร (ร.ท.ก.) มีความจุอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 323 ล้านลูกบาศก์เมตร ความจุอ่างเก็บน้ำใช้การ 314.49 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานประมาณ 123,125 ไร่ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อผลิตประปาให้แก่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และเป็นอ่างเก็บน้ำตอนล่างเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกกลับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ขนาดกำลัง 225 เมกะวัตต์

5. เขื่อนลำปลายมาศ เป็นเขื่อนดินปิดกั้นลำปลายมาศ บริเวณบ้านราษฎร์สามัคคี ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน 98 ตารางกิโลเมตร เขื่อนดินสูง 32 เมตร ยาว 1,100 เมตร ระดับสันเขื่อน 262.5 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกักปกติ 256.5 เมตร (ร.ท.ก.) ปริมาตรเก็บกักใช้ ส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา พื้นที่โครงการ 36,250 ไร่ พื้นที่ส่งน้ำ 26,000 ไร่ นอกจากนี้ได้ทำการก่อสร้างฝายทดน้ำประจำด้านท้ายน้ำของที่ตั้งเขื่อนประมาณ 28 กิโลเมตร เป็นฝายคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 4 เมตร ยาว 180 เมตร เพื่อยกระดับน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย

และฝั่งขวา คิดเป็นพื้นที่โครงการ 89,375 ไร่ พื้นที่ส่งน้ำ 40,000 ไร่ รวมพื้นที่ส่งน้ำของเขื่อนลำปลายมาศ ทั้งหมด 66,000 ไร่

6. เขื่อนลำนางรอง เป็นส่วนหนึ่งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำนางรอง ตั้งอยู่ตำบล โนนดินแดงกิ่งอำเภอโนนดินแดง จังหวัดบุรีรัมย์ พื้นที่รับน้ำฝน 450 ตารางกิโลเมตร เป็นเขื่อนดินสูง 23 เมตร ยาว 1,500 เมตร ระดับสันเขื่อน 244 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกักปกติ 240 เมตร (ร.ท.ก.) ระดับเก็บกัก ต่ำสุด 229 เมตร (ร.ท.ก.) ปริมาตรเก็บกักใช้การ 117.40 ล้านลูกบาศก์เมตร อาคารประตูละบายน้ำ ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวาความจุสูงสุด 4 และ 10 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ตามลำดับพื้นที่ชลประทานรวม 68,400 ไร่ ตัวเขื่อนก่อสร้างแล้วเสร็จปี พ.ศ. 2525 ส่วนระบบส่งน้ำก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2534

7. เขื่อนพิมาย เป็นเขื่อนทดน้ำ - ระบายน้ำปิดกั้นลำน้ำมูลที่ตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จระหว่างปี พ.ศ. 2482 - พ.ศ. 2596 มีระดับเก็บกักเหนือสันฝาย 151.00 เมตร (ร.ท.ก.) ส่งน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานโดยแรงโน้มถ่วงฝั่งซ้ายของแม่น้ำมูล ประมาณ 153,000 ไร่ ในฤดูฝนสามารถเพาะปลูกได้เต็มโครงการ

8. เขื่อนชุมพวง เป็นประตูละบายน้ำปิดกั้นลำน้ำมูลที่บริเวณบ้านสุกร อำเภอชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2541 ลักษณะประตูละบายน้ำบานโค้ง มีพื้นที่รับน้ำฝน 13,915 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยหน้าประตูละบายน้ำปีละ 1,487 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาตรเก็บกักน้ำหน้าฝาย 4.10 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับเก็บกัก 142 เมตร (ร.ท.ก.) พื้นที่รับประโยชน์ 10,5400 ไร่

9. ฝายบ้านเขว้า เป็นฝายยางปิดกั้นลำน้ำมูลที่บริเวณบ้านเขว้า ตำบลปะเคียบ อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2533 โรงสูบล้ำแล้วเสร็จปี พ.ศ. 2543 เป็นฝายยางตั้งอยู่บนฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยไหลเข้าหน้าฝายปีละ 26,383 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาตรเก็บกักน้ำหน้าฝาย 7.80 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับเก็บกัก 132.1 เมตร (ร.ท.ก.) มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 12,910 ไร่

10. ฝายตะลุง เป็นฝายยางปิดกั้นลำน้ำมูลที่บริเวณบ้านตะลุง อำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2533 เป็นฝายยางตั้งอยู่บนฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีพื้นที่รับน้ำฝน 33,700 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยไหลเข้าหน้าฝายปีละ 3,828 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาตรเก็บกักน้ำหน้าฝาย 14.6 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับเก็บกัก 123.1 เมตร (ร.ท.ก.) มีพื้นที่รับประโยชน์ 11,295 ไร่

11. เขื่อนราษีไศล เป็นประตูละบายน้ำปิดกั้นลำน้ำมูลที่ตำบลบัวทุ่ง อำเภอราษีไศล จังหวัดศรีสะเกษ ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2536 เป็นประตูละบายน้ำบานโค้ง มีพื้นที่รับน้ำฝน 44,275 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยไหลเข้าหน้าฝายปีละ 3,254 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาตรเก็บกักน้ำหน้าฝาย 75 ล้านลูกบาศก์เมตรที่ระดับเก็บกัก 119.0 เมตร (ร.ท.ก.) พื้นที่รับประโยชน์ระยะแรก 34,420 ไร่

12. ฝายห้วยนา เป็นฝายปิดกั้นลำน้ำมูลที่บ้านกอก อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2544 เป็นฝายคอนกรีตเสริมเหล็ก ชนิดบานประตูละบายบานโค้ง มีพื้นที่รับน้ำฝน 53,184 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยหน้าฝายปีละ 9,195 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับเก็บกัก 115.6 เมตร (ร.ท.ก.) มีพื้นที่รับประโยชน์ระยะแรก 77,000 ไร่

13. เขื่อนปากมูล ดำเนินการก่อสร้างโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การชลประทาน การประมง การท่องเที่ยว และการกระจายรายได้ให้แก่ราษฎร และชุมชนในบริเวณนั้น ตั้งอยู่บนแม่น้ำมูลที่บ้านหัวเขว อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดอุบลราชธานี ดำเนินการก่อสร้างเมื่อเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2533 ใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 4 ปีครึ่ง ตัวเขื่อนเป็นคอนกรีตบดอัดแน่นสูง 17 เมตร ตัวเขื่อนยาว 300 เมตร ระดับสันเขื่อน 111.00 เมตร (ร.ท.ก.) พื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน 117,000 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 24,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ความจุลำนน้ำ 225 ล้านลูกบาศก์เมตร มีกำลังการผลิตติดตั้ง  $4 \times 34,000$  กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี 280 กิโลวัตต์ชั่วโมง พื้นที่รับประโยชน์ 205,000 ไร่

14. ฝ่ายยางบ้านตุม เป็นฝ่ายยางปิดกั้นแม่น้ำมูล มีระดับสันฝาย +170 เมตร (ร.ท.ก.)

15. ฝ่ายยางบ้านหนองยาง เป็นฝ่ายยางปิดกั้นแม่น้ำมูล มีระดับสันฝาย +165.5 เมตร (ร.ท.ก.)

16. ฝ่ายยางบ้านขามใต้ เป็นฝ่ายยางปิดกั้นแม่น้ำมูลที่ตำบลดงใหญ่ อำเภอนครราชสีมา มีพื้นที่รับน้ำเหนือจุดตั้งหัวงานประมาณ 13,564 ตารางกิโลเมตร มีระดับสันฝายคอนกรีต +143.5 เมตร (ร.ท.ก.) และระดับเก็บกักเมื่อฝ่ายยางพองตัว +146.0 เมตร (ร.ท.ก.)

17. ฝ่ายยางนางโท เป็นฝ่ายยางปิดกั้นแม่น้ำมูลที่บ้านพุทซา ตำบลเมืองยาง อำเภอนครราชสีมา มีระดับสันฝายคอนกรีต +133.00 เมตร (ร.ท.ก.) และระดับเก็บกักเมื่อฝ่ายยางพองตัว +135.00 เมตร (ร.ท.ก.)

ในส่วนลุ่มน้ำลำตะคอง มีเขื่อนระบายน้ำและฝายที่สำคัญ กั้นขวางลำตะคองและลำบริบูรณ์ อยู่ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่

1. เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่ เป็นเขื่อนระบายน้ำลำตะคองที่ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน มีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำบานโค้ง จำนวน 5 บาน ขนาด  $4.5 \times 1.75$  ม. โดยมีระดับเก็บกัก +219.50 เมตร (ร.ท.ก.)

2. เขื่อนระบายน้ำกุดหิน เป็นเขื่อนระบายน้ำบานตรง จำนวน 5 บานมีขนาด  $4.5 \times 1.75$  เมตร โดยมีระดับเก็บกัก +208.40 เมตร (ร.ท.ก.) ปิดกั้นลำตะคองที่ตำบลโคราช อำเภอสูงเนิน

3. เขื่อนระบายน้ำมะขามแต่ม่า ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองนครราชสีมา มีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำ 4 บาน ขนาด  $4 \times 3$  เมตร ปิดกั้นลำตะคอง โดยมีระดับเก็บกัก +188.7 เมตร (ร.ท.ก.)

4. เขื่อนระบายน้ำคนชุม ปิดกั้นลำตะคอง มีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำ จำนวน 3 บาน ขนาด  $4 \times 5.2$  เมตร ที่ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ระดับเก็บกักที่ +182.0 เมตร (ร.ท.ก.)

5. เขื่อนระบายน้ำช้อยงาม อยู่ที่ตำบลหัวทะเล อำเภอเมืองนครราชสีมา เป็นประตูระบายน้ำบานโค้ง ขนาด  $4 \times 4$  เมตร จำนวน 3 บาน ปิดกั้นลำตะคอง มีระดับเก็บกัก +174.20 เมตร (ร.ท.ก.)

6. เขื่อนระบายน้ำโคกแฝก เป็นประตูระบายน้ำที่ตำบลขามทะเลสอ อำเภอขามทะเลสอ ขวางลำบริบูรณ์ มีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำบานตรง จำนวน 2 บาน ขนาด  $4 \times 4.3$  เมตร มีระดับเก็บกัก +192.80 เมตร (ร.ท.ก.)

7. เชื้อนระบายน้ำบ้านทุ่ง เป็นประตูลระบายน้ำบานตรง จำนวน 3 บาน ขนาด 4 x 4.3 เมตร ปิดกัน ลำบริบูรณ์ที่ตำบลสี่มุมอำเภอเมืองนครราชสีมา มีระดับเก็บกัก +186.3 เมตร (ร.ท.ก.)

8. เชื้อนระบายน้ำโพธิ์เตี้ย ตั้งอยู่ที่ตำบลปรุใหญ่ อำเภอเมืองนครราชสีมา ในลำบริบูรณ์ มีลักษณะเป็นประตูลระบายน้ำบานตรง ขนาด 4 x 3 เมตร จำนวน 3 บาน มีระดับเก็บกัก +182.50 เมตร (ร.ท.ก.)

9. เชื้อนระบายน้ำนาตม มีลักษณะเป็นประตูลระบายน้ำบ้านโค้ง ขนาด 4 x 1.8 เมตร จำนวน 3 บาน ขวางลำบริบูรณ์ที่ ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอเมืองนครราชสีมา

10. เชื้อนระบายน้ำจอหอ เป็นประตูลระบายน้ำ ขนาด 4 x 1.8 เมตร จำนวน 3 บาน ขวางลำบริบูรณ์ที่ตำบลจอหออำเภอเมืองนครราชสีมา มีระดับเก็บกัก +173.40 เมตร (ร.ท.ก.)

11. เชื้อนระบายน้ำกันผม เชื้อนระบายน้ำหลังจุดบรรจบลำตะคองกับลำบริบูรณ์ที่ตำบลท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ มีลักษณะเป็นประตูลระบายน้ำบานตรง ขนาด 2.5 x 4 เมตร จำนวน 5 บาน

12. ฝ่ายอัญญาค์ เป็นฝ่ายขวางลำตะคอง เพื่อเก็บกักน้ำจากในการผลิตน้ำประปา

13. อาคารแบ่งน้ำละลมห้อ ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เป็นอาคารประตูลระบายน้ำ ขนาด 6.00 x 3.00 เมตร จำนวน 6 ช่อง เพื่อบริหารจัดการน้ำที่ไหลจากท้ายเขื่อนลำตะคอง แยกไปลำบริบูรณ์ จำนวน 5 ช่อง และส่วนที่เหลือไปลำตะคอง จำนวน 1 ช่อง ทำหน้าที่ควบคุมการระบายน้ำในลำตะคองในช่วงฤดูน้ำหลากให้อยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมไม่ให้เกิดผลกระทบน้ำท่วมในพื้นที่เศรษฐกิจและควบคุมปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรให้กับกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ลำตะคองตอนล่าง โดยอัตราการระบายน้ำสูงสุด 355 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยสามารถระบายน้ำลงลำบริบูรณ์สูงสุด 315 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และลำตะคอง 40 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ซึ่งจะไหลผ่านเขตเศรษฐกิจของจังหวัดนครราชสีมา

14. ฝ่ายอัญญาค์ เป็นอาคารทน้ำเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภค ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา อาคารประกอบด้วยฝ่ายและประตูลระบายน้ำล้น ปิดกันลำตะคองที่โรงกรองน้ำอัญญาค์ อำเภอเมืองนครราชสีมา

ทำการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำเหนือน้ำ ท้ายน้ำ เชื้อนระบายน้ำ ประตูลระบายน้ำ และฝ่ายในรูปแบบอนุกรมเวลารายวัน รวมไปถึงปริมาณน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าไปแบบจำลอง

### 3.2.4 ข้อมูลการสำรวจรูปตัดขวางลำน้ำ

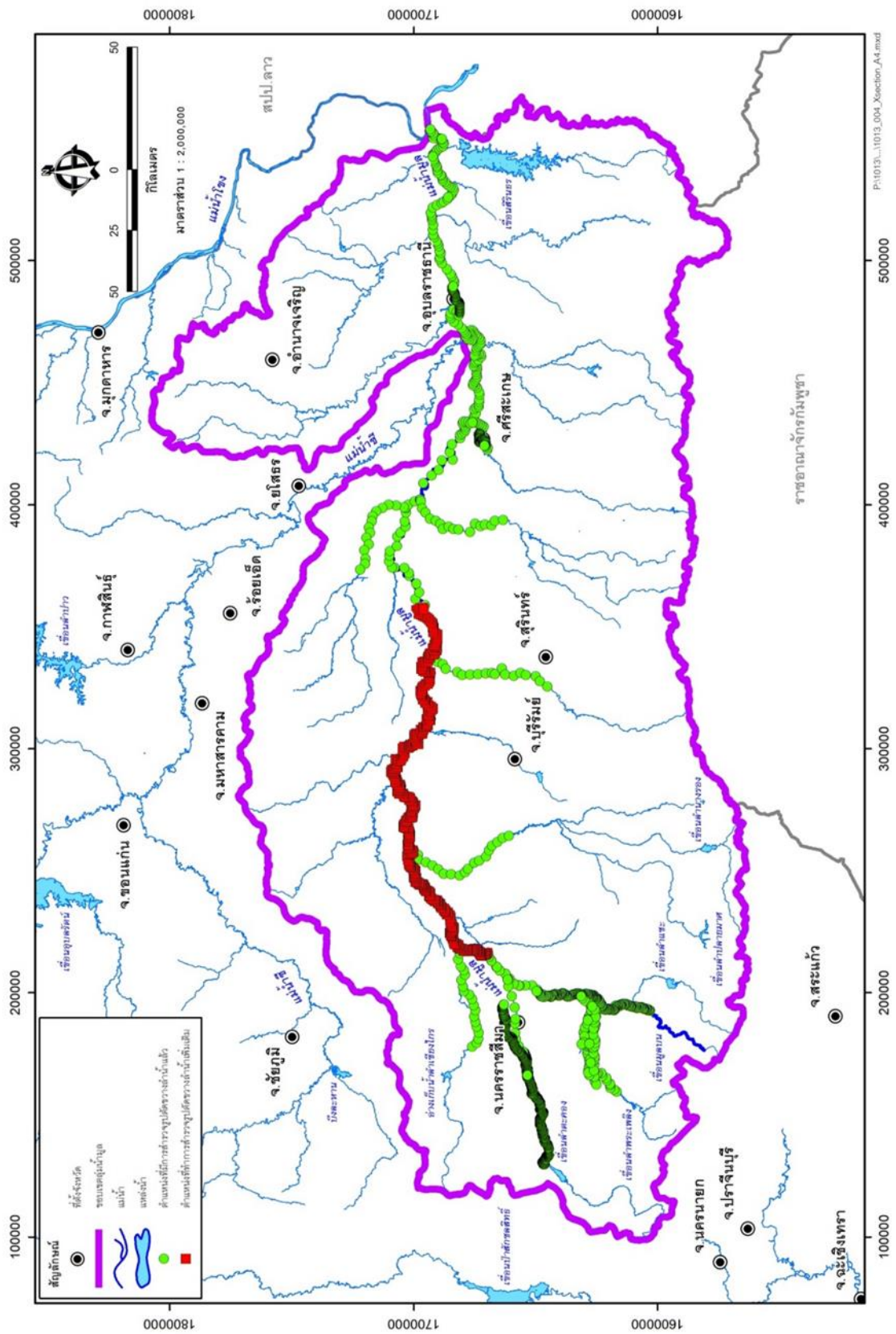
จากการรวบรวมข้อมูลรูปตัดลำน้ำของแม่น้ำมูลจากกรมชลประทาน และการสำรวจรูปตัดลำน้ำแม่น้ำมูล ในการศึกษาที่ กม. 160+000 ถึง 520+000 ของแม่น้ำมูลในตำแหน่งพิกัดระบบ Universal transverse Mercator โชน 47 (861557, 1670897) ถึง (1001881, 1700938) ดังแสดงในตารางที่ 3 - 4 และแสดงในรูปที่ 3 - 6 โดยที่รูปตัดขวางลำน้ำดังกล่าวจะเป็นข้อมูลนำเข้าไปแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

ตารางที่ 3 - 4 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำในกลุ่มน้ำมูล

| ลำดับ | แม่น้ำ/ลำน้ำ       | พิกัด       |         |            |         | ระยะทาง<br>(กม.) | จำนวน | ระยะห่าง (กม.) |
|-------|--------------------|-------------|---------|------------|---------|------------------|-------|----------------|
|       |                    | จุดเริ่มต้น |         | จุดสิ้นสุด |         |                  |       |                |
|       |                    | X           | Y       | X          | Y       |                  |       |                |
| 1     | ลำมูลบน            | 839720      | 1603431 | 846426     | 1650210 | 108              | 217   | 0.5            |
| 2     | มูล                |             |         |            |         |                  |       |                |
|       | ช่วงที่ 1          | 848430      | 1657226 | 1046825    | 1703482 | 565              | 108   | 5.0            |
|       | ช่วงที่ 2          | 1053681     | 1702582 | 1171722    | 1695662 | 183              | 123   | 1.0            |
|       | สำรวจในการศึกษานี้ | 861557      | 1670897 | 1001881    | 1700938 | 360              | 360   | 1.0            |
|       | ช่วงที่ 3          | 1124338     | 1689480 | 1134861    | 1692547 | 12               | 61    | 0.2            |
| 3     | ลำพระเพลิง         |             |         |            |         |                  |       |                |
|       | - ลำพระเพลิง       | 806078      | 1615340 | 844900     | 1631888 | 91               | 50    | 2              |
|       | - ลำปัก            | 817646      | 1627140 | 925954     | 1630491 | 11               | 9     | 2              |
|       | - ลำสำลาย          | 809585      | 1624166 | 940774     | 1627271 | 55               | 32    | 2              |
|       | - ลำซอ             | 825248      | 1631246 | 835157     | 1628952 | 12               | 7     | 2              |
| 4     | ลำตะคอง            |             |         |            |         |                  |       |                |
|       | ช่วงที่ 1          | 775668      | 1644940 | 821385     | 1655101 | 96               | 480   | 0.2            |
|       | ช่วงที่ 2          | 821600      | 1654950 | 851135     | 1662075 | 49               | 10    | 5.0            |
| 5     | ลำบริบูรณ์         | 818567      | 1653626 | 840575     | 1663498 | 38               | 191   | 0.2            |
| 6     | ลำเชียงไกร         | 822900      | 1676078 | 863056     | 1681567 | 81               | 20    | 2.5            |
| 7     | ลำปลายมาศ          | 909804      | 1663359 | 901874     | 1702607 | 96               | 19    | 5.0            |
| 8     | ลำเสียวใหญ่        | 1017311     | 1727495 | 1043583    | 1710115 | 72               | 15    | 5.0            |
| 9     | ห้วยทับทัน         | 1039410     | 1669212 | 1046185    | 1703333 | 82               | 17    | 5.0            |
| 10    | ลำชี               | 971372      | 1649198 | 983515     | 1695564 | 100              | 19    | 5.0            |
| 11    | ห้วยสำราญ          |             |         |            |         |                  |       |                |
|       | ช่วงที่ 1          | 1068956     | 1676295 | 1079133    | 1682868 | 26               | 27    | 1.0            |
|       | ช่วงที่ 2          | 1069731     | 1677708 | 1074609    | 1679774 | 12               | 61    | 0.2            |

หมายเหตุ ค่าพิกัด WGS 1984 UTM Zone 47N





รูปที่ 3 - 6 ตำแหน่งรูปตัดขวางลำน้ำที่ใช้แบบจำลองของชลศาสตร์

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางแผนและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (ม.ล).

### 3.3 วิธีการศึกษา

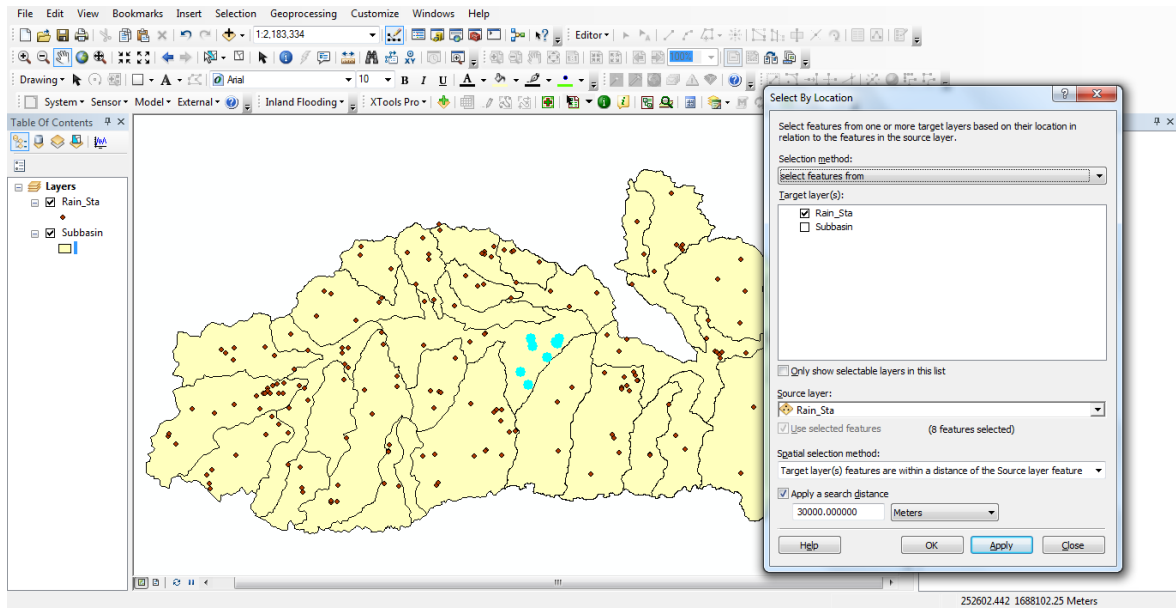
#### 3.3.1 การประมาณค่าของข้อมูลน้ำฝนรายวันที่ขาดหาย

เนื่องจากข้อมูลน้ำฝนรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2546 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่จะใช้ในแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (NAM Model) มีข้อมูลบางส่วนขาดหายไป จึงมีความจำเป็นต้องประมาณค่าของข้อมูลน้ำฝนรายวันดังกล่าวเพื่อให้ข้อมูลครบถ้วน การศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method) ในการประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไป

$$P_x = \frac{1}{3} \left[ \frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \frac{N_x}{N_3} P_3 \right]$$

|                 |     |   |
|-----------------|-----|---|
| X               | คือ | สถานีที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์  |
| $P_x$           | คือ | ปริมาณน้ำฝนที่ไม่สมบูรณ์ของสถานี x  |
| $N_x$           | คือ | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ข้อมูลหายไป   |
| $N_1, N_2, N_3$ | คือ | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ 1, 2 และ 3 ที่เลือกเป็นสถานีตรวจ                                   |
| $P_1, P_2, P_3$ | คือ | ปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ที่สถานี 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในช่วงเวลาเดียวกันที่สถานีมีข้อมูลไม่สมบูรณ์ หายไป |

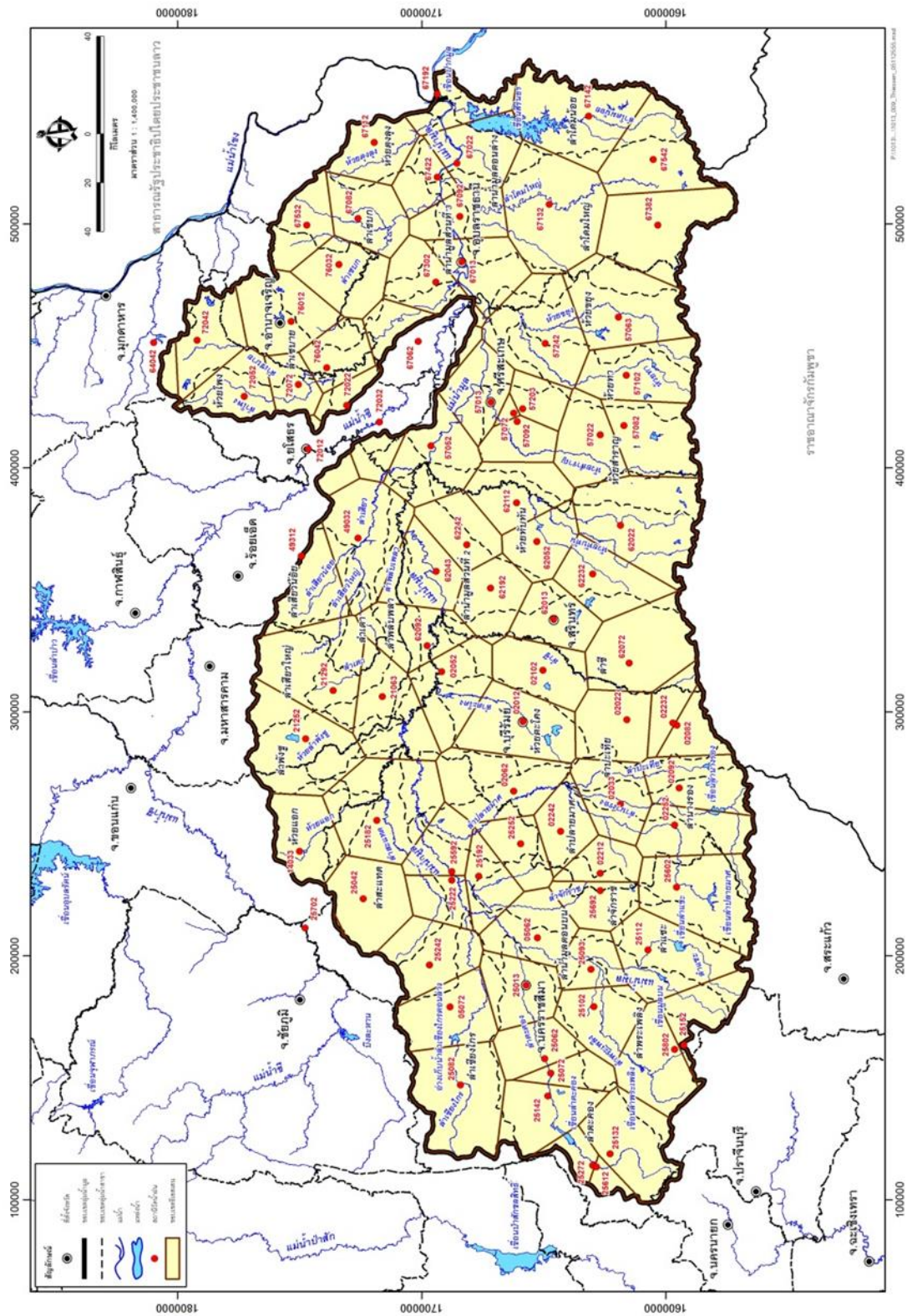
การคัดเลือกสถานีฝนข้างเคียงได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาสถานีที่ใกล้เคียงกับสถานีน้ำฝนที่ขาดหายไป โดยใช้เมนู Selection คำสั่ง Select By Location โดยระบุ target layers เป็นตำแหน่งสถานีฝนและ Source layer เป็นสถานีฝนเช่นเดียวกันในส่วน Spatial Selection Method ให้ระบุเป็น “target layer feature are with a distinct of source layer feature” จากนั้นกำหนดระยะทางที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3 - 7 เพื่อคัดเลือกสถานีที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3 - 7 การคัดเลือกสถานีฝนข้างเคียงโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### 3.3.2 การหาค่าฝนเฉลี่ยลุ่มน้ำ

ใช้วิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen Polygon) หาสถานีที่มีอิทธิพลต่อลุ่มน้ำย่อยแต่ละลุ่มน้ำ  
 ดังแสดงในรูปที่ 3 - 8



รูปที่ 3 - 8 ขอบเขตรูปเหลี่ยม Thiessen ของสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำมูล

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบบริหารจัดการเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มุล).



### 3.3.3 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

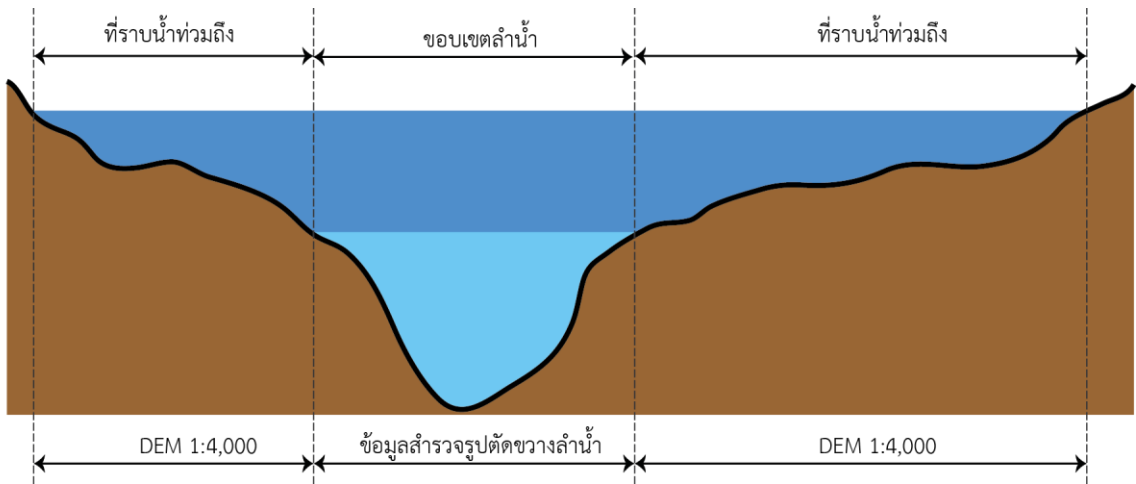
การพัฒนาแบบจำลอง มีขั้นตอนประกอบด้วย

- 1) การนำเข้าข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำนํ้า ข้อมูลถนน คลองส่งนํ้า สะพาน และข้อมูลระดับของพื้นที่ ข้อมูลด้านอุตุอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ ข้อมูลด้านคุณภาพนํ้า รวมทั้งกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามที่ควรจะเป็นตามทฤษฎี เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง เป็นต้น
- 2) การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง เช่น ค่าระดับนํ้าท่วมมีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดซึ่งการปรับเทียบนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าที่ตรวจวัดได้ในสนาม
- 3) การสอบทานแบบจำลอง (Validation) เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง ถ้าไม่ตรงกันและแตกต่างกันมากก็สามารถปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองได้

### 3.3.4 การจัดทำแผนที่นํ้าท่วม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำแผนที่นํ้าท่วม โดยใช้ข้อมูลพื้นที่นํ้าท่วมในกลุ่มนํ้ามูล จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization, GISTDA) และแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ของมาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดินในการกำหนดขอบเขตพื้นที่นํ้าท่วมถึง

เนื่องจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE 11 เป็นแบบจำลองการคำนวณระดับนํ้าและอัตราการไหลแบบ 1 มิติ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าระดับนํ้า 1 มิติในแต่ละรูปตัดขวางลำนํ้าดังแสดงในรูปที่ 3 - 9 ทั้งนี้ ในการจัดทำแผนที่นํ้าท่วมเมื่อระดับนํ้าล้นตลิ่ง โดยทำการขยายแนวรูปตัดขวางในแต่ละรูปตัดของแบบจำลองไปถึงที่ราบนํ้าท่วมถึง (Flood Plain) และใช้ข้อมูล DEM เพื่อกำหนดระดับความสูงต่ำของพื้นที่ในการต่อขยาย ดังแสดงในรูปที่ 3 - 10 ส่วนขอบเขตที่ราบนํ้าท่วมถึงนั้นได้กำหนดขึ้นจากการนำชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ แผนที่นํ้าท่วมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิศาสตร์ (องค์การมหาชน) (GISTDA) ของปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2553 มาซ้อนทับ เพื่อกำหนดขอบเขตของที่ราบนํ้าท่วมถึงของกลุ่มนํ้ามูล ดังแสดงในรูปที่ 3 - 11



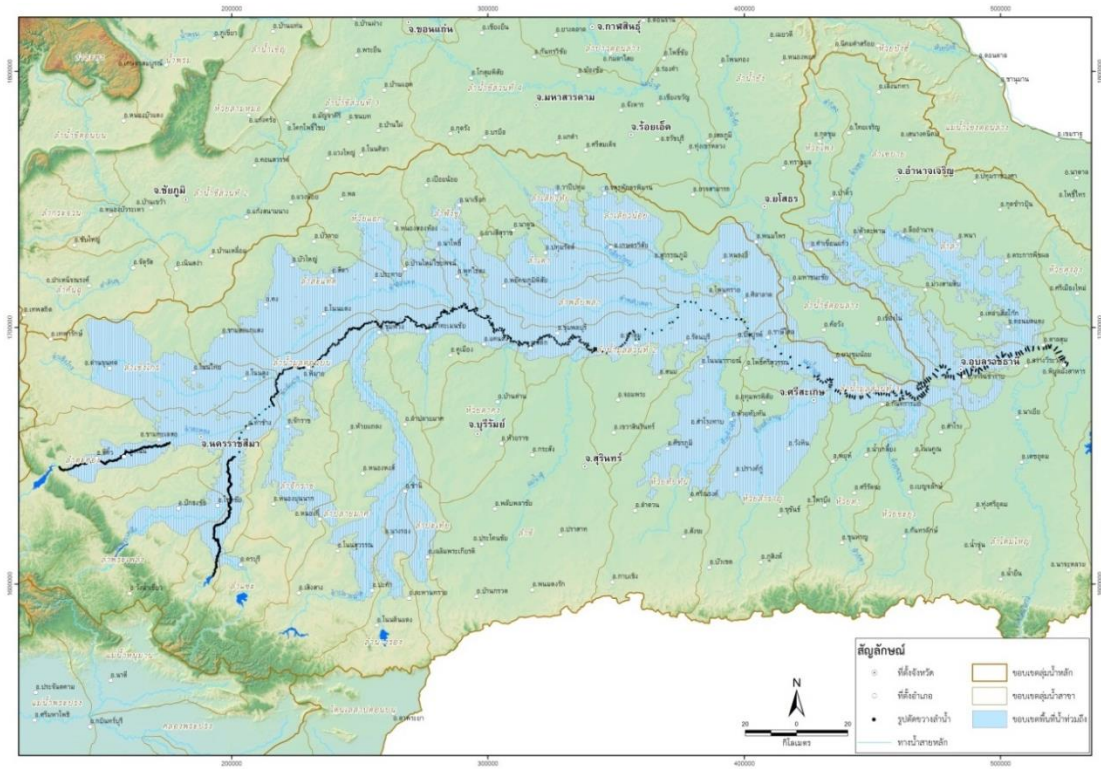
รูปที่ 3 - 9 ขอบเขตลำน้ำและการต่อขยายรูปตัดขวางไปถึงที่ราบน้ำท่วมถึง



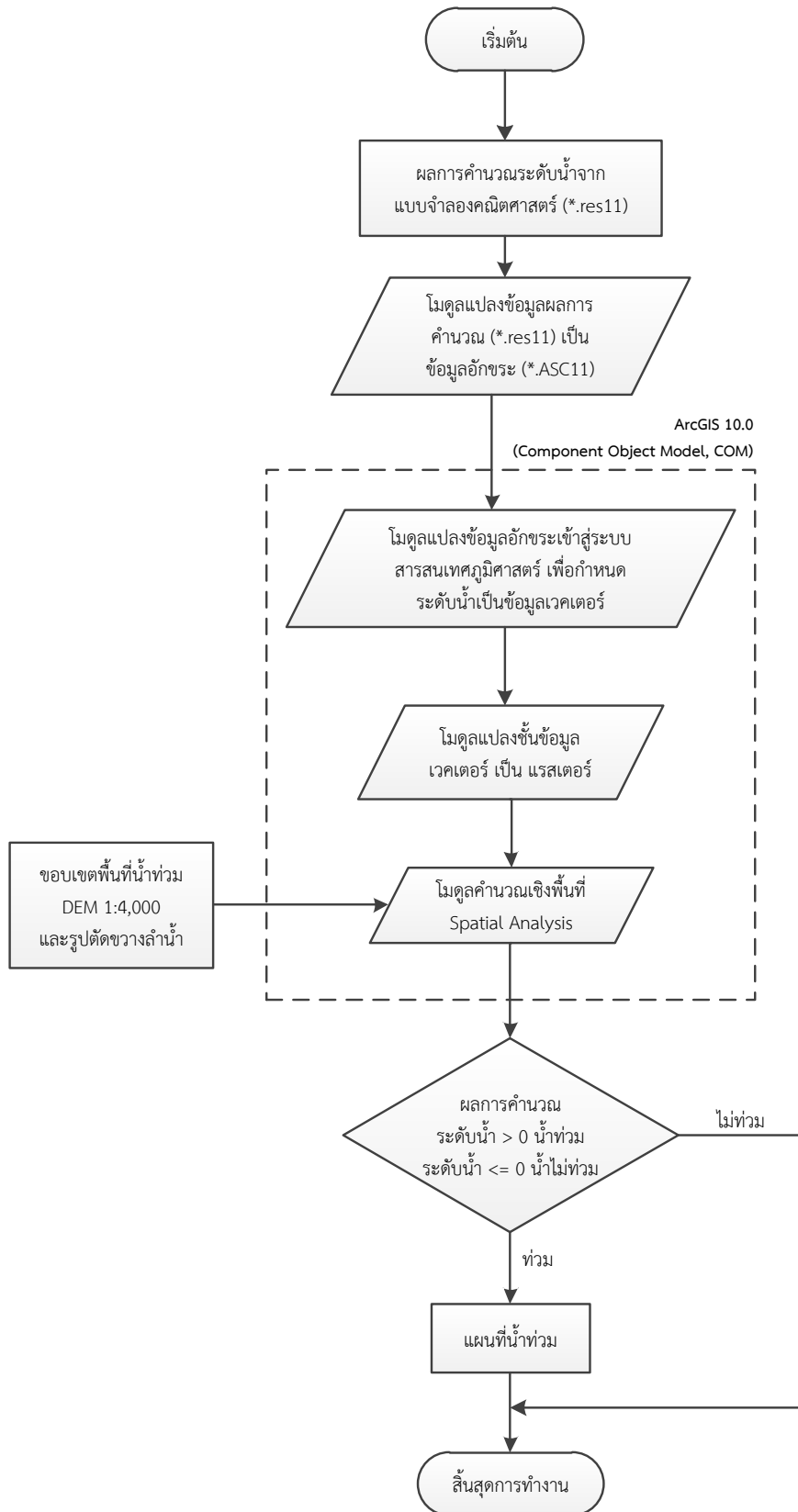
รูปที่ 3 - 10 การต่อขยายปีกรูปตัดขวางลำน้ำด้วยข้อมูล DEM เพื่อคำนวณแผนที่น้ำท่วม

การจัดทำแผนที่น้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น มีวิธีโดยการนำผลการคำนวณระดับน้ำ (อ้างอิงระดับน้ำทะเลปานกลาง) ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในแต่ละรูปตัดขวางนำเข้าไปในชั้นข้อมูล การต่อขยายของที่ราบน้ำท่วมถึง จากนั้นมาซ้อนทับกับข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) มาตรฐาน 1:4,000 เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม และทำการประมวลผลด้วยฟังก์ชันการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 10.0 จัดทำเป็นแผนที่น้ำท่วม

การพัฒนาการจัดทำแผนที่น้ำท่วมแบบ Real time ได้พัฒนาโดยใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบ Object Oriented Programming (OOP) โดยการใช้ Net framework พัฒนาโดยการอ้างอิง Component Object Model (COM) ของ ArcGIS 10.0 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณแผนที่น้ำท่วมแบบอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3 - 11



รูปที่ 3 - 11 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมถึงของกลุ่มน้ำมูล



รูปที่ 3 - 12 ขั้นตอนการจัดทำแผนที่น้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



### 3.3.5 การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจ (Decision Support System, DSS)

การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การออกแบบระบบ DSS ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลตรวจวัดและผลการคำนวณของแบบจำลอง เพื่อแนะนำแนวทางการบริหารจัดการน้ำหรือให้ข้อมูลเปรียบเทียบที่เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำในกรณีต่างๆ โดยประกอบด้วย

(1.1) การวิเคราะห์เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในฤดูฝน เช่น การประมาณความสามารถในการรองรับของลำน้ำช่วงน้ำหลากเพื่อประเมินขีดความสามารถในการรองรับการผันน้ำจากลุ่มน้ำอื่นๆ เข้าสู่พื้นที่โครงการ และแนะนำการบริหารจัดการน้ำหลากให้กับเจ้าหน้าที่

(1.2) การวิเคราะห์เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้ง โดยการแนะนำการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนหรือฝายในช่วงฤดูแล้ง และแนะนำบริหารจัดการน้ำแล้งให้กับเจ้าหน้าที่

(1.3) การเตือนภัยและการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ

2) ทดสอบระบบ DSS โดยการนำไปใช้และสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ เพื่อให้ตรงตามลักษณะการบริหารจัดการน้ำในแต่ละพื้นที่

3) เชื่อมต่อระบบ DSS ที่พัฒนาขึ้นให้ทำงานร่วมกับระบบต่างๆ ทั้งในส่วนของแบบจำลองระบบฐานข้อมูล และระบบอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

## บทที่ 4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนั้น เป็นการจำลองสภาพทางธรรมชาติของกลุ่มน้ำให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาคำนวณและแปรผลลัพท์ให้อยู่ในรูปแบบของค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่มีการแปรเปลี่ยนตามเวลาต่างๆ เช่น ระดับน้ำ อัตราการไหล และความเร็วการไหล เป็นต้น ทั้งนี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำของกลุ่มน้ำจะประกอบด้วย 2 ประเภทหลัก ดังนี้

1) แบบจำลองทางอุทกวิทยา (แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า) แบบจำลองที่ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนปริมาณฝนเป็นปริมาณน้ำท่า ซึ่งแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่นำมาใช้สำหรับการคาดการณ์และเตือนภัยจะต้องเป็นแบบจำลองที่จำลองการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี หรือตลอดฤดูกาลโดยมีแนวความคิดทางอุทกวิทยาที่เปลี่ยนข้อมูลปริมาณฝนและอัตราการระเหยให้เป็นปริมาณน้ำท่า ณ จุดออก (Outlet) ของพื้นที่ระบายน้ำ ขั้นตอนการพิจารณาจะประกอบไปด้วย น้ำท่า ผิวดินและน้ำใต้ดิน

2) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบจำลองที่ใช้สำหรับการจำลองสภาพทางน้ำรวมอาคารชลศาสตร์ต่างๆ การเดินทางของน้ำหลากสภาพการไหลล้นตลิ่งและสภาพการท่วมของพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งจะต้องมีการจำลองให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งมีการทดสอบและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรต่างๆ ให้เหมาะสม ทั้งนี้ถ้าข้อมูลทางกายภาพของทางน้ำหรือการไหลหากมีการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลดังกล่าวจะต้องถูกนำมาปรับแก้ไขในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วย

### 5.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสถานีโทรมาตร

การประยุกต์แบบจำลองกับสถานีโทรมาตรได้ทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามตำแหน่งที่ตั้งสถานีโทรมาตร จำนวนทั้งหมด 51 ลุ่มน้ำย่อย จากนั้นได้จัดทำรูปเหลี่ยม Thiessen ของสถานีโทรมาตรตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เพื่อคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำจากข้อมูลฝนของสถานีโทรมาตรทั้ง 28 สถานี และคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า จากนั้นนำไปคำนวณในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เพื่อหาระดับน้ำและอัตราการไหล ดังแสดงตำแหน่งสถานีโทรมาตรในระบบลุ่มน้ำมูลและรูปหลายเหลี่ยม Thiessen ของสถานีโทรมาตร ดังแสดงในรูปที่ 4 - 1 ถึง รูปที่ 4 - 3 โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4 - 1 และค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าใน ดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

ตารางที่ 4 - 1 ค่าถ่วงน้ำหนักธีเอสเซนสถานีน้้าฝนโทรมาตรของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

| รหัสลุ่มน้ำสาขา | ชื่อลุ่มน้ำสาขา | ลำดับ | รหัสในแบบจำลอง | พื้นที่ (ตร.กม.) | สถานีโทรมาตรตรวจวัดฝน | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|-----------------|-----------------|-------|----------------|------------------|-----------------------|----------------|
| 5.02            | ลำน้้ามูลตอนบน  | 1     | CAUP_LMB1      | 459              | TM.50                 | 0.862          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.180                | 0.068          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.145                | 0.070          |
|                 |                 | 2     | CADN_LMB1      | 810              | TM.50                 | 0.265          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.180                | 0.005          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.173                | 0.411          |
|                 |                 |       |                |                  | Tหนองตะลุมปุ๊ก        | 0.277          |
|                 |                 |       |                |                  | Tสะพานบ้านหัน         | 0.042          |
|                 |                 | 3     | CADN_LMB2      | 975              | TM.164                | 0.037          |
|                 |                 |       |                |                  | Tหนองตะลุมปุ๊ก        | 0.030          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.186                | 0.261          |
|                 |                 |       |                |                  | Tหลุมข้าว             | 0.094          |
|                 |                 |       |                |                  | Tปตร.น้ำเค็ม          | 0.188          |
| Tขรน.พิมาย      | 0.194           |       |                |                  |                       |                |
| Tโคกตอง         | 0.196           |       |                |                  |                       |                |
| 5.03            | ลำแจะ           | 4     | CAUP_LS1       | 645              | TM.50                 | 1.000          |
|                 |                 | 5     | CADN_LS1       | 432              | TM.50                 | 1.000          |
|                 |                 | 6     | CADN_LS2       | 125              | TM.50                 | 1.000          |
| 5.04            | ลำพระเพลิง      | 7     | CAUP_LPP1      | 337              | TM.145                | 0.969          |
|                 |                 |       |                |                  | Tขนงพระ               | 0.031          |
|                 |                 | 8     | CAUP_LPP2      | 82               | TM.145                | 1.000          |
|                 |                 | 9     | CAUP_LPP4      | 405              | TM.180                | 0.155          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.145                | 0.845          |
|                 |                 | 10    | CADN_LPP1      | 159              | TM.180                | 1.000          |
|                 |                 | 11    | CADN_LPP2      | 903              | Tขรน.มะเกลือใหม่      | 0.033          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.180                | 0.399          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.177                | 0.010          |
|                 |                 |       |                |                  | TM.173                | 0.125          |
| TM.145          | 0.002           |       |                |                  |                       |                |
| Tหนองตะลุมปุ๊ก  | 0.021           |       |                |                  |                       |                |
| Tสะพานบ้านหัน   | 0.411           |       |                |                  |                       |                |

ตารางที่ 4 - 1 ค่าถ่วงน้ำหนักธีเอสเสนสถานีน้ําฝนโทรมาตรของแต่ละลุ่มน้ําย่อย (ต่อ)

| รหัสลุ่มน้ํา<br>สาขา | ชื่อลุ่มน้ํา<br>สาขา | ลำดับ | รหัสใน<br>แบบจำลอง | พื้นที่<br>(ตร.กม.) | สถานีโทรมาตร<br>ตรวจวัดฝน | ค่าถ่วง<br>น้ําหนัก |
|----------------------|----------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 5.04                 | ลําพระเพลิง          | 12    | CADN_LPP3          | 335                 | TM.50                     | 0.036               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.180                    | 0.907               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.145                    | 0.048               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tสะพานบ้านหัน             | 0.008               |
|                      |                      | 13    | CADN_LPP4          | 74                  | Tสะพานบ้านหัน             | 1.000               |
| 5.05                 | ลําตะคอง             | 14    | CAUP_LTK1          | 752                 | TM.145                    | 0.045               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tขนงพระ                   | 0.955               |
|                      |                      | 15    | CAUP_LTK2          | 410                 | TM.177                    | 0.367               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tขนงพระ                   | 0.633               |
|                      |                      | 16    | CAUP_LTK3          | 219                 | TM.180                    | 0.026               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.177                    | 0.292               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.145                    | 0.395               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tขนงพระ                   | 0.287               |
|                      |                      | 17    | CADN_LTK1          | 1689                | Tขรน.มะเกลือใหม่          | 0.421               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.177                    | 0.261               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.164                    | 0.095               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tหนองตะลุมปุ๊ก            | 0.005               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tสะพานบ้านหัน             | 0.063               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tซ้บกระจาย                | 0.156               |
|                      |                      | 18    | CADN_LTK2          | 244                 | TM.164                    | 0.382               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tหนองตะลุมปุ๊ก            | 0.618               |
|                      |                      | 19    | CADN_LTK3          | 365                 | Tขรน.มะเกลือใหม่          | 0.235               |
| TM.164               | 0.691                |       |                    |                     |                           |                     |
| Tหนองตะลุมปุ๊ก       | 0.027                |       |                    |                     |                           |                     |
| TM.186               | 0.048                |       |                    |                     |                           |                     |
| 5.06                 | ลําเชียงไกร          | 20    | CAUP_LCK1          | 1383                | Tบึงปรือ                  | 0.447               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.164                    | 0.069               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tซ้บกระจาย                | 0.483               |

ตารางที่ 4 - 1 ค่าถ่วงน้ำหนักธีเอสเซนสถานีน้ําฝนโทรมาตรของแต่ละลุ่มน้ําย่อย (ต่อ)

| รหัสลุ่มน้ํา<br>สาขา | ชื่อลุ่มน้ํา<br>สาขา | ลำดับ | รหัสใน<br>แบบจำลอง | พื้นที่<br>(ตร.กม.) | สถานีโทรมาตร<br>ตรวจวัดฝน | ค่าถ่วง<br>น้ําหนัก |
|----------------------|----------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 5.06                 | ลําเชียงไกร          | 21    | CADN_LCK1          | 1163                | Tขรน.มะเกลือใหม่          | 0.052               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tบึงปรือ                  | 0.002               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.164                    | 0.582               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tชัยกระจาย                | 0.109               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tหลุมข้าว                 | 0.088               |
|                      |                      |       |                    |                     | T25162                    | 0.167               |
|                      |                      | 22    | CADN_LCK2          | 176                 | TM.164                    | 0.308               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tหลุมข้าว                 | 0.692               |
| 5.07                 | ลําจักราช            | 23    | CAUP_LCR1          | 1307                | TM.185                    | 0.013               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.50                     | 0.187               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.173                    | 0.431               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tหนองตะลุมปุ๊ก            | 0.004               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.186                    | 0.366               |
|                      |                      | 24    | CADN_LCR1          | 339                 | TM.185                    | 0.001               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.186                    | 0.875               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tปตร.น้ําเค็ม             | 0.124               |
| 5.08                 | ลํานางรอง            | 25    | CAUP_LNR1          | 1333                | TM.185                    | 0.293               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.50                     | 0.707               |
| 5.09                 | ลําปะเทีย            | 26    | CAUP_LPT1          | 690                 | TM.185                    | 0.917               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.50                     | 0.083               |
| 5.10                 | ลําปลายมาศ           | 27    | CAUP_LPM1          | 2993                | TM.185                    | 0.389               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.50                     | 0.588               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.173                    | 0.015               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.186                    | 0.008               |
|                      |                      | 28    | CADN_LPM1          | 1001                | TM.185                    | 0.498               |
|                      |                      |       |                    |                     | TM.186                    | 0.024               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tปตร.น้ําเค็ม             | 0.117               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tขรน.พิมาย                | 0.000               |
|                      |                      |       |                    |                     | Tโคกตอง                   | 0.361               |

ตารางที่ 4 - 1 ค่าถ่วงน้ำหนักธีเอสเซนสถานีน้ําฝนโทรมาตรของแต่ละลุ่มน้ําย่อย (ต่อ)

| รหัสลุ่มน้ํา<br>สาขา | ชื่อลุ่มน้ํา<br>สาขา   | ลำดับ | รหัสใน<br>แบบจำลอง | พื้นที่<br>(ตร.กม.) | สถานีโทรมาตร<br>ตรวจวัดฝน | ค่าถ่วง<br>น้ําหนัก |
|----------------------|------------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 5.11                 | ลำน้ํามูลส่วน<br>ที่ 2 | 29    | CADN_MUN2          | 900                 | TM.185                    | 0.296               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.174                    | 0.325               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tโคกตอง                   | 0.379               |
|                      |                        | 30    | CADN_MUN3          | 1313                | TM.185                    | 0.007               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.4                      | 0.042               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.174                    | 0.170               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tโคกตอง                   | 0.009               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.6A                     | 0.761               |
|                      |                        | 31    | CADN_MUN4          | 1025                | Tผักไหม                   | 0.353               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.4                      | 0.592               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.6A                     | 0.054               |
|                      |                        | 32    | CADN_MUN5          | 904                 | TM.5                      | 0.152               |
| TM.4                 | 0.848                  |       |                    |                     |                           |                     |
| 5.12                 | ห้วยแอก                | 33    | CAUP_HA1           | 1167                | TM.174                    | 0.467               |
| 5.13                 | ลำสะเทต                | 34    | CAUP_LK1           | 553                 | T25162                    | 0.077               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tปตร.ลำพังชู              | 0.455               |
|                      |                        |       |                    |                     | TM.164                    | 0.002               |
|                      |                        | 35    | CAUP_LST1          | 457                 | Tหลุมข้าว                 | 0.617               |
|                      |                        |       |                    |                     | T25162                    | 0.381               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tหลุมข้าว                 | 0.264               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tขน.พิมาย                 | 0.241               |
|                      |                        | 36    | CAUP_LST2          | 930                 | Tโคกตอง                   | 0.024               |
|                      |                        |       |                    |                     | T25162                    | 0.470               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tขน.พิมาย                 | 0.008               |
|                      |                        |       |                    |                     | Tโคกตอง                   | 0.005               |
|                      |                        |       |                    |                     | T25162                    | 0.987               |
| 37                   | CADN_LST1              | 1208  | TM.174             | 0.614               |                           |                     |
|                      |                        |       | Tโคกตอง            | 0.139               |                           |                     |
|                      |                        |       | T25162             | 0.183               |                           |                     |
|                      |                        |       | Tปตร.ลำพังชู       | 0.064               |                           |                     |

ตารางที่ 4 - 1 ค่าถ่วงน้ำหนักรีเอสเสนสถานีน้ำฝนโทรมาตรของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

| รหัสลุ่มน้ำสาขา | ชื่อลุ่มน้ำสาขา   | ลำดับ | รหัสในแบบจำลอง | พื้นที่ (ตร.กม.) | สถานีโทรมาตรตรวจวัดฝน | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|-----------------|-------------------|-------|----------------|------------------|-----------------------|----------------|
| 5.14            | ลำปางชู           | 38    | CAUP_LPC1      | 1176             | TM.174                | 0.029          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.6A                 | 0.014          |
|                 |                   |       |                |                  | Tปตร.ลำปางชู          | 0.957          |
| 5.15            | ลำตะโคง           | 39    | CAUP_HTK1      | 1536             | TM.185                | 0.577          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.6A                 | 0.423          |
| 5.16            | ลำชี              | 40    | CAUP_LC1       | 4610             | TM.185                | 0.409          |
|                 |                   |       |                |                  | Tผักไหม               | 0.410          |
|                 |                   | 41    | CADN_LC1       | 260              | TM.6A                 | 1.000          |
| 5.17            | ลำพลับปลา         | 42    | CAUP_LPA1      | 1100             | TM.4                  | 0.335          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.6A                 | 0.491          |
|                 |                   |       |                |                  | Tปตร.ลำปางชู          | 0.173          |
| 5.20            | ลำเสียวใหญ่       | 43    | CAUP_LSY1      | 4386             | TM.5                  | 0.156          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.4                  | 0.384          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.6A                 | 0.110          |
|                 |                   |       |                |                  | Tปตร.ลำปางชู          | 0.350          |
| 5.21            | ห้วยทับทัน        | 44    | CAUP_HTT1      | 2804             | Tผักไหม               | 0.916          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.42                 | 0.084          |
|                 |                   | 45    | CADN_HTT1      | 802              | Tผักไหม               | 0.022          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.5                  | 0.206          |
| 5.22            | ลำน้ำมูลส่วนที่ 3 | 46    | CADN_MUN6      | 1289             | Tสบห้วยเหนือ+         | 0.189          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.5                  | 0.785          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.42                 | 0.021          |
|                 |                   |       |                |                  | Tใต้ฝายห้วยชะยุ้ง     | 0.006          |
|                 |                   |       |                |                  | 5.23                  | ห้วยสำราญ      |
| Tสบห้วยเหนือ+   | 0.704             |       |                |                  |                       |                |
| 48              | CADN_HSR1         | 1294  | TM.42          | 0.035            |                       |                |
|                 |                   |       | Tสบห้วยเหนือ+  | 0.732            |                       |                |
| 5.24            | ห้วยทา            | 49    | CAUP_HT1       | 1485             | TM.5                  | 0.057          |
|                 |                   |       |                |                  | TM.42                 | 0.211          |
| 5.25            | ห้วยขยุง          | 50    | CAUP_HKY1      | 570              | Tสบห้วยเหนือ+         | 0.254          |
|                 |                   |       |                |                  | Tใต้ฝายห้วยชะยุ้ง     | 0.746          |
| 5.25            | ห้วยขยุง          | 51    | CADN_HKY1      | 1293             | Tใต้ฝายห้วยชะยุ้ง     | 1.000          |
|                 |                   |       |                |                  | Tใต้ฝายห้วยชะยุ้ง     | 1.000          |

ตารางที่ 4 - 2 ค่าพารามิเตอร์แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

| ลำดับ | ลำน้ำสาขา     | ลุ่มน้ำย่อย | พื้นที่ | Umax  | Lmax   | CQOF | CKIF   | CK1,2  | TOF  | TIF  | TG   | CKBF    | Cqlow  | Cklow     |
|-------|---------------|-------------|---------|-------|--------|------|--------|--------|------|------|------|---------|--------|-----------|
| 5.02  | ลำน้ำมูลตอนบน | CAUP_LK1    | 553     | 20.10 | 212.00 | 0.86 | 861.10 | 46.60  | 0.86 | 0.20 | 0.59 | 3391.00 | 61.50  | 24866.70  |
|       |               | CAUP_LMB1   | 459     | 5.00  | 50.00  | 0.51 | 200.10 | 40.70  | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 2340.00 | 2.87   | 2301.91   |
|       |               | CADN_LMB1   | 810     | 18.84 | 116.73 | 0.69 | 252.30 | 40.09  | 0.76 | 0.02 | 0.00 | 1338.00 | 30.68  | 20013.90  |
|       |               | CADN_LMB2   | 975     | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10  | 20171.60  |
|       |               | CADN_MUN4   | 1025    | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10  | 20171.60  |
|       |               | CADN_MUN5   | 904     | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10  | 20171.60  |
| 5.03  | ลำแจะ         | CAUP_LS1    | 645     | 5.00  | 50.00  | 0.51 | 200.10 | 40.70  | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 2340.00 | 2.87   | 2301.91   |
|       |               | CADN_LS1    | 432     | 13.60 | 211.00 | 0.66 | 593.80 | 16.20  | 0.98 | 0.47 | 0.31 | 3947.00 | 58.90  | 26889.50  |
|       |               | CADN_LS2    | 125     | 5.00  | 50.00  | 0.51 | 200.10 | 40.70  | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 2340.00 | 2.87   | 2301.91   |
| 5.04  | ลำพระเพลิง    | CAUP_LPP1   | 337     | 18.80 | 121.00 | 0.99 | 972.30 | 21.10  | 0.88 | 0.95 | 0.77 | 3550.00 | 99.70  | 290347.00 |
|       |               | CAUP_LPP2   | 82      | 12.98 | 128.26 | 0.81 | 750.00 | 42.65  | 0.05 | 0.55 | 0.57 | 2921.00 | 91.21  | 24349.70  |
|       |               | CAUP_LPP4   | 405     | 12.98 | 128.26 | 0.81 | 750.00 | 42.65  | 0.05 | 0.55 | 0.57 | 2921.00 | 91.21  | 24349.70  |
|       |               | CADN_LPP1   | 159     | 45.10 | 281.00 | 0.62 | 11.72  | 41.50  | 0.25 | 0.22 | 0.28 | 3774.00 | 56.90  | 15992.70  |
|       |               | CADN_LPP2   | 903     | 18.84 | 116.73 | 0.69 | 252.30 | 40.09  | 0.76 | 0.02 | 0.00 | 1338.00 | 30.68  | 20013.90  |
|       |               | CADN_LPP3   | 335     | 18.20 | 135.00 | 0.64 | 100.20 | 38.40  | 0.78 | 0.40 | 0.10 | 478.10  | 59.60  | 64239.90  |
|       |               | CADN_LPP4   | 74      | 39.30 | 177.00 | 0.78 | 13.55  | 42.90  | 0.30 | 0.15 | 0.50 | 3961.00 | 36.00  | 47926.40  |
| 5.05  | ลำตะคอง       | CAUP_LTK1   | 752     | 5.09  | 51.00  | 0.43 | 182.50 | 22.70  | 0.62 | 0.08 | 0.00 | 2974.00 | 1.80   | 314214.00 |
|       |               | CAUP_LTK2   | 410     | 10.00 | 144.00 | 0.73 | 839.40 | 37.70  | 0.92 | 0.99 | 0.70 | 2568.00 | 100.00 | 29966.00  |
|       |               | CAUP_LTK3   | 219     | 10.00 | 144.00 | 0.73 | 839.40 | 37.70  | 0.92 | 0.99 | 0.70 | 2568.00 | 100.00 | 29966.00  |
|       |               | CADN_LTK1   | 105     | 62.10 | 146.00 | 0.70 | 442.70 | 14.40  | 0.10 | 0.88 | 0.67 | 2983.00 | 86.10  | 171.48    |
|       |               | CADN_LTK2   | 244     | 14.26 | 208.53 | 0.67 | 106.90 | 36.89  | 0.79 | 0.34 | 0.67 | 2784.00 | 56.06  | 10830.83  |
|       |               | CADN_LTK3   | 365     | 14.26 | 208.53 | 0.67 | 106.90 | 36.89  | 0.79 | 0.34 | 0.67 | 2784.00 | 56.06  | 10830.83  |
|       |               | CADN_LTK4   | 1584    | 14.26 | 208.53 | 0.67 | 106.90 | 36.89  | 0.79 | 0.34 | 0.67 | 2784.00 | 56.06  | 10830.83  |

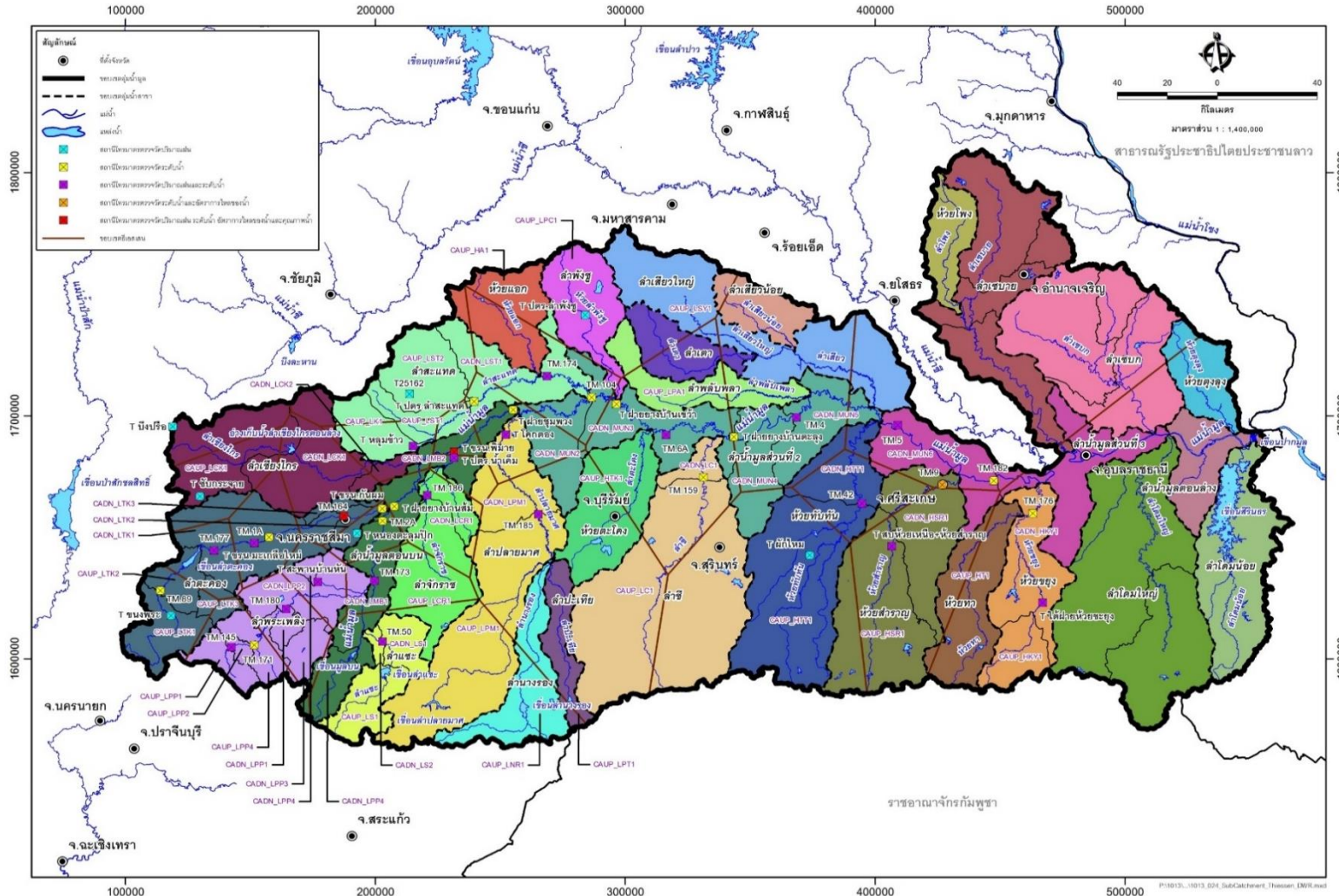


ตารางที่ 4 - 2 ค่าพารามิเตอร์แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (ต่อ)

| ลำดับ | ลำน้ำสาขา         | ลุ่มน้ำย่อย | พื้นที่ | Umax  | Lmax   | CQOF | CKIF   | CK1,2  | TOF  | TIF  | TG   | CKBF    | Cqlow  | Cklow    |
|-------|-------------------|-------------|---------|-------|--------|------|--------|--------|------|------|------|---------|--------|----------|
| 5.06  | ลำเชียงไกร        | CAUP_LCK1   | 1383    | 20.10 | 212.00 | 0.86 | 861.10 | 46.60  | 0.86 | 0.20 | 0.59 | 3391.00 | 61.50  | 24866.70 |
|       |                   | CADN_LCK1   | 1163    | 20.10 | 212.00 | 0.86 | 861.10 | 46.60  | 0.86 | 0.20 | 0.59 | 3391.00 | 61.50  | 24866.70 |
|       |                   | CADN_LCK2   | 176     | 20.10 | 212.00 | 0.86 | 861.10 | 46.60  | 0.86 | 0.20 | 0.59 | 3391.00 | 61.50  | 24866.70 |
| 5.07  | ลำจักรราช         | CAUP_LCR1   | 1307    | 49.90 | 179.00 | 0.23 | 248.80 | 27.60  | 0.99 | 0.29 | 0.85 | 2501.00 | 100.00 | 29959.90 |
|       |                   | CADN_LCR1   | 339     | 17.50 | 169.00 | 0.66 | 242.00 | 57.80  | 0.98 | 0.53 | 0.90 | 1098.00 | 19.50  | 6786.54  |
| 5.08  | ลำนางรอง          | CAUP_LNR1   | 1333    | 29.80 | 102.00 | 0.99 | 214.90 | 69.90  | 0.91 | 0.37 | 0.31 | 1003.00 | 1.28   | 16583.00 |
| 5.09  | ลำปะเทีย          | CAUP_LPT1   | 690     | 29.80 | 102.00 | 0.99 | 214.90 | 69.90  | 0.91 | 0.37 | 0.31 | 1003.00 | 1.28   | 16583.00 |
| 5.10  | ลำปลายมาศ         | CAUP_LPM1   | 5016    | 79.90 | 162.00 | 1.00 | 111.90 | 68.20  | 0.68 | 0.48 | 0.34 | 864.00  | 1.82   | 12377.90 |
|       |                   | CADN_LPM1   | 1001    | 29.80 | 102.00 | 0.99 | 214.90 | 69.90  | 0.91 | 0.37 | 0.31 | 1003.00 | 1.28   | 16583.00 |
| 5.11  | ลำน้ำมูลส่วนที่ 2 | CADN_MUN2   | 900     | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10  | 20171.60 |
|       |                   | CADN_MUN3   | 1313    | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10  | 20171.60 |
| 5.12  | ห้วยแอก           | CAUP_HA1    | 1167    | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
| 5.13  | ลำสะเทต           | CAUP_LST1   | 457     | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
|       |                   | CAUP_LST2   | 930     | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
|       |                   | CADN_LST1   | 4315    | 43.50 | 283.00 | 0.62 | 787.10 | 98.50  | 0.93 | 0.71 | 0.04 | 2461.00 | 94.30  | 23353.10 |
| 5.14  | ลำพังชู           | CAUP_LPC1   | 1176    | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
| 5.15  | ลำตะโค่ง          | CAUP_HTK1   | 1536    | 25.10 | 281.00 | 0.74 | 259.20 | 49.20  | 0.79 | 0.34 | 0.47 | 444.50  | 2.00   | 25229.80 |
| 5.16  | ลำชี              | CAUP_LC1    | 4610    | 87.10 | 333.00 | 0.13 | 10.42  | 97.70  | 0.23 | 0.00 | 0.93 | 468.20  | 70.10  | 5128.98  |
|       |                   | CADN_LC1    | 260     | 10.72 | 101.56 | 0.69 | 463.00 | 46.08  | 0.74 | 0.65 | 0.13 | 1464.00 | 85.55  | 1102.28  |
| 5.17  | ลำพลับพลา         | CAUP_LPA1   | 1100    | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
| 5.20  | ลำเสียวใหญ่       | CAUP_LSY1   | 4386    | 22.90 | 262.00 | 0.42 | 288.90 | 86.10  | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 1008.00 | 29.10  | 20167.10 |
| 5.21  | ห้วยทับทัน        | CAUP_HTT1   | 2804    | 53.90 | 400.00 | 0.40 | 99.98  | 100.00 | 0.84 | 0.10 | 0.00 | 1078.00 | 40.80  | 29983.20 |
|       |                   | CADN_HTT1   | 802     | 33.80 | 158.00 | 0.78 | 65.57  | 69.00  | 0.93 | 0.88 | 0.23 | 507.80  | 4.26   | 19514.10 |

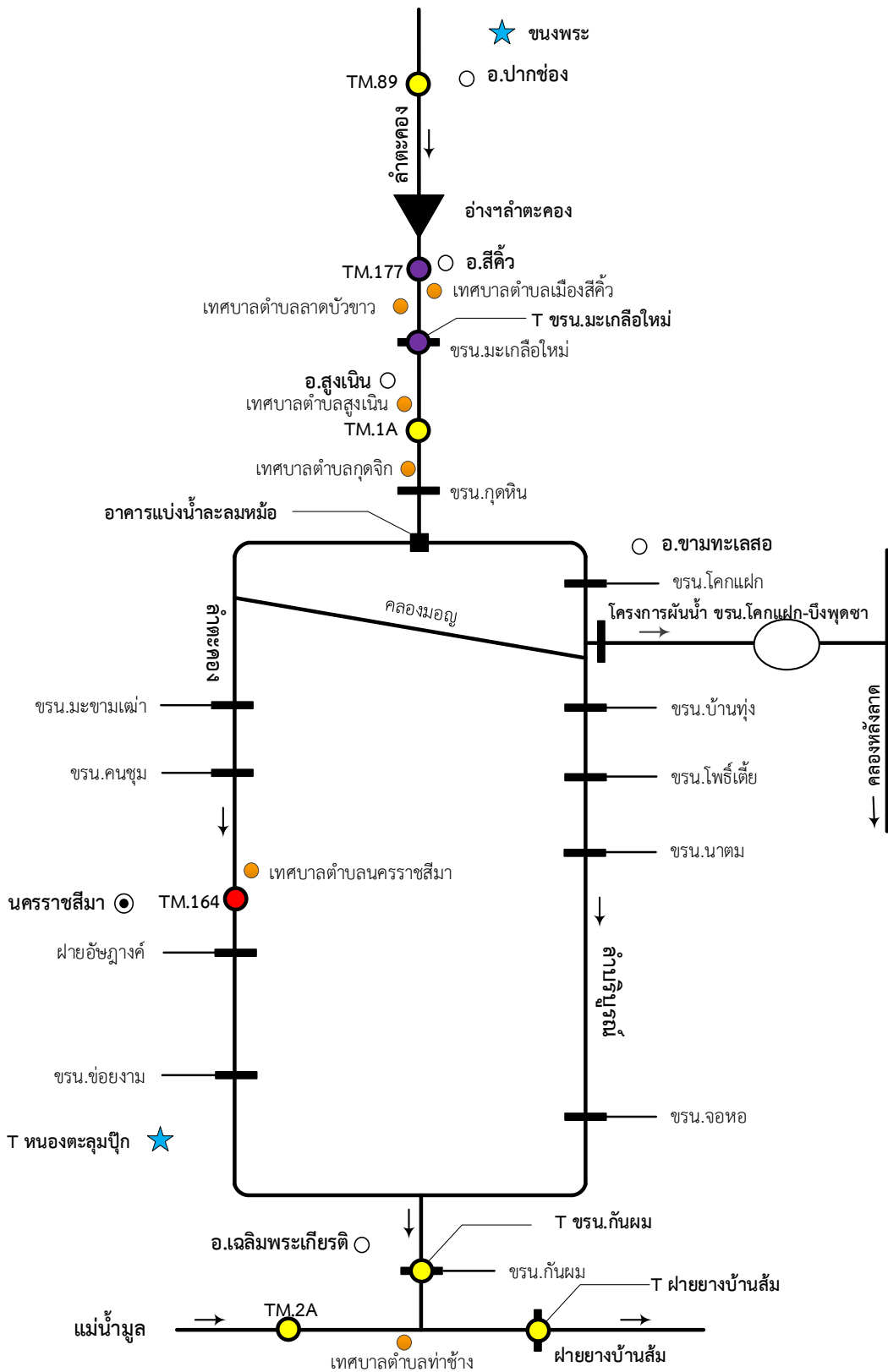
ตารางที่ 4 - 2 ค่าพารามิเตอร์แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (ต่อ)

| ลำดับ | ลำน้ำสาขา         | ลุ่มน้ำย่อย | พื้นที่ | Umax  | Lmax   | CQOF | CKIF   | CK1,2  | TOF  | TIF  | TG   | CKBF    | Cqlow | Cklow    |
|-------|-------------------|-------------|---------|-------|--------|------|--------|--------|------|------|------|---------|-------|----------|
| 5.22  | ลำน้ำมูลส่วนที่ 3 | CADN MUN6   | 1289    | 13.10 | 280.00 | 0.83 | 280.50 | 110.00 | 0.90 | 0.30 | 0.40 | 1000.00 | 70.10 | 20171.60 |
| 5.23  | ห้วยสำราญ         | CAUP_HSR1   | 2181    | 50.00 | 118.00 | 0.80 | 109.20 | 74.90  | 0.83 | 0.16 | 0.00 | 1000.00 | 10.00 | 1000.00  |
|       |                   | CADN_HSR1   | 1294    | 18.53 | 124.48 | 0.84 | 331.30 | 45.24  | 0.95 | 0.83 | 0.31 | 1294.00 | 47.40 | 1078.47  |
| 5.24  | ห้วยทา            | CAUP_HT1    | 1845    | 28.90 | 229.00 | 0.22 | 208.30 | 79.40  | 0.37 | 0.82 | 0.90 | 1006.00 | 6.82  | 4755.85  |
| 5.25  | ห้วยขยุง          | CAUP_HKY1   | 570     | 28.10 | 142.00 | 0.65 | 144.20 | 44.20  | 0.47 | 0.45 | 0.24 | 110.40  | 76.70 | 20633.80 |
|       |                   | CADN_HKY1   | 1293    | 7.42  | 102.34 | 0.83 | 41.18  | 69.64  | 0.90 | 0.72 | 0.35 | 1041.00 | 2.89  | 3259.28  |

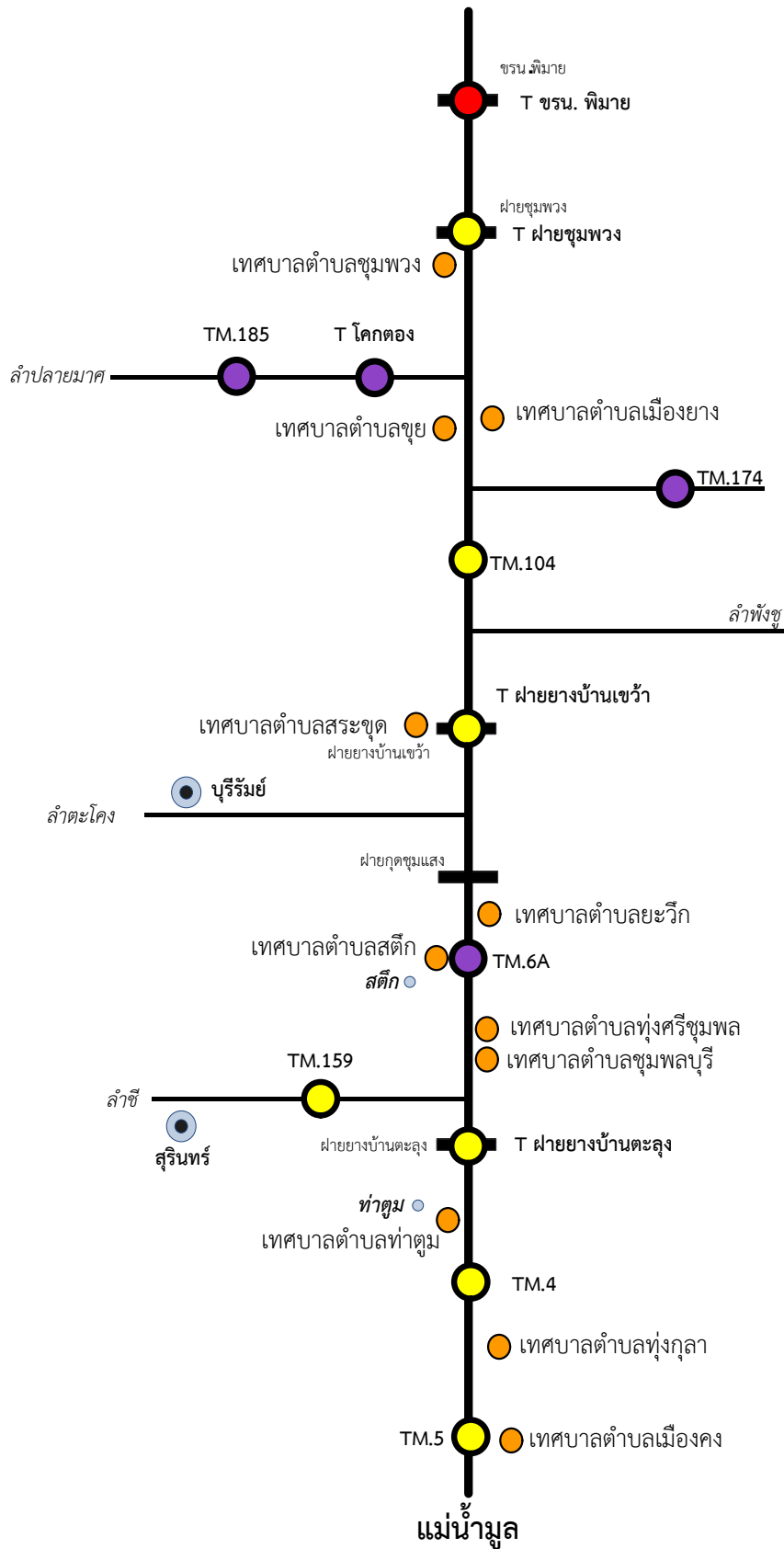


รูปที่ 4 - 1 รูปหลายเหลี่ยม Thiessen ของสถานีโทรมาตร

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา .(มูล)



รูปที่ 4 - 2 โครงข่ายกลุ่มน้ำลำตะคองในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์



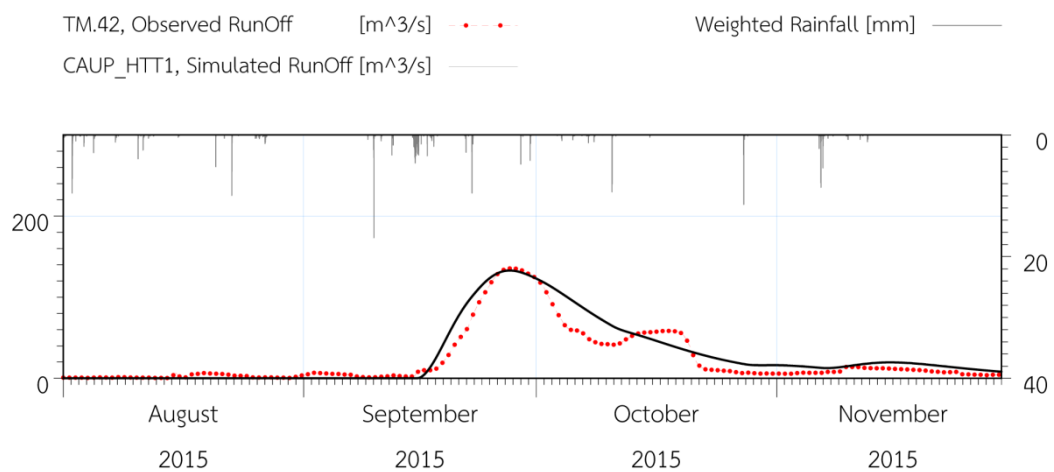
รูปที่ 4 - 3 โครงข่ายแม่ น้ำมูล ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

## 4.2 ผลการปรับแต่งแบบจำลอง

การคาดการณ์สถานการณ์น้ำเพื่อให้มีความสอดคล้องและแม่นยำนั้น นอกจากการตรวจวัด ข้อมูลอุทก - อุทกด้วยระบบโทรมาตรที่มีความถูกต้องแล้ว ปริมาณฝนคาดการณ์และแผนบริหารจัดการน้ำ เป็นสิ่งสำคัญในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าล่องหน้า อย่างไรก็ตามการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเป็นอีกปัจจัยที่เพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าให้ใกล้เคียง และแม่นยำอีกด้วย

### 4.2.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Rainfall-Runoff model)

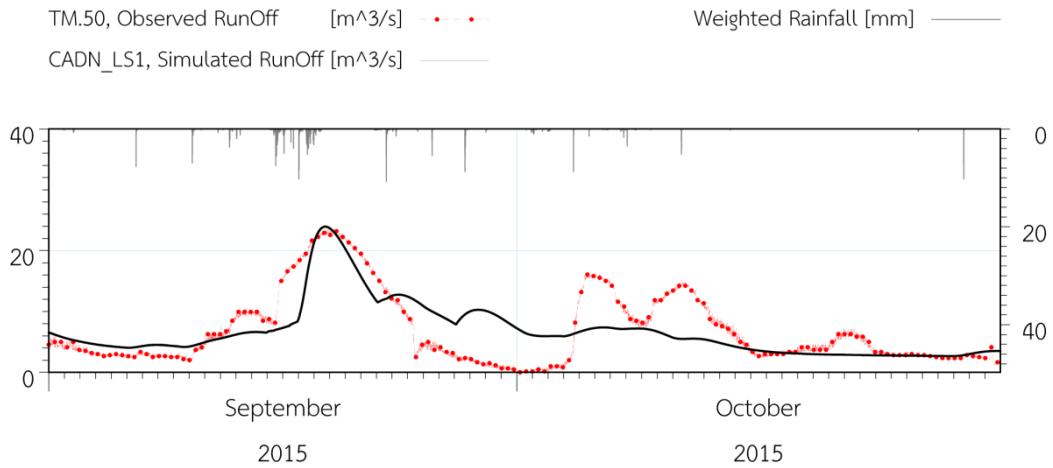
การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลตรวจจุด - อุทกวิทยาของสถานีสนามปรับเทียบแบบจำลอง น้ำฝน - น้ำท่า ในพื้นที่ต้นน้ำ ทั้งหมด 12 กลุ่มน้ำ ดังแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบดังแสดงใน ตารางที่ 4 - 3 และ แสดงผลการปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า ดังแสดงในรูปที่ 4 - 4 ถึง รูปที่ 4 - 15



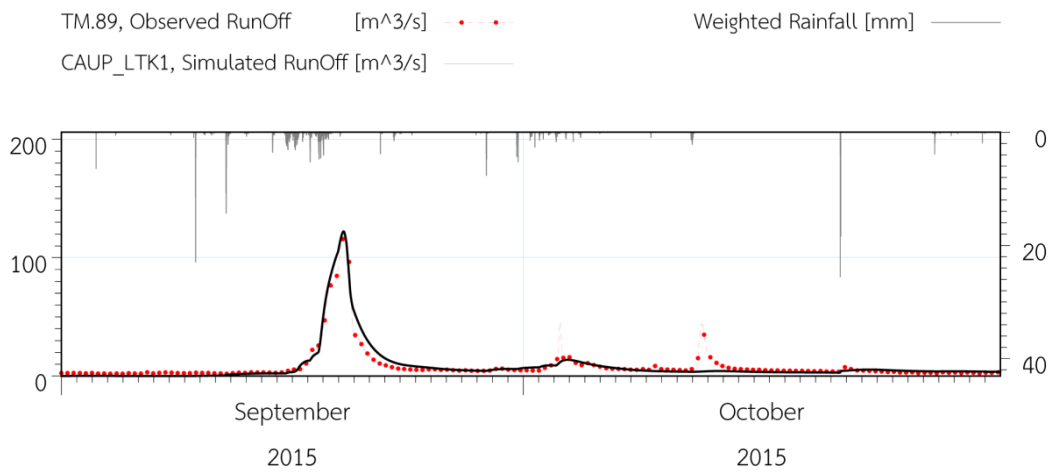
รูปที่ 4 - 4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองกลุ่มน้ำ CAUP\_HTT1 สถานี TM.42

ตารางที่ 4 - 3 สรุปค่าพารามิเตอร์จากการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

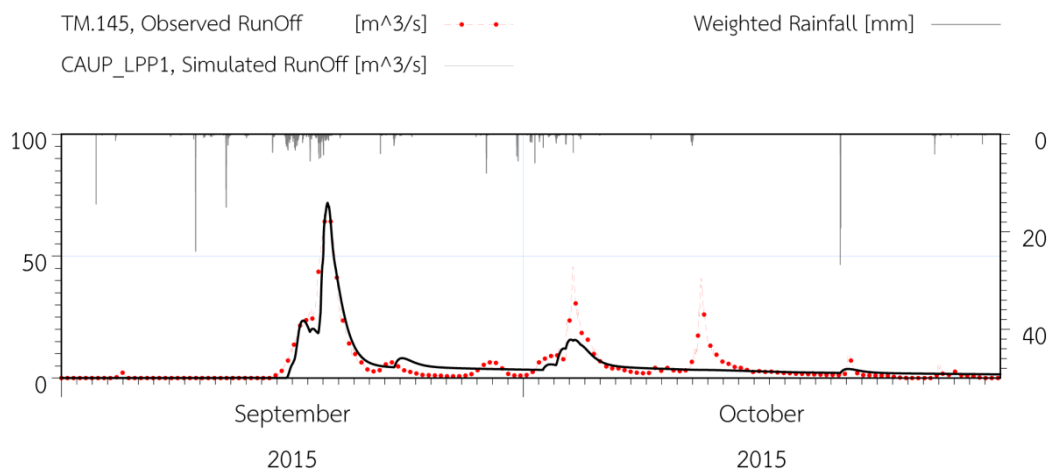
| ลำดับ | สถานีเปรียบเทียบ | ลุ่มน้ำ       | พารามิเตอร์ |     |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------|------------------|---------------|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|       |                  |               | Um          | Lm  | CQOF  | CKIF  | CK1,2 | TOF   | TIF   | TG    | CKBF  | Cqlow | Cklow  |
| 1     | TM.42            | CAUP_HTT1     | 87.8        | 190 | 0.67  | 28.9  | 175.0 | 0.789 | 0.122 | 0.576 | 679.3 | 35.2  | 248745 |
| 2     | TM.50            | CADN_LS1      | 14.0        | 181 | 0.67  | 189.9 | 33.5  | 0.866 | 0.448 | 0.300 | 1496  | 99.8  | 16517  |
| 3     | TM.89            | CAUP_LTK1     | 16.5        | 131 | 0.88  | 625.7 | 23.0  | 0.595 | 0.000 | 0.000 | 1235  | 66.4  | 3E+09  |
| 4     | TM.145           | CAUP_LPP1     | 62.2        | 146 | 0.45  | 75.2  | 12.2  | 0.010 | 0.639 | 0.064 | 1199  | 9.0   | 38330  |
| 5     | TM.159           | CAUP_LC1      | 186.0       | 171 | 0.96  | 318.9 | 63.0  | 0.502 | 0.118 | 0.917 | 3053  | 2.4   | 188919 |
| 6     | TM.177           | CADN_LTK1     | 16.8        | 125 | 0.80  | 423.8 | 6.0   | 0.792 | 0.492 | 0.230 | 1845  | 21.7  | 13375  |
| 7     | TM.185           | CAUP_NR_PT_PM | 102         | 410 | 0.765 | 95.06 | 74.4  | 0.95  | 0.888 | 0.37  | 7033  | 89.8  | 2E+06  |
| 8     | TM.186           | CAUP_LCR1     | 58.5        | 202 | 0.847 | 1119  | 14.7  | 0.73  | 0.332 | 0.25  | 1988  | 3.13  | 6E+08  |
| 9     | T สบห้วยเหนือ    | CAUP_HSR1     | 80          | 485 | 0.778 | 461.9 | 150   | 0.83  | 0.326 | 0.04  | 5884  | 51.4  | 24546  |
| 10    | T ได้ฝายห้วยขยุง | CAUP_HKY1     | 47          | 117 | 0.919 | 731.3 | 41.4  | 0.28  | 0.774 | 0.64  | 2175  | 55.8  | 16799  |
| 11    | T สะพานบ้านหัน   | CADN_LPP4     | 50.5        | 212 | 0.783 | 14.11 | 37.9  | 0.26  | 0.086 | 0.98  | 1297  | 62.1  | 310199 |
| 12    | T หลุมข้าว       | CAUP_LK1      | 10.2        | 276 | 0.574 | 721.4 | 27.1  | 0.88  | 0.348 | 0.34  | 2094  | 49.5  | 11953  |



รูปที่ 4 - 5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CADN\_LS1 สถานี TM.50

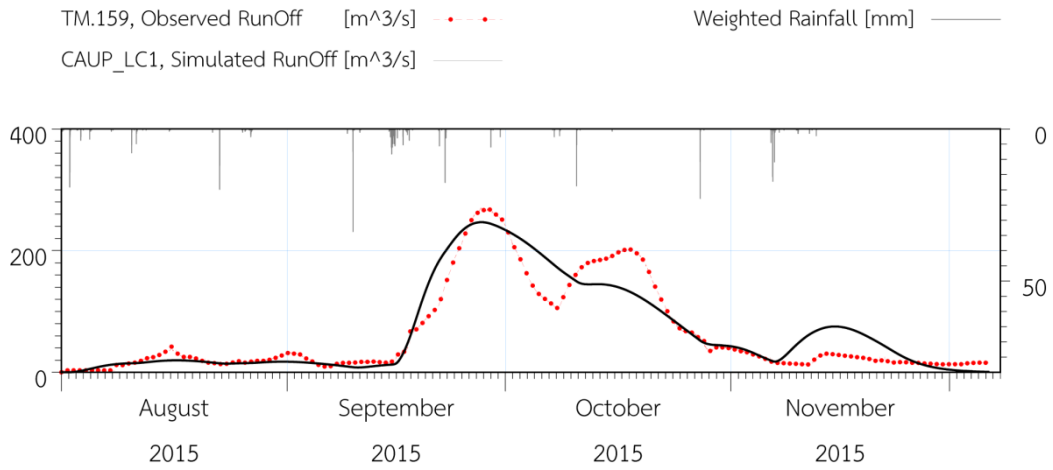


รูปที่ 4 - 6 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_LTK1 สถานี TM.89

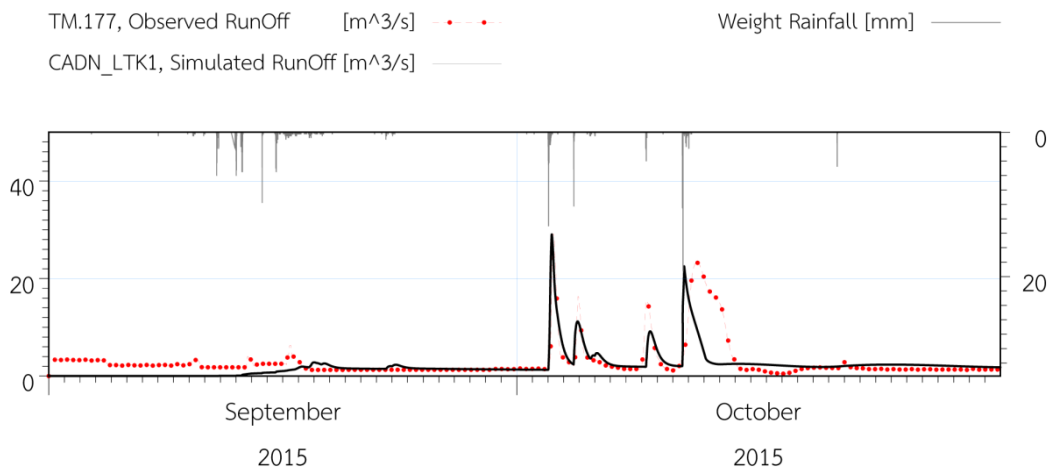


รูปที่ 4 - 7 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_LPP1 สถานี TM.145

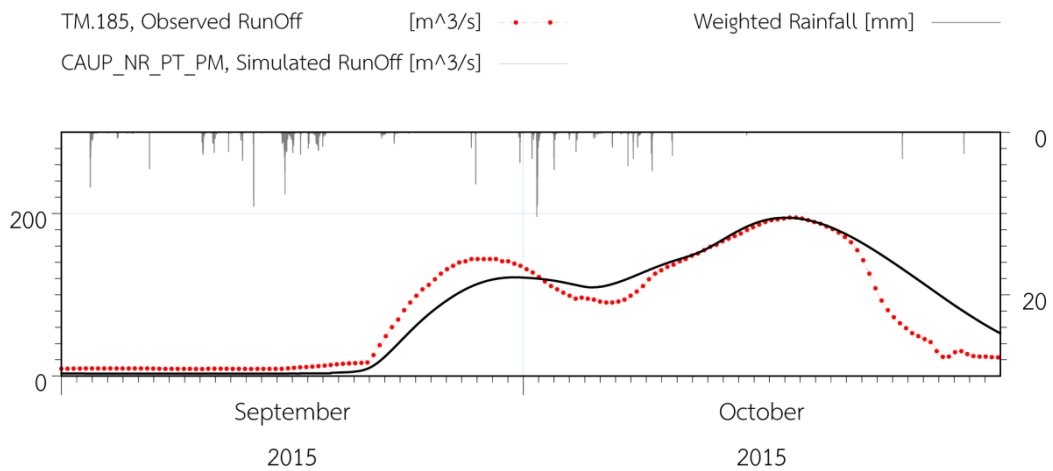




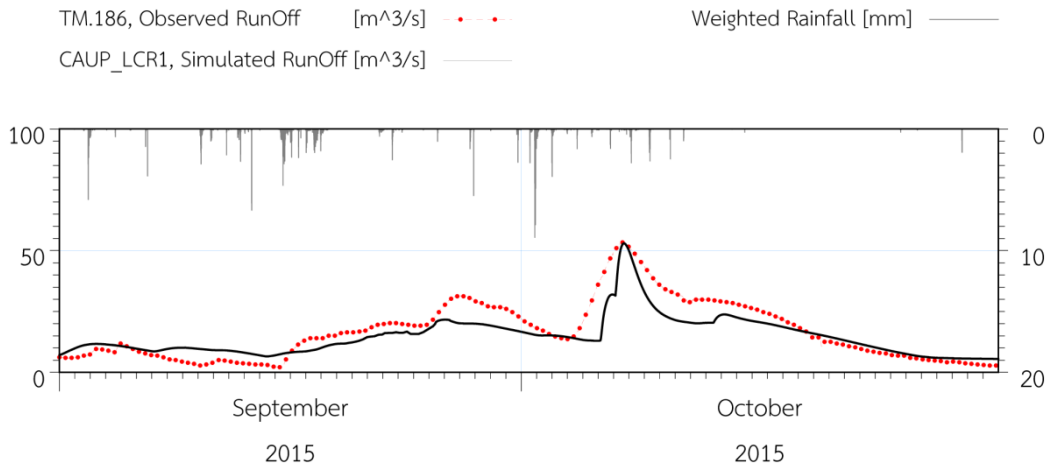
รูปที่ 4 - 8 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_LC1 สถานี TM.159



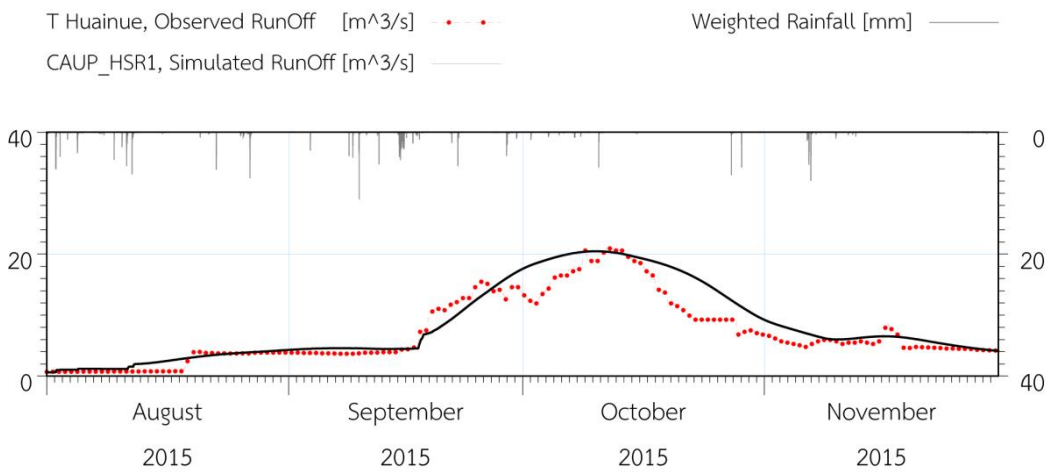
รูปที่ 4 - 9 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CADN\_LTK1 สถานี TM.177



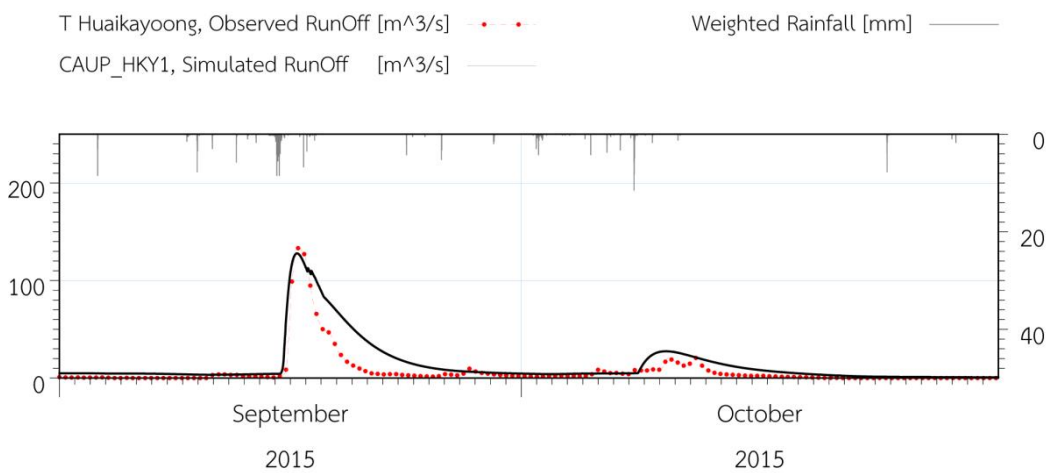
รูปที่ 4 - 10 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_NR\_PT\_PM สถานี TM.185



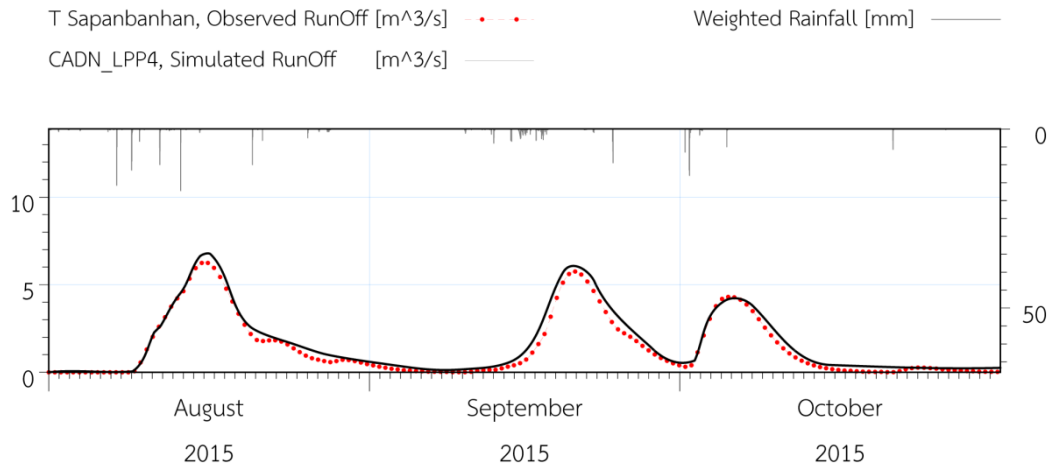
รูปที่ 4 - 11 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_LCR1 สถานี TM.186



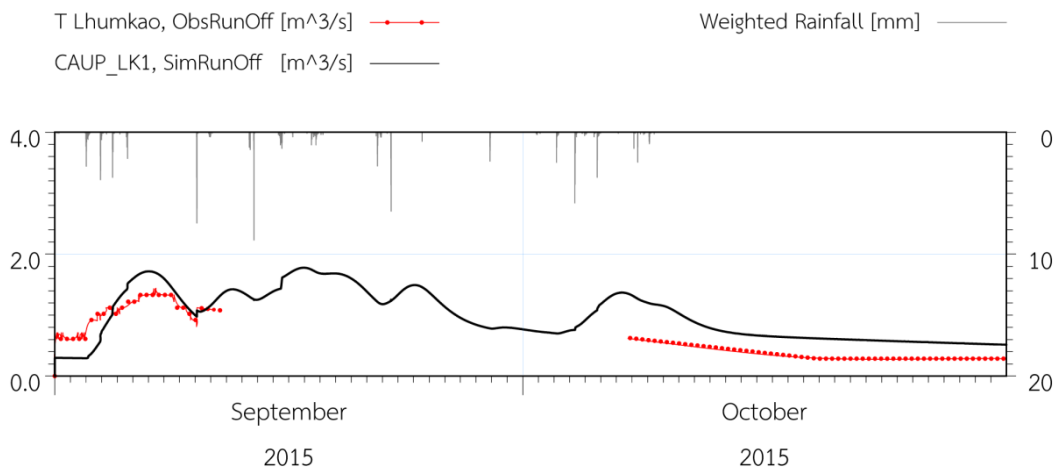
รูปที่ 4 - 12 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_HSR1 สถานี T สบห้วยเหนือ



รูปที่ 4 - 13 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_HKY1 สถานี T ใต้ฝายห้วยขยุง



รูปที่ 4 - 14 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CADN\_LPP4 สถานี T สะพานบ้านหัน



รูปที่ 4 - 15 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองลุ่มน้ำ CAUP\_LK1 สถานี T หลุมข้าว

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดราย 15 นาที จากสถานีสนาม ได้ผลคำนวณปริมาณน้ำท่าสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด ในส่วนสถานี T หลุมข้าว นั้น เกิดไฟฟ้าลัดวงจรเป็นเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ ก่อความเสียหายในช่วงเดือนกันยายน อย่างไรก็ตามผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าในช่วงเดือนตุลาคมนั้นสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด ดังแสดงรายละเอียดค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 4 - 4

ตารางที่ 4 - 4 สรุปค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

| ลำดับ | สถานี            | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วิ) |                |        |                | ค่าคลาดเคลื่อน |                  |
|-------|------------------|------------------------------|----------------|--------|----------------|----------------|------------------|
|       |                  | ตรวจวัด                      | วันที่ เวลา    | คำนวณ  | วันที่ เวลา    | ร้อยละ         | เวลา (ชม.: นาที) |
| 1     | TM.42            | 135.72                       | 27/09/15 18:30 | 132.86 | 27/09/15 14:30 | 2.11           | 4:00             |
| 2     | TM.50            | 23.48                        | 18/09/15 19:00 | 23.93  | 18/09/15 17:30 | 1.93           | 1:30             |
| 3     | TM.89            | 118.60                       | 19/09/15 10:15 | 122.19 | 19/09/15 08:00 | 3.02           | 2:15             |
| 4     | TM.145           | 67.01                        | 18/09/15 06:45 | 66.17  | 18/09/15 07:00 | 1.25           | 0:15             |
| 5     | TM.159           | 270.18                       | 27/09/15 15:00 | 246.70 | 27/09/15 17:00 | 8.69           | 2:00             |
| 6     | TM.177           | 29.13                        | 03/10/15 8:15  | 29.04  | 03/10/15 6:00  | 0.30           | 2:15             |
| 7     | TM.185           | 195.97                       | 18/10/15 08:15 | 194.81 | 18/10/15 02:45 | 0.59           | 5:30             |
| 8     | TM.186           | 53.35                        | 07/10/15 12:00 | 52.97  | 07/10/15 16:15 | 0.70           | 4:15             |
| 9     | T สบห้วยเหนือ    | 20.92                        | 08/10/15 20:00 | 18.85  | 08/10/15 14:15 | 9.89           | 5:45             |
| 10    | T ใต้ฝายห้วยขยุง | 133.64                       | 16/09/15 12:45 | 127.78 | 16/09/15 10:30 | 4.39           | 2:15             |
| 11    | T สะพานบ้านหัน   | 6.28                         | 16/08/15 04:00 | 6.75   | 16/08/15 06:15 | 7.43           | 2:15             |
| 12    | T หลุมข้าว       | -                            | -              | -      | -              | -              | -                |

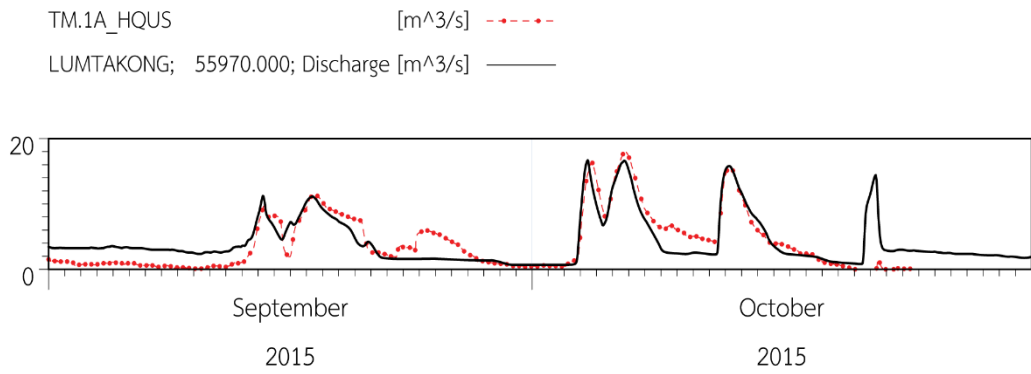
ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มุล).

#### 4.2.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics Model)

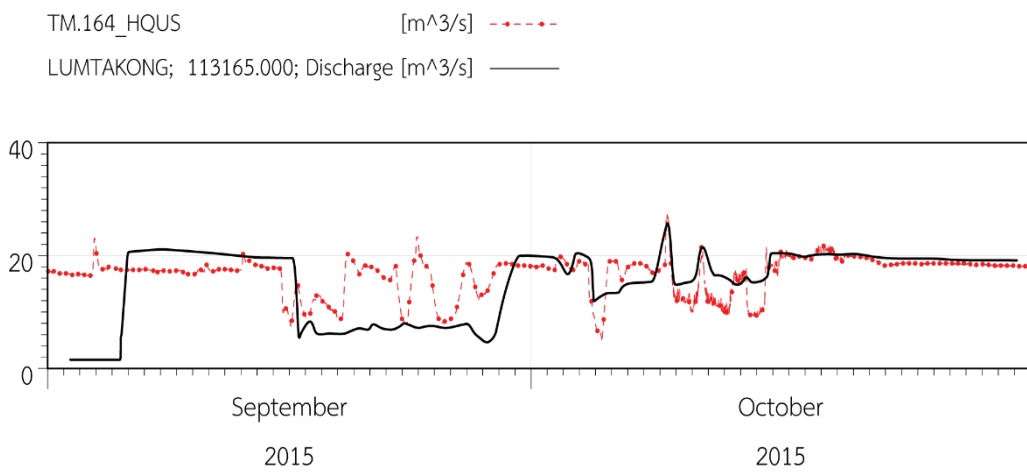
การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ รวมไปถึงใช้ข้อมูลบริหารจัดการน้ำ (การระบายน้ำ การเปิด - ปิด ประตูระบายน้ำ รวมถึงการสูบน้ำ) ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาและโครงการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล ปรับแต่งแบบจำลองด้วยข้อมูลตรวจวัดราย 15 นาที ได้ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ดังแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งที่ได้จากการเปรียบเทียบของแต่ละลำน้ำหรือแม่น้ำดังแสดงในตารางที่ 4 - 5 และแสดงผลการคำนวณดังแสดงใน รูปที่ 4 - 16 ถึง รูปที่ 4 - 31

ตารางที่ 4 - 5 สรุปค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งจากการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

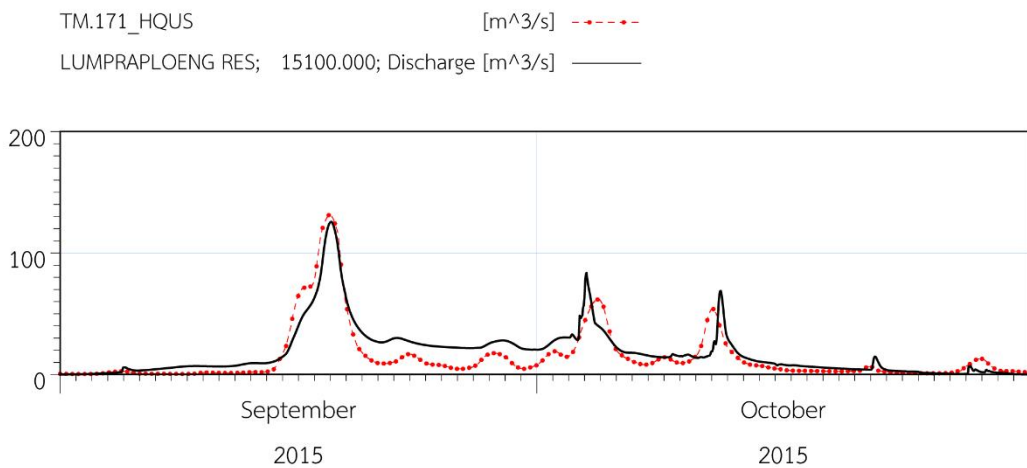
| ลำดับ | สถานีเปรียบเทียบ | แม่น้ำ/ลำน้ำสาขา | ระยะทาง (กม.) |        | ค่าสัมประสิทธิ์<br>ความขรุขระของแมนนิ่ง |
|-------|------------------|------------------|---------------|--------|---|
|       |                  |                  | จาก           | ถึง    |   |
| 1     | TM.164           | ลำตะคอง          | 0             | 136925 | 0.023                                   |
| 2     | TM.180           | ลำพระเพลิง       | 0             | 92310  | 0.020                                   |
| 3     | TM.50            | ลำแซะ            | 0             | 37450  | 0.035                                   |
| 4     | TM.174           | ลำสะเทต          | 0             | 172500 | 0.050                                   |
| 5     | TM.186           | ลำจักราช         | 0             | 40470  | 0.020                                   |
| 6     | T ปตร.ลำน้ำเค็ม  | ลำน้ำเค็ม        | 0             | 54600  | 0.035                                   |
| 7     | T โคกตอง         | ลำปลายมาศ        | 0             | 98600  | 0.040                                   |
| 8     | TM.159           | ลำชี             | 59600         | 93268  | 0.030                                   |
| 9     | TM.9             | ห้วยสำราญ        | -70000        | 25380  | 0.025                                   |
| 10    | TM.176           | ห้วยชะยุง        | 0             | 75300  | 0.050                                   |
| 11    | TM.42            | ห้วยทับทัน       | 1500          | 83400  | 0.020                                   |
| 12    | TM.173           | แม่น้ำมูล        | 0             | 63900  | 0.050                                   |
|       | TM.2A            | แม่น้ำมูล        | 63900         | 114064 | 0.045                                   |
|       | TM.104           | แม่น้ำมูล        | 114064        | 363700 | 0.020                                   |
|       | TM.6A            | แม่น้ำมูล        | 363700        | 443710 | 0.020                                   |
|       | TM.4             | แม่น้ำมูล        | 443710        | 546900 | 0.020                                   |
|       | TM.5             | แม่น้ำมูล        | 546900        | 698600 | 0.030                                   |



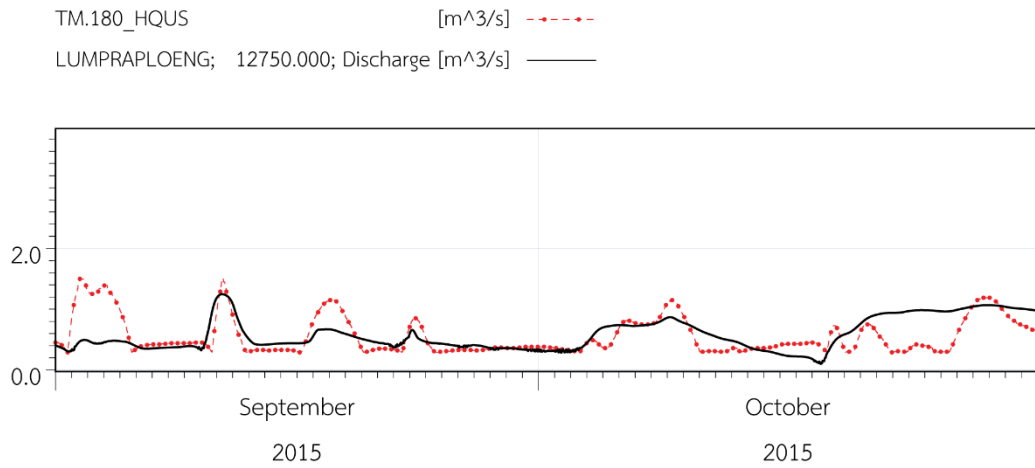
รูปที่ 4 - 16 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.1A



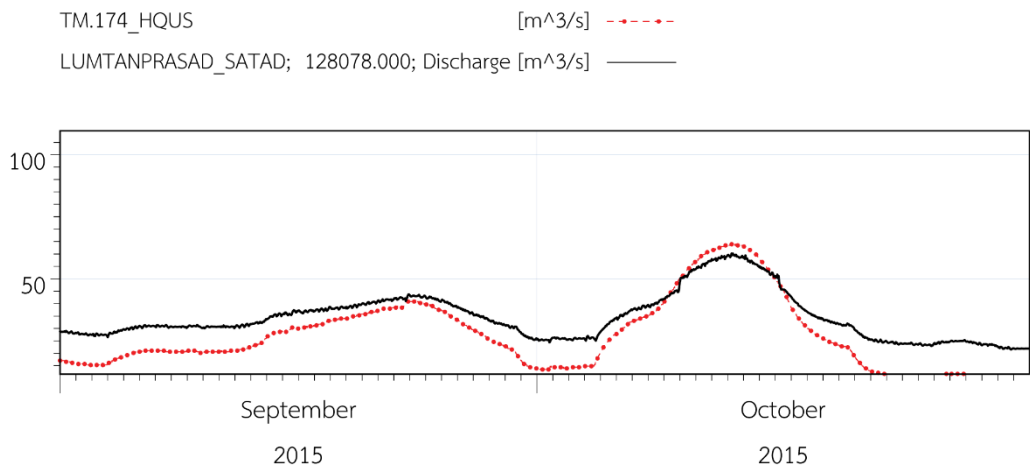
รูปที่ 4 - 17 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.164



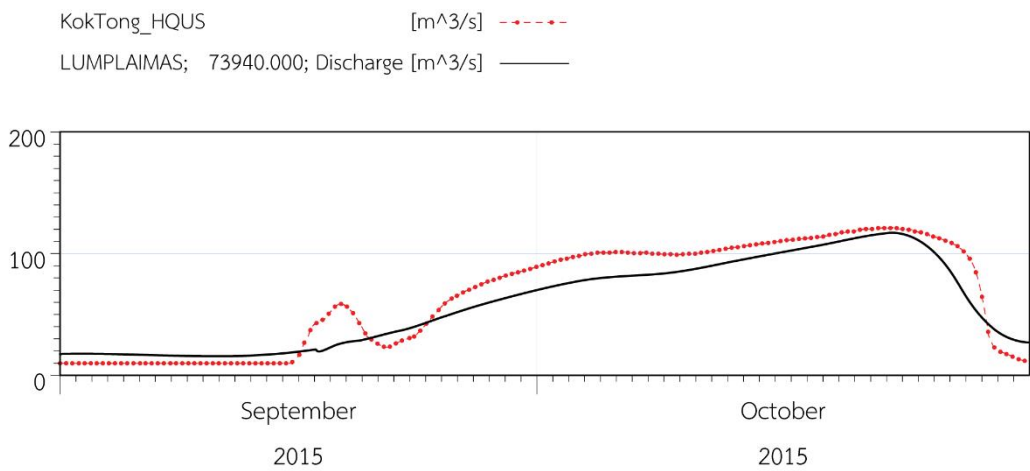
รูปที่ 4 - 18 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.171



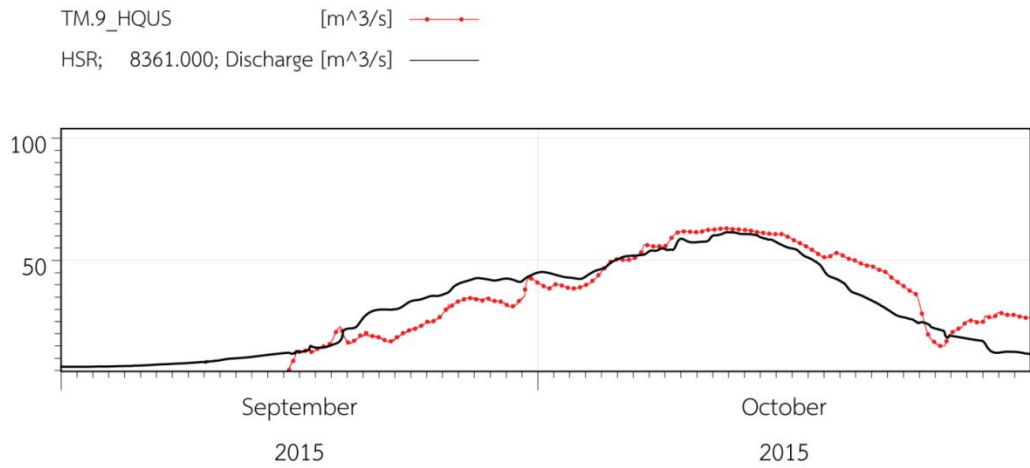
รูปที่ 4 - 19 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.180



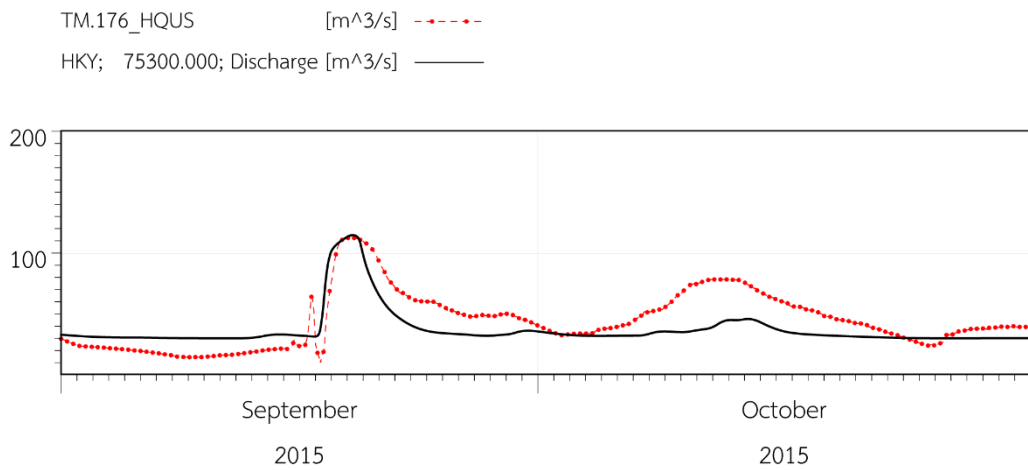
รูปที่ 4 - 20 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.174



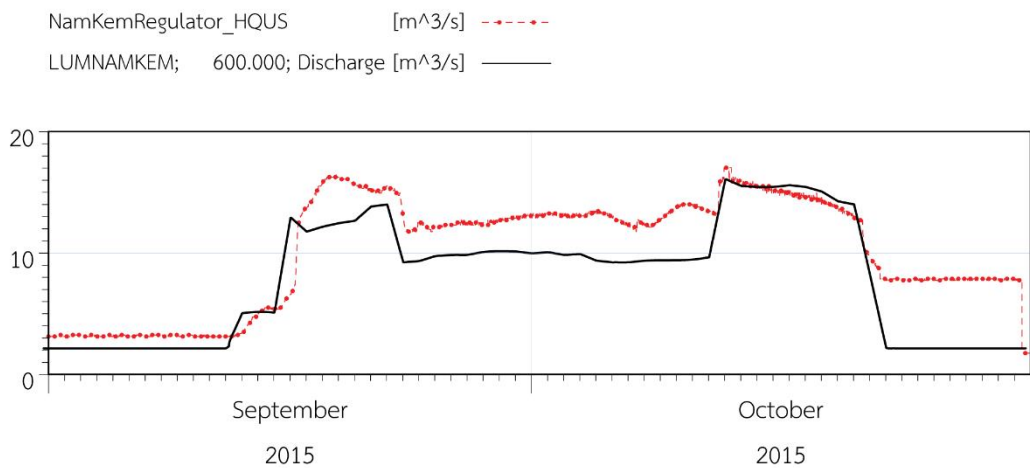
รูปที่ 4 - 21 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี T โคกตอง



รูปที่ 4 - 22 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.9

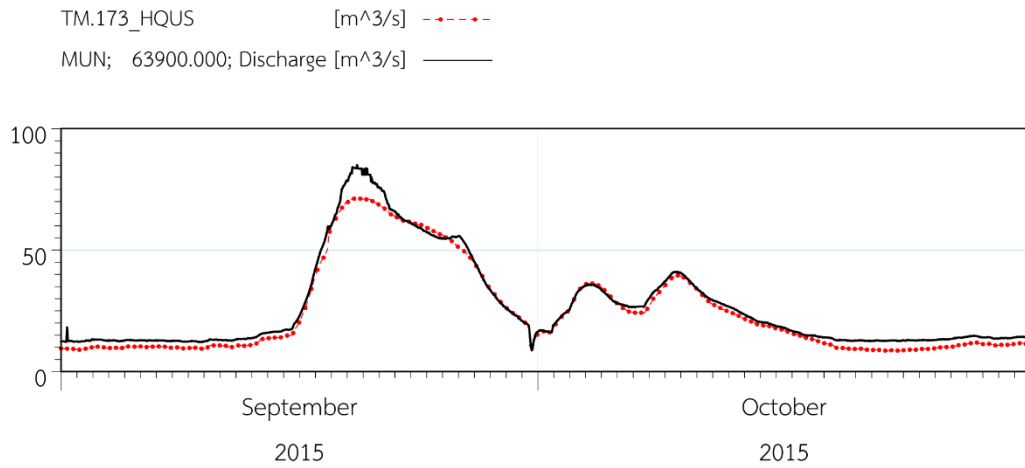


รูปที่ 4 - 23 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.176

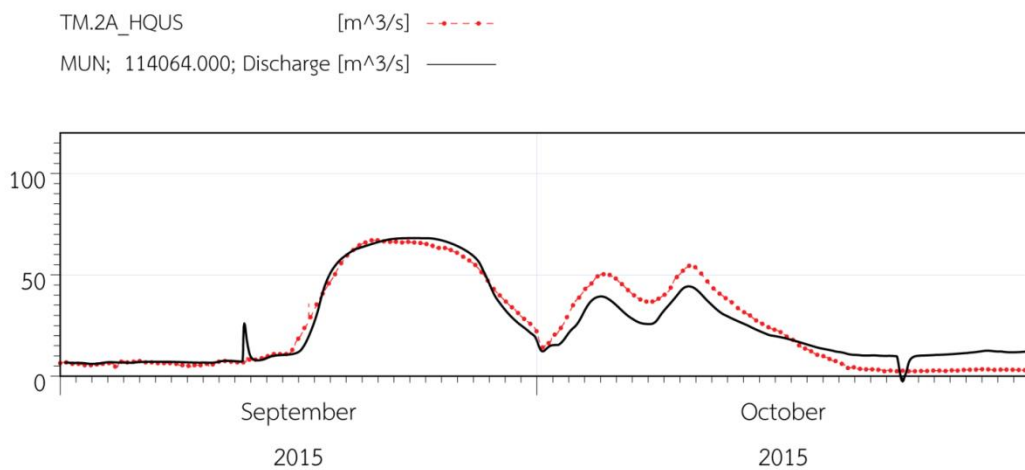


รูปที่ 4 - 24 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี T ประตุระบายน้ำลำน้ำเค็ม

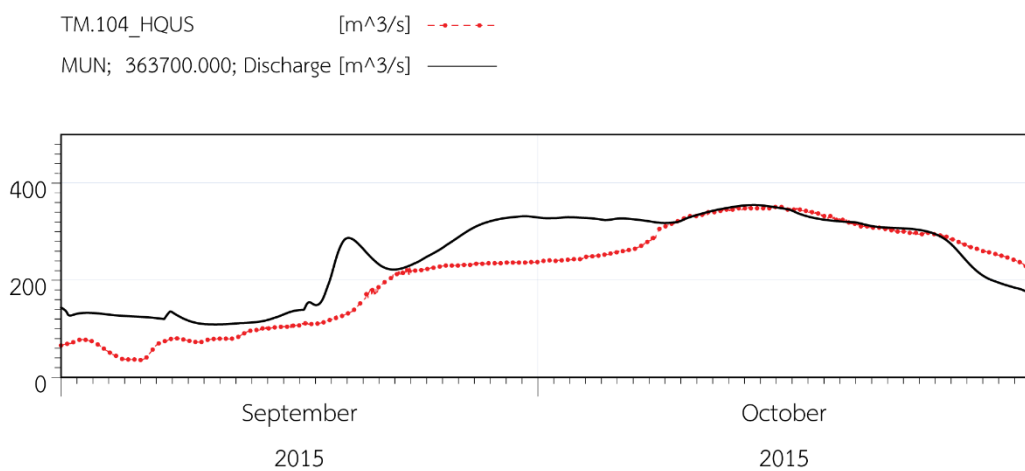




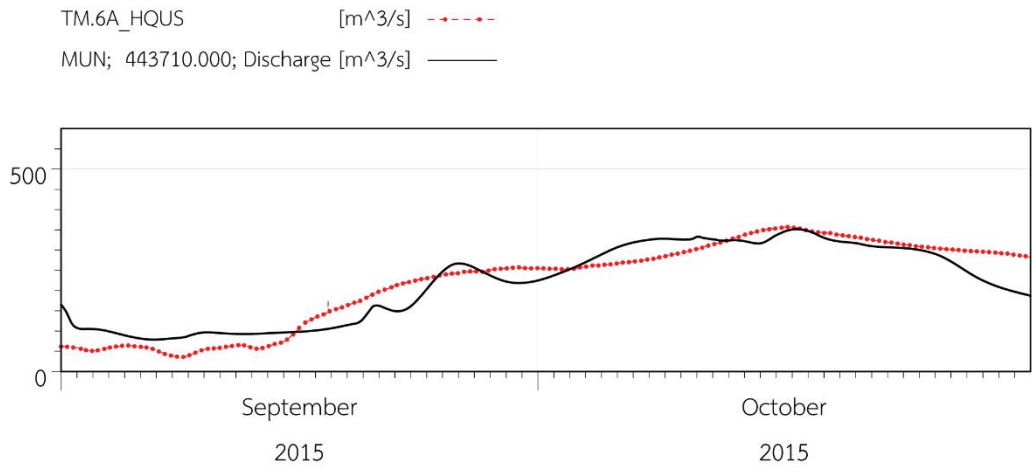
รูปที่ 4 - 25 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.173



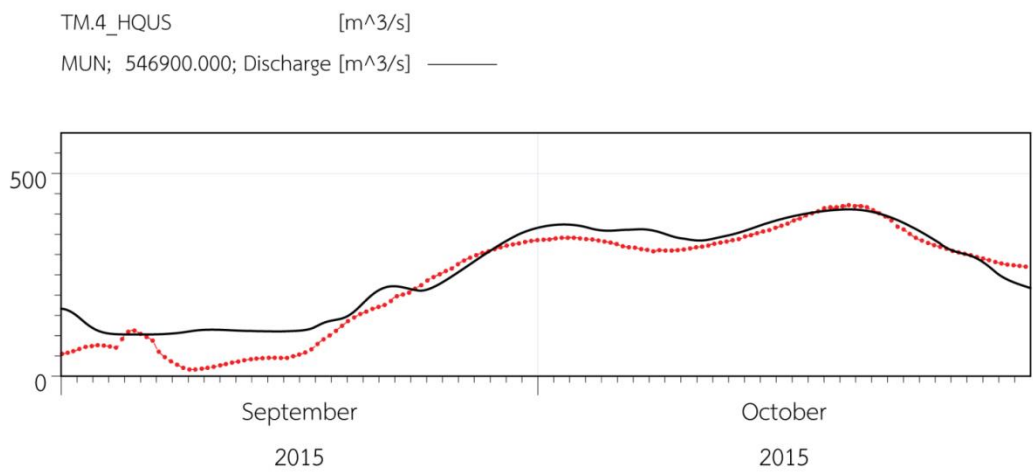
รูปที่ 4 - 26 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.2A



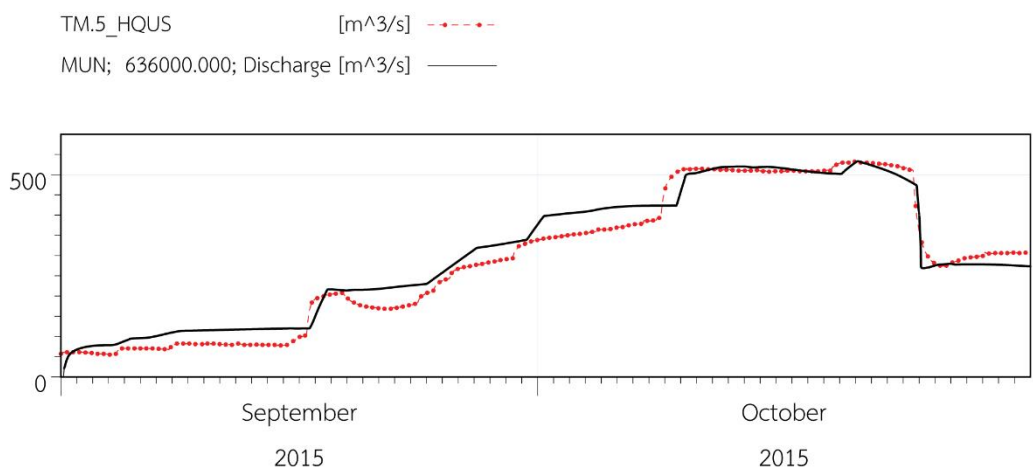
รูปที่ 4 - 27 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.104



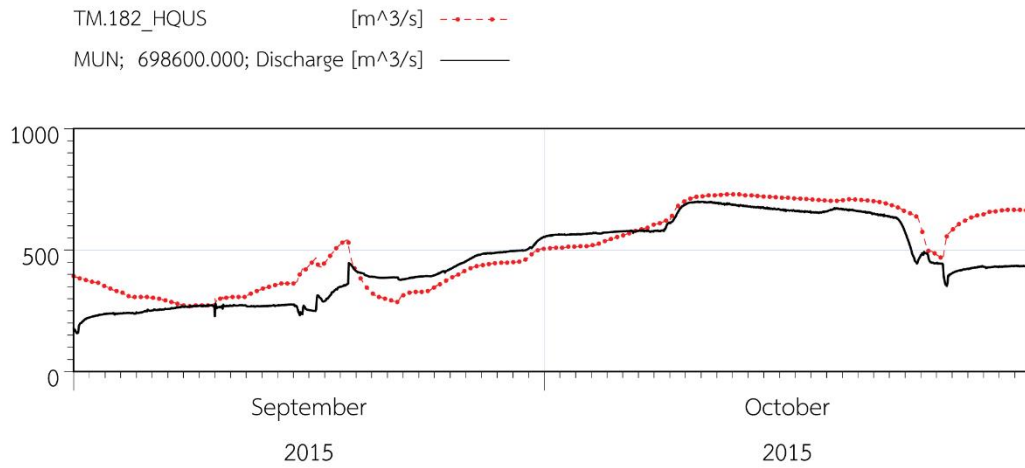
รูปที่ 4 - 28 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.6A



รูปที่ 4 - 29 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.4



รูปที่ 4 - 30 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.5



รูปที่ 4 - 31 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่สถานี TM.182

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พบว่า ผลการคำนวณปริมาณน้ำมีความสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด ในส่วนสถานี T ประตูระบายน้ำลำสะเทตนั้นมีการปิดประตูระบายน้ำของประตูระบายน้ำลำสะเทต จึงทำให้ปริมาณน้ำและระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลง และที่สถานี TM.164 ได้รับอิทธิพลจากเขื่อนระบายน้ำคอนชุมและฝายอัยภูวงค์ ซึ่งอยู่ด้านเหนือน้ำและทำให้น้ำตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4 - 6

ตารางที่ 4 - 6 สรุปค่าตลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

| ลำดับ | สถานี           | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วิ) |                |        |                | ค่าตลาดเคลื่อน |                 |
|-------|-----------------|------------------------------|----------------|--------|----------------|----------------|-----------------|
|       |                 | ตรวจวัด                      | วันที่ เวลา    | คำนวณ  | วันที่ เวลา    | ร้อยละ         | เวลา (ชม.:นาที) |
| 1     | TM.1A           | 17.90                        | 06/10/15 17:15 | 16.25  | 06/10/15 18:45 | 9.22           | 1:30            |
| 2     | TM.164          | 27.60                        | 09/10/15 11:45 | 25.36  | 09/10/15 12:15 | 8.12           | 0:30            |
| 3     | TM.171          | 131.09                       | 17/09/15 21:45 | 122.51 | 18/09/15 01:15 | 6.55           | 3:30            |
| 4     | TM.180          | 1.50                         | 11/09/15 9:30  | 1.39   | 11/09/15 9:00  | 7.33           | 0:30            |
| 5     | T ปตร.ลำสะเทต   | -                            | -              | -      | -              | -              | -               |
| 6     | TM.174          | 63.90                        | 13/10/15 4:15  | 57.64  | 13/10/15 6:45  | 9.80           | 2:30            |
| 7     | T โคกตอง        | 121.63                       | 22/10/15 17:45 | 114.63 | 22/10/15 22:45 | 5.76           | 5:00            |
| 8     | TM.9            | 63.07                        | 12/10/15 12:30 | 60.78  | 12/10/15 14:30 | 3.63           | 2:00            |
| 9     | TM.176          | 112.26                       | 18/09/15 23:45 | 114.31 | 19/09/15 00:30 | 1.83           | 0:45            |
| 10    | T ปตร.ลำน้ำเค็ม | 17.02                        | 12/10/15 23:15 | 15.8   | 12/10/15 23:00 | 7.17           | 0:15            |
| 11    | TM.173          | 71.51                        | 19/09/15 12:30 | 85.60  | 19/09/15 13:00 | 19.70          | 0:30            |
| 12    | TM.2A           | 67.05                        | 20/09/15 13:45 | 60.40  | 20/09/15 11:15 | 9.92           | 2:30            |
| 13    | TM.104          | 353.77                       | 15/10/15 08:30 | 348.59 | 15/10/15 05:45 | 1.46           | 2:45            |
| 14    | TM.6A           | 357.12                       | 16/10/15 11:30 | 346.31 | 16/10/15 16:45 | 3.03           | 5:15            |
| 15    | TM.4            | 421.90                       | 20/10/15 15:45 | 415.65 | 20/10/15 18:15 | 1.48           | 2:30            |
| 16    | TM.5            | 532.10                       | 20/10/15 19:30 | 521.47 | 20/10/15 14:15 | 2.00           | 5:15            |
| 17    | TM.182          | 731.93                       | 12/10/15 14:45 | 710.12 | 12/10/15 10:30 | 2.98           | 4:15            |

#### 4.2.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics Model) คำนวณปริมาณน้ำผ่าน ฝายและประตูระบายน้ำ

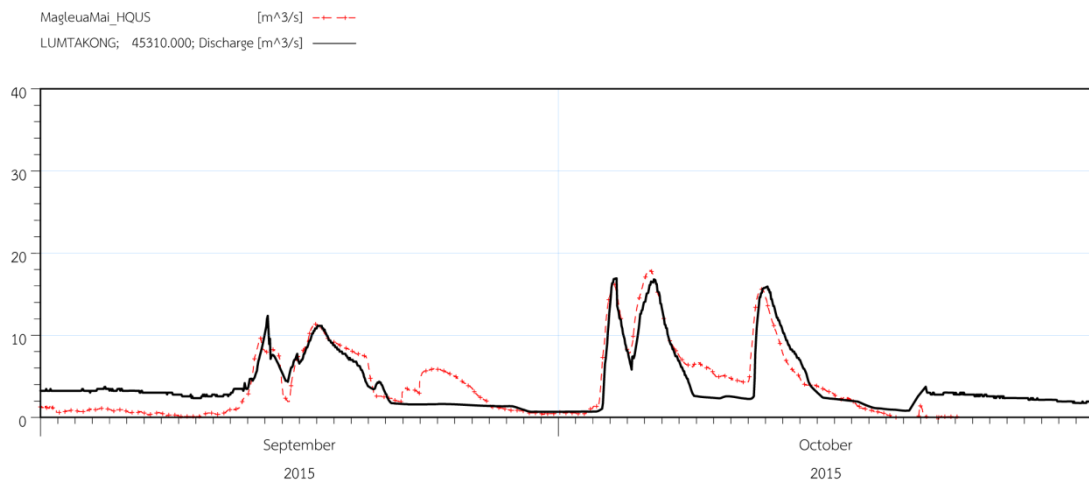
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ดำเนินการปรับค่าพารามิเตอร์ของอาคารชลศาสตร์ในแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ที่มีสถานีโทรมาตรติดตั้งทั้ง 7 สถานี โดยใช้ข้อมูลบริหารจัดการน้ำ (การระบายน้ำ การเปิด - ปิดประตูระบายน้ำ รวมถึงการสูบน้ำ) ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาและโครงการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล ปรับแต่งแบบจำลองด้วยข้อมูลตรวจวัดราย 15 นาที โดยทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยแบบจำลองกับการคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัตราไหลจากงานสำรวจในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ของโครงการฯ ดังแสดงค่าพารามิเตอร์ของอาคารชลศาสตร์ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4 - 7 ค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4 - 8 และแสดงผลการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 4 - 32 ถึง รูปที่ 4 - 38

ตารางที่ 4 - 7 ข้อมูลนำเข้าอาคารชลศาสตร์ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

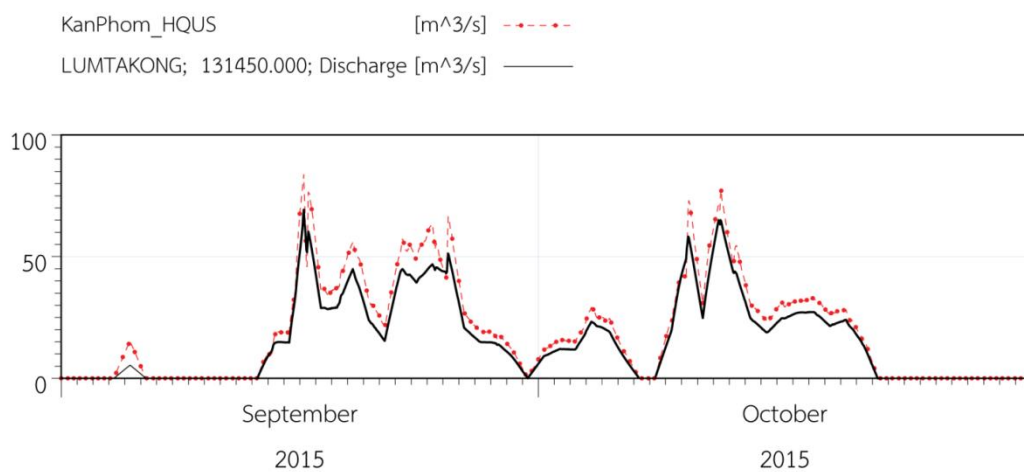
| ลำดับ | สถานีเปรียบเทียบ  | แม่น้ำ/ลำน้ำสาขา | ค่าพารามิเตอร์      |            |                |                |
|-------|-------------------|------------------|---------------------|------------|----------------|----------------|
|       |                   |                  | ประเภทอาคารระบายน้ำ | จำนวนประตู | ความกว้างประตู | ระดับธรณีประตู |
| 1     | T ขรน.มะเกลือใหม่ | ลำตะคอง          | Radial Gate         | 5          | 5              | 218            |
| 2     | T ขรน.กันผม       | ลำตะคอง          | Sluice, Formula     | 5          | 3              | 163            |
| 3     | T ขรน.พิมาย       | มูล              | Sluice, Formula     | 6          | 6              | 146            |
| 4     | T ขรน.ชุมพวง      | มูล              | Radial Gate         | 3          | 6              | 138            |
| 5     | T ฝายยางบ้านส้ม   | มูล              | Overflow            | 1          | 70             | 160            |
| 6     | T ฝายยางบ้านเขว้า | มูล              | Overflow            | 1          | 53             | 128            |
| 7     | T ฝายยางบ้านตะลุง | มูล              | Overflow            | 1          | 63             | 119            |

ตารางที่ 4 - 8 สรุปค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำและฝายด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

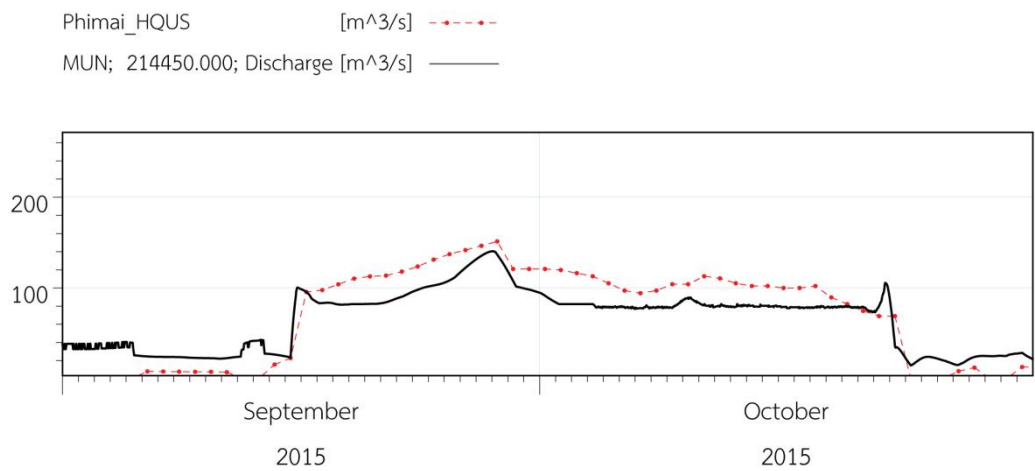
| ลำดับ | สถานี             | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วิ) |                |        |                | ค่าคลาดเคลื่อน |                 |
|-------|-------------------|------------------------------|----------------|--------|----------------|----------------|-----------------|
|       |                   | ตรวจวัด                      | วันที่ เวลา    | คำนวณ  | วันที่ เวลา    | ร้อยละ         | เวลา (ชม.:นาที) |
| 1     | T ขรน.มะเกลือใหม่ | 17.90                        | 06/10/15 17:15 | 16.71  | 06/10/15 17:15 | 6.65           | 0:00            |
| 2     | T ขรน.กันผม       | 83.68                        | 16/09/15 06:00 | 75.92  | 16/09/15 06:00 | 9.28           | 0:00            |
| 3     | T ขรน.พิมาย       | 151.32                       | 28/09/15 08:00 | 138.52 | 28/09/15 08:00 | 8.46           | 0:00            |
| 4     | T ขรน.ชุมพวง      | 124.11                       | 21/09/15 08:00 | 118.74 | 21/09/15 08:00 | 4.33           | 0:00            |
| 5     | T ฝายยางบ้านส้ม   | 216.84                       | 25/09/15 15:00 | 196.63 | 25/09/15 15:00 | 9.32           | 0:00            |
| 6     | T ฝายยางบ้านเขว้า | 330.82                       | 14/10/15 10:00 | 301.68 | 14/10/15 10:00 | 8.81           | 0:00            |
| 7     | T ฝายยางบ้านตะลุง | 517.87                       | 19/10/15 07:00 | 467.21 | 19/10/15 07:00 | 9.78           | 0:00            |



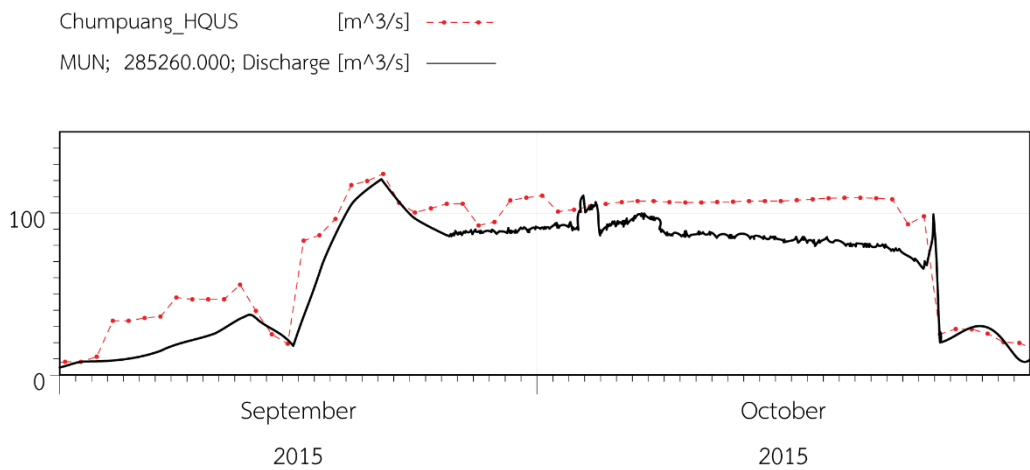
รูปที่ 4 - 32 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่



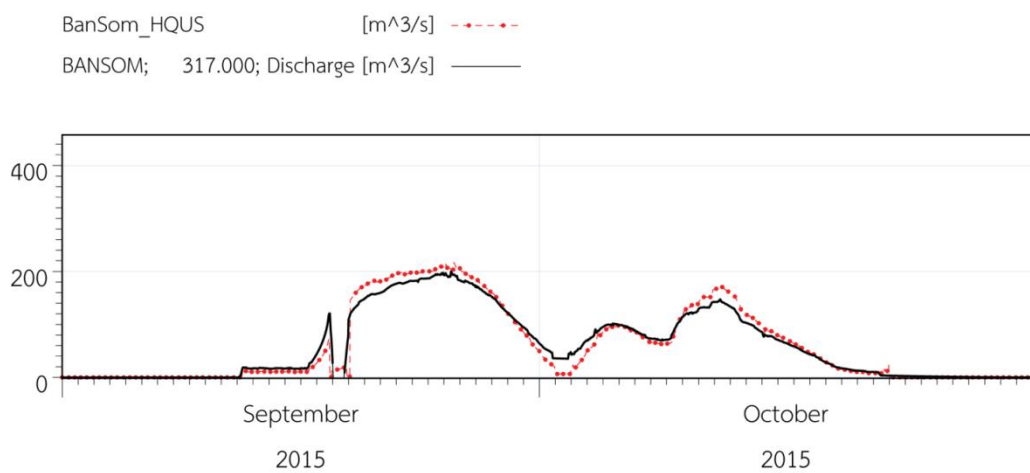
รูปที่ 4 - 33 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T เขื่อนระบายน้ำกันผม



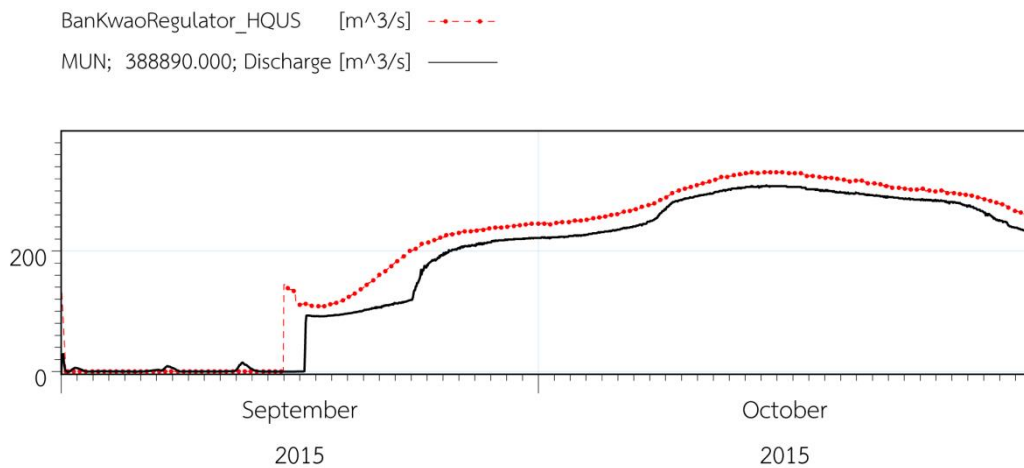
รูปที่ 4 - 34 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T เชื้อนระบายน้ำพิมาย



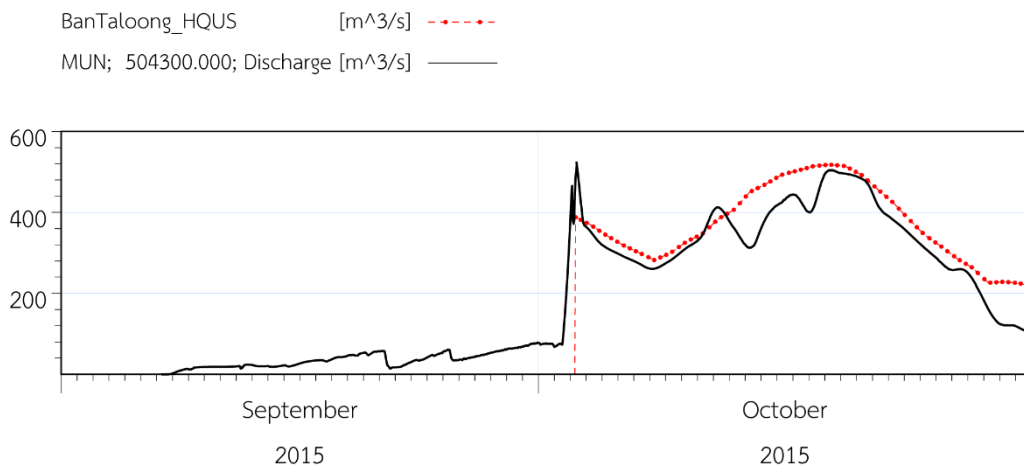
รูปที่ 4 - 35 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T เชื้อนระบายน้ำชุมพวง



รูปที่ 4 - 36 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T ฝ่ายยางบ้านส้ม



รูปที่ 4 - 37 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T ฝ่ายยางบ้านเขว้า

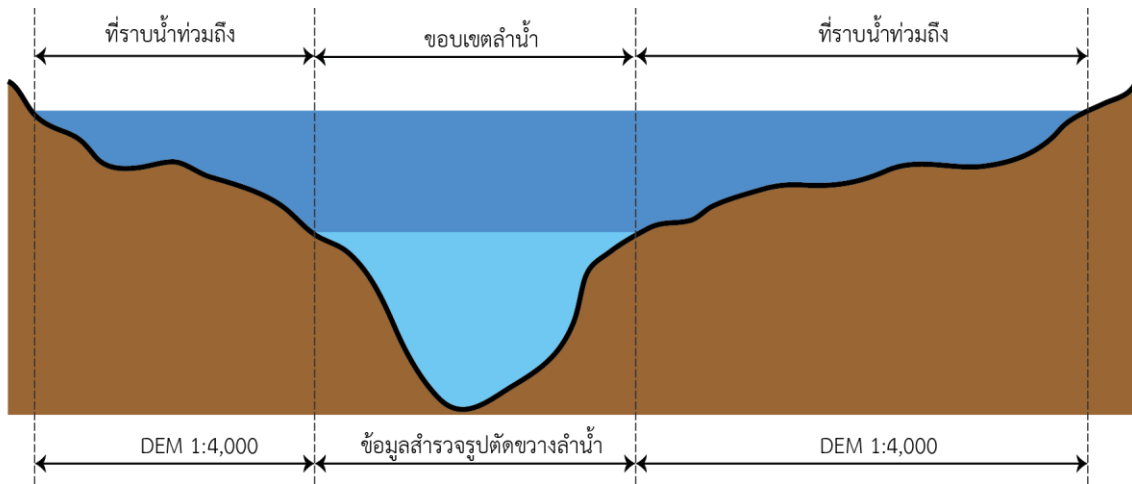


รูปที่ 4 - 38 ผลการเปรียบเทียบ สถานี T ฝ่ายยางบ้านตะลุง

#### 4.3 การจัดทำแผนที่น้ำท่วม

เนื่องจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE 11 เป็นแบบจำลองการคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลแบบ 1 มิติ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าระดับน้ำ 1 มิติในแต่ละรูปตัดขวางลำน้ำ ทั้งนี้ ในการจัดทำแผนที่น้ำท่วมเมื่อระดับน้ำล้นตลิ่ง ได้ทำการขยายแนวรูปตัดขวางในแต่ละรูปตัดของแบบจำลองไปถึงที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain) และใช้ข้อมูล DEM แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) มาตรฐาน 1:4,000 เพื่อกำหนดระดับความสูงต่ำของพื้นที่ในการต่อขยาย และได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการจัดทำแผนที่น้ำท่วม ดังแสดงในรูปที่ 4 - 39



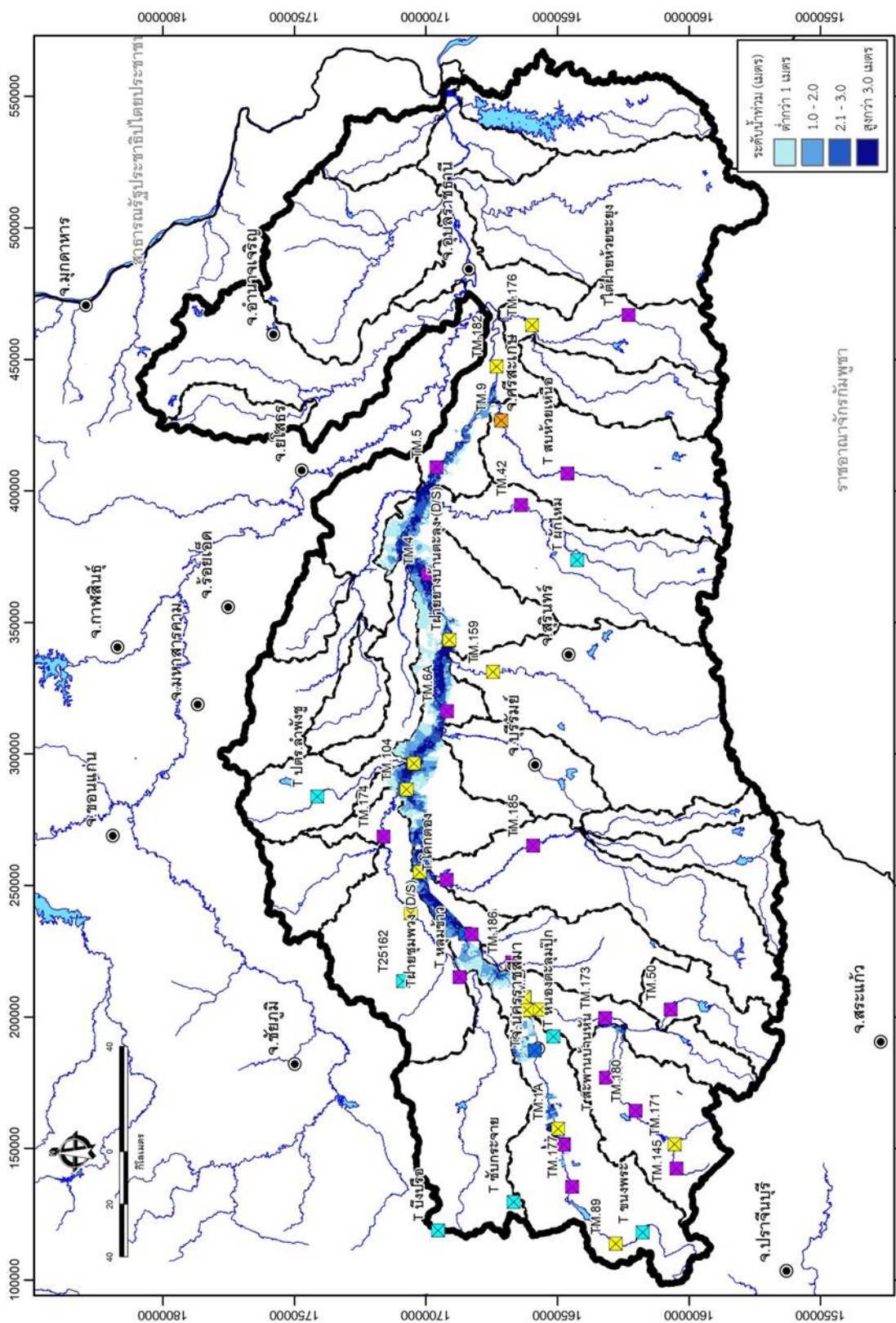


รูปที่ 4 - 39 ขอบเขตลำน้ำและการต่อขยายรูปตัดขวางไปถึงที่ราบน้ำท่วมถึง

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มุล).

โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำการซ้อนทับ (Over Lay) ข้อมูล DEM กับชั้นข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณและใช้ Spatial Analyst tool คำนวณด้วยฟังก์ชัน Map Algebra ในแต่ละ Cell ของ DEM และข้อมูลระดับน้ำด้วยสมการ  $Depth = DEM - Water Level$  ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นความลึกน้ำในแต่ละ Cell ในกรณีที่ความสูงของ DEM มากกว่าระดับน้ำท่วมจะไม่แสดงผลใน Cell นั้นๆ

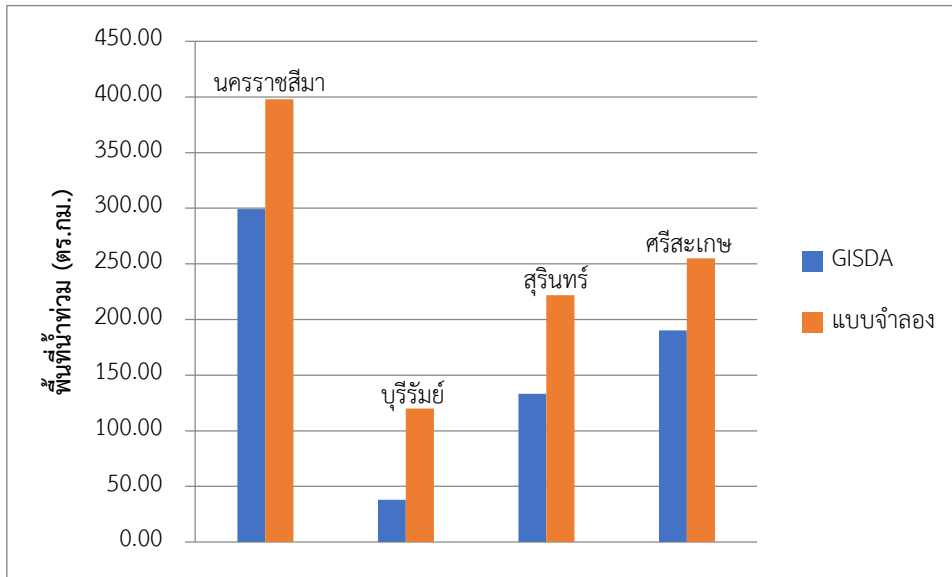
Flood inundation map เป็นการแสดงแผนที่น้ำท่วมในแต่ละวันของช่วงพายุกรณ์ ซึ่งเป็นการคำนวณแผนที่น้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 - 40 และ ดังแสดงในตารางที่ 4 - 9 โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากภาพถ่ายทางดาวเทียม และผลการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 4 - 41



รูปที่ 4 - 40 แผนที่นำท่วมจากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ตารางที่ 4 - 9 พื้นที่น้ำท่วมจากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์

| ลำดับที่                 | อำเภอ             | พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.) |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|
| จ.นครราชสีมา             |                   |                         |
| 1                        | อ.เมืองนครราชสีมา | 49.69                   |
| 2                        | อ.จักราช          | 11.32                   |
| 3                        | อ.โชคชัย          | 22.53                   |
| 4                        | อ.โนนสูง          | 27.37                   |
| 5                        | อ.พิมาย           | 191.20                  |
| 6                        | อ.ชุมพวง          | 84.94                   |
| 7                        | อ.สูงเนิน         | 2.27                    |
| 8                        | อ.ขามทะเลสอ       | 1.53                    |
| 9                        | อ.เมืองยาง        | 68.67                   |
| 10                       | อ.ลำทะเมนชัย      | 19.87                   |
| 11                       | อ.เฉลิมพระเกียรติ | 0.02                    |
| <b>รวมพื้นที่น้ำท่วม</b> |                   | <b>479.41</b>           |
| จ.บุรีรัมย์              |                   |                         |
| 1                        | อ.คูเมือง         | 60.98                   |
| 2                        | อ.พุทไธสง         | 40.47                   |
| 3                        | อ.สตึก            | 85.18                   |
| 4                        | อ.แคนดง           | 69.30                   |
| <b>รวมพื้นที่น้ำท่วม</b> |                   | <b>255.94</b>           |
| จ.สุรินทร์               |                   |                         |
| 1                        | อ.ชุมพลบุรี       | 170.19                  |
| 2                        | อ.ท่าตูม          | 157.60                  |
| 3                        | อ.รัตนบุรี        | 153.98                  |
| <b>รวมพื้นที่น้ำท่วม</b> |                   | <b>481.78</b>           |
| จ.ศรีสะเกษ               |                   |                         |
| 1                        | อ.เมืองศรีสะเกษ   | 40.25                   |
| 2                        | อ.ยางชุมน้อย      | 16.27                   |
| 3                        | อ.กันทรารมย์      | 2.34                    |
| 4                        | อ.ราชีไศล         | 76.91                   |
| 5                        | อ.อุทุมพรพิสัย    | 6.47                    |
| 6                        | อ.บึงบูรพ์        | 0.78                    |
| <b>รวมพื้นที่น้ำท่วม</b> |                   | <b>143.02</b>           |



รูปที่ 4 - 41 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายทางดาวเทียมและผลการคำนวณ

จาก รูปที่ 4 - 41 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายทางดาวเทียมและผลการคำนวณ มีพื้นที่น้ำท่วมแตกต่างกันเนื่องจาก

- (1) แผนที่น้ำท่วมจาก GISDA ไม่ได้บันทึกภาพในรอบวงโคจรของดาวเทียมในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล ในจังหวัดต่างๆ ในวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2556 ดังแสดงในตารางที่ 4 - 10
- (2) ความละเอียด (Resolution) ของภาพถ่ายทางดาวเทียมมีคุณภาพดีน้อยกว่า เมื่อเทียบกับคุณภาพข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ที่มีมาตราส่วน 1:4,000

ตารางที่ 4 - 10 พื้นที่ลุ่มน้ำมูลที่ภาพถ่ายทางดาวเทียมไม่ได้บันทึกภาพในรอบวงโคจรของดาวเทียม

| ลำดับที่ | จังหวัด    | อำเภอ        |
|----------|------------|--------------|
| 1        | นครราชสีมา | อ.ชุมพวง     |
|          |            | อ.เมืองยาง   |
|          |            | อ.ลำทะเมนชัย |
| 2        | บุรีรัมย์  | อ.พุทไธสง    |
|          |            | อ.คูเมือง    |
|          |            | อ.แคนดง      |
|          |            | อ.สตึก       |
| 3        | สุรินทร์   | อ.ท่าตูม     |

## บทที่ 5 การพัฒนาระบบพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

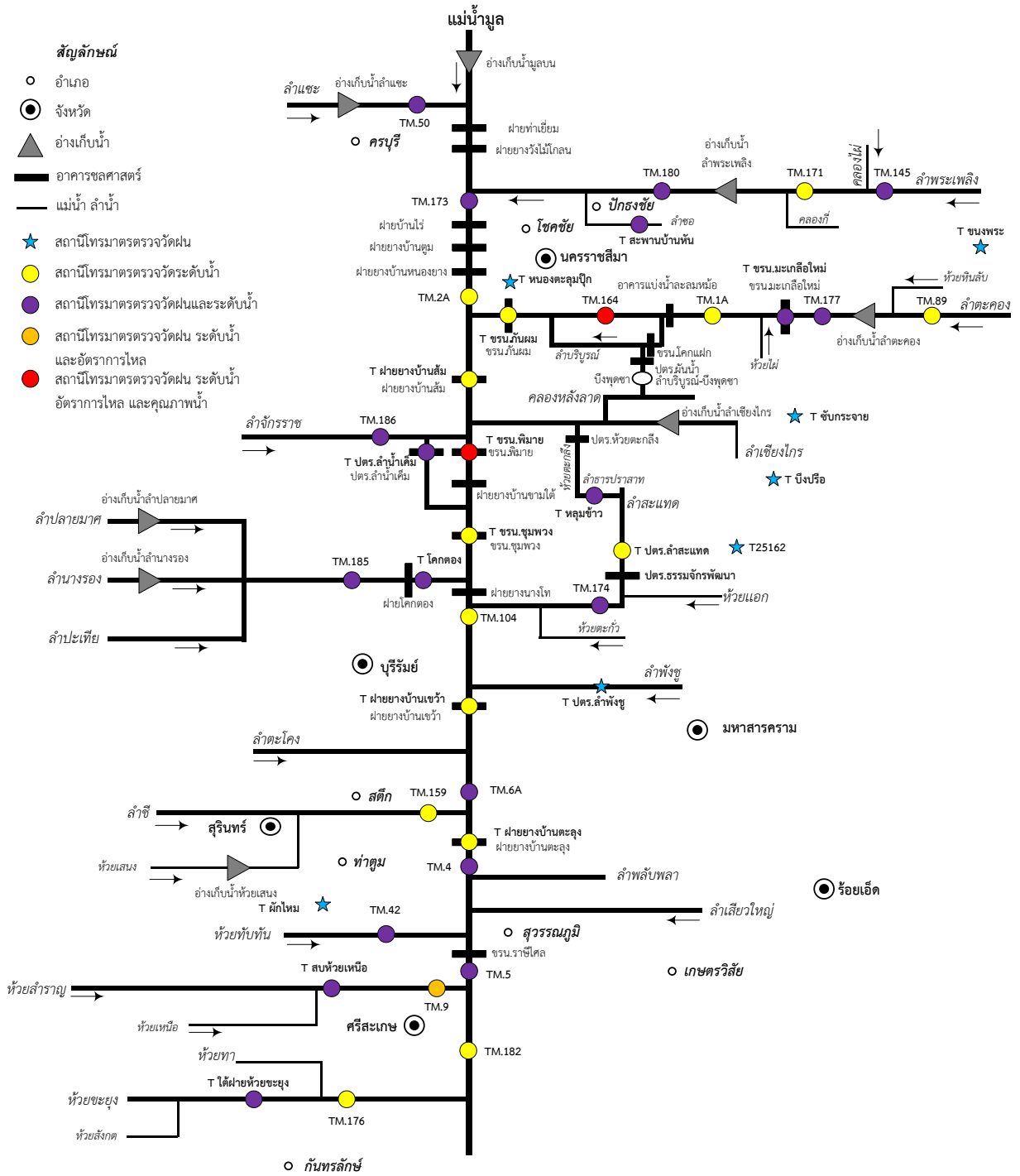
### 5.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์น้ำและบริหารจัดการน้ำ

เมื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าและแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ด้วยข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาแล้วเสร็จ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวในการพัฒนาระบบพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำ โดยทำการเชื่อมโยงการตรวจวัดข้อมูลจากสถานีสนาม ดังแสดงในรูปที่ 5 - 1 ระบบฐานข้อมูล และประมวลผลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดต่อไปนี้

#### 5.1.1 หลักการการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์น้ำและบริหารจัดการน้ำ

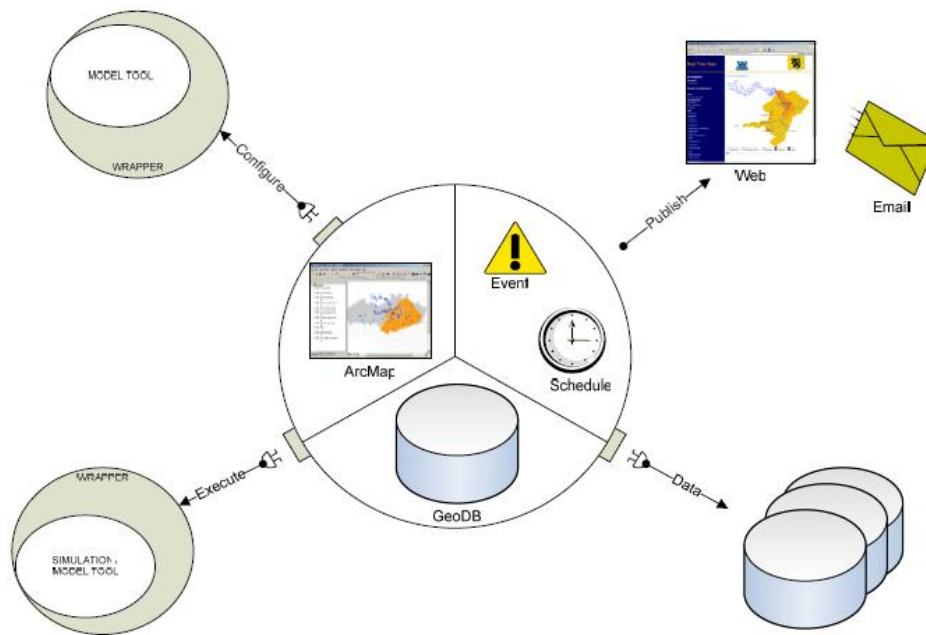
การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์น้ำและบริหารจัดการน้ำ ได้ใช้แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย โปรแกรมต่างๆ คือ (1) MIKE11 (2) MIKE Flood Watch และ (3) ArcGIS10.0 การทำงานของโปรแกรมต่างๆ จะทำงานเชื่อมโยงกันเป็นระบบ โดยมีโปรแกรม MIKE Flood Watch ที่ปฏิบัติการภายใต้โปรแกรม ArcGIS สามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic Mode) หรือแบบควบคุมด้วยคน (Manual Mode) ตั้งแต่รับข้อมูลจากฐานข้อมูลระบบโทรมาตร ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time) และข้อมูลย้อนหลัง ที่เก็บไว้ที่เครื่องแม่ข่าย ทั้งข้อมูลปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำ อัตราการไหล และอื่นๆ

ขั้นตอนการทำงานจากระบบ เริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลปริมาณฝนมาคำนวณเป็นกราฟน้ำท่าที่จุดพิจารณาต่างๆ โดยใช้โปรแกรม MIKE11 NAM ที่เป็นแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Rainfall - Runoff Model) จากนั้นโปรแกรม MIKE11 HD (Hydrodynamic Model) จะคำนวณการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำท่าจากต้นน้ำไปทางท้ายน้ำ โดยมีการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน การตรวจสอบและจัดการข้อมูลตรวจวัด และใช้โปรแกรม MIKE11 DA ปรับค่าคลาดเคลื่อนอัตราการไหลและระดับน้ำพยากรณ์โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด ผลการคำนวณระดับน้ำจะถูกนำไปวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยใช้โปรแกรม ArcGIS โดยที่ MIKE Flood Watch จะควบคุมการคำนวณทั้งหมด จากนั้นแสดงผลในรูปของกราฟตาราง และแผนที่น้ำท่วม จากนั้นส่งผลเข้าไปในเว็บไซต์ทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จัดทำเอกสาร และอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 2



รูปที่ 5 - 1 ตำแหน่งสถานีโทรมาตรในโครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตร เพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครศรีธรรมราช (มุล)

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครศรีธรรมราช (มุล).



รูปที่ 5 - 2 การทำงานของโปรแกรม MIKE Flood Watch

ที่มา : DHI. (2014). A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

### 5.1.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามตำแหน่งที่ตั้งสถานีโทรมาตร มีจำนวนทั้งหมด 51 ลุ่มน้ำย่อย โดยที่ลุ่มน้ำย่อยได้ทำการจัดทำรูปเหลี่ยม Thiessen ของสถานีโทรมาตรตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 3 เพื่อทำการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำจากข้อมูลฝนของสถานีสนาม เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า และนำไปคำนวณในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ต่อไป

ลักษณะการทำงานของแบบจำลองพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูปที่ 5 - 4 รายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

#### 1. การนำเข้าข้อมูล

ข้อมูลนำเข้าแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

##### 1) ข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาจากระบบฐานข้อมูล Microsoft SQL Server

ข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีโทรมาตรจะถูกส่งมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล Microsoft SQL Server ที่สถานีหลัก กรมชลประทานสามเสน โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งมาบันทึกไว้ทุกๆ 15 นาที และทำการแปลงค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้เป็นอัตราการไหลด้วย Rating Curve (โค้งสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล) ในแต่ละสถานีที่ตรวจวัดระดับน้ำ หลังจากนั้นระบบฐานข้อมูล Microsoft SQL Server จะส่งข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาแต่ละสถานีออกมาในรูปแบบแฟ้มข้อมูล CSV (Comma Separate Value) ให้กับเครื่องแม่ข่าย “Forecast”

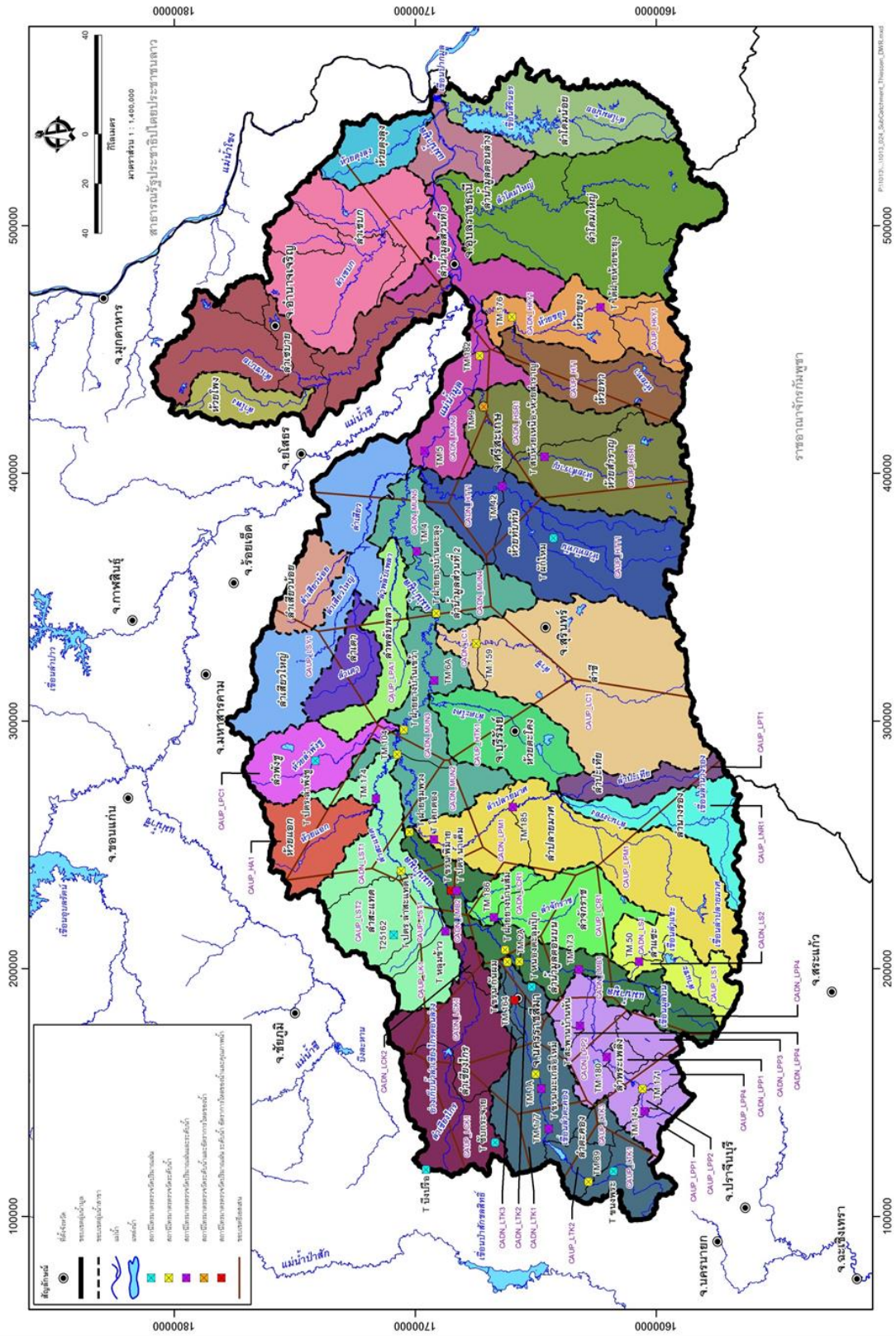
2) ข้อมูลนำเข้าโดยผู้ใช้งาน ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำมายังแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อมูลจาก ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อน ปริมาณน้ำที่ระบายตามแผนของกรมชลประทาน ข้อมูลการบริหารจัดการอาคาร บังคับน้ำต่างๆ

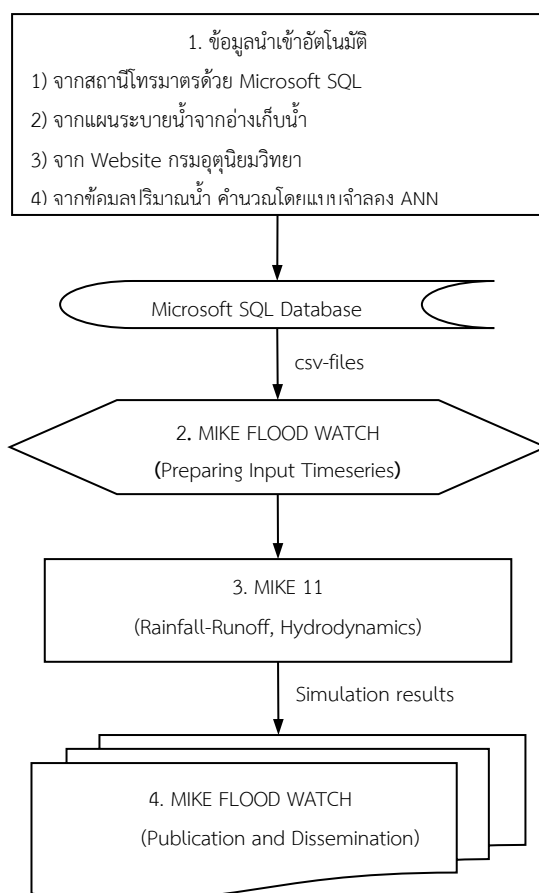
3) ข้อมูลพยากรณ์ ซึ่งเป็นข้อมูลอุตุ - อุทกที่พยากรณ์จากหน่วยงานต่างๆ (ปริมาณฝน, ระดับน้ำ, อัตราการไหล) และ/หรือข้อมูลพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN และ/หรือข้อมูลจากการคาดการณ์ ฝนล่วงหน้าของกรมอุตุนิยมวิทยา

## 2. การเตรียมข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)

จากนั้นโปรแกรม MIKE Flood Watch ที่ได้ติดตั้งที่เครื่องแม่ข่าย “Forecast” จะทำการ นำเข้าเพิ่มข้อมูลโทรมาตรที่อยู่ในรูปแบบเพิ่มข้อมูล CSV เป็นเพิ่มข้อมูล dfs0 ซึ่งเป็นเพิ่มข้อมูลที่จัดเก็บ ข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาอนุกรมเวลาของแบบจำลอง MIKE 11 รวมไปถึงข้อมูลพยากรณ์ในรูปแบบจากเพิ่ม CSV จะทำการเพิ่มเติมและ/หรือแก้ไขในไฟล์ dfs0 ที่สอดคล้องกับไฟล์ CSV นั้นๆ ด้วยเช่นกัน เนื่องจากข้อมูล อุตุ - อุทกวิทยาในระบบฐานข้อมูล (ข้อมูลโทรมาตร) นั้นเป็นชุดข้อมูลสถานการณ์น้ำในปัจจุบันจึงต้องมีการ ต่อเติมข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาของสถานีที่เป็นขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ครอบคลุม การคำนวณของแบบจำลอง 7 วัน แบ่งเป็นช่วงก่อนการพยากรณ์ (Hindcast Period 3 วันย้อนหลัง) และช่วงพยากรณ์ (Forecast Period 3 วันล่วงหน้า) เพื่อให้แบบจำลองสามารถคำนวณเสร็จสิ้นถึงช่วง พยากรณ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 5 - 6

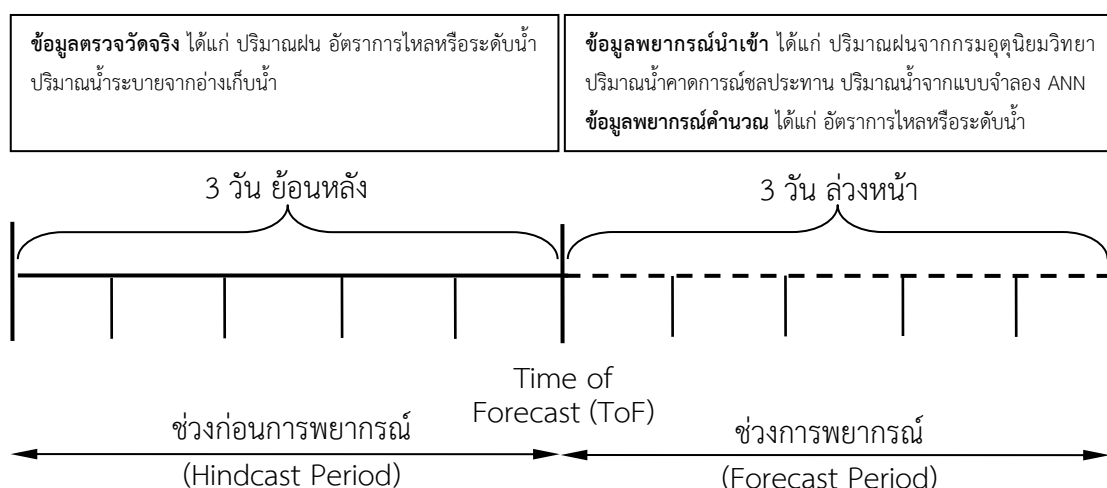






รูปที่ 5 - 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำ

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).



รูปที่ 5 - 5 แสดงช่วงเวลาการเตรียมข้อมูลโดย MIKE Flood Watch

ที่มา : กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).

### 3. การคำนวณการไหลโดยแบบจำลอง MIKE 11

การคำนวณของแบบจำลอง MIKE11 จะใช้พารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (NAM Model) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ได้ทำการปรับเทียบแล้ว โดยระยะเวลาในการคำนวณจะครอบคลุม 7 วัน

### 4. การแสดงผลการคำนวณโดย MIKE Flood Watch

เมื่อแบบจำลอง MIKE 11 คำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้วและไม่มีข้อผิดพลาด (Error) เกิดขึ้นระหว่างที่ทำการคำนวณ โปรแกรม MIKE Flood Watch จะทำการแปลงผลการคำนวณที่ได้ และแสดงผลในรูปแบบของ แฟ้มข้อมูล Html แล้วส่งแฟ้มข้อมูล Html ไปยังเครื่องแม่ข่ายเว็บ เพื่อแสดงผลทางอินเทอร์เน็ตต่อไป

## 5.2 การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม

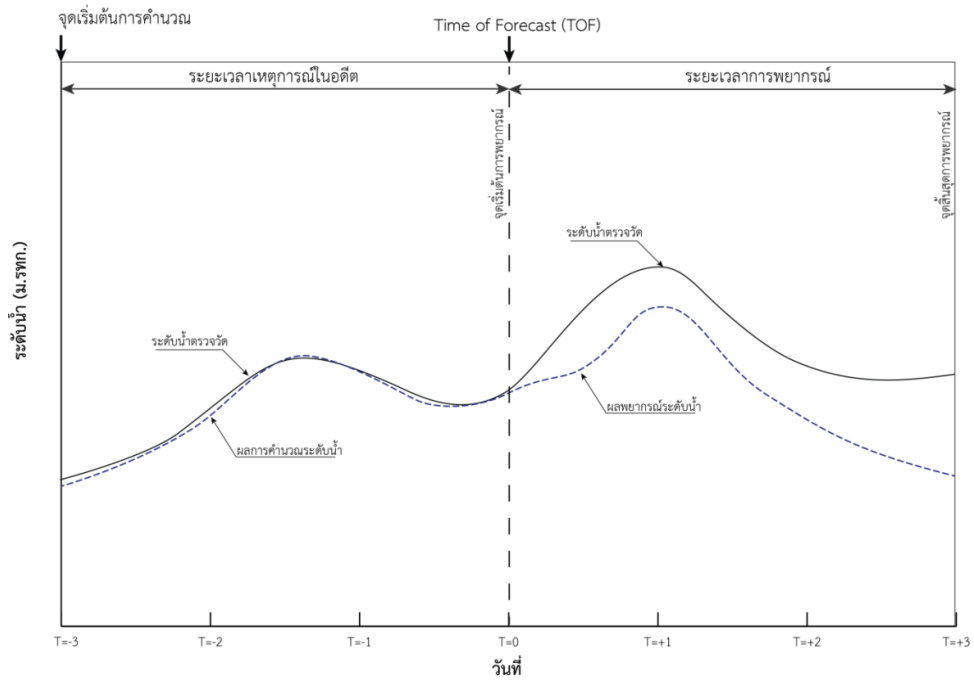
การจำลองหรือการพยากรณ์สถานการณ์น้ำ มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย

### 1) การคำนวณสถานการณ์น้ำของเหตุการณ์ที่ผ่านมา

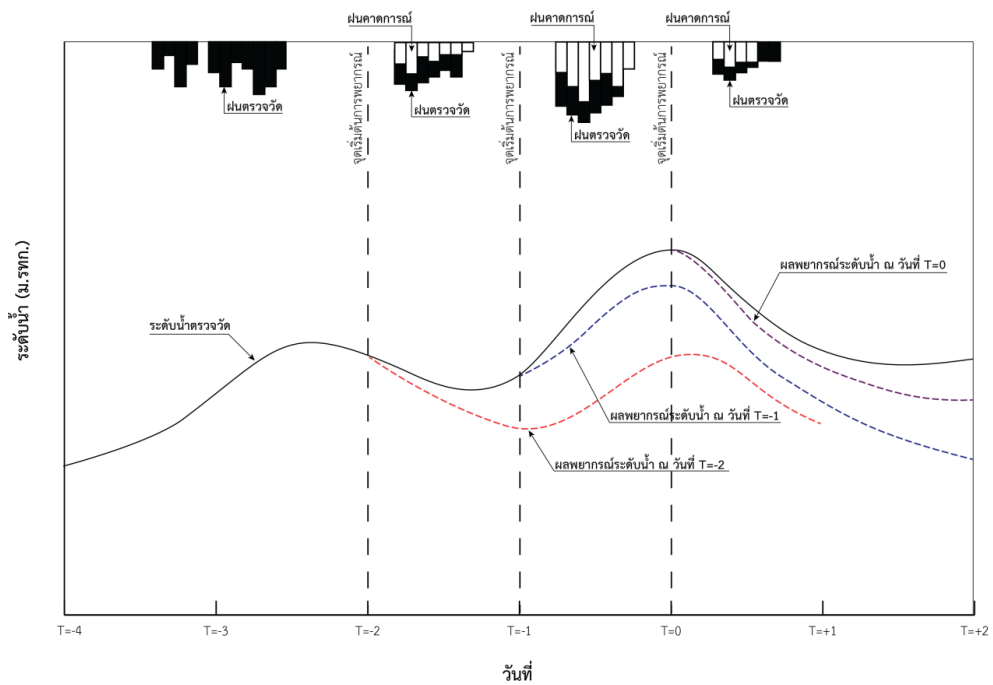
เป็นการจำลองสถานการณ์น้ำในช่วง 3 วันที่ผ่านมา (Hindcast Period) โดยการใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ตรวจวัดจากสถานีโทรมาตรสนาม ราย 15 นาที คำนวณเป็นปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำ หลังจากนั้นจึงเปรียบเทียบกับระดับที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีโทรมาตรสนาม ถ้าหากมีค่าแตกต่างกันมาก แบบจำลองคณิตศาสตร์จะปรับค่าพารามิเตอร์ให้ได้ค่าที่เหมาะสม โดยค่าพารามิเตอร์ที่ปรับค่าแล้วจะใช้สำหรับการคาดการณ์สถานการณ์น้ำที่จะเกิดขึ้นในอีก 3 วันถัดไป (Forecast Period) ผลการคำนวณระดับน้ำจากเหตุการณ์ในอดีต 3 วันที่ผ่านมาดังแสดงในรูปที่ 5 - 6

### 2) การคาดการณ์สถานการณ์น้ำ

การคาดการณ์หรือพยากรณ์สถานการณ์น้ำล่วงหน้า เป็นการคาดการณ์จะใช้สภาวะเริ่มต้นที่คำนวณได้ ณ เวลาเริ่มคาดการณ์ T (Time of Forecast, TOF) และทำการคาดการณ์ไปจนครบระยะเวลาคาดการณ์ (Forecast Period) ล่วงหน้า 3 วัน โดยหลักการของแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์สถานการณ์น้ำ คือ การใช้ข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ในอดีต 3 วันที่ผ่านมา โดยการนำระดับน้ำที่คำนวณได้จากปริมาณฝน เปรียบเทียบกับระดับน้ำที่ตรวจวัดจริง หลังจากนั้นจึงหาค่าความคลาดเคลื่อน แล้วจัดทำแบบจำลองความคลาดเคลื่อน (Error Prediction Model) เพื่อนำไปปรับแก้ผลการคำนวณสำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำและปริมาณน้ำล่วงหน้า 3 วันถัดไป เมื่อเวลาผ่านไปแต่ละวัน ก็จะมีข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำตรวจวัดเพิ่มขึ้นอีก 1 วัน แล้วจึงใช้ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลในอดีตนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน แล้วนำไปปรับแก้การพยากรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 7



รูปที่ 5 - 6 การคำนวณสถานการณ์น้ำจากเหตุการณ์ในอดีตและการคาดการณ์สถานการณ์น้ำในช่วงพยากรณ์



รูปที่ 5 - 7 แนวทางการคำนวณในช่วงการพยากรณ์สถานการณ์น้ำ

### 5.3 ความแม่นยำของการคาดการณ์สถานการณ์

ความแม่นยำของการจำลองเพื่อคาดการณ์สถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำจะเกิดจากปัจจัยหลัก 2 ส่วน อันได้แก่ ข้อมูลทางอุทกวิทยา และแบบจำลองคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) **ข้อมูลทางอุทกวิทยา** ประกอบด้วย ข้อมูลฝนตรวจวัด ปริมาณฝนคาดการณ์ และข้อมูลระดับน้ำตรวจวัด

(1) ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด เป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า (Runoff) ที่ระบายจากลุ่มน้ำย่อย (Sub - Catchment) ลงสู่ทางน้ำหลัก โดยข้อมูลการตรวจวัดฝนที่นำมาใช้ ควรเป็นข้อมูลการตรวจวัดฝนรายชั่วโมงเป็นอย่างน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของปริมาณฝนตามช่วงเวลาต่างๆ ในแต่ละวันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่า

(2) ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์จะถูกนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยความถูกต้องของการคาดการณ์จะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของฝนคาดการณ์ ทั้งในเชิงปริมาณ ระยะเวลา และเชิงพื้นที่ โดยฝนคาดการณ์ที่นำมาใช้ควรเป็นฝนคาดการณ์รายชั่วโมง หรือราย 3 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย เนื่องจากจะทำให้สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ และปริมาณน้ำได้ถูกต้อง

(3) ข้อมูลระดับน้ำตรวจวัด นอกจากใช้สำหรับติดตามสภาพน้ำที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วยังถูกนำมาใช้สำหรับเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าก่อนการพยากรณ์จากปริมาณฝนคาดการณ์ เพื่อนำมาประเมินและจัดทำแบบจำลองความคลาดเคลื่อน (Error Prediction Model) สำหรับนำไปปรับแก้ผลการคำนวณในช่วงของการคาดการณ์สถานการณ์น้ำต่อไปในอนาคต

2) **แบบจำลองคณิตศาสตร์** เป็นการจำลองสภาพทางธรรมชาติของลุ่มน้ำให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาคำนวณและแปรผลกลับให้อยู่ในรูปของค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่มีการแปรเปลี่ยนตามเวลาต่างๆ เช่น ระดับน้ำ อัตราการไหล และความเร็วการไหล เป็นต้น ทั้งนี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำของลุ่มน้ำจะประกอบด้วย 2 ประเภทหลัก ดังนี้

(1) แบบจำลองทางอุทกวิทยา คือ แบบจำลองที่ใช้สำหรับคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลฝนตรวจวัด ซึ่งแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่นำมาใช้สำหรับการคาดการณ์และเตือนภัย เป็นแบบจำลองที่จำลองการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี หรือตลอดฤดูกาล เนื่องจากการจำลองลักษณะของลุ่มน้ำแทนด้วยตัวแปรทางกายภาพ ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลตรวจวัดที่ต่อเนื่องระยะยาว แต่การประยุกต์ใช้กับข้อมูลโทรมาตรที่ตรวจวัดได้ของโครงการฯ มีระยะเวลาการตรวจวัดเพียง 2 ปี จึงอาจทำให้ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำมีค่าคลาดเคลื่อน

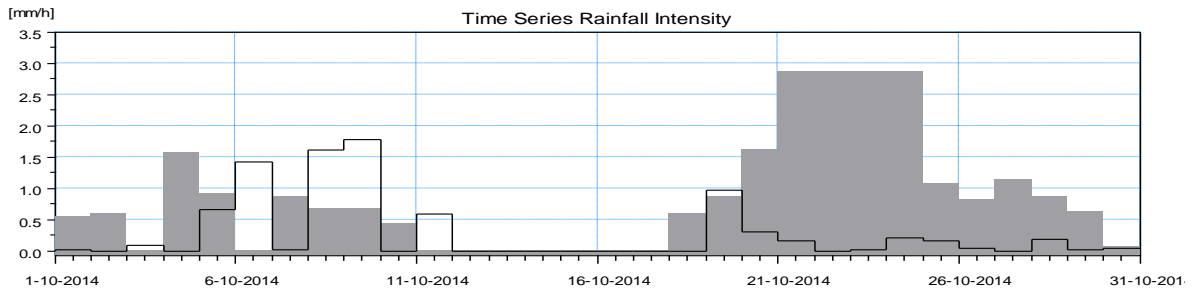
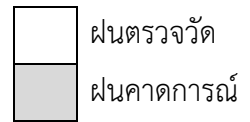
(2) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ คือ แบบจำลองที่ใช้สำหรับการจำลองสภาพทางน้ำรวม อาคารชลศาสตร์ต่างๆ สภาพการไหลล้นตลิ่งและสภาพการท่วมของพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งจะต้องมีการจำลองให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งมีการทดสอบและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรต่างๆ ให้เหมาะสม ทั้งนี้ถ้าข้อมูลทางกายภาพของทางน้ำหรือการไหลหลากมีการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลดังกล่าวจะต้อง

ถูกนำมาปรับแก้ไขในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วย หากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ไม่ได้มีการปรับแก้ข้อมูลดังกล่าวแล้ว ย่อมจะส่งผลให้การคาดการณ์สถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นมีความผิดพลาดอย่างมาก

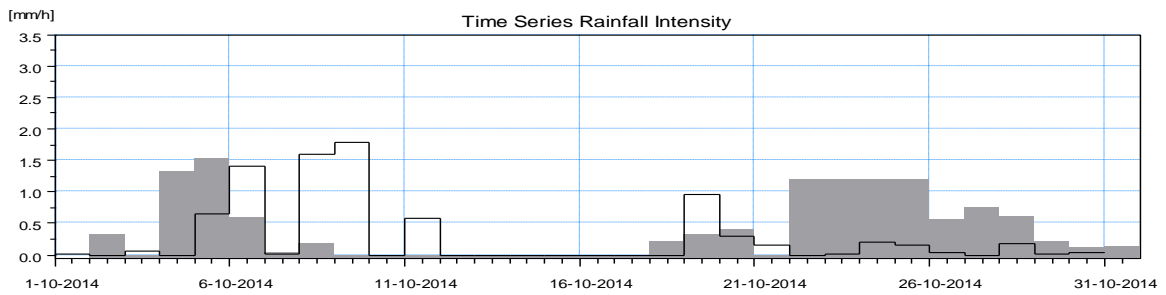
ทั้งนี้ถ้าในลุ่มน้ำมีการบริหารจัดการน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ข้อมูลแผนการบริหารจัดการน้ำ (แผนการระบายน้ำ การเปิด - ปิดบานประตูระบายน้ำ รวมถึงการสูบน้ำ) ก็จะส่งผลต่อความแม่นยำในคาดการณ์สถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้น เนื่องจากการคาดการณ์ดังกล่าวจะเป็นการคาดการณ์สถานการณ์น้ำที่เกิดจากสภาพฝนหรือสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น บนแผนการบริหารจัดการน้ำที่กำหนดเท่านั้น หากมีการปรับเปลี่ยนแผนการบริหารจัดการน้ำแล้ว สถานการณ์น้ำในทางน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

#### 5.4 ผลการพยากรณ์ฝน NWP

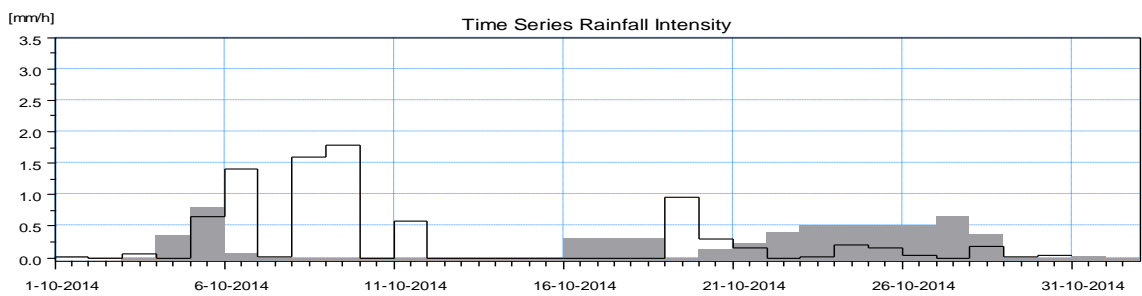
ระบบพยากรณ์น้ำฝนได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณฝนลุ่มน้ำที่คำนวณจากฝนคาดการณ์หรือฝนพยากรณ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา (ล่วงหน้า 3 วัน) กับปริมาณฝนลุ่มน้ำที่คำนวณจากฝนตรวจวัดที่สถานีโทรมาตร 11 ลุ่มน้ำ มีความแตกต่างกันเป็นมากกว่าบ้างน้อยกว่าบ้างต่างกันไปในแต่ละพื้นที่รับน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากฝนที่ตกจริงมีค่าต่างไปจากฝนคาดการณ์ งานประยุกต์ใช้ระบบพยากรณ์น้ำฝนนั้น ได้วิเคราะห์ข้อมูลฝนลุ่มน้ำจากฝนคาดการณ์โดย NWP กรมอุตุนิยมวิทยากับข้อมูลจากระบบโทรมาตรฯ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนที่ตกระหว่างฝนคาดการณ์และฝนที่ตรวจวัดจริงในพื้นที่ลุ่มน้ำลำแะ ละพะเพลิง ลำตะคอง ลำจักราช ลำปลายมาศ ลำชี ห้วยทับทัน และห้วยสำราญ ซึ่งได้วิเคราะห์เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนตกในวันที่ 1 2 และ 3 วันล่วงหน้าในช่วงเวลาพยากรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 8 ถึงรูปที่ 5 - 18 และค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ฝนด้วย NWP ดังแสดงในตารางที่ 5 - 1



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

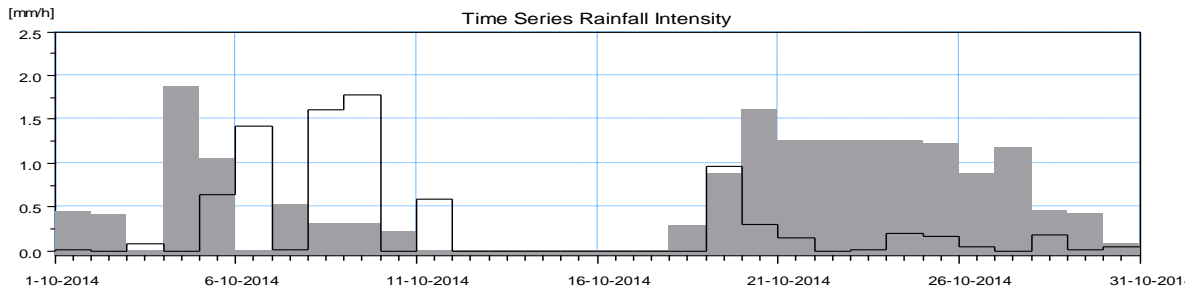
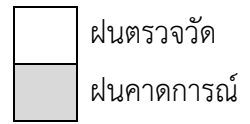


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

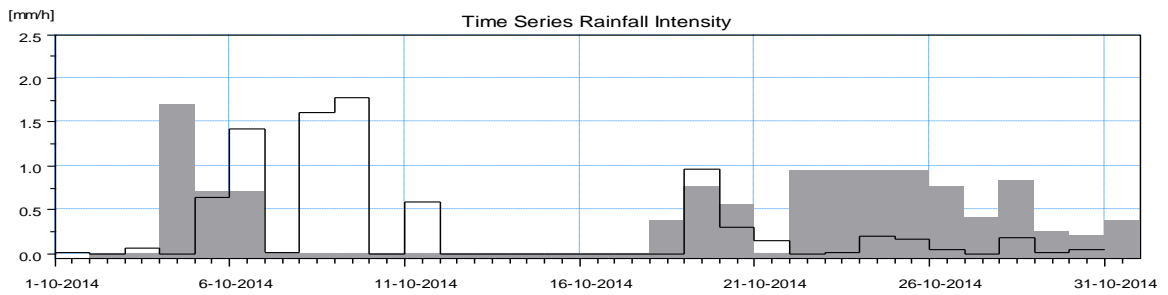


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

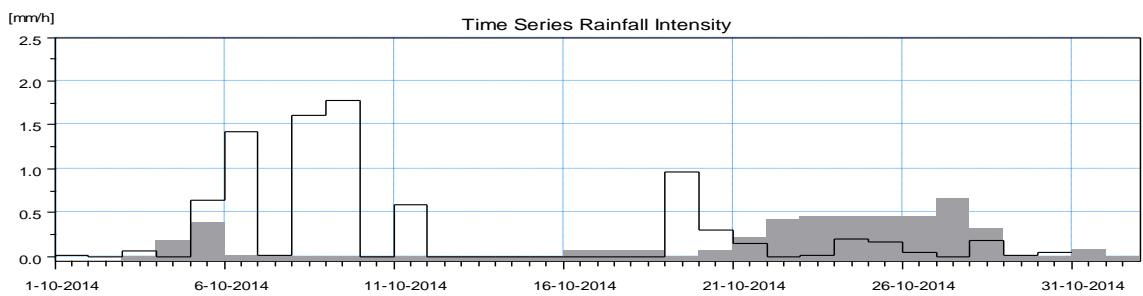
รูปที่ 5 - 8 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_LS1 (ลำแจะ)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร



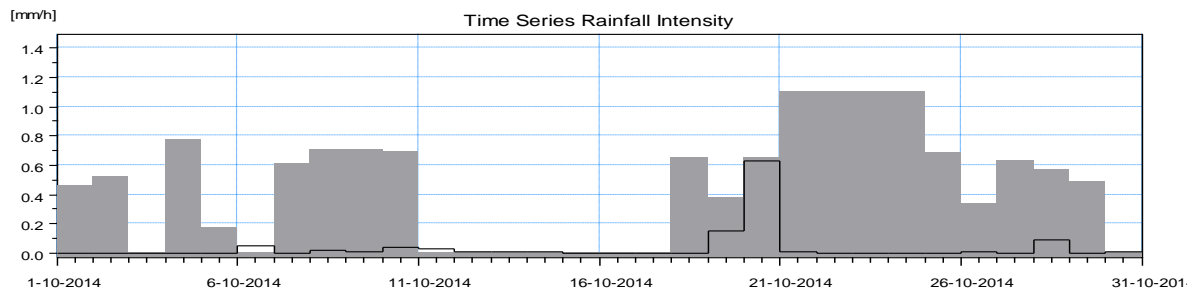
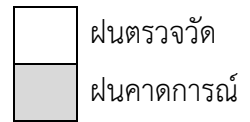
เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร



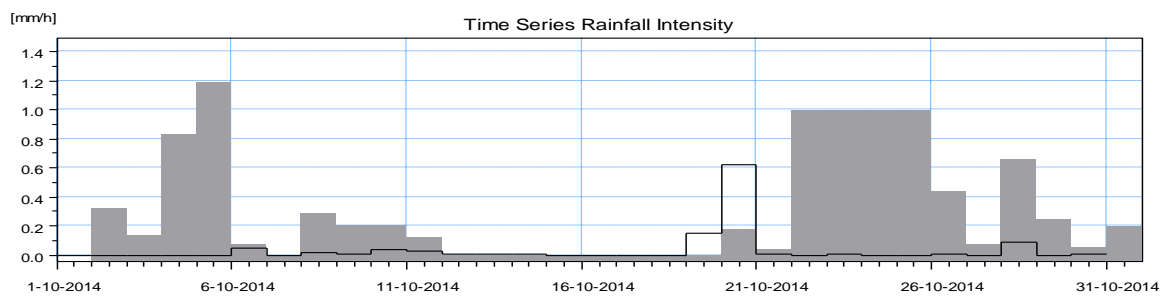
เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

รูปที่ 5 - 9 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CADN\_LS1 (ลำแซะ)

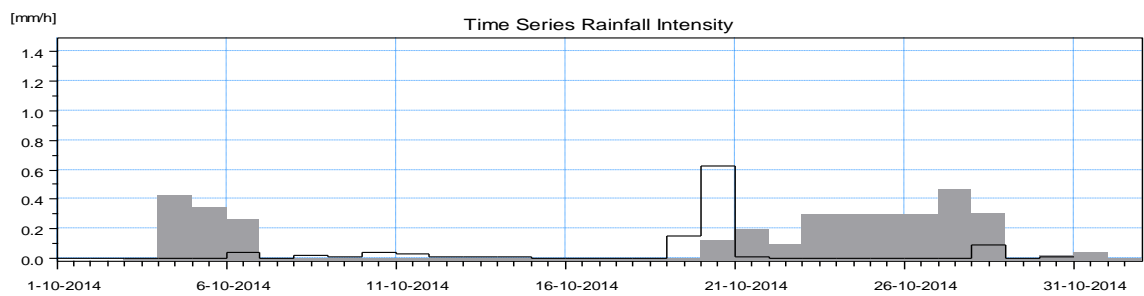




เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

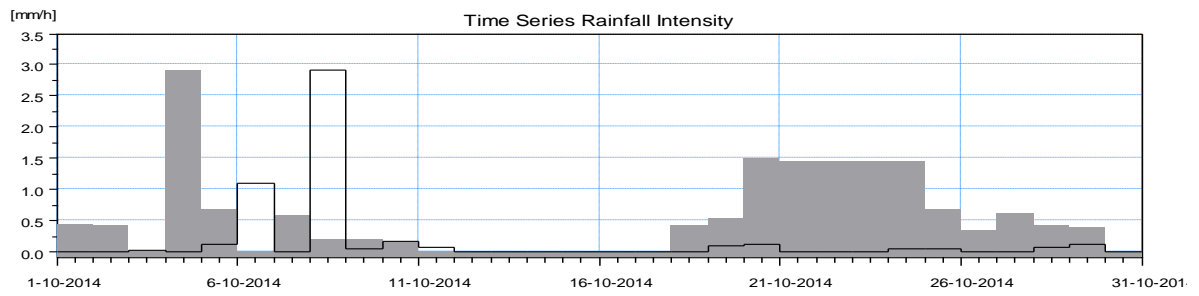
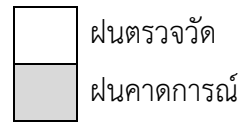


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

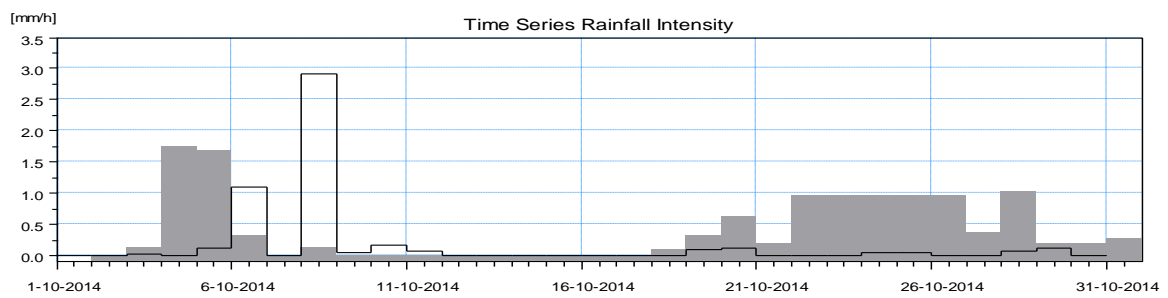


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

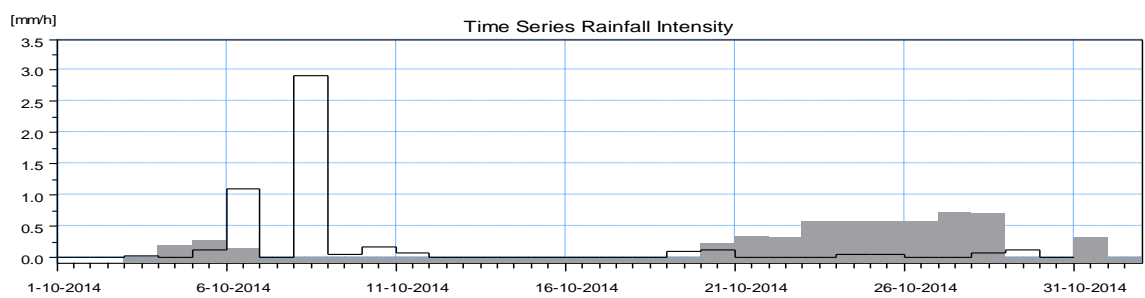
รูปที่ 5 - 10 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_LPP1 (ลำพระเพลิง)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

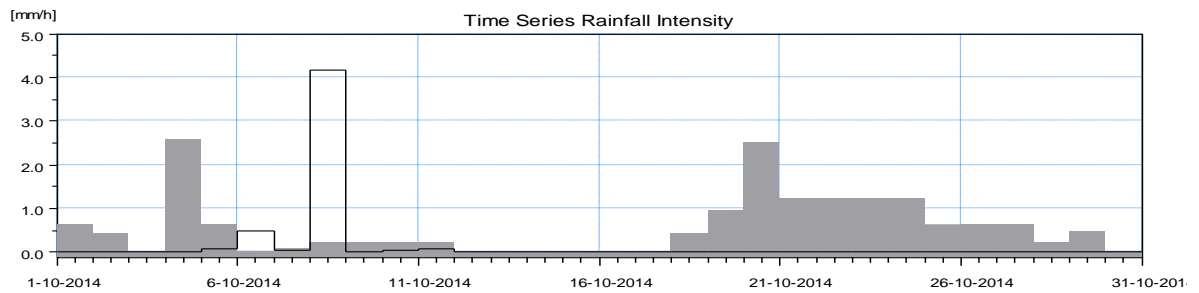
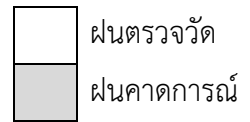


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

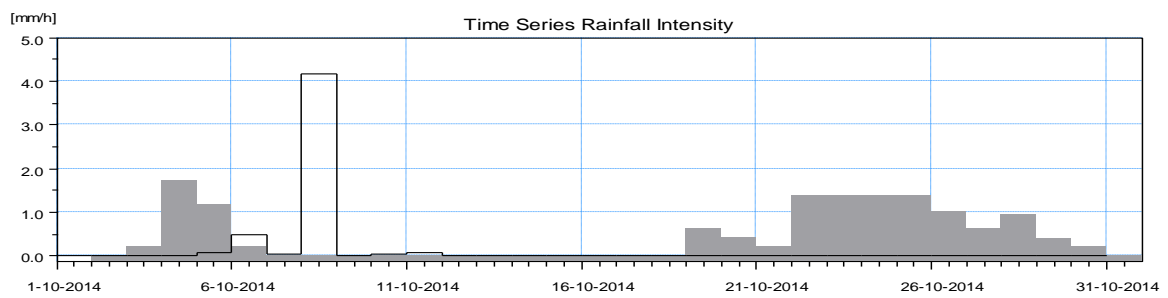


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

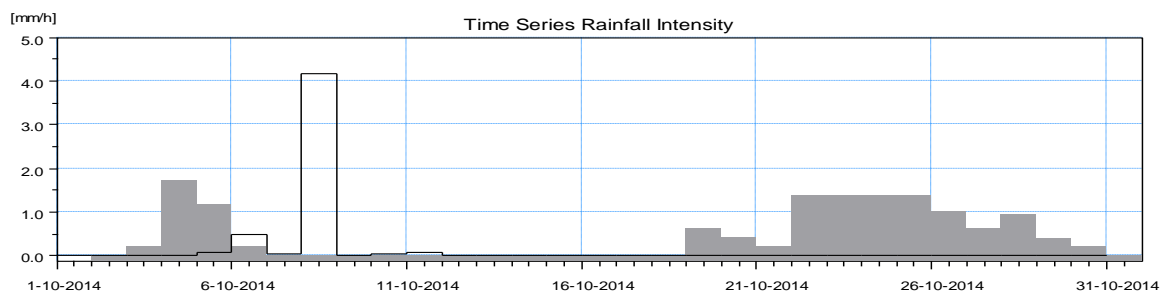
รูปที่ 5 - 11 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CADN\_LPP1 (ลำพระเพลิง)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

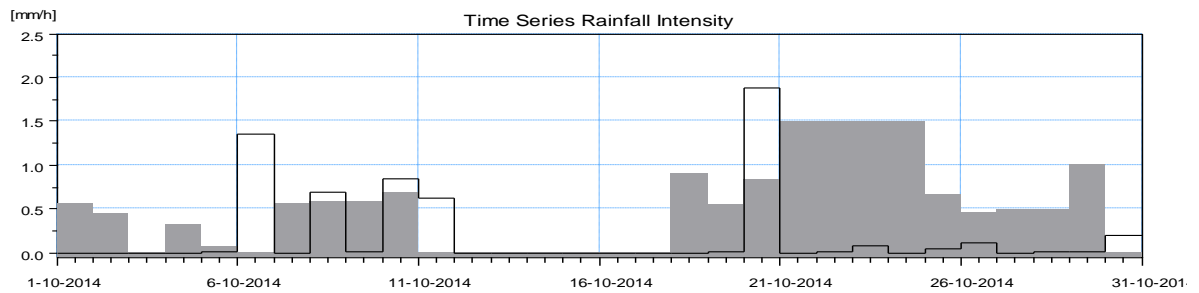
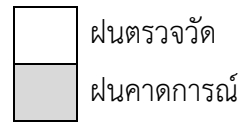


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

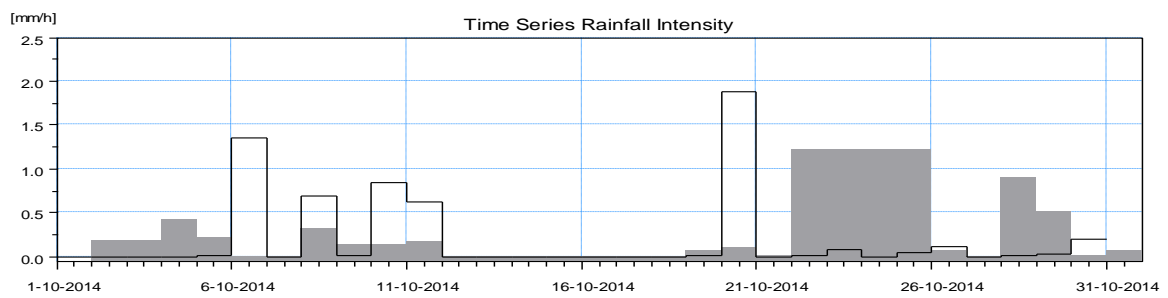


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

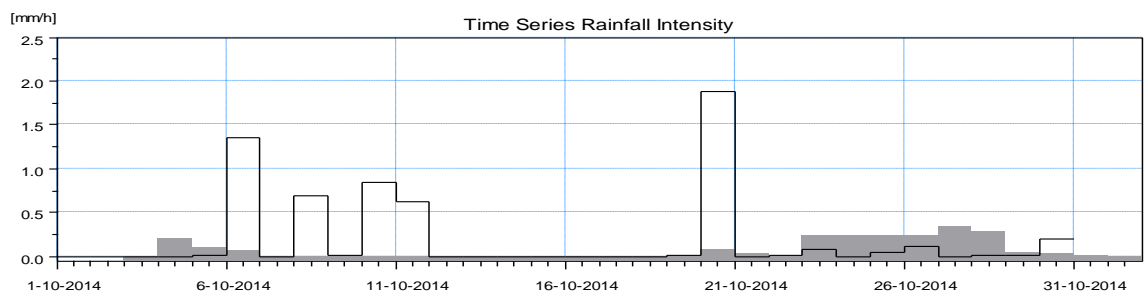
รูปที่ 5 - 12 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CADN\_LPP4 (ลำพระเพลิง)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

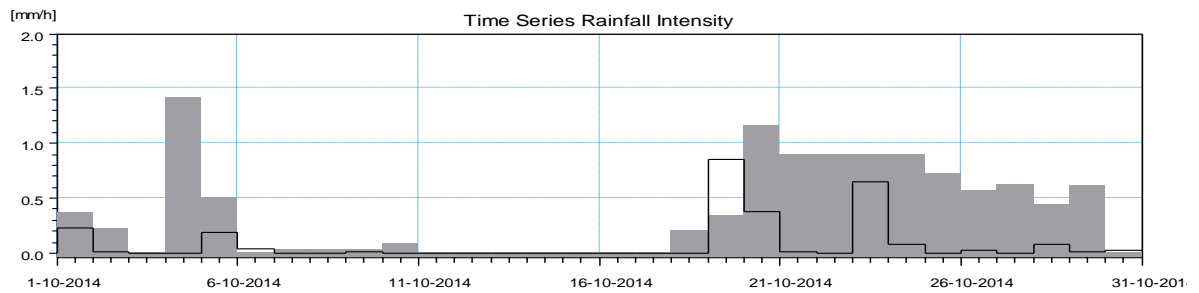
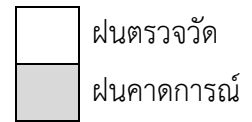


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

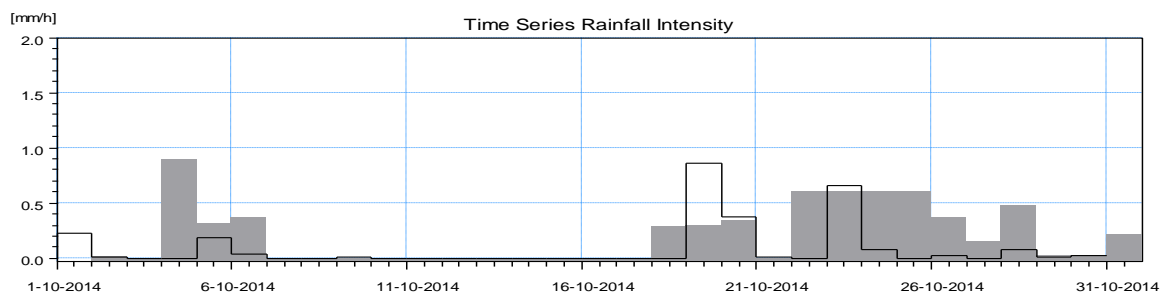


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

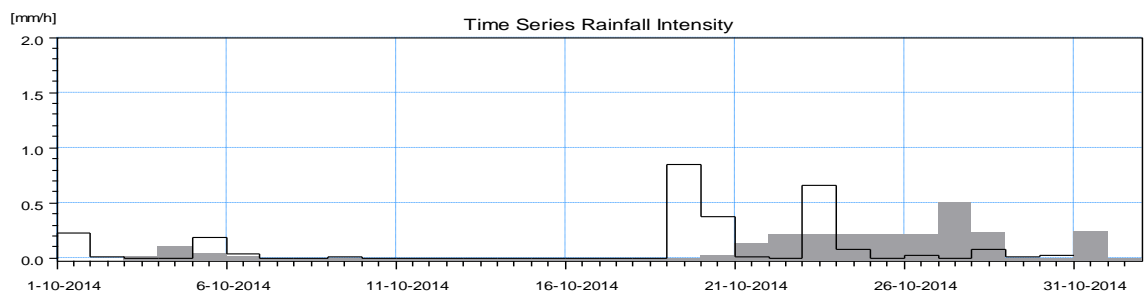
รูปที่ 5 -13 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_LTK1 (ลำตะคอง)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

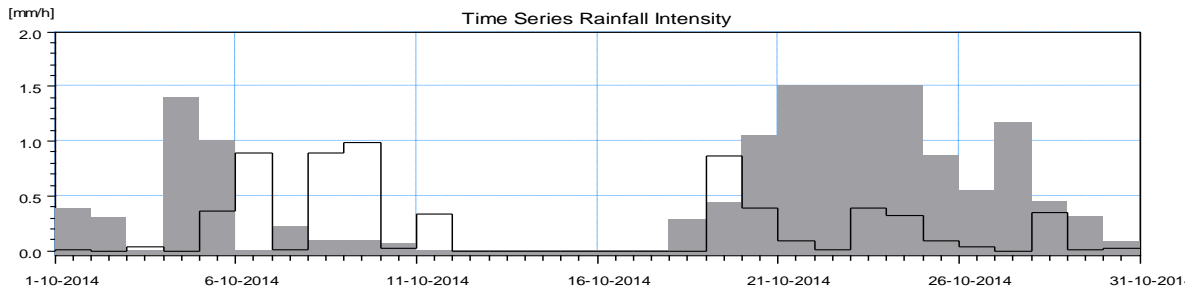
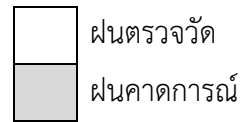


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

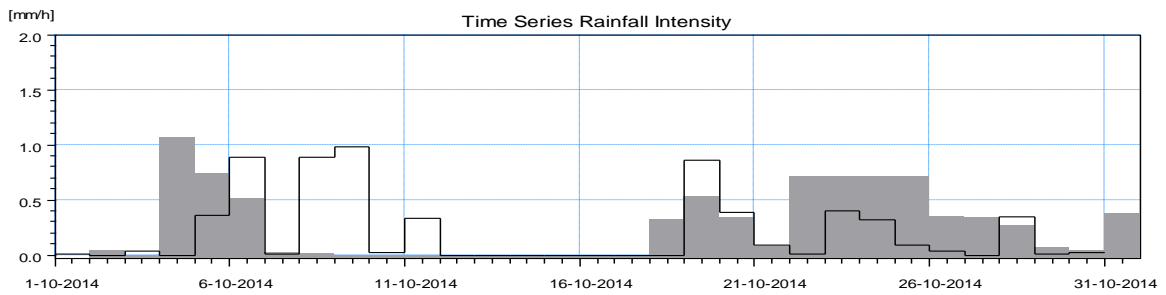


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

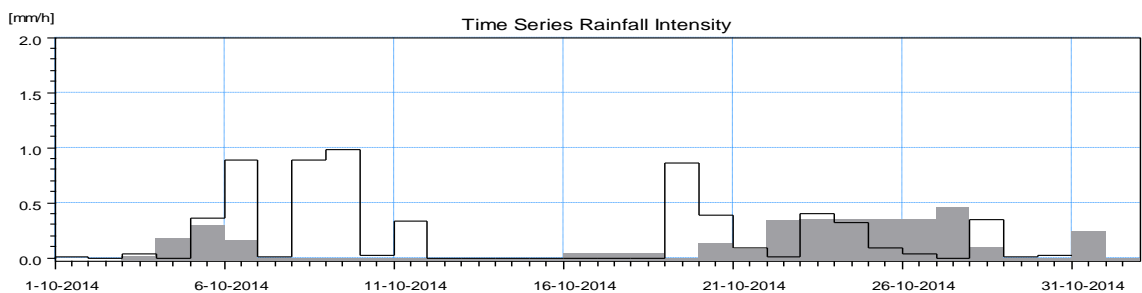
รูปที่ 5 - 14 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_LCR1 (ลำจักราช)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

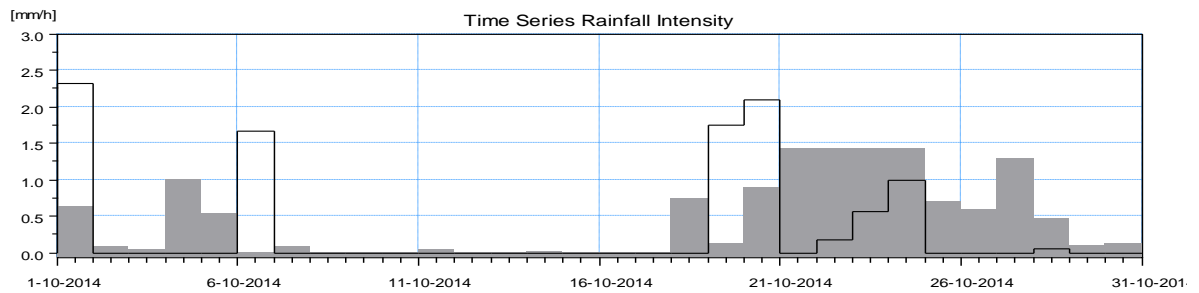
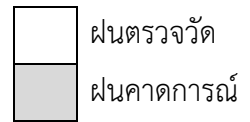


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

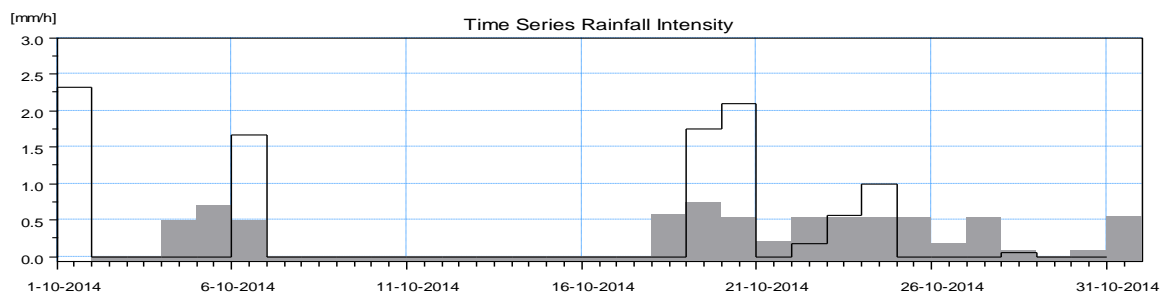


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

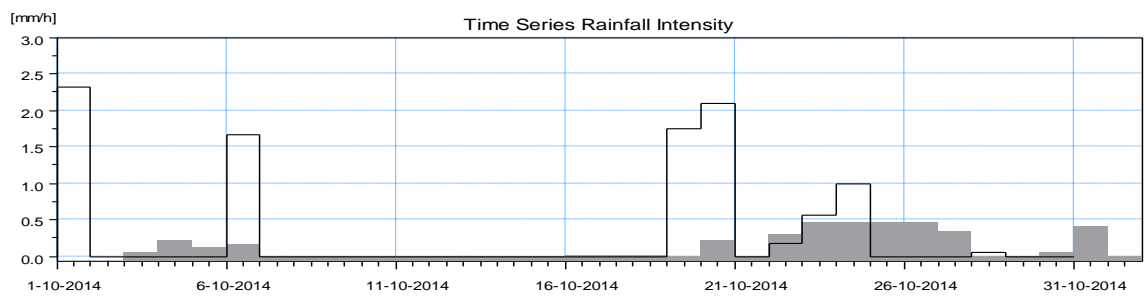
รูปที่ 5 - 15 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรกลุ่มน้ำ CAUP\_LPM1 (ลำปลายมาศ)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร

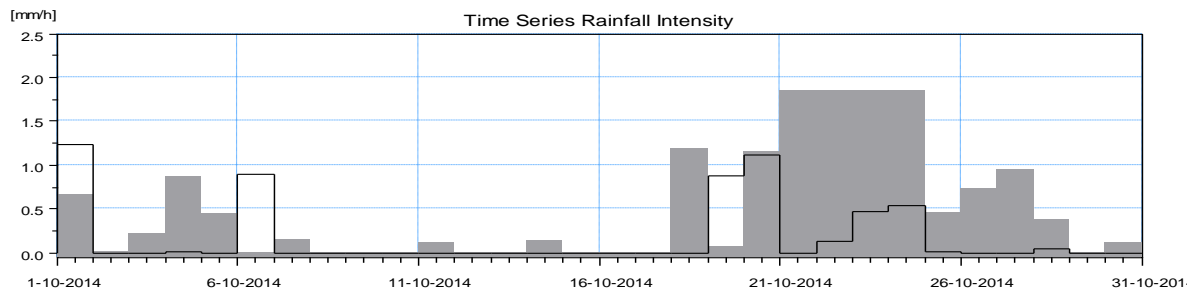
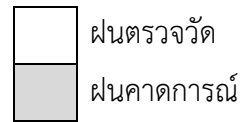


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร

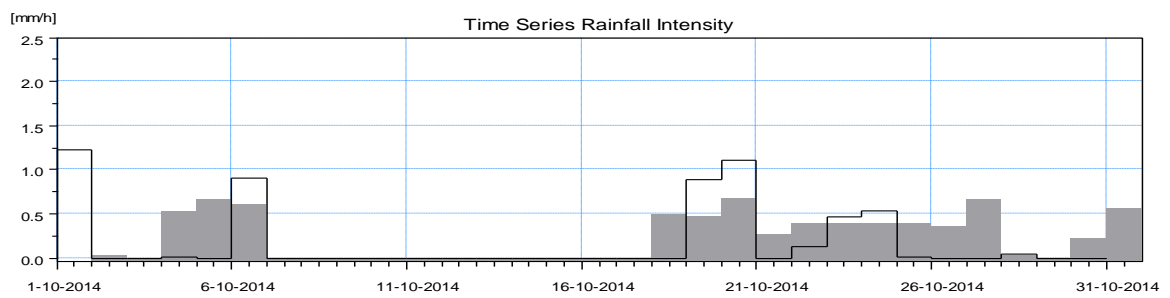


เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

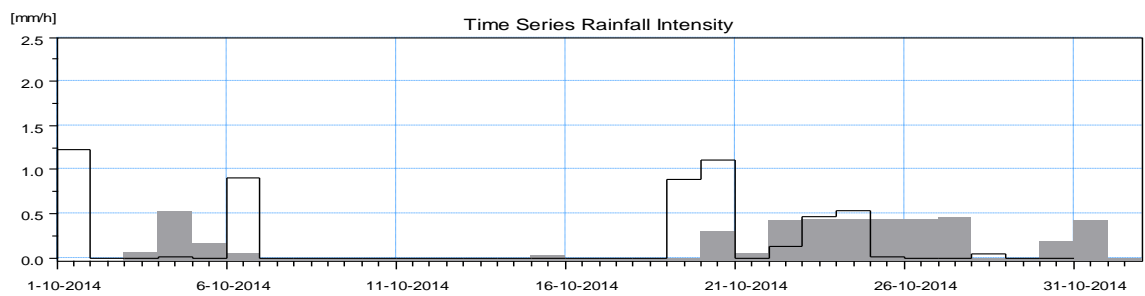
รูปที่ 5 - 16 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_LC1 (ลำชี)



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร



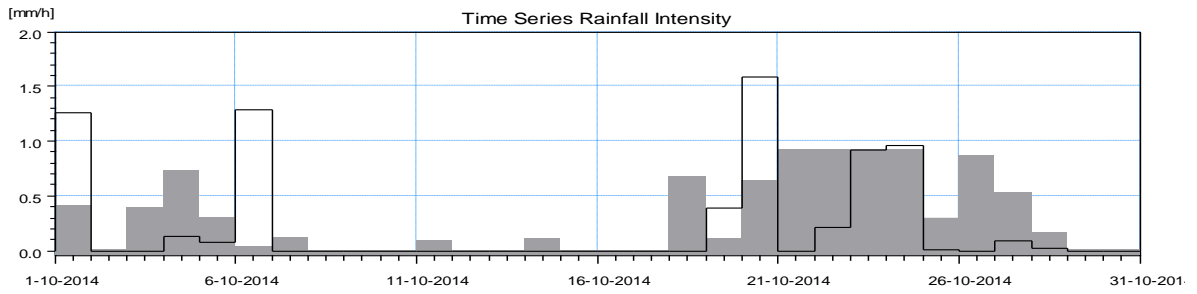
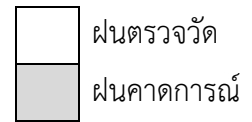
เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร



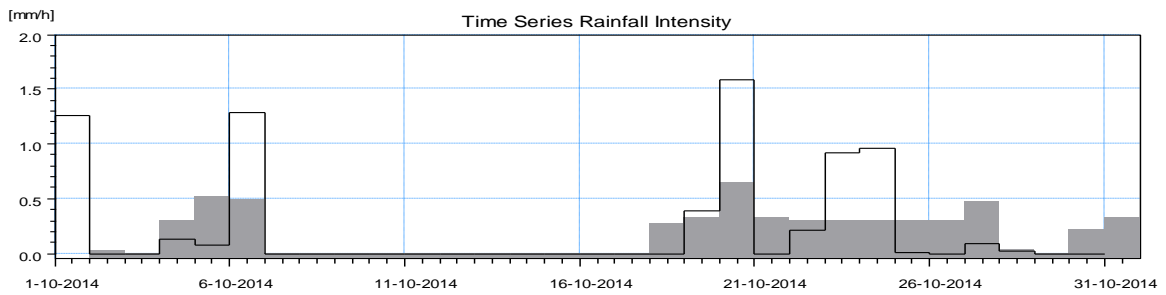
เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

รูปที่ 5 - 17 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_HTT1 (ห้วยทับทัน)

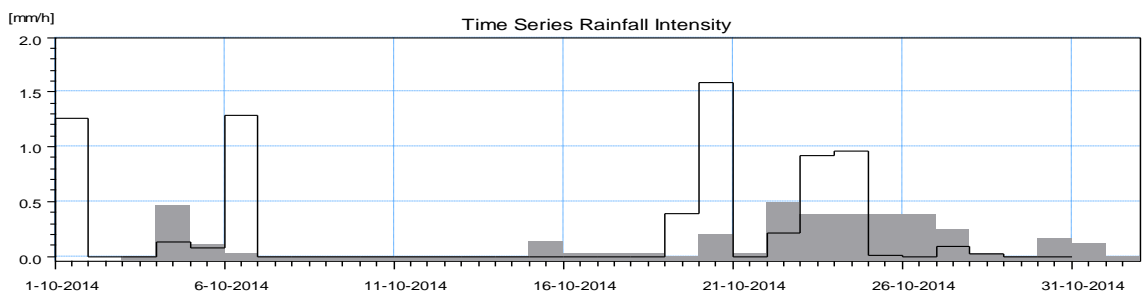




เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 1 และฝนโทรมาตร



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 2 และฝนโทรมาตร



เปรียบเทียบฝน NWP วันที่ 3 และฝนโทรมาตร

รูปที่ 5 - 18 การเปรียบเทียบฝน NWP และฝนโทรมาตรลุ่มน้ำ CAUP\_HSR1 (ห้วยสำราญ)

ตารางที่ 5 - 1 สรุปค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ฝนด้วย NWP

| ลำดับ     | พื้นที่ลุ่มน้ำ             | ช่วงเวลา (วัน) | การคาดการณ์วันที่ฝนตก |                |
|-----------|----------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|           |                            |                | ร้อยละความถูกต้อง     | ร้อยละปริมาณฝน |
| 1         | CAUP_LS1<br>(ลำแซะ)        | 1              | 50                    | -110           |
|           |                            | 2              | 35                    | -15            |
|           |                            | 3              | 19                    | +47            |
| 2         | CADN_LS1<br>(ลำแซะ)        | 1              | 46                    | -58            |
|           |                            | 2              | 38                    | -78            |
|           |                            | 3              | 28                    | +48            |
| 3         | CAUP_LPP1<br>(ลำพระเพลิง)  | 1              | 29                    | -949           |
|           |                            | 2              | 42                    | -608           |
|           |                            | 3              | 19                    | -138           |
| 4         | CADN_LPP1<br>(ลำพระเพลิง)  | 1              | 43                    | -86            |
|           |                            | 2              | 38                    | -65            |
|           |                            | 3              | 16                    | +6             |
| 5         | CAUP_LTK1<br>(ลำตะคอง)     | 1              | 32                    | -96            |
|           |                            | 2              | 39                    | -11            |
|           |                            | 3              | 26                    | +76            |
| 6         | CAUP_LCR1<br>(ลำจักราช)    | 1              | 35                    | -244           |
|           |                            | 2              | 35                    | -94            |
|           |                            | 3              | 23                    | +43            |
| 7         | CAUP_LPM1<br>(ลำปลายมาศ)   | 1              | 48                    | -77            |
|           |                            | 2              | 42                    | -2             |
|           |                            | 3              | 26                    | 63             |
| 8         | CAUP_LC1<br>(ลำชี)         | 1              | 16                    | -0.6           |
|           |                            | 2              | 16                    | +42            |
|           |                            | 3              | 10                    | +79            |
| 9         | CAUP_HTTP1<br>(ห้วยทับทัน) | 1              | 29                    | -47            |
|           |                            | 2              | 27                    | +32            |
|           |                            | 3              | 24                    | +39            |
| 10        | CAUP_HSR1<br>(ห้วยสำราญ)   | 1              | 36                    | +30            |
|           |                            | 2              | 35                    | +34            |
|           |                            | 3              | 28                    | +55            |
| 11        | CADN_LPP4<br>(ลำพระเพลิง)  | 1              | 21                    | +66            |
|           |                            | 2              | 8                     | -140           |
|           |                            | 3              | 24                    | +39            |
| ค่าเฉลี่ย |                            | 1              | 35                    | -143           |
|           |                            | 2              | 32                    | -82            |
|           |                            | 3              | 22                    | +32            |

หมายเหตุ : + ฝนตรวจวัดมากกว่าฝนพยากรณ์  
 - ฝนตรวจวัดน้อยกว่าฝนพยากรณ์

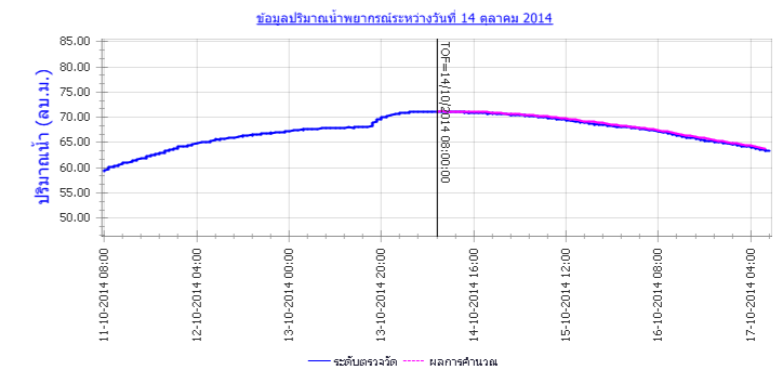
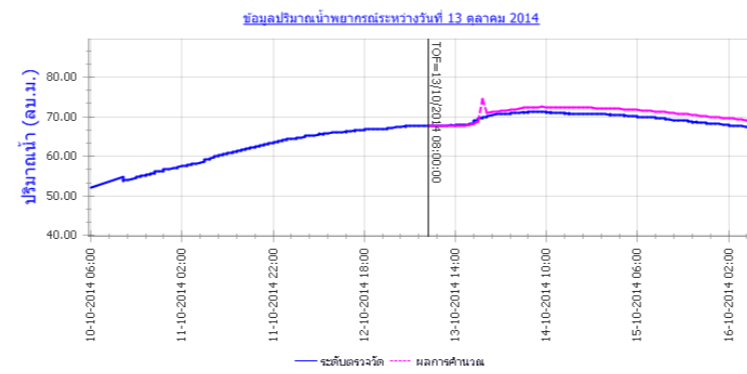
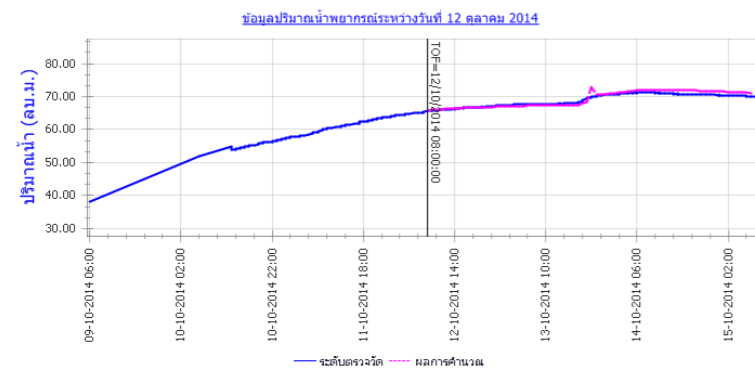
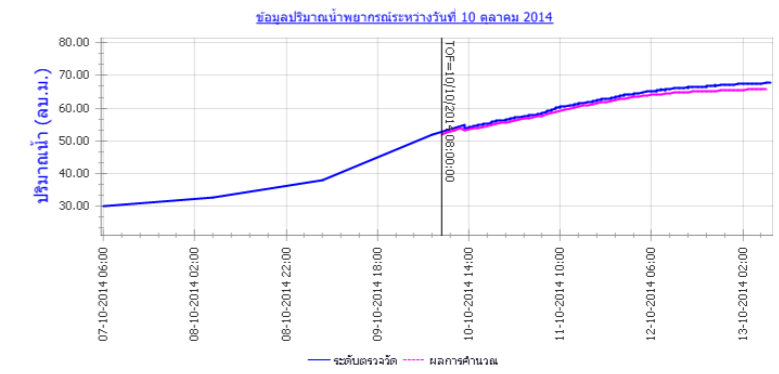
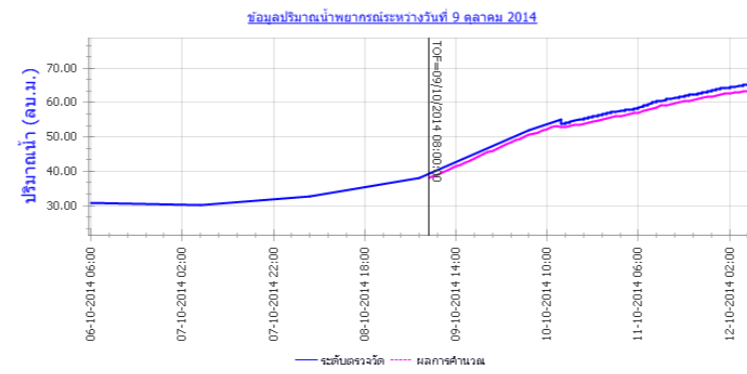
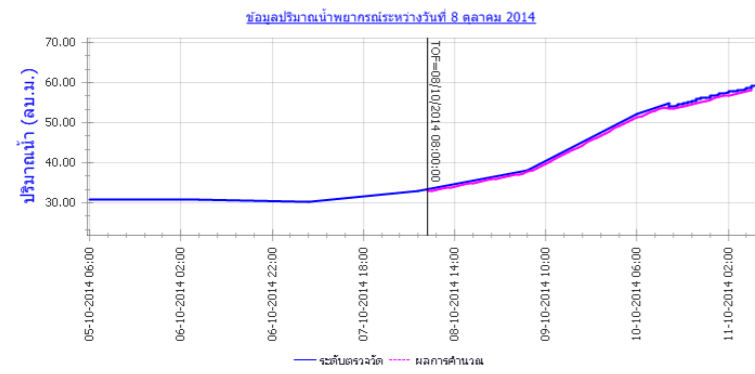
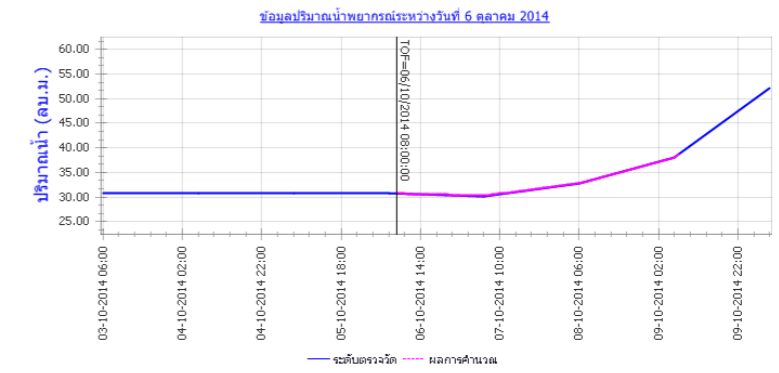
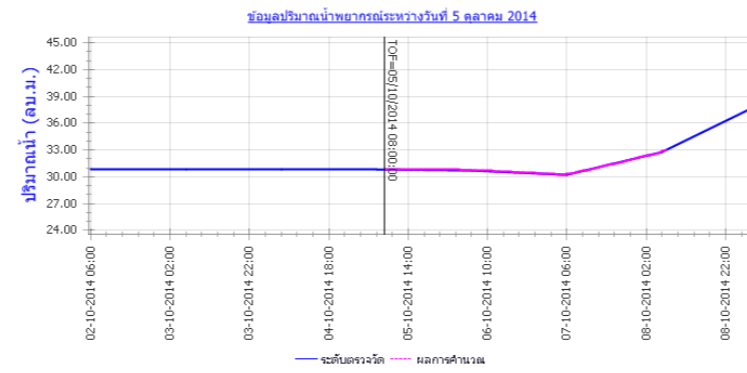
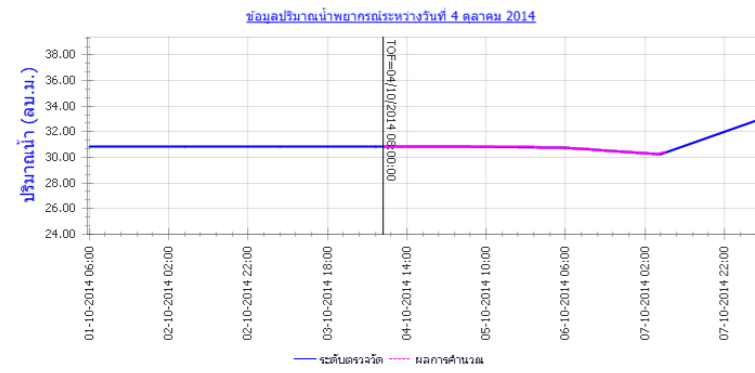
## 5.5 ผลการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม

โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล) ได้ดำเนินการติดตั้งสถานีโทรมาตร จำนวน 43 สถานี ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ

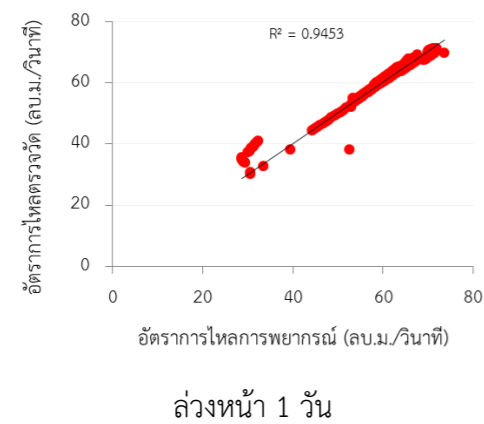
การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการปรับแต่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระยะแรกในช่วงอุทกภัย ในแม่น้ำมูล ปี พ.ศ. 2557 กับข้อมูลโทรมาตรราย 15 นาที และปรับแต่งแบบจำลองเบื้องต้น จำนวน 6 สถานี เพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลโทรมาตรราย 15 นาทีได้ และสามารถใช้ในการพยากรณ์เตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ และศรีสะเกษ ได้แก่

- 1) จังหวัดนครราชสีมา
  - TM.173 แม่น้ำมูลที่ อำเภอโชคชัย
  - TM.2A แม่น้ำมูลที่ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ
  - TM.104 แม่น้ำมูลที่ อำเภอพุทไธสง
- 2) จังหวัดบุรีรัมย์
  - TM.185 ลำปลายมาศที่ อำเภอลำปลายมาศ
  - TM.4 แม่น้ำมูลที่ อำเภอรัตนบุรี
- 3) ศรีสะเกษ
  - TM.42 ห้วยทับทัน อำเภอห้วยทับทัน

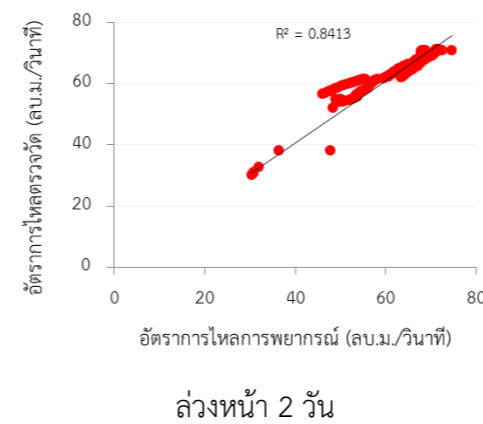
จากผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ฝน ข้อมูลฝนที่นำมาคำนวณปริมาณน้ำท่าจะมีการเปลี่ยนจากฝนพยากรณ์เป็นฝนที่ตกจริงแล้วตรวจวัดได้ทุกๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่า มีการปรับผลการคาดการณ์อยู่ตลอด ทำให้ค่าแตกต่างน้อยลง นอกจากนี้ฝนพยากรณ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ก็จะมีการปรับการพยากรณ์ในแต่ละวันและสรุปผลการพยากรณ์ฝนราย 3 ชั่วโมง ล่วงหน้า 3 วัน จากการตรวจวัด การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และพื้นที่ต่อเนื่อง ดังนั้นปริมาณน้ำท่า ที่พยากรณ์กับปริมาณน้ำท่าคำนวณจากฝนที่ตกจริงก็จะมีค่าเข้าใกล้กันมากยิ่งขึ้น สามารถใช้ในการพยากรณ์ สถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 19 ถึง รูปที่ 5 - 30



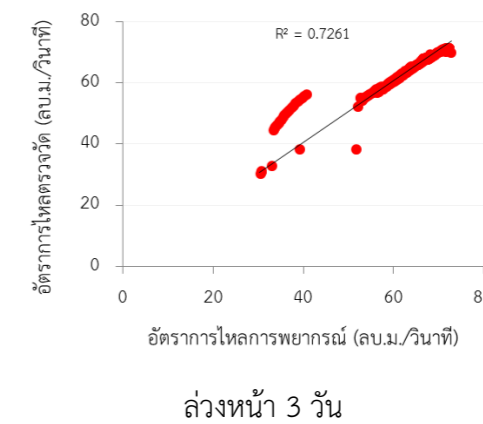
รูปที่ 5 - 19 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 4-14 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.173



ล่วงหน้า 1 วัน



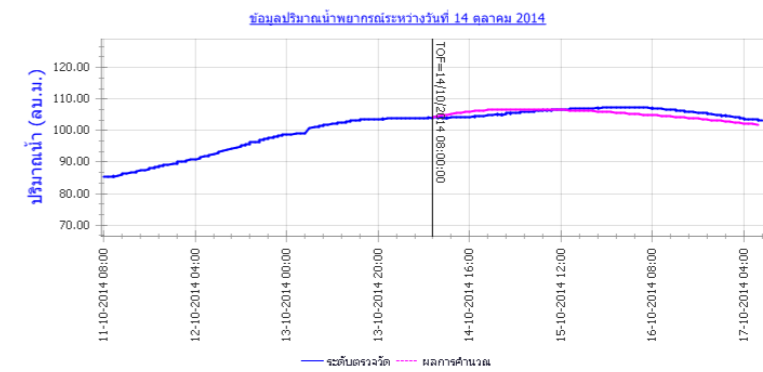
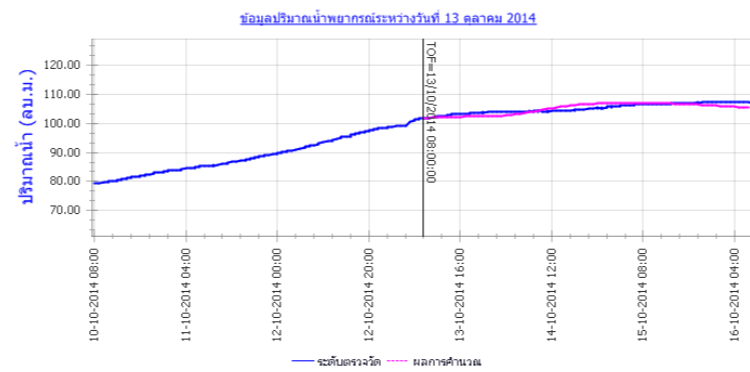
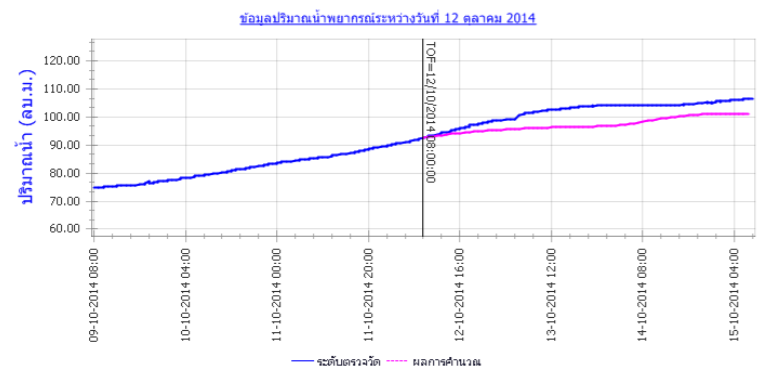
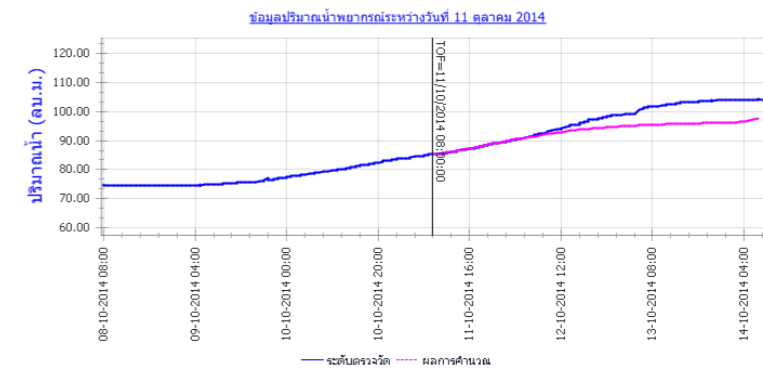
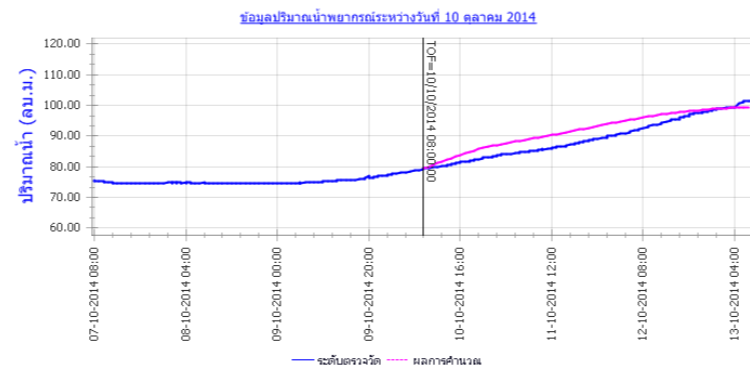
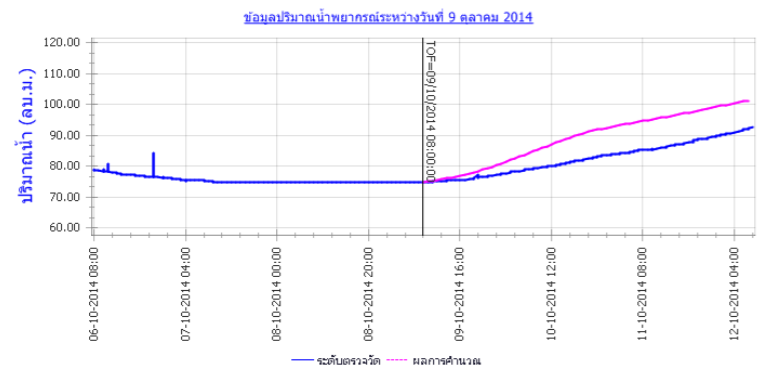
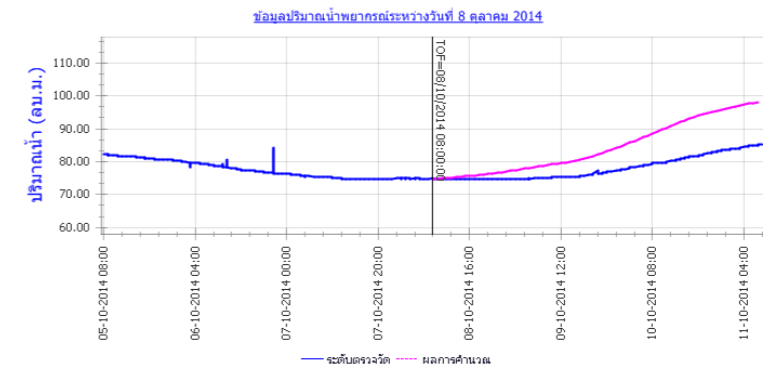
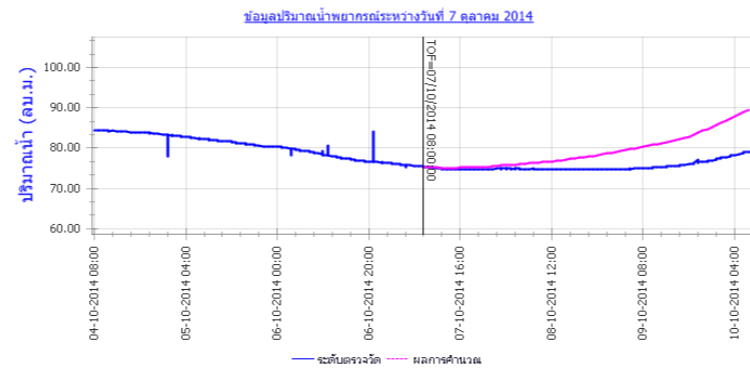
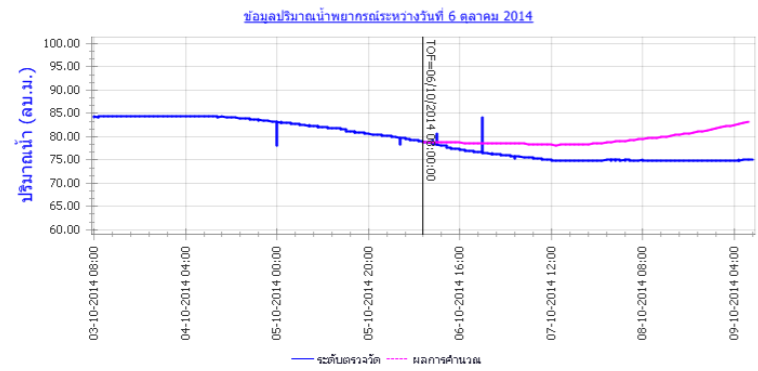
ล่วงหน้า 2 วัน



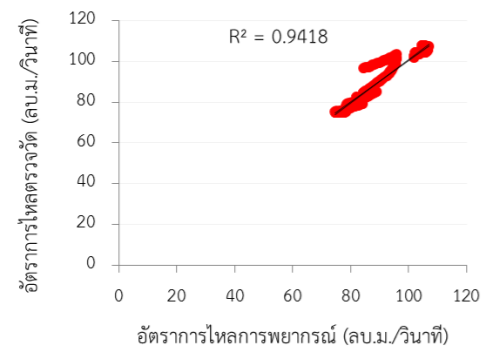
ล่วงหน้า 3 วัน

รูปที่ 5 - 20 ผลการเปรียบเทียบอัตราการใช้จากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่วงหน้าที่สถานี TM.173

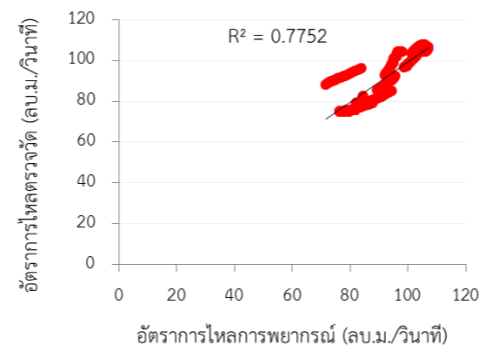
ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>



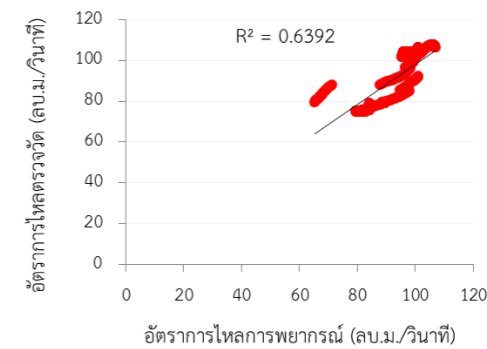
รูปที่ 5 - 21 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 6-14 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.2A



ล่วงหน้า 1 วัน



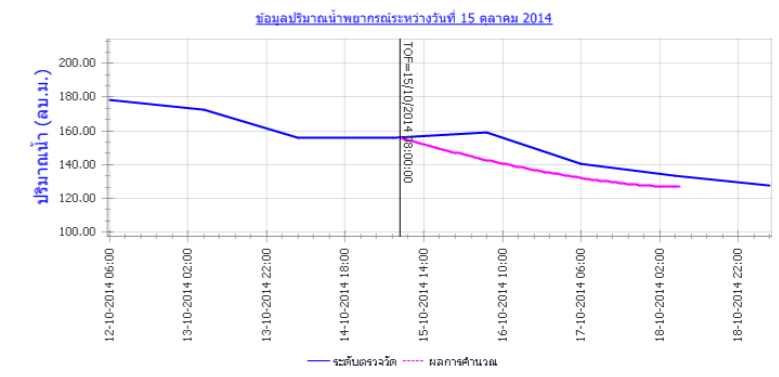
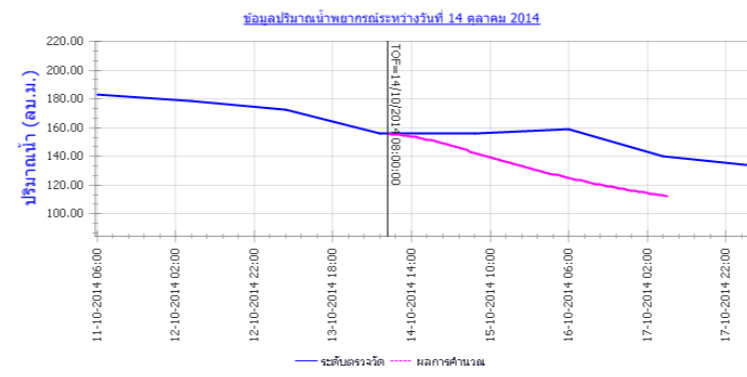
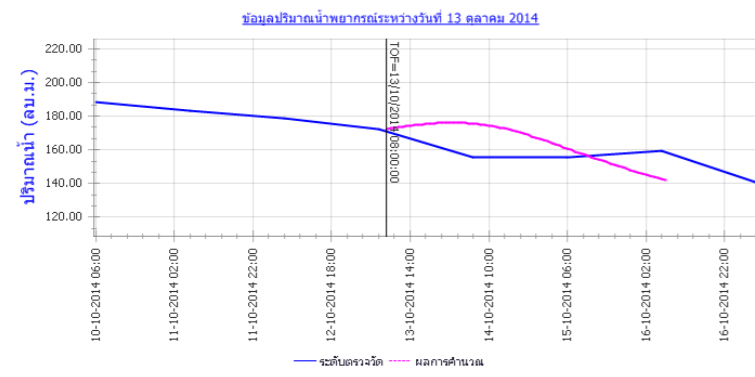
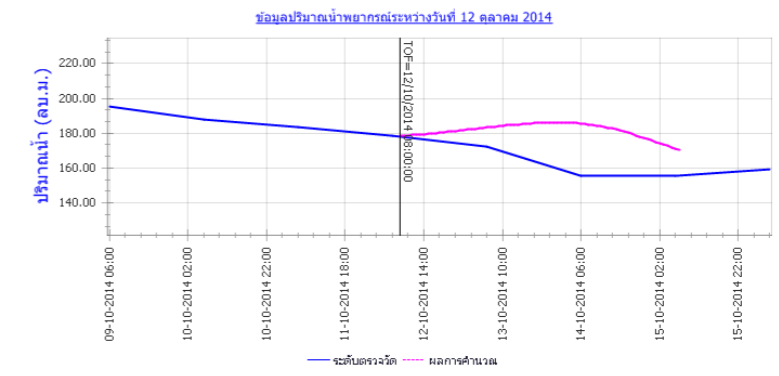
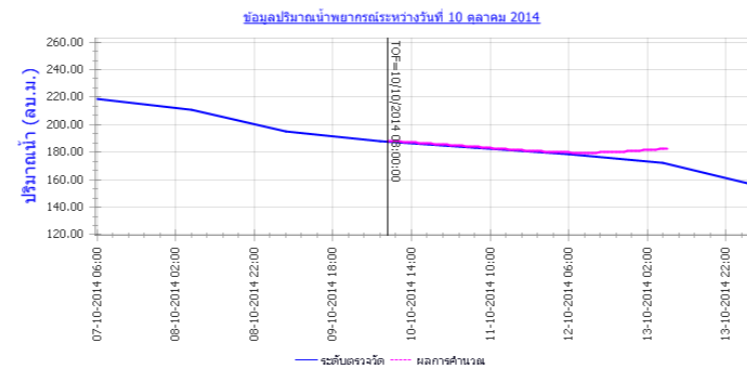
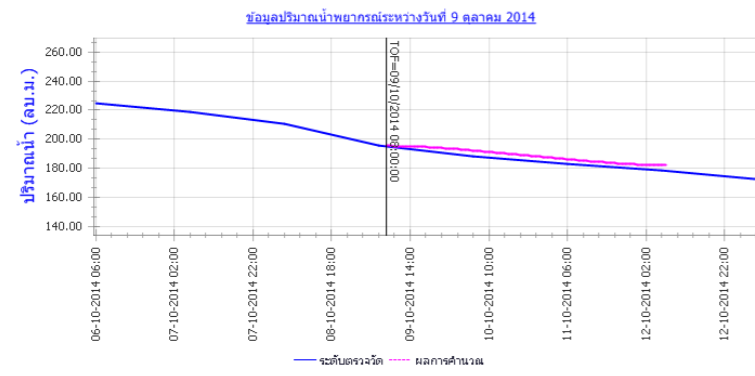
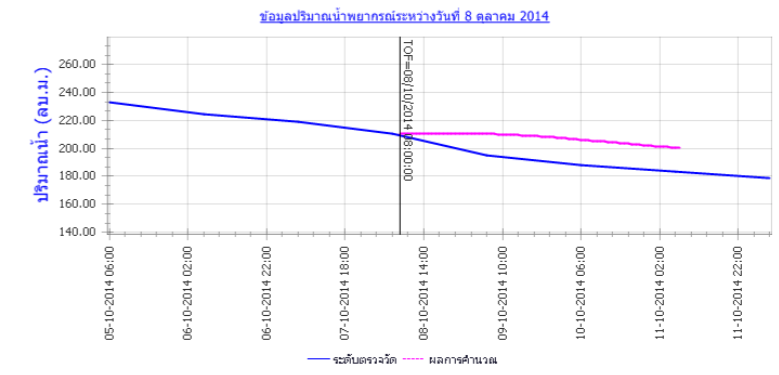
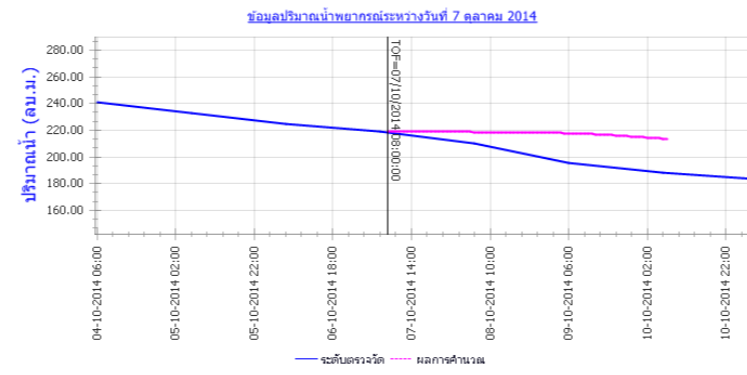
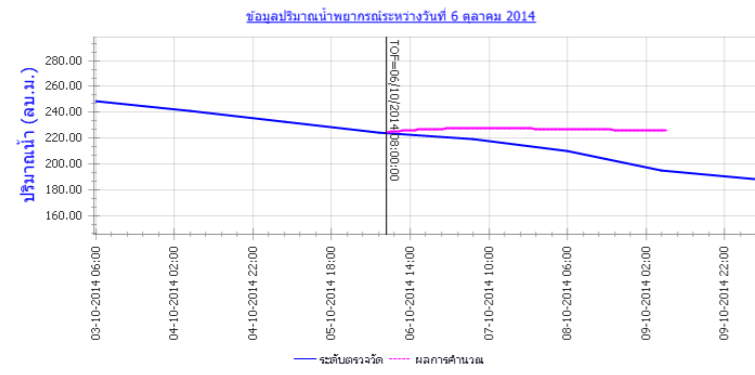
ล่วงหน้า 2 วัน



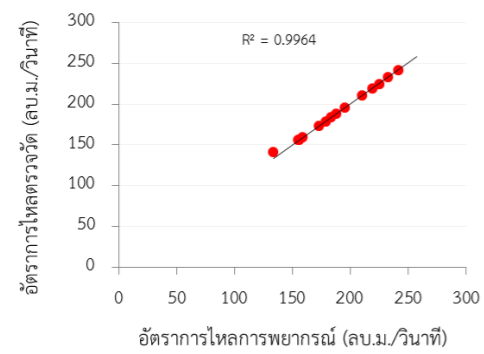
ล่วงหน้า 3 วัน

รูปที่ 5 - 22 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่วงหน้าที่สถานี TM.2A

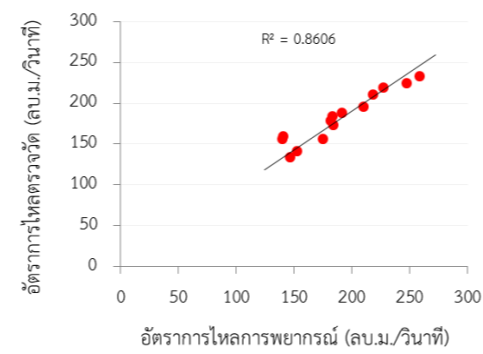
ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>



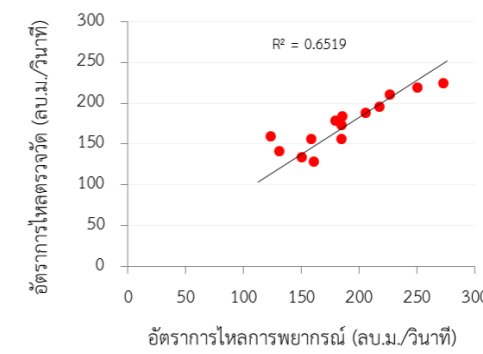
รูปที่ 5 - 23 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 6-15 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.104



ล่วงหน้า 1 วัน



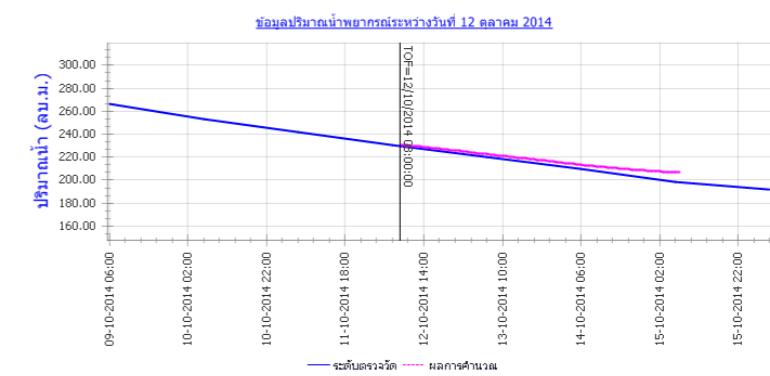
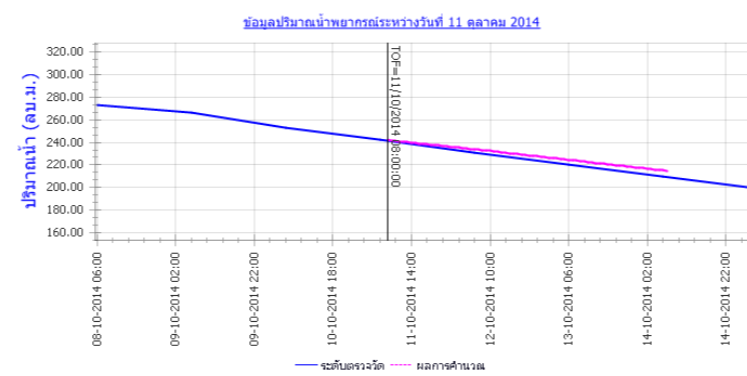
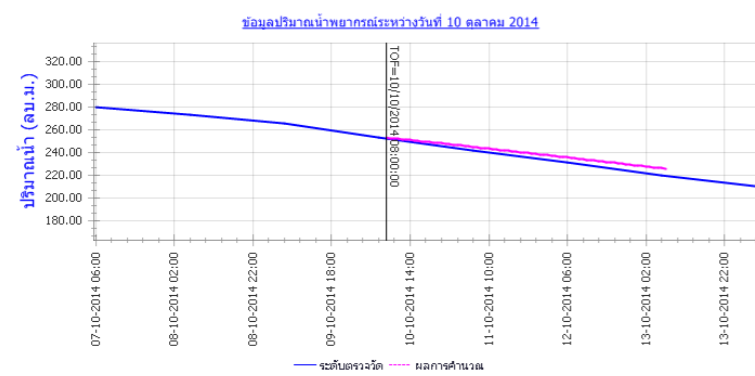
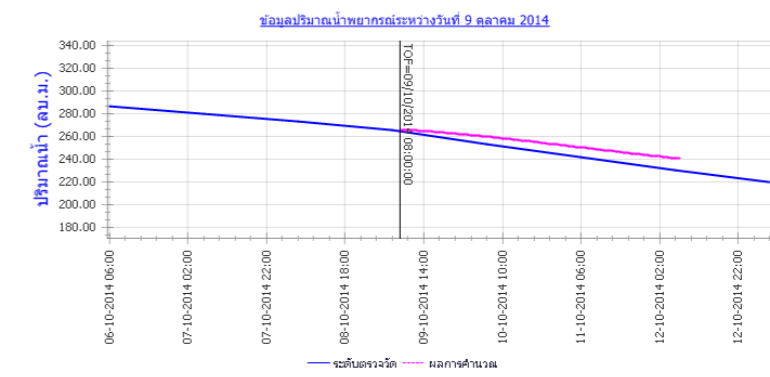
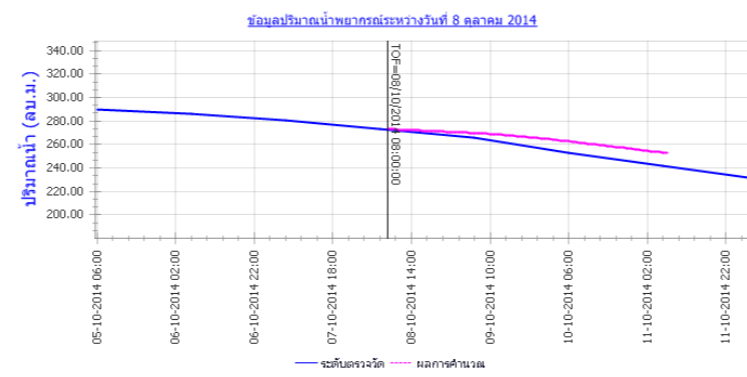
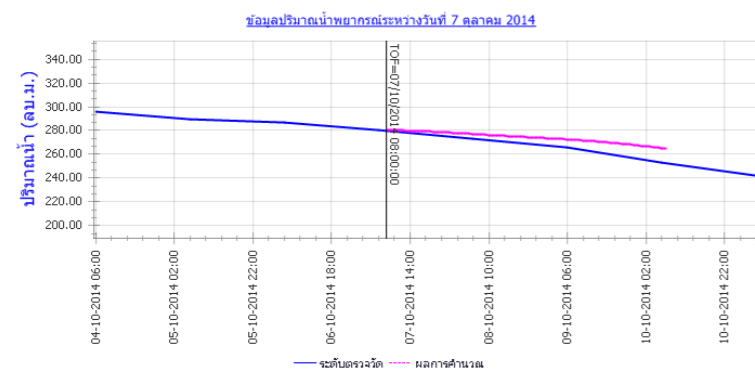
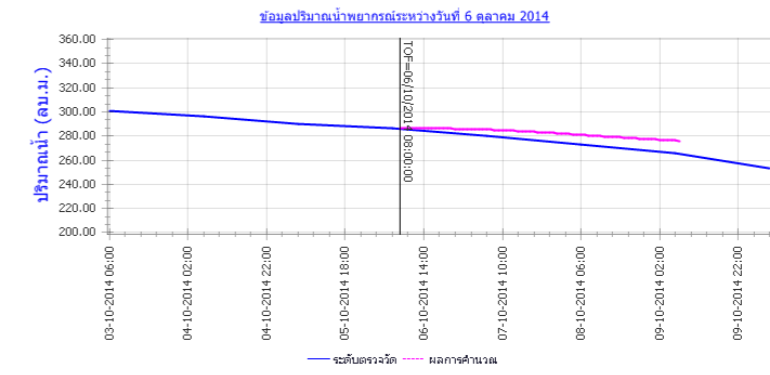
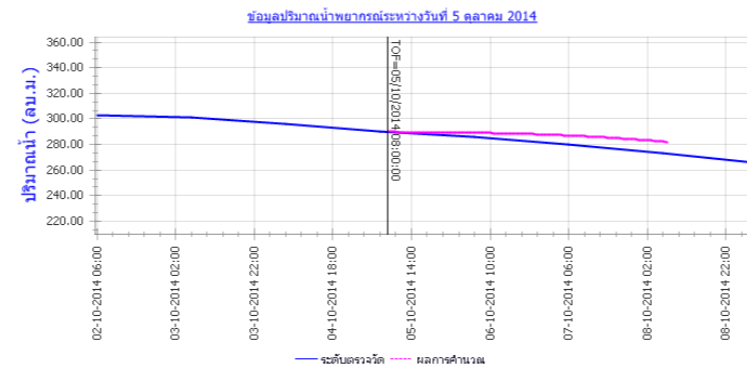
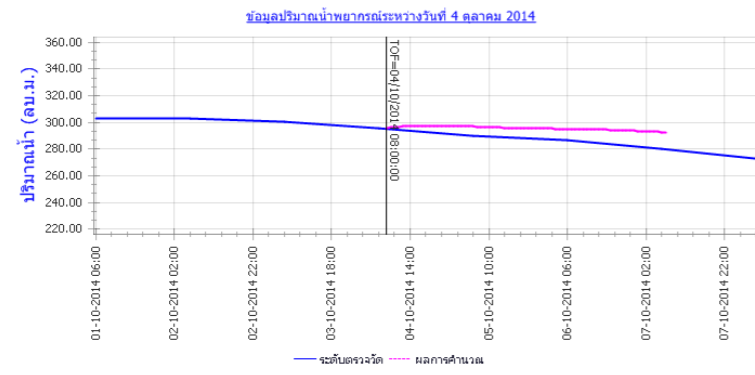
ล่วงหน้า 2 วัน



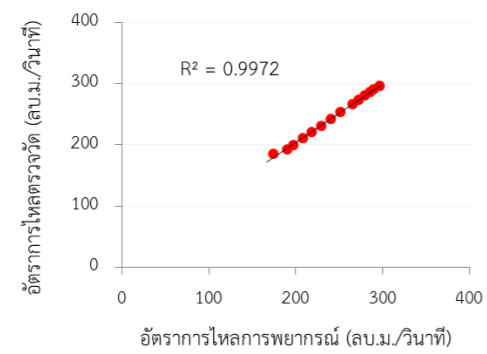
ล่วงหน้า 3 วัน

รูปที่ 5 - 24 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่วงหน้า ที่สถานี TM.104

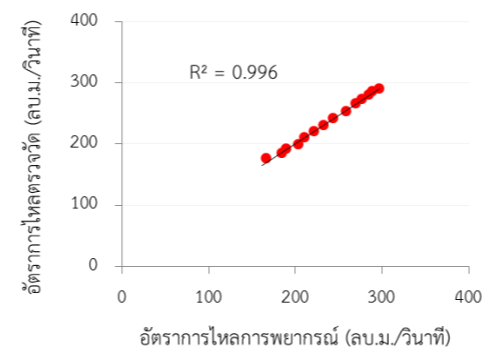
ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>



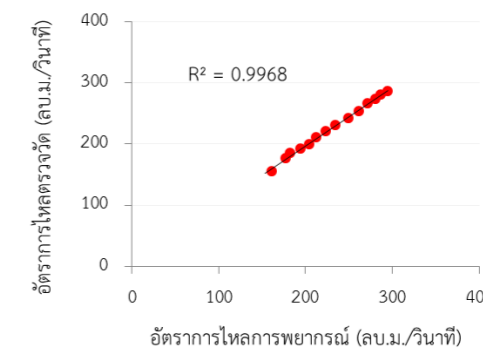
รูปที่ 5 - 25 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 9-18 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.4



ล่วงหน้า 1 วัน



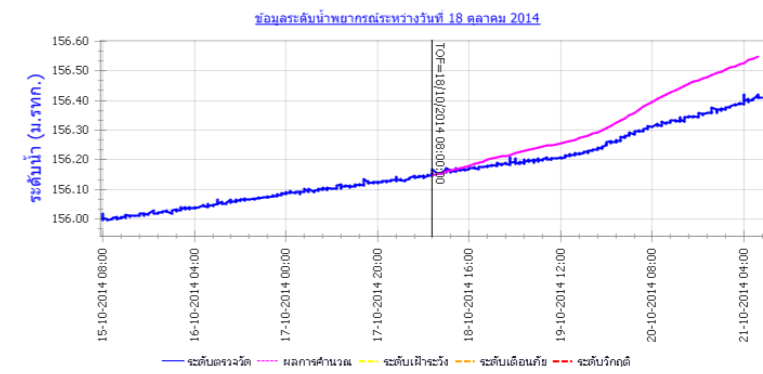
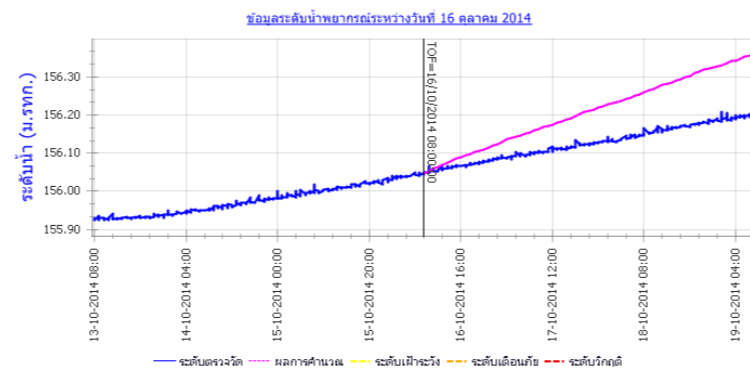
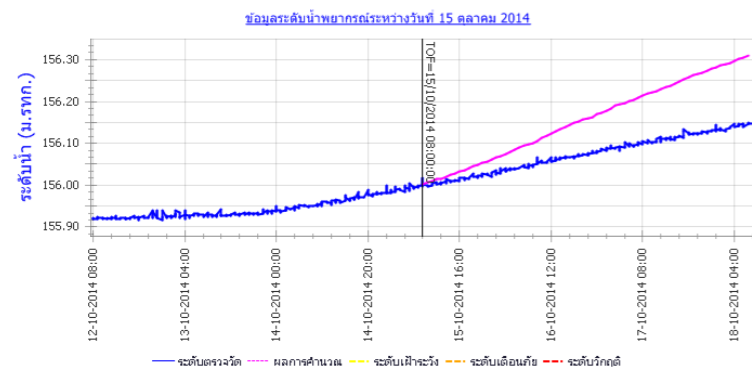
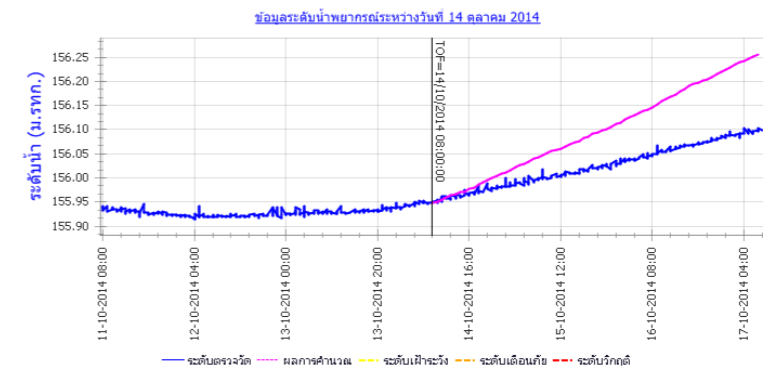
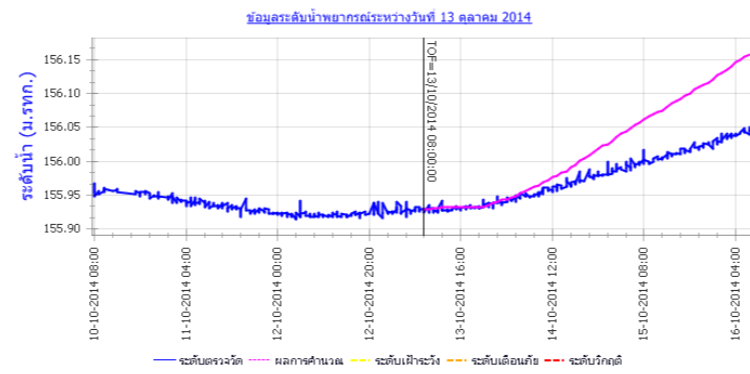
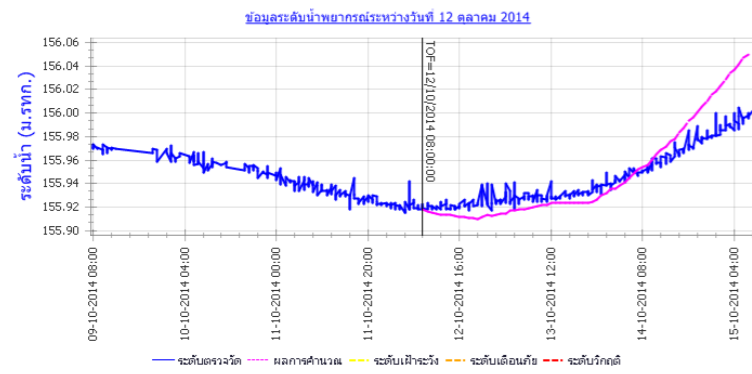
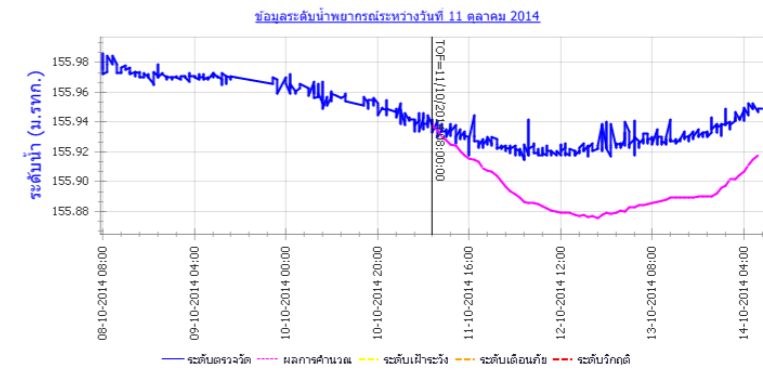
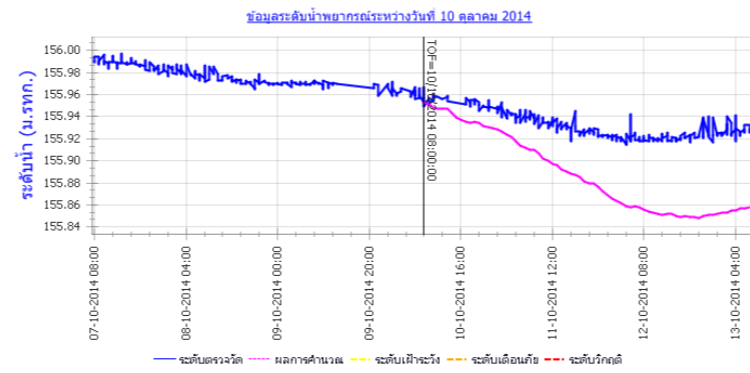
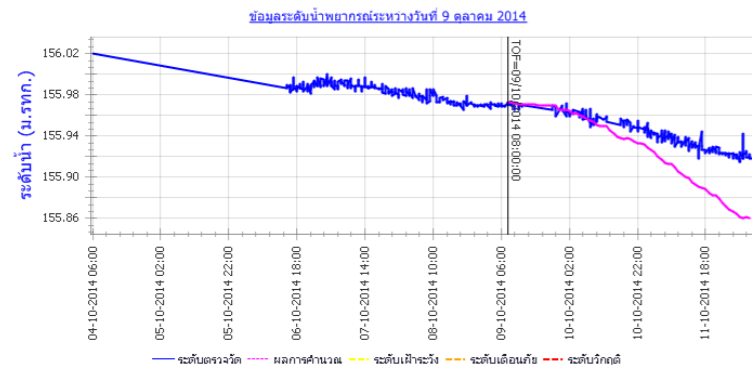
ล่วงหน้า 2 วัน



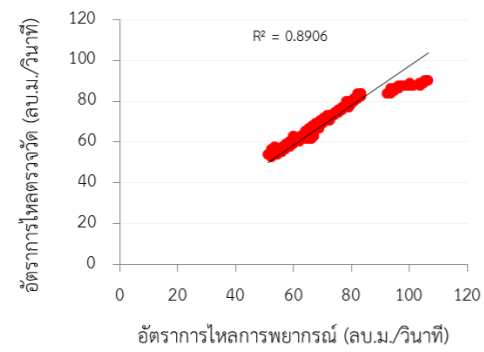
ล่วงหน้า 3 วัน

รูปที่ 5 - 26 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่วงหน้า ที่สถานี TM.185

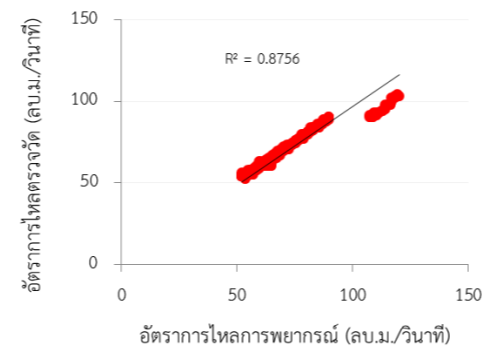
ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>



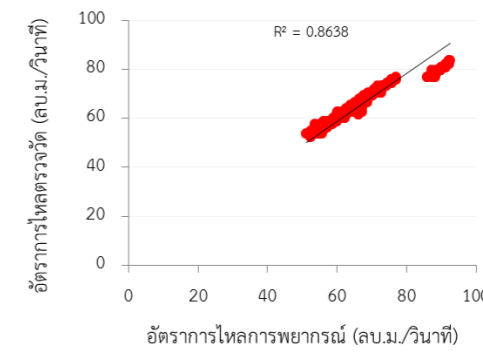
รูปที่ 5 - 27 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 9-12 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.185



ล่องหน้า 1 วัน



ล่องหน้า 2 วัน

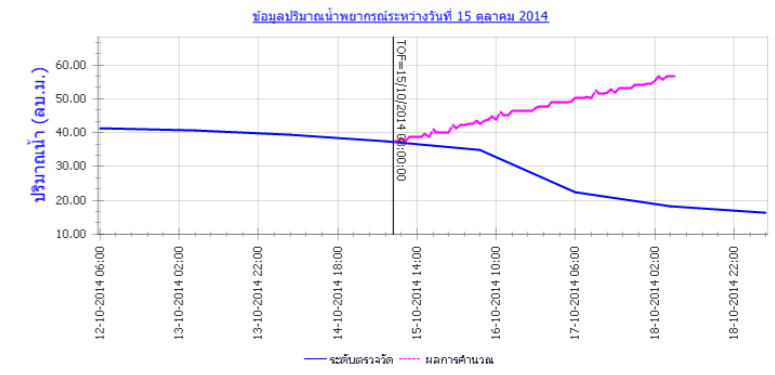
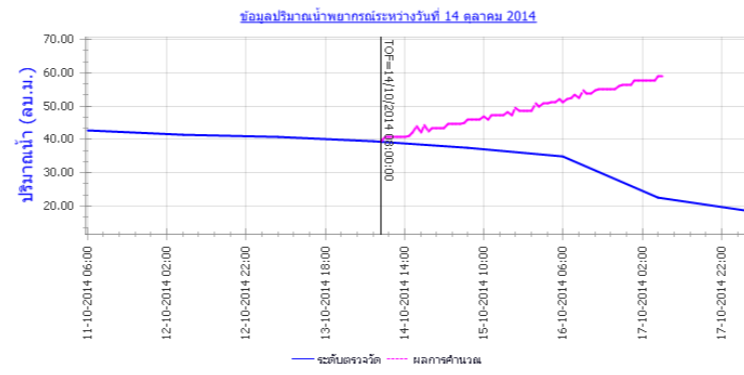
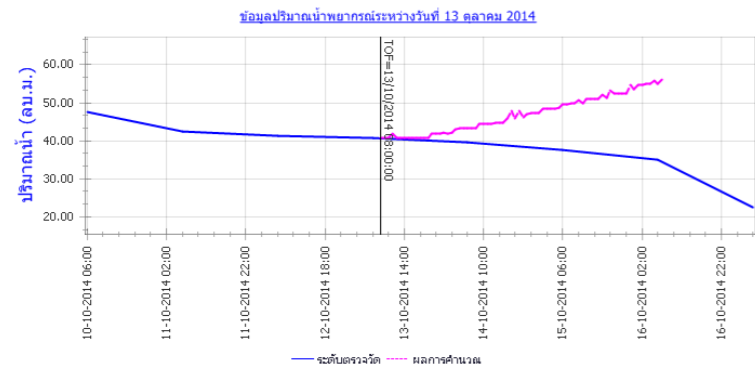
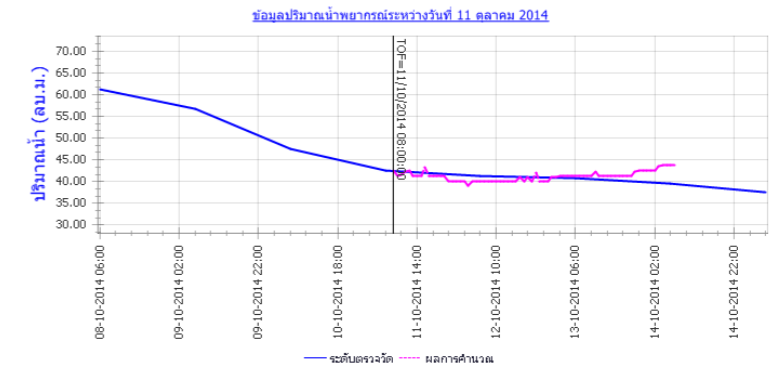
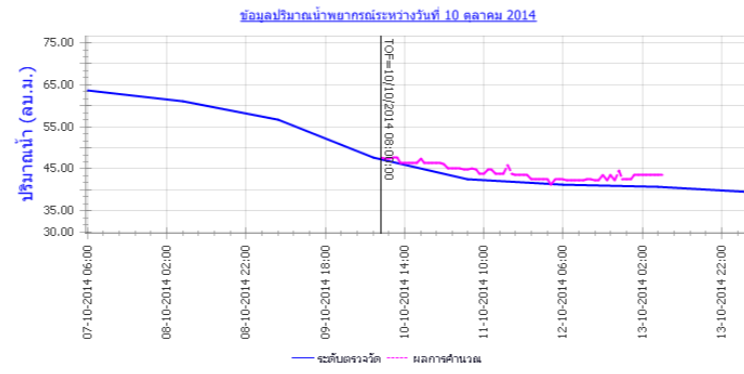
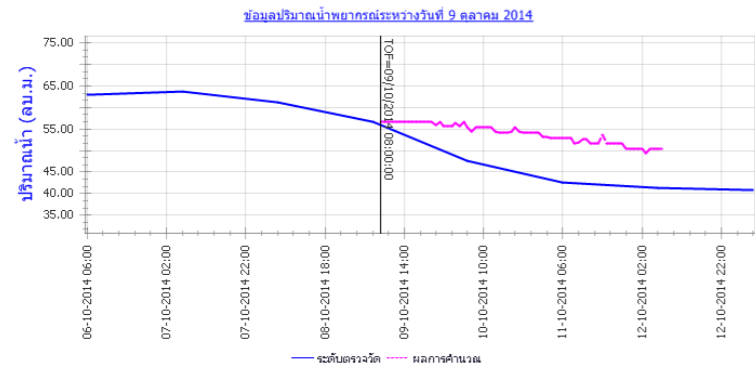
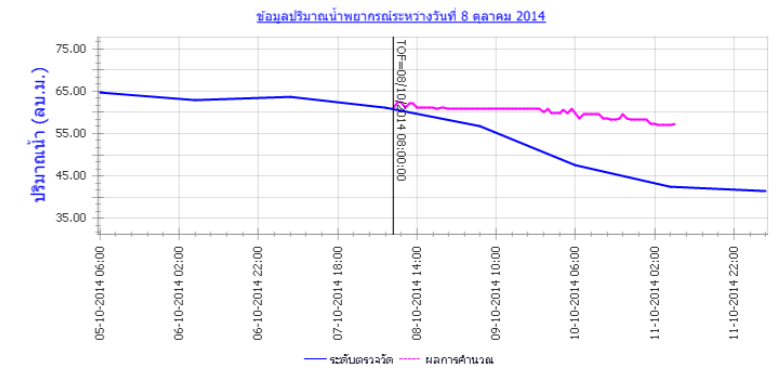
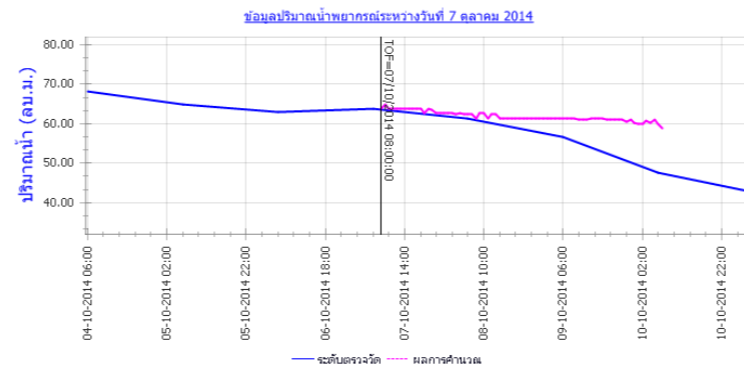
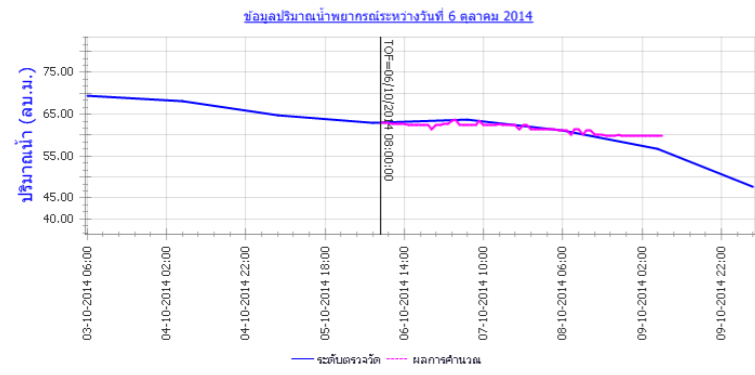


ล่องหน้า 3 วัน

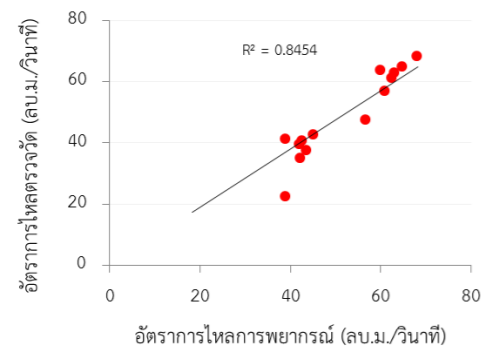
รูปที่ 5 - 28 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่องหน้า 3 วันที่สถานี TM.4

ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>

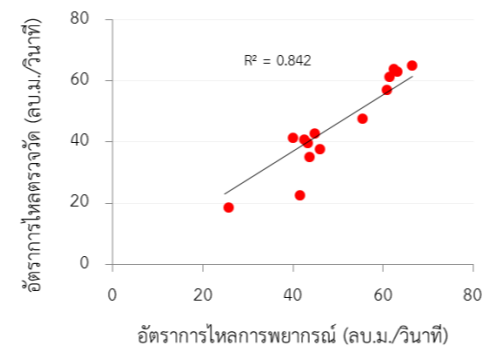




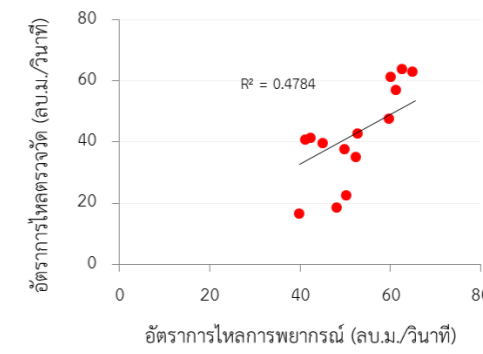
รูปที่ 5 - 29 ผลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำระหว่างวันที่ 6-15 ตุลาคม 2558 ที่สถานี TM.42



ล่วงหน้า 1 วัน



ล่วงหน้า 2 วัน



ล่วงหน้า 3 วัน

รูปที่ 5 - 30 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัดและการคาดการณ์ล่วงหน้า ที่สถานี TM.42

ที่มา: <http://uppermun.rid.go.th/flood/default.aspx>

## บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการศึกษา

การพยากรณ์และการคาดการณ์สถานการณ์น้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นการแจ้งเตือนอุทกภัยล่วงหน้าเป็นมาตรการสำคัญเพื่อลดความเสียหายจากน้ำท่วม การแจ้งเตือนอุทกภัยนั้นเป็นการระบุถึงช่วงเวลาการเกิดและความรุนแรงของอุทกภัยที่จะเกิดขึ้น โดยการแจ้งเตือนนั้นจะเป็นการคาดการณ์สถานการณ์น้ำหลากด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์การไหลของน้ำร่วมกับข้อมูลตรวจวัดอัตโนมัติ ทำให้สามารถคาดการณ์สถานการณ์น้ำท่วมล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ ผลจากการคำนวณนี้จะนำมาพิจารณา ระดับความรุนแรงเพื่อเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัย รวมไปถึงการวางแผนจัดการน้ำเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่น้ำท่วมได้

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาที่ตรวจวัดแบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคาดการณ์สถานการณ์น้ำประมวผลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จัดทำเป็นระบบเพื่อการคาดการณ์และแสดงผลสถานการณ์น้ำ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการป้องกันและบรรเทาภัยในฤดูน้ำหลากได้ โดยประยุกต์การจำลองสถานการณ์แผนการบริการจัดการน้ำกรณีต่าง ๆ โดยการควบคุมของอาคารบังคับน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำในช่วงอุทกภัย

ผลการปฏิบัติงานนี้ เป็นการประยุกต์ผลการศึกษาของโครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล) ซึ่งเป็นโครงการวางระบบโทรมาตรตรวจวัดข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาแบบอัตโนมัติ ครอบคลุมลุ่มน้ำมูลตอนบน รวมพื้นที่ 4 จังหวัด คือ นครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ และศรีสะเกษ การพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาและแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วมลุ่มน้ำมูลตอนบน เป็นการจัดทำแบบจำลองการไหลของแม่น้ำมูลและลำสาขาที่อยู่ในขอบเขต จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดศรีสะเกษ ด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบ 1 มิติ (MIKE11) โดยเปรียบเทียบและสอบทานค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง ด้วยข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยา รายวัน ปี พ.ศ. 2551 - พ.ศ. 2553 ผลการคำนวณมีความสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด ดังนั้นแบบจำลองที่จัดทำขึ้นนั้นสามารถคำนวณการไหลของแม่น้ำมูลในระบบพยากรณ์เพื่อคาดการณ์สถานการณ์น้ำในระยะเริ่มงานได้

### 6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาของโครงการดังกล่าวพบว่า การพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาและแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วมลุ่มน้ำมูลตอนบน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์และคาดการณ์น้ำหลาก โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดของระบบโทรมาตรลุ่มน้ำมูลตอนบน ผลของการศึกษานี้ นอกเหนือจากจะเป็นประโยชน์ของโครงการโดยตรงต่อประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลแล้ว ยังสามารถนำหลักการมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบโทรมาตรในลุ่มน้ำต่าง ๆ ของ กรมชลประทานได้

## เอกสารอ้างอิง

DHI. (2014). A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

Henry, H.R. (1950). A study of flow from a submerged sluice gate. M.S. Thesis. Department of Mechanics and Hydraulics, Iowa City IA: State University Iowa.

Toch, A. (1955). Discharge characteristics of Tainter gates. Transaction, American Society of Civil Engineers, Volume 120, 290.

USACE. (1977). Hydraulic Design Criteria (Vol.2). Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

US. Bureau of Reclamation. (1977). Design Standard No.7, Valves, Gates and Steel Conduits.

กรมชลประทาน. (2554). คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual) เล่มที่ 14/16 การวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานและการสอบเทียบอาคาร.

กรมชลประทาน. (2556). โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยน้ำท่วม จังหวัดนครราชสีมา (มูล).

วรารุช วุฒินิชย์. (2534). การออกแบบอาคารบังคับน้ำ (Design of Water Control Structure) . ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.