

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาน้ำท่วมเป็นปัญหาสำคัญระดับประเทศ เนื่องจากเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ไขปัญหายุทธศาสตร์ชาติที่เกิดขึ้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2553 จึงได้พัฒนา ระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Management System : EMS) ขึ้นเพื่อบริหารจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นบนสายทางที่รับผลกระทบโดยกรมทางหลวง

ดังนั้น สำนักบริหารบำรุงทาง จึงได้ว่าจ้างที่ปรึกษา คือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นที่ปรึกษาเพื่อดำเนินโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ในพื้นที่ของจังหวัดยโสธรและจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีจำนวนรายงานการเกิดเหตุการณ์อุทกภัยบ่อยครั้งเป็นพื้นที่ศึกษาโครงการ โดยในการดำเนินงานมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ผ่านอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง หรือ Cross Drain และระบบระบายน้ำข้างทาง หรือ Longitudinal Drain โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม พร้อมทั้งจัดทำแบบรายละเอียดการก่อสร้างและเอกสารประเมินราคาก่อสร้างในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ เพื่อให้สามารถนำไปประกอบการของงบประมาณ ในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

สำหรับเนื้อหาในรายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยการศึกษาทบทวน รวบรวมองค์ความรู้ และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ การรวบรวมและสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหายุทธศาสตร์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ การสำรวจและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ การจัดทำแนวทางการคำนวณทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อกำหนดแบบมิติของอาคารระบายน้ำ การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อกำหนดขนาดและมิติของอาคารระบายน้ำ รวมทั้งการสัมมนาและถ่ายทอดองค์ความรู้ และสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สำนักบริหารบำรุงทาง

กรมทางหลวง

ตุลาคม 2565



สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....	i
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง.....	xix
1. บทนำ.....	1-1
1.1. ความเป็นมาโครงการ	1-1
1.2. วัตถุประสงค์โครงการ.....	1-3
1.3. ขอบเขตการดำเนินงาน	1-4
1.4. ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด.....	1-7
2. การทบทวนวรรณกรรม.....	2-1
2.1. การทบทวนทฤษฎี/นิยามที่เกี่ยวข้อง.....	2-2
2.1.1. นิยามของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก.....	2-2
2.1.2. ทฤษฎีการระบายน้ำ.....	2-2
2.1.3. ทฤษฎีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	2-53
2.2. แนวคิด และวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวง บริเวณน้ำท่วมซ้ำซาก ในประเทศและต่างประเทศ.....	2-64
2.2.1. Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ประเทศเนเธอร์แลนด์	2-64
2.2.2. Development of a Screening Method to Assess Flood Risk on Danish National Roads and Highway Systems ประเทศเดนมาร์ก.....	2-68
2.2.3. Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้.....	2-71
2.2.4. Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น	2-74
2.2.5. Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์.....	2-77
2.2.6. การจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อ ชุมชนเมืองจังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย.....	2-82
2.2.7. สรุปแนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวง	2-85



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.	การทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในบริเวณพื้นที่ จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีรวมถึงลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี	2-88
2.3.1.	กรมชลประทาน	2-88
2.3.2.	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ.....	2-91
2.3.3.	กรมโยธาธิการและผังเมือง	2-102
2.3.4.	แนวทางการนำผลการศึกษาทบทวนมาปรับใช้ในการศึกษาของโครงการ	2-105
2.4.	การทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานในการจัดการอุทกภัยและแผนงานก่อสร้างของ กรมทางหลวง ตลอดจนผลการศึกษาอื่นๆ ของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง	2-106
2.4.1.	แนวทางปฏิบัติในการบริหารจัดการอุทกภัย	2-106
2.4.2.	แผนงานก่อสร้างของกรมทางหลวง	2-115
2.4.3.	ผลการศึกษาของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง	2-134
3.	การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ	3-1
3.1.	การรวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	3-1
3.1.1.	ข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซาก GISTDA.....	3-1
3.1.2.	ข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง	3-6
3.2.	การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา.....	3-12
3.2.1.	พื้นที่แขวงทางหลวงยโสธร	3-12
3.2.2.	พื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	3-17
3.2.3.	พื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	3-18
3.3.	ผลการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำ	3-24
4.	การรวบรวมและสำรวจข้อมูล	4-1
4.1.	การรวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา.....	4-1
4.1.1.	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	4-1
4.1.2.	ข้อมูลอุทกวิทยา	4-9



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2. การรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ	4-17
4.2.1. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	4-17
4.2.2. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่	4-26
4.2.3. ข้อมูลผังเมือง	4-30
4.3. การสำรวจภาคสนามของอาคารระบายน้ำ	4-41
4.3.1. ข้อมูลอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)	4-41
4.3.2. ข้อมูลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain).....	4-43
5. การวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมภัยด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	5-1
5.1. การวิเคราะห์การไหลของน้ำอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)	5-1
5.1.1. แบบจำลองที่นำมาใช้ในพื้นที่ศึกษา	5-2
5.1.2. แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า	5-15
5.1.3. แบบจำลองอุทกพลศาสตร์	5-21
5.1.4. การเปรียบเทียบแบบจำลอง	5-30
5.2. การวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain).....	5-46
5.2.1. แบบจำลองที่นำมาใช้ในพื้นที่ศึกษา	5-46
5.2.2. การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง	5-49
5.2.3. การเปรียบเทียบแบบจำลอง	5-61
5.3. แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา.....	5-70
5.3.1. อาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain).....	5-70
5.3.2. ระบบระบายน้ำแบบตามยาว	5-106
6. การสำรวจและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ.....	6-1
6.1. การกำหนดพื้นที่และตำแหน่งการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ.....	6-1
6.2. การสำรวจเพื่อออกแบบรายละเอียด	6-5
6.3. การออกแบบรายละเอียด.....	6-8
6.4. การจัดทำบัญชีปริมาณงานและราคาค่าก่อสร้างอาคารระบายน้ำ.....	6-18



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7. การจัดทำแนวทางการคำนวณทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อออกแบบมิติของอาคารระบายน้ำ	7-1
7.1. ทฤษฎีที่นำมาใช้จัดทำแนวทางการคำนวณ	7-1
7.1.1. ทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยาคำนวณอัตราการไหลสูงสุด	7-1
7.1.2. ทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์เพื่อกำหนดขนาดและมิติของอาคารระบายน้ำ	7-7
7.2. การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อกำหนดขนาดและมิติของอาคารระบายน้ำ	7-11
8. การสัมมนาและถ่ายทอดองค์ความรู้	8-1
8.1. แผนการสัมมนาและถ่ายทอดองค์ความรู้	8-1
8.1.1. วัตถุประสงค์	8-1
8.1.2. หัวข้อการสัมมนา	8-1
8.1.3. กลุ่มเป้าหมาย	8-3
8.1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8-3
8.2. ผลการจัดสัมมนาและถ่ายทอดองค์ความรู้	8-4
9. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	9-1
9.1. สรุปผลการศึกษา	9-1
9.2. ข้อเสนอแนะ	9-3

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ผลการสำรวจอาคารระบายน้ำตามขวาง (Cross Drain)

ภาคผนวก ข. ผลการสำรวจระบบระบายน้ำตามยาว (Longitudinal Drain)



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1-1	ลุ่มน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำ (Powell,2012).....	2-4
รูปที่ 2.1-2	ความหมายของความยาวบนลำน้ำสายหลัก.....	2-5
รูปที่ 2.1-3	แนวคิดการหาค่าความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก.....	2-5
รูปที่ 2.1-4	ตัวอย่าง Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve หรือ IDF Curve.....	2-7
รูปที่ 2.1-5	การแบ่งพื้นที่ส่วนย่อยตามวิธี Mean-Section	2-9
รูปที่ 2.1-6	การแบ่งพื้นที่ส่วนย่อยตามวิธี Mid-Section.....	2-9
รูปที่ 2.1-7	องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า.....	2-11
รูปที่ 2.1-8	ตัวอย่างของ IDF Curve.....	2-14
รูปที่ 2.1-9	กราฟแสดงการประเมินค่า TC	2-15
รูปที่ 2.1-10	กราฟการประเมินสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff Coefficient)	2-18
รูปที่ 2.1-11	ตัวอย่างของกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค ของลุ่มน้ำชี.....	2-27
รูปที่ 2.1-12	ตัวอย่างของกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค ของลุ่มน้ำมูล	2-28
รูปที่ 2.1-13	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ตามวิธีของ Snyder	2-29
รูปที่ 2.1-14	กราฟแฟกเตอร์ลดน้ำฝนตามขนาดพื้นที่.....	2-33
รูปที่ 2.1-15	ลักษณะของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธี SCS	2-35
รูปที่ 2.1-16	การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control	2-41
รูปที่ 2.1-17	แผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อกลมกรณีการไหลแบบ Inlet Control.....	2-42
รูปที่ 2.1-18	แผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อเหลี่ยมกรณีการไหลแบบ Inlet Control.....	2-43
รูปที่ 2.1-19	ลักษณะการไหลของน้ำผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลเต็มท่อ	2-44
รูปที่ 2.1-20	แผนภูมิกำหนดหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ สำหรับท่อคอนกรีตกลม ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control.....	2-48
รูปที่ 2.1-21	แผนภูมิกำหนดหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ สำหรับท่อเหลี่ยม ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control.....	2-49



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.1-22 ลักษณะการไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลไม่เต็มท่อ	2-50
รูปที่ 2.1-23 ตัวอย่างการจำลองการไหลในช่วงเวลาต่างๆ ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD และโปรแกรม ArcGIS 10.....	2-57
รูปที่ 2.1-24 ตัวอย่างรูปแบบการคำนวณแบบ 2 มิติของแบบจำลอง MIKE FLOOD	2-59
รูปที่ 2.1-25 ตัวอย่างการจำลองพื้นที่แบบ Mesh ในการคำนวณแบบ 2 มิติของแบบจำลอง MIKE FLOOD.....	2-60
รูปที่ 2.1-26 การเปิดผลการคำนวณผ่านโปรแกรม ArcGIS.....	2-61
รูปที่ 2.1-27 แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ในการศึกษาของโครงการ.....	2-63
รูปที่ 2.2-1 ลักษณะระบบระบายน้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์	2-65
รูปที่ 2.2-2 กราฟปริมาณน้ำฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ของประเทศเนเธอร์แลนด์	66
รูปที่ 2.2-3 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำสามารถรองรับได้เพียงพอ	2-66
รูปที่ 2.2-4 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำไม่สามารถรองรับได้.....	2-67
รูปที่ 2.2-5 ผลการวิเคราะห์การไหลในระบบระบายน้ำกรณีนำแนวคิดที่การปรับปรุงเกณฑ์การออกแบบมา ประยุกต์ใช้	2-67
รูปที่ 2.2-6 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย	2-71
รูปที่ 2.2-7 ตัวอย่างของกราฟน้ำท่าที่ประเมินได้ด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาวิกฤต ของการเกิดพายุฝน	2-72
รูปที่ 2.2-8 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบท่อลอดระหว่างวิธี Rational Method และวิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน.....	2-73
รูปที่ 2.2-9 กรอบแนวคิดในการจัดการน้ำท่วม โดยการใช้การเก็บกักน้ำใต้ผิวดินของกรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น.....	2-74
รูปที่ 2.2-10 หลักการก่อสร้างถนนตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น.....	2-75
รูปที่ 2.2-11 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น.....	2-76
รูปที่ 2.2-12 แบบมาตรฐานทางระบายน้ำและ Boxculvert ประเทศสิงคโปร์	2-80
รูปที่ 2.2-13 แบบมาตรฐานท่อระบายน้ำข้างทาง (Side Drain) ประเทศสิงคโปร์.....	2-81



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.2-14 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยนำผลจากแบบจำลอง SWMM มาประยุกต์ใช้กับข้อมูล DEM และโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.....	2-83
รูปที่ 2.3-1 แนวคลองผันน้ำเลี้ยงเมืองอุบลราชธานี ตามผลการศึกษาของโครงการศึกษาความเหมาะสม เพื่อบรรเทาอุทกภัย จ.อุบลราชธานี.....	2-89
รูปที่ 2.3-2 แนวทางการบริหารจัดการน้ำในช่วงอุทกภัยจากจากอิทธิพลของพายุโพดุลและพายุจิกิ ในปี พ.ศ. 2562 ของกรมชลประทาน.....	2-90
รูปที่ 2.3-3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาโครงการโครงการศึกษาแผนหลักแบบบูรณาการเพื่อบรรเทาอุทกภัย และภัยแล้ง พื้นที่ลุ่มน้ำชีล่าง-เซบาย-เซบก และลุ่มน้ำมูลตอนล่าง	2-94
รูปที่ 2.3-4 แนวทางเลือกของการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำชีล่าง-เซบาย-เซบก และลุ่มน้ำมูลตอนล่าง.....	2-95
รูปที่ 2.3-5 แผนที่แสดงแนวทางการบริหารจัดการน้ำช่วงฤดูน้ำหลากในเขตฝั่งน้ำ ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำมูล	2-97
รูปที่ 2.3-6 แนวคิดการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตฝั่งน้ำที่ไม่ได้มีสภาพเป็นป่าบุงป่าทาม.....	2-101
รูปที่ 2.3-7 ผังโครงสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ จากผลการศึกษาโครงการวางผังการระบายน้ำจังหวัด ในลุ่มน้ำมูล.....	2-103
รูปที่ 2.4-1 วัฏจักรการบริหารจัดการสาธารณภัย (Disaster Management Cycle)	2-107
รูปที่ 2.4-2 การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี	2-112
รูปที่ 2.4-3 รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 2414 ตอน 100 กม.9+700-10+200 ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	2-116
รูปที่ 2.4-4 รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 23 ตอน 502 กม.273+500-274+500 ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1.....	2-117
รูปที่ 2.4-5 รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 202 ตอน 603 กม.266+750-267+657 ในพื้นที่แขวงทางหลวงยโสธร.....	2-120
รูปที่ 2.4-6 รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 231 ตอน 102 กม.12+900 - 16+300 เป็นช่วงๆ ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	2-121



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.4-7 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดยโสธร.....	2-125
รูปที่ 2.4-8 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี (โครงการแล้วเสร็จและอยู่ระหว่างก่อสร้าง).....	2-128
รูปที่ 2.4-9 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี (โครงการตามแผนในอนาคต).....	2-129
รูปที่ 2.4-10 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ได้ทำการคัดเลือก 11 พื้นที่	2-137
รูปที่ 2.4-11 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	2-138
รูปที่ 2.4-12 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6.....	2-140
รูปที่ 2.4-13 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	2-141
รูปที่ 2.4-14 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34.....	2-142
รูปที่ 2.4-15 แบบแนะนำการก่อสร้างตลอดที่ปรับปรุงใหม่ (กรณีท่อ 1 แถว).....	2-146
รูปที่ 2.4-16 แบบแนะนำการก่อสร้างตลอด (ท่อเหลี่ยม) ที่ปรับปรุงใหม่.....	2-148
รูปที่ 2.4-17 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุง เฉพาะรูปแบบ Wingwall สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	2-153
รูปที่ 2.4-18 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุง ทั้งรูปแบบ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	2-154
รูปที่ 2.4-19 แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง.....	2-157
รูปที่ 2.4-20 พื้นที่ศึกษานำร่องที่ทำการคัดเลือก.....	2-159
รูปที่ 2.4-21 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5.....	2-161
รูปที่ 2.4-22 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12	2-162
รูปที่ 2.4-23 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่ปรับปรุงขึ้น ในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3.....	2-167
รูปที่ 2.4-24 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่ปรับปรุงขึ้น ในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5.....	2-168



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.4-25 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ตามแนวทางการออกแบบขั้นต้น สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4.....	2-170
รูปที่ 2.4-26 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ตามแนวทางการออกแบบขั้นต้น สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8.....	2-171
รูปที่ 2.4-27 การซ้อนทับข้อมูลรายงานการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวง กับแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก	2-176
รูปที่ 2.4-28 ตำแหน่งจุดเสี่ยงน้ำท่วมในเขตทางหลวงซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก.....	2-177
รูปที่ 2.4-29 ตำแหน่งจุดเสี่ยงน้ำท่วมในเขตทางหลวงซึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก	2-178
รูปที่ 2.4-30 พื้นที่เป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาอุทกภัย.....	2-182
รูปที่ 2.4-31 ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD กับข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม เหตุการณ์ ณ วันที่ 21 ตุลาคม. พ.ศ. 2553.....	2-184
รูปที่ 2.4-32 ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD กับข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม เหตุการณ์ ณ วันที่ 10 ตุลาคม. พ.ศ. 2554.....	2-185
รูปที่ 3.1-1 แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธร จากข้อมูล GISTDA	3-4
รูปที่ 3.1-2 แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี จากข้อมูล GISTDA	3-5
รูปที่ 3.1-3 ตำแหน่งการรายงานเหตุการณ์น้ำท่วมบนทางหลวงช่วงปี 60-ปัจจุบัน ในพื้นที่แขวงทางหลวง ยโสธร.....	3-7
รูปที่ 3.1-4 ตำแหน่งการรายงานเหตุการณ์น้ำท่วมบนทางหลวงช่วงปี 60-ปัจจุบัน ในพื้นที่แขวงทางหลวง อุบลราชธานีที่ 1 และอุบลราชธานีที่ 2.....	3-8
รูปที่ 3.2-1 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 23 ด้านหน้าห้างสรรพสินค้าบิ๊กซียโสธร	3-12
รูปที่ 3.2-2 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยกวิทยาลัยเทคนิค ยโสธร ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับ 202.....	3-13
รูปที่ 3.2-3 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยกศาลาแดง ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 292.....	3-14
รูปที่ 3.2-4 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2083.....	3-14
รูปที่ 3.2-5 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2169	3-15
รูปที่ 3.2-6 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 202.....	3-15



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.2-7	ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณทางหลวงหมายเลข 202 ด้านหน้าสถานีไฟฟ้าฝ่ายผลิต	3-16
รูปที่ 3.2-8	ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณทางหลวงหมายเลข 202.....	3-17
รูปที่ 3.2-9	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 231 เลี้ยวเมืองอุบลราชธานี ช่วง กม.16+900 – 19+000	3-18
รูปที่ 3.2-10	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ช่วง กม.410+000	3-19
รูปที่ 3.2-11	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณก่อนข้ามสะพานแม่น้ำมูล	3-19
รูปที่ 3.2-12	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2248 ช่วง กม.46+000 – 102+200	3-20
รูปที่ 3.2-13	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2396 ช่วง กม.6+450 – 46+470.....	3-21
รูปที่ 3.2-14	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 217 บริเวณ กม. 77+800 – 78+800	3-21
รูปที่ 3.2-15	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2213 บริเวณ กม. 4+500 – 5+500.....	3-22
รูปที่ 3.2-15	ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2213 บริเวณ กม. 394+100 – 394+200.....	3-23
รูปที่ 3.3-1	การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยสำหรับการศึกษากำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาระบบระบายน้ำแบบ Cross Drain.....	3-30
รูปที่ 4.1-1	สถิติสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรอบ 30 ปี ของสถานีอำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร	4-3
รูปที่ 4.1-2	สถิติสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรอบ 30 ปี ของสถานีอำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี.....	4-4
รูปที่ 4.1-3	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน และเส้นชั้นน้ำฝนในพื้นที่โครงการ.....	4-8
รูปที่ 4.1-4	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี รวมถึงพื้นที่ข้างเคียง	4-11
รูปที่ 4.1-5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำฝน.....	4-16
รูปที่ 4.2-1	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดยโสธร ปี พ.ศ. 2545.....	4-18
รูปที่ 4.2-2	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดยโสธร ปี พ.ศ. 2553.....	4-19
รูปที่ 4.2-3	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดยโสธร ปี พ.ศ. 2562.....	4-20
รูปที่ 4.2-4	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2545.....	4-21
รูปที่ 4.2-5	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2553.....	4-22
รูปที่ 4.2-6	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2562.....	4-23
รูปที่ 4.2-7	ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ 1:4000 ในพื้นที่จังหวัดยโสธร	4-27
รูปที่ 4.2-8	ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ 1:4000 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี.....	4-28
รูปที่ 4.2-9	ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ 1:1000 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี.....	4-29



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2-10	ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธร พ.ศ. 2555.....	4-35
รูปที่ 4.2-11	ผังเมืองรวมจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2558.....	4-40
รูปที่ 4.3-1	การสำรวจอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก	4-42
รูปที่ 4.3-2	การสำรวจระบบระบายน้ำแบบตามยาว ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก	4-44
รูปที่ 5.1-1	โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (NAM Model)	5-4
รูปที่ 5.1-2	ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างที่ราบน้ำท่วมถึงกับลำน้ำหลักในแบบจำลอง.....	5-9
รูปที่ 5.1-3	ลักษณะการเชื่อมต่อของการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ในแบบจำลอง MIKE FLOOD.....	5-12
รูปที่ 5.1-4	ลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานของ 1D Engines และ 2D Enginesในแบบจำลอง MIKE	5-14
รูปที่ 5.1-5	ลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมของกริดในแบบจำลอง MIKE21	5-15
รูปที่ 5.1-6	การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ	5-16
รูปที่ 5.1-7	การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen) ในแบบจำลอง	5-19
รูปที่ 5.1-8	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M1	5-22
รูปที่ 5.1-10	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M2	5-23
รูปที่ 5.1-10	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M3	5-24
รูปที่ 5.1-11	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M4	5-25
รูปที่ 5.1-12	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M5	5-26
รูปที่ 5.1-13	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M6	5-27
รูปที่ 5.1-14	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M7	5-28
รูปที่ 5.1-15	แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M8	5-29
รูปที่ 5.1-16	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.7.....	5-33
รูปที่ 5.1-17	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.11B.....	5-34
รูปที่ 5.1-18	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.127	5-35
รูปที่ 5.1-19	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.170	5-36



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.1-20 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M1	5-38
รูปที่ 5.1-21 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M2	5-39
รูปที่ 5.1-22 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M3	5-40
รูปที่ 5.1-23 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M4	5-41
รูปที่ 5.1-24 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M5	5-42
รูปที่ 5.1-25 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M6	5-43
รูปที่ 5.1-26 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M7	5-44
รูปที่ 5.1-27 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูล การบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M8	5-45
รูปที่ 5.2-1 แบบจำลองเชิงแนวคิดของแบบจำลอง SWMM	5-47
รูปที่ 5.2-2 ตัวอย่างการแสดงผลการจำลองรูปตัดตามยาวการไหลในระบบระบายน้ำ	5-48
รูปที่ 5.2-3 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูล (ระดับน้ำ) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ณ ตำแหน่ง Junction ที่กำหนด .	5-48
รูปที่ 5.2-4 ข้อมูลฝนที่จะมาใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง	5-50
รูปที่ 5.2-5 การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 1 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 172+352 -175+852) 202 (กม.258+777 - 259+677) และ 292 (กม.0+000 - 0+750) แนวทางหลวงยโสธร	5-52
รูปที่ 5.2-6 การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 2 บริเวณทางหลวงหมายเลข 292 (1+900 - 4+400) แนวทางหลวงยโสธร	5-52



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.2-7	การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 3 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 179+845 - 183+645) และ 202 (กม.266+412 - 268+812) แขวงทางหลวงยโสธร.....	5-53
รูปที่ 5.2-8	การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 4 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 198+200 - 202+000) แขวงทางหลวงยโสธร	5-53
รูปที่ 5.2-9	การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 5 บริเวณทางหลวงหมายเลข 231 (กม. 13+000 - 16+300) และ 2178 (กม.1+891 - 5+291) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1.....	5-54
รูปที่ 5.2-10	การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 6 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 406+100 - 408+500) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-55
รูปที่ 5.2-11	การแบ่งพื้นที่ย่อยรับน้ำ ของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 7 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 377+000 - 380+000) และ 2191 (กม.0+000 - 1+200) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2..	5-55
รูปที่ 5.2-12	ตัวอย่างผลการสำรวจข้อมูลระบบระบายน้ำจากพื้นที่โครงการ.....	5-56
รูปที่ 5.2-13	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมายพื้นที่ที่ 1 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 172+352 - 175+852) 202 (กม.258+777 - 259+677) และ 292 (กม.0+000 - 0+750) แขวงทางหลวงยโสธร	5-57
รูปที่ 5.2-14	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 2 บริเวณทางหลวงหมายเลข 292 (1+900 - 4+400) แขวงทางหลวงยโสธร.....	5-57
รูปที่ 5.2-15	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 3 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 179+845 - 183+645) และ 202 (กม.266+412 - 268+812) แขวงทางหลวงยโสธร	5-58
รูปที่ 5.2-16	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 4 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 198+200 - 202+000) แขวงทางหลวงยโสธร	5-58
รูปที่ 5.2-17	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 5 บริเวณทางหลวงหมายเลข 231 (กม. 13+000 - 16+300) และ 2178 (กม.1+891 - 5+291) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	5-59



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.2-18	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 6 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 406+100 - 408+500) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-59
รูปที่ 5.2-19	โครงข่าย Node และ Link การจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ที่ 7 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 377+000 - 380+000) และ 2191 (กม.0+000 - 1+200) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-60
รูปที่ 5.2-20	ตัวอย่างการแสดงผลภาพตัดตามยาว (Profile) ในแบบจำลอง SWMM ตามผลการนำเข้าข้อมูล จากการสำรวจ	5-60
รูปที่ 5.2-21	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 1 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 172+352 -175+852) 202 (กม.258+777 - 259+677) และ 292 (กม.0+000 - 0+750) แขวงทางหลวงยโสธร	5-62
รูปที่ 5.2-22	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 2 บริเวณทางหลวงหมายเลข 292 (1+900 - 4+400) แขวงทางหลวงยโสธร	5-63
รูปที่ 5.2-23	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 3 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 179+845 - 183+645) และ 202 (กม.266+412 - 268+812) แขวงทางหลวงยโสธร.....	5-64
รูปที่ 5.2-24	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 4 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 198+200 - 202+000) แขวงทางหลวงยโสธร	5-65
รูปที่ 5.2-25	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 5 บริเวณทางหลวงหมายเลข 231 (กม. 13+000 - 16+300) และ 2178 (กม.1+891 - 5+291) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	5-66
รูปที่ 5.2-26	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 6 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 406+100 - 408+500) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-67
รูปที่ 5.2-27	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ 7 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 377+000 - 380+000) และ 2191 (กม.0+000 - 1+200) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-68
รูปที่ 5.3-1	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M1	5-74
รูปที่ 5.3-2	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M1	5-75



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.3-3	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M1	5-76
รูปที่ 5.3-4	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M1	5-77
รูปที่ 5.3-5	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M2	5-78
รูปที่ 5.3-6	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M2	5-79
รูปที่ 5.3-7	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M2	5-80
รูปที่ 5.3-8	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M2	5-81
รูปที่ 5.3-9	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M3	5-82
รูปที่ 5.3-10	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M3	5-83
รูปที่ 5.3-11	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M3	5-84
รูปที่ 5.3-12	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M3	5-85
รูปที่ 5.3-13	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M4	5-86
รูปที่ 5.3-14	ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M4	5-87



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.3-15 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M4	5-88
รูปที่ 5.3-16 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M4	5-89
รูปที่ 5.3-17 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M5	5-90
รูปที่ 5.3-18 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M5	5-91
รูปที่ 5.3-19 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M5	5-92
รูปที่ 5.3-20 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M5	5-93
รูปที่ 5.3-21 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M6	5-94
รูปที่ 5.3-22 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M6	5-95
รูปที่ 5.3-23 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M6	5-96
รูปที่ 5.3-24 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M6	5-97
รูปที่ 5.3-25 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M7	5-98
รูปที่ 5.3-26 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M7	5-99



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.3-27 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M7	5-100
รูปที่ 5.3-28 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M7	5-101
รูปที่ 5.3-29 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M8	5-102
รูปที่ 5.3-30 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M8	5-103
รูปที่ 5.3-31 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี ของพื้นที่ศึกษาย่อย M8	5-104
รูปที่ 5.3-32 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมสถานการณ์เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี และมีการก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมของพื้นที่ศึกษาย่อย M8	5-105
รูปที่ 5.3-33 แผนผังและผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกรณีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ 1 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 172+352 -175+852) 202 (กม.258+777 - 259+677) และ 292 (กม.0+000 - 0+750) แขวงทางหลวงยโสธร	5-107
รูปที่ 5.3-34 แผนผังและผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกรณีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ 2 บริเวณทางหลวงหมายเลข 292 (1+900 - 4+400) แขวงทางหลวงยโสธร.....	5-108
รูปที่ 5.3-35 แผนผังและผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกรณีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ 4 บริเวณทางหลวงหมายเลข 23 (กม. 198+200 - 202+000) แขวงทางหลวงยโสธร	5-110
รูปที่ 5.3-36 แผนผังและผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกรณีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ 6 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 406+100 - 408+500) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2	5-111
รูปที่ 5.3-37 แผนผังและผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกรณีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ 7 บริเวณทางหลวงหมายเลข 24 (กม. 377+000 - 380+000) และ 2191 (กม.0+000 - 1+200) แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2 แขวงทางหลวงยโสธร	5-113



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.2-1	การโยงโครงข่ายหมุดหลักฐาน GPS ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม.....	6-6
รูปที่ 6.2-2	การสำรวจจริงวัด สำหรับตำแหน่งการปรับปรุงอาคารระบายน้ำด้วยวิธี RTK.....	6-7
รูปที่ 6.3-1	ตัวอย่างของการออกแบบรายละเอียดปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามขวาง	6-10
รูปที่ 6.3-2	ตัวอย่างของการออกแบบรายละเอียดปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามยาว	6-14
รูปที่ 6.4-1	ตัวอย่างการจัดทำบัญชีปริมาณงานและราคาค่าก่อสร้างการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ.....	6-19
รูปที่ 7.1-1	ตัวอย่าง Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve หรือ IDF Curve.....	7-2
รูปที่ 7.1-2	การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control	7-7
รูปที่ 7.1-3	การไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control.....	7-8
รูปที่ 7.2-1	แผ่นงาน “สารบัญ” ในโปรแกรมการคำนวณทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อกำหนดขนาด และมิติของอาคารระบายน้ำ.....	7-12
รูปที่ 7.2-2	องค์ประกอบในแผ่นงาน “D.A <25”	7-13
รูปที่ 7.2-3	การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธี Rational Method ในแผ่นงาน “D.A<25”	7-14
รูปที่ 7.2-4	การเลือกประเภทของอาคารระบายน้ำที่ต้องการออกแบบ	7-15
รูปที่ 7.2-5	การกำหนดข้อมูลสำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)	7-16
รูปที่ 7.2-6	รายงานการคำนวณอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain).....	7-17
รูปที่ 7.2-7	การกำหนดข้อมูลสำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)	7-18
รูปที่ 7.2-8	รายงานการคำนวณอาคารระบายน้ำแบบตามยาว (Logitudinal Drain)	7-19
รูปที่ 7.2-9	องค์ประกอบในแผ่นงาน “D.A > 25”	7-20
รูปที่ 7.2-10	การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธี Unit Hydrograph ในแผ่นงาน “D.A>25”	7-21
รูปที่ 7.2-11	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (Intensity) กับช่วงเวลาที่ฝนตก (Duration) รายจังหวัดในแผ่นงาน “IDF”	7-22
รูปที่ 7.2-12	ข้อมูลหน้าตัดของอาคารระบายน้ำตามที่กำหนดไว้ในแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง.....	7-23
รูปที่ 8.2-1	บรรยากาศการสัมภาษณ์ถ่ายทอดองค์ความรู้	8-5
รูปที่ 9.2-1	การกำหนดพื้นที่เก็บกักหรือพื้นที่หน่วงน้ำใต้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง	9-4
รูปที่ 9.2-2	การออกแบบระบบท่อระบายน้ำตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น.....	9-4



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.4-1	ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด.....	1-7
ตารางที่ 2.1-1	สมการที่ใช้คำนวณเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า (Time of concentration, tc)	2-16
ตารางที่ 2.1-2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การไหลออกที่ใช้ในสูตร Rational Formula.....	2-19
ตารางที่ 2.1-3	แสดงการให้ค่าจำกัดความการแบ่งชนิดของดินตามแนวทางของ SCS Hydrologic Soil Groups	2-20
ตารางที่ 2.1-4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับดิน Group B.....	2-21
ตารางที่ 2.1-5	แสดงค่า Conversion Factor สำหรับ for Hydrologic Soil Groups A, C, and D.....	2-21
ตารางที่ 2.1-6	ความสัมพันธ์ระหว่าง T_p และ LL_c / S และความสัมพันธ์ระหว่าง Q_p/A และ T_p ของสำหรับลุ่มน้ำต่างๆ.....	2-23
ตารางที่ 2.1-7	ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge Coefficient) K_p	2-31
ตารางที่ 2.1-8	ค่าความสามารถซึมผ่านได้ของดิน (Infiltration capacity) (ϕ)	2-31
ตารางที่ 2.1-9	Infiltration Cover Factors	2-32
ตารางที่ 2.1-10	อัตราส่วนของกราฟน้ำท่าแบบไร้มิติ ตามวิธี SCS.....	2-36
ตารางที่ 2.1-11	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	2-38
ตารางที่ 2.1-12	ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (K_e).....	2-46
ตารางที่ 2.1-13	ความเร็วเฉลี่ยของการไหลบ่าผิวดิน	2-52
ตารางที่ 2.1-14	ความเร็วการไหลในลำน้ำโดยประมาณ.....	2-52
ตารางที่ 2.2-1	ระดับในการตัดแยกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม	2-69
ตารางที่ 2.3-1	ข้อเสนอแนะแนวทางการออกแบบ/ปรับปรุงระบบระบายน้ำของถนน.....	2-104
ตารางที่ 2.4-1	แนวทางปฏิบัติของศูนย์ปฏิบัติการแขวงทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 1).....	2-109
ตารางที่ 2.4-2	แนวทางปฏิบัติของศูนย์อำนวยการสำนักงานทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 2)	2-110
ตารางที่ 2.4-3	แนวทางปฏิบัติของศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 3)	2-111
ตารางที่ 2.4-4	สรุปรายละเอียดแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2565 ของแขวงทางหลวงในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี.....	2-115



สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 2.4-5	โครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดยโสธร	2-124
ตารางที่ 2.4-6	โครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี	2-126
ตารางที่ 2.4-7	แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างประกันผลงาน	2-131
ตารางที่ 2.4-8	สรุปตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด	2-144
ตารางที่ 2.4-9	การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อเหลี่ยม	2-145
ตารางที่ 2.4-10	การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อกลม	2-145
ตารางที่ 2.4-11	พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง อาคารระบายน้ำกรณีปรับปรุงเฉพาะรูปแบบของ Wingwall	2-151
ตารางที่ 2.4-12	พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง อาคารระบายน้ำกรณีปรับปรุงทั้งรูปแบบของ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ	2-151
ตารางที่ 2.4-13	สรุปจำนวนและประเภทของอาคารระบายน้ำที่ปรับปรุงในพื้นที่ศึกษานำร่อง	2-152
ตารางที่ 2.4-14	สรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง	2-158
ตารางที่ 2.4-15	สรุปตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด	2-165
ตารางที่ 2.4-16	ตัวอย่างการคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1	2-169
ตารางที่ 2.4-17	สรุปตำแหน่งจุดเสี่ยงที่จะนำมากำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาคอขวด	2-180
ตารางที่ 2.4-18	สรุปข้อมูลของพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาคอขวด	2-183
ตารางที่ 2.4-19	การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมและ ผลจากแบบจำลอง	2-186
ตารางที่ 2.4-20	สรุปผลการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ/แนวทางการปรับปรุงถนน เพื่อแก้ไขปัญหาคอขวด ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น	2-187
ตารางที่ 2.4-21	สรุปราคากลางค่าก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดขอนแก่น	2-190



สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.1-1	สรุปขนาดพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากแยกตามระดับความรุนแรง ในแต่ละอำเภอของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี.....	3-2
ตารางที่ 3.1-2	สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแขวงทางหลวงยโสธร.....	3-9
ตารางที่ 3.1-3	สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1.....	3-10
ตารางที่ 3.1-4	สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2.....	3-11
ตารางที่ 3.3-1	สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain).....	3-25
ตารางที่ 3.3-2	สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain).....	3-29
ตารางที่ 4.1-1	ค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศหลักที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี.....	4-5
ตารางที่ 4.1-2	สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีเฉลี่ย	4-7
ตารางที่ 4.1-3	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง.....	4-10
ตารางที่ 4.1-4	ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี รวมถึงพื้นที่ข้างเคียง	4-12
ตารางที่ 4.1-5	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีวัดน้ำในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง	4-14
ตารางที่ 4.2-1	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดยโสธรในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562	4-24
ตารางที่ 4.2-2	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562	4-25
ตารางที่ 4.2-3	สรุปข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ที่รวบรวมในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี.....	4-26
ตารางที่ 4.3-1	สรุปจำนวนอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) ที่ดำเนินการสำรวจข้อมูลภาคสนาม.....	4-41



สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.3-2	สรุประยะทางสำรวจระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่เป้าหมาย	4-43
ตารางที่ 5.1-1	การใช้งานแบบจำลองย่อย MIKE Flood	5-2
ตารางที่ 5.1-2	ผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM	5-8
ตารางที่ 5.1-3	ขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ.....	5-17
ตารางที่ 5.1-4	สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า.....	5-18
ตารางที่ 5.1-5	สถานีน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า.....	5-20
ตารางที่ 5.1-6	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Model	5-31
ตารางที่ 5.1-6	ค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการปรับเทียบ (Calibrate) และการสอบทาน (Verified) แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า.....	5-37
ตารางที่ 5.2-1	การกำหนดช่วงเวลาของเหตุการณ์ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำ แบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่ศึกษาโครงการ	5-49
ตารางที่ 5.2-2	สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่.....	5-51
ตารางที่ 5.2-3	สรุปค่าทางสถิติการเปรียบเทียบแบบจำลองการวิเคราะห์การไหลในระบบระบายน้ำตามยาว	5-69
ตารางที่ 5.3-1	ตำแหน่งและรายละเอียดอาคารระบายน้ำที่เสนอให้มีการปรับปรุงเพื่อรองรับ ปริมาณน้ำหลากที่รอบ 50 ปี	5-72
ตารางที่ 5.3-2	ตำแหน่งและรายละเอียดอาคารระบายน้ำที่เสนอให้มีการปรับปรุงเพื่อรองรับ ปริมาณน้ำหลากที่รอบ 100 ปี	5-73
ตารางที่ 6.1-1	ตำแหน่งการปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามขวาง (Cross Drain).....	6-2
ตารางที่ 6.1-2	ตำแหน่งการปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามยาว(Longitudinal Drain).....	6-4
ตารางที่ 7.1-1	สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ	7-4
ตารางที่ 7.1-2	ความสัมพันธ์ระหว่าง T_p และ $LL_c / \sqrt{S}$ และความสัมพันธ์ระหว่าง Q_p/A และ T_p ของสำหรับลุ่มน้ำต่างๆ.....	7-5
ตารางที่ 7.1-3	สัมประสิทธิ์สำหรับการคำนวณการไหลผ่านท่อลอด กรณี Inlet Control	7-9
ตารางที่ 7.1-3	ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (K_e)	7-10



สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 8.2-1	กำหนดการประชุมสัมมนาและถ่ายทอดองค์ความรู้โครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี	8-4
ตารางที่ 8.2-2	ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์โครงการ	8-6
ตารางที่ 8.2-3	ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร	8-7
ตารางที่ 8.2-4	ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ	8-8
ตารางที่ 8.2-5	ความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อวิชาในหลักสูตรมีประโยชน์และสามารถนำไปปรับใช้ในการปฏิบัติงาน	8-9
ตารางที่ 8.2-6	ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิทยากร	8-10
ตารางที่ 8.2-7	ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และมีคุณค่าต่อการปฏิบัติงาน	8-11
ตารางที่ 8.2-7	ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า	8-12
ตารางที่ 8.2-8	ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้าร่วมการสัมมนา	8-12
ตารางที่ 8.2-9	ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการฝึกอบรมในประเด็นอื่นๆ	8-12



บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำ

1.1. ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติเป็นประจำทุกปี ซึ่งภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้ทวีความรุนแรงและได้สร้างความเสียหายมากยิ่งขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะภัยพิบัติที่เกิดจากอุทกภัยสาเหตุหลักส่วนหนึ่งของปัญหาเป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การขยายตัวของชุมชนเมือง ตลอดจนการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้เกิดการรุกล้ำทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง จึงเกิดปัญหาน้ำท่วมขังผิวทาง และการคมนาคมถูกตัดขาด สร้างความเสียหายและเดือดร้อนต่อประชาชนเป็นอย่างมาก

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ไขปัญหาระบบการจราจรที่ติดขัดที่เกิดขึ้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2553 จึงได้พัฒนา ระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Management System : EMS) ขึ้นเพื่อบริหารจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นบนสายทางที่รับผิดชอบโดยกรมทางหลวง ซึ่งจากสถิติข้อมูลการรายงานสถานการณ์ปัญหาภัยพิบัติ ในระบบดังกล่าวตลอดช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา พบว่า พื้นที่ของจังหวัดยโสธรและจังหวัดอุบลราชธานี เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีจำนวนรายงานการเกิดเหตุการณ์อุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับสถิติข้อมูลน้ำท่วมของหน่วยงานอื่นๆ ที่บ่งชี้ว่า ในพื้นที่ของทั้ง 2 จังหวัดดังกล่าว มีปัญหาการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างยั่งยืนในเชิงรุกโดยเร่งด่วน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสายทางและความเดือดร้อนที่จะเกิดขึ้นกับประชาชน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น กรมทางหลวงโดยสำนักบริหารบำรุงทาง จึงได้พิจารณาจัดทำโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีขึ้น ซึ่งในโครงการนี้จะมุ่งเน้นศึกษาและแก้ไขปัญหามลพิษบนทางหลวงอันมีสาเหตุเนื่องมาจากการระบายน้ำผ่านทางหลวง (การระบายน้ำโดยใช้ท่อเหลี่ยมและท่อลอด) มีศักยภาพไม่เพียงพอ หรือระบบการระบายน้ำข้างทาง ไม่สามารถระบายน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ได้ทันทำให้เกิดน้ำท่วมขังบนผิวทาง โดยได้คัดเลือกพื้นที่จังหวัดยโสธรและจังหวัดอุบลราชธานี เป็นพื้นที่ศึกษาของโครงการ ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 จังหวัดเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพราะเป็นศูนย์กลางด้านพาณิชยกรรมและการคมนาคมขนส่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นในการศึกษาจะเริ่มตั้งแต่การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point)



บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในระดับเสี่ยงภัยปานกลาง (4-8 ครั้ง ในรอบ 10 ปี) และระดับเสี่ยงภัยสูง (มากกว่า 8 ครั้งในรอบ 10 ปี) จากนั้นจะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อจำลองสภาพการไหลตลอดจนศักยภาพการระบายน้ำในปัจจุบันของทางหลวงในพื้นที่ศึกษา รวมถึงใช้แบบจำลองดังกล่าวในการวิเคราะห์แนวทางแก้ไขปัญหาน้ำท่วม โดยเฉพาะในกรณีหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในอนาคตว่าจะสามารถลดปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินงานในส่วนนี้จะทำให้ทราบถึงโครงข่าย (Network) ของตำแหน่งและขนาดอาคารระบายน้ำบนทางหลวง ที่จำเป็นจะต้องดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้การแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างมีระบบ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเห็นผลลัพธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ (เช่น ลดปัญหาระดับน้ำท่วมสูงเป็นระดับน้ำท่วมต่ำหรือไม่ท่วม หรือลดระยะเวลาการท่วมขังจากเดือนหรือสัปดาห์ เป็นการท่วมขังในช่วงสั้น 1-2 วัน หรือ ชั่วโมง เป็นต้น)



1.2. วัตถุประสงค์โครงการ

กรมทางหลวงมีความประสงค์ที่จะว่าจ้าง “ที่ปรึกษา” เพื่อให้บริการในโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ผ่านอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) เช่น ท่อเหลี่ยม ท่อลอดและสะพาน รวมถึงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) เช่น ท่อระบายน้ำหรือรางระบายน้ำข้างทาง ของกรมทางหลวง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

2) เพื่อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม พร้อมทั้งจัดทำแบบรายละเอียดการก่อสร้างและเอกสารประเมินปริมาณงานและราคาก่อสร้างในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ทั้งผ่านอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) และระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) เพื่อแก้ปัญหาน้ำท่วมในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี



1.3. ขอบเขตการดำเนินงาน

สำหรับรายละเอียดของขอบเขตการดำเนินงานโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จะมีกรอบแนวทางการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1) งานศึกษาทบทวนวรรณกรรม

- 1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวงบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในประเทศไทยและในต่างประเทศ และเป็นประเทศที่มีความเชี่ยวชาญอย่างน้อย 5 ประเทศ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ เกาหลี และญี่ปุ่น เป็นต้น
- 1.2 ทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัย โครงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวางผังเมือง โครงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการระบายน้ำ ระบบป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำในบริเวณพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี และลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชี ของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมชลประทาน เป็นต้น
- 1.3 ทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานในการจัดการอุทกภัยและแผนงานก่อสร้างของทางหลวง ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

2) งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

- 2.1 รวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 ศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในพื้นที่
- 2.3 กำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหของระบบระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย
 - 2.3.1 พื้นที่กลุ่มที่ 1 พื้นที่ที่มีปัญหาของระบบระบายน้ำตามขวาง (Cross Drain) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของน้ำท่วมอันเนื่องมาจากน้ำหลาก หรือเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในระดับความเสี่ยงปานกลางและระดับความเสี่ยงสูง รวมทั้งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง ตามการดำเนินงานในข้อ 2.2 โดยพื้นที่เป้าหมายที่ทำการศึกษาหรือวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มนี้จะต้องมีขนาดพื้นที่รวมไม่น้อยกว่า 1,800 ตารางกิโลเมตร



2.3.2 พื้นที่กลุ่มที่ 2 พื้นที่ที่มีปัญหาการระบายน้ำข้างทาง (Logitudinal Drain) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดปัญหาน้ำท่วมขังบนผิวทางอันเนื่องมาจากระบบระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพื้นที่ศึกษาในกลุ่มนี้จะต้องอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ซึ่งมีระยะทางของระบบระบายน้ำที่จะต้องทำการสำรวจและวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่า 15 กิโลเมตร

3) งานวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา

- 3.1 รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลระดับน้ำของสถานีต่างๆ เป็นต้น
- 3.2 รวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ความลาดชันพื้นที่ ผังเมือง และสภาพการใช้ที่ดิน เช่น ข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน เป็นต้น
- 3.3 สำรวจ ตำแหน่ง ขนาด มิติของอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (สะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด) ซึ่งอยู่บนถนนของกรมทางหลวง และถนนของหน่วยอื่นๆ ข้างเคียง เพื่อให้มาซึ่งข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 380 ตำแหน่ง
- 3.4 สำรวจข้อมูลระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) ในพื้นที่ศึกษา โดยจะต้องมีระยะทางของระบบระบายน้ำในการสำรวจไม่น้อยกว่า 15 กิโลเมตร
- 3.5 ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา (กรณีอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง) รวมทั้งพฤติกรรมการไหลในระบบระบายน้ำข้างทาง และวิเคราะห์การเกิดน้ำหลาก ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน (รูปแบบของขนาดและจำนวนอาคารระบายน้ำ ตามผลการสำรวจในปัจจุบัน) โดยจะต้องมีการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลองให้มีความถูกต้องซึ่งยอมรับได้ตามหลักวิชาการ โดยการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริงจากภาพถ่ายดาวเทียม (กรณีศึกษาอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง) หรือเปรียบเทียบกับระยะเวลาและความสูงของน้ำที่เคยท่วมขังในอดีต จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่และ/หรือประชาชนในพื้นที่ (กรณีศึกษาการระบายน้ำข้างทาง)
- 3.6 นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการปรับเทียบแล้ว มาวิเคราะห์สถานการณ์ในอนาคตภายใต้กรณีที่มีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในตำแหน่งต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา โดยผลลัพธ์ที่ได้ต้องแสดงให้เห็นถึงการแก้ไขปัญหาย่างเป็นระบบ และสามารถบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ



4) งานสำรวจและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

- 4.1 ทำการสำรวจด้านวิศวกรรมสำหรับอาคารระบายน้ำที่ต้องทำการปรับปรุง ตามผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากการดำเนินงานในข้อ 3.5
- 4.2 ออกแบบรายละเอียดการก่อสร้างเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง และระบบระบายน้ำแบบข้างทาง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ตามผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากการดำเนินงานในข้อ 3.5
- 4.3 จัดทำบัญชีปริมาณงานและเอกสารประเมินราคาค่าก่อสร้าง ของอาคารระบายน้ำทุกแห่ง ที่ได้ทำการสำรวจและออกแบบรายละเอียดไว้

5) จัดทำแนวทางการคำนวณทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ หรือ กระบวนการวิเคราะห์ เพื่อออกแบบมิติของอาคารระบายน้ำ ได้อย่างเป็นระบบ (ขั้นต่ำ MACRO EXCEL)

6) งานถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ ที่ปรึกษาจะต้องถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ ในรูปแบบของการจัดประชุมสัมมนาให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่า 80 คน เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วัน



1.4. ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด

ในการส่งมอบรายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) ของโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ทางที่ปรึกษาได้จัดทำตารางแสดงความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาในรายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) กับหัวข้อในรายการข้อกำหนด (TOR) ของกรมทางหลวง ดังแสดงในตารางที่ 1.4-1

ตารางที่ 1.4-1 ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด

การดำเนินงาน	รายงานฉบับสมบูรณ์	
	หัวข้อ	บทที่
1) ผลการทบทวนวรรณกรรม	2	บทที่ 2
1.1) ศึกษา ทฤษฎี แนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวงบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในประเทศไทยและในต่างประเทศ และเป็นประเทศที่มีความเชี่ยวชาญอย่างน้อย 5 ประเทศ เช่น ประเทศ เนเธอร์แลนด์ เกาหลี และ ญี่ปุ่น เป็นต้น	2.1 และ 2.2	บทที่ 2
1.2) ทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัย โครงการศึกษาที่เกี่ยวกับการวางผังเมือง โครงการศึกษาที่เกี่ยวกับการจัดการระบายน้ำ ระบบป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำในบริเวณพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีและลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชีของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมชลประทาน เป็นต้น	2.3	บทที่ 2
1.3) ทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานในการจัดการอุทกภัยและแผนงานก่อสร้างของกรมทางหลวง ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี	2.4	บทที่ 2
2) การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ	3	บทที่ 3
2.1) รวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	3.1	บทที่ 3
2.2) การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในพื้นที่	3.2	บทที่ 3
2.3) การกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม	3.3	บทที่ 3



ตารางที่ 1.4-1 (ต่อ) ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด

การดำเนินงาน	รายงานฉบับสมบูรณ์	
	หัวข้อ	บทที่
3) งานวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในการบรรเทา ปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา	4	บทที่ 4
3.1) การรวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ข้อมูล ภูมิอากาศ ข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลระดับน้ำของสถานีต่างๆ เป็น ต้น	4.1	บทที่ 4
3.2) การรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ความลาดชันพื้นที่ ผังเมือง และสภาพการใช้ที่ดิน เช่น ข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน เป็นต้น	4.2	บทที่ 4
3.3) การสำรวจ ตำแหน่ง ขนาด มิติของอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (สะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด) ซึ่งอยู่บนถนนของกรมทางหลวง และ ถนนของหน่วยอื่นๆ ข้างเคียงเพื่อให้มาซึ่งข้อมูลสำหรับการ ประยุกต์ใช้ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 380 ตำแหน่ง	4.3	บทที่ 4
3.4) การสำรวจข้อมูลระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) ใน พื้นที่ศึกษา โดยจะต้องมีระยะทางของระบบระบายน้ำในการสำรวจ ไม่น้อยกว่า 15 กิโลเมตร	4.3	บทที่ 4
3.5) การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การไหล ของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา (กรณีอาคารระบายน้ำ แบบตามขวาง) รวมทั้งพฤติกรรมกรไหลในระบบระบายน้ำข้างทาง และวิเคราะห์การเกิดน้ำหลาก ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน (รูปแบบ ของขนาดและจำนวนอาคารระบายน้ำตามผลการสำรวจในปัจจุบัน) โดยจะต้องมีการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลองให้มีความ ถูกต้องซึ่งยอมรับได้ตามหลักวิชาการ โดยการเปรียบเทียบจาก ขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริงจากภาพถ่าย ดาวเทียม (กรณีศึกษาอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง) หรือ เปรียบเทียบกับระยะเวลาและความสูงของน้ำที่เคยท่วมขังในอดีต จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่และ/หรือประชาชนในพื้นที่ (กรณีศึกษา ระบบระบายน้ำข้างทาง)	5.1 และ 5.2	บทที่ 5



ตารางที่ 1.4-1 (ต่อ) ความสอดคล้องของข้อเสนอต่อรายการข้อกำหนด

การดำเนินงาน	รายงานฉบับสมบูรณ์	
	หัวข้อ	บทที่
3.6) การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการปรับเทียบแล้ว มาวิเคราะห์สถานการณ์ในอนาคตภายใต้กรณีที่มีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในตำแหน่งต่างๆเพื่อเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา โดยผลลัพธ์ที่ได้ต้องแสดงให้เห็นถึงการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างเป็นระบบ และสามารถบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ	5.3	บทที่ 5
4) งานสำรวจและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ	6	บทที่ 6
4.1) ผลการสำรวจด้านวิศวกรรมสำหรับอาคารระบายน้ำที่ต้องทำการปรับปรุง ตามผลการศึกษาแนวทาง การเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	6.1	บทที่ 6
4.2) ผลการออกแบบรายละเอียดการก่อสร้างเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง และระบบระบายน้ำแบบข้างทาง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ตามผลการศึกษาแนวทาง การเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	6.2	บทที่ 6
4.3) ผลการจัดทำบัญชีปริมาณงานและเอกสารประเมินราคาก่อสร้างของอาคารระบายน้ำทุกแห่ง ที่ได้ทำการสำรวจและออกแบบรายละเอียดไว้	6.3	บทที่ 6
5) ผลการจัดทำแนวทางการคำนวณทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ หรือกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดขอบเขตของอาคารระบายน้ำ ได้อย่างเป็นระบบ (ขั้นต่ำ MACRO EXCEL)	7.1 7.2	บทที่ 7
6) ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ ที่ปรึกษาจะต้องถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ ในรูปแบบของการจัดประชุมสัมมนาให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในหน่วยงานที่	8.1 8.2	บทที่ 8



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2. การทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาทบทวนวรรณกรรมของโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี สามารถแบ่งหัวข้อของการศึกษาทบทวนออกได้เป็น 4 หัวข้อหลัก คือ 1) การทบทวนทฤษฎี/นิยามที่เกี่ยวข้อง 2) แนวคิด และวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวง บริเวณน้ำท่วมซ้ำซากทั้งในประเทศและต่างประเทศ 3) การทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในบริเวณพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีรวมถึงลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี และ 4) การทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานในการจัดการอุทกภัยและแผนงานก่อสร้างของกรมทางหลวง ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ซึ่งรายละเอียดของผลการทบทวนวรรณกรรม ทั้ง 4 หัวข้อข้างต้น แสดงได้ดังนี้



2.1. การทบทวนทฤษฎี/นิยามที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการศึกษาทฤษฎี/นิยามที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและระบบระบายน้ำ เป็นการดำเนินงานเพื่อสร้างพื้นฐานด้านองค์ความรู้ให้เกิดความเข้าใจต่อความหมายของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและระบบการระบายน้ำบนทางหลวง โดยทฤษฎี/นิยามซึ่งทางที่ปรึกษาจะทำการทบทวนประกอบด้วย นิยามของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ทฤษฎีการระบายน้ำ และทฤษฎีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

2.1.1. นิยามของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก

นิยามของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของประเทศไทยนั้น ในปัจจุบันได้มีการนิยามความหมายไว้อย่างชัดเจน โดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งหน่วยงานอื่นๆ อาทิเช่น กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ก็ได้อ้างอิงนิยามและความหมายของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากดังกล่าว มาใช้ในการบริหารจัดการน้ำ

สำหรับนิยามของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ซึ่งกำหนดไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน มีดังนี้

“พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก หมายถึง พื้นที่ที่มีการท่วมซ้ำของน้ำบนผิวดินสูงกว่าระดับปกติและมีระยะเวลาที่น้ำท่วมซ้ำยาวนานอยู่เป็นประจำ จนสร้างความเสียหายต่อพื้นที่การเกษตร ทรัพย์สิน และ/หรือชีวิต ทั้งนี้สามารถจำแนกการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากชั้นอันตรายจากการถูกน้ำท่วม: Flooding คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย, 2543)”

- ระดับที่ 1 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากเป็นครั้งคราว มีน้ำท่วมซ้ำไม่เกิน 3 ครั้ง ในรอบ 10 ปี
- ระดับที่ 2 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากบ่อยครั้ง มีน้ำท่วมซ้ำ 4-7 ครั้ง ในรอบ 10 ปี
- ระดับที่ 3 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากเป็นประจำ มีน้ำท่วมซ้ำมากกว่าหรือเท่ากับ 8 ครั้ง ในรอบ 10 ปี”

2.1.2. ทฤษฎีการระบายน้ำ

อาคารระบายน้ำที่ใช้ในทางหลวงมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท แต่ในโครงการนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาในกรณีของอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) และอาคารระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) โดยในส่วนของอาคารระบายน้ำแบบตามขวางนั้น จะทำหน้าที่ในการระบายจากด้านเหนือน้ำให้ไหลผ่านคันทางหรือถนนไปยังด้านท้ายน้ำ ดังนั้นอาคารประเภทนี้จึงมีหน้าที่หลักในการป้องกันการเอ่อล้นของน้ำท่วมขึ้นมาบนผิวทาง ตลอดจนเอ่อล้นเข้าท่วมพื้นที่ด้านเหนือน้ำ หรืออาจกล่าวได้ว่าอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) เป็นโครงสร้างหลักในการป้องกันน้ำท่วมเพื่อให้สามารถระบายผ่านถนนจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งได้โดยไม่ท่วมผิวทางนั่นเอง ในขณะที่อาคารระบายน้ำข้างทาง จะทำหน้าที่ในการรับน้ำฝนที่ตกบนถนนหรือผิวทาง หรือรับน้ำจากถนนสายย่อย/พื้นที่รับน้ำข้างเคียงและทำการลำเลียงปริมาณน้ำดังกล่าวออกสู่แหล่งน้ำหรือระบบระบายน้ำหลัก (ส่วนใหญ่คือ คลองระบายน้ำหรือแหล่งน้ำ) ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดน้ำท่วมบนผิวทางเช่นกัน



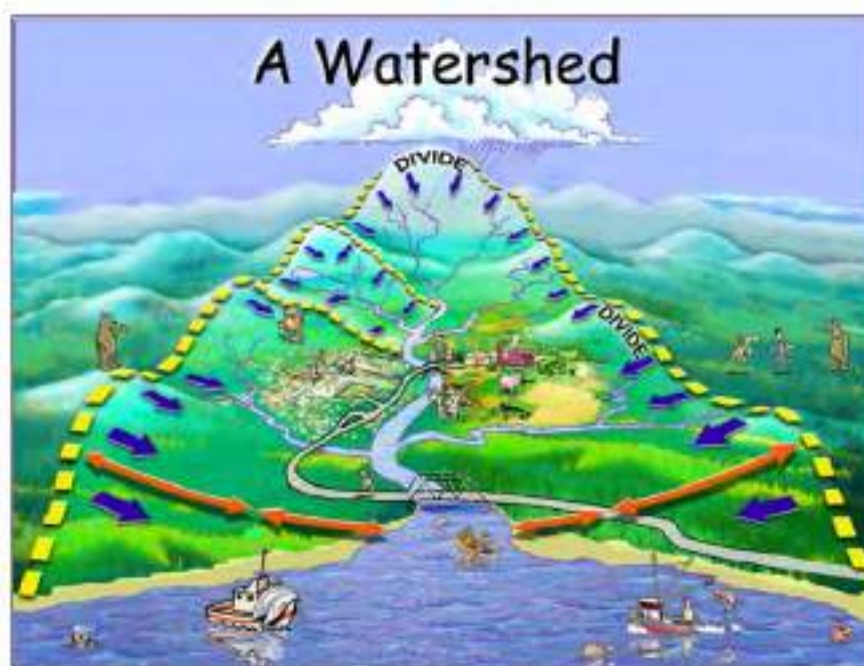
สำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำทั้ง 2 ประเภท มีขั้นตอนการออกแบบอยู่ 2 ขั้นตอนหลัก โดยขั้นตอนแรก เป็นการออกแบบขนาดเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำท่วมตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างเพียงพอ ส่วนขั้นตอนที่สอง เป็นการออกแบบโครงสร้างเพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้างจริง อย่างไรก็ตามสำหรับเนื้อหาที่จะนำเสนอในส่วนนี้ จะมุ่งเน้นไปที่ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำเท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้องค์ความรู้ทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ในการออกแบบ ดังนั้นการทบทวนทฤษฎีที่จะนำเสนอในส่วนนี้ประกอบด้วย ทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา และทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งจะนำมาใช้ในการศึกษาในโครงการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1. ทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา

ทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต้องทำการศึกษาให้เกิดความเข้าใจก่อนที่จะทำการออกแบบขนาดของท่อลอดและท่อเหลี่ยม ประกอบด้วย ลุ่มน้ำและลักษณะตัวแปรทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ ข้อมูลฝนและข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ รวมถึงทฤษฎีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด โดยมีรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

1) ลุ่มน้ำ (Watershed or Catchment)

ลุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดซึ่งน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) ที่เกิดจากฝนที่ตกลงบนพื้นที่น้ำจะไหลลงสู่ทางออก (Outlet) ลุ่มน้ำของแม่น้ำ ทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำใดๆ ก็คือ พื้นที่ซึ่งเมื่อฝนตกลงมาแล้วน้ำจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำ ทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำนั้นๆ (วีระพล, 2531) ในปัจจุบันมีการใช้คำว่า Watershed ในความหมายคล้ายคลึงกับคำว่า Drainage หรือ Basin หรือ Catchment หรือบางครั้งใช้เป็น Drainage Basin อย่างไรก็ตามคำเหล่านี้มีความหมายเป็นลุ่มน้ำเหมือนกันหมด จะแตกต่างกันบ้างเฉพาะกรณีที่พิจารณาเท่านั้น (วีระพล, 2531) อาทิ Drainage Basin ก็คือ ลุ่มน้ำที่รับและระบายน้ำด้วยลำธารสู่จุดออก หรือปากลุ่มน้ำ และ Catchment ก็คือพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก แต่ไม่มีข้อจำกัดแน่นอนลงไปว่าขนาดเท่าใด ดังแสดงลุ่มน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำในรูปที่ 2.1-1



รูปที่ 2.1-1 กลุ่มน้ำและการแบ่งกลุ่มน้ำ (Powell,2012)

ลักษณะของกลุ่มน้ำจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดปริมาณน้ำท่า กล่าวคือ กลุ่มน้ำที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นขนาดของพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศ สภาพพืชพรรณปกคลุม การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน ย่อมส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำท่าที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านของปริมาณและอัตราการไหลสูงสุด แม้ว่าจะมีปริมาณฝนที่เกิดขึ้นเท่ากันก็ตาม ดังนั้นในการออกแบบอาคารระบายน้ำ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการกำหนดขนาดของพื้นที่กลุ่มน้ำในการออกแบบให้ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำของอาคารระบายน้ำนั้นๆ รวมถึงต้องทราบลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของกลุ่มน้ำ เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบอาคารระบายน้ำได้อย่างเหมาะสม

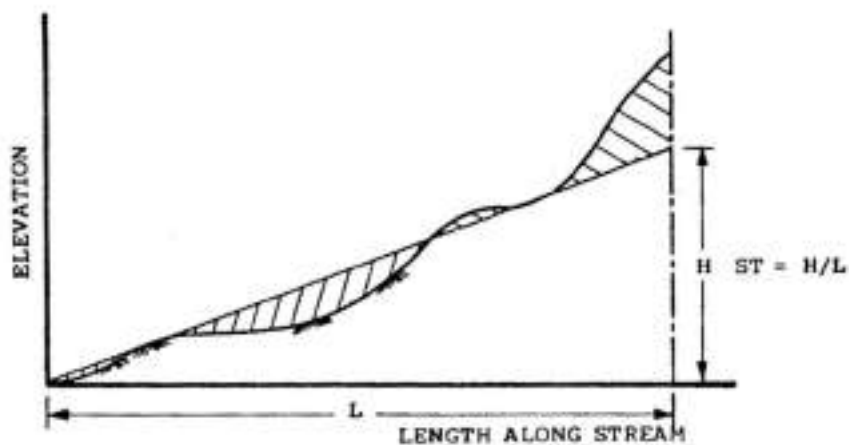
ลักษณะทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญของกลุ่มน้ำที่จำเป็นต้องทราบ สำหรับนำมาใช้ในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด เพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำ ได้แก่ ความยาวของลำน้ำหลัก และความลาดชันเฉลี่ยบนลำน้ำสายหลัก ซึ่งมีนิยามดังนี้

- ความยาวของลำน้ำหลัก คือความยาวของกลุ่มน้ำวัดตามแนวลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงสันเขาหรือสันปันน้ำที่อยู่ไกลสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.1-2



รูปที่ 2.1-2 ความหมายของความยาวบนลำน้ำสายหลัก

- ความลาดชันเฉลี่ยบนลำน้ำสายหลัก คือ ความลาดชันที่เกิดจากการลากเส้นสมมติตามรูปตัดตามยาว (Profile) ของลำน้ำแล้วส่งผลให้พื้นที่ใต้กราฟและพื้นที่เหนือกราฟ (พื้นที่ที่เกิดจากเส้นสมมติกับเส้นค่าระดับความสูงของพื้นที่) มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1-3



รูปที่ 2.1-3 แนวคิดการหาค่าความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก (Powell,2012)



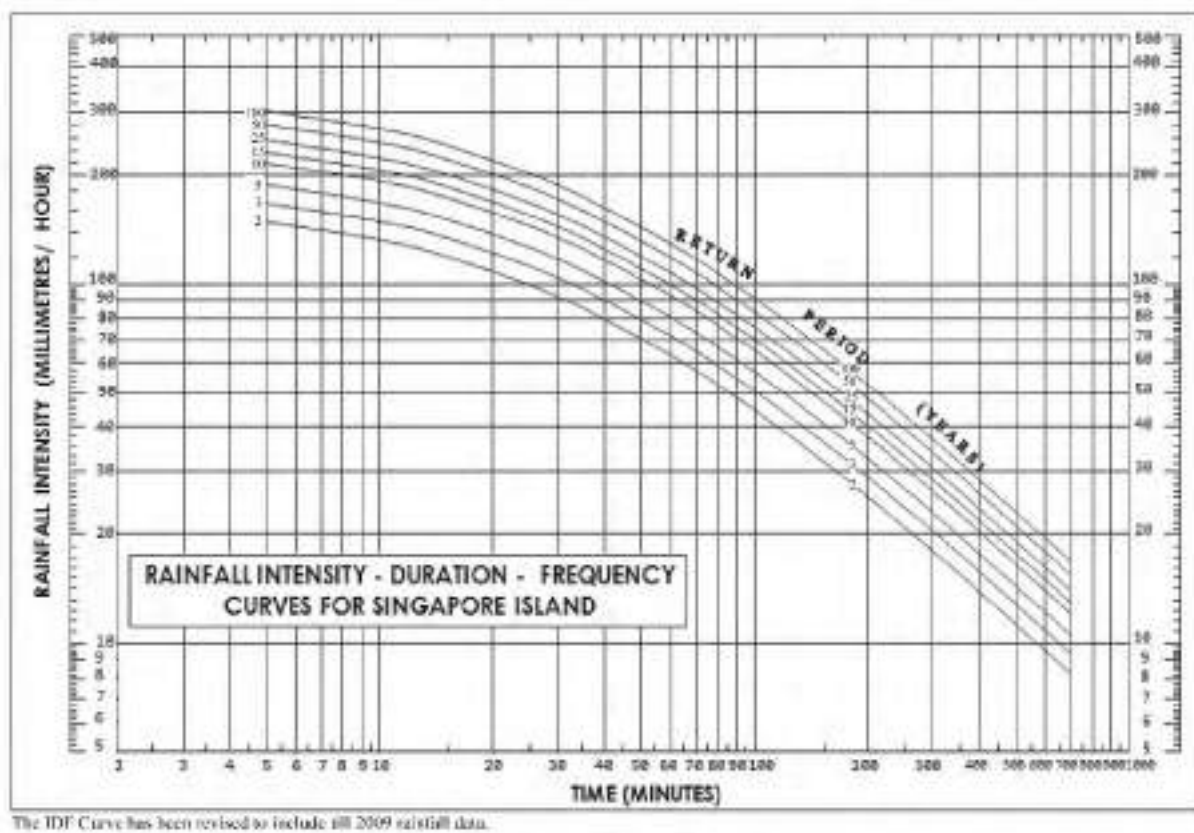
2) ปริมาณฝน (Rainfall)

ปริมาณฝนเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ โดยฝนเป็นรูปแบบหนึ่งของหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งเป็นน้ำที่ตกจากบรรยากาศอยู่ในหลายรูปแบบ ได้แก่ ฝน (Rain) หิมะ (Snow) ลูกเห็บ (hail) และฝนละออง (Drizzle) เป็นต้น โดยทั่วไปสามารถที่จะแยกประเภทของฝนตามสาเหตุที่ทำให้เกิดฝนตกได้ 4 ลักษณะ คือ

- (1) ฝนเกิดจากการพาความร้อน (Convective Storm) ซึ่งเกิดจากมวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นเมื่อปะทะอากาศเย็นข้างบน จึงกลั่นตัวตกเป็นน้ำฝน
- (2) ฝนภูเขา (Orographic Storm) ซึ่งเกิดจากมวลอากาศที่อุ้มน้ำพัดจากทะเลแล้วลอยมาปะทะภูเขา จากนั้นจะลอยตัวสูงขึ้นไปกลั่นตัวเป็นฝนตกลงมา ซึ่งฝนประเภทนี้จะเป็นสาเหตุของพื้นที่ฝนตกชุกบริเวณด้านหน้าเขาและพื้นที่เงาฝนบริเวณด้านหลังซึ่งมีฝนตกน้อย
- (3) ฝนในแนวอากาศ (Frontal Storm) เกิดจากมวลอากาศร้อนปะทะมวลอากาศที่มีอุณหภูมิเย็น ในชั้นบรรยากาศแล้วเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน
- (4) ฝนพายุหมุน (Cyclonic Storm) เกิดจากความกดอากาศสูงเคลื่อนไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ ทำให้มวลอากาศร้อนบริเวณพื้นดินในบริเวณความกดอากาศต่ำลอยตัวสูงขึ้น เมื่อปะทะอากาศเย็นข้างบน จึงกลั่นตัวตกเป็นน้ำฝน

อย่างไรก็ตามหากจะพิจารณาถึงตัวแปรของข้อมูลฝนที่สำคัญที่สุด ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ จะต้องพิจารณาข้อมูลค่าความเข้มฝน (Rainfall Intensity) ซึ่งหมายถึง ปริมาณฝนที่ตกในหนึ่งหน่วยเวลา มักนิยามวัดเป็นหน่วยความลึกต่อเวลา เช่น มิลลิเมตรต่อนาที หรือมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งหากฝนที่ตกมีค่าความเข้มฝนมาก นั่นหมายถึง มีฝนตกหนักมาก และหากฝนที่ตกมีค่าความเข้มของฝนตกมากกว่าอัตราการซึมของน้ำที่ไหลลงไปในดินแล้ว ปริมาณฝนส่วนเกินก็จะไหลเป็นน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน หรือเป็นปริมาณน้ำท่วมนั่นเอง

โดยทั่วไป ค่าความเข้มฝนมักถูกนำไปใช้ในการคำนวณเทียบเป็นค่าสถิติของความน่าจะเป็นในการเกิดฝนที่ค่าความเข้มฝนต่างๆ (Return Period) กับระยะเวลาการตกของฝน (Duration Time) และสามารถนำมาแสดงในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) ช่วงเวลาของการตก (Duration) และความถี่ของการเกิด (Frequency) หรือที่เรียกว่ากราฟ Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve หรือ IDF Curve ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1-4 ซึ่ง IDF Curve นี้ สามารถที่จะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดเพื่อการออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำได้ต่อไป



รูปที่ 2.1-4 ตัวอย่าง Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve หรือ IDF Curve
(PUB, Singapore National Water Agency, 2009)



3) น้ำท่า (Runoff)

น้ำท่าเป็นข้อมูลที่สำคัญทางด้านอุทกวิทยาที่วิศวกรจะต้องทราบ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณขนาดอาคารระบายน้ำ โดยรูปแบบของข้อมูลน้ำท่าที่มักนำมาใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ ข้อมูลอัตราการไหล และข้อมูลกราฟน้ำท่า ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

(1) ข้อมูลอัตราการไหล

ข้อมูลอัตราการไหลเป็นข้อมูลปริมาตรการไหลต่อหน่วยเวลา ซึ่งโดยทั่วไปมักอยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (CMS ในหน่วย SI) หรือลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (CFS ในหน่วยอังกฤษ) ซึ่งโดยทั่วไปอัตราการไหลสามารถคำนวณได้จากสมการ

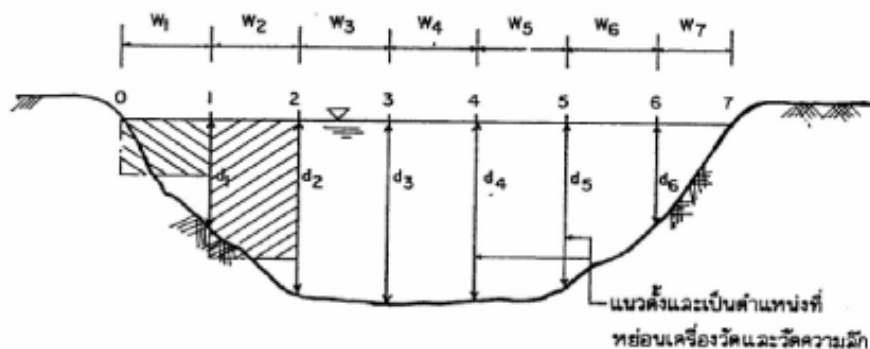
$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (ปริมาตร/เวลา)

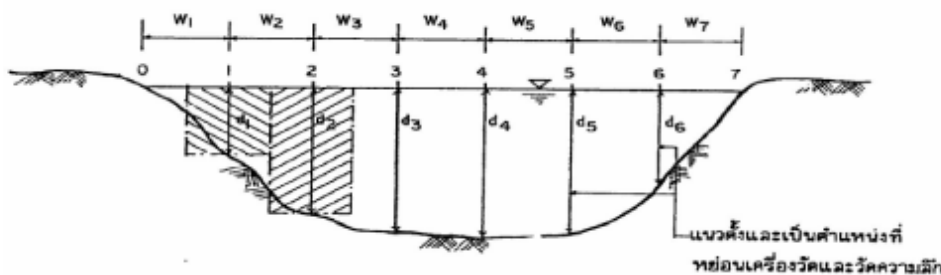
V = ความเร็วในการไหล (ระยะทาง/เวลา)

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล (พื้นที่)

หากเป็นการไหลในลำน้ำ ค่าความเร็วในการไหลสามารถตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องวัดกระแส (Current meter) โดยในการตรวจวัดจะมีการแบ่งพื้นที่หน้าตัดออกเป็นส่วนๆ ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธี Mean-Section และวิธี Mid-Section ซึ่งทั้ง 2 วิธี มีหลักการคล้ายกัน โดยมีจุดต่างกันที่การพิจารณาหน้าตัดในการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 2.1-5 และรูปที่ 2.1-6 โดยวิธีการคำนวณดังนี้



รูปที่ 2.1-5 การแบ่งพื้นที่ส่วนย่อยตามวิธี Mean-Section (สันติ, 2543)



รูปที่ 2.1-6 การแบ่งพื้นที่ส่วนย่อยตามวิธี Mid-Section (สันติ, 2543)

วิธี Mean-Section จะพิจารณาหน้าตัดระหว่างจุดที่ทำการวัดในการคำนวณ เช่น

- ช่วงที่ 1 ระหว่าง จุด 0 กับ จุด 1 ในรูปที่ 2.1-5
ความเร็วที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นความเร็วเฉลี่ยของ จุด 0 กับ จุด 1
ส่วนพื้นที่หน้าตัดจะพิจารณาเป็นรูปสามเหลี่ยม $A_1 = 0.5 \times (0 + d_1) \times W_1$
- ช่วงที่ 2 ระหว่าง จุด 1 กับ จุด 2 ในรูปที่ 2.1-5
ความเร็วที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นความเร็วเฉลี่ยของ จุด 1 กับ จุด 2
ส่วนพื้นที่หน้าตัดจะพิจารณาเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู $A_2 = 0.5 \times (d_1 + d_2) \times W_2$



วิธี Mid-Section จะพิจารณาหน้าตัด ณ จุดที่ทำการวัดในการคำนวณ เช่น

- **ช่วงที่ 1** เป็นจุด 1 ในรูปที่ 2.1-6

ความเร็วที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นความเร็วของจุด 1

ส่วนพื้นที่หน้าตัดจะพิจารณาเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า $A_1 = d_1 \times (W_1/2 + W_2/2)$

- **ช่วงที่ 2** ระหว่าง จุด 1 กับ จุด 2 ในรูปที่ 2.1-6

ความเร็วที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นความเร็วของจุด 2

ส่วนพื้นที่หน้าตัดจะพิจารณาเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า $A_2 = d_2 \times (W_2/2 + W_3/2)$

ในแต่ละตำแหน่งของการวัดความเร็วกระแสน้ำ ควรวัดที่ระดับความลึกหลายระดับ เพื่อนำมาเฉลี่ยเป็นความเร็ว ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งโดยทั่วไปมักจะทำการวัดความเร็วการไหลที่ระดับความลึกของน้ำ 3 ตำแหน่ง ดังนี้

- $V_{0.2}$ = ความเร็วที่ 0.2d วัดจากผิวน้ำ

- $V_{0.6}$ = ความเร็วที่ 0.6d วัดจากผิวน้ำ

- $V_{0.8}$ = ความเร็วที่ 0.8d วัดจากผิวน้ำ

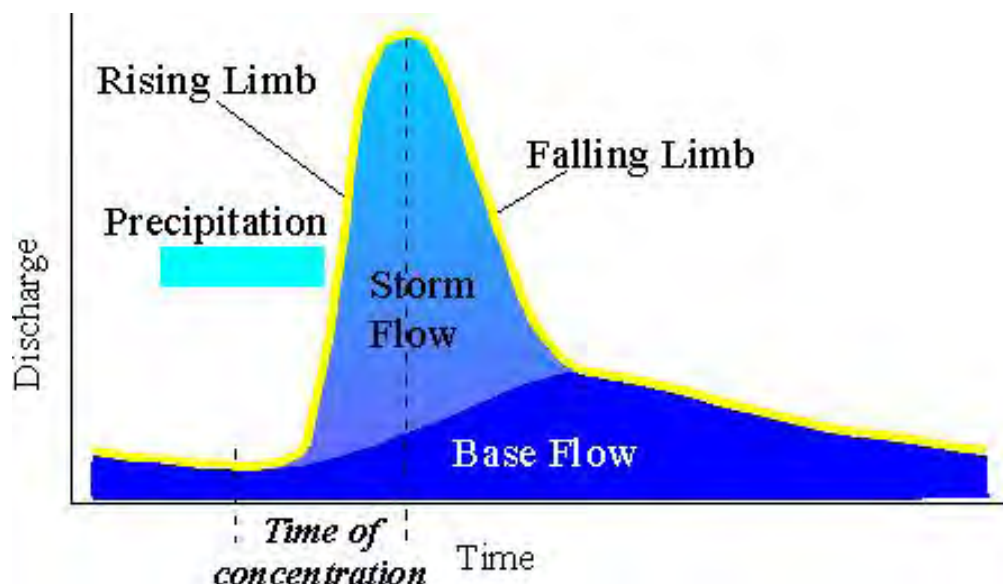
เมื่อ d คือ ความลึกน้ำของตำแหน่งที่ตรวจวัด

(2) ข้อมูลกราฟน้ำท่า (Hydrograph)

กราฟน้ำท่า (Hydrograph) เป็นข้อมูลที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลตามเวลา ณ ตำแหน่งที่พิจารณาใดๆ ซึ่งโดยทั่วไปกราฟน้ำท่าจะประกอบด้วยกราฟการไหล 2 ส่วน คือ การไหลของน้ำผิวดิน เรียกว่า Direct Runoff (หรือ Quickflow) และน้ำที่ไหลจากใต้ผิวดิน เรียกว่า Baseflow (ดังแสดงในรูปที่ 2.1-7) ซึ่งอธิบายความหมายได้ดังนี้

- **Direct Runoff** นั้นส่วนใหญ่เป็นน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลไปตามผิวดิน (Surface Runoff) นอกจากนี้ ยังรวมถึงน้ำฝนที่ตกลงในลำน้ำโดยตรง และน้ำไหลใต้ผิวดินบางส่วนที่ไหลผ่านผิวดินขึ้นมา โดยการเกิดของ Direct Runoff นี้อาจเกิดขึ้นทันทีเมื่อฝนเริ่มตกหรือหลังจากฝนตกไม่นาน และเพิ่มปริมาณจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง โดยปริมาณน้ำสูงสุดนั้น อาจเกิดขณะฝนกำลังตกก็ได้หากฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นหลังจากฝนหยุดตกไประยะหนึ่ง เนื่องจากน้ำจากจุดต่างๆ ในพื้นที่จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการไหลมารวมตัวกันที่ทางออก ซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ของลุ่มน้ำ

- **Baseflow** เป็นน้ำที่ไหลมาทางใต้ดินซึ่งไหลได้ช้ากว่า เวลาในการเดินทางจากจุดที่ฝนตกลงมาจนกระทั่งถึงทางออกของกลุ่มน้ำ อาจเป็นระยะเวลาหลายวันจนกระทั่งเป็นปี ปริมาณของน้ำส่วนนี้ในลำน้ำค่อนข้างจะคงที่โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล



รูปที่ 2.1-7 องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

(<https://nrcca.cals.cornell.edu/soil/CA6/CA0658.php>)

ในการนำกราฟน้ำท่าไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำนั้น สามารถใช้ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรง หากบริเวณที่ต้องการก่อสร้างอาคารระบายน้ำมีสถานีวัดน้ำท่า แต่หากไม่มีสถานีตรวจวัดก็จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างกราฟน้ำท่าขึ้นมา ซึ่งการสร้างกราฟน้ำท่าเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำนั้น จะต้องเริ่มจากการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) จากนั้นจึงนำกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทาดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลฝน เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำนองหรือปริมาณน้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำต่อไปได้



4) การคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

อัตราการไหลสูงสุดเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำ เนื่องจากเป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดขนาดของอาคารระบายน้ำ กล่าวคือ ขนาดของอาคารระบายน้ำที่ทำการออกแบบจะต้องสามารถรองรับปริมาณการไหลด้วยอัตราการไหลสูงสุดที่กำหนดได้ ซึ่งวิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในปัจจุบันมีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

- (1) วิธี Rational Formula
- (2) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)
- (3) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) ด้วยวิธีของ Snyder
- (4) วิธีกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค Regional Flood Frequency Analysis สำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย
- (5) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธี SCS
- (6) วิธี Slope-Area Method

โดยรายละเอียดของวิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงได้ดังนี้

(1) วิธี Rational Method

วิธีการนี้เป็นการหาอัตราการไหลสูงสุดของน้ำ โดยคิดจากปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่ตกลงในพื้นที่รับน้ำ (ปริมาณน้ำฝนที่เหลือจากการระเหย การซึมลงดิน การคายระเหย การอุ้มและเก็บกัก อยู่ในแอ่งน้ำต่างๆ) โดยมีสมมติฐานว่า การตกของฝนมีความเข้มสม่ำเสมอกระจายทั่วพื้นที่รับน้ำฝน ตลอดช่วงเวลาของฝนตกที่พิจารณา ซึ่งด้วยสมมติฐานดังกล่าว เป็นเหตุให้สูตรนี้เหมาะสมกับการคำนวณอัตราการไหลของน้ำกรณีที่พื้นที่รับน้ำขนาดไม่ใหญ่มากนัก เพราะยังพื้นที่รับน้ำมีขนาดใหญ่ การกระจายของฝนในพื้นที่รับน้ำก็ยิ่งแตกต่างกัน ความถูกต้องของการคำนวณก็จะยิ่งน้อยลงวิธี Rational Formula เป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศสำหรับหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทยกำหนดให้ใช้สูตรนี้ ในกรณีที่พื้นที่รับน้ำฝนไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร

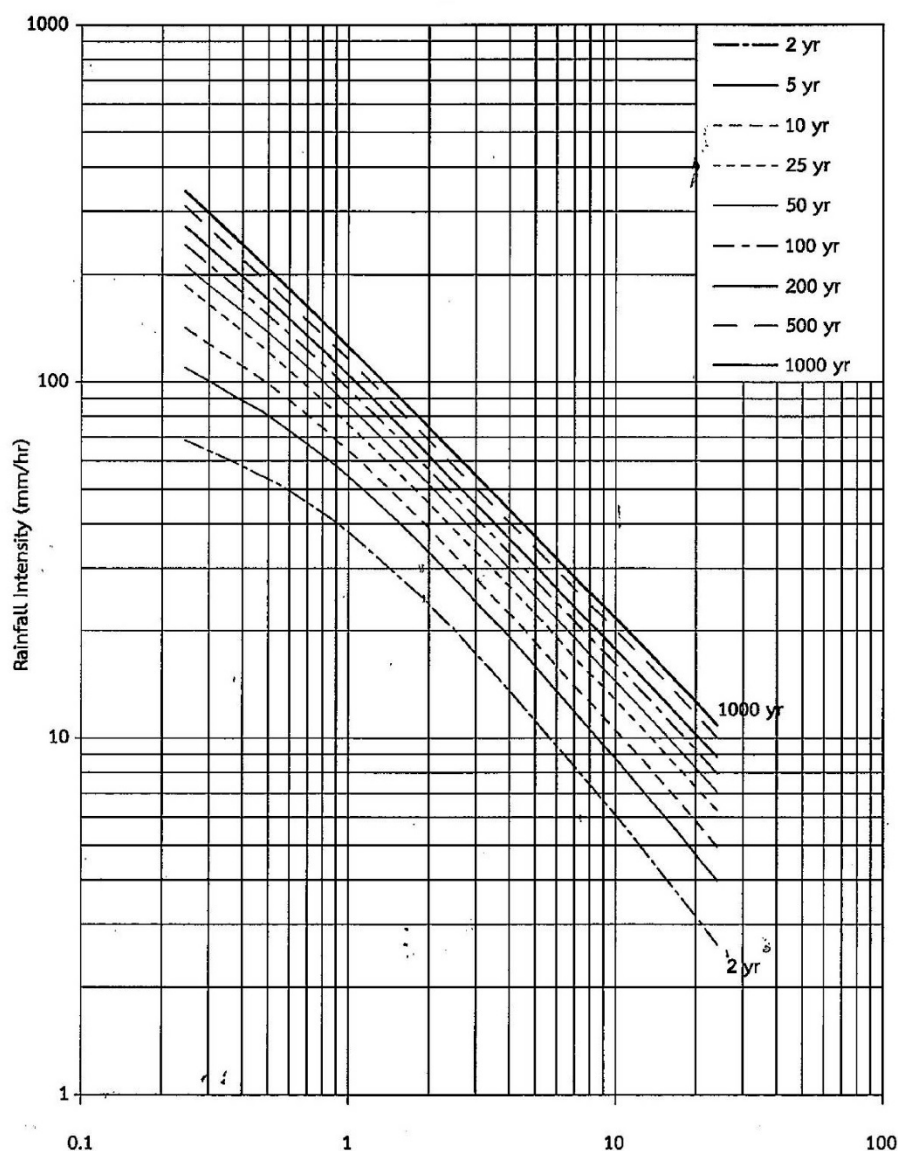
การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดสามารถหาได้ ตามสมการต่อไปนี้

$$Q = 0.278 \text{ CIA}$$



- เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุดของน้ำ ณ จุดที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ลบ.ม/วินาที
 C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Coefficient of Runoff) ขึ้นกับลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝน
 I = ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร/ชั่วโมง
 A = พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร สามารถหาได้จากการแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนในแผนที่เส้นชั้นความสูง หรือแผนที่แสดงโครงสร้างทางน้ำ

สำหรับค่าความเข้มของฝนได้จากกราฟความเข้มของฝน ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (Intensity) กับช่วงเวลาฝนตก (Duration) โดยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ความถี่การตกของฝน (Frequency Analysis) ที่ระดับความเข้มและช่วงเวลาต่างๆ จึงมักเรียกกราฟนี้ว่า IDF Curve ซึ่งในการจัดทำกราฟความเข้มของฝนดังกล่าว จำเป็นจะต้องมีข้อมูลน้ำฝนที่มีการเก็บอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานหลายปี โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องน้ำโดยตรง ได้แก่ กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต และกรมพัฒนาพลังงาน ได้จัดทำ IDF Curve ของสถานีน้ำฝนต่างๆ ซึ่งกระจายอยู่ในพื้นที่ทั่วประเทศ โดยตัวอย่างของ IDF Curve ดังแสดงในรูปที่ 2.1-8 ซึ่งในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ วิศวกรต้องเลือกใช้กราฟน้ำฝนของสถานีวัดที่อยู่ใกล้โครงการมากที่สุด



รูปที่ 2.1-8 ตัวอย่างของ IDF Curve

สำหรับการหาค่าความเข้มของฝน (I) จากกราฟจำเป็นต้องทราบค่าตัวแปรต่อไปนี้คือ

1. รอบปีการเกิดซ้ำของน้ำฝน (Return period) ที่ใช้ในการออกแบบซึ่งกำหนดตามหลักเกณฑ์ที่กล่าวแล้วข้างต้น
2. ช่วงเวลาการตกของฝน (Duration) ที่ใช้การคำนวณกำหนดให้เท่ากับช่วงเวลาที่น้ำฝนส่วนเกินที่ตกในพื้นที่รับน้ำไหลมารวมพร้อมกัน ณ จุดที่ตั้งของอาคารระบายน้ำที่พิจารณาออกแบบ (Time of Concentration) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้



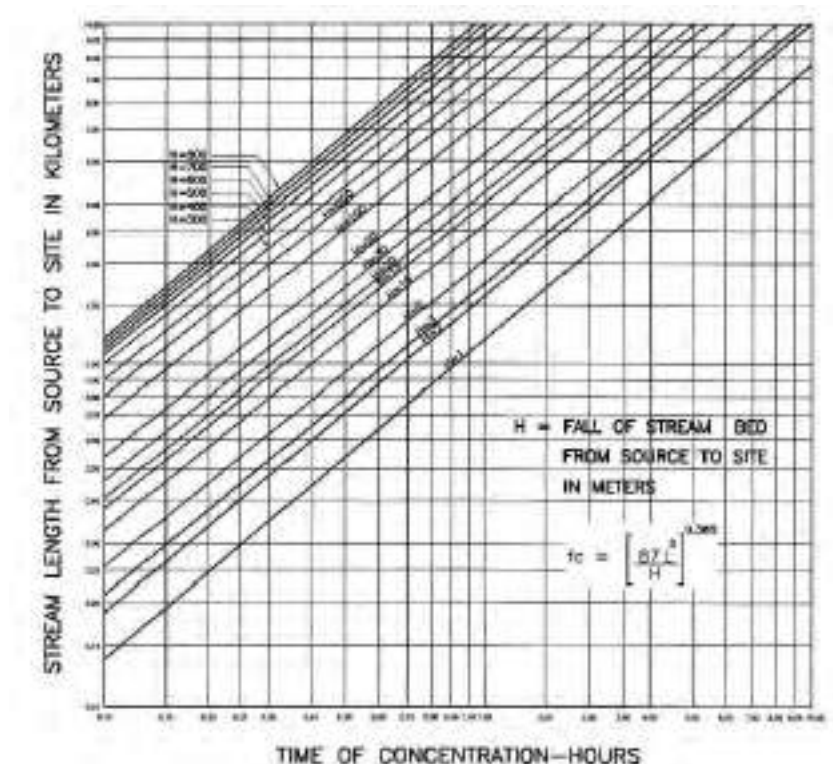
$$T_c = \left[\frac{0.87L^3}{H} \right]^{0.385}$$

เมื่อ T_c = Time of Concentration มีหน่วยเป็นชั่วโมง

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ จากจุดไกลที่สุดบนสันปันน้ำถึงตำแหน่งที่พิจารณาออกแบบอาคารระบายน้ำมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

H = ความแตกต่างระหว่างระดับพื้นดินที่จุดไกลสุดบนสันปันน้ำกับระดับที่ตำแหน่งอาคารระบายน้ำที่พิจารณามีหน่วยเป็นเมตร

ทั้งนี้ค่า T_c ตามสมการดังกล่าวสามารถอ่านค่าได้จากกราฟในรูปที่ 2.1-9 หากทราบความยาวลำน้ำจนถึงตำแหน่งที่พิจารณาและความแตกต่างระหว่างระดับพื้นดินที่จุดไกลสุดบนสันปันน้ำกับระดับที่ตำแหน่งอาคารระบายน้ำ



รูปที่ 2.1-9 กราฟแสดงการประเมินค่า TC



นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณค่า ค่า T_c ได้จากสมการอื่นดังตารางที่ 2.1-1 เนื่องจากความลาดชันของพื้นที่รับน้ำฝนตามแนวทางการไหลของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงๆ โดยมากมักมีความลาดชันสูงบริเวณต้นน้ำและมีความลาดชันน้อยลงเมื่อระยะทางน้ำไหลที่มีความลาดชันใกล้เคียงกันแล้วนำค่า T_c ของแต่ละช่วงมารวมกัน

ตารางที่ 2.1-1 สมการที่ใช้คำนวณเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า (Time of concentration, t_c)

Method and date	Formula for t_c (min)
Kirpich (1940)	$T_c = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$ L = Length of channel/ditch from headwater to outlet, ft S = Average watershed slope, ft/ft
USBR Design of Small Dams (1973)	$T_c = 60(11.9L^{3/4}/H)^{0.385}$ L = Length of longest watercourse, mi H = Elevation difference between divide and outlet, ft
Izzard (1946)	$T_c = \frac{41.025(0.0007i + \alpha L)^{0.33}}{S^{0.33} i^{0.667}}$ i = Rainfall intensity, in/hr c = Retardance coefficient L = Length of flow path, ft S = Slope of flow path, ft/ft
Federal Aviation Administration (1970)	$T_c = 1.8(1.1 - c)L^{0.50} S^{0.333}$ C = Rational method runoff coefficient L = Length of overland flow, ft S = Surface slope, %
ASCE Kinematic Wave Morgali and Linsley (1965)	$T_c = \frac{0.94L^{0.6} n^{0.6}}{(i^{0.4} S^{0.3})}$ L = Length of overland flow, ft n = Manning roughness coefficient i = Rainfall intensity, in/hr S = average overland slope, ft/ft



ตารางที่ 2.1-1 (ต่อ) สมการที่ใช้คำนวณเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า (Time of concentration, t_c)

Method and date	Formula for t_c (min)
SCS Lag Equation (1972)	$t_c = \frac{1.67L^{0.8}[(1000/CN) - 9]^{0.6}}{1900^{0.5}}$ L = Hydraulic length of watershed (longest flow path), ft CN = SCS runoff curve number S = Average watershed slope, %
SCS Average Velocity (1975)	$t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$ L = Length of flow path V = Average velocity in feet per second

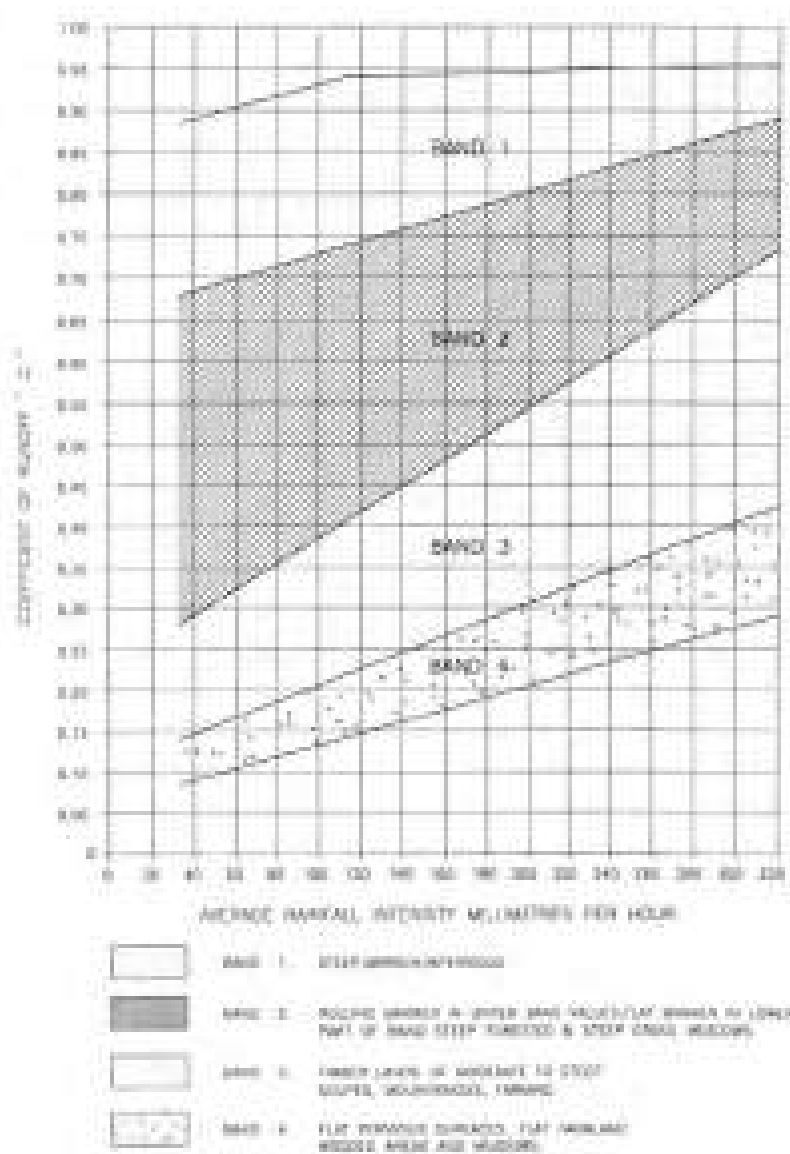
การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยวิธี Rational Formula เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย แต่ความถูกต้องแม่นยำของการคำนวณขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการเลือกใช้ ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าหรือค่า C ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนที่รวมเป็นน้ำท่าไหลออกจากพื้นที่รับน้ำที่พิจารณาโดยค่า C จะแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขของพื้นที่รับน้ำซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ความลาดเอียงของพื้นที่รับน้ำชนิดและความลึกของชั้นดิน ชนิดและความหนาแน่นของพืชปกคลุมดินการใช้พื้นที่ (Land Used) การเก็บกักภายในพื้นที่รับน้ำ (Surface Storage) รวมทั้งความชื้นและความต่อเนื่องของฝน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องค่อนข้างยากในการเลือกใช้ค่า C ที่เหมาะสม มีหลายหน่วยงานได้เสนอแนวทางในการเลือกใช้ค่า C ทั้งในรูปแบบของกราฟและตาราง ได้แก่ กราฟสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff Coefficient) ตามรูปที่ 2.1-10 ซึ่งกรมทางหลวงได้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบมานาน โดยกราฟดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่ากับความชื้นของฝน สำหรับพื้นที่รับน้ำที่มีลักษณะแตกต่างกัน 4 แบบ ซึ่งพื้นที่รับน้ำแต่ละแบบจะมีช่วงของค่า C ที่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดมากพอสมควร ดังนั้นกราฟดังกล่าวจึงควรใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับเลือกช่วงของค่า C ควรใช้ข้อมูลอื่นประกอบในการเลือกค่า C ที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ชนิดของดิน ชนิดและความหนาแน่นของพืชคลุมดิน ปริมาณการเก็บกักตามแอ่งน้ำธรรมชาติและที่สร้างขึ้น เป็นต้น

นอกจากนั้นแล้ว ยังมีการเสนอแนวทางการประเมินค่า C โดย Chow et al (1988) ดังตารางที่ 2.1-2 ซึ่งมีการแบ่งคุณลักษณะของพื้นผิวพื้นที่รับน้ำฝนที่ละเอียดมากขึ้น โดยค่า C จะขึ้นอยู่กับรอบการเกิดซ้ำของฝนที่เลือกใช้ด้วย อย่างไรก็ตามควรจะนำข้อมูลชนิดของดิน และปริมาณเก็บกักมาพิจารณาปรับค่าที่ได้จากตารางนี้ด้วย



หน่วยงาน Soil Conservation Service (scs) สหรัฐอเมริกาได้ศึกษาค่า C โดยแบ่งดินชนิดต่างๆ เป็น 4 กลุ่ม ตามตารางที่ 2.1-3 และได้เสนอค่า C สำหรับดินกลุ่ม B ซึ่งเป็นพื้นที่การเกษตร ดังตารางที่ 2.1-4 ส่วนค่า C สำหรับดินกลุ่มอื่น คือกลุ่ม A กลุ่ม C และกลุ่ม D หาได้โดยการคูณด้วยแฟคเตอร์ ตามตารางที่ 2.1-5

การเลือกใช้ค่า C จากตารางหรือกราฟใดนั้นวิศวกรผู้ออกแบบควรพิจารณาถึงข้อมูลเงื่อนไขลักษณะของพื้นที่รับน้ำที่ว่ามีคุณสมบัติคล่องกับการใช้ตารางหรือกราฟใด



รูปที่ 2.1-10 กราฟการประเมินสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff Coefficient)



ตารางที่ 2.1-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การไหลออกที่ใช้ในสูตร Rational Formula

คุณลักษณะของพื้นที่	รอบปีการเกิดซ้ำ - ปี						
	2	5	10	25	50	100	500
พื้นที่พัฒนา							
ลาดยาง	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
คอนกรีต/หลังคา	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
พื้นที่หญ้า (สนาม, สวนสาธารณะ เหล่านี้เป็นต้น)							
สภาพเลว (สนามหญ้าคลุมน้อยกว่า 50% ของพื้นที่)							
1) เรียบ 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
2) เฉลี่ย 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
3) ขึ้นเกิน 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
สภาพค่อนข้างดี (หญ้าปกคลุมน้อยกว่า 50% - 75% ของพื้นที่)							
1) เรียบ 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
2) เฉลี่ย 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
3) ขึ้นเกิน 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
สภาพดี (หญ้าปกคลุมน้อยกว่า 75% ของพื้นที่)							
1) เรียบ 0-2%	0.21	0.23	0.35	0.29	0.32	0.36	0.49
2) เฉลี่ย 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
3) ขึ้นเกิน 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
พื้นที่ยังไม่พัฒนา							
พื้นที่เพาะปลูก							
1) เรียบ 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
2) เฉลี่ย 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
3) ขึ้นเกิน 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
ทุ่งหญ้า / ทุ่งหญ้าปศุสัตว์							
1) เรียบ 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
2) เฉลี่ย 2-7%	0.33	0.39	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
3) ขึ้นเกิน 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
ป่าโปร่ง / ป่าละเมาะ							
1) เรียบ 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
2) เฉลี่ย 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
3) ขึ้นเกิน 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58



ตารางที่ 2.1-3 แสดงการให้ค่าจำกัดความการแบ่งชนิดของดินตามแนวทางของ SCS Hydrologic Soil Groups

Soil Group	Description	Final Infiltration Rate (mm/h)	Soil Texture
A	Lowest runoff potential. Includes deep sands with very little silt and clay, also deep, rapidly permeable loess.	8-12	Sand, Loamy sand, Sand loam
B	Moderately low runoff potential. Mostly sandy soils less deep than A, and loess deep or less aggregated than A, but the group as a whole has above – average infiltration after thorough wetting	4-8	Silt loam, loam
C	Moderately high runoff potential. Comprises shallow soils and soil containing considerable clay and colloids, though less than those of group D. The group has below – average infiltration after presaturation.	1-4	Sandy clay Loam
D	Highest runoff potential. Includes mostly clays of high swelling percent, but the group also includes some shallow soils with nearly impermeable subhorizons near the surface	0-1	Clay loam, Silty clay Loam Sandy clay, Silty clay clay



ตารางที่ 2.1-4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับดิน Group B

Crop and Hydrologic Condition mm/h	Coefficient C for Rainfall Rates of		
	25 mm/h	100 mm/h	200mm/h
Row crop , poor practice	0.63	0.65	0.66
Row crop , good practice	0.47	0.56	0.63
Small grain , poor practice	0.38	0.38	0.38
Small grain , good practice	0.18	0.21	0.22
Meadow , rotation , good	0.29	0.36	0.39
Pasture , permanent , good	0.02	0.17	0.23
Woodland , mature , good	0.02	0.01	0.15

ตารางที่ 2.1-5 แสดงค่า Conversion Factor สำหรับ for Hydrologic Soil Groups A, C, and D

Crop and Hydrologic Condition	Factors for Converting C for Groups A, C, and D		
	Group A	Group C	Group D
Row crop , poor practice	0.89	1.09	1.12
Row crop , good practice	0.86	10.9	1.14
Small grain , poor practice	0.86	1.11	1.16
Small grain , good practice	0.84	1.11	1.16
Meadow , rotation , good	0.81	1.13	1.18
Pasture , permanent , good	0.64	1.21	1.31
Woodland , mature , good	0.45	1.27	1.4

การหาค่า C ในกรณีที่สภาพพื้นที่ภายในพื้นที่รับน้ำฝนมีความแตกต่างกัน เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน การใช้พื้นที่ และพืชปกคลุม เป็นต้น ควรแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนเป็นพื้นที่ย่อย ค่า C เฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำทั้งหมดได้จากการเฉลี่ยค่า C ของพื้นที่ย่อยตามน้ำหนักขนาดของพื้นที่ย่อยดังนี้

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A_{Total}}$$

$$= \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_{Total}}$$



เมื่อ C_i = สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับพื้นที่ย่อยใดๆ
 A_i = ขนาดของพื้นที่รับน้ำย่อยใดๆ
 n = จำนวนพื้นที่ย่อย

(2) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า คือ กราฟน้ำท่าผิวดินที่เกิดจากฝนสุทธหรือฝนส่วนเกิน 1 หน่วย ซึ่งแผ่กระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยอัตราการตกคงที่ในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งในกรณีของประเทศไทย กรมชลประทานได้ทำการวิเคราะห์ และรวบรวมกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำต่างๆ ตามเอกสาร Hydrology No.1502/08 ฉบับปรับปรุงแก้ไขซึ่งดำเนินการโดยส่วนอุทกวิทยาสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ เมื่อปี 2552 โดยเป็นความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (T_p) และความสัมพันธ์ของปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) กับตัวแปรต่างๆ ของกลุ่มน้ำและลำน้ำดังสมการต่อไปนี้

$$T_p = a(LL_c / \sqrt{S})^b$$

$$Q_p/A = C(T_p)^d$$

เมื่อ T_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (ชั่วโมง)
 Q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลูกบาศก์เมตร/วินาที/มิลลิเมตร)
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสุดบนสันปันน้ำ (กิโลเมตร)
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำมากที่สุด (กิโลเมตร)
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่
 A = ขนาดของพื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร)
 a, b, c, d = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน ซึ่งจะต้องคำนวณหาจากข้อมูลที่มีอยู่จริงในแต่ละลุ่มน้ำ



โดยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ ค่าพื้นที่รับน้ำฝน (A) ค่าความยาวลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) ค่าความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่ (S) หาได้จากการวัดในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

สำหรับค่า เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (T_p) และค่าปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Q_p) หาได้จากข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริงของแต่ละสถานี

จากพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่คำนวณได้จากสมการทั้ง 2 นำไปประยุกต์กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless) ก็สามารถคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำย่อยได้ ซึ่งกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless) ของสถานีสำรวจอุทกวิทยา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1-6

ตารางที่ 2.1-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง T_p และ LL_c/S และความสัมพันธ์ระหว่าง Q_p/A และ T_p ของสำหรับกลุ่มน้ำต่างๆ

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	จำนวนสถานี ที่ใช้วิเคราะห์	$T_p = a(LL_c / \sqrt{S})^b$			$Q_p/A = c(T_p)^d$		
			a	b	r^2	c	d	r^2
1	ปิง	11	0.5924	0.3108	0.7246	0.2094	-1.0018	0.8893
2	วัง	5	0.0396	0.5573	0.8717	0.3202	-1.1688	0.9154
3	ยม	5	1.6375	0.2377	0.7448	0.2385	-1.0291	0.8666
4	น่าน	5	4.4121	0.1560	0.8190	1.6160	-1.6074	0.8390
5	โขง	12	0.2837	0.3979	0.6433	0.2175	-1.0008	0.7821
6	ชี	7	0.0092	0.7214	0.9614	0.1625	-0.9550	0.9542
7	มูล	11	0.1909	0.5293	0.7052	0.2434	-0.9887	0.8272
8	ป่าสัก	7	0.0234	0.6820	0.881	0.1095	-0.7042	0.6753
9	ภาคตะวันออก	13	0.7731	0.3433	0.7451	0.1803	-0.9535	0.9022
10	ภาคตะวันตก	11	1.3152	0.2621	0.7117	0.1662	-0.8747	0.5752
11	ภาคใต้	17	1.2636	0.2956	0.5804	0.5379	-1.2642	0.8590



ขั้นตอนการหาอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า มีดังนี้

1. หาข้อมูลตัวแปรที่ต้องใช้ คือ
 - A หน่วยเป็น ตารางกิโลเมตร
 - L หน่วยเป็น กิโลเมตร
 - L_c หน่วยเป็น กิโลเมตร
 - S ความลาดเทของลำน้ำหลัก
 - I ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำ (มม.) จะใช้ฝนสูงสุด (มม./ชม.) ตามรอบ Return Period ที่ต้องการคำนวณ
2. คำนวณค่า T_p จากสมการ T_p ของแต่ละลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มน้ำปิง $T_p = 0.5924(LL_c\sqrt{s})^{0.3108}$
3. คำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดของฝนหนึ่งหน่วย Q_p จากสมการกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของแต่ละลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มแม่น้ำปิง $Q_p = A \times 0.2094 \times (T_p)^{-1.0018}$
4. หาช่วงเวลาการตกของฝนวิกฤต (Duration, T_r) โดยหาได้จาก 2 สมมติฐาน คือ
 - ช่วงเวลาการตกของฝนวิกฤต เท่ากับช่วงเวลาการไหลรวมของน้ำ (Time of Concentration) ซึ่งสามารถหาได้จากสูตรการหาค่า T_c ที่กล่าวถึงแล้วข้างต้น
 - ให้ช่วงเวลาการตกของฝน $T_r = T_p/5.5$ เลือกใช้ค่า T_r ที่น้อยกว่า
5. นำค่า T_r ที่ได้ไปหาค่าความเข้มของฝน (I) ในรอบปีที่ใช้ออกแบบ จาก IDF Curve
6. หาค่าวิกฤตฝน $I_r = I \times T_r$
7. หาค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่าจากปริมาณฝนรวม (ฝนเฉลี่ยรายวัน) เช่น
ลุ่มน้ำยม $Co = 0.1787 RF + 3.8849$ $Co = \dots\dots\dots\%$
8. หาค่าปริมาณน้ำฝนใช้การ $= Co \times I_r$
9. อัตราการไหลสูงสุด $= (Co \times I_r) \times Q_p$ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

สำหรับข้อจำกัดในการใช้ Unit Hydrograph ในการประเมินอัตราการไหลสูงสุด คือ

1. พื้นที่ลุ่มน้ำ ไม่ควรเกิน 10,000 ตารางกิโลเมตร
2. ด้านเหนือน้ำ ต้องไม่มีอ่างเก็บน้ำ หรือฝายขนาดใหญ่



ทั้งนี้ข้อมูลที่ต้องมี (ณ จุดที่ตั้งที่ต้องการหาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดและปริมาตรน้ำนอง) ได้แก่

1. ขนาดพื้นที่รับน้ำฝน (A) - ตารางกิโลเมตร
2. ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดที่พิจารณาถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) - กิโลเมตร
3. ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดที่พิจารณาถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำมากที่สุด (Lc) กิโลเมตร
4. ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่ (S)
5. ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ - มิลลิเมตร (ช่วงเหตุการณ์ที่ต้องการประเมิน)

(3) วิธีการหาความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis)

การวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธีการหาความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาคสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย ที่ใช้ในคู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง กรมทางหลวง ได้อ้างอิงมาจากเอกสารทางวิชาการ Hydrology No.1356/02 ซึ่งจัดทำโดยส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาบริหารน้ำ ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาคือพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็นภาคใหญ่ 6 ภาค ตามลักษณะภูมิประเทศ คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ ซึ่งในแต่ละภาคยังแบ่งย่อยตามพื้นที่ลุ่มน้ำหลักอีกหลายลุ่มน้ำ ดังนี้

1. ภาคเหนือแบ่งเป็นลุ่มน้ำหลัก 7 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำอิง และลุ่มน้ำสาละวิน
2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งเป็น 3 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล
3. ภาคกลาง แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำท่าจีน
4. ภาคตะวันออก แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำปราจีน ลุ่มน้ำโตนเลสาบ (ทะเลสาบเขมร) และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
5. ภาคตะวันตก แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มแม่น้ำกลอง ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี ลุ่มแม่น้ำปราณบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก
6. ภาคใต้ แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำตาปี และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

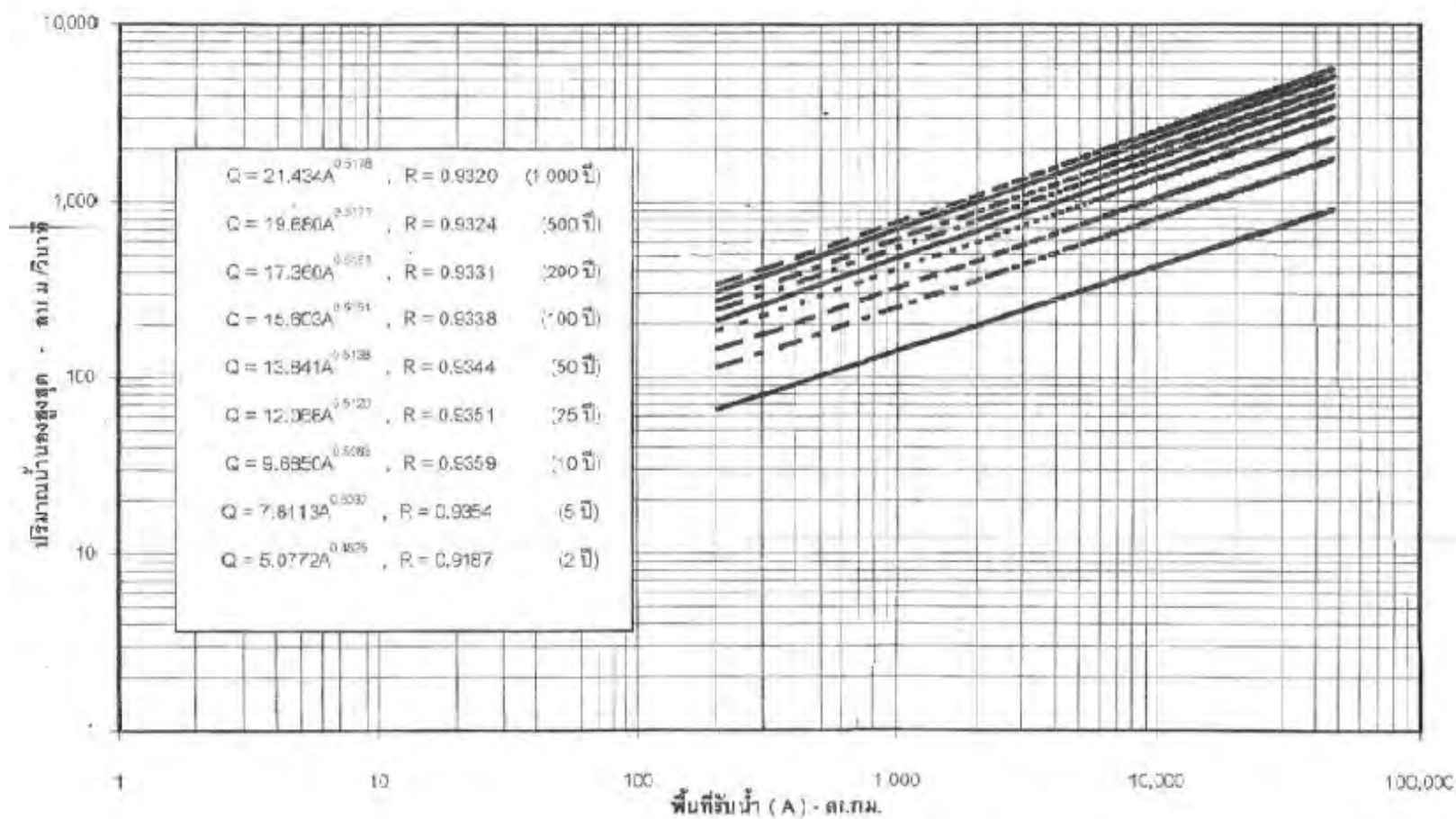
สำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (Q_T) กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) นั้น ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ตัวแปรความสัมพันธ์แบบถดถอย (Regression) ในรูปสมการต่อไปนี้



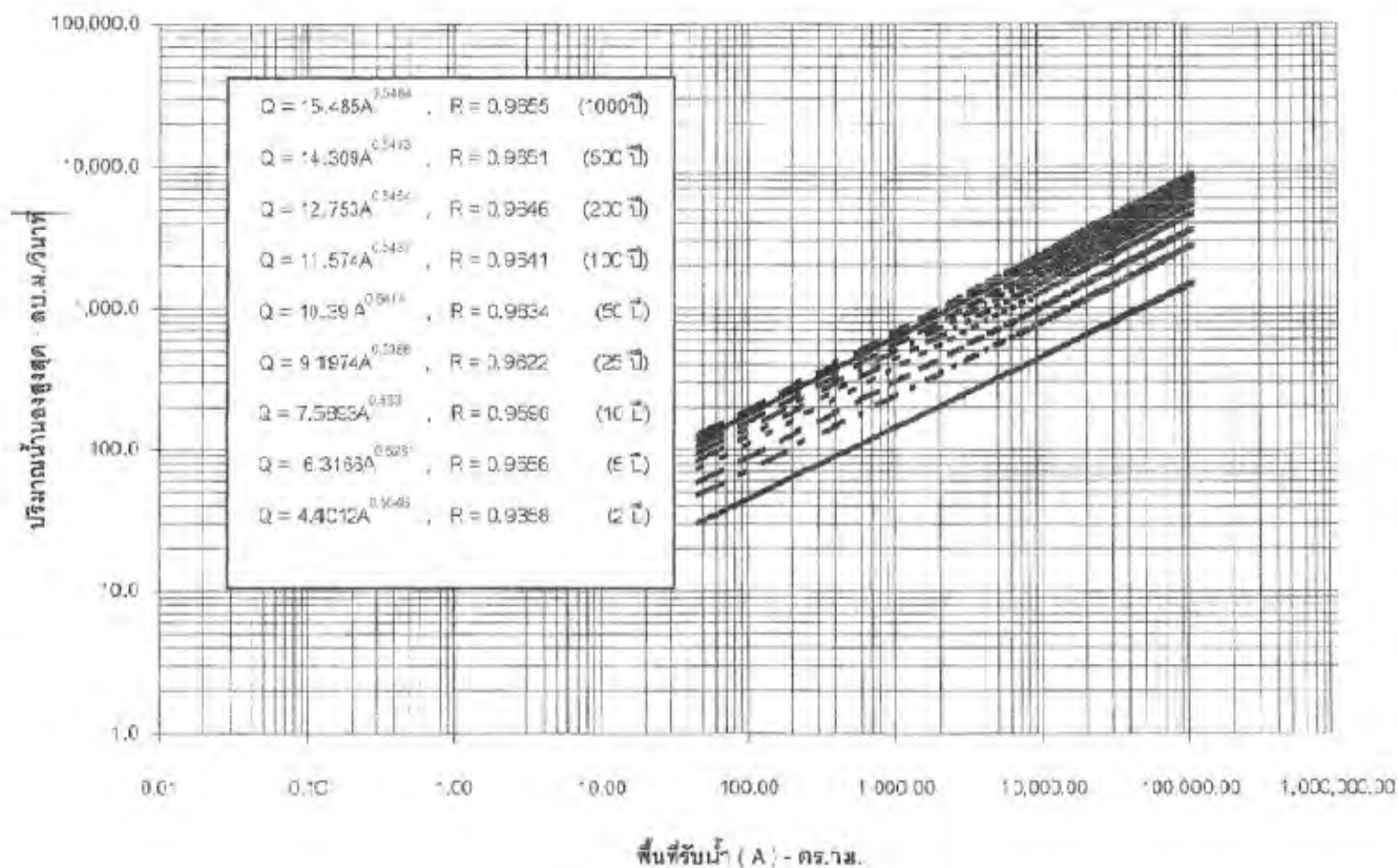
$$Q_{Tr} = aA^b$$

เมื่อ Q_{Tr} = พื้นที่รับน้ำ หน่วยเป็นตารางกิโลเมตร
 a, b = สัมประสิทธิ์สมการถดถอย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด (Q_{Tr}) กับพื้นที่รับน้ำ (A) สำหรับลุ่มน้ำต่างๆ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.1-11 และรูปที่ 2.1-12 ซึ่งวิธีการประเมินวิศวกรผู้ออกแบบเพียงกำหนดค่าพื้นที่รับน้ำของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จากนั้นพิจารณาว่าพื้นที่ศึกษาอยู่ในลุ่มน้ำใด ก็ให้แทนค่าขนาดพื้นที่รับน้ำไปในสมการความสัมพันธ์แบบถดถอย (Regression) ของลุ่มน้ำนั้นตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบ ก็จะสามารถประเมินอัตราการไหลสูงสุดสำหรับการออกแบบได้



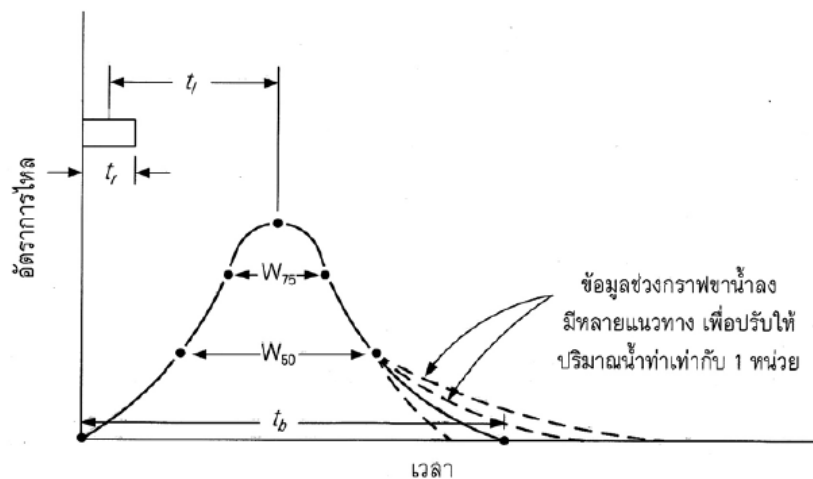
รูปที่ 2.1-11 ตัวอย่างของกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค ของลุ่มน้ำชี



รูปที่ 2.1-12 ตัวอย่างของกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค ของลุ่มน้ำมูล

(4) วิธีกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis)

วิธีการนี้เป็นวิธีการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า สำหรับบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งไม่มีสถานีวัดน้ำท่า โดยจะทำการสังเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าขึ้นมา ซึ่งหลักการสังเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าได้ถูกนำเสนอโดย Snyder F.F ในปี ค.ศ. 1938 ซึ่งได้นำข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำแห่งนี้ ซึ่งมีขนาด 10 ถึง 10,000 ตารางไมล์ จากพื้นที่ราบสูงของเทือกเขาแอพพาลาเชียนในสหรัฐอเมริกา มาทำการคำนวณตัวแปรต่างๆ คือ Time Lag ฐานเวลา (Time base) ช่วงเวลาวิกฤตของฝน ดังแสดงในรูปที่ 2.1-13



รูปที่ 2.1-13 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ตามวิธีของ Snyder

Snyder สามารถหาค่าอัตราการไหลที่ช่วงเวลาต่างๆ เนื่องจากฝนตกในพื้นที่รับน้ำได้ และสำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำในทาง ตัวแปรสำคัญที่ต้องการทราบคือค่าอัตราการไหลสูงสุด (Peak Discharge) ซึ่งในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จะต้องมีการคำนวณได้จากสมการต่างๆ ดังนี้

1. ช่วงเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (Time to peak, T_t)

$$T_t = C_t (LL_c)^{0.03}$$



- เมื่อ L = คือระยะทางตามแนวลำน้ำสายหลักจากจุดไกลสุด บนสันปันน้ำถึงตำแหน่งที่พิจารณาออกแบบอาคารระบายน้ำ หน่วยเป็นกิโลเมตร
- L_c = คือระยะทางตามแนวลำน้ำสายหลัก จากจุดที่ใกล้จากจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่รับน้ำมากที่สุด ถึงจุดที่พิจารณาออกแบบอาคารระบายน้ำมีหน่วยเป็นกิโลเมตร
- C_t = คือค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทและที่ตั้งของลำน้ำ

ค่า L และ L_c ประมาณค่าได้จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ สำหรับค่า C_t จากผลการศึกษาของ Snyder ในพื้นที่ราบสูงแอพาลาเชียน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.8 ถึง 2.2

2. ช่วงเวลาวิกฤตของฝน (Critical Rainfall Duration, T_r)

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{T_i}{5.5} \\ &= \frac{C_t}{5.5} (L \cdot L_c)^{0.3} \end{aligned}$$

สำหรับพื้นที่รับน้ำฝนในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานให้เลือกใช้ค่า $C_t = 1.5$ ดังนั้น

$$\begin{aligned} T_r &= 1.5/5.5 \times (L \cdot L_c)^{0.3} \\ \text{หรือ} &= 1.5/5.5 \times (L^{0.30})(L_1)^{0.30} \end{aligned}$$

เมื่อ T_r = ช่วงเวลาฝนวิกฤต มีหน่วยเป็นชั่วโมง

L_1 = อัตราส่วน (L_c/L)

เมื่อได้ T_r แล้วนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่า Q_p จากสูตร

$$Q_p = K_p / T_r$$

ค่า q_p = อัตราการไหลสูงสุดของกราฟ 1 หน่วยน้ำท่า มีหน่วยเป็นลิตร /วินาที/ตารางกิโลเมตร

K_p = สัมประสิทธิ์ มีค่าประมาณ 28 ถึง 34 ขึ้นอยู่กับความลาดชันของกลุ่มน้ำและพืชที่ปกคลุมดิน



นำ ค่า q_p ไปหาค่าอัตราการไหลสูงสุดจากพื้นที่ด้วยสมการ

$$Q = 0.001 q_p (-\phi) Tr A$$

- เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุดมีหน่วยเป็น ลบ.เมตร/วินาที
 = reduction factor สำหรับลดขนาด point rainfall intensity ในกรณีลุ่มน้ำขนาดใหญ่
 I = ความเข้มน้ำฝนมีหน่วยเป็น มม./ ชม. จากกราฟความเข้มน้ำฝน-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิดซ้ำ
 ϕ = ความสามารถซึมได้ของดิน (Infiltration capacity) มีหน่วยเป็น มม./ชั่วโมง
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำมีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถประเมินได้จาก ตารางที่ 2.1-7 ถึง ตารางที่ 2.1-9 และรูปที่ 2.1-14

ตารางที่ 2.1-7 ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge Coefficient) K_p

Catchment Topography	Peak Discharge Coefficient K_p
Foothills and gently undulating slopes with forest or grass cover	28-30
Steep forested terrain in the head waters, foothills and plain with a cover of forest or grass in the lower reaches	30-32
Steep forested slopes of high and low mountains	32-34

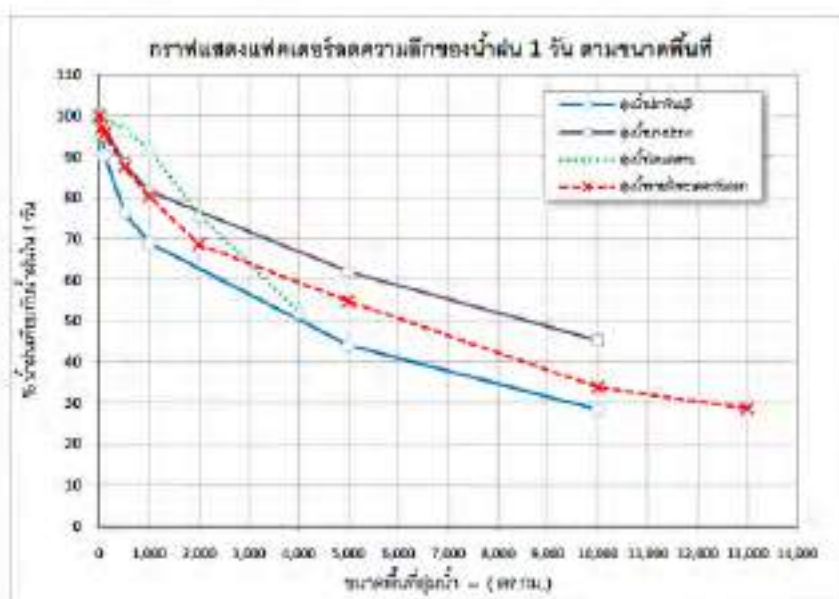
ตารางที่ 2.1-8 ค่าความสามารถซึมผ่านได้ของดิน (Infiltration capacity) (ϕ)

Cover Factor	Type	ϕ (mm/hr)		
		Clays	Clay Loams	Sandy Loams
1.0-2.0	Poor	2-9	4-13	5-20
2.0-4.0	Medium	5-7	8-27	13-45
4.0-8.0	Good	10-35	15-55	25-90

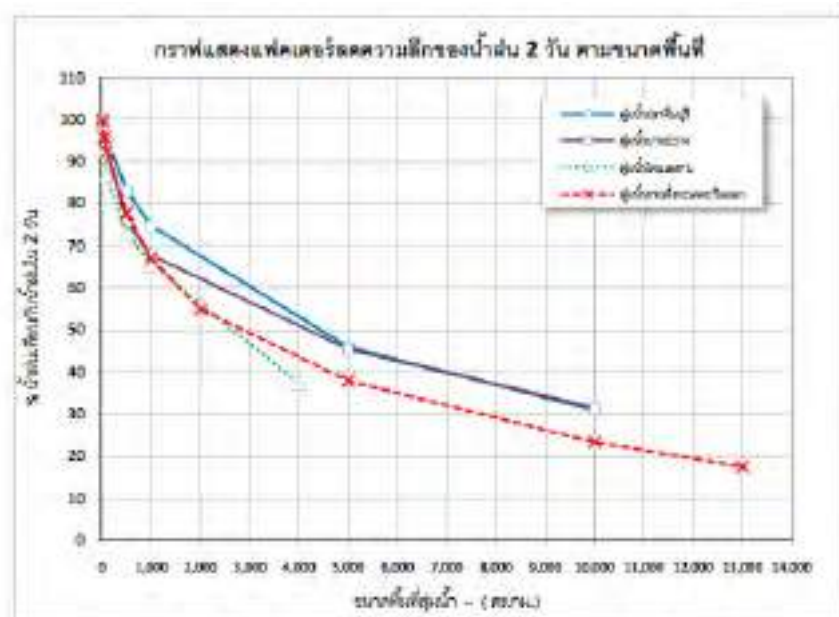


ตารางที่ 2.1-9 Infiltration Cover Factors

Vegetation	Condition	Cover Factor
Forest	Good-dense canopy, thick undergrowth, plant litter and humus more than 25 mm in thickness.	4.0-8.0
	Medium-thin forest, sparse undergrowth of shrubs and grasses, litter and humus 5-25 mm thick, slight soil erosion.	2.0-4.0
	Poor-Isolated clumps of tress and bamboo. Little grass between clumps, humus less than 5 mm thick, area eroded or overgrazed	1.0-2.0
Grasses (Including Rice)	Good-dense vegetal cover of high quality grass, areas in grass for several years, not overgrazed, inundated rice at all stages of growth.	4.0-8.0
	Medium-vegetal density 30-80 percent of that of good areas in grass at least 2 years , not overgrazed	2.0-4.0
	Poor-density of vegetation less than 30 percent of that of good areas, sparse growth of poor quality grass , area overgrazed	1.0-2.0
Close Growing Crops (Small Grains)	Good-high plant density, soil fertility at high level	2.5-3.0
	Medium-density and fertility 30-80 percent of that of good areas.	1.5-2.0
	Poor-sparse cover, density and fertility less than 30 percent of that good areas.	1.0-1.5
Row Crops	Good-flourishing vegetation ,high soil fertility ,land in best rotation, good framing practices followed	1.3-1.5
	Medium-vegetation good, fertility 30- 80 percent of that of good areas, land in fair rotation, conservative farming practices followed	1.1-1.5
	Poor-vegetation poor, fertility less than 30 percent of that of good areas, row crops grown continuously, poor farming practices followed ⁶	1.0-1.1



(ก) ฝนตก 1 วัน



(ข) ฝนตก 2 วัน

รูปที่ 2.1-14 กราฟแฟคเตอร์ลดน้ำฝนตามขนาดพื้นที่



(5) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธี SCS

วิธีการนี้มีความเหมาะสมในการประเมินปริมาณการไหลสูงสุด (ทั้งขนาดและปริมาตร) ณ จุดพิจารณาที่มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำระหว่าง 10 ถึง 2,500 ตารางกิโลเมตร ซึ่งโดยทั่วไป ณ จุดพิจารณาที่มีสถานีตรวจวัด กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสามารถประเมินได้จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้โดยตรง อย่างไรก็ตามสำหรับจุดพิจารณาที่ไม่มีข้อมูลตรวจวัดน้ำ (Ungauged Catchment) ต้องใช้วิธีสังเคราะห์กราฟหนึ่งน้ำท่า (Synthetic Unit Hydrograph) มาใช้วิเคราะห์ โดยประกอบด้วยหลายวิธี เช่น วิธี Snyder วิธี Modified Snyder และวิธี SCS เป็นต้น สำหรับเนื้อหาที่จะขอนำเสนอในส่วนนี้ จะเป็นการนำวิธี SCS ของหน่วยงานอนุรักษ์ดิน (Soil Conservation Service, SCS) แห่งสหรัฐอเมริกา มาประยุกต์ใช้คำนวณหากราฟน้ำท่าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยวิธี Unit Hydrograph ซึ่งแปลงค่าน้ำฝนที่เหลือจากการซึมลงดิน (Rainfall excess) ที่เกิดในช่วงเวลาหนึ่งทั่วพื้นที่รับน้ำฝนให้เป็นน้ำท่าไหลบนดิน โดยผลการคำนวณจะแสดงออกมาในรูปของกราฟน้ำท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.1-15 ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณฝนส่วนเกิน (Rainfall excess) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือหลายช่วงต่อเนื่องกัน โดยอัตราการไหลสูงสุด ก็คือ ยอด (Peak) ของกราฟน้ำท่านั้นๆ

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธี SCS มีดังนี้ (SCS, 1972)

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p}$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$t_p = 0.6T_c$$

$$t_r = t_p / 5$$

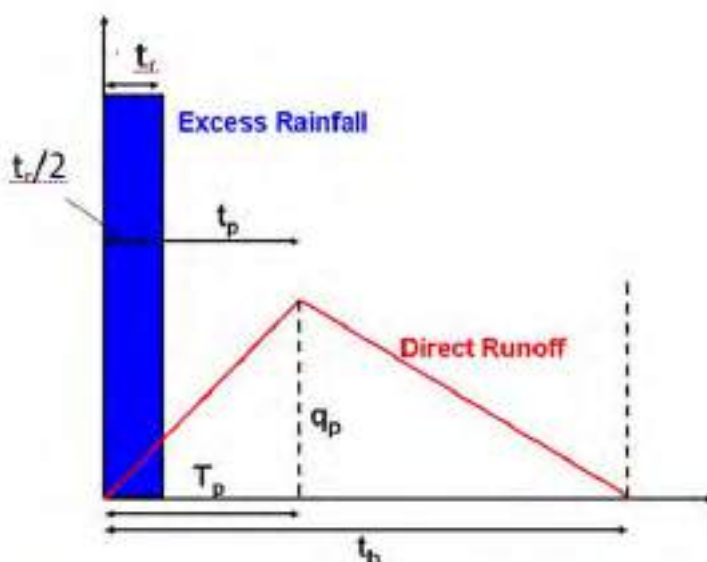
เมื่อ q_p = อัตราการไหลสูงสุดของ Unit Hydrograph (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

A = ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

T_p = เวลาที่ใช้ในการเกิดปริมาณน้ำนองสูงสุดของ Unit Hydrograph นับจากเมื่อเริ่มมี Rainfall Excess (ชั่วโมง)

t_p = Basin Lag หรือคือเวลาที่นับจากจุด Centroid ของกราฟ Rainfall Excess ถึงเวลาที่เกิด Peak ของ Unit Hydrograph (ชั่วโมง)

- t_r = ช่วงเวลาการเกิด Rainfall Excess (ชั่วโมง)
- T_c = ช่วงเวลาการตกของฝน (Time of Concentration) เท่ากับเวลาที่น้ำใช้ในการไหลจากจุดไกลที่สุดของพื้นที่รับน้ำฝนมาถึงจุดที่พิจารณา (ชั่วโมง)



รูปที่ 2.1-15 ลักษณะของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธี SCS (Soil Conservation Service, 1972)

ภายหลังที่ได้ทำการคำนวณ q_p และ t_p แล้ว สามารถนำมาสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) จากข้อมูลกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless Unit Hydrograph) ของหน่วยงาน SCS (Soil Conservation Service) ได้ โดยใช้ข้อมูลตามตารางที่ 2.1-10 ที่ได้จัดทำขึ้นจากการศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจำนวนหลายพื้นที่ ซึ่งมีขนาดและลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำฝนแตกต่างกัน และในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าได้แล้ว ให้นำข้อมูลฝนส่วนเกิน หรือฝนนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (ในหน่วยความลึก) มาคูณกับค่าลำดับของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่สร้างขึ้น ผลที่ได้คือ กราฟน้ำท่าของปริมาณฝนที่ออกแบบ โดยอัตราการไหลสูงสุดคือ จุดสูงสุด (Peak) ของกราฟน้ำท้านั้นเอง



ตารางที่ 2.1-10 อัตราส่วนของกราฟน้ำท่าแบบไร้มิติ ตามวิธี SCS

Time Ratios (t/T_p)	Discharge Ratios (q/q_p)	Time Ratios (t/T_p)	Discharge Ratios (q/q_p)
0.0	0.000	1.6	0.560
0.1	0.030	1.7	0.460
0.2	0.100	1.8	0.390
0.3	0.190	1.9	0.330
0.4	0.310	2.0	0.280
0.5	0.470	2.2	0.207
0.6	0.660	2.4	0.147
0.7	0.820	2.6	0.107
0.8	0.930	2.8	0.077
0.9	0.990	3.0	0.055
1.0	1.000	3.2	0.040
1.1	0.990	3.4	0.029
1.2	0.930	3.6	0.021
1.3	0.860	3.8	0.015
1.4	0.780	4.0	0.011
1.5	0.680	5.0	0.000

ที่มา: Soil Conservation Service, 1972



(6) วิธี Slope-Area Method

วิธี Slope-Area Method เป็นวิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพของลำน้ำ ซึ่งการไหลในลำน้ำธรรมชาติ ความเร็วของน้ำจะเปลี่ยนแปลงและไม่คงที่ไปตามระยะทาง ดังนั้นวิธีการนี้จึงใช้วิธีการดัดแปลงสูตรของ Manning มาคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดของลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. สำรวจลักษณะทางกายภาพของลำน้ำและรูปตัดลำน้ำ อย่างน้อย 3 แห่ง (คือตำแหน่งที่ต้องการประเมินอัตราการไหลสูงสุด ตำแหน่งเหนือน้ำ และตำแหน่งท้ายน้ำ) บนช่วงลำน้ำ ซึ่งยาวไม่น้อยกว่า 75 เท่าของความลึกของน้ำ และช่วงความยาวดังกล่าวของลำน้ำระดับน้ำด้านท้ายน้ำควรต่ำกว่าระดับน้ำด้านเหนือน้ำไม่น้อยกว่า Velocity Head ($V^2/2g$) หรือไม่น้อยกว่า 0.15 เมตร
2. เก็บข้อมูลระดับน้ำในลำน้ำที่ระดับสูงสุด ที่สังเกตได้หรือจากการสอบถามประชาชนในพื้นที่
3. ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning's n) ซึ่งขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.1-11
4. ทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยวิธี Slope Area ซึ่งจะมีพื้นฐานมาจากสมการของ Manning ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ Manning} \quad Q &= (1/n)AR^{2/3} S^{1/2} \\ \text{ให้} \quad K &= (1/n)AR^{2/3} \\ \text{จะได้} \quad Q &= KS^{1/2} \end{aligned}$$

ดังนั้นสมการสำหรับคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยวิธี Slope Area Method ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{สมการ Slope Area} \quad Q = K_w S_f^{1/2}$$

$$\text{เมื่อ} \quad K_w = \sqrt{K_{\text{เหนือน้ำ}} * K_{\text{ท้ายน้ำ}}}$$

$$h_v = \alpha * V^2 / 2g$$

$$\text{เมื่อ} \quad \alpha = \frac{\sum (K^3 / A^2) * \sum (A^2) / \sum (K^3)}$$

$$\Delta h_v = h_{v\text{เหนือน้ำ}} - h_{v\text{ท้ายน้ำ}}$$

$$\Delta h = \text{ระดับน้ำเหนือน้ำ} - \text{ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ}$$

$$\text{ในกรณีที่ } \Delta h_v \text{ มีค่าเป็นบวก} \quad h_f = \Delta h + 0.5 * \Delta h_v$$



ในกรณีที่ Δh_v มีค่าเป็นลบ $h_f = \Delta h + \Delta h_v$

$$S_f = h_f / L_m$$

โดยที่	K	คือ	Conveyance factor
	K_w	คือ	Weighted conveyance factor
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของน้ำ (ตร.ม.)
	R	คือ	รัศมีชลศาสตร์ (ม.)
	V	คือ	ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (ม./วินาที)
	h_v	คือ	Velocity head (ม.)
	α	คือ	ตัวแก้ Velocity head
	h_f	คือ	Friction loss (ม.)
	L_m	คือ	ความยาวลำน้ำวัดตามโค้งแนวลำน้ำของแต่ละช่วง (ม.)
	S_f	คือ	Frictional slope (ม./ม.)
	n	คือ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

ตารางที่ 2.1-11 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

ลักษณะของลำน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์
คลองส่งน้ำ	
คลองดินขุด	0.025
คลองหินขุด	0.40
คอนกรีต	0.13
ไม้	0.14
เหล็ก	0.12
ลำน้ำธรรมชาติบนพื้นราบ	
พื้นที่เรียบตรงไม่มีกรวดและวัชพืช	0.025-0.033
พื้นที่เรียบตรงมีกรวดและวัชพืช	0.030-0.040
พื้นที่ไม่เรียบแม่แอ่งทั่วไปคดเคี้ยว	0.033-0.045
พื้นที่ไม่เรียบมีแอ่งคดเคี้ยววัชพืชและกรวดหิน	0.035-0.050
มีวัชพืชหนาแน่น แอ่งลึก ที่ลุ่มน้ำท่วมมีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น	0.075-0.150
ลำน้ำธรรมชาติบนภูเขา	
พื้นที่มีกรวด หิน หินก้อนบ้างเล็กน้อย ไม่มีวัชพืช	0.030-0.050
พื้นที่มีหิน และหินก้อนใหญ่ (Boulder) อยู่ทั่วไป	0.040-0.070



2.1.2.2. ทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์

ทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ เป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการออกแบบขนาดอาคารระบายให้สามารถรองรับกับปริมาณการไหลที่กำหนดได้ ดังนั้นในการศึกษาทบทวนทฤษฎีด้านชลศาสตร์ ทางที่ปรึกษาจะนำเสนอในครั้งนี้นี้ ประกอบไปด้วย ทฤษฎีการไหลในทางน้ำเปิดเพื่ออธิบายพฤติกรรมของการไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำ และทฤษฎีการไหลผ่านท่อลอดซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ โดยรายละเอียดของทั้ง 2 ทฤษฎีดังกล่าว แสดงได้ดังนี้

1) ทฤษฎีการไหลในทางน้ำเปิด (Open Channel Flow)

การไหลในทางน้ำเปิด คือการไหลที่ผิวของเหลวเปิดสู่บรรยากาศ เช่น การไหลในแม่น้ำ ลำคลอง หรือการไหลในท่อแบบไม่เต็มท่อ เป็นต้น ซึ่งตามปกติแล้วการไหลในทางน้ำเปิดสามารถจำแนกโดยใช้หลักเกณฑ์ของเวลาและระยะทาง (Temporal and Spatial) ได้ 4 ประเภท ดังนี้

- (1) การไหลคงตัวแบบสม่ำเสมอ (Steady uniform flow, $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$ และ $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$) เช่น การไหลด้วยอัตราคงที่ ผ่านท่อตรงที่ยาวมาก
- (2) การไหลคงตัวแบบไม่สม่ำเสมอ (Steady non-uniform flow, $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$ และ $\frac{\partial Q}{\partial x} \neq 0$) เช่น การไหลด้วยอัตราคงที่ผ่านท่อที่มีขนาดค่อยๆ ขยายใหญ่ขึ้น
- (3) การไหลไม่คงตัวแบบสม่ำเสมอ (Unsteady uniform flow, $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$ และ $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$) เช่น การไหลในท่อตรงที่มีอัตราการไหลไม่คงที่
- (4) การไหลไม่คงตัวแบบไม่สม่ำเสมอ (Unsteady non-uniform flow, $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$ และ $\frac{\partial Q}{\partial x} \neq 0$) เช่น การไหลในท่ออัตราไม่คงที่ผ่านท่อที่ค่อยๆ ขยายใหญ่ขึ้น

อย่างไรก็ตาม โดยส่วนใหญ่แล้วการวิเคราะห์การไหลในทางน้ำเปิดที่นิยมใช้ในทางวิศวกรรมจะเป็นการไหลคงตัวแบบสม่ำเสมอ โดยสมการที่นำมาใช้ในการอธิบายการไหลในลักษณะนี้ คือ สมการของ Manning ดังนี้

$$Q = (1/n)AR^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการไหล
	n	คือ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของน้ำ (ตร.ม.)
	R	คือ	รัศมีชลศาสตร์ (ม.)



S คือ ความลาดชันของแรงเสียดทาน ซึ่งตามเงื่อนไขของการไหลคงตัวแบบ
สม่ำเสมอสามารถประมาณให้เท่ากับความลาดชันของท้องน้ำได้

2) ทฤษฎีการไหลผ่านท่อลอด

ในการทบทวนการไหลผ่านท่อลอดได้ทบทวนจาก “คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันการ
กัดเซาะในงานทางหลวง” เนื่องจากมีเนื้อหาที่สมบูรณ์และครอบคลุม ดังนี้

ในการอธิบายการไหลผ่านท่อลอด จะอธิบายตั้งแต่ลักษณะการไหลซึ่งมี 2 ประเภท คือ การไหลแบบ
Inlet Control และการไหลแบบ Outlet Control จากนั้นจะเป็นการแสดงข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ และ
แนวทางการออกแบบท่อลอด ซึ่งแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

(1) การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control

การไหลแบบ Inlet Control คือ การไหลที่ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ
สภาพที่ปากทางเข้าเท่านั้น เช่น ระดับน้ำเหนือปากท่อ ลักษณะของปากท่อ เป็นต้น ส่วนความลาด
เอียงของท่อ ความหยาบของผิวท่อ ระดับน้ำที่ปลายท่อ หรือองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่ถัดจากปากท่อ
เข้ามาจะไม่ส่งผลทำให้อัตราการไหลเปลี่ยนแปลง การไหลแบบ Inlet Control สามารถจำแนกได้
เป็น 2 ชนิด คือ

(1.1) Orifice Flow

การไหลแบบ Orifice Flow นี้ ระดับน้ำด้านปากท่อ (Headwater) จะอยู่สูงกว่าระดับหลัง
ท่อ (รูปที่ 2.1-16a) แต่น้ำที่ไหลเข้าท่อจะไหลได้ไม่เต็มท่อ ลักษณะการไหลของน้ำ
เหมือนกับการไหลผ่านรูเปิด (orifice) หรือไหลลอดใต้บานประตูระบายน้ำ (Sluice gate)
จึงเรียกว่า Orifice flow โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = C_d A \sqrt{2g \left(H_w - \frac{D}{2} \right)}$$

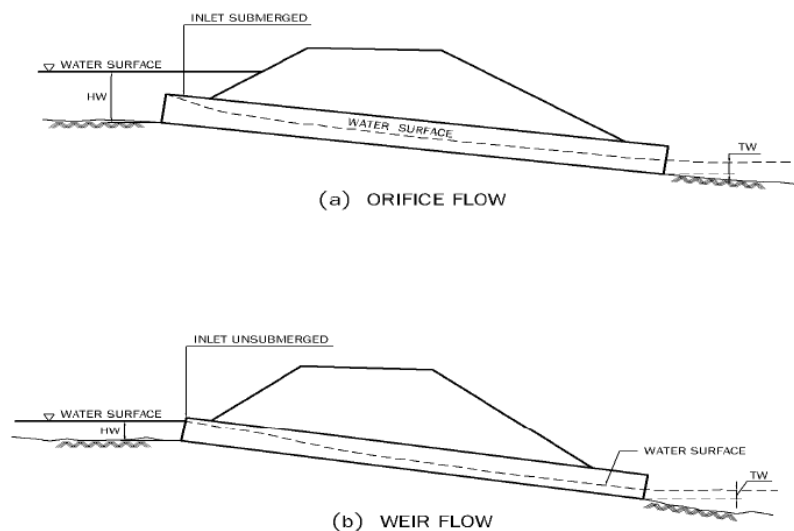
เมื่อ Q	คือ	อัตราการไหลผ่านท่อ (ลบ.เมตร/วินาที)
C_d	คือ	สัมประสิทธิ์ของอัตราการไหล (โดยทั่วไปกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.611)
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ตารางเมตร)
g	คือ	อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที ²)
h	คือ	ความสูงวัดจากระดับน้ำถึงจุดศูนย์กลางท่อ (เมตร)
H_w	คือ	ความสูงวัดจากระดับผิวน้ำหน้าท่อถึงธรณีปากท่อ (เมตร)
D	คือ	เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกลมหรือความลึกของท่อเหลี่ยม (เมตร)

(1.2) Weir Flow

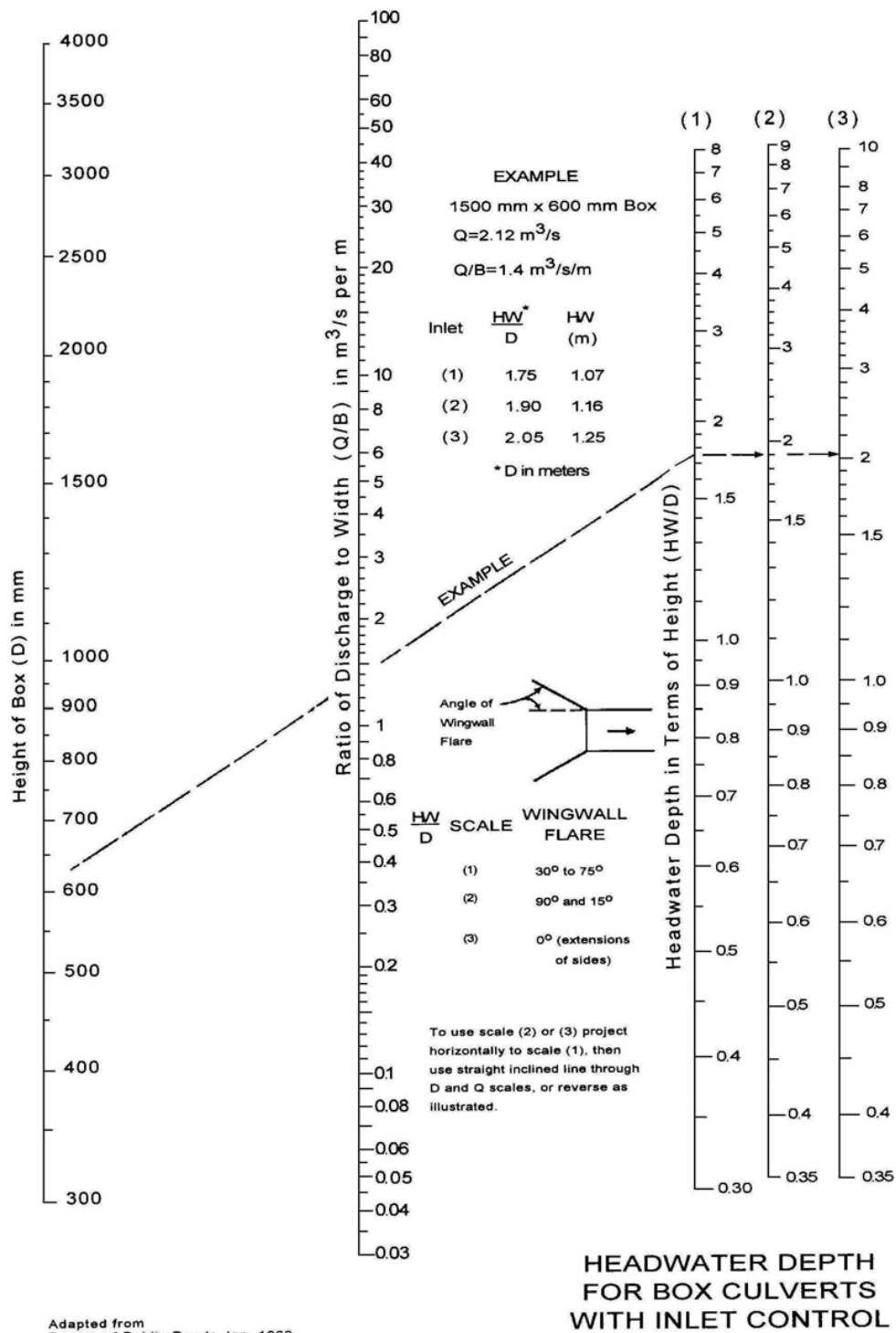
การไหลแบบ Weir Flow นี้ ระดับน้ำทางปากท่อจะไม่สูงท่วมปากท่อ (รูป 2.1-16b) และความลาดเอียงของท่อจะเป็นแบบชัน (Steep Slope) คือ ความลาดเอียงที่ทำให้การไหลในสภาพ Uniform Flow เป็นแบบ Supercritical Flow ความลาดเอียงนี้จะมีค่ามากกว่าความลาดเอียงวิกฤติ หรือ Critical Slope ซึ่งเป็นความลาดเอียงที่ทำให้เกิดการไหลแบบ Critical Flow สำหรับการไหลชนิดนี้ สมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำไม่มีรูปแบบแน่นอนเหมือนแบบ Orifice Flow แต่จะขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัดของท่อด้วย

จากรูปที่ 2.1-16 จะเห็นได้ว่าการไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control ทั้ง 2 แบบ น้ำจะไหลไม่เต็มท่อและระดับน้ำปลายท่อ (Tail water) จะไม่สูงท่วมหลังท่อ ทั้งนี้เกิดจากท่อมีลักษณะความลาดเอียงมาก

สำหรับแผนภูมิคำนวณหาความลึกของระดับน้ำด้านปากท่อ (Headwater Depth) ที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับการไหลแบบ Inlet Control ได้แสดงในรูปที่ 2.1-17 และรูปที่ 2.1-18 สำหรับท่อกลมคอนกรีตและท่อสี่เหลี่ยม ตามลำดับ

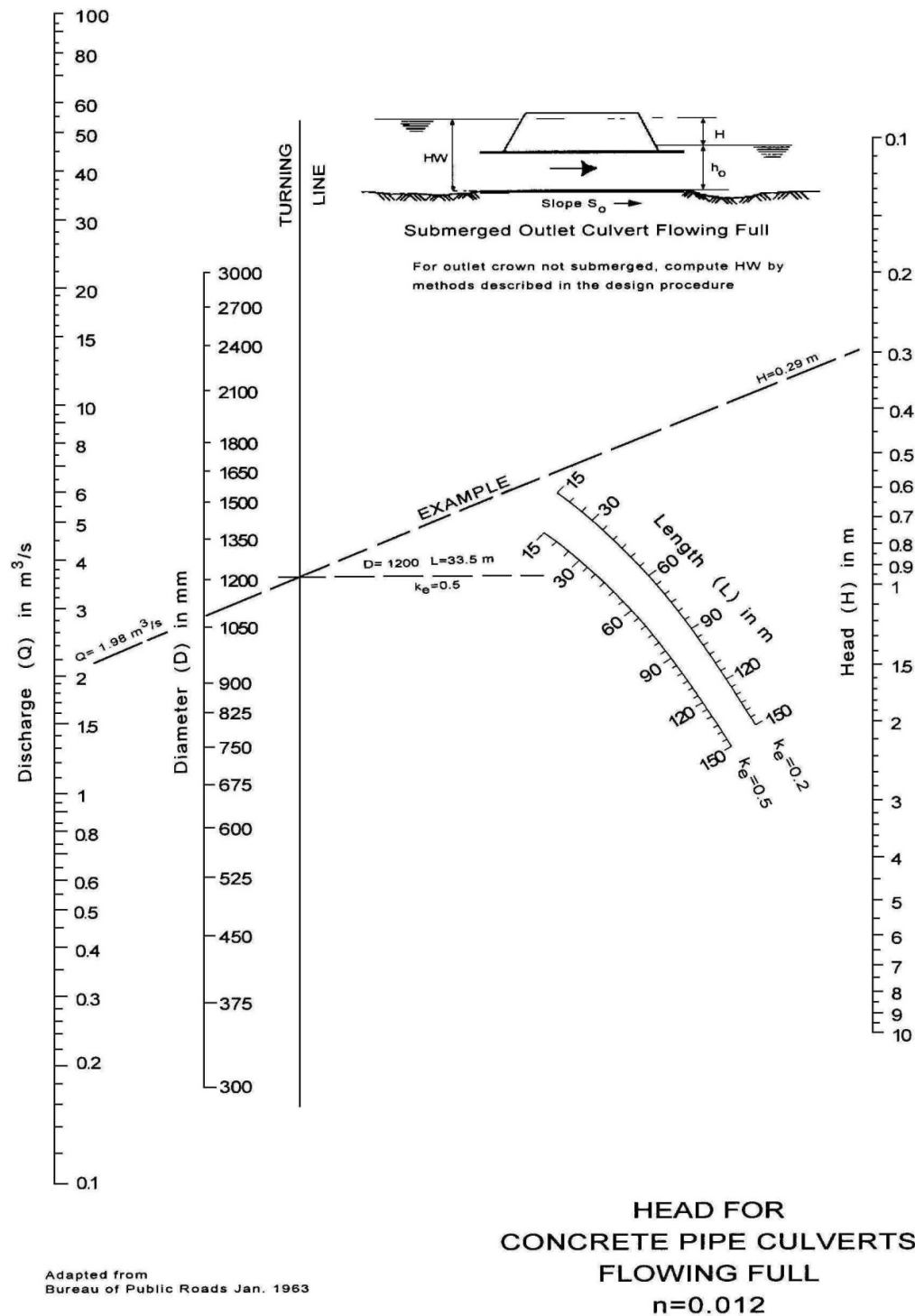


รูปที่ 2.1-16 การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control



Adapted from
Bureau of Public Roads Jan. 1963

รูปที่ 2.1-17 แผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อกลมกรณีการไหลแบบ Inlet Control



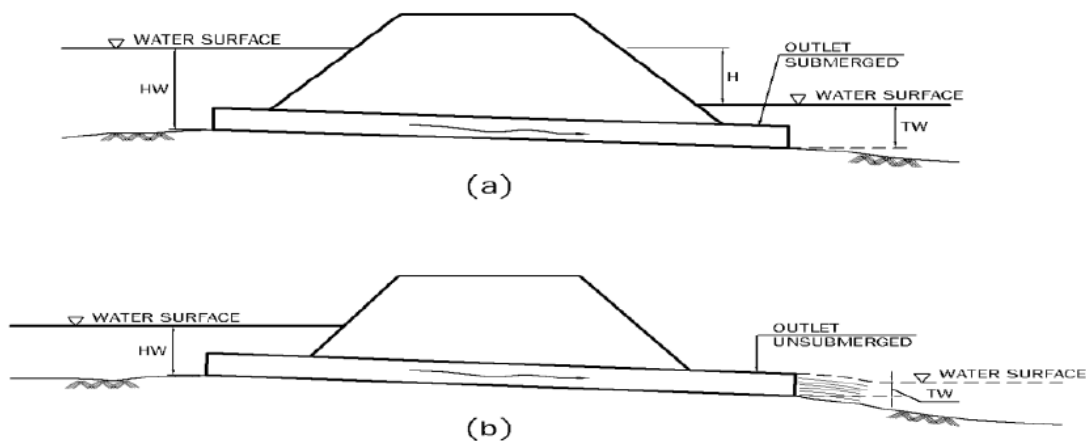
รูปที่ 2.1-18 แผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อเหลี่ยมกรณีการไหลแบบ Inlet Control

(2) การไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control

การไหลแบบ Outlet Control จะมีปริมาณการไหลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายชนิดด้วยกัน เช่น ความลาดเอียงของท่อ ความหยาบผิว ความแตกต่างของระดับน้ำปากท่อกับปลายท่อ และลักษณะขอบปากท่อ เป็นต้น ซึ่งในการไหลแบบ Outlet Control สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

(2.1) การไหลแบบเต็มท่อ (Full Pipe Flow)

การไหลแบบน้ำเต็มท่อ (Full Pipe Flow) การไหลนี้น้ำจะเต็มท่อแรงดันของน้ำภายในท่อจะสูงกว่าความดันบรรยากาศ ที่ปากท่อระดับน้ำจะสูงกว่าขอบบนของท่อ แต่ที่ปลายท่อระดับน้ำอาจจะท่วมหลังท่อ (รูปที่ 2.1-19a) หรือไม่ท่วมหลังท่อ (รูปที่ 2.1-19b)



รูปที่ 2.1-19 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลเต็มท่อ

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อ โดยมากจะใช้สมการพลังงาน (Energy Equation) โดยถือว่าพลังงานที่สูญเสียไปทั้งหมดจะเท่ากับผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ นั่นคือ

$$H = \left[1 + K_e + \frac{2gn^2L}{R^{4/3}} \right] \frac{v^2}{2g}$$



โดยที่

- H คือ ผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ (เมตร)
Ke คือ สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (ประเมินได้จากตารางที่ 2.1-12)
n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning
L คือ ความยาวของท่อ (เมตร)
R คือ รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) ของท่อ (เมตร) = A/P
A คือ พื้นที่หน้าตัดของน้ำไหล (ตารางเมตร)
P คือ ความยาวเส้นขอบที่เปียกน้ำ (เมตร)
g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที²)
V คือ ความเร็วการไหลของน้ำ (เมตร/วินาที)

จากสมการข้างต้นสามารถนำมาออกแบบอัตราการไหลผ่านท่อตลอดกรณีการไหลแบบน้ำเต็มท่อได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดขนาด ความยาว และความลาดชันของท่อที่จะนำมาใช้
2. คำนวณความเร็วการไหลในท่อ กรณีการไหลแบบเต็มท่อ
3. คำนวณผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ จากสมการข้อต้น
4. ใช้แผนภูมิการไหลกรณีแบบเต็มท่อในรูปที่ 2.1-20 (ท่อกลม) และรูปที่ 2.1-21 (ท่อเหลี่ยม) คำนวณอัตราการไหลผ่านท่อตลอด ซึ่งมีวิธีการดังนี้
 - 4.1 ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อกับความยาวท่อ ผ่านแนวเส้น Turing Line
 - 4.2 ลากเส้นตรงจากค่าผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ ผ่านจุดตัดบนเส้น Turing Line ที่ได้จากการลากเส้นตามข้อ 4.1 ไปตัดบนแกน Discharge ด้านซ้ายมือ
 - 4.3 จุดตัดบนแกน Discharge คืออัตราการไหลผ่านท่อตลอด ภายใต้เกณฑ์การออกแบบของขนาด ความยาว และความลาดชันของท่อที่กำหนด



ตารางที่ 2.1-12 ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (Ke)

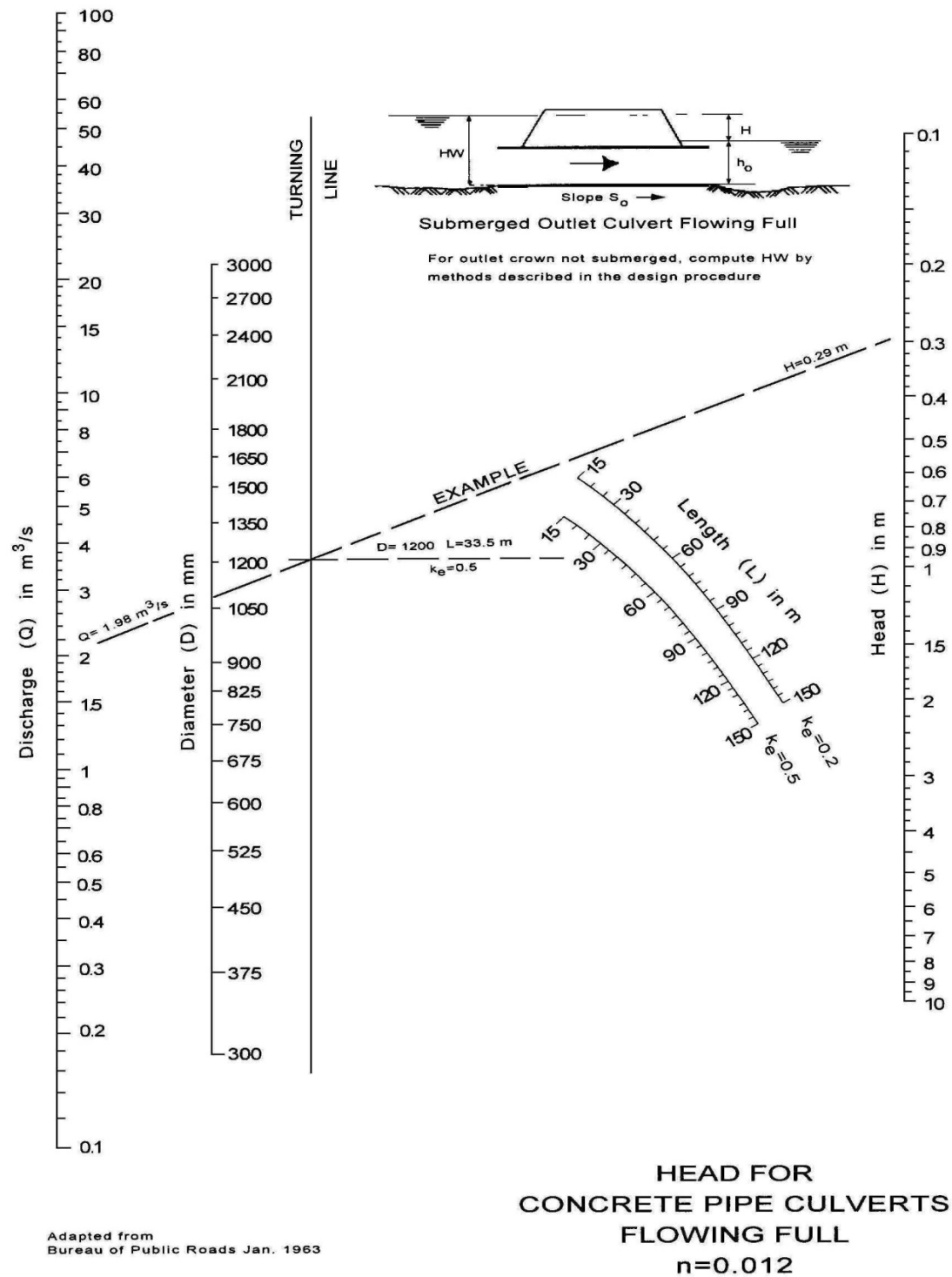
ประเภทของโครงสร้างและการออกแบบที่ปากท่อ	สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ Ke
● <u>Pipe, Concrete</u> - Projecting from fill, socket end (groove – end) 0.2 - Projecting from fill, sq.cut end 0.5 - Headwall or headwall and wingwalls - Socket end of pipe (groove-end) 0.2 - Square-edge 0.5 - Rounded (radius = D/12) 0.2 - Mitered to conform to fill slope 0.7 *End-Section conforming to fill slope 0.5 - Beveled edger, 33.7° or 45° bevels 0.2 - Side-or slope-tapered inlet 0.2	
● <u>Pipe, or Pipe-Arch Corrugated Metal</u> - Projecting from fill (no headwall) 0.9 - Headwall or headwall and wingwalls square-edge 0.5 - Mitered to conforming to fill slope 0.7 *End-Section conforming to fill slope 0.5 - Beveled edges, 33.7° or 45° bevels 0.2 - Side-or slope-tapered inlet 0.2	
● <u>Box, Reinforced Concrete</u> - Headwall parallel to embankment (no wingwalls) - Square-edged on 3 edges 0.5 - Rounded on 3 edges to radius of D/12 or B/12 or beveled edges on 3 sides 0.2 - Wingwalls at 30° to 75° to barrel - Square-edged at crown 0.4 - Crown edged rounded to radius of D/12 or beveled top edge 0.2	



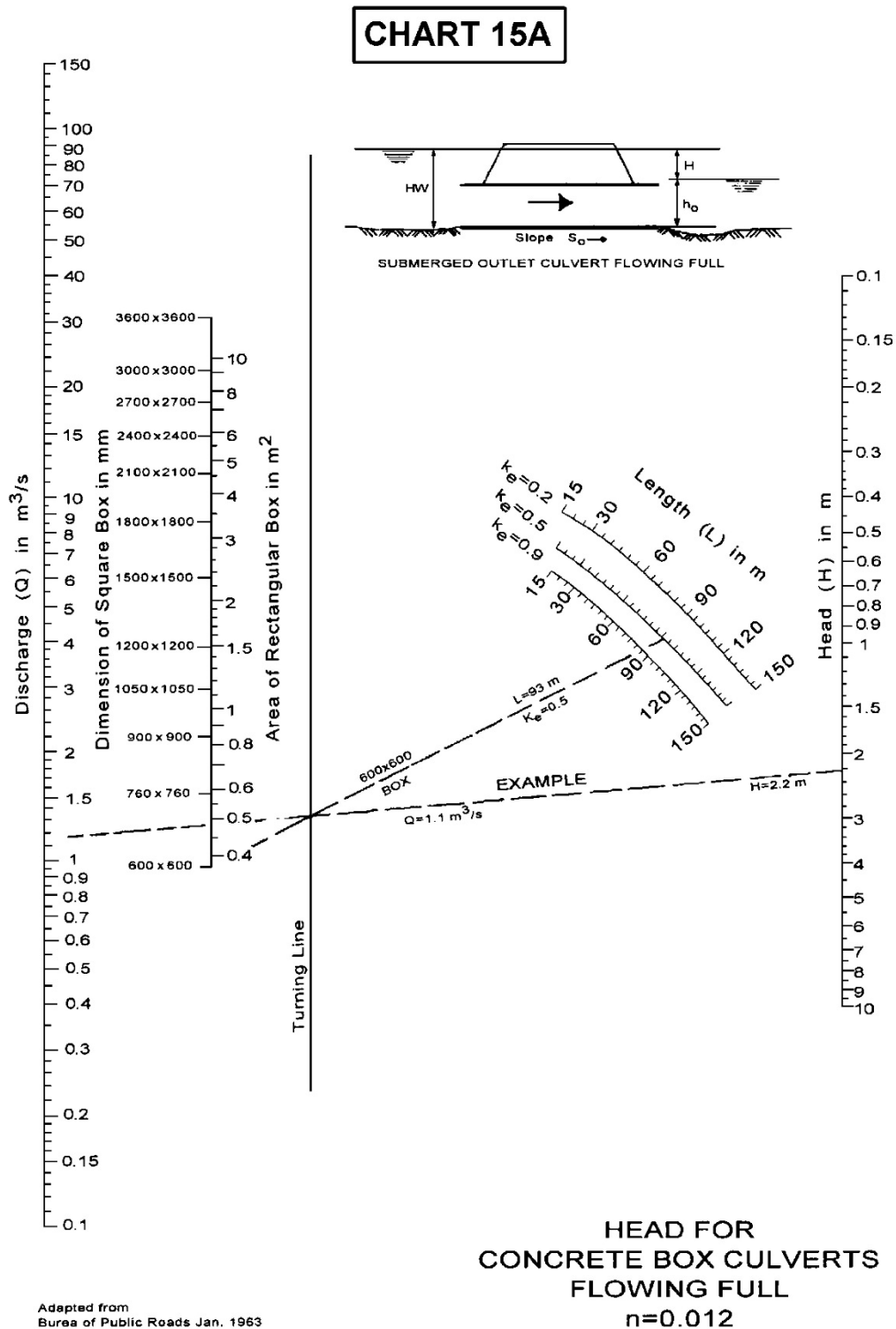
ตารางที่ 2.1-12 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (K_e)

ประเภทของโครงสร้างและการออกแบบที่ปากท่อ	สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ K_e
Wingwall at 10° to 25° to barrel Square-edged at crown	0.5
Wingwalls parallel (extension of sides) Square-edged at crown	0.7
Side-or slope-tapered inlet	0.2

*Note: "End Sections conforming to fill slope," made of either metal or concrete, are the sections commonly available from manufacturers. From Limited hydraulic tests they are equivalent in operation to a headwall in both inlet and outlet control. Some end sections, incorporating a closed taper in their design have a superior hydraulic performance. These latter sections can be designed using the information given for the beveled inlet.



รูปที่ 2.1-20 แผนภูมิคำนวณหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ สำหรับท่อคอนกรีตกลม
ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control

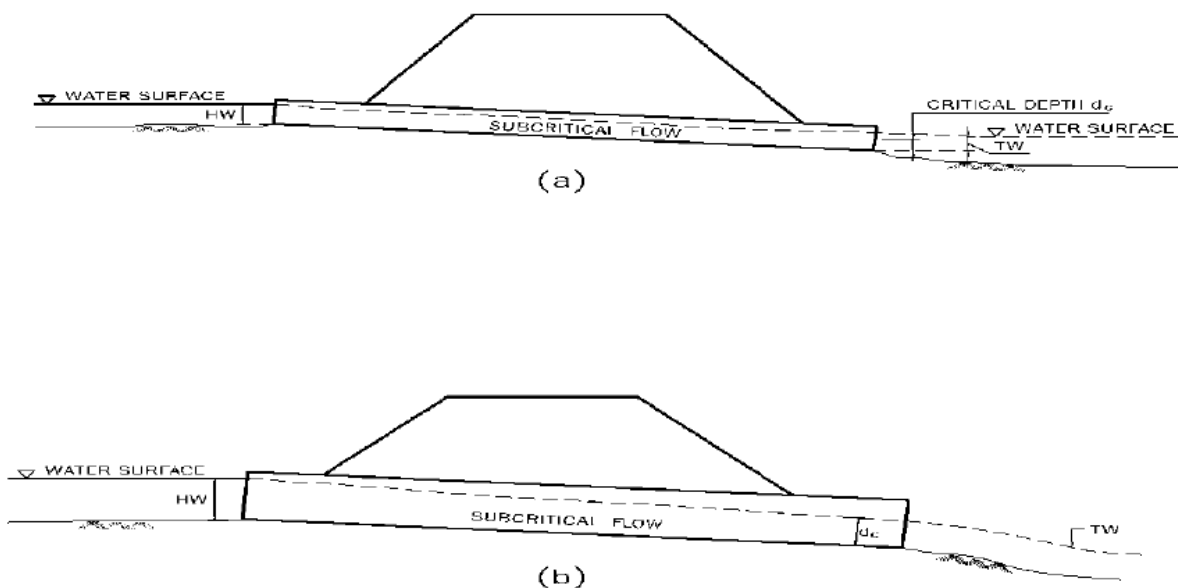


รูปที่ 2.1-21 แผนภูมิคำนวณหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ สำหรับท่อเหลี่ยม ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control

(2.2) การไหลแบบน้ำไม่เต็มท่อ (Partly Full Flow)

การไหลลักษณะนี้ความลาดเอียงของท่อจะต้องเป็นแบบลาด (Mild Slope คือ ความลาดเอียงแบบลาดจะมีค่าน้อยกว่าความลาดเอียงแบบวิกฤติ (Critical Slope) ซึ่งการไหลบน Mild Slope นี้จะเป็นแบบ Subcritical Flow หรือการไหลที่มี Froude Number น้อยกว่า 1 และปากท่อจะไม่จมน (Submerged) ได้ระดับน้ำ แบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรกระดับทำนน้ำสูงกว่าระดับความลึกวิกฤติ (Critical Depth) ก่อนถึงปลายท่อ (รูปที่ 2.1-22a) การไหลจะเป็นแบบ Subcritical Flow ตลอดความยาวท่อ อีกประเภทหนึ่ง (รูปที่ 2.1-22b) ระดับทำนน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับความลึกวิกฤติ ระดับน้ำจะโค้งต่ำลงตรงปลายท่อ และจะมีหน้าตัดหนึ่ง ซึ่งความลึกของน้ำเท่าความลึกวิกฤติพอดี

การคำนวณหาปริมาณน้ำในกรณีเป็น Outlet Control และน้ำไหลไม่เต็มท่อนี้เป็นเรื่องยุ่งยากมากดังนั้นในการออกแบบจึงมักจะหลีกเลี่ยงการไหลประเภทนี้เสมอ



รูปที่ 2.1-22 ลักษณะการไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลไม่เต็มท่อ



(3) การออกแบบป้องกันการกัดเซาะ

(3.1) ความเร็วภายในท่อ

ความเร็วต่ำสุดภายในท่อไม่ควรน้อยกว่า 0.7 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอน
ความเร็วสูงสุดไม่ควรเกิน 6.00 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการสึกกร่อนของผิวท่อที่เกิดจาก
ตะกอนหยาบ ความเร็วสูงสุดภายในท่อที่นิยมใช้กันประมาณ 2.00 - 3.00 เมตร/วินาที

(3.2) ความเร็วที่ปลายท่อ

ความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อ ไม่ควรจะให้สูงจนทำให้เกิดการกัดเซาะพื้นขึ้นได้
เว้นเสียแต่จะมีการทำโครงสร้างเพื่อใช้ป้องกันการกัดเซาะ ความเร็วที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ
ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่พื้น ดังนี้

- หินขนาด 30 ซม. ความเร็วไม่ควรเกิน 6.0 เมตร/วินาที
- หินขนาด 25 ซม. ความเร็วไม่ควรเกิน 5.0 เมตร/วินาที
- หินขนาด 15 ซม. ความเร็วไม่ควรเกิน 3.0 เมตร/วินาที
- หินขนาด 10 ซม. ความเร็วไม่ควรเกิน 2.5 เมตร/วินาที
- หินขนาด 5 ซม.หรือปลุกหญ้า ความเร็วไม่ควรเกิน 2.0 เมตร/วินาที
- ดินเหนียวแข็ง (Firm Loam or very stiff coarse clay) ความเร็วไม่ควรเกิน 1.2 เมตร/วินาที
- ดินทรายหรือดินตะกอน (Sandy or Silty Clay) ความเร็วไม่ควรเกิน 1.0 เมตร/วินาที

สำหรับทางน้ำที่มีการป้องกันโดยการปูหินทิ้งระยะทางอย่างน้อย 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

(3.3) ความลาดเอียงของท่อ

ความลาดเอียงของท่อควรออกแบบให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ความลาดเอียงของพื้นลำ
ธาร ความลาดเอียงที่น้อยที่สุดจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.5% (1 on 200) ถึง 0.33% (1 on
300) ถ้าเป็นไปได้ควรวางท่อให้เอียงประมาณ 1% หรือมากกว่า เพื่อที่การไหลจะได้อยู่ใน
ลักษณะของการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)

ในกรณีการไหลแบบ Inlet Control ความลาดเอียงสูงสุดที่ยอมให้ไม่ควรเกิน 15%
เนื่องจากจะทำให้ความเร็วของน้ำในท่อสูง (ดังตารางที่ 2.1-13 และ ตารางที่ 2.1-14) จน
ทำให้ท่อเกิดการสึกกร่อนได้



ตารางที่ 2.1-13 ความเร็วเฉลี่ยของการไหลบ่าผิวดิน

ประเภทของท้องน้ำ	ความเร็วการไหล (m/s)						
	ความลาดชัน(%)						
	0-3	4-7	8-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Woodland or Jungle	0.15	0.30	0.45	0.55	0.65	0.80	1.10
Pasture	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.25	1.40
Cultivated (Row Crop)	0.30	0.60	0.90	1.10	1.20	1.35	1.50
Pavement	1.50	3.60	4.75	5.50	-	-	-
Natural Draw(Not Well Defined)	0.25	0.75	1.25	1.80	-	-	-

ตารางที่ 2.1-14 ความเร็วการไหลในลำน้ำโดยประมาณ

ความลาดชันเฉลี่ยลำน้ำ (%)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)
1-2	0.60
2-4	0.90
6-10	1.50
6-10	1.50
10-15	2.50

(4) ขั้นตอนการออกแบบ

การออกแบบท่อลอด จะต้องอาศัยวิธีการสมมุติค่า และทดสอบ (Trial and Error) คือเลือกขนาดท่อขนาดหนึ่ง แล้วตรวจสอบดูว่าน้ำจะสามารถไหลผ่านได้ตามอัตราที่กำหนดไว้หรือไม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นในวิธีการเช่นนี้ คือ ในขั้นแรกเราไม่ทราบว่าลักษณะการไหลจะเป็นแบบ Inlet Control หรือ Outlet Control โดยทั่วไปถ้าความลาดเอียงของท่อเท่ากับหรือมากกว่า 1% การไหลจะเป็นแบบ Inlet Control ถ้าน้อยกว่า 0.5% จะเป็นแบบ Outlet Control แต่เพื่อความแน่นอนจะต้องทดสอบลักษณะการไหลเสมอ



2.1.3. ทฤษฎีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์ไหลสำหรับระบบระบายน้ำทั้งการไหลของระบบระบายน้ำข้างทาง และระบบระบายน้ำตามขวาง สำหรับการศึกษาค้างนี้ ประกอบด้วยแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ และแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ โดยมีรายละเอียดของทฤษฎีสำหรับแบบจำลองทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1. ทฤษฎีของแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ

แบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ จะถูกนำมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการณ์ไหลสำหรับระบบระบายน้ำข้างทางและการไหลของน้ำที่ยังอยู่ในลำน้ำหรือทางระบายน้ำ ก่อนที่จะไหลลงสู่พื้นที่ ซึ่งการจำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำหรือในท่อระบายน้ำจะมีลักษณะการไหลประเภท Unsteady Non-uniform Flow โดยจะใช้สมการการไหลของเซนต์ ว์เนนต (Saint Venant Equation) แบบมิติเดียว (One Dimension Flow) ในการคำนวณ ซึ่งอัตราการไหล และระดับน้ำ สามารถคำนวณได้ในรูปฟังก์ชันของเวลาและระยะทาง สำหรับสมการการไหลของเซนต์ ว์เนนต (Saint Venant Equation) ประกอบด้วย

สมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) หรือสมการสมดุลมวล (Mass Conservation):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gn^2 Q |Q|}{AR^{\frac{4}{3}}} = 0 \quad (2)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (Discharge)

x = ระยะทางของการไหล (Distance)

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล (Cross Sectional Area)

t = เวลาการไหล (Time)

q = อัตราการไหลเข้าด้านข้าง (Lateral Flow)

H = ระดับน้ำ (Water Level) = $h + z$

h = ความลึกการไหล (Water Depth)

z = ระดับท้องน้ำ (Bed Elevation)

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (Gravitational Acceleration)

n = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิง (Manning Roughness Coefficient)



สำหรับสมการ Saint Venant มีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- 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 แสดงว่าความเร่งในแนวดิ่งจะไม่ถูกนำมาพิจารณา

2.1.3.2. ทฤษฎีการไหลของแบบจำลองแบบ 2 มิติ

สำหรับแบบจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมและการไหลในพุ่มน้ำท่วมแบบ 2 มิติ ได้ ซึ่งลักษณะการไหลแบบ 2 มิติ จะถูกนำมาใช้เมื่อน้ำล้นจากลำน้ำและไหลบ่าบนพื้นดินหรือไหลผ่านอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง ซึ่งแบบจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมแบบ 2 มิติ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการอนุรักษ์พลังงานและสมการโมเมนตัม (Conservation of mass and momentum equation) ดังนี้

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ & + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 - h^2} - \frac{1}{P_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q \\ & - fVV_x + \frac{h}{P_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$



$$\begin{aligned} & \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ & + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 - h^2} - \frac{1}{P_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p \\ & - fV_y + \frac{h}{P_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

(5)

โดยที่	$h(x, y, t)$	คือ	ความลึกน้ำ (= $\zeta, -d, m$)
	$d(s, y, t)$	คือ	ความลึกน้ำที่ผันแปรตามเวลา (ม.)
	$\zeta(x, y, t)$	คือ	ระดับผิว (ม.)
	$p, q(x, y, t)$	คือ	ปริมาณการไหลในแนว x และ y (ลูกบาศก์เมตร/วินาที/ม.)
	(u, v)	คือ	ความเร็วเฉลี่ยตามความลึกในแนว x และ y
	$C(x, y)$	คือ	ค่าความเสียดทาน Chezy (ม. ^{1/2} /วินาที ²)
	$f(V)$	คือ	แฟคเตอร์แรงต้านทานของลม
	$V, V_x, V_y(x, y, t)$	คือ	ความเร็วลมและส่วนประกอบในแนว x และ y (ม./วินาที)
	$\Omega(x, y)$	คือ	พารามิเตอร์ Coriolis ตามแนวละติจูด (วินาที ⁻¹)
	$P_a(x, y, t)$	คือ	ความกดอากาศ (กก./ม.วินาที ²)
	ρ_w	คือ	ความหนาแน่นน้ำ (กก./ลูกบาศก์เมตร)
	x, y	คือ	พิกัดเชิงพื้นที่ (ม.)
	t	คือ	เวลา (วินาที)
	$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$	คือ	ส่วนประกอบของแรงกดทางข้างประสิทธิผล

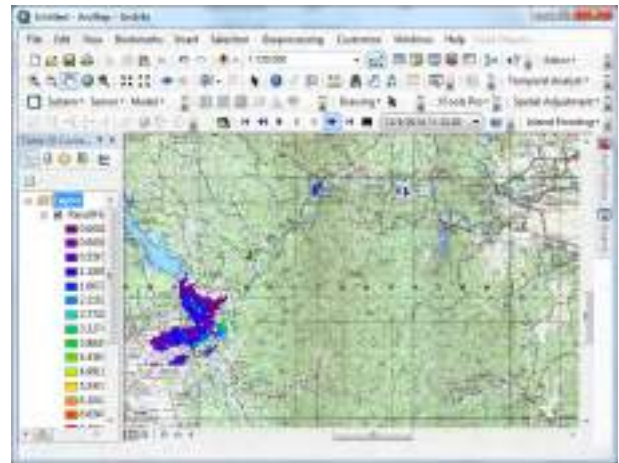


แบบจำลองที่ใช้ศึกษาการไหลหลาก จะมีฟังก์ชันในการคำนวณที่สำคัญ ได้แก่ การจำลองการเปลี่ยนแปลงฝนเป็นน้ำท่า การจำลองการไหลใน 1 มิติ คือการไหลในลำน้ำ และการจำลองการไหลแบบ 2 มิติ คือการไหลในทุ่งน้ำท่วม (Flood Plain) โดยที่ผลการคำนวณแสดงในรูปของการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของปริมาณน้ำหลาก ระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ และช่วงเวลาในการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำหลาก รวมทั้งสามารถแสดงแผนที่น้ำท่วม (Inundation Map) ที่เกิดจากระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำ ในบริเวณพื้นที่ที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากได้

การศึกษากการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและทันสมัย สำหรับทำการคำนวณและแสดงผลแบบ 2 มิติ (2-Dimensional) จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบจำลอง MIKE FLOOD เพื่อศึกษาสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำในภาวะอุทกภัย ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยที่ MIKE FLOOD เป็นแบบจำลองการไหลของน้ำหลากที่รวมคุณสมบัติการจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำหรือทางน้ำเปิด (River Flow) ของแบบจำลอง MIKE11-HD (การไหลแบบ 1 มิติ) และการไหลบนพื้นที่ราบน้ำท่วม (Floodplain) ของแบบจำลอง MIKE21 (การไหลแบบ 2 มิติ) ซึ่งจะใช้เทคนิคการจำลองแบบ 1 มิติ ควบคู่กับแบบ 2 มิติ (1-D Couples 2-D) โดยแบบจำลอง 2 มิติ สามารถสร้างจากข้อมูลค่าระดับพื้นที่ (Digital Elevation Model, DEM) และสามารถจำลองการไหลในทางน้ำเปิด การไหลผ่านอาคารชลศาสตร์รวมทั้งใช้วิเคราะห์สภาพการไหลบ่าอันเกิดจากการพังทลายของเขื่อนได้ ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงดังรูปที่ 2.1-23 ทำให้ทราบขอบเขตแผนที่น้ำท่วมและแผนที่ความเร็วกระแสน้ำ เมื่อมีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นแบบจำลอง MIKE FLOOD จะรวมเอาคุณสมบัติเด่นของ MIKE11 และ MIKE21 เข้าด้วยกัน ทำให้การจำลองมีความใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น



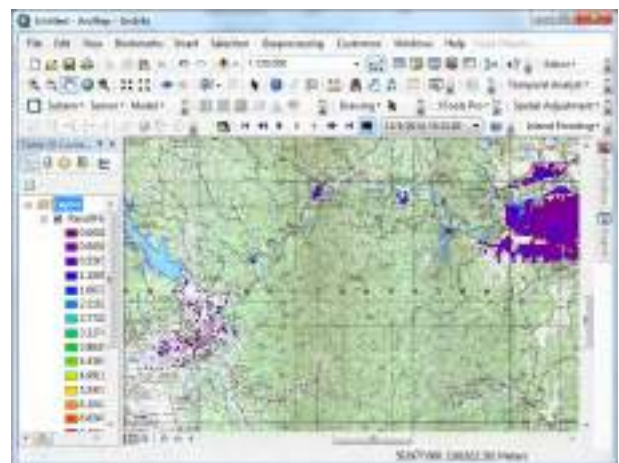
(ก) ชั่วโมงที่ 1



(ข) ชั่วโมงที่ 3



(ค) ชั่วโมงที่ 5



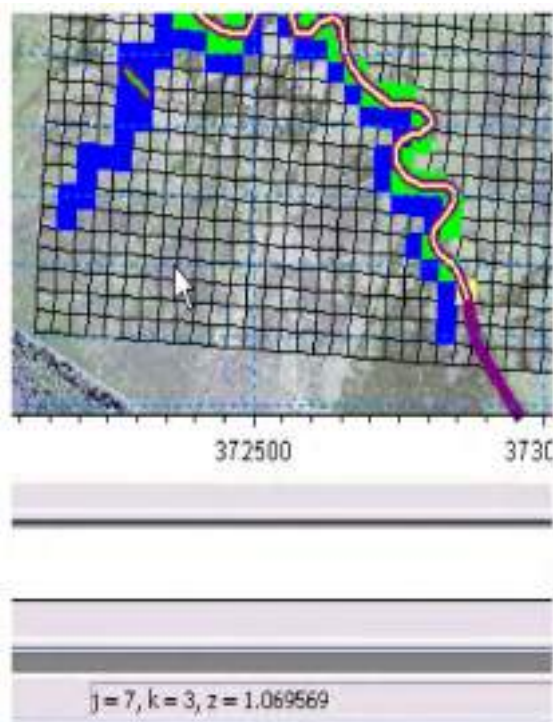
(ง) ชั่วโมงที่ 7

รูปที่ 2.1-23 ตัวอย่างการจำลองการไหลในช่วงเวลาต่างๆ ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD และโปรแกรม ArcGIS 10

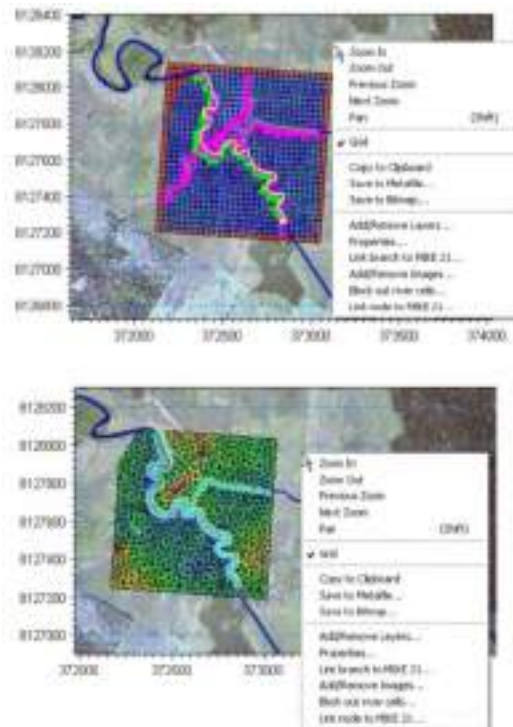


สำหรับจุดเด่นของแบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) สามารถคำนวณการไหลแบบ 1 มิติ โดยใช้สมการ Saint-venant (สมการโมเมนตัมและสมการความต่อเนื่อง) รวมไปถึงการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ต่างๆ และสิ่งกีดขวางลำน้ำ เช่น ฝาย ประตูระบายน้ำ ท่อลอด เครื่องสูบน้ำ แก้มลิง สะพาน
- 2) ใช้แบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากฝน
- 3) การคำนวณการไหลแบบ 2 มิติ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.1-24 สามารถคำนวณแบบกริดสี่เหลี่ยม และแบบ Mesh Network เนื่องจากการคำนวณการไหลแบบ 2 มิติ ต้องจำลองพื้นที่ศึกษาในรูปแบบพื้นที่เล็กๆ ต่อกัน ทั้งนี้แบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถจำลองพื้นที่ในการคำนวณเป็นรูปแบบกริด แต่เนื่องจากแม่น้ำมีความคดเคี้ยว การจำลองพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ริมแม่น้ำอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ปัจจุบันแบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถจำลองพื้นที่ของการไหล 2 มิติ แบบ Mesh ซึ่งสามารถจำลองพื้นที่ริมแม่น้ำที่มีความคดเคี้ยวใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังรูปที่ 2.1-25
- 4) สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcGIS ได้โดยการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการแสดงผลผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยที่โปรแกรม MIKE FLOOD มี Plugin ที่แสดงผลผ่านโปรแกรม ArcGIS ดังรูปที่ 2.1-26 ทั้งนี้เมื่อคำนวณการไหลเสร็จสิ้น สามารถนำแฟ้มข้อมูลผลการคำนวณมาเปิดด้วยโปรแกรม ArcGIS และประมวลผลเชิงพื้นที่ได้ทันที
- 5) ปัจจุบันโปรแกรม MIKE11 พัฒนาการคำนวณแบบ Parallel ซึ่งหมายความว่าสามารถคำนวณแบบคู่ขนาน จึงทำให้คำนวณได้รวดเร็ว
- 6) ปัจจุบันโปรแกรม MIKE FLOOD สามารถติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ทั้งแบบ 32 Bit และ 64 Bit
- 7) แบบจำลอง MIKE ได้ใช้งานอย่างแพร่หลายในองค์กรต่างๆ อาทิเช่น กรมชลประทาน กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.)
- 8) มีศูนย์ประสานงานและให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคของแบบจำลอง MIKE ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย แผนกวิศวกรรมแหล่งน้ำ และการจัดการ ตู้ ปณ.4 คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-524-5564 โดยสามารถติดต่อสอบถามปัญหาการใช้งานกับผู้เชี่ยวชาญได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ



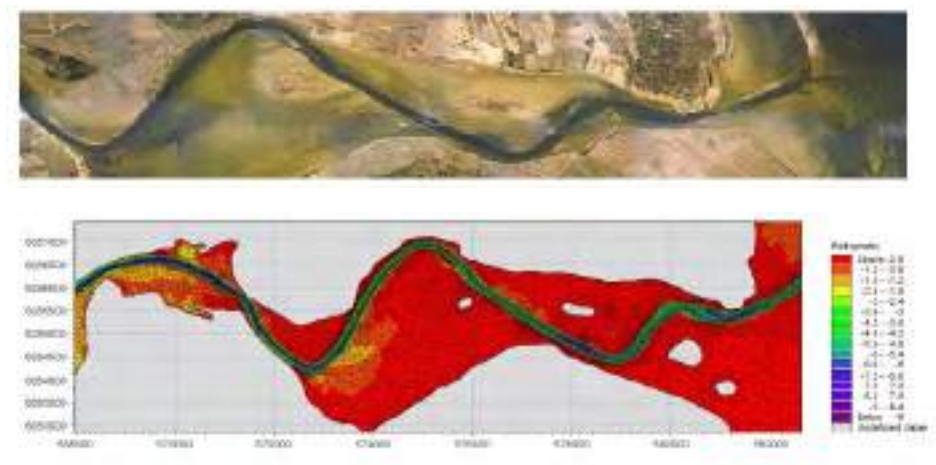
(ก) รูปแบบลำน้ำที่มีความคดเคี้ยว และการจำลองพื้นที่แบบกริด



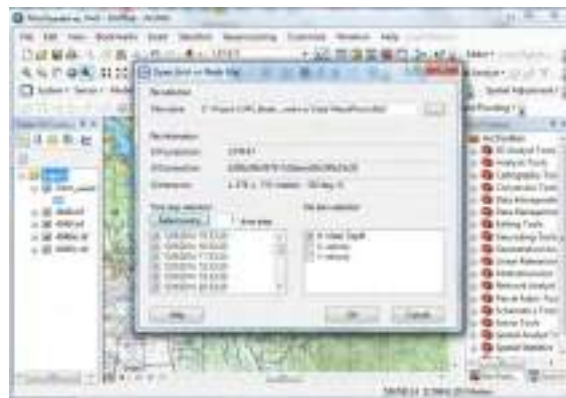
(ข) เปรียบเทียบรูปแบบกริด และ รูปแบบ Mesh

รูปที่ 2.1-24 ตัวอย่างรูปแบบการคำนวณแบบ 2 มิติของแบบจำลอง MIKE FLOOD

ที่มา : Manual of MIKE Flood, 2012

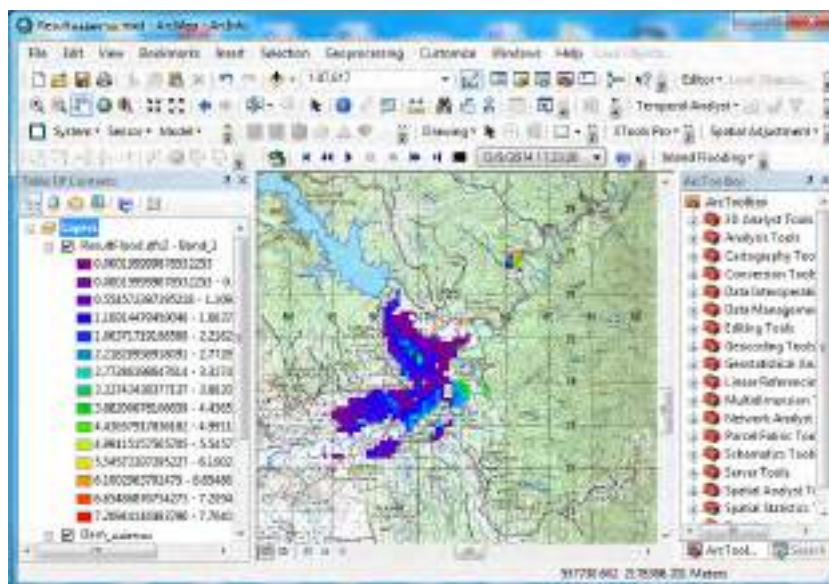


รูปที่ 2.1-25 ตัวอย่างการจำลองพื้นที่แบบ Mesh ในการคำนวณแบบ 2 มิติของแบบจำลอง MIKE FLOOD
ที่มา : Manual of MIKE Flood, 2012



(ก) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
ที่ติดตั้ง Plugin ของ MIKE FLOOD

(ข) การเปิดผลการคำนวณของ MIKE FLOOD
ด้วยโปรแกรม ArcGIS ผ่าน Plugin ของ MIKE FLOOD



(ค) การซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ของผลการคำนวณ และชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

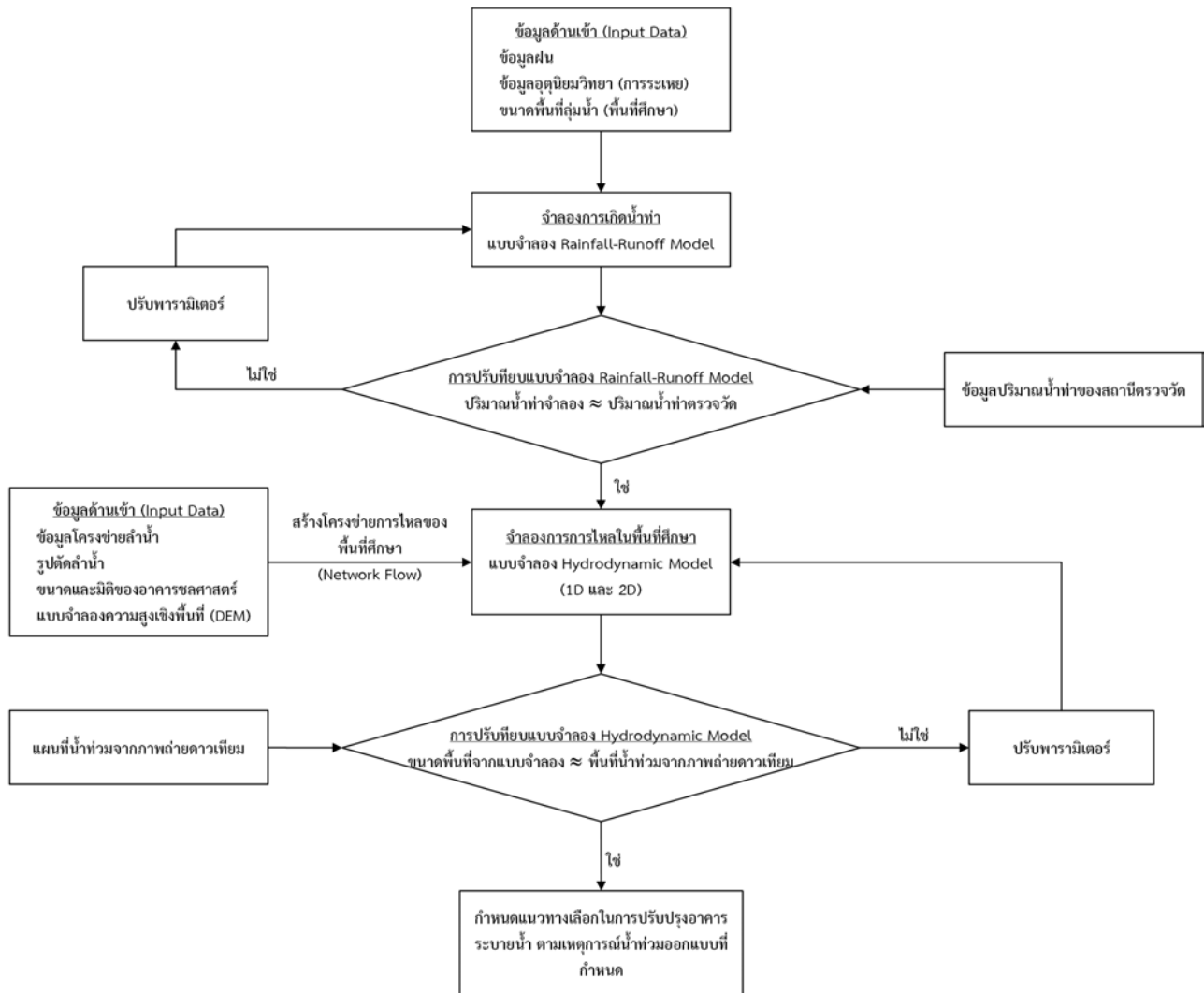
รูปที่ 2.1-26 การเปิดผลการคำนวณผ่านโปรแกรม ArcGIS



2.1.3.3. แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งทางที่ปรึกษาเสนอให้ใช้แบบจำลอง MIKE FLOOD เนื่องจากมีความเหมาะสมและมีจุดต่างๆ ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยแนวทางในการใช้แบบจำลองจะเริ่มตั้งแต่การประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากฝนที่ตกในพื้นที่ จากนั้นจะประเมินการไหลของน้ำในโครงข่ายการไหล (Network Flow) ตามปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 2.1-27 ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

- 1) จำลองปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา จากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ โดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า หรือ Rainfall – Runoff Model ซึ่งเป็น Module ย่อย ของแบบจำลอง MIKE FLOOD
- 2) ทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ด้วยการนำผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำท่าที่มีการบันทึกไว้ จากสถานีวัดน้ำท่าหรือสถานที่อยู่ใกล้เคียง
- 3) นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบและตรวจสอบไปประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์น้ำฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
- 4) ทำการจำลองสภาพการไหลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ หรือ Hydrodynamic Model ซึ่งเป็น Module ย่อย ของแบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้
 - 4.1) สร้างโครงข่ายการไหลของพื้นที่ศึกษา (Network Flow) จากข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ รูปตัดลำน้ำ ขนาดและมิติของอาคารชลศาสตร์ และ แบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (DEM)
 - 4.2) กำหนดช่วงเวลาหรือเหตุการณ์ของน้ำท่าที่จะทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (แบบจำลอง Hydrodynamic Model จะดึงข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง Rainfall – Runoff Model มาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าโดยอัตโนมัติ ตามช่วงหรือเหตุการณ์ที่ผู้กำหนด)
 - 4.3) ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยการนำข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจริงจากภาพถ่ายดาวเทียม (ในกระบวนการคำนวณของแบบจำลองหากการไหลยังอยู่ในลำน้ำจะเป็นการคำนวณการไหลแบบ 1 มิติ (1D) แต่หากมีการไหลล้นจากตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ จะเป็นการคำนวณการไหลแบบ 2 มิติ (2D))
 - 4.4) นำแบบจำลองที่ผ่านการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์ มาใช้ในการกำหนดแนวทางเลือกในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ตามเหตุการณ์น้ำท่วมออกแบบที่กำหนด



รูปที่ 2.1-27 แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการศึกษาของโครงการ



2.2. แนวคิด และวิธีการในการแก้ไขปัญหการระบายน้ำบนทางหลวง บริเวณน้ำท่วมซ้ำซากในประเทศและต่างประเทศ

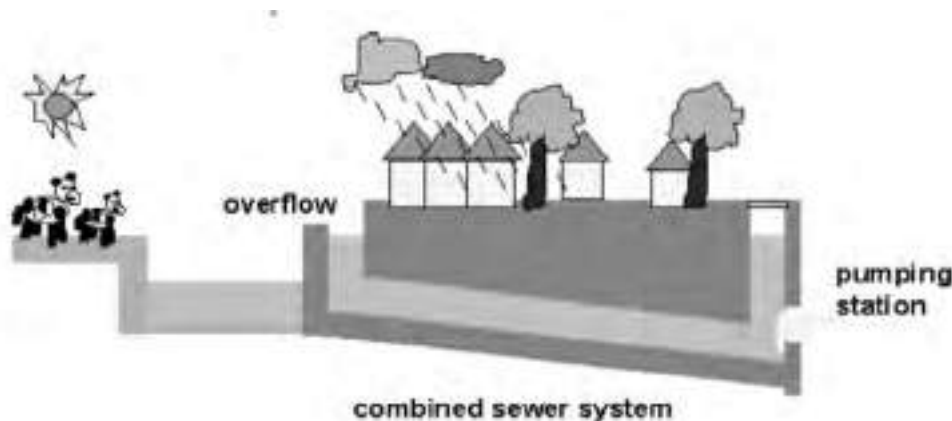
การศึกษาทบทวน แนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหการระบายน้ำบนทางหลวง บริเวณน้ำท่วมซ้ำซากในประเทศและต่างประเทศ เป็นขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้สำหรับนำมาใช้ประกอบการศึกษาของโครงการ จากหน่วยงานหรืองานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก รวมถึงกลุ่มประเทศอื่นๆ ที่มีความเชี่ยวชาญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ ประเทศเดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์ เกาหลี ญี่ปุ่น และสิงคโปร์ โดยในการศึกษาทบทวนฯ นั้นทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากคู่มือ บทความทางวิชาการ ตลอดจนรายงานการศึกษาต่างๆ ดังนี้

- Development of a Screening Method to Assess Flood Risk on Danish National Roads and Highway Systems ประเทศเดนมาร์ก
- Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้
- Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์
- Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ประเทศเนเธอร์แลนด์
- Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น
- การจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนเมืองจังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย

สำหรับรายละเอียดของผลการทบทวนเอกสารต่างๆ ดังที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงได้ดังนี้

2.2.1. Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ประเทศเนเธอร์แลนด์

บทความฉบับนี้ เขียนโดย Ir Harry. และ Van Luijtelaa (2014) เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ICUSD - 8th International Conference on Urban Storm Drainage ณ เมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งจัดระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม ถึง 3 กันยายน ค.ศ. 2014 โดยเนื้อหาในบทความฉบับนี้ ได้อธิบายถึงแนวคิดในการวิเคราะห์แนวทางการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่ราบ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยเนื้อหาในบทความนี้ได้อ้างว่า มาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำ ของสหภาพยุโรป หรือ European Standard ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลและระบบระบายน้ำภายในประเทศ เนื่องจากกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ภายในประเทศ เป็นพื้นที่ราบและอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มใกล้กับเมืองรอตเตอร์ดัม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 7 เมตร ทำให้ในอดีตที่ผ่านมาเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่เกิดฝนตกหนักและมีน้ำทะเลหนุน ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากระบบระบายน้ำได้ ดังนั้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาก็เสนอแนะให้มีการใช้ระบบระบายน้ำในรูปแบบของพื้นที่ปิดล้อม หรือ ระบบ Polder System ดังแสดงในรูปที่ 2.2-1 ซึ่งประกอบด้วยคันกั้นน้ำและสถานีสูบน้ำ ที่จะระบายน้ำน้ำฝนที่ตกออกจากพื้นที่



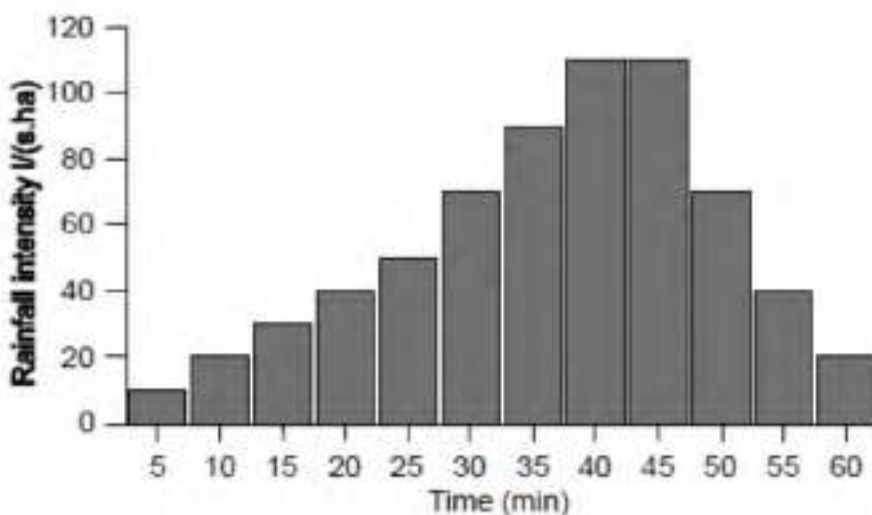
รูปที่ 2.2-1 ลักษณะระบบระบายน้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์

ในการออกแบบระบบระบายน้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยทั่วไปนั้นจะกำหนดเงื่อนไขการออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ดังแสดงในรูปที่ 2.2-2 โดยใช้เงื่อนไขของระดับน้ำสูงสุดในบ่อพักน้ำ ในการพิจารณาขนาดของระบบระบายน้ำเท่านั้น โดยมีได้คำนึงถึงระดับน้ำที่ล้นออกมาบนผิวถนน (Surcharge) ซึ่งหากท่อระบายน้ำมีขนาดใหญ่พอ ก็จะสามารถรองรับปริมาณการไหลที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 และ 5 ปี ได้ โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม ดังแสดงในรูปที่ 2.2-3 อย่างไรก็ตามถ้าหากท่อระบายน้ำมีขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.2-4 ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเก็บกักปริมาณน้ำไว้ในท่อและบ่อพักน้ำ จะทำให้น้ำล้นออกมาบนผิวถนน (Surcharge) และเมื่อน้ำล้นออกมาบนผิวถนนแล้วจะแผ่ท่วมไปตามสภาพภูมิประเทศทำให้ไม่ทราบค่าระดับผิวหน้าที่แน่นอน ดังนั้นหากไม่ทราบค่าระดับผิวหน้าที่แน่นอน ก็จะไม่สามารถลากเส้นความลาดชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic Gradient) ที่จะเชื่อมต่อกับระดับน้ำของตำแหน่งบ่อพักน้ำถัดไปได้ ซึ่งหากไม่ทราบค่าความลาดชันทางชลศาสตร์แล้ว ก็จะไม่สามารรถคำนวณเพื่อออกแบบขนาดท่อระบายน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างบ่อพักน้ำ 2 บ่อ ได้นั่นเอง

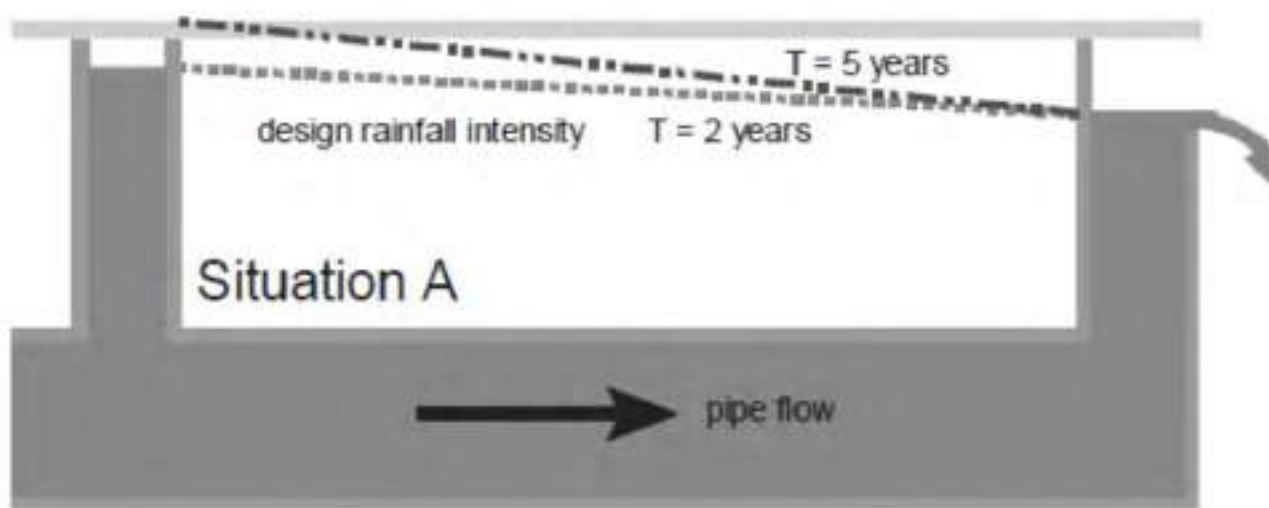
จากข้อจำกัดการออกแบบระบบระบายน้ำที่เกิดขึ้นดังกล่าว ผู้เขียนบทความฉบับนี้จึงได้เสนอแนะเงื่อนไขการออกแบบระบบระบายน้ำใหม่ โดยนำความจุของการกักเก็บในท่อและระดับน้ำสูงสุดในบ่อพักที่ยอมให้มาใช้เป็นเกณฑ์ ในการออกแบบ และหลังจากทดลองคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้เสนอแนะให้มีการตรวจสอบความลาดชันทางชลศาสตร์ของปริมาณฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ โดยกำหนดให้

$$\frac{\text{hydraulic gradient } 5 T \text{ year}}{\text{hydraulic gradient } 2 T \text{ year}} \approx 3$$

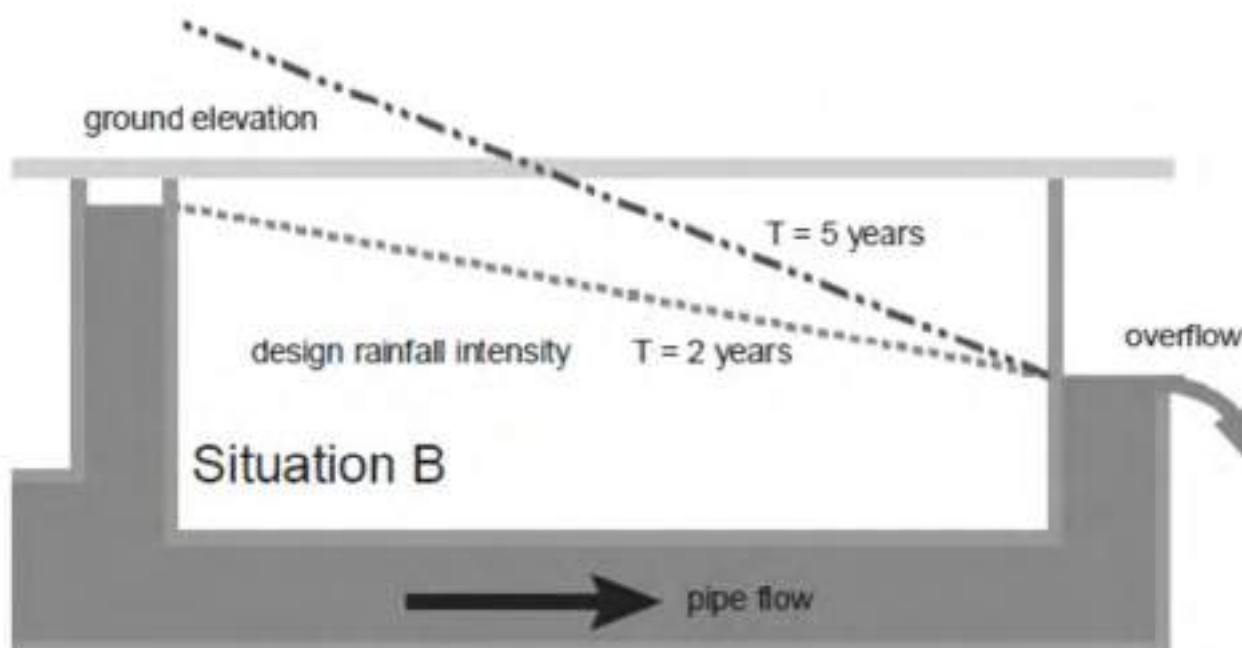
จากนั้นเมื่อนำแนวทางนี้ไปทำการวิเคราะห์กับเงื่อนไขการออกแบบเดิม พบว่า ระบบระบายน้ำสามารถรองรับปริมาณของฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปีได้ โดยที่เส้นลาดชันทางชลศาสตร์ ไม่เกิดค่าระดับผิวนน ดังแสดงในรูปที่ 2.2-5



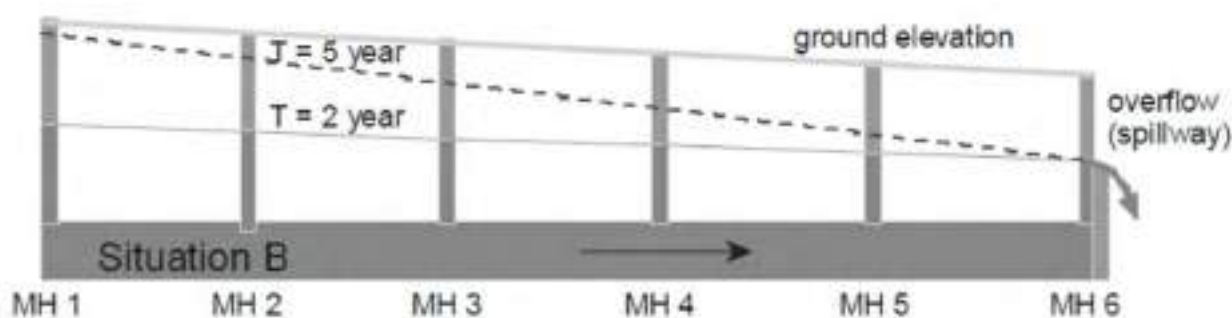
รูปที่ 2.2-2 กราฟปริมาณน้ำฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ของประเทศเนเธอร์แลนด์



รูปที่ 2.2-3 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำสามารถรองรับได้เพียงพอ



รูปที่ 2.2-4 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำไม่สามารถรองรับได้



รูปที่ 2.2-5 ผลการวิเคราะห์การไหลในระบบระบายน้ำกรณีนำแนวคิดที่การปรับปรุงเกณฑ์การออกแบบมาประยุกต์ใช้



จากผลการศึกษาในครั้งนี้จึงได้เสนอแนะว่า การออกแบบและปรับปรุงระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ปิดล้อมของประเทศเนเธอร์แลนด์ ควรที่จะกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ โดยใช้รอบปีการเกิดซ้ำของฝนอย่างน้อย 5 ปี เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ซึ่งหากระบบระบายน้ำเดิมซึ่งใช้ปริมาณฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี เป็นค่าการออกแบบ สามารถที่จะปรับเป็นเป็นการออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ได้ โดยนำค่าแฟคเตอร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.0 มาคูณกับปริมาณฝนสูงสุดที่เคยวิเคราะห์ไว้ โดยไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปีใหม่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น

2.2.2. Development of a Screening Method to Assess Flood Risk on Danish National Roads and Highway Systems ประเทศเดนมาร์ก

ประเทศเดนมาร์กเป็นประเทศกลุ่มนอร์ดิก มีแผ่นดินหลักตั้งอยู่บนคาบสมุทรจัตแลนด์ ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยทะเลเหนือและทะเลบอลติก ทำให้ในปัจจุบันประเทศเดนมาร์กเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นอย่างมาก โดยในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาพบว่า ระดับน้ำทะเลโดยรอบแนวชายฝั่งของประเทศมีระดับสูงขึ้นเฉลี่ย 1.2 เมตร ส่งผลให้ถนนที่ขนานกับแนวชายฝั่ง อาทิเช่น ทางหลวงหมายเลข 2 ในกรุงโคเปนเฮเกน ทางหลวงหมายเลข 47 ในกรุง เฮลซิงเอร์ และ ทางหลวงหมายเลข 237 ในกรุงเฮลส์เบิร์ก เกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากเป็นประจำในช่วงที่ฝนตกหนักและน้ำทะเลหนุนสูง ดังนั้น Nielsen NH และคณะ (2011) จึงได้ทำการศึกษา เพื่อที่จะพัฒนาวิธีการในการวิเคราะห์ตำแหน่งของถนนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากขึ้น ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ได้ถูกตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ Water Sci Technology Vol63(12) p. 2957-66. ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้ คือ เพื่อที่จะวิเคราะห์ตำแหน่งถนนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเนื้อหาในบทความนี้ได้กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำท่วมที่มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น หรือบ่อยครั้งขึ้นจนเกิดเป็นปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก โดยเฉพาะผลกระทบที่เกิดขึ้นกับถนนและเส้นทางคมนาคมต่างๆ ในประเทศเดนมาร์ก โดยปัจจัยทางด้านภูมิอากาศที่ส่งผลต่อถนนตามรายงานของ IPCC ในปี ค.ศ. 2007 สามารถสรุปได้ดังนี้

- **ปริมาณฝน** มีแนวโน้มที่ความเข้มฝนจะสูงมากขึ้นซึ่งส่งผลให้เกิดน้ำท่วมถนนและปริมาณน้ำไม่สามารถที่จะระบายผ่านถนนได้ทัน ทำให้จำเป็นต้องมีการปรับปรุง ขยาย ตลอดจนเปลี่ยนตำแหน่งช่องทางการระบายน้ำ
- **ลม** มีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เกิดความรุนแรงของพายุที่มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพและความมั่นคงของสะพาน
- **การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล** ส่งผลให้ถนนที่อยู่บริเวณริมชายฝั่งเกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งมากขึ้น
- **อุณหภูมิ** โดยเฉพาะในช่วงหน้าร้อนที่สูงขึ้น ส่งผลต่อผิวทาง ทำให้ผิวทางชำรุดและมีความขรุขระของผิวทางมากขึ้น โดยเฉพาะผิวทางประเภทแอสฟัลต์คอนกรีต



ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงต้องการที่จะวิเคราะห์ถนนที่มีความเสี่ยงต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่อาจจะเกิดขึ้น โดยนำเทคนิคการคัดแยก (screening) มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งในการวิเคราะห์จะแบ่งการ screening ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

- 1) **ระดับที่ 1** การคัดแยกโดยใช้ลักษณะทางภูมิประเทศ (Terrain)
- 2) **ระดับที่ 2** การคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม (Frequency of Flood)
- 3) **ระดับที่ 3** การคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

ซึ่งการคัดแยกแต่ละระดับมีแนวทางในการกำหนดและวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมดังแสดงในตารางที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1 ระดับในการคัดแยกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม

ระดับที่ 1 การคัดแยกพื้นที่โดยใช้ลักษณะทางภูมิประเทศ (Terrain)
• พื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมในอดีตทั้งหมด จะกำหนดให้เป็นพื้นที่เสี่ยงภัย โดยสมมติให้สัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 100% และ ไม่มีศักยภาพในการระบายน้ำในพื้นที่ • พื้นที่ลุ่มน้ำที่ อยู่ในอิทธิพลของการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล จะแบ่งความเสี่ยงตามค่าระดับของน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น 1 2 และ 3 เมตร อย่างไรก็ตาม หากพื้นที่ใด มีเขื่อนหรือกำแพงกั้นน้ำ จะถือว่าพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดน้ำท่วม ยกเว้นกรณี ที่ระดับน้ำทะเลตามสมมติฐาน สูงกว่าระดับคันกั้นน้ำ
ระดับที่ 2 การคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม (Frequency of Flood)
• กำหนดพื้นที่รับน้ำของพื้นที่น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในอดีต • คำนวณความถี่การเกิดน้ำท่วมในแต่ละพื้นที่ โดยใช้สถิติข้อมูลฝนของแต่ละพื้นที่นั้น ๆ
ระดับที่ 3 การคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์
• ประเมินการไหลในพื้นที่ โดยใช้แบบจำลอง 1 มิติ • ประเมินการไหลในพื้นที่ โดยใช้แบบจำลอง 1 มิติ และ 2 มิติ

ในการประยุกต์ใช้เทคนิคการคัดแยกทั้ง 3 ระดับ ได้มีการประมวลผลข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยมีการนำโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS มาประยุกต์ใช้ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้



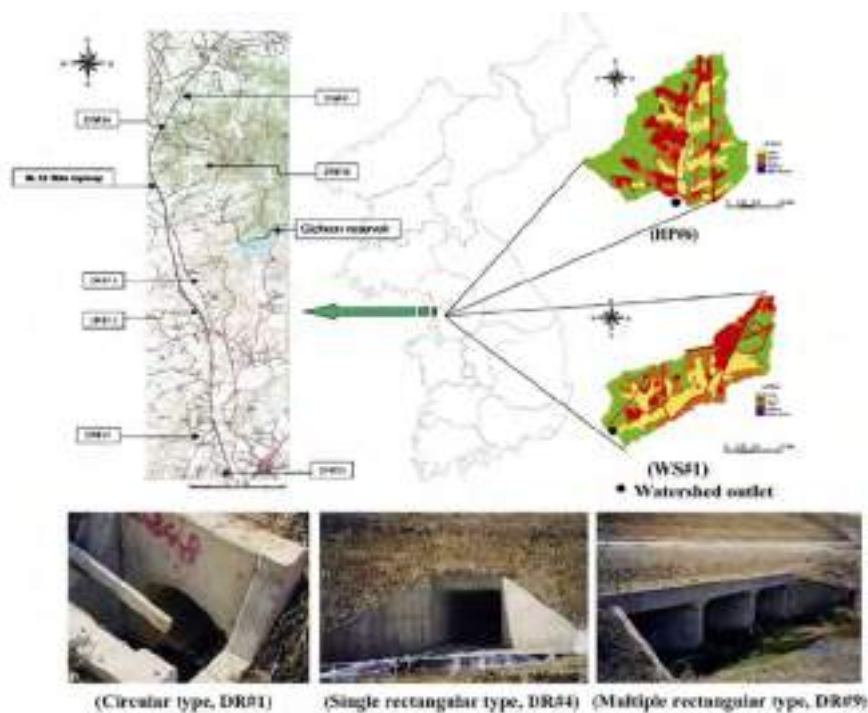
การประเมินพื้นที่ความเสี่ยง โดยใช้หลักเกณฑ์ในระดับที่ 1 เป็นการนำข้อมูลลักษณะภูมิประเทศซึ่งเป็นข้อมูลดิบหรือ raw data มากำหนดตำแหน่งพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่น้ำท่วมซ้ำ (นิยามของตำแหน่งน้ำท่วมซ้ำในที่นี้ คือ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำท่วมได้มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่การประเมินในระดับที่ 2 จะนำความถี่ในการเกิดน้ำท่วมเข้ามาพิจารณา ซึ่งจะส่งผลให้สามารถตัดพื้นที่บางส่วนจากการตัดแยกในระดับชั้นที่ 1 ที่มีความเสี่ยงน้อยออกไปได้ อย่างไรก็ตาม การตัดแยกในระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 จะไม่ทราบถึงทิศทางการไหลหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำท่วม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การประเมินในระดับที่ 3 คือ นำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ทราบถึงระดับความสูงและระยะเวลาการท่วมซ้ำของน้ำในพื้นที่ ทำให้การประเมินความเสี่ยงของท่วมถนนสามารถทำได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้นในการศึกษานี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การตัดแยกความเสี่ยงของพื้นที่ที่จะสามารถทำได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูล ลักษณะทางภูมิประเทศในรูปแบบของข้อมูล Digital Terrain Model (TDM ที่นำมาใช้) ซึ่งหากข้อมูลมีความละเอียดมากย่อมส่งผลให้ความถูกต้องในการตัดแยกพื้นที่สูงขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูล TDM ที่มีความละเอียดสูง จำเป็นที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับนโยบายหรือวิสัยทัศน์ ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องว่าจะมองเห็นความสำคัญของการศึกษาและพร้อมที่จะลงทุนในการจัดทำหรือจัดหาข้อมูล TDM ความละเอียดสูงหรือไม่

ทั้งนี้ หลังจากกำหนดพื้นที่หรือแนวเส้นทางถนนที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากได้แล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถที่จะกำหนดมาตรการหรือแผนงานต่างๆ ในการป้องกันน้ำท่วมที่เกิดขึ้น อาทิเช่น การสร้างกำแพงป้องกันน้ำท่วมสำหรับถนนตามแนวชายฝั่ง หรือการยกระดับของถนนเพื่อทำหน้าที่เป็นคันป้องกันน้ำพร้อมเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ โดยการขยายขนาดท่อระบายน้ำ พร้อมติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อระบายน้ำฝนจากพื้นที่ด้านในออกสู่ทะเลในกรณีที่ระดับน้ำทะเลหนุนสูง เป็นต้น

2.2.3. Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้

บทความฉบับนี้เขียนขึ้น โดย M.S Kang และคณะ (2009) และถูกตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ Biosystems Engineering Vol. 104, Issue 3 ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้ คือเพื่อต้องการจะเปรียบเทียบผลการออกแบบท่อลอดผ่านถนน ระหว่างวิธี Rational Method และการใช้ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) โดยในการศึกษาได้คัดเลือกทางหลวงหมายเลข 39 ในพื้นที่เขตเมือง Suwon ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ Baran และ Banweo ในประเทศเกาหลีใต้ เป็นพื้นที่ศึกษานำร่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.2-6 ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ศึกษาดังกล่าวมีอาคารท่อลอดจำนวน 35 แห่ง และมักจะประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากบนถนนอยู่เป็นประจำ เนื่องจากถนนซึ่งตั้งอยู่ตามทิศเหนือ-ใต้ จะขวางทิศทางการไหลของน้ำ ซึ่งจะไหลจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

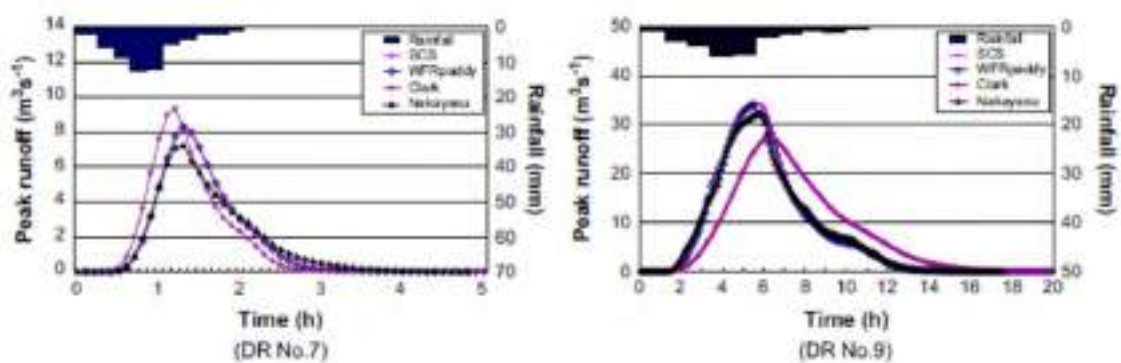


รูปที่ 2.2-6 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย

สำหรับ ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาการเกิดฝนตกที่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของการเกิดอัตราการไหลสูงสุด สามารถประเมินได้จาก วิธีต่างๆ ดังนี้

- Huff curves
- SCS Model
- Curve Numberber Model
- Nakayasu model
- Clark Model
- WFRpaddy model

จากนั้นเมื่อทำการประเมินช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงอัตราการไหลสูงสุดในกราฟน้ำท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.2-7) ตามวิธีการต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นแล้ว จะนำช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝนที่วิเคราะห์ได้ มากำหนดเป็นข้อมูลช่วงเวลาที่เกิดฝนตก (Duration Time) สำหรับการประเมินความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยใช้โค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิดซ้ำ (Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve, IDF Curve) ของเมือง Suwon ซึ่งเป็นเมืองที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา ที่ได้เคยทำการวิเคราะห์ไว้ โดย Korea Institute of Construction Technology ในปี ค.ศ. 2000



รูปที่ 2.2-7 ตัวอย่างของกราฟน้ำท่าที่ประเมินได้ด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน

เมื่อทราบความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากการกำหนดช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝนแล้ว ก็ให้นำค่าความเข้มฝนดังกล่าวไปทดลองออกแบบขนาดของท่อลอดจำนวนทั้ง 35 แห่ง ที่ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 39 ใหม่อีกครั้ง โดยวิธีการออกแบบจะใช้แนวทางของ The American Association of State Highway and Transportation officials (AASHTO, 1991, 2000) มาประยุกต์ใช้



สำหรับผลจากการวิเคราะห์อัตราการไหลออกแบบและขนาดของอาคารระบายน้ำ เปรียบเทียบระหว่างวิธี Rational Method และวิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (ที่ประเมินจากแบบจำลองต่างๆ) ในกรณีของการออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2-8 ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิธี Rational Method ให้ผลการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่ต่ำกว่า ทำให้อาคารท่อลอดมีขนาดเล็ก ในขณะที่วิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน ที่ประเมินจากแบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าวิธีต่างๆ จะให้ค่าการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่สูงกว่า ส่งผลให้อาคารท่อลอดมีขนาดใหญ่กว่าเช่นกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่า การแก้ไขปัญหาซ้ำซากสำหรับบริเวณพื้นที่น้ำร่อง หรือบริเวณพื้นที่อื่นๆ ของประเทศเกาหลีใต้ ควรที่จะออกแบบระบบระบายน้ำโดยใช้ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) แทนที่ใช้วิธี Rational Method จะมีความเหมาะสมมากกว่า

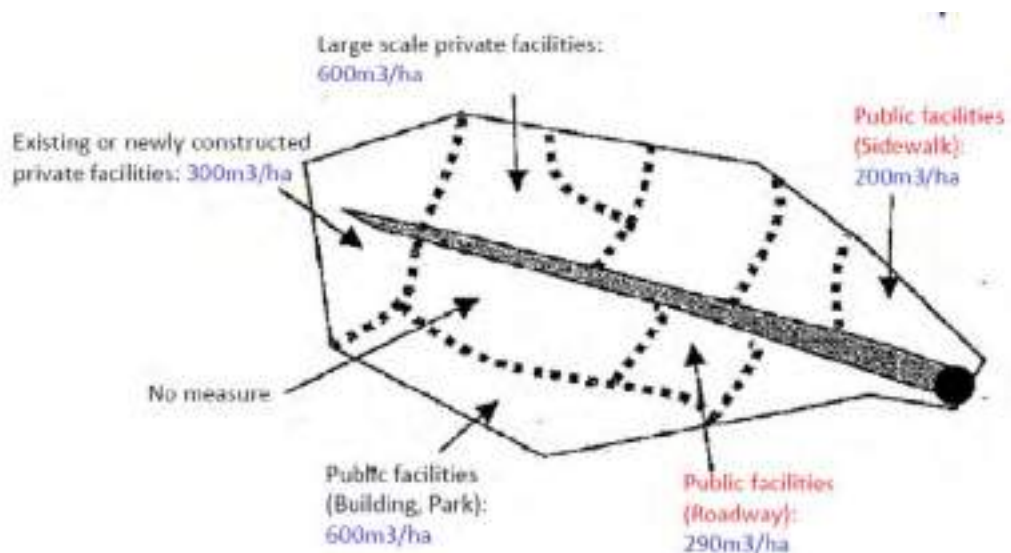
Table 8 – Culvert sizes for each design flood by different methods and models at 25-year frequency			
Design method	Station	Q_d ($m^3 s^{-1}$)	Culvert number and size
Rational method	DR No. 04	16.9	2 at 2.0 × 1.5
	DR No. 07	7.7	1.5 × 1.5
	DR No. 09	29.6	3 at 2.0 × 1.5
	DR No. 10	24.3	3 at 2.0 × 1.5
	DR No. 31	5.9	1.5 × 1.5
SCS	DR No. 04	20.7	2.5 × 2.5
	DR No. 07	8.3	2.0 × 1.5
	DR No. 09	34.1	2 at 2.5 × 2.0
	DR No. 10	29.5	2 at 2.5 × 2.0
	DR No. 31	6.8	2.0 × 1.5
WRFpaddy	DR No. 04	20.7	2.5 × 2.5
	DR No. 07	8.3	2.0 × 1.5
	DR No. 09	34.1	2 at 2.5 × 2.0
	DR No. 10	29.5	2 at 2.5 × 2.0
	DR No. 31	6.4	1.5 × 1.5
Clark	DR No. 04	17.8	2 at 2.0 × 1.5
	DR No. 07	9.3	2.0 × 1.5
	DR No. 09	27.1	3 at 2.0 × 1.5
	DR No. 10	23.9	3 at 2.0 × 1.5
	DR No. 31	7.9	2.0 × 1.5
Nakayasu	DR No. 04	18.9	2 at 2.0 × 1.5
	DR No. 07	7.2	2.0 × 1.5
	DR No. 09	33.2	2 at 2.5 × 2.0
	DR No. 10	27.8	3 at 2.0 × 1.5
	DR No. 31	5.9	1.5 × 1.5
a Number of culverts with a given width (m) × height (m).			

รูปที่ 2.2-8 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบท่อลอดระหว่างวิธี Rational Method และวิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน

2.2.4. Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น

บทความฉบับนี้เขียนขึ้น โดย Mr. Masashiro Imbe จากหน่วยงาน Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology (ARSIT) เพื่อนำเสนอในการประชุมเชิงปฏิบัติการนานาชาติภายใต้หัวข้อ Eco-Efficient Infrastructure to Sustainable Development and Green Economy in Asia and Pacific ซึ่งจัดขึ้นในวันที่ 12 และ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ณ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โดยสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบรรเทาปัญหาในน้ำท่วมที่เกิดขึ้นบนถนนที่นำเสนอในบทความฉบับนี้ สรุปได้ดังนี้

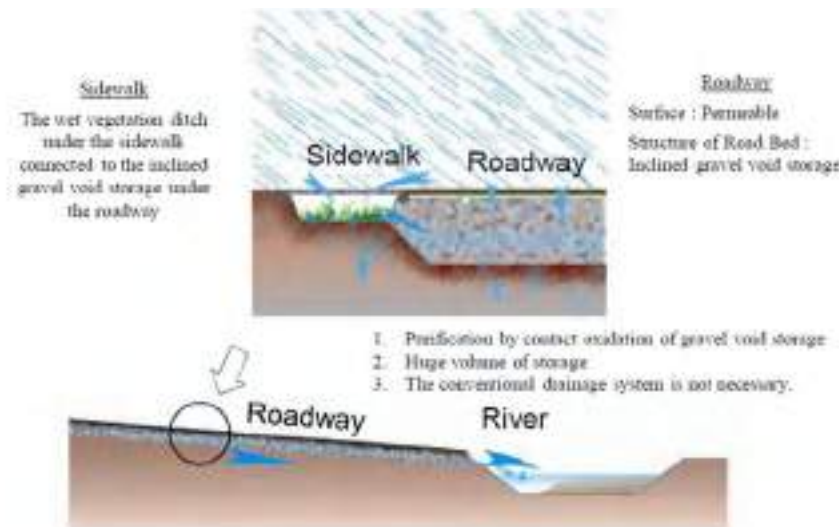
เนื่องจากประเทศญี่ปุ่น เป็นประเทศในกลุ่มนำด้านการผลิตของภูมิภาคเอเชียและของโลก ทำให้มีการขยายตัวของพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในพื้นที่ของกรุงโตเกียว พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยส่วนใหญ่ เป็นเขตพื้นที่พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัย ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่ทึบน้ำ (Impervious Area) ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตก น้ำจะไม่สามารถไหลซึมลงสู่ดินได้ ทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าสูง หรืออาจกล่าวได้ว่า สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่มีค่าสูงนั่นเอง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลเมืองโตเกียวหรือเมืองขนาดใหญ่อื่นๆ ของประเทศญี่ปุ่นมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งขึ้น จนเป็นปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากแม้ว่าปริมาณฝนที่ตกจะมีค่าเท่าเดิมก็ตาม ดังนั้นแนวคิดในการจัดการเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากดังกล่าว คือ ต้องมีการจัดหาพื้นที่เก็บกัก (Storage) เพื่อหน่วงน้ำ หรือลดปริมาณของน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น โดยพื้นที่เก็บกักดังกล่าว จะกำหนดให้อยู่ในชั้นใต้ดินของสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2-9



รูปที่ 2.2-9 กรอบแนวคิดในการจัดการน้ำท่วม โดยใช้การเก็บกักน้ำใต้ผิวดินของกรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

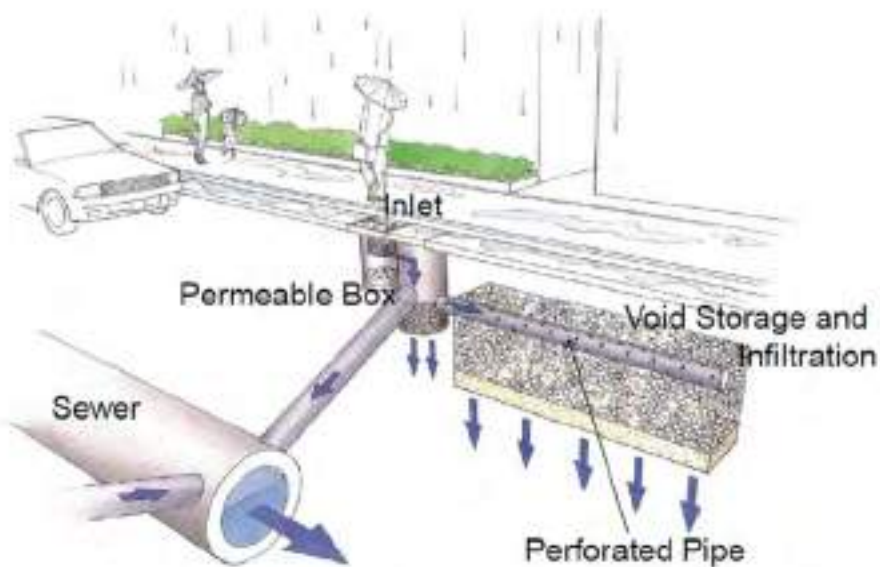
ในรูปที่ 2.2-9 เป็นแผนการจัดการน้ำท่วมของ Tokyo Metropolitan Government ที่มีการกำหนดความจุเก็บกักที่ต้องการในชั้นใต้ดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่เป็นถนน จะต้องมีความสามารถในการเก็บกักน้ำฝนได้น้อยกว่า 290 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ หรือในกรณีที่เป็นพื้นที่อาคารสาธารณะหรือที่จอดรถ ต้องมีความสามารถในการเก็บกักน้ำฝน อย่างน้อย 600 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ เป็นต้น

สำหรับในส่วนในพื้นที่ที่เป็นถนน ซึ่งต้องการให้มีความสามารถในการเก็บกักและการระบายน้ำนั้น จะนำหลักการ “Road of River” ดังแสดงในรูปที่ 2.2-10 มาใช้ โดยจะเห็นได้ว่า ในส่วนของพื้นที่ทางน้ำ จะใช้วัสดุที่มีความพรุนหรือน้ำซึมผ่านได้ปูผิวทาง จากนั้นน้ำที่ซึมผ่านจะไหลไปยังพื้นที่ได้ผิวนก ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็นหินหรือทรายหยาบซึ่งมีความพรุนและน้ำซึมผ่านได้เช่นกัน ซึ่งน้ำที่ไหลมารวมกันได้ผิวนกก็จะสามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำได้



รูปที่ 2.2-10 หลักการก่อสร้างถนนตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น

นอกเหนือในส่วนของระบบระบายน้ำ ก็ได้มีการออกแบบให้ปริมาณน้ำฝน ที่ไหลในท่อสามารถระบายซึมลงดินได้ โดยการใช้ท่อระบายน้ำประเภทพิเศษที่มีการเจาะรู เพื่อให้ น้ำซึมผ่าน ระบายลงสู่ชั้นดินภายนอก ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดปริมาณน้ำที่ไหลในเส้นท่อ และป้องกันการเกิดน้ำท่วมจากกรณีน้ำไหลล้นเต็มท่อได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2-11 อย่างไรก็ตาม ระบบระบายน้ำที่ออกแบบตามแนวความคิดนี้จะต้องควบคู่ไปกับระบบที่รวบรวมน้ำเสีย กล่าวคือ ในช่วงที่ไม่มีฝนตก น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ระบายลงสู่เส้นท่อ จะต้องถูกรวบรวมโดยท่อรวบรวมน้ำเสีย แต่ถ้าหากมีฝนตกซึ่งน้ำเสียถูกเจือจางแล้ว จะอนุญาตให้มีการระบายหรือซึมผ่านท่อระบายน้ำที่มีการเจาะรูไว้ได้



รูปที่ 2.2-11 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น



2.2.5. Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์

สิงคโปร์ ซึ่งเป็นประเทศที่อยู่ล่างสุดของคาบสมุทรมลายู มีความแปรปรวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับเมืองหลวงอื่นๆ ในอาเซียนและเอเชีย ที่มีความเสี่ยงที่จะประสบปัญหาน้ำท่วมจากฝนที่ตกหนักมากขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนระดับน้ำทะเลยกกระด้างสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่เศรษฐกิจของประเทศ อาทิเช่น ถนนเบโดะกัสสาย 4 ทางแยกถนนชางจีตอนบน รวมถึงถนนออร์ชาร์ด ซึ่งเป็นศูนย์กลางด้านพาณิชยกรรมของประเทศ โดยตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018 จนถึงปี 2020 พบว่า เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าว โดยเฉลี่ยมากกว่า 3 ครั้ง และมีแนวโน้มที่จะมีความถี่ของการเกิดน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น หน่วยงาน Public Utilities Board (PUB) หรือคณะกรรมการสาธารณูปโภคสาธารณะ ประเทศสิงคโปร์ จึงได้กำหนดยุทธศาสตร์สำหรับการแก้ไขปัญหา น้ำท่วมดังกล่าว โดยปรับปรุงโครงข่ายระบบระบายน้ำครั้งใหญ่ครอบคลุมระยะทาง 8,000 กิโลเมตร ด้วยการขยายระบบระบายน้ำให้กว้างและลึกขึ้น ทั้งในส่วนของการระบายน้ำและคลองที่มีอยู่ ตลอดจนปรับปรุงแนวปฏิบัติของการระบายน้ำผิวดิน

โดยในส่วนของการปฏิบัตินั้น หน่วยงาน PUB ได้จัดทำ Code of Practice on Surface Drainage ซึ่งเป็นคู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม โดยเนื้อหาในคู่มือฉบับนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 การวางแผนป้องกันน้ำท่วม
- ส่วนที่ 2 การออกแบบระบบระบายน้ำ
- ส่วนที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

ทั้งนี้เนื้อหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบระบายน้ำของถนน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การวางแผนการก่อสร้างถนน

ในการก่อสร้างถนน จะต้องมีการจัดเตรียมระบบระบายน้ำชั่วคราวในระหว่างการก่อสร้าง เพื่อป้องกันน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่จะมีการยกระดับผิวทาง หรือการก่อสร้างถนนใหม่ จุดทางออกของทางระบายน้ำที่มีการยกระดับสูงขึ้นจะต้องไม่ไปกีดขวางทางระบายน้ำเดิม โดยในขั้นตอนการออกแบบจะต้องมีวิศวกรผู้รับผิดชอบในส่วนนี้โดยตรง รวมทั้งจะต้องจัดส่งรายการคำนวณทางด้านชลศาสตร์ แผนการทำงาน และรูปแบบของระบบระบายน้ำชั่วคราวในแต่ละช่วงเวลาของการก่อสร้าง มาให้กับ PUB พิจารณา ก่อนดำเนินการก่อสร้าง



2) หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบระบายน้ำ

- การคำนวณอัตราการไหลสูงสุด (Q_{peak}) ให้ใช้วิธี Rational Method โดยมีการกำหนดสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทดังนี้

ประเภทการใช้ที่ดิน	สัมประสิทธิ์น้ำท่า C
ถนน ทางหลวง ทางวิ่งของเครื่องบิน	1.00
พื้นที่เมืองหรือพาณิชยกรรมที่มีอาคารก่อสร้างหนาแน่น	0.90
ที่อยู่อาศัยและพื้นที่เขตอุตสาหกรรมหนาแน่น	0.80
ที่อยู่อาศัยและพื้นที่เขตอุตสาหกรรมหนาแน่น	0.65
พื้นที่สวนสาธารณะ เกษตรกรรม และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	45
ในกรณีของกลุ่มน้ำที่มีลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน จะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเฉลี่ย โดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักตามขนาดการใช้ที่ดินแต่ละประเภท	

- รอบปีการเกิดซ้ำที่นำมาหาคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จาก โค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิด (IDF Curve) จะขึ้นอยู่กับ ขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งดังนี้

ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ha)	รอบปีการเกิดซ้ำ
น้อยกว่า 100 ha	10
อยู่ในช่วงระหว่าง 100-1,000 ha	25
มากกว่า 1,000 ha	50 ถึง 100

- การออกแบบขนาดของท่อระบายน้ำข้างทาง ให้ใช้สมมติฐานการไหลในทางน้ำแบบแบการไหลคงตัว (Steady Flow) โดยนำสมการ Manning มาใช้ในการออกแบบ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่จะนำมาแทนในสมการดังกล่าว กำหนดไว้ดังนี้

วัสดุหรือลักษณะทางกายภาพทางน้ำ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning
ท่อ PVC	0.0125
ทางระบายน้ำคอนกรีต หรือท่อคอนกรีต	0.0150
อิฐหรืออิฐบล็อก	0.0170
พื้นดินธรรมชาติ	0.0270
พื้นที่ดินธรรมชาติที่มีหินและวัชพืช	0.0350
พื้นที่ที่เป็นกรดทราย	0.0300

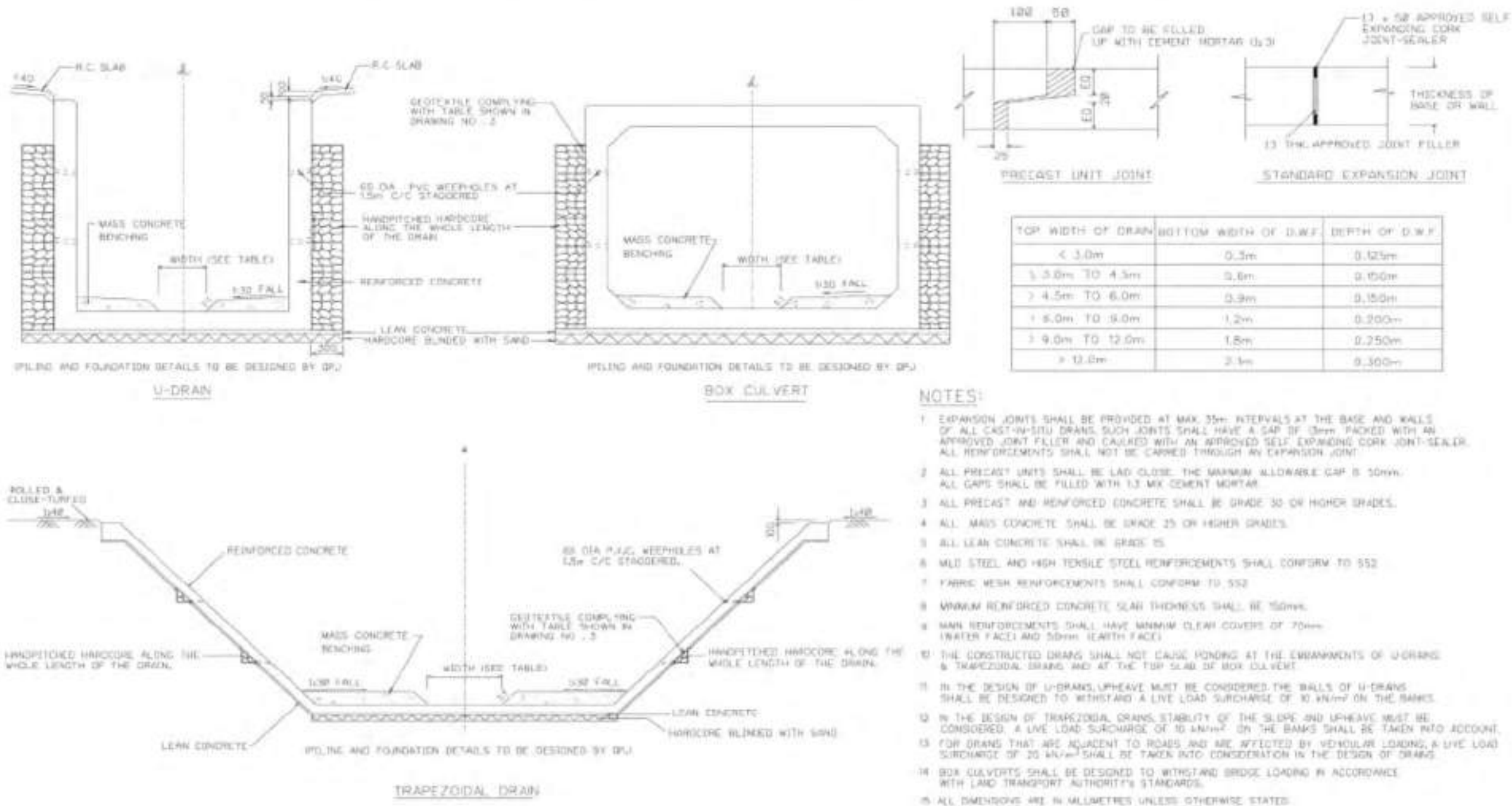


- ความเร็วการไหลต่ำสุดในท่อระบายน้ำจะต้องไม่น้อยกว่า 1 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วการไหลสูงสุด จะต้องไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที
- จะต้องมีการเผื่อระยะ Free Borad ของระดับน้ำสูงสุดในระบบระบายหรือบ่อพัก โดยอย่างน้อยจะต้องมากกว่าร้อยละ 15 ของความลึกของระบบระบายน้ำ

3) การออกแบบอาคารระบายน้ำของถนน

การออกแบบอาคารระบายน้ำของถนนทั้งในส่วนของท่อระบายน้ำข้างทาง (Side Drain) และท่อลอดในคู่มือฉบับนี้ได้กำหนดให้ใช้แบบมาตรฐานของหน่วยงาน Land Transport Authority's Specifications ดังแสดงในรูปที่ 2.2-12 และ รูปที่ 2.2-13 ตามลำดับ

This drawing shows schematically the drainage channels and minimum structural requirements. Details of the structural, geotechnical and foundation systems are to be designed by Qualified Persons.

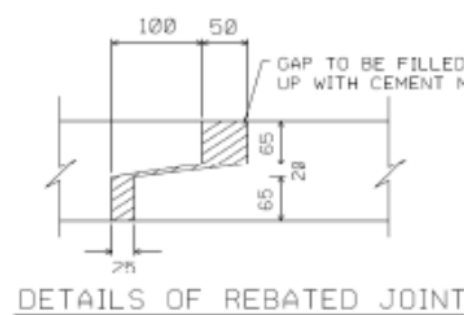
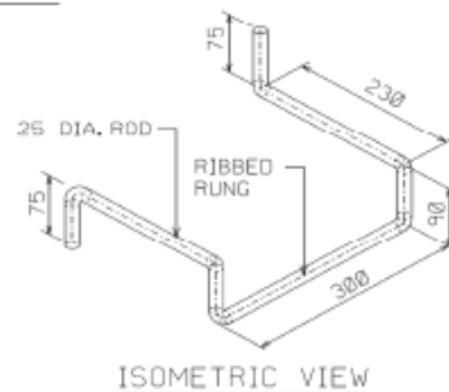
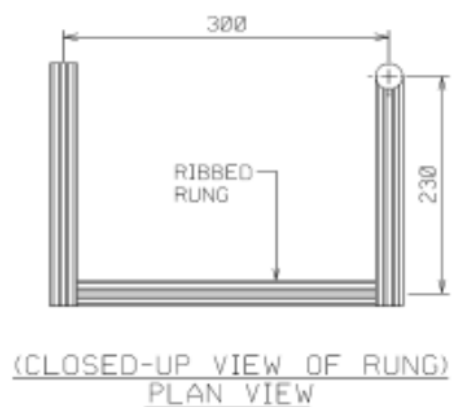
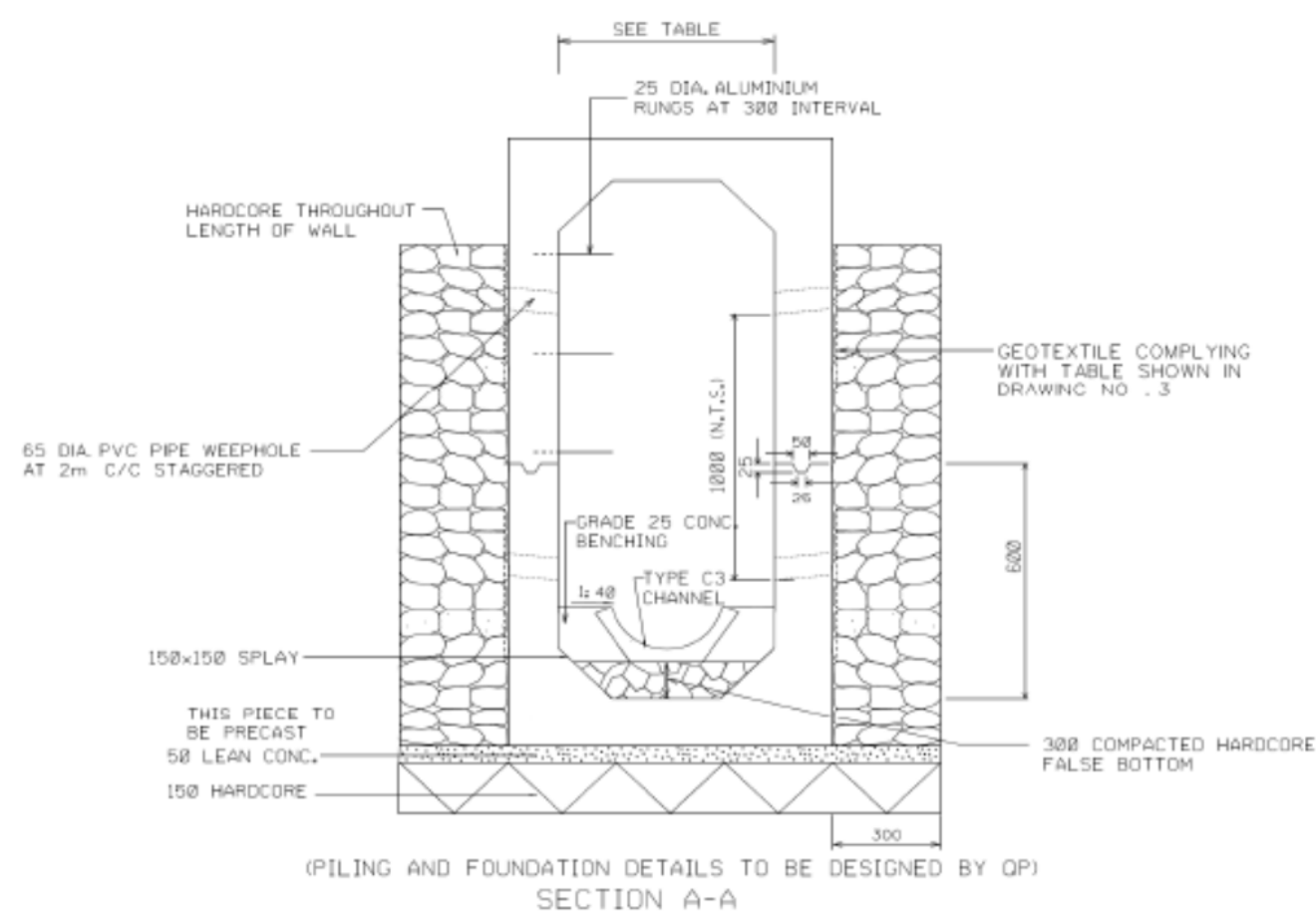


DRAWING NO. 1

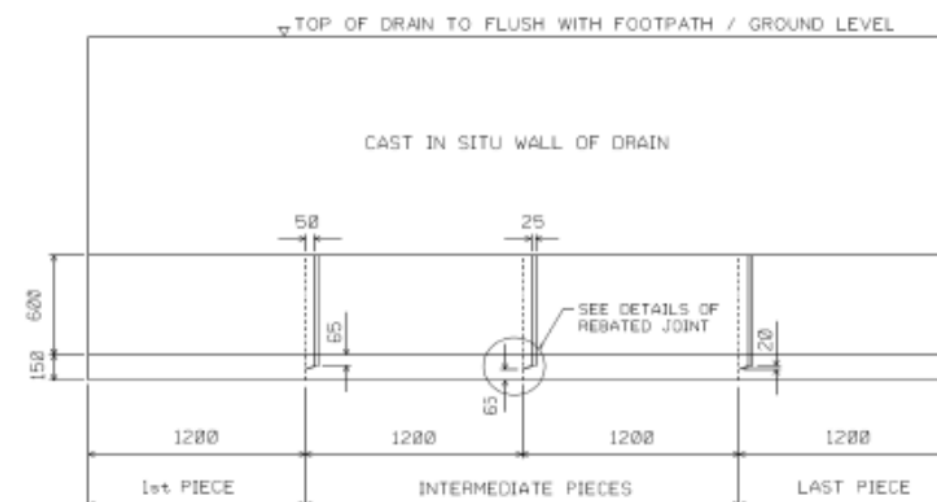
U-SHAPED & TRAPEZOIDAL DRAINS AND BOX CULVERT

รูปที่ 2.2-12 แบบมาตรฐานทางระบายน้ำและ Boxculvert ประเทศสิงคโปร์

This drawing shows schematically the drainage channels and minimum structural requirements. Details of the structural, geotechnical and foundation systems are to be designed by Qualified Persons.

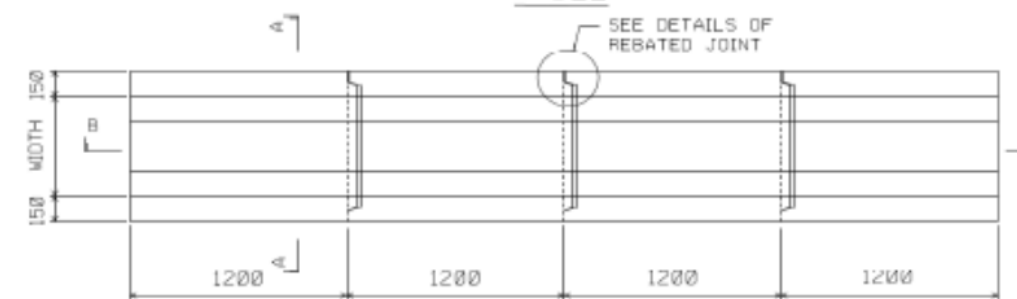


DETAILS OF NON-SKID ALUMINIUM RUNG



WIDTH OF DRAIN	600	750	900	1050	1200
----------------	-----	-----	-----	------	------

TABLE



NOTES

1. CLEAR COVER TO REINFORCEMENT : 40mm.
2. GRADE 30 CONCRETE IS TO BE USED.
3. LENGTH OF PRECAST PIECE TO BE 1200mm ON STRAIGHT AND 600mm ON CURVES.
4. WIDTH / DEPTH RATIO OF DRAIN SHOULD NOT BE MORE THAN 1 : 2.
5. NON-SKID ALUMINIUM RUNGS ARE TO BE PROVIDED FOR ROADSIDE DRAINS WITH DEPTH EQUAL TO OR EXCEEDING 0.9m.
6. THE TOP SLAB OF THE ROADSIDE DRAIN SHALL BE CONSTRUCTED SUCH THAT PONDING AT THE TOP SLAB WILL NOT OCCUR.
7. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES UNLESS OTHERWISE STATED

DRAWING NO. 2

STANDARD ROADSIDE DRAINS

รูปที่ 2.2-13 แบบมาตรฐานท่อระบายน้ำข้างทาง (Side Drain) ประเทศสิงคโปร์



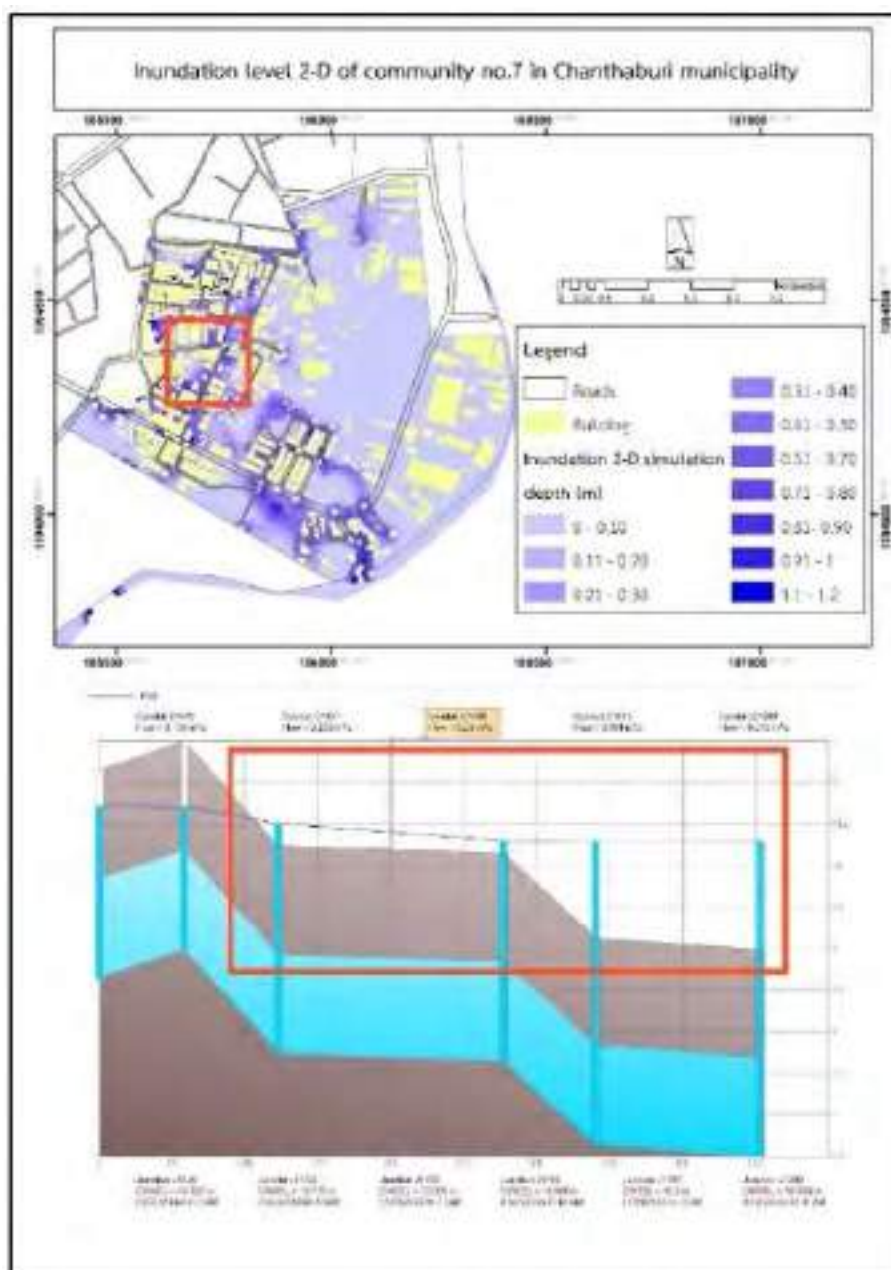
2.2.6. การจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนเมือง จังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย

งานวิจัยฉบับนี้ เรียบเรียงโดย นาย กฤษณะ อิ่มสวาสดี ซึ่งตีพิมพ์ ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ววท.) ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน 2564 โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมือง รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ของระบบการระบายน้ำฝนโดยนำแบบจำลอง SWMM มาประยุกต์ใช้

สำหรับวิธีการดำเนินงานในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- 1) การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น สิ่งปกคลุม ดิน (land cover) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (rainfall data) ข้อมูล ความแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และข้อมูลของระบบท่อระบายน้ำ จากผลการสำรวจซึ่งประกอบด้วยแนวท่อ ขนาดและความยาวของท่อระบายน้ำ ชนิดของท่อ และระดับความลึกของท่อระบายน้ำ เป็นต้น
- 2) การเตรียมการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 โดยแบ่งปัจจัยการนำเข้าข้อมูลเป็น 2 ปัจจัย ดังนี้
 - 2.1) ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ พื้นที่รับน้ำย่อย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน แนวทางระบายน้ำ (pipe network) และค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว (Manning's coefficients, N)
 - 2.2) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWMM ได้แก่ ความลึกของพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถไหล ผ่านได้ (Dstore-Imperv) ความลึกของพื้นที่ที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ (Dstore-Perv) อัตราสูงสุดของการซึมผ่านของน้ำ (MaxRate) อัตราต่ำสุดของการซึมผ่านน้ำสู่ชั้นใต้ผิวดิน (MinRate)
- 3) การจำลองสถานการณ์น้ำท่วมโดยใช้แบบจำลอง SWMM โดยเลือกช่วงวันที่มีค่าปริมาณน้ำฝน มากที่สุดในรอบระยะเวลา 30 ปี (ปี พ.ศ. 2531- 2561) ซึ่งตรงกับวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 มาใช้เป็นเหตุการณ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจำลองทางเลือกเพื่อการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่

ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลอง SWMM จะทำให้ทราบถึงความสูงของระดับน้ำที่ล้นออกมาจากท่อระบายน้ำ หรือ ความสูงของระดับน้ำที่ท่วมบนผิวดิน และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ผ่านโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะทำให้สามารถนำมาสร้างแผนที่น้ำท่วม ในพื้นที่ศึกษาโครงการได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2-14



รูปที่ 2.2-14 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยนำผลจากแบบจำลอง SWMM มาประยุกต์ใช้กับข้อมูล DEM และ โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์



นอกจากนี้ในงานวิจัยครั้งนี้ ยังได้นำแบบจำลอง SWMM มาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดแนวทางในการบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่โดยตั้งสมมติฐานที่จะไม่มีการปรับปรุงระบบระบายน้ำ หรือ ปรับเปลี่ยนขนาดท่อ ซึ่งผลจากการศึกษา ได้เสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม ดังนี้

- 1) กำหนดให้มีการสร้างพื้นที่สีเขียวของทุกอาคารเพื่อลดอัตราการไหลสูงสุดปริมาณน้ำท่าที่จะเข้าสู่ระบบระบายน้ำ หรือ เพิ่มอัตราการซึ่งผ่านของน้ำฝนลงสู่ดินให้มากขึ้น
- 2) ให้นำหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำการตรวจสอบ ลักษณะของท่อระบายน้ำให้พร้อมใช้งานอยู่เป็นประจำ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผลการสำรวจพบว่า ท่อระบายน้ำข้างทางโดยส่วนใหญ่มีตะกอนตกสะสมเป็นปริมาณมาก ซึ่งส่งผลให้พื้นที่หน้าตัดการไหลลดลง ซึ่งหากสามารถขุดลอกตะกอนได้หมด จะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 45 เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน



2.2.7. สรุปแนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหการระบายน้ำบนทางหลวง

จากผลการทบทวนทฤษฎีการระบายน้ำ ตลอดจนแนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหการระบายน้ำบนทางหลวงในต่างประเทศ ทำให้ที่ปรึกษาสามารถสรุปแนวคิดที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหการระบายน้ำท่วมบนทางหลวง ได้ดังนี้

1) กรอบแนวคิดที่ได้จากผลการศึกษาทบทวนทฤษฎีการระบายน้ำ

จากการศึกษาทบทวนทฤษฎีการระบายน้ำ จะเห็นได้ว่าการศึกษาพฤติกรรมการไหลและออกแบบอาคารระบายน้ำบนทางหลวง จะต้องเริ่มจากการแบ่งพื้นที่รับน้ำ (Watershed Area หรือ Catchment Area) ภายในพื้นที่ศึกษาของโครงการ จากนั้นต้องทำการรวบรวมข้อมูลฝนตลอดจนลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาประเมินปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลสูงสุดที่ผ่านอาคารระบายน้ำแต่ละตำแหน่ง (สามารถประเมินด้วยวิธี Rational Method วิธี Unit hydrograph วิธี Regional Flood Frequency analysis และวิธีอื่นๆ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ มาทำการออกแบบและปรับปรุงอาคารระบายน้ำอย่างใดก็ตาม สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ดังนั้นในขั้นตอนการศึกษาตั้งแต่ การประเมินปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลฝนในพื้นที่ไปจนถึงการประเมินขนาดของอาคารระบายน้ำบนทางหลวงที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ศึกษาโครงการจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จะใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

2) กรอบแนวคิดที่ได้จากผลทบทวนวิธีการในการแก้ไขปัญหการระบายน้ำบนทางหลวงในประเทศและต่างประเทศ

จากการศึกษาทบทวนแนวคิดของวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในประเทศและต่างประเทศ สามารถสรุปสาระสำคัญและแนวทางการนำไปใช้ในการศึกษาของโครงการได้ดังนี้

- **Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ประเทศ เนเธอร์แลนด์** เนื่อหาในบทความนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่ราบ ซึ่งมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลหรือแม่น้ำลำคลอง โดยมีการเสนอให้ใช้ระบบ Polder System หรือพื้นที่ปิดล้อม เข้ามาช่วย โดยศักยภาพในการระบายน้ำ จะขึ้นกับความสามารถในการเก็บกักของน้ำในสันทอ และเสนอให้ใช้การออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี แทนที่การออกแบบด้วยรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่บริเวณทางหลวงที่เป็นที่ราบต่ำ ในพื้นที่ศึกษาของโครงการได้ โดยสามารถนำ ค่าแฟคเตอร์ที่มีค่าเท่ากับ 3.0 มาคูณในการปรับค่าปริมาณฝนที่ออกแบบจากรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ให้เปลี่ยนเป็นค่าการออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยไม่จำเป็นต้องไปประเมินจากโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิดซ้ำ (Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve, IDF Curve) ใหม่



- **Development of a Screening Method to Assess Flood Risk on Danish National Roads and Highway Systems ประเทศเดนมาร์ก** เนื้อหาในบทความนี้ กล่าวถึงแนวทางการคัดแยก (screening) ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมของถนนสายต่างๆ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแบ่งระดับการคัดแยกออกเป็น 3 ระดับ โดย ระดับที่ 1 เป็นการคัดแยกโดยใช้ลักษณะทางภูมิประเทศ (Terrain) ระดับที่ 2 เป็นการคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม (Frequency of Flood) และระดับที่ 3 เป็นการคัดแยกโดยใช้ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ซึ่งแนวคิดจากบทความนี้สามารถที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดระดับความเสี่ยงของทางหลวง อันเนื่องมาจากอุทกภัย ซึ่งเมื่อทราบความเสี่ยงแล้ว สามารถที่จะกำหนดแผนในการป้องกัน แผนการเฝ้าระวัง ตลอดจนการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทางหลวงบนสายต่างๆ ที่มีความเสี่ยงในอนาคตได้
- **Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้** การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำการ เปรียบเทียบผลการออกแบบท่อลอดผ่านถนน ระหว่างวิธี Rational Method และการใช้ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) โดยผลการศึกษารูปได้ว่า วิธี Rational Method ให้ผลการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่ต่ำกว่า ทำให้อาคารท่อลอดมีขนาดเล็ก ในขณะที่วิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน ที่เมินจากแบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าวิธีต่างๆ จะให้ค่าการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่สูงกว่า ส่งผลให้อาคารท่อลอดมีขนาดใหญ่กว่าเช่นกัน ดังนั้นองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จึงเป็นการสนับสนุนสมมติฐานในการศึกษาของโครงการ คือ การออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงที่มักนิยมใช้วิธี Rational Method อาจไม่เพียงพอในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำผ่านถนน ทั้งนี้ควรที่จะพิจารณาผลการออกแบบหรือคำนวณโดยใช้วิธีการอื่นๆ ควบคู่กันไปด้วย และหาวิธีการใดให้ผลลัพธ์ของการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่มากกว่า ก็อาจจะพิจารณานำข้อมูลวิเคราะห์ที่ได้มาออกแบบอาคารระบายน้ำบนทางหลวง
- **Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น** โดยสาระสำคัญในบทความนี้ คือการนำเสนอ แนวคิดในการจัดการน้ำท่วม ของเมืองขนาดใหญ่ในญี่ปุ่น คือ ต้องมีการจัดหาพื้นที่เก็บกัก (Storage) เพื่อหน่วงน้ำ หรือลดปริมาณของน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น โดยพื้นที่เก็บกักดังกล่าว จะกำหนดให้อยู่ในชั้นใต้ดินของส่งปลูกสร้างต่าง ๆ รวมถึงท่อระบายน้ำซึ่งอยู่ริมถนน โดยใช้หลักการ “Road of River” ซึ่งเทคนิคนี้จะใช้วัสดุที่มีความพรุนหรือน้ำซึมผ่านได้ปูผิวทาง จากนั้นน้ำที่ซึมผ่านจะไหลไปยังพื้นที่ใต้ผิวถนน ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็นหินหรือทรายหยาบซึ่งมีความพรุนและน้ำซึมผ่านได้เช่นกัน ซึ่งน้ำที่ไหลมารวมกันใต้ผิวถนนก็จะสามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำได้ โดยแนวคิดและ



วิธีการที่นำเสนอในบทความนี้สามารถที่จะช่วยลดปริมาณน้ำในเส้นท่อข้างทาง (Side Drain) ซึ่งจะช่วยให้บรรเทาปัญหาน้ำท่วมทางหลวงได้

- **Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์** สารระสำคัญที่ได้จากการทบทวนบทความฉบับนี้ คือ แนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำผ่านถนน โดยในบทความนี้ได้เสนอให้ใช้วิธี Rational Method ในการออกแบบ โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าที่แน่นอนมาให้ซึ่งวิศวกรสามารถนำมาใช้ได้ทันที ทั้งนี้จะแตกต่างจากทฤษฎีหรือผลการทบทวนจากการศึกษาอื่นๆ ที่มักเสนอค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า เป็นช่วงของข้อมูล ซึ่งวิศวกรต้องมาตัดสินใจและประเมินด้วยตนเองอีกครั้ง ยกตัวอย่าง เช่น ในคู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง มีการเสนอการใช้สัมประสิทธิ์น้ำท่าโดยประเมินจากกราฟ ซึ่งจะมีช่วงของข้อมูลที่ค่อนข้างกว้าง ดังนั้นการเลือกใช้สัมประสิทธิ์ที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ต่างกันด้วย แต่ในบทความนี้ จะให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเป็นค่าเดียวตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น พื้นที่เมืองหรือพาณิชยกรรมที่มีอาคารก่อสร้างหนาแน่นจะให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ในการออกแบบ
- **การจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนเมืองจังหวัดจันทบุรี** สารระสำคัญที่ได้จากการทบทวนบทความฉบับนี้ คือ การนำแบบจำลอง SWMM มาใช้ในการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำในเมือง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) สำหรับการศึกษาในโครงการนี้ได้ โดยที่แบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้กำหนดแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำ หรือแม้แต่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการการใช้ที่ดินโดยรอบ เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาได้



2.3. การทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในบริเวณพื้นที่ จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีรวมถึงลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี

ในการทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในบริเวณพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีรวมถึงลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี ทางที่ปรึกษาจะมุ่งเน้นไปที่โครงการที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการด้านระบายน้ำ การวางระบบป้องกันน้ำท่วม ตลอดจนการบริหารจัดการน้ำของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย กรมชลประทาน สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ และกรมโยธาธิการและผังเมือง โดยรายละเอียดของโครงการต่างๆ ของแต่ละหน่วยงานสามารถแสดงได้ดังนี้

2.3.1. กรมชลประทาน

2.3.1.1. โครงการศึกษาความเหมาะสมเพื่อบรรเทาอุทกภัย จ.อุบลราชธานี (ปี พ.ศ. 2563-ปัจจุบัน)

โครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่กรมชลประทาน ได้ว่าจ้างกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา ดำเนินการวางแผนศึกษาแนวทางการแก้ไขและบรรเทาปัญหาอุทกภัยอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยจะต้องพิจารณาถึงสภาพพื้นที่และระบบลำน้ำที่มีความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงและระบบลุ่มน้ำหลัก ดังนั้นในโครงการนี้ จึงมีขอบเขตการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด ในลุ่มน้ำชีตอนล่างและลุ่มน้ำมูลตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ และร้อยเอ็ด

โดยแนวทางหลักในการแก้ไขปัญหามหาอุทกภัย ตามผลการศึกษาที่เสนอแนะไว้ในโครงการนี้ คือ การก่อสร้างคลองผันน้ำเลี่ยงเมืองอุบลราชธานี ซึ่งสามารถระบายน้ำได้ 1,200 ลบ.ม./วินาที (ดังแสดงในรูปที่ 2.3-1) โดยคลองผันน้ำดังกล่าวจะมีจุดรับน้ำ 2 จุด คือ จุดรับน้ำที่ 1 จากห้วยชะยุ้ง (เหนือเขื่อนห้วยนา) และจุดรับน้ำที่ 2 จากแม่น้ำมูล (ท้ายเขื่อนห้วยนา) จากนั้นจะระบายน้ำจากคลองผันน้ำกลับเข้าสู่แม่น้ำมูลบริเวณท้ายแก่งสะพือ รวมระยะทางคลองผันน้ำกว่า 96.9 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีการก่อสร้างอาคารบังคับน้ำกลางคลอง และปลายคลองผันน้ำ เพื่อควบคุมการระบายน้ำและสามารถเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งเพื่อการเกษตรกรรมและอุปโภค-บริโภค อีกด้วย

สำหรับสถานะของโครงการศึกษาฯ ในปัจจุบัน อยู่ในขั้นตอนของการสำรวจและออกแบบรายละเอียดของโครงการ และจะดำเนินการขออนุมัติตามแนวคลองผันน้ำ เพื่อเตรียมการก่อสร้างต่อไป



รูปที่ 2.3-1 แนวคลองผันน้ำเลี่ยงเมืองอุบลราชธานี ตามผลการศึกษาของโครงการศึกษาความเหมาะสมเพื่อบรรเทาอุทกภัย จ.อุบลราชธานี

2.3.1.2. แนวทางการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัย (กรณีอิทธิพลของพายุโพดุลและพายุไคจิ ปี พ.ศ. 2562)

แนวทางการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัย ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและจังหวัดอุบลราชธานี อันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุโพดุล และพายุคาจิกิ ของกรมชลประทานนั้น ได้นำหลักแนวคิดการชะลอน้ำโดยใช้อาคารควบคุมด้านชลศาสตร์ต่างๆ ในพื้นที่ด้านเหนือน้ำของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี เพื่อควบคุมหรือลดปริมาณการระบายน้ำลง (ดังแสดงในรูปที่ 2.3-2) โดยในส่วนของแม่น้ำชีได้ทำการชะลอน้ำจากแม่น้ำชีตอนบนที่เขื่อนมหาสารคาม ด้วยการลดบานระบายน้ำลงให้เหลือ 10 เซนติเมตร และทำการควบคุมการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และ ขนาดเล็ก จำนวน 23 แห่ง ด้านท้ายเขื่อนมหาสารคาม โดยปรับลดอัตราการระบายน้ำให้เหลือวันละ 36 ล้าน ลบ.ม. และจะทยอยปรับลดลงอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดผลกระทบต่อพื้นที่ด้านท้ายน้ำสำหรับทางด้านแม่น้ำมูล ได้ทำการชะลอน้ำที่เขื่อนราษีไศล ให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ด้านท้ายน้ำ โดยจะติดตามสถานการณ์น้ำอย่างใกล้ชิด พร้อมปรับลดการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก จำนวน 57 แห่ง รวมไปถึงการชะลอน้ำในลำเซบาย จังหวัดอำนาจเจริญ และ ลำเซบาย จังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งลำโดมใหญ่ และลำน้ำสาขาอื่นๆ เพื่อลดผลกระทบต่อพื้นที่ด้านท้ายน้ำ พร้อมกับเฝ้าระวังปริมาณน้ำในแม่น้ำมูลที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำ M.7 ให้อยู่ในอัตรา 4,600 ลบ./วินาที



รูปที่ 2.3-2 แนวทางการบริหารจัดการน้ำในช่วงอุทกภัยจากจากอิทธิพลของพายุโพดุลและพายุคาจิกิ ในปี พ.ศ. 2562 ของกรมชลประทาน



2.3.2. สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

2.3.2.1. แนวทางการแก้ไขปัญหาปริมาณน้ำท่วมสะสม จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

จากข้อสั่งการของนายกรัฐมนตรี ซึ่งเดินทางไปตรวจเยี่ยมผู้ประสบอุทกภัย ณ จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี เมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2562 ได้ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการแก้ไขปริมาณน้ำท่วมสะสมและการเก็บกักน้ำท่วมเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติจึงได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการชี้แจงข้อสั่งการดังกล่าว และส่งข้อมูลไปยังจังหวัดและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) แผนบริหารจัดการแก้มลิงพื้นที่ลุ่มต่ำลุ่มน้ำยัง

ลุ่มน้ำชี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 1,188 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 12,000 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่ความสามารถในการเก็บกักน้ำของลุ่มน้ำมีเพียง 6,407 ล้านลูกบาศก์เมตร ลุ่มน้ำชีจึงประสบปัญหาเรื่องน้ำมาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องอุทกภัย ซึ่งพื้นที่ประสบอุทกภัยซ้ำซากส่วนใหญ่มักเกิดบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำริมแม่น้ำชี โดยมีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงหรือเกิดน้ำท่วมทุกปี มีพื้นที่ 183,899 ไร่ และมีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางหรือเกิดน้ำท่วมทุก 2 ปี มีพื้นที่ 2,150,450 ไร่ จากความกว้างลำน้ำที่มีลักษณะแคบ การตื้นเขินของแม่น้ำชีรวมถึงสิ่งกีดขวางลำน้ำต่างๆ

การพิจารณาปรับปรุงพื้นที่ลุ่มต่ำเป็นแก้มลิงรับน้ำนอง ซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำชีที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำน้ำนองคือ พื้นที่ลุ่มต่ำบริเวณจุดบรรจบลำน้ำยังและแม่น้ำชี อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด สามารถพัฒนาพื้นที่แก้มลิงลุ่มต่ำน้ำนองเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่แก้มลิงลุ่มต่ำลุ่มน้ำยังตอนบน และพื้นที่แก้มลิงลุ่มต่ำตอนล่าง สามารถกักน้ำได้ปริมาณรวม 424 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่เก็บกักน้ำ 101,705 ไร่

โครงการแก้มลิงลุ่มต่ำน้ำนองลุ่มน้ำยังตอนบน สามารถกักน้ำได้เป็นปริมาณ 49 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นพื้นที่เก็บกักน้ำ 21,803 ไร่ ซึ่งอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม ไม่กระทบต่อที่อยู่อาศัยของราษฎร กำหนดระดับน้ำเก็บกัก +130.000 ม.(รทก.) ก่อสร้างอาคารบังคับน้ำปิดกั้นลำน้ำยัง บริเวณบ้านโนนยาง ตำบลขวาว อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปรับปรุงถนนพังกันน้ำเป็นระยะทาง 16.36 กิโลเมตร ราคาก่อสร้างเบื้องต้น 309,370,300 บาท

โครงการแก้มลิงลุ่มต่ำน้ำนองลุ่มน้ำยังตอนล่าง สามารถกักน้ำได้เป็นปริมาณ 193 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นพื้นที่เก็บกักน้ำ 79,920 ไร่ ซึ่งอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม ไม่กระทบต่อที่อยู่อาศัยของราษฎร กำหนดระดับน้ำเก็บกัก +128.000 ม.(รทก.) ก่อสร้างอาคารบังคับน้ำปิดกั้นลำน้ำยัง บริเวณบ้านโพธิ์ตาก ตำบลนางาม อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด และก่อสร้างอาคารบังคับน้ำอีก 2 แห่ง ปรับปรุงถนนพังกันน้ำเป็นระยะทาง 32.38 กิโลเมตร ราคาก่อสร้างเบื้องต้น 654,535,580 บาท



การดำเนินการขั้นต่อไป 1) ดำเนินการศึกษาความเหมาะสม เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบของพื้นที่แก้มลิง 2) ดำเนินการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน รับฟังความยินยอมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิต 3) สำรวจสภาพภูมิประเทศพื้นที่ แนวระดับถนนและทางสัญจรที่สำคัญในบริเวณโครงการ ตำแหน่งอาคารบังคับน้ำ และ 4) ควรจัดตั้งคณะทำงานหรือคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและลดความเสี่ยงภัยจากการนำน้ำเข้าพื้นที่ ควบคุมน้ำชั่วคราว

2) แผนแก้มลิงลุ่มน้ำชี - มูล

ที่ผ่านมากรมชลประทานได้ดำเนินการโครงการแก้มลิงริมสองฝั่งแม่น้ำชีแล้ว 114 โครงการ เก็บกักน้ำได้ กว่า 148 ล้านลูกบาศก์เมตร และยังมีแผนปรับปรุงพังกันน้ำชีและแก้มลิงสองฝั่งแม่น้ำชี - แม่น้ำมูล เพื่อการป้องกัน น้ำล้นตลิ่ง ตลอดสองฝั่งแม่น้ำชี ความยาวรวม 90 กิโลเมตร และการบริหารจัดการน้ำหลาก โดยทำทางน้ำแล้วเก็บกัก น้ำให้อยู่ในพื้นที่หนองน้ำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกฤดูแล้งได้ด้วย ได้แก่ ฝันน้ำชีลงแก้มลิงบริเวณ เขื่อนธาตุน้อย บริเวณเก็บกักรวม 8.7 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่รับประโยชน์ 27,025 ไร่ และแก้มลิงบริเวณสองฝั่ง แม่น้ำชี จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จำนวน 129 โครงการ บริเวณน้ำเก็บกักรวม 259 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่รับ ประโยชน์ 171,583 ไร่ และพัฒนาหนองน้ำธรรมชาติเป็นพื้นที่แก้มลิงริมแม่น้ำมูล

3) แผนผันน้ำและเก็บกักน้ำในลำน้ำ

การตัดยอดน้ำหลากต้นน้ำ เพื่อลดปริมาณน้ำหลากลงในแม่น้ำมูลตอนล่าง โดยศึกษาทางเลือกและจัดทำ เป็นแผนหลักการแก้ไขปัญหาทั้งระบบ และเก็บกักน้ำในทางผันน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ด้วย (ซึ่งได้รับงบประมาณแล้ว และจะดำเนินการโดย สทช.ภายในปี 2563 นี้) เช่น

- (1) ฝันน้ำชีท้ายเขื่อนลำปาวลงสู่แม่น้ำยัง เพื่อตัดยอดน้ำหลากจากลำปาว เลี้ยวเมืองกาฬสินธุ์ ลง แม่น้ำยัง และผันน้ำต่อสู่แนวผันน้ำเซบาย - ห้วยตุงลุง เพื่อลดน้ำท่วมและมีน้ำต้นทุนที่จะเป็น ประโยชน์ในการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำดำน้ำชี - ยัง ได้ด้วย
- (2) ฝันน้ำชีหน้าเขื่อนวังยาง ลงสู่แม่น้ำเสียวใหญ่ เพื่อตัดยอดน้ำหลากจากแม่น้ำชี โดยการสูบน้ำ Head ต่ำจากน้ำชีหน้าเขื่อนวังยาง แล้วส่งน้ำไปตามคลองส่งน้ำแบบแรงโน้มถ่วงตามแนวสันปันน้ำชี - มูล สามารถลดน้ำหลากท่วมลงพื้นที่ลุ่มต่ำชี - ยัง และมูลตอนล่าง เป็นการเชื่อมโยงแหล่งน้ำ เพื่อ ประโยชน์ในการใช้น้ำของพื้นที่ขาดแคลนน้ำต้นน้ำแถบสันปันน้ำของลุ่มน้ำชีฝั่งขวาและลุ่มน้ำเสียว ใหญ่ได้ด้วย
- (3) ฝันน้ำชีลงแม่น้ำโขง (ฝั่งซ้ายของแม่น้ำมูล) เพื่อตัดยอดน้ำหลากจากลุ่มน้ำชี บริเวณหน้าเขื่อน ยโสธรลงไปจนถึงด้านท้ายแม่น้ำมูล โดยตัดผ่านลำเซบาย - ลำเซบก ไปลงห้วยตุงลุงด้านท้ายแก่ง สะพือ ก่อนไหลลงแม่น้ำโขง



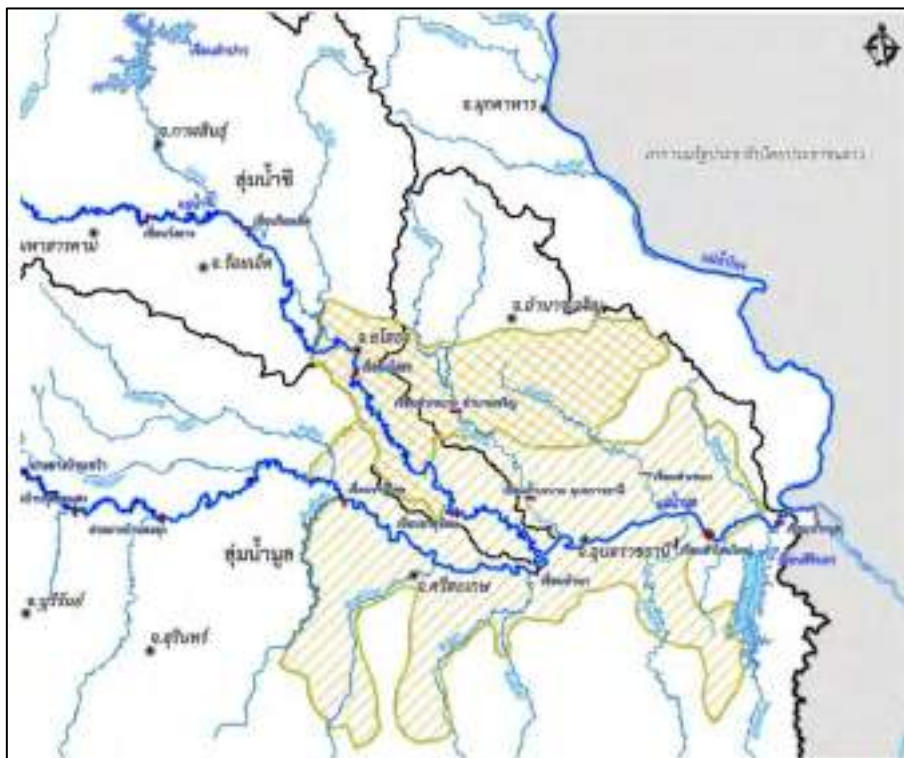
- (4) ผันน้ำเลี้ยงพื้นที่ลุ่มต่ำ อำเภวารินชำราบ และปรับปรุงแก้มลิง (ฝั่งขวาของแม่น้ำมูล) เพื่อตัดยอดน้ำหลากที่ไหลมาจากลุ่มน้ำมูล โดยปรับปรุงทางน้ำหลากธรรมชาติพร้อมผนังกันน้ำและแก้มลิง และสถานีสูบน้ำ โดยต้นทุนน้ำหลากตามธรรมชาติอยู่บริเวณหัวโค้งลำน้ำมูลที่ อำเภวารินชำราบ ท้ายจุดบรรจบแม่น้ำชี แล้วผันน้ำเลี้ยงวารินชำราบ แล้วไหลลงแม่น้ำมูลด้านท้ายเมืองอุบลราชธานี
- (5) ผันน้ำเลี้ยงแก่งสะพือและอุโมงค์ผันน้ำลงแม่น้ำโขง เป็นการขุดคลองลัดตัดตรงบริเวณโค้งแม่น้ำมูลเลี้ยงแก่งสะพือไปลงแม่น้ำมูลด้านท้ายน้ำแก่งสะพือ และสร้างอุโมงค์ผันน้ำต่อ เพื่อระบายน้ำหลากไปลงแม่น้ำโขง เป็นการเพิ่มอัตราการระบายน้ำหลากออกจากพื้นที่น้ำท่วม อำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี

โดยแนวคิดการผันน้ำดังกล่าวนี้ เป็นการเชื่อมโยงบริหารจัดการน้ำท่วมระหว่างลุ่มน้ำ สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งการตัดยอดน้ำจากบริเวณน้ำมาก และเพิ่มพื้นที่ชลประทานให้ลุ่มน้ำข้างเคียงได้อีกด้วย ทั้งนี้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการศึกษาวิเคราะห์อย่างรอบคอบ ทั้งความคุ้มค่า ความเหมาะสม บริบททางสังคม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติจะศึกษาแผนหลักการแก้ปัญหาพื้นที่ดังกล่าวนี้ ในปี 2563 และนำเข้าสู่กระบวนการให้ความเห็นโดยคณะกรรมการลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง เมื่อผ่านแล้วหน่วยงานที่รับผิดชอบสามารถนำโครงการไปสำรวจ ออกแบบ และก่อสร้างได้ โดยคาดว่าจะเริ่มดำเนินโครงการได้อย่างเป็นรูปธรรม ในปี 2566 ต่อไป

2.3.2.2. โครงการศึกษาแผนหลักแบบบูรณาการเพื่อบรรเทาอุทกภัยและภัยแล้ง พื้นที่ลุ่มน้ำชีล่าง-เขบาย-เขบก และลุ่มน้ำมูลตอนล่าง

โครงการศึกษาแผนหลักแบบบูรณาการเพื่อบรรเทาอุทกภัยและภัยแล้ง พื้นที่ลุ่มน้ำชีล่าง-เขบาย-เขบก และลุ่มน้ำมูลตอนล่างของสำนักทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนบรรเทาอุทกภัยและภัยแล้งในเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ แบบบูรณาการ ขับเคลื่อนโดยหลายหน่วยงาน ครอบคลุมมาตรการ กลยุทธ์ต่าง ๆ ตามแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี โดยพื้นที่ศึกษาของโครงการดังแสดงในรูปที่ 2.3-3 มีรายละเอียดดังนี้

- ลุ่มน้ำชีตอนล่าง-เขบาย-เขบก ครอบคลุม พื้นที่ 116 ตำบล 15 อำเภอ 4 จังหวัด ได้แก่ ยโสธร ร้อยเอ็ด อำนาจเจริญ และ อุบลราชธานีและพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ ท้ายเขื่อนลำปาวจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำมูล พื้นที่ 2,641,409 ไร่
- ลุ่มน้ำมูลตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 288 ตำบล 39 อำเภอ 3 จังหวัด ได้แก่ ยโสธร ศรีสะเกษ และอุบลราชธานีและพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ลำเสียวใหญ่ จนถึงจุดบรรจบ แม่น้ำโขง พื้นที่ 6,306,030 ไร่



รูปที่ 2.3-3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาโครงการการศึกษาแผนหลักแบบบูรณาการเพื่อบรรเทาอุทกภัยและภัยแล้ง พื้นที่
ลุ่มน้ำชีล่าง-เซบาย-เซบก และลุ่มน้ำมูลตอนล่าง

สำหรับในส่วนของแผนแม่บทการบริหารจัดการอุทกภัยได้มีการนำเสนอแนวทางเลือกต่างๆ ดังแสดงใน
รูปที่ 2.3-4 ซึ่งประกอบด้วยแผนงานต่างๆ ดังนี้

(1) โครงการตัดยอดน้ำหลากภายนอกพื้นที่

- แนวส่งน้ำลำปาว-พื้นที่ลุ่มต่ำชียัง
- แนวผันน้ำยัง-ชี-เซบาย
- แนวผันน้ำชี-ลุ่มน้ำลำเสียวใหญ่ (คลองดักน้ำ MC3)
- แนวผันน้ำชี-เซบาย-เซบก-ห้วยตุงลุง-แม่น้ำโขง
- คลองดักน้ำห้วยทับทัน-ห้วยกว้าง
- คลองดักน้ำ MC6
- คลองดักน้ำ MC2

(2) โครงการตัดยอดน้ำภายในพื้นที่

- พังกั้นน้ำและแก้มลิงริมน้ำชี
- การจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำซี-ยัง
- ผันน้ำซีเดิมแก้มลิง

(3) โครงการเร่งระบายน้ำด้านท้ายน้ำ

- แนวช่องลัดมูลโขง
- แนวผันน้ำเลี่ยงวารินชำราบ

ทั้งนี้ความก้าวหน้าของการดำเนินงานในปัจจุบันกำลังอยู่ในระหว่างการจัดลำดับความสำคัญของแนวทางเลือกต่างๆ โดยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน เพื่อจัดทำแผนบทในการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ต่อไป



รูปที่ 2.3-4 แนวทางเลือกของการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำชีล่าง-เขบาล-เขบาล และพื้นที่ลุ่มตลิ่ง



2.3.2.3. โครงการจัดทำผังน้ำลุ่มน้ำมูล

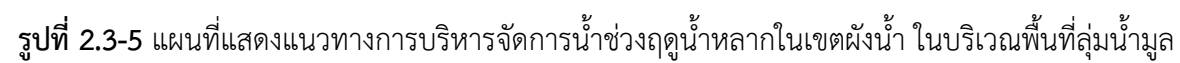
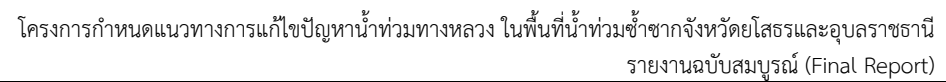
โครงการจัดทำผังน้ำลุ่มน้ำมูลมีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำข้อมูลผังน้ำประกอบการสนับสนุนแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้ง แผนป้องกันและแก้ไข ภาวะน้ำท่วม รวมถึงการจัดสรร การใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ ดังนั้นก่อนที่จะสรุปผลการศึกษาของโครงการทางที่ปรึกษา ขอเสนอความหมายของ “ผังน้ำ” ดังนี้

“ผังน้ำ” หมายถึง แผนที่หรือแผนผังแสดงระบบทางน้ำที่มี น้ำไหลผ่าน ซึ่งเชื่อมโยงกันตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงทางออกสู่พื้นที่แหล่งน้ำ ทะเล หรือทางออกทางน้ำระหว่างประเทศ ซึ่งระบบทางน้ำ ดังกล่าวครอบคลุมทั้งแม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง บึง กุด ป่าบุง ป่าทาม พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่แหล่งกักเก็บน้ำ พื้นที่ทางน้ำหลาก พื้นที่น้ำนอง พื้นที่ลุ่มต่ำ ทางน้ำหรือพื้นที่อื่นใดที่มีลักษณะทำนองเดียวกันไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น โดยทางน้ำดังกล่าวอาจมีน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปีหรือบางช่วงเวลาก็ได้”

ทั้งนี้เมื่อทราบผังน้ำแล้ว สามารถที่จะนำข้อมูลผังน้ำมากำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำทั้งในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำหลากได้ ซึ่งจากผลการศึกษาของโครงการนี้ ได้มีการเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการน้ำในเขตผังน้ำสำหรับช่วงฤดูน้ำหลากไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3-5 ซึ่งมีรายละเอียดนี้

1) การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ต้นน้ำ (อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่-กลาง)

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่-กลางในช่วงฤดูน้ำหลาก ให้ทำการพร่องและระบายน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำตาม Upper Rule Curve ที่มีการศึกษาเสนอแนะไว้โดยกรมชลประทาน เพื่อให้มีปริมาตรเก็บกักเพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้ามา ซึ่งประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำหลากที่ไหลเข้า ปริมาตรของ Flood Surcharge ที่ทำการพร่องน้ำไว้รองรับ และความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นซึ่งมีผลต่อการควบคุมปริมาณการไหลระบายทางด้านท้ายน้ำ โดยโครงการอ่างเก็บน้ำที่มีการติดตั้งอาคารระบายน้ำล้นแบบควบคุมได้ (Controlled) จะมีความสามารถในการบริหารจัดการน้ำหลากได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ สามารถระบายน้ำเพื่อเตรียมรองรับน้ำหลากที่จะคาดว่าจะไหลหลากเข้ามา เช่น หากมีรายงานสภาพอากาศที่มีความเสี่ยงในการเกิดฝนตกหนัก ในขณะที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ใกล้กับระดับ Upper Rule Curve จะสามารถเร่งการการระบายน้ำผ่าน River Outlet และทางระดับน้ำล้นแบบควบคุมได้ทำให้สามารถพร่องน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถควบคุมปริมาณน้ำระบายตามความสามารถในการรองรับน้ำทางด้านท้ายน้ำเป็นการลดความรุนแรงและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี โดยอ่างเก็บน้ำที่มีอาคารระบายน้ำล้นที่เป็นรูปแบบ Gate Spillway มี 3 แห่ง คือ





- อ่างเก็บน้ำลำตะคอง สามารถควบคุมปริมาณน้ำระบายไม่ให้เกินกว่า 110 ลบ.ม./วินาที (ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำที่ระดับเต็มตลิ่ง ของสถานี M.177) ยกเว้นในกรณีเหตุการณ์ น้ำหลากที่รอบปีการเกิด 100 ปี จะต้องมีการเร่งระบายน้ำเพิ่มขึ้นโดยมีค่าการระบายสูงสุดเป็น 176 ลบ.ม./วินาที เพื่อไม่ให้ระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำเกินกว่าค่าระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ออกแบบไว้ (รณส.)
- อ่างเก็บน้ำลำแซะ สามารถควบคุมปริมาณน้ำระบายไม่ให้เกินกว่า 70 ลบ.ม./วินาที (ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำที่ระดับเต็มตลิ่ง ของสถานี M.173) ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2- 100 ปีได้ โดยที่ระดับน้ำสูงสุดไม่เกินค่าระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ออกแบบไว้ (รณส.)
- อ่างเก็บน้ำสิรินธร สามารถควบคุมปริมาณน้ำระบายไม่ให้เกินกว่า 570 ลบ.ม./วินาที (ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำที่ระดับเต็มตลิ่งด้านท้ายน้ำ) ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-100 ปีได้โดยที่ระดับน้ำสูงสุดไม่เกินค่าระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ออกแบบไว้ (รณส.)

สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีอาคารระบายน้ำล้นแบบควบคุมไม่ได้ (uncontrolled) จะไม่สามารถจำกัดการระบายน้ำด้านท้ายน้ำได้ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำที่มีอาคารระบายน้ำล้นรูปแบบดังกล่าวส่วนใหญ่สามารถระบายน้ำได้โดยไม่ทำให้ระดับน้ำสูงสุดเกินกว่าค่าระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ออกแบบไว้ (รณส.) ยกเว้นอ่างเก็บน้ำห้วยค้อ ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี จะต้องทำการพร่องน้ำรองรับที่ระดับ +164 ม.รทก. ซึ่งมีค่าระดับต่ำกว่าค่า URC ในปัจจุบัน จึงจะทำให้ระดับน้ำสูงสุดไม่เกินค่า รณส.ของอ่างเก็บน้ำ และอ่างเก็บน้ำห้วยผลาญเสื่อ ตอนล่างที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 และ 100 ปี จะต้องทำการพร่องน้ำรองรับปริมาณน้ำหลากที่ระดับ +168 ม.รทก. และ +166.5 ม.รทก. ตามลำดับซึ่งต่ำกว่าค่า URC ปัจจุบันเช่นกันจึงจะทำให้ระดับน้ำสูงสุดไม่เกินค่า รณส.ของอ่างเก็บน้ำดังกล่าว โดยหากไม่ต้องการปรับลดค่าระดับ URC ลงเนื่องจากอาจเสี่ยงในการเกิดการขาดแคลนน้ำมากขึ้น อาจทำได้โดยการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) การผันน้ำเสี่ยงพื้นที่ชุมชน

ปัจจุบันมีแนวคลองผันน้ำเสี่ยงพื้นที่ชุมชนที่ดำเนินการแล้ว คือ โครงการผันน้ำอ้อมพื้นที่เศรษฐกิจและพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครนครราชสีมา และสำหรับแผนการผันน้ำเสี่ยงพื้นที่ชุมชนในอนาคต มีดังนี้

- โครงการผันน้ำเสี่ยงพื้นที่เศรษฐกิจเมืองนครราชสีมาสู่บึงพุดซาและลุ่มน้ำลำเชียงไกรตอนล่างในพื้นที่กลางน้ำลำตะคอง เป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองโคกแฝกเพิ่มขึ้นเป็น ($Q_{max} = 100$ ลบ.ม./วินาที) และมีการเสนอแนวคลองผันน้ำ คลองปลาร้า-ลำคั้ง ($Q_{max} = 50$ ลบ.ม./วินาที) เพื่อให้สามารถรับน้ำต่อจากคลองโคกแฝกไปออกสู่ลำเชียงไกรได้โดยตรงโดยไม่ต้อง



- ผ่านบึงพุดซา นอกจากนี้ยังมีการเสนอทำแก้มลิงกุดปะทองซึ่งอยู่ระหว่างลำบริบูรณ์กับลำตะคอง ด้านท้ายอาคารแบ่งน้ำละมหม้อ ซึ่งจะมีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้อีกประมาณ 8 ล้าน ลบ.ม.
- โครงการผันน้ำมูลเฉียงเมืองอุบลราชธานี (ปัจจุบันอยู่ระหว่างการศึกษาค้นคว้า) โดยมีแนวทางในการวางแผนคลองผันน้ำรับน้ำจากห้วยชะยุ้งบริเวณด้านท้ายสถานี M.176 ($Q_{max} = 400$ ลบ.ม./วินาที) และรับน้ำจากแม่น้ำมูลบริเวณด้านท้ายเขื่อนหัวนา ณ จุดรับน้ำห้วยผับ ($Q_{max} = 800$ ลบ.ม./วินาที) เข้าสู่แนวคลองผันน้ำเฉียงเทศบาลนครอุบลราชธานี มีความสามารถในการรองรับปริมาณการไหลประมาณ 1,200 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำในส่วนนี้จะผันไปลงลำโดมใหญ่บริเวณด้านเหนือเขื่อนทดน้ำลำโดมใหญ่ ซึ่งจะมีการทดน้ำเข้าสู่คลองผันน้ำไปลงห้วยกว้าง บริเวณด้านเหนือของสถานี M.75 โดยห้วยกว้างจะไหลลงสู่แม่น้ำมูลต่อไป
 - โครงการผันน้ำชีเฉียงเมืองอุบลราชธานี ปัจจุบันอยู่ระหว่างการศึกษาค้นคว้าเพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสม โดยมีแนวผันน้ำจากแม่น้ำชีบริเวณด้านเหนือเขื่อนยโสธร-พนมไพร (มีแนวทางเลือกจุดรับน้ำบริเวณด้านเหนือพื้นที่ชุมชนเมืองยโสธร และด้านท้ายเมืองชุมชนเมืองยโสธร) ตัดผ่านลำเซบาย ออกสู่ลำเซบก (มีแนวทางเลือกการขุดคลองขนานลำเซบกเพื่อตัดยอดน้ำที่ไหลลงลำเซบก และทางเลือกการใช้น้ำเซบกเป็นคลองผันน้ำ) จากนั้นมีแนวทางเลือกในการผันน้ำต่อไปลงแม่น้ำมูลด้านท้ายน้ำของแก่งสะพือ และทางเลือกการนำน้ำไปลงแม่น้ำโขงโดยตรง

3) การบริหารจัดการอาคารบังคับน้ำในลำน้ำ

การติดตามระดับน้ำและการบริหารจัดการอาคารบังคับน้ำในลำน้ำเริ่มจากการพร่องน้ำเพื่อรองรับฤดูน้ำหลาก ส่วนใหญ่จะเริ่มทำการพร่องน้ำโดยเริ่มทำการเปิดบานระบายน้ำในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนกรกฎาคมหรือมิถุนายน ทั้งนี้จะมีการประเมินและต้องเผื่อระวังสถานการณ์น้ำอย่างใกล้ชิดพร้อมที่จะระบายน้ำได้ทันการณ์โดยเกิดผลกระทบน้อยที่สุด หลังจากนั้นจะเป็นช่วงการแขวนบานประตูระบายน้ำ ให้น้ำในลำน้ำไหลโดยธรรมชาติ ปกติจะเป็นช่วงปลายเดือนกรกฎาคม ถึงปลายเดือนตุลาคม โดยการแขวนบานประตูระบายน้ำนั้น ต้องพิจารณาระดับน้ำด้านหน้าเขื่อนและด้านท้ายเขื่อนต้องมีระดับต่างกันไม่เกิน 30-40 ซม. จึงจะทำการแขวนบาน และจะต้องทำการประชาสัมพันธ์ให้ราษฎรในพื้นที่ได้รับทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 3-5 วัน โดยอาคารบังคับน้ำที่สำคัญ มีรายละเอียดการพร่องน้ำและการแขวนบานดังนี้



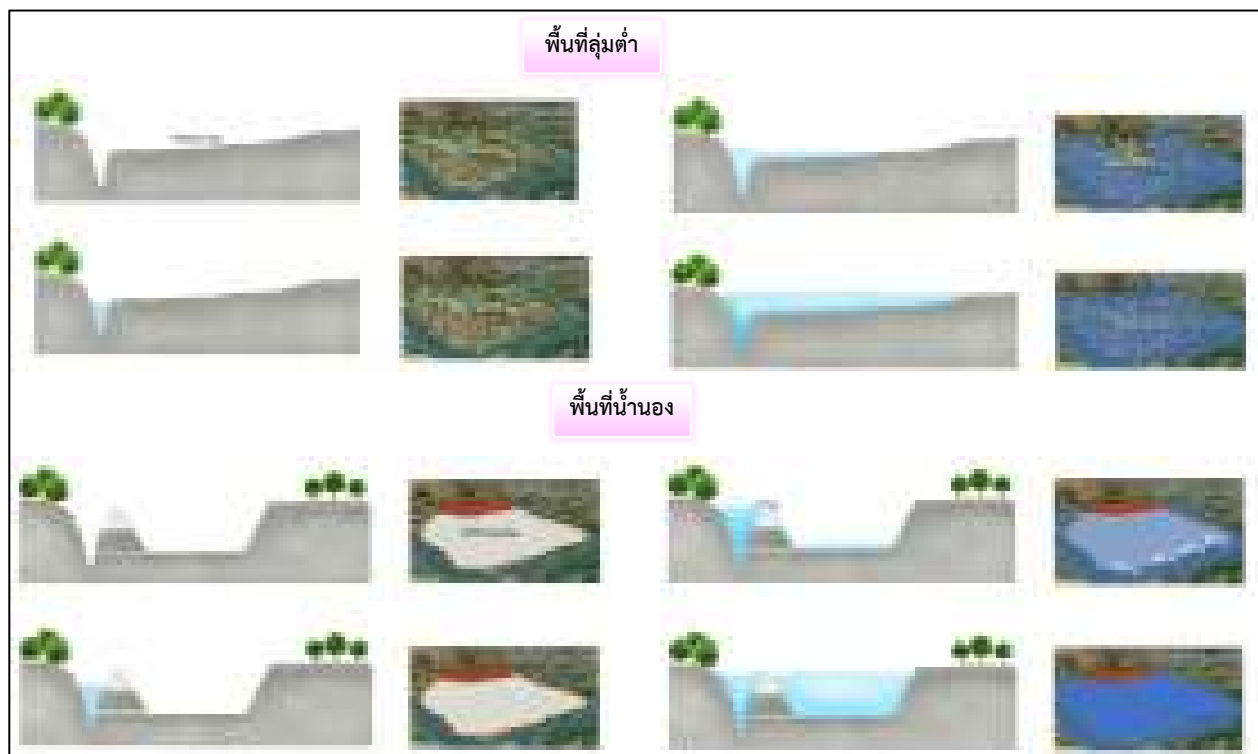
เขื่อนทดน้ำ	การพร่องน้ำเพื่อรองรับน้ำหลาก		ช่วงระยะเวลาในการแขวนบานประตูระบายน้ำ
	ระยะเวลา	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ระยะเวลา
เขื่อนราษีไศล	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน ก.ค.	+110.00±0.50 ม.รทก.	ปลายเดือน ก.ค. ถึง ปลายเดือน ต.ค.
เขื่อนห้วยนา	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน ก.ค.	+110.00±0.50 ม.รทก.	ปลายเดือน ก.ค. ถึง ปลายเดือน ต.ค.
เขื่อนลำเซบายอำนาจเจริญ	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน มิ.ย.	+112.50 ม.รทก.	ปลายเดือน ก.ค. ถึง ปลายเดือน ต.ค.
เขื่อนลำเซบายอุบลราชธานี	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน มิ.ย.	+112.50 ม.รทก.	ปลายเดือน ก.ค. ถึง ปลายเดือน ต.ค.
เขื่อนลำเซบก	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน มิ.ย.	+110.80±0.20 ม.รทก.	ปลายเดือน ก.ค. ถึง ปลายเดือน ต.ค.
เขื่อนลำโดมใหญ่	กลางเดือน พ.ค. ถึงกลางเดือน มิ.ย.	+111.00±0.50 ม.รทก.	ปลายเดือน มิ.ย./ต้นเดือน ก.ค. ถึง กลางเดือน ต.ค.
เขื่อนปากมูล	ใช้เกณฑ์พิจารณาดังนี้ 1) อัตราการไหลที่สถานีตรวจวัดสะพานเสรีประชาธิปไตย (สถานี M.7) มากกว่า 500 cms ขึ้นไป และ 2) ระดับน้ำในแม่น้ำโขงที่ห้วยสะครามมีระดับ +95.00เมตร(รทก.) ขึ้นไป โดยเมื่อเข้าเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งให้ทำการเปิดประตูระบายน้ำทั้ง 8 บาน		

4) การบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ และพื้นที่รับน้ำนอง

เมื่อถึงฤดูน้ำหลาก น้ำจะไหลหลากล้นตลิ่งเข้าท่วมบริเวณสองฝั่งลำน้ำในบริเวณที่เป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plains) โดยบางส่วนเป็นพื้นที่ป่าบุ่งป่าทาม (บริเวณพื้นที่ราบที่มีระดับต่ำกว่าคันดินธรรมชาติและถูกน้ำท่วมเฉพาะในฤดูน้ำหลาก ถูกเรียกว่า “ทาม” ส่วนพื้นที่ลุ่มต่ำมากกว่าทามซึ่งถูกน้ำท่วมขังเกือบตลอดปีหรือทั้งปีนั้นจะถูกเรียกรวมกันทางนิเวศวิทยาป่าไม้ ว่า “บุ่ง” เป็นที่มาของการเรียกพื้นที่บุ่งทามและสังคมพืชตามธรรมชาติที่พบในบริเวณนี้ว่า “ป่าบุ่งป่าทาม”) พื้นที่ดังกล่าวเปรียบเสมือนพื้นที่เก็บกักและชลอน้ำหลากตามธรรมชาติ ซึ่งการจัดทำฝังน้ำ จะทำให้สามารถสงวนรักษาพื้นที่ดังกล่าวไม่ให้ถูกบุกรุกเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และชุมชน ซึ่งมีผลทำให้แหล่งเก็บกักและชลอน้ำหลากตามธรรมชาติมีประสิทธิภาพลดลง

สำหรับพื้นที่ลุ่มต่ำอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตผังน้ำที่ไม่ได้มีสภาพเป็นป่าบุ่งป่าทามนั้นสามารถนำมาพัฒนาปรับปรุงให้สามารถใช้บริหารจัดการน้ำหลากได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสภาพปัจจุบันเมื่อน้ำในลำน้ำมีปริมาณมากในระดับหนึ่งจะล้นเข้าไปท่วมกักเก็บอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำทันที ทำให้เต็มความจุตั้งแต่ช่วงเริ่มฤดูฝน เวลาเกิดเหตุการณ์น้ำหลากตามมาจะไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำได้อีก แนวความคิดในการบริหารจัดการน้ำจึงเสนอแนะให้มีการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำดังกล่าว ให้สามารถควบคุมปริมาณน้ำไหลเข้าและระบายออกได้ โดยเสนอแนะให้ทำการปรับปรุงตลิ่งบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำโดยยกระดับและกำหนดระดับน้ำล้นที่เหมาะสม เมื่อปริมาณน้ำยังไม่เต็มความจุลำน้ำ น้ำจะยังไม่สามารถล้นเข้าไปเก็บกักได้ ต่อเมื่อระดับน้ำสูงเกินความสามารถของลำน้ำ ปริมาณน้ำส่วนเกินจึงจะไหลล้นเข้าไปตามช่องทางรับน้ำที่ได้กำหนดไว้เข้าไปเก็บกัก ทำให้สามารถใช้ความจุของพื้นที่ดังกล่าวในการเก็บกักน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อระดับน้ำในแม่น้ำลำน้ำลดต่ำลง จะสามารถบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มต่ำโดยหลังจากฤดูน้ำหลากสามารถเก็บกักไว้ที่ระดับที่เหมาะสมเพื่อใช้ในกิจกรรมการอุปโภค และการเกษตรในบริเวณพื้นที่นั้นๆ ได้ โดยเมื่อเข้าสู่

ฤดูฝนอีกครั้งจะทำการระบายน้ำที่เหลืออยู่ผ่านทาง ทบ.ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับแม่น้ำลำน้ำนั้น เพื่อเตรียมความจุให้เพียงพอที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะเข้ามาอย่างมีประสิทธิภาพได้ต่อไป โดยสามารถแสดงแนวคิดในการบริหารจัดการได้ดังรูปที่ 2.3-6



รูปที่ 2.3-6 แนวคิดการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตฝั่งน้ำที่ไม่ได้มีสภาพเป็นป่าบุงป่าทาม



2.3.3. กรมโยธาธิการและผังเมือง

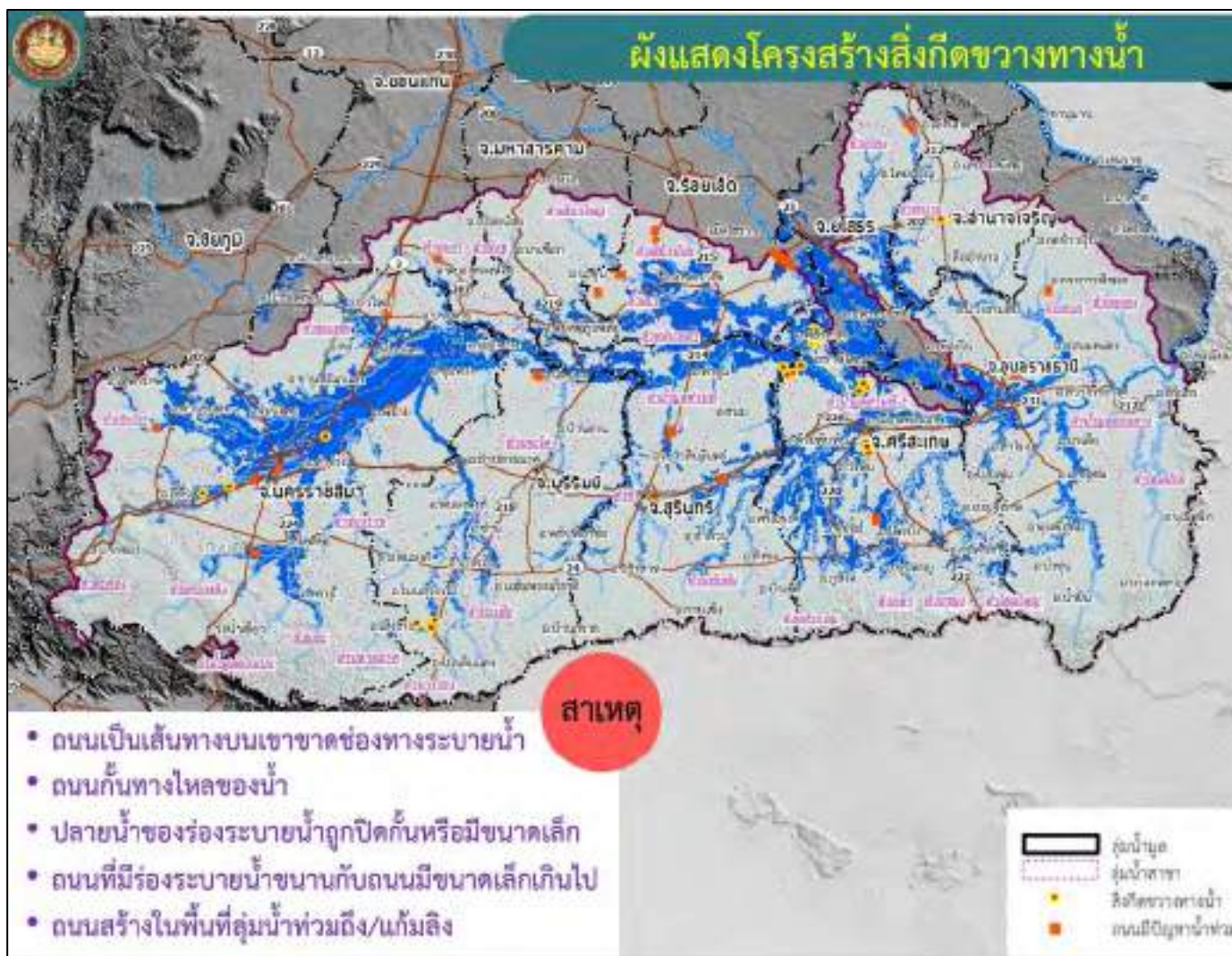
2.3.3.1. โครงการวางผังการระบายน้ำจังหวัดในกลุ่มน้ำมูล

โครงการวางผังการระบายน้ำจังหวัดในกลุ่มน้ำมูล มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดระดับความเสี่ยงอุทกภัย ในระดับลุ่มน้ำหลัก/ลุ่มน้ำสาขา/จังหวัด และลำนน้ำที่มีผลกระทบต่อการระบายน้ำของชุมชน/เมือง ซึ่งขอบเขตการดำเนินงานของโครงการดังกล่าว ประกอบด้วย

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์สิ่งปลูกสร้าง และโครงสร้างพื้นฐานที่เกิดขวางทางน้ำ
- 2) จัดทำแผนหลักการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย ของพื้นที่ในระดับลุ่มน้ำ
- 3) จัดทำแผนหลักการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย พื้นที่ในระดับจังหวัด
- 4) กำหนดมาตรการทางผังเมือง
- 5) จัดทำโครงการปรับปรุงระบบป้องกันน้ำท่วม การบรรเทาอุทกภัย การระบายน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่จังหวัด

สำหรับรายละเอียดและสาระสำคัญที่ดำเนินการศึกษาไว้ในโครงการวางผังการระบายน้ำจังหวัดในกลุ่มน้ำมูล ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา น้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ในครั้งนี้ มีดังนี้

- 1) ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งโครงสร้างที่เกิดขวางทางน้ำ พร้อมเส้นทางคมนาคม (ถนน) มีประสบปัญหาน้ำท่วมถึง ดังแสดงในรูปที่ 2.3-7
- 2) เกณฑ์การพิจารณาระดับป้องกันน้ำท่วม ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ดังนี้
 - พื้นที่เศรษฐกิจสำคัญและชุมชนเมืองรวมทั้ง พื้นที่อุตสาหกรรม จะมีการเสนอแนวทางป้องกันน้ำท่วมที่ รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี
 - พื้นที่ที่ดินประเภทชุมชนชนบทและเกษตรกรรม และพื้นที่อนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม กำหนดป้องกันน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี และ 25 ปี
 - องค์ประกอบระบบป้องกันน้ำท่วมสำหรับ ระบบสาธารณูปโภคให้ป้องกันที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี
 - องค์ประกอบด้านการคมนาคมหลัก จะเสนอแนวทางการปรับปรุงให้รองรับน้ำหลากที่ รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี ขึ้นไป หรือสูงสุดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและบริเวณใกล้เคียง
- 3) ข้อเสนอแนะการปรับปรุงระบบระบายน้ำของเส้นทางคมนาคม ดังสรุปในตารางที่ 2.3-1



รูปที่ 2.3-7 ผังโครงสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ จากผลการศึกษาโครงการวางแผนการระบายน้ำจังหวัดในกลุ่มน้ำมูล



ตารางที่ 2.3-1 ข้อเสนอแนะแนวทางการออกแบบ/ปรับปรุงระบบระบายน้ำของถนน

ประเภทโครงข่าย/ โครงการ	หน้าที่โครงข่าย/โครงการ	ข้อเสนอแนะการรองรับ ความเสี่ยงอุทกภัยที่รอบ ปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ข้อเสนอแนะการปรับปรุง ก่อสร้างโครงการ
ถนนสายประธาน	เชื่อมต่อระหว่างจังหวัด/ภาค การจราจร ระยะไกลมี ความเร็วและปริมาณสูง	100	● เพิ่มขยายช่องทางน้ำหลาก (Floodway) อาทิ สะพาน
ถนนสายหลัก	เชื่อมโยงศูนย์กลางระหว่างเมือง รองรับ ปริมาณ การจราจรจำนวนมาก	25	● เพิ่ม/ปรับปรุงประสิทธิภาพ การระบายน้ำ อาทิ Block Culvert
ถนนสายรอง	รวบรวมและกระจายปริมาณการจราจร ระหว่างถนน สายหลักและสายย่อย มีการ ประกอบกิจกรรมข้างทาง	10	● เพิ่มช่องทางการระบายน้ำ ● ควบคุม/กิจกรรมข้างทาง และระดับการขุดดิน ถมดิน
ถนนสายย่อยหรือ สายท้องถิ่น	อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ประกอบ กิจกรรมข้างทาง เป็นหลัก	5	● เพิ่มช่องทางการระบายน้ำ ● ควบคุม/กิจกรรมข้างทาง และระดับการขุดดิน ถมดิน



2.3.4. แนวทางการนำผลการศึกษาทบทวนมาปรับใช้ในการศึกษาของโครงการ

จากผลการทบทวนการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในบริเวณพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีรวมถึงลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี ตามรายละเอียดที่กล่าวในหัวข้อที่ 2.3.1 ถึง 2.3.3 สามารถนำมาใช้ในการศึกษาของโครงการโดยเฉพาะในส่วนของการกำหนดโครงข่ายการไหลในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเงื่อนไขของการควบคุมการระบายน้ำในแม่น้ำสายหลัก ภายใต้กรณีสถานการณ์ในอนาคต ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดแนวคลองผันน้ำอ้อมเมืองอุบลราชธานี จากแนวทางการศึกษาของกรมชลประทาน โดยแนวคลองดังกล่าวจะถูกนำมาสร้างหรือเชื่อมโยงเป็นโครงข่ายการไหลในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือในกรณีที่มีการควบคุมการระบายน้ำ หรือผันน้ำเข้าสู่พื้นที่แก้มลิงตามผลการศึกษาของสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ก็จะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขของการไหล ณ จุดควบคุม (Control Point) ต่างๆ ในแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้เสนอไว้ เป็นต้น



2.4. การทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานในการจัดการอุทกภัยและแผนงานก่อสร้างของ กรมทางหลวง ตลอดจนผลการศึกษารายอื่น ๆ ของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง

2.4.1. แนวทางปฏิบัติในการบริหารจัดการอุทกภัย

ในการศึกษาทบทวนแนวทางปฏิบัติและแผนงานการจัดการอุทกภัยของหน่วยงานกรมทางหลวง ทางที่
ปรึกษาจะเริ่มจากการศึกษาทบทวนกรอบแนวทางการปฏิบัติในการจัดการภัยพิบัติในภาพรวมของหน่วยงานในทุก
ระดับของกรมทางหลวง ตั้งแต่ระดับบริหารไปจนถึงระดับปฏิบัติการในพื้นที่ จากนั้นจะทำการศึกษาทบทวนแนวทาง
ปฏิบัติและแผนการจัดการอุทกภัยที่ดำเนินงานอยู่จริงในปัจจุบันของหน่วยงานกรมทางหลวง (ระดับแขวงทางหลวง)
ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษาทบทวนในแต่ละประเด็นดังกล่าว สามารถ
แสดงได้ดังนี้

2.4.1.1. กรอบแนวทางปฏิบัติในการจัดการภัยพิบัติของกรมทางหลวง

สำหรับการศึกษาทบทวนกรอบแนวทางปฏิบัติในการจัดการภัยพิบัติของกรมทางหลวง ทางที่ปรึกษาจะ
อ้างอิงจาก “คู่มือการปฏิบัติงานของกรมทางหลวง กรณีเกิดภัยพิบัติ พ.ศ. 2553” ซึ่งคู่มือฉบับนี้ถูกจัดทำขึ้นโดย
คณะทำงานสำนักบริหารบำรุงทางกับยุทธศาสตร์ความปลอดภัย กรมทางหลวง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะให้เจ้าหน้าที่
ของกรมทางหลวงทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค มีแนวทางปฏิบัติงานในการป้องกัน แก้ไข และบรรเทาภัยพิบัติ
ในทุกระดับทั่วประเทศเป็นระบบเดียวกัน

โดยแนวทางปฏิบัติในการจัดการภัยพิบัติของกรมทางหลวง ที่นำเสนอในคู่มือฉบับนี้ จะยึดแนวทางตาม
ยุทธศาสตร์การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ซึ่งสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการบริหาร
จัดการสาธารณภัยตั้งแต่ระยะก่อนเกิดภัย ระหว่างเกิดภัย และหลังเกิดภัย ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดย
ยุทธศาสตร์การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จะประกอบด้วยยุทธศาสตร์หลัก 4 ยุทธศาสตร์ ตามวัฏจักรการ
บริหารจัดการสาธารณภัย (Disaster Management Cycle) ดังแสดงในรูปที่ 2.4-1 ประกอบด้วย

- ยุทธศาสตร์ที่ 1 การป้องกันและลดผลกระทบ
- ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเตรียมความพร้อม
- ยุทธศาสตร์ที่ 3 การบริหารจัดการในภาวะฉุกเฉิน
- ยุทธศาสตร์ที่ 4 การจัดการหลังเกิดภัย (การฟื้นฟูบูรณะ)



รูปที่ 2.4-1 วัฏจักรการบริหารจัดการสาธารณภัย (Disaster Management Cycle)

สำหรับในการบริหารจัดการภัยพิบัติ ของกรมทางหลวง โดยนำหลักยุทธศาสตร์การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ตามที่กล่าวข้างต้นมาประยุกต์ใช้นั้น จะมีการกำหนดกรอบการดำเนินงานให้หน่วยงานต่างๆ ตั้งแต่หน่วยงานบริหารในส่วนกลางไปจนถึงหน่วยงานปฏิบัติในพื้นที่ ตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- ระดับ 1 หมายถึง ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปหรือมีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถบริหารจัดการได้โดยหน่วยงานในพื้นที่ที่เกิดเหตุ ซึ่งการจัดการภัยพิบัติในระดับนี้มีผู้รับผิดชอบ ได้แก่ ศูนย์ปฏิบัติการแขวงทางหลวง (มีผู้อำนวยการแขวงทางหลวงในพื้นที่เป็นผู้อำนวยการศูนย์)
- ระดับ 2 หมายถึง ภัยพิบัติขนาดกลาง เป็นภัยพิบัติในระดับที่แขวงทางหลวงในพื้นที่ที่เกิดเหตุไม่สามารถควบคุมสถานการณ์และจัดการระงับเหตุได้ตามลำพัง แต่ยังคงสามารถบูรณาการการแก้ไขปัญหาภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานทางหลวงได้ ซึ่งการจัดการภัยพิบัติในระดับนี้มีผู้รับผิดชอบ ได้แก่ ศูนย์อำนวยการสำนักงานทางหลวง (มีผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงในพื้นที่เป็นผู้อำนวยการศูนย์)



- ระดับ 3 หมายถึง ภัยพิบัติขนาดใหญ่ที่มีผลกระทบรุนแรงกว้างขวางหรือสาธารณภัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรืออุปกรณ์พิเศษ ซึ่งการจัดการภัยพิบัติในระดับนี้มีผู้รับผิดชอบ ได้แก่ ศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง (มีรองอธิบดีฝ่ายบำรุงทางเป็นหัวหน้าศูนย์ฯ)
- ระดับ 4 หมายถึง ภัยพิบัติขนาดใหญ่ที่มีผลกระทบร้ายแรงอย่างยิ่ง ซึ่งการจัดการภัยพิบัติในระดับนี้มีผู้รับผิดชอบ ได้แก่ นายกรัฐมนตรี หรือรองนายกรัฐมนตรีที่นายกรัฐมนตรีมอบหมาย

จากการกำหนดกรอบการดำเนินงานตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติตามที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานกรมทางหลวงสามารถบริหารจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในระดับความรุนแรงตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 3 โดยแนวทางปฏิบัติของการจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-1 ถึง ตารางที่ 2.4-3



ตารางที่ 2.4-1 แนวทางปฏิบัติของศูนย์ปฏิบัติการแขวงทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 1)

แนวทางปฏิบัติ			โครงสร้างศูนย์ปฏิบัติการแขวงทางหลวง
ก่อนเกิดภัยพิบัติ	ขณะเกิดภัยพิบัติ	หลังเกิดภัยพิบัติ	
1. รับฟังข่าวสาร ติดตาม และเฝ้าระวังสถานการณ์ 2. เตรียมความพร้อม ของศูนย์ปฏิบัติการฯ 3. ประชาสัมพันธ์เชิงรุก	1. ดำเนินการแก้ไข/ช่วยเหลือทันที เมื่อเกิดภัยพิบัติ 2. ประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 3. จัดทำรายงานสถานการณ์ ต่อศูนย์อำนวยการสำนักงาน ทางหลวงและหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้อง 4. พิจารณาระดับความรุนแรง ของภัยพิบัติเพื่อเสนอศูนย์ อำนวยการสำนักงานทางหลวง หรือเพื่อขอรับการสนับสนุน จากหน่วยงานอื่น 5. ประเมินความเสียหายเพื่อขอรับ งบประมาณ 6. ประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง 7. บริหารจัดการแบบบูรณาการ	1. รายงานและสรุปผล การปฏิบัติงานเสนอศูนย์ อำนวยการสำนักงานทางหลวง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2. ติดตามและประเมินผล การปฏิบัติงาน 3. สรุปผลความเสียหาย พร้อมเสนอ แผนงานเพื่อขอรับงบประมาณ ฉุกเฉิน 4. จัดทำแผนฟื้นฟูเสนอศูนย์ อำนวยการสำนักงานทางหลวง เพื่อขอรับงบประมาณ	1. ผู้อำนวยการศูนย์ฯ (ผู้อำนวยการแขวงทางหลวง) 2. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (รอง.ขท./รอง.บท.- ฝ่ายปฏิบัติการ) 3. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (รอง.ขท./รอง.บท.- ฝ่ายวิศวกรรม) 4. รองผู้อำนวยการแขวงทางหลวงฝ่ายบริหาร 5. สารวัตรสถานีตำรวจทางหลวงในพื้นที่ 6. หัวหน้าหมวดการทาง (ทุกหมวดการทาง) 7. หัวหน้างานบำรุงทางเคลื่อนที่ 8. หัวหน้างานจราจรสงเคราะห์ 9. หัวหน้างานซ่อม 10. หัวหน้างานสถิติ 11. หัวหน้างานพัสดุและสัญญา 12. หัวหน้างานการเงินและบัญชี 13. หัวหน้างานสารบรรณ



ตารางที่ 2.4-2 แนวทางปฏิบัติของศูนย์อำนวยการสำนักงานทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 2)

แนวทางปฏิบัติ			โครงสร้างศูนย์อำนวยการสำนักงานทางหลวง
ก่อนเกิดภัยพิบัติ	ขณะเกิดภัยพิบัติ	หลังเกิดภัยพิบัติ	
1. รับฟังข่าวสาร ติดตาม และเฝ้าระวังสถานการณ์ 2. ตรวจสอบความพร้อม ของศูนย์ปฏิบัติการของแขวง ทางหลวง/สำนักงานบำรุงทาง ศูนย์สร้างทางและศูนย์สร้าง และบูรณะสะพาน ในการให้ ความช่วยเหลือกรณีเกิดภัยพิบัติ 3. กำหนดยุทธศาสตร์เพื่อสนับสนุน ศูนย์สร้างทาง ศูนย์สร้างและ บูรณะสะพานแขวงฯ และ สำนักงานบำรุงทาง ด้านบุคลากร บริหารจัดการ เครื่องจักร และยานพาหนะงบประมาณ และด้านประชาสัมพันธ์ 4. จัดทำแผนปฏิบัติการ กรณีเกิดภัยพิบัติ	1. รายงานข้อมูลการเกิดภัยพิบัติ ต่อศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2. บริหารจัดการแบบบูรณาการ 3. พิจารณาระดับความรุนแรง ของภัยพิบัติเพื่อเสนอศูนย์ บัญชาการกรมทางหลวง หรือเพื่อขอรับการสนับสนุน จากหน่วยงานอื่น 4. ควบคุม ดูแล กำกับ แก้ไขปัญหา ภัยพิบัติให้เกิดผลสัมฤทธิ์ 5. ประเมินความเสียหายเพื่อขอรับ งบประมาณเพิ่มเติม	1. รายงานผลการปฏิบัติงาน ต่อศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง 2. พิจารณาสับสนุน ผลการปฏิบัติงานของศูนย์ ปฏิบัติการแขวงทางหลวง/ สำนักงานบำรุงทาง ศูนย์สร้างทาง และศูนย์สร้างและบูรณะสะพาน ด้านบุคลากร บริหารจัดการ เครื่องจักรและยานพาหนะ และแผนงาน/งบประมาณ 3. ติดตามและประเมินผล การปฏิบัติงาน/งบประมาณ 4. วิเคราะห์สรุปผลและเสนอ แนวทางแก้ไขแบบยั่งยืน	1. ผู้อำนวยการศูนย์ฯ (ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวง) 2. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (รองผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงตำแหน่งที่ 1) 3. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (รองผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงตำแหน่งที่ 2) 4. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (ผู้อำนวยการศูนย์สร้างทาง) 5. รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ (ผู้อำนวยการศูนย์สร้างและบูรณะสะพาน) 6. ผู้กำกับการตำรวจทางหลวงในพื้นที่ 7. ผู้อำนวยการแขวงทางหลวง 8. ผู้อำนวยการส่วนวางแผน 9. ผู้อำนวยการส่วนเครื่องจักรกล 10. ผู้อำนวยการส่วนควบคุมงานก่อสร้างทาง 11. ผู้อำนวยการส่วนสำรวจและออกแบบ 12. ผู้อำนวยการส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม 13. ผู้อำนวยการส่วนกฎหมายและกรรมสิทธิ์ที่ดิน 14. ผู้อำนวยการส่วนอำนวยความสะดวก 15. ผู้อำนวยการส่วนบริหาร 16. หัวหน้าฝ่ายสารสนเทศ 17. หัวหน้างานพัสดุและสัญญา 18. หัวหน้างานการเงินและบัญชี 19. หัวหน้างานสารบรรณ



ตารางที่ 2.4-3 แนวทางปฏิบัติของศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง (กรณีเกิดภัยพิบัติในระดับ 3)

แนวทางปฏิบัติ			โครงสร้างศูนย์บัญชาการกรมทางหลวง
ก่อนเกิดภัยพิบัติ	ขณะเกิดภัยพิบัติ	หลังเกิดภัยพิบัติ	
1. กำหนดนโยบายเกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติ 2. วางแผนหลักในการป้องกันภัยพิบัติ 3. กำหนดวิธีตรวจสอบติดตามการประเมินผลตามแผนหลักการป้องกันภัยพิบัติ 4. วางระเบียบแนวทางการปฏิบัติงานเกี่ยวกับค่าตอบแทนค่าทดแทนค่าใช้จ่ายอื่นๆกรณีเกิดภัยพิบัติ 5. พิจารณาและกำหนดกิจการอื่นๆเกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติ	1. ติดตามสถานการณ์ อำนวยการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกกรณี 2. รายงานสถานการณ์ข้อมูลเสนอ อทล. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 3. ติดตามประสานงานเกี่ยวกับการจัดงบประมาณเพื่อให้ความช่วยเหลือทุกขั้นตอนจนเสร็จการ 4. ประสานงานคณะกรรมการป้องกันฝ่ายพลเรือนแห่งชาติ 5. พิจารณาและกำหนดกิจการอื่นที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันภัยพิบัติทุกระดับ	1. สรุปสถานการณ์หลังเกิดภัยพิบัติเสนอ อทล.และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2. ติดตามและประสานงานการอนุมัติงบประมาณเพื่อการฟื้นฟู 3. พิจารณาทบทวนหรือปรับปรุงแผนหลักตามกิจการ หรือระยะเวลาที่เหมาะสม 4. ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยทางด้านวิชาการตลอดจนเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติให้กับบุคลากรของกรมทางหลวง 5. ประสานงาน ติดตามผล และประเมินผล ตลอดจนสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแผนการป้องกันภัยพิบัติ 6. ปฏิบัติการอื่นตามที่ผู้บังคับบัญชาระดับสูงกำหนด	1. ผู้อำนวยการศูนย์บัญชาการ (รองอธิบดีฝ่ายบำรุงทาง) 2. รองผู้อำนวยการศูนย์บัญชาการ (ผู้อำนวยการสำนักบริหารบำรุงทาง) 3. ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความสะดวก 4. ผู้อำนวยการสำนักแผนงาน 5. ผู้อำนวยการสำนักเครื่องกลและสื่อสาร 6. ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน 7. ผู้บังคับการกองตำรวจทางหลวง 8. ผู้อำนวยการกองฝึกอบรม 9. ผู้อำนวยการสำนักงานบริหารงานศูนย์สร้างทาง 10. เลขาธิการกรม 11. ผู้อำนวยการกองการเงินและบัญชี 12. ผู้อำนวยการสำนักงานประชาสัมพันธ์ 13. ผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาระบบบริหารงานบำรุงทาง(สำนักบริหารบำรุงทาง) 14. ผู้อำนวยการส่วนบริหาร(สำนักบริหารบำรุงทาง) 15. หัวหน้างานสถิติ(สำนักบริหารบำรุงทาง) 16. หัวหน้าศูนย์บริหารงานอุบัติเหตุ(สำนักบริหารบำรุงทาง) 17. วิศวกรโยธา (สำนักบริหารบำรุงทาง)

2.4.1.2. แนวทางปฏิบัติและแผนการจัดการอุทกภัยของหน่วยงานกรมทางหลวง ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

ในการศึกษาทบทวนแนวทางปฏิบัติการจัดการอุทกภัยของหน่วยงานกรมทางหลวง ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี มีเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงแนวทางการดำเนินงานที่ปฏิบัติอยู่จริงในปัจจุบันของหน่วยงานกรมทางหลวงในพื้นที่ศึกษาเมื่อเกิดเหตุการณ์อุทกภัยขึ้น โดยวิธีการในการดำเนินงาน ทางที่ปรึกษาได้ใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการแขวงทางหลวงและรองผู้อำนวยการแขวงทางหลวงในพื้นที่ (ดังแสดงในรูปที่ 2.4-2) โดยดำเนินการทั้งในรูปแบบการประชุมออนไลน์และการเข้าไปพบที่สำนักงานแขวงทางหลวง



แขวงทางหลวงยโสธร



แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1



แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2

รูปที่ 2.4-2 การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี



ซึ่งจากผลการการสัมภาษณ์พบว่า แนวทางปฏิบัติในการจัดการอุทกภัยของแขวงทางหลวงในพื้นที่ของทั้ง 3 หน่วยงาน มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ จะมีการวางแผนการดำเนินและแบ่งการปฏิบัติการเป็น 3 ระยะ คือ ช่วงก่อนเกิดอุทกภัย ช่วงระหว่างเกิดอุทกภัย และช่วงหลังเกิดอุทกภัย โดยรายละเอียดของแนวทางปฏิบัติในแต่ละช่วงเวลา สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ช่วงก่อนเกิดอุทกภัย

การดำเนินงานในช่วงก่อนเกิดอุทกภัย จะดำเนินการก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงฤดูฝนของพื้นที่ (ประมาณช่วงเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม) โดยกิจกรรมของการดำเนินงานจะเป็นไปในลักษณะของการจัดเตรียมความพร้อม โดยการบำรุงรักษาทางหลวงเชิงป้องกันเพื่อรับมือกับอุทกภัยที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งงบประมาณที่นำมาใช้ในการดำเนินงานส่วนนี้จะใช้งบบำรุงปกติที่แขวงทางหลวงแต่ละพื้นที่ได้รับ สำหรับกิจกรรมหลักที่จะปฏิบัติการในช่วงนี้ประกอบด้วย

- (1) งานทำความสะอาดรางระบายน้ำ
- (2) งานซ่อมบำรุงท่อเหลี่ยมและท่อกลมของระบบระบายน้ำบนทางหลวง
- (3) งานขุดลอกทางระบายน้ำในอยู่ในพื้นที่เขตทาง
- (4) งานซ่อมบำรุงโครงสร้างสะพาน
- (5) งานตัดแต่งต้นไม้เพื่อป้องกันการโค่นล้มของต้นไม้จากวาทภัย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้เส้นทาง
- (6) งานจัดเตรียมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเพื่อใช้ระหว่างการเกิดอุทกภัย

2) ช่วงระหว่างเกิดอุทกภัย

การดำเนินงานในช่วงระหว่างเกิดอุทกภัยของหน่วยงานแขวงทางหลวงในพื้นที่ มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้ทางในระหว่างเกิดอุทกภัย รวมถึงการซ่อมบำรุงทางหลวงในภาวะฉุกเฉินเพื่อให้การจราจรสามารถผ่านได้ โดยแนวทางการปฏิบัติงานในช่วงระหว่างเกิดเหตุอุทกภัยในพื้นที่สามารถสรุปได้ดังนี้

- (1) การจัดเตรียมเจ้าหน้าที่ชุดเคลื่อนที่เร็ว เพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยให้กับประชาชนผู้ใช้ทางในระหว่างเกิดเหตุการณ์อุทกภัย โดยเจ้าหน้าที่ชุดเคลื่อนที่เร็วนี้จะมีปฏิบัติงานตลอดจน 24 ชั่วโมง และมีหน้าที่ในการปฏิบัติงานดังนี้
 - จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ ในการให้ความช่วยเหลือกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินฉับพลัน
 - ทำหน้าที่ในการประสานงานเพื่อรวบรวมข้อมูลจากหัวหน้าหมวดทางหลวง ที่มีการขอความช่วยเหลือ
 - ประสานงานข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนการช่วยเหลือในกรณีที่มีการร้องขอ



- หากได้รับการร้องขอความช่วยเหลือจากหมวดทางหลวง ให้ชุดเคลื่อนที่เร็วออกปฏิบัติการทันที พร้อมทั้งรายงานสถานการณ์ที่เกิดขึ้นให้อำนาจการแขวงทางหลวงรับทราบ
 - รายงานสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจนกว่าจะคืนสู่สภาพปกติเพื่อแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนผู้ใช้เส้นทางรับทราบ พร้อมบันทึกภาพการช่วยเหลือต่างๆ ให้ชัดเจน
- (2) การเฝ้าระวังและตรวจสอบสภาพเส้นทางในระหว่างเกิดเหตุอุทกภัย ซึ่งในกรณีที่เกิดน้ำท่วมบนผิวทาง ให้มีการจัดการอำนวยความสะดวกโดยใช้อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ได้เตรียมไว้
 - (3) ตรวจสอบสภาพสายทางที่ชำรุดและจัดทำแผนงบประมาณ เพื่อขอสนับสนุนงบประมาณบำรุงรักษาอย่างสำนักบริหารบำรุงทาง สำหรับการแก้ไขปัญหาเพื่อให้การจราจรผ่านได้
 - (4) ดำเนินการสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือแก่หน่วยงานอื่นๆ ที่มีการร้องขอ ตามคำสั่งของกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด
 - (5) รายงานสถานการณ์ในช่วงระหว่างเกิดอุทกภัย ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือ ไปยังกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด (มีผู้ว่าราชการจังหวัดเป็นผู้อำนวยการ) รวมถึงสำนักงานทางหลวงที่สังกัด

3) ช่วงหลังเกิดอุทกภัย

การดำเนินงานในช่วงระหว่างเกิดอุทกภัยของหน่วยงานแขวงทางหลวงในพื้นที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสำรวจและจัดทำแผนการฟื้นฟูทางหลวงที่เกิดความเสียหายให้กลับมามีสภาพการใช้งานได้ตามปกติ โดยแนวทางการปฏิบัติงานในช่วงหลังเกิดเหตุอุทกภัยในพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้

- (1) จัดทำรายงานสรุปผลการปฏิบัติงานในการจัดการอุทกภัย เสนอต่อสำนักงานทางหลวง และกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด
- (2) สำรวจสายทางที่เกิดความเสียหายในพื้นที่
- (3) จัดทำแผนงานและการออกแบบรายละเอียดการก่อสร้าง เพื่อขอรับงบประมาณฟื้นฟูมาใช้ในการซ่อมบำรุงทางหลวงให้มีสภาพเดิม รวมทั้งปรับปรุงการแก้ไขให้มีความยั่งยืน เพื่อป้องกันปัญหาอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นอีกในอนาคต
- (4) นำเสนอแผนงานและรายละเอียดโครงการที่ได้จัดเตรียมไว้ เสนอไปยังสำนักงานทางหลวง เพื่อขออนุมัติ และนำส่งแผนงานดังกล่าวไปยังสำนักบริหารบำรุงทาง เพื่อพิจารณาอนุมัติงบประมาณในการฟื้นฟูทางหลวงต่อไป
- (5) ภายหลังจากได้รับงบประมาณฟื้นฟู จะทำการจัดหาผู้รับจ้างตามระเบียบพัสดุพร้อมทั้งควบคุมงานก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบการก่อสร้างและมาตรฐานที่กำหนดจนโครงการแล้วเสร็จ



2.4.2. แผนงานก่อสร้างของกรมทางหลวง

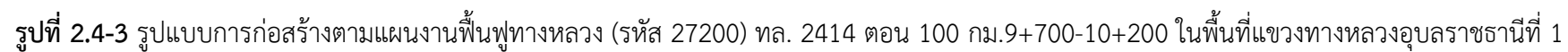
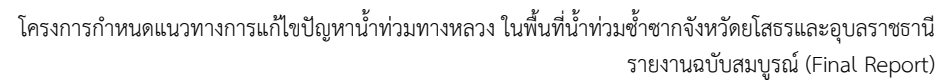
ในการศึกษาทบทวนแผนงานก่อสร้างของกรมทางหลวง ซึ่งทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมประกอบด้วย
1) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2565 ของแขวงทางหลวงในพื้นที่ศึกษาโครงการ และ
2) โครงการก่อสร้างที่ดำเนินการในปัจจุบันและแผนในอนาคต และ 3) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200)
ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งยังอยู่ในช่วงรับประกันผลงาน ซึ่งมีรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

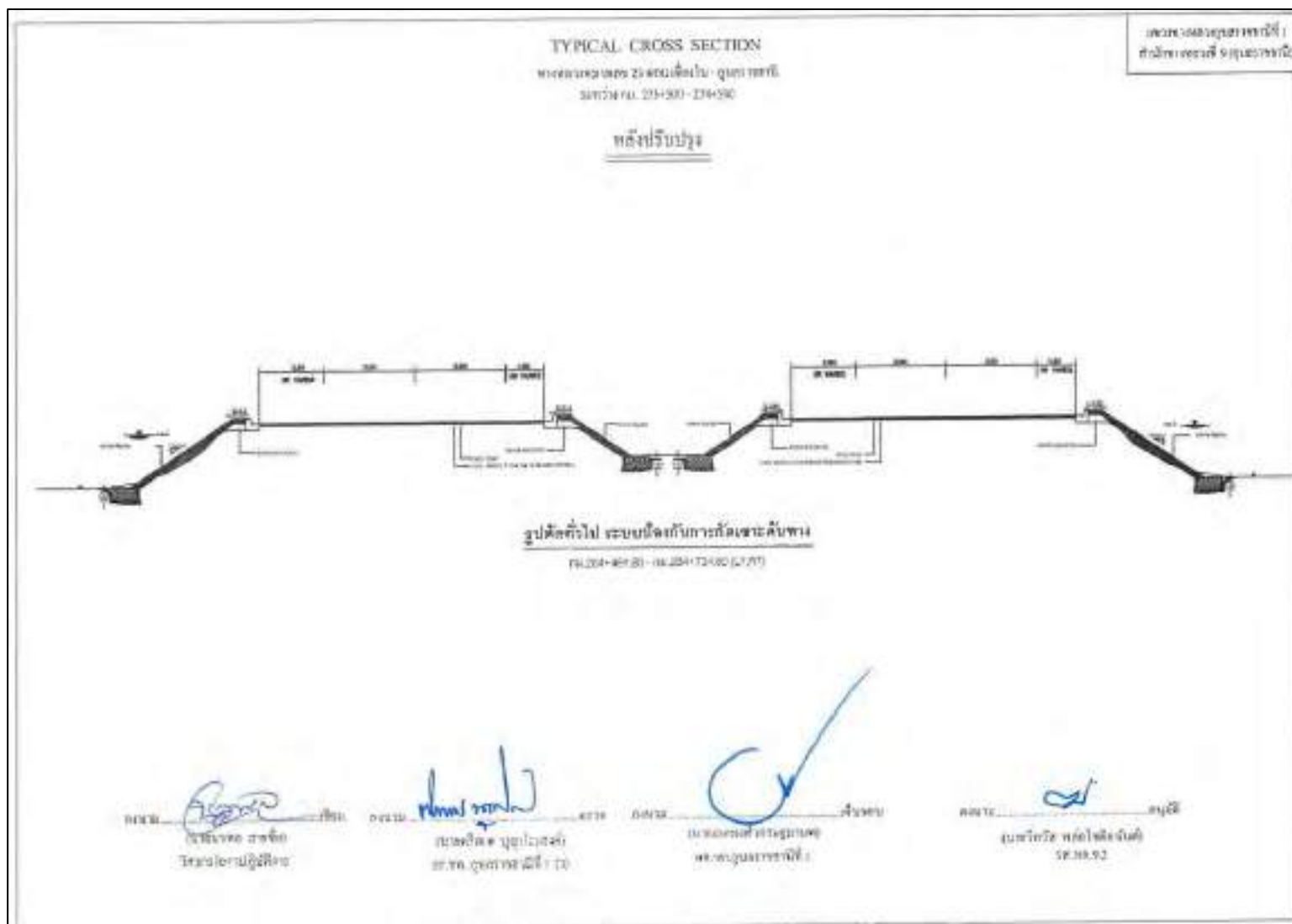
1) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2565

จากการรวบรวมข้อมูลแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2565 ของแขวง
ทางหลวงในพื้นที่ พบว่ามีทั้งหมด 4 แผนงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-4

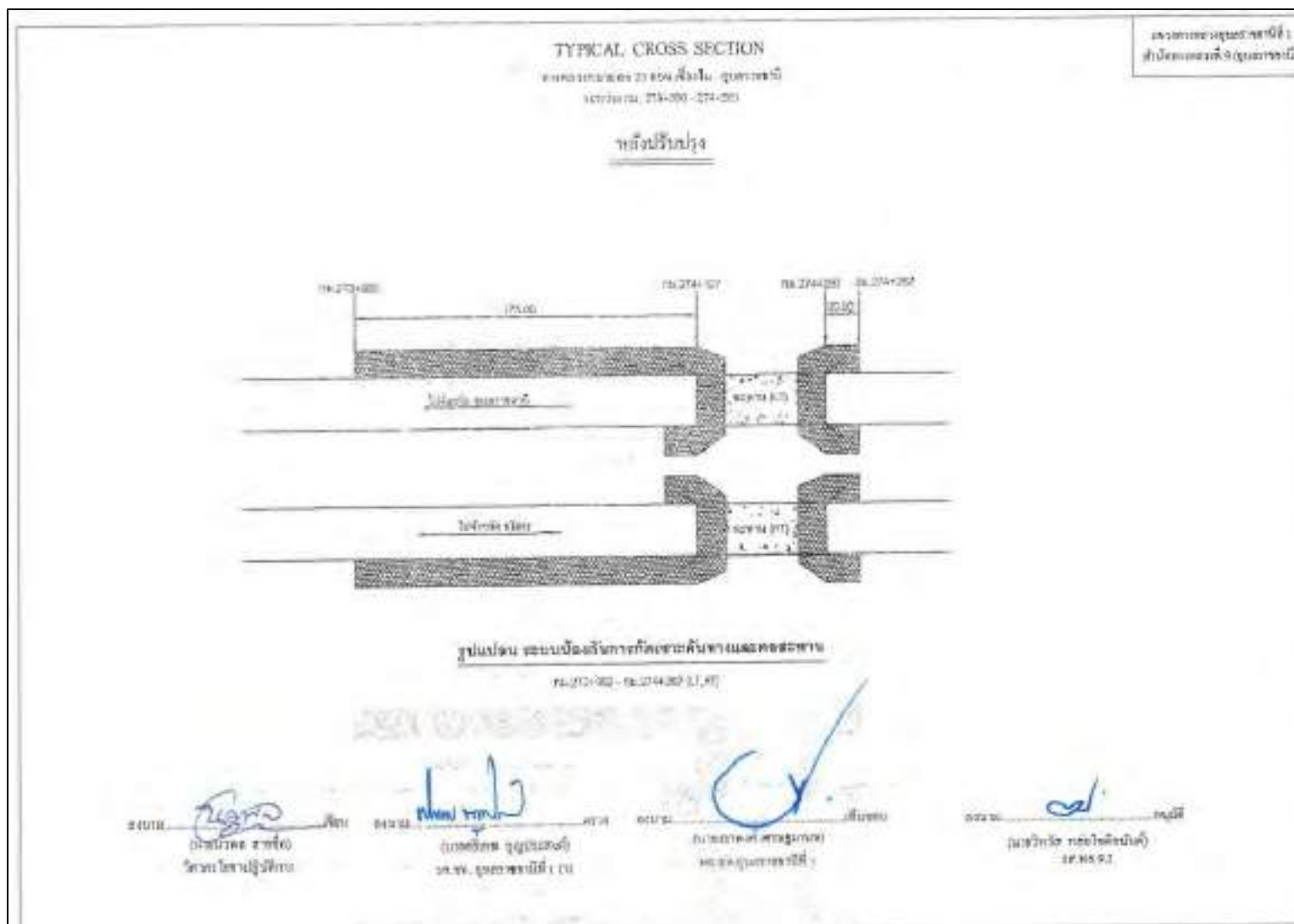
ตารางที่ 2.4-4 สรุปรายละเอียดแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2565 ของแขวง
ทางหลวงในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

ลำดับที่	ทางหลวง	ตอน	กม.ดำเนินการ	หน่วยงาน	งบประมาณ (ล้านบาท)	รายละเอียดโดยสังเขป
1	2414	100	9+700-10+200	แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	10.0	งานปรับปรุงโครงสร้างชั้นทางและผิวทางที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัย พร้อมทั้งเสริมหินทิ้ง (Mortar Riprap) เพื่อป้องกันการกัดเซาะและพังทลายของลาดคันทาง ตามแบบที่แสดงในรูปที่ 2.4-3
2	23	502	273+500-274+500	แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	17.5	งานปรับปรุงโครงสร้างชั้นทางและผิวทาง พร้อมก่อสร้างระบบป้องกันการกัดเซาะคันทางและคอสะพาน ตามแบบที่แสดงในรูปที่ 2.4-4
3	202	603	266+750-267+657	แขวงทางหลวงยโสธร	30	การก่อสร้างขยายไหล่ทางพร้อมระบบระบายน้ำ (ท่อระบายน้ำขนาด 1.0 เมตร) เพื่อระบายน้ำลงสู่ลำรางสาธารณะ ตามแบบที่แสดงในรูปที่ 2.4-5
4	231	102	12+900 - 16+300 เป็นช่วงๆ	แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1	50	งานปรับปรุงโครงสร้างชั้นทางและผิวทาง พร้อมปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง พร้อมงานกำแพงกันดิน ตามแบบที่แสดงในรูปที่ 2.4-6

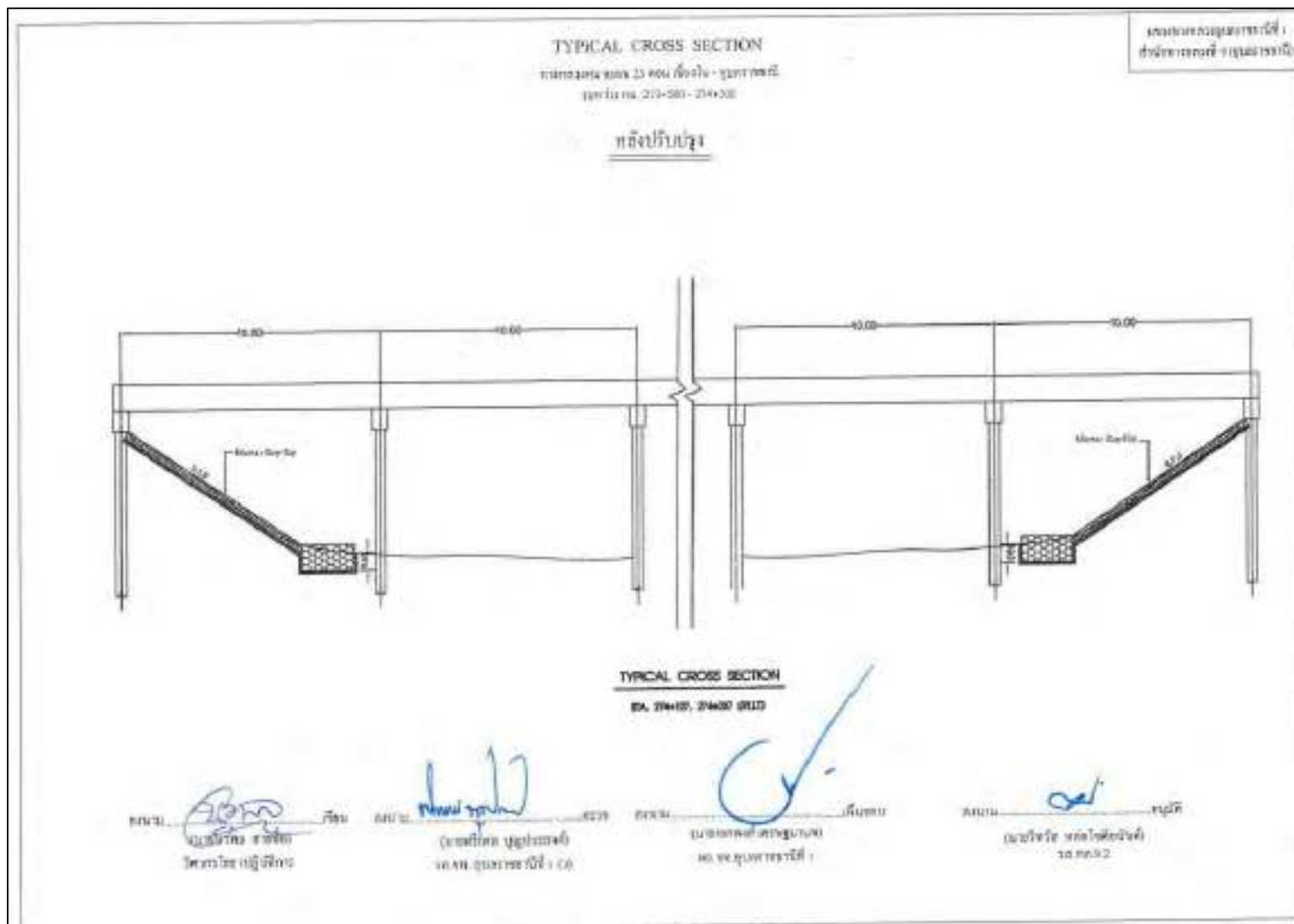




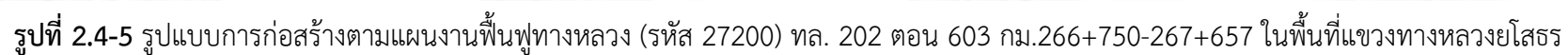
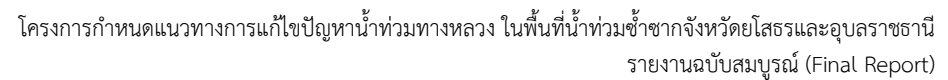
รูปที่ 2.4-4 รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 23 ตอน 502 กม.273+500-274+500 ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1

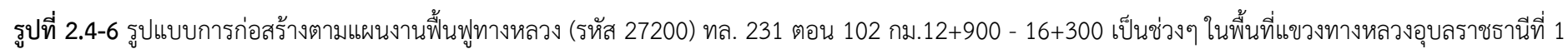
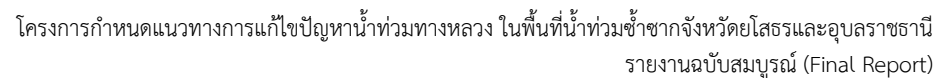


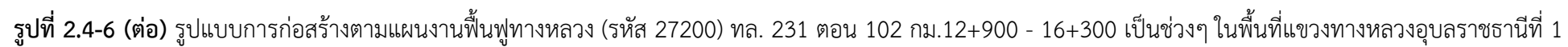
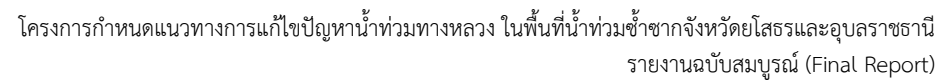
รูปที่ 2.4-4 (ต่อ) รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 23 ตอน 502 กม.273+500-274+500 ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1



รูปที่ 2.4-4 (ต่อ) รูปแบบการก่อสร้างตามแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ทล. 23 ตอน 502 กม.273+500-274+500 ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1









2) โครงการก่อสร้างที่ดำเนินการในปัจจุบัน และแผนงานในอนาคต

สำหรับข้อมูลโครงการก่อสร้างที่ดำเนินการในปัจจุบันและแผนงานในอนาคต ทางที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อมูล จากแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ของสำนักแผนงาน ซึ่งถือเป็นแผนแม่บทของการกำหนดโครงการก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง และจากการทบทวนพบว่า มีโครงการที่จะดำเนินการก่อสร้างทางตามแผนดังกล่าว ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานีจำนวนทั้งสิ้น 14 และ 21 โครงการ ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.4-5 และตารางที่ 2.4-6



ตารางที่ 2.4-5 โครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดยโสธร

ลำดับ	ทางหลวง	โครงการ	ระยะทาง (กม.)	ลักษณะ	สถานะโครงการ	ตำแหน่งที่ตั้ง
1	23	ร้อยเอ็ด-ยโสธรตอน 1	26	4 ช่องจราจรระยะที่ 2	แล้วเสร็จ (ต.ค. 64)	ตำแหน่งที่ 1 ตามรูปที่ 2.4-7
2		ร้อยเอ็ด-ยโสธรตอน 2	33	4 ช่องจราจรระยะที่ 2	แล้วเสร็จ (มี.ค. 64)	
3	202	ยโสธร – อำนาจเจริญ ตอน ยโสธร- บ.น้ำปลีก ตอน 1	16.4	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (ม.ค. 65)	ตำแหน่งที่ 2 ตามรูปที่ 2.4-7
4		ยโสธร – อำนาจเจริญ ตอน ยโสธร- บ.น้ำปลีก ตอน 2	16.4	เพิ่มช่องจราจร	ระหว่างก่อสร้าง 96.18% (ก.พ. 65)	
5	202	อ.สุวรรณภูมิ - ยโสธร	26	เชื่อมโยงระหว่างประเทศ	ระหว่างก่อสร้าง 9.68% (ก.พ. 65)	ตำแหน่งที่ 3 ตามรูปที่ 2.4-7
6	202	บ.น้ำปลีก - บ.หนองผือ ตอน 1	25	เชื่อมโยงระหว่างประเทศ	ระหว่างก่อสร้าง 2.12% (ก.พ. 65)	ตำแหน่งที่ 4 ตามรูปที่ 2.4-7
7		บ.น้ำปลีก - บ.หนองผือ ตอน 2	28	เชื่อมโยงระหว่างประเทศ	ระหว่างก่อสร้าง 2.61% (ก.พ. 65)	
8	2083	อ. มหาชนะชัย – อ.คำเขื่อนแก้ว	13	เพิ่มช่องจราจร	ระหว่างก่อสร้าง 6.14% (ก.พ. 65)	ตำแหน่งที่ 5 ตามรูปที่ 2.4-7
9	2169	ยโสธร - อ.กุตุ้ม	28	เชื่อมโยงระหว่างประเทศ	ปีดำเนินการ 66-68	ตำแหน่งที่ 6 ตามรูปที่ 2.4-7
10	2083	ก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำชี บนทาง หลวงหมายเลข 2083	1 แห่ง	ขยายสะพาน	ปีดำเนินการ 66-68	ตำแหน่งที่ 7 ตามรูปที่ 2.4-7
11	-	ทางเลี่ยงเมืองยโสธร (ด้านตะวันตก)	15	ทางเลี่ยงเมือง	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 8 ตามรูปที่ 2.4-7
12	2083	สะเดา – คำเขื่อนแก้ว	27	เพิ่มช่องจราจร	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 9 ตามรูปที่ 2.4-7
13	292	ทางเลี่ยงเมืองยโสธร (ด้านตะวันออก)	4	4 ช่องจราจรระยะที่ 2	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 10 ตามรูปที่ 2.4-7
14	202	อ.สุวรรณภูมิ - ยโสธร ตอน 2	11	เพิ่มช่องจราจร	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 11 ตามรูปที่ 2.4-7



รูปที่ 2.4-7 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567
ในพื้นที่จังหวัดยโสธร



ตารางที่ 2.4-6 โครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

ลำดับ	ทางหลวง	โครงการ	ระยะทาง (กม.)	ลักษณะ	สถานะโครงการ	ตำแหน่งที่ตั้ง
1	2050	อ.ตระการพืชผล - ห้วยยาง ตอน บ.ดอนหมากมาย - บ.แสนสวาย	18	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (ธ.ค. 61)	ตำแหน่งที่ 1 ตามรูปที่ 2.4-8
2	2085,2178	แยกทางหลวงหมายเลข 24 - อุบลราชธานี (บ.น้ำเกลี้ยง)	13	4 ช่องจราจรระยะที่ 2	แล้วเสร็จ (ก.พ. 63)	ตำแหน่งที่ 2 ตามรูปที่ 2.4-8
3	24	แยกบ้านจาน - อ.เดชอุดม ตอน 1	22	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (เม.ย. 63)	ตำแหน่งที่ 3 ตามรูปที่ 2.4-8
4		แยกบ้านจาน - อ.เดชอุดม ตอน 2	23	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (ก.ค. 63)	ตำแหน่งที่ 4 ตามรูปที่ 2.4-8
5	2050	อุบลราชธานี-ตระการพืชผล	8	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (ก.ค. 63)	
6	2050	อ.ตระการพืชผล - อ.เขมราฐ ตอน บ.แสนสวาย - อ.เขมราฐ	29.5	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (ธ.ค. 63)	ตำแหน่งที่ 5 ตามรูปที่ 2.4-8
7	2178	แยกทางหลวงหมายเลข 2085 - อุบลราชธานี	15	เพิ่มช่องจราจร	แล้วเสร็จ (พ.ค. 64)	ตำแหน่งที่ 6 ตามรูปที่ 2.4-8
8	231,23	ทางแยกต่างระดับจุดตัด ทล.231 กับ ทล.23 (แยกดงอู่ผึ้ง) (พร้อมทาง คู่ขนาน)	1 แห่ง	ทางแยกต่างระดับ	ระหว่างก่อสร้าง 68.99 % (ก.พ. 65)	ตำแหน่งที่ 7 ตามรูปที่ 2.4-8
9	217	อ.พิบูลมังสาหาร - ด้านช่องเม็ก	14	บูรณะปรับปรุง	แล้วเสร็จ (เม.ย. 63)	ตำแหน่งที่ 8 ตามรูปที่ 2.4-8
10	231,2050	ทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวง หมายเลข 231 กับ ทางหลวง หมายเลข 2050 (แยกโนนหงษ์ทอง)	1 แห่ง	ทางแยกต่างระดับ	ปีดำเนินการ 66-68	ตำแหน่งที่ 9 ตามรูปที่ 2.4-9
11	202	บ.หนองผือ - อ.เขมราฐ	21	เพิ่มช่องจราจร	ปีดำเนินการ 66-68	ตำแหน่งที่ 10 ตามรูปที่ 2.4-9
12	2171	บ.ท่าโพธิ์ศรี - อ.น้ำยืน	45	เพิ่มมาตรฐานทางชั้น 1	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 11 ตามรูปที่ 2.4-9



ตารางที่ 2.4-6 (ต่อ) โครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

ลำดับ	ทางหลวง	โครงการ	ระยะทาง (กม.)	ลักษณะ	สถานะโครงการ	ตำแหน่งที่ตั้ง
13	2383	อ.ม่วงสามสิบ - บ.ตื้น้อย ตอน อ.ม่วงสามสิบ - บ.เหล่าปาก	13	เพิ่มมาตรฐานทางชั้น 1	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 12 ตามรูปที่ 2.4-9
14	231	ถนนวงแหวนรอบเมืองอุบลราชธานี	6.3	เพิ่มช่องจราจร	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 13 ตามรูปที่ 2.4-9
15	231	ถนนวงแหวนรอบเมืองอุบลราชธานี ด้านตะวันออก	25	เพิ่มช่องจราจร	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 14 ตามรูปที่ 2.4-9
16	2112	ตอนเขมราฐ - ปากแซง - หนามแท่ง	76	เพิ่มมาตรฐานทางชั้น 1	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 15 ตามรูปที่ 2.4-9
17	2112	ตอนหนามแท่ง - โขงเจียม	34	เพิ่มมาตรฐานทางชั้น 1	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 16 ตามรูปที่ 2.4-9
18	-	สะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว แห่งที่ 6 อุบลราชธานี - สาละวัน	4.4	เชื่อมโยงระหว่างประเทศ	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 17 ตามรูปที่ 2.4-9
19	-	ทางเลี่ยงเมืองพิบูลมังสาหาร (ทล.217 - ทล.2222)	14	ทางหลวงแนวใหม่	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 18 ตามรูปที่ 2.4-9
20	202	เขมราฐ - นาดาล (สะพานมิตรภาพ ไทย - ลาว แห่งที่ 6) แนวใหม่	35	ทางหลวงแนวใหม่	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 19 ตามรูปที่ 2.4-9
21	2222	โขงเจียม - พิบูลมังสาหาร	30	เพิ่มมาตรฐานทางชั้น 1	ปีดำเนินการ 67-69	ตำแหน่งที่ 20 ตามรูปที่ 2.4-9



รูปที่ 2.4-8 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567
ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี (โครงการแล้วเสร็จและอยู่ระหว่างก่อสร้าง)



รูปที่ 2.4-9 ตำแหน่งโครงการก่อสร้างทางตามแผนงานโครงการพัฒนาทางหลวง ปี 2560-2567
ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี (โครงการตามแผนในอนาคต)



3) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564

จากการรวบรวมข้อมูลแผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างประกันผลงาน ของแขวงทางหลวงในพื้นที่ พบว่ามีทั้งหมด 13 แผนงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-7



ตารางที่ 2.4-7 แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างประกันผลงาน

ลำดับ	ปีงบประมาณ	ทางหลวง	ตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	งบประมาณ จัดสรร (บาท)	วันสิ้นสุด ประกันผลงาน	ประเภทบัญชี งบประมาณ	รายละเอียดก่อสร้างโดยสังเขป
แขวงทางหลวงยโสธร									
1	2563	292	ทางเลี้ยวเมืองยโสธร	2+070	4+100	42,915,800	5 มี.ค. 2566	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โพดุลครั้งที่ 2))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างท่อระบายน้ำข้างทาง ขนาด ศก. 1.2 เมตร เนื่องจากสภาพเดิมไม่มีระบบ ระบายน้ำ ที่จะเร่งระบายน้ำออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ
2	2563	2043	ยางแฉอ - มหาชนะชัย	41+250	43+700	43,434,400	10 ธ.ค. 2565	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โพดุลครั้งที่ 2))	ยกระดับคันทางเดิม พร้อมก่อสร้างสะพานใหม่เพื่อ เพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมผิว ทาง
3	2563	2116	โพนทอง - ห้วยคล้อ	75+400	75+700	16,218,800	15 ต.ค. 2565	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โพดุลครั้งที่ 2))	พื้นที่โครงการเป็นสะพานลำน้ำยัง คอสะพานทั้งสอง ฝั่งเป็น Concrete Slope Protection ชำรุดเสียหาย จึงทำการก่อสร้าง Slope Protection ใหม่พร้อมทั้ง โครงสร้างป้องกันการกัดเซาะคันทางบริเวณคอ สะพานทั้งสองฝั่ง
4	2563	2259	เสถภูมิ - คำโพนสูง ตอน 2	9+400	10+150	9,999,000	15 ก.ย. 2565	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ขยายคันทางเดิม พร้อมยกระดับคันทางให้สูงขึ้น ในช่วงระดับ 0.0-1.7 เมตร
5	2564	215	สุวรรณภูมิ - สาหร่าย	53+940	55+378	25,000,000	10 ก.ค. 2566	พ.ร.บ. (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ขยายไหล่ทาง ยกระดับคันทาง (กม. 55+135 ถึง 55+378) และก่อสร้างระบบระบายน้ำท่อ ศก. 1.20 เมตร



ตารางที่ 2.4-7 (ต่อ) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างประกันผลงาน

ลำดับ	ปีงบประมาณ	ทางหลวง	ตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	งบประมาณ จัดสรร (บาท)	วันสิ้นสุด ประกันผลงาน	ประเภทบัญชี งบประมาณ	รายละเอียดก่อสร้างโดยสังเขป
แนวทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1									
6	2563	2050	อุบลราชธานี - ตระการ พืชผล ตอน 1	43+400	43+700	9,990,000	7 พ.ย. 2565	พ.ร.บ. (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างท่อระบายน้ำข้างทาง ขนาด ศก. 1.2 เมตร เนื่องจากสภาพเดิมไม่มีระบบ ระบายน้ำ
7	2563	2050	อุบลราชธานี - ตระการ พืชผล ตอน 2	44+000	44+200	9,990,000	7 พ.ย. 2565	พ.ร.บ. (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างท่อระบายน้ำข้างทาง ขนาด ศก. 1.2 เมตร เนื่องจากสภาพเดิมไม่มีระบบ ระบายน้ำ
8	2563	2413	บ้านเอ้ - หนงซอน	12+450	13+300	4,996,300	8 มี.ค. 2566	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โหดครั้งที่ 2))	ปรับปรุงระบบป้องกันการกัดเซาะ (ปรับปรุง Gabion)
9	2564	212	หนองยอ - อุบลราชธานี	578+100	579+100	30,000,000	10 มิ.ย. 2566	พ.ร.บ. (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างท่อระบายน้ำข้างทาง ขนาด ศก. 1.2 เมตร เนื่องจากสภาพเดิมไม่มีระบบ ระบายน้ำ
10	2564	231	ถนนวงแหวนรอบเมือง อุบลราชธานี	12+900	15+218	30,000,000	20 ส.ค. 2566	พ.ร.บ. (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างระบบระบายน้ำ ซึ่ง ประกอบด้วย Box Culvert -ขนาด 1.5x1.5 เมตร ยาว 65 เมตร, Box Culvert -ขนาด 1.5x1.5 เมตร ยาว 1,356 เมตร และ Side Ditch Lining TYPE II จำนวน 11,400 ตร.ม.



ตารางที่ 2.4-7 (ต่อ) แผนงานฟื้นฟูทางหลวง (รหัส 27200) ประจำปีงบประมาณ 2563 และ 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างประกันผลงาน

ลำดับ	ปีงบประมาณ	ทางหลวง	ตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	งบประมาณ จัดสรร (บาท)	วันสิ้นสุด ประกันผลงาน	ประเภทบัญชี งบประมาณ	รายละเอียดก่อสร้างโดยสังเขป
แนวทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2									
11	2563	2182	โนนเรียง - หนองแสง	43+600	44+600	18,500,000	9 เม.ย. 2566	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชี พ.ร.บ. (งานทาง))	ขยายคันทางพร้อมยกระดับผิวทางขึ้น ประมาณ 50 เซนติเมตร เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมผิวจราจร
12	2563	2191	ทางเข้าเดชอุดม	0+000	1+800	14,868,000	4 ธ.ค. 2565	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โปกุลครั้งที่ 2))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้างท่อระบายน้ำข้างทาง ขนาด ศก. 1.2 เมตร เพิ่มเติม
13	2563	2248	ข้าหวาย - บุญทริก	86+500	88+400	19,838,500	6 พ.ย. 2565	งบประมาณประจำปี (สร. - บัญชีงบกลาง (โปกุลครั้งที่ 2))	ปรับปรุงผิวทางพร้อมก่อสร้าง RC Ditch Type A ยาว 600 เมตร เพื่อการระบายน้ำ



2.4.3. ผลการศึกษาของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง

ในการทบทวนผลการศึกษาอื่นๆ ของกรมทางหลวง ทางที่ปรึกษาจะมุ่งเน้นไปการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมบนทางหลวง หรือการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำผ่านทางหลวงเพื่อลดปัญหาดินขวางทางน้ำ ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลพบว่า มีการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2560
- 2) โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2561 (โครงการระยะที่ 2)
- 3) โครงการปรับปรุงมาตรฐานของสะพานท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากกรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น โดยสำนักมาตรฐานและประเมินผล พ.ศ. 2563

สำหรับผลการศึกษาทบทวนงานศึกษาที่เกี่ยวข้องตามที่กล่าวข้างต้น แสดงได้ดังนี้

2.4.3.1. โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2560

ในการศึกษาทบทวนผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ปีงบประมาณ 2560 สามารถสรุปสาระสำคัญและผลการดำเนินงานต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติเป็นประจำทุกปี ซึ่งภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้ทวีความรุนแรงและได้สร้างความเสียหายมากยิ่งขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะภัยพิบัติที่เกิดจากอุทกภัย สาเหตุหลักส่วนหนึ่งของปัญหาเป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ ตลอดจนการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้เกิดการรุกร้าทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนเป็นน้ำท่า (Surface Runoff) จึงมีมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีถนนตัดผ่าน ซึ่งถ้าระบบระบายน้ำโดยเฉพาะอาคารระบายน้ำมีขนาดเล็กหรือไม่เพียงพอ ก็จะทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก สร้างความเดือดร้อนให้แก่ประชาชน รวมถึงส่งผลเสียหายต่อชิ้นโครงสร้างทางชำรุดได้

ที่ผ่านมาการออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อระบายน้ำผ่านถนนของกรมทางหลวงนั้น วิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า ใช้วิธีที่อยู่ในลักษณะของสมการหรือความสัมพันธ์และ/หรือกราฟ ซึ่งสามารถใช้งานได้สะดวก ยกตัวอย่างเช่น วิธี Rational Method วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) วิธีกราฟความถี่



น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis) และวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) เป็นต้น ซึ่งการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น จะมีข้อจำกัดในกรณีที่พื้นที่รับน้ำฝนเป็นพื้นที่ที่พัฒนาเป็นเขตเมืองหรืออยู่ในพื้นที่ราบที่มีการพัฒนาโครงข่ายระบบระบายน้ำที่แตกต่างกันไปจากธรรมชาติ ทำให้ยากต่อการกำหนดขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนที่เหมาะสม จึงส่งผลให้การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำเกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน ดังนั้นการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ลักษณะนี้จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลทางกายภาพ รวมถึงโครงข่ายระบบระบายน้ำภายในพื้นที่อย่างละเอียด และการเก็บข้อมูลปัจจัยสำคัญทุกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลสูงสุดของน้ำ ซึ่งเหล่านี้เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยากเกินกว่าจะใช้วิธีการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมกว่าคือ การจำลองลักษณะทางกายภาพของระบบระบายน้ำและกักเก็บน้ำบนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากที่มักถูกประชาชนร้องเรียนว่าถนนขวางทางน้ำเนื่องจากการระบายน้ำไม่เพียงพอ จึงได้พิจารณาจัดทำโครงการศึกษาปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำขึ้น โดยในขั้นตอนแรกจะทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากมาเป็นพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดในพื้นที่ที่ได้มีการคัดเลือกไว้ เพื่อให้ทราบถึงสภาพข้อเท็จจริงของศักยภาพในการระบายน้ำบนทางหลวง ตำแหน่งวิกฤตของการระบายน้ำผ่านถนน ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และเมื่อทราบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการระบายน้ำแล้ว จะได้นำมาเป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบอาคารระบายน้ำให้แม่นยำและสอดคล้องกับพื้นฐานของข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่แท้จริงของพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อให้การแก้ไขและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในบริเวณที่ทางหลวงตัดผ่านมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) วัตถุประสงค์โครงการ

- (1) ศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง บนพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ภาคกลางจำนวน 11 แห่ง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- (2) เสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับลักษณะพื้นฐานทางกายภาพบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก



3) ผลการดำเนินงานที่สำคัญ

3.1) การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาโครงการได้กำหนดหลักเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาโดยกำหนดให้เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในระดับสูง ในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย รวมถึงเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมทางหลวงจากข้อมูลสถิติการรายงานในช่วงที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามในการคัดเลือกพื้นที่ยังต้องพิจารณาข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุดดินและค่าความลาดชันของพื้นที่ควบคู่ไปด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการศึกษาปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในแต่ละสภาพภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสมการในการคำนวณปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่จะนำเสนอขึ้นใหม่ได้ต่อไป ดังนั้นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ศึกษาของโครงการ ในที่นี้จะขอเสนอไว้ 4 หลักเกณฑ์ ดังนี้

(1) หลักเกณฑ์จากข้อมูลสถิติการเกิดน้ำท่วมบนทางหลวง

การกำหนดหลักเกณฑ์จากข้อมูลสถิติการเกิดน้ำท่วมบนทางหลวง จะพิจารณาจากพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของแนวทางหลวงในพื้นที่ภาคกลางที่มีการรายงานจำนวนตำแหน่งการเกิดปัญหาน้ำท่วมมากที่สุด 5 อันดับแรก เนื่องจากถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาและต้องเข้าไปดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน

(2) หลักเกณฑ์จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน จะคัดเลือกพื้นที่ที่สามารถเป็นตัวแทนลักษณะการใช้ที่ดินทุกประเภท เนื่องจากการใช้ที่ดินย่อมส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำท่า หรือส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุด ของน้ำท่าที่จะคำนวณผ่านอาคารระบายน้ำนั่นเอง

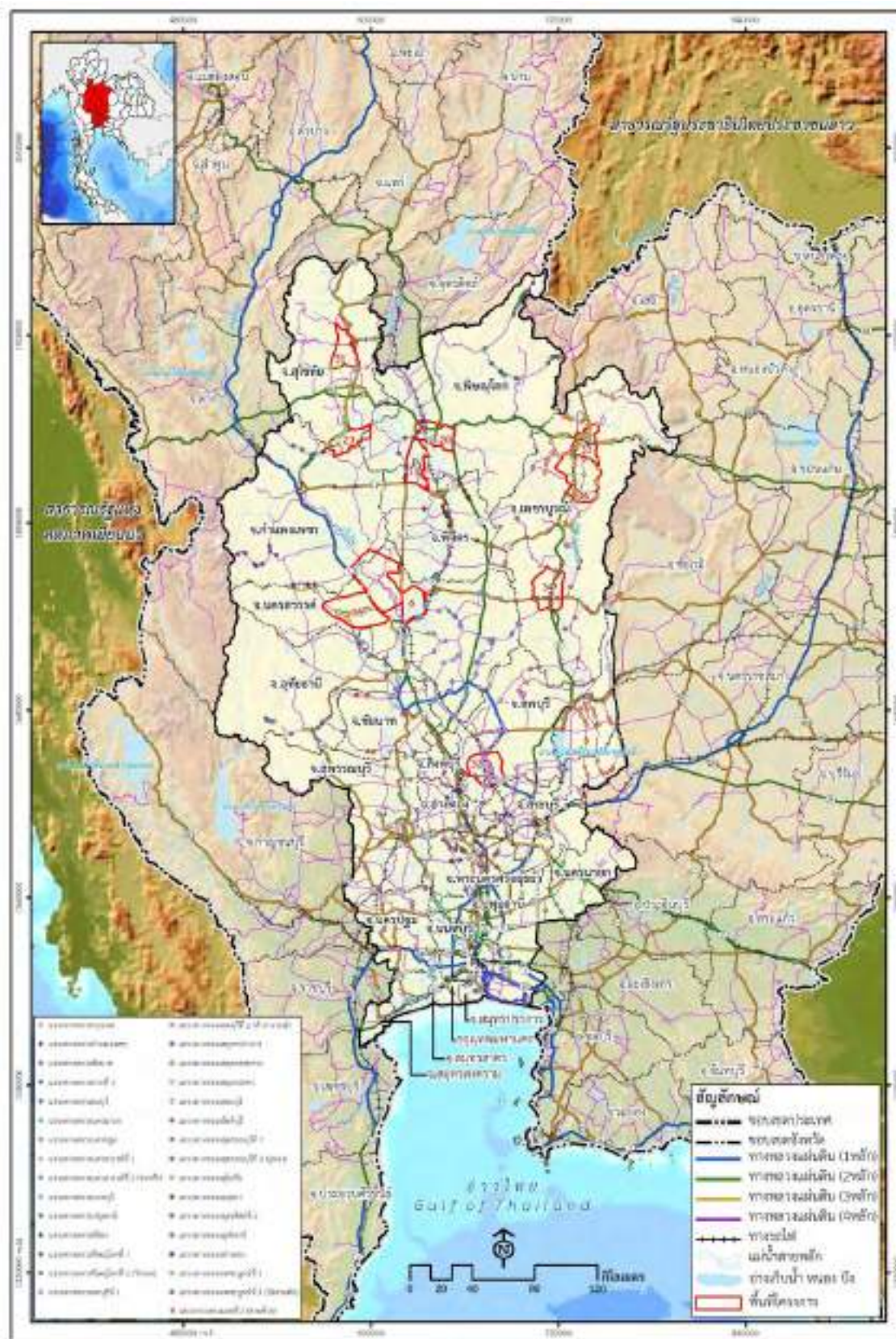
(3) หลักเกณฑ์จากข้อมูลค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ค่าความลาดชันเฉลี่ย จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และพื้นที่ที่เป็นที่ราบ เนื่องจากค่าความลาดชันมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการเดินทางของน้ำท่วม และอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า

(4) หลักเกณฑ์จากข้อมูลกลุ่มชุดดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ข้อมูลกลุ่มชุดดิน จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีกลุ่มชุดดินหลักที่แตกต่างกัน เนื่องจากกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท จะส่งผลต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งย่อมส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่วม เช่นกัน

จากหลักเกณฑ์ตามที่กล่าวมาข้างต้น สามารถคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง จำนวน 11 พื้นที่ แสดงได้ดังรูปที่ 2.4-10



รูปที่ 2.4-10 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ได้ทำการคัดเลือก 11 พื้นที่



3.2) การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

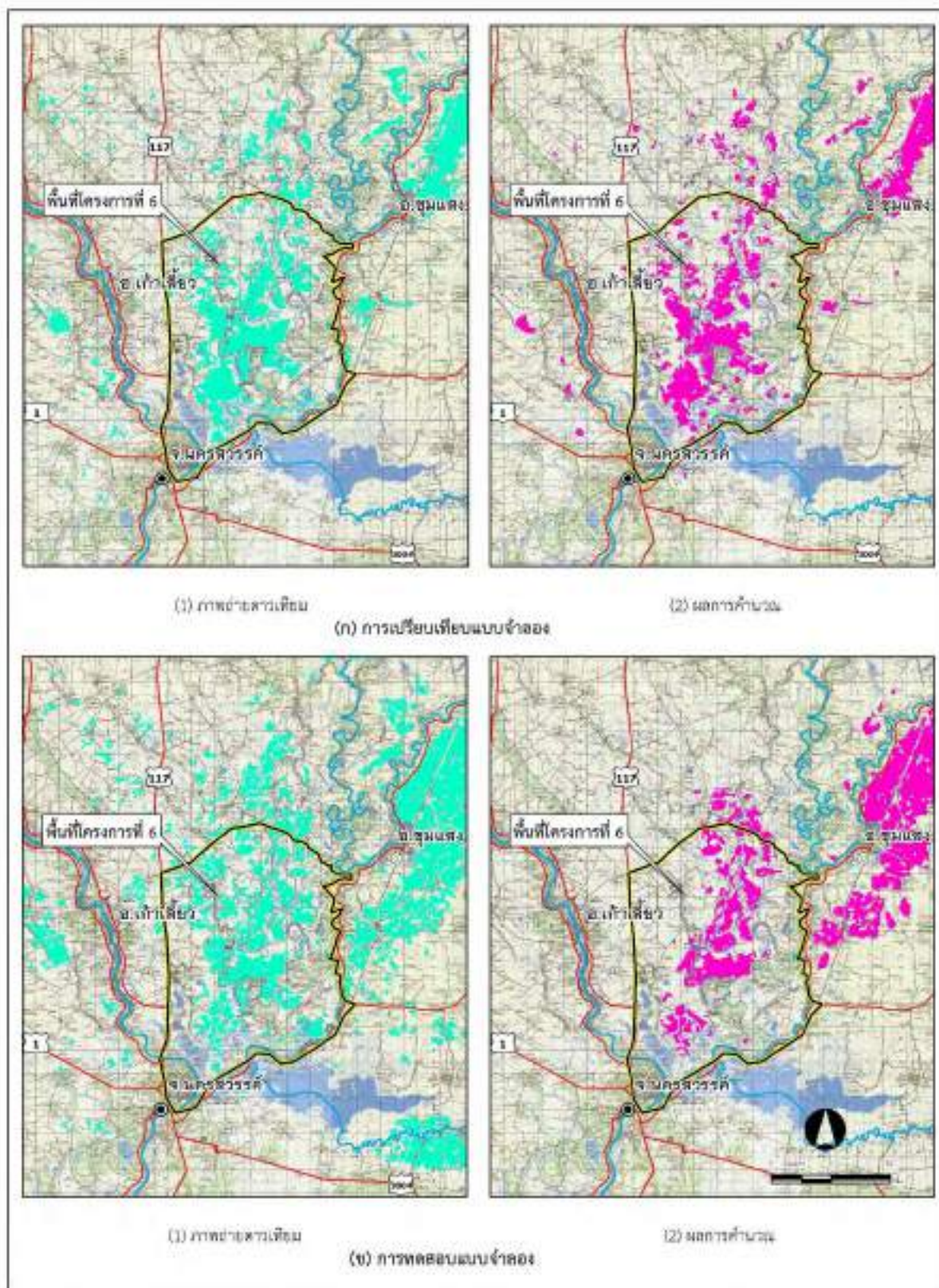
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยในครั้งนี้ คือ แบบจำลอง Mike Flood ของ Danish Hydraulics Institute ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ด้าน Hydrodynamics ของสภาพการไหลในลำน้ำสายหลัก และในพื้นที่น้ำท่วม ประกอบด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์ทั้งแบบ 1 มิติ (1D) และ 2 มิติ (2D) และแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM Model) เพื่อใช้จำลองระบบโครงข่ายลำน้ำในพื้นที่โครงการฯ และนำมาใช้เป็นส่วนการคำนวณ/ประมวลผลสภาพทางชลศาสตร์ สำหรับศึกษา/วิเคราะห์สภาพการไหลในปัจจุบันรวมถึงใช้ศึกษาทางเลือกในการแก้ปัญหาอุทกภัยที่เหมาะสมในอนาคต โปรแกรมมีระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ดี สามารถแสดงผลการคำนวณในรูปของแผนภูมิ ตาราง และแผนที่น้ำท่วมได้จาก DEM ที่สามารถ Integrate เข้าไปในแบบจำลอง และสามารถเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ (GIS) ซึ่งขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4-11



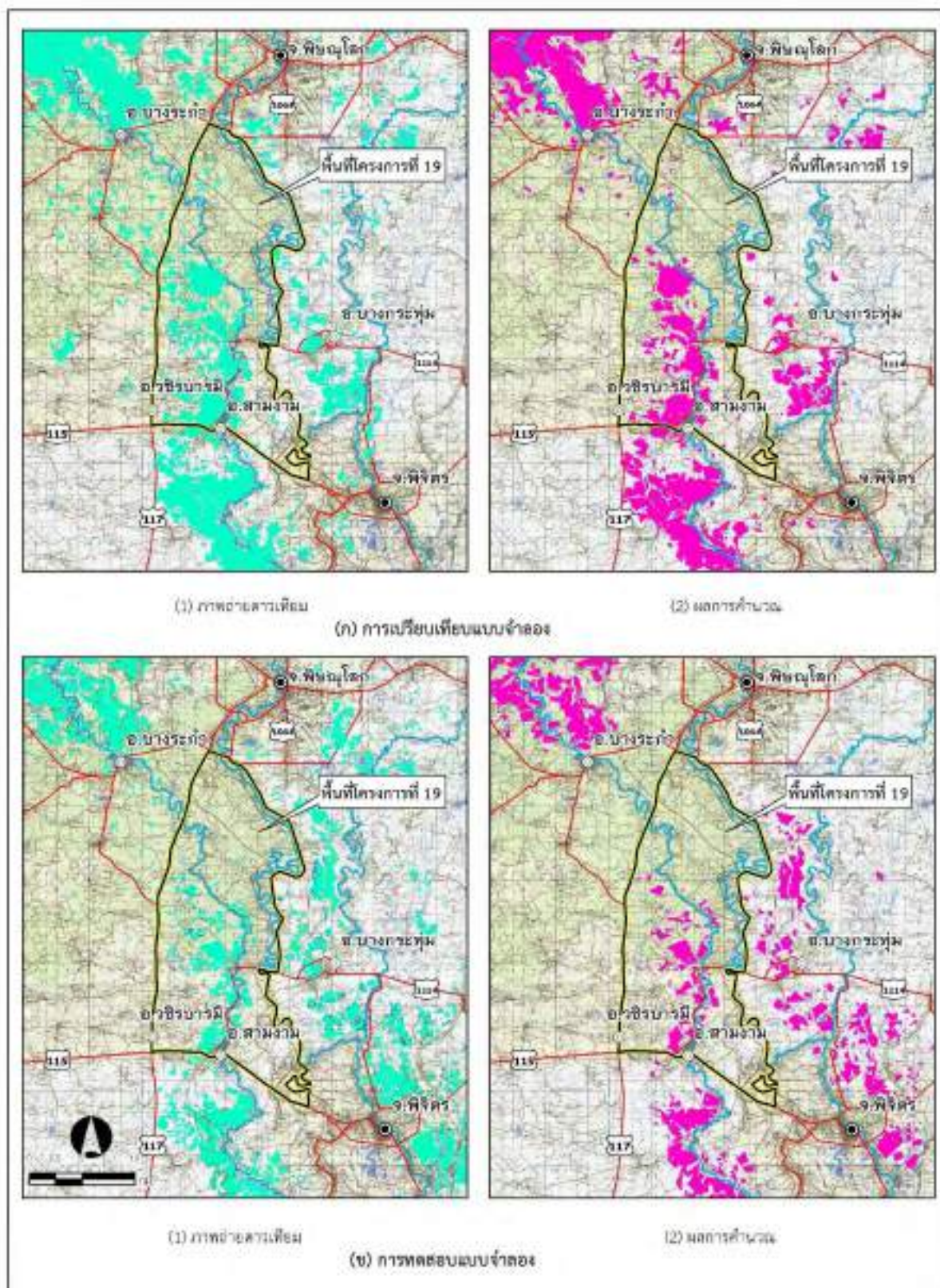
รูปที่ 2.4-11 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



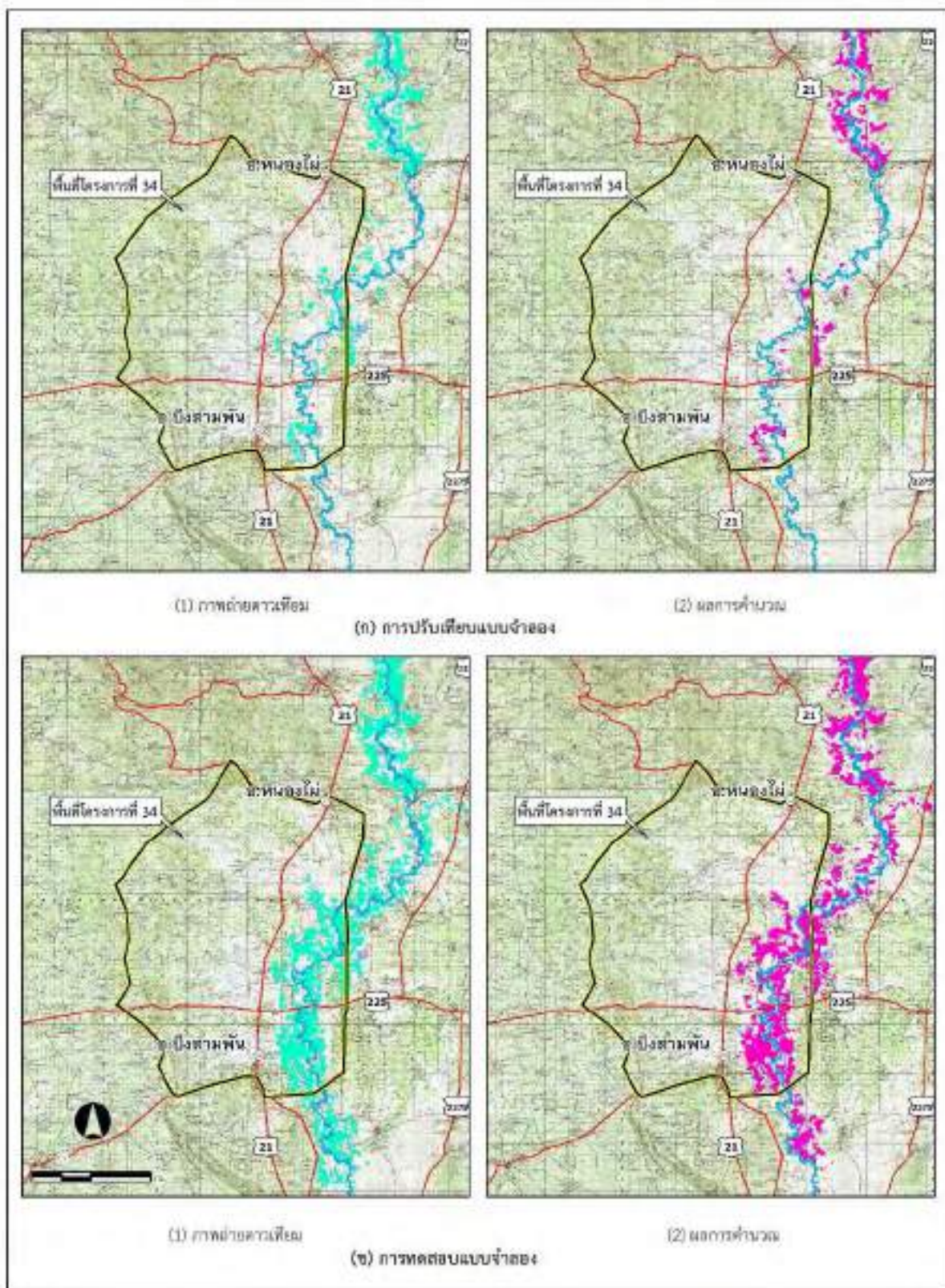
โดยในการศึกษาด้วยแบบจำลองต้องทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง เพราะจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ควบคุมในแบบจำลอง เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จึงจะเชื่อถือได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนที่ถูกต้องของพื้นที่ศึกษาได้ โดยในการศึกษครั้งนี้ จะทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นจริง จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.4-12 ถึง รูปที่ 2.4-14



รูปที่ 2.4-12 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



รูปที่ 2.4-13 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19



รูปที่ 2.4-14 ตัวอย่างผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34



3.3) การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

ในการปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจะใช้หลักการการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) ซึ่งหลักการในการพิจารณาดังนี้

ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จะใช้หลักการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) ตามที่กล่าวไว้มาทำการวิเคราะห์ โดยที่ตัวแปรตาม คือ อัตราการไหลสูงสุด ในขณะที่ตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะทางกายภาพตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วม

สำหรับการประเมินอัตราการไหลสูงสุด เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติจะใช้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ณ ตำแหน่งอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งของพื้นที่ศึกษานำร่องจากผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง MIKE FLODD โดยใช้เหตุการณ์ในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลองเป็นกรณีศึกษา ในขณะที่ปัจจัยทางด้านกายภาพ ของอาคารระบายน้ำ จะประเมินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการแบ่งขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคารแต่ละแห่ง แล้วจึงวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ประเภทต่างๆ ตามปัจจัยทางกายภาพที่กำหนดสำหรับอาคารระบายน้ำนั้น ๆ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่จะนำมาวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-8

ภายหลังจากทราบอัตราการไหลสูงสุดและข้อมูลทางด้านกายภาพของอาคารระบายน้ำแต่ละแห่ง แล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งในการศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรม SPSS มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยมีการปรับผลตามค่าความสัมพันธ์แบบ Correlation และ ปรับแก้สถานะปัญหา Multicollinearity แล้ว พบว่า ตัวแปรทางกายภาพที่มีผลต่ออัตราการไหลสูงสุด ได้แก่ ปริมาณฝนที่ตกของพื้นที่ป่าไม้ ขนาดของพื้นที่ที่อยู่อาศัย และขนาดของพื้นที่แหล่งน้ำ โดยสามารถสร้างสมการประเมินอัตราการไหลสูงสุดได้ดังนี้

$$Q_{peak} = 11.405 + 0.111Rain + 0.319For + 1.634Res + 0.433Wat$$

โดยที่	Qpeak	คือ	อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
	Rain	คือ	ปริมาณฝนที่ตก (มิลลิเมตร)
	For	คือ	พื้นที่ป่าไม้ (ตารางกิโลเมตร)
	Res	คือ	พื้นที่ที่อยู่อาศัย (ตารางกิโลเมตร)
	Wat	คือ	พื้นที่แหล่งน้ำ (ตารางกิโลเมตร)



ตารางที่ 2.4-8 สรุปตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด

ตัวแปรอิสระ		ตัวแปรตาม	
ชนิดตัวแปร	หน่วย	ชนิดตัวแปร	หน่วย
1. อัตราการไหลสูงสุด	ลบ.ม./วินาที	1. ความลาดชัน (Slope)	-
		2. ปริมาณฝนตกในวันที่พิจารณา (RainfallToday)	มม.
		3. ฝนสะสมก่อนหน้า 10 วัน (RainfallACC10day)	มม.
		4. ขนาดพื้นที่รับน้ำ (CatchmentArea)	ตร.กม.
		5. พื้นที่เกษตร	ตร.กม.
		6. พื้นที่ป่า	ตร.กม.
		7. พื้นที่ลุ่ม	ตร.กม.
		8. พื้นที่อยู่อาศัย	ตร.กม.
		9. พื้นที่แหล่งน้ำ	ตร.กม.
		10. พื้นที่ชนิดดินลุ่ม	ตร.กม.
		11. พื้นที่ชนิดดินดอน	ตร.กม.

ทั้งนี้จากสมการความสัมพันธ์ที่นำเสนอข้างต้น จะเห็นได้ว่า ขนาดของพื้นที่ที่อยู่อาศัย จะมีอิทธิพลมากที่สุดต่อปริมาณอัตราการไหลสูงสุด รองลงมาได้แก่ขนาดของพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม้ ตามลำดับ

3.4) การจัดทำแบบแนะนำการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ในการจัดทำแบบแนะนำสำหรับการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ ที่จะตั้งสมมติฐานโดยการนำแบบมาตรฐานของอาคารระบายน้ำกรมทางหลวงที่มีอยู่ในปัจจุบัน มาทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลผ่านให้สูงมากยิ่งขึ้น โดยในการวิเคราะห์จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ RMA2 ซึ่งเป็นแบบจำลอง ประเภท Finite Difference มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ 1. การวิเคราะห์การไหลผ่านท่อเหลี่ยมตามแบบมาตรฐานเดิมคือ Wingwall ทำมุม 15 องศา และกรณีที่เสนอแนะใหม่คือ ปรับปรุง Wingwall ทำมุม 30 องศา 2. การวิเคราะห์การไหลผ่านท่อลอดกลม ตามแบบมาตรฐานเดิมคือ Wingwall ทำมุม 30 องศา และกรณีที่เสนอแนะใหม่คือ ปรับปรุง Wingwall ทำมุม 45 องศา

ซึ่งผลจากการศึกษาทั้ง 2 กรณีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-9 และตารางที่ 2.4-10 ตามลำดับ



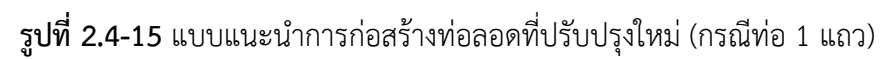
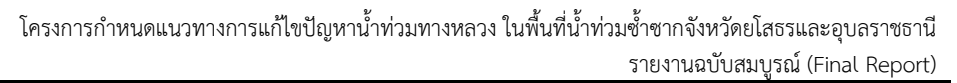
ตารางที่ 2.4-9 การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อเหลี่ยม

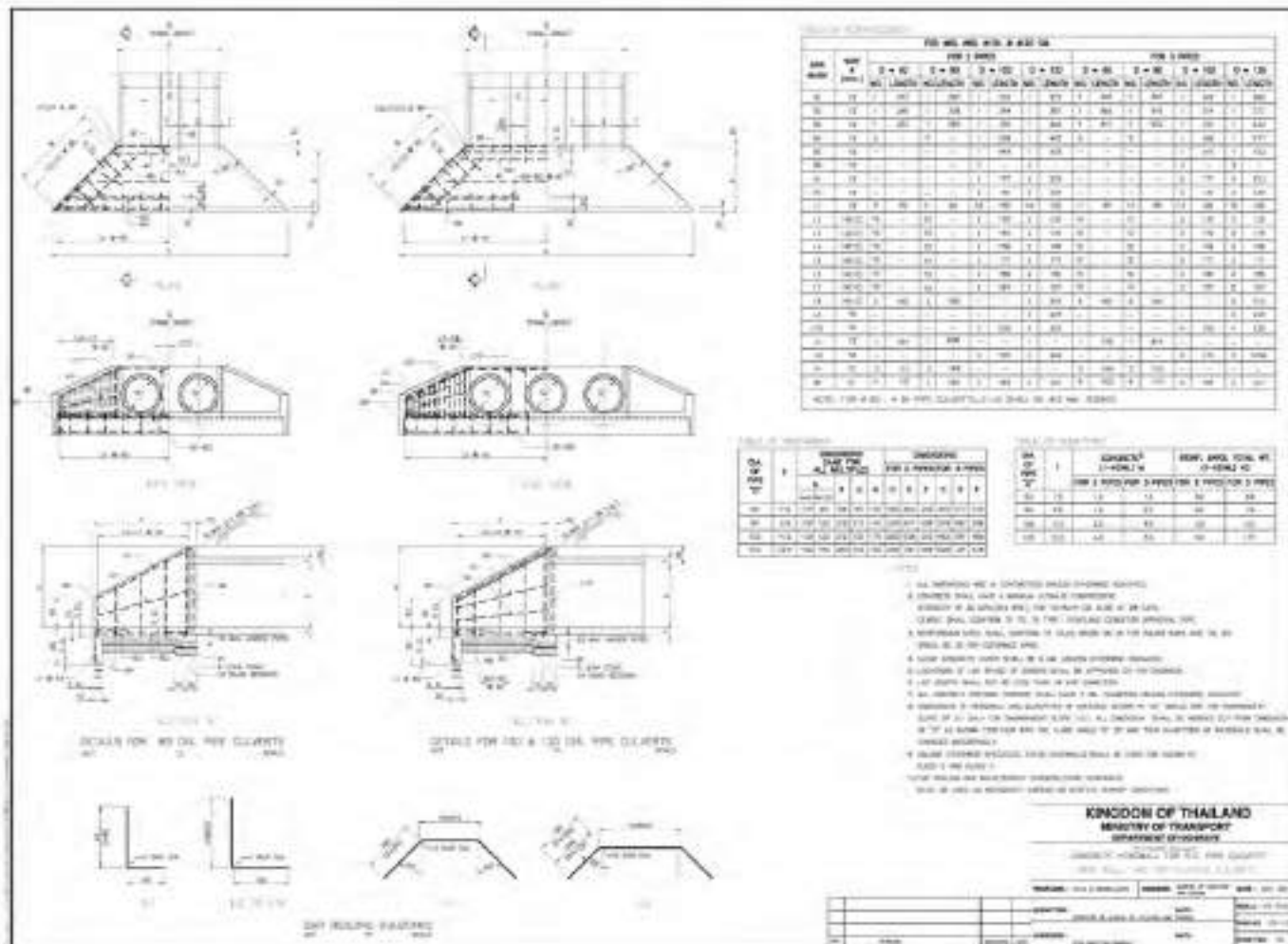
ตำแหน่งพิจารณา	ความเร็วการไหล (เมตร/วินาที)		ร้อยละของความเร็วที่เพิ่มขึ้น
	Wingwall 15 องศา	Wingwall 30 องศา	
ทางน้ำธรรมชาติ	0.48 – 0.60	0.48 – 0.60	0.0%
บริเวณ WingWall	0.60 – 1.12	0.60 – 1.35	+20.5%
ในท่อลอด	1.12 – 1.58	1.35 – 1.60	+1.3%

ตารางที่ 2.4-10 การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อกลม

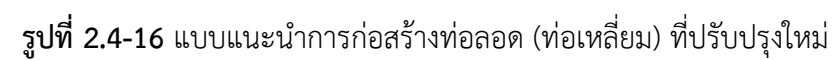
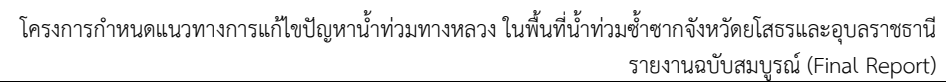
ตำแหน่งพิจารณา	ความเร็วการไหล (เมตร/วินาที)		ร้อยละของความเร็วที่เพิ่มขึ้น
	Wingwall 30 องศา	Wingwall 45 องศา	
ทางน้ำธรรมชาติ	0.48 – 0.54	0.48 – 0.54	0.0%
บริเวณ WingWall	0.54 – 1.30	0.54 – 1.47	+13.1%
ในท่อลอด	1.30 – 1.86	1.47 – 1.92	+3.2%

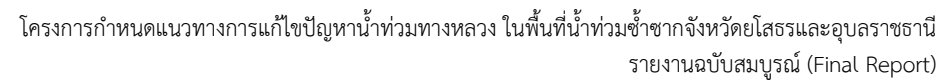
จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ในกรณีที่อาคารระบายน้ำมีขนาดหน้าตัดที่เท่ากัน การเลือกใช้ Wingwall ที่มีมุมมากกว่าจะช่วยเพิ่มความราบเรียบของการไหลได้ดีเช่นเดียวกับการปรับท่อนเหลี่ยม ทำให้การไหลผ่านอาคารบริเวณทางเข้าเร็วขึ้น ดังนั้น จึงได้ทำการปรับปรุงแบบมาตรฐาน ตามแนวทางดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.4-15 และรูปที่ 2.4-16





รูปที่ 2.4-15 (ต่อ) แบบแนะนำการก่อสร้างท่อลอดที่ปรับปรุงใหม่ (กรณีท่อ 2-3 แถว)







3.5) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ มีแนวทางการศึกษา 2 กรณี

- กรณีที่ 1 ทำการโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางน้ำเข้าของอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 3.2.3.4 โดยยังไม่มี的增加ขนาดของอาคารระบายน้ำ
- กรณีที่ 2 1 ทำการโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางน้ำเข้าของอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 3.2.3.4 และมีการเพิ่มขนาดของอาคารระบายน้ำ โดยกำหนดเป้าหมายให้ลดขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้อย่างน้อยร้อยละ 20

โดยในการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีจะพิจารณาจากการกำหนดเหตุการณ์น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี มาใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า หากมีการใช้แบบก่อสร้างที่เสนอแนะขึ้นใหม่โดยปรับแก้รูปแบบของ Wingwall ดังแสดงในตารางที่ 2.4-11 และตัวอย่างในรูปที่ 2.4-17 จะส่งผลให้ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมลดลงเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 7.38 แต่ถ้าหากปรับทั้ง-รูปแบบของ Wingwall และขนาดของอาคารระบายน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.4-12 และตัวอย่างในรูปที่ 2.4-18 จะช่วยลดขนาดของพื้นที่น้ำท่วมให้ ลดลงเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 22.06 ทั้งนี้ จำนวนตำแหน่งของอาคารระบายน้ำที่จะต้องทำการปรับปรุง (ทั้งรูปแบบ Wingwall และขนาด) ในแต่ละพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-13 โดยมีตำแหน่งที่ต้องปรับปรุงรวมทั้งสิ้น 564 ตำแหน่ง



ตารางที่ 2.4-11 พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ
กรณีปรับปรุงเฉพาะรูปแบบของ Wingwall

พื้นที่ศึกษานำร่อง	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	573.33	522.17	8.92
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	1,805.34	1,630.04	9.71
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	390.68	355.66	8.96
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	545.93	540.41	1.01
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23	771.53	704.53	8.68
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31	913.12	897.50	1.71
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32	942.31	857.11	9.04
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33	105.31	97.82	7.11
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34	217.86	198.18	9.03
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35	1,002.92	921.83	8.09
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36	126.33	115.03	8.94
ค่าเฉลี่ย			7.38

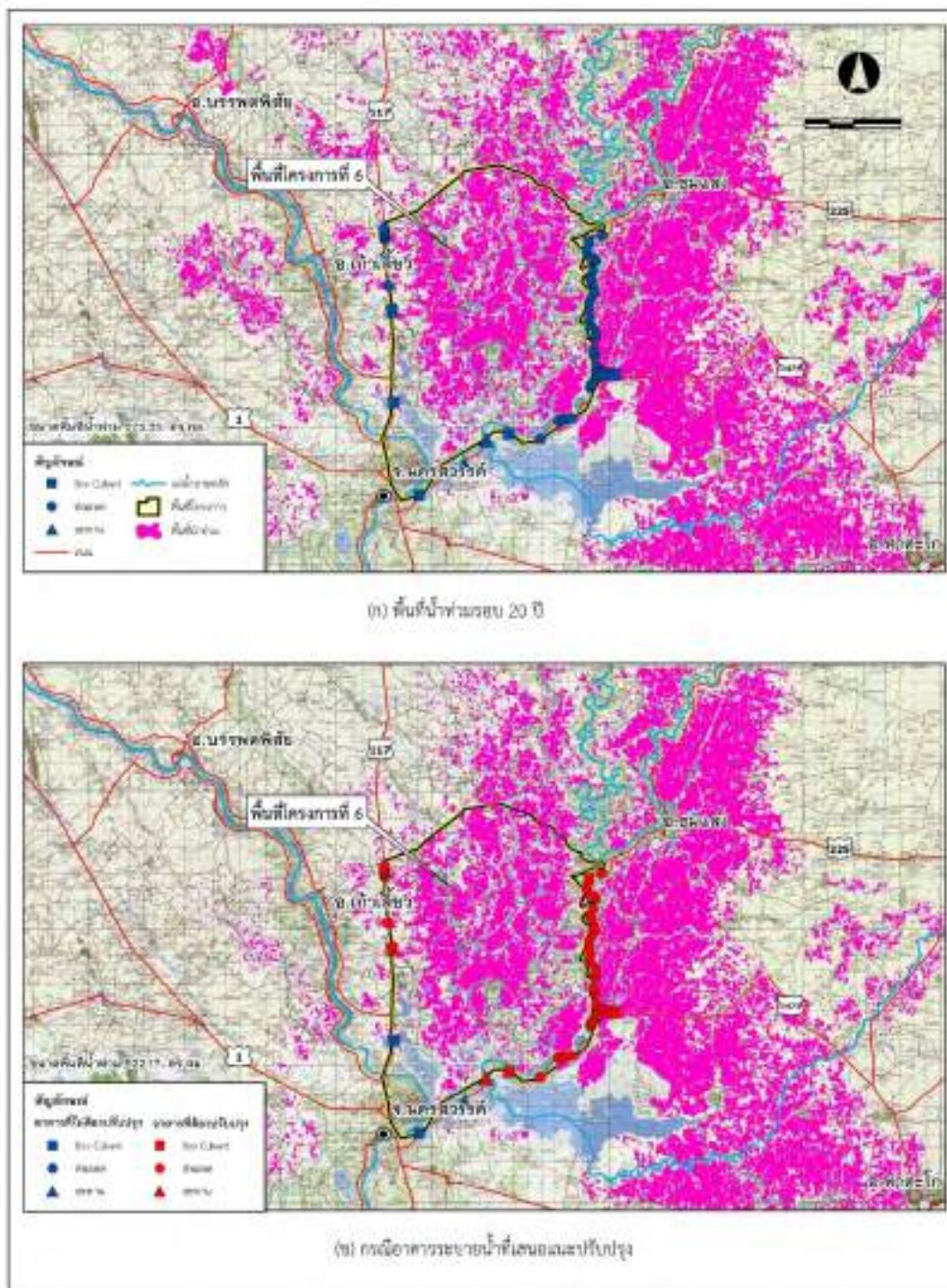
ตารางที่ 2.4-12 พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ
กรณีปรับปรุงทั้งรูปแบบของ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ

พื้นที่ศึกษานำร่อง	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	573.33	418.27	27.05
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	1,805.34	1,429.26	20.83
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	390.68	304.29	22.11
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	545.93	418.78	23.29
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23	771.53	605.8	21.48
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31	913.12	725.03	20.60
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32	942.31	741.82	21.28
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33	105.31	81.79	22.33
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34	217.86	171.71	21.18
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35	1,002.92	793.93	20.84
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36	126.33	98.93	21.69
ค่าเฉลี่ย			22.06



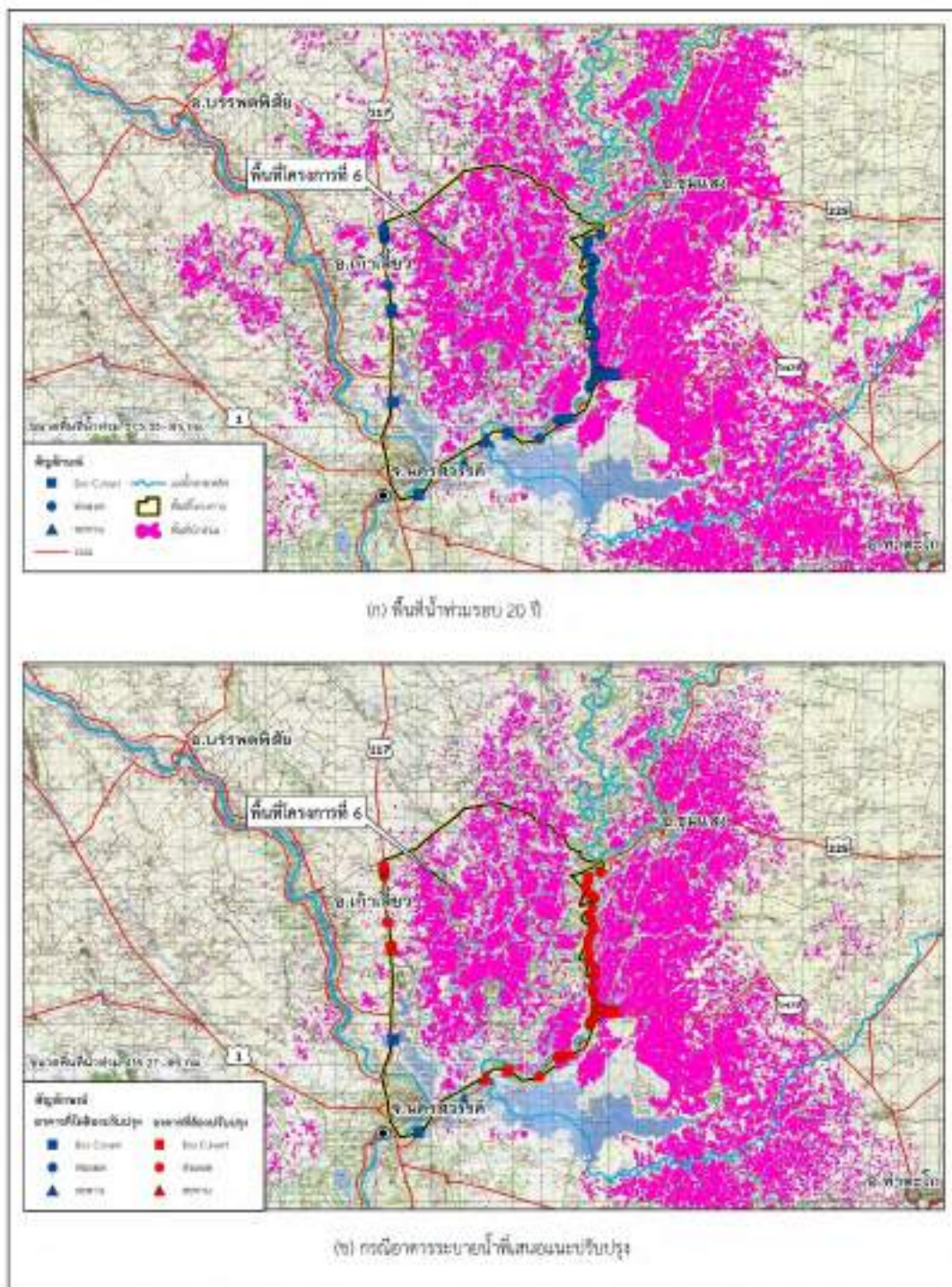
ตารางที่ 2.4-13 สรุปจำนวนและประเภทของอาคารระบายน้ำที่ปรับปรุงในพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่ศึกษานำร่อง	จำนวนตำแหน่งที่ปรับปรุงอาคารระบายน้ำแยกตามประเภทอาคาร			รวมตำแหน่งที่ปรับปรุง
	ท่อกลม	ท่อเหลี่ยม	สะพาน	
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	42	7	3	52
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	66	13	10	89
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	17	21	18	56
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	45	23	25	93
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23	15	2	5	22
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31	14	15	25	54
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32	25	-	28	53
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33	33	8	13	54
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34	17	4	12	33
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35	21	11	1	33
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36	15	-	10	25
รวม	310	104	150	564



ผลการเปรียบเทียบแผนที่พื้นที่น้ำท่วมรอบ 20 ปี ของพื้นที่การศึกษาที่ 6

รูปที่ 2.4-17 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุงเฉพาะรูปแบบ Wingwall สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



ผลการเปรียบเทียบแผนที่พื้นที่น้ำท่วมรอบ 20 ปี ของพื้นที่การศึกษาที่ 6

รูปที่ 2.4-18 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุงทั้งรูปแบบ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



2.4.3.2. โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2561 (โครงการระยะที่ 2)

ในการศึกษาทบทวนผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2561 (โครงการระยะที่ 2) สามารถสรุปสาระสำคัญและผลการดำเนินงานต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านอุทกภัยเป็นประจำทุกปี และนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยมีสาเหตุสืบเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ทั้งที่เกิดขึ้นเองทางธรรมชาติ เช่น ปรากฏการณ์ลานีญา และที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น การรुक้าทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการตัดไม้ทำลายเป็นต้น ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องและมีปริมาณมากขึ้น ทำให้ระบบระบายน้ำที่ก่อสร้างไว้เดิม ไม่สามารถที่จะรองรับได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมซึ่งสร้างความเดือดร้อนให้แก่ประชาชน รวมถึงส่งผลต่อความเสียหายของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ โดยเฉพาะถนนได้

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นอย่างดี ดังนั้นในปีงบประมาณพ.ศ. 2560 จึงได้ดำเนินงาน โครงการศึกษาปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะปรับปรุงแนวทางการคำนวณและออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำ ให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ การใช้ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และปัจจัยทางด้านกายภาพต่าง ๆ มากขึ้น เพื่อแก้ไขและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมซึ่งในบริเวณที่ทางหลวงตัดผ่าน โดยได้มีการศึกษาในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากเขตภาคกลางจำนวน 11 พื้นที่

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากลักษณะทางกายภาพในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีความแตกต่าง ซึ่งส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นเพื่อให้แนวทางการคำนวณและออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้มากขึ้น จึงเห็นสมควรให้มีการดำเนินงานโครงการศึกษาปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 โดยเข้าไปดำเนินการศึกษาในเขตของพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยมากที่สุดของประเทศไทย

2) วัตถุประสงค์โครงการ

- (1) ศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าบนพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากที่ผ่านผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง ในพื้นที่ภาคใต้จำนวน 8 พื้นที่ ใน 3 กลุ่มน้ำ โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- (2) ศึกษาและวิเคราะห์ระบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไข
- (3) วางแผนการปรับปรุงระบบอาคารระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา



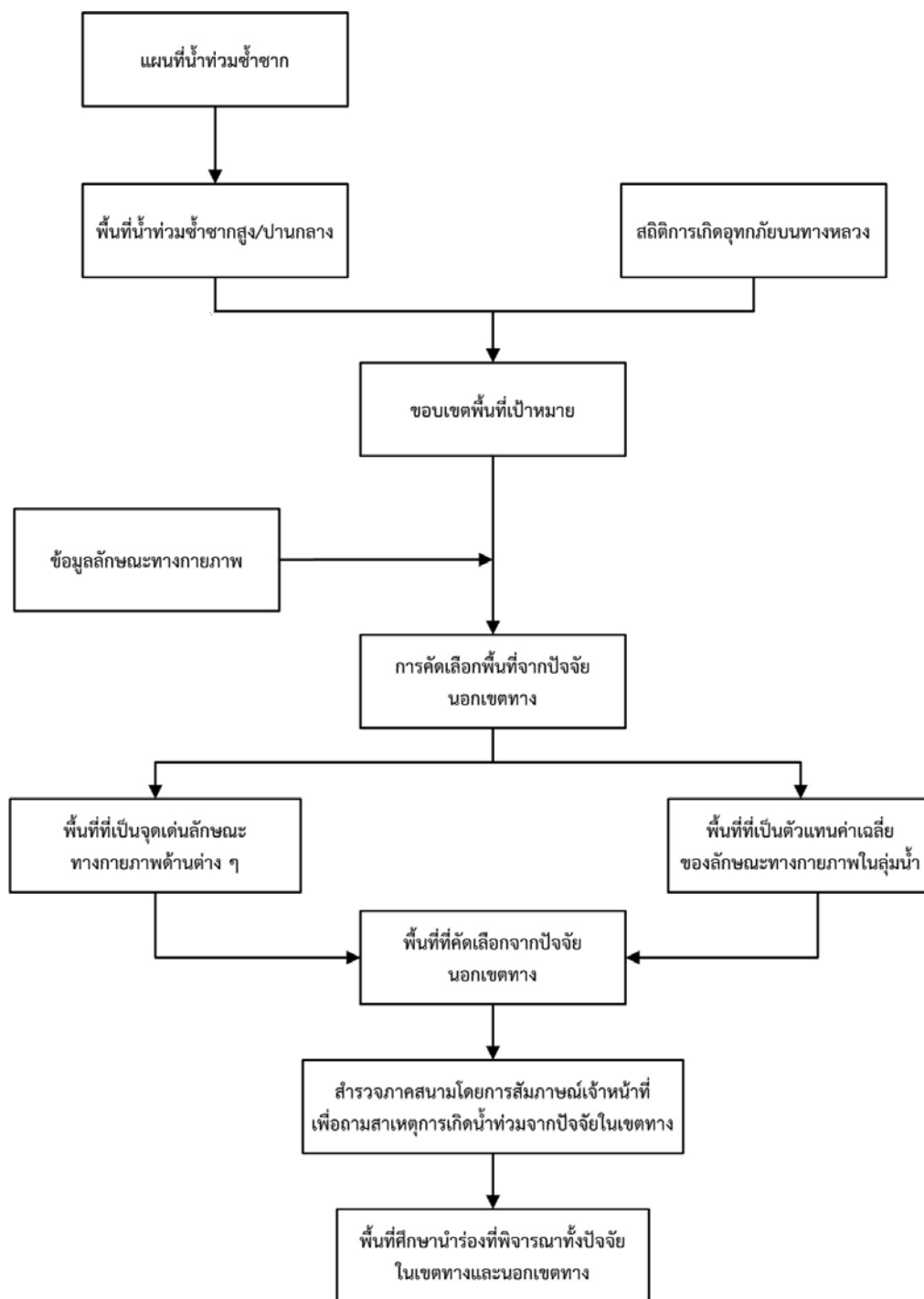
3) ผลการดำเนินงานที่สำคัญ

3.1) การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

ในการการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่ปรึกษาได้ดำเนินการตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขนาดของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลสถิติการเกิดอุทกภัยบนทางหลวงในพื้นที่ภาคใต้ จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งในเบื้องต้นจะกำหนดมากกว่า 8 พื้นที่ ในขั้นตอนต่อมาจะทำการคัดเลือกพื้นที่โดยใช้ปัจจัยนอกเขตทาง คือ การพิจารณาจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทของกลุ่มชุดดิน และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ มาทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาในขั้นต้น (กรณีคัดเลือกจากปัจจัยนอกเขตทาง) โดยแยกวิธีการพิจารณาเป็น 2 กรณี กรณีแรก คือ การกำหนดพื้นที่ที่มีลักษณะเด่นตามข้อมูลลักษณะทางกายภาพแต่ละประเภท ส่วนกรณีที่ 2 จะกำหนดตามพื้นที่ที่เป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำนั้น และเมื่อทำการคัดเลือกพื้นที่ในจากเงื่อนไขของปัจจัยนอกเขตทางได้แล้ว ก็จะมีการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในแนวทางหลวงที่เกี่ยวข้อง เพื่อสอบถามสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมว่ามาจากถนนขวางทางน้ำหรือเกิดจากปัจจัยในเขตทางจริงหรือไม่ และถ้าหากพื้นที่ใด พบว่า มีสาเหตุ น้ำท่วมมาจากถนนขวางทางน้ำจริง ก็จะคัดเลือกพื้นที่นั้น เป็นพื้นที่ศึกษานำร่อง ต่อไป

สำหรับแนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงเป็นแผนภาพวิธีการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 2.4-19

จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องได้ดังตารางที่ 2.4-14 และแสดงในรูปที่ 2.4-20 โดยประกอบด้วย พื้นที่ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก 5 พื้นที่ ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก จำนวนลุ่มน้ำละ 1 พื้นที่ ตามลำดับ

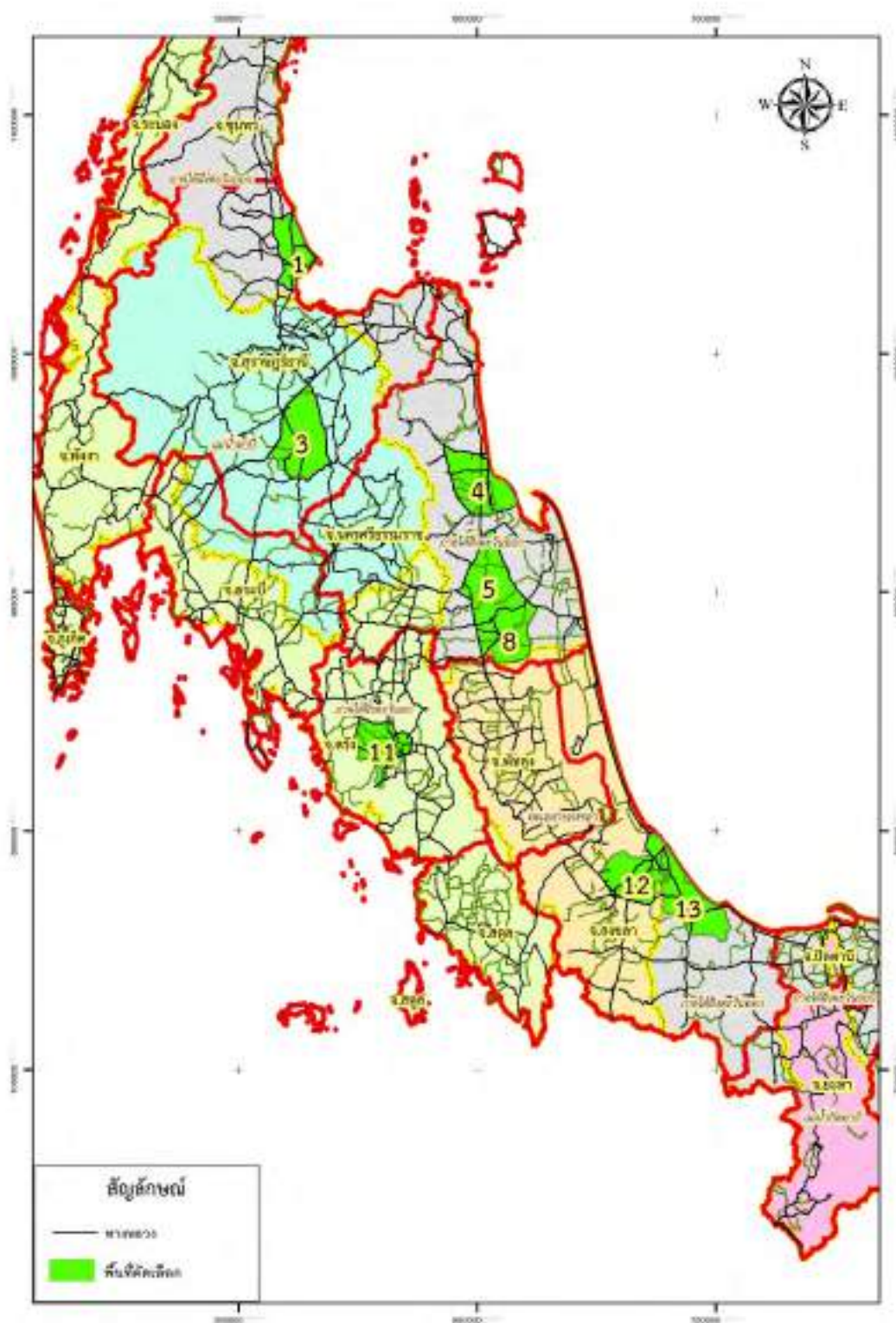


รูปที่ 2.4-19 แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง



ตารางที่ 2.4-14 สรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
พื้นที่ที่ 1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	315.10
พื้นที่ที่ 3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	624.50
พื้นที่ที่ 4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	521.19
พื้นที่ที่ 5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	560.01
พื้นที่ที่ 8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	424.48
พื้นที่ที่ 11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	366.23
พื้นที่ที่ 12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	480.47
พื้นที่ที่ 13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	526.90

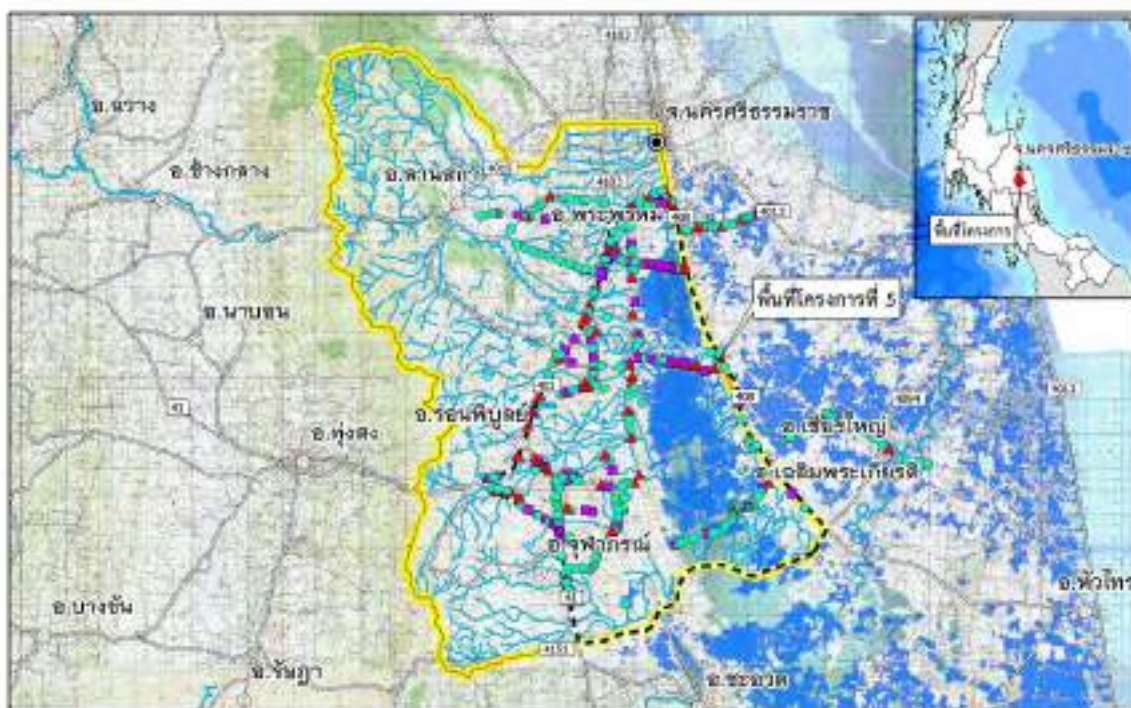


รูปที่ 2.4-20 พื้นที่ศึกษานำร่องที่ทำการคัดเลือก

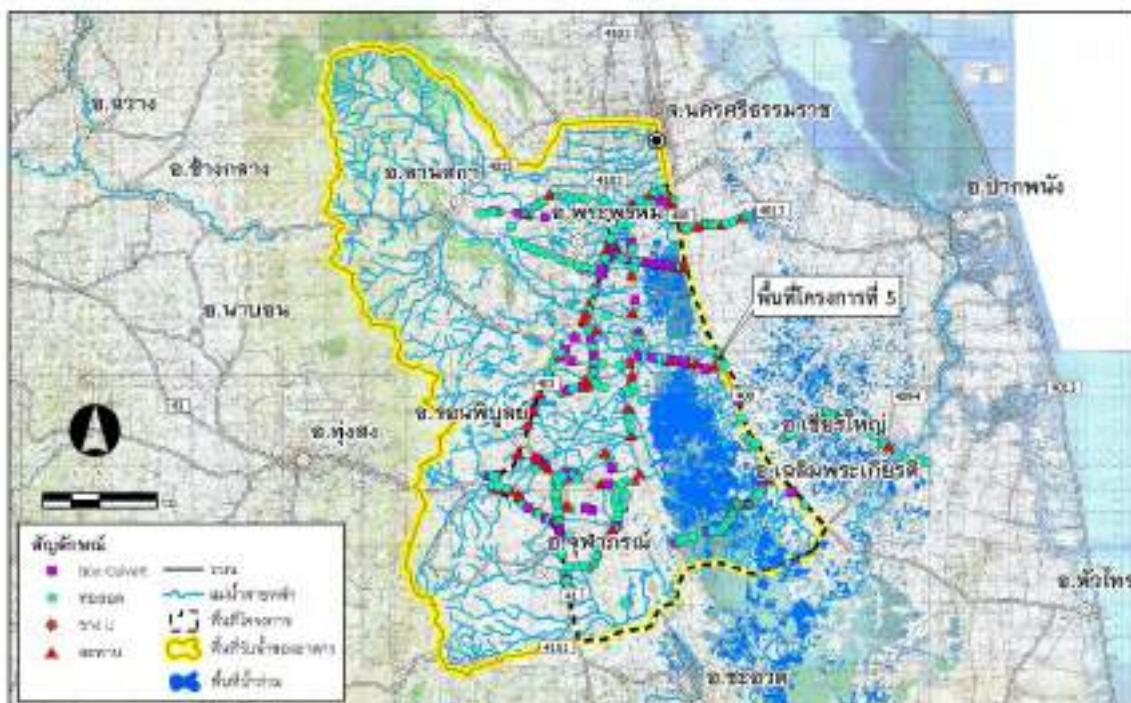


3.2) การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยในครั้งนี้ คือ แบบจำลอง Mike Flood ของ Danish Hydraulics Institute ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นแบบจำลองเดียวกับที่ใช้ในโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาทาง พ.ศ. 2560 โดยในการศึกษาดังกล่าวแบบจำลองต้องทำการปรับเทียบและตรวจสอบพิสูจน์แบบจำลอง เช่นกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการปรับเทียบและตรวจสอบพิสูจน์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.4-21 และ รูปที่ 2.4-22

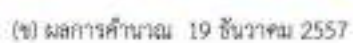


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 9 ธันวาคม 2559



(ข) ผลการคำนวณ 9 ธันวาคม 2559

รูปที่ 2.4-21 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5



รูปที่ 2.4-22 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



3.3) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาน้ำท่วม ได้พิจารณาปัจจัยทั้งปัจจัยในเขตทาง และปัจจัยนอกเขตทาง โดยวิเคราะห์ตามพฤติกรรมการไหลของน้ำหลาก ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการไหลในทุ่งน้ำท่วมได้ 2 กรณี โดยกรณีแรกเป็นการไหลป่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) คือ การไหลที่เกิดจากน้ำท่าที่ไหลไปตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน และความขรุขระของพื้นที่ โดยไม่มีการควบคุมด้วยอาคารทางด้านชลศาสตร์ ส่วนอีกกรณีคือการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow) ซึ่งเป็นการไหลที่ถูกควบคุมด้วยอาคารชลศาสตร์หรืออาคารบังคับน้ำต่างๆ เช่น กรณีการไหลผ่านท่อลอดถนน เป็นต้น

สำหรับในการณีการไหลป่าตามธรรมชาติจะใช้หลักแนวคิดของแบบจำลอง NAM Model ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่ประยุกต์ใช้งานในแบบจำลอง MIKE FLOOD โดยแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) สำหรับแบบจำลอง NAM มีการพิจารณาการเก็บกักน้ำท่า (Storage) ออกเป็น 3 ชั้น คือ การเก็บกักชั้นผิวดิน (Surface Storage) การเก็บกักชั้นใต้ผิวดิน (Lower Zone Storage) และการเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) ซึ่งแนวคิดในการเกิดน้ำท่าของแบบจำลองนี้ มีสมมติฐานที่ว่า เมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจะมีการซึมผ่าน (Infiltration) ลงชั้นใต้ผิวดิน จากนั้นก็จะไหลไปเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดิน (Recharge) แต่ถ้าหากปริมาณฝนตกมีมาก อัตราการซึมผ่านก็จะสูงและมากกว่าอัตราการไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้ถูกเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งหากปริมาณการเก็บกักสูงกว่าระดับเก็บกักสูงสุดของชั้นใต้ผิวดิน (L_{max}) ก็จะเกิดเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall) บนชั้นผิวดิน และถ้าหากปริมาณฝนส่วนเกินดังกล่าวมากกว่าระดับเก็บกักสูงสุดของชั้นผิวดิน (U_{max}) ก็จะไหลเป็นน้ำท่าหรือน้ำท่วม ซึ่งถ้าพิจารณาทฤษฎีของแบบจำลอง พบว่า มีพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดและการเคลื่อนที่ของน้ำท่า อยู่ 3 พารามิเตอร์ คือ

- CQOF หรือ สัมประสิทธิ์การไหลป่าของน้ำท่า (Overland flow runoff coefficient) ซึ่งจะสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และความลาดชันของพื้นที่
- L_{max} หรือ ระดับเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน (Maximum water content in root zone storage) ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชื้นในดิน โดยความชื้นในดินดังกล่าวก็จะแปรผันกับปริมาณฝนในวันที่ยกก่อนหน้า
- CK1, CK2 คือ ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้การคำนวณการไหลในชั้นใต้ผิวดิน (Time constant for routing interflow) ซึ่งจะสัมพันธ์กับประเภทรูขี้นคของดิน

นอกจาก ลักษณะทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าซึ่งส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว จากหลักเกณฑ์ทางด้านอุทกวิทยาโดยทั่วไป ยังพบว่า ปริมาณฝนที่ตกและขนาดของพื้นที่รับน้ำ ยังเป็นอีก 2 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาพปัญหาการเกิดน้ำท่วมอีกด้วย



สำหรับในกรณีการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow) ซึ่งเป็นการไหลที่ถูกควบคุมโดยอาคารชลศาสตร์ จะต้องพิจารณาจากทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งจากผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยทางด้านชลศาสตร์ที่มีผลต่ออัตราการไหลได้แก่ ขนาดของอาคารระบายน้ำหรืออาคารชลศาสตร์ นั้นเอง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากได้ดังนี้

- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ความลาดชันของพื้นที่
- ปริมาณฝนที่ตก
- ขนาดของพื้นที่รับน้ำ ปริมาณฝนในวันที่ตกก่อนหน้า
- ชนิดของดิน
- ขนาดของอาคารระบายน้ำ

3.4) การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

ในการปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจะใช้หลักการการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด โดยที่ตัวแปรตาม คือ อัตราการไหลสูงสุด ในขณะที่ตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะทางกายภาพตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมตามที่กล่าวไว้ข้างต้น

สำหรับการประเมินอัตราการไหลสูงสุด เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติจะใช้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ณ ตำแหน่งอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งของพื้นที่ศึกษานำร่องจากผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง MIKE FLODD โดยใช้เหตุการณ์ในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลองเป็นกรณีศึกษา ในขณะที่ปัจจัยทางด้านกายภาพ ของอาคารระบายน้ำ จะประเมินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการแบ่งขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคารแต่ละแห่ง แล้วจึงวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ประเภทต่างๆ ตามปัจจัยทางกายภาพที่กำหนดสำหรับอาคารระบายน้ำนั้น ๆ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่จะนำมาวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-15

ภายหลังจากทราบอัตราการไหลสูงสุดและข้อมูลทางด้านกายภาพของอาคารระบายน้ำแต่ละแห่ง แล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งในการศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรม SPSS มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยมีการปรับผลตามค่าความสัมพันธ์แบบ Correlation และปรับแก้สภาวะปัญหา Multicollinearity แล้ว สามารถสร้างสมการประเมินอัตราการไหลสูงสุดของแต่ละลุ่มน้ำได้ดังนี้



$$\begin{aligned}\text{ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก} & Q_{\text{peak}} = 2.563 + 0.542LL + 0.184HL + 6.776\text{Wat} + 0.734\text{Res} \\ \text{ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา} & Q_{\text{peak}} = 0.557\text{Agi} + 0.611\text{Res} \\ \text{ลุ่มน้ำตาปี} & Q_{\text{peak}} = 0.131HL + 0.142\text{Res} \\ \text{ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก} & Q_{\text{peak}} = 0.141\text{Agi} + 0.142\text{Res}\end{aligned}$$

โดยที่	Q_{peak}	คือ	อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
	LL	คือ	พื้นที่กลุ่มดินที่ลุ่ม (ตารางกิโลเมตร)
	HL	คือ	พื้นที่กลุ่มดินที่ลุ่ม (ตารางกิโลเมตร)
	Agi	คือ	พื้นที่เกษตรกรรม (ตารางกิโลเมตร)
	Res	คือ	พื้นที่ที่อยู่อาศัย (ตารางกิโลเมตร)
	Wat	คือ	พื้นที่แหล่งน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

ตารางที่ 2.4-15 สรุปตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด

ตัวแปรอิสระ		ตัวแปรตาม	
ชนิดตัวแปร	หน่วย	ชนิดตัวแปร	หน่วย
1. อัตราการไหลสูงสุด	ลบ.ม./วินาที	1. ขนาดพื้นที่รับน้ำ (CatchmentArea)	ตร.กม.
		2. ความลาดชัน	ม./ม.
		2. พื้นที่เกษตร	ตร.กม.
		3. พื้นที่ป่า	ตร.กม.
		4. พื้นที่ลุ่ม	ตร.กม.
		5. พื้นที่อยู่อาศัย	ตร.กม.
		6. พื้นที่แหล่งน้ำ	ตร.กม.
		7. พื้นที่ชนิดดินที่ลุ่ม	ตร.กม.
		8. พื้นที่ชนิดดินดอน	ตร.กม.

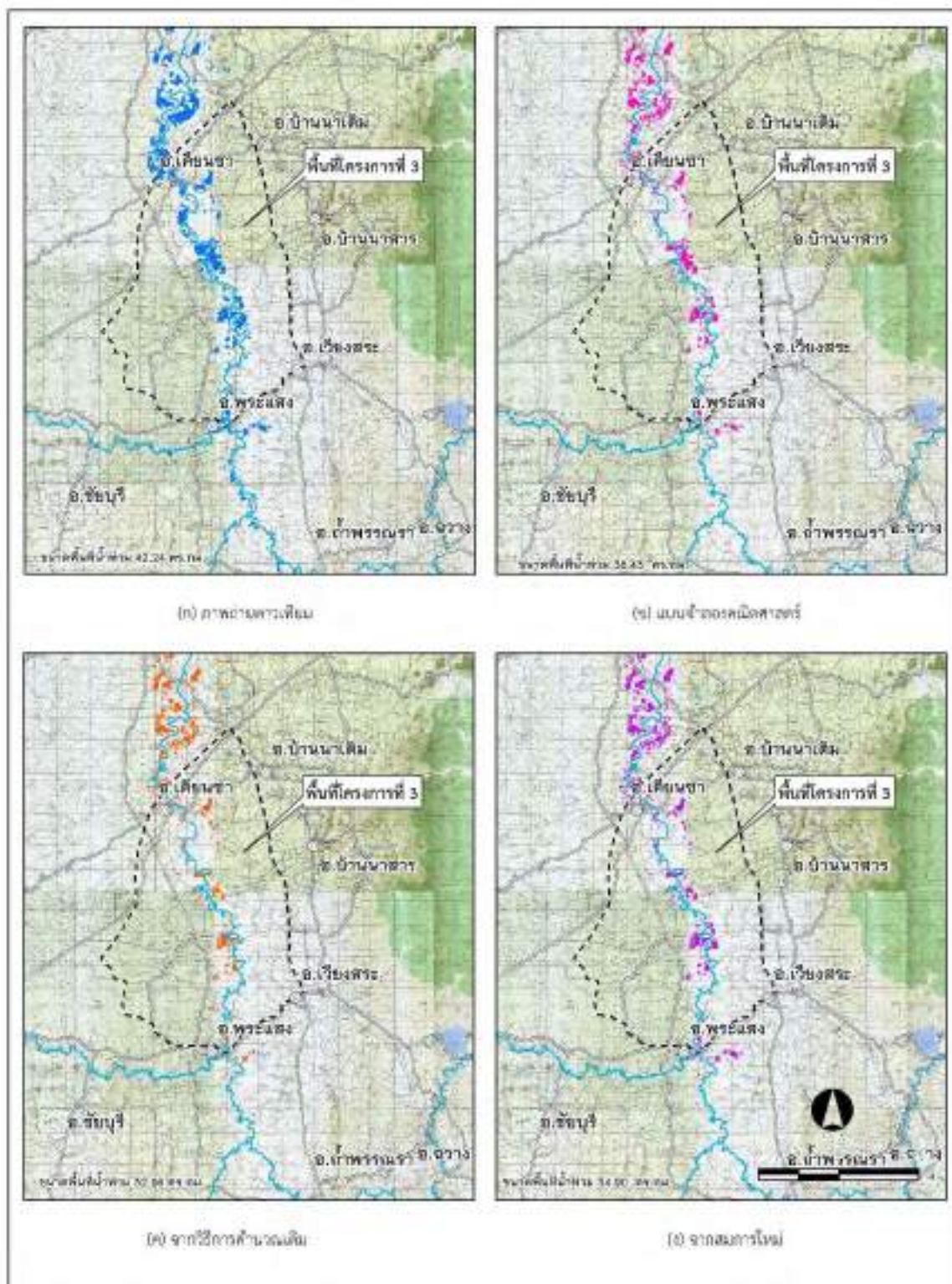


3.5) การจัดทำแบบแนะนำการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

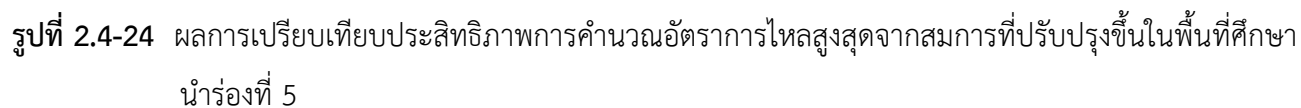
ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมการการไหลสูงสุดที่คำนวณขึ้น จะดำเนินการโดยนำอัตราการไหลสูงสุดที่ประเมินได้ตามแนวทางที่กล่าวข้างต้น ไปหารอัตราการไหลสูงสุดจากแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมที่พิจารณา ซึ่งผลที่ได้คืออัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดที่ปรับปรุงต่ออัตราการไหลสูงสุดจากแบบจำลอง จากนั้นนำอัตราส่วนดังกล่าวไปคูณกับข้อมูลกราฟน้ำท่าทุก Coordinate ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือกราฟน้ำท่าที่มีอัตราการไหลสูงสุดตามแนวทางสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ จากนั้นจึงนำข้อมูลกราฟน้ำท่าที่ได้นำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่น้ำท่วม

นอกจากจะนำอัตราการไหลสูงสุด ที่คำนวณได้ตามแนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอใหม่มาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังได้นำผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธี Rational Method ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำในปัจจุบันมาพิจารณาด้วย โดยแนวทางการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จะใช้หลักการเดียวกับอัตราการไหลสูงสุดตามผลการคำนวณด้วยสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

สำหรับผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่ปรับปรุงใหม่ วิธี Rational Method ตลอดจนการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถดำเนินการได้ โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่น้ำท่วมกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.4-23 และ รูปที่ 2.4-24 โดยจะเห็นได้ว่าขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากการคำนวณด้วยสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่มีขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมากกว่าวิธี Rational Method ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่พัฒนาขึ้น สามารถประเมินได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่าวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.4-23 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่ปรับปรุงขึ้นในพื้นที่ศึกษา
น้ำร่องที่ 3





3.6) การออกแบบขั้นต้น

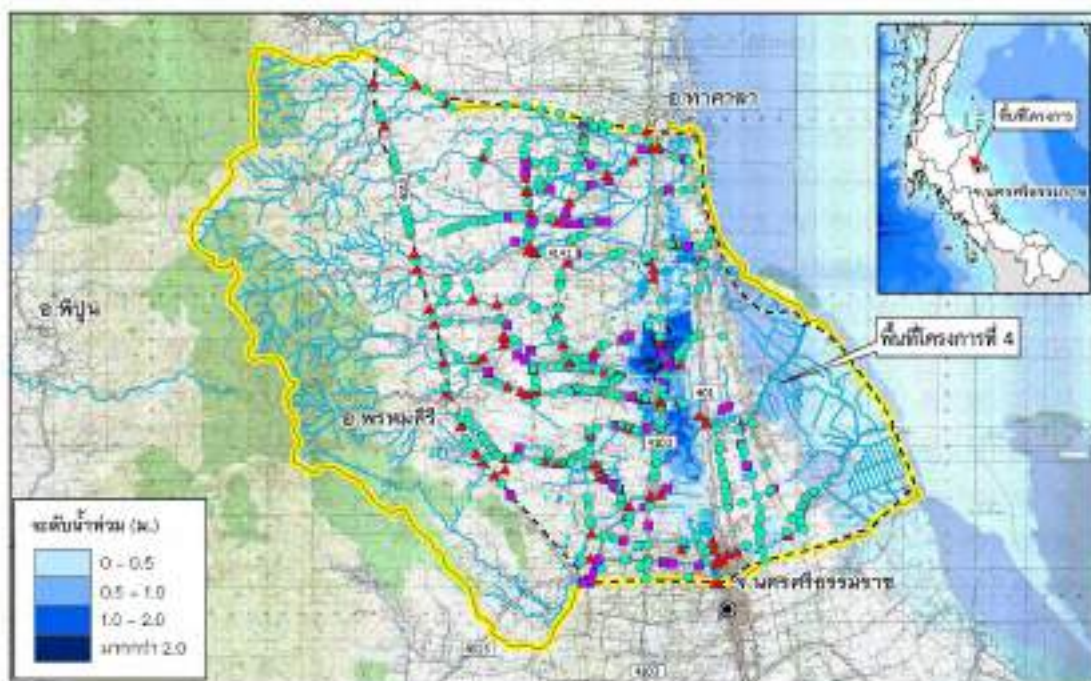
จากผลการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งพบว่าในพื้นที่ศึกษามีน้ำท่วมขังกระจายตัวอยู่ทั้งพื้นที่ ในการศึกษาขั้นต่อไปนี้จะเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา น้ำท่วมดังกล่าวโดยการคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในบางอาคารของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ ดังแสดง ตัวอย่างในตารางที่ 2.4-16

ตารางที่ 2.4-16 ตัวอย่างการคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1

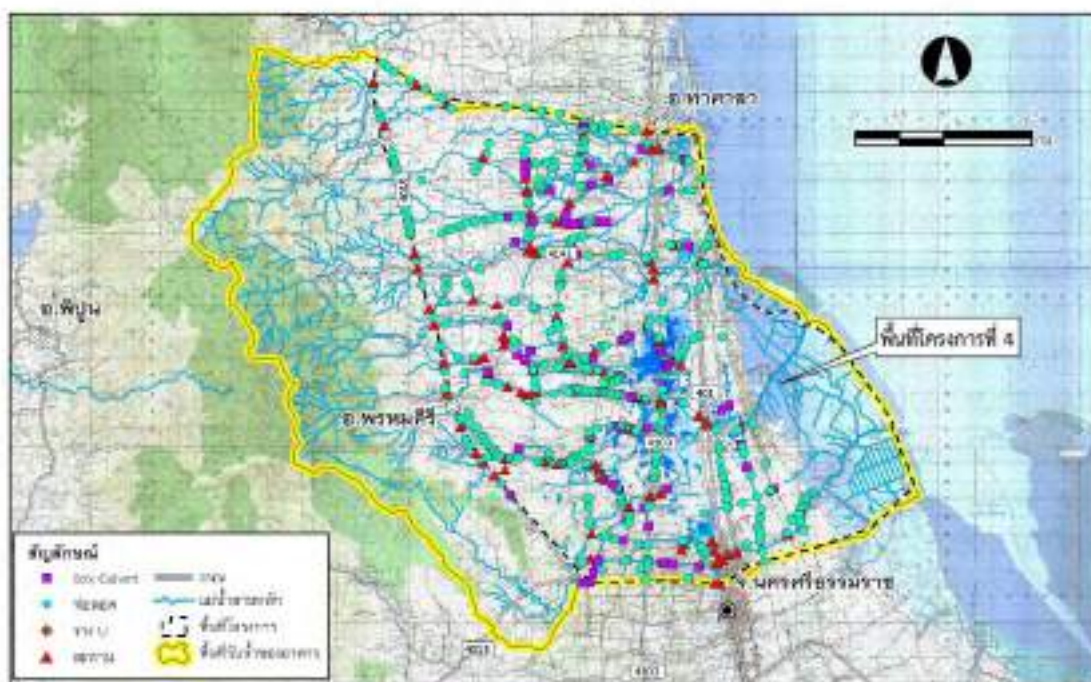
ลำดับ	เลขทางหลวง	หลักกม. ที่	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ระดับกึ่งกลาง (ม.รทก.)	ระดับ Invert 1 (ม.รทก.)	ระดับ Invert 2 (ม.รทก.)
1	4191	61+600	ท่อลอด	1	P.100	4.1314	2.7314	2.6314
2	4191	60+700	สะพาน	5	8	2.5932	2.5932	-4.4068
3	4191	59+900	ท่อลอด	1	P.0.80	1.7638	0.4638	0.2638
4	4191	59+600	ท่อลอด	1	P.100	1.7784	-0.1216	-0.2216
5	4191	59+500	ท่อลอด	1	P.100	1.5696	-0.3304	-0.4304
6	4191	59+400	ท่อลอด	2	P.100	1.6005	-0.0995	-0.1995
7	4191	59+100	Box	3	2.5	1.446	-0.954	-1.054
8	4191	58+900	Box	2	2.5	1.4365	-0.9635	-1.0635
9	4191	57+700	ท่อลอด	1	P.100	1.7709	0.0709	-0.0291
10	4191	57+400	ท่อลอด	1	P.100	2.2481	0.8481	0.7481
11	4191	57+100	Box	3	2	2.6246	0.9246	0.8246
12	4112	41+650	BOX	3	1.5	1.6593	-0.2407	-0.3407
13	4112	41+600	BOX	2	2.5	1.4036	-0.4964	-0.5964
14	4112	41+400	BOX	2	2.5	1.6944	-0.7056	-0.8056
15	4112	38+500	BOX	3	2.7	3.4871	0.0871	-0.0129

3.7) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแนวการระบายน้ำกรณีใช้แบบก่อสร้างแนะนำ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ มีแนวทางการศึกษา โดยทำการโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางน้ำเข้าของอาคารระบายน้ำและเพิ่มขนาดของอาคารระบายตามแนวทางการออกแบบขั้นต้น ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมลดลง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.4-25 และรูปที่ 2.4-26

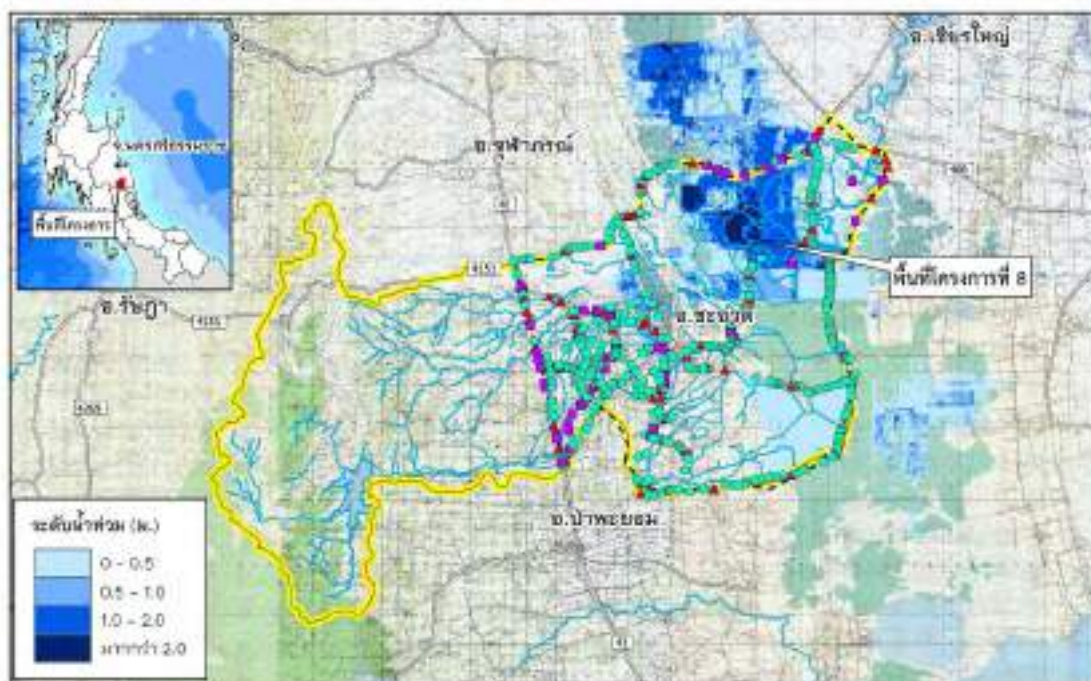


(ก) กรณีสถานการณ์ระบายน้ำในปัจจุบัน

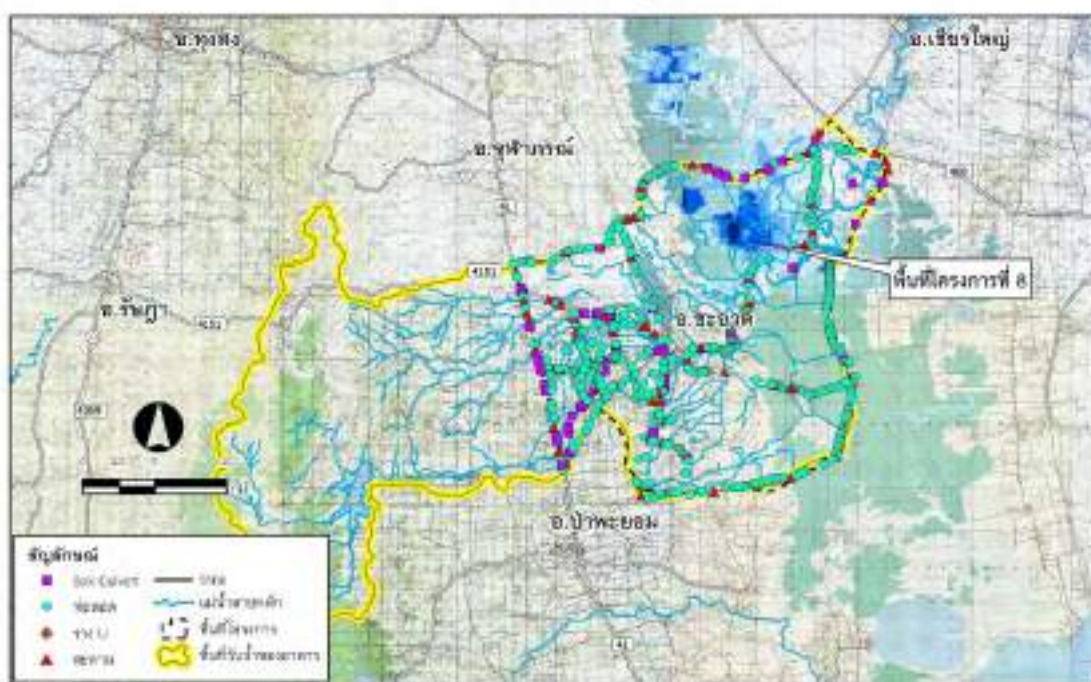


(ข) กรณีสถานการณ์ระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 2.4-25 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามแนวทางการออกแบบขั้นต้น สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



(ก) การฉีดยาการระบายน้ำในปีปัจจุบัน



(๒) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนบมาปรับปรุง

รูปที่ 2.4-26 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามแนวทางการ
ออกแบบขั้นต้น สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



2.4.3.3. โครงการปรับปรุงมาตรฐานของสะพานท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากกรณีศึกษา จังหวัดขอนแก่น โดยสำนักมาตรฐานและประเมินผล พ.ศ. 2563

ในการศึกษาทบทวนผลการศึกษาโครงการปรับปรุงมาตรฐานของสะพานท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากกรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น โดยสำนักมาตรฐานและประเมินผล พ.ศ. 2563 สามารถสรุปสาระสำคัญ และผลการดำเนินงานต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติเป็นประจำทุกปี ซึ่งภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้ทวีความรุนแรงและได้สร้างความเสียหายมากยิ่งขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะภัยพิบัติที่เกิดจากอุทกภัย สาเหตุหลักส่วนหนึ่งของปัญหาเป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การขยายตัวของชุมชนเมือง ตลอดจนการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้เกิดการรุกรานทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง จึงเกิดปัญหาน้ำท่วมขังผิวทาง และการคมนาคมถูกตัดขาด สร้างความเสียหายและเดือดร้อนต่อประชาชนเป็นอย่างมาก

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ไขปัญหายภัยพิบัติธรรมชาติที่เกิดขึ้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2553 จึงได้พัฒนาระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Management System : EMS) ขึ้น เพื่อการบริหารจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นบนสายทางที่รับผิดชอบโดยกรมทางหลวง ซึ่งจากสถิติข้อมูลการรายงานสถานการณ์ปัญหาภัยพิบัติในระบบดังกล่าวตลอดช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา พบว่า พื้นที่ของจังหวัดขอนแก่นเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีจำนวนรายงานการเกิดเหตุการณ์อุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับสถิติข้อมูลน้ำท่วมของหน่วยงานอื่นๆ ที่บ่งชี้ว่า ในพื้นที่ของจังหวัดขอนแก่นมีปัญหการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหายอย่างยั่งยืนในเชิงรุกโดยเร่งด่วน เพื่อป้องกันความเสียหายและความเดือดร้อนที่จะเกิดขึ้นกับประชาชนในพื้นที่

จากเหตุผลดังกล่าวที่กล่าวมาข้างต้น กรมทางหลวง โดยสำนักมาตรฐานและประเมินผล จึงได้พิจารณาจัดทำโครงการปรับปรุงมาตรฐานของสะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น โดยมุ่งเน้นศึกษาและแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้นในจังหวัดขอนแก่น เป็นอันดับแรก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพราะเป็นศูนย์กลางด้านพาณิชยกรรมและการคมนาคมขนส่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในการศึกษาจะเริ่มตั้งแต่การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในระดับเสี่ยงภัยปานกลาง (4 – 8 ครั้ง ในรอบ 10 ปี) และระดับเสี่ยงภัยสูง (8 – 10 ครั้ง ในรอบ 10 ปี) จากนั้นจะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อจำลองสภาพการไหล ตลอดจนศักยภาพการระบายน้ำในปัจจุบันของทางหลวงในพื้นที่ศึกษา รวมถึงใช้แบบจำลองดังกล่าวในการวิเคราะห์แนว



ทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม โดยเฉพาะในกรณีหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในอนาคต จะสามารถลดปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้มากขึ้นเพียงใด ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินงานในส่วนนี้จะทำให้ทราบถึงโครงข่าย (Network) ของตำแหน่งและขนาดอาคารระบายน้ำบนทางหลวงที่จำเป็นจะต้องดำเนินการปรับปรุง เพื่อให้การแก้ไขปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างมีระบบ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเห็นผลลัพธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ (เช่น ลดปัญหาระดับน้ำท่วมสูงเป็นระดับน้ำท่วมต่ำหรือไม่ท่วม หรือลดระยะเวลาการท่วมขังจากเดือนหรือสัปดาห์ เป็นการท่วมขังในระยะสั้น 1 - 2 วัน หรือชั่วโมง เป็นต้น)

นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ยังจะได้มีการวิเคราะห์และศึกษาถึงผลกระทบของน้ำท่วมที่จะสร้างความเสียหายแก่โครงสร้างต่างๆ ที่สำคัญบนทางหลวง โดยเฉพาะความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการกัดเซาะสะพาน (Bridge Scouring) ในช่วงน้ำหลาก เพื่อที่จะเสนอแนะแนวทางและมาตรฐานในการปรับปรุง แก้ไข หรือป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนทำการศึกษาและเสนอแนะแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่เป็นไปตามหลักวิชาการในการบริหารจัดการอุทกภัยบนสายทาง ตามรูปแบบลักษณะอุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงสามารถนำไปปฏิบัติงานในการบรรเทาความเดือดร้อนให้แก่ประชาชนและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่สายทางในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติน้ำท่วมได้อย่างเหมาะสมและเป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

2) วัตถุประสงค์โครงการ

- (1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในเขตพื้นที่ของจังหวัดขอนแก่น
- (2) เพื่อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม พร้อมทั้งจัดทำแบบรายละเอียดการก่อสร้างและเอกสารประเมินปริมาณงานและราคาก่อสร้างในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่น
- (3) เพื่อศึกษารูปแบบการกัดเซาะสะพาน (Bridge Scouring) พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางและมาตรฐานในการปรับปรุง แก้ไข หรือป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น
- (4) เพื่อจัดทำแนวทางปฏิบัติในการบริหารจัดการอุทกภัยบนสายทาง ตามรูปแบบลักษณะอุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา



3) ผลการดำเนินงานที่สำคัญ

3.1) การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาลักษณะสภาพอุทกภัยที่เกิดขึ้นของพื้นที่ศึกษา มีแนวทางในการดำเนินงาน โดยเริ่มจากการกำหนดจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ ซึ่งในการพิจารณาจุดเสี่ยงนั้นจะนำข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากและข้อมูลการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง ที่ได้ทำการรวบรวมไว้ มาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือก ดังนี้

- **หลักเกณฑ์ที่ 1 การพิจารณาจุดเสี่ยงที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก**

สำหรับการพิจารณาจุดเสี่ยงที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะนำข้อมูลตำแหน่งที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวงจากฐานข้อมูลระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (ระบบ EMS) มาซ้อนทับ (Overlay) กับแผนที่น้ำท่วมซ้ำซาก โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4-27 ซึ่งหากตำแหน่งการรายงานเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวงตำแหน่งใดซ้อนทับหรืออยู่ในขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะถือว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ ทั้งนี้ผลการดำเนินงานตามหลักเกณฑ์ที่กล่าวข้างต้น พบว่า จากข้อมูลรายงานการเกิดน้ำท่วมในช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2556-2562 ซึ่งมีทั้งหมด 112 ครั้ง จะเกิดขึ้นในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจำนวน 31 ครั้ง และเมื่อพิจารณาจากรายงานสถานการณ์ทั้ง 31 ครั้ง พบว่า บางสถานการณ์เกิดขึ้นบนตำแหน่งใกล้เคียงกันแต่มีการรายงานคนละช่วงเวลา ดังนั้นหากนำตำแหน่งที่มีการรายงานสถานการณ์น้ำท่วมที่ใกล้เคียงกันมารวมกัน พบว่า จะมีตำแหน่งที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมบนทางหลวงและอยู่ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จำนวนทั้งหมด 18 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.4-28

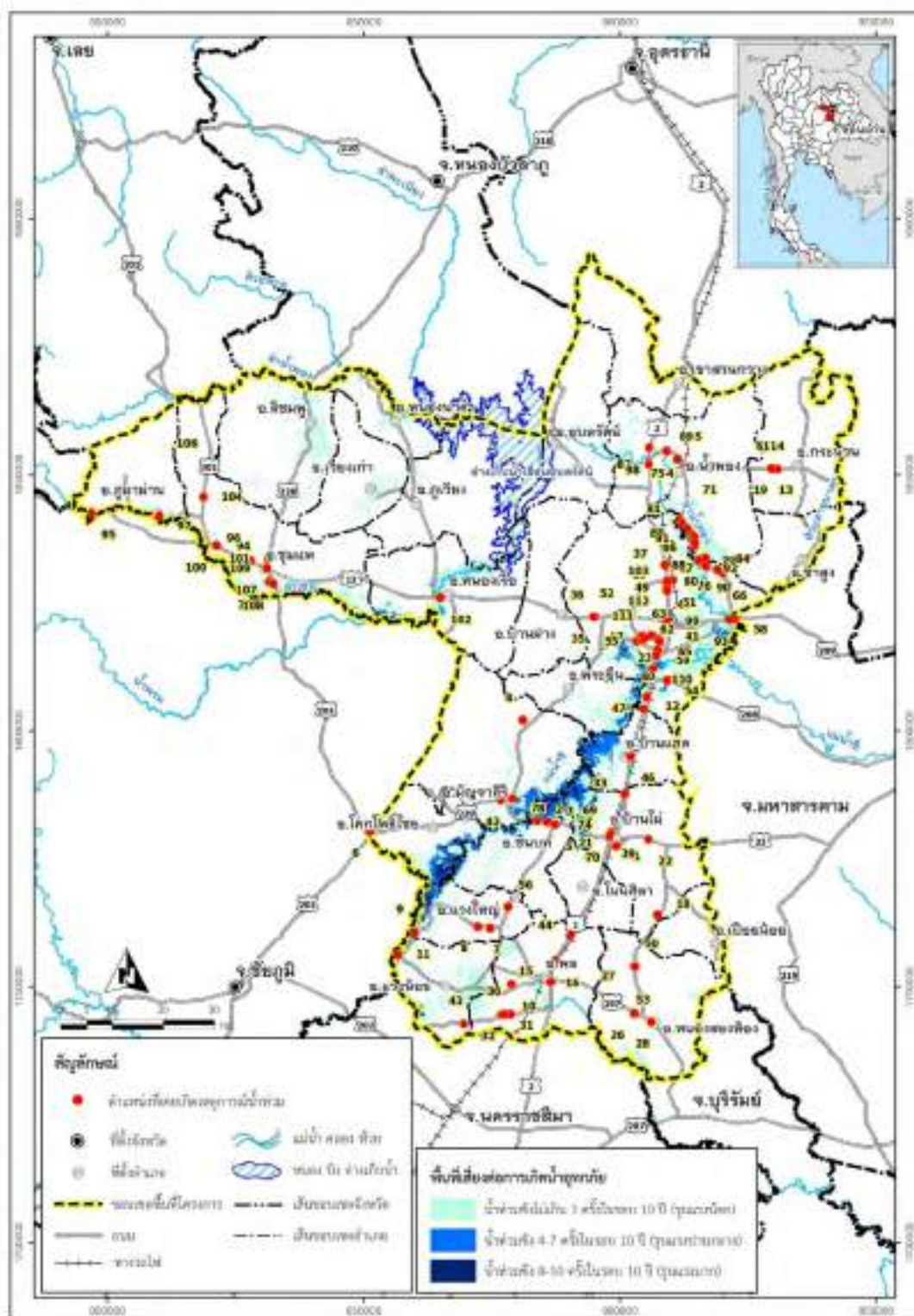
- **หลักเกณฑ์ที่ 2 การพิจารณาจุดเสี่ยงที่อยู่นอกเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก**

สำหรับการพิจารณาจุดเสี่ยงที่อยู่นอกเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะนำข้อมูลตำแหน่งที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวงจากฐานข้อมูลระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (ระบบ EMS) ซึ่งอยู่นอกเหนือจากตำแหน่งที่ได้คัดเลือกไว้ตามหลักเกณฑ์ที่ 1 (ตำแหน่งที่อยู่นอกเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก) มาพิจารณา โดยหากพบว่าบริเวณใดมีตำแหน่งการรายงานสถานการณ์น้ำท่วมที่ใกล้เคียงกัน (ตำแหน่งการรายงานแต่ละครั้งห่างกันไม่เกิน 500 เมตร) ในช่วงระหว่าง ปี พ.ศ. 2556-2562 มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ครั้งขึ้นไป จะถือว่าตำแหน่งหรือบริเวณดังกล่าวเป็นจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ

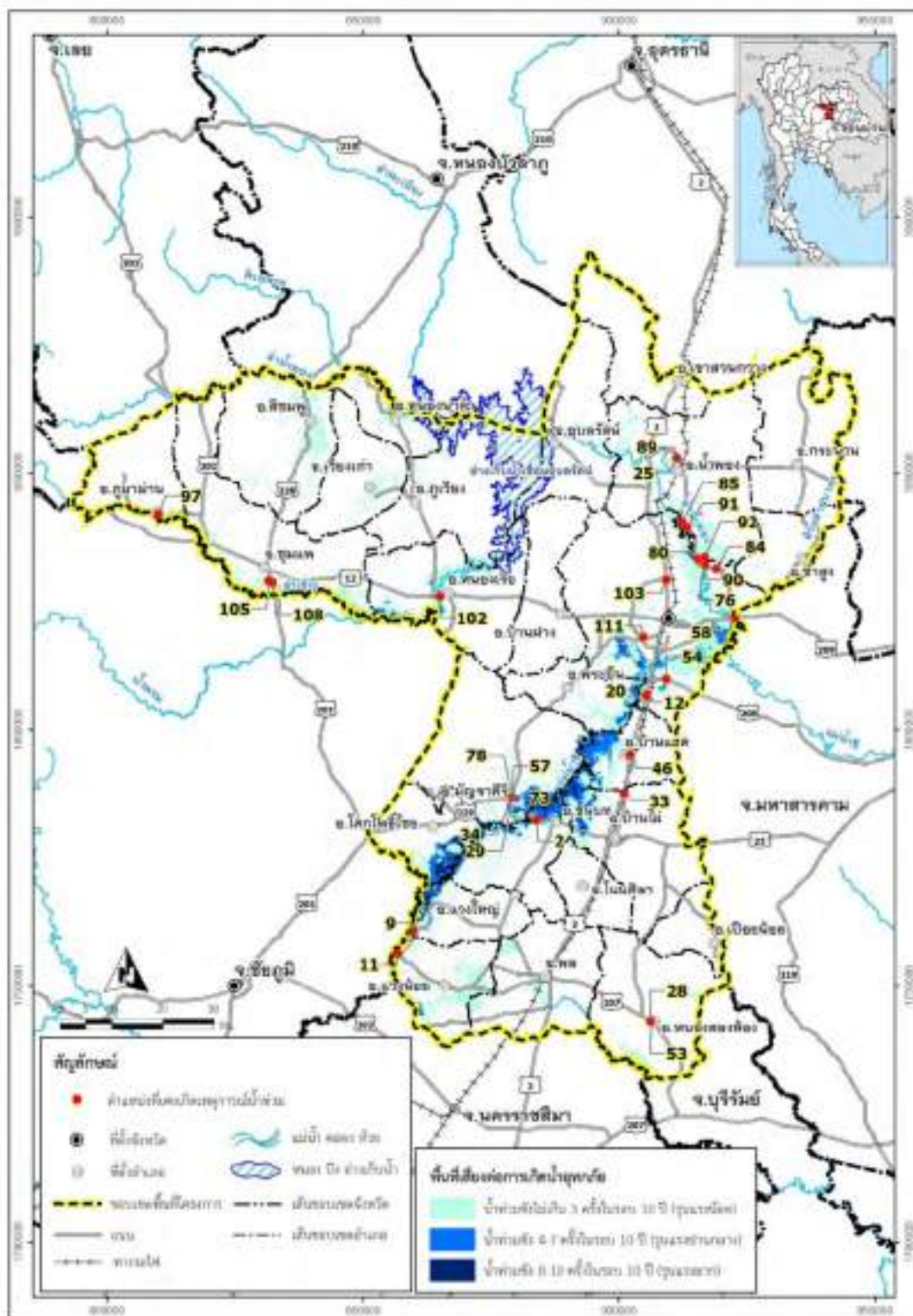


โดยผลการดำเนินงานตามหลักเกณฑ์ที่กล่าวข้างต้น พบว่า จากข้อมูลรายงานการเกิดน้ำท่วมในช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2556-2562 ซึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะมีจำนวนทั้งสิ้น 81 ครั้ง โดยมีตำแหน่งที่มีการรายงานในบริเวณใกล้เคียงกันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ครั้งขึ้นไป จำนวน 7 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2.4-29

จากผลการพิจารณาเพื่อกำหนดจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ ตามหลักเกณฑ์ที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นมีจุดเสี่ยงด้านการระบายน้ำบนทางหลวงทั้งหมด 25 ตำแหน่ง ซึ่งในขั้นตอนต่อมา คือการเข้าไปทำการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในพื้นที่ ตลอดจนการสำรวจลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของจุดเสี่ยงแต่ละตำแหน่ง เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุและสภาพปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.4-27 การซ้อนทับข้อมูลรายงานการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวง กับแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก



รูปที่ 2.4-28 ตำแหน่งจุดเสี่ยงน้ำท่วมในเขตทางหลวงซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก



3.2) การกำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาลูกทกภัย

ภายหลังจากที่ทราบถึงจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ ตลอดจนลักษณะสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่ง ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ข้างต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาลูกทกภัย อย่างไรก็ตามก่อนที่จะกำหนดพื้นที่เป้าหมายจะต้องทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาลูกทกภัยที่เกิดขึ้นเสียก่อน เพื่อพิจารณาว่าสาเหตุของปัญหาในรูปแบบใดที่สามารถนำแนวทางการปรับปรุงอาคารระบายน้ำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาลูกทกภัย หรือสามารถแก้ไขปัญหาลูกทกภัยได้อำนาจหน้าที่ของกรมทางหลวง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาลูกทกภัยของจุดเสี่ยงทั้ง 25 ตำแหน่ง สามารถที่จะสรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ ดังนี้

- (1) ปัญหาน้ำในลำน้ำไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ หรือระดับน้ำในลำน้ำสูงจนทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้
- (2) ปัญหาทางลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ซึ่งเป็นที่ลุ่มต่ำหรือเป็นแอ่ง ซึ่งเกิดน้ำท่วมขังเมื่อมีฝนตกหนักในพื้นที่
- (3) ปัญหาของการพัฒนาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของบริเวณโดยรอบ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่เพิ่มขึ้น จนเกินความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำในปัจจุบัน
- (4) ปัญหาของอาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันที่มีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ

จากสาเหตุของปัญหาทั้ง 4 รูปแบบตามที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ปัญหาของลูกทกภัยที่มีสาเหตุมาจากการพัฒนาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของบริเวณโดยรอบฯ และปัญหาของอาคารระบายน้ำบนทางหลวงที่มีขนาดไม่เพียงพอ สามารถที่จะนำแนวทางการปรับปรุงอาคารระบายน้ำบนทางหลวงมาใช้ในการแก้ไขปัญหาลูกทกภัยได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปตำแหน่งจุดเสี่ยงที่จะนำมาใช้กำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อการแก้ไขปัญหาลูกทกภัยได้ทั้งหมดจำนวน 13 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.4-17



ตารางที่ 2.4-17 สรุปตำแหน่งจุดเสี่ยงที่จะนำมากำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม

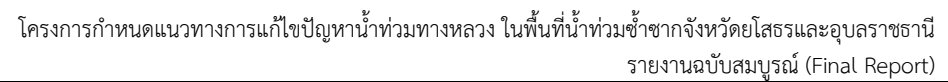
ลำดับที่	จุดเสี่ยงที่คัดเลือกมากำหนดพื้นที่เป้าหมาย				สาเหตุของปัญหา
	ตำแหน่ง จุดเสี่ยง	ทางหลวง หมายเลข	ตอน	ช่วง กม.	
1	1	2039	100	3+870 - 3+900	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
2	5	2	502	345+200 - 345+600	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
3	6	2361	100	9+000 - 10+000	การพัฒนาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบ ทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจนเกินความสามารถของระบบระบายน้ำในปัจจุบัน
4	7	201	101	2+000 - 2+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
5	9	2131	100	3+000 - 3+800	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
6	11	2	403	322+400 - 322+800	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
7	12	2	403	310+100 - 310+225	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
8	13	2	403	303+000 - 303+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
9	16	2233	100	39+200 - 39+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
10	18	2440	200	32+300 - 32+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
11	21	2	502	344+400 - 344+800	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
12	24	2246	100	7+200 - 7+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ
13	25	228	202	84+000 - 84+500	อาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือไม่มีศักยภาพที่เพียงพอในการระบายน้ำ



ทั้งนี้ภายหลังจากที่สามารถคัดเลือกจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ เพื่อนำมากำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงได้แล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การกำหนดขอบเขตของพื้นที่เป้าหมาย โดยจะใช้แนวทางของการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามหลักการทางด้านอุทกวิทยา ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำลองพฤติกรรมของการเกิดน้ำท่า รวมถึงพฤติกรรมไหลในช่วงที่เกิดเหตุการณ์อุทกภัย ตลอดจนการศึกษาแนวทางเลือกต่างๆ ในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่เป้าหมายแต่ละพื้นที่อย่างเป็นระบบได้ โดยวิธีการในการกำหนดขอบเขตพื้นที่เป้าหมายจะมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

- (1) กำหนดให้จุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำที่ถูกคัดเลือกเป็นตำแหน่งพิจารณา
- (2) นำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (DEM) มากำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำทางด้านเหนือ (Upstream) ของตำแหน่งที่พิจารณา กล่าวคือ เมื่อเกิดฝนตกในพื้นที่แล้ว น้ำท่าที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือตำแหน่งที่พิจารณาดังกล่าว
- (3) นำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (DEM) มากำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำทางด้านท้ายน้ำ (Downtown) ของตำแหน่งที่พิจารณา โดยพื้นที่ทางด้านท้ายน้ำจะเป็นพื้นที่ซึ่งเมื่อน้ำท่าไหลผ่านจุดพิจารณาไปแล้วจะไหลตามสภาพภูมิประเทศเพื่อระบายลงสู่ลำน้ำหรือแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ใกล้ที่สุด

จากแนวทางในการกำหนดขอบเขตพื้นที่เป้าหมายตามวิธีการที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้สามารถกำหนดพื้นที่เป้าหมายได้ทั้งหมด 13 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.4-30 และแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.4-18



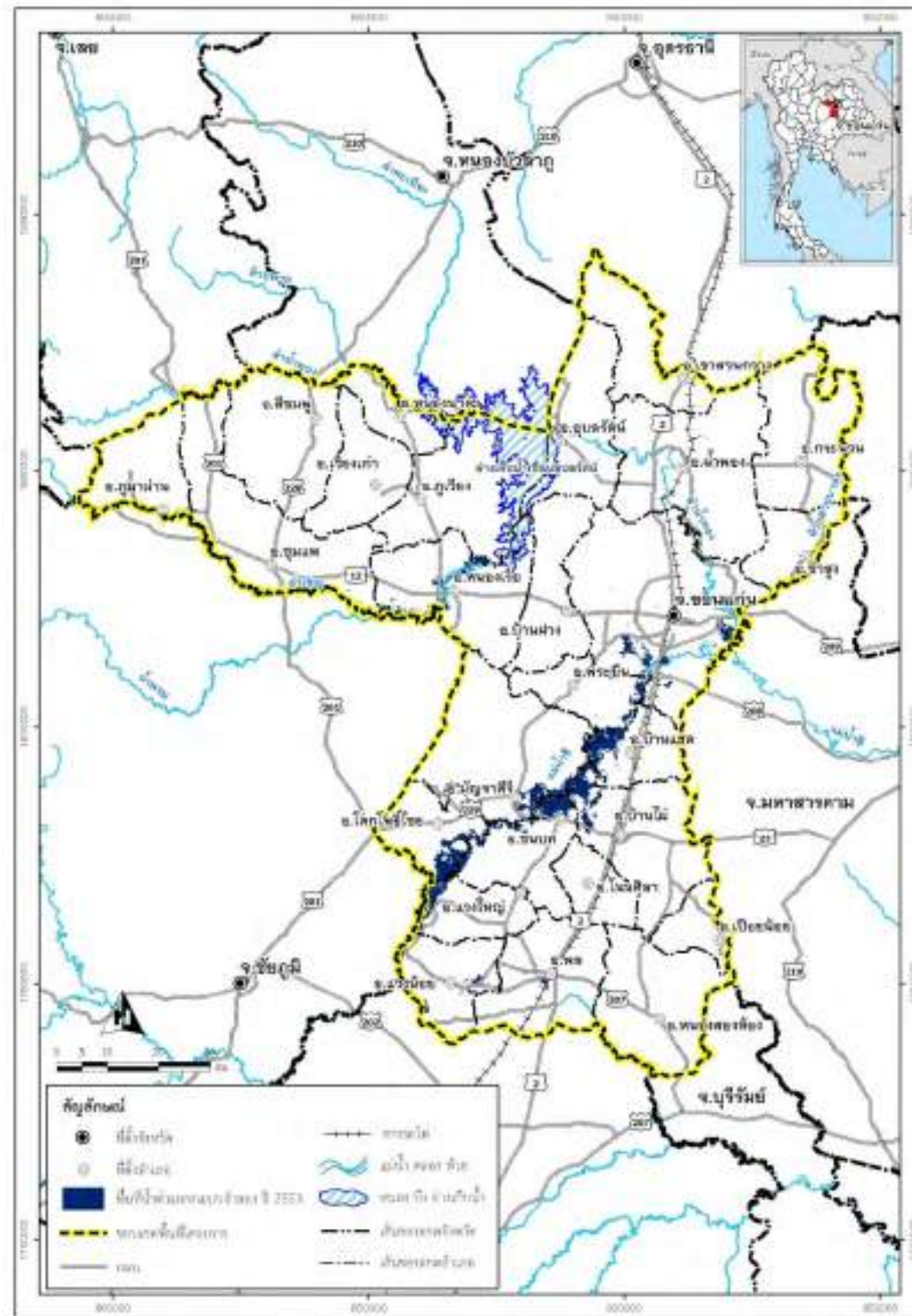


ตารางที่ 2.4-18 สรุปข้อมูลของพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม

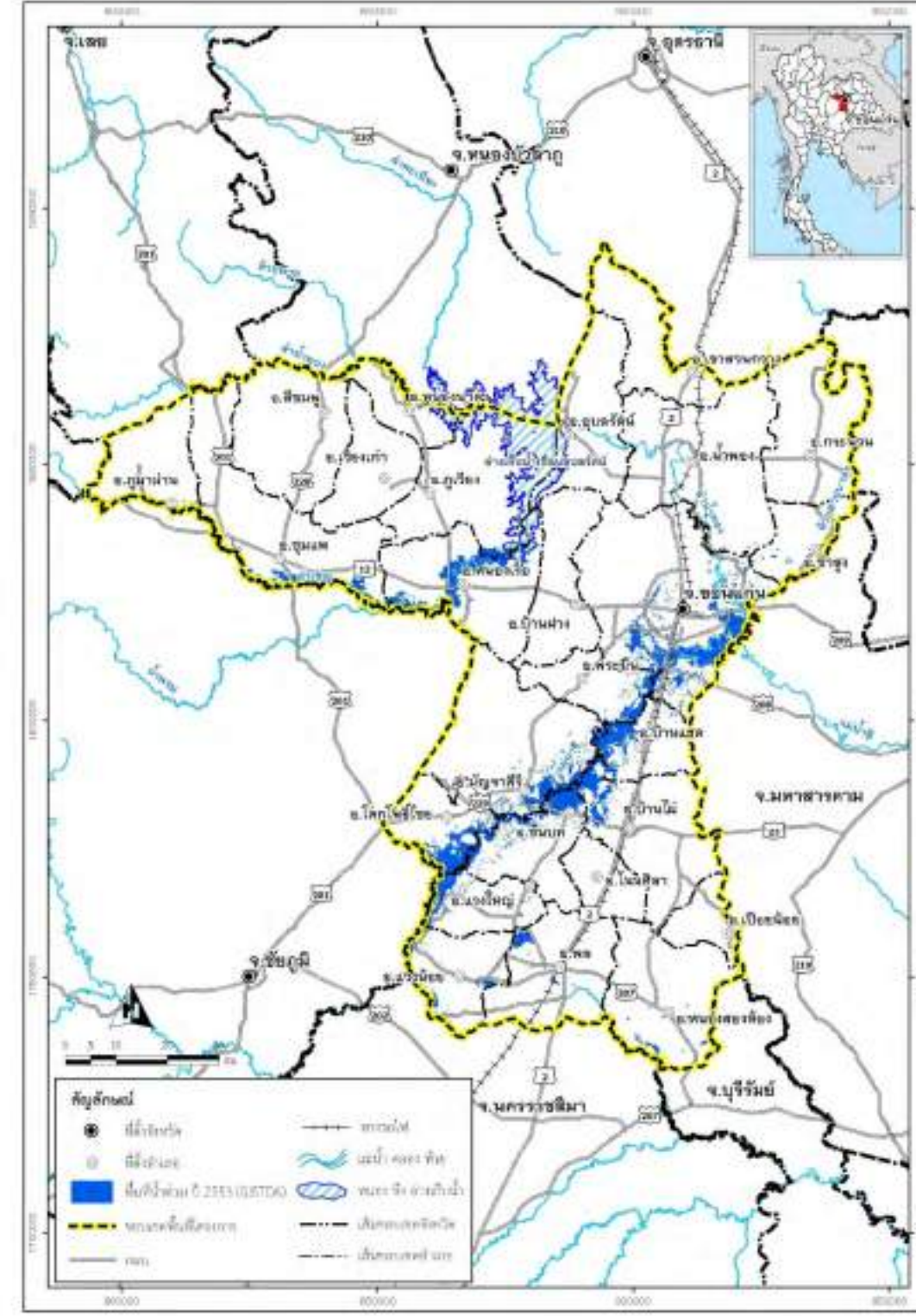
ลำดับของพื้นที่ เป้าหมาย	ตำแหน่งจุดเสี่ยงที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย			ขนาดพื้นที่เป้าหมาย (ตร.กม.)
	ทางหลวง	ตอน	ช่วง กม.	
1	2039	100	3+870 - 3+900	433.99
2	2	502	345+200 - 345+600	22.24
3	2361	100	9+000 - 10+000	11.42
4	201	101	2+000 - 2+500	46.33
5	2131	100	3+000 - 3+800	517.32
6	2	403	322+400 - 322+800	156.04
7	2	403	310+100 - 310+225	57.76
8	2	403	303+000 - 303+500	75.83
9	2233	100	39+200 - 39+500	504.69
10	2440	200	32+300 - 32+500	112.17
11	2	502	344+400 - 344+800	35.12
12	2246	100	7+200 - 7+500	174.94
13	228	202	84+000 - 84+500	103.83
รวม				2,251.68

3.3) การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยในครั้งนี้ คือ แบบจำลอง Mike Flood ของ Danish Hydraulics Institute ประเทศเดนมาร์ก โดยในการศึกษานี้ ได้ทำการปรับเทียบและตรวจสอบผล โดยการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งในการปรับเทียบแบบจำลองได้ ดำเนินการโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง ซึ่งได้แก่ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ด้วยวิธี Trial and Error จนผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือ ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมมากที่สุดดังรูปที่ 2.4-31 และ รูปที่ 2.4-32 และสรุปความสอดคล้องได้ดังแสดงในตารางที่ 2.4-19

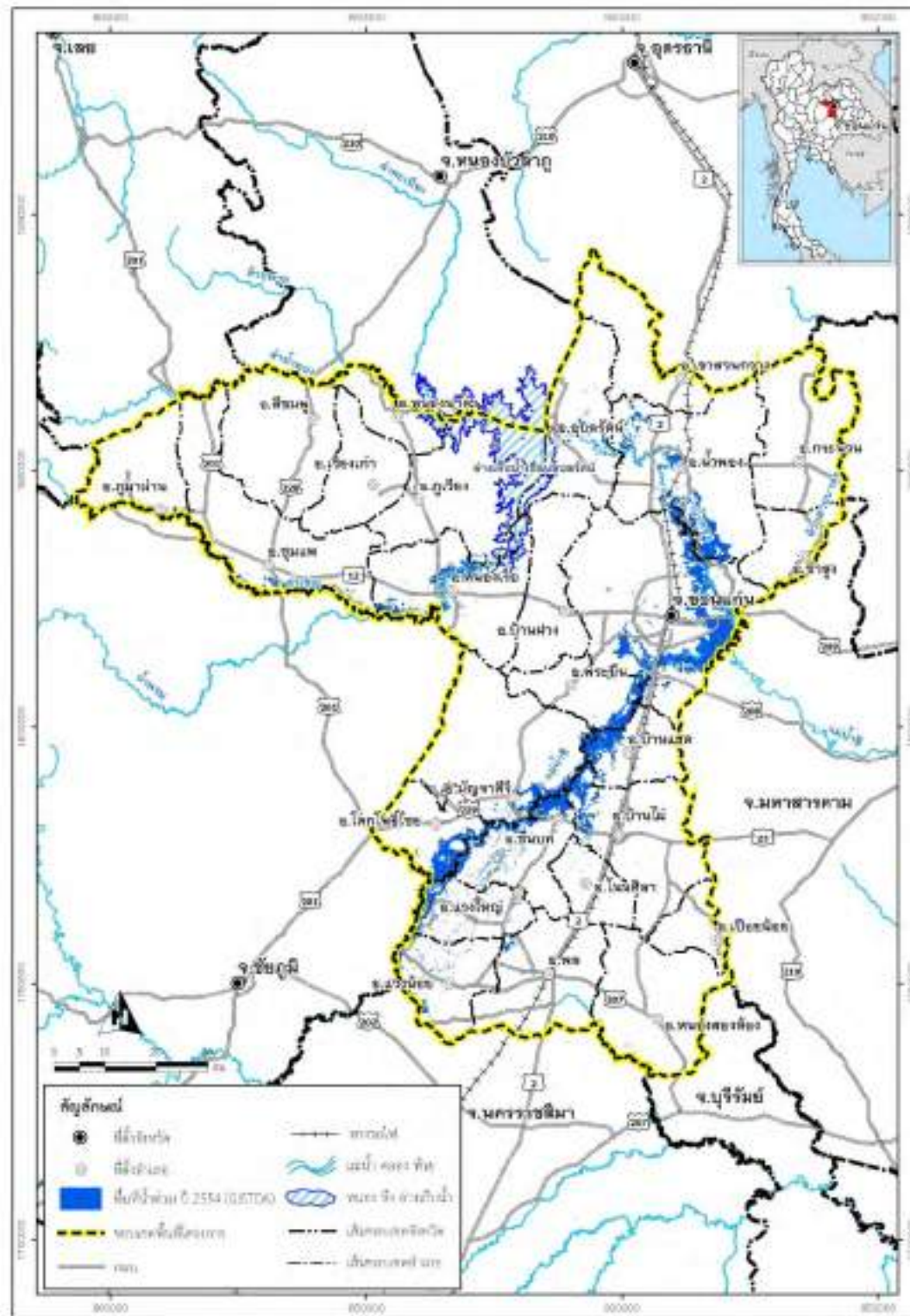


ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD เหตุการณ์ปี พ.ศ. 2553

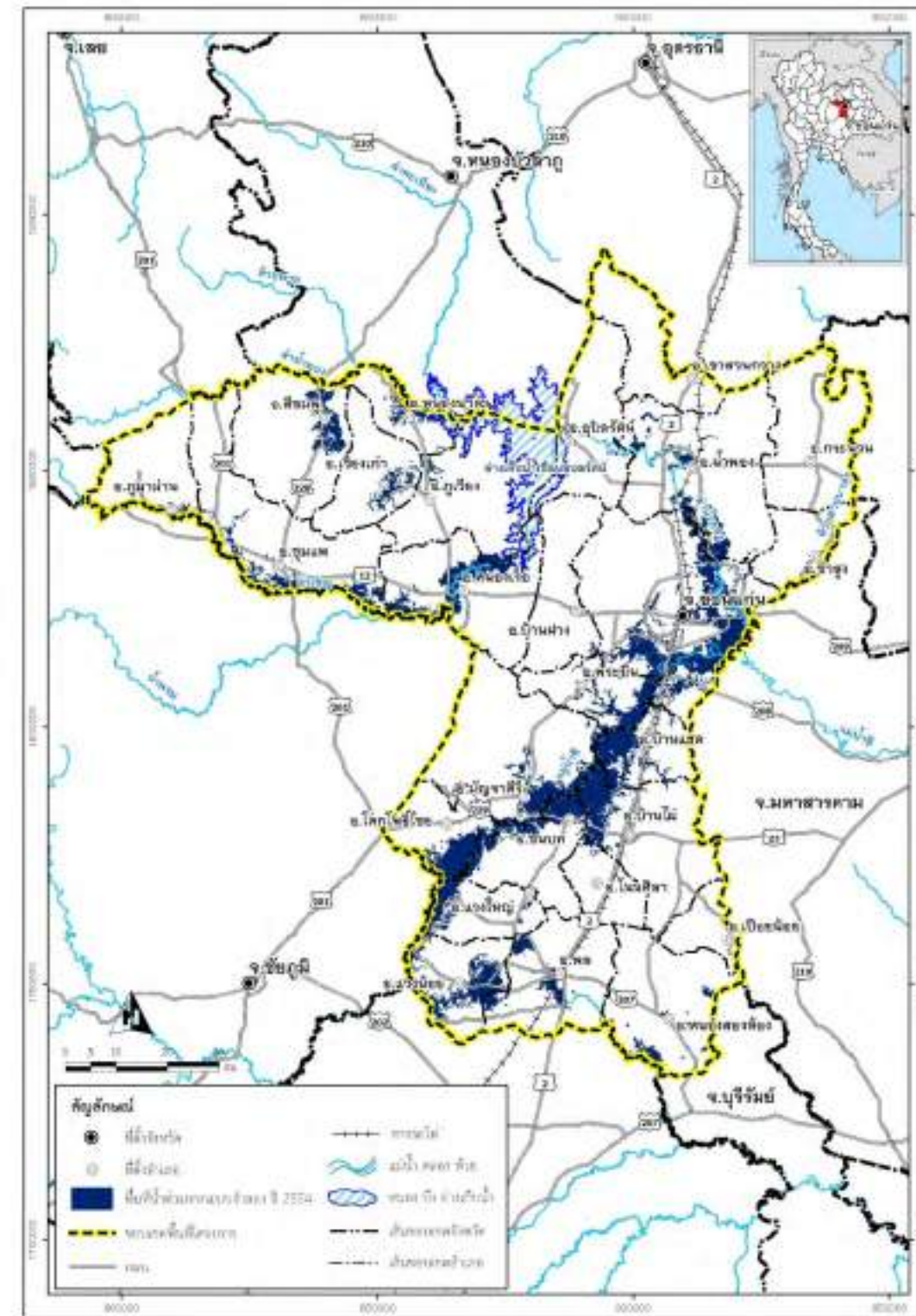


ข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียมเหตุการณ์ปี พ.ศ. 2553

รูปที่ 2.4-31 ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD กับข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม เหตุการณ์ ณ วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2553



ข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียมเหตุการณ์ปี พ.ศ. 2554



ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD เหตุการณ์ปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 2.4-32 ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD กับข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม เหตุการณ์ ณ วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2554



ตารางที่ 2.4-19 การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากแบบจำลอง

เหตุการณ์ น้ำท่วม	การเปรียบเทียบแบบจำลอง						
	ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตร.กม.)			จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)			
	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	ร้อยละ ความสอดคล้อง	กรณี	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	ร้อยละ ความสอดคล้อง
พ.ศ.2553	606.81	556.86	91.77	มีน้ำท่วม	80,908	70,630	87.30
				ไม่มีน้ำท่วม	74,617	84,895	86.23
พ.ศ.2554	845.12	938.61	88.94	มีน้ำท่วม	120,683	134,402	88.63
				ไม่มีน้ำท่วม	34,842	21,123	60.63

ภายหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์การไหลของน้ำภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จนได้พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา จังหวัดขอนแก่นได้แล้ว ในขั้นตอนต่อมา คือการนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบดังกล่าวมาใช้จำลองสภาพการไหลของน้ำภายใต้สถานการณ์ในอนาคต เพื่อวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงแก้ไขอาคารระบายน้ำ โดยมีสมมติฐานในการวิเคราะห์ ดังนี้

- (1) การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ จะมุ่งเน้นแก้ไขปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นบนผิวทางในพื้นที่เป้าหมาย
- (2) เหตุการณ์สถานการณ์น้ำท่วมในอนาคต จะยังคงกำหนดให้เป็นเหตุการณ์เมื่อเกิดปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นตามรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี
- (3) การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงขนาดของอาคารระบายน้ำสำหรับรองรับสถานการณ์น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี จะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในการขยายปรับปรุงขนาดหน้าตัดหรือเพิ่มจำนวนของอาคารระบายน้ำ จนกระทั่งระดับน้ำท่วมที่เกิดขึ้นต่ำกว่าระดับผิวทาง หรือไม่เกิดน้ำท่วมบนทางหลวง
- (4) สำหรับขนาดอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะให้ทำการปรับปรุง จะพิจารณาขนาดตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2558
- (5) ในกรณีที่ทางหลวงอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำ ซึ่งไม่สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมบนผิวทางโดยการปรับปรุงอาคารระบายน้ำได้ จะเสนอแนะให้ทำการยกระดับความสูงของถนน ในบริเวณที่เกิดปัญหาน้ำท่วมบนผิวทาง

จากสมมติฐานในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแก้ไขอาคารระบายน้ำตามที่กล่าวข้างต้น ทำให้สามารถสรุปรายละเอียดของการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในแต่ละพื้นที่ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.4-20



ตารางที่ 2.4-20 สรุปผลการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ/แนวทางการปรับปรุงถนน เพื่อแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น

พื้นที่เป้าหมาย	บริเวณที่เกิดน้ำท่วมบนผิวทาง			อาคารระบายน้ำเดิม			อาคารระบายน้ำที่เสนอแนะให้ปรับปรุง/แนวทางการปรับปรุงถนน						หมายเหตุ
	ทางหลวง	ตอน	ช่วง กม.	รูปแบบ	ขนาด (แถว@ขนาด,ม.)	ตำแหน่ง (กม.)	รูปแบบ	ตำแหน่ง	ท่อเหลี่ยม	สะพาน RC.Bridge (Plank Girder with Pile bent)			
									ขนาด (แถว@ขนาด,ม.)	ความยาวช่วงสะพาน	ความยาวรวม (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	
1	2039	100	0+325 – 1+465	ท่อกลม	2@1.2	0+350	ท่อเหลี่ยม	0+350	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	1@1.2	1+460	ท่อเหลี่ยม	1+460	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
			3+800 – 7+300	ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	6+825	สะพาน	6+825	-	8+10+8	26.00	11.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	3@1.0	7+275	สะพาน	7+275	-	8+10+8	26.00	22.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
2	2	502	345+000 – 345+800	ท่อกลม	2@1.0	345+650	สะพาน	345+650	-	8+10+8	52.00	2x15.00 (สะพานคู่)	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
			346+500 – 346+750	-	-	-	ท่อเหลี่ยม	346+600	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ
3	2361	100	9+900 – 10+900	ท่อกลม	1@1.0	10+750	สะพาน	10+750	-	8+10+8	26.00	11.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
4	201	101	0+750 – 3+100	-	-	-	ยกระดับถนนสูงขึ้น 0.7 เมตร ช่วง กม. 0+500- 3+200						ทางหลวงอยู่ในที่ลุ่มต่ำทำให้น้ำจากลำน้ำเชิญเข้าท่วมผิวทาง
	12	702	469+000 – 470+400	-	-	-	สะพาน	469+250	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	ก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ
				-	-	-	สะพาน	470+100	-	8+10+8	52.00	2x25.00 (สะพานคู่)	
5	2131	100	3+500 – 6+700	ท่อกลม	1@1.0	3+815	ท่อเหลี่ยม	3+815	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	3@1.0	6+422	ท่อเหลี่ยม	6+422	2@(2.4x2.4)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	1@0.8	9+455	ท่อเหลี่ยม	9+455	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
	230	102	31+500 – 33+200	ท่อกลม	1@1.2	32+265	สะพาน	32+265	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อเหลี่ยม	4@(2.1x2.1)	33+315	สะพาน	33+315	-	8+10+8	52.00	2x12.00 (สะพานคู่)	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	319+800	ท่อเหลี่ยม	319+800	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
6	2	403	319+500 – 322+500	ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	319+800	ท่อเหลี่ยม	319+800	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	1@1.0	320+725	ท่อเหลี่ยม	320+725	1@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	1@1.0	321+300	ท่อเหลี่ยม	321+300	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
	208	100	2+900 – 5+350	ท่อเหลี่ยม	3@(2.1x2.1)	5+100	สะพาน	5+100	-	8+10+8	26.00	22.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อเหลี่ยม	3@(2.1x2.1)	5+250	สะพาน	5+250	-	8+10+8	26.00	22.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	311+200	ท่อเหลี่ยม	311+300	2@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ
7	2	403	310+200 – 311+000	-	-	-	ท่อเหลี่ยม	310+500	2@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ
			311+200 – 311+450	-	-	-	ท่อเหลี่ยม	311+300	2@(2.1x2.1)	-	-	-	
8	2	403	302+400 – 303+100	ท่อกลม	4@1.0	302+400	สะพาน	302+400	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม
				ท่อกลม	2@1.0	303+00	ท่อเหลี่ยม	303+000	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม



ตารางที่ 2.4-20 (ต่อ) สรุปผลการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ/แนวทางการปรับปรุงถนน เพื่อแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น

พื้นที่ เป้าหมาย	บริเวณที่เกิดน้ำท่วมบนผิวทาง			อาคารระบายน้ำเดิม			อาคารระบายน้ำที่เสนอแนะให้ปรับปรุง/แนวทางการปรับปรุงถนน							หมายเหตุ
	ทางหลวง	ตอน	ช่วง กม.	รูปแบบ	ขนาด (แถว@ขนาด,ม.)	ตำแหน่ง (กม.)	รูปแบบ	ตำแหน่ง	ท่อเหลี่ยม	สะพาน RC.Bridge (Plank Girder with Pile bent)				
									ขนาด (แถว@ขนาด,ม.)	ความยาวช่วงสะพาน	ความยาวรวม (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)		
9	2233	100	38+600 – 42+500	ท่อกลม	2@1.0	38+652	ท่อเหลี่ยม	38+652	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@1.0	39+010	ท่อเหลี่ยม	39+010	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@1.0	40+466	ท่อเหลี่ยม	40+466	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
	2065	100	33+500 – 34+500	ท่อกลม	1@1.2	33+620	สะพาน	33+620	-	8+10+8	26.00	11.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@1.2	33+842	สะพาน	33+842	-	8+10+8	26.00	9.00	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
10	2440	200	22+100 – 23+500	ท่อกลม	2@1.0	22+100	ท่อเหลี่ยม	22+100	2@(2.4x2.4)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	2@1.0	22+200	ท่อเหลี่ยม	22+200	2@(2.4x2.4)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	2@1.0	22+300	ท่อเหลี่ยม	22+300	2@(2.4x2.4)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
11	2	502	344+050 – 34+500	ท่อกลม	2@1.0	344+050	ท่อเหลี่ยม	344+050	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				-	-	-	ท่อเหลี่ยม	344+250	2@(2.4x2.4)	-	-	-	ก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ	
12	2065	100	2+100-3+700	ท่อกลม	1@0.8	2+175	ท่อเหลี่ยม	2+175	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@0.8	2+375	ท่อเหลี่ยม	2+375	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@0.8	2+650	ท่อเหลี่ยม	2+650	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	1@1.0	3+100	ท่อเหลี่ยม	3+100	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
				ท่อกลม	2@0.6	3+725	ท่อเหลี่ยม	3+725	1@(2.1x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	
13	228	202	84+150 – 84+350	ท่อกลม	1@1.0	84+256	ท่อเหลี่ยม	84+256	2@(2.4x2.1)	-	-	-	ก่อสร้างแทนอาคารระบายน้ำเดิม	



3.4) การสำรวจและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

จากผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ตามผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบรายละเอียดสำหรับการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ พร้อมทั้งประเมินราคาค่าก่อสร้าง โดยรูปแบบของการปรับปรุงพร้อมการประมาณราคาค่าก่อสร้างสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4-21



ตารางที่ 2.4-21 สรุปราคากลางค่าก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดขอนแก่น

ลำดับ	ทางหลวง	ตอน	กม.	รายละเอียดการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ					ราคากลางค่าก่อสร้าง (ต้นทุน x Factor F) (บาท)
				รูปแบบ	ขนาดท่อเหลี่ยม (แถว@ขนาด,ม.)	สะพาน RC.Bridge (Plank Girder with Pile bent)			
						ความยาวช่วงสะพาน	ความยาวรวม (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	
1	2039	100	0+350	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	6,811,074
2	2039	100	1+460	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	2,622,476
3	2039	100	6+825	สะพาน	-	8+10+8	26.00	11.00	13,414,136
4	2039	100	7+275	สะพาน	-	8+10+8	26.00	22.00	12,076,833
5	2	502	345+650	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x15.00 (สะพานคู่)	13,290,798
6	2	502	346+600	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	1,834,173
7	2361	100	10+750	สะพาน	-	8+10+8	26.00	11.00	9,227,104
8	12	702	469+250	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	16,637,266
9	12	702	470+100	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x25.00 (สะพานคู่)	36,508,961
10	2131	100	3+815	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	3,350,794
11	2131	100	6+422	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.4)	-	-	-	2,462,970
12	2131	100	9+455	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	1,289,729



ตารางที่ 2.4-21 (ต่อ) สรุปราคากลางค่าก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดขอนแก่น

ลำดับ	ทางหลวง	ตอน	กม.	รายละเอียดการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ					ราคากลางค่าก่อสร้าง (ต้นทุน x Factor F) (บาท)
				รูปแบบ	ขนาดท่อเหลี่ยม (แถว@ขนาด,ม.)	สะพาน RC.Bridge (Plank Girder with Pile bent)			
						ความยาวช่วงสะพาน	ความยาวรวม (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	
13	230	102	32+265	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	13,933,721
14	230	102	33+315	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x12.00 (สะพานคู่)	13,406,834
15	2	403	319+800	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	2,155,004
16	2	403	320+725	ท่อเหลี่ยม	1@(2.4x2.1)	-	-	-	2,890,269
17	2	403	321+300	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	5,305,620
18	208	100	5+100	สะพาน	-	8+10+8	26.00	22.00	13,846,808
19	208	100	5+250	สะพาน	-	8+10+8	26.00	22.00	14,101,663
20	2	403	310+500	ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	-	-	-	1,794,878
21	2	403	311+300	ท่อเหลี่ยม	2@(2.1x2.1)	-	-	-	5,439,856
22	2	403	302+400	สะพาน	-	8+10+8	52.00	2x11.00 (สะพานคู่)	14,421,098
23	2	403	303+000	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	5,552,138
24	2233	100	38+652	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	3,078,657



ตารางที่ 2.4-21 (ต่อ) สรุปราคากลางค่าก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดขอนแก่น

ลำดับ	ทางหลวง	ตอน	กม.	รายละเอียดการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ					ราคากลางค่าก่อสร้าง (ต้นทุน x Factor F) (บาท)
				รูปแบบ	ขนาดท่อเหลี่ยม (แถว@ขนาด,ม.)	สะพาน RC.Bridge (Plank Girder with Pile bent)			
						ความยาวช่วงสะพาน	ความยาวรวม (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	
25	2233	100	39+010	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	3,088,196
26	2233	100	40+466	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	2,994,191
27	2065	100	33+620	สะพาน	-	8+10+8	26.00	11.00	8,528,503
28	2065	100	33+842	สะพาน	-	8+10+8	26.00	9.00	7,669,577
29	2440	200	22+100	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.4)	-	-	-	4,856,780
30	2440	200	22+200	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.4)	-	-	-	4,856,780
31	2440	200	22+300	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.4)	-	-	-	5,076,655
32	2	502	344+050	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	2,854,597
33	2	502	344+250	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.4)	-	-	-	990,875
34	2065	100	2+175	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	5,229,565
35	2065	100	2+375	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	3,283,152
36	2065	100	2+650	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	3,541,817
37	2065	100	3+100	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	3,259,360
38	2065	100	3+725	ท่อเหลี่ยม	1@(2.1x2.1)	-	-	-	3,226,006
39	228	202	84+256	ท่อเหลี่ยม	2@(2.4x2.1)	-	-	-	3,066,471
รวมงบประมาณ									277,975,385



2.4.3.4. แนวทางการนำผลการศึกษาของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้องมาปรับใช้ในการศึกษาโครงการ

จากผลการศึกษาทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องของกรมทางหลวง ตามรายละเอียดที่กล่าวในหัวข้อที่ 2.4.3.1 ถึง 2.4.3.3 พบว่า โครงการซึ่งมีวัตถุประสงค์และผลลัพธ์ที่จะได้รับที่มีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้มากที่สุด คือ โครงการปรับปรุงมาตรฐานของสะพานท่อเหลี่ยม และท่อลอด ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากกรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น โดยสำนักมาตรฐานและประเมินผล พ.ศ. 2563 ดังนั้น จากผลการศึกษาทบทวน ทำให้ทางที่ปรึกษาสามารถสรุปแนวทางการดำเนินงานของโครงการดังกล่าว ที่จะนำมาปรับใช้กับโครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ได้ ดังนี้

- 1) การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ จะเริ่มจากการพิจารณาจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ โดยใช้ข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซาก และข้อมูลตำแหน่งที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตทางหลวงจากฐานข้อมูลระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน (ระบบ EMS) เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณา จากนั้นเมื่อกำหนดจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงหลวงในด้านการระบายน้ำได้แล้ว จะทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดโดยการสำรวจภาคสนามและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในพื้นที่ จากนั้นจะกำหนดพื้นที่เป้าหมาย ณ จุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน ที่มีสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากอาคารระบายน้ำบนทางหลวงในปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ หรือระบบระบายน้ำปัจจุบันไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพที่ดินโดยรอบ ตลอดจนตำแหน่งที่สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นภายใต้ขอบเขตอำนาจหน้าที่ของกรมทางหลวง ซึ่งไม่ส่งผลให้เกิดความเดือดร้อนกับประชาชน ตามมา
- 2) การเปรียบเทียบแบบจำลอง จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เช่นเดียวกับ การศึกษาของโครงการปี 2563
- 3) นำแบบจำลองที่ผ่านการเปรียบเทียบมาทำการจำลองสภาพการไหลภายใต้สถานการณ์ในอนาคต กรณีของการเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี จากนั้นจะทำการทดลองปรับขนาดหรือเพิ่มตำแหน่งของอาคารระบายน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำต่อไป



บทที่ 3

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

3. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

การดำเนินงานในส่วนของการการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ประกอบด้วย 1) การรวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2) การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและตำแหน่งจุดเสี่ยงหรือจุดอ่อน (Weak Point) บนทางหลวงในด้านการระบายน้ำ และ 3) ผลการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำ ซึ่งรายละเอียดของผลการดำเนินงานทั้ง 3 ส่วนสามารถแสดงได้ดังนี้

3.1. การรวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลจาก 2 แหล่งข้อมูลด้วยกันคือ ข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA และข้อมูลรายงานตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง ที่มีการรายงานผ่านระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน กรมทางหลวง โดยผลการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังนี้

3.1.1. ข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซาก GISTDA

สำหรับข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากของ GISTDA ซึ่งทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวม จะเป็นข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยแผนที่ดังกล่าว (ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1-1 และ รูปที่ 3.1-2) ได้แบ่งระดับความรุนแรงของปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากออกเป็น 3 ระดับคือ

- (1) ระดับรุนแรงน้อยโดยมีอุทกภัยเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว หรือเกิดขึ้นไม่เกิน 3 ครั้งในรอบ 10 ปี
- (2) ระดับรุนแรงปานกลาง โดยมีอุทกภัยเกิดขึ้นบ่อยครั้ง หรือเกิดขึ้น 4-7 ครั้งในรอบ 10 ปี
- (3) ระดับรุนแรงมาก โดยมีอุทกภัยเกิดขึ้นเป็นประจำ หรือเกิดขึ้น 8-10 ครั้งในรอบ 10 ปี



ทั้งนี้จากข้อมูลของแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากจะเห็นได้ว่า พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากโดยส่วนใหญ่ของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี จะเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ซึ่งอยู่ติดกับลำน้ำชีและลำน้ำมูล โดยทางที่ปรึกษาสามารถวิเคราะห์ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากแยกตามระดับความรุนแรง ในแต่ละอำเภอของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1-1

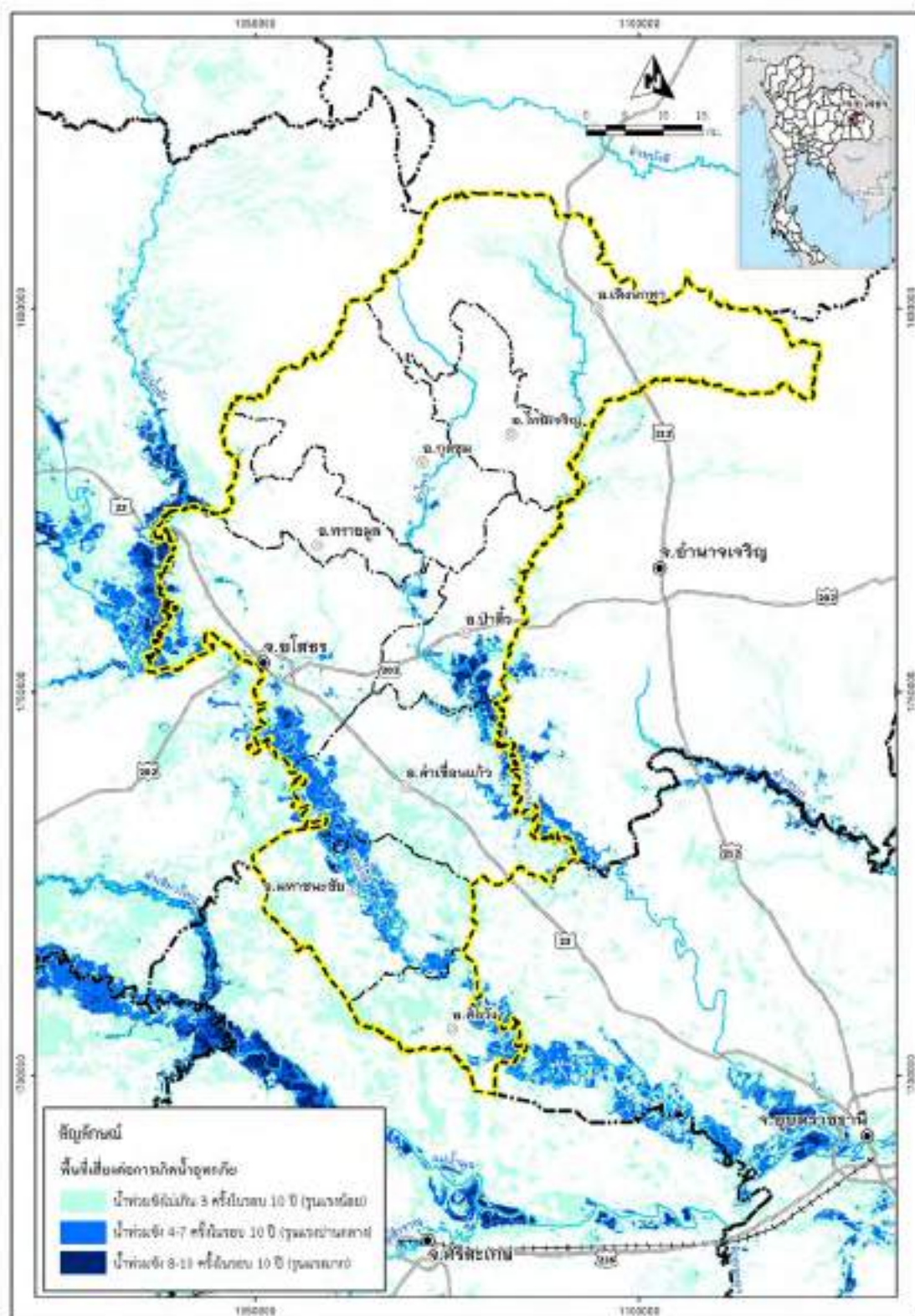
ตารางที่ 3.1-1 สรุปขนาดพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากแยกตามระดับความรุนแรง ในแต่ละอำเภอของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

จังหวัด/อำเภอ	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม.)	พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก (ตร.กม.)		
		ไม่เกิน 3 ครั้งในรอบ 10 ปี	4-7 ครั้งในรอบ 10 ปี	8-10 ครั้งในรอบ 10 ปี
จ.ยโสธร	4,096.64	740.49	220.81	16.95
อ.กุดชุม	556.90	30.76	5.65	-
อ.ค้อวัง	192.19	89.01	23.18	0.73
อ.คำเขื่อนแก้ว	550.75	162.67	55.51	2.58
อ.ทรายมูล	242.92	15.84	3.57	0.27
อ.ไทยเจริญ	269.80	18.34	4.80	-
อ.ป่าดัว	314.36	63.76	25.18	4.40
อ.มหาชนะชัย	420.79	167.12	37.61	1.41
อ.เมืองยโสธร	652.04	130.50	53.89	7.57
อ.เลิงนกทา	896.87	62.48	11.43	-
จ.อุบลราชธานี	15,461.36	990.46	273.60	17.89
อ.กุดข้าวปุ้น	328.25	2.54	-	-
อ.เขมราฐ	614.43	1.52	-	-
อ.เขื่องใน	867.81	218.96	77.79	2.17
อ.โขงเจียม	714.66	1.24	-	-
อ.ดอนมดแดง	154.63	38.77	20.86	0.22
อ.เดชอุดม	1,269.16	100.57	19.76	0.03
อ.ตระการพิพิธ	1,025.75	40.38	9.37	0.03
อ.ตาลชุม	297.10	15.76	12.44	0.01
อ.ทุ่งศรีอุดม	251.22	14.78	3.42	0.31
อ.นาจะหลวย	593.00	27.33	6.75	-
อ.นาตาล	206.37	1.05	-	-
อ.นาเยีย	239.23	39.07	6.95	0.23
อ.น้ำขุ่น	277.61	22.38	2.55	0.00



ตารางที่ 3.1-1 (ต่อ) สรุปขนาดพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากแยกตามระดับความรุนแรง ในแต่ละอำเภอของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

จังหวัด/อำเภอ	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม.)	พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก (ตร.กม.)		
		ไม่เกิน 3 ครั้งในรอบ 10 ปี	4-7 ครั้งในรอบ 10 ปี	8-10 ครั้งในรอบ 10 ปี
อ.น้ำยืน	1,098.07	15.63	1.57	-
อ.บุญศรี	1,485.92	3.87	-	-
อ.พิบูลมังสาหาร	959.28	18.52	0.51	-
อ.โพธิ์ไทร	549.82	-	-	-
อ.ม่วงสามสิบ	723.43	121.07	20.72	2.58
อ.เมืองอุบลราชธานี	567.97	111.48	43.71	4.25
อ.วารินชำราบ	619.74	118.34	33.21	5.34
อ.ศรีเมืองใหม่	943.66	2.82	-	-
อ.สว่างวีระวงศ์	262.72	27.93	4.15	0.76
อ.สำโรง	386.00	31.72	8.36	1.96
อ.สิรินธร	771.65	4.11	-	-
อ.เหล่าเสือโก้ก	253.87	10.63	1.50	-



รูปที่ 3.1-1 แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดยโสธร จากข้อมูล GISTDA

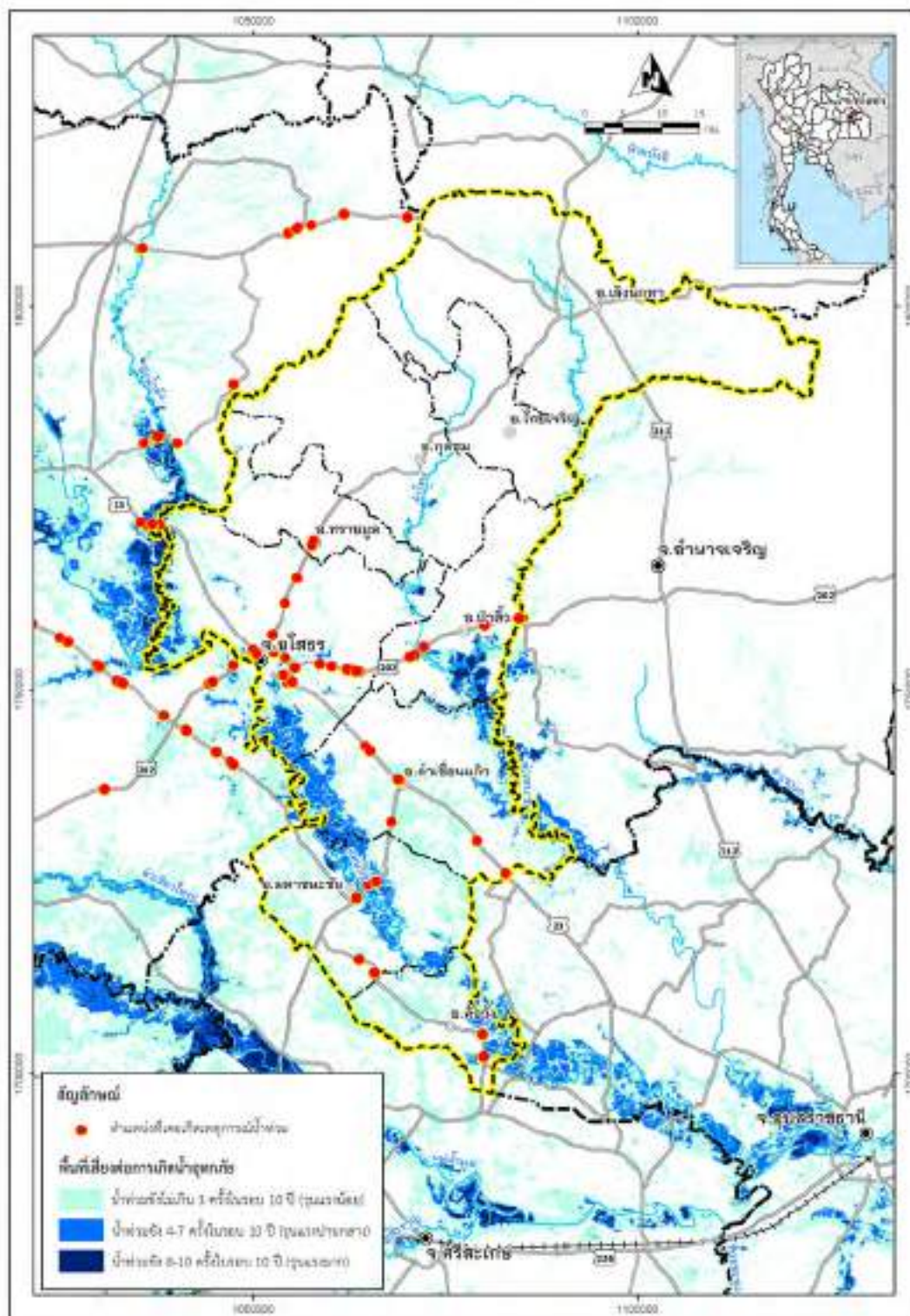


รูปที่ 3.1-2 แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี จากข้อมูล GISTDA

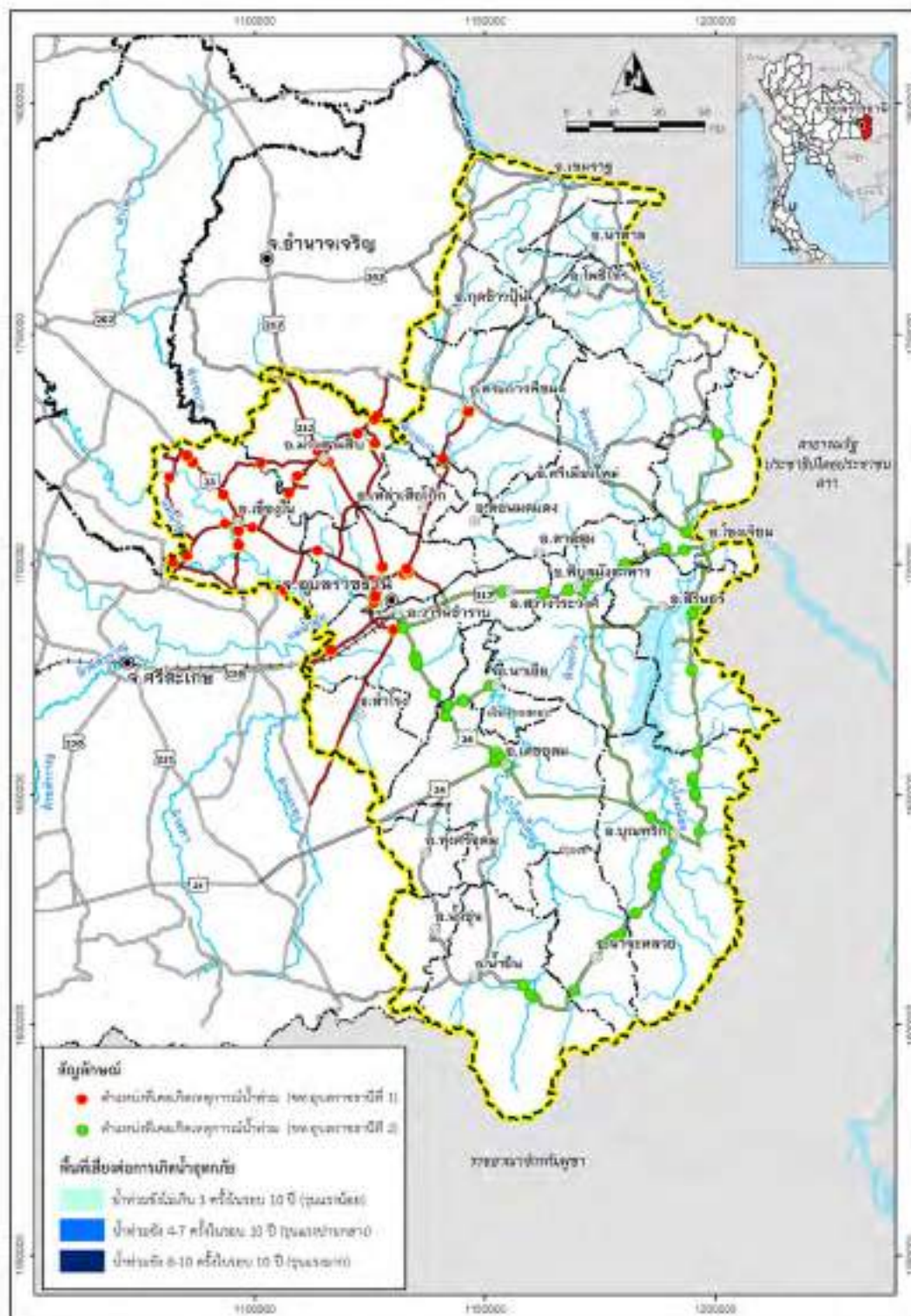


3.1.2. ข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง

สำหรับข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง ทางที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อมูลจากสถิติสถานการณ์อุทกภัยบนทางหลวงในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ซึ่งมีการรายงานผ่านระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน กรมทางหลวง (ระบบ EMS) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึงปัจจุบัน (รายงานสถานการณ์ล่าสุดเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565) โดยพบว่าในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี มีสถานการณ์อุทกภัยบนทางหลวงแยกตามพื้นที่ดูแลรับผิดชอบของแขวงทางหลวง คือ แขวงทางหลวงยโสธร แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 และแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2 จำนวนทั้งสิ้น 102 55 และ 71 ครั้ง ตามลำดับ โดยมีมีตำแหน่งการรายงานดังแสดงในรูปที่ 3.1-3 และ รูปที่ 3.1-4 และสามารถสรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม แยกตามตอนควบคุมของแต่ละแขวงทางหลวงในพื้นที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1-2 ถึง ตารางที่ 3.1-4



รูปที่ 3.1-3 ตำแหน่งการรายงานเหตุการณ์น้ำท่วมบนทางหลวงช่วงปี 60-ปัจจุบัน ในพื้นที่แขวงทางหลวงยโสธร



รูปที่ 3.1-4 ตำแหน่งการรายงานเหตุการณ์น้ำท่วมบนทางหลวงช่วงปี 60-ปัจจุบัน ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 และอุบลราชธานีที่ 2



ตารางที่ 3.1-2 สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแนวทางหลวง
ยโสธร

ทาง หลวง	ตอน	ชื่อตอน	จำนวนการรายงานน้ำท่วม (ครั้ง)						
			2560	2561	2562	2563	2564	2565	รวม
23	401	เสลภูมิ - ยโสธร	3	0	4	0	0	0	7
23	402	ยโสธร - บ้านยอ	1	0	0	0	2	0	3
23	403	บ้านยอ - บ้านสวน	2	0	4	0	0	0	6
202	201	สุวรรณภูมิ - โนนชัยศรี	2	0	0	0	0	0	2
202	202	โนนชัยศรี - บ้านบ่อ	0	0	3	0	0	0	3
202	203	ยโสธร - สะพานคลองลำเซ	0	2	11	2	0	0	15
215	200	สุวรรณภูมิ - สาทราย	2	0	0	2	2	0	6
292	100	ทางเลี่ยงเมืองยโสธร	2	1	2	0	0	0	5
2043	200	ยางเฉอ - มหาชนะชัย	12	0	8	0	1	0	21
2083	200	สะเดา - คำเขื่อนแก้ว	0	0	4	0	0	0	4
2116	300	โพนทอง - ห้วยค้อ	5	0	4	1	1	0	11
2169	100	ยโสธร - กุดชุม	0	1	4	0	0	0	5
2259	100	เสลภูมิ - คำโพนสูง	1	2	3	0	1	0	7
2351	100	พลไวก - แซ่โพนเมือง	3	0	3	0	0	0	6
2477	100	โรงพยาบาลยโสธร - ดอนมะยาง	0	0	1	0	0	0	1
รวม			33	6	51	5	7	0	102



ตารางที่ 3.1-3 สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแนวทางหลวง
อุบลราชธานีที่ 1

ทาง หลวง	ตอน	ชื่อตอน	จำนวนการรายงานน้ำท่วม (ครั้ง)						
			2560	2561	2562	2563	2564	2565	รวม
23	501	บ้านสวน - เชื่องใน	2	-	3	-	-	-	5
23	502	เชื่องใน - อุบลราชธานี	2	-	1	-	-	-	3
212	601	ลืออำนาจ - หนงยอ	-	-	1	1	-	-	2
226	500	ห้วยชะยุ้ง - วารินชำราบ	-	-	1	-	-	-	1
231	101	ถนนวงแหวนรอบเมืองอุบลราชธานี	2	1	1	-	1	-	5
231	103	ถนนวงแหวนรอบเมืองอุบลราชธานี	-	-	1	-	-	-	1
2049	100	ม่วงสามสิบ - พนา	-	-	4	-	-	-	4
2050	100	อุบลราชธานี - ตระการพืชผล	3	2	1	1	-	-	7
2178	100	วารินชำราบ - หนงยอ	-	6	2	1	-	-	9
2382	100	เชื่องใน - รัตนวงษ์	-	-	2	-	-	-	2
2383	100	ม่วงสามสิบ - ดูน้อย	-	-	2	-	-	-	2
2404	100	เชื่องใน - นาคำใหญ่	-	-	4	-	-	-	4
2406	100	บ้านโคก - รัตนวงษ์	-	-	2	-	-	-	2
2408	100	นาคำใหญ่ - โพนเมือง	-	-	1	-	-	-	1
2412	100	ท่าวาริน - ท่าศาลา	1	-	1	-	-	-	2
2413	100	บ้านเอื้ - หนงยอ	2	-	1	-	-	-	3
2415	102	หนงยอ - หนงช้างใหญ่	1	-	1	-	-	-	2
รวม			13	9	29	3	1	-	55



ตารางที่ 3.1-4 สรุปจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (60-ปัจจุบัน) แยกตามตอนควบคุมของแนวทางหลวง
อุบลราชธานีที่ 2

ทาง หลวง	ตอน	ชื่อตอน	จำนวนการรายงานน้ำท่วม (ครั้ง)						
			2560	2561	2562	2563	2564	2565	รวม
24	701	นากระแซง - เดชอุดม	-	-	4	2	2	-	8
24	702	เดชอุดม - อุบลราชธานี	-	2	2	2	2	-	8
217	101	วารินชำราบ - สว่างวีระวงศ์	1	-	-	-	-	-	1
217	102	สว่างวีระวงศ์ - พิบูลมังสาหาร	-	-	3	-	-	-	3
217	103	พิบูลมังสาหาร - ชื่องเม็ก	1	1	2	1	-	-	5
231	200	ถนนวงแหวนรอบเมืองอุบลราชธานี	-	-	1	-	-	-	1
2112	200	หนามแท่ง - โขงเจียม	-	-	1	-	-	-	1
2134	200	ดอนใหญ่ - โขงเจียม	-	-	1	-	-	-	1
2173	100	นิคมลำโดมน้อย - โขงเจียม	-	-	2	-	-	-	2
2182	101	เดชอุดม - โนนเรียม	1	1	1	-	-	-	3
2182	102	โนนเรียม - หนองแสง	1	-	2	-	-	-	3
2191	100	ทางเข้าเดชอุดม	1	-	2	1	-	-	4
2213	100	นาสว่าง - นาเอีย	-	1	2	-	-	-	3
2222	100	โขงเจียม - สะพือ	-	-	4	-	-	-	4
2248	200	จำหวาย - บุญทริก	5	2	8	1	-	-	16
2396	101	ชื่องเม็ก - ป่าไม้	-	-	1	-	-	-	1
2396	102	ป่าไม้ - หนองแสง	3	3	1	-	-	-	7
รวม			13	10	37	7	4	-	71

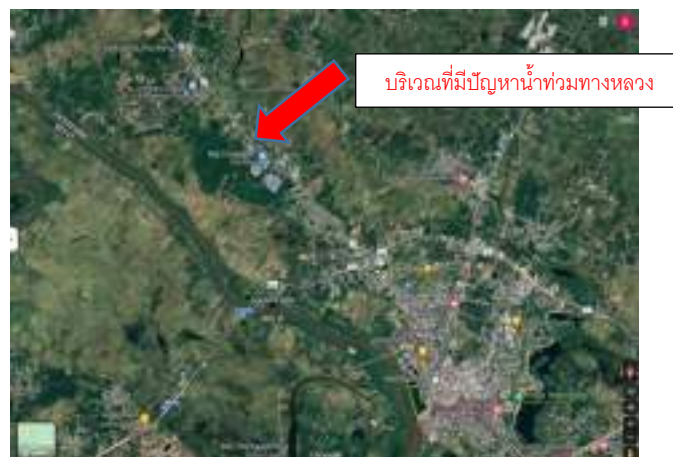
3.2. การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ซึ่งขอเสนอในรายงานฉบับนี้ จะเป็นการสรุปผลจากการประชุมหารือกับผู้อำนวยการ/รองผู้อำนวยการของแขวงทางหลวงในพื้นที่ ได้แก่ แขวงทางหลวงยโสธร แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 และแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2 ในประเด็นของตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมที่ควรเฝ้าระวังและควรดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน ซึ่งผลจากการประชุมหารือ สามารถสรุปได้ดังนี้

3.2.1. พื้นที่แขวงทางหลวงยโสธร

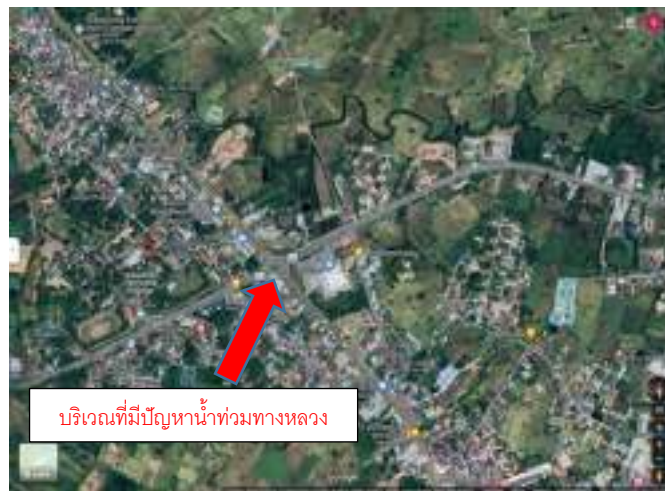
ในพื้นที่แขวงทางหลวงยโสธรมีพื้นที่น้ำท่วมที่ควรเฝ้าระวังและควรดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน ดังนี้

- 1) ทางหลวงหมายเลข 23 ด้านหน้าห้างสรรพสินค้าบิ๊กซียโสธร เกิดปัญหาน้ำท่วมขังซึ่งมีสาเหตุมาจากการถมดินด้านข้างทางหลวงทำให้น้ำฝนที่ตกลงบนผิวทางไม่สามารถระบายลงไปสู่ลำรางสาธารณะได้ แขวงทางหลวงยโสธรมีแผนจะดำเนินการก่อสร้างท่อระบายน้ำเพิ่มเติมเพื่อแก้ปัญหา (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-1) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



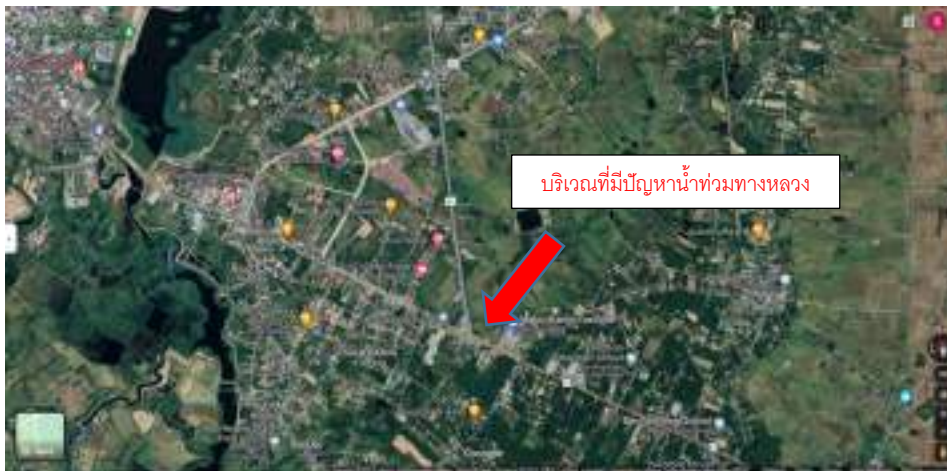
รูปที่ 3.2-1 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 23 ด้านหน้าห้างสรรพสินค้าบิ๊กซียโสธร

- 2) บริเวณแยกวิทยาลัยเทคนิคยโสธร ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 202 เดิมได้ดำเนินการปรับปรุงระบบระบายน้ำไปแล้วสามารถแก้ปัญหาได้ในระดับหนึ่ง ปัจจุบันยังมีปัญหาจุดทิ้งน้ำแคบและมีขยะอุดตัน และท่อระบายน้ำที่วางไว้ไม่มีความลาดชันเนื่องจากพื้นที่ค่อนข้างเรียบ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-2) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



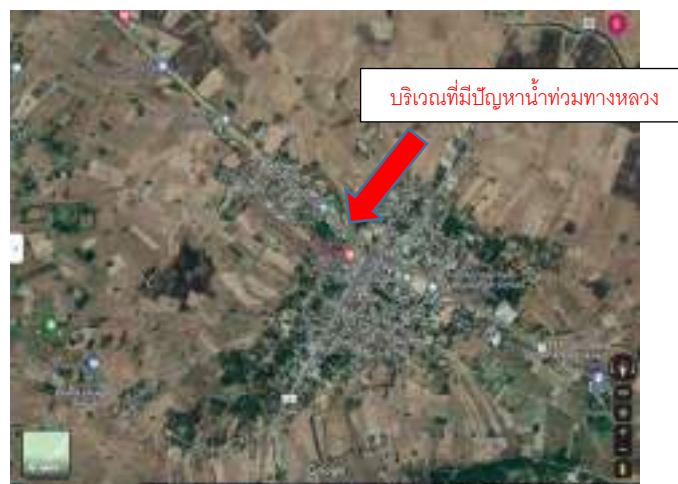
รูปที่ 3.2-2 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยกวิทยาลัยเทคนิค ยโสธร ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับ 202

- 3) บริเวณแยกศาลาแดง ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 292 มีปัญหาน้ำท่วมขังบนทางหลวงหน้าห้างสรรพสินค้าแม่โคโร และบริเวณสามแยกศาลาแดง ปัญหาเกิดจากระบบท่อระบายน้ำทั้งริมทางหลวงหมายเลข 23 และทางหลวงหมายเลข 292 มีขนาดเล็กและบางช่วงของถนนไม่มีท่อ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-3) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



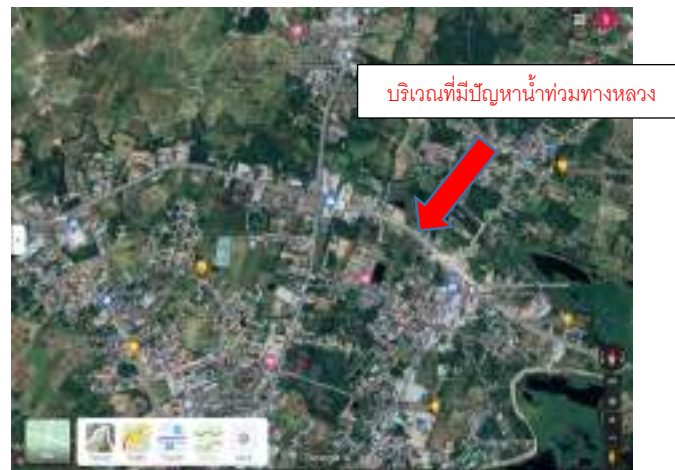
รูปที่ 3.2-3 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยกศาลาแดง ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 292

- 4) บริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2083 บริเวณอำเภอคำเขื่อนแก้ว มีปัญหาน้ำท่วมขังบนทางหลวงเกิดจากปัญหาจุดทิ้งน้ำบริเวณสะพานต้นเขินส่งผลให้ไม่สามารถระบายน้ำจากท่อระบายน้ำที่มาจากบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2083 ได้ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-4) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



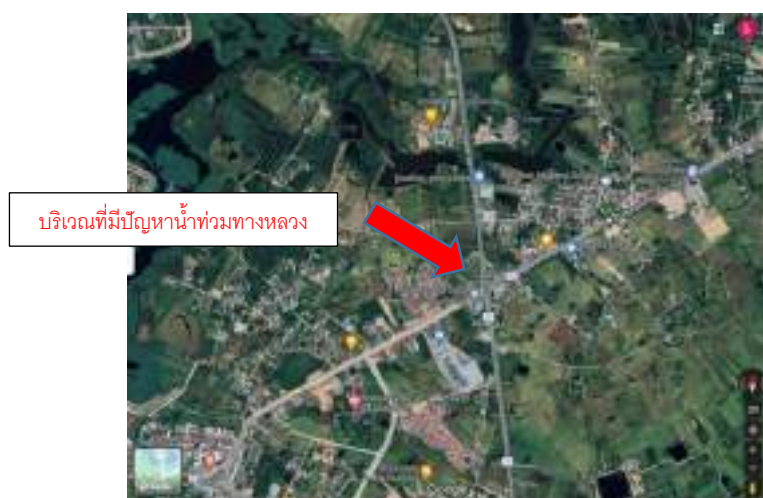
รูปที่ 3.2-4 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 23 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2083

- 5) บริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2169 ปัจจุบันได้ก่อสร้างท่อระบายน้ำเรียบร้อยแล้ว แต่ยังได้รับการร้องเรียนจากประชาชนว่ายังมีปัญหาน้ำท่วมขังอยู่ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-5) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



รูปที่ 3.2-5 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2169

- 6) บริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 202 มีปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากทางหลวงหมายเลข 292 ยังไม่มีท่อระบายน้ำที่จะระบายน้ำลงไปสู่ลำทวน (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-6) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



รูปที่ 3.2-6 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณแยก ทางหลวงหมายเลข 292 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 202

- 7) บริเวณทางหลวงหมายเลข 202 ด้านหน้าสถานีไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากเป็นที่ลุ่มไม่มีระบบระบายน้ำ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-7) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



รูปที่ 3.2-7 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณทางหลวงหมายเลข 202 ด้านหน้าสถานีไฟฟ้าฝ่ายผลิต

3.2.2. พื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1

ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 มีพื้นที่น้ำท่วมที่ควรเฝ้าระวังและควรดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน ดังนี้

- 1) บริเวณแยกหนองตาโพน ทางหลวงหมายเลข 231 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 2178 ดังแสดงในรูปที่ 3.2-8 เกิดปัญหาน้ำท่วมขังผิวทางเป็นประจำ โดยมีสาเหตุมาจากปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นที่ที่ไม่สามารถระบายน้ำออกไปได้ ซึ่งแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 ได้ดำเนินการก่อสร้างท่อระบายริมทางหลวงหมายเลข 231 ลงลำน้ำห้วยไผ่ไปแล้วบางส่วนและมีแผนจะก่อสร้างท่อระบายริมทางหลวงหมายเลข 231 ให้ครบตลอดแนวต่อไป

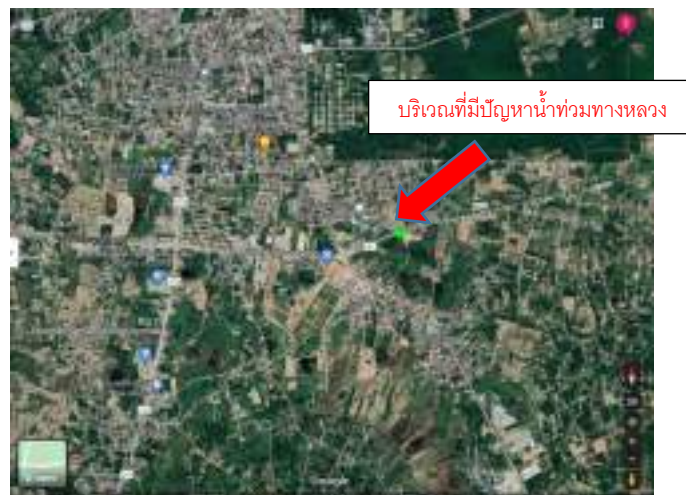


รูปที่ 3.2-8 ปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณทางหลวงหมายเลข 202

3.2.3. พื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2

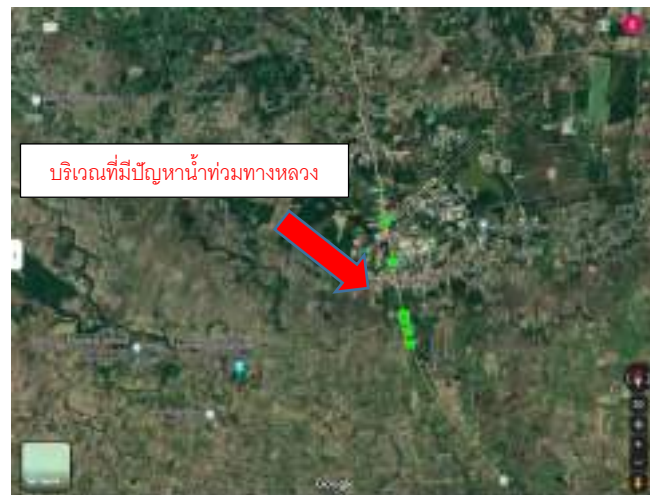
ในพื้นที่แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2 มีพื้นที่น้ำท่วมที่ควรเฝ้าระวังและควรดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน ดังนี้

- 1) ทางหลวงหมายเลข 231 เลี้ยวเมืองอุบลราชธานี ช่วง กม.16+900 – 19+000 ท่อระบายน้ำเดิมไม่สามารถระบายน้ำไปลงสู่ลำรางสาธารณะได้ซึ่งบางครั้งมีระยะเวลาน้ำท่วมนานถึง 2 สัปดาห์ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-9) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้รับงบประมาณในการปรับปรุงแก้ไขระบบระบายน้ำในพื้นที่บริเวณดังกล่าวแล้ว



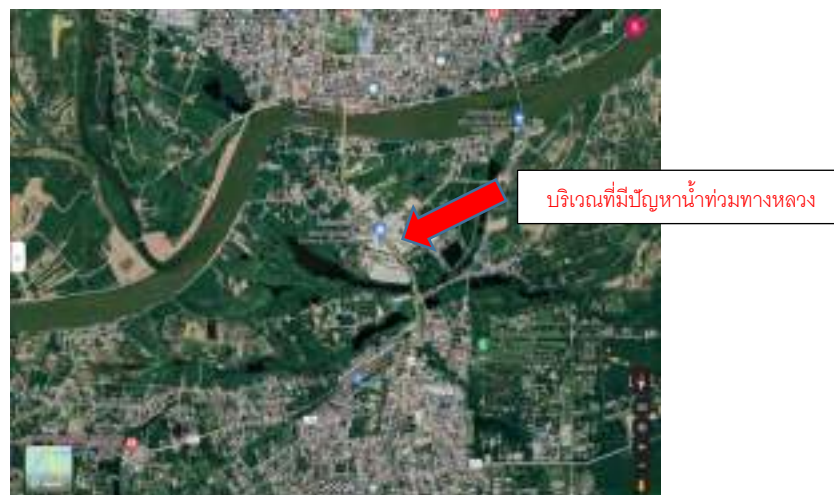
รูปที่ 3.2-9 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 231 เลี้ยวเมืองอุบลราชธานี ช่วง กม.16+900 – 19+000

- 2) ทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ช่วง กม.410+000 เป็นระยะทางประมาณ 1 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มต่ำมีปัญหาในการระบายน้ำลงสู่ลำรางสาธารณะ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-10) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)



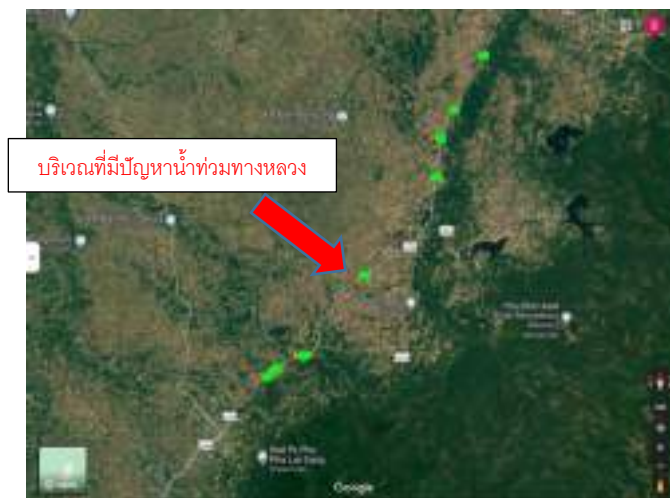
รูปที่ 3.2-10 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ช่วง กม.410+000

- 3) ทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณก่อนข้ามสะพานแม่น้ำมูล ในช่วงฤดูน้ำหลากในปีปกติจะเกิดปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ริมทางหลวง ประชาชนจะใช้ไหล่ทางเป็นที่พักพิงชั่วคราว แต่ในปีที่มีน้ำหลากรุนแรง เช่น ในปี พ.ศ. 2545 และพ.ศ. 2562 จะเกิดสภาพน้ำหลากไหลข้ามทางหลวง (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-11)



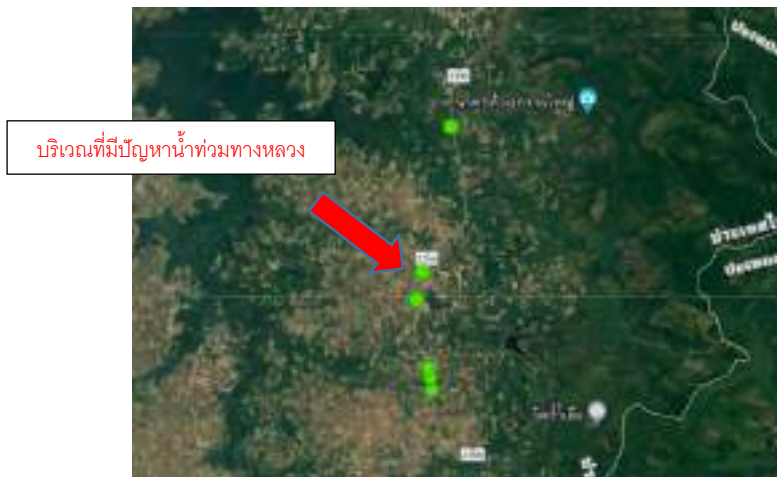
รูปที่ 3.2-11 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณก่อนข้ามสะพานแม่น้ำมูล

- 4) ทางหลวงหมายเลข 2248 ช่วง กม.46+000 – 102+200 มีลักษณะน้ำท่วมแบบน้ำป่าไหลหลากโดยจะท่วมผิวทางและลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีระยะเวลาท่วมไม่กี่ชั่วโมง (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-12) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)



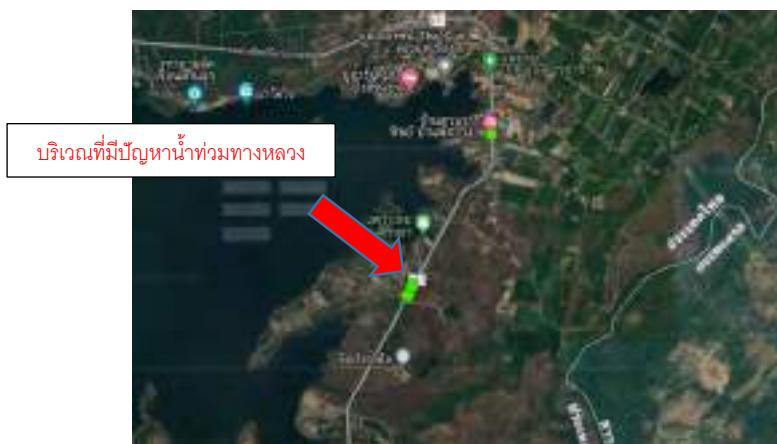
รูปที่ 3.2-12 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2248 ช่วง กม.46+000 – 102+200

- 5) ทางหลวงหมายเลข 2396 ช่วง กม.6+450 – 46+470 มีลักษณะน้ำท่วมแบบน้ำป่าไหลหลากซึ่งจะไหลมาจากพื้นที่เชิงเขาด้านตะวันออก โดยจะท่วมผิวทางและลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีระยะเวลาท่วมไม่กี่ชั่วโมง (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-13) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)



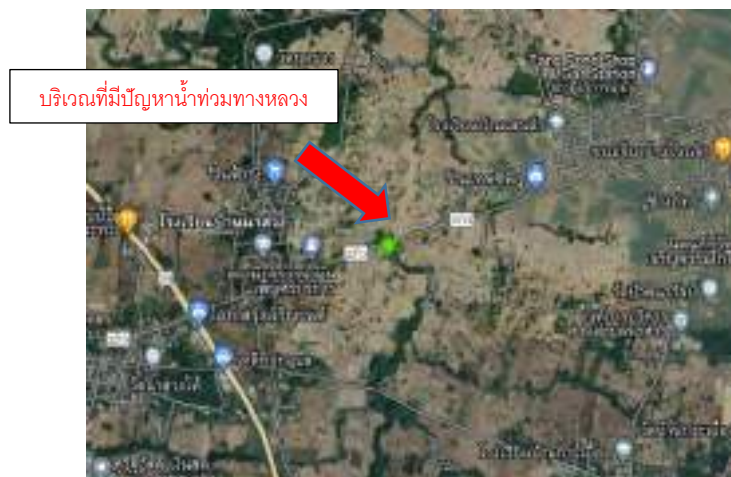
รูปที่ 3.2-13 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2396 ช่วง กม.6+450 – 46+470

- 6) ทางหลวงหมายเลข 217 บริเวณ กม. 77+800 – 78+800 มีลักษณะน้ำท่วมแบบน้ำป่าไหลหลากจากพื้นที่เชิงเขาด้านตะวันออก ไหลลงสู่เขื่อนวชิราลงกรณ โดยลักษณะการท่วมจะท่วมคันทางและระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นจนไหลบ่าท่วมผิวทาง เนื่องจากอาคารระบายน้ำตามขวาง ไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน โดยจะ (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-14) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาจึงต้องปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)



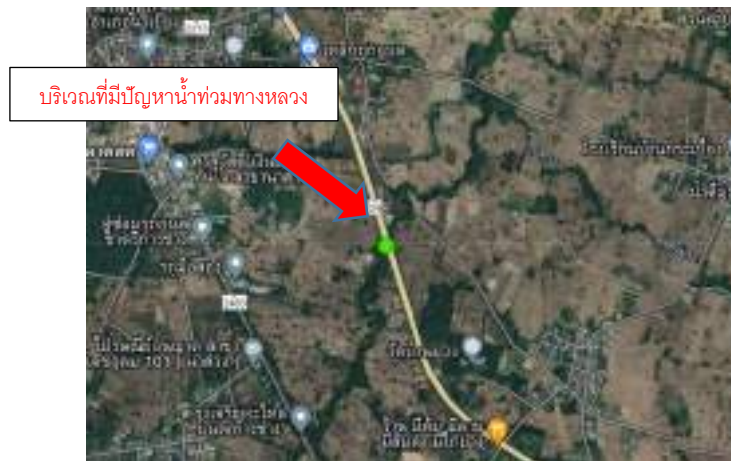
รูปที่ 3.2-14 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 217 บริเวณ กม. 77+800 – 78+800

- 7) ทางหลวงหมายเลข 2213 บริเวณ กม. 4+500 – 5+500 มีลักษณะน้ำท่วมอันเนื่องมาจากน้ำจากคลองเคนไหลล้นตลิ่งและป่าเข้าท่วมพื้นที่ โดยลักษณะการไหลบ่าของน้ำจากไหลจากทิศใต้มายังทิศเหนือ โดยมีทางหลวงหมายเลข 2213 คั่นอยู่ ซึ่งอาคารระบายน้ำตามขวางปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ ทำให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นและท่วมผิวทาง (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-15) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)



รูปที่ 3.2-15 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2213 บริเวณ กม. 4+500 – 5+500

- 8) ทางหลวงหมายเลข 24 บริเวณ กม. 394+100 – 394+200 มีลักษณะน้ำท่วมอันเนื่องมาจากน้ำจากคลองเคนไหลล้นตลิ่งและป่าเข้าท่วมพื้นที่ โดยลักษณะการไหลบ่าของน้ำจากไหลจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ได้มายังทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีทางหลวงหมายเลข 24 คั่นอยู่ ซึ่งอาคารระบายน้ำตามขวางปัจจุบันมีขนาดไม่เพียงพอ ทำให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นและท่วมผิวทาง (แสดงพื้นที่ที่มีปัญหาในรูปที่ 3.2-16) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาก็ต้องปรับปรุงอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)



รูปที่ 3.2-15 ปัญหาน้ำท่วมขังทางหลวงหมายเลข 2213 บริเวณ กม. 394+100 – 394+200



3.3. ผลการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาระบายน้ำ

จากลักษณะสภาพปัญหาของอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ซึ่งแยกตามพื้นที่รับผิดชอบของ
แขวงทางหลวงยโสธร แขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 1 และแขวงทางหลวงอุบลราชธานีที่ 2 ตามรายละเอียดที่
กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2 ทางที่ปรึกษา ได้นำข้อมูลดังกล่าวนำเสนอต่อคณะกรรมการบริหารโครงการและแขวงทางหลวง
ในพื้นที่ โดยผ่านการประชุมทั้งหมด 2 ครั้ง ดังนี้

- การประชุมคณะกรรมการบริหารโครงการ โครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง
ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2565
- การประชุมคณะกรรมการบริหารโครงการ โครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง
ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

จากผลการประชุมดังกล่าว สามารถสรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำทั้งใน
กรณีของระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) และอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) ได้ดัง
ตารางที่ 3.3-1 ถึง 3.3-2 และรูปที่ 3.3-1 ตามลำดับ โดยในส่วนของพื้นที่เป้าหมายการแก้ไขปัญหาระบายน้ำ
ข้างทางนั้น จะมีความยาวของการสำรวจรวมทั้งสิ้นประมาณ 63.30 กิโลเมตร ในขณะที่เป้าหมายของการศึกษาระบบ
ระบายน้ำแบบตามขวาง จะมีขนาดของพื้นที่รับน้ำรวมประมาณ 1,823.10 ตารางกิโลเมตร



ตารางที่ 3.3-1 สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

ลำดับพื้นที่	แนวทางหลวง	ทางหลวง	กม. สํารวจ	แนวสํารวจ	ระยะทางสํารวจ (กม.)	ผังแนวสํารวจ
พื้นที่ที่ 1	ยโสธร	23	172+352 - 175+852	ซ้ายทาง/ขวาทาง	7.00	
		202	258+777 - 259+677	ซ้ายทาง/ขวาทาง	1.80	
		292	0+000 - 0+750	ซ้ายทาง/ขวาทาง	1.50	
พื้นที่ที่ 2	ยโสธร	292	1+900 - 4+400	ซ้ายทาง/ขวาทาง	5.00	



ตารางที่ 3.3-1 (ต่อ) สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

ลำดับพื้นที่	แขวงทางหลวง	ทางหลวง	กม. สํารวจ	แนวสํารวจ	ระยะทางสํารวจ (กม.)	ผังแนวสํารวจ
พื้นที่ที่ 3	ยโสธร	202	266+412 - 268+812	ซ้ายทาง/ขวาทาง	4.80	
		23	179+845 - 183+645	ซ้ายทาง/ขวาทาง	7.60	
พื้นที่ที่ 4	ยโสธร	23	198+200 - 202+000	ซ้ายทาง/ขวาทาง	7.60	



ตารางที่ 3.3-1 (ต่อ) สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหการระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

ลำดับพื้นที่	แขวงทางหลวง	ทางหลวง	กม. สํารวจ	แนวสํารวจ	ระยะทางสํารวจ (กม.)	ผังแนวสํารวจ
พื้นที่ที่ 5	อุบลราชธานีที่ 1	231	13+000 - 16+300	ซ้ายทาง/ขวาทาง	6.60	
		2178	1+891 - 5+291	ซ้ายทาง/ขวาทาง	6.80	
พื้นที่ที่ 6	อุบลราชธานีที่ 2	24	406+100 - 408+500	ซ้ายทาง/ขวาทาง	4.80	



ตารางที่ 3.3-1 (ต่อ) สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

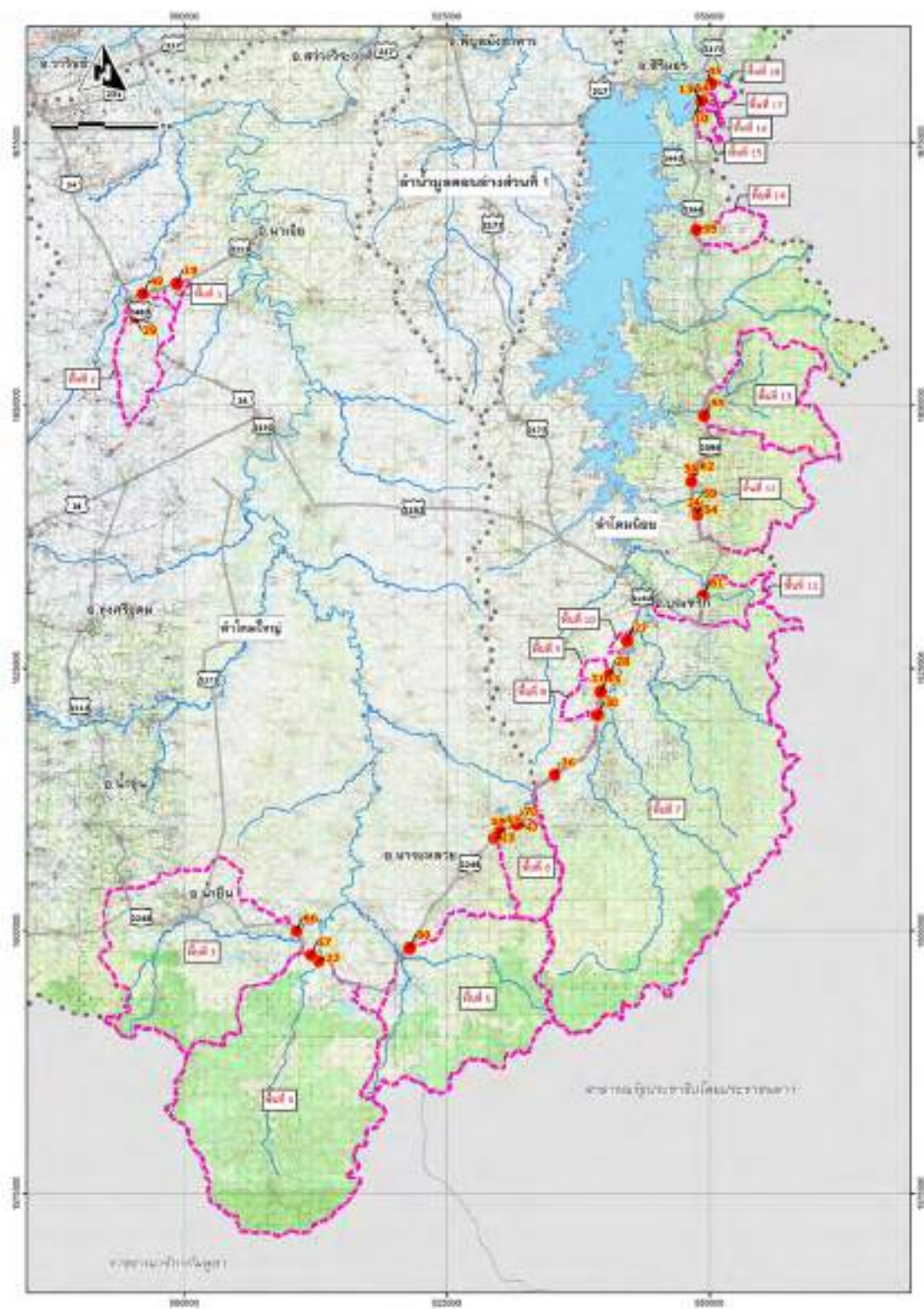
ลำดับพื้นที่	แขวงทางหลวง	ทางหลวง	กม. สํารวจ	แนวสํารวจ	ระยะทางสํารวจ (กม.)	ผังแนวสํารวจ
พื้นที่ที่ 7	อุบลราชธานีที่ 2	24	377+000 - 380+000	ซ้ายทาง/ขวาทาง	6.00	
		2191	0+000 - 1+200	ซ้ายทาง/ขวาทาง	2.40	
รวมระยะทางสํารวจ						63.30 กม.



ตารางที่ 3.3-2 สรุปพื้นที่เป้าหมายสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาาระบบระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)

แนวทางหลวง	ทล. - กม.	พื้นที่รับน้ำย่อยหมายเลข	ขนาดพื้นที่รวม (ตร.กม.)
อุบลราชธานีที่ 2	ทล.2248 กม.46+000 - 102+200	3,4,5,6,7,8,9,10	1,532.89
	ทล.2396 กม.6+450 - 46+470	11,12,13,14	230.73
	ทล.217 กม.77+800 - 78+800	15,16,17,18	11.24
	ทล.2213 กม.4+500 - 5+500	1	3.61
	ทล.24 กม.394+100 - 394+200	2	44.63
รวมขนาดพื้นที่			1,823.10

หมายเหตุ หมายเลขพื้นที่รับน้ำย่อยอ้างอิงตามรูปที่ 3.3-1



รูปที่ 3.3-1 การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยสำหรับการศึกษาการแก้ไขปัญหาหาระบบระบายน้ำแบบ Cross Drain



บทที่ 4

การรวบรวมและสำรวจข้อมูล

4. การรวบรวมและสำรวจข้อมูล

ในการรวบรวมและสำรวจข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลด้านเข้า (Input Data) สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ปรับปรุงสะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อลอด เพื่อการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่เป้าหมายที่ได้คัดเลือกไว้ โดยข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมและสำรวจประกอบด้วย ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ ข้อมูลตำแหน่ง ขนาด และมิติของอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) รวมถึงข้อมูลระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain) โดยรายละเอียดของผลการรวบรวมข้อมูลตามที่กล่าวมาข้างต้นแสดงได้ดังนี้

4.1. การรวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา

4.1.1. ข้อมูลอุตุนิมวิทยา

4.1.1.1. สภาพภูมิอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศของสถานีอำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร และสถานีตรวจวัดอากาศอำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งบันทึกไว้โดยกรมอุตุนิมวิทยา ช่วงปี พ.ศ. 2534-2563 ดังแสดงในรูปที่ 4.1-1 และ 4.1-2 สามารถสรุปค่าเฉลี่ยช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน ค่าสูงสุดรายเดือน และค่าเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศดังแสดงในตารางที่ 4.1-1 โดยมีรายละเอียดของตัวแปรทางภูมิอากาศที่สำคัญ ดังนี้

● จังหวัดยโสธร

- อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคมวัดได้ 37.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคมวัดได้ 17.5 องศาเซลเซียส ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 23.0 - 31.0 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 75.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 98.0 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดวัดได้ 38.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 62.0 - 88.0 เปอร์เซ็นต์



- ความครึ้มของเมฆโดยเฉลี่ย 4.3 อ็อกต้า (0-10 อ็อกต้า) ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 1.0 - 7.0 อ็อกต้า
- ความเร็วลมโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 2.8 น็อต ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 1.8-4.9 น็อต
- ปริมาณการระเหยโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,677.0 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 90.7 - 184.8 มิลลิเมตร
- ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,099.2 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 1.6 - 266.9 มิลลิเมตร

● จังหวัดอุบลราชธานี

- อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนวัดได้ 36.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมวัดได้ 18.1 องศาเซลเซียส ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 24.3 - 30.1 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 72.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 94.0 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดวัดได้ 40.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 62.0 - 82.0 เปอร์เซ็นต์
- ความครึ้มของเมฆโดยเฉลี่ย 6.4 อ็อกต้า (0 - 10 อ็อกต้า) ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 4.6 - 8.3 อ็อกต้า
- ความเร็วลมโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 3.4 น็อต ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 2.6 - 5.1 น็อต
- ปริมาณการระเหยโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,574.0 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 104.8 - 166.7 มิลลิเมตร
- ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,629.6 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 3.6 - 314.3 มิลลิเมตร



โครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี
รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

สถานีภูมิอากาศ	อำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร	ความสูงของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	141.98	เมตร
รหัสสถานี	48406	ความสูงของ Barometer เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	147.16	เมตร
เส้นรุ้ง	15° 47' 41.8" N	ความสูงของ Thermometer เหนือระดับผิวดิน	0.00	เมตร
เส้นแวง	104° 12' 51.7" E	ความสูงของ Wind Vane เหนือระดับผิวดิน	0.00	เมตร
		ความสูงของ Rainuage	0.00	เมตร

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)													
เฉลี่ย	1,013.10	1,014.00	1,009.40	1,010.40	1,007.10	1,006.60	1,006.40	1,005.80	1,007.10	1,008.00	1,012.70	1,013.50	1,009.51
เฉลี่ยสูงสุด	1,020.76	1,021.66	1,016.35	1,015.47	1,013.83	1,011.99	1,010.43	1,010.14	1,011.59	1,013.10	1,017.00	1,019.69	1,021.66
เฉลี่ยต่ำสุด	1,007.05	1,005.61	1,002.64	1,003.93	1,000.91	999.95	1,000.58	997.71	993.87	1,002.05	1,006.40	1,006.61	993.87
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ยสูงสุด	33.1	33.9	37.2	36.5	37.0	34.6	33.9	31.9	32.7	28.8	30.9	29.7	33.3
สูงสุด	35.5	36.8	40.2	40.4	41.5	38.5	35.9	34.5	34.7	33.7	34.7	33.8	41.5
เฉลี่ยต่ำสุด	19.4	19.0	23.9	23.8	26.2	24.7	24.4	24.0	23.7	21.8	20.7	17.5	22.4
ต่ำสุด	14.7	15.5	20.4	20.6	23.6	23.1	22.9	22.5	21.8	17.5	16.6	13.0	13.0
เฉลี่ย	25.4	25.9	29.8	29.7	31.0	29.5	28.9	27.6	28.0	25.0	25.3	23.0	27.4
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	18.3	17.3	21.9	22.0	24.9	24.8	25.2	25.2	25.5	22.4	20.0	17.2	22.1
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)													
เฉลี่ย	67	62	65	66	72	78	82	88	87	86	74	71	75
เฉลี่ยสูงสุด	88	84	87	83	90	92	95	97	98	95	89	87	90
เฉลี่ยต่ำสุด	44	38	42	46	51	60	63	73	70	74	56	53	56
ต่ำสุด	36	26	21	37	37	45	53	58	58	53	36	46	21
ทัศนวิสัย (กม.)													
เฉลี่ย	10.0	9.2	8.1	8.5	8.7	9.8	10.0	9.6	9.4	9.4	9.4	9.9	9.3
เมฆปกคลุม (0-10)													
เฉลี่ย	1.0	2.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	6.0	7.0	3.0	3.0	4.3
ลม (มม.)													
ทิศทาง	NE	NE	SE	NE	SE,S	S	S	S	SE	NE	NE	NE	-
ความเร็วลมเฉลี่ย	2.5	3.2	2.5	2.9	2.3	2.3	2.0	2.3	1.8	3.2	3.9	4.9	2.8
ความเร็วลมสูงสุด	21.0	23.0	23.0	22.0	33.0	25.0	16.0	23.0	26.0	24.0	27.0	30.0	33.0
ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)													
เฉลี่ย-ภาค	124.5	151.9	173.2	177.8	184.8	148.3	137.7	112.7	115.6	90.7	131.4	128.4	1677.0
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	4.7	1.6	20.6	14.3	121.2	102.1	146.8	266.9	241.4	179.3	0.3	-	1099.2
จำนวนวันที่ฝนตก	3.0	1.0	2.0	7.0	10.0	12.0	14.0	18.0	17.0	19.0	1.0	-	104.0
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	2.5	1.6	11.1	8.0	35.4	40.6	51.1	107.7	133.6	61.5	0.3	-	133.6
ชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชม.)													
เฉลี่ย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
หมอก	11.0	18.0	28.0	25.0	20.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	8.0	1.0	114.0
ลูกเห็บ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ฟ้าคะนอง	0.0	0.0	4.0	8.0	11.0	8.0	8.0	6.0	6.0	3.0	0.0	0.0	54.0
พายุฝน	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.0	4.0	0.0	0.0	0.0	8.0

รูปที่ 4.1-1 สถิติสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรอบ 30 ปี ของสถานีอำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร



โครงการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวง ในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี
รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

สถานีภูมิอากาศ	อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี	ความสูงของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	122.00	เมตร
รหัสสถานี	48407	ความสูงของ Barometer เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	123.50	เมตร
เส้นรุ้ง	15° 15' 0.0" N	ความสูงของ Thermometer เหนือระดับผิวดิน	1.50	เมตร
เส้นแวง	104° 52' 0.0" E	ความสูงของ Wind Vane เหนือระดับผิวดิน	11.60	เมตร
		ความสูงของ Rain gauge	0.80	เมตร

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)													
เฉลี่ย	1,013.20	1,011.80	1,009.90	1,008.50	1,007.20	1,006.20	1,006.00	1,006.20	1,007.70	1,010.10	1,011.70	1,013.30	1,009.32
เฉลี่ยสูงสุด	1,024.20	1,024.23	1,027.66	1,018.50	1,014.29	1,013.20	1,013.22	1,012.93	1,015.67	1,018.68	1,022.17	1,022.80	1,027.66
เฉลี่ยต่ำสุด	1,004.34	1,002.23	999.98	999.66	998.20	998.63	998.65	997.59	994.76	998.89	998.04	1,002.48	994.76
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ยสูงสุด	32.1	34.1	35.9	36.6	35.1	33.8	32.7	32.2	32.1	32.3	32.2	31.2	33.4
สูงสุด	37.2	39.2	40.6	42.6	41.7	39.8	38.5	36.3	37.1	35.9	36.5	36.7	42.6
เฉลี่ยต่ำสุด	18.1	20.1	23.0	24.6	24.9	24.9	24.6	24.4	24.1	22.8	20.9	18.7	22.6
ต่ำสุด	11.1	11.5	13.1	16.4	20.6	20.6	20.3	20.0	19.2	15.9	13.3	9.6	9.6
เฉลี่ย	24.6	26.5	29.0	30.1	29.3	28.7	28.1	27.8	27.6	27.1	26.0	24.3	27.4
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	16.9	18.2	20.4	22.4	23.8	24.1	24.0	24.1	24.0	22.3	19.8	17.4	21.5
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)													
เฉลี่ย	65	63	62	66	74	78	80	81	82	77	71	67	72
เฉลี่ยสูงสุด	87	84	81	83	89	91	92	93	94	91	88	86	88
เฉลี่ยต่ำสุด	42	40	42	46	54	60	63	65	65	58	51	47	53
ต่ำสุด	12	21	17	21	29	38	35	44	45	28	29	24	12
ทัศนวิสัย (กม.)													
เฉลี่ย	8.9	8.4	8.3	8.8	9.5	9.7	9.6	9.7	9.5	8.9	9.2	9.2	9.1
เมฆปกคลุม (0-10)													
เฉลี่ย	4.6	4.8	5.5	6.1	7.2	7.7	8.0	8.3	7.9	6.5	5.3	4.9	6.4
ลม (มอด)													
ทิศทาง	N	N	N	S	SE	S	SW	SW	S	N	N	N	-
ความเร็วลมเฉลี่ย	3.5	3.3	3.0	2.8	2.8	3.1	3.3	3.3	2.6	3.6	4.8	5.1	3.4
ความเร็วลมสูงสุด	30.0	34.0	40.0	58.0	45.0	45.0	44.0	44.0	39.0	35.0	46.0	39.0	58.0
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)													
เฉลี่ย-ภาค	126.8	131.1	163.5	166.7	149.6	133.9	123.2	114.1	104.8	117.5	118.7	124.1	1574.0
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	3.6	13.5	28.6	82.6	222.9	236.9	293.3	291.3	314.3	112.1	22.5	5.3	1626.9
จำนวนวันที่ฝนตก	0.9	1.8	4.2	7.0	15.4	17.4	19.5	21.2	19.7	10.2	3.1	0.9	121.3
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	25.5	87.5	65.3	116.7	172.2	131.4	160.5	173.1	190.0	113.3	122.4	99.1	190.0
ชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชม.)													
เฉลี่ย	258.4	241.3	243.7	233.5	213.4	160.7	148.1	139.3	139.0	199.1	228.4	237.2	2442.1
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.1	0.2	1.2
หมอก	22.6	24.8	26.1	23.0	10.7	5.2	3.6	2.1	3.0	11.5	13.8	18.0	164.4
ลูกเห็บ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ฟ้าคะนอง	0.1	0.7	2.4	6.2	12.5	9.5	8.8	8.5	9.3	4.0	0.7	0.0	62.7
พายุฝน	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2

รูปที่ 4.1-2 สถิติสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรอบ 30 ปี ของสถานีอำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี



ตารางที่ 4.1-1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศหลักที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

สถานีตรวจวัด สภาพภูมิอากาศ	ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ย รายปี	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย สูงสุดราย เดือน	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด รายเดือน
จังหวัดอุบลราชธานี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.4	24.3 (ธ.ค.) - 30.1 (เม.ย.)	36.6 (เม.ย.)	18.1 (ม.ค.)
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	72.0	62 (มี.ค.) - 82 (ก.ย.)	94.0 (ก.ย.)	40.0 (ก.พ.)
	ความครึ้มของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	6.4	4.6 (ม.ค.) - 8.3 (ส.ค.)	-	-
	ความเร็วลม (น็อต)	3.4	2.6 (ก.ย.) - 5.1 (ธ.ค.)	-	-
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	1,574.0	104.8 (ก.ย.) - 166.7 (เม.ย.)	-	-
	ปริมาณฝน (มม.)	1,629.6	3.6 (ม.ค.) - 314.3 (ก.ย.)	-	-
จังหวัดยโสธร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.4	23.0 (ธ.ค.) - 31.0 (เม.ย.)	37.0 (พ.ค.)	19.4 (ม.ค.)
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	74.8	62 (ก.พ.) - 88 (ส.ค.)	98.0 (ก.ย.)	38.0 (ก.พ.)
	ความครึ้มของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	4.3	1.0 (ม.ค.) - 7.0 (ส.ค.)	-	-
	ความเร็วลม (น็อต)	2.8	1.8 (ก.ย.) - 4.9 (ธ.ค.)	-	-
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	1,677.0	90.7 (ก.ย.) - 184.8 (เม.ย.)	-	-
	ปริมาณฝน (มม.)	1,099.2	0.3 (พ.ย.) - 266.9 (ส.ค.)	-	-



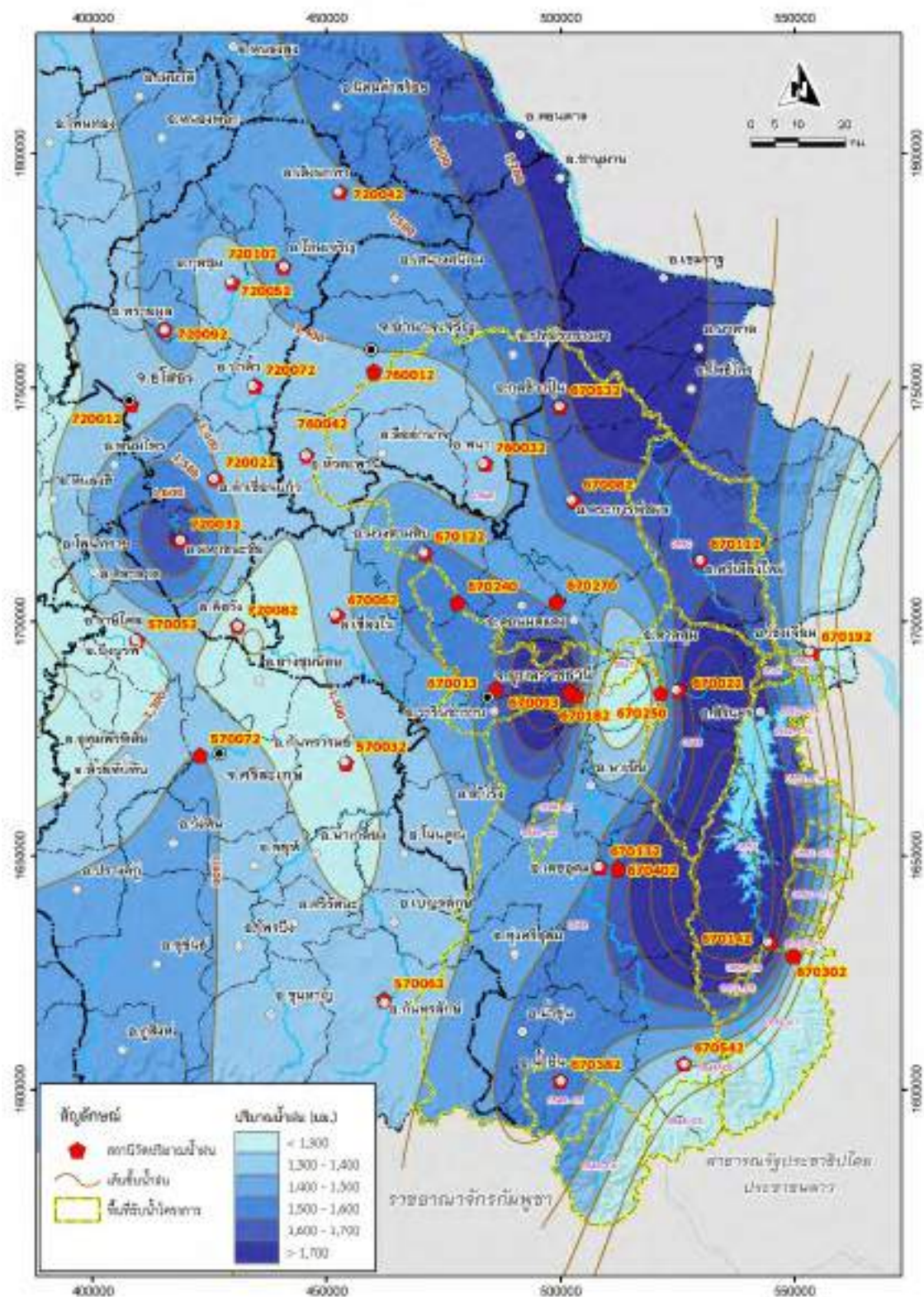
4.1.1.2. ข้อมูลปริมาณฝน

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยจากสถานีวัดน้ำฝนพื้นที่โครงการในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ตลอดจนพื้นที่ข้างเคียงที่รวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน จำนวน 34 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจัดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแต่ละสถานีครบตลอดทั้งปี และมีช่วงเวลาการเก็บมากกว่า 20 ปี คือ ในช่วงปี พ.ศ.2534-2563 ดังแสดงรายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งสถานีและปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีในตารางที่ 4.1-2 สามารถนำมาวิเคราะห์เส้นชั้นน้ำฝนและปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่บริเวณโครงการได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1-3



ตารางที่ 4.1-2 สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีเฉลี่ย

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	สถานีวัดน้ำฝน	ที่ตั้งสถานี			พิกัด		ช่วงปีสถิติ ข้อมูล	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย, มม.												ปริมาณฝน รายปี (มม.)
			ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด		เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1	570032	อ.กันทรารมย์	ดุน	กันทรารมย์	ศรีสะเกษ	15° 06' 11"	104° 34' 28"	2465 - 2563	56.99	170.74	189.87	209.55	232.75	254.18	110.16	14.46	3.62	2.40	10.34	22.88	1,277.94
2	570052	อ.ราชสีห์	เมืองคง	ราชสีห์	ศรีสะเกษ	15° 20' 18"	104° 09' 25"	2465 - 2563	67.95	181.65	177.73	219.44	228.46	250.43	102.08	14.33	2.38	2.40	10.17	25.67	1,282.68
3	570063	อ.กันทรลักษณ์	น้ำอ้อม	กันทรลักษณ์	ศรีสะเกษ	14° 38' 43"	104° 39' 01"	2465 - 2563	79.22	162.42	180.26	207.20	228.72	263.87	148.27	19.49	3.34	2.24	5.67	29.55	1,330.25
4	570072	สถานีทดลองไหม (ขยายพันธุ์พืช) ศรีสะเกษ	หนองไผ่	เมืองศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ	15° 07' 01"	104° 17' 02"	2503 - 2563	81.48	184.40	196.87	218.58	258.14	274.73	123.38	22.45	2.07	2.16	8.09	26.89	1,399.23
5	670013	อ.เมือง	แจระแม	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี	15° 13' 35"	104° 51' 42"	2464 - 2563	80.19	206.77	238.26	268.81	311.63	297.41	114.95	19.07	2.45	2.14	13.05	33.82	1,588.54
6	670022	อ.พิบูลมังสาหาร	พิบูล	พิบูลมังสาหาร	อุบลราชธานี	15° 14' 39"	105° 14' 11"	2464 - 2561	78.75	207.87	268.82	312.04	351.45	309.94	115.21	19.81	2.04	1.98	6.63	34.50	1,709.04
7	670062	อ.เขื่องใน	เขื่องใน	เขื่องใน	อุบลราชธานี	15° 23' 12"	104° 33' 20"	2465 - 2563	60.73	180.45	204.13	228.95	247.93	288.97	105.50	11.90	0.61	1.73	8.48	25.13	1,364.51
8	670082	อ.ตระการพิพิธ	ขุหลุ	ตระการพิพิธ	อุบลราชธานี	15° 36' 38"	105° 01' 32"	2465 - 2563	77.27	204.19	242.87	294.04	336.19	283.68	94.43	15.05	2.14	3.17	10.38	29.58	1,593.00
9	670093	สภ.อุบลราชธานี	ปทุมแสง	สว่างวีระวงศ์	อุบลราชธานี	15° 13' 59"	105° 01' 59"	2520 - 2563	71.65	211.05	253.40	280.20	305.27	303.89	114.83	22.27	3.19	2.05	12.58	24.52	1,604.90
10	670112	อ.ศรีเมืองใหม่	ลาดควาย	ศรีเมืองใหม่	อุบลราชธานี	15° 29' 41"	105° 16' 44"	2465 - 2563	71.29	191.30	275.14	329.19	358.37	291.50	90.85	12.69	1.67	6.42	7.79	29.52	1,665.74
11	670122	อ.ม่วงสามสิบ	ม่วงสามสิบ	ม่วงสามสิบ	อุบลราชธานี	15° 30' 32"	104° 43' 50"	2465 - 2563	65.47	191.00	231.90	271.24	297.31	303.55	101.99	14.60	1.09	2.00	9.56	30.83	1,520.53
12	670132	อ.เดชอุดม	เมืองเดช	เดชอุดม	อุบลราชธานี	14° 54' 06"	105° 04' 46"	2464 - 2563	74.16	188.39	238.91	258.09	284.47	289.06	123.88	26.78	2.69	1.40	5.97	28.41	1,522.20
13	670182	ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯอุบลราชธานี	ปทุมแสง	สว่างวีระวงศ์	อุบลราชธานี	15° 16' 33"	105° 02' 08"	2502 - 2563	80.18	232.18	306.09	309.36	389.37	326.17	129.14	18.94	2.44	2.54	10.75	36.03	1,843.19
14	670192	อ.โขงเจียม	โขงเจียม	โขงเจียม	อุบลราชธานี	15° 18' 57"	105° 30' 02"	2509 - 2563	83.27	216.37	306.18	365.65	421.04	312.65	97.19	18.41	2.02	3.22	6.94	26.16	1,859.10
15	670240	อ่างเก็บน้ำหนองช้างใหญ่ อ.เมือง	ชีเหล็ก	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี	15° 24' 47"	104° 47' 44"	2498 - 2563	49.89	170.70	208.27	239.43	278.71	261.47	90.25	15.29	3.10	2.87	2.75	18.75	1,341.48
16	670250	อ่างเก็บน้ำห้วยวังแดง อ.พิบูลมังสาหาร	โพธิ์ไทร	พิบูลมังสาหาร	อุบลราชธานี	15° 14' 18"	105° 12' 02"	2500 - 2563	61.82	186.63	243.53	284.22	353.60	290.35	98.41	17.23	1.58	0.88	3.01	18.57	1,559.85
17	670270	อ่างเก็บน้ำสระสมิง อ.เมือง	เหล่าเสือโก้ก	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี	15° 24' 52"	104° 59' 33"	2504 - 2563	54.47	175.46	229.80	233.72	328.93	252.18	87.70	13.41	2.65	1.74	4.11	12.16	1,396.33
18	670302	สถานีรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุบลราชธานี	หนองขอน	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี	14° 43' 47"	105° 27' 48"	2513 - 2563	71.83	211.45	220.44	252.70	271.81	275.09	101.03	13.62	2.06	1.42	10.65	26.62	1,458.72
19	670382	อ.น้ำยืน	สิริเชียร	น้ำยืน	อุบลราชธานี	14° 29' 20"	105° 00' 01"	2523 - 2563	94.87	176.69	155.00	186.82	223.38	295.97	161.73	41.15	10.63	4.16	11.60	36.72	1,398.73
20	670402	นิคมสร้างตนเองลำโดมใหญ่ อ.เดชอุดม	โพนงาม	เดชอุดม	อุบลราชธานี	14° 53' 52"	105° 06' 50"	2527 - 2563	71.03	186.15	228.69	269.01	268.29	311.49	128.81	28.00	3.37	2.41	8.52	36.23	1,541.99
21	670532	อ.กุดข้าวปุ้น	กุดข้าวปุ้น	กุดข้าวปุ้น	อุบลราชธานี	15° 50' 03"	104° 59' 53"	2533 - 2563	71.99	218.48	239.67	306.90	320.49	319.93	84.45	19.52	2.05	5.08	9.04	30.42	1,628.03
22	670542	อ.นาจะหลวย	นาจะหลวย	นาจะหลวย	อุบลราชธานี	14° 31' 19"	105° 14' 44"	2537 - 2563	96.33	224.53	194.98	276.95	284.19	322.29	167.17	39.01	11.66	3.94	9.30	37.90	1,668.26
23	720012	อ.เมืองยโสธร	ในเมือง	เมืองยโสธร	ยโสธร	15° 47' 38"	104° 08' 39"	2466 - 2563	59.92	183.65	181.55	213.72	254.01	274.57	101.99	8.75	0.59	4.19	11.08	30.53	1,324.54
24	720022	อ.คำเขื่อนแก้ว	ลุมพุก	คำเขื่อนแก้ว	ยโสธร	15° 39' 06"	104° 18' 41"	2465 - 2563	69.48	171.89	196.55	232.54	260.37	263.24	95.51	12.49	1.41	2.41	10.00	24.51	1,340.39
25	720032	อ.มหาชนะชัย	ฟ้าหยาด	มหาชนะชัย	ยโสธร	15° 31' 56"	104° 14' 33"	2465 - 2563	72.41	184.25	207.09	231.41	268.65	292.98	102.10	11.55	1.13	2.83	13.38	31.74	1,419.51
26	720042	อ.เลิงนกทา	สามแยก	เลิงนกทา	ยโสธร	16° 12' 22"	104° 33' 32"	2495 - 2563	66.52	215.58	260.20	315.44	384.87	320.56	94.64	7.41	1.05	7.17	10.81	24.35	1,708.59
27	720052	อ.กุดชุม	กุดชุม	กุดชุม	ยโสธร	15° 40' 51"	104° 51' 02"	2513 - 2560	61.52	156.91	217.59	276.78	355.09	263.65	96.04	11.15	0.31	5.43	17.22	30.62	1,492.30
28	720072	อ.ป่าดัว	โพธิ์ไทร	ป่าดัว	ยโสธร	15° 49' 50"	104° 23' 26"	2519 - 2563	52.93	165.91	188.43	241.67	301.49	271.62	90.13	14.49	0.64	4.05	8.42	33.18	1,372.95
29	720082	อ.ค้อวัง	ค้อวัง	ค้อวัง	ยโสธร	15° 22' 01"	104° 21' 27"	2527 - 2563	55.28	169.11	172.09	226.43	252.37	300.78	113.31	20.08	1.78	4.19	13.34	36.61	1,365.36
30	720092	อ.ทรายมูล	ทรายมูล	ทรายมูล	ยโสธร	15° 56' 23"	104° 12' 35"	2528 - 2563	42.32	149.86	179.31	221.02	274.14	206.57	78.85	18.34	0.71	5.59	13.12	26.38	1,216.21
31	720102	อ.ไทยเจริญ	ไทยเจริญ	ไทยเจริญ	ยโสธร	16° 03' 42"	104° 26' 49"	2543 - 2563	55.48	126.45	207.00	314.84	320.23	257.77	73.21	15.64	3.34	8.05	9.04	31.24	1,422.29
32	760012	อ.เมืองอำนาจเจริญ	บุ่ง	เมืองอำนาจเจริญ	อำนาจเจริญ	15° 51' 31"	104° 37' 42"	2464 - 2563	62.81	180.13	219.60	243.54	315.98	272.45	89.59	8.92	1.07	3.43	12.36	28.39	1,438.26
33	760032	อ.พนา	พนา	พนา	อำนาจเจริญ	15° 40' 51"	104° 51' 02"	2509 - 2563	58.03	180.61	212.37	248.58	301.67	258.71	79.98	12.21	0.11	1.47	8.64	25.31	1,387.67
34	760042	อ.หัวตะพาน	หัวตะพาน	หัวตะพาน	อำนาจเจริญ	15° 43' 35"	104° 27' 17"	2517 - 2563	71.67	190.05	201.92	220.92	280.38	233.11	73.44	12.92	0.96	4.54	11.60	22.91	1,324.41



รูปที่ 4.1-3 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน และเส้นชั้นน้ำฝนในพื้นที่โครงการ



4.1.2. ข้อมูลอุทกวิทยา

4.1.2.1. ปริมาณน้ำท่า

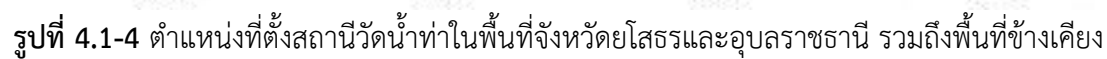
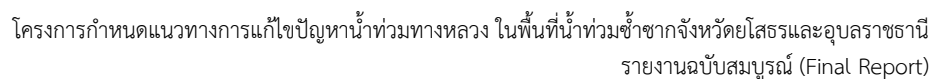
จากการรวบรวมและคัดเลือกข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่โครงการจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี (ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล) และพื้นที่ข้างเคียงจากกรมชลประทาน จำนวน 34 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแต่ละสถานีครบตลอดทั้งปี ในช่วงปี พ.ศ.2534-2564 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1-3 และรูปที่ 4.1-4 โดยข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่รวบรวมได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ยรายเดือน-รายปี ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4



ตารางที่ 4.1-3 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง

ลำดับ ที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	พิกัด		พื้นที่ รับน้ำฝน (ตร.กม.)	หน่วยงาน ที่รับ ผิดชอบ	ช่วงปี สถิติ ข้อมูล	จำนวนปี ที่มี ข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด				
ลุ่มน้ำชี									
1	E.18	บ้านท่าสะแบง	ร้อยเอ็ด	16° 2' 3" N	103° 54' 25" E	41,187	ชล.	2517 - 2564	47
2	E.20A	บ้านฟ้าหยาด	ยโสธร	15° 31' 30" N	104° 15' 0" E	47,800	ชล.	2517 - 2564	47
3	E.70	บ้านกุดขวาง	ร้อยเอ็ด	16° 17' 18" N	104° 0' 17" E	2,647	ชล.	2527 - 2564	37
4	E.92	บ้านท่างาม	ร้อยเอ็ด	16° 6' 34" N	104° 0' 39" E	3,359	ชล.	2550 - 2564	14
5	E.95	ฝายร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด	16° 10' 18" N	103° 47' 23" E	40,780	ชล.	2556 - 2564	8
6	E.97	ฝายยโสธร-พนมไพร	ยโสธร	15° 43' 48" N	104° 7' 51" E	46,766	ชล.	2556 - 2564	8
ลุ่มน้ำมูล									
7	M.5	บ้านเมืองตง	ศรีสะเกษ	15° 20' 21" N	104° 9' 9" N	45,295	ชล.	2498 - 2564	66
8	M.7	บ้านชุมชนดิงาม	อุบลราชธานี	15° 13' 22" N	104° 51' 29" N	107,345	ชล.	2493 - 2564	70
9	M.9	ชุมชนสะพานขาว	ศรีสะเกษ	15° 7' 5" N	104° 19' 7" N	2,988	ชล.	2497 - 2564	66
10	M.11	บ้านแก่งสะพือเหนือ	อุบลราชธานี	15° 14' 46" N	105° 14' 38" N	115,687	ชล.	2494 - 2511	17
11	M.11B	บ้านโพธิ์ตาก	อุบลราชธานี	15° 15' 11" N	105° 13' 53" N	115,687	ชล.	2552 - 2564	12
12	M.32	บ้านเชียงเพ็ง	ยโสธร	15° 50' 24" N	104° 27' 20" N	1,654	ชล.	2508 - 2564	56
13	M.66	บ้านวังชมภู	ศรีสะเกษ	14° 38' 36" N	104° 39' 34" N	562	ชล.	2508 - 2564	56
14	M.69	บ้านท่าบ่อแบง	อุบลราชธานี	15° 30' 13" N	104° 57' 59" N	2,129	ชล.	2514 - 2561	47
15	M.80	สะพานเดชอุดม	อุบลราชธานี	14° 53' 53" N	105° 5' 8" N	3,363	ชล.	2509 - 2543	34
16	M.95	บ้านกู่	ร้อยเอ็ด	15° 34' 18" N	103° 49' 12" N	1,753	ชล.	2521 - 2563	42
17	M.98	บ้านพยุห์	ศรีสะเกษ	14° 52' 46" N	104° 26' 3" N	1,150	ชล.	2522 - 2553	31
18	M.110	บ้านกุดสมบูรณ์	อุบลราชธานี	15° 26' 39" N	105° 18' 17" N	570	ชล.	2539 - 2555	16
19	M.127	บ้านนาไฮ	อุบลราชธานี	15° 38' 42" N	104° 55' 43" N	424	ชล.	2530 - 2564	34
20	M.141	สะพานบ้านเข้เปิด	อุบลราชธานี	15° 32' 24" N	104° 58' 46" N	382	ชล.	2530 - 2544	14
21	M.142	บ้านดอนอ้อ	ศรีสะเกษ	14° 30' 39" N	104° 37' 13" N	241	ชล.	2533 - 2547	14
22	M.143	บ้านหนองใหญ่	ศรีสะเกษ	14° 29' 11" N	104° 39' 37" N	47	ชล.	2533 - 2553	20
23	M.152	บ้านโพนทองน้อย	อุบลราชธานี	14° 28' 20" N	105° 5' 58" N	214	ชล.	2539 - 2553	14
24	M.153	บ้านกุดเชียงหมน	อุบลราชธานี	14° 26' 46" N	105° 7' 16" N	373	ชล.	2539 - 2553	14
25	M.154	บ้านนาจะหลวย	อุบลราชธานี	14° 27' 2" N	105° 11' 31" N	210	ชล.	2539 - 2553	14
26	M.155	บ้านนาฝือ	อำนาจเจริญ	16° 0' 21" N	104° 38' 24" N	219	ชล.	2540 - 2563	17
27	M.156	บ้านนาฝือ	อำนาจเจริญ	15° 59' 23" N	104° 38' 14" N	40	ชล.	2540 - 2563	16
28	M.157	บ้านนิคม	ยโสธร	15° 48' 23" N	104° 19' 40" N	729	ชล.	2540 - 2563	15
29	M.170	บ้านคำสำราญ	อุบลราชธานี	14° 47' 27" N	105° 6' 10" N	1,745	ชล.	2544 - 2564	20
30	M.176	บ้านโนนศรีโคส	ศรีสะเกษ	15° 0' 24" N	104° 38' 1" N	3,131	ชล.	2544 - 2558	21
31	M.179	บ้านท่าวาริ	อุบลราชธานี	15° 19' 40" N	104° 40' 55" N	3,881	ชล.	2545 - 2555	11
32	M.179A	บ้านปากอ	อุบลราชธานี	15° 30' 10" N	104° 35' 40" N	3,546	ชล.	2556 - 2564	9
33	M.182	บ้านสีถาน	ศรีสะเกษ	15° 7' 58" N	104° 29' 18" N	49,778	ชล.	2550 - 2563	13
34	M.190	บ้านขวาว	ศรีสะเกษ	15° 0' 38" N	104° 7' 42" N	2,339	ชล.	2551 - 2564	14

หมายเหตุ : ชป. หมายถึง กรมชลประทาน





ตารางที่ 4.1-4 ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี รวมถึงพื้นที่ข้างเคียง

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ช่วงปี สถิติ ข้อมูล	จำนวนปี ที่มี ข้อมูล	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)												ศักยภาพ การให้น้ำ (ลิตร/วิ/ตร.กม.)	
					เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.		รายปี
กลุ่มน้ำชี																		
1	E.18	41,187	2517 - 2564	47	151.50	223.40	370.70	510.10	815.50	1,418.70	1,606.60	886.10	231.70	127.20	108.30	129.70	6,579.50	5.07
2	E.20A	47,800	2517 - 2564	47	176.59	267.89	444.36	739.67	1,323.99	2,132.43	2,037.35	1,109.97	333.26	135.04	111.75	130.72	8,943.02	5.93
3	E.70	2,647	2527 - 2564	37	3.20	16.40	71.50	156.70	330.70	367.70	106.20	19.30	5.00	3.20	2.50	2.30	1,084.70	12.99
4	E.92	3,359	2550 - 2564	14	4.80	8.50	35.90	148.10	309.70	333.60	149.20	25.10	12.70	10.40	6.10	3.80	1,047.90	9.89
5	E.95	40,780	2556 - 2564	8	126.40	182.90	216.70	377.90	725.30	1,196.80	1,268.50	914.70	226.90	117.20	115.00	158.10	5,626.40	4.37
6	E.97	46,766	2556 - 2564	8	98.70	190.20	227.70	501.40	1,107.50	1,658.40	1,500.50	976.90	276.20	101.40	70.40	83.30	6,792.60	4.61
กลุ่มน้ำมูล																		
7	M.5	45,295	2498 - 2564	66	17.25	49.99	147.80	315.47	565.26	1,299.36	2,086.18	1,226.60	266.59	38.97	15.92	11.40	6,040.81	4.23
8	M.7	107,345	2493 - 2564	70	153.22	321.43	805.70	1,396.53	2,532.48	4,521.85	5,555.16	2,847.57	758.81	183.84	119.99	131.00	19,327.58	5.71
9	M.9	2,988	2497 - 2564	66	1.23	4.08	12.50	29.67	62.94	202.81	285.51	79.02	11.17	4.75	3.65	2.58	699.92	7.43
10	M.11	115,687	2494 - 2511	17	15.66	214.19	1,138.71	1,847.05	3,503.32	5,794.63	7,464.12	3,812.84	1,040.36	369.80	232.63	112.29	25,545.60	7.00
11	M.11B	115,687	2552 - 2564	12	138.69	426.60	784.44	1,562.06	3,273.11	6,297.94	6,209.21	3,713.52	942.88	127.07	77.92	74.21	23,627.65	6.48
12	M.32	1,654	2508 - 2564	56	0.44	9.81	44.53	112.46	245.27	299.29	98.09	13.06	3.86	1.51	0.48	0.13	828.92	15.89
13	M.66	562	2508 - 2564	56	1.66	5.43	12.27	18.61	41.01	76.57	61.02	19.01	4.16	1.18	0.82	1.01	242.74	13.70
14	M.69	2,129	2514 - 2561	47	9.97	24.03	76.29	143.93	308.97	360.95	188.51	57.92	21.75	14.15	10.73	10.29	1,227.49	18.28
15	M.80	3,363	2509 - 2543	34	3.72	17.01	85.86	173.49	308.69	515.00	368.52	97.56	20.80	8.31	4.42	3.51	1,606.88	15.15
16	M.95	1,753	2521 - 2563	42	0.06	0.95	10.82	34.51	58.96	108.08	159.46	44.20	8.98	3.55	0.54	0.00	430.12	7.78
17	M.98	1,150	2522 - 2553	31	0.70	2.58	11.91	18.91	45.95	93.77	91.86	29.13	4.91	1.82	1.05	0.89	303.48	8.37
18	M.110	570	2539 - 2555	16	2.59	12.59	38.56	99.54	150.27	140.30	52.63	8.87	2.88	1.57	1.06	1.16	512.02	28.48
19	M.127	424	2530 - 2564	34	0.24	5.17	18.87	48.18	73.07	89.19	21.23	3.77	1.24	0.76	0.35	0.24	262.30	19.62
20	M.141	382	2530 - 2544	14	1.19	8.03	21.58	30.27	64.63	83.74	18.02	3.73	1.54	0.78	0.34	0.28	234.13	19.44



ตารางที่ 4.1-4 (ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี รวมถึงพื้นที่ข้างเคียง

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ช่วงปี สถิติ ข้อมูล	จำนวนปี ที่มี ข้อมูล	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)													ศักยภาพ การให้น้ำ (ลิตร/วิ/ตร.กม.)
					เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี	
21	M.142	241	2533 - 2547	14	2.01	3.81	9.29	12.96	25.29	34.66	26.52	10.57	2.70	1.73	1.32	1.53	132.39	17.42
22	M.143	47	2533 - 2553	20	0.25	0.73	1.32	2.10	5.42	8.28	6.74	1.73	0.54	0.36	0.24	0.20	27.91	18.83
23	M.152	214	2539 - 2553	14	1.28	3.48	6.33	10.90	24.86	30.03	24.12	7.68	1.89	1.05	0.79	0.77	113.18	16.77
24	M.153	373	2539 - 2553	14	0.85	5.03	18.25	41.10	80.33	79.59	51.81	13.33	2.77	0.86	0.29	0.35	294.56	25.04
25	M.154	210	2539 - 2553	14	0.60	2.33	4.80	8.52	19.83	34.35	29.05	8.11	2.25	1.15	0.73	0.65	112.37	16.97
26	M.155	219	2540 - 2563	17	0.35	2.58	9.28	20.30	45.46	41.08	14.69	2.02	0.50	0.34	0.23	0.23	137.06	19.85
27	M.156	40	2540 - 2563	16	0.04	0.48	1.23	2.58	8.69	7.65	3.01	1.10	0.49	0.09	0.03	0.01	25.40	20.14
28	M.157	729	2540 - 2563	15	0.00	0.22	4.44	24.51	87.03	117.06	48.82	11.32	5.47	1.62	0.07	0.00	300.56	13.07
29	M.170	1,745	2544 - 2564	20	1.83	15.61	28.39	101.77	200.56	327.23	222.87	51.80	11.66	4.58	2.25	1.99	970.55	17.64
30	M.176	3,131	2544 - 2558	21	5.03	14.86	32.49	75.98	176.45	377.60	367.73	107.88	20.14	11.25	6.49	5.14	1,201.03	12.16
31	M.179	3,881	2545 - 2555	11	0.55	5.11	30.90	106.47	398.52	748.90	533.02	84.12	7.74	1.01	1.09	1.25	1,918.68	15.68
32	M.179A	3,546	2556 - 2564	9	0.25	5.34	19.47	45.81	74.30	84.37	21.09	3.68	1.28	0.78	0.36	0.23	256.96	2.30
33	M.182	49,778	2550 - 2563	13	59.55	109.32	194.79	189.55	439.56	1,262.31	2,368.31	1,784.57	355.98	79.41	51.32	24.98	6,919.66	4.41
34	M.190	2,339	2551 - 2564	14	0.00	4.31	12.83	11.83	23.27	144.63	238.74	63.49	5.51	1.03	0.01	0.00	505.66	6.86



4.1.2.2. ปริมาณน้ำหลาก

การศึกษาปริมาณน้ำหลาก ประกอบด้วยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำหลากจากสถานีวัดน้ำของหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล ดังแสดงรายละเอียดสถานีและข้อมูลปริมาณน้ำหลากรายปีเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 4.1-5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำฝน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ถดถอยแสดงในรูปที่ 4.1-5 และได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ลุ่มน้ำชี} \quad Q_F = 12.477 A^{0.3819} \quad (R^2 = 0.658)$$

$$\text{ลุ่มน้ำมูล} \quad Q_F = 1.613 A^{0.6227} \quad (R^2 = 0.773)$$

เมื่อ Q_F คือ ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ย, ลบ.ม./วินาที
A คือ พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

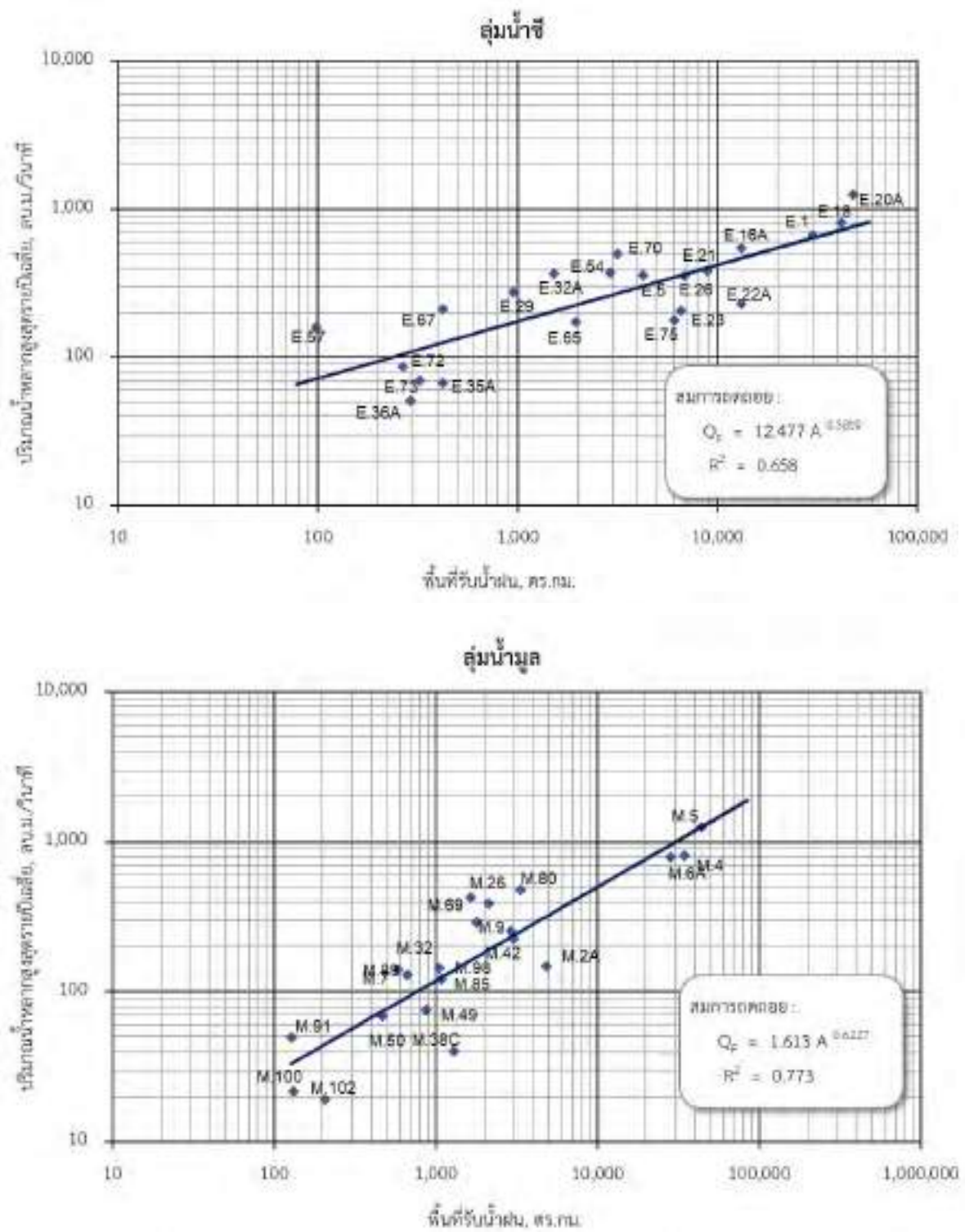
ตารางที่ 4.1-5 ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีวัดน้ำในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง

รหัสสถานี	ลำน้ำ	ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า		พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด รายปีเฉลี่ย, ลบ.ม./วินาที
		สถานี	จังหวัด		
ลุ่มน้ำชี					
E.1	แม่น้ำชี	โกสุมพิสัย	มหาสารคาม	29,788	668.60
E.5	แม่น้ำชี	บ้านโนนเปือย	ชัยภูมิ	4,254	358.90
E.16A	แม่น้ำชี	บ้านกุดกว้าง	ขอนแก่น	13,171	549.23
E.18	แม่น้ำชี	บ้านท่าสะแบง	ร้อยเอ็ด	41,594	812.78
E.20A	แม่น้ำชี	บ้านฟ้าหยาด	ยโสธร	47,818	1,252.88
E.21	แม่น้ำชี	บ้านแก่งโก	ชัยภูมิ	8,912	381.81
E.22A	น้ำพอง	บ้านหนองหวาย	ขอนแก่น	13,183	227.56
E.23	แม่น้ำชี	บ้านค่าย	ชัยภูมิ	6,835	353.32
E.26	น้ำพาน	บ้านหัวเครือ	กาฬสินธุ์	6,565	206.60
E.29	น้ำพอง	บ้านผานกเค้า	เลย	945	276.59
E.32A	แม่น้ำชี	บ้านหนองอ้อ	ชัยภูมิ	2,905	371.48
E.35A	ลำเชียงทา	บ้านห้วยทับนายน	ชัยภูมิ	422	67.34
E.36A	ลำกระจวน	บ้านท่าบอน	ชัยภูมิ	290	50.55
E.54	น้ำยัง	บ้านแก่งยาว	กาฬสินธุ์	1,511	367.07



ตารางที่ 4.1-5 (ต่อ) ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีวัดน้ำในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง

รหัสสถานี	ลำน้ำ	ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า		พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด รายปีเฉลี่ย, ลบ.ม./วินาที
		สถานี	จังหวัด		
E.57	น้ำยัง	บ้านกุดฉิมคุ้มใหม่	กาฬสินธุ์	98	161.28
E.65	ลำปาว	บ้านท่าไฮ	อุดรธานี	1,949	173.52
E.67	ลำพันขาด	บ้านท่างาม	กาฬสินธุ์	420	212.42
E.70	น้ำยัง	บ้านกุดขวาง	ร้อยเอ็ด	3,168	501.30
E.72	ลำเจียง	บ้านเจียง	ชัยภูมิ	325	69.91
E.73	ลำเจา	บ้านวังตะกุก	ชัยภูมิ	267	85.68
E.75	ลำปาว	บ้านหนองม่วง	กาฬสินธุ์	6,054	178.98
ลุ่มน้ำมูล					
M.2A	แม่น้ำมูล	บ้านด่านตะกา	นครราชสีมา	4,800	148.88
M.4	แม่น้ำมูล	บ้านพงสวาย	สุรินทร์	34,654	806.84
M.5	แม่น้ำมูล	บ้านเมืองคง	ศรีสะเกษ	44,275	1,249.52
M.9	ห้วยสำราญ	บ้านหนองหญ้าปล้อง	ศรีสะเกษ	3,026	224.50
M.26	ลำชี	บ้านลำชี	สุรินทร์	2,927	252.70
M.32	ลำเซบาย	บ้านเชียงเพ็ง	อำนาจเจริญ	1,654	423.23
M.38C	ลำตะคอง	บ้านคลองไผ่	นครราชสีมา	1,292	40.16
M.42	ห้วยทับทัน	บ้านห้วยทับทัน	ศรีสะเกษ	1,794	290.20
M.49	แม่น้ำมูล	บ้านหนองโสน	นครราชสีมา	466	68.50
M.50	ลำชะ	บ้านครบุรี	นครราชสีมา	875	75.10
M.66	ห้วยขยุง	บ้านวังขมกู่	ศรีสะเกษ	586	140.50
M.69	ลำเซบก	บ้านท่าบ่อแบง	อุบลราชธานี	2,132	387.27
M.6A	แม่น้ำมูล	บ้านสตึก	บุรีรัมย์	28,275	787.63
M.80	ลำโดมใหญ่	สะพานเดชอุดม	อุบลราชธานี	3,363	477.50
M.85	ลำชี	บ้านจระกือใหญ่	บุรีรัมย์	1,046	143.80
M.89	ลำตะคอง	สะพานอาคารเซรัมย์	นครราชสีมา	665	130.27
M.91	ห้วยสำราญ	บ้านไทยถาวร	ศรีสะเกษ	128	49.30
M.98	ห้วยทา	บ้านพหุย์	ศรีสะเกษ	1,092	121.98
M.100	ห้วยเสนง	บ้านบุเจ๊ก	สุรินทร์	131	21.70
M.102	ห้วยเขิน	บ้านพลไชย	สุรินทร์	207	19.30



รูปที่ 4.1-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำฝน



4.2. การรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

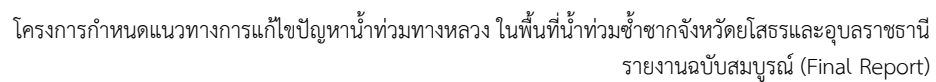
4.2.1. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

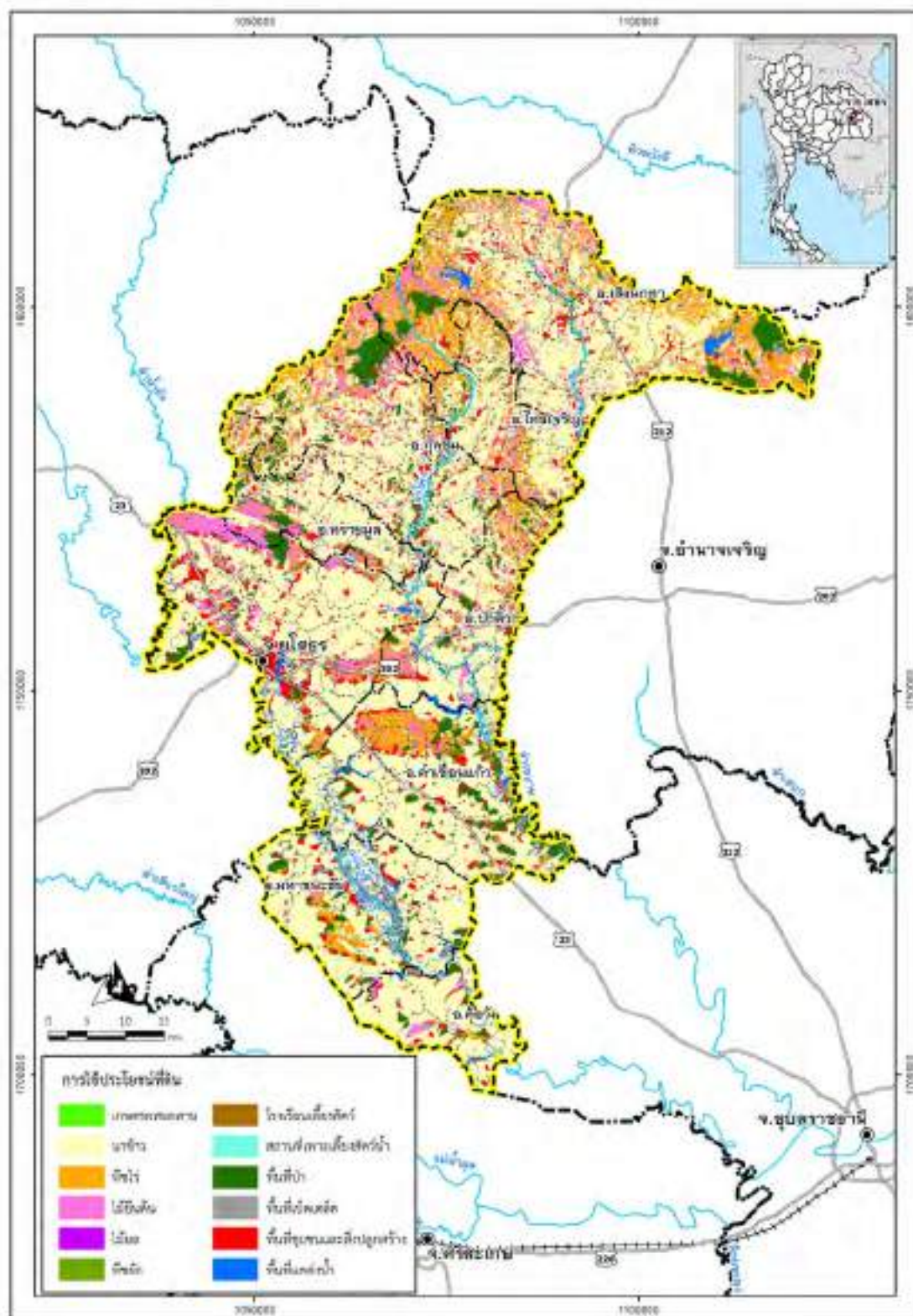
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ เนื่องจากหากทราบถึงสภาพการใช้ที่ดินภายในบริเวณพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการแก้ไขปัญหาอุทกภัยแล้ว สามารถที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่าตัวแปรในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall Runoff Model) ตลอดจนการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหลในทุ่งน้ำท่วม (Floodplain) ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ได้ โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งทางที่ปรึกษาได้รวบรวมมาในโครงการนี้จะเป็นข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดยโสธรและจังหวัดอุบลราชธานี จากกรมพัฒนาที่ดิน ในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562 (ซึ่งปีล่าสุดที่มีการปรับปรุงข้อมูล) ดังแสดงในรูปที่

4.2-1 ถึง 4.2-6

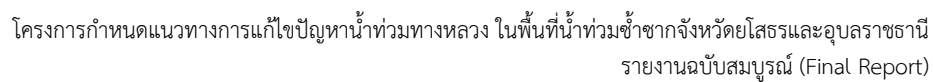
ทั้งนี้หากนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ดินในแต่ละช่วงเวลาของจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ดังแสดงในตารางที่ 4.2-1 และตารางที่ 4.2-2 พบว่า ในพื้นที่จังหวัดยโสธรนั้น และอุบลราชธานีจะมีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2562 ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างไรก็ตาม พบว่า การขยายตัวของชุมชนและสิ่งปลูกสร้างในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2553 จะมีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่า การขยายตัวในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2562 ในทั้ง 2 จังหวัด

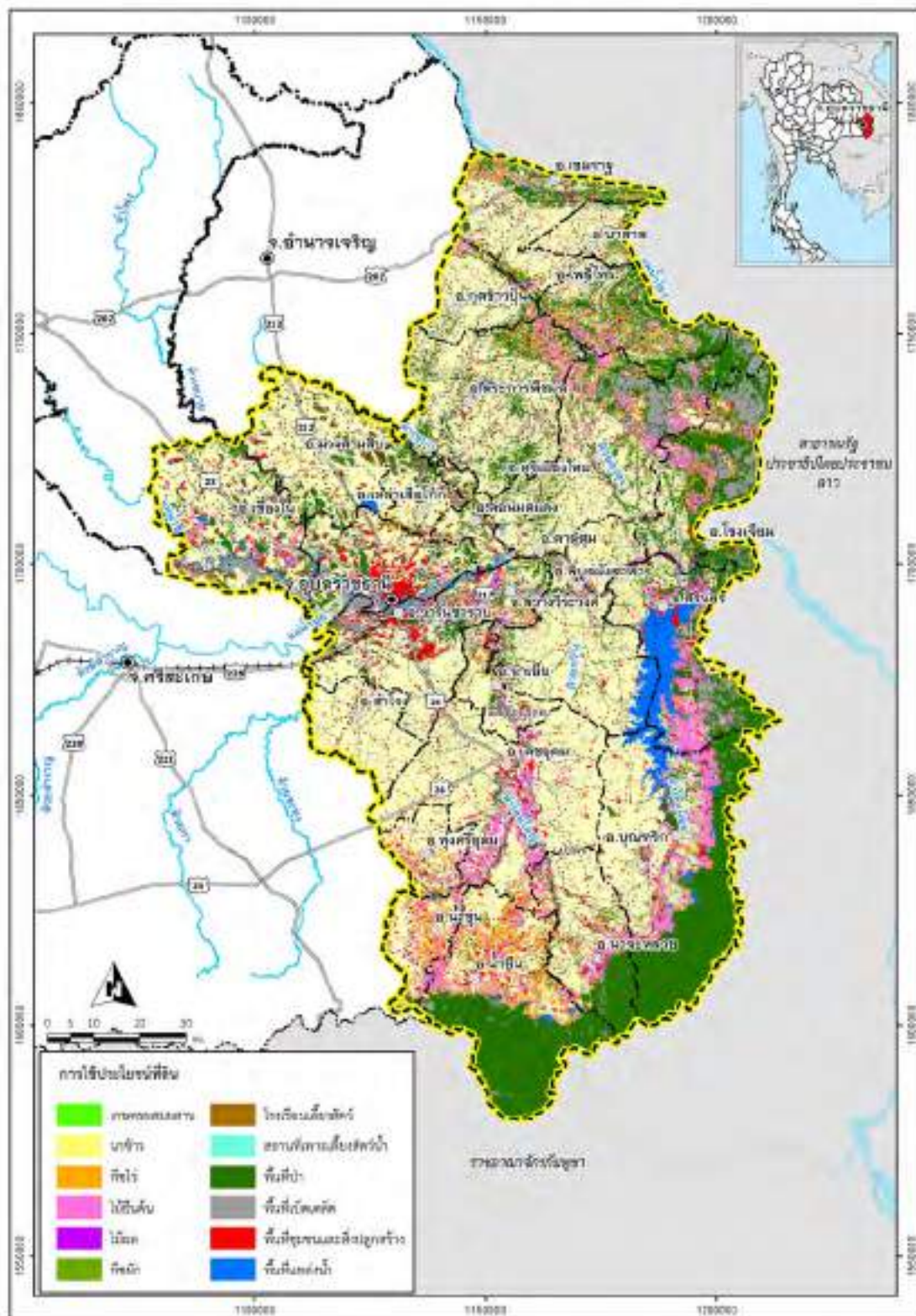
ทั้งนี้หากพิจารณาตามร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ในพื้นที่ของจังหวัดยโสธรจะมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ไม้ยืนต้นมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ที่เบ็ดเตล็ดจะมีการลดลงสูงสุด ในขณะที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี จะมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ไม้ยืนต้นมากที่สุดเช่นกัน ส่วนพื้นที่ป่าไม้จะมีร้อยละการลดลงของพื้นที่มากที่สุด



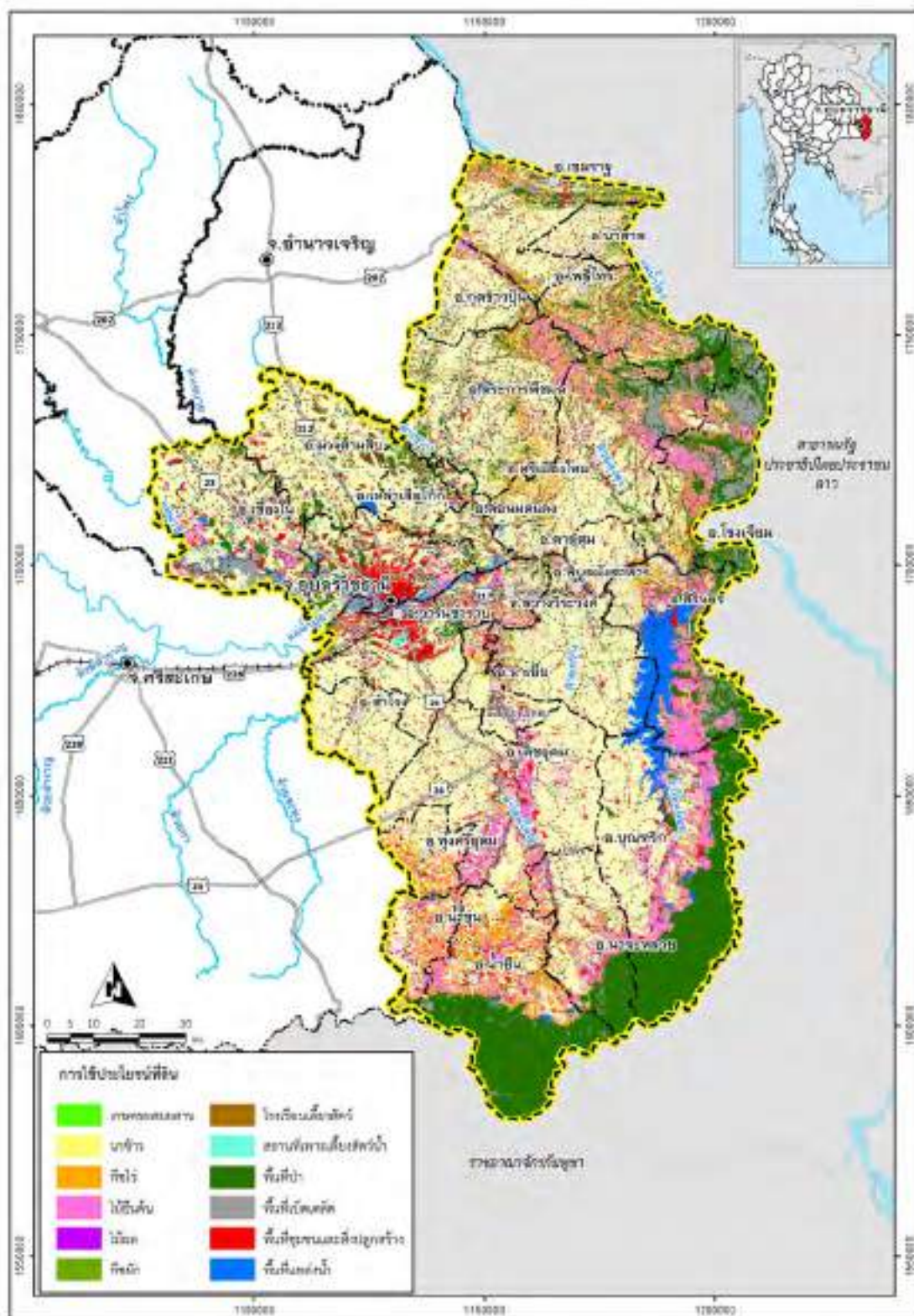


รูปที่ 4.2-3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสุราษฎร์ ปี พ.ศ. 2562





รูปที่ 4.2-5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2553



รูปที่ 4.2-6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2562



ตารางที่ 4.2-1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดยโสธรในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2545 (ตร.กม.)	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2553 (ตร.กม.)	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2553 (ตร.กม.)	การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 45 กับปี 53		การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 53 กับปี 62		การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 45 กับปี 62	
				ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
เกษตรผสมผสาน	0.037	0.079	0.043	0.041	0.001	-0.036	-0.001	0.005	0.000
นาข้าว	2,636.861	2,492.095	2,393.957	-144.767	-3.532	-98.137	-2.394	-242.904	-5.927
พืชไร่	293.786	265.337	483.421	-28.450	-0.694	218.085	5.321	189.635	4.627
ไม้ยืนต้น	57.737	190.725	341.304	132.989	3.245	150.579	3.674	283.568	6.919
ไม้ผลและพืชผัก	16.194	17.611	12.863	1.417	0.035	-4.748	-0.116	-3.330	-0.081
โรงเรือนเลี้ยงสัตว์	1.098	10.809	4.017	9.711	0.237	-6.792	-0.166	2.919	0.071
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.485	0.695	0.850	0.210	0.005	0.155	0.004	0.365	0.009
พื้นที่ป่าไม้	368.384	432.078	299.734	63.695	1.554	-132.344	-3.229	-68.650	-1.675
พื้นที่เปิดเตล็ด	490.508	374.349	212.823	-116.159	-2.834	-161.526	-3.941	-277.685	-6.775
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	148.088	199.058	226.309	50.970	1.244	27.250	0.665	78.221	1.909
พื้นที่แหล่งน้ำ	85.847	115.704	123.219	29.857	0.728	7.515	0.183	37.372	0.912



ตารางที่ 4.2-2 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2545 (ตร.กม.)	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2553 (ตร.กม.)	ขนาดพื้นที่ในปี พ.ศ. 2553 (ตร.กม.)	การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 45 กับปี 53		การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 53 กับปี 62		การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ระหว่างปี 45 กับปี 62	
				ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	ตร.กม.	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
เกษตรผสมผสาน	1.955	2.945	4.935	0.991	0.006	1.989	0.013	2.980	0.019
นาข้าว	7,969.770	7,484.435	7,322.429	-485.335	-3.139	-162.006	-1.048	-647.341	-4.187
พืชไร่	681.075	671.991	1,203.345	-9.085	-0.059	531.355	3.437	522.270	3.378
ไม้ยืนต้น	74.901	1,002.998	1,481.835	928.098	6.003	478.836	3.097	1,406.934	9.101
ไม้ผลและพืชผัก	10.546	136.171	102.904	125.626	0.813	-33.268	-0.215	92.358	0.597
โรงเรือนเลี้ยงสัตว์	16.756	17.846	15.659	1.090	0.007	-2.186	-0.014	-1.097	-0.007
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	7.253	8.206	19.832	0.953	0.006	11.626	0.075	12.578	0.081
พื้นที่ป่าไม้	5,493.075	3,337.104	2,765.790	-2,155.972	-13.946	-571.314	-3.695	-2,727.285	-17.641
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	303.853	1,522.592	1,105.020	1,218.740	7.883	-417.572	-2.701	801.167	5.182
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	507.078	710.764	827.787	203.686	1.318	117.023	0.757	320.709	2.074
พื้นที่แหล่งน้ำ	393.689	564.897	610.414	171.208	1.107	45.517	0.294	216.725	1.402

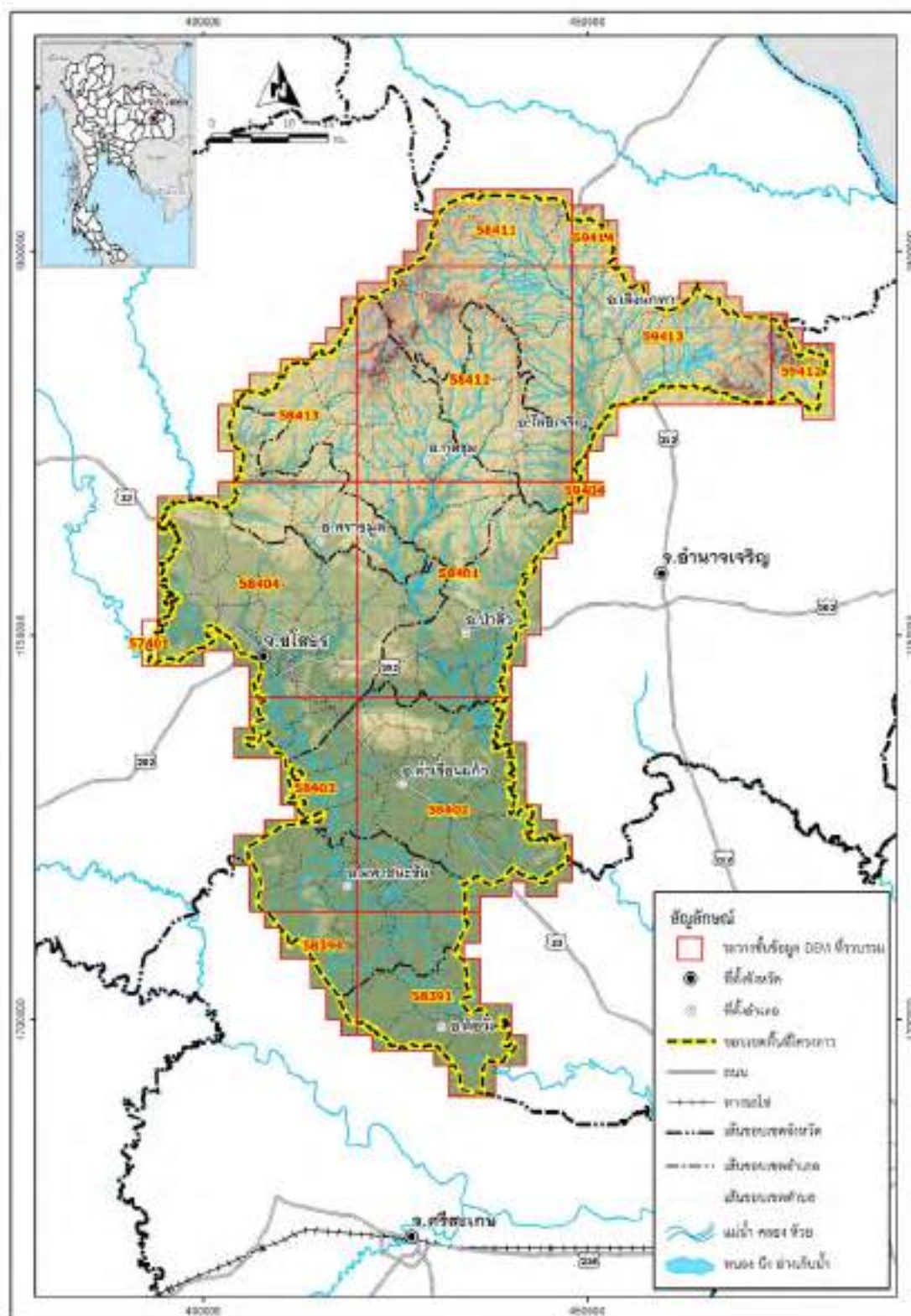


4.2.2. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่

ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (DEM) จะเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากข้อมูลดังกล่าว นอกจากจะทำให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เป้าหมายในการแก้ไขปัญหาอุทกภัยแล้ว ยังเป็นข้อมูลที่จะต้องถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้า (Input Data) สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เพื่อจำลองสภาพการไหลแบบ 2 มิติ ในท่งน้ำท่วมอีกด้วย โดยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (DEM) ซึ่งทางที่ปรึกษาได้รวบรวมมานี้ เป็นข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ในมาตราส่วน 1:1,000 และ 1:4,000 ในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4.2-3 และหากนำข้อมูลดังกล่าวมาสังเคราะห์ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะทำให้สามารถแสดงระดับความสูงของพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2-7 ถึง 4.2-9 ตามลำดับ

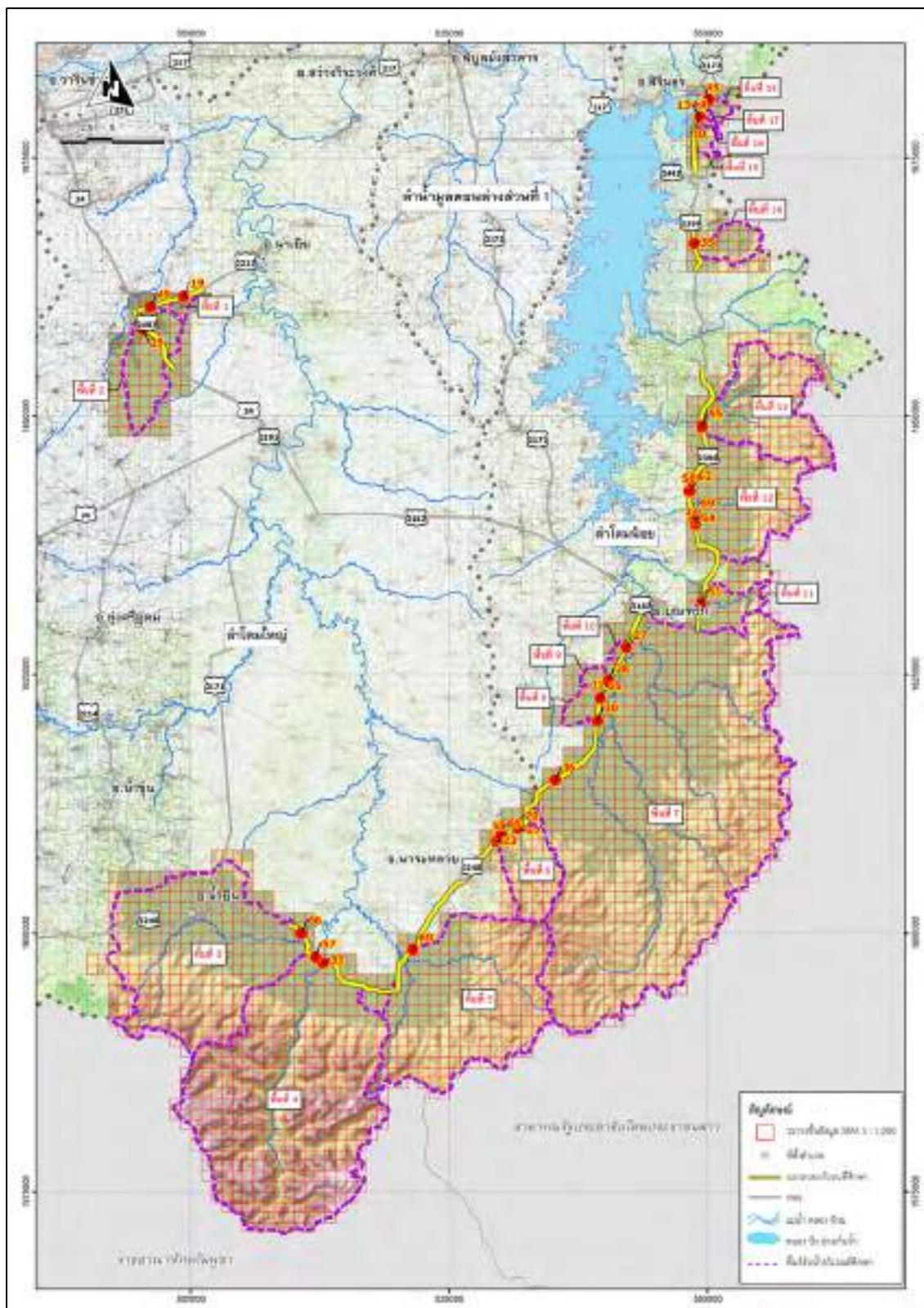
ตารางที่ 4.2-3 สรุปข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ที่รวบรวมในพื้นที่จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

จังหวัด	จำนวนระวาง	
	1:4,000	1:1,000
ยโสธร	1,166	-
อุบลราชธานี	3,986	2,163
รวม	5,152	2,163



รูปที่ 4.2-7 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ 1:4000 ในพื้นที่จังหวัดยโสธร





รูปที่ 4.2-9 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ 1:1000 ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี



4.2.3. ข้อมูลผังเมือง

4.2.3.1. ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธร

ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธร ตามที่ได้มีการประกาศกฎกระทรวงมหาดไทย ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 129 ตอน 81 ก เมื่อวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2555 และ แก้ไขเพิ่มเติม (ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธร ฉบับที่ 2) ตามที่ได้มีการประกาศกฎกระทรวงมหาดไทย ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 135 ตอน 31 ก เมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และการดำรงรักษาเมืองและบริเวณที่เกี่ยวข้องหรือชนบท ในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน การคมนาคมและการขนส่ง การสาธารณูปโภค บริการสาธารณะ และสภาพแวดล้อม ให้สอดคล้องกับการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งในผังเมืองฉบับนี้ได้มีการกำหนดแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดยโสธร ดังแสดงในรูปที่ 4.2-10 และมีรายละเอียดดังนี้

- (1) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 1.1 ถึงหมายเลข 1.9 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-10) ที่กำหนดไว้เป็นสีชมพู ให้เป็นที่ดินประเภทชุมชน โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย พาณิชยกรรม เกษตรกรรม สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้เป็นไปตามที่กำหนด ดังนี้
 - (1.1) ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 23 เมตร แต่ไม่หมายความรวมถึงโครงสร้างสำหรับการรับส่งวิทยุ โทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด การวัดความสูง ของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นลาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือทรงปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด
 - (1.2) ให้มีที่ว่างไม่น้อยกว่าร้อยละสามสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต ที่ดินประเภทนี้
 - (1.3) ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
 - (1.3.1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน
 - (1.3.2) คลังน้ำมันและสถานที่เก็บรักษาน้ำมัน ลักษณะที่สาม ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการจำหน่าย
 - (1.3.3) คลังก๊าซปิโตรเลียมเหลว สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงบรรจุ สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทห้องบรรจุ และสถานที่เก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงเก็บ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง



- (1.3.4) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ ภู จระเข้ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า
 - (1.3.5) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม
 - (1.3.6) ไซโลเก็บผลิตผลทางการเกษตร
 - (1.3.7) กำจัดมูลฝอย เว้นแต่เป็นกิจการที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น หรือได้รับอนุญาตให้ดำเนินการจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข
 - (1.3.8) ซั้วขายหรือเก็บเศษวัสดุ
- (2) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 2.1 และหมายเลข 2.30 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-10) ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียว ให้เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การอยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ดำเนินการ หรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 9 เมตร เว้นแต่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการ ตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
- (2.1) โครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่งวิทยุ โทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด
 - (2.2) โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
 - (2.2.1) โรงงานต้ม นึ่ง หรืออบพืชหรือเมล็ดพืช
 - (2.2.2) โรงงานกะเทาะเมล็ดหรือเปลือกเมล็ดพืช
 - (2.2.3) โรงงานหีบหรืออัดฝ้าย หรือการปั่นหรืออัดขน
 - (2.2.4) โรงงานเก็บรักษาหรือลำเลียงพืช เมล็ดพืช หรือผลิตผลจากพืชในไซโล โกดัง หรือคลังสินค้า
 - (2.2.5) โรงงานบด ปั่น หรือย่อยส่วนต่างๆ ของพืชซึ่งมีใช้เมล็ดพืชหรือหัวพืช
 - (2.2.6) โรงงานร่อน ล้าง คัด หรือแยกขนาดหรือคุณภาพของผลผลิตเกษตรกรรม
 - (2.2.7) โรงงานถนอมผลิตผลเกษตรกรรมโดยวิธีฉายรังสี
 - (2.2.8) โรงงานถนอมเนื้อสัตว์โดยวิธีอบ ร่มควัน ใส่เกลือ ดอง ตากแห้ง หรือทำให้เยือกแข็งโดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง
 - (2.2.9) โรงงานบรรจุเนื้อสัตว์หรือมันสัตว์หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากเนื้อสัตว์หรือมันสัตว์ในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้
 - (2.2.10) โรงงานทำอาหารจากสัตว์น้ำและบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้



- (2.2.11) โรงงานถนอมสัตว์น้ำโดยวิธีอบ รมควัน ใส่เกลือ ดอง ตากแห้ง หรือทำให้เยือกแข็ง โดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง
- (2.2.12) โรงงานทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากสัตว์น้ำ หนัง หรือไขมันสัตว์น้ำ
- (2.2.13) โรงงานทำอาหารหรือเครื่องดื่มจากผัก พืช หรือผลไม้ และบรรจุในภาชนะ ที่ผนึก และอากาศเข้าไม่ได้
- (2.2.14) โรงงานถนอมผัก พืช หรือผลไม้โดยวิธีกวน ตากแห้ง ดอง หรือทำให้เยือกแข็ง โดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง
- (2.2.15) โรงงานสี ฝัด หรือขัดข้าว
- (2.2.16) โรงงานทำแป้ง
- (2.2.17) โรงงานปั่นหรือบดเมล็ดพืชหรือหัวพืช
- (2.2.18) โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูปจากเมล็ดพืชหรือหัวพืช
- (2.2.19) โรงงานผสมแป้งหรือเมล็ดพืช
- (2.2.20) โรงงานปอกหัวพืชหรือทำหัวพืชให้เป็นเส้น แฉก หรือแท่ง
- (2.2.21) โรงงานทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งเป็นเส้น เม็ด หรือชิ้น
- (2.2.22) โรงงานทำยางแผ่นในขั้นต้นจากน้ำยางธรรมชาติซึ่งมิใช่การทำในสวนยางหรือป่า
- (2.2.23) โรงงานหั่น ผสม รีดให้เป็นแผ่น หรือตัดแผ่นยางธรรมชาติซึ่งมิใช่การทำในสวนยางหรือป่า
- (2.2.24) โรงงานทำยางแผ่นรมควัน ทำยางเครป ยางแท่ง ยางน้ำ หรือทำยางให้เป็น รูปแบบอื่นใดที่คล้ายคลึงกันจากยางธรรมชาติ โรงงานทำผลิตภัณฑ์ยางจากยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ซึ่งมิใช่โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือหล่อดอกยางนอกหรือยางใน สำหรับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยเครื่องกล คน หรือสัตว์
- (2.3) ทั้งนี้ การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่ว หรือทรงปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด
- (2.4) ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
 - (2.4.1) โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกท้ายกฎกระทรวงนี้
 - (2.4.2) คลังน้ำมันและสถานที่เก็บรักษาน้ำมัน ลักษณะที่สาม ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการจำหน่าย
 - (2.4.3) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม

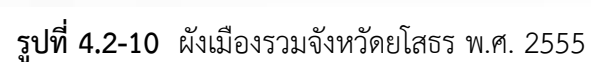
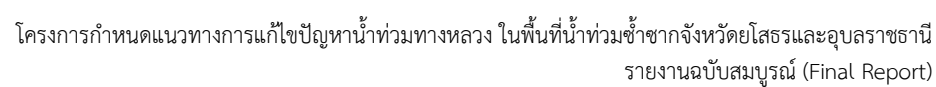


- (2.4.4) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชย์กรรม
 - (2.4.5) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย
 - (2.4.6) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่
- (3) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 3.1 ถึง 3.5 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-10) ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียวมีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว ให้เป็นที่ดินประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การอยู่อาศัย สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และการอนุรักษ์และรักษาสภาพแวดล้อม สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่ไม่ใช่อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
- (3.1) โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกท้ายกฎกระทรวงนี้
 - (3.2) คลังน้ำมันและสถานที่เก็บรักษาน้ำมัน ลักษณะที่สาม ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการจำหน่าย
 - (3.3) คลังก๊าซปิโตรเลียมเหลว สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงบรรจุ สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทห้องบรรจุ และสถานที่เก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงเก็บ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง
 - (3.4) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
 - (3.5) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม
 - (3.6) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชย์กรรม
 - (3.7) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย
 - (3.8) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่
 - (3.9) สวนสนุก
 - (3.10) สนามกอล์ฟ
 - (3.11) กิจการดื่มสุรา เว้นแต่เป็นกิจการที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น หรือได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข
 - (3.12) ซั้วขายหรือเก็บเศษวัสดุ
- (4) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 4.1 ถึงหมายเลข 4.28 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-10) ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียวย่อมน้ำ มีเส้นทแยงสีเขียวย่อมน้ำ ให้เป็นที่ดินประเภทอนุรักษ์ป่าไม้ โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการสงวนและคุ้มครองดูแล รักษาหรือบำรุงป่าไม้ สัตว์ป่า ต้นน้ำ ลำธาร และทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ ตามมติคณะรัฐมนตรี และกฎหมายเกี่ยวกับการป่าไม้ การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า และการส่งเสริมและรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากที่ดินประเภทนี้มีเอกชนเป็นเจ้าของหรือผู้



ครอบครองโดยชอบด้วยกฎหมาย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเกษตรกรรม หรือการอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวที่มีขนาดพื้นที่อาคารไม่เกิน 200 ตารางเมตร มีความสูงของอาคารไม่เกิน 6 เมตร แต่ไม่หมายความรวมถึงโครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด และมีใช้การจัดสรรที่ดิน เท่านั้น การวัดความสูงของอาคาร ให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดิน ที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

- (5) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 5.1 ถึงหมายเลข 5.3 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-10) ที่กำหนดไว้เป็นสีฟ้า ให้เป็นที่ดิน ประเภทที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือเกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การประมง การท่องเที่ยว การประกอบกิจการดูทรายซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง หรือสาธารณประโยชน์ เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ให้โรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการอยู่ก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ และยังประกอบกิจการอยู่ ขยายพื้นที่โรงงานได้ไม่เกินหนึ่งเท่าของพื้นที่โรงงานที่ใช้ในการผลิตเดิม โดยสามารถดำเนินการได้เฉพาะในที่ดินแปลงเดียวกันหรือติดต่อกันเป็นแปลงเดียวกันกับแปลงที่ดินที่เป็นที่ตั้งของโรงงานเดิม ซึ่งเจ้าของโรงงานเดิมเป็นผู้ถือกรรมสิทธิ์หรือมีสิทธิครอบครองอยู่ก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ หรือเป็นพื้นที่ในที่ดินที่เคยเป็นกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองของเจ้าของโรงงานเดิมอยู่ก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ





4.2.3.2. ผังเมืองรวมจังหวัดอุบลราชธานี

ผังเมืองรวมจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2558 (ปีล่าสุด) มีผลบังคับตั้งแต่วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2558 (ตามที่ได้มีการประกาศกฎกระทรวงมหาดไทย ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 132 ตอน 122 ก) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และการดำรงรักษาเมืองและบริเวณที่เกี่ยวข้องหรือชนบท ในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน การคมนาคมและการขนส่ง การสาธารณสุขปโภค บริการสาธารณะ และสภาพแวดล้อม ให้สอดคล้องกับการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งในผังเมืองฉบับนี้ได้มีการกำหนดแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดอุบลราชธานี ดังแสดงในรูปที่ 4.2-11 และมีรายละเอียดดังนี้

ก. ที่ดินในบริเวณหมายเลข 1.1 ถึงหมายเลข 1.22 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-11) ที่กำหนดไว้เป็นสีชมพู ให้เป็นที่ดินประเภทชุมชน โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย พาณิชยกรรม เกษตรกรรม สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณสุขปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้เป็นไปตามที่กำหนด ดังนี้

- (2.5) ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง แต่ไม่หมายความรวมถึงโครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด
- (2.6) ให้มีที่ว่างไม่น้อยกว่าร้อยละห้าสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต ที่ดินประเภทนี้
- (2.7) ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(2.4.7) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

(2.4.8) คลังน้ำมันและสถานที่เก็บรักษาน้ำมัน ลักษณะที่สาม ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการจำหน่าย

(2.4.9) คลังก๊าซปิโตรเลียมเหลว สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงบรรจุ สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทห้องบรรจุ และสถานที่เก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงเก็บ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง

(2.4.10) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ ฝูง กระจับปี่ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า



(2.4.11) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม

(2.4.12) ไซโลเก็บผลิตผลทางการเกษตร

(2.4.13) กำจัดมูลฝอย เว้นแต่เป็นกิจการที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของราชการ
ส่วนท้องถิ่น หรือได้รับอนุญาตให้ดำเนินการจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นตาม
กฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข

ข. ที่ดินในบริเวณหมายเลข 2.1 และหมายเลข 2.2 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-11) ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียว ให้เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรมโดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การอยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้เป็นไปตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

(2.1) ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง แต่ไม่หมายความรวมถึงโครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด

(2.2) ให้มีที่ว่างไม่น้อยกว่าร้อยละห้าสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

(2.3) ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(2.3.1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

(2.3.2) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชยกรรม เว้นแต่เป็นส่วนหนึ่งของการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่โครงการทั้งหมด

(2.3.3) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชยกรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่

ค. ที่ดินในบริเวณหมายเลข 3 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-11) ที่กำหนดไว้เป็นสีขาวมีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว ให้เป็นที่ดิน ประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การอยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และการอนุรักษ์และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือสาธารณประโยชน์ สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้เป็นไปตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

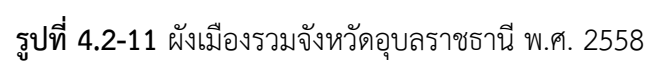
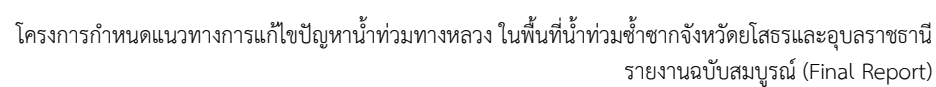
(3.13) ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง แต่ไม่หมายความรวมถึงโครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด



- (3.14) ให้มีที่ว่างไม่น้อยกว่าร้อยละห้าสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต
- (3.15) ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้
 - (3.3.1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน
 - (3.3.2) คลังน้ำมันและสถานที่เก็บรักษาน้ำมัน ลักษณะที่สาม ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการจำหน่าย
 - (3.3.3) คลังก๊าซปิโตรเลียมเหลว สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงบรรจุ สถานที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทห้องบรรจุ และสถานที่เก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทโรงเก็บ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง
 - (3.3.4) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
 - (3.3.5) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม
 - (3.3.6) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชยกรรม
 - (3.3.7) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย
 - (3.3.8) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชยกรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่
 - (3.3.9) สวนสนุก
 - (3.3.10) สนามกอล์ฟ
 - (3.3.11) กำจัดมูลฝอย เว้นแต่เป็นกิจการที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น หรือได้รับอนุญาตให้ดำเนินการจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข
 - (3.3.12) ซั้วขายหรือเก็บเศษวัสดุ
- ง. ที่ดินในบริเวณหมายเลข 4.1 ถึงหมายเลข 4.8 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-11) ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียวอ่อน มีเส้นทแยงสีขาว ให้เป็นที่ดินประเภทอนุรักษ์ป่าไม้ โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการสงวนและคุ้มครองดูแล รักษาหรือบำรุงป่าไม้ สัตว์ป่า ต้นน้ำ ลำธาร และทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ ตามมติคณะรัฐมนตรี และกฎหมายเกี่ยวกับการป่าไม้ การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า และการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากที่ดินประเภทนี้มีเอกชนเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองโดยชอบด้วยกฎหมาย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเกษตรกรรม หรือการอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวที่มีขนาดพื้นที่อาคารไม่เกิน 200 ตารางเมตร มีความสูงของอาคารไม่เกิน 7 เมตร แต่ไม่หมายรวมถึงโครงสร้างสำหรับการรับส่งสัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณสื่อสารทุกชนิด และมีใช้การจัดสรรที่ดิน เท่านั้น การวัดความสูงของอาคาร ให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึง



พื้นลาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดิน ที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด
จ. ที่ดินในบริเวณหมายเลข 5.1 ถึงหมายเลข 5.3 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.2-11) ที่กำหนดไว้เป็นสีฟ้า ให้
เป็นที่ดิน ประเภทที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการรักษา
คุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือเกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การประมง การท่องเที่ยว การ
ประกอบกิจการดูทรายซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง หรือ
สาธารณประโยชน์ เท่านั้น





4.3. การสำรวจภาคสนามของอาคารระบายน้ำ

4.3.1. ข้อมูลอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)

ในการสำรวจภาคสนามอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึง ขนาด จำนวน ตลอดจนค่าระดับต่างๆ ของอาคารระบายแต่ละตำแหน่ง ซึ่งอยู่ในพื้นที่เป้าหมายของการแก้ไขปัญหาอุทกภัย (ตามรายละเอียดที่กล่าวในหัวข้อ 3.3 ของบทที่ 3) ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับ แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำการจำลองลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ดังนั้นในการสำรวจนอกจาก จะต้องสำรวจในบริเวณพื้นที่ซึ่งอยู่บนสายทางที่เกิดปัญหาน้ำท่วมแล้ว ยังจะต้องทำการสำรวจอาคารระบายน้ำของ โครงข่ายถนนซึ่งอยู่ในบริเวณข้างเคียง ทั้งถนนของกรมทางหลวง และถนนของหน่วยงานอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้การจำลอง ทางด้านชลศาสตร์ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการไหลจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ให้มากที่สุด

จากผลการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 18 กลุ่มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.3-1 ซึ่งนำมาแบ่งตาม โครงการข่ายของการจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ทั้งหมด 8 พื้นที่ ทางที่ปรึกษาได้สรุปจำนวนของอาคาร ระบายน้ำที่ได้ทำการสำรวจไว้ดังแสดงในตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 สรุปจำนวนอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) ที่ดำเนินการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การกำหนดพื้นที่ใน แบบจำลอง	หมายเลขพื้นที่ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวนอาคารระบายน้ำที่สำคัญ (แห่ง)
M1	1 และ 2	48.24	50
M2	3 4 และ 5	808.06	65
M3	6	41.39	46
M7	7 8 9 และ 10	683.44	57
M5	11 และ 12	120.41	92
M6	13	92.91	34
M7	14	17.41	21
M8	15 16 17 และ 18	11.24	16
รวม		1,823.10	381



รูปที่ 4.3-1 การสำรวจอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก



4.3.2. ข้อมูลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

ในการสำรวจภาคสนามระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้โครงข่าย ขนาด ประเภท ตลอดจนค่าระดับของถนน และระดับ Invert ของท่อหรือคลองระบายน้ำข้างทาง ในพื้นที่เป้าหมาย ของการแก้ไขปัญหาอุทกภัย (ตามรายละเอียดที่กล่าวในหัวข้อ 3.3 ของบทที่ 3) ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำการจำลองลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ซึ่ง จากผลการสำรวจระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 7 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3-2 สามารถสรุปจำนวนระยะทางของการสำรวจได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3-2

ตารางที่ 4.3-2 สรุประยะทางสำรวจระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่	แนวทางหลวง	ทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)
พื้นที่ที่ 1	ยโสธร	23	7.767
		202	1.941
		292	1.532
พื้นที่ที่ 2	ยโสธร	292	4.542
พื้นที่ 3	ยโสธร	202	4.994
		23	8.376
พื้นที่ที่ 4	ยโสธร	23	7.694
พื้นที่ที่ 5	อุบลราชธานีที่ 1	231	10.206
		2178	5.365
พื้นที่ที่ 6	อุบลราชธานีที่ 2	24	4.640
พื้นที่ที่ 7	อุบลราชธานีที่ 2	24	6.505
		2191	2.596
รวมระยะทาง			66.158



รูปที่ 4.3-2 การสำรวจระบบระบายน้ำแบบตามยาว ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก



บทที่ 5

การวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

5. การวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ทางที่ปรึกษาจะดำเนินการวิเคราะห์ ทั้งในส่วนของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain) และระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ซึ่งการวิเคราะห์ทั้ง 2 ส่วน จะใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน ดังนั้นในรายละเอียดของเนื้อหาที่นำเสนอสำหรับการวิเคราะห์การไหลผ่านระบบการระบายน้ำทั้ง 2 ประเภท จะเริ่มจากการแนะนำแบบจำลองที่จะนำมาใช้ จากนั้นจะเป็นการอธิบายถึงการกำหนดข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองของพื้นที่ศึกษา และขั้นตอนต่อมาจะเป็นการแสดงผลของการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลองคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบมาวิเคราะห์การไหลภายใต้สถานการณ์ในอนาคตหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ โดยรายละเอียดของแนวทางการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนข้างต้น แสดงได้ดังนี้

5.1. การวิเคราะห์การไหลของน้ำอาคารระบายน้ำแบบตามขวาง (Cross Drain)

ในการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทางหลวงด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ทางที่ปรึกษาจะเริ่มจากการวิเคราะห์การไหลของน้ำภายในพื้นที่ศึกษาภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อต้องการที่จะทำการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลองคณิตศาสตร์ จากนั้นจะนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบมาวิเคราะห์การไหลภายใต้สถานการณ์ในอนาคตหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ และในขั้นตอนสุดท้ายจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาสรุปเป็นแนวทางการปรับปรุงแก้ไขอาคารระบายน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมทางหลวงในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี โดยรายละเอียดของแนวทางการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนข้างต้น แสดงได้ดังนี้



5.1.1. แบบจำลองที่นำมาใช้ในพื้นที่ศึกษา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษารั้งนี้ ได้แก่ แบบจำลอง MIKE Flood ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันชลศาสตร์แห่งประเทศเดนมาร์ก (Danish Hydraulic Institute) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์กระบวนการทางด้านอุทกวิทยา ชลศาสตร์ ตลอดจนคุณภาพน้ำได้ โดยผ่านแบบจำลองย่อย (Module) ซึ่งอยู่ในชุดของแบบจำลอง MIKE Flood อย่างไรก็ตามสำหรับการนำแบบจำลอง MIKE Flood มาประยุกต์ใช้ในการศึกษารั้งนี้ จะใช้แบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (ทั้งการไหลประเภท 1 มิติ และ 2 มิติ) โดยลักษณะการใช้งานและผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองย่อยทั้ง 2 แบบจำลอง สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1-1

ตารางที่ 5.1-1 การใช้งานแบบจำลองย่อย MIKE Flood

แบบจำลองย่อย	การใช้งาน	ผลลัพธ์ที่ได้
น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Module)	จำลองสภาพการเกิดน้ำท่าจากน้ำฝน	- กราฟปริมาณการไหลของน้ำผิวดินของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามเวลา - ค่าการไหลของน้ำใต้ดินต่าง ๆ ตามเวลา
อุทกพลศาสตร์พลศาสตร์แบบ 1 มิติ (1-Dimensional Hydrodynamic Module หรือ MIKE11 HD)	จำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำ	- ระดับน้ำ และอัตราการไหลที่จุดต่าง ๆ ตามลำน้ำ
อุทกพลศาสตร์พลศาสตร์แบบ 2 มิติ (2-Dimensional Hydrodynamic Module หรือ MIKE21 HD)	จำลองสภาพการไหลของน้ำในที่ราบลุ่มริมตลิ่ง และพื้นที่น้ำท่วม	- แผนที่ความลึกน้ำท่วม

ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองมากในการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษามากขึ้น ทางที่ปรึกษาจึงขอเสนอหลักการและทฤษฎีของแบบจำลองย่อย แต่ละประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (Rainfall-Runoff Module)

การจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของกลุ่มน้ำ เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการสร้างแบบจำลองการไหลของโครงข่ายลำน้ำ ดังนั้นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ทฤษฎีและหลักการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษานั้นๆ ดังมีแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่สามารถเลือกใช้ได้ดังนี้

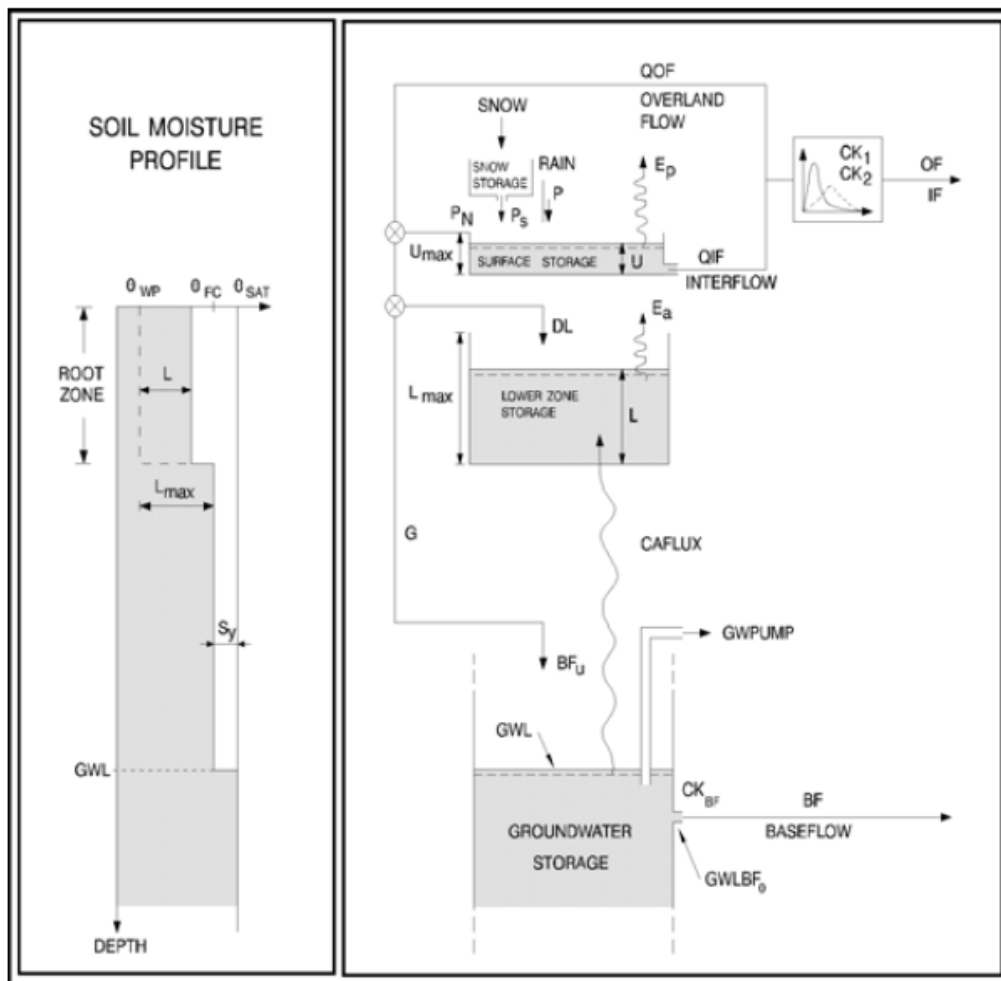
- (1) แบบจำลอง NAM: ใช้หลักการแบบ Deterministic Lump Conceptual Model
- (2) แบบจำลอง UHM: ใช้หลักการกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)
- (3) แบบจำลอง SMAP: ใช้หลักการคำนวณที่คำนึงความชื้นในดินรายเดือน



- (4) แบบจำลอง Urban: ใช้หลักการคำนวณสองแบบ ได้แก่ Time/area Method และ Non-linear Reservoir (kinematics wave) Method
- (5) แบบจำลอง FEH: ใช้หลักการประเมินตามหนังสือ Flood Estimation Handbook ของประเทศอังกฤษ
- (6) แบบจำลอง DRiFt (Discharge River Forecast): ใช้หลักการแบบ Semi-distributed event model
- (7) แบบจำลอง Combined: ใช้หลักการรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เข้าเป็นชุดข้อมูลปริมาณน้ำท่าเดียว

ทั้งนี้ แบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้น ได้แก่ แบบจำลอง NAM เนื่องจากแบบจำลอง NAM เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ที่ดินที่หลากหลาย และเมื่อพิจารณาสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี แล้ว พบว่า การใช้ที่ดินมีความหลากหลาย ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรม และย่านชุมชน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้แบบจำลอง NAM ในการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี

สำหรับแบบจำลอง NAM นั้น ได้ถูกพัฒนาจากสมมติฐานของพฤติกรรมการเกิดปริมาณน้ำท่าในลักษณะ Deterministic Lump Conceptual Model ที่คำนวณการเกิดน้ำท่าด้วยสมการทางอุทกวิทยาแบบ Semi Empirical formula โดยโครงสร้างแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 5.1-1 จะเป็นการเลียนแบบวัฏจักรทางอุทกวิทยานบนผิวดิน กล่าวคือ เมื่อฝนตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ น้ำฝนน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่ถูกดักโดยพืชและซังตามทีลุ่ม ในบริเวณชั้นผิวดินอยู่ในรูปของ Surface Storage โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ U_{max} โดยปริมาณน้ำใน Surface Storage (U) จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากการระเหย การให้น้ำของพืช และการไหลในแนวราบ (Interflow) อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำในชั้นนี้จะเพิ่มขึ้นหากมีปริมาณฝนเพิ่ม และเมื่อปริมาณฝนทำให้ปริมาณเก็บกักบนผิวดินถึงระดับ U_{max} น้ำส่วนเกิน P_n จะไหลออกในลักษณะ Overland Flow (น้ำไหลบ่าผิวดิน) และมีบางส่วนไหลซึมลงสู่ Lower Storage และ Groundwater Storage



รูปที่ 5.1-1 โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (NAM Model)



จากกรอบแนวคิดของแบบจำลอง NAM ดังที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงสมการการคำนวณตัวแปรทางด้านอุทกวิทยาในแบบจำลองได้ดังนี้

Q_{OF} จะเป็นส่วนของ P_n ที่แปรสภาพเป็น Overland Flow โดยจะเป็นสัดส่วนกับ P_n และแปรผันโดยตรงกับค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ในดิน (L/L_{max}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{OF} = \begin{cases} CQ_{OF} \frac{L/L_{max} - TOF}{1 - TOF} P_n & \text{for } L/L_{max} > TOF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TOF \end{cases} \quad (1)$$

CQ_{OF} = Overland Flow Runoff Coefficient

TOF = ค่าคงที่ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น Overland Flow

ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น Interflow จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำเก็บกักชั้นบน (U) และขึ้นกับปริมาณความชื้นในชั้น Lower zone storage (L/L_{max}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่าง

$$Q_{IF} = \begin{cases} CK_{IF} \frac{L/L_{max} - TIF}{1 - TIF} U & \text{for } L/L_{max} > TIF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TIF \end{cases} \quad (2)$$

CK_{IF} = Time Constant for Interflow โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 500-1000 ซม.

TIF = ค่าคงที่สำหรับ Root Zone ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น Interflow

ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน P_n (Excess Rainfall) ส่วนที่ไม่กลายเป็น Overland Flow จะไหลซึมลงสู่ชั้น Lower Zone Storage ในปริมาณเท่ากับ $(P_n - Q_{OF})$ ซึ่งน้ำส่วนนี้จะแยกลงสู่ชั้นใต้ดินที่ลึกกว่าคือ Groundwater Storage ในปริมาณเท่ากับ G จะเหลือส่วนที่อยู่ใน Lower Zone Storage เท่ากับ DL

$$\text{โดยที่} \quad DL = (P_n - Q_{OF}) - G \quad (3)$$



และ

$$G = \begin{cases} (P_n - Q_{OF}) \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG} & \text{for } L/L_{\max} > TG \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TG \end{cases} \quad (4)$$

TG = ค่าคงที่สำหรับ root zone ที่น้ำจะเริ่มไหลซึมลงสู่ Groundwater Storage
($0 \leq TG \leq 1$)

ปริมาณการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration) จะเป็นข้อมูลตัวแรกที่ต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการคำนวณในส่วนของ surface storage ถ้าปริมาณน้ำ U น้อยกว่าปริมาณการคายระเหยนี้ พืชจะใช้น้ำจาก Lower Zone Storage ในอัตรา E_a โดยจะเป็นสัดส่วนกับ E_p (Potential Evapo-Transpiration) ดังนี้

$$E_a = E_p * L/L_{\max} \quad (5)$$

Capillary Flux ของน้ำจาก Groundwater Table มายัง Lower Zone Storage จะกำหนดให้ขึ้นกับความลึกของ Groundwater Table จากระดับผิวดิน (GWL) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$) โดยคำนวณจาก

$$CAFLUX = (1 - L/L_{\max})^{1/2} \left(\frac{GWL}{GWLFL_1} \right)^{-\alpha} = 1 \text{ mm/day} \quad (6)$$

เมื่อ $\alpha = 1.5 + 0.45 \text{ GWLFL}_1$

$GWLFL_1$ คือค่าความลึกของ Groundwater Table ของดินซึ่งทำให้ Capillary Flux มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วัน ในสภาพที่ Lower Zone Storage แห่งสนิท ($L = 0$)

ระดับน้ำใต้ดินจะคำนวณจากปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามา คือ G และ Capillary Flux (CAFLUX) และ Baseflow (BF) ซึ่ง Baseflow จะคำนวณเป็นการไหลออกจาก Linear Reservoir โดย Time Constant CK_{BF}



$$BF = \begin{cases} (GWLBF_o - GWL)s_y (CK_{BF})^{-1} & \text{for } GWL \leq GWLBF_o \\ 0 & \text{for } GWL > GWLBF_o \end{cases} \quad (7)$$

เมื่อ GWL = ความลึกของ Groundwater Table จากระดับผิวดิน

$GWLBF_o$ = ความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด Baseflow

S_y = Specific Yield ของ Groundwater Reservoir

การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำในส่วน Interflow และ Overland Flow จะถูก Routing ในลักษณะของ
อ่างเชิงเส้น 2 ครั้ง ด้วยค่าคงที่ของเวลา CK_1 และ CK_2

$$CK = \begin{cases} CK_{par} & OF \leq OF_{min} \\ CK_{par} \left(\frac{OF}{OF_{min}} \right)^{-\beta} & OF > OF_{min} \end{cases} \quad (8)$$

เมื่อ OF = อัตราการไหลของ Overland Flow (มม./ชม.)

CK_{par} = ค่าพารามิเตอร์ CK_1 หรือ CK_2 (ชม.)

OF_{min} = ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับ non-linear routing dynamics 0.4 (มม./ชม.)

β = ค่าสัมประสิทธิ์ตามพลศาสตร์การไหลของ Chezy = 0.33

สำหรับผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ที่ส่งผลต่อ
ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองสามารถได้ดังตารางที่ 5.1-2



ตารางที่ 5.1-2 ผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

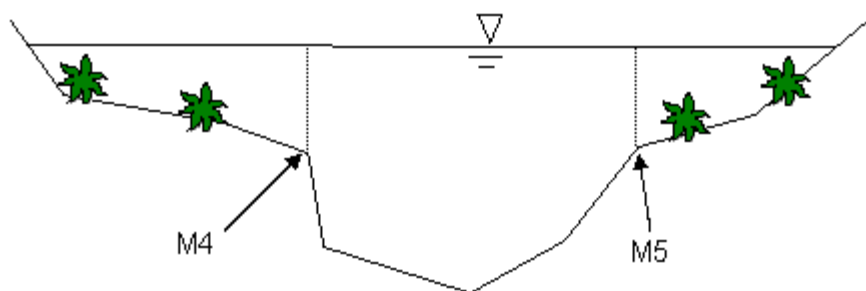
พารามิเตอร์	ผลที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์	ความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น
1. U_{max} : ค่าความจุผิวดินสูงสุด	- การไหลบนผิวดิน - การคายน้ำของพืช - การซึมลงในชั้นดิน - การไหลในชั้นดิน	- การไหลบนดินลดลง (โดยเฉพาะในช่วงเริ่มฤดูฝน) - การคายน้ำของพืชสูงขึ้น - การซึมลงในดินลดลง - การไหลในชั้นดินเพิ่มมากขึ้น
2. L_{max} : ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (ชั้นรากพืช)	- การไหลบนผิวดิน - การคายน้ำของพืช - การไหลในชั้นดิน - Base Flow	- การไหลบนผิวดินลดลง - การคายน้ำของพืชสูงขึ้น - การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น - Base Flow ลดลง
3. CQ_{OF} : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน	- ปริมาณการไหลบนผิวดิน - การซึมลงในชั้นดิน	- การไหลบนผิวดินเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์การซึมลงในดินลดลง
4. CK_{IF} : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในชั้นดิน	- ปริมาณการไหลในชั้นดิน - การไหลบนผิวดิน	- การไหลในชั้นดินเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์ - การไหลบนผิวดินลดลง
5. T_{OF} : ค่าเริ่มต้นการไหลบนผิวดิน	- การไหลบนผิวดิน - การซึมลงในชั้นดิน	- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลหลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น - การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น
6. T_{IF} : ค่าเริ่มต้นการไหลในชั้นดิน	- การไหลในชั้นดิน - การไหลบนผิวดิน - การซึมลงในชั้นดิน	- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลในชั้นดินหลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น - การไหลบนผิวดินเพิ่มสูงขึ้น - การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น
7. T_G : ค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน	- การไหลของน้ำใต้ดิน - การซึมลงในชั้นดิน - การคายน้ำของพืช	- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดินหลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น - ความจุในชั้นดินเพิ่มขึ้นเร็ว - การคายน้ำของพืชสูงขึ้น
8. CK_1 : พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของการไหล ของน้ำชั้นผิวดิน และในชั้นดิน	- ลักษณะรูปร่างของการไหลในลำน้ำ	- ช่วงเวลาการไหลนานและค่าอัตราการไหลสูงสุด ของไฮโดรกราฟต่ำ

ตารางที่ 5.1-2 (ต่อ) ผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

พารามิเตอร์	ผลที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์	ความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น
9. CK_2 : พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ	- ลักษณะรูปร่างของการไหล เช่นเดียวกับค่า CK_1 แต่สำหรับ CKL นั้นใช้สำหรับจำลองความจุของแหล่งเก็บกักประเภทอ่างเก็บหรือลำน้ำ	
10. CK_{BF} : พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของ Base Flow จากชั้นเก็บกักน้ำใต้ดิน	- ลักษณะรูปร่างการไหลของ Base Flow	- ช่วงเวลาการไหลนานและค่าสูงสุดของ Base Flow ต่ำ

2) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์พลศาสตร์แบบ 1 มิติ (1-Dimensional Hydrodynamic Module หรือ MIKE11 HD)

แบบจำลอง MIKE11 HD เป็นแบบจำลองประเภท Implicit, Finite Difference Model ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) ในแม่น้ำตลอดจนการไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเล โดยที่แบบจำลอง MIKE11 HD สามารถใช้ในการวิเคราะห์การไหลทั้งแบบใต้วิกฤต (Subcritical Flow) และการไหลแบบเหนือวิกฤต (Supercritical Flow) ได้ นอกจากนี้ MIKE11 HD ยัง สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาการไหลเข้ามาอาคารทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ตลอดจนโครงข่าย (Looped Network) และการจำลองการไหลแบบ Quasi two-dimensional ในบริเวณทุ่งน้ำท่วม (Flood Plains) ดังแสดงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างลำน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วมในรูปที่ 5.1-2



รูปที่ 5.1-2 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างที่ราบน้ำท่วมถึงกับลำน้ำหลักในแบบจำลอง



การคำนวณในแบบจำลอง MIKE11 HD เป็นแบบ Gradually Varied Unsteady Flow ในทางน้ำเปิด โดยใช้สมการ Saint Venant Equation ซึ่งประกอบด้วยสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม การแก้สมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมจะใช้วิธีการเรียกว่า Implicit Finite Difference Scheme ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Abbot and Ionescu (1967) โครงสร้างของวิธีการแก้ปัญหายู่นบนพื้นฐานที่เป็นอิสระจากลักษณะของคลื่น (Wave Description) ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (9)$$

และ

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (10)$$

- เมื่อ
- Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
 - A = พื้นที่ของการไหล (ตร.กม.)
 - R = ความต้านทานชลศาสตร์หรือ Hydraulic Resistance (ม.)
 - h = ความลึกน้ำเหนือระดับอ้างอิง (ม.)
 - q = การไหลเข้าด้านข้าง (ตร.ม./วินาที)
 - C = ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy ซึ่งแปรตามความลึก



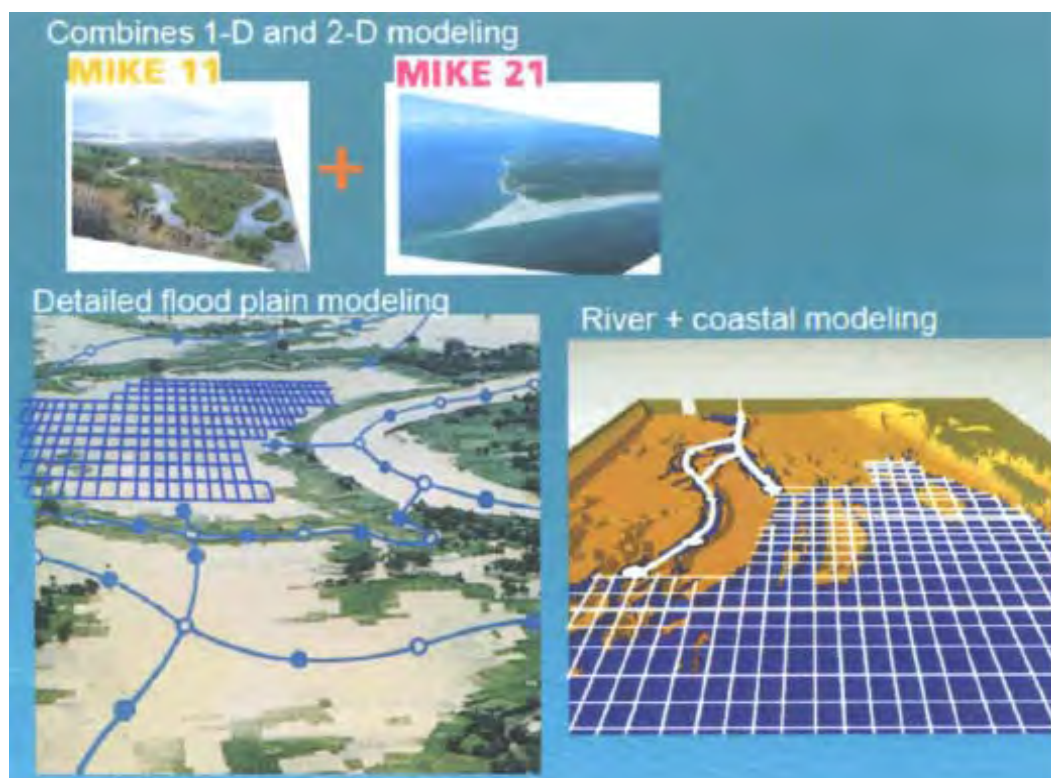
แบบจำลอง MIKE11 นี้สามารถคำนวณการไหลแบบ Gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิดซึ่งมีลักษณะต่างๆ ได้ดังนี้

- การไหลทั้งแบบ Subcritical และ Supercritical โดยใช้เงื่อนไขการไหลเข้าด้านข้างตามเวลาและระยะทาง
- การไหลในทางน้ำเปิด ซึ่งมีลักษณะเป็นโค้งขาคือ Loop
- การไหลแบบ Quasi two dimensional flow บน Flood Plains
- การไหลผ่านโครงสร้างทางชลศาสตร์ เช่น ฝาย และ Culvert เป็นต้น
- การไหลที่มีการแพร่กระจายจากแม่น้ำหลักไปสู่ปากน้ำซึ่งได้รับอิทธิพลน้ำขึ้น-น้ำลงของน้ำทะเล

3) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์พลศาสตร์แบบ 2 มิติ (2-Dimensional Hydrodynamic Module หรือ MIKE21 HD)

แบบจำลอง MIKE 21 เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมที่เชื่อมโยงการคำนวณแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้สามารถจำลองลักษณะการเกิดน้ำท่วมได้อย่างเสมือนจริง ทั้งกรณีการไหลในลำน้ำ ท่งน้ำท่วม น้ำท่วมขังบนถนน โค้งขาคือการระบายน้ำ และบริเวณชายฝั่ง รวมทั้งสภาพการพังทลายของเขื่อนหรือคันกั้นน้ำ แบบจำลอง MIKE 21 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1D Engines และ 2D Engines ดังแสดงลักษณะการเชื่อมต่อของการทำงานทั้งสองส่วนในรูปที่ 5.1-3 โดยการเชื่อมกริด 2 มิติ กับลำน้ำ 1 มิติ ใน MIKE FLOOD สามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ

- Standard Links ใช้สำหรับเชื่อมต่อกริด 2D กับปลายลำน้ำ 1D เพื่อให้ น้ำไหลเข้า/ออกระหว่างลำน้ำและกริด
- Lateral Links ใช้สำหรับเชื่อมต่อกริด 2D ด้านข้างตามแนวช่องลำน้ำ เพื่อให้ น้ำไหลล้นเข้า/ออกระหว่างลำน้ำและกริด



รูปที่ 5.1-3 ลักษณะการเชื่อมต่อของการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ในแบบจำลอง MIKE FLOOD

จากลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ทั้งสองสรุปรายละเอียดการทำงาน ได้ดังนี้

(1) การทำงานส่วน 1D Engines

การทำงานส่วน 1D Engines ของแบบจำลอง MIKE 21 ซึ่งเป็น “แบบจำลอง MIKE HYDRO RIVER” คือ แบบจำลองทางชลศาสตร์สำหรับแม่น้ำ ลำน้ำ และอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและพิสูจน์แล้วว่า เป็นแบบจำลองมาตรฐานและปฏิบัติงานได้จริงทั้งการคำนวณการไหลของน้ำ คุณภาพน้ำ และการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ คลองชลประทาน และน้ำผิวดินอื่นๆ ในหลายพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะการใช้งานในการนำเข้าข้อมูลและแปรผลการคำนวณไม่ยุ่งยาก เข้าใจง่าย โดยมีความสามารถในการทำงานที่ครอบคลุมขอบข่ายพื้นที่ศึกษาทั้งหมด แบบจำลองมีเครื่องมือที่ช่วยในการปรับเทียบ ทำให้มั่นใจได้ว่าการทำแบบจำลองจะมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty)

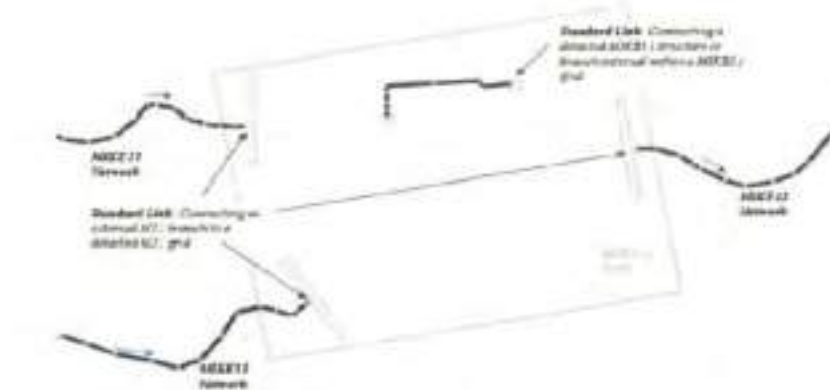


(2) การทำงานส่วน 2D Engines

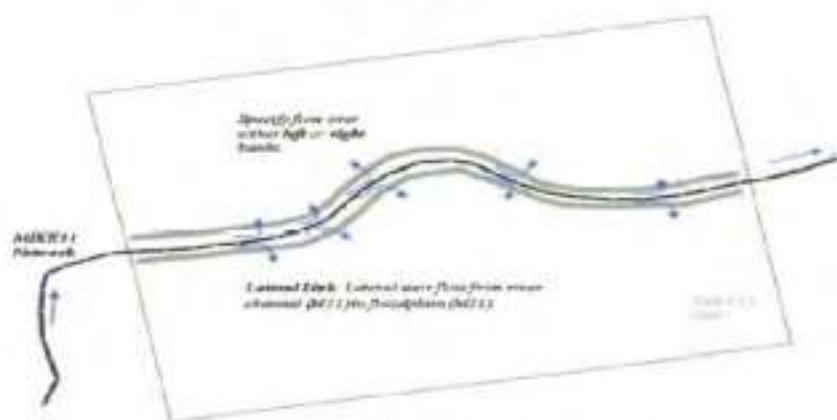
การทำงานส่วน 2D Engines ของแบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งเป็น “แบบจำลอง MIKE21” คือแบบจำลองลักษณะ 2 มิติ แบบจำลองย่อยของ MIKE 21 ที่ใช้ คือ MIKE 21 HD หรือ Hydrodynamic ที่ใช้สำหรับการคำนวณค่าระดับ และอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งมีข้อมูลนำเข้าหลัก คือ ค่าระดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ และแรงกระทำอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดการไหล ทั้งนี้แบบจำลองสามารถคำนวณโดยครอบคลุมสิ่งต่างๆ เหล่านี้

- ความเสียดทานท้องน้ำ
- แรงกระทำเนื่องจากลม
- แรงกระทำเนื่องจากความกดอากาศ
- แรงกระทำจากการหมุนรอบตัวเองของโลก
- บังคับการเพิ่ม หรือลด ปริมาณน้ำ ณ ตำแหน่งที่กำหนด
- การระเหยของน้ำ
- การเปลี่ยนสภาพระหว่างเซลล์แห้งและเซลล์เปียก
- แรงกระทำจากคลื่น

การจำลองลักษณะการไหลแบบสองมิติด้วยแบบจำลอง MIKE 21 ดังแสดงในรูปที่ 5.1-4 และรูปที่ 5.1-5

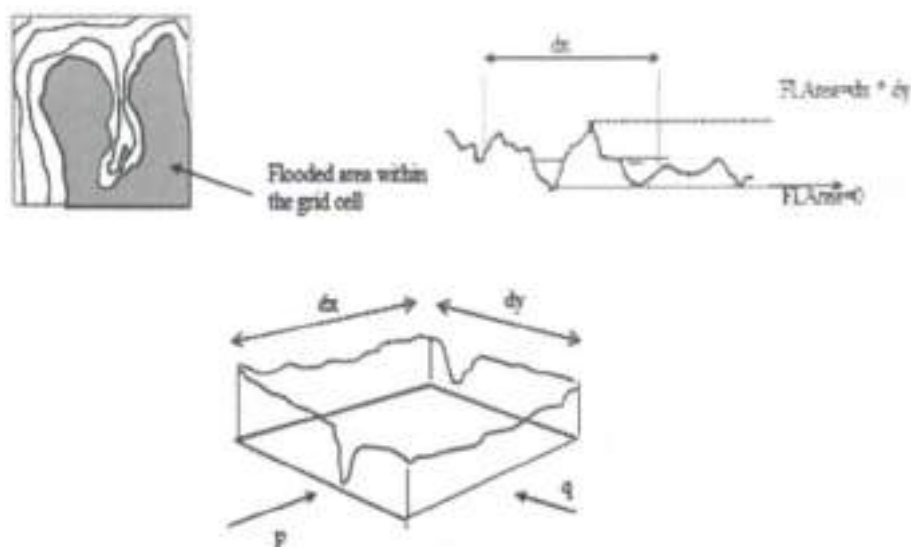


(ก) การเชื่อมต่อแบบ Standard Links



(ข) การเชื่อมต่อแบบ Lateral Links

รูปที่ 5.1-4 ลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ในแบบจำลอง MIKE



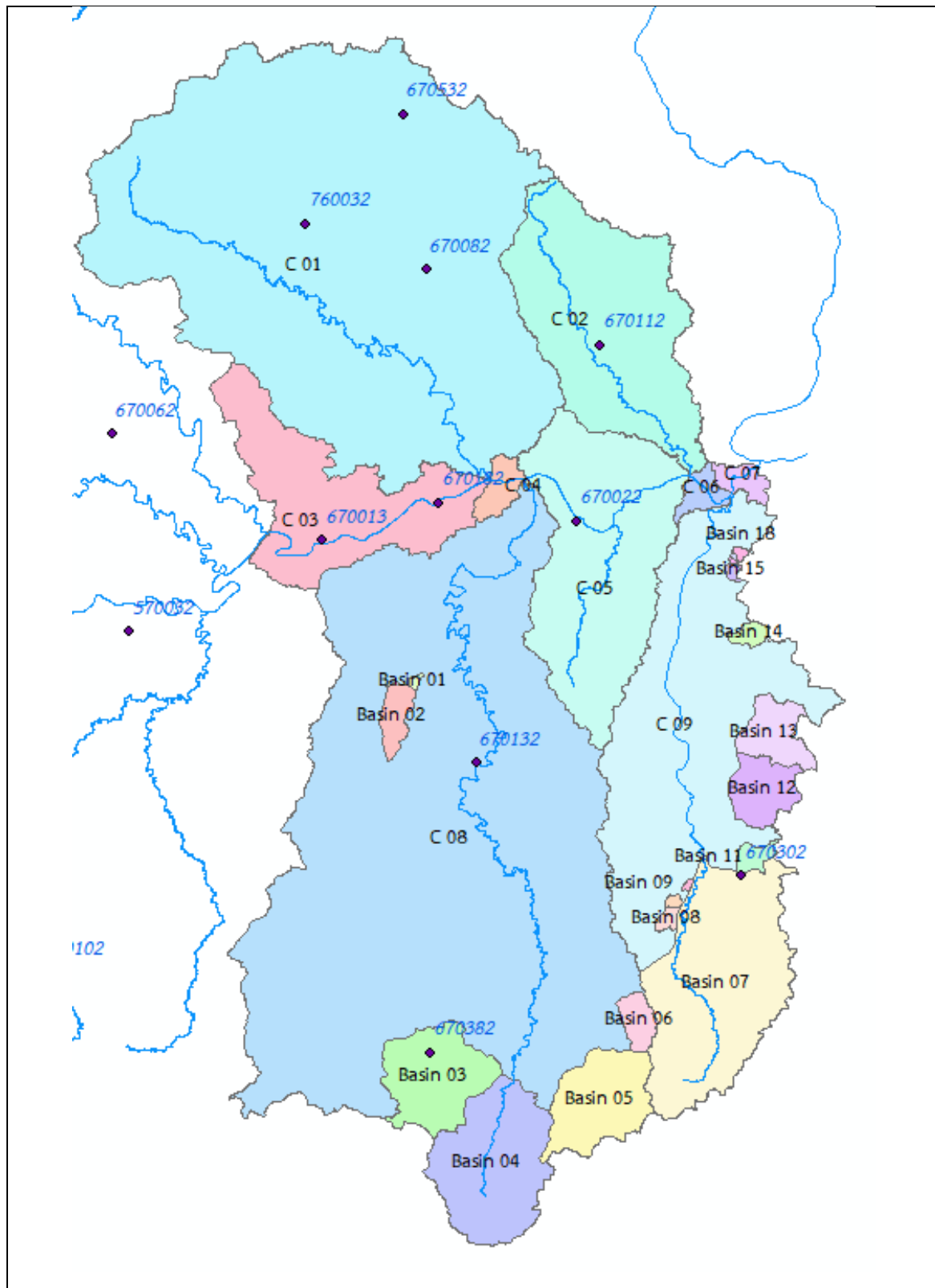
รูปที่ 5.1-5 ลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมของกริดในแบบจำลอง MIKE21

5.1.2. แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า

การศึกษาแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 2 ส่วน คือ 1) การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ และ 2) ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

5.1.2.1. การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ

ในการศึกษานี้ สามารถแบ่งพื้นที่รับน้ำในพื้นที่ศึกษาโครงการออกเป็น 27 กลุ่มน้ำย่อย โดยใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่กำหนด รวมไปถึงคลอง และถนน เป็นเกณฑ์เพื่อแบ่งทิศทางการไหลของน้ำฝนไปยังพื้นที่รับน้ำย่อยนั้นๆ ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าแต่ละกลุ่มน้ำย่อยนั้น แบบจำลองจะคำนวณปริมาณน้ำท่าตามเวลาที่กำหนดจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหย สำหรับรายละเอียดของพื้นที่รับน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ แสดงในรูปที่ 5.1-6 และรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.1-3



รูปที่ 5.1-6 การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ



ตารางที่ 5.1-3 ขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาโครงการ

ลำดับที่	รหัสลุ่มน้ำย่อย	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)
1	Basin-01	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 1	3.61
2	Basin-02	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 2	44.63
3	Basin-03	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 3	225.83
4	Basin-04	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 4	370.36
5	Basin-05	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 5	211.86
6	Basin-06	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 6	41.40
7	Basin-07	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 7	666.39
8	Basin-08	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 8	10.34
9	Basin-09	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 9	4.63
10	Basin-10	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 10	2.10
11	Basin-11	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 11	21.91
12	Basin-12	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 12	98.50
13	Basin-13	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 13	92.91
14	Basin-14	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 14	17.41
15	Basin-15	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 15	5.13
16	Basin-16	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 16	1.48
17	Basin-17	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 17	1.03
18	Basin-18	พื้นที่รับน้ำท่วม จุดที่ 18	3.63
19	C-01	ลำเซบก	3,599.00
20	C-02	ห้วยตุงลุง	860.74
21	C-03	ลำน้ำมูลส่วนที่ 3/5	636.81
22	C-04	ลำน้ำมูลส่วนที่ 3/6	49.60
23	C-05	ลำน้ำมูลตอนล่างส่วนที่ 1	878.20
24	C-06	ลำน้ำมูลตอนล่างส่วนที่ 2	41.38
25	C-07	ลำน้ำมูลตอนล่างส่วนที่ 3	37.76
26	C-08	ลำโดมใหญ่	4,039.29
27	C-09	ลำโดมน้อย	1,274.66
รวม			13,240.59



5.1.2.2. ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

ข้อมูลหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ประกอบด้วย ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ข้อมูลปริมาณฝน นับเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในการคำนวณปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยแบบจำลองได้นำปริมาณฝนตรวจวัดมาทำการคำนวณให้เป็นปริมาณฝนลุ่มน้ำเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยใช้แฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen Polygon) เพื่อหาสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่มีอิทธิพลต่อลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ แล้ว จึงไปคำนวณปริมาณน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

สำหรับข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นนั้น ได้ใช้ข้อมูลรายวันที่รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ที่สถานีต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงจำนวน 12 สถานี แสดงดังตารางที่ 5.1-4 และแสดงผลการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักจากรูปหลายเหลี่ยมธีเอสเซนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในรูปที่ 5.1-7

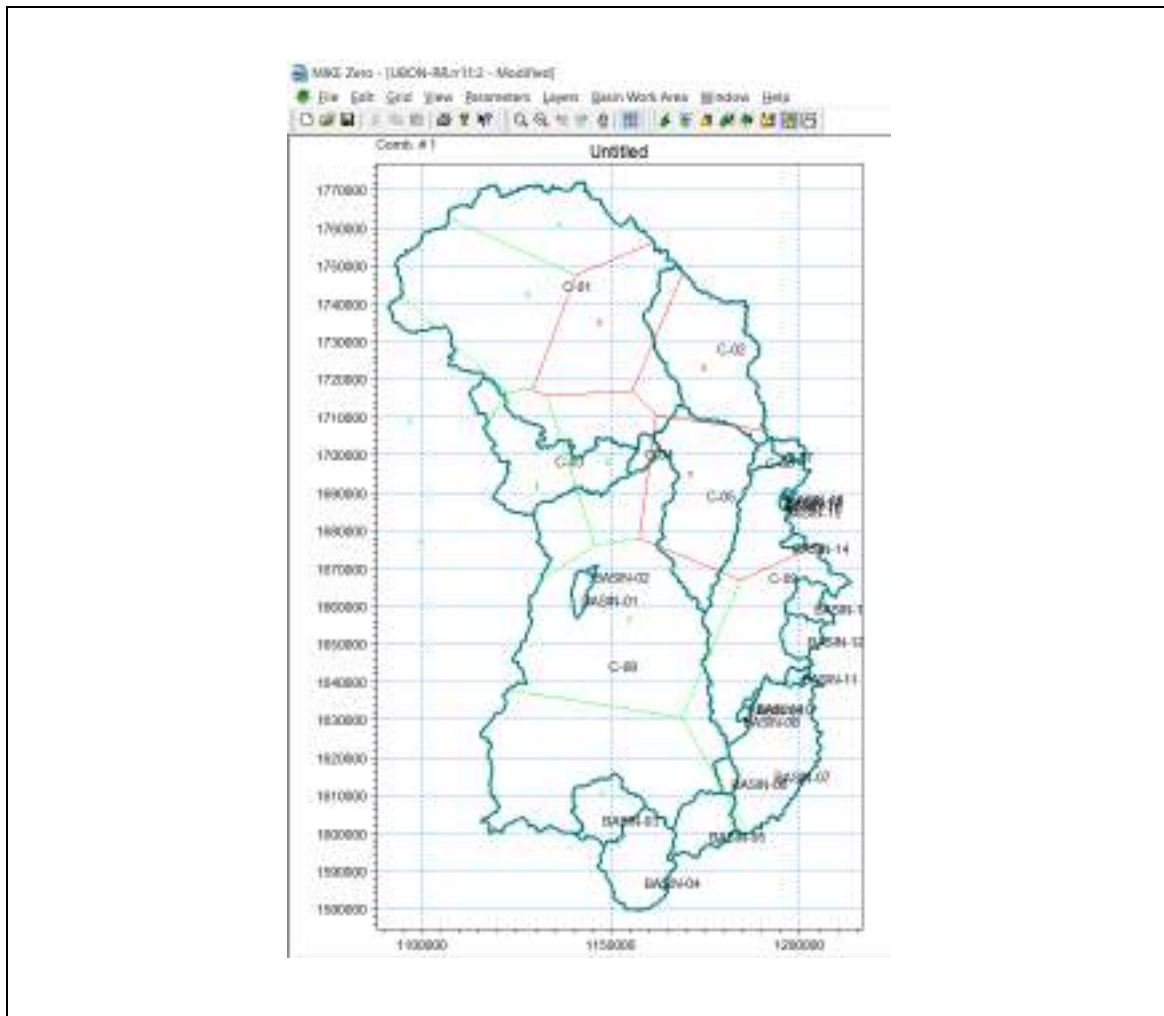
ตารางที่ 5.1-4 สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

รหัสสถานี	สถานีวัดน้ำฝน	ที่ตั้งสถานี		
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
570032	อ.กันทรารมย์	ดุน	กันทรารมย์	ศรีสะเกษ
670013	อ.เมือง	แจระแม	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี
670022	อ.พิบูลมังสาหาร	พิบูล	พิบูลมังสาหาร	อุบลราชธานี
670062	อ.เขื่องใน	เขื่องใน	เขื่องใน	อุบลราชธานี
670082	อ.ตระการพิพิธ	ขุหลุ	ตระการพิพิธ	อุบลราชธานี
670112	อ.ศรีเมืองใหม่	ลาดควาย	ศรีเมืองใหม่	อุบลราชธานี
670132	อ.เดชอุดม	เมืองเดช	เดชอุดม	อุบลราชธานี
670182	ศูนย์หมอนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ อุบลราชธานี	หนองขอน	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี
670302	สถานีรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุบลราชธานี	หนองขอน	เมืองอุบลราชธานี	อุบลราชธานี
670382	อ.น้ำยืน	สีวิเชียร	น้ำยืน	อุบลราชธานี
670532	อ.กุดข้าวปุ้น	กุดข้าวปุ้น	กุดข้าวปุ้น	อุบลราชธานี
720052	อ.กุดชุม	กุดชุม	กุดชุม	ยโสธร
760032	อ.พนา	พนา	พนา	อำนาจเจริญ



2) ข้อมูลปริมาณการระเหย ใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศอำเภอเมืองอุบลราชธานี และ สถานีตรวจอากาศอำเภอเมืองยโสธร ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการ โดยมีการตรวจวัดข้อมูลเป็นรายวันและมีสถิติข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ช่วงปี พ.ศ. 2534-2563 ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ในครั้งนี้ ใช้สถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยในคาบ 30 ปี ดังนี้

สถานีตรวจวัด อากาศ	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงมม.												
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ทั้งปี
อุบลราชธานี	144.41	141.14	119.89	115.99	109.64	101.65	111.27	111.40	109.83	111.76	115.51	139.32	1,431.82
ยโสธร	150.33	144.34	123.03	118.12	111.84	103.28	107.92	106.47	108.75	107.43	118.99	143.64	1444.13



รูปที่ 5.1-7 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen) ในแบบจำลอง



3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า นำมาใช้ในการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยมีช่วงสถิติการตรวจวัดเป็นรายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2564 โดยรวบรวมได้จากกรมชลประทาน และกรมทรัพยากรน้ำ ที่สถานีต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงจำนวน 4 สถานี ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.1-5

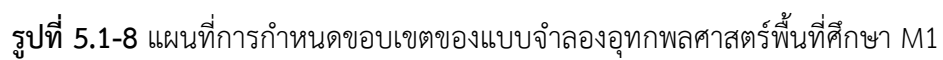
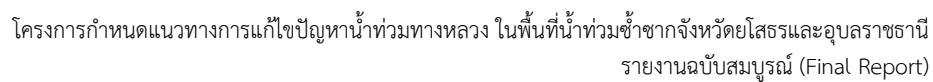
ตารางที่ 5.1-5 สถานีน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

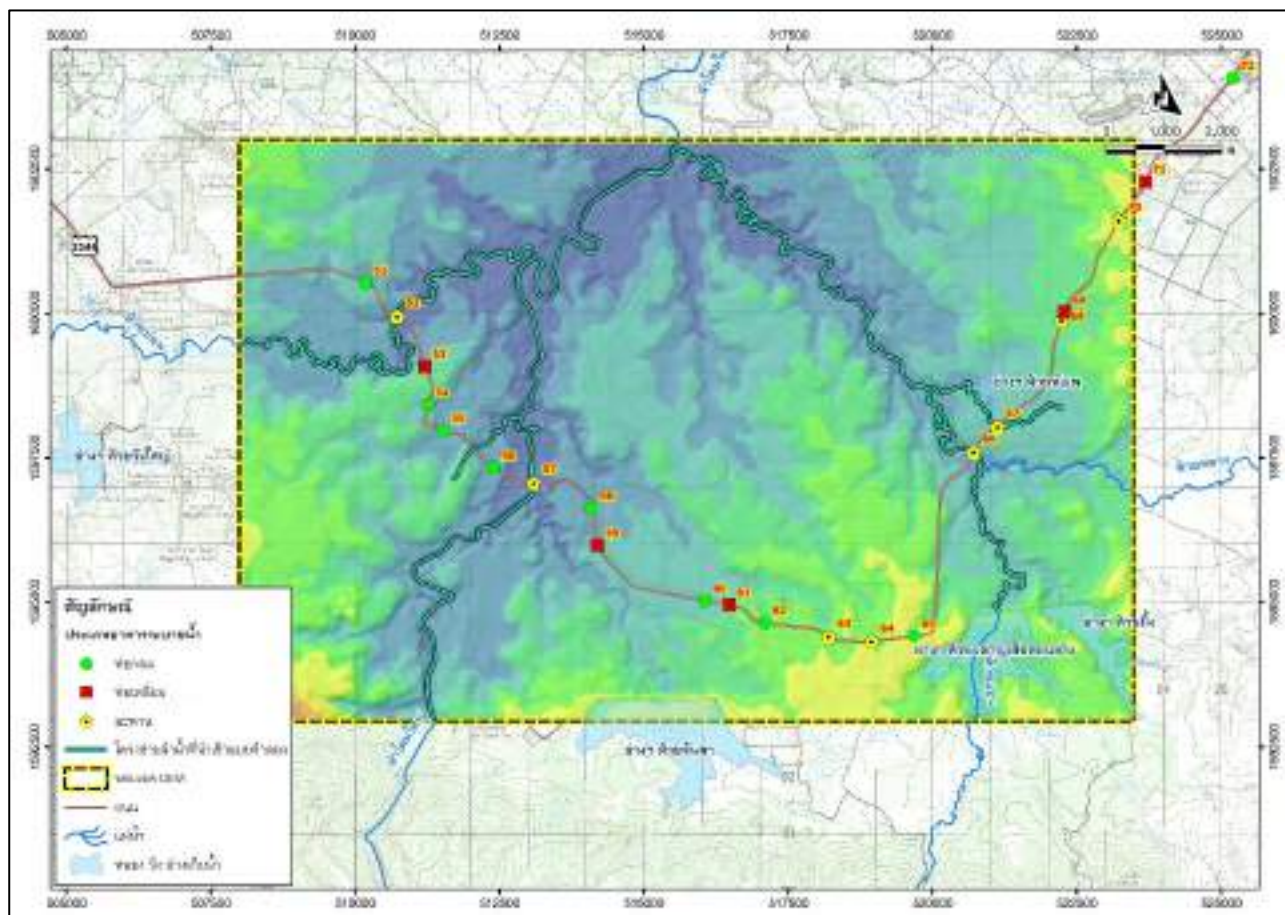
ลำดับที่	รหัสสถานี	แม่น้ำ/ลำน้ำ	ชื่อสถานี	จังหวัด	ช่วงปีสถิติข้อมูล
1	M.7	แม่น้ำมูล	บ้านชุมชนดิงาม	อุบลราชธานี	2493 - 2564
2	M.11B	แม่น้ำมูล	บ้านโพธิ์ตาก	อุบลราชธานี	2552 - 2564
4	M.127	ห้วยตาเหียว	บ้านนาไฮ	อุบลราชธานี	2530 - 2564
5	M.170	ลำโดมใหญ่	บ้านคำสำราญ	อุบลราชธานี	2544 - 2564



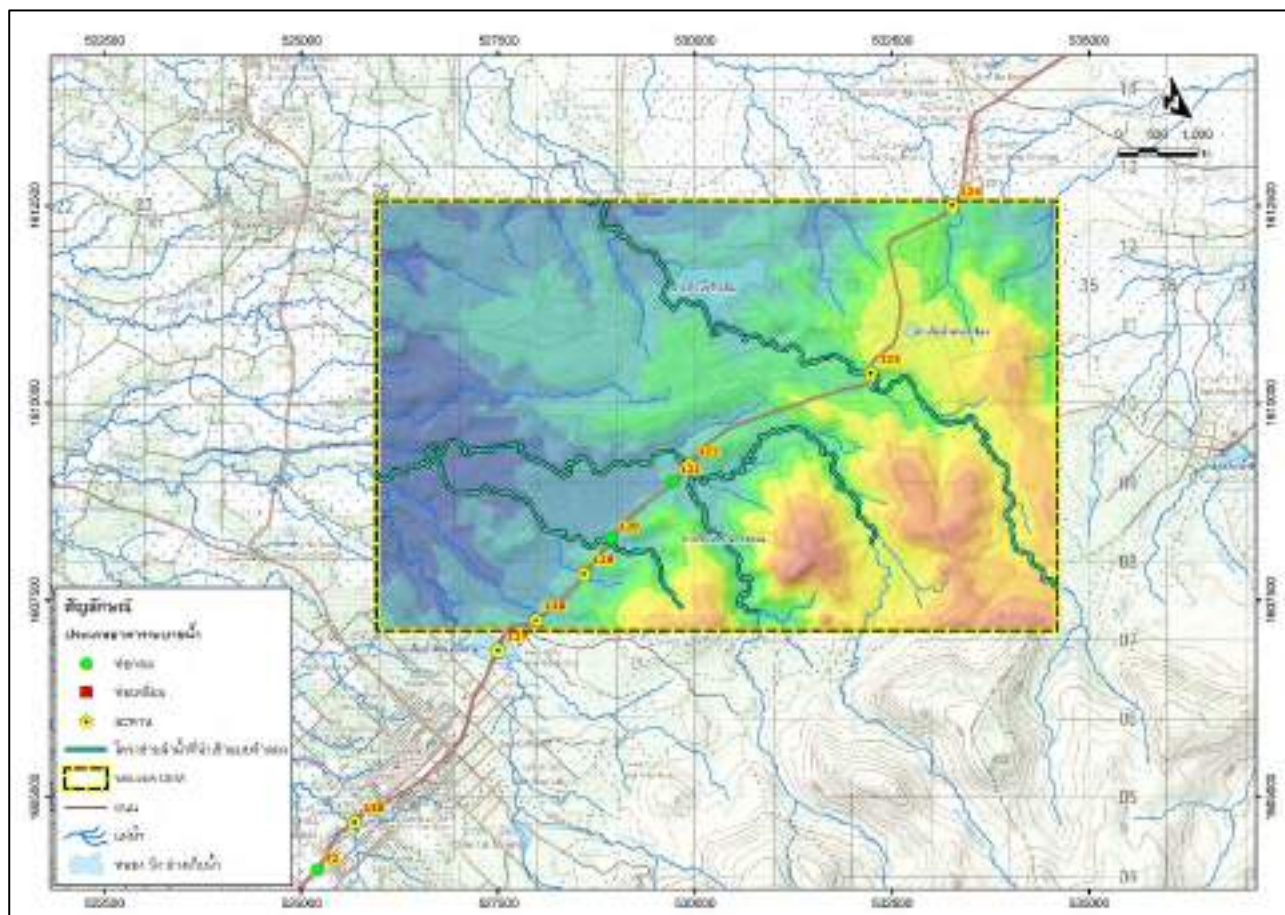
5.1.3. แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ เพื่อจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ (โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 HD) และการไหลในทุ่งน้ำท่วม (โดยใช้แบบจำลอง MIKE Flood) ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดยโสธรและอุบลราชธานี ประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินงาน 4 ส่วนหลัก คือ 1) การกำหนดโครงข่ายลำน้ำ (River Network) 2) การกำหนดข้อมูลรูปตัดลำน้ำ (Cross Section) 3) การกำหนดขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Condition) และ 4) การกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1-8 ถึง รูปที่ 5.1-15

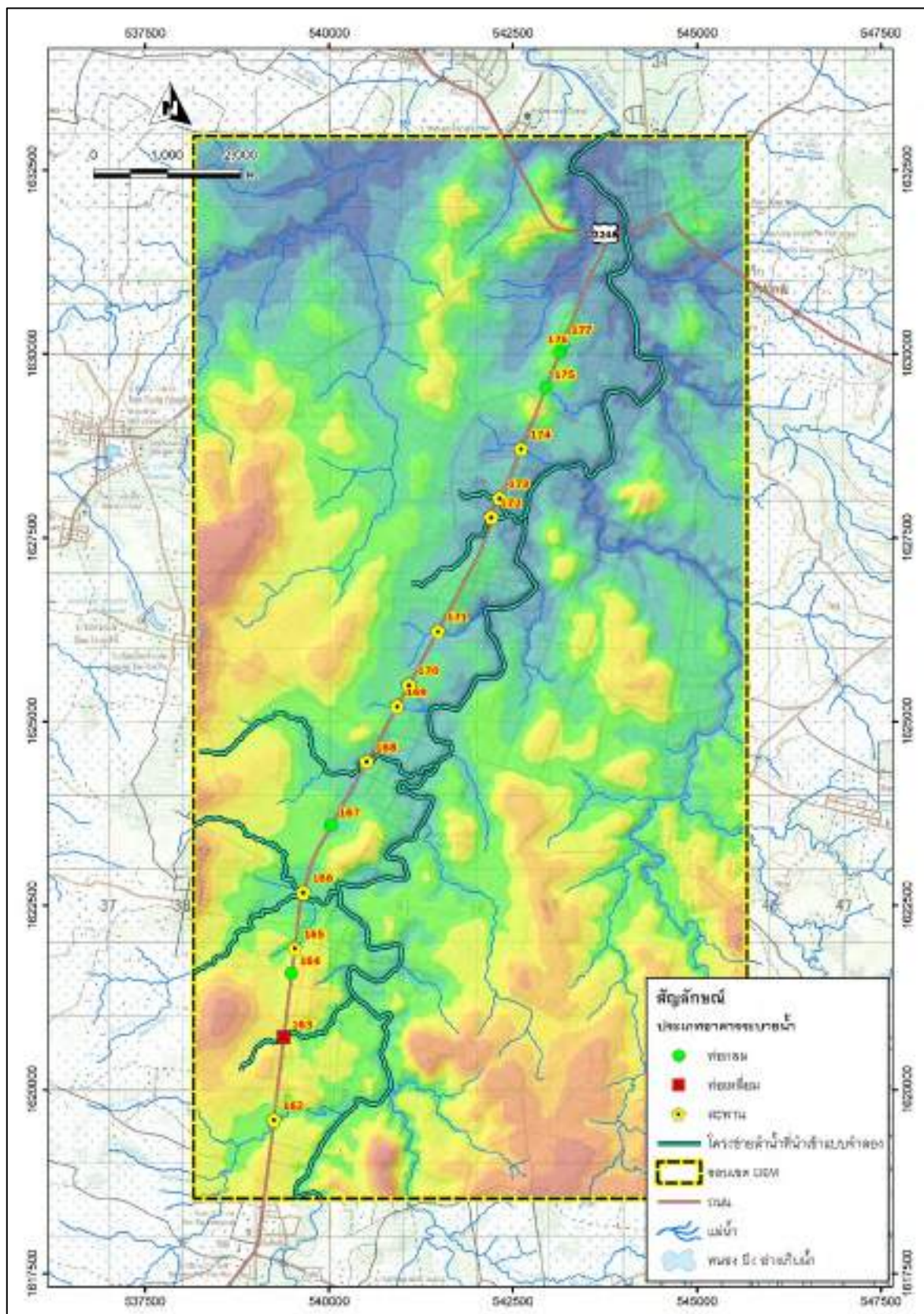




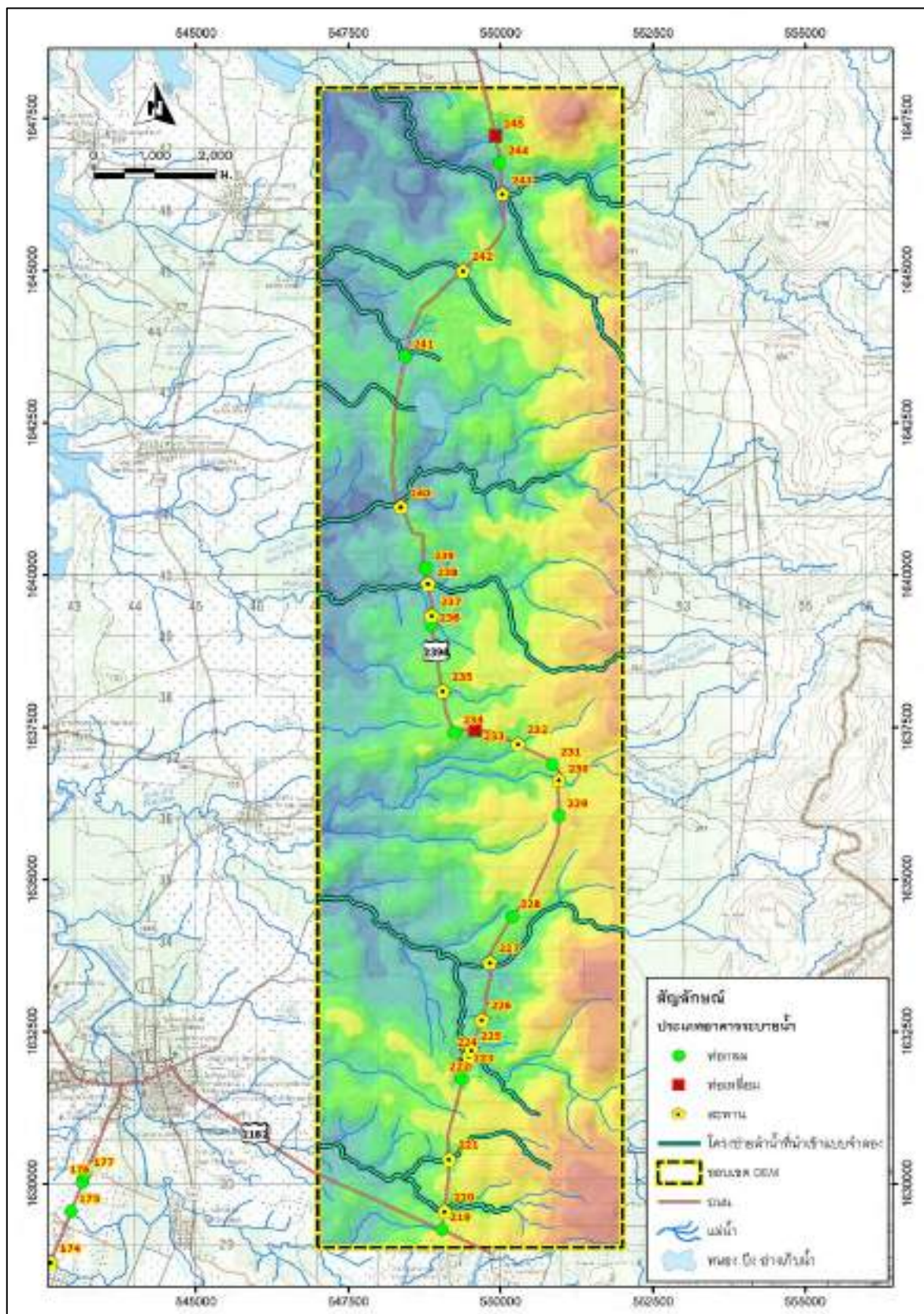
รูปที่ 5.1-10 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M2



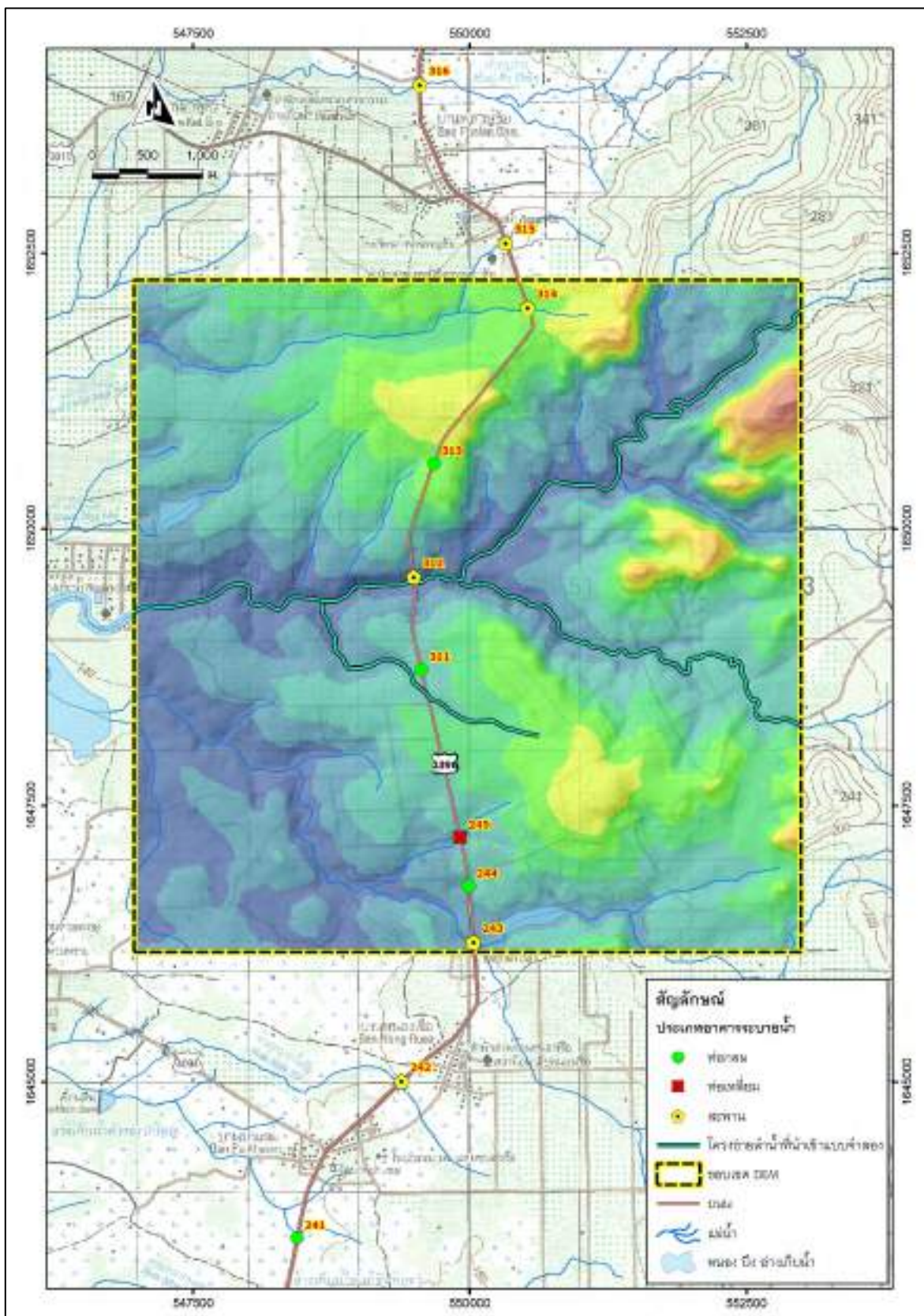
รูปที่ 5.1-10 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M3



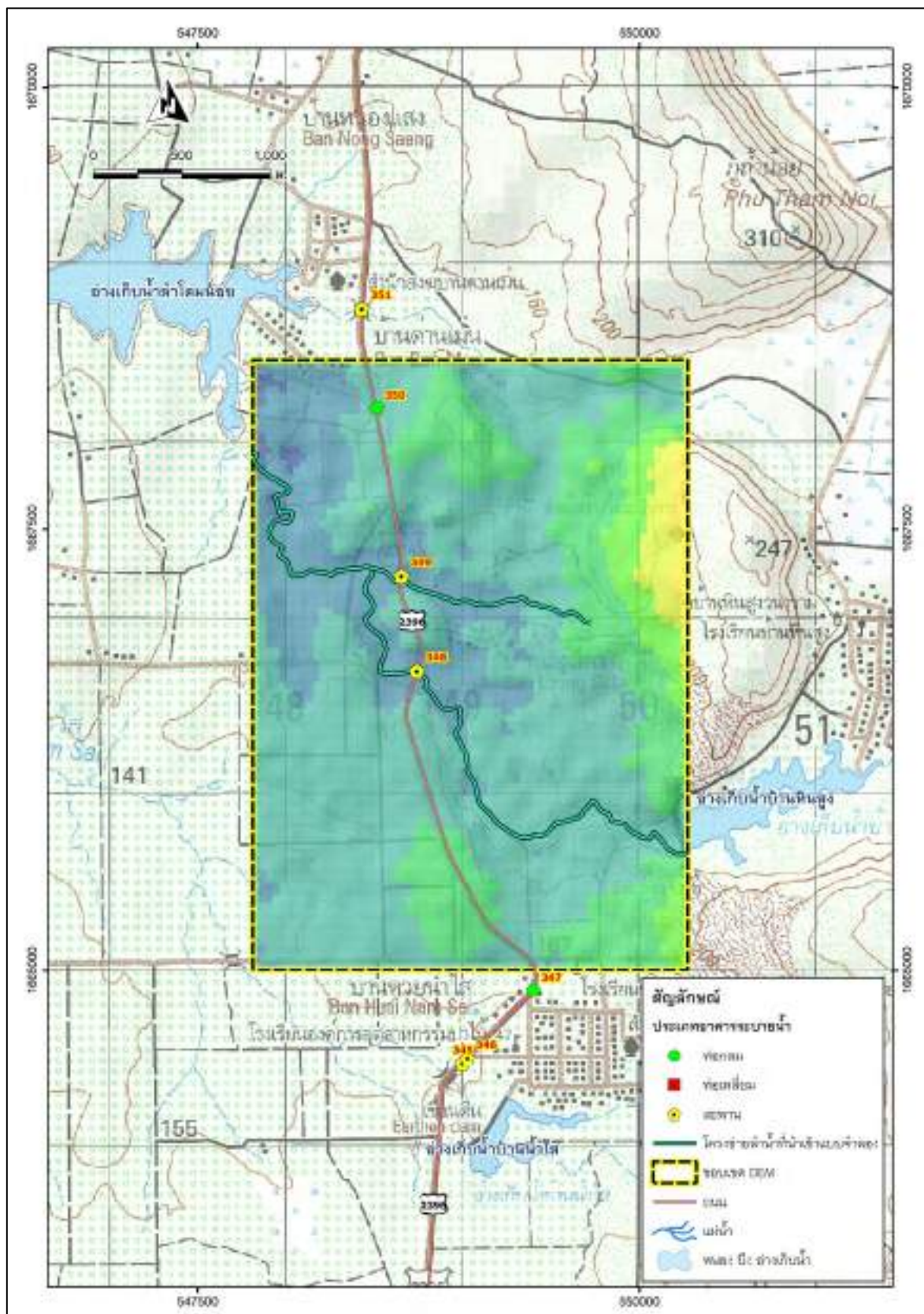
รูปที่ 5.1-11 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M4



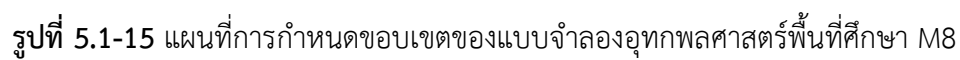
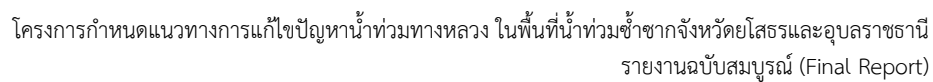
รูปที่ 5.1-12 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M5



รูปที่ 5.1-13 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M6



รูปที่ 5.1-14 แผนที่การกำหนดขอบเขตของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์พื้นที่ศึกษา M7





5.1.4. การเปรียบเทียบแบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ทางที่ปรึกษาจะเริ่มจากการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงจะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.4.1. การเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

จากการแบ่งลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาจำนวน 8 ลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวข้างต้น พบว่า มีเพียงลุ่มน้ำย่อย C-01 ลุ่มน้ำย่อย C-03 ลุ่มน้ำย่อย C-05 และลุ่มน้ำย่อย C-08 เท่านั้น ที่มีสถานีอุทกวิทยาตรวจวัดปริมาณน้ำ คือ สถานีบ้านกระเหรียงทุ่งพร้าว (G.9) และสถานีบ้านดอนสลิ (G.11) ที่สามารถทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่เหมาะสม สำหรับลุ่มน้ำย่อยอื่นๆ จะนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ต่อไป

ค่า Parameter ที่สำคัญสำหรับการเปรียบเทียบและผลที่จะเกิดจากการปรับค่า Parameter แต่ละตัว สามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 5.1-6

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูล ปี พ.ศ.2558 - 2562 และ ปี พ.ศ. 2555 - 2557 ในการปรับเทียบ (Calibrate) และการสอบทาน (Verified) แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยผลการปรับเทียบและผลการสอบทานระหว่างข้อมูลตรวจวัดที่สถานีอุทกวิทยาและผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 5.1-16 ถึง รูปที่ 5.1-19 และสรุปผลของค่าคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าตัวแปรทางสถิติ Correlation Coefficient (R2) และสมดุลน้ำ (Water Balance, WBL) แสดงไว้ในตารางที่ 5.1-7



ตารางที่ 5.1-6 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการปรับเทียบแบบจำลอง NAM Model

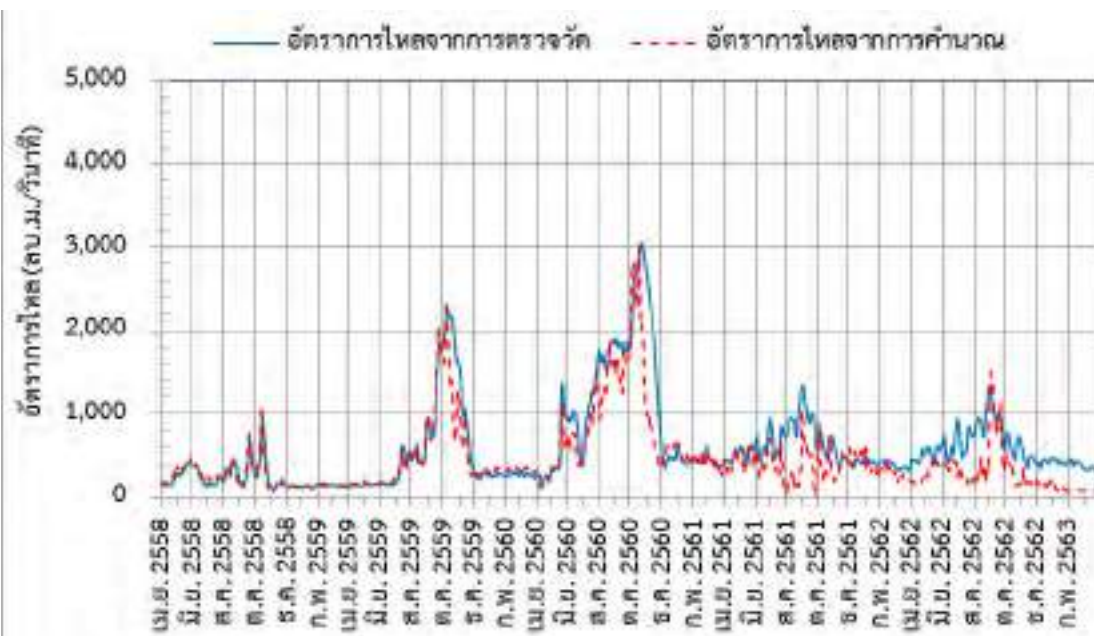
ลำดับที่	Parameter	ช่วงของค่า โดยทั่วไป	รายละเอียด	ผลของการปรับค่าเพิ่มขึ้น
1	Umax	10-20 มม.	ปริมาณน้ำที่ตกค้างอยู่ตามใบไม้/ผิวดิน และแหล่งน้ำผิวดิน	- ปริมาณการไหลผิวดินลดลง - การคายน้ำและการระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น - ปริมาณการซึมผิวดินมากขึ้น - การซึมลงสู่ดินชั้นล่างลดลง (ทำให้รูปร่างน้ำท่าพอมลง ปริมาณน้ำท่าสะสมลดลง)
2	Lmax	50-300 มม.	ความสามารถในการเก็บกักน้ำในแหล่งน้ำชั้นล่าง (Root zone) - มีค่าน้อย สำหรับลุ่มน้ำที่เป็นดินทราย - มีค่ามาก สำหรับลุ่มน้ำที่เป็นดินเหนียว	- ปริมาณการไหลผิวดินลดลง - การคายน้ำและการระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น - การซึมลงสู่ดินชั้นล่างเพิ่มขึ้น (ทำให้รูปร่างน้ำท่าพอมลง ปริมาณน้ำท่าสะสมลดลง)
3	CQOF	0.00-1.00	ค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า - มีค่าน้อย สำหรับพื้นที่ราบลุ่ม และน้ำซึมผ่านได้ง่าย - มีค่ามาก สำหรับพื้นที่ลาดชัน และน้ำซึมผ่านได้ยาก	- ปริมาณการไหลผิวดินสูงขึ้น - ปริมาณการซึมลดลง - (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น และน้ำท่าสะสมเพิ่มขึ้น)
4	CKIF	500-1000 ชม.	กำหนดเวลาในการเกิดน้ำซึมผิวดิน (interflow)	(ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น และอัตราการไหลที่มีค่าน้อยมีค่าลดลง)
5	CK1,2	3-48 ชม.	การเคลื่อนตัวของน้ำผิวดินและน้ำซึมผิวดิน ตามความลาดชันของลุ่มน้ำ และตามลำน้ำมายังท้ายน้ำของลุ่มน้ำ โดยทั่วไปกำหนดให้ CK1=CK2	- ทำให้ช่วงเวลาของการเกิดน้ำผิวดินและน้ำซึมผิวดินยาวนานขึ้น (ทำให้รูปร่างของกราฟน้ำท่ามีฐานกว้างขึ้น แต่ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าลดลง)
6	TOF	0.00-0.99	ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลผิวดิน - $L/L_{max} < TOF$ ไม่เกิดการไหล - $L/L_{max} \geq TOF$ เกิดการไหล เมื่อดินชุ่มน้ำ ($L/L_{max} = 1$) การปรับค่า TOF จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล	- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำผิวดินช้าลง ในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก - ทำให้การซึมลงสู่ดินชั้นล่าง ในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลากมี ค่าเพิ่มขึ้น (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าลดลง และอัตราการไหลที่มีค่า น้อยมีค่าลดลง)



ตารางที่ 5.1-6 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการปรับเทียบแบบจำลอง NAM Model

ลำดับที่	Parameter	ช่วงของค่า โดยทั่วไป	รายละเอียด	ผลของการปรับค่าเพิ่มขึ้น
7	TIF	0.00-0.99	ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมผิวดิน - $L/L_{max} < TOF$ ไม่เกิดการไหล - $L/L_{max} \geq TOF$ เกิดการไหล เมื่อดินชุ่มน้ำ ($L/L_{max} = 1$) การปรับค่า TIF จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล	- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำซึมผิวดินช้าลงในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก - ทำให้การซึมลงสู่ดินชั้นล่างและการไหลผิวดินมีค่ามากขึ้น (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น แต่อัตราการไหล ในช่วงน้ำแล้งมีค่าลดลง)
8	TG	0.00-0.99	ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมน้ำใต้ดิน - $L/L_{max} < TOF$ ไม่เกิดการไหล - $L/L_{max} \geq TOF$ เกิดการไหล เมื่อดินชุ่มน้ำ ($L/L_{max} = 1$) การปรับค่า TG จะไม่มีผลต่อการเกิดการไหล	- ทำให้การเริ่มเกิดการไหลของน้ำใต้ดินช้าลงในช่วงเริ่มต้นของฤดูน้ำหลาก (ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่ามากขึ้น แต่อัตราการไหล ในช่วงน้ำแล้งมีค่าลดลง)
9	CKBF	(ชม.)	ความยาวนานในการเกิดการไหลของน้ำใต้ผิวดิน (baseflow)	(ทำให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าน้อยลง แต่อัตราการไหลในช่วงน้ำแล้งมีค่ามากขึ้น)

ผลการเปรียบเทียบที่สถานี M.7

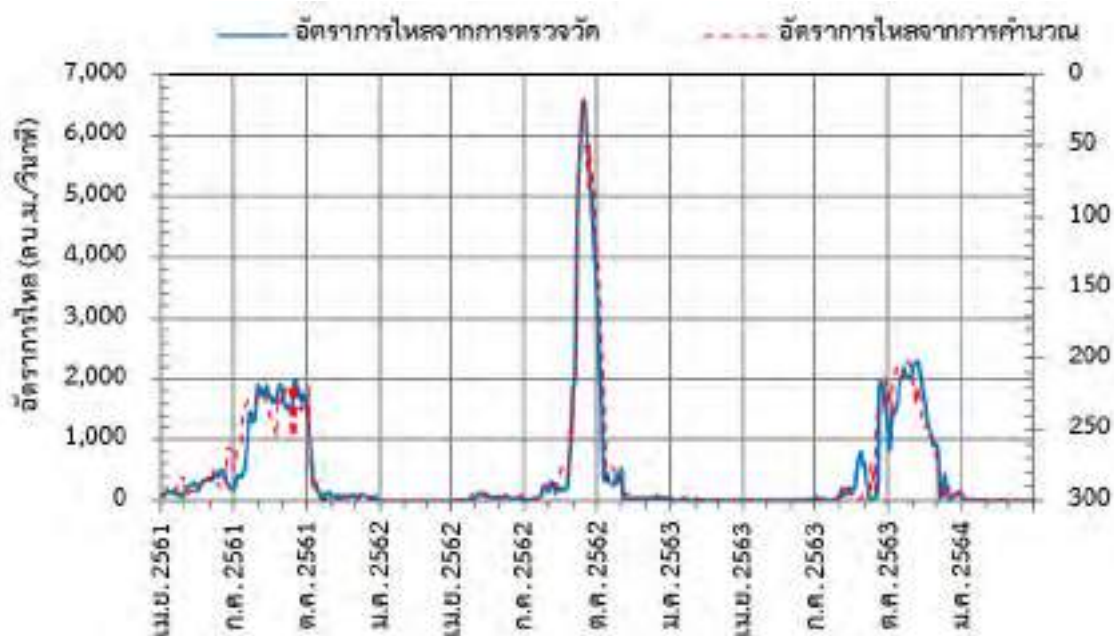


ผลการสอบเทียบที่สถานี M.7

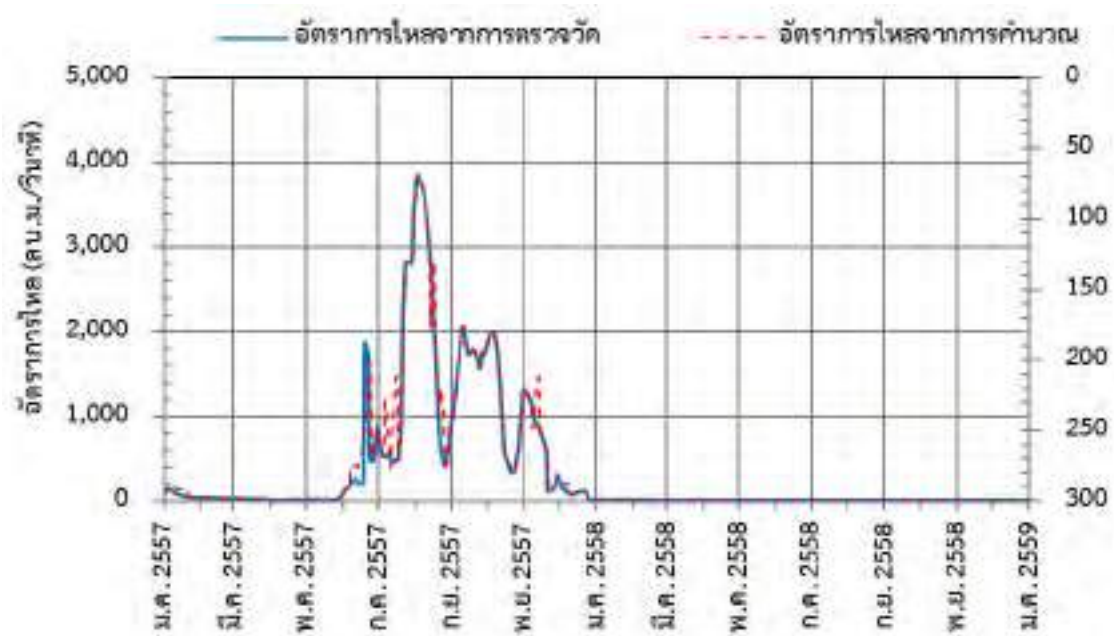


รูปที่ 5.1-16 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.7

ผลการเปรียบเทียบที่สถานี M.11B



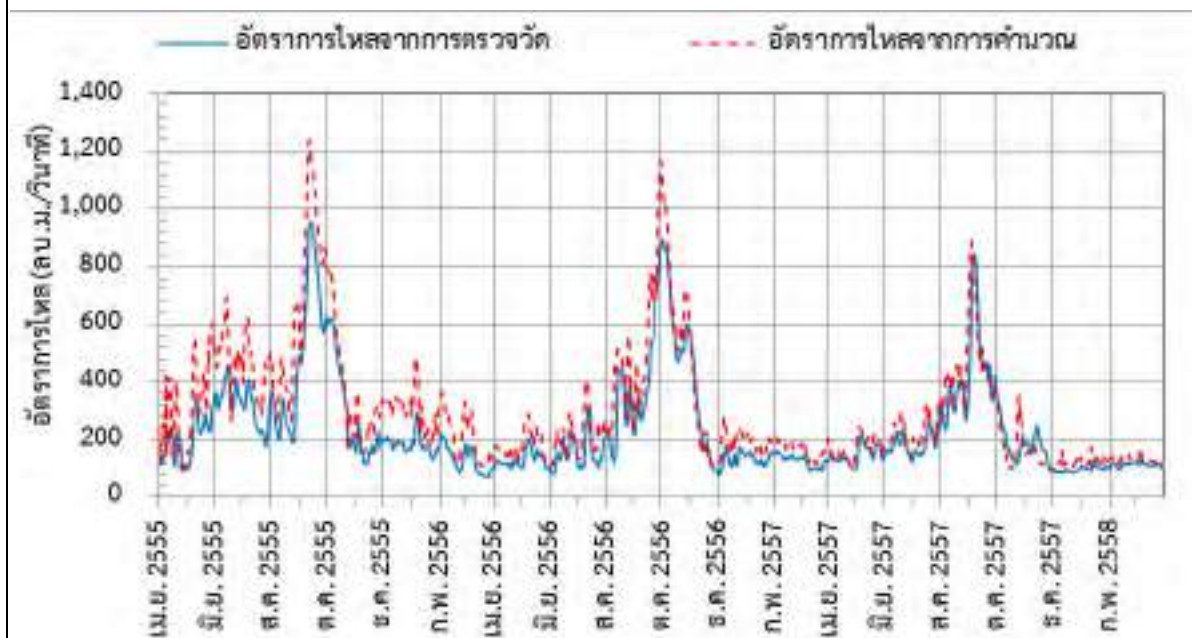
ผลการสอบเทียบที่สถานี M.11B



รูปที่ 5.1-17 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.11B



ผลการเปรียบเทียบที่สถานี M.127



ผลการสอบเทียบที่สถานี M.127

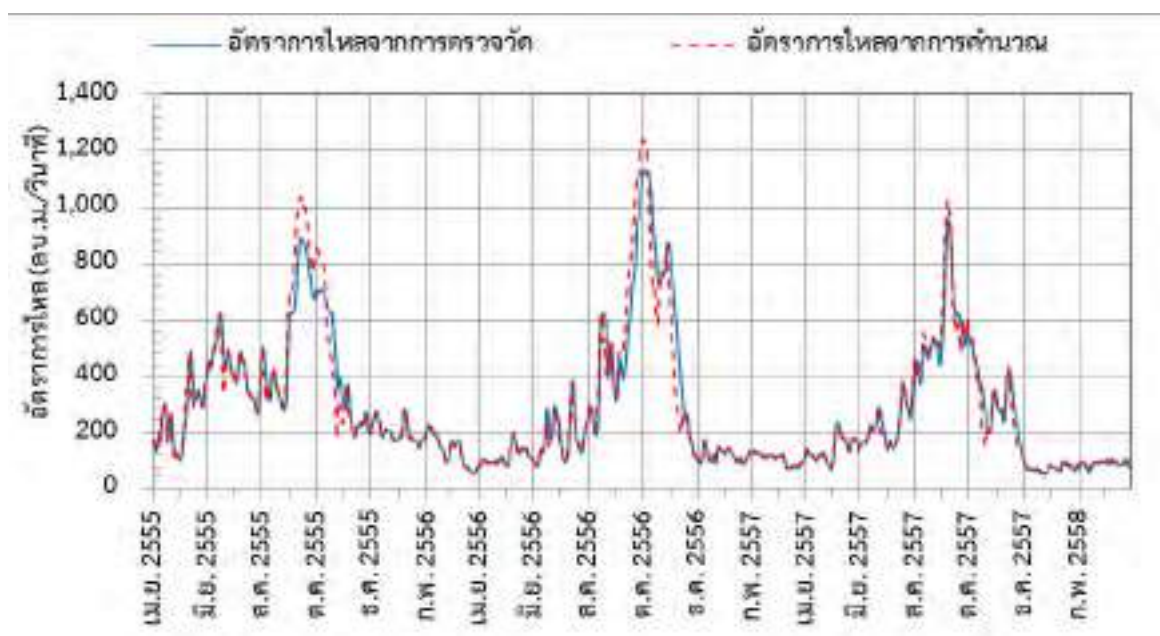


รูปที่ 5.1-18 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่าM.127

ผลการเปรียบเทียบที่สถานี M.170



ผลการสอบเทียบที่สถานี M.170



รูปที่ 5.1-19 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบของสถานีวัดน้ำท่า M.170

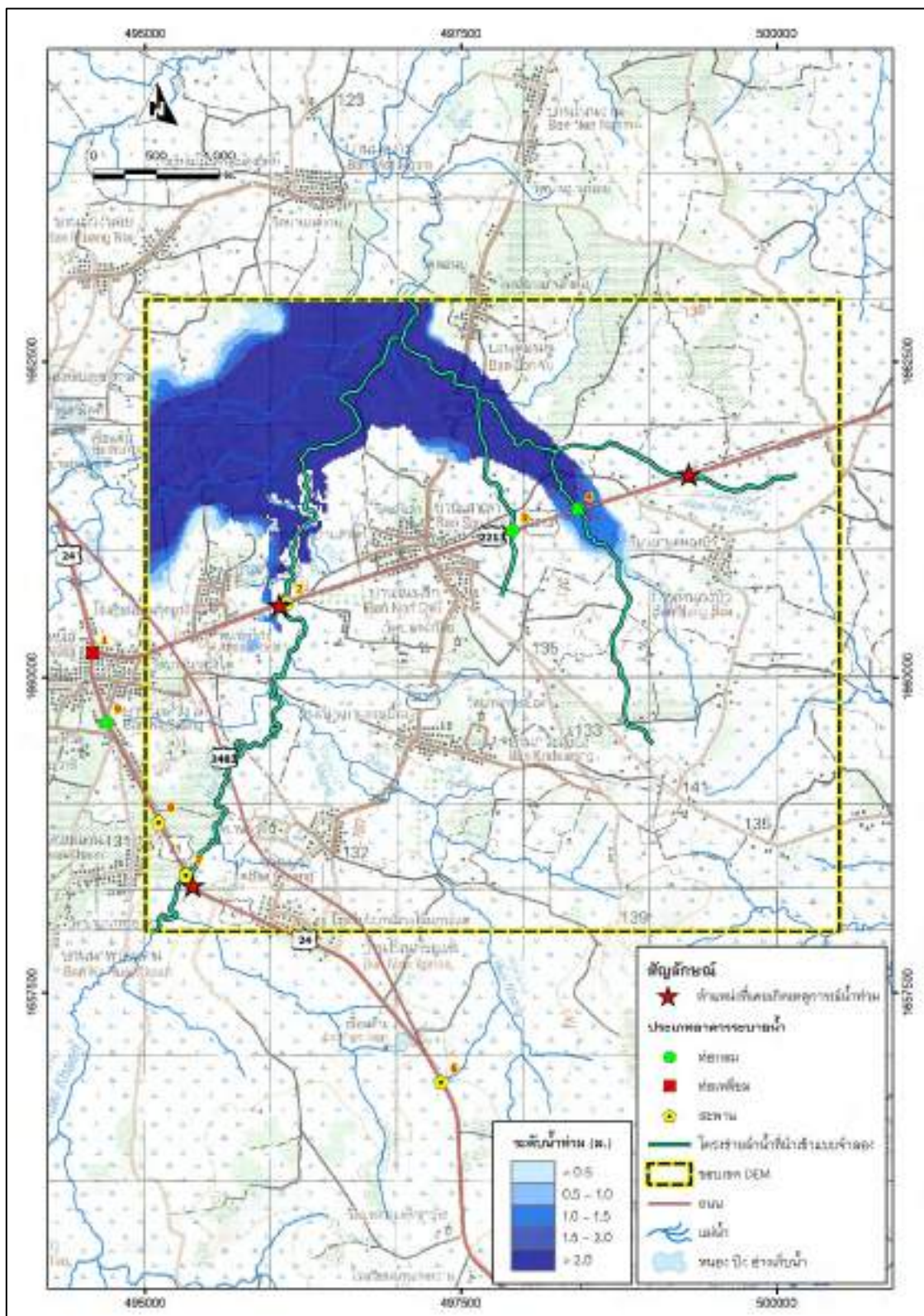


ตารางที่ 5.1-6 ค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการปรับเทียบ (Calibrate) และการสอบทาน (Verified) แบบจำลอง
น้ำฝน-น้ำท่า

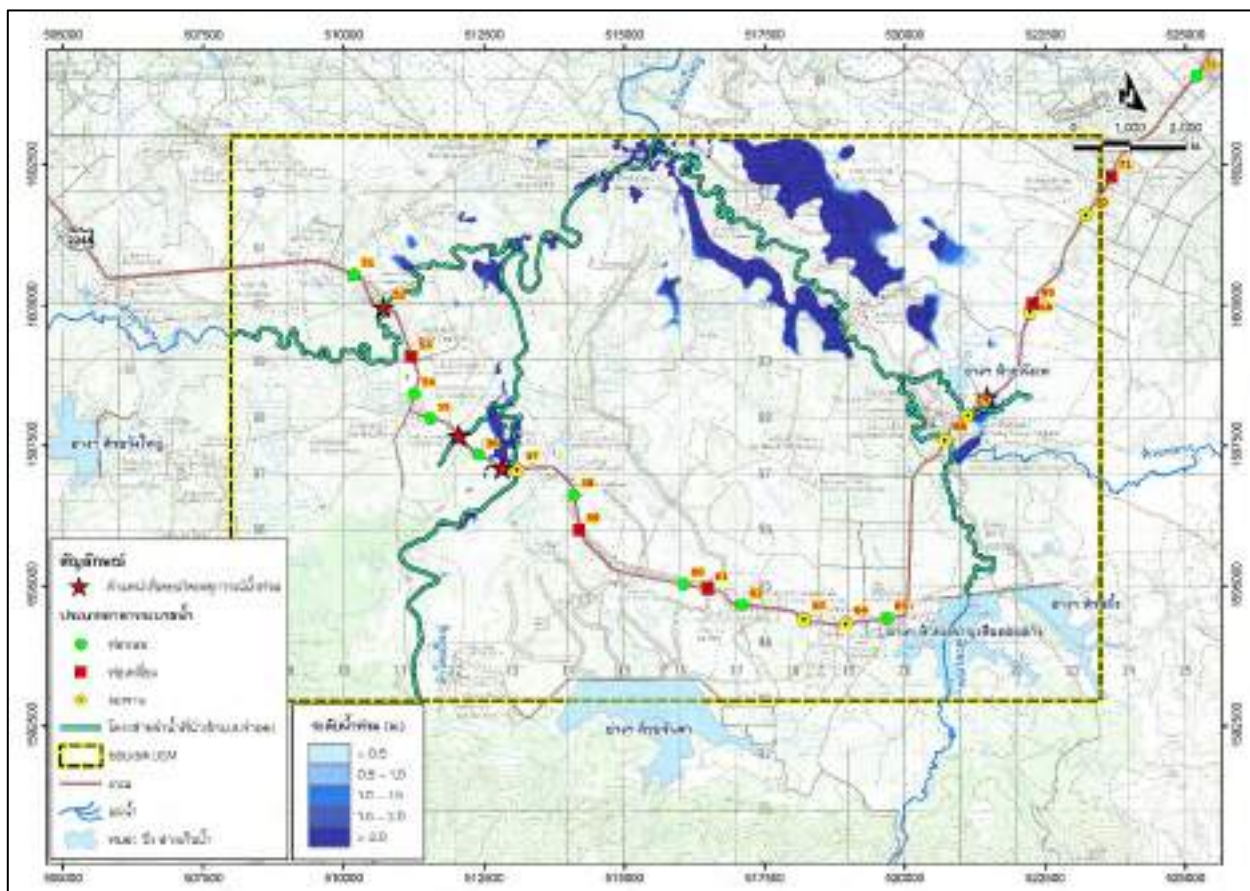
สถานี	การปรับเทียบ		การสอบเทียบ	
	R ²	WBL (%)	R ²	WBL (%)
M.7	0.64	-13.72	0.72	19.86
M.11B	1.00	6.80	1.00	6.40
M.127	0.90	4.22	0.88	-5.90
M.170	0.87	3.37	0.84	-6.95

5.1.4.2. การปรับเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

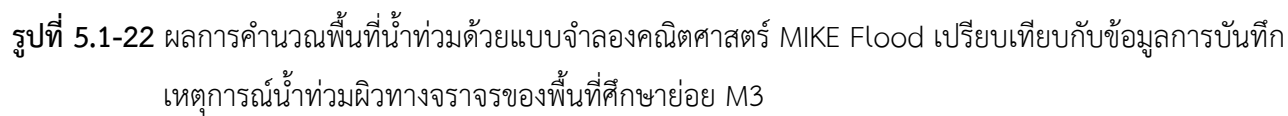
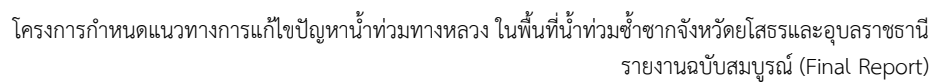
สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองพลศาสตร์ ดำเนินการโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง (สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning) ด้วยวิธี trial and error จนผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือ ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมมากที่สุด แต่สำหรับพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะน้ำท่วมแบบไหลผ่านอย่างรวดเร็ว (flash flood) เนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดชันตามขอบสันปันน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันทางจราจรซึ่งพบว่าผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood ของพื้นที่ศึกษาย่อย M1 ถึง M8 มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันทางจราจร ดังแสดงในรูปที่ 5.1-20 ถึง 5.1-27

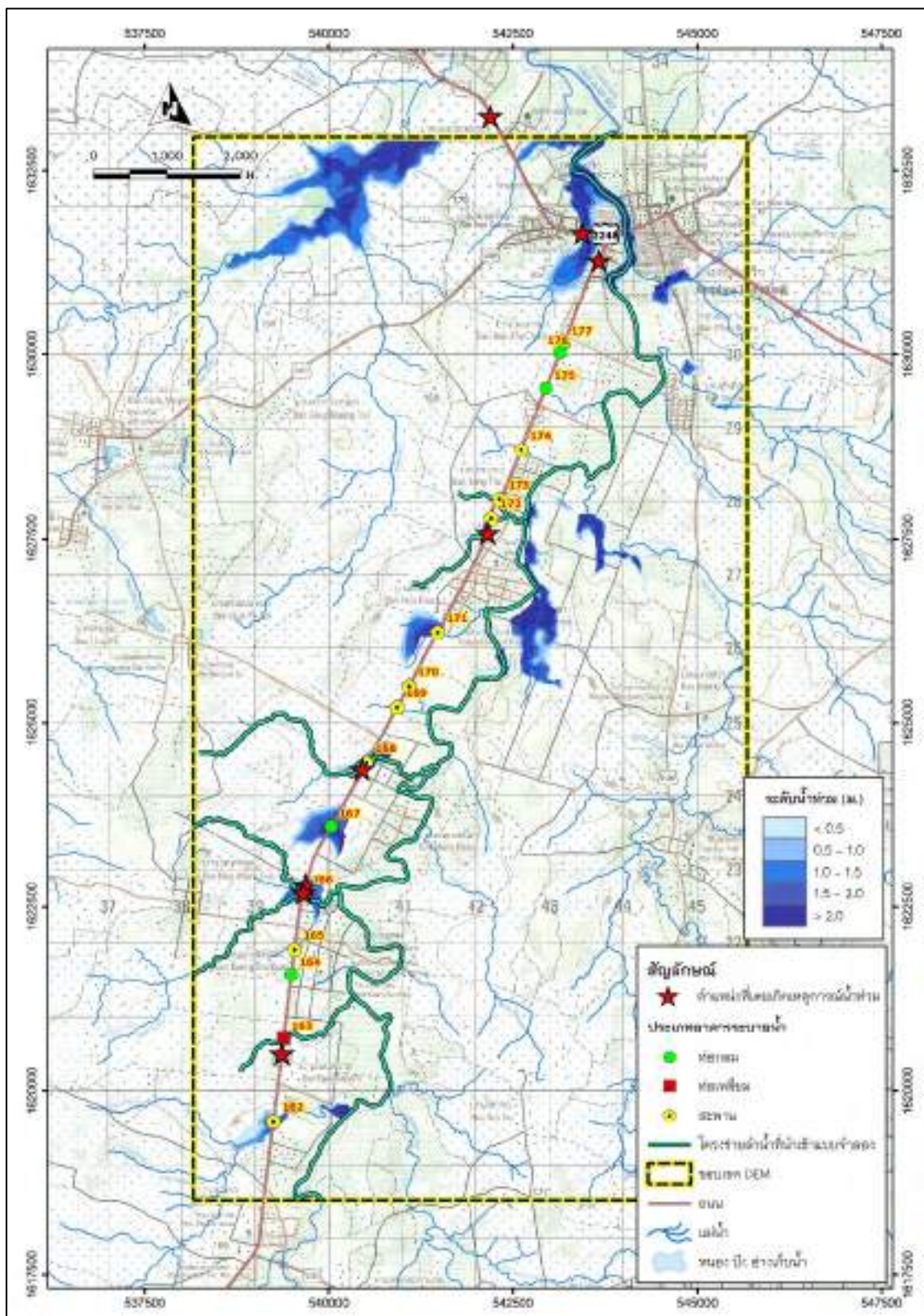


รูปที่ 5.1-20 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M1

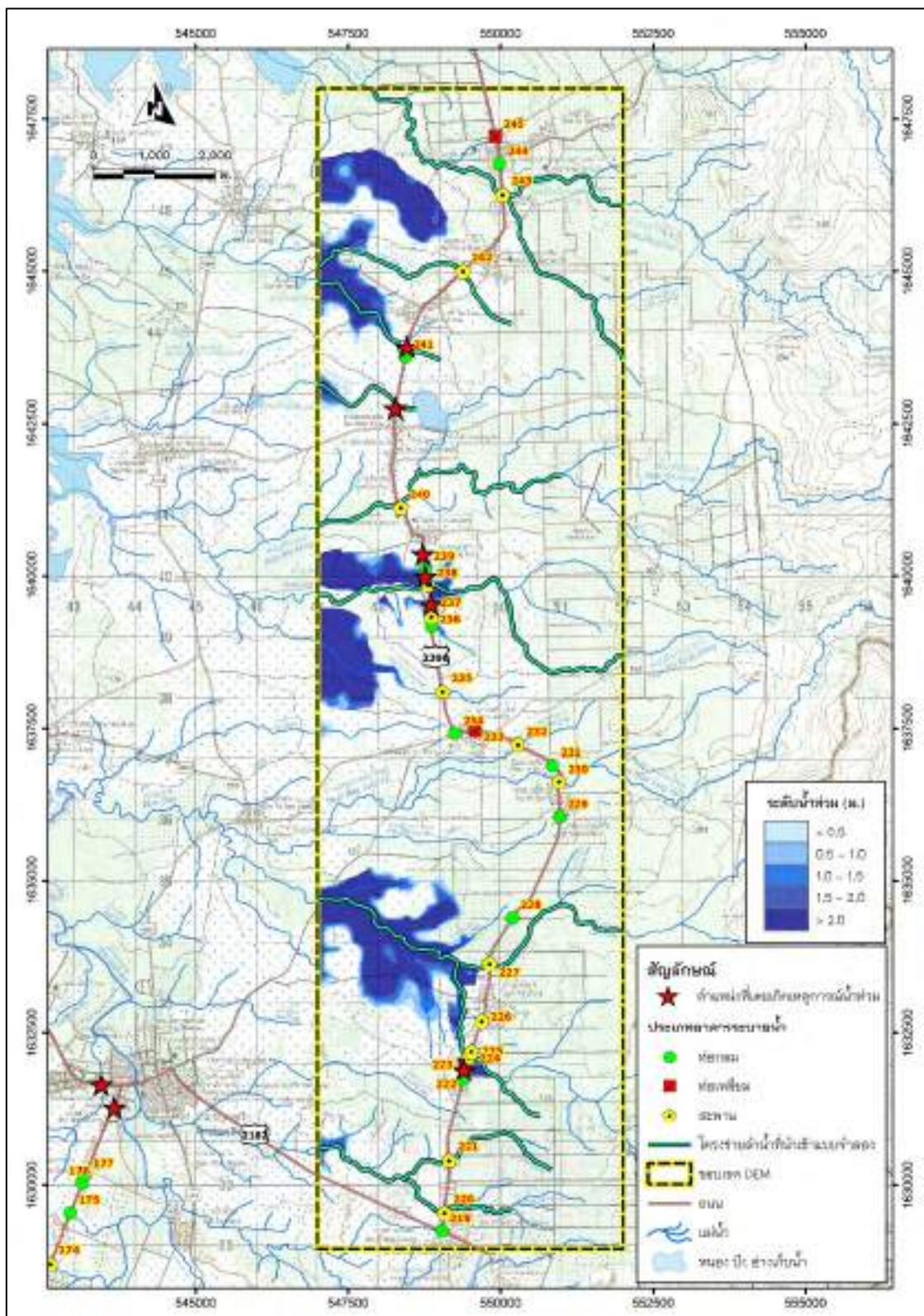


รูปที่ 5.1-21 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาย่อย M2

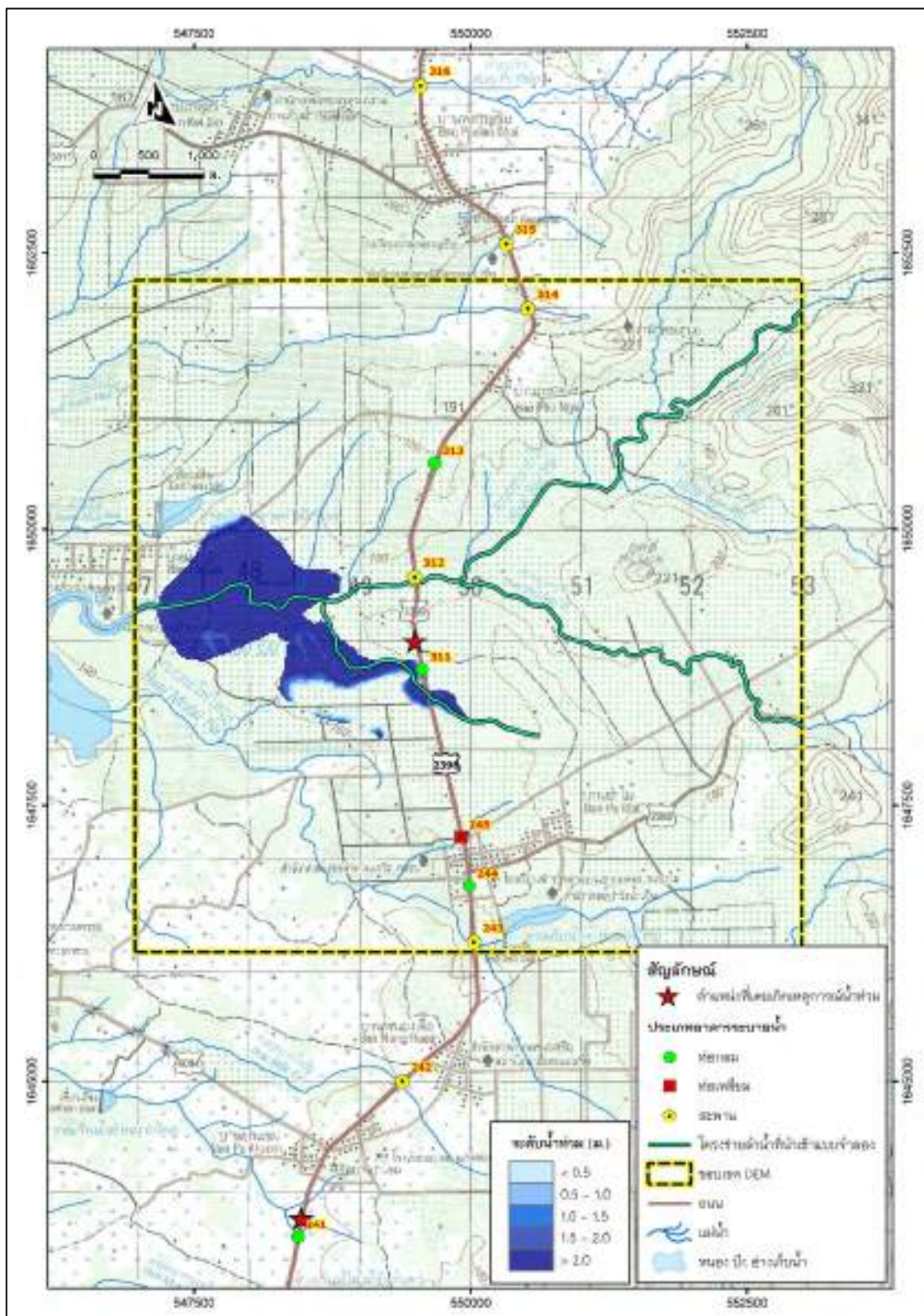




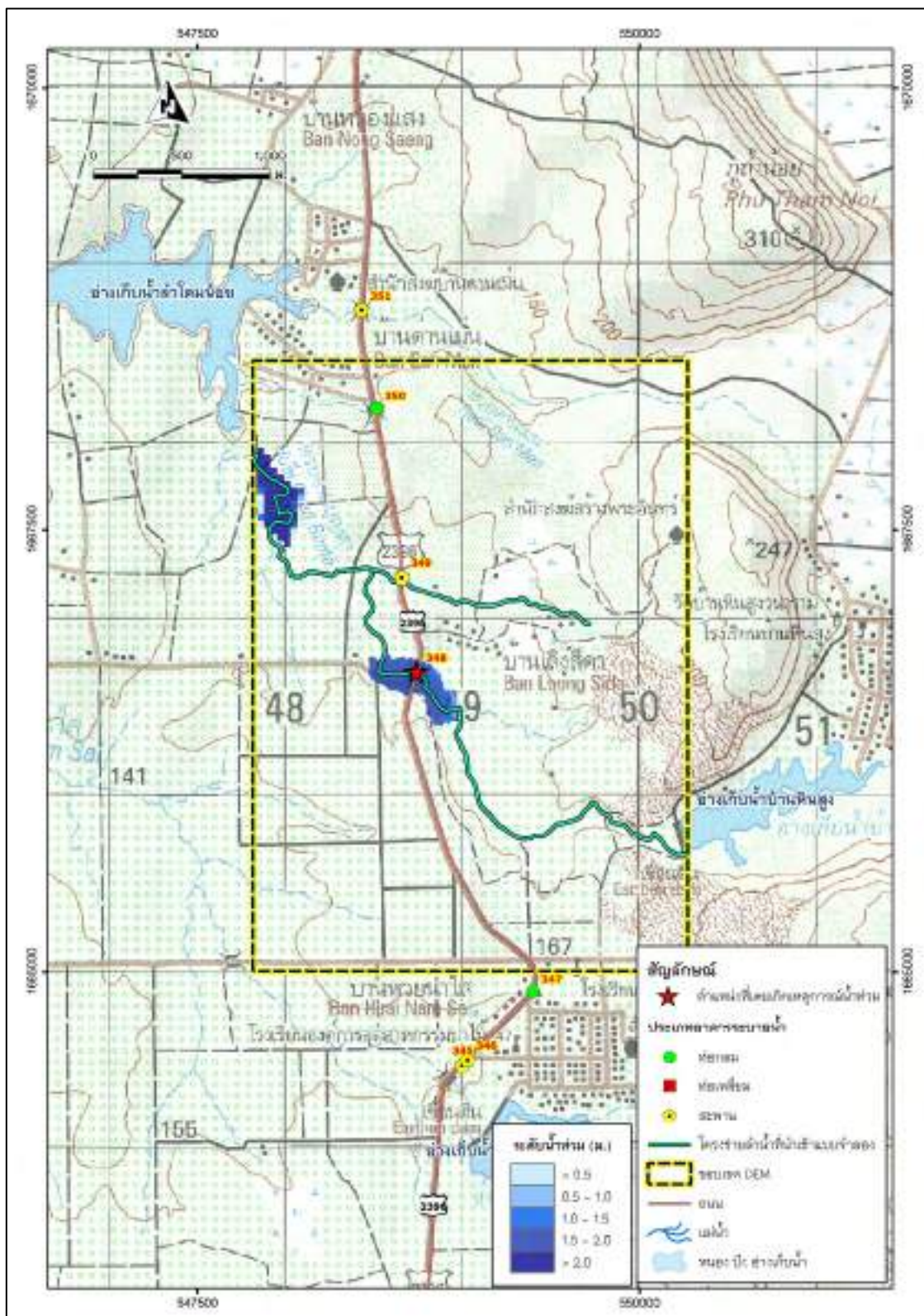
รูปที่ 5.1-23 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาซอย M4



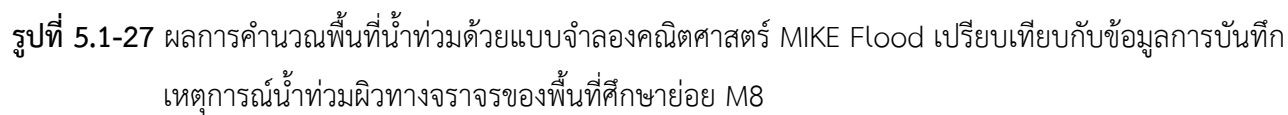
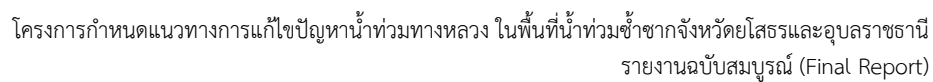
รูปที่ 5.1-24 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาซอย M5



รูปที่ 5.1-25 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาซอย M6



รูปที่ 5.1-26 ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood เปรียบเทียบกับข้อมูลการบันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมผิวทางจราจรของพื้นที่ศึกษาซอย M7





5.2. การวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain)

5.2.1. แบบจำลองที่นำมาใช้ในพื้นที่ศึกษา

แบบจำลองซึ่งทางที่ปรึกษาจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลในระบบระบายน้ำข้างทาง (Longitudinal Drain)) ในการศึกษารั้งนี้ คือ แบบจำลอง SWMM (Storm Water Management Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยหน่วยงาน USEPA ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Version ปัจจุบัน คือ Version 5.1 โดยแบบจำลอง SWMM

สามารถจำลองเส้นทางการไหลของน้ำท่าในระบบระบายน้ำ ที่เกิดจากฝนที่ตกในพื้นที่แบบไดนามิก ซึ่งสามารถจำลองทั้งเหตุการณ์เดียวหรือการจำลองระยะยาว (ต่อเนื่อง) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลในระบบระบายน้ำของพื้นที่ในเขตเมือง อาทิเช่น ระบบท่อระบายน้ำ หรือคลองระบายน้ำต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถจำลองพฤติกรรมของการไหลในกรณีที่มีอาคารหรืออุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายน้ำ อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ บ่อหน่วงน้ำ และประตูหรืออาคารบังคับน้ำ อุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถแสดงให้เห็นถึงอัตราการไหลและความลึกการไหลในช่วงเวลาต่างๆ ที่เกิดขึ้นของแต่ละเส้นท่อ หรือแต่ละช่วงของคลองระบายน้ำในระบบระบายน้ำ

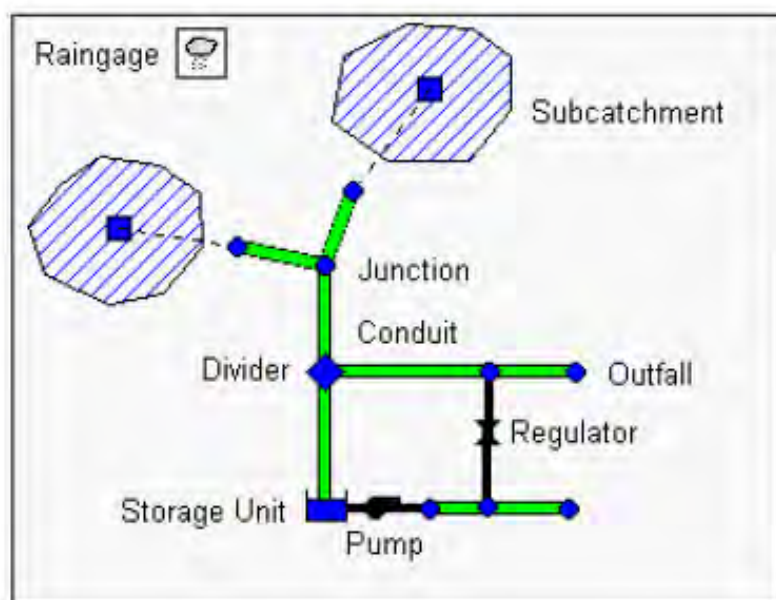
ทั้งนี้ความสามารถของแบบจำลอง SWMM สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) มีชุดความสามารถในการสร้างแบบจำลองการไหลทางชลศาสตร์ที่ยืดหยุ่นซึ่งใช้ในการกำหนดเส้นทางการไหลเข้าและการไหลเข้าของน้ำท่าจากฝนที่ตกในพื้นที่เข้าสู่ระบบระบายน้ำ
- 2) สามารถกำหนดความยาวของระบบระบายน้ำที่ต้องการได้ไม่จำกัด
- 3) สามารถกำหนดรูปแบบของระบบระบายน้ำได้ทั้งแบบท่อปิดที่มีรูปทรงแบบเรขาคณิตในรูปแบบต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ รวมทั้งยังสามารถกำหนดในรูปแบบของทางระบายน้ำแบบเปิด อาทิเช่น คลองระบาย หรือทางระบายน้ำธรรมชาติน้ำ ได้อีกด้วย
- 4) สามารถกำหนดข้อมูลของอุปกรณ์และอาคารทางด้านชลศาสตร์ต่างๆ ในระบบได้ อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ บ่อพักน้ำ วาล์ว หรือ อาคารบังคับน้ำต่างๆ เป็นต้น
- 5) การคำนวณการไหลสามารถกำหนดให้คำนวณแบบคลื่นโคเนติกหรือกำหนดแบบคลื่นไดนามิกเต็มรูปแบบได้

สำหรับแบบจำลองเชิงแนวคิดของแบบจำลอง SWMM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2-1 ซึ่งโดยมีขั้นตอนของการวิเคราะห์ ดังนี้

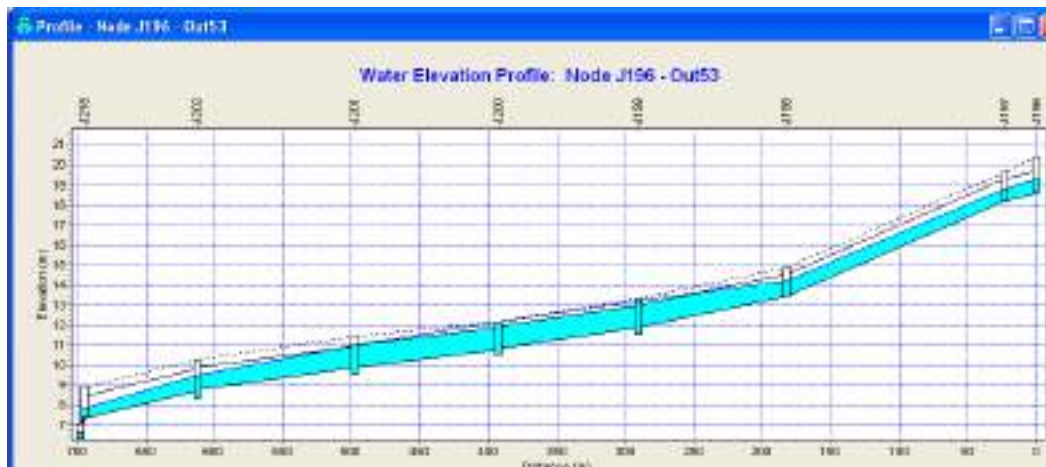
- 1) แบบจำลองจะทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับน้ำแต่ละพื้นที่ (Sub Catchment Area) โดยใช้ข้อมูลฝน จากสถานีวัดน้ำฝน (Raingauge) ซึ่งผู้ใช้เป็นผู้ป้อนเข้าสู่แบบจำลอง

- 2) ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับน้ำจะถูกกำหนดให้ไหลเข้าสู่ระบบระบายน้ำ ณ จุด Junction ที่ผู้ใช้กำหนด
- 3) แบบจำลองจะทำการคำนวณการไหลในระบบระบายน้ำที่มีการสร้างโครงข่ายการไหลไว้ โดยจะจำลองการไหลจาก จุด Junction หนึ่ง ไปอีก Junction หนึ่ง จนถึงจุดทิ้งน้ำ (Outflow) โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Junction ผู้ใช้สามารถกำหนดให้เป็นท่อระบายน้ำ (Conduit) อาคารบังคับน้ำ (Regulator) หรือเครื่องสูบน้ำ (Pump) ก็ได้ ซึ่งหากกรณีการเชื่อมต่อเป็นเครื่องสูบน้ำ ประเภทของจุด Junction ที่ด้านเหนือ น้ำ (upstream) ของเครื่องสูบน้ำจะต้องเป็น Junction ประเภทบ่อกักน้ำ (Storage) เท่านั้น นอกจากนี้ หากในระบบระบายน้ำสามารถที่จะควบคุมปริมาณน้ำหรือกำหนดปริมาณการไหลเพื่อแยกออกไปในแต่ละเส้นท่อได้ ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดประเภทของ Junction ให้เป็นแบบ Diverder ได้อีกด้วย

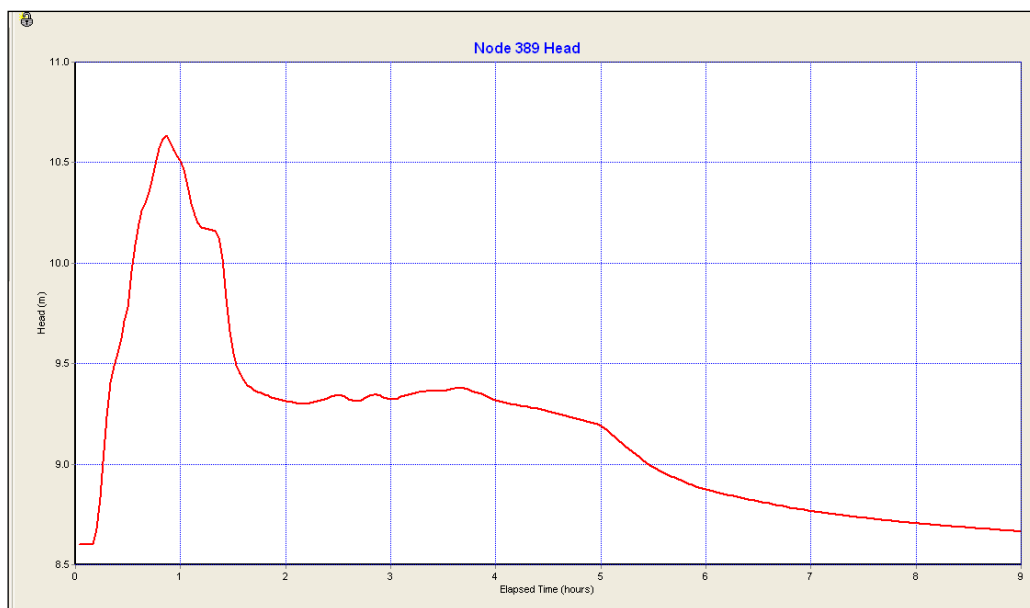


รูปที่ 5.2-1 แบบจำลองเชิงแนวคิดของแบบจำลอง SWMM

สำหรับผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลอง SWMM สามารถแสดงในรูปของรูปตัดตามยาว (Profile) ของการไหลตามแนวเส้นท่อ รวมถึงระดับความลึกของน้ำในรูปแบบของอนุกรมเวลา (Time) ณ ตำแหน่ง Junction ที่กำหนดได้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5.2-2 และ 5.2-3 ตามลำดับ



รูปที่ 5.2-2 ตัวอย่างการแสดงผลการจำลองรูปตัดตามยาวการไหลในระบบระบายน้ำ



รูปที่ 5.2-3 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูล (ระดับน้ำ) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ณ ตำแหน่ง Junction ที่กำหนด



5.2.2. การนำเข้าสู่ข้อมูลในแบบจำลอง

5.2.2.1. การกำหนดช่วงเวลาของการจำลองข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วม

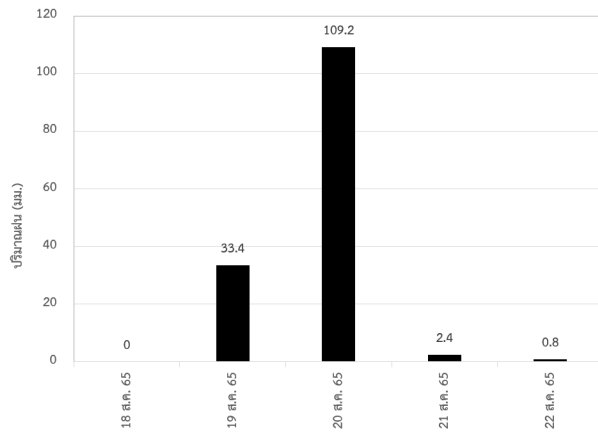
ในการกำหนดช่วงเวลาของการจำลองข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมสำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ทางที่ปรึกษาจะคัดเลือกเหตุการณ์ ในช่วงเดียวกับที่เคยเกิดปัญหาน้ำท่วมทางหลวงในพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อจะใช้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง

ซึ่งจากการสืบค้นเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาของโครงการ จากระบบบริหารภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน สามารถสรุปเหตุการณ์น้ำท่วม ช่วงเวลาการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SWMM และข้อมูลของสถานีฝนที่จะนำมาใช้ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 พื้นที่ ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.2-1 ซึ่งจากตารางดังกล่าวจะเห็นว่า ในการกำหนดเหตุการณ์ของการจำลองสถานการณ์น้ำท่วม ทางที่ปรึกษาจะกำหนดล่วงหน้าก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักและหลังจากเหตุการณ์สิ้นสุดเหตุการณ์ฝน ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์ครอบคลุมช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วมได้ทั้งหมด

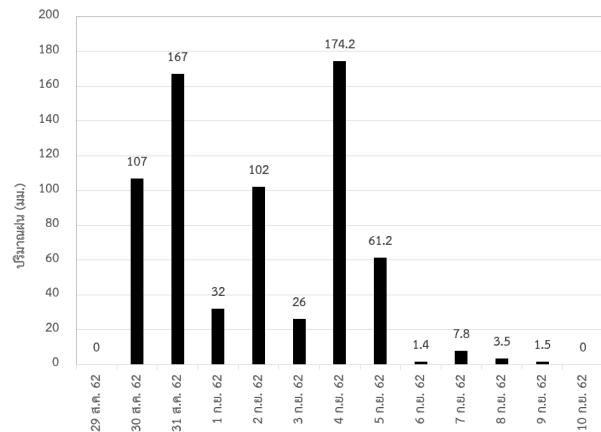
ตารางที่ 5.2-1 การกำหนดช่วงเวลาของเหตุการณ์ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่ศึกษาโครงการ

พื้นที่	ทางหลวงที่เกิดน้ำท่วม		ช่วงเวลาเกิด เหตุการณ์น้ำท่วม	ช่วงเวลาของจำลอง สถานการณ์น้ำท่วม	สถานีฝนที่ใช้
	ทล.	กม.-กม.			
พื้นที่ที่ 1	23	175+527 – 175+852	20/8/65 – 21/8/65	18/8/65 – 22 /8/65	720012
พื้นที่ที่ 2	292	0+070 – 4+100	3/9/62 – 7/9/62	29/8/62 – 10/9/62	อ.เมือง จ.ยโสธร
พื้นที่ที่ 3	23	183+200-183+500	25/9/64	18/9/64-27/9/65	
พื้นที่ที่ 4	23	201+450 – 201+600	3/9/62 – 4/9/62	29/8/62 – 7/9/62	720022 อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร
พื้นที่ที่ 5	2178	1+891 – 4+700	18/9/63 – 19/9/63	16/9/63 – 20/9/63	670013
พื้นที่ที่ 6	24	409+600 -409+750	18/9/63 – 19/9/63	16/9/63 – 20/9/63	อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
พื้นที่ที่ 7	24	380+000 – 380+200	18/9/63 – 19/9/63	16/9/63 – 21/9/63	670132
	2191	0+000 – 1+800			อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี

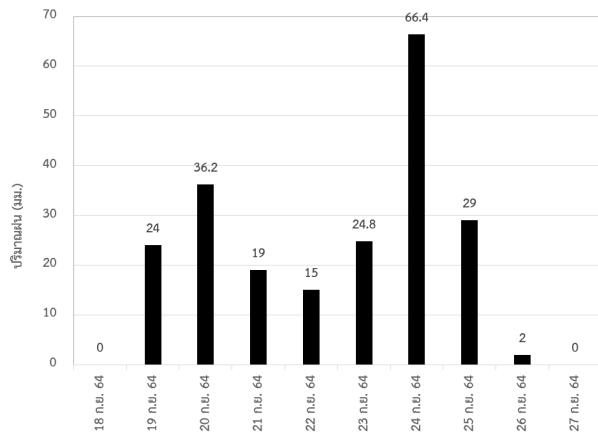
จากการกำหนดช่วงเวลาของเหตุการณ์ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลระบบระบายน้ำแบบตามยาว (Longitudinal Drain) ในพื้นที่ศึกษาโครงการ สามารถแสดงข้อมูลฝนที่จะนำเข้าสู่แบบจำลองได้ดังแสดงในรูปที่ 5.2-4



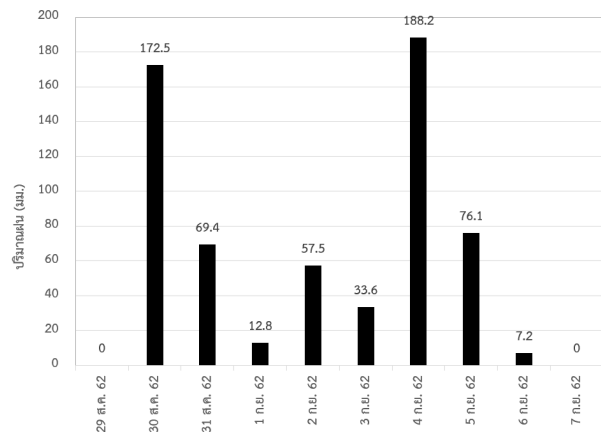
พื้นที่ที่ 1



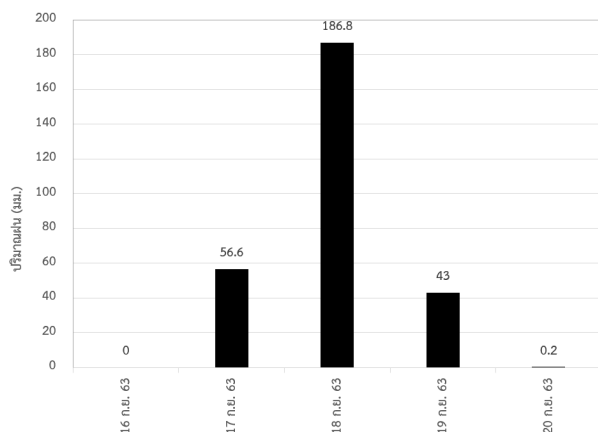
พื้นที่ที่ 2



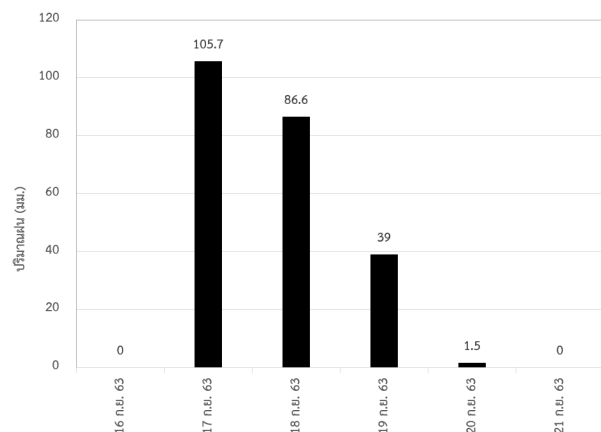
พื้นที่ที่ 3



พื้นที่ที่ 4



พื้นที่ที่ 5 และ 6



พื้นที่ที่ 7

รูปที่ 5.2-4 ข้อมูลฝนที่จะมาใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง