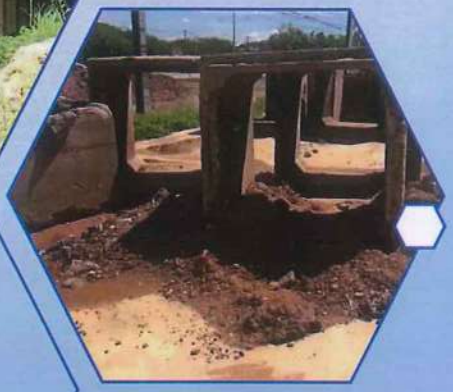
กรมทางหลวง

กระทรวงคมนาคม

โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ

รายงานขั้นสุดท้าย

Final Report



มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ 1-1

1.1. หลักการและเหตุผล 1-1

1.2. ความเป็นมาโครงการ 1-2

1.3. วัตถุประสงค์โครงการ 1-3

1.4. ขอบเขตการดำเนินงาน 1-4

1.5. องค์ประกอบของรายงานขั้นสุดท้าย 1-7

2. แนวทางการดำเนินงานโครงการ 2-1

2.1. ภาพรวมของการดำเนินงานโครงการ 2-1

2.2. กรอบแนวทางการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรม 2-5

3. พื้นที่ศึกษาโครงการ 3-1

3.1. ลุ่มน้ำตาปี 1

3.2. ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำปัตตานี 6

3.3. ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก 11

3.4. ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 15

4. การศึกษาทบทวนวรรณกรม 4-1

4.1. การศึกษา ทบทวน ทฤษฎี แนวคิดและวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมถนนในต่างประเทศ 4-1

4.2. การทบทวนผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ปีงบประมาณ 2560 4-41

4.3. การทบทวนแผนงานการบริหารจัดการอุทกภัย และโครงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวาง ผังเมืองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 4-65

5. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง 5-1

5.1. แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง 5-1

5.2. การรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา 5-3

5.3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำบนทางหลวง 5-12
5.4. การกำหนดพื้นที่เป้าหมาย 5-17
5.5. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง 5-26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. การรวบรวมและสำรวจข้อมูล 6-1
6.1. ข้อมูลอุทกวิทยา 6-1
6.2. ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ 6-29
6.3. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 6-42
6.4. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 6-55

7. การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ 7-1
7.1. การจัดหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ 7-1
7.2. หลักการและทฤษฎีของแบบจำลองคณิตศาสตร์ 7-3
7.3. ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ 7-20
7.4. การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การไหลผ่านอาคารระบายน้ำ 7-22
7.5. การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา 7-61
7.6. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในแต่ละพื้นที่ 7-67
7.7. การวิเคราะห์สภาพและสาเหตุปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก 7-71

8. การเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ 8-1
8.1. การปรับปรุงสมการคำนวณการคำนวณอัตราการไหล 1
8.2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด 36
8.3. การเสนอแนะการก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำ 47
8.4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำ กรณีใช้แบบก่อสร้างแนะนำ 80

9. การจัดประชุมถ่ายทอดเทคโนโลยี 9-1
9.1. รายละเอียดการจัดประชุม 9-1

9.2. ผลการจัดประชุม 9-4

10. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 10-1

10.1. สรุปผลการดำเนินงาน 10-1

10.2. ข้อเสนอแนะ 10-3

บทที่ 1
บทนำ

1. บทนำ

1.1. หลักการและเหตุผล

ด้วยกรมทางหลวง ได้รับการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ในแผนงานบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม กิจกรรมวิจัยประยุกต์เชิงลึกหรือต่อยอด เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาการดำเนินงานของหน่วยงาน เพื่อนำมาดำเนินโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากที่มักถูกประชาชนร้องเรียนว่าถนนขวางทางน้ำ จึงได้พิจารณาจัดทำ โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำขึ้น โดยปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 เป็นโครงการวิจัยในระยะที่ 2 ซึ่งจะดำเนินการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ภาคใต้ โดยจะทำการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการระบายน้ำบนทางหลวง ตำแหน่งวิกฤตของการระบายน้ำผ่านถนน ตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และเมื่อทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการระบายน้ำแล้ว จะได้นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบอาคารระบายน้ำให้เหมาะสมและสอดคล้องกับพื้นฐานของข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่แท้จริงในปัจจุบันของบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก

1.2. ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านอุทกภัยเป็นประจำทุกปี และนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยมีสาเหตุสืบเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ทั้งที่เกิดขึ้นเองทางธรรมชาติ เช่น ปรากฏการณ์ลานีญา และที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น การรุกล้ำทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการตัดไม้ทำลายเป็นต้น ดังนั้น เมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องและมีปริมาณมากขึ้น ทำให้ระบบระบายน้ำที่ก่อสร้างไว้เดิม ไม่สามารถที่จะรองรับได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังสร้างความเดือนร้อนให้แก่ประชาชน รวมถึงส่งผลต่อความเสียหายของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ โดยเฉพาะถนนได้

กรมทางหลวง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นอย่างดี ดังนั้นในปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 จึงได้ดำเนินงาน โครงการศึกษาปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะปรับปรุงแนวทางการคำนวณและออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำ ให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่การใช้ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และปัจจัยทางด้านกายภาพต่าง ๆ มากขึ้น เพื่อแก้ไขและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขังในบริเวณที่ทางหลวงตัดผ่าน โดยได้มีการศึกษาในพื้นที่นำร่องซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากเขตภาคกลางจำนวน 11 พื้นที่

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากลักษณะทางกายภาพในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีความแตกต่าง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นเพื่อให้แนวทางการคำนวณและออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้มากขึ้น จึงเห็นสมควรให้มีการดำเนินงานโครงการศึกษาปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 โดยเข้าไปดำเนินการศึกษาในเขตของพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยมากสุดของประเทศไทย

1.3. วัตถุประสงค์โครงการ

กรมทางหลวงมีความประสงค์ที่จะว่าจ้าง “ที่ปรึกษา” เพื่อให้บริการในโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ประกอบด้วย

1) ศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าบนพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากที่ผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง ในพื้นที่ภาคใต้จำนวน 8 พื้นที่ ใน 3 ลุ่มน้ำ โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2) ศึกษาและวิเคราะห์ระบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไข
3) วางแผนการปรับปรุงระบบอาคารระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1.4. ขอบเขตการดำเนินงาน

สำหรับขอบเขตการดำเนินงานของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

1) งานทบทวนวรรณกรรม

1.1 ศึกษา ทฤษฎี แนวคิดและวิธีการในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำบนทางหลวงบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในต่างประเทศ และเป็นประเทศที่มีความเชี่ยวชาญอย่างน้อย 5 ประเทศ ยกตัวอย่าง เช่น ประเทศเดนมาร์ค เนเธอร์แลนด์ เกาหลี ญี่ปุ่น สิงคโปร์ เป็นต้น

1.2 ทบทวน ผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

1.3 ทบทวนแผนการบริหารจัดการอุทกภัย โครงการศึกษาที่เกี่ยวกับการวางผังเมือง โครงการศึกษาที่เกี่ยวกับการจัดการระบายน้ำ ระบบป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ เป็นต้น

2) งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

2.1 รวบรวมข้อมูลแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ภาคใต้ จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากบนทางหลวงทั่วประเทศ

2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงในพื้นที่ภาคใต้ในโดยแยกเป็นปัจจัยในเขตทางหลวง และนอกเขตทางหลวง

2.3 คัดเลือกพื้นที่ศึกษาในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากบนพื้นที่ภาคใต้อย่างน้อย 8 แห่ง เพื่อสำรวจภาคสนามอย่างละเอียดและวิเคราะห์โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีขนาดพื้นที่แห่งละไม่น้อยกว่า 200 ตารางกิโลเมตร กระจายอย่างน้อยใน 3 ลุ่มน้ำที่สำคัญในภาคใต้ โดยพื้นที่ศึกษาในแต่ละแห่งจะต้องมีขนาดพื้นที่ศึกษาครอบคลุมทุกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากบนบริเวณพื้นที่ศึกษานั้น โดยที่ปรึกษาจะต้องเสนอแนะแนวทางในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อประกอบการตัดสินใจของคณะกรรมการกำกับโครงการ

3) งานศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำกรมทางหลวง

3.1 รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลระดับน้ำของสถานีต่างๆ เป็นต้น

3.2 การรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ความลาดชันพื้นที่ ผังเมือง และสภาพการใช้ที่ดิน เช่น ข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน เป็นต้น

3.3 สำรวจ ตำแหน่ง ขนาด มิติของระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา รวมถึงประสิทธิภาพการไหล ของโครงข่ายอาคารระบายน้ำของทุกหน่วยงานในบริเวณพื้นที่ศึกษา รวมทั้งสำรวจสภาพภูมิประเทศโดยรอบ ซึ่งรวมถึงการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำเดิม เนื่องจากการพัฒนาพื้นที่ หรือการดำเนินการอื่นที่ทำให้ระบบระบายน้ำแตกต่างไปจากระบบระบายน้ำตามธรรมชาติ เป็นต้น พร้อมจัดทำรายงานการสำรวจฯ จัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งอาคารระบายน้ำในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ตามข้อมูลการสำรวจข้างต้น

3.4 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา 8 แห่ง ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน (รูปแบบของขนาดและจำนวนอาคารระบายน้ำ ตามผลการสำรวจในปัจจุบัน) และจัดหาแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจากดาวเทียม RadarSat-2 จำนวนหนึ่งชุดต่อหนึ่งพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ปรับแก้ความถูกต้อง (Calibration) โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในปีล่าสุด

3.5 จัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยแสดงผลในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

3.6 ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในแต่ละสภาพพื้นที่ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นถึงปัจจัยสำคัญที่อาจเป็นปัจจัยร่วมในทุกสภาพพื้นที่ หรือ เป็นปัจจัยสำคัญเฉพาะบางพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเสนอแนวทางในการปรับปรุงสมการที่นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมยิ่งขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำ

3.7 วิเคราะห์สภาพและสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากโดยแยกเป็นปัจจัยในเขตทางหลวงและปัจจัยนอกเขตทางหลวงในแต่ละพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 แห่ง พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแต่ละปัจจัยทั้งในเขตทางหลวงและนอกเขตทางหลวงดังกล่าว เพื่อแสดงให้เห็นว่าหากแก้ไขปัจจัยเฉพาะบางปัจจัยหรือแก้ไขทุกปัจจัย จะสามารถบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในแต่ละพื้นที่ได้อย่างไร ทั้งนี้เพื่อสามารถเสนอแนวทางในการลดระดับความรุนแรงของปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากได้อย่างเป็นระบบ

4) งานเสนอแนวทางในการออกแบบอาคารระบายน้ำ

4.1 จัดทำสมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณอัตราการไหลของน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ ให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากสำหรับผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำในลุ่มน้ำนั้น โดยอาศัยผลการวิเคราะห์ตามข้อ 3.6

4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำที่คานวณได้จากวิธีเดิมและจากแนวทางการคำนวณตามผลข้อ 4.1 เทียบกับผลการคำนวณปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในแต่ละพื้นที่จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 แห่ง ตามผลข้อ 3.4

4.3 ศึกษาผังเมือง ประชากร การตั้งถิ่นฐาน แผนการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย ผังระบบการระบายน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต แผนการพัฒนาเมือง/ระบบโครงสร้างพื้นฐานและทิศทางการขยายตัวในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาในอนาคต ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิศาสตร์ (topographic changes) ในอนาคต เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการเสนอแนะ แบบแนะนำการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ สาหรับพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 แห่ง เพื่อลดผลกระทบจากภาวะน้ำท่วมซ้ำซากบริเวณทางหลวงทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งประกอบด้วย

4.3.1 การออกแบบขั้นต้น

4.3.2 ศึกษาค่าลงทุน ผลประโยชน์ที่ได้รับ รวมทั้งความคุ้มค่าของการลงทุน

4.3.3 วางแผนการปรับปรุงระบบอาคารระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ ในรูปแบบระบบที่ ช่วยในการตัดสินใจ (Decision Support System)

4.3.4 อื่นๆ ตามความจำเป็น

4.4 ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำ ตามแนวทางการออกแบบที่เสนอขึ้นใหม่ (ข้อ 4.3) เทียบกับปัจจุบัน

5) งานถ่ายทอดองค์ความรู้

จัดการอบรมเพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ได้จากโครงการจำนวน 1 ครั้ง ในพื้นที่ศึกษา โดยสถานที่จัดอบรมต้องอยู่นอกพื้นที่ของกรมทางหลวง และมีจำนวนผู้เข้าร่วมการอบรมไม่น้อยกว่า 50 คน

1.5. องค์ประกอบของรายงานขั้นสุดท้าย

ในรายงานขั้นสุดท้ายของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 10 บท โดยแต่ละบทมีสาระสำคัญโดยสรุปดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการดำเนินงานของโครงการ ตลอดจนสาระสำคัญโดยสรุปของเนื้อหาในรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2 แนวทางการดำเนินงานโครงการ เนื้อหาในบทนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางการดำเนินงานของโครงการตามที่กำหนดในขอบเขตงาน ตลอดจนแผนผังการทำงานและความสัมพันธ์ของการดำเนินงานในแต่กิจกรรมย่อยของโครงการ

บทที่ 3 พื้นที่ศึกษาโครงการ เนื้อหาในบทนี้แสดงให้เห็นถึงพื้นที่ศึกษาของโครงการโดยแยกออกตามพื้นที่ลุ่มน้ำที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ ซึ่งรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาที่แสดงในแต่ละลุ่มน้ำประกอบด้วย ขอบเขตและลุ่มน้ำสาขา สภาพทางอุทกวิทยา และปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปัจจุบัน

บทที่ 4 ทฤษฎีและกรอบแนวคิดในการออกแบบอาคารระบายน้ำ เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารระบายน้ำทั้งทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา ชลศาสตร์และทฤษฎีของแบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษาของโครงการ รวมทั้งยังได้มีการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารระบายน้ำ รวมถึงแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำในต่างประเทศ ตลอดจนผลการศึกษาของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วม ซึ่งดำเนินการในปี พ.ศ. 2560 และ การทบทวนแผนงานการบริหารจัดการอุทกภัยของหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 5 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง แนวทางการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษานำร่องตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาตลอดจนหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ รวมทั้งได้อธิบายรายละเอียดและผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาตามปัจจัยของแต่ละหลักเกณฑ์ และสรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องที่จะทำการสำรวจข้อมูลภาคสนาม และนำมาศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

บทที่ 6 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล เนื้อหาในบทนี้ เป็นการนำเสนอผลการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ในพื้นที่ศึกษานำร่อง โดยประกอบด้วยข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา การสำรวจข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนการจัดหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในพื้นที่โครงการ

บทที่ 7 การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ เนื้อหาในบทนี้ เป็นการแสดงแนวทางและผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการดำเนินงานของโครงการ โดยเนื้อหาได้อธิบายตั้งแต่ การจัดหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ หลักการและทฤษฎีของแบบจำลอง ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การไหลผ่านอาคารระบายน้ำ การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหล การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า ตลอดจนการวิเคราะห์สภาพปัญหาและสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก

บทที่ 8 การเสนอแนะแนวทางการออกแบบ อาคารระบายน้ำ เนื้อหาในบททนี้ จะอธิบายตั้งแต่การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จากนั้นจะเป็นการนำเสนอผลการเปรียบเทียบสมการการไหลสูงสุดที่ได้ปรับปรุงใหม่กับแนวทางการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งได้มีการนำเสนอแบบแนะนำการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ เพื่อปรับปรุงการไหลผ่านอาคารระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนในการปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจัดทำระบบช่วยตัดสินใจในการออกแบบอาคารระบายน้ำ และในหัวข้อสุดท้ายของบททนี้ ได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำตามแบบการก่อสร้างที่ได้มีการแนะนำในพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ พร้อมทั้งเสนอแนะตำแหน่งที่ควรจะต้องมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก

บทที่ 9 การจัดประชุมถ่ายทอดเทคโนโลยี เนื้อหาในบททนี้ เป็นการสรุปผลการดำเนินงาน การจัดประชุมและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากผลการศึกษาของโครงการให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง

บทที่ 10 บทสรุปและข้อเสนอแนะ เนื้อหาในบททนี้ เป็นการสรุปผลการดำเนินงานที่สำคัญของโครงการตลอดจนข้อเสนอแนะถึงแนวทางการนำผลการศึกษาของโครงการไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ตลอดจนแนวทางการปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน หากมีการศึกษาวิจัยในลักษณะเดียวกันในอนาคต

บทที่ 2
แนวทางการดำเนินงานโครงการ

2. แนวทางการดำเนินงานโครงการ

2.1. ภาพรวมของการดำเนินงานโครงการ

ในการดำเนินงานของ โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ สามารถกำหนดกิจกรรมการดำเนินงานออกเป็น 5 ด้าน ประกอบด้วย 1) งานทบทวนวรรณกรรม 2) งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษา 3) งานศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง 4) งานเสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารระบายน้ำ และ 5) การถ่ายทอดความรู้ โดยกรอบแนวทางการดำเนินงานในภาพรวมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของงานในแต่ละด้าน สามารถแสดงได้**ดังรูปที่ 2.1-1** ซึ่งงานแต่ละด้านมีความสัมพันธ์และประเด็นสำคัญในการดำเนินงานดังนี้

1) งานทบทวนวรรณกรรม เป็นกิจกรรมการดำเนินงานในขั้นตอนแรกของโครงการ โดยที่ปรึกษาจะต้องทำการศึกษาทบทวนเอกสารต่างๆ ตามข้อกำหนดขอบเขตงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำในปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงปัญหาอุปสรรค ของการดำเนินงาน ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อนำมาปรับใช้สำหรับการดำเนินงานในปัจจุบัน
2) งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง เป็นกิจกรรมหลักที่สำคัญในการดำเนินงานโครงการนี้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จะส่งผลถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของโครงการ ซึ่งตามข้อกำหนดขอบเขตงานที่ปรึกษาจะทำการคัดเลือก พื้นที่ศึกษาอย่างน้อย 8 แห่ง โดยแต่ละแห่งจะมีพื้นที่ ไม่น้อยกว่า 200 ตารางกิโลเมตร และต้องกระจายอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างน้อย 3 ลุ่มน้ำ ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยประเด็นหลักในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานอกจากจะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดขอบเขตงานแล้ว พื้นที่ที่คัดเลือกจะต้องมีความเหมาะสม และสามารถเป็นพื้นที่ตัวแทนของลักษณะทางกายภาพที่หลากหลายในภาคใต้ได้ ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่คัดเลือกจะต้องครอบคลุมลักษณะการใช้ที่ดินที่หลากหลาย หรือ มีค่าความลาดชันของพื้นที่และลักษณะของกลุ่มชุดดินหรือประเภทของดินที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดสะท้อนถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ได้อย่างครอบคลุมมากที่สุด

3) งานศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนหลักในการศึกษาวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของโครงการ โดยการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ในโครงการโดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์ ทั้งในส่วนของข้อมูลอุทกวิทยา ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ตลอดจนข้อมูลขนาดและมิติของอาคารระบายน้ำ จากนั้นเมื่อนำเข้าข้อมูลต่างๆ เข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์แล้ว จะต้องทำการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายทางอากาศจากดาวเทียม RadarSat-2 ซึ่งเป็นข้อมูลสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงมาใช้ในการปรับเทียบ ซึ่งในการปรับเทียบจะต้องปรับพารามิเตอร์ในแบบจำลองทั้งในส่วนของแบบจำลองอุทกวิทยา (แบบจำลองในการจำลองการเปลี่ยนฝนเป็นน้ำท่า) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (แบบจำลองการไหลในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม) เพื่อให้ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว จากนั้นจึงจะนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบแล้วมาทำการวิเคราะห์ตามข้อกำหนดขอบเขตงาน ซึ่งประกอบด้วย การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในแต่ละสภาพพื้นที่ ตลอดจนการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของปัจจัยทั้งในเขตทางหลวงและนอกเขตทางหลวง ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลองแล้ววิเคราะห์ถึงขนาดของพื้นที่น้ำท่วมหรืออัตราการไหลสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นๆ

4) งานเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ เป็นขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของโครงการทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์สมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณอัตราการไหลของน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ ซึ่งที่ปรึกษาได้มีการนำโปรแกรมทางด้านสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ โดยตัวแปรตามในที่นี้คือ อัตราการไหลสูงสุดของอาคารระบายน้ำ ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะทางด้านอุทกวิทยาและลักษณะทางด้านกายภาพของพื้นที่ จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลการประเมินอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันหรือวิธีการเดิม เช่น วิธี Rational Method และวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) โดยในที่นี้จะกำหนดสมมติฐานที่ว่าผลการคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ เป็นวิธีการถูกต้องมากที่สุด ดังนั้นหากวิธีการใด (ระหว่างการใช้สมการที่เสนอใหม่กับวิธีการเดิม) ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มากที่สุด จะถือว่าวิธีการนั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่า

ภายหลังจากการพัฒนาและทดสอบสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในขั้นตอนต่อมาจะนำสมการที่ได้มาใช้ในการออกแบบเพื่อปรับปรุงอาคาระบายน้ำในปัจจุบันของกรมทางหลวง โดยนำเสนอในรูปของผลการออกแบบขั้นต้น (รูปแบบและขนาดหน้าตัดแนะนำของ

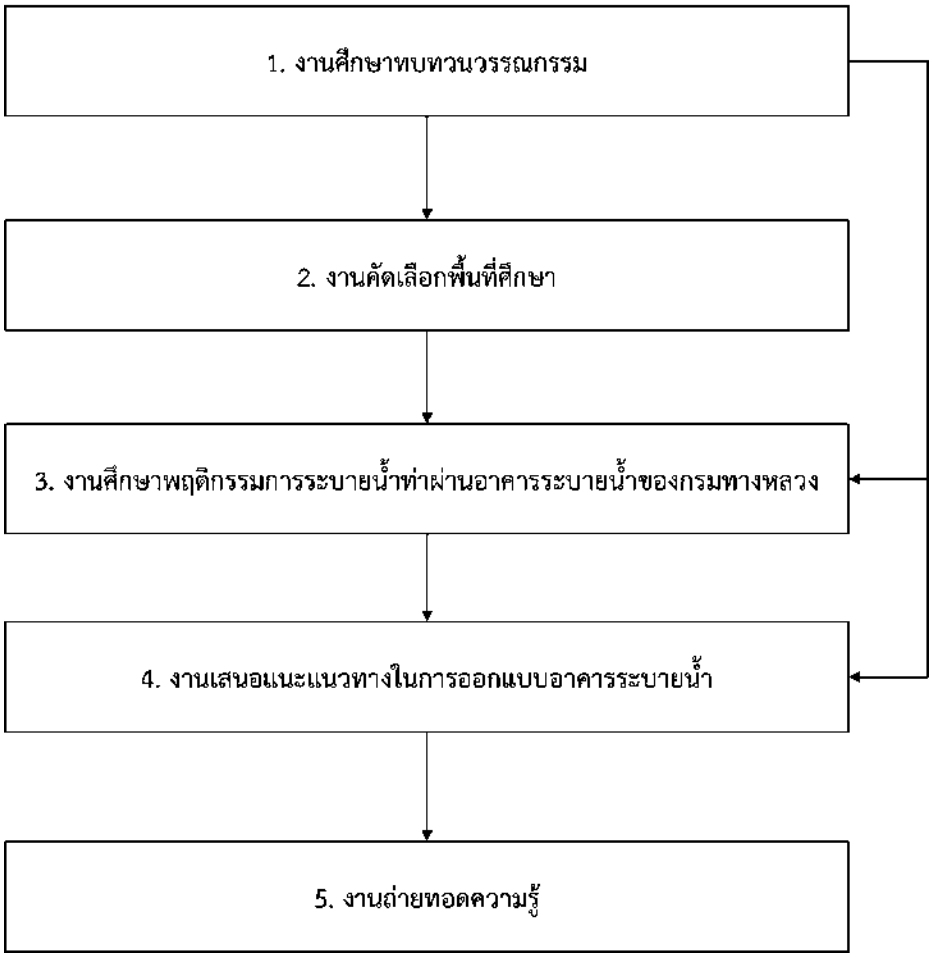
อาคารระบายน้ำในแต่ละตำแหน่งที่ต้องทำการปรับปรุง) ทั้งนี้ผลการออกแบบที่ได้จะต้องคุ้มค่ากับการลงทุน โดยข้อกำหนดในการวิเคราะห์นั้นจะกำหนดให้ มูลค่าของความเสียหายของน้ำท่วมที่ลดลงจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับมูลค่าการลงทุนในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

นอกจากการนำสมการที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในการออกแบบขั้นต้นเพื่อปรับปรุงอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาโครงการตามที่กล่าวมาแล้ว ที่ปรึกษาจะนำสมการดังกล่าวมาพัฒนาเป็นระบบช่วยตัดสินใจในการปรับปรุงระบบระบายน้ำ โดยระบบฯที่จะพัฒนาขึ้น จะอยู่ในรูปของโปรแกรมประยุกต์ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนของการนำเข้าข้อมูล ส่วนประมวลผลและส่วนการแสดงผล โดยระบบฯ จะช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบอาคารระบายน้ำได้อย่างสะดวกขึ้น ซึ่งกรอบแนวคิดเบื้องต้นของการพัฒนาระบบฯ คือ ผู้ใช้งานทำการกำหนดตำแหน่งอาคารระบายน้ำบนแผนที่ จากนั้นโปรแกรมจะนำข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บมาประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสมการ จากนั้นจึงทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดแบบอัติโนมัติ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณหน้าตัดของอาคารระบายที่เหมาะสมสำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ดังกล่าว เพื่อให้ผู้ใช้งานนำไปใช้ในการออกแบบรายละเอียดต่อไป

สำหรับส่วนขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ คือ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำ ตามแนวทางการออกแบบที่เสนอขึ้นใหม่โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งในขั้นต้น จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการระบายน้ำตามสถิติรอบปีการเกิดซ้ำที่ 20 ปี ซึ่งเป็นเกณฑ์พื้นฐานในการออกแบบอาคารระบายน้ำทั่วไป แล้วจะพิจารณาว่าหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำตามที่กำหนดจะสามารถลดขนาดของพื้นที่น้ำท่วมได้มากน้อยเพียงใดหากเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้มีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

5) การถ่ายทอดองค์ความรู้ เป็นขั้นตอนในการเผยแพร่ผลการดำเนินงานให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง โดยจะใช้วิธีการจัดประชุมฝึกอบรมในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ซึ่งสาระสำคัญของการฝึกอบรมดังกล่าวประกอบด้วย
   - พื้นฐานความรู้เบื้องต้นด้านอุทกวิทยาและด้านชลศาสตร์ในการออกแบบระบบระบายน้ำ
   - การนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้และผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
   - การนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้สมการการคำนวณปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำตามผลการศึกษาของโครงการ
   - การนำเสนอระบบช่วยตัดสินใจในการประเมินแบบแนะนำการก่อสร้าง ตามผลการศึกษาของโครงการและแนวทางการนำไปปรับใช้สำหรับการออกแบบก่อสร้างในโครงการต่างๆ

โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนนเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ

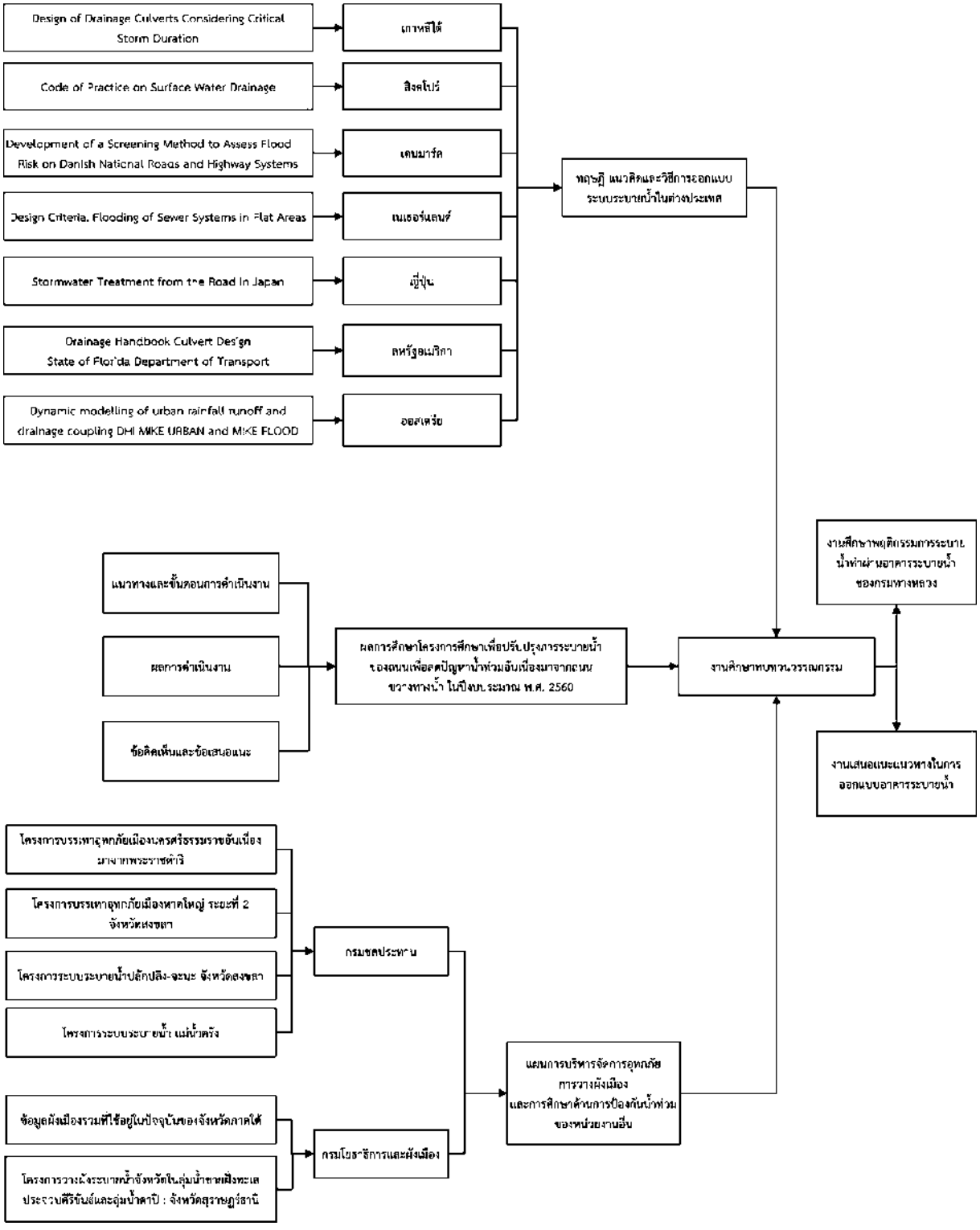


รูปที่ 2.1-1 กรอบแนวทางการดำเนินงานในภาพรวม

2.2. กรอบแนวทางการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรม

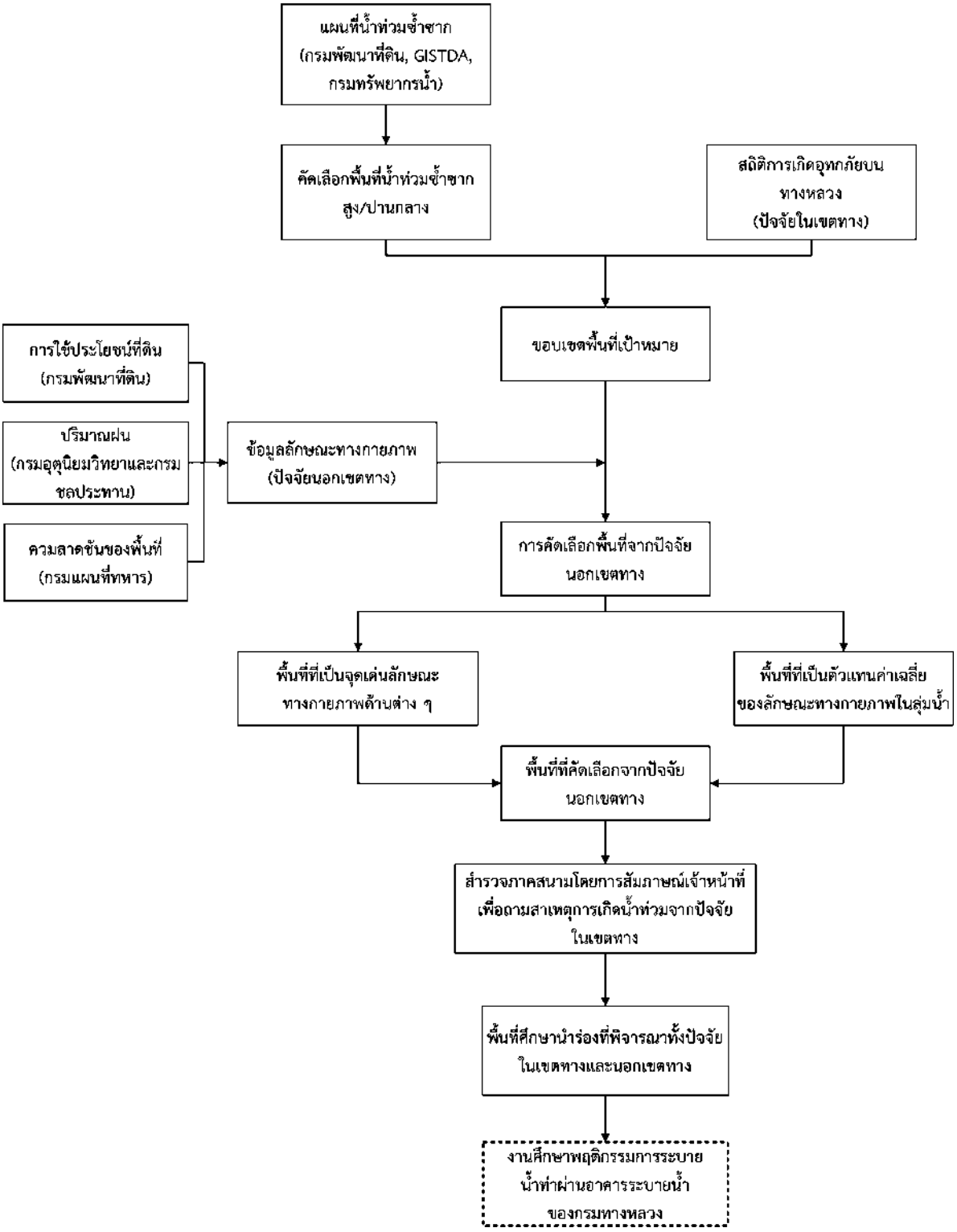
เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงแนวทางในการทำงานสำหรับแต่ละกิจกรรม ที่ปรากฏอยู่ในกรอบการดำเนินงานภาพรวมตามที่แสดงใน**รูปที่ 2.1-1** ให้มีความชัดเจนมาก ที่ปรึกษาได้จัดทำผังแสดงกรอบแนวทางการดำเนินงานสำหรับแต่ละกิจกรรมตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดขอบเขตงาน ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2-1** ถึง **รูปที่ 2.2-5** โดยในแต่ละกิจกรรมมีการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของลำดับการทำงาน ก่อน-หลังและความสัมพันธ์ของแต่ละงานย่อย ของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

1. งานศึกษาทบทวนวรรณกรรม

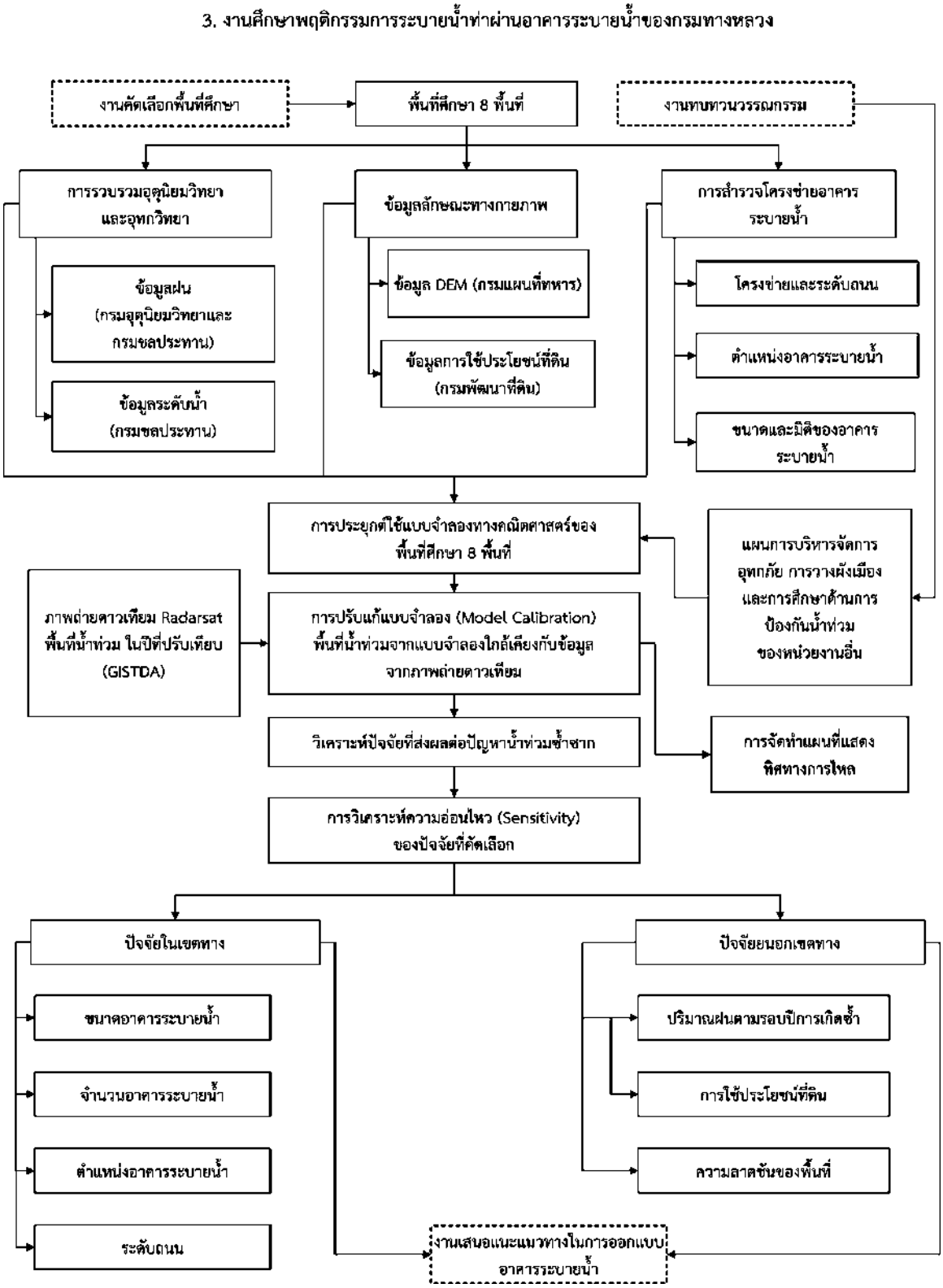


รูปที่ 2.2-1 กรอบแนวทางการดำเนินงานในกิจกรรมงานทบทวนวรรณกรรม

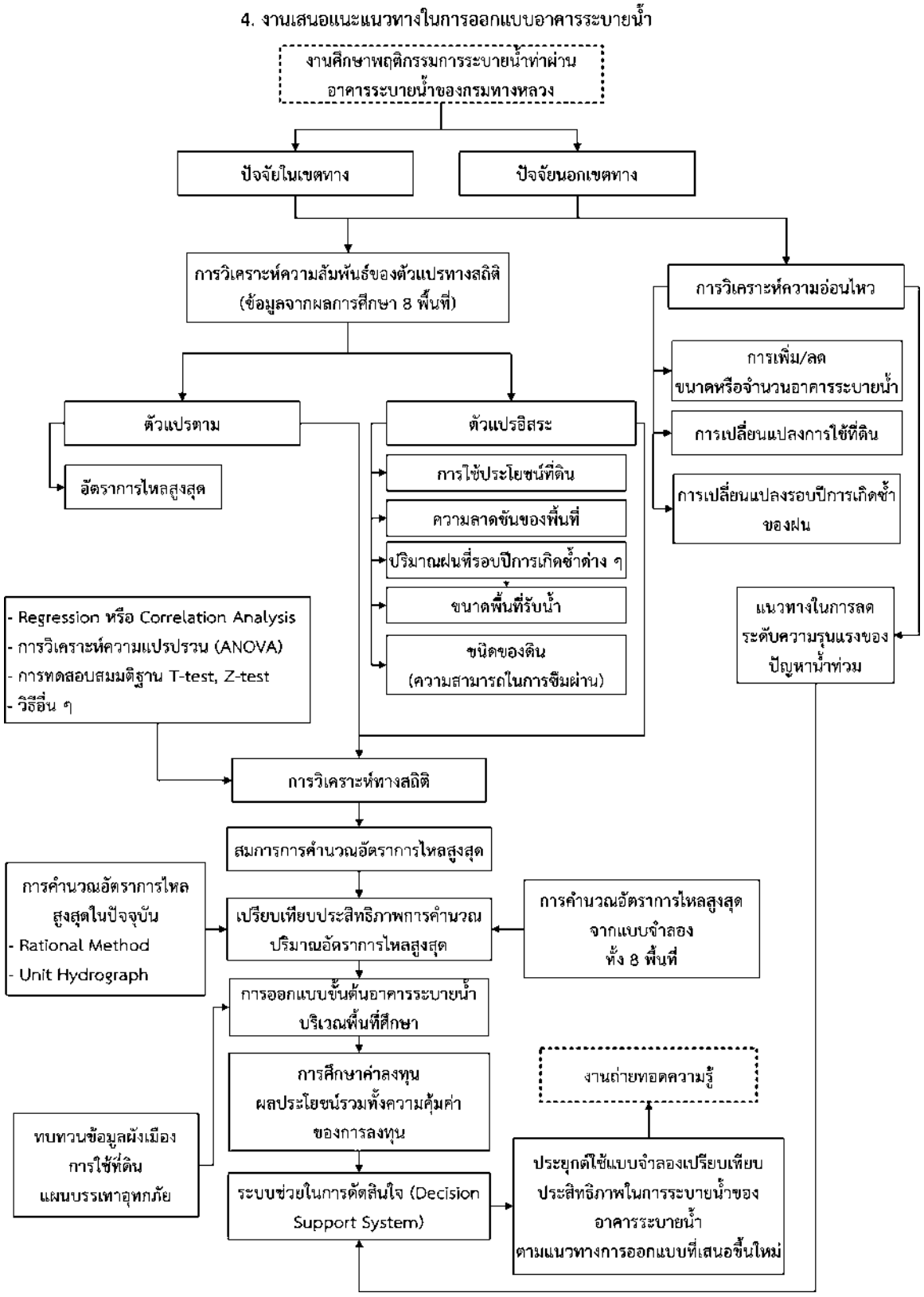
2. งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.2-2 กรอบแนวทางการดำเนินงานในกิจกรรมงานคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

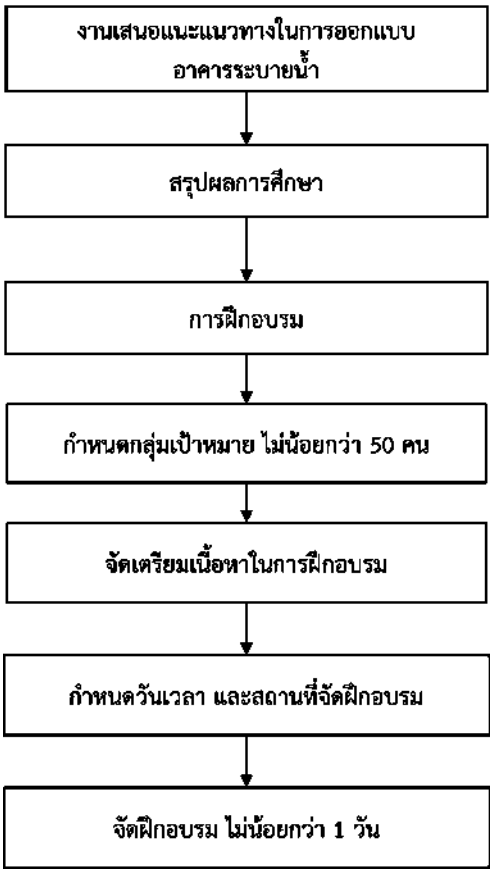


รูปที่ 2.2-3 กรอบแนวทางการดำเนินงานในกิจกรรมงานศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง



รูปที่ 2.2-4 กรอบแนวทางการดำเนินงานในกิจกรรมงานเสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารระบายน้ำ

5. งานถ่ายทอดความรู้



รูปที่ 2.2-5 กรอบแนวทางการดำเนินงานในกิจกรรมงานถ่ายทอดองค์ความรู้

บทที่ 3
พื้นที่ศึกษาโครงการ

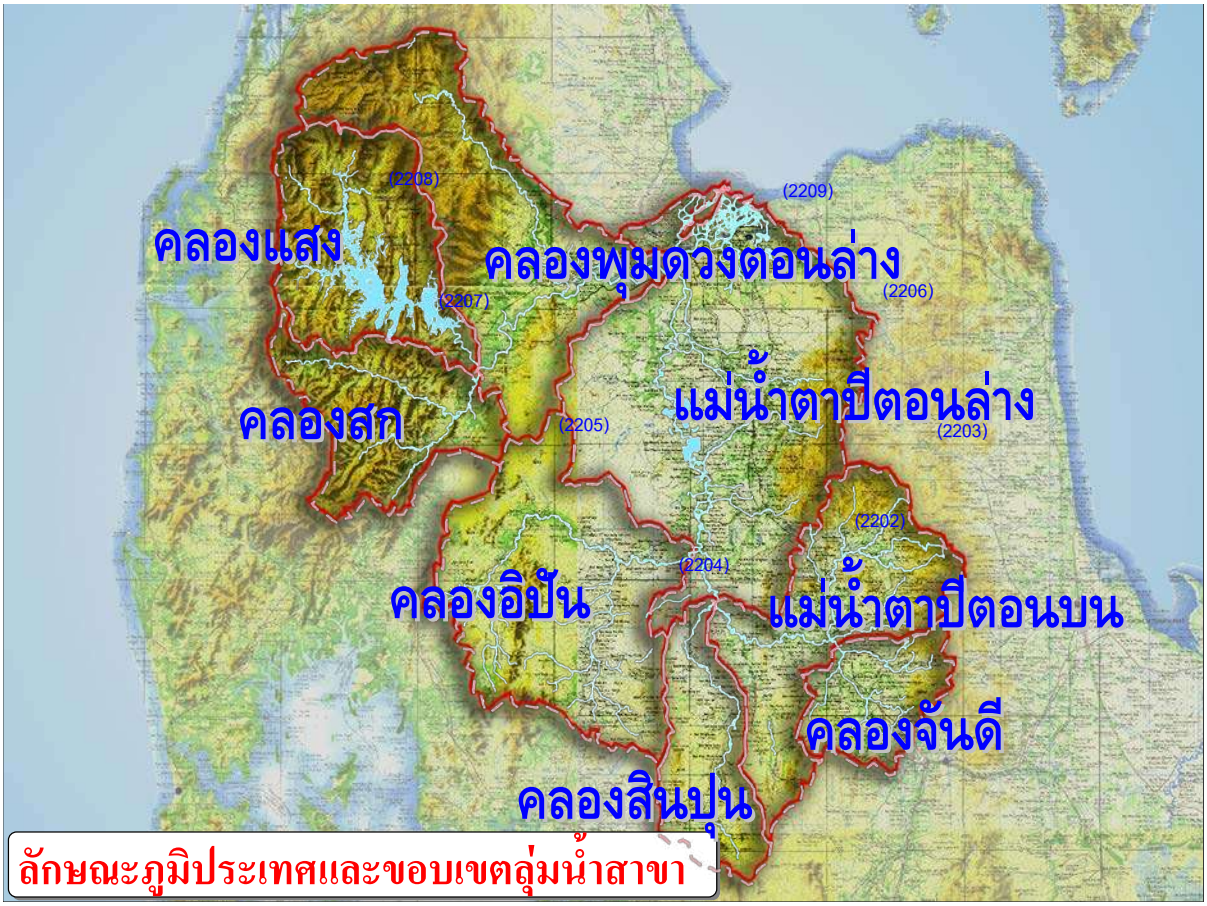
3. พื้นที่ศึกษาโครงการ

ตามข้อกำหนดขอบเขตงานของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาของโครงการในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งที่ปรึกษาจะต้องทำการคัดเลือกพื้นที่สำหรับการศึกษาในรายละเอียดอย่างน้อย 8 พื้นที่ ใน 3 ลุ่มน้ำหลัก ดังนั้นในรายงานฉบับนี้ ที่ปรึกษาจึงขอทำการทบทวนข้อมูลเบื้องต้น ของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำปัตตานี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1. ลุ่มน้ำตาปี

3.1.1. ขอบเขตและลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำตาปีตั้งอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด คือ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ พังงา และระนอง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำอยู่ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ทั้งหมด 13,454 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยลำน้ำสำคัญ 5 สาย คือ แม่น้ำตาปี คลองอิปัน คลองแสง คลองจันดี และคลองพุมดวง โดยมีแม่น้ำตาปีเป็นลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำตาปี มีความยาวทั้งหมด 232 กิโลเมตร จึงเป็นแม่น้ำที่ยาวที่สุดทั้งในลุ่มน้ำตาปี และในภาคใต้ ลุ่มน้ำตาปี แบ่งออกเป็น 8 ลุ่มน้ำสาขา คือ ลุ่มน้ำสาขาคลองจันดี แม่น้ำตาปีตอนบน คลองสินปุน คลองอิปัน แม่น้ำตาปีตอนล่าง คลองสก คลองแสง และคลองพุมดวงตอนล่าง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.1-1**



รูปที่ 3.1-1 ลักษณะภูมิประเทศและขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำตาปี

ที่มา : โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี กรมทรัพยากรน้ำ 2549

3.1.2. สภาพทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปีมีค่าเฉลี่ยต่อปีของปริมาณฝน 2,001.6 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองแสง คลองสก และคลองพุมดวงตอนล่าง มีปริมาณฝนรายปีสูง คือ มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 2,868.4 มม. 2,443.2 มม. และ 2,076.1 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีปริมาณฝนสูงจะอยู่บริเวณทางด้านเหนือมากกว่าพื้นที่ทางด้านทิศใต้ของลุ่มน้ำ

ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำสาขาทั้งหมดของลุ่มน้ำตาปีโดยรวม มีปริมาณ 13,026.66 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีลุ่มน้ำสาขาคลองแสง แม่น้ำตาปีตอนล่าง และคลองพุมดวงตอนล่าง มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำสาขามากที่สุด คือ 2,659.93, 2,597.50 และ 2,191.21 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำหลากสูงสุด พบว่าลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำตาปีตอนล่างมีปริมาณน้ำหลากสูงสุด คือ 1,889.69 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในคาบความถี่ 2 ปี และสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามคาบความถี่และคาบรองลงไป คือ ลุ่มน้ำสาขาคลองอิปัน 1,274.51 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และคลองพุมดวงตอนล่าง 1,242.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในคาบความถี่ทุก 2 ปี

น้ำบาดาล น้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี มีพื้นที่ชั้นน้ำทั้งสิ้น 13,276 ตร.กม. มีปริมาณน้ำต้นทุน 933 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาได้ (safe yield) ปริมาณ 195 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีอัตราการสูบใช้ในปัจจุบัน 25 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือร้อยละ 12 ของ safe yield คุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปีส่วนใหญ่ค่อนข้างดี รสจืด แต่มีปริมาณธาตุเหล็กค่อนข้างสูง และมักมีสนิมแดง

อัตราการใช้น้ำบาดาลในปัจจุบันพบว่าลุ่มน้ำคลองจันดี มีอัตราการใช้น้ำบาดาลมากที่สุด คือร้อยละ 72.35 ของ Safe yield ในลุ่มน้ำสาขาคลองจันดี ส่วนลุ่มน้ำสาขาอื่นมีอัตราการใช้น้ำบาดาลค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาในภาพรวมสรุปได้ว่า ลุ่มน้ำตาปีมีปริมาณน้ำบาดาลที่ยังสามารถนำมาพัฒนาได้อีกปริมาณ 165 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

3.1.3. ปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำตาปี มีทรัพยากรค่อนข้างสมบูรณ์ โดยเฉพาะปริมาณน้ำต้นทุนและปัจจัยที่จะส่งเสริมเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนอันได้แก่ ทรัพยากรป่าไม้ อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาที่ต้องการแนวทางแก้ไขที่ถูกต้อง

เพื่อให้มีความชัดเจนในการมองปัญหา จะสรุปประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยจะแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น

- พื้นที่ต้นน้ำ (ลุ่มน้ำคลองแสง คลองสก คลองสินปุน และคลองจันดี)
- พื้นที่กลางน้ำ (ลุ่มน้ำแม่น้ำตาปีตอนบน คลองพุมดวงตอนล่าง)
- พื้นที่ท้ายน้ำ (ลุ่มน้ำแม่น้ำตาปีตอนล่าง)

ซึ่งในแต่ละส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีประเด็นปัญหาสรุปได้ดัง**ตารางที่ 3.1-1**

ตารางที่ 3.1-1 สรุปสภาพปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำตาปี

พื้นที่	ประเด็นปัญหา	สาเหตุ	ผลกระทบ
ต้นน้ำ	ป่าถูกบุกรุก	- เปลี่ยนเป็นที่ดินปลูกยางพารา ปาล์ม - แนวเขตป่าไม้ชัดเจน - จิตสำนึกในการอนุรักษ์	- การชะล้างพังทลาย - เกิดตะกอนแหล่งน้ำตื้นเขิน - ขาดน้ำหน้าแล้ง - น้ำป่าไหลบ่า / น้ำท่วมเฉียบพลัน
กลางน้ำ	- การใช้ที่ดินไม่เหมาะสมในการเกษตร	ราคาพืชเศรษฐกิจ (ยางพารา ปาล์ม) สูง ต้องการเนื้อที่ปลูกมากขึ้น	- ระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูแล้งลดลง - มีการบุกรุกที่ดินสาธารณะ เช่น ลำน้ำ
	- แหล่งเก็บกักน้ำไม่กระจายตัวทั่วพื้นที่	ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการเป็นพื้นที่เก็บกักน้ำ	- การขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะด้านอุปบริโภค
	- น้ำท่วมล้นตลิ่ง	- การบุกรุกลำน้ำ	น้ำท่วม
	- ลำน้ำตื้นเขิน	- การชะล้างพังทลายของดินทางต้นน้ำ	น้ำท่วม
	- น้ำเสีย	- สารเคมีการเกษตร - สารเคมีจากการแปรรูปน้ำยางพารา	มีสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำ
ท้ายน้ำ	- พื้นที่ชุ่มน้ำถูกบุกรุก	การขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเข้าไปในที่ลุ่มหรือพรุ ซึ่งเคยใช้เป็นพื้นที่แก้มลิง	ความเสียหายจากน้ำท่วมมากขึ้น
	- ความต้องการใช้น้ำมากขึ้น	- เมือง / อุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวขยายตัว - พื้นที่แก้มลิงถูกบุกรุก	- เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคฤดูแล้ง - การใช้น้ำมากขึ้น
	- น้ำท่วมขัง	- พื้นที่เป็นที่ราบ	ความเสียหายจากน้ำท่วมมีมากขึ้น
	- น้ำเสีย	- น้ำเสีย/น้ำทิ้งจากชุมชน - น้ำทิ้งจากโรงงาน - ระบบบำบัด - จิตสำนึกในการอนุรักษ์คุณภาพน้ำ	- คุณภาพทรัพยากรน้ำลดลงกระทบถึงการใช้ประโยชน์ - ปัญหาสุขภาพ - ใช้ต้นทุนสูงในการบำบัด

ที่มา : โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี กรมทรัพยากรน้ำ 2549

3.2. ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำปัตตานี

3.2.1. ขอบเขตและลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก: ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 05° 45′ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 11° 12′ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 98° 30′ ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 102° 15′ ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 26,547.7 ตารางกิโลเมตร โดยเป็นพื้นที่ชายฝั่งติดอ่าวไทย ลักษณะชายฝั่งทะเลราบเรียบมีที่ราบแคบ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปถึงจังหวัดนราธิวาส แม่น้ำส่วนใหญ่เป็นแม่น้ำสายสั้นๆ ไหลลงสู่อ่าวไทย ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำจะเป็นเทือกเขาซึ่งเป็นต้นกำเนิดของ แม่น้ำสายต่างๆไหลผ่านที่ราบแคบๆลงสู่อ่าวไทย ทิวเขาเหล่านี้เริ่มจากทิวเขาภูเก็ต ซึ่งอยู่ทางตอนบนของลุ่มน้ำทางทิศตะวันตกของจังหวัดชุมพร เป็นทิวเขาที่ต่อเนื่องมาจากทิวเขาตะนาวศรีทอดยาวลงมาทางใต้จนถึงจังหวัดพังงา แล้วเบนออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้จนจรดกับทิวเขานครศรีธรรมราช ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดสุราษฎร์ธานีพาดผ่านมาทางใต้ ผ่านจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง ลงไปจนถึงจังหวัดสตูลแล้วไปจรดกับทิวเขาสันกลาคีรี ซึ่งเป็นแนวขอบเขตของลุ่มน้ำ

แม่น้ำที่สำคัญในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ได้แก่ คลองท่าแซะ คลองท่าตะเภา คลองหลังสวน แม่น้ำปากพนัง แม่น้ำสายบุรี และแม่น้ำโกลก เป็นต้น

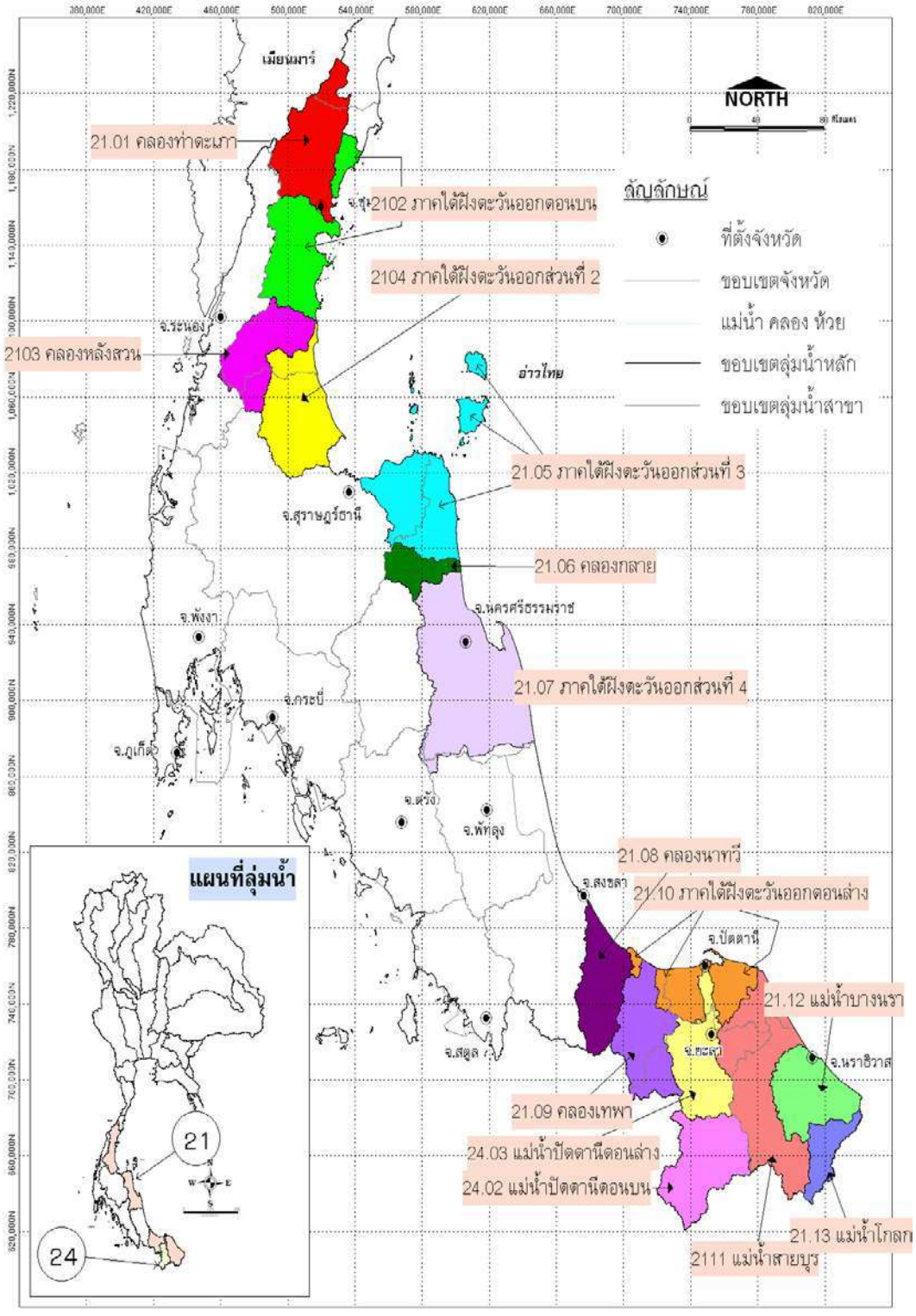
ลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ประกอบด้วย 13 ลุ่มน้ำย่อย ได้แก่ ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ลุ่มน้ำคลองหลังสวน ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 2 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 3 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 4 ลุ่มน้ำคลองกราย ลุ่มน้ำคลองนาทวี ลุ่มน้ำคลองเทพา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง ลุ่มน้ำแม่น้ำสายบุรี ลุ่มน้ำแม่น้ำบางนรา และลุ่มน้ำแม่น้ำโกลก ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2-1**

ลุ่มน้ำปัตตานี: ลุ่มน้ำปัตตานีตั้งระหว่างเส้นรุ้ง 5° 36′ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 6° 55′ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 101° 00′ ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 101° 30′ ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 3,698.2 ตารางกิโลเมตร ลักษณะลุ่มน้ำเป็นแนวยาววางตัวอยู่ตามแนวทิศเหนือ-ใต้ อยู่ ทิศเหนือติดกับอ่าวไทย ที่ปากแม่น้ำปัตตานี ทิศใต้ติดกับประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ลุ่มน้ำปัตตานีมีแม่น้ำปัตตานีเป็นลำน้ำหลัก และมีแม่น้ำยะหาเป็นลำน้ำสาขา ในช่วงปลาย มีคลองหนองจิกแยกออกจากแม่น้ำปัตตานี และมีคลองเล็กๆอีกมากมาย

แม่น้ำปัตตานีมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกลาคีรี ในเขตอำเภอเบตง จังหวัดยะลา ไหลจากทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือ แล้วไหลลงทะเลอ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเขามีพื้นที่ราบเล็กน้อย ทางตอนล่างของลุ่มน้ำเป็นที่ราบลุ่ม มีความยาวลำน้ำประมาณ 210 กิโลเมตร

ลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำปัตตานี ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำย่อย ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่น้ำปัตานีตอนบน และลุ่มน้ำแม่น้ำปัตานีตอนล่าง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2-1**



รูปที่ 3.2-1 ลักษณะภูมิประเทศและขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำปัตตานี

ที่มา : โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำปัตานี กรมทรัพยากรน้ำ 2547

3.2.2. สภาพทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีค่าเฉลี่ยต่อปีของปริมาณฝน 1,975.62 มิลลิเมตรต่อปี โดยเป็นปริมาณฝนในฤดูฝนร้อยละ 87.16 (1,721.89 มิลลิเมตร) และในฤดูแล้งร้อยละ 12.84 (253.73 มิลลิเมตร) เดือนที่มีฝนสูงได้แก่ เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ในขณะที่ลุ่มน้ำแม่น้ำปัตานี ค่าเฉลี่ยต่อปีของปริมาณฝน 1,916 มิลลิเมตรต่อปี โดยเป็นปริมาณฝนในฤดูฝนร้อยละ 83.14 (1,593 มิลลิเมตร) และในฤดูแล้งร้อยละ 16.86 (323 มิลลิเมตร) เดือนที่มีฝนสูงได้แก่ เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม

ปริมาณน้ำท่า

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 8.0 - 6,602.0 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยระหว่าง 21.85 – 8,966.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และช่วงพิสัยของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1.88 – 98.78 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งเมื่อนำมา ประเมินปริมาณน้ำท่ารวมทั้งลุ่มน้ำพบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 28,448.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 33.98 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร

ลุ่มน้ำปัตตานีมีช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 350.0- 3,430.0 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยระหว่าง 197.11 – 2,758.27 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และช่วงพิสัยของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 15.52 - 35.14 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งเมื่อนำมา ประเมินปริมาณน้ำท่ารวมทั้งลุ่มน้ำพบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,277.89 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 19.53 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร

น้ำบาดาล แหล่งน้ำบาดาลในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและปัตตานี แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนหินร่วนบริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็งที่เป็นรอยแตก รอยแยก โพรงหรือถ้ำในชั้นหินและช่องว่างของชั้นหินผุ ปริมาณน้ำที่ได้โดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางบริเวณให้น้ำสูง 10-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือมากกว่า

3.2.3. ปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

สภาพปัญหา สถานการณ์ด้านทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำปัตตานี สามารถจำแนกปัญหาของพื้นที่ ออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะและสภาพภูมิประเทศ คือ

- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนบน</u>:** ได้แก่พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ที่อยู่บริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษาในเขตจังหวัดชุมพรและสุราษฎร์ธานี ประกอบด้วย ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ลุ่มน้ำคลองหลังสวน และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 2

- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนกลาง</u>:** ได้แก่ลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ที่อยู่พื้นที่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ประกอบด้วย ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 3 ลุ่มน้ำคลองกลาย และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 4
- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนล่าง</u>:** ได้แก่ลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ตอนล่างของพื้นที่ศึกษา ในเขตจังหวัดสงขลา ปัตตานี ยะลาและจังหวัดนราธิวาส ประกอบด้วย ลุ่มน้ำคลองนาทวี ลุ่มน้ำคลองเทพา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง ลุ่มน้ำแม่น้ำสายบุรี ลุ่มน้ำแม่น้ำบางนรา ลุ่มน้ำแม่น้ำโกลก ลุ่มน้ำแม่น้ำปัตตานีตอนบน และลุ่มน้ำแม่น้ำปัตตานีตอนล่าง

โดยสภาพปัญหาสามารถแบ่งออกได้ 5 ประเภท ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้ง ปัญหาน้ำท่วม ปัญหาคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม ปัญหาด้านการอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำ และปัญหาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ สำหรับในส่วนของปัญหาน้ำท่วมนั้น สามารถสรุปลักษณะปัญหาในแต่ละกลุ่มพื้นที่ได้ดังนี้

- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนบน</u>**: สภาพน้ำท่วมในกลุ่มลุ่มน้ำตอนบนส่วนมากจะมีลักษณะกระแสน้ำที่ล้นตลิ่งไหลเข้าท่วมพื้นที่ราบลุ่มด้านท้ายน้ำ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักไม่นาน สภาพการท่วมขังโดยรวมจะไม่นานประมาณ 1-2 วัน ก็จะเข้าสู่สภาวะปกติ เนื่องจากพื้นที่โดยรวมค่อนข้างชัน และมีที่ราบลุ่มแคบๆ เฉพาะทางพื้นที่กลางน้ำ แต่สำหรับลุ่มน้ำสาขาที่มีพื้นที่ราบลุ่มเป็นบริเวณกว้างตั้งแต่พื้นที่กลางน้ำต่อเนื่องถึงพื้นที่ด้านท้ายน้ำที่มีอุปสรรคกีดขวางการระบายน้ำหลายแห่ง เช่น ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภาในพื้นที่ อ.ท่าแซะ และ อ.เมืองชุมพร จะมีปัญหาน้ำท่วมขังนานกว่าบริเวณอื่น
- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนกลาง:</u>** จากลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาทางด้านทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสายต่างๆ ในแต่ละลุ่มน้ำสาขา ลาดเทไปทางด้านทิศตะวันออกสู่พื้นที่ราบชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและแหล่งชุมชนที่สำคัญ เมื่อฝนตกหนักติดต่อกัน 2-3 วัน พื้นที่ราบทางท้ายน้ำของลุ่มน้ำแต่ละแห่งมักจะประสบปัญหาน้ำท่วม มากน้อยแล้วแต่สภาพภูมิประเทศ จากข้อมูลที่รวบรวมได้พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 4 จะมีความรุนแรงของปัญหาน้ำท่วมมากกว่าลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 3 และลุ่มน้ำคลองกลาย เนื่องจากมีพื้นที่ราบลุ่มครอบคลุมในพื้นที่ท้ายน้ำเป็นบริเวณกว้าง และเป็นที่ตั้งของชุมชนสำคัญหลายแห่ง

- **<u>กลุ่มพื้นที่ตอนล่าง:</u>** ปัญหาน้ำท่วมในกลุ่มลุ่มน้ำตอนล่างมีสาเหตุมาจากสภาพฝนที่ตกหนักในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม และสภาพภูมิประเทศในกลุ่มลุ่มน้ำตอนล่างทางทิศเหนือของลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณกว้าง ประกอบกับภูมิประเทศตามแนวฝั่งทะเลมักมีสันทรายทั้งเก่าและใหม่ทอดตัวขวางการระบายน้ำลงสู่ทะเล มีสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ จากเส้นทางคมนาคม และผลกระทบจาก น้ำทะเลหนุน ลักษณะเช่นนี้ยิ่งทำให้เกิดสภาพน้ำท่วมมากยิ่งขึ้น พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมเป็นประจำได้แก่ พื้นที่ราบลุ่มท้ายน้ำของลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ทุกลุ่มน้ำ และพื้นที่ริมลำน้ำสายหลักต่างๆ เช่น คลองเทพา คลองนาทวี แม่น้ำปัตตานี แม่น้ำสายบุรี แม่น้ำบางนรา และแม่น้ำโกลก

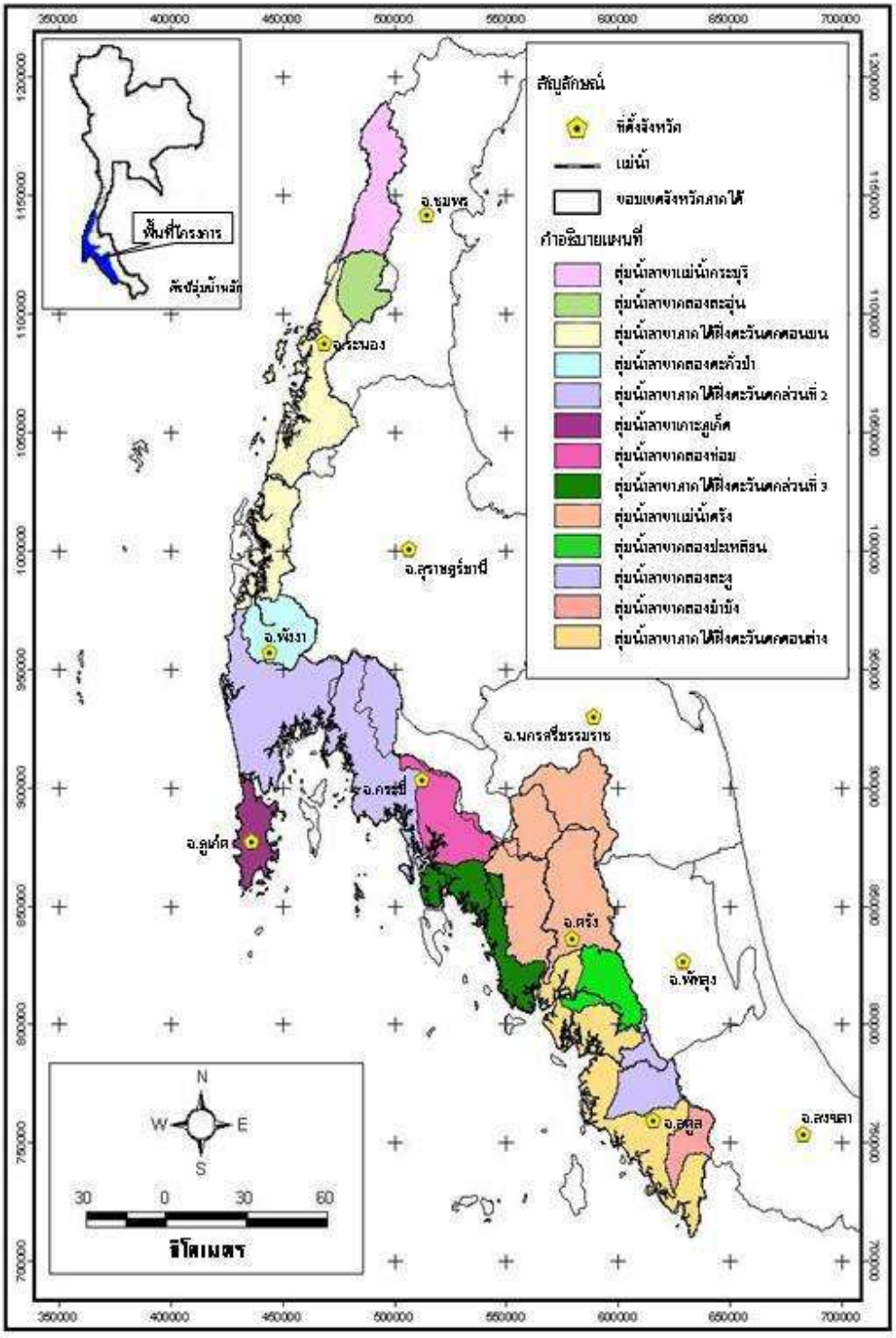
3.3. ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

3.3.1. ขอบเขตและลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (รหัสลุ่มน้ำหลัก 25) มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 21,172 ตร.กม. หรือประมาณ 13,232,500 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6° 26′ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 10° 49′ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 98° 12′ ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 100° 14′ ตะวันออก ทิศเหนือติดต่อกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและชายแดนประเทศพม่า ทิศใต้ติดต่อกับทะเลอันดามันและชายแดนประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกติดต่อกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำตาปี และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ทิศตะวันตกติดต่อกับทะเลอันดามัน

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกเป็นพื้นที่ติดกับชายฝั่งทะเลอันดามัน มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาพาดผ่านจากจังหวัดระนองลงไปทางใต้ ผ่านจังหวัดพังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสิ้นสุดที่จังหวัดสตูล ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสาขาต่างๆ โดยทั่วไปเป็นลำน้ำสายสั้นๆ ไหลจากบริเวณเทือกเขาทางทิศตะวันออกไหลลงสู่ทะเลอันดามันทางทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้ สภาพภูมิประเทศมีอ่าวและเกาะต่างๆ เช่น เกาะภูเก็ต เกาะตะรุเตา เกาะลันตา เกาะลิบง เกาะพระทอง และเกาะยาวใหญ่ และมีป่าชายเลนสลับกับหาดทรายริมทะเลตั้งแต่จังหวัดระนองลงไปถึงจังหวัดสตูล

สำหรับลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก สามารถแบ่งออกได้ 13 ลุ่มน้ำสาขา (ดังแสดงใน **รูปที่3.3-1**) ประกอบด้วย ลุ่มน้ำแม่น้ำกระบุรี ลุ่มน้ำคลองละอุ่น ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกตอนบน ลุ่มน้ำคลองตะกั่วป่า ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกส่วนที่ 2 ลุ่มน้ำเกาะภูเก็ต ลุ่มน้ำคลองท่อม ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกส่วนที่ 3 ลุ่มน้ำแม่น้ำตรัง ลุ่มน้ำคลองปะเหลียน ลุ่มน้ำคลองละงู ลุ่มน้ำคลองมำบัง และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกตอนล่าง



รูปที่ 3.3-1 ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ที่มา : โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก กรมทรัพยากรน้ำ 2550

3.3.2. สภาพทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝน ภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรอยู่ระหว่าง 1,800-4,100 มม.ต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณฝนที่ค่อนข้างแตกต่างกันมาก เนื่องจากสภาพของภูมิประเทศที่ทอดยาวจากทิศเหนือลงทิศใต้เป็นระยะทางกว่า 500 กิโลเมตร โดยพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนช่วงตั้งแต่ลุ่มน้ำแม่น้ำกระบุรี จนถึงลุ่มน้ำคลองตะกั่วป่าจะมีปริมาณฝนตกค่อนข้างมากเนื่องจากมีพื้นที่ติดกับทะเลอันดามัน ซึ่งจะรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมพายุจรต่างๆ โดยตรง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนล่างตั้งแต่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกส่วนที่ 2 ลงมาจะมีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยกว่าถึงแม้ว่าจะอยู่ติดกับทะเลอันดามันเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากลมมรสุมและลมพายุจรที่จะพัดเข้าพื้นที่จะถูกแนวเกาะสุมาตราของประเทศอินโดนีเซียบัง จึงลดความรุนแรงลงและเมื่อพิจารณาในภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก พบว่ามีปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,467.7 มม.ต่อปี โดยเป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน (เม.ย.-พ.ย.) ประมาณร้อยละ 92.02 ของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย และเป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.-มี.ค.) ประมาณร้อยละ 7.98 ของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย และเดือนที่มีปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยสูงสุดคือเดือนกันยายน

ปริมาณน้ำท่า ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีปริมาณน้ำท่ารวมทั้งลุ่มน้ำ ประมาณ 29,533 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 44.23 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร เป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูฝน (เม.ย. ถึง พ.ย.) 25,940 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 87.8 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย และเป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูแล้ง (ธ.ค. ถึง มี.ค.) 3,593 ล้านลูกบาศก์เมตรคิดเป็นร้อยละ 12.2 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย

น้ำบาดาล แหล่งน้ำบาดาลในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แหล่งน้ำบาดาลในชั้นหินร่วนและชั้นหินแข็ง ปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลต่างๆ มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 22.77 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในแอ่งน้ำบาดาลนั้นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีปริมาณน้ำบาดาลที่เก็บกักอยู่ประมาณ 3,489.5 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพสมดุลของน้ำบาดาลมีประมาณ 794.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

3.3.3. ปัญหาทรัพยากรน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำ

สภาพปัญหา สถานการณ์ด้านทรัพยากรน้ำ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ประกอบด้วย ปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำ ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาการจัดการน้ำเสีย

สำหรับปัญหาด้านน้ำท่วม ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝุ่งตะวันตก ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตไม่รุนแรงมากนัก เนื่องจากลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลุ่มน้ำสายสั้นๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำและการขยายตัวของชุมชน จึงทำให้ในปัจจุบันปัญหาน้ำท่วมมีแนวโน้มความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปสภาพปัญหาการเกิดน้ำท่วมได้ดังนี้

(1) ลักษณะการเกิดน้ำท่วม จำแนกได้ 2 ลักษณะ ได้แก่

- น้ำท่วมในลักษณะน้ำป่าไหลหลาก ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม มักพบบริเวณพื้นที่ต้นน้ำมีความลาดชันค่อนข้างสูง โดยบริเวณที่มีความเสี่ยงเกิดบ่อยและมีความรุนแรง ได้แก่ ตอนบนของลุ่มน้ำแม่น้ำกระบุรี ลุ่มน้ำคลองละอุ่น ในจังหวัดระนอง ลุ่มน้ำคลองตะกั่วป่า และลุ่มน้ำย่อยในจังหวัดพังงา
- น้ำท่วมขัง มักเกิดบริเวณที่ราบมีความลาดชันน้อย มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีที่ราบก่อนไหลออกทะเล และได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุน โดยบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากสูง ได้แก่ลุ่มน้ำแม่น้ำตรังตั้งแต่ตอนบนในเขตอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอห้วยยอด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ลุ่มน้ำคลองปะเหลียน ในจังหวัดตรัง ลุ่มน้ำคลองมำบัง ในจังหวัดสตูล และ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

(2) สาเหตุการเกิดน้ำท่วม สรุปได้ดังนี้

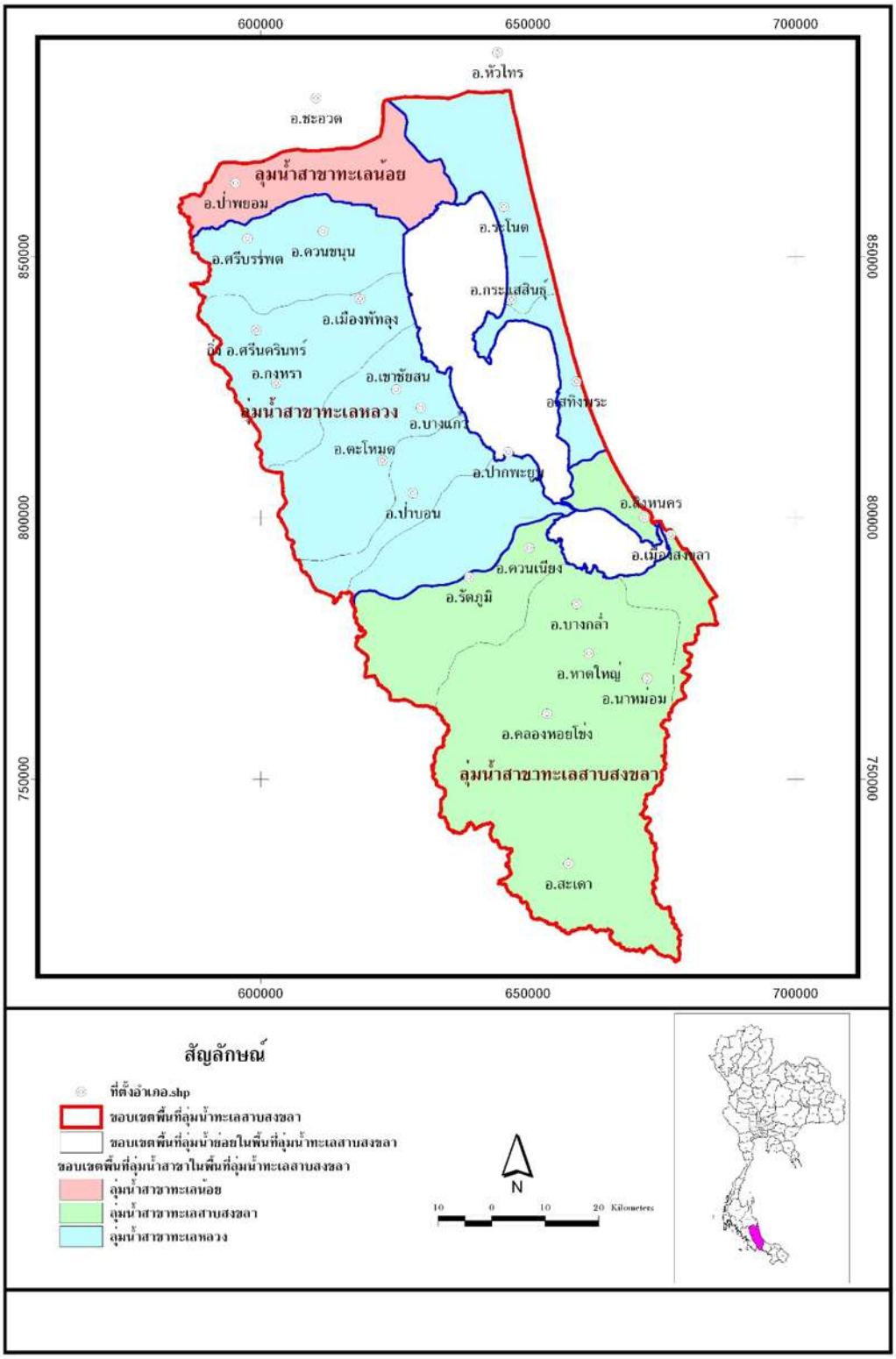
- การขยายตัวของการใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตรและการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำหลากมีแนวโน้มสูงขึ้น
- การขยายตัวของชุมชนที่อยู่ริมลำน้ำและการขยายตัวของชุมชนเมืองโดยไม่มีการวางผังเมืองที่เหมาะสม ทำให้เกิดการบุกรุกทางน้ำธรรมชาติ ประสิทธิภาพการระบายน้ำลดต่ำลงจากลำน้ำแคบและตื้นเขิน
- ที่ราบสองฝั่งลำน้ำมีขนาดใหญ่ทำให้มีปริมาณน้ำหลากสูง และที่ราบริมทะเลมีระดับความสูงใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลทำให้เมื่อน้ำทะเลหนุนสูงจะระบายน้ำได้ไม่ดี

3.4. ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

3.4.1. ขอบเขตและลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาครอบคลุมจังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด จังหวัดสงขลา (ยกเว้นอำเภอนาทวี อำเภอสะบ้าย้อย และอำเภอจะนะ) และจังหวัดนครศรีธรรมราช (บางส่วนของอำเภอชะอวดและอำเภอหัวไทร) พื้นที่ประมาณ 8,563 ตารางกิโลเมตร ความยาวจากทิศเหนือจรดทิศใต้ประมาณ 150 กิโลเมตร จากทิศตะวันออกจรดทิศตะวันตกประมาณ 65 กิโลเมตร เป็นแผ่นดิน (รวมเกาะ) ประมาณ 7,517 ตารางกิโลเมตร และเป็นพื้นที่ทะเลสาบประมาณ 1,046 ตารางกิโลเมตร อาณาเขตทิศเหนือติดลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำตาปี ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตามสภาพภูมิประเทศ สามารถแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ลุ่มน้ำสาขา คือ ลุ่มน้ำสาขาทะเลน้อย ลุ่มน้ำสาขาทะเลหลวง และลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลา ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4-1**



รูปที่ 3.4-1 ลักษณะภูมิประเทศและขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ที่มา : โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา กรมทรัพยากรน้ำ 2550

3.4.2. สภาพทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝน ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,802.81 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยที่ 1,630 มิลลิเมตร และเมื่อพิจารณาเป็นลุ่มน้ำสาขาพบว่า ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาทะเลหลวงมีค่าประมาณ 1901.77 มิลลิเมตร (ฤดูฝน 1244.85 มิลลิเมตร ฤดูแล้ง 656.92 มิลลิเมตร) พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลามีค่าประมาณ 1,627.93 มิลลิเมตร. (ฤดูฝน 1097.76 มิลลิเมตร ฤดูแล้ง 530.18 มิลลิเมตร) และพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาทะเลน้อยมีค่าประมาณ 1713.93 มิลลิเมตร (ฤดูฝน 1072.93 มิลลิเมตร ฤดูแล้ง 641.00 มิลลิเมตร) ซึ่งปริมาณฝนส่วนใหญ่จะตกในช่วงฤดูฝนโดยเฉพาะในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม

ปริมาณน้ำท่า ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีประมาณ 5,197.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งประมาณร้อยละ 85 และร้อยละ 15 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีตามลำดับ และหากคิดเป็นค่าพิสัยของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่รับน้ำฝนพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีค่าประมาณ 21.93 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลน้อยเป็นพื้นที่ที่มีค่าพิสัยของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่รับน้ำฝนมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบเป็นพื้นที่ที่มีค่าพิสัยของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่รับน้ำฝนน้อยที่สุด คือมีค่าประมาณ 25.31. และ 18.83 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

น้ำบาดาล พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีแแหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญ 2 แหล่ง ได้แก่ แอ่งน้ำระโนด – สงขลา และแอ่งน้ำหาดใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน ประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาลตะกอนน้ำพาในยุคเก่าและชั้นน้ำบาดาลตะกอนทรายชายหาด โดย แอ่งน้ำระโนด-สงขลา มีปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาได้ต่อปีโดยไม่เกิดผลกระทบประมาณ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ ประมาณ 200,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในขณะที่แอ่งน้ำหาดใหญ่ มีปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาได้ต่อปีโดยไม่เกิดผลกระทบประมาณ 35 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ ประมาณ 96,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

3.4.3. ปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

สภาพปัญหา สถานการณ์ด้านทรัพยากรน้ำ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านการจัดการต้นน้ำ 2) ด้านการจัดการกลางน้ำ ได้แก่ การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและน้ำท่วม 3) ด้านการจัดการท้ายน้ำ ได้แก่ การแก้ไขปัญหาน้ำเสีย และ 4) ด้านการบริหารจัดการ ซึ่งปัญหาที่สำคัญในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา คือ ปัญหาน้ำท่วม รองลงมาคือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ส่วนปัญหาอื่นมีความสำคัญลดหลั่นกันลงไปตามสภาพในแต่ละพื้นที่

สำหรับในส่วนของปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยรอบทะเลสาบสงขลา โดยเฉพาะบริเวณอำเภอควนขนุน อำเภอเมืองพัทลุง อำเภอเขาชัยสน อำเภอบางแก้ว อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอสิงหนคร อำเภอหาดใหญ่ อำเภอบางกล่ำ และอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา ซึ่งสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1) ถนนเพชรเกษม ถนนของหน่วยงานต่างๆ และทางรถไฟสายใต้ กีดขวางทางน้ำ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเร่งก่อสร้างและขยายทางระบายน้ำ
2) แหล่งน้ำธรรมชาติถูกบุกรุกทำให้กีดขวางการระบายน้ำ และตื้นเขิน โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดพัทลุง อำเภอหาดใหญ่ อำเภอสะเดา อำเภอคลองหอยโข่ง อำเภอระโนด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ควรใช้มาตรการทางกฎหมายและสังคม และการวางผังเมือง
3) บริเวณปากทะเลสาบสงขลาเกิดน้ำทะเลหนุนสูงทำให้เกิดน้ำไหลย้อนกลับจึงเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ ส่งผลให้ระดับน้ำในทะเลสาบสงขลาสูงขึ้นอีก
4) แหล่งเก็บกักน้ำในพื้นที่ไม่เพียงพอที่จะเก็บกักหรือชะลอน้ำจากพื้นที่ตอนบนได้
5) พื้นที่ริมขอบทะเลสาบสงขลาอยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ควรวางผังเมืองเพื่อมิให้มีการเข้ามาอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมมากขึ้น

บทที่ 4
การศึกษาทบทวนวรรณกรรม

4. การศึกษาทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาทบทวนวรรณกรรม ของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ซึ่งจะนำเสนอในรายงานฉบับนี้ สามารถแบ่งเนื้อหาในการนำเสนอออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก โดยส่วนส่วนแรกจะเป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ทฤษฎีและแนวคิดการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำของประเทศที่มีความเชี่ยวชาญ ส่วนที่สองจะเป็นการทบทวนผลการศึกษาของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำซึ่งได้ดำเนินการไว้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 และส่วนสุดท้ายจะเป็นการทบทวนงาน แผนงานบริหารจัดการอุทกภัยหรือผังเมืองที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันน้ำท่วมของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดของเนื้อหาทั้ง 3 ส่วนหลัก แสดงได้ดังนี้

4.1. การศึกษา ทบทวน ทฤษฎี แนวคิดและวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมถนนในต่างประเทศ

4.1.1. Drainage Handbook Culvert design ประเทศสหรัฐอเมริกา

การศึกษาการออกแบบท่อลอดด้วยวิธีชลศาสตร์ จากเอกสาร Drainage Handbook Culvert Design ซึ่งจัดทำโดย State of Florida Department of Transport พบว่า ท่อลอดจะมีการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ภายใต้การดำเนินการ ได้แก่ การควบคุมด้านเหนือน้ำ หรือ Inlet Control และการควบคุมด้านท้ายน้ำ หรือ Outlet Control โดยทฤษฎีในการคำนวณอัตราการไหลผ่านท่อลอดของทั้ง 2 รูปแบบ แสดงได้ดังนี้

(1) การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control

การไหลแบบ Inlet Control คือ การไหลที่ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพที่ปากทางเข้าเท่านั้น เช่น ระดับน้ำเหนือปากท่อ, ลักษณะของปากท่อ เป็นต้น ส่วนความลาดเอียงของท่อ, ความหยาบของผิวท่อ, ระดับน้ำที่ปลายท่อ หรือองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่ถัดจากปากท่อเข้ามาจะไม่ส่งผลทำให้อัตราการไหลเปลี่ยนแปลง การไหลแบบ Inlet Control สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1.1) Orifice Flow

การไหลแบบ Orifice Flow นี้ ระดับน้ำด้านปากท่อ (Headwater) จะอยู่สูงหว่าระดับหลังท่อ (**รูปที่ 4.1-1a**) แต่น้ำที่ไหลเข้าท่อจะไหลได้ไม่เต็มท่อ ลักษณะการไหลของน้ำเหมือนกับ

การไหลผ่านรูเปิด (orifice) หรือไหลลอดใต้บานประตูระบายน้ำ (Sluice gate) จึงเรียกว่า Orifice flow โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสามารถคำนวณได้จากสมการ

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

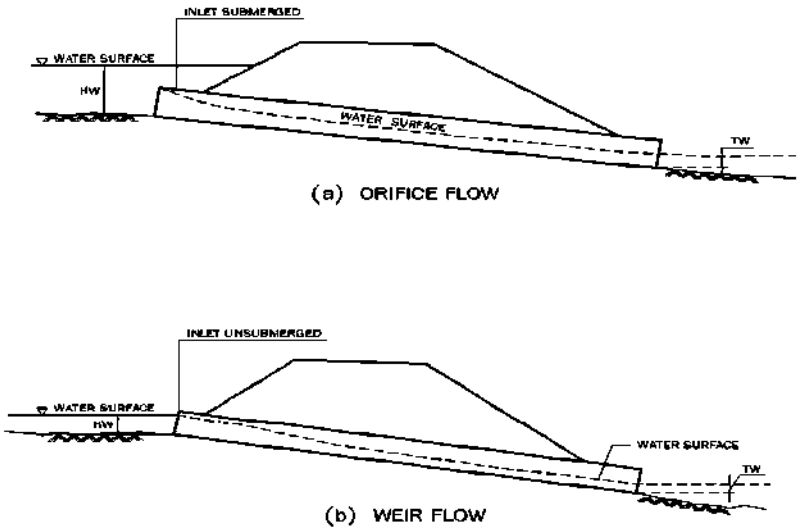
Q	คือ	อัตราการไหลผ่านท่อ (ลบ.เมตร/วินาที)
C_d	คือ	สัมประสิทธิ์สของอัตราการไหล (โดยทั่วไปกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.611)
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ตารางเมตร)
g	คือ	อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที)
h	คือ	ความสูงวัดจากระดับน้ำถึงจุดศูนย์กลางท่อ (เมตร)
H_w	คือ	ความสูงวัดจากระดับผิวน้ำหน้าท่อถึงธรณีปากท่อ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

(1.2) Weir Flow

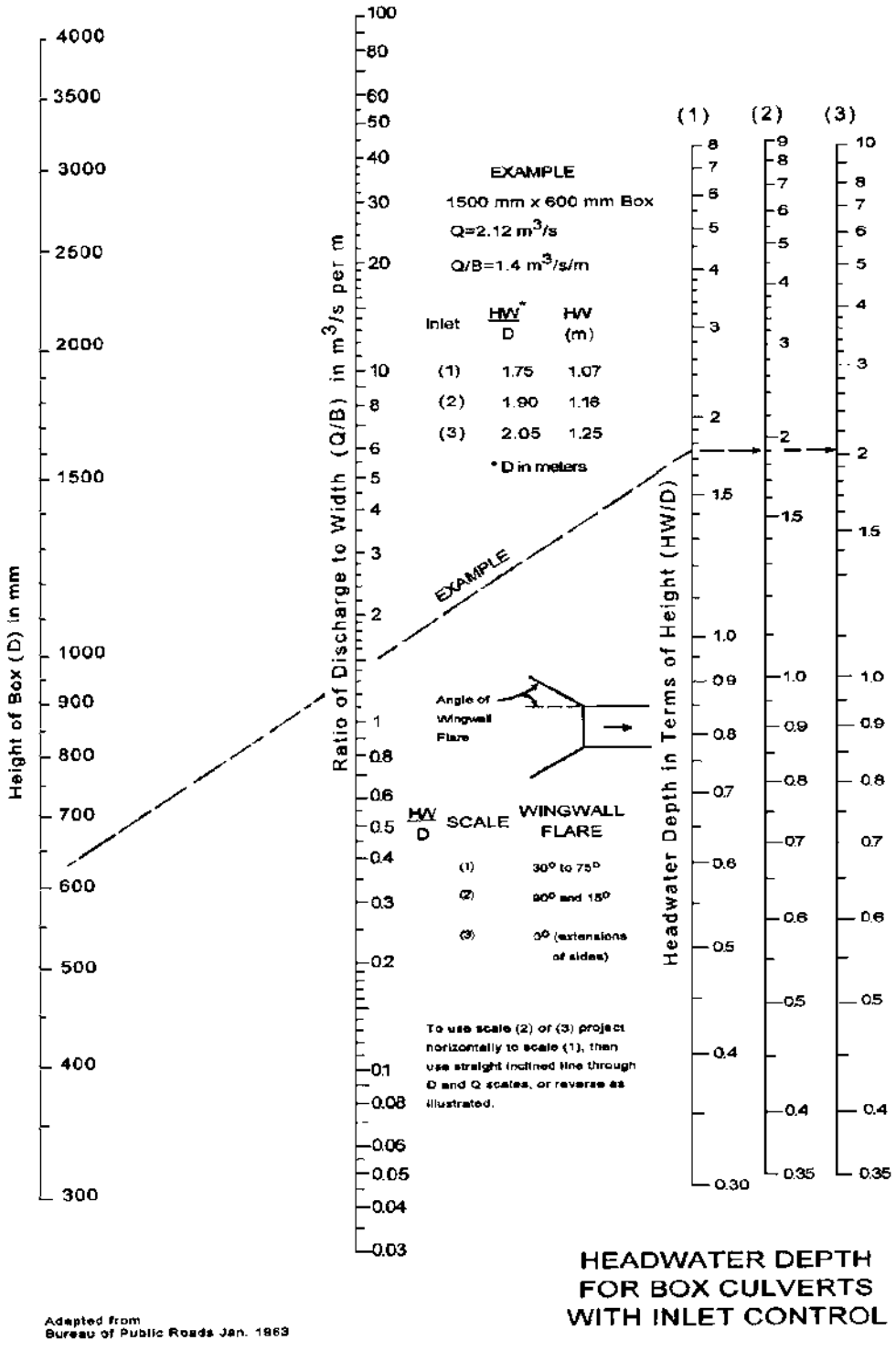
การไหลแบบ Weir Flow นี้ ระดับน้ำทางปากท่อจะไม่สูงท่วมปากท่อ (**รูป 3.1-1b**) และความลาดเอียงของท่อจะเป็นแบบชัน (Steep Slope คือ ความลาดเอียงที่ทำให้การไหลในสภาพ Uniform Flow เป็นแบบ Supercritical Flow ความลาดเอียงนี้จะมีค่ามากกว่าความลาดเอียงวิกฤติ หรือ Critical Slope ซึ่งเป็นความลาดเอียงที่ทำให้เกิดการไหลแบบ Critical Flow) สำหรับการไหลชนิดนี้ สมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำไม่มีรูปแบบแน่นอนเหมือนแบบ Orifice Flow แต่จะขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัดของท่อด้วย

จาก**รูปที่ 4.1-1** จะเห็นได้ว่า การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control ทั้ง 2 แบบ น้ำจะไหลไม่เต็มท่อและระดับน้ำปลายท่อ (Tail water) จะไม่สูงท่วมหลังท่อ ทั้งนี้เกิดจากท่อมีลักษณะความลาดเอียงมาก

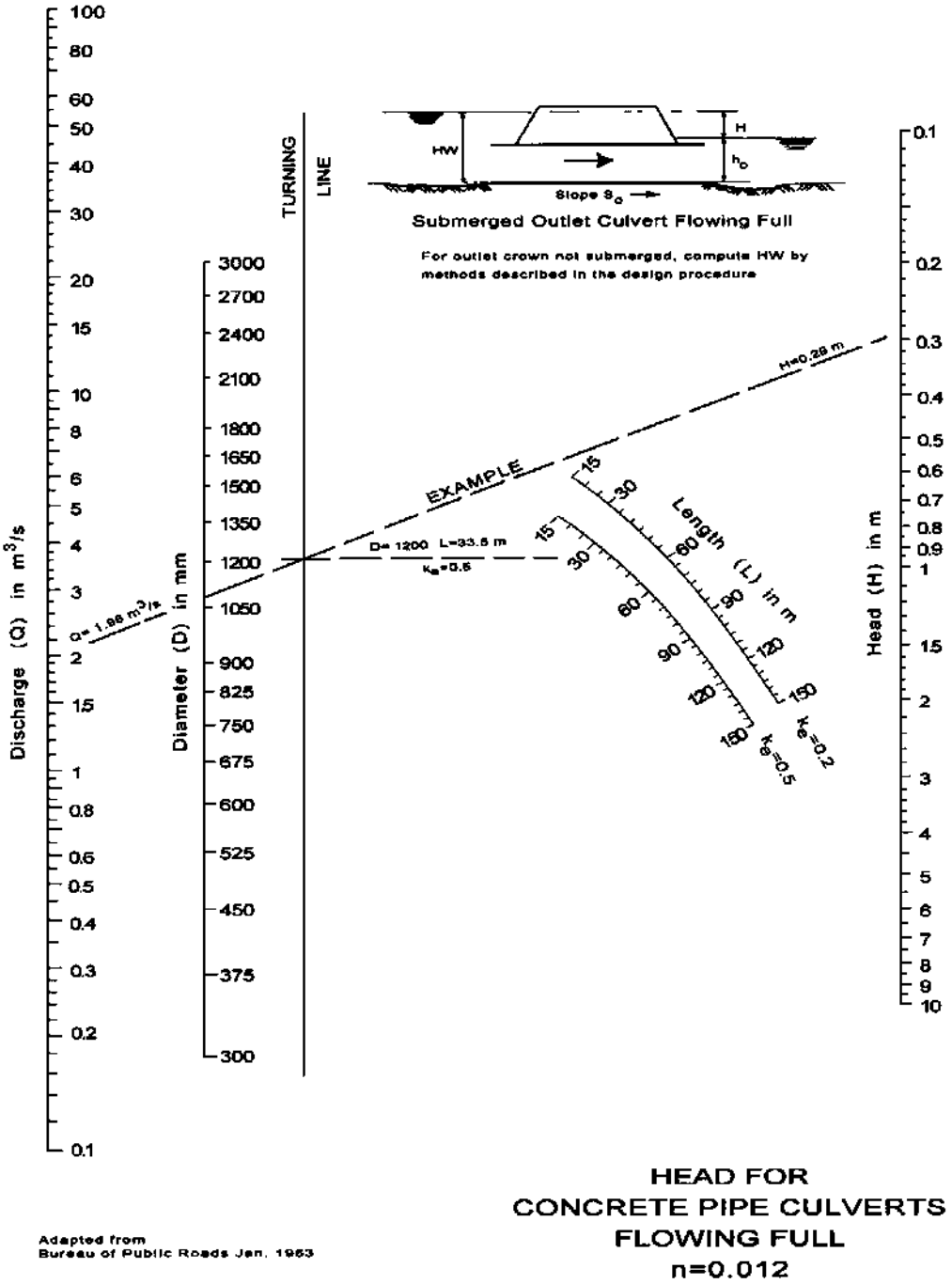
สำหรับตัวอย่างแผนภูมิคำนวณหาความลึกของระดับน้ำด้านปากท่อ (Headwater Depth) ที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับการไหลแบบ Inlet Control ได้แสดงใน**รูปที่ 4.1-2** และ**รูปที่ 4.1-3** สำหรับท่อกลมคอนกรีตและท่อสี่เหลี่ยม ตามลำดับ



รูปที่ 4.1-1 การไหลผ่านท่อลอดแบบ Inlet Control



รูปที่ 4.1-2 ตัวอย่างแผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อกลมกรณีการไหลแบบ Inlet Control



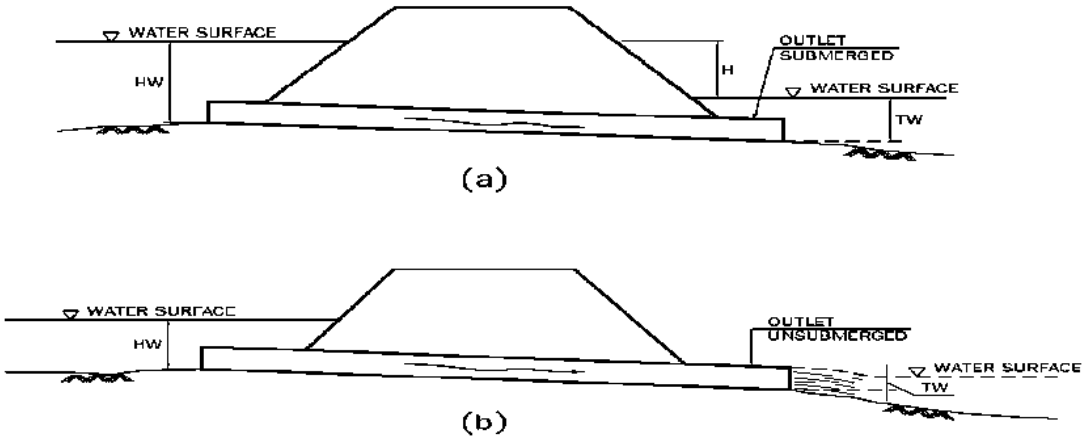
รูปที่ 4.1-3 ตัวอย่างแผนภูมิการคำนวณความลึกการไหลของระดับน้ำปากท่อ สำหรับท่อเหลี่ยมกรณีการไหลแบบ Inlet Control

(2) การไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control

การไหลแบบ Outlet Control จะมีปริมาณการไหลจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายชนิดด้วยกัน เช่น ความลาดเอียงของท่อ ความหยาบผิว ความแตกต่างของระดับน้ำปากท่อกับปลายท่อ และลักษณะขอบปากท่อ เป็นต้น ซึ่งในการไหลแบบ Outlet Control สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

(2.1) การไหลแบบเต็มท่อ (Full Pipe Flow)

การไหลแบบน้ำเต็มท่อ (Full Pipe Flow) การไหลนี้น้ำจะเต็มท่อแรงดันของน้ำภายในท่อจะสูงกว่าความดันบรรยากาศ ที่ปากท่อระดับน้ำจะสูงกว่าขอบบนของท่อ แต่ที่ปลายท่อระดับน้ำอาจจะท่วมหลังท่อ (**รูปที่ 4.1-4a**) หรือไม่ท่วมหลังท่อ (**รูปที่ 4.1-4b**)



รูปที่ 4.1-4 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลเต็มท่อ

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อ โดยมากจะใช้สมการพลังงาน (Energy Equation) โดยถือว่าพลังงานที่สูญเสียไปทั้งหมดจะเท่ากับผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ นั่นคือ

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

โดยที่

H คือ ผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ (เมตร)

K_e คือ สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (ประเมินได้จาก**ตารางที่ 4.1-1**)

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/วินาที^{2})
V	คือ	ความเร็วการไหลของน้ำ (เมตร/วินาที)

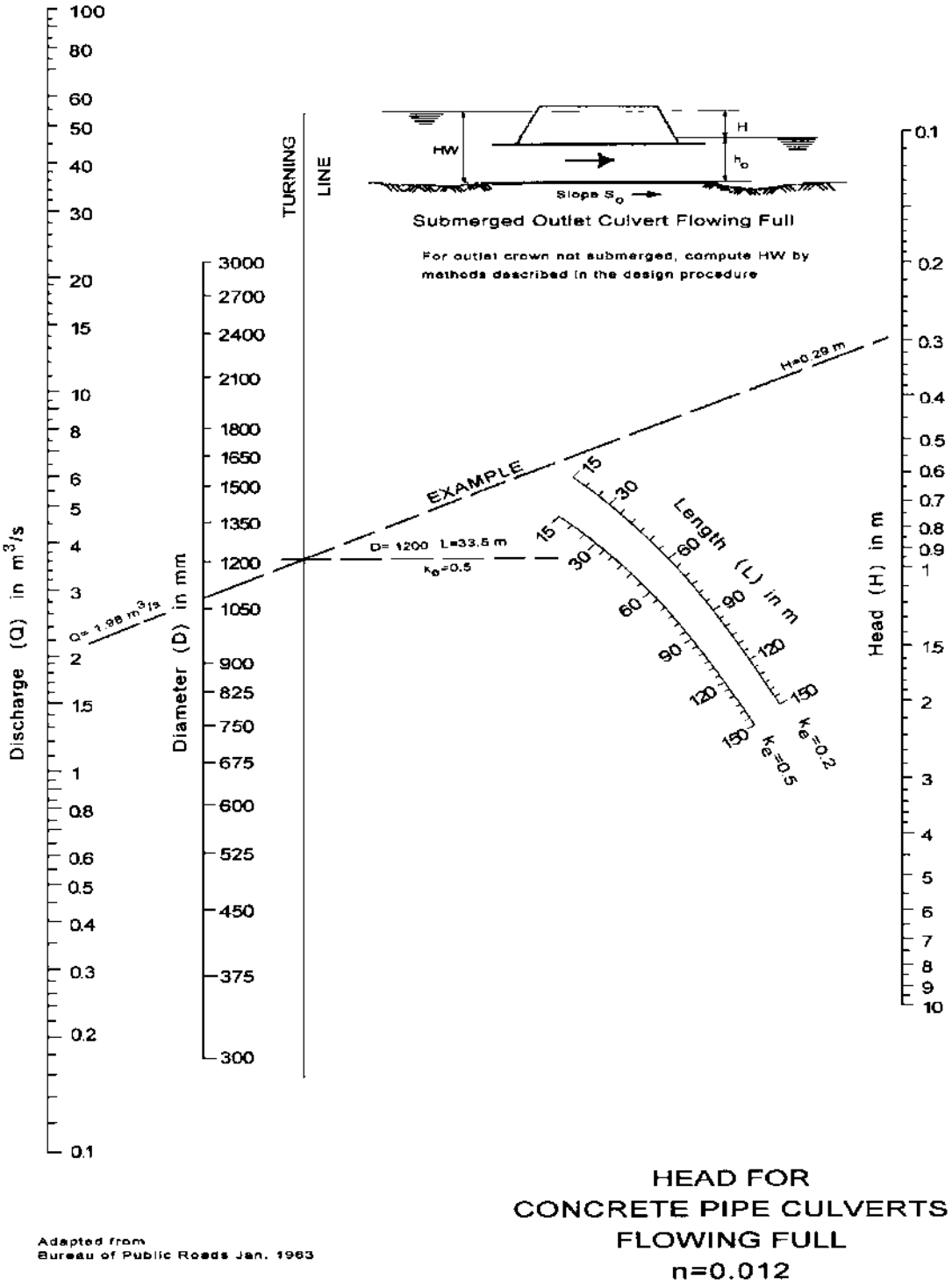
จากสมการข้างต้นสามารถนำมาออกแบบอัตราการไหลผ่านท่อลอดกรณีการแบบน้ำเต็มท่อได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดขนาด ความยาว และความลาดชันของท่อที่จะนำมาใช้
2) คำนวณความเร็วการไหลในท่อ กรณีการไหลแบบเต็มท่อ
3) คำนวณผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ จากสมการข้างต้น
4) ใช้ตัวอย่างแผนภูมิการไหลกรณีแบบเต็มท่อใน**รูปที่ 4.1-5** (ท่อกลม) และ**รูปที่ 4.1-6** (ท่อเหลี่ยม) คำนวณอัตราการไหลผ่านท่อลอด ซึ่งมิธีการดังนี้
    4.1) ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อกับความยาวท่อ ผ่านแนวเส้น turing line
    4.2) ลากเส้นเส้นตรงจากค่าผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ ผ่านจุดตัดบนเส้น turing line ที่ได้จากการลากเส้นตามข้อ 4.1) ไปตัดบนแกน Discharge ด้านซ้ายมือ
    4.3) จุดตัดบนแกน Discharge คืออัตราการไหลผ่านท่อลอด ภายใต้เกณฑ์การออกแบบของขนาด ความยาว และความลาดชันของท่อที่กำหนด

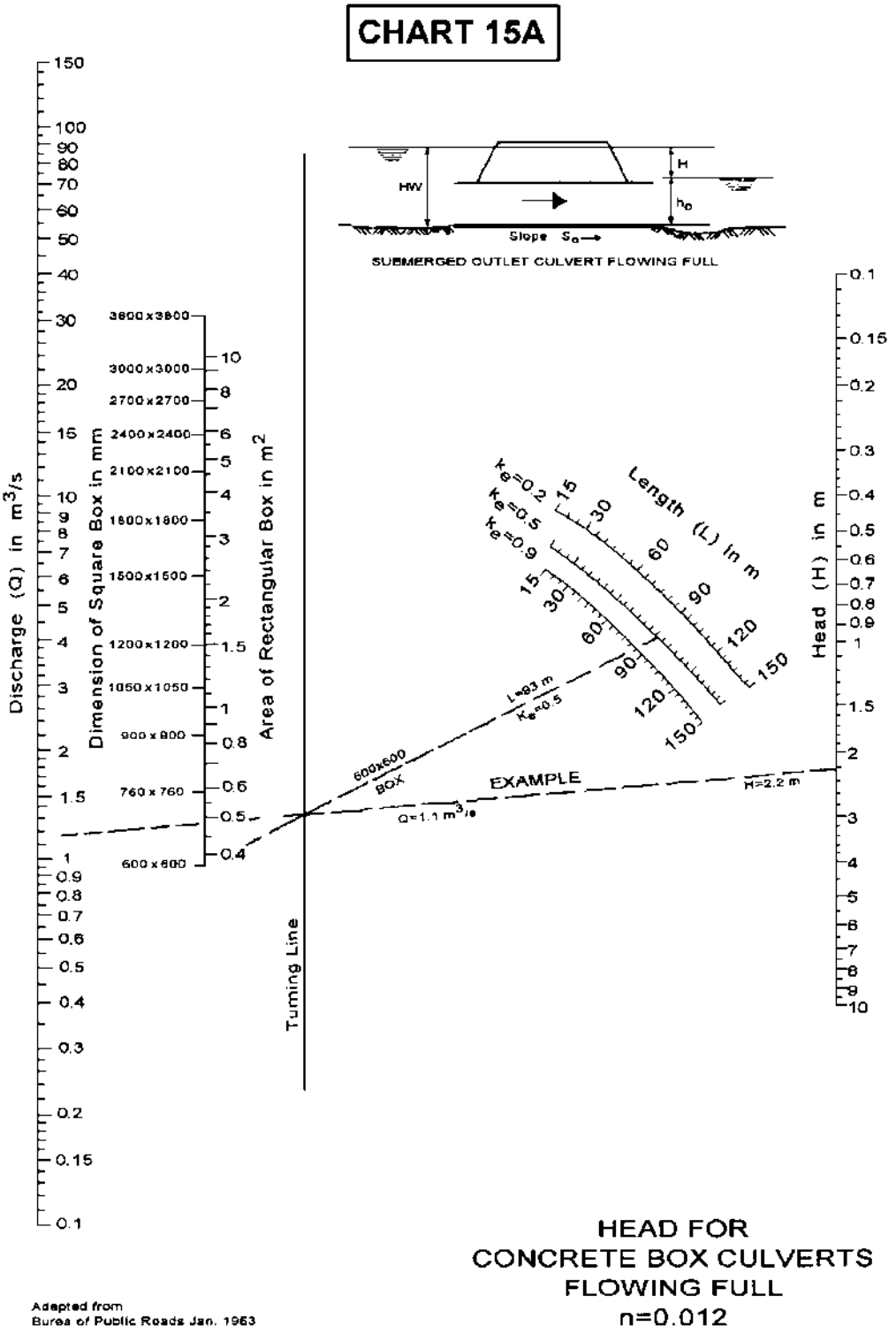
ตารางที่ 4.1-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ (Ke)

ประเภทของโครงสรางและการออกแบบที่ปากท่อ	สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากท่อ Ke
● Pipe, Concrete	
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, 33.7^0 or 45^0 bevels	0.2
Side-or slope-tapered inlet	0.2
● Pipe, or Pipe-Arch Corrugated Metal	
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,33.7^0 or 45^0 bevels	0.2
Side-or slope-tapered inlet	0.2
● Box, Reinforced Concrete	
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 30^0 to 75^0 to barrel	
Square-edged at crown	0.4
Crown edged rounded to radius of D/12 or beveled top edge	0.2
Wingwall at 10^0 to 25^0 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 4.1-5 ตัวอย่างแผนภูมิคำนวณหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อ สำหรับท่อคอนกรีตกลม ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control

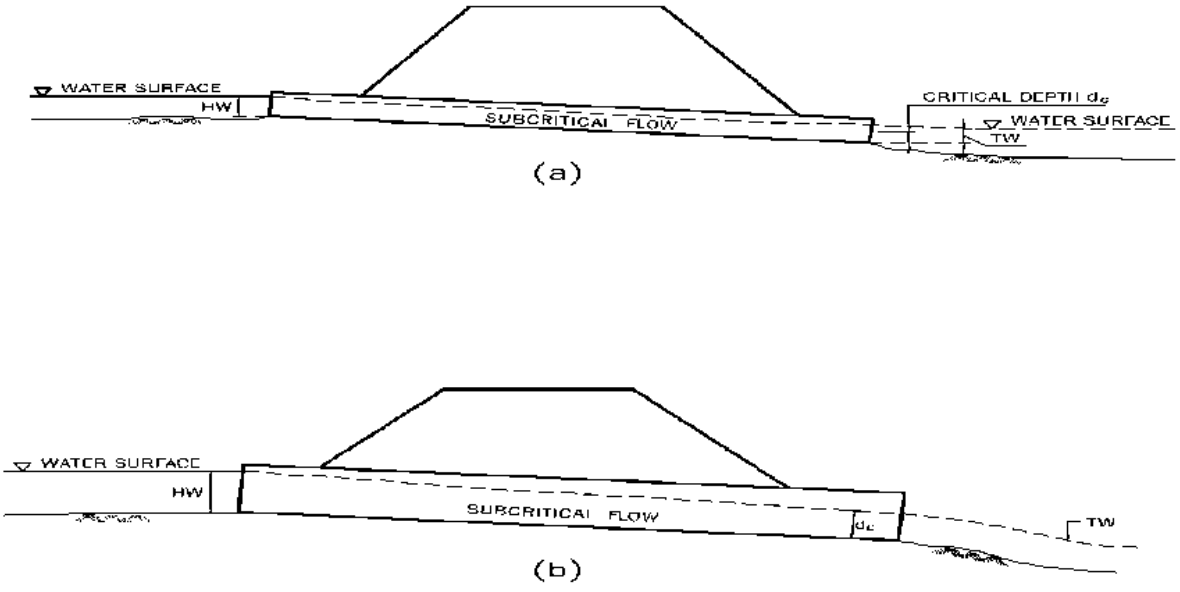


รูปที่ 4.1-6 ตัวอย่างแผนภูมิคำนวณหาผลต่างระหว่างระดับน้ำปากท่อกับระดับน้ำปลายท่อสำหรับท่อเหลี่ยม ลักษณะการไหลแบบ Outlet Control

(2.2) การไหลแบบน้ำไม่เต็มท่อ (Partly Full Flow)

การไหลลักษณะนี้ความลาดเอียงของท่อจะต้องเป็นแบบลาด (Mild Slope คือ ความลาดเอียงแบบลาดจะมีค่าน้อยกว่าความลาดเอียงแบบวิกฤติ (Critical Slope) ซึ่งการไหลบน Mild Slope นี้จะเป็นแบบ Subcritical Flow หรือการไหลที่มี Froude Number น้อยกว่า 1) และปากท่อจะไม่จม (Submerged) ใต้ระดับน้ำ แบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรกระดับท้ายน้ำสูงกว่าระดับความลึกวิกฤติ (Critical Depth) ก่อนถึงปลายท่อ (**รูปที่ 4.1-7a**) การไหลจะเป็นแบบ Subcritical Flow ตลอดความยาวท่อ อีกประเภทหนึ่ง (**รูปที่ 4.1-7b**) ระดับท้ายน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับความลึกวิกฤติ ระดับน้ำจะโค้งต่ำลงตรงปลายท่อและจะมีหน้าตัดหนึ่ง ซึ่งความลึกของน้ำเท่าความลึกวิกฤติพอดี

การคำนวณหาปริมาณน้ำในกรณีเป็น Outlet Control และน้ำไหลไม่เต็มท่อนี้เป็นเรื่องยุ่งยากมากดังนั้นในการออกแบบจึงมักจะหลีกเลี่ยงการไหลประเภทนี้เสมอ



รูปที่ 4.1-7 ลักษณะการไหลผ่านท่อลอดแบบ Outlet Control น้ำไหลไม่เต็มท่อ

(3) การออกแบบป้องกันการกัดเซาะ

(3.1) ความเร็วภายในท่อ

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

(3.2) ความเร็วภายในท่อ

ความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อ ไม่ควรจะให้สูงจนทำให้เกิดการกัดเซาะพื้นขึ้นได้ เว้นเสียแต่จะมีการทำโครงสร้างเพื่อใช้ป้องกันการกัดเซาะ ความเร็วที่ทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่พื้น **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.หรือปลูกหญ้า 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

ค. สำหรับทางน้ำที่มีการป้องกันโดยการปูหินทิ้งระยะทางอย่างน้อย 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

(3.3) ความลาดเอียงของท่อ

ความลาดเอียงของท่อลอดควรออกแบบให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับความลาดเอียงของพื้นลำธาร ความลาดเอียงที่น้อยที่สุดจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.5% (1 on 200) ถึง 0.33%(1 on 300) ถ้าเป็นไปได้ควรวางท่อให้เอียงประมาณ 1% หรือมากกว่า เพื่อที่การไหลจะได้อยู่ในลักษณะของ

ในกรณีการไหลแบบ Inlet Control ความลาดเอียงสูงสุดที่ยอมให้ไม่ควรเกิน 15% เนื่องจากจะทำให้ความเร็วของน้ำในท่อสูง (ดัง**ตารางที่ 4.1-2** และ **ตารางที่ 4.1-3**) จนทำให้ท่อเกิดการสึกกร่อนได้

ตารางที่ 4.1-2 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 4.1-3 ความเร็วการไหลในลำน้ำโดยประเมาณ

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) สรุปขั้นตอนการออกแบบ

1) ระดับน้ำต้นน้ำที่ยอมรับได้ (Allowable headwater)

ระดับน้ำต้นที่ยอมรับได้นั้นคำนวณจากการประเมินการใช้ที่ดินที่ต้นน้ำของท่อลอดหรือระดับถนนที่มีอยู่ โดยทั่วไปแล้ว ข้อจำกัดของระดับน้ำที่ยอมรับได้ต่ำสุดควรกำหนดจากการคำนวณทางชลศาสตร์

2) การคำนวณอัตราการไหลประเภท Inlet control

การคำนวณการไหลประเภท Inlet Control สามารถใช้โนโมกราฟของการควบคุมน้ำเข้า ที่จัดทำไว้โดย FHWA HDS-5 ซึ่งเป็นถูกพัฒนาเพื่อแก้สมการการคำนวณระดับน้ำสำหรับวัสดุต่างๆ ของท่อลอด ขนาดตัดขวาง ส่วนระดับความสูงน้ำที่จุดน้ำเข้า (headwater elevation) จะถูกคำนวณโดยระดับน้ำที่ทางเข้าบวกด้วยความลึกของต้นน้ำ

3) การคำนวณอัตราการไหลประเภท Outlet control

การคำนวณการไหลประเภท Outlet Control สามารถใช้โนโมกราฟของการควบคุมน้ำออก ที่จัดทำไว้โดย FHWA HDS-5 ได้เช่นกัน ซึ่งจะใช้ในการแก้สมการ headloss สำหรับวัสดุต่างๆ ของท่อลอด ขนาดตัดขวาง

4) การกำหนดระดับด้านท้ายน้ำ (tailwater)

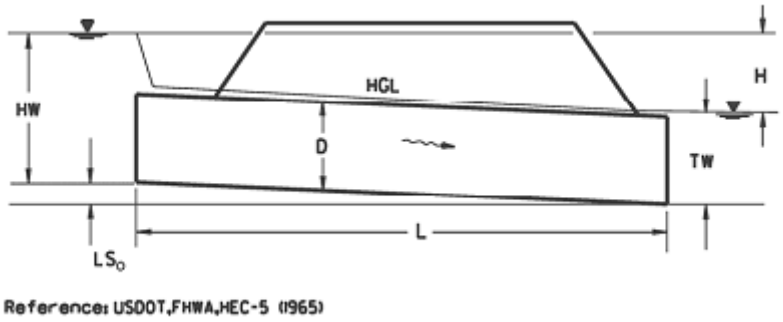
ระดับด้านท้ายน้ำ คือ ความลึกของน้ำวัดจากระดับต่ำสุดของท่อลอดที่จุดปล่อยน้ำสู่บริเวณน้ำผิวดินที่ปลายน้ำ ซึ่งถูกเรียกว่า ระดับท้ายน้ำ โดยการวางท่อลอดด้วยทางวิธีชลศาสตร์ที่ จุดท้ายน้ำควรคำนวณจากความลึกท้ายน้ำสำหรับปริมาณน้ำที่ระบายและความถี่ท้ายน้ำซึ่งมีแนวทางในการคำนวณดังนี้

- ถ้าจุดปล่อยน้ำของท่อลอดจากต้นน้ำถูกติดตั้งใกล้กับจุดน้ำเข้าของท่อลอดที่ปลายน้ำ ระดับน้ำของท่อลอดที่ปลายน้ำ อาจจะกำหนดให้เป็นความลึกของท้ายน้ำสำหรับท่อลอดที่ต้นน้ำ
- สำหรับท่อลอดที่มีการระบายน้ำสู่คลองเปิด ระดับท้ายน้ำอาจเท่ากับความลึกปกติของกระแสน้ำในคลอง ความลึกปกติอาจคำนวณโดยใช้วิธี ลองผิด ลองถูกใน Manning equation ข้อมูลที่ต้องทราบคือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของร่องน้ำ ความลาดชัน
- ถ้าท่อลอดระบายน้ำสู่ทะเลสาบ บ่อน้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ ระดับน้ำสูงที่คาดการณ์ไว้ของแหล่งน้ำอาจสร้างท่อลอดท้ายน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการออกแบบพื้นที่รับน้ำมักจะใช้ค่าเฉลี่ยรายปี
- ถ้ามีการเกิดน้ำขึ้น น้ำลงขึ้นที่จุดปล่อยน้ำนั้น ความสูงระดับน้ำเฉลี่ยปกติจะเป็นเงื่อนไขของท้ายน้ำ

5) การออกแบบท้ายน้ำ

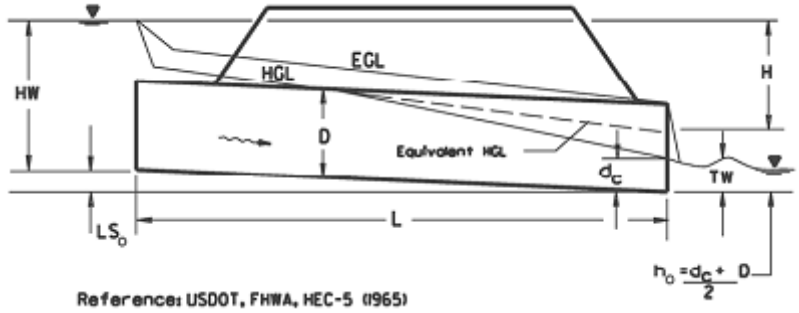
การออกแบบท้ายน้ำอาจจะเป็นความสัมพันธ์ของปลายน้ำหรือจุดปล่อยน้ำ ซึ่งเงื่อนไขของการออกแบบท้ายน้ำ มีอยู่ 2 เงื่อนไข ดังนี้

- สำหรับจุดปล่อยน้ำที่จม (submerged outlet) ค่าท้ายน้ำจะมีค่ามากกว่าค่า h_0 ดังนั้น ค่าท้ายน้ำจะกลายเป็นค่าการออกแบบ ซึ่งแสดงใน**รูปที่ 4.1-8**



รูปที่ 4.1-8 ลักษณะท้ายน้ำสำหรับจุดปล่อยน้ำที่จม

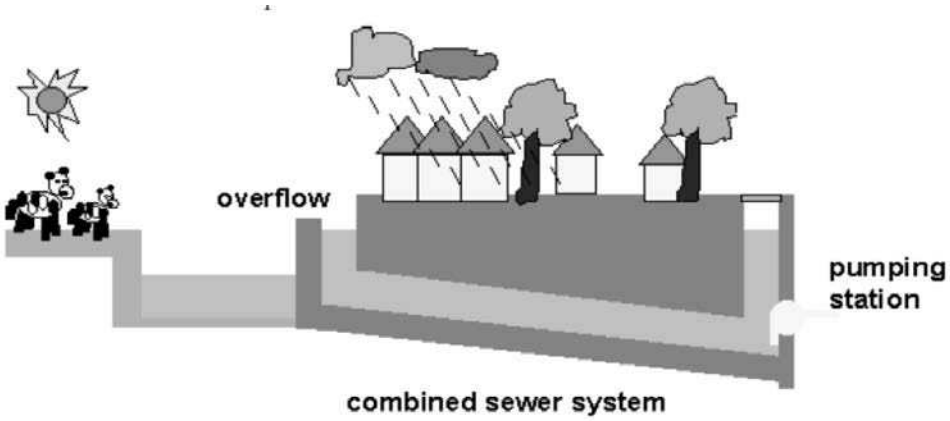
- สำหรับจุดปล่อยน้ำที่ไม่จม (unsubmerged outlet) ค่าท้ายน้ำจะมีค่าน้อยกว่าค่า h_0 ดังนั้น ค่า h_0 จะเป็นค่าการออกแบบท้ายน้ำ ซึ่งแสดงใน**รูปที่ 4.1-9**



รูปที่ 4.1-9 ลักษณะท้ายน้ำสำหรับจุดปล่อยน้ำที่ไม่จม

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

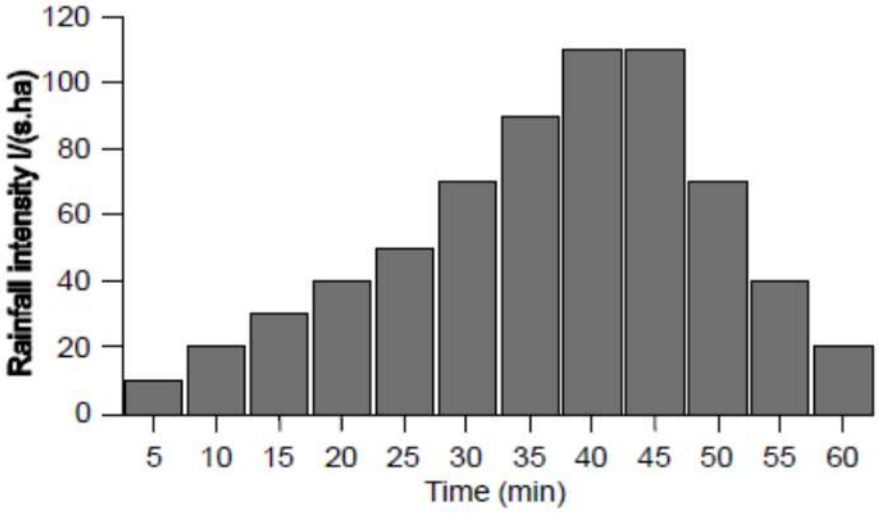
บทความ Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ซึ่งเขียนโดย Ir Harry. และ Van Luijtelaar ใน ปี ค.ศ 2014 ได้อธิบายถึงแนวคิดในการวิเคราะห์แนวทางการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่ราบ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยเนื้อหาในบทความนี้ได้อ้างว่า มาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำ ของสหภาพยุโรป หรือ European Standard ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลและระบบระบายน้ำภายในประเทศ เนื่องจากกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ภายในประเทศ เป็นพื้นที่ราบ และอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล ดังนั้นระบบระบายน้ำที่ใช้จึงเป็นลักษณะรูปแบบของพื้นที่ปิดล้อม หรือ ระบบ Polder System ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-10** ซึ่งประกอบด้วยคันกั้นน้ำและสถานีสูบน้ำ ที่จะระบายน้ำน้ำฝนที่ตกออกจากพื้นที่



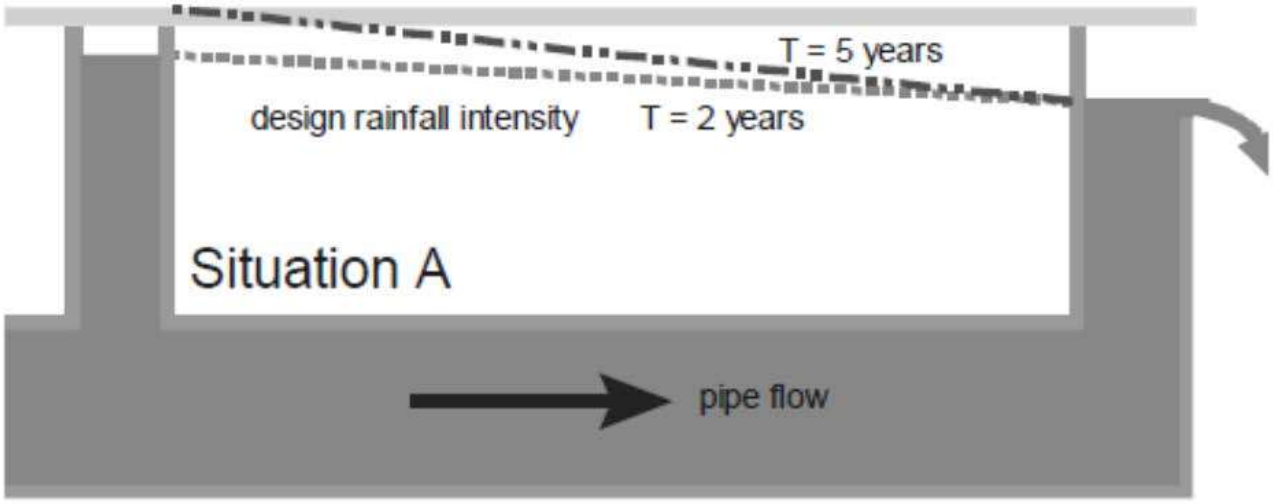
รูปที่ 4.1-10 ลักษณะระบบระบายน้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์

เนื่องจากระบบระบายน้ำเป็นระบบปิด ดังนั้นเงื่อนไขในการป้องกันน้ำท่วมจึงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลในเส้นท่อ และความสามารถสามารถในการเก็บกักน้ำ (Storage Capacity) ของระบบระบายน้ำในพื้นที่ โดยแนวทางการออกแบบเดิมที่ใช้มาก่อนหน้านี้

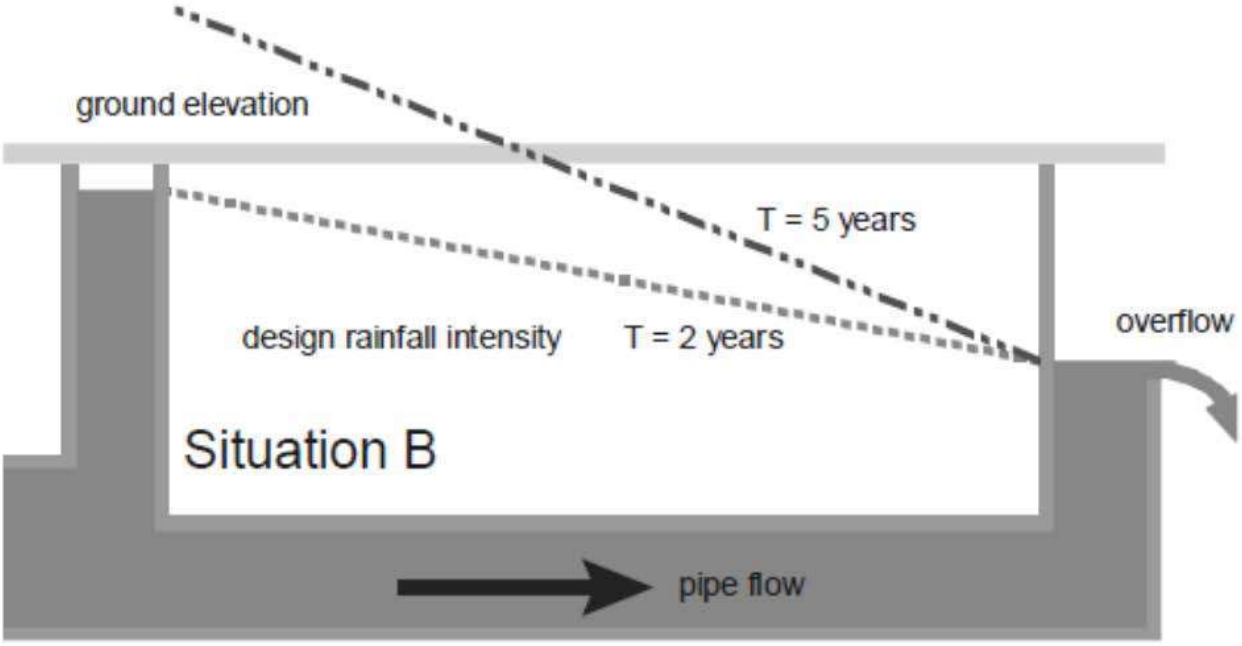
ในการออกแบบระบบระบายน้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์ จะกำหนดเงื่อนไขการออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-11** โดยใช้เงื่อนไขของระดับน้ำสูงสุดในบ่อพักน้ำในการพิจารณาขนาดของระบบระบายน้ำเท่านั้น โดยมิได้คำนึงถึงระดับน้ำที่ล้นออกมาบนผิวถนน (Surcharge) ดังนั้นหากท่อระบายน้ำมีขนาดใหญ่พอ ก็จะสามารถรอวรับปริมาณการไหลที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 และ 5 ปีได้ โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-12** อย่างไรก็ตามถ้าหากท่อระบายน้ำมีขนาดเล็ก ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-13** เกณฑ์การออกแบบเดิมจะไม่สามารถรองรับและทราบปริมาณน้ำท่วมที่เกิดขึ้นได้ เพราะไม่ทราบถึงเส้นลาดชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic Gradient) ที่เกินระดับผิวถนนขึ้นมา



รูปที่ 4.1-11 กราฟปริมาณน้ำฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ของประเทศเนเธอร์แลนด์



รูปที่ 4.1-12 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำสามารถรองรับได้เพียงพอ

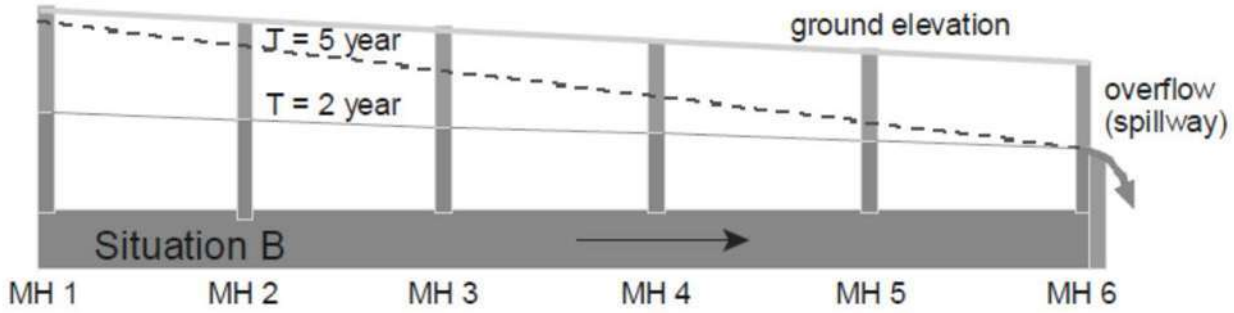


รูปที่ 4.1-12 การจำลองเส้นลาดชันทางชลศาสตร์สำหรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี กรณีที่ระบบท่อระบายน้ำไม่สามารถรองรับได้

จากข้อจำกัดการออกแบบระบบระบายน้ำที่เกิดขึ้นดังกล่าว ผู้เขียนบทความฉบับนี้จึงได้เสนอแนะแนวเงื่อนไขการออกแบบระบบระบายน้ำใหม่ โดยนำความจุของการกักเก็บในท่อและระดับน้ำสูงสุดในบ่อพักที่ยอมให้มาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ และหลังจากทดลองคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้เสนอแนะให้มีการตรวจสอบความลาดชันทางชลศาสตร์ของปริมาณฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำรอบปี โดยกำหนดให้

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

จากนั้นเมื่อนำแนวทางนี้ไปทำการวิเคราะห์กับเงื่อนไขการออกแบบเดิม พบว่า ระบบระบายน้ำสามารถรองรับปริมาณของฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปีได้ โดยที่เส้นลาดชันทางชลศาสตร์ ไม่เกินค่าระดับผิวถนน ดังแสดงใน **รูปที่ 4.1-13**



รูปที่ 4.1-13 ผลการวิเคราะห์การไหลในระบบระบายน้ำกรณีนำแนวคิดที่การปรับปรุงเกณฑ์การออกแบบมาประยุกต์ใช้

จากผลการศึกษาในครั้งนี้จึงได้เสนอแนะว่า หากการออกแบบระบายน้ำภายในประเทศเนเธอร์แลนด์ต้องการใช้เงื่อนไขเดิมในการออกแบบ คือ ใช้ปริมาณฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ควรที่จะนำค่าแฟคเตอร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.0 มาคูณกับปริมาณฝนสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ จากนั้นจึงนำผลคูณที่ได้มาใช้ในการออกแบบ ระบบระบายน้ำ เพราะสามารถที่จะลดปัญหาปริมาณฝนที่จะเกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ได้อีกด้วย

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

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำท่วมที่มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะผลกระทบที่เกิดขึ้นกับถนนและเส้นทางคมนาคมต่างๆ ในประเทศเดนมาร์ก โดยปัจจัยทางด้านภูมิอากาศที่ส่งผลต่อถนนตามรายงานของ IPCC ในปี ค.ศ. 2007 สามารถสรุปได้ดังนี้

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

ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะวิเคราะห์ถนนที่มีความเสี่ยงต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่อาจจะเกิดขึ้น โดยนำเทคนิคการคัดแยก (screening) มาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งในการวิเคราะห์จะแบ่งการ screening ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

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

ซึ่งการคัดแยกแต่ละระดับมีแนวทางในการกำหนดและวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมดังนี้

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

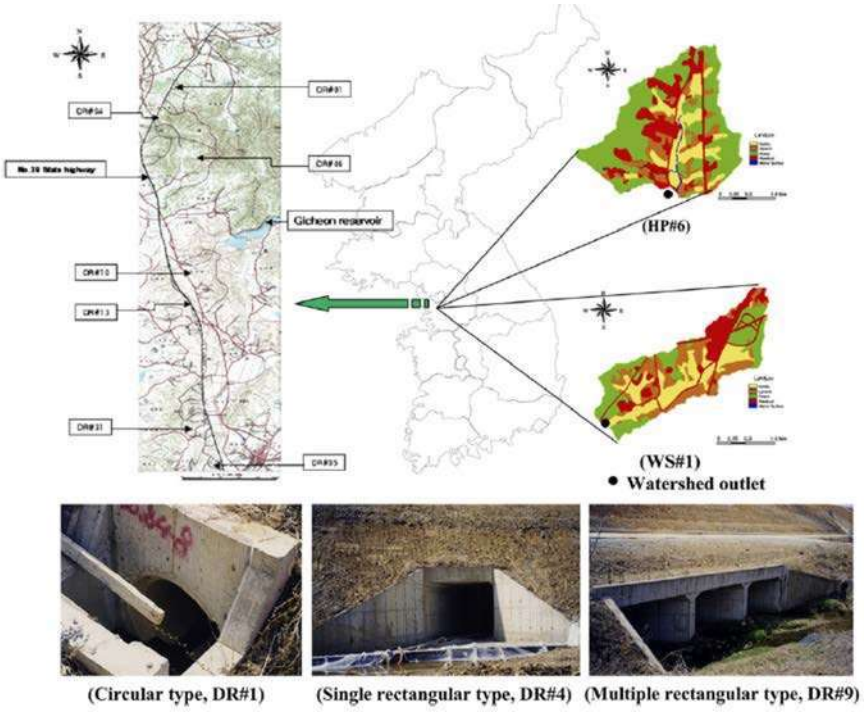
ในการประยุกต์ใช้เทคนิคการคัดแยกทั้ง 3 ระดับ ได้มีประมวลผลข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยมีการนำโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS มาประยุกต์ใช้ โดยผลที่ได้จาการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

การประเมินพื้นที่ความเสี่ยง โดยใช้หลักเกณฑ์ในระดับที่ 1 เป็นการนำข้อมูลลักษณะภูมิประเทศซึ่งเป็นข้อมูลดิบหรือ raw data มากำหนดตำแหน่งพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่น้ำท่วมขัง (นิยามของตำแหน่งน้ำท่วมขังในที่นี้ คือ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำขังได้มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่การประเมินในระดับที่ 2 จะนำความถี่ในการเกิดน้ำท่วมเข้ามาพิจารณา ซึ่งจะส่งผลให้สามารถตัดพื้นที่บางส่วนจากการคัดแยกในระดับขั้นที่ 1 ที่มีความเสี่ยงน้อยออกไปได้ อย่างไรก็ตาม การคัดแยกในระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 จะไม่ทราบถึงทิศทางการไหลหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำท่วม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การประเมินในระดับที่ 3 คือ นำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ทราบถึงระดับความสูงและระยะเวลาการท่วมขังของน้ำในพื้นที่ ทำให้การประเมินความเสี่ยงของท่วมถนน สามารถทำได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การคัดแยกความเสี่ยงของพื้นที่จะสามารถทำได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูล ลักษณะทางภูมิประเทศในรูปแบบของข้อมูล Digital Terrain Model (TDM ที่นำมาใช้) ซึ่งหากข้อมูลมีความละเอียดมากย่อมส่งผลให้ความถูกต้องในการคัดแยกพื้นที่สูงขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูล TDM ที่มีความละเอียดสูง จำเป็นที่จะต้องเสียค่าใช้งานมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับนโยบายหรือวิสัยทัศน์ ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ว่าจะมองเห็นความสำคัญของการศึกษาและพร้อมที่จะลงทุนในการจัดทำหรือจัดหาข้อมูล TDM ความละเอียดสูงหรือไม่

4.1.4. Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้

การศึกษาในงานวิจัย มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะเปรียบเทียบผลการออกแบบท่อลอด ผ่านถนน ระหว่างวิธี Rational Method และการใช้ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) ในการวิเคราะห์ โดยในการศึกษาได้คัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำ Baran และ Banweo ในประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งมีอาคารท่อลอดจำนวน 35 แห่ง ที่ตั้งอยู่บนทางหลวงหมายเลข 39 เป็นพื้นที่ศึกษานำร่อง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-14**

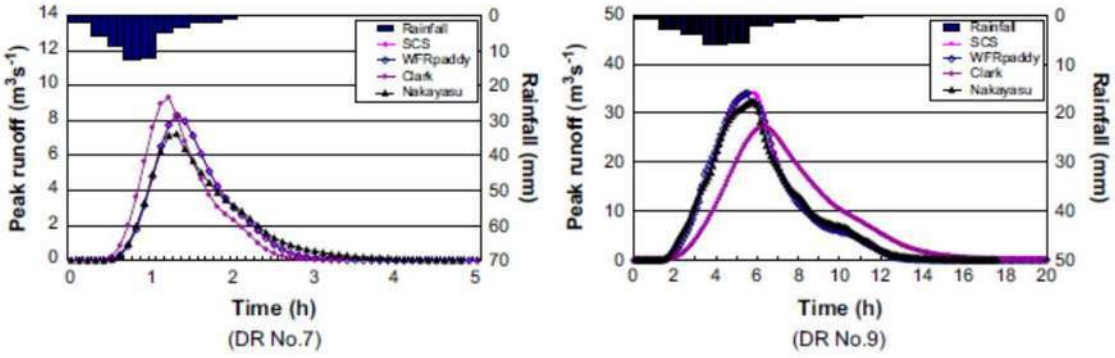


รูปที่ 4.1-14 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย

สำหรับ ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) หมายถึง ช่วงเวลาการเกิดฝนตกที่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของการเกิดอัตราการไหลสูงสุด โดยการประเมินช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝนนั้น จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ฝนใช้การ (Effective Rainfall) และรูปแบบการกระจายตัวของพายุฝน โดยสามารถประเมินได้จากวิธีต่างๆ ดังนี้

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

จากนั้นจะนำช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝนที่ประเมินได้ในแต่ละวิธี (ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงอัตราการไหลสูงสุดในกราฟน้ำท่า ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-15**) มาหาความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ 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 4.1-15 ตัวอย่างของกราฟน้ำท่าที่ประเมินได้ด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน

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

ผลจากการวิเคราะห์อัตราการไหลออกแบบและขนาดของอาคารระบายน้ำ เปรียบเทียบระหว่างวิธี Rational Method และวิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (ที่ประเมินจากแบบจำลองต่างๆ) ในกรณีของการออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี สามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 4.1-16** ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิธี Rational Method ให้ผลการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่ต่ำกว่า ทำให้อาคารท่อลอดมีขนาดเล็ก ในขณะที่วิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน ที่ประเมินจากแบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าวิธีต่างๆ จะให้ค่าการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่สูงกว่า ส่งผลให้อาคารท่อลอดมีขนาดใหญ่กว่าเช่นกัน

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

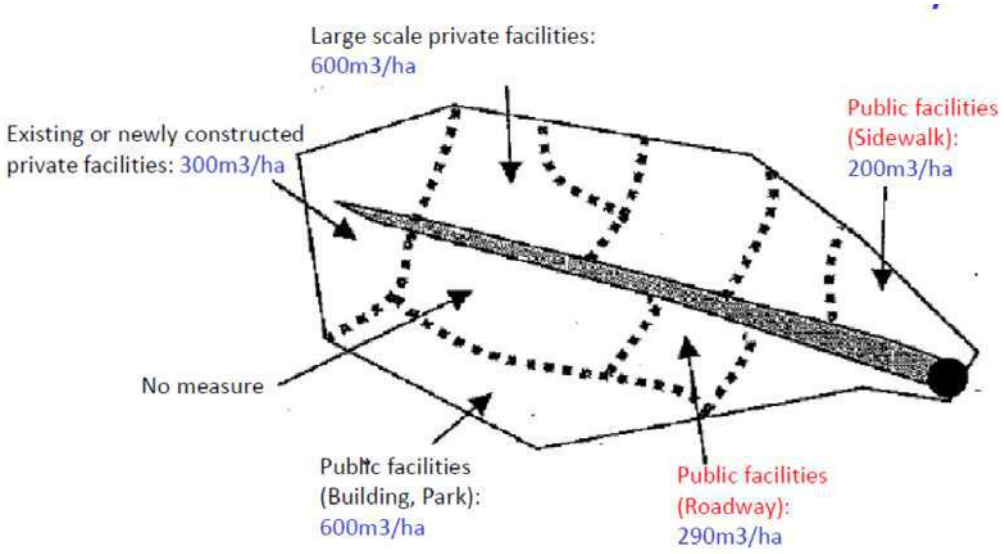
a Number of culverts with a given width (m) × height (m).

รูปที่ 4.1-16 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบท่อลอดระหว่างวิธี Rational Method และวิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน

4.1.5. Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น

บทความฉบับนี้เขียนขึ้น โดย Mr. Masashiro Imbe จากหน่วยงาน Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology (ARSIT) เพื่อนำเสนอในกาประชุมเชิงปฏิบัติการนานาชาติภายใต้หัวข้อ 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

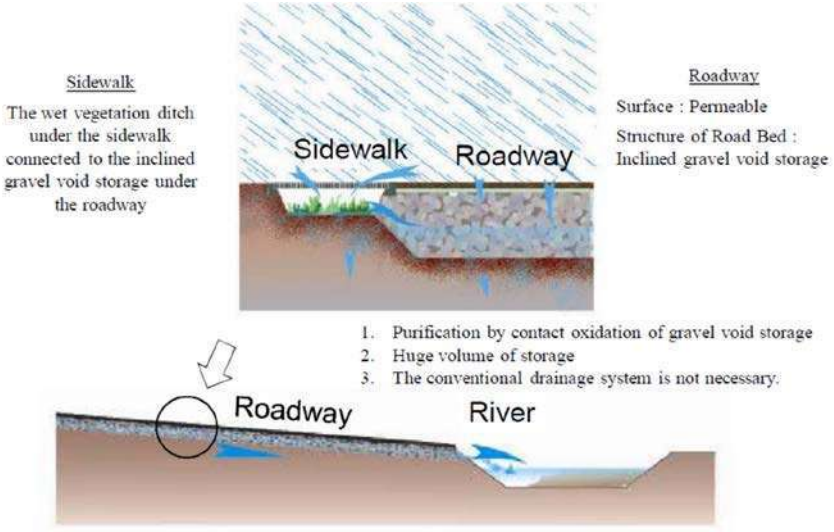
เนื่องจากประเทศญี่ปุ่น เป็นประเทศในกลุ่มนำด้านการผลิตของภูมิภาคเอเชียและของโลก ทำให้มีการขยายตัวของพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในพื้นที่ของกรุงโตเกียว พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยส่วนใหญ่ เป็นเขตพื้นที่พาณิชกรรม และที่อยู่อาศัย ซึ่งถือว่า เป็นพื้นที่ทึบน้ำ (Imprevious Area) ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตก น้ำจะไม่สามารถไหลซึมลงสู่ดินได้ ทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าสูง หรืออาจกล่าวได้ว่า สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่มีค่าสูงนั่นเอง ดังนั้นแนวคิดในการจัดการน้ำท่วม ของเมืองขนาดใหญ่ในญี่ปุ่น คือ ต้องมีการจัดหาพื้นที่เก็บกัก (Storage) เพื่อหน่วงน้ำ หรือลดปริมาณของน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น โดยพื้นที่เก็บกักดังกล่าว จะกำหนดให้อยู่ในชั้นใต้ดินของสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-17**



รูปที่ 4.1-17 กรอบแนวคิดในการจัดการน้ำท่วม โดยใช้การเก็บกักน้ำใต้ผิวดินของกรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

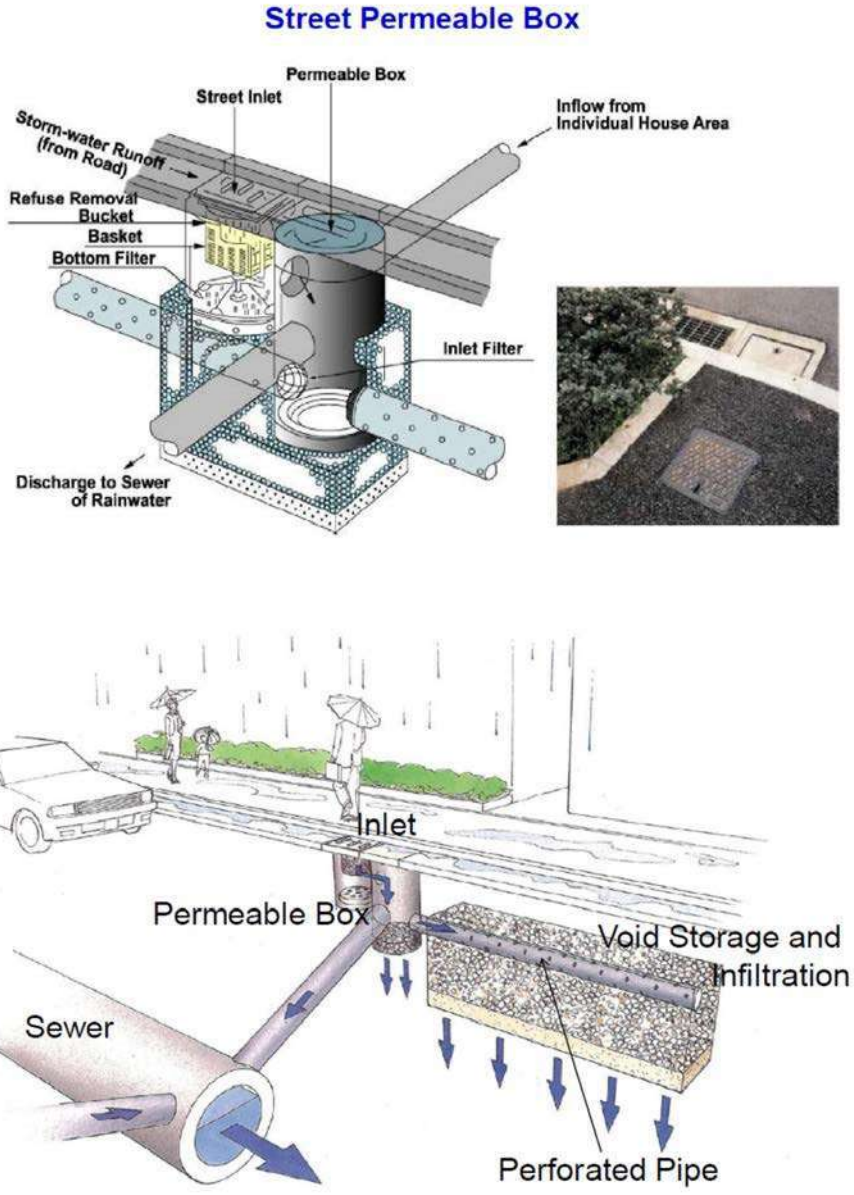
ใน**รูปที่ 4.1-17** เป็นแผนการจัดการน้ำท่วมของ Tokyo Metopolitian Goverment ที่มีการกำหนดความจุเก็บกักที่ต้องการในชั้นใต้ดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่เป็นถนน จะต้องมีความสามารถในการเก็บกักน้ำฝนได้อย่างน้อย 290 ลูกบาศก์เมตรต่อแฮคแตร์ หรือในกรณีที่เป็นพื้นที่อาคารสาธารณะหรือที่จอดรถ ต้องมีความสามารถในการเก็บกักน้ำฝน อย่างน้อย 600 ลูกบาศก์เมตรต่อแฮคแตร์ เป็นต้น

สำหรับในส่วนของพื้นที่ที่เป็นถนน ซึ่งต้องการให้มีความสามารถในการเก็บกักและการระบายน้ำนั้น จะนำหลักการ “Road of River” ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-18** มาใช้ โดยจะเห็นได้ว่า ในส่วนของพื้นที่ทางน้ำ จะใช้วัสดุที่มีความพรุนหรือน้ำซึมผ่านได้ปูผิวทาง จากนั้นน้ำที่ซึมผ่านจะไหลไปยังพื้นที่ใต้ผิวถนน ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็นหินหรือทรายหยาบซึ่งมีความพรุนและน้ำซึมผ่านได้เช่นกัน ซึ่งน้ำที่ไหลมารวมกันใต้ผิวถนนก็จะสามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำได้



รูปที่ 4.1-18 หลักการก่อสร้างถนนตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น

นอกนี้ในส่วนของระบบระบายน้ำ ก็ได้มีการออกแบบให้ปริมาณน้ำฝน ที่ไหลในท่อสามารถระบายซึมลงดินได้ โดยการใช้ท่อระบายน้ำประเภทพิเศษที่มีการเจาะรู เพื่อให้น้ำซึมผ่าน ระบายลงสู่ชั้นดินภายนอก ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดปริมาตรน้ำที่ไหลในเส้นท่อ และป้องกันการเกิดน้ำท่วมจากกรณีน้ำไหลล้นเต็มท่อได้ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-19** อย่างไรก็ตาม ระบบระบายน้ำที่ออกแบบตามแนวความคิดนี้จะต้องควบคู่ไปกับระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย กล่าวคือ ในช่วงที่ไม่มีฝนตก น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ระบายลงสู่เส้นท่อ จะต้องถูกรวบรวมโดยท่อรวบรวมน้ำเสีย แต่ถ้าหากมีฝนตกซึ่งน้ำเสียถูกเจือจางแล้ว จะอนุญาตให้มีการระบายหรือซึมผ่านท่อระบายน้ำที่มีการเจาะรูไว้ได้



รูปที่ 4.1-19 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำตามแนวคิด Road of River ในประเทศญี่ปุ่น

4.1.6. Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์

Code of Practice on Suface Drainage เป็นคู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมซึ่งจัดทำขึ้นโดย หน่วยงาน Public Utilities Board (PUB) ประเทศสิงคโปร์ โดยเนื้อหาในคู่มือฉบับนี้ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 การวางแผนป้องกันน้ำท่วม 0860056500
- ส่วนที่ 2 การออกแบบระบบระบายน้ำ
- ส่วนที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

ทั้งนี้เนื้อหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบระบายน้ำของถนน สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การวางแผนการก่อสร้างถนน

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

(2) หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบระบายน้ำ

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

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

- รอบปีการเกิดซ้ำที่นำมาใช้คำนวณอัตราการไหลสูงสุด จาก โค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิด (IDF Curve) จะขึ้นอยู่กับ ขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคาระบายน้ำแต่ละแห่งดังนี้

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 Maning มาใช้ในการออกแบบ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่จะนำมาแทนในสมการดังกล่าว กำหนดไว้ดังนี้

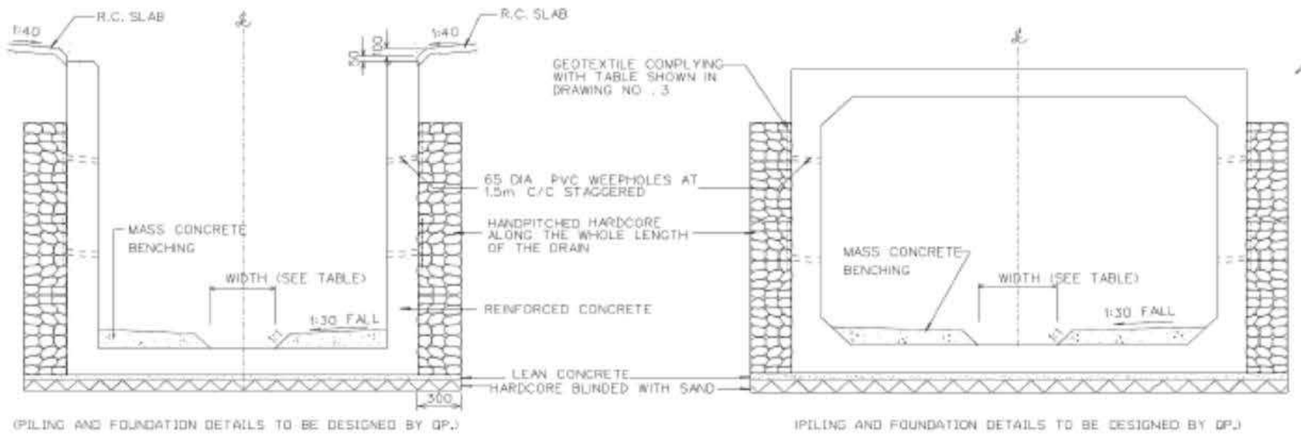
วัสดุหรือลักษณะทางกายภาพทางน้ำ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning
ท่อ PVC	0.0125
ทางระบายน้ำคอนกรีต หรือท่อคอนกรีต	0.0150
อิฐหรืออิฐบล็อก	0.0170
พื้นดินธรรมชาติ	0.0270
พื้นที่ดินธรรมชาติที่มีหินและวัชพืช	0.0350
พื้นที่ที่เป็นกรดทราย	0.0300

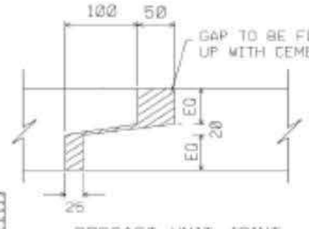
- ความเร็วการไหลต่ำสุดในท่อระบายน้ำจะต้องไม่น้อยกว่า 1 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วการไหลสูงสุด จะต้องไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที
- จะต้องมีการเผื่อระยะ Free Borad ของระดับน้ำสูงสุดในระบบระบายหรือบ่อพัก โดยอย่างน้อยจะต้องมากกว่าร้อยละ 15 ของความลึกของระบบระบายน้ำ

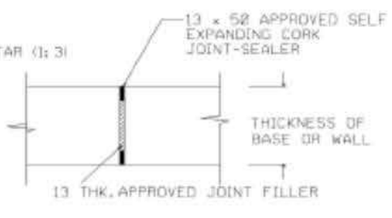
(3) การออกแบบอาคาระบายน้ำของถนน

การรออกแบบอาคารระบายน้ำของถนนทั้งในส่วนของท่อระบายน้ำข้างทาง (Side Drain) และท่อลอดในคู่มือฉบับนี้ได้กำหนดให้ใช้แบบมาตรฐานของหน่วยงาน Land Transport Authority's Specifications ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-20** และ **4.1-21** ตามลำดับ

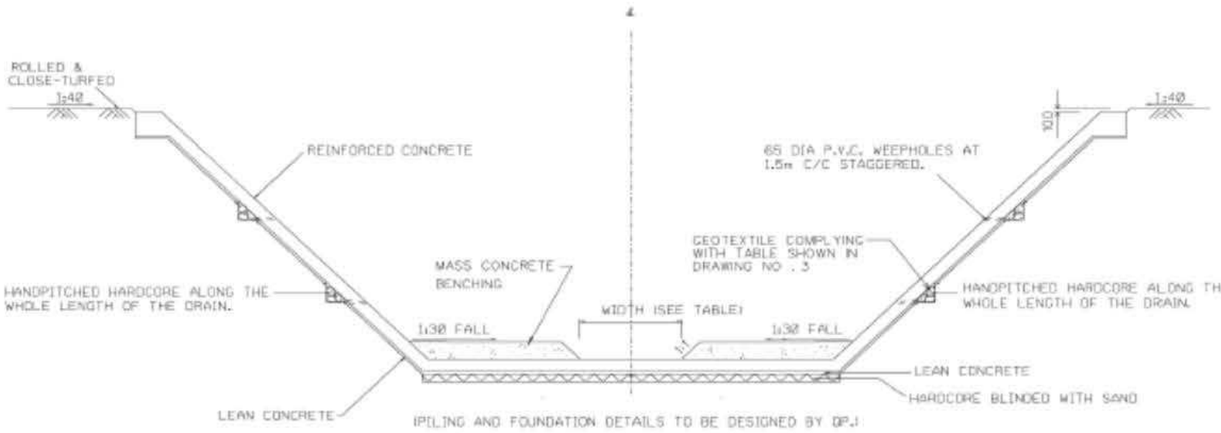
This drawing shows schematically the drainage channels and minimum structural requirements.
Details of the structural, geotechnical and foundation systems are to be designed by Qualified Persons.







TOP WIDTH OF DRAIN	BOTTOM WIDTH OF D.W.F.	DEPTH OF D.W.F.
< 3.0m	0.3m	0.125m
≥ 3.0m TO 4.5m	0.6m	0.150m
> 4.5m TO 6.0m	0.9m	0.150m
> 6.0m TO 9.0m	1.2m	0.200m
> 9.0m TO 12.0m	1.8m	0.250m
> 12.0m	2.1m	0.300m

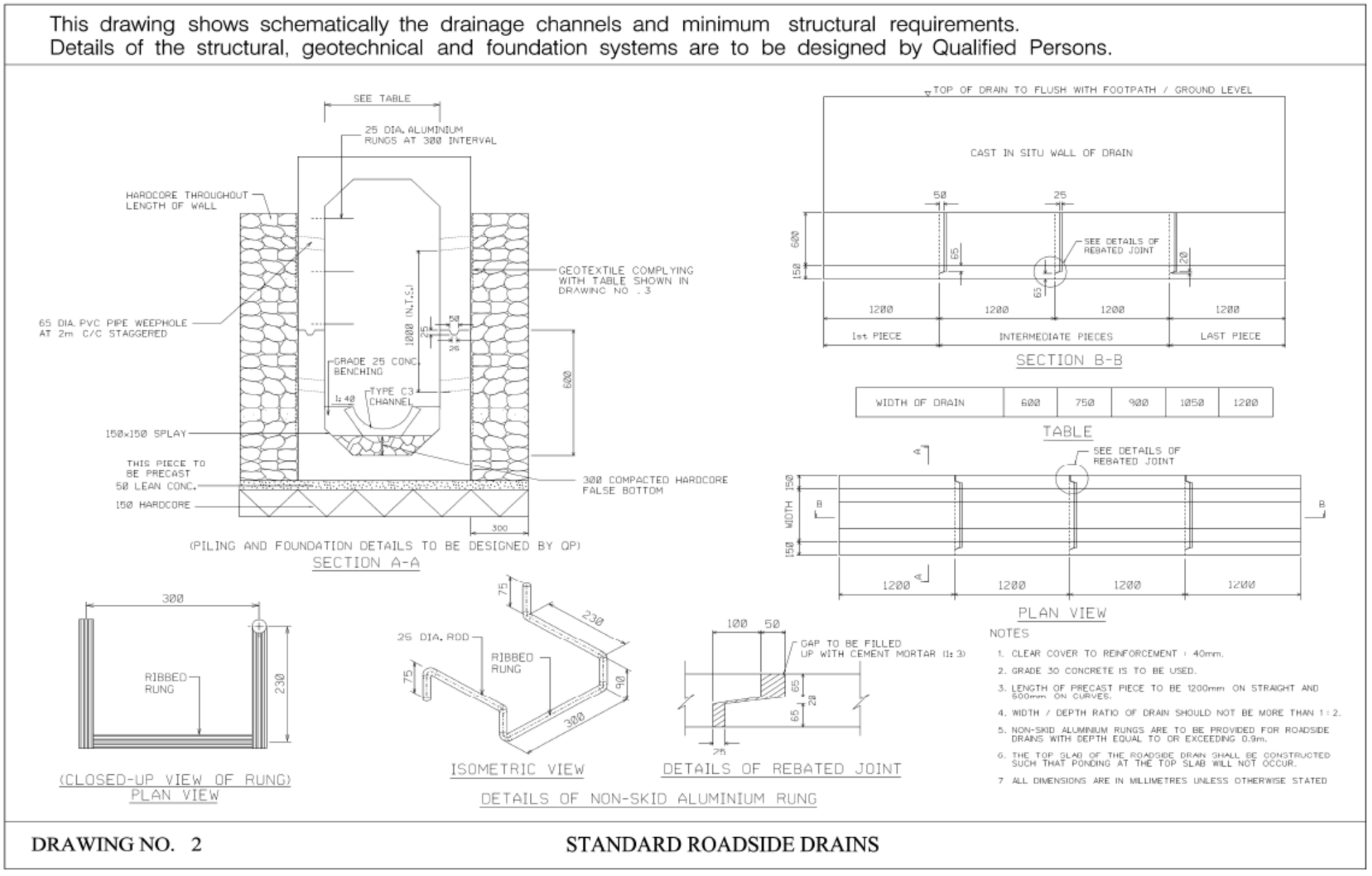


NOTES:

1. EXPANSION JOINTS SHALL BE PROVIDED AT MAX. 35m INTERVALS AT THE BASE AND WALLS OF ALL CAST-IN-SITU DRAINS. SUCH JOINTS SHALL HAVE A GAP OF 13mm PACKED WITH AN APPROVED JOINT FILLER AND CAULKED WITH AN APPROVED SELF EXPANDING CORK JOINT-SEALER. ALL REINFORCEMENTS SHALL NOT BE CARRIED THROUGH AN EXPANSION JOINT.
2. ALL PRECAST UNITS SHALL BE LAID CLOSE. THE MAXIMUM ALLOWABLE GAP IS 50mm. ALL GAPS SHALL BE FILLED WITH 1:3 MIX CEMENT MORTAR.
3. ALL PRECAST AND REINFORCED CONCRETE SHALL BE GRADE 30 OR HIGHER GRADES.
4. ALL MASS CONCRETE SHALL BE GRADE 25 OR HIGHER GRADES.
5. ALL LEAN CONCRETE SHALL BE GRADE 15.
6. MILD STEEL AND HIGH TENSILE STEEL REINFORCEMENTS SHALL CONFORM TO SS2
7. FABRIC MESH REINFORCEMENTS SHALL CONFORM TO SS2
8. MINIMUM REINFORCED CONCRETE SLAB THICKNESS SHALL BE 150mm.
9. MAIN REINFORCEMENTS SHALL HAVE MINIMUM CLEAR COVERS OF 70mm. (WATER FACE) AND 50mm (EARTH FACE)
10. THE CONSTRUCTED DRAINS SHALL NOT CAUSE PONDING AT THE EMBANKMENTS OF U-DRAINS & TRAPEZOIDAL DRAINS AND AT THE TOP SLAB OF BOX CULVERT.
11. IN THE DESIGN OF U-DRAINS, UPHEAVE MUST BE CONSIDERED. THE WALLS OF U-DRAINS SHALL BE DESIGNED TO WITHSTAND A LIVE LOAD SURCHARGE OF 10 kN/m^2 ON THE BANKS.
12. IN THE DESIGN OF TRAPEZOIDAL DRAINS, STABILITY OF THE SLOPE AND UPHEAVE MUST BE CONSIDERED. A LIVE LOAD SURCHARGE OF 10 kN/m^2 ON THE BANKS SHALL BE TAKEN INTO ACCOUNT.
13. FOR DRAINS THAT ARE ADJACENT TO ROADS AND ARE AFFECTED BY VEHICULAR LOADING, A LIVE LOAD SURCHARGE OF 20 kN/m^2 SHALL BE TAKEN INTO CONSIDERATION IN THE DESIGN OF DRAINS.
14. BOX CULVERTS SHALL BE DESIGNED TO WITHSTAND BRIDGE LOADING IN ACCORDANCE WITH LAND TRANSPORT AUTHORITY's STANDARDS.
15. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES UNLESS OTHERWISE STATED.

DRAWING NO. 1 — **U-SHAPED & TRAPEZOIDAL DRAINS AND BOX CULVERT**

รูปที่ 4.1-19 แบบมาตรฐานทางระบายน้ำและ Boxculvert ประเทศสิงคโปร์

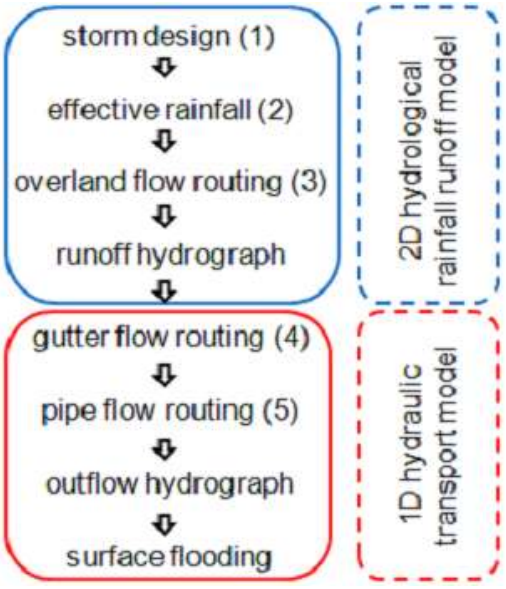


รูปที่ 4.1-20 แบบมาตรฐานท่อระบายน้ำข้างทาง (Side Drain) ประเทศสิงคโปร์

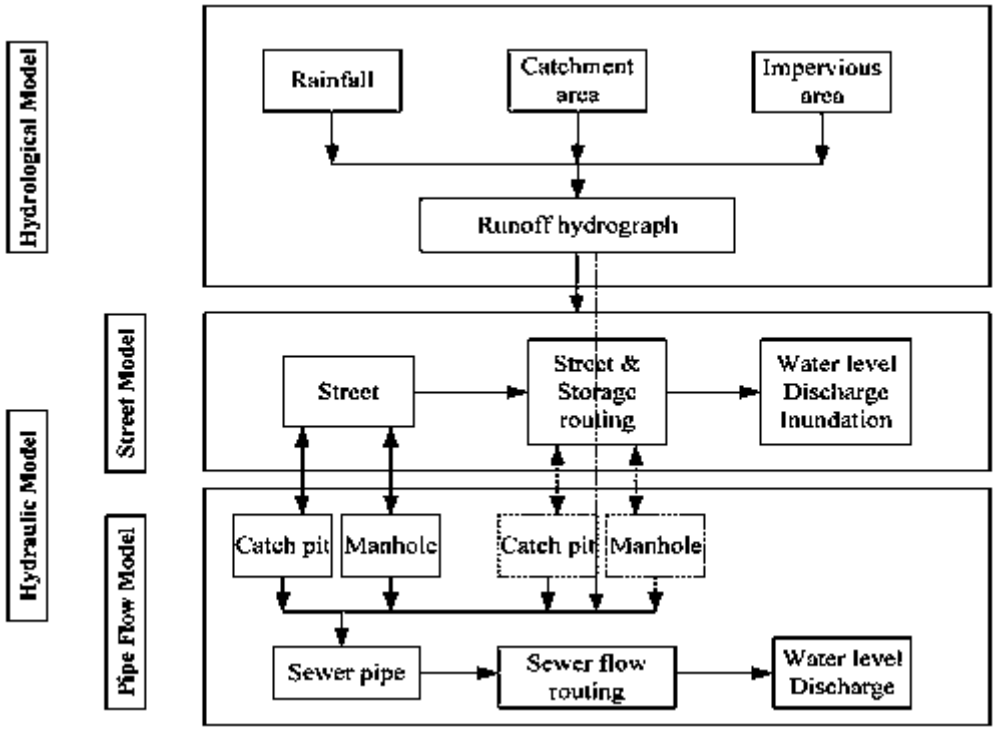
4.1.7. Dynamic modelling of urban rainfall runoff and drainage coupling DHI MIKE URBAN and MIKE FLOOD ประเทศออสเตรีย

การศึกษาทบทวนจาก Dynamic modelling of urban rainfall runoff and drainage coupling DHI MIKE URBAN and MIKE FLOOD พบว่า แนวคิดทั่วไปของแบบจำลองน้ำฝน น้ำท่า และการระบายน้ำ เป็นการใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ศึกษาปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในอดีตและเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการตอบสนองการระบายน้ำในอนาคตตามเงื่อนไขจำเพาะ

ส่วนใหญ่แบบจำลองน้ำฝนเป็นการคำนวณ ปรากฏการณ์และกระบวนการที่เกิดขึ้นในการไหลของน้ำท่า ซึ่งแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1. แบบจำลอง น้ำฝน- น้ำท่า (Rainfall runoff modelling) เกี่ยวกับการปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมากเกินพอ 2. แบบจำลองการขนส่งน้ำ (Transport modelling) ซึ่งเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการไหลของน้ำผ่าน โครงสร้างการระบายน้ำฝน ขั้นตอนและผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 แบบจำลอง แสดงใน**รูปที่ 4.1-21** และข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและความสัมพันธ์ของข้อมูล แสดงใน**รูปที่ 4.1-22**



รูปที่ 4.1-21 ขั้นตอนทั่วไปของแบบจำลองน้ำท่า แบบ 2D-1D



รูปที่ 4.1-22 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของแบบจำลองของระบบการระบายน้ำ

จากรูปที่ 4.1-21 จะมีการอธิบายขั้นตอนต่างๆดังนี้

ขั้นตอน 1 การจำลองน้ำฝน (Storm design) จากข้อมูลที่เป็นค่าคงที่หรือจากข้อมูลจริง การเกิดฝนตกย่อมมีข้อมูลต่างๆ เช่น ความเข้มฝน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาคาดการณ์คาบการเกิดซ้ำโดยใช้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ **(**Intensity-Duration-Frequency (IDF) relationships)

ขั้นตอน 2 อัตราฝนส่วนเกิน คำนวณจากปริมาณน้ำฝนที่มีการคาดการณ์ไว้หักลดด้วยปริมาณน้ำที่สูญเสีย

ขั้นตอน 3 น้ำไหลบ่า (Overland flow/initial flow of runoff) มีการกำหนดเส้นทางการไหลโดยใช้การคำนวณจากสมการการไหลบ่า (Overland flow equations) การคำนวณในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ วิธีทางอุทกศาสตร์ (hydrologic routing) เป็นการประเมินกระแสน้ำของต้นน้ำ (upstream inflows)และการลดพื้นที่กักเก็บ โดยอ้างอิงกับหน่วยเวลาและ วิธีทางชลศาสตร์ (hydraulic routing) เป็นการประเมินอัตราการไหลและพื้นที่สำหรับไหลผ่านของระบบ สุดท้าย ปริมาณฝนที่ตก (Rainfall Hyetograph)จะถูกเปลี่ยนเป็น กราฟน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff hydrograph) กราฟน้ำท่าเป็นผลลัพธ์ของ แบบจำลองอุทกศาสตร์แบบ2D และยังเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจำลองวิธีชลศาสตร์แบบ1D

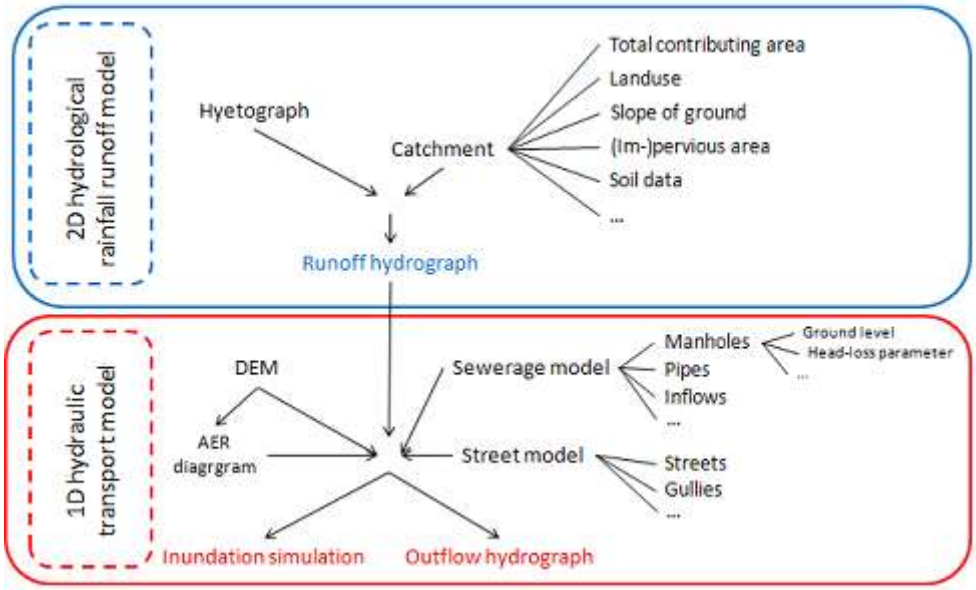
ขั้นตอน 4 การจัดเส้นทางรางน้ำต้องการจุดทางเข้าของท่อน้ำเสีย ข้อสำคัญของขั้นตอนนี้คือระยะเวลาที่น้ำจะไหลไปถึงจุดทางเข้า

ขั้นตอน 5 การจัดวางเส้นท่อสำหรับระบบระบายน้ำเสีย

ผลลัพธ์จากแบบจำลองวิธีชลศาสตร์ เป็น การไหลของกราฟน้ำท่า ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของความลึกระดับน้ำ อัตราการไหลของน้ำต่อหน่วยเวลาที่จุดร่วมในระบบน้ำเสียและจุดปล่อยน้ำ

4.1.7.1. ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ระบุข้อมูลทั่วไปที่ใช้ในการประเมินแบบจำลอง แสดงใน**รูปที่ 4.1-23**



รูปที่ 4.1-23 ข้อมูลและพารามิเตอร์ทั่วไปที่ใช้ในแบบจำลองน้ำฝน

จาก**รูปที่ 4.1-23** ข้อมูลสำหรับแบบจำลองอุทกศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่า ต้องอาศัยข้อมูล กราฟปริมาณน้ำฝน (Hyetograph) ซึ่งแสดงถึงความเข้มฝนต่อหน่วยเวลา และลักษณะของพื้นที่รับน้ำ นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลพื้นที่ทั้งหมด สัดส่วนการใช้ที่ดิน ข้อมูลดิน ข้อมูลความชันของพื้นที่

ข้อมูลสำหรับแบบจำลองชลศาสตร์ ต้องอาศัยแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับค่าระดับ และลักษณะทางกายภาพของระบบระบายของเสียและถนน

4.1.7.2. แบบจำลองอุทกศาสตร์ แบบ 2D

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เป็นแบบจำลองที่เป็นที่นิยมมากที่สุด การคำนวณปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าจากปริมาณฝนส่วนเกินนั้นมี 2 ส่วนที่สำคัญ คือ การลดค่าสูญเสียเริ่มและค่าสูญเสียต่อเนื่อง และการจัดเส้นทางการไหลของน้ำผิวดิน

1) <u>การลดค่าการสูญเสีย</u>

การคำนวณความสูญเสียเริ่มต้นนั้นมีสาเหตุมาจากภาวะเปียกของพื้นผิว (Surface wetting) และความจุของแอ่ง ความจุของแอ่งน้ำ d (mm) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$d = \frac{k_1}{\sqrt{s}}$$

เมื่อ k_1 = ค่าคงที่ของพื้นผิว (มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28 สำหรับ พื้นผิวที่ก๊าซและ
น้ำไหลผ่านได้ และ 0.07 สำหรับพื้นผิวที่ก๊าซและน้ำไม่สามารถไหลผ่านได้)

s = ความชันของพื้นที่แอ่ง

แต่สำหรับการหาค่าสูญเสียต่อเนื่อง ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เปิด แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบจากการระเหย-การคายน้ำถือว่ามีความเล็กน้อย (Butler and Davies, 2011:108) สำหรับการซึม (Infiltration) อัตราการสูญเสียจะมีค่าสูงที่สุดในตอนเริ่มต้น จากนั้นค่าการสูญเสียมีการลดลงเป็นเอกซ์โพเนนเชียลและมีค่าคงที่ในตอนสุดท้าย เมื่อดินชั้นบนอิ่มตัว (Butler and Davies, 2011:109) สมการการคำนวณค่าการซึมสามารถอ้างอิงจาก Horton's equation ดังนี้

$$f_t = f_c + \left(f_0 - f_c\right)e^{-k_{2t}}$$

เมื่อ f_t = อัตราการซึม ที่เวลา t (in mm/h)

f_c = อัตราการซึมสุดท้าย (in mm/h)

f_0 = อัตราการซึมเริ่มต้น (in mm/h)

k_2 = ค่าคงตัวการลดลง (in h^{-1})

2) เทคนิคการจัดเส้นทาง

เทคนิคในการจัดเส้นทางน้ำผิวดินมี 2 วิธีที่แพร่หลาย คือ กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) และ วิธี kinematic wave

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่เหลือกับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น

วิธี kinematic wave อาศัยสมการของ Manning ดังนี้

$$V = (R^{2/3}S^{1/2})/n$$

$$Q = AV$$

เมื่อ v = ความเร็วเฉลี่ย ที่เวลา t (in m/s)

Q = ปริมาณของการไหล (in m^3/s)

A = พื้นที่ตัดขวาง (in m^2)

R = รัศมีชลศาสตร์ : อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในทางน้ำต่อความยาวของเส้นขอบเปียกค่าคงตัวการลดลง(in m)

S = ความลาดชันของท้องคลอง

N = ค่าสัมประสิทธิ์ความขุขระของท้องน้ำ ซึ่งสามารถดูได้จาก **ตารางที่ 4.1-4**

ตารางที่ 4.1-4 ค่าแฟคเตอร์ของวัสดุที่ใช้

ลักษณะท้องน้ำ	ช่วงของค่า n
Glass	0.009-0.013
Cement	0.010-0.015
Concrete	0.010-0.020
Brickwork	0.011-0.018

4.1.7.3. แบบจำลองชลศาสตร์ แบบ 1D

เงื่อนไขพื้นฐานของระบบระบายน้ำ คือ การไหลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหมายความว่า ปริมาณการไหลของของเหลวที่ไหลจากท่อจุดที่หนึ่ง มีค่าเท่ากันกับปริมาณน้ำที่ระบายออกในจุดที่ 2 มีการตั้งสมมติฐาน 2 ข้อ คือ

1) ความหนาแน่น : กำหนดให้ปริมาณน้ำเข้าเท่ากันปริมาณน้ำออก
2) อัตราการไหล: กำหนดให้อัตราการไหลตลอดเส้นท่อมีค่าเท่ากัน ซึ่งอัตราเร็วสูงสุดสามารถหาได้จากกึ่งกลางเส้นท่อ อัตราการไหล (in m^3/s หรือ l/s) $Q_1 = Q_2$

การไหลในระบบระบายน้ำเสียนั้นไม่คงที่ อัตราการไหลนั้นมีแนวโน้มที่ไม่สม่ำเสมอขึ้นกับความเสียดทานและความแตกต่างของ head loss ทฤษฎีทั่วไปที่มักใช้ในการคำนวณอัตราการไหลที่ไม่คงที่ คือ สมการของ Saint-Venant อย่างไรก็ตาม การใช้สมการนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้ตามเงื่อนไขดังนี้

- เส้นท่อมีแรงดันอยู่ภายใน
- ลาดท้องคลองของระบบระบายน้ำเสียนั้นมีค่าน้อยมาก ความลึกของน้ำเมื่อวัดในแนวดิ่งมีแนวโน้มเหมือนลาดท้อง
- อัตราการไหลนั้นมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ
- ร่องน้ำ/คลอง เป็นทรงปริซึ่ม
- ค่าการสูญเสียคำนวณจาก สมการอัตราการไหลที่คงที่
- อัตราการไหลในด้านข้างถือว่าเล็กน้อยมาก
- ค่าคงตัวความลาดเอียงต้องเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{v}{g}.\frac{\partial y}{\partial x} - \frac{1}{g}.\frac{\partial y}{\partial t}$$

เมื่อ y = ความลึกของการไหล (in m)
v = ความเร็ว (in m/s)
x = ระยะทาง (in m)
t = เวลา (in s)
S_0 = ลาดท้องคลอง
S_f = ค่าคงตัวความลาดเอียง

ทั้งนี้สมการของ Saint-Venant ที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากอัตราการไหลประกอบไปด้วยสมการโมเมนตัมและและสมการต่อเนื่อง (Continuity equation) ดังนี้

สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\frac{\partial y}{\partial x}-gA\left(S_0-S_f\right)=0$$

Local acceleration term	Convective acceleration term	Pressure force term	Gravity force term	Friction force term

สมการความต่อเนื่อง

$$B\frac{\partial y}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0$$

เมื่อ Q = ปริมาณการระบายน้ำทิ้ง/อัตราการไหล (in m^3/s)

A = พื้นที่ตัดขวางของเส้นท่อ (in m^2)

B = ความกว้างของพื้นที่ผิวน้ำ (in m)

4.1.8. สรุปผลการทบทวนวรรณกรรมและแนวทางการนำไปใช้

ในการศึกษาทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎีและแนวคิดของวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในต่างประเทศ สามารถสรุปสาระสำคัญและแนวทางการนำไปใช้ในการศึกษาของโครงการได้ดังนี้

- **Drainage Handbook Culvert design ประเทศสหรัฐอเมริกา** เนื้อหาที่ทบทวน เป็นทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและออกแบบอาคารท่อลอดผ่านถนนในรูปแบบการไหลต่างๆ ทั้งในส่วนของ Inlet Control และ Outlet Control โดยเป็นลักการพื้นฐานสำคัญที่วิศวกรจำเป็นจะต้องทราบและทำความเข้าใจก่อนที่จะสามารถออกแบบอาคารระบายน้ำต่างๆ ได้
- **Design Criteria Flooding of Sewers System in Flat Areas ประเทศ เนเธอร์แลนด์** เนื้อหาในบทความนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่ราบ ซึ่งมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเล หรือแม่น้ำลำคลอง โดยมีการเสนอให้ใช้ระบบ Polder System หรือพื้นที่ปิดล้อม เข้ามาช่วย โดยศักยภาพในการระบายน้ำ จะขึ้นกับความสามารถในการเก็บกักของน้ำในเส้นท่อ และเสนอให้ใช้การออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี แทนที่การออกแบบด้วยรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่บริเวณทางหลวงที่เป็นที่ราบต่ำบริเวณชายฝั่งหรือที่ลุ่มริมแม่น้ำในพื้นที่ศึกษาของโครงการได้ โดยใช้เกณฑ์การออกแบบที่นำเสนอทำการออกแบบท่อระบายน้ำข้างถนน (Side Drain) ให้มีศักยภาพเป็นที่พักน้ำ (Storage) เพื่อ บรรเทาปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- **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 ซึ่งแนวคิดจากบทความนี้สามาถที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดระดับความเสี่ยงของทางหลวง อันเนื่องมาจากอุทกภัย ซึ่งเมื่อทราบความเสี่ยงแล้ว สามารถที่จะกำหนดแผนในการป้องกัน แผนการเฝ้าระวัง ตลอดจนปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทางหลวงสายต่างๆ ที่มีความเสี่ยงในอนาคตได้
- **Design of Drainage Culverts Considering Critical Storm Duration ประเทศเกาหลีใต้** การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำการ เปรียบเทียบผลการออกแบบท่อลอดผ่านถนน ระหว่างวิธี Rational Method และการใช้ช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน (Critical Storm Duration) โดยผลการศึกษาสรุปได้ว่า วิธี Rational Method ให้ผลการประเมินอัตราการไหลออกแบบที่ต่ำกว่า ทำให้อาคารท่อลอดมีขนาดเล็ก ในขณะที่วิธีช่วงเวลาวิกฤตของการเกิดพายุฝน ที่เมินจากแบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าวิธีต่างๆ จะให้ค่า

การประเมินอัตราการไหลออกแบบที่สูงกว่า ส่งผลให้อาคารท่อลอดมีขนาดใหญ่กว่าเช่นกัน ดังนั้นองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จึงเป็นการสนับสนุนสมมติฐานในการศึกษาของโครงการ คือ การออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงที่มักนิยมใช้วิธี Rational Method อาจไม่เพียงพอในการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำผ่านถนน ทั้งนี้ควรที่จะพิจารณาผลการออกแบบหรือคำนวณโดยใช้วิธีการอื่นๆ ควบคู่กันไปด้วย และหากวิธีการใดให้ผลลัพธ์ของการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่มากกว่า ก็อาจจะพิจารณานำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาออกแบบอาคารระบายยน้ำของทางหลวง

- **Stormwater Treatment from the Road in Japan ประเทศญี่ปุ่น** โดยสาระสำคัญในบทความนี้ คือ การนำเสนอ แนวคิดในการจัดการน้ำท่วม ของเมืองขนาดใหญ่ในญี่ปุ่น คือ ต้องมีการจัดหาพื้นที่เก็บกัก (Storage) เพื่อหน่วงน้ำ หรือลดปริมาณของน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น โดยพื้นที่เก็บกักดังกล่าว จะกำหนดให้อยู่ในชั้นใต้ดินของส่งปลูกสร้างต่าง ๆ รวมถึงท่อระบายน้ำซึ่งอยู่ริมถนน โดยใช้หลักการ “Road of River ซึ่งเทคนิคนี้จะใช้วัสดุที่มีความพรุนหรือน้ำซึมผ่านได้ปูผิวทาง จากนั้นน้ำที่ซึมผ่านจะไหลไปยังพื้นที่ใต้ผิวถนน ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็นหินหรือทรายหยาบซึ่งมีความพรุนและน้ำซึมผ่านได้เช่นกัน ซึ่งน้ำที่ไหลมารวมกันใต้ผิวถนนก็จะสามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำได้ โดยแนวคิดและวิธีการที่นำเสนอในบทความนี้สามารถที่จะช่วยลดปริมาณน้ำในเส้นท่อข้างทาง (Side Drain) ซึ่งจะช่วยให้บรรเทาปัญหาน้ำท่วมทางหลวงได้
- **Code of Practice on Surface Drainage ประเทศสิงคโปร์** สาระสำคัญที่ได้จากการทบทวนบทความฉบับนี้ คือ แนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำผ่านถนน โดยในบทความนี้ได้เสนอให้ใช้วิธี Rational Method ในการออกแบบ โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าที่แน่นอนมาให้ซึ่งวิศวกรสามารถนำมาใช้ได้ทันที ทั้งนี้จะแตกต่างจากทฤษฎีหรือผลการทบทวนจากการศึกษาอื่นๆ ที่มักเสนอค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า เป็นช่วงของข้อมูล ซึ่งวิศวกรต้องมาตัดสินใจและประเมินด้วยตนเองอีกครั้ง ยกตัวอย่าง เช่น ในคู่มือการออกแบบบระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง มีการเสนอการใช้สัมประสิทธิ์น้ำท่าโดยประเมินจากกราฟ ซึ่งจะมีช่วงของข้อมูลที่ค่อนข้างกว้าง ดังนั้นการเลือกใช้สัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่แตกต่างกันด้วย แต่ในบทความนี้ จะให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเป็นค่าเดียวตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น พื้นที่เมืองหรือพาณิชกรรมที่มีอาคารก่อสร้างหนาแน่นจะให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ในการออกแบบ
- **Dynamic modelling of urban rainfall runoff and drainage coupling DHI MIKE URBAN and MIKE FLOOD ประเทศออสเตรีย** บทความนี้เป็นการทบทวนแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่วมและการไหลในระบบระบายน้ำ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินงานของโครงการสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของถนนได้

4.2. การทบทวนผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ปีงบประมาณ 2560

ในการศึกษาทบทวนผลการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ปีงบประมาณ 2560 สามารถสรุปสาระสำคัญและผลการดำเนินงานต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.2.1. ความเป็นมาโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติเป็นประจำทุกปี ซึ่งภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้ทวีความรุนแรงและได้สร้างความเสียหายมากยิ่งขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะภัยพิบัติที่เกิดจากอุทกภัย สาเหตุหลักส่วนหนึ่งของปัญหาเป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ ตลอดจนการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้เกิดการรุกล้ำทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนเป็นน้ำท่า (Surface Runoff) จึงมีมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีถนนตัดผ่าน ซึ่งถ้าระบบระบายน้ำโดยเฉพาะอาคารระบายน้ำมีขนาดเล็กหรือไม่เพียงพอ ก็จะทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก สร้างความเดือนร้อนให้แก่ประชาขน รวมถึงส่งผลเสียหายต่อชั้นโครงสร้างทางชำรุดได้

ที่ผ่านมาการออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อระบายน้ำผ่านถนนของกรมทางหลวงนั้น วิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า ใช้วิธีที่อยู่ในลักษณะของสมการหรือความสัมพันธ์และ/หรือกราฟ ซึ่งสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก ยกตัวอย่างเช่น วิธี Rational Method วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) วิธีกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis) และวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) เป็นต้น ซึ่งการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น จะมีข้อจำกัดในกรณีที่พื้นที่รับน้ำฝนเป็นพื้นที่ที่พัฒนาเป็นเขตเมืองหรืออยู่ในพื้นที่ราบที่มีการพัฒนาโครงข่ายระบบระบายน้ำที่แตกต่างไปจากธรรมชาติ ทำให้ยากต่อการกำหนดขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนที่เหมาะสม จึงส่งผลให้การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำเกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน ดังนั้นการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ลักษณะนี้จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลทางกายภาพ รวมถึงโครงข่ายระบบระบายน้ำภายในพื้นที่อย่างละเอียด และการเก็บข้อมูลปัจจัยสำคัญทุกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลสูงสุดของน้ำ ซึ่งเหล่านี้เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยากเกินกว่าจะใช้วิธีการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมกว่าคือ การจำลองลักษณะทางกายภาพของระบบระบายน้ำและกักเก็บน้ำบนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า

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

4.2.2. วัตถุประสงค์โครงการ

1) ศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำท่าผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง บนพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ภาคกลางจำนวน 11 แห่ง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2) เสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับลักษณะพื้นฐานทางภายภาพบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก

4.2.3. ผลการดำเนินงานที่สำคัญ

4.2.3.1. การศึกษาทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาทบทวนทฤษฎีและกรอบแนวคิดในการออกแบบอาคารระบายน้ำ ของโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ปีงบประมาณ 2560 ได้ทำการทบทวนตั้งแต่ทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานสำคัญที่วิศวกรจำเป็นจะต้องทราบและทำความเข้าใจก่อนที่จะสามารถออกแบบอาคารระบายน้ำต่างๆ ได้ ซึ่งทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องและได้มีการรวบรวมไว้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย ทฤษฎีของลุ่มน้ำ น้ำฝน น้ำท่า และการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จากนั้นได้มีการกล่าวถึงทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การไหลในทางน้ำเปิดและการไหลผ่านท่อลอด ซึ่งเนื้อหาในส่วนนี้จะทำให้ ทราบถึงวิธีการออกแบบท่อลอดผ่านถนน ตามอัตราการไหลสูงสุดที่ประเมินไว้

นอกจากการทบทวนทฤษฎีด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบท่อลอดหรืออาคารระบายน้ำผ่านถนนแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ทำการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำมาใช้ในการศึกษา รวมถึงการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแบบจำลองต่างๆ ไปใช้ในการออกแบบและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม ซึ่งผลจากการทบทวนในส่วนนี้ จะทำให้ที่ปรึกษาทราบถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม

ที่จะนำมาใช้ในการศึกษา พร้อมทั้งแนวทางการศึกษาตลอดจนผลลัพธ์ที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถประมวลผลและนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมได้

ในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ทำการทบทวน วิธีการออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง โดยอ้างอิงตามเนื้อหาที่ระบุไว้ในเอกสาร “คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง” ซึ่งประกอบด้วยกัน 4 วิธี คือ 1) วิธี Rational Method 2) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) 3) วิธีกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis) และ 4) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) ทั้งนี้แต่ละวิธีจะต้องอาศัยปัจจัยในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำ ดังนี้

วิธีการ	ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินอัตราการไหลออกแบบ
Rational Method	● ข้อมูลฝนในรูปแบบแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (Intensity) กับช่วงเวลาที่ฝนตก (Duration) โดยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ความถี่การตกของฝน (Frequency Analysis) ที่ระดับความเข้มและช่วงเวลาต่างๆ (IDF Curve) ● การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดและประเภทของดิน และความลาดชันของพื้นที่ เพื่อประเมินสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า ● ขนาดของพื้นที่รับน้ำของอาคารระบายน้ำ (Catchment Area)
กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)	● ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ ● ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกจนถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลุ่ม น้ำมากที่สุด ● ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก ● ขนาดของพื้นที่รับน้ำของอาคารระบายน้ำ (Catchment Area)
กราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis)	● ขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคาระบายน้ำ

วิธีการ	ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินอัตราการไหลออกแบบ
กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph)	• ระยะทางตามแนวละน้ำสายหลักจากจุดไกลสุด บนสันปันน้ำถึงตำแหน่งที่พิจารณา ออกแบบอาคารระบายน้ำ • ระยะทางตามแนวลำน้ำสายหลัก จากจุดที่ใกล้จากจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ รับน้ำมากที่สุด ถึงจุดที่พิจารณาออกแบบอาคารระบายน้ำ • ลักษณะการใช้ที่ดินและรูปแบบความลาดชันของพื้นที่ เพื่อประเมิน ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge Coefficient) • ประเภทของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประเมิน ค่าความสามารถซึมผ่านได้ของดิน (Infiltration capacity)

ในส่วนสุดท้ายของการศึกษาทบทวนวรรณกรรมในต่างประเทศ ซึ่งการศึกษาในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการทราบถึงวิธีการออกแบบท่อลอดหรืออาคารระบายน้ำผ่านถนนในต่างประเทศ เพื่อที่จะได้นำวิธีการดังกล่าวมาทดสอบเปรียบเทียบใช้กับการวิธีการออกแบบของกรมทางหลวงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งหากพบว่าวิธีการใหม่ที่ได้จากการศึกษาทบทวน สามารถออกแบบท่อลอดหรืออาคารระบายน้ำได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการเดิม (อาจใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการทดสอบเปรียบเทียบ) ก็จะได้มีการเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการคำนวณออกแบบท่อลอดหรืออาคารระบายน้ำผ่านถนนให้กับกรมทางหลวงต่อไป

4.2.3.2. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

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

1) หลักเกณฑ์จากข้อมูลสถิติการเกิดน้ำท่วมบนทางหลวง

การกำหนดหลักเกณฑ์จากข้อมูลสถิติการเกิดน้ำท่วมบนทางหลวง จะพิจารณาจากพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของแขวงทางหลวงในพื้นที่ภาคกลางที่มีการรายงานจำนวนตำแหน่งการเกิดปัญหาน้ำท่วมมากที่สุด 5 อันดับแรก เนื่องจากถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาและต้องเข้าไปดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน

2) หลักเกณฑ์จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน จะคัดเลือกพื้นที่ที่สามารถเป็นตัวแทนลักษณะการใช้ที่ดินทุกประเภท เนื่องจากการใช้ที่ดินย่อมส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำท่า หรือส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุด ของน้ำท่าที่จะคำนวณผ่านอาคารระบายน้ำนั้นเอง

3) หลักเกณฑ์จากข้อมูลค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ค่าความลาดชันเฉลี่ย จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และพื้นที่ที่เป็นที่ราบ เนื่องจากค่าความลาดชันมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการเดินทางของน้ำท่วมและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า

4) หลักเกณฑ์จากข้อมูลกลุ่มชุดดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ข้อมูลกลุ่มชุดดิน จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีมีกลุ่มชุดดินหลักที่แตกต่างกัน เนื่องจากกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท จะส่งผลต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งย่อมส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่วม เช่นกัน

จากหลักเกณฑ์ตามที่กล่าวมาข้างต้น สามารถคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง จำนวน 11 พื้นที่ แสดงได้ดัง **รูปที่ 4.2-1**

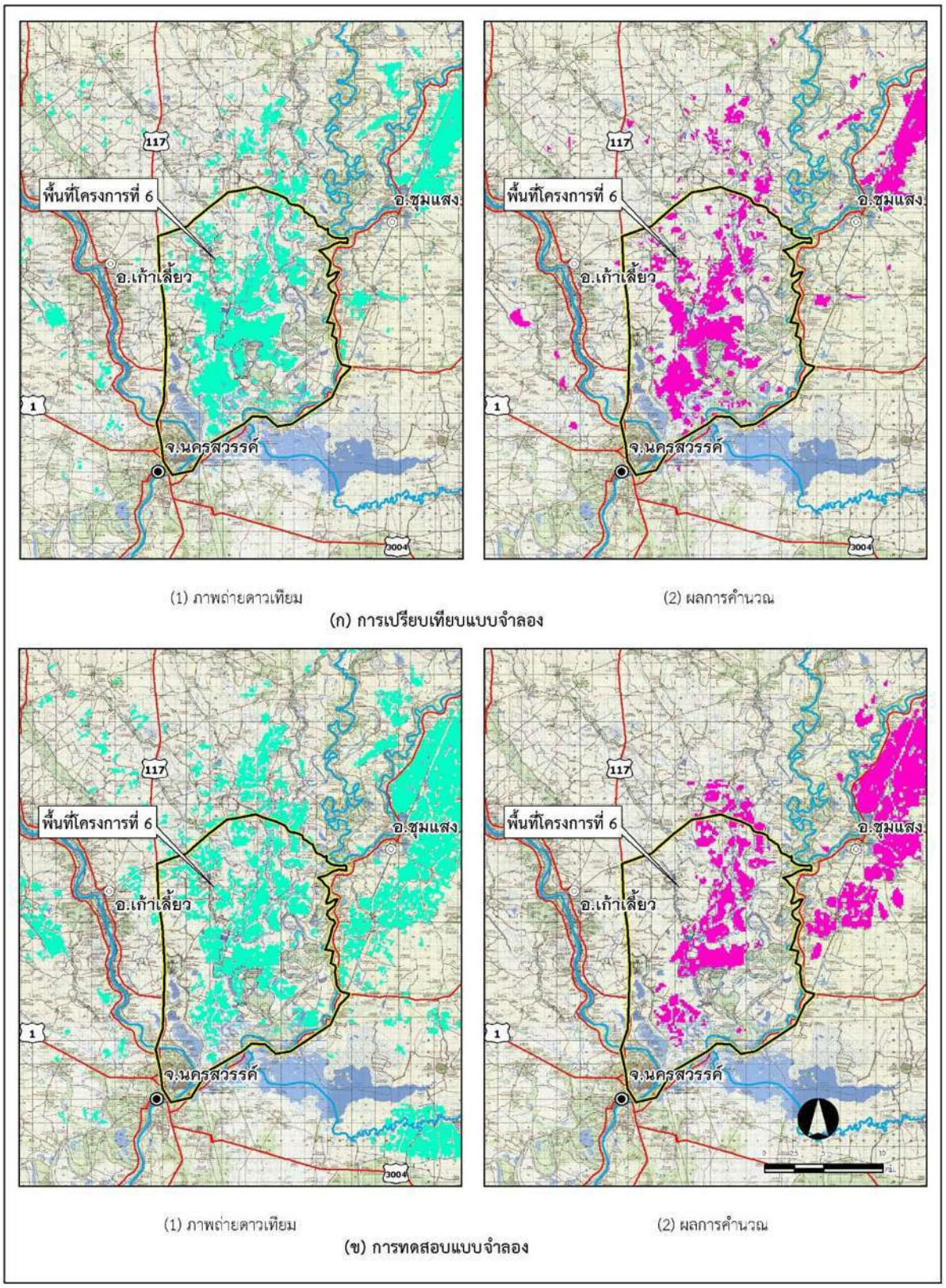
รูปที่ 4.2-1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ได้ทำการคัดเลือก 11 พื้นที่

4.2.3.3. การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

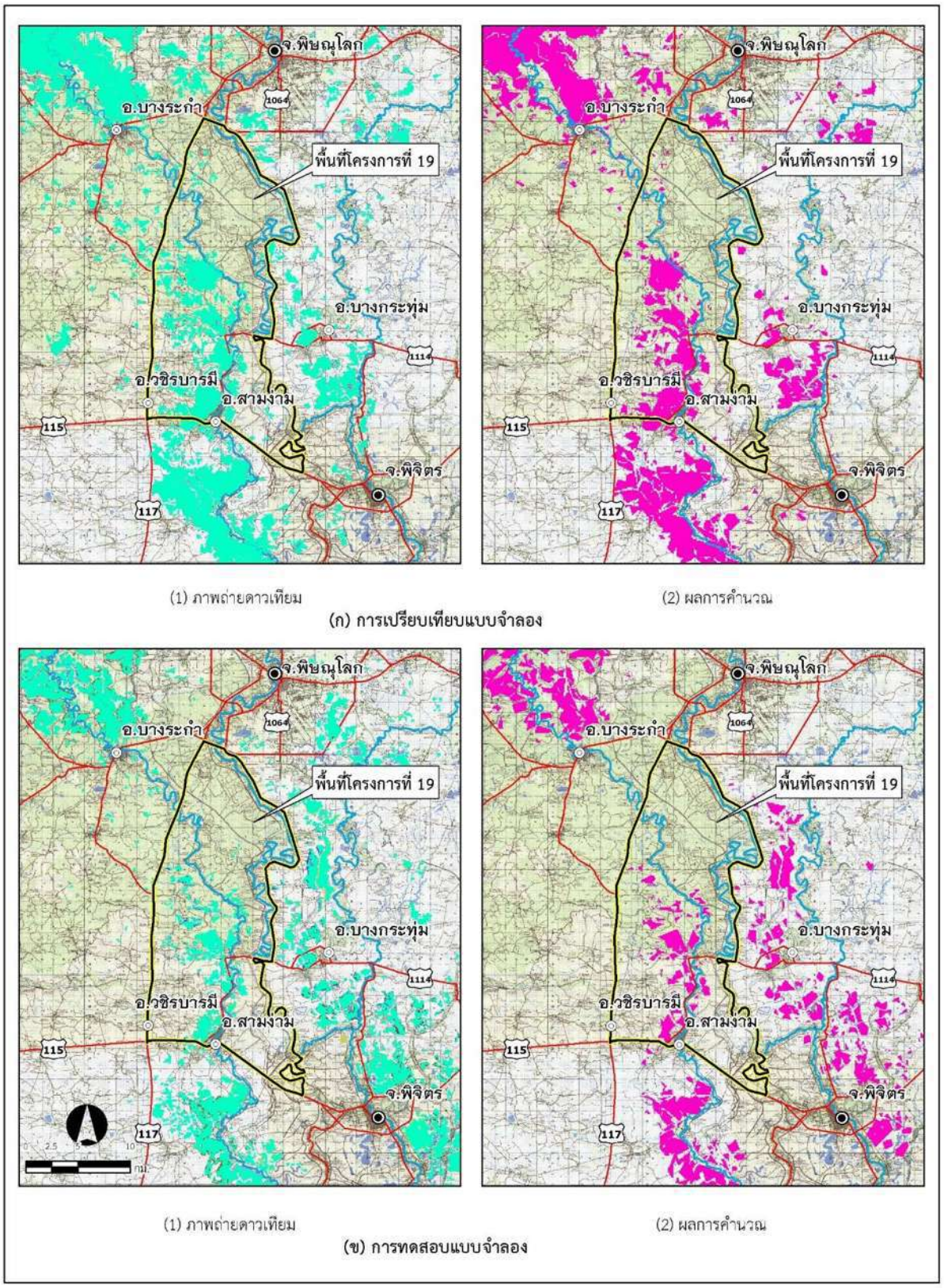
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยในครั้งนี้ คือ แบบจำลอง Mike Flood ของ Danish Hydraulics Institute ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ด้าน Hydrodynamics ของสภาพการไหลในลำน้ำสายหลัก และในพื้นที่น้ำท่วม ประกอบด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์ทั้งแบบ 1 มิติ (1D) และ 2 มิติ (2D) และแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM Model) เพื่อใช้จำลองระบบโครงข่ายลำน้ำในพื้นที่โครงการฯ และนำมาใช้เป็นส่วนการคำนวณ/ประมวลผลสภาพทางชลศาสตร์ สำหรับศึกษา/วิเคราะห์สภาพการไหลในปัจจุบันรวมถึงใช้ศึกษาทางเลือกในการแก้ปัญหาอุทกภัยที่เหมาะสมในอนาคต โปรแกรมมีระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ดี สามารถแสดงผลการคำนวณในรูปของแผนภูมิ ตาราง และแผนที่น้ำท่วมได้จาก DEM ที่สามารถ Integrate เข้าไปในแบบจำลอง และสามารถเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ (GIS) ซึ่งขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 4.2-2**

รูปที่ 4.2-2 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

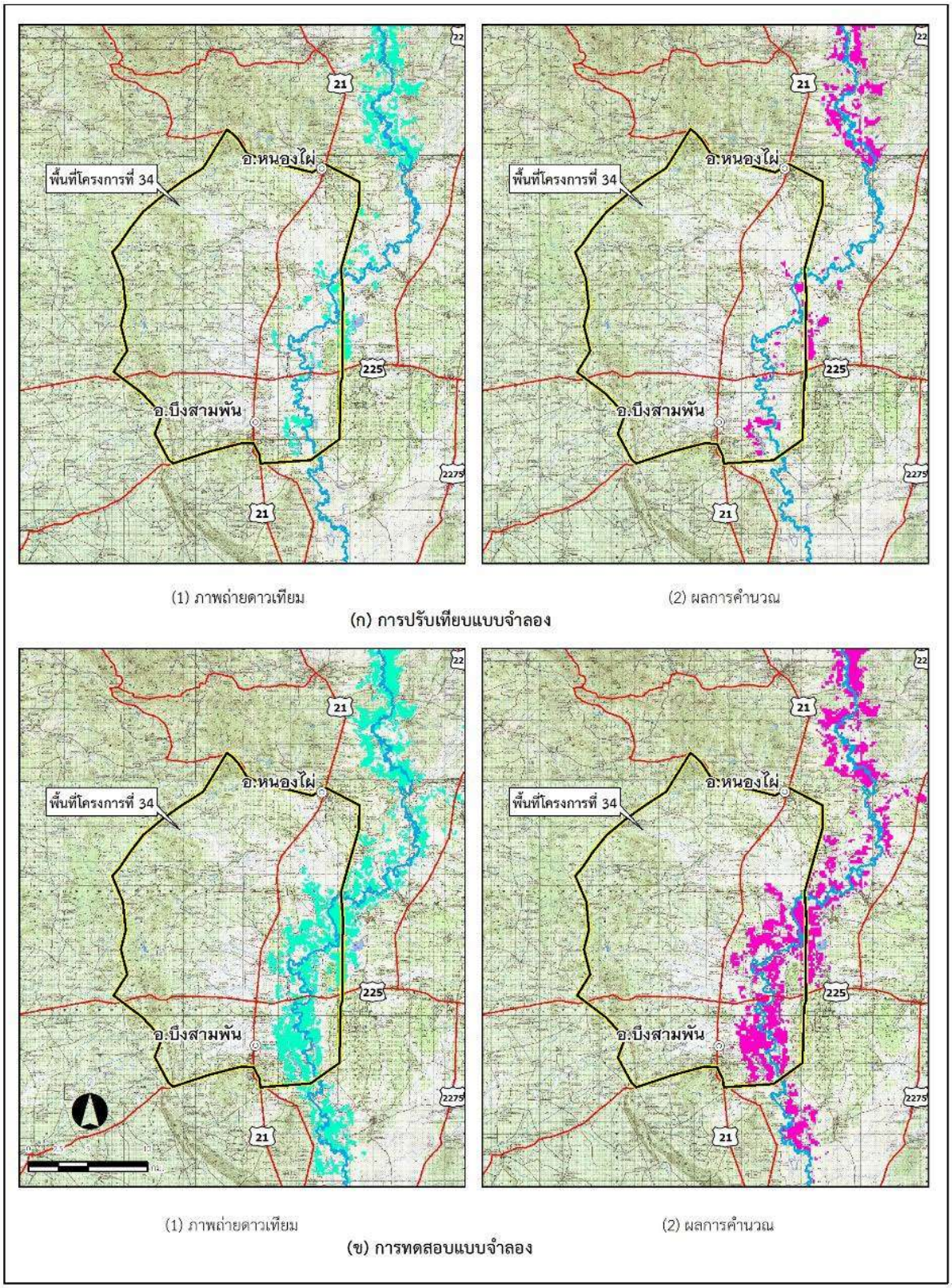
โดยในการศึกษาด้วยแบบจำลองต้องทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง เพราะจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ควบคุมในแบบจำลอง เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จึงจะเชื่อถือได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนที่ถูกต้องของพื้นที่ศึกษาได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงตัวอย่างได้ดัง**รูปที่ 4.2-3 ถึง รูปที่ 4.2-5**



รูปที่ 4.2-3 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



รูปที่ 4.2-4 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19



รูปที่ 4.2-5 ตัวอย่างผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34

4.2.3.4. 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 ทั้งนี้ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่จะนำมาวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 4.2-1**

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

$$Qpeak = 11.405 + 0.111Rain + 0.319For + 1.634Res + 0.433Wat$$

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

ตารางที่ 4.2-1 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

4.2.3.5. การจัดทำแบบแนะนำการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ในการจัดทำแบบแนะนำสำหรับการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ ที่จะตั้งสมมติฐานโดยการนำแบบมาตรฐานของอาคารระบายน้ำกรมทางหลวงที่มีอยู่ในปัจจุบัน มาทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลผ่านให้สูงมากยิ่งขึ้น โดยในการวิเคราะห์จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ RMA2 ซึ่งเป็นแบบจำลอง ประเภท Finite Difference มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ 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 กรณีสามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 4.2-2** และ**ตารางที่ 4.2-3** ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2-2 การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อเหลี่ยม

ตำแหน่งพิจารณา	ควมเร็วการไหล (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 4.2-3 การวิเคราะห์ความเร็วการไหลกรณีการปรับ Wingwall ท่อกลม

ตำแหน่งพิจารณา	ควมเร็วการไหล (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 ที่มีมุมมากกว่าก็จะช่วยเพิ่มความราบเรียบของการไหลได้ดีเช่นเดียวกับกรณีของท่อเหลี่ยม ทำให้การไหลผ่านอาคารบริเวณทางเข้าเร็วขึ้น ดังนั้น จึงได้ทำการปรับปรุงแบบมาตรฐาน ตามแนวทางดังกล่าว ดังแสดงใน**รูปที่ 4.2-6** และ**รูปที่ 4.2-7**

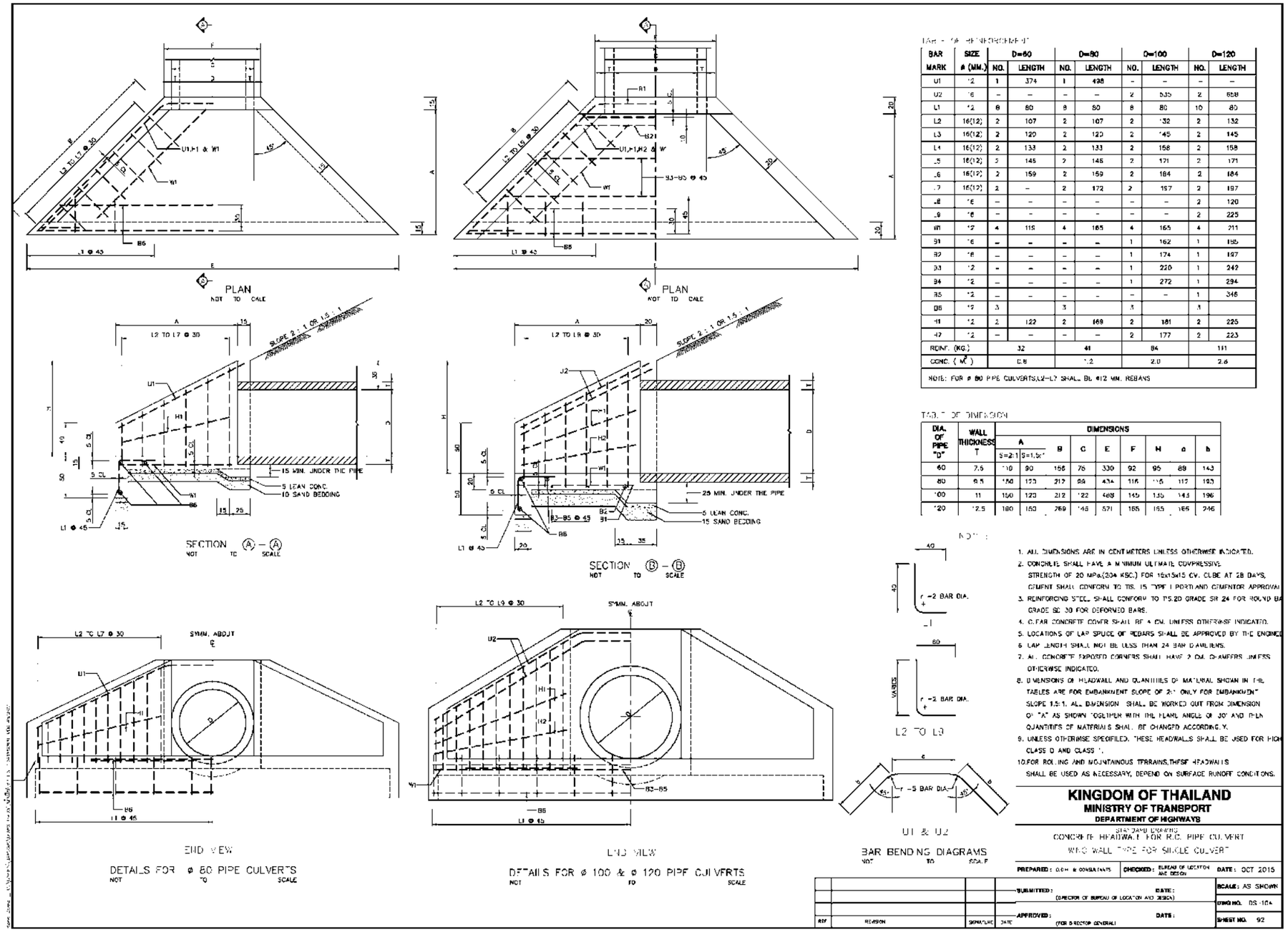


TABLE OF REINFORCEMENT

BAR MARK	SIZE ø (MM.)	D=60 NO.	D=60 LENGTH	D=80 NO.	D=80 LENGTH	D=100 NO.	D=100 LENGTH	D=120 NO.	D=120 LENGTH
U1	12	1	374	1	498	–	–	–	–
U2	16	–	–	–	–	2	535	2	658
L1	12	8	80	8	80	8	80	10	80
L2	16(12)	2	107	2	107	2	132	2	132
L3	16(12)	2	120	2	120	2	145	2	145
L4	16(12)	2	133	2	133	2	158	2	158
L5	16(12)	2	145	2	145	2	171	2	171
L6	16(12)	2	159	2	159	2	184	2	184
L7	16(12)	2	–	2	172	2	197	2	197
L8	16	–	–	–	–	–	–	2	120
L9	16	–	–	–	–	–	–	2	225
W1	12	4	115	4	165	4	165	4	211
B1	16	–	–	–	–	1	162	1	185
B2	16	–	–	–	–	1	174	1	197
B3	12	–	–	–	–	1	220	1	242
B4	12	–	–	–	–	1	272	1	294
B5	12	–	–	–	–	–	–	1	346
B6	12	3		3		3		3	
J1	12	2	122	2	169	2	181	2	225
J2	12	–	–	–	–	2	177	2	223
REINF. (KG.)		32		41		84		111	
CONC. (M^3)		0.8		1.2		2.0		2.6	

NOTE: FOR ø 80 PIPE CULVERTS,L2–L7 SHALL BE ø12 MM. REBARS

TABLE OF DIMENSION

DIA. OF PIPE "D"	WALL THICKNESS T	DIMENSIONS A S=2:1	A S=1.5:1	B	C	E	F	H	a	b
60	7.5	110	90	156	76	330	92	95	89	143
80	9.5	150	123	212	88	434	116	115	113	183
100	11	190	120	212	122	488	140	135	143	196
120	12.5	180	150	269	146	571	165	155	165	246

NOTE :

1. ALL DIMENSIONS ARE IN CENTIMETERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.
2. CONCRETE SHALL HAVE A MINIMUM ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF 20 MPa.(204 KSC.) FOR 15x15x15 CM. CUBE AT 28 DAYS, CEMENT SHALL CONFORM TO TIS. 15 "TYPE I PORTLAND CEMENT"OR APPROVAL
3. REINFORCING STEEL SHALL CONFORM TO TIS.20 GRADE SR 24 FOR ROUND BA GRADE SD 30 FOR DEFORMED BARS.
4. CLEAR CONCRETE COVER SHALL BE 4 CM. UNLESS OTHERWISE INDICATED.
5. LOCATIONS OF LAP SPLICE OF REBARS SHALL BE APPROVED BY THE ENGINEE
6. LAP LENGTH SHALL NOT BE LESS THAN 24 BAR DIAMETERS.
7. ALL CONCRETE EXPOSED CORNERS SHALL HAVE 2 CM. CHAMFERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.
8. DIMENSIONS OF HEADWALL AND QUANTITIES OF MATERIAL SHOWN IN THE TABLES ARE FOR EMBANKMENT SLOPE OF 2:1 ONLY FOR EMBANKMENT SLOPE 1.5:1, ALL DIMENSION SHALL BE WORKED OUT FROM DIMENSION OF "A" AS SHOWN TOGETHER WITH THE PLANE ANGLE OF 30° AND THE QUANTITIES OF MATERIALS SHALL BE CHANGED ACCORDINGLY.
9. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, THESE HEADWALLS SHALL BE USED FOR HIGH CLASS D AND CLASS 1.
10. FOR ROLLING AND MOUNTAINOUS TERRAINS, THESE HEADWALLS SHALL BE USED AS NECESSARY, DEPEND ON SURFACE RUNOFF CONDITIONS.

รูปที่ 4.2-6 แบบแนะนำการก่อสร้างท่อลอดที่ปรับปรุงใหม่ (กรณีท่อ 1 แถว)

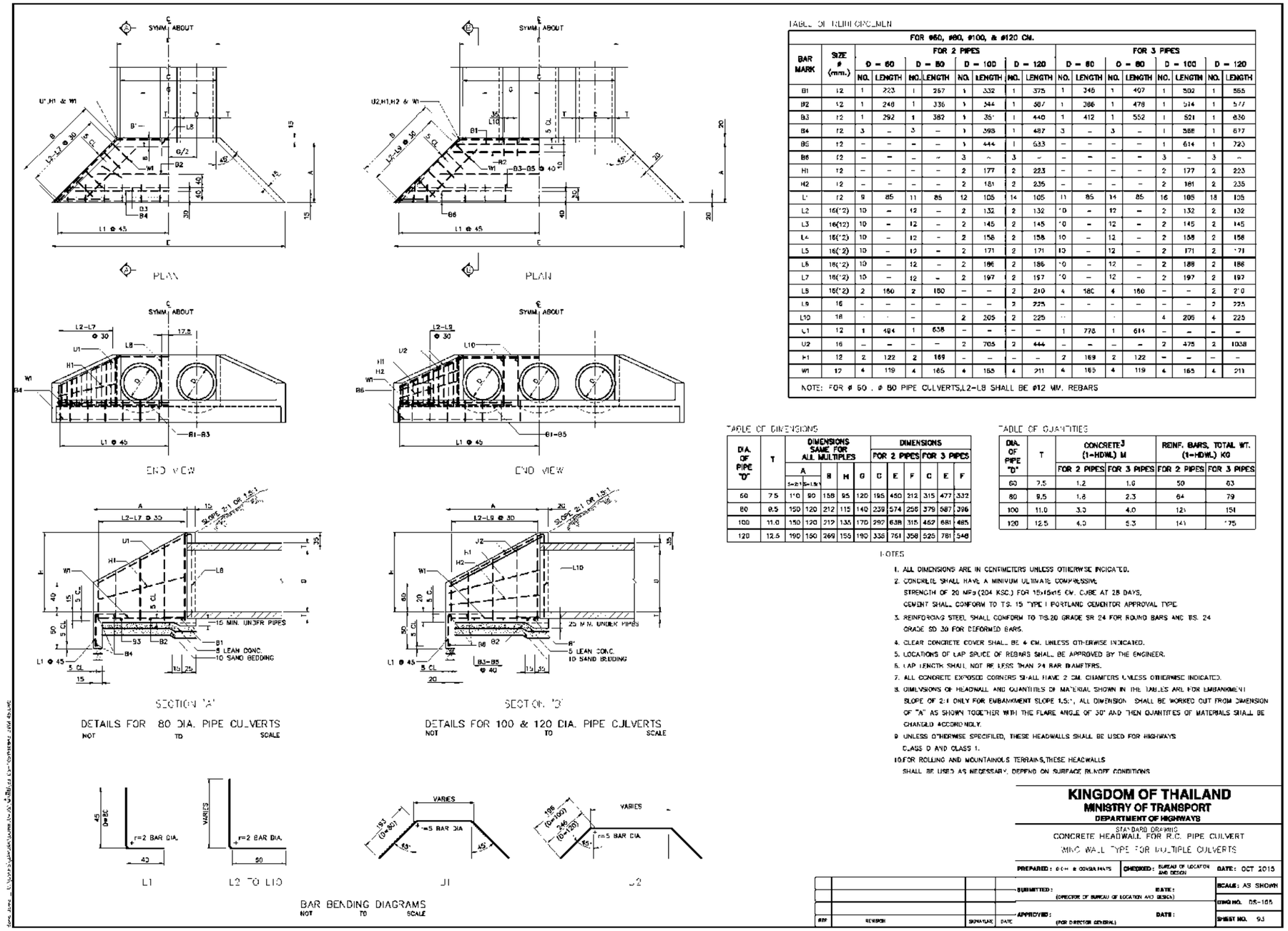


TABLE OF REINFORCEMENT

BAR MARK	SIZE ø (mm.)	FOR ø60, ø80, ø100, & ø120 CM.															
		FOR 2 PIPES								FOR 3 PIPES							
		D = 60		D = 80		D = 100		D = 120		D = 60		D = 80		D = 100		D = 120	
		NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH	NO.	LENGTH
B1	12	1	223	1	257	1	332	1	375	1	345	1	407	1	502	1	565
B2	12	1	248	1	336	1	344	1	387	1	386	1	478	1	514	1	577
B3	12	1	292	1	382	1	351	1	440	1	412	1	552	1	521	1	630
B4	12	3	–	3	–	1	393	1	487	3	–	3	–	1	588	1	677
B5	12	–	–	–	–	1	444	1	533	–	–	–	–	1	614	1	723
B6	12	–	–	–	–	3	–	3	–	–	–	–	–	3	–	3	–
H1	12	–	–	–	–	2	177	2	223	–	–	–	–	2	177	2	223
H2	12	–	–	–	–	2	181	2	235	–	–	–	–	2	181	2	235
L1	12	9	85	11	85	12	105	14	105	11	85	14	85	16	105	18	105
L2	16(12)	10	–	12	–	2	132	2	132	10	–	12	–	2	132	2	132
L3	16(12)	10	–	12	–	2	145	2	145	10	–	12	–	2	145	2	145
L4	16(12)	10	–	12	–	2	158	2	158	10	–	12	–	2	158	2	158
L5	16(12)	10	–	12	–	2	171	2	171	10	–	12	–	2	171	2	171
L6	16(12)	10	–	12	–	2	186	2	186	10	–	12	–	2	186	2	186
L7	16(12)	10	–	12	–	2	197	2	197	10	–	12	–	2	197	2	197
L8	16(12)	2	160	2	160	–	–	2	210	4	160	4	160	–	–	2	210
L9	16	–	–	–	–	–	–	2	225	–	–	–	–	–	–	2	225
L10	16	–	–	–	–	2	205	2	225	–	–	–	–	4	205	4	225
U1	12	1	494	1	638	–	–	–	–	1	778	1	614	–	–	–	–
U2	16	–	–	–	–	2	705	2	444	–	–	–	–	2	475	2	1038
H1	12	2	122	2	169	–	–	–	–	2	169	2	122	–	–	–	–
W1	12	4	119	4	165	4	165	4	211	4	165	4	119	4	165	4	211

NOTE: FOR ø 50 , ø 80 PIPE CULVERTS,L2-L8 SHALL BE ø12 MM. REBARS

TABLE OF DIMENSIONS

DIA. OF PIPE "D"	T	DIMENSIONS SAME FOR ALL MULTIPLES				DIMENSIONS FOR 2 PIPES			DIMENSIONS FOR 3 PIPES		
		A (S=2:1 / S=1.5:1)	B	H	G	C	E	F	C	E	F
60	7.5	110 / 90	150	95	120	195	450	212	315	477	332
80	9.5	150 / 120	212	115	140	239	574	256	379	587	396
100	11.0	150 / 120	212	135	170	292	638	315	462	681	485
120	12.5	190 / 150	269	155	190	338	761	358	525	781	548

TABLE OF QUANTITIES

DIA. OF PIPE "D"	T	CONCRETE^3 (1-HDWL) M		REINF. BARS, TOTAL WT. (1-HDWL) KG	
		FOR 2 PIPES	FOR 3 PIPES	FOR 2 PIPES	FOR 3 PIPES
60	7.5	1.2	1.6	50	63
80	9.5	1.8	2.3	64	79
100	11.0	3.0	4.0	121	151
120	12.5	4.0	5.3	141	175

NOTES

1. ALL DIMENSIONS ARE IN CENTIMETERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.
2. CONCRETE SHALL HAVE A MINIMUM ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF 20 MPa (204 KSC.) FOR 15x15x15 CM. CUBE AT 28 DAYS. CEMENT SHALL CONFORM TO TIS. 15 "TYPE I PORTLAND CEMENT"OR APPROVAL TYPE.
3. REINFORCING STEEL SHALL CONFORM TO TIS.20 GRADE SR 24 FOR ROUND BARS AND TIS. 24 GRADE SD 30 FOR DEFORMED BARS.
4. CLEAR CONCRETE COVER SHALL BE 4 CM. UNLESS OTHERWISE INDICATED.
5. LOCATIONS OF LAP SPLICE OF REBARS SHALL BE APPROVED BY THE ENGINEER.
6. LAP LENGTH SHALL NOT BE LESS THAN 24 BAR DIAMETERS.
7. ALL CONCRETE EXPOSED CORNERS SHALL HAVE 2 CM. CHAMFERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.
8. DIMENSIONS OF HEADWALL AND QUANTITIES OF MATERIAL SHOWN IN THE TABLES ARE FOR EMBANKMENT SLOPE OF 2:1 ONLY FOR EMBANKMENT SLOPE 1.5:1, ALL DIMENSION SHALL BE WORKED OUT FROM DIMENSION OF "A" AS SHOWN TOGETHER WITH THE FLARE ANGLE OF 30° AND THEN QUANTITIES OF MATERIALS SHALL BE CHANGED ACCORDINGLY.
9. UNLESS OTHERWISE SPECIFILED, THESE HEADWALLS SHALL BE USED FOR HIGHWAYS CLASS D AND CLASS 1.
10. FOR ROLLING AND MOUNTAINOUS TERRAINS, THESE HEADWALLS SHALL BE USED AS NECESSARY, DEPEND ON SURFACE RUNOFF CONDITIONS

KINGDOM OF THAILAND
MINISTRY OF TRANSPORT
DEPARTMENT OF HIGHWAYS

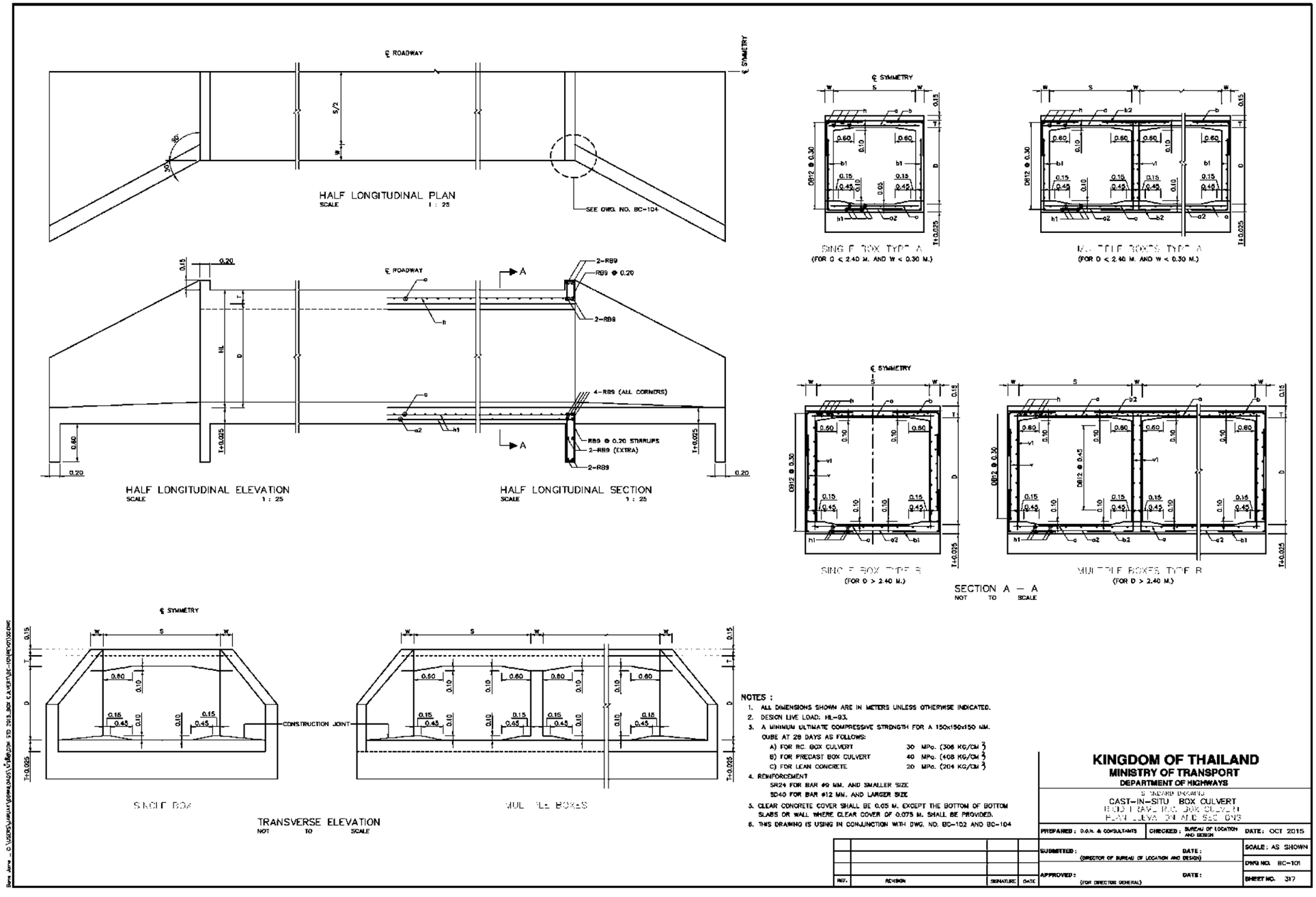
STANDARD DRAWING
CONCRETE HEADWALL FOR R.C. PIPE CULVERT
WING WALL TYPE FOR MULTIPLE CULVERTS

PREPARED: D.C.H. & CONSULTANTS | CHECKED: BUREAU OF LOCATION AND DESIGN | DATE: OCT 2015

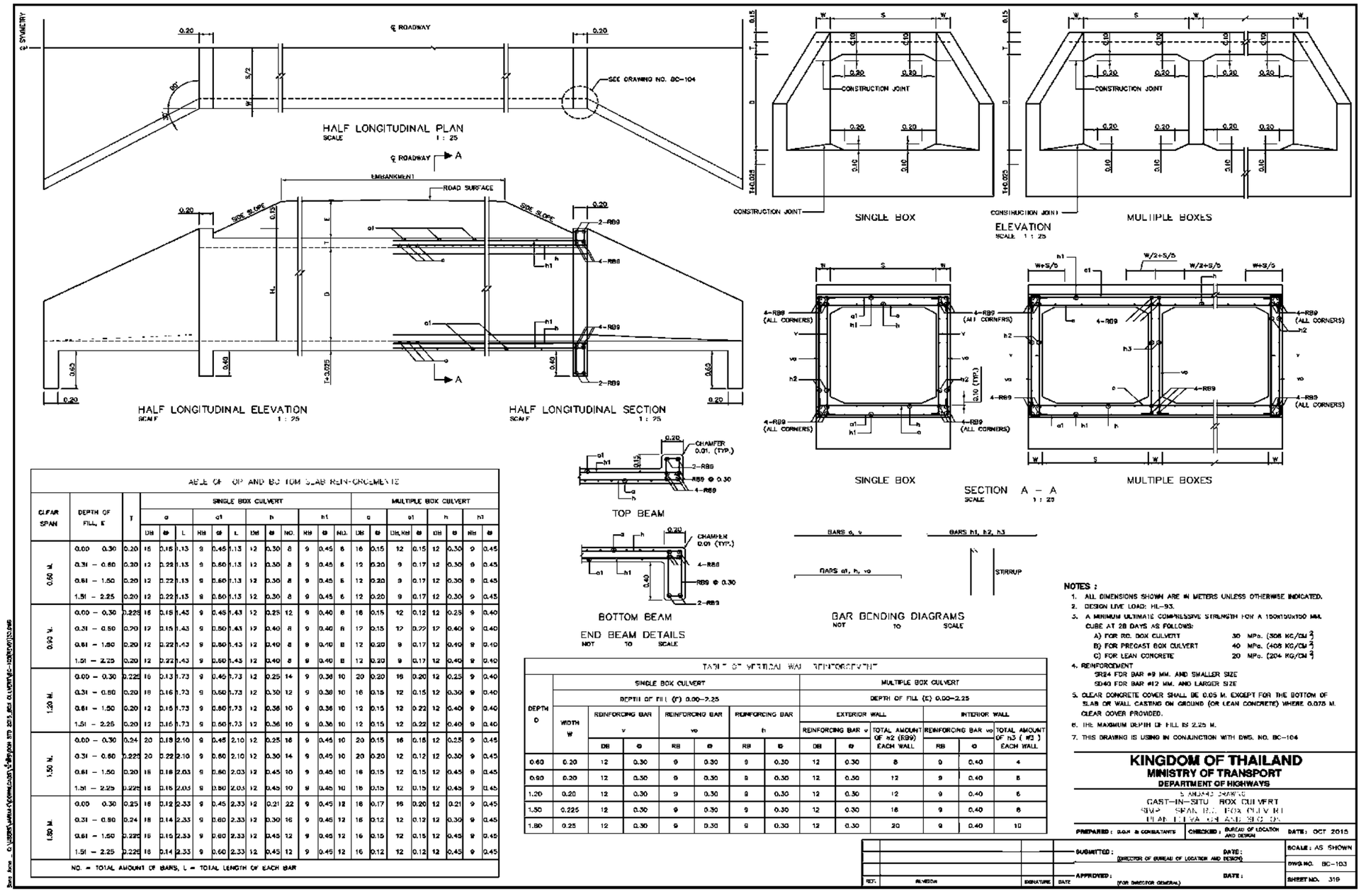
SUBMITTED: (DIRECTOR OF BUREAU OF LOCATION AND DESIGN) DATE:
APPROVED: (FOR DIRECTOR GENERAL) DATE:

SCALE: AS SHOWN
DWG NO. DS-105
SHEET NO. 9.1

รูปที่ 4.2-6 (ต่อ) แบบแนะนำการก่อสร้างท่อลอดที่ปรับปรุงใหม่ (กรณีท่อ 2-3 แถว)



รูปที่ 4.2-7 แบบแนะนำการก่อสร้างท่อลอด (ท่อเหลี่ยม) ที่ปรับปรุงใหม่



ABLE OF TOP AND BOTTOM SLAB REINFORCEMENT

CLEAR SPAN	DEPTH OF FILL, E	T	SINGLE BOX CULVERT a			a1			h			h1			MULTIPLE BOX CULVERT a			a1			h			h3		
			DB	@	L	RB	@	L	DB	@	NO.	RB	@	NO.	DB	@	DB, RB	@	DB	@	NO.	RB	@	NO.	RB	@
0.60 M.	0.00 – 0.30	0.20	16	0.15	1.13	9	0.45	1.13	12	0.30	8	9	0.45	6	16	0.15	12	0.15	12	0.30	9	0.45				
	0.31 – 0.60	0.20	12	0.22	1.13	9	0.60	1.13	12	0.30	8	9	0.45	6	12	0.20	9	0.17	12	0.30	9	0.45				
	0.61 – 1.50	0.20	12	0.22	1.13	9	0.60	1.13	12	0.30	8	9	0.45	6	12	0.20	9	0.17	12	0.30	9	0.45				
	1.51 – 2.25	0.20	12	0.22	1.13	9	0.60	1.13	12	0.30	8	9	0.45	6	12	0.20	9	0.17	12	0.30	9	0.45				
0.90 M.	0.00 – 0.30	0.225	16	0.15	1.43	9	0.45	1.43	12	0.25	12	9	0.40	8	16	0.15	12	0.12	12	0.25	9	0.40				
	0.31 – 0.60	0.20	12	0.15	1.43	9	0.60	1.43	12	0.40	8	9	0.40	8	12	0.15	12	0.22	12	0.40	9	0.40				
	0.61 – 1.50	0.20	12	0.22	1.43	9	0.60	1.43	12	0.40	8	9	0.40	8	12	0.20	9	0.17	12	0.40	9	0.40				
	1.51 – 2.25	0.20	12	0.22	1.43	9	0.60	1.43	12	0.40	8	9	0.40	8	12	0.20	9	0.17	12	0.40	9	0.40				
1.20 M.	0.00 – 0.30	0.225	16	0.13	1.73	9	0.45	1.73	12	0.25	14	9	0.38	10	20	0.20	16	0.20	12	0.25	9	0.40				
	0.31 – 0.60	0.20	16	0.16	1.73	9	0.60	1.73	12	0.30	12	9	0.38	10	16	0.15	12	0.15	12	0.30	9	0.40				
	0.61 – 1.50	0.20	12	0.15	1.73	9	0.60	1.73	12	0.38	10	9	0.38	10	12	0.15	12	0.22	12	0.40	9	0.40				
	1.51 – 2.25	0.20	12	0.16	1.73	9	0.60	1.73	12	0.38	10	9	0.38	10	12	0.15	12	0.22	12	0.40	9	0.40				
1.50 M.	0.00 – 0.30	0.24	20	0.18	2.10	9	0.45	2.10	12	0.25	16	9	0.45	10	20	0.15	16	0.18	12	0.25	9	0.45				
	0.31 – 0.60	0.225	20	0.22	2.10	9	0.60	2.10	12	0.30	14	9	0.45	10	20	0.20	12	0.12	12	0.30	9	0.45				
	0.61 – 1.50	0.20	16	0.18	2.03	9	0.60	2.03	12	0.45	10	9	0.45	10	16	0.15	12	0.15	12	0.45	9	0.45				
	1.51 – 2.25	0.225	16	0.16	2.03	9	0.60	2.03	12	0.45	10	9	0.45	10	16	0.15	12	0.15	12	0.45	9	0.45				
1.80 M.	0.00 – 0.30	0.25	16	0.12	2.33	9	0.45	2.33	12	0.21	22	9	0.45	12	16	0.17	16	0.20	12	0.21	9	0.45				
	0.31 – 0.60	0.24	16	0.14	2.33	9	0.60	2.33	12	0.30	16	9	0.45	12	16	0.12	12	0.12	12	0.30	9	0.45				
	0.61 – 1.50	0.225	16	0.15	2.33	9	0.60	2.33	12	0.45	12	9	0.45	12	16	0.15	12	0.15	12	0.45	9	0.45				
	1.51 – 2.25	0.225	16	0.14	2.33	9	0.60	2.33	12	0.45	12	9	0.45	12	16	0.12	12	0.12	12	0.45	9	0.45				

NO. = TOTAL AMOUNT OF BARS, L = TOTAL LENGTH OF EACH BAR

TABLE OF VERTICAL WALL REINFORCEMENT

DEPTH D	WIDTH W	SINGLE BOX CULVERT: DEPTH OF FILL (F) 0.00–7.25 — REINFORCING BAR v		REINFORCING BAR vo		REINFORCING BAR h		MULTIPLE BOX CULVERT: DEPTH OF FILL (E) 0.00–2.25 — EXTERIOR WALL: REINFORCING BAR v		TOTAL AMOUNT OF h2 (RB9) EACH WALL	INTERIOR WALL: REINFORCING BAR vo		TOTAL AMOUNT OF h3 (#3) EACH WALL
		DB	@	RB	@	RB	@	DB	@		RB	@	
0.60	0.20	12	0.30	9	0.30	9	0.30	12	0.30	8	9	0.40	4
0.90	0.20	12	0.30	9	0.30	9	0.30	12	0.30	12	9	0.40	6
1.20	0.20	12	0.30	9	0.30	9	0.30	12	0.30	12	9	0.40	6
1.50	0.225	12	0.30	9	0.30	9	0.30	12	0.30	16	9	0.40	8
1.80	0.25	12	0.30	9	0.30	9	0.30	12	0.30	20	9	0.40	10

NOTES :
1. ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.
2. DESIGN LIVE LOAD: HL-93.
3. A MINIMUM ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH FOR A 150x150x150 MM. CUBE AT 28 DAYS AS FOLLOWS:
   A) FOR RC. BOX CULVERT 30 MPa. (306 KG/CM²)
   B) FOR PRECAST BOX CULVERT 40 MPa. (408 KG/CM²)
   C) FOR LEAN CONCRETE 20 MPa. (204 KG/CM²)
4. REINFORCEMENT
   SR24 FOR BAR #9 MM. AND SMALLER SIZE
   SD40 FOR BAR #12 MM. AND LARGER SIZE
5. CLEAR CONCRETE COVER SHALL BE 0.05 M. EXCEPT FOR THE BOTTOM OF SLAB OR WALL CASTING ON GROUND (OR LEAN CONCRETE) WHERE 0.075 M. CLEAR COVER PROVIDED.
6. THE MAXIMUM DEPTH OF FILL IS 2.25 M.
7. THIS DRAWING IS USING IN CONJUNCTION WITH DWG. NO. BC-104

KINGDOM OF THAILAND
MINISTRY OF TRANSPORT
DEPARTMENT OF HIGHWAYS

5 ANGLE SERIES
CAST-IN-SITU BOX CULVERT
SKEW SPAN 0.6 - 1.8 M. FOR ONE OR TWO LANES ONE AND TWO WAYS

PREPARED : D.O.H. & CONSULTANTS | CHECKED : BUREAU OF LOCATION AND DESIGN | DATE : OCT 2015

SUBMITTED : (DIRECTOR OF BUREAU OF LOCATION AND DESIGN) DATE :
APPROVED : (FOR DIRECTOR GENERAL) DATE :

SCALE : AS SHOWN
DWG NO. BC-103
SHEET NO. 319

NO. REVISION SIGNATURE DATE

รูปที่ 4.2-7 (ต่อ) แบบแนะนำการก่อสร้างท่อลอด (ท่อเหลี่ยม) ที่ปรับปรุงใหม่

4.2.3.6. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ มีแนวทางการศึกษา 2 กรณี

กรณีที่ 1 ทำการโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางน้ำเข้าของอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ใน**หัวข้อที่ -4.2.3.4** โดยยังไม่มีการเพิ่มขนาดของอาคารระบายน้ำ

กรณีที่ 2 1 ทำการโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางน้ำเข้าของอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ใน**หัวข้อที่ 4.2.3.4** และมีการเพิ่มขนาดของอาคารระบายน้ำ โดยกำหนดเป้าหมายให้ลดขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้อย่างน้อยร้อยละ 20

โดยในการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีจะพิจารณาจากการกำหนดเหตุการณ์น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี มาใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า หากมีการใช้แบบก่อสร้างที่เสนอแนะขึ้นใหม่โดยปรับแค่รูปแบบของ Wingwall ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2- 4** และตัวอย่างใน**รูปที่ 4.2-8** จะส่งผลให้ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมลดลงเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 7.38 แต่ถ้าหากปรับทั้งรูปแบบของ Wingwall และขนาดของอาคารระบายน้ำ ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2-5** และตัวอย่างใน**รูปที่ 4.2-9** จะช่วยลดขนาดของพื้นที่น้ำท่วมให้ ลดลงเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 22.06 ทั้งนี้ จำนวนตำแหน่งของอาคารระบายน้ำที่จะต้องทำการปรับปรุง (ทั้งรูปแบบ Wingwall และขนาด) ในแต่ละพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 4.2-6** โดยมีตำแหน่งที่ต้องปรับปรุงรวมทั้งสิ้น 564 ตำแหน่ง

ตารางที่ 4.2-4 พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารระบายน้ำกรณีปรับปรุงเฉพาะรูปแบบของ Wingwall

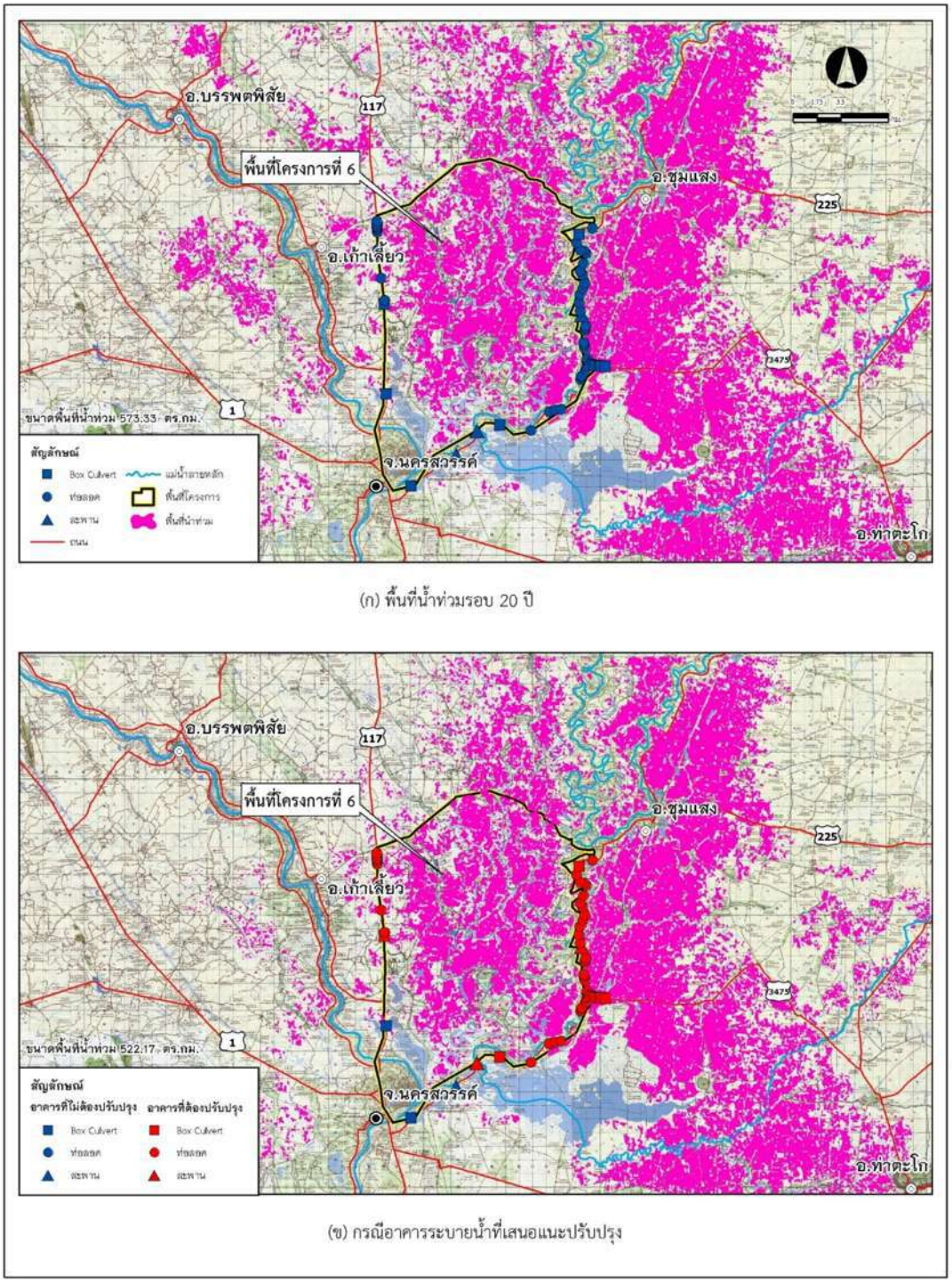
พื้นที่ศึกษานำร่อง	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	573.33	522.17	8.92
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	1,805.34	1,630.04	9.71
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	390.68	355.66	8.96
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	545.93	540.41	1.01
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 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 4.2-5 พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารระบายน้ำกรณีปรับปรุงทั้งรูปแบบของ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ

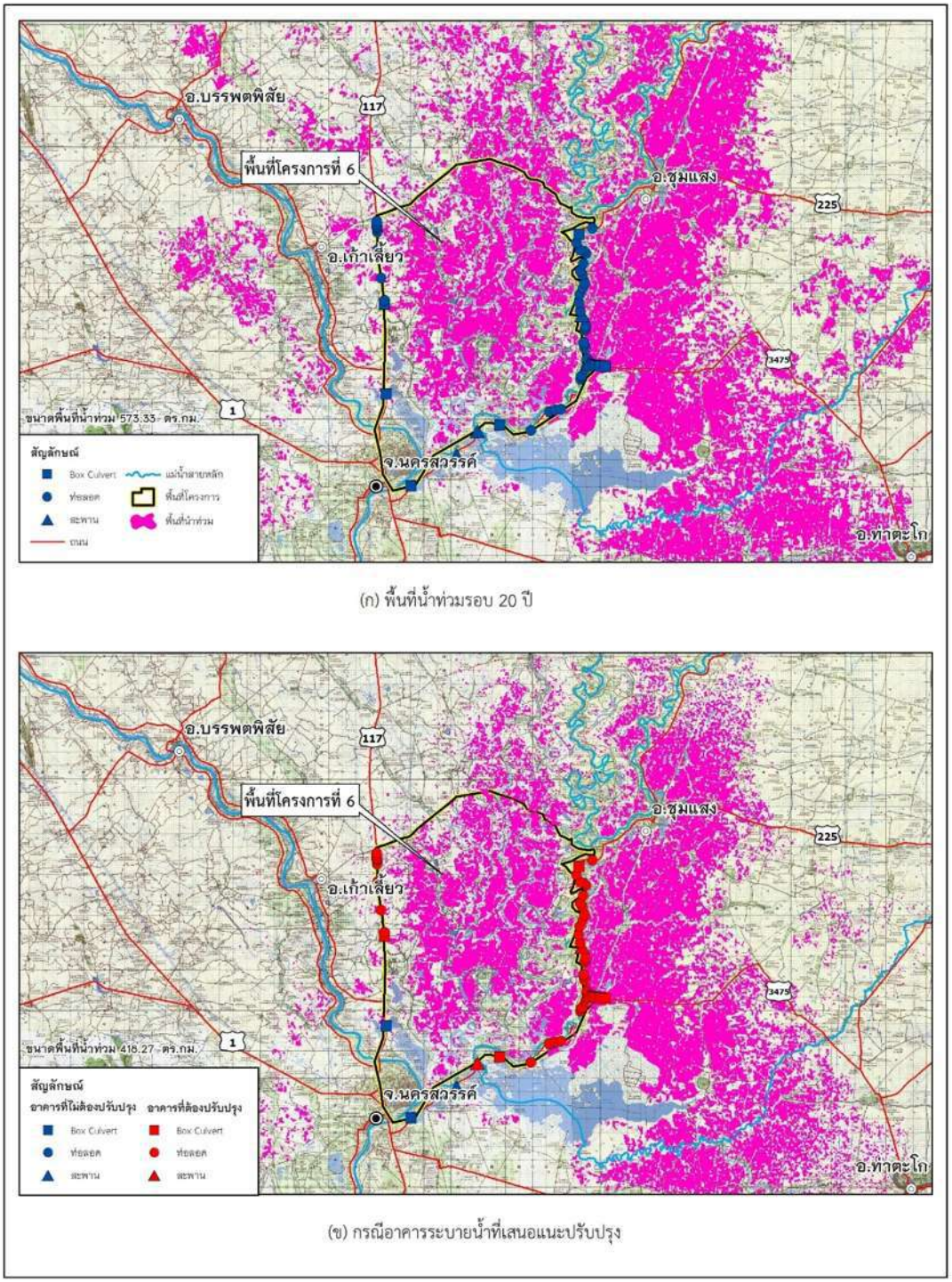
พื้นที่ศึกษานำร่อง	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	573.33	418.27	27.05
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	1,805.34	1,429.26	20.83
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	390.68	304.29	22.11
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	545.93	418.78	23.29
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 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 4.2-6 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**



รูปที่ 4.2-8 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุงเฉพาะรูปแบบ Wingwall สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



ผลการเปรียบเทียบแผนที่พื้นที่น้ำท่วมรอบ 20 ปี ของพื้นที่การศึกษาที่ 6

รูปที่ 4.2-9 ตัวอย่างการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำกรณีปรับปรุงทั้งรูปแบบ Wingwall และขนาดอาคารระบายน้ำ สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6

4.2.4. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่สำคัญจากการดำเนินงานในโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ สามารถแสดงได้ดังนี้

1) การดำเนินงานของโครงการนี้ได้ผลลัพธ์ที่สำคัญประการหนึ่งคือ สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ปรับปรุงขึ้นใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของลักษณะทางกายภาพในพื้นที่มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามวิศวกรผู้ที่จะนำสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่เสนอแนะไปใช้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ขั้นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) หรือมีโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ไว้ใช้งาน เนื่องจากจำเป็นต้องประเมินขนาดของพื้นที่รับน้ำตลอดจนสัดส่วนของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดิน ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้สมการดังกล่าว ดังนั้นจึงเสนอแนะให้กรมทางหลวงมีการจัดหาโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ไว้เพื่อใช้งาน รวมถึงมีการจัดฝึกอบรมให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจัง เพื่อให้บุคลากรเหล่านี้มีความรู้ความสามารถและสามารถนำผลการศึกษาของโครงการไปใช้ให้เป็นรูปธรรมต่อไป
2) สมการการไหลสูงสุดที่พัฒนาขึ้นมีพื้นฐานมาจากการประเมินอัตราการไหลสูงสุดและลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในภูมิภาคอื่นๆ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นหากต้องการจะใช้สมการลักษณะเดียวกันในพื้นที่อื่นๆ จึงจำเป็นต้องนำแนวทางการดำเนินงานในโครงการนี้ ไปทำการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลตามลักษณะกายภาพของพื้นที่นั้นๆ ต่อไป และถ้าหากในอนาคต มีการศึกษาครอบคลุมทั่วทั้งภูมิภาคของประเทศไทย ก็สามารถที่จะนำผลการศึกษาทั้งหมดมาวิเคราะห์รวมกันอีกครั้ง เพื่อหาชุดสมการที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่ครอบคลุมได้ทั้งประเทศ ต่อไป
3) ผลการดำเนินงานของโครงการโดยเฉพาะการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด สามารถนำมาพัฒนาต่อยอดงานวิจัย โดยจัดทำเป็นโปรแกรมประยุกต์หรือระบบช่วยตัดสินใจ ในการออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงได้ โดยโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้น อาจให้ผู้ใช้งานกำหนดตำแหน่งอาคารระบายน้ำบนแผนที่ จากนั้นโปรแกรมจะนำข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลกลางมาประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสมการ จากนั้นจึงทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดแบบอัตโนมัติ หรือโปรแกรมอาจจะเสนอแนะเป็นแบบการก่อสร้างที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้งานนำไปใช้เพื่อการออกแบบรายละเอียดต่อไป

4.3. การทบทวนแผนงานการบริหารจัดการอุทกภัย และโครงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวางผังเมืองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.3.1. โครงการระบบระบายน้ำแม่น้ำตรัง กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำแม่น้ำตรัง เป็นเป็นครงการที่ดำเนินงานโดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อที่จะ แก้ไขปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง-ปะเหลียน ซึ่งมักเกิดปัญหาน้ำท่วมขังและทวีความรุนแรงขึ้นทุกปี โดยรายละเอียดที่สำคัญของโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) พื้นที่ดำเนินงานโครงการ

โครงการดำเนินการในพื้นที่ ตำบลหนองตรุด ตำบลนาโต๊ะหมิง และ ตำบลบางรัก อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ดังแสงใน**รูปที่ 4.3-1**

(2) ลักษณะโครงการ

โครงการระบบระบายน้ำแม่น้ำตรัง ประกอบด้วย การก่อสร้างต่าง ๆ ดังนี้

- การขุดคลองผันน้ำคลองตรุด-คลองช้าง โดยเริ่มตั้งแต่บ้านหนองตรุด หมู่ที่ 1 (ประมาณ กม. 31+000 ของแม่น้ำตรัง) ผ่านหมู่ที่ 2 หมู่ที่ 3 ตำบลหนองตรุด หมู่ที่ 1 ตำบลนาโต๊ะหมิง และหมู่ที่ 4 ตำบลบางรัก โดยสิ้นสุดที่บ้านคลองช้าง หมู่ที่ 4 ตำบลบางรัก อำเภอเมืองจังหวัดตรัง โดยคลองผันน้ำที่ทำการขุดมีรูปแบบของหน้าตัดดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-2** และมีรายละเอียดดังนี้
  - ความยาวคลอง 7.55 กิโลเมตร
  - ความกว้างท้องคลอง 102.0 เมตร
  - ความลึกคลอง 4.50 เมตร
  - ความสามารถในการระบาย 782 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
  - ถนนบนคันคลองกว้าง 9.0 เมตร
- ก่อสร้างประตูระบายน้ำหนองตรุด ขนาด 8.00 x 6.50 เมตร จำนวน 10 ช่อง 1 แห่ง (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-3**)
- ก่อสร้างประตูระบายน้ำคลองช้าง ขนาด 8.00 x 7.00 เมตร จำนวน 10 ช่อง 1 แห่ง (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-3**)
- ก่อสร้างและปรับปรุงสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กข้าม คลองผันน้ำ ความยาวประมาณ 150 เมตร จำนวน 6 แห่ง (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-4**)

(3) งบประมาณการก่อสร้าง

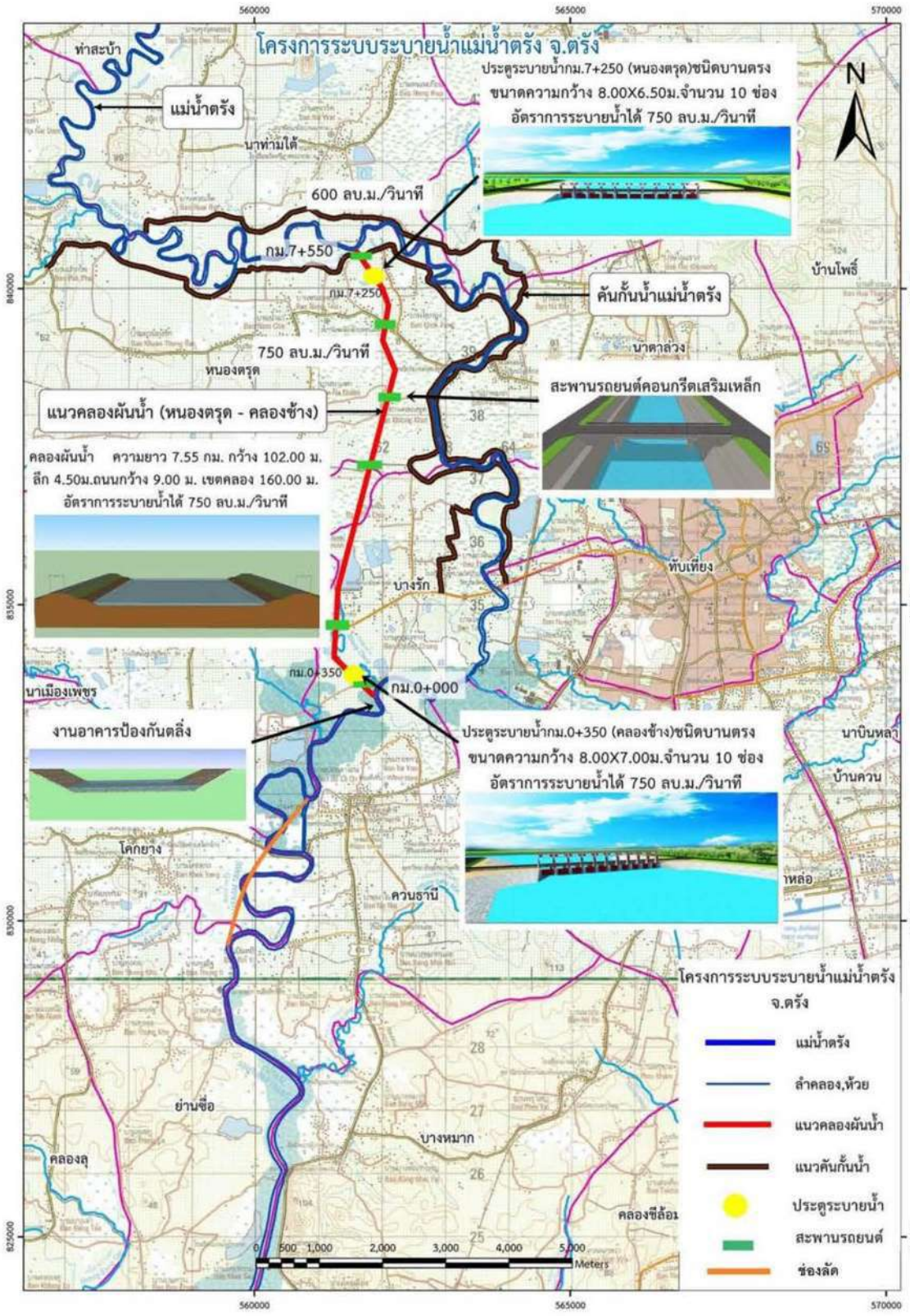
งบประมาณ 1,482.50 ล้านบาท (ไม่รวมค่าเวนคืนที่ดิน)

(4) ระยะเวลาดำเนินโครงการ

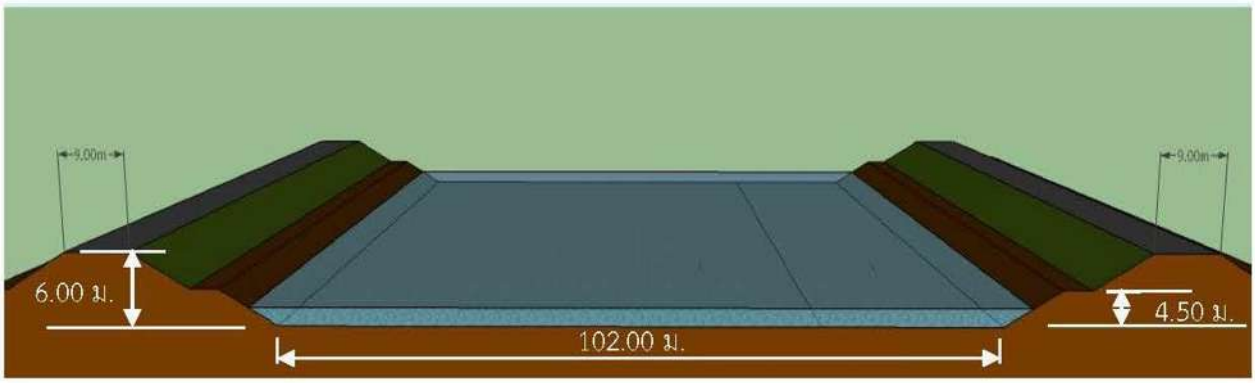
ระยะเวลาดำเนินการ 4 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2559-2562

(5) ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ด้านการบรรเทาอุทกภัยจากการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของแม่น้ำตรังช่วงที่มีการก่อสร้างพนังกั้นน้ำชิดริมสองฝั่งของแม่น้ำตรัง ทำให้ลดระดับน้ำในแม่น้ำตรังไม่ให้ล้นคันพนังกั้นน้ำซึ่งจะทำให้น้ำเข้าไปท่วมในเขตเทศบาลและพื้นที่ชุมชนหลังพนังกั้นน้ำ โดยจะช่วยให้เร่งระบายน้ำออกปากแม่น้ำตรังได้เร็วขึ้น
- ด้านการเก็บกักน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง โดยสามารถปิดประตูระบายน้ำในช่วงปลายฤดูฝนเพื่อเก็บกักน้ำในคลองผันน้ำที่มีความจุประมาณ 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับใช้เพื่อการเกษตรกรรมและอุปโภค บริโภค
- เป็นแหล่งน้ำต้นทุนในการผลักดันการรุกตัวของน้ำแค็มในช่วงฤดูแล้ง ทำให้สามารถนำน้ำมาผลิตน้ำประปาได้



รูปที่ 4.3-1 ตำแหน่งที่ตั้งและรายละเอียดโครงการระบบระบายน้ำ แม่น้ำตรัง



รูปที่ 4.3-2 หน้าตัดคลองผันน้ำ แม่น้ำตรัง

รูปที่ 4.3-3 ประตูระบายน้ำบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของคลองผันน้ำ แม่น้ำตรัง

รูปที่ 4.3-4 รูปแบบของสะพานข้างคลองผันน้ำ แม่น้ำตรัง

4.3.2. โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ ระยะที่ 2 กรมชลประทาน

โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2 เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของ คลอง ร.1 จากเดิมที่ระบายน้ำได้ 465 ลูกบาศ์เมตรต่อวินาที ให้เพิ่มเป็น 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งจะทำให้น้ำสามารถระบายน้ำลงทะเลสาบสงขลาได้เร็วขึ้น โดยรายละเอียดที่สำคัญของโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) พื้นที่ดำเนินงานโครงการ

โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2 มีที่ตั้งหัวงาน อยู่ที่หมู่ที่ 1 บ้านหน้าควน เทศบาลเมืองควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดังแสงใน**รูปที่ 4.3-5**

(2) ลักษณะโครงการ

โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2 ประกอบด้วย การก่อสร้างต่าง ๆ ดังนี้

- การปรับปรุงคลองระบายน้ำ ร.1 ความยาว 20.937 กิโลเมตร จากเดิมที่ระบายน้ำได้ 465 ลูกบาศ์เมตรต่อวินาที ให้เพิ่มเป็น 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีรายละเอียดในการปรับปรุงดังนี้
  - กม.1+000 ถึง กม. 3+813 ขนาดความกว้างคลองจากเดิม 50 เมตร เป็น 100 เมตร และมีความลึกของคลอง 7.0 เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-6**
  - กม.3+953 ถึง กม. 14+460 ขนาดความกว้างคลองจากเดิม 50 เมตร เป็น 70 เมตร และมีความลึกของคลอง 7.0 เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-7**
  - กม.14+460 ถึง กม. 20+937 จากเดิมเป็นคลองคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมคางหมูท้องคลองกว้าง 24 เมตร ปรับปรุงเป็นคลองคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมท้องคลองกว้าง 70 เมตร มีความลึก 7.60 เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-8**
- ปรับปรุงประตูระบายน้ำหน้าควน 2 ขนาด 12.50 x 7.50 เมตร จำนวน 3 ช่อง 1 แห่ง (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-9**)
- ปรับปรุงประตูระบายน้ำบางหยี 2 ขนาด 6.00 x 6.00 เมตร จำนวน 8 ช่อง 1 แห่ง (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-10**)
- ก่อสร้างสถานีสูบน้ำบางหยี บริเวณประตูระบายน้ำบางหยี 2 พร้อมติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่อัตราการสูบ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จำนวน 6 ชุด เพื่อเสริมการระบายน้ำจากคลอง ร.1 ให้ออกสู่ทะเลสาบสงขลาได้เร็วขึ้น (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-11**)

(3) งบประมาณการก่อสร้าง

งบประมาณ 6,500 ล้านบาท (รวมค่าเวนคืนที่ดิน)

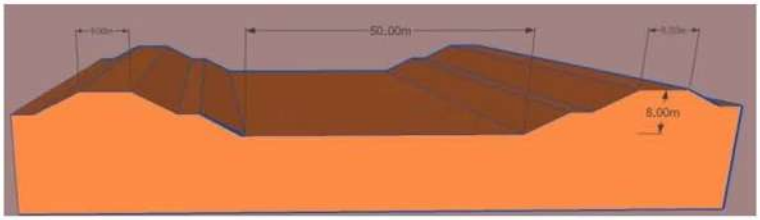
(4) ระยะเวลาดำเนินโครงการ

ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2558-2562

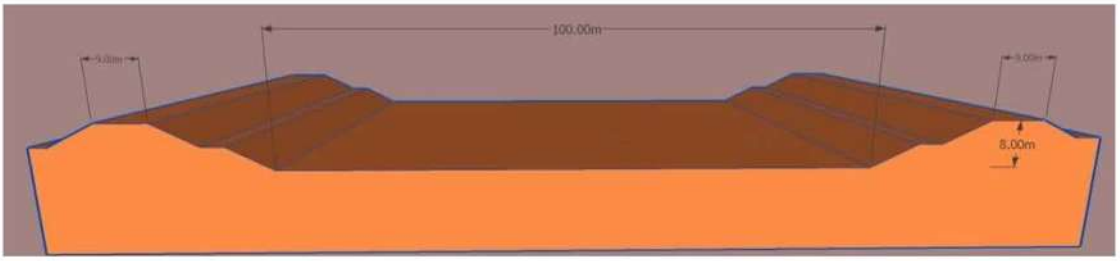
(5) ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของ คลอง ร.1 จากเดิมที่ระบายน้ำได้ 465 ลูกบาศ์เมตรต่อวินาที ให้เพิ่มเป็น 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งจะช่วยลดระดับความเสียหายจากอุทกภัยในช่วงฤดูฝนในพื้นที่เศรษฐกิจของเทศบาลนครหาดใหญ่และพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงสามารถเป็นเก็บกักน้ำสำรองไว้ใช้ในฤดูแล้งได้ประมาณ 5.0 ล้านลูกบาศก์เมตร

รูปที่ 4.3-5 ตำแหน่งที่ตั้งและรายละเอียดโครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2

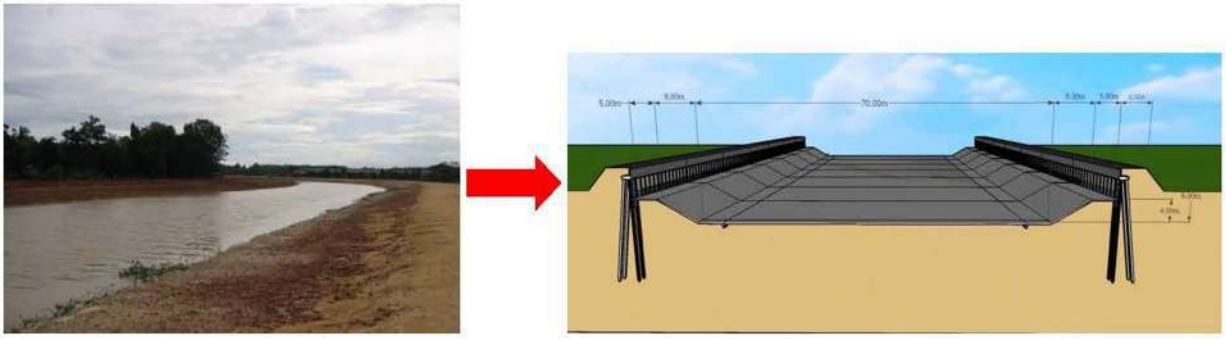


รูปแบบคลองเดิม



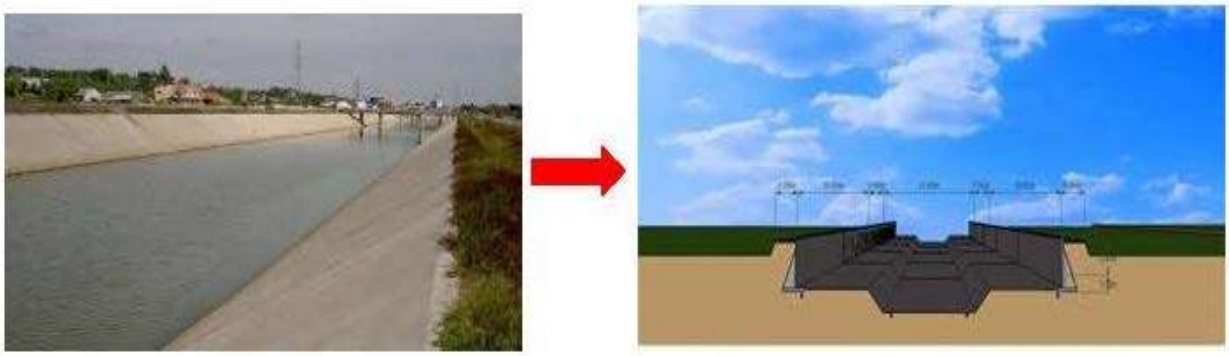
รูปแบบคลองปรับปรุง

รูปที่ 4.3-6 รูปแบบการปรับปรุงคลอง ร.1 ช่วง กม.1+000 ถึง กม. 3+813 โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ ระยะที่ 2



รูปแบบคลองเดิม รูปแบบคลองปรับปรุง

รูปที่ 4.3-7 รูปแบบการปรับปรุงคลอง ร.1 ช่วง กม.3+953 ถึง กม. 14+460 โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ ระยะที่ 2



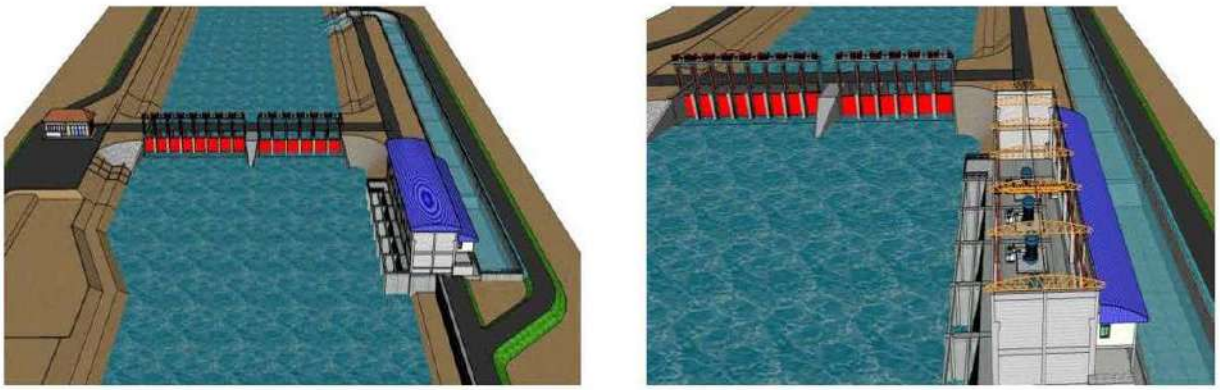
รูปที่ 4.3-8 รูปแบบการปรับปรุงคลอง ร.1 ช่วง กม.14+460 ถึง กม. 20+937 โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2

รูปที่ 4.3-9 รูปแบบประตูระบายน้ำหน้าควน 2 โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2

รูปแบบประตูระบายน้ำเดิม

รูปแบบประตูระบายน้ำปรับปรุง

รูปที่ 4.3-10 รูปแบบประตูระบายน้ำบางหยี 2 โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2



รูปที่ 4.3-11 รูปแบบสถานีสูบน้ำบางหยี โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองหาดใหญ่ระยะที่ 2

4.3.3. โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ กรมชลประทาน

โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีวัตถุประสงค์ เพื่อการบรรเทาและแก้ไขปัญหาอุทกภัยพื้นที่ของอำเภอพระพรหม อำเภอเมืองและพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อลดปัญหาพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัด ประกอบกับวัดพระมหาธาตุวรมหาวิหารเมืองนครศรีธรรมราช มีการผลักดันขอขึ้นทะเบียนมรดกโลก จะมีความเติบโตทางด้านเศรษฐกิจโดยเฉพาะการท่องเที่ยว วัฒนธรรมและการค้า เป็นการสร้างความมั่นใจในการลงทุนแก่ต่างชาติรองรับการเปิดประตูสู่ประชาคมอาเซียน โดยรายละเอียดของโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) พื้นที่ดำเนินงานโครงการ

โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดำเนินการในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-12**)

- อำเภอเมือง
  - หมู่ที่ 1และ หมู่ที่ 3 ตำบลไชยมนตรี
  - หมู่ที่ 1 หมู่ที่ 9 และ หมู่ที่ 11 ตำบลท่าเรือ
  - หมู่ที่ 1 หมู่ที่ 5และหมู่ที่ 8 ตำบลบางจาก
- อำเภอพระพรหม
  - หมู่ที่ 3และหมู่ที่ 5 ตำบลนาสาร
  - หมู่ที่ 2 หมู่ที่ 6และ หมู่ที่ 13 ตำบลช้างซ้าย

(2) ลักษณะโครงการ

เป็นโครงการระบบระบายน้ำ โดยการก่อสร้างและปรับปรุงคลองระบายน้ำเดิมเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถระบายน้ำได้มากขึ้น พร้อมทั้งก่อสร้างประตูระบายน้ำเพื่อกักเก็บน้ำและป้องกันน้ำเค็มหนุนในหน้าแล้ง ดังนี้

- คลองผันน้ำสายที่ 1 เป็นการขุดคลองผันน้ำจากคลองท่าดี เริ่มตั้งแต่บ้านนพเตียน หมู่ที่ 1 ผ่านหมู่ที่ 3 ตำบลไชยมนตรี อำเภอเมือง หมู่ที่ 3 หมู่ที่ 5 ตำบลนาสาร อำเภอพระพรหม เชื่อมคลองวังวัว ความยาวประมาณ 5.50 กิโลเมตร
- คลองผันน้ำสายที่ 2 เป็นการขุดคลองผันน้ำจากคลองหยวดที่อยู่ด้านทิศตะวันตกของทางหลวงหมายเลข 4103 มาเชื่อมกับคลองผันน้ำสายที่ 1 ด้านทิศตะวันออกของทางหลวงหมายเลข 4103 อยู่ในพื้นที่หมู่ที่ 3 ตำบลนาสาร ความยาวประมาณ 0.79 กิโลเมตร
- คลองผันน้ำสายที่ 3 เป็นการขุดคลองผันน้ำจากคลองหัวตรุด เริ่มตั้งแต่บ้านทุ่งหนองแก้ว หมู่ที่ 1 ตำบลท่าเรือ ผ่าน หมู่ที่ 1 และหมู่ที่ 9 ตำบลท่าเรือ หมู่ที่ 1และหมู่ที่ 8 ตำบลบางจาก ไปออกทะเล ที่บ้านปากเล หมู่ที่ 5 ตำบลบางจาก อำเภอเมือง ความยาวประมาณ 12.35 กิโลเมตร

(3) งบประมาณการก่อสร้าง

งบประมาณ 9,580 ล้านบาท (รวมค่าเวนคืนที่ดิน)

(4) ระยะเวลาดำเนินโครงการ

ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2561-2565

(5) ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ด้านการบรรเทาอุทกภัยจากการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำไหลผ่านเมือง และการผันน้ำก่อนเข้าเมือง ทำให้สามารถบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าดีและคลองหยวด ซึ่งครอบคลุมเขตชุมชนเมืองนครศรีธรรมราชและพื้นที่ข้างเคียงได้ถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี หากมีโครงการจะสามารถลดปริมาณน้ำได้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ได้รับประโยชน์จากโครงการ อยู่บริเวณเขตเทศบาลนครศรีธรรมราช บางส่วน ตำบลท่าซัก ตำบลปากนคร ตำบลท่าไร่ ตำบลบางจาก ตำบลท่าเรือ ตำบลมะม่วงสองต้น ตำบลไชยมนตรี อำเภอเมือง และบางส่วน ตำช้างซ้าย ตำบลนาพรุ ตำนาสาร อำเภอพระพรหม
- ด้านการแก้ปัญหาภัยแล้ง โครงการจะมีประตูเก็บกักน้ำไว้ในคลองระบายน้ำเพื่อใช้ในฤดูแล้งประมาณ 8.50 ล้านลูกบาศก์เมตร และสามารถช่วยเหลือ ราษฎรริมฝั่งคลองมีน้ำใช้เพื่อการเกษตรและอุปโภค-บริโภค โดยพื้นที่รับประโยชน์ประมาณ 10,000 ไร่

รูปที่ 4.3-12 ตำแหน่งที่ตั้งและรายละเอียดโครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

4.3.4. โครงการระบบระบายน้ำปลักปลิง-จะนะ จังหวัดสงขลา กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำปลักปลิง-จะนะ จังหวัดสงขลา เป็นโครงการในแผนแม่บทลุ่มน้ำเทพา-นาทวี โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ การบรรเทาปัญหาอุทกภัยโดยการระบายน้ำในเขตอำเภอจะนะและอำเภอนาทวี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเทศบาลตำบลจะนะ เขตเทศบาลตำบลนาทวี พื้นที่โครงการชลประทานฝายปลักปลิงและพื้นที่โครงการชลประทานคลองจะนะ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายทั้งหมดประมาณ127ตร.กม. หรือ 79,375 ไร่ โดยรายละเอียดของโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) พื้นที่ดำเนินงานโครงการ

โครงการระบบระบายน้ำปลักปลิง-จะนะ จังหวัดสงขลา ดำเนินการในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้ (ดังแสดงใน **รูปที่ 4.3-13**)

- อำเภอจะนะ ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลบ้านนา ตำบลขุนตัดหวาย ตำบลท่าหมอไทร ตำบลคู ต.บลแคและ ตำบลน้ำขาว
- อำเภอเทพา ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลนาทวี ตำบลนาหมอศรี และตำบลฉาง

(2) ลักษณะโครงการ

- เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองระบายน้ำตามธรรมชาติที่มีอยู่เดิมโดยการขุดขยายคลอง
- ปรับปรุงอาคารชลประทานที่มีอยู่ในระบบระบายน้ำ เช่น ปรับปรุงฝายเป็นประตูระบายน้ำ
- ขุดคลองผันน้ำและคลองเชื่อม จำนวน 4 แห่ง
- ขุดคลองระบายน้ำสายใหม่ จำนวน 3 สาย

(3) งบประมาณการก่อสร้าง

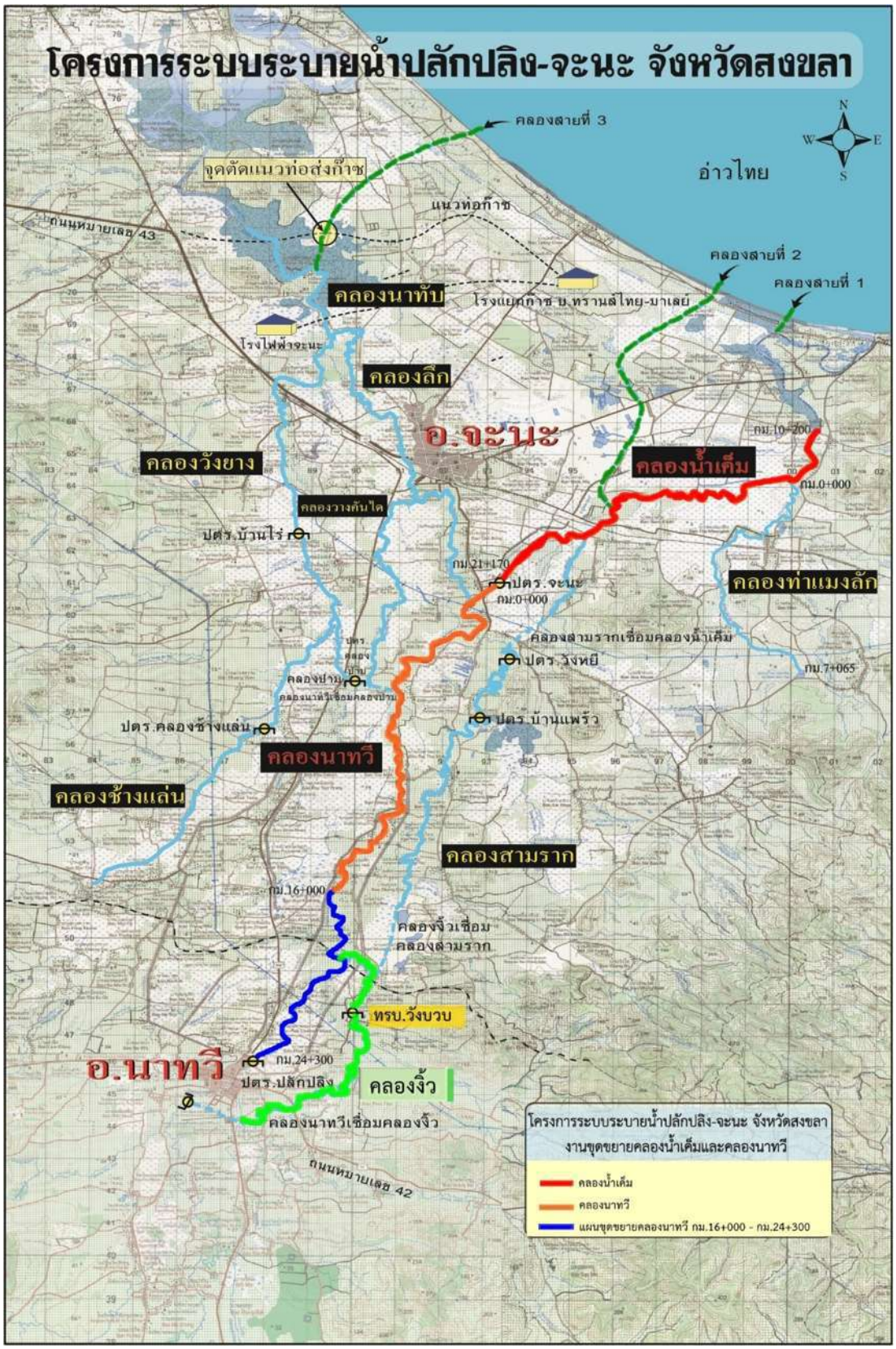
งบประมาณ 1,850 ล้านบาท (ไม่รวมค่าเวนคืนที่ดิน)

(4) ระยะเวลาดำเนินโครงการ

ระยะเวลาดำเนินการ 10 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2551-2561

(5) ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพื่อบรรเทาอุทกภัยและน้ำท่วมขังในพื้นที่อำเภอจะนะ อำเภอนาทวี และพื้นที่ใกล้เคียง ประมาณ 79,375 ไร่ ในฤดูฝน
- เพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในการใช้อุปโภค-บริโภค (เป็นแหล่งน้ำดิบให้การประปาภูมิภาค อำเภอนาทวีและอำเภอจะนะ) และการเกษตรในฤดูแล้ง



รูปที่ 4.3-13 ตำแหน่งที่ตั้งและรายละเอียดโครงการระบบระบายน้ำปลักปลิง-จะนะ จังหวัดสงขลา

4.3.5. โครงการวางผังระบายน้ำจังหวัดในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์และลุ่มน้ำตาปี : จังหวัดสุราษฎร์ธานี กรมโยธาธิการและผังเมือง

กรมโยธาธิการและผังเมือง ได้ดำเนินการเพื่อป้องกันและบรรเทาอุทกภัยด้วยมาตรการ ทางผังเมือง โดยมีแผนดำเนินการวางผังการระบายนำจังหวัดในลุ่มน้ำ ให้ครอบคลุม พื้นที่ 25 ลุ่มน้ำหลักทั่วประเทศ ซึ่งปัจจุบันดำเนินการแล้วเสร็จ ไปแล้ว 5 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำโตนเลสาป และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และในปัจจุบัน (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560) กำลังดำเนินการในอีก 4 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มสำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

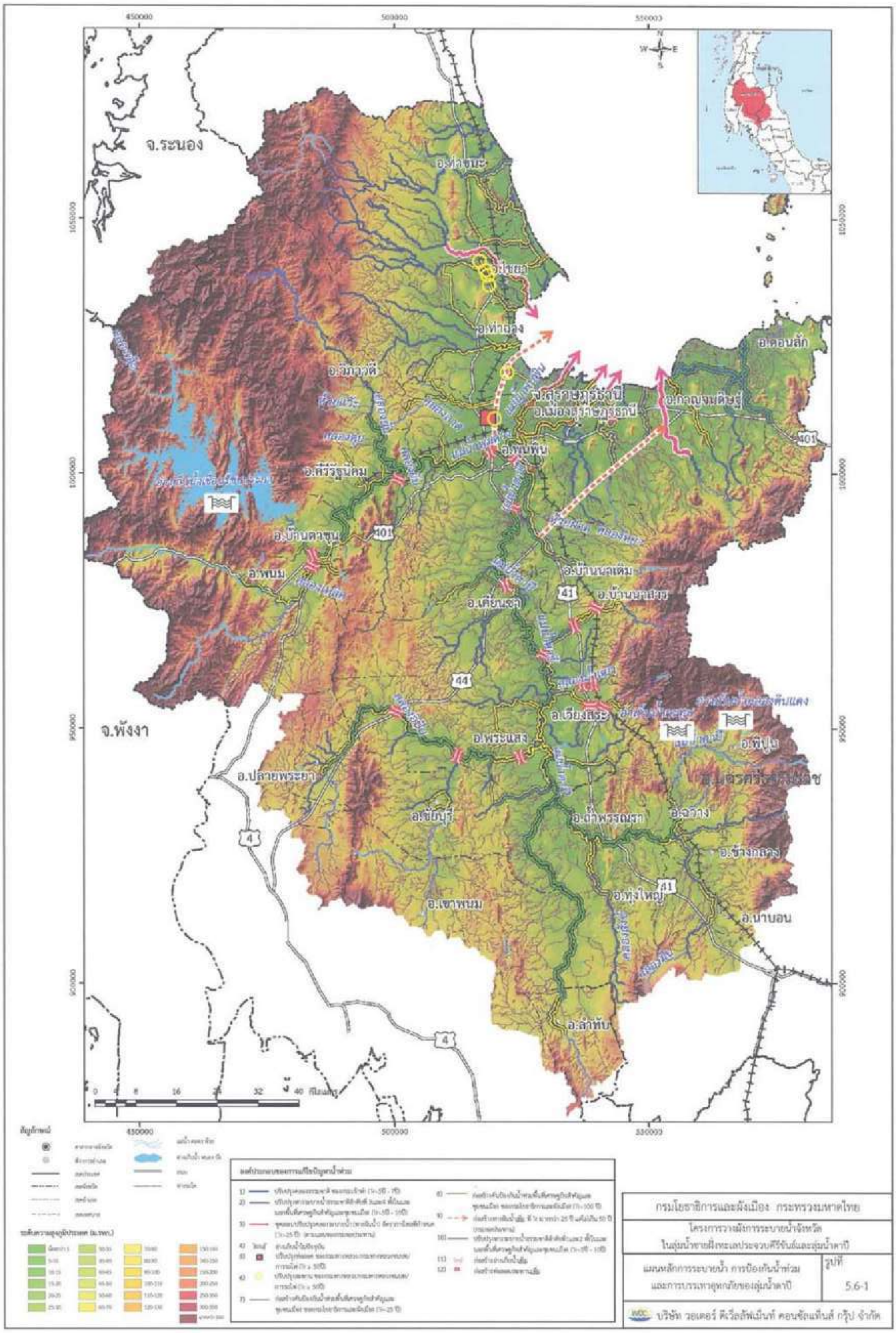
โดยในการศึกษาทบทวนครั้งนี้ ได้นำผลการศึกษาจากรายงานฉบับกลาง (มีนาคม พ.ศ. 2561) ของโครงการวางผังระบายน้ำจังหวัดในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์และลุ่มน้ำตาปี : จังหวัดสุราษฎร์ธานี กรมโยธาธิการและผังเมือง มาทำการวิเคราะห์

สำหรับแผนหลักการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วม และการบรรเทาอุทกภัยของลุ่มน้ำน้ำตาปีขึ้น (รายละเอียดของการศึกษาจัดทำแสดงไว้ในรายงานลุ่มน้ำตาปี) ในรายงานฉบับนี้ ประกอบด้วย ระบบระบายน้ำและระบบป้องกันน้ำท่วมของหน่วยงานต่างๆ ที่เป็นอยู่ตามสภาพปัจจุบันร่วมกับแผนงานแก้ไขปัญหาน้ำท่วมและการบรรเทาอุทกภัยที่หน่วยงานต่างๆ ได้เสนอต่อรัฐบาลหลังเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมและอุทกภัย ปี พ.ศ.2559 และ 2560 และงานที่เสนอต่อยอดเพิ่มขึ้น ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-14** โดยองค์ประกอบต่างๆ จะประกอบด้วย

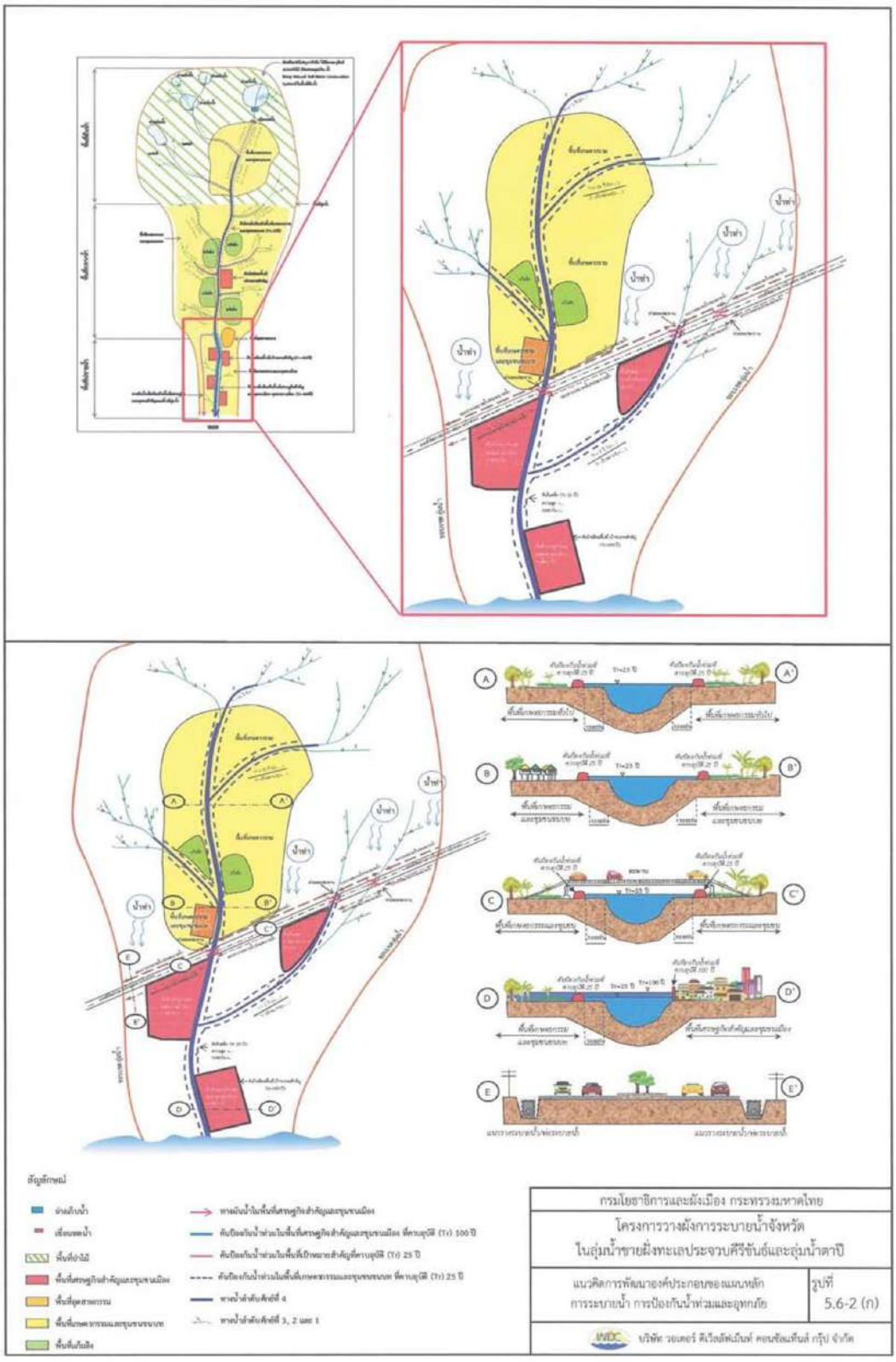
1) ใช้อ่างเก็บน้ำเดิมในพื้นที่ต้นน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา อ่างเก็บน้ำคลองดินแดง อ่างเก็บน้ำกะทูน เป็นต้น และก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่มเติม 3 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำป่าหมาก อ่างเก็บน้ำคลองท่าทอง และอ่างเก็บน้ำคลองตาล ทั้งนี้เพื่อตัดยอดน้ำหลากในช่วงฝนตก และเป็นการเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงที่ไม่มีฝนตก
2) จัดหาพื้นที่ชะลอน้ำบริเวณแม่น้ำตาปี ได้แก่ แก้มลิงทุ่งปากขอ
3) ปรับปรุงท่อลอด/สะพานให้สามารถรองรับน้ำหลากได้ที่คาบอุบัติมากกว่า 50 ปี
4) ปรับปรุงทางน้ำธรรมชาติให้สามารถรองรับน้ำหลากได้ที่คาบอุบัติ 5-10 ปี
5) ก่อสร้างคันริมน้ำพร้อมอาคารประกอบ ให้สามารถป้องกันน้ำหลากได้ที่คาบอุบัติ 25 ปี สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนชนบท และที่คาบอุบัติ 100 ปี สำหรับพื้นที่เศรษฐกิจสำคัญและชุมชนเมือง
6) ก่อสร้างคันปิดล้อมพร้อมอาคารประกอบพื้นที่ชุมชนเป้าหมายที่มีความสำคัญให้สามารถป้องกันน้ำหลากได้ที่คาบอุบัติ 100 ปี

7) เสนอให้จัดทำทางผันน้ำหลากอ้อมพื้นที่ชุมชน เพื่อป้องกันมวลน้ำหลากไหลเข้าท่วมพื้นที่ชุมชน โดยเสนอเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 จัดทำทางผันน้ำหลากจากแม่น้ำตาปีบริเวณอำเภอเคียนซาไปตามถนนเชื่อมระหว่างจังหวัดสุราษฎร์ธานีกับจังหวัดกระบี่ (ทางหลวงหมายเลข 44) แล้วระบายน้ำหลากลงคลองกระแดะเพื่อระบายลงสู่อ่าวไทยต่อไป และแนวทางที่ 2 จัดทำทางผันน้ำหลากจากแม่น้ำพุมดวง โดยทางผันน้ำจะเริ่มจากบริเวณจุดบรรจบแม่น้ำตาปีขนานไปกับคลองพุนพินแล้วระบายน้ำหลากลงสู่อ่าวไทย โดยกำหนดให้ออกแบบทางผันน้ำให้สามารถรองรับน้ำหลากได้ที่คาบอุบัติ 25-50 ปี เพื่อลดผลกระทบต่อเจ้าของที่ดินและราคาค่าก่อสร้าง
8) ขุดลอกร่องน้ำบริเวณปากแม่น้ำต่างๆ เพื่อนำตะกอนออกจากทางน้ำ

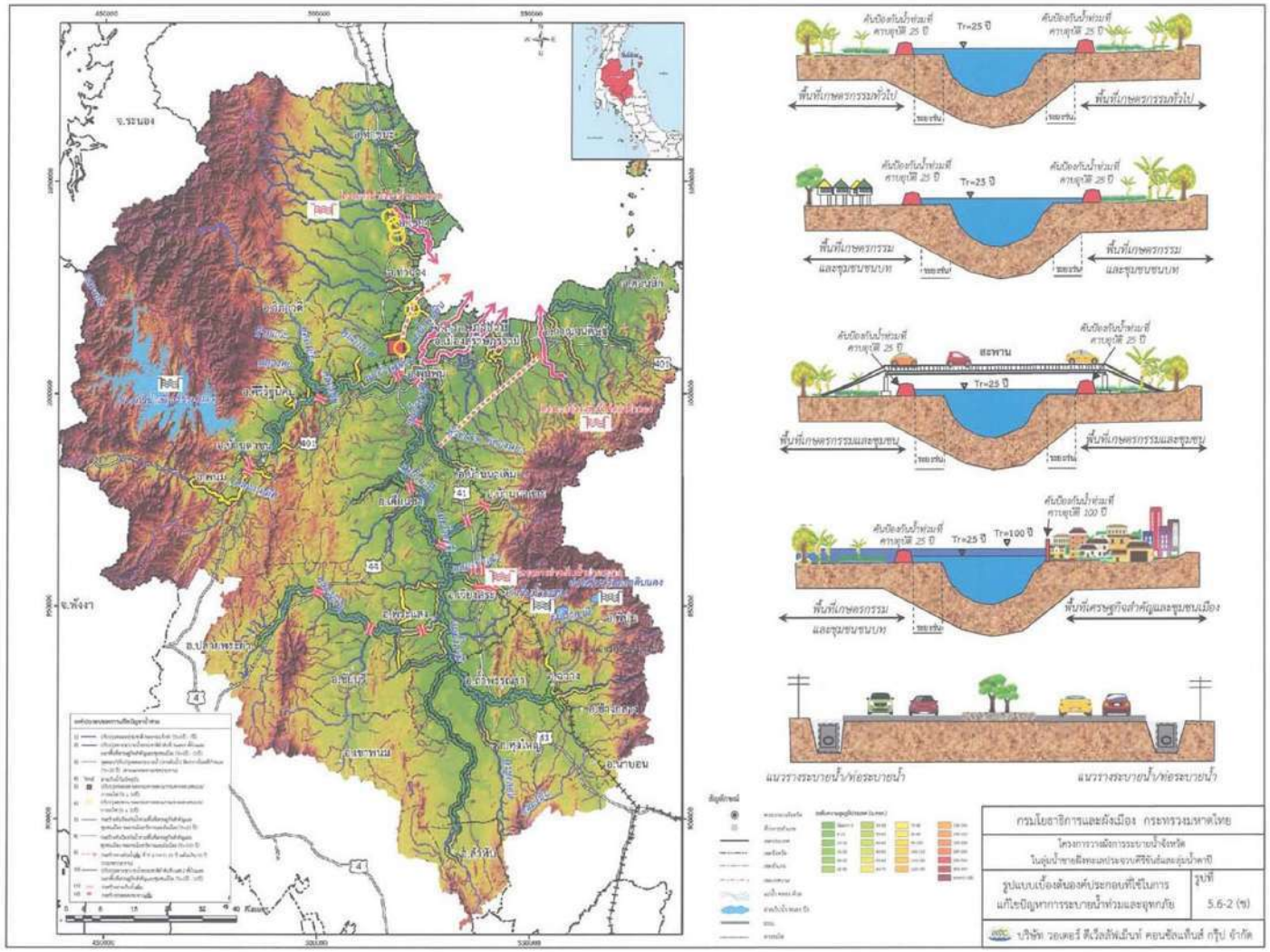
ทั้งนี้ในรายงานฉบับนี้ได้กำหนดรายละเอียดการพัฒนาของแต่ละองค์ประกอบของแผนหลักดังตัวอย่างแสดงใน**รูปที่ 4.3-15** และ **รูปที่ 4.3-16** และได้ดำเนินการออกแบบเบื้องต้นขององค์ประกอบของแผนหลักการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วม และการบรรเทาอุทกภัยของลุ่มน้ำตาปี รวมทั้งได้จัดทำผังแสดงขีดความสามารถในการระบายน้ำของทางน้ำทั้งสภาพปัจจุบันและตามเกณฑ์ที่กำหนดดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-17**



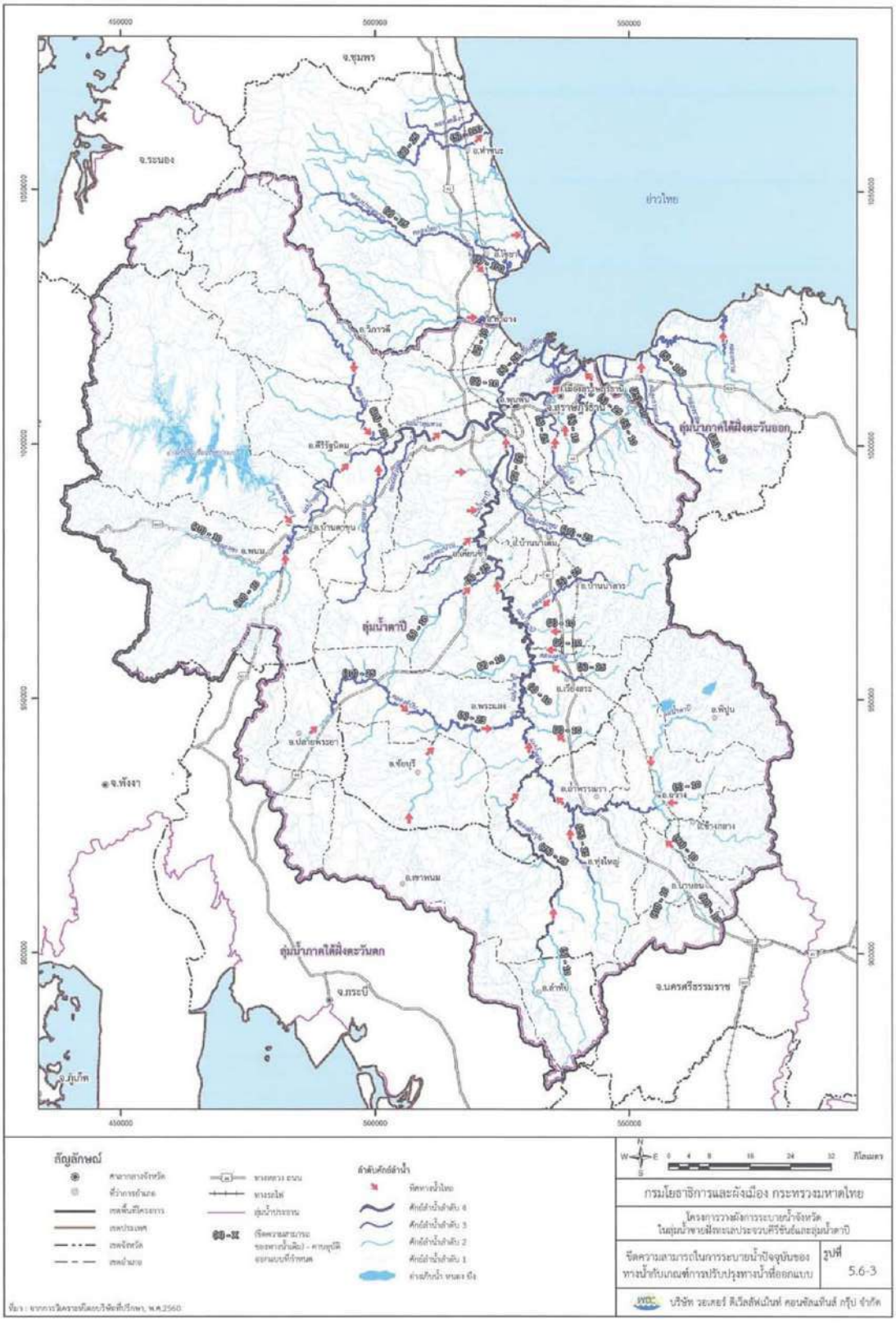
รูปที่ 4.3-14 แผนหลักการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วมและบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำตาปี



รูปที่ 4.3-15 แนวคิดการพัฒนาองค์ประกอบของแผนหลักการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วมและบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำตาปี



รูปที่ 4.3-16 รูปแบบเบื้องต้นองค์ประกอบที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมและบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำตาปี



รูปที่ 4.3-17 ขีดความสามารถในการระบายน้ำปัจจุบันของทางน้ำ และเกณฑ์การปรับปรุงการออกแบบ ในลุ่มน้ำตาปี

4.3.6. โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา กรมโยธาธิการและผังเมือง

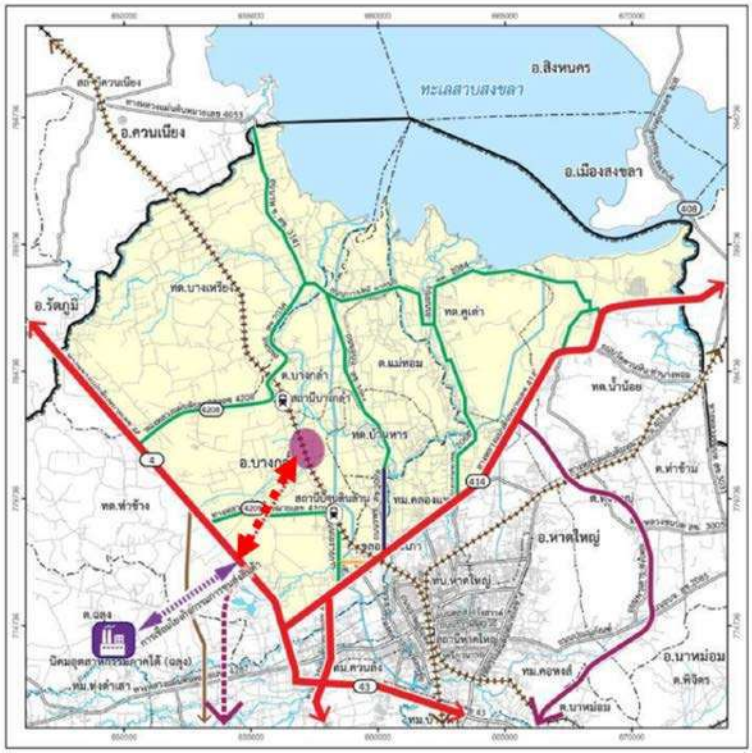
โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ.2561) เป็นการปรับปรุงผังเมืองครั้งที่ 3 ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนการจัดทำผังเมืองรวมฉบับร่าง โดยประเด็นสำคัญที่จำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงผังเมืองรวมหาดใหญ่ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ต้องการขยายพื้นที่ผังเมืองเพิ่มขึ้นเป็น 1,200 ตารางกิโลเมตร ซึ่งถือว่าใหญ่เป็นอันดับ 2 ของประเทศรองจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร
- มีการเสนอย่านย่อยที่สำหรับการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อให้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงในปัจจุบันมากขึ้น
- มีการปรับข้อกำหนดให้ได้ตามมาตรฐาน โดยการเพิ่มค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินเพื่อควบคุมความหนาแน่นของอาคาร
- มีการปรับแนวถนนเสนอแนะจากผังเมืองเดิม ให้เป็นถนนบังคับทั้งหมดโดยจำแนกเป็น บังคับแบบเข้มงวดและบังคับแบบยืดหยุ่น
- มีการเพิ่มบัญชีแนบท้ายข้อกำหนดเพื่อควบคุมประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเหมาะสม จำแนกตามโรงงานจำพวก 1 2 และ 3

สำหรับการกำหนดผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในด้านโครงข่ายถนนนั้น มีการนำเสนอกรอบแนวคิดโดยแยกออกเป็น 7 พื้นที่ ดังนี้

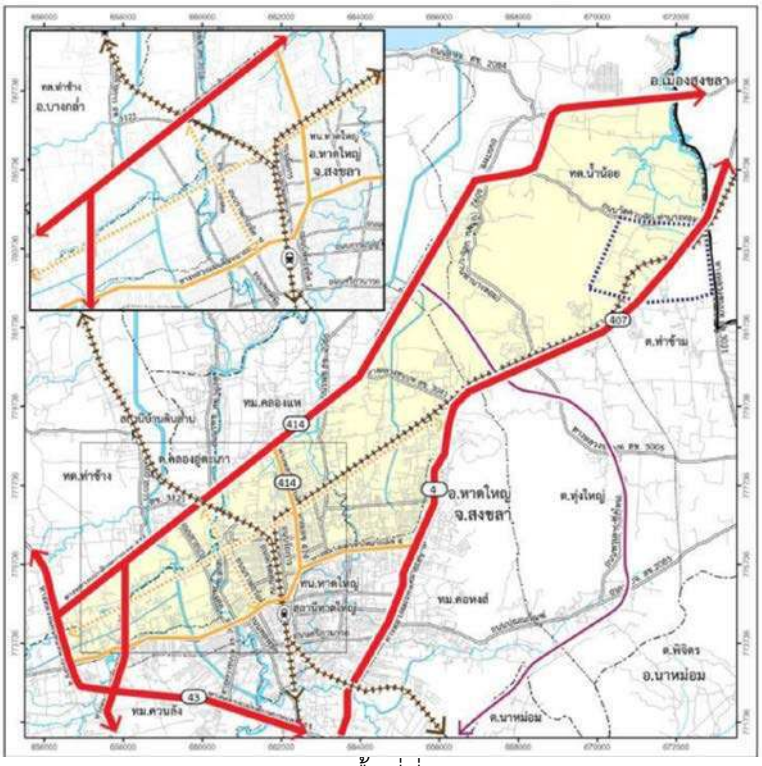
- พื้นที่ที่ 1 มีการปรับปรุงถนนสายหลักและสายรองในเขตและนอกเขตชุมชน ของอำเภอบางกล่ำ เพื่อรองรับศูนย์การขนส่งสินค้าบางกล่ำ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ก.**)
- พื้นที่ที่ 2 เพิ่มถนนสายหลักและสายรองของชุมชนในรูปแบบตาราง สำหรับพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ข.**)
- พื้นที่ที่ 3 เพิ่มถนนสายหลักในชุมชนเพื่อเชื่อมต่อกับถนนสายหลักเดิมให้เป็นรูปแบบตาราง สำหรับพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ค.**)
- พื้นที่ที่ 4 เพิ่มถนนสายหลักใน ชุมชนเพื่อเชื่อมต่อกับ แนวถนนเลี่ยงเมือง รวมทั้งเพิ่มถนนสายรองในชุมชนเพื่อรองรับการเติบโตของชุมชนในเขตเทศบาลตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ง.**)
- พื้นที่ที่ 5 เพิ่มถนนสายรองในชุมชนเพื่อรองรับการขยายตัวในชุมชนของ อำเภอนาหม่อม (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 จ.**)
- พื้นที่ที่ 6 ปรับปรุงถนนสายรองนอกเขตพื้นที่ชุมชน รวมทั้งปรับปรุงถนนบ้านพรุธานี ในอำเภอคลองหอยโข่งให้เป็นถนนสายรองในชุมชน (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ฉ.**)

- พื้นที่ที่ 7 เพิ่มแนวถนนเลี่ยงเมืองหาดใหญ่ ให้บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 รวมทั้งปรับปรุงทางหลวงหมายเลข 4287 ให้เป็นถนนสายหลักในชุมชน (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ข.**)

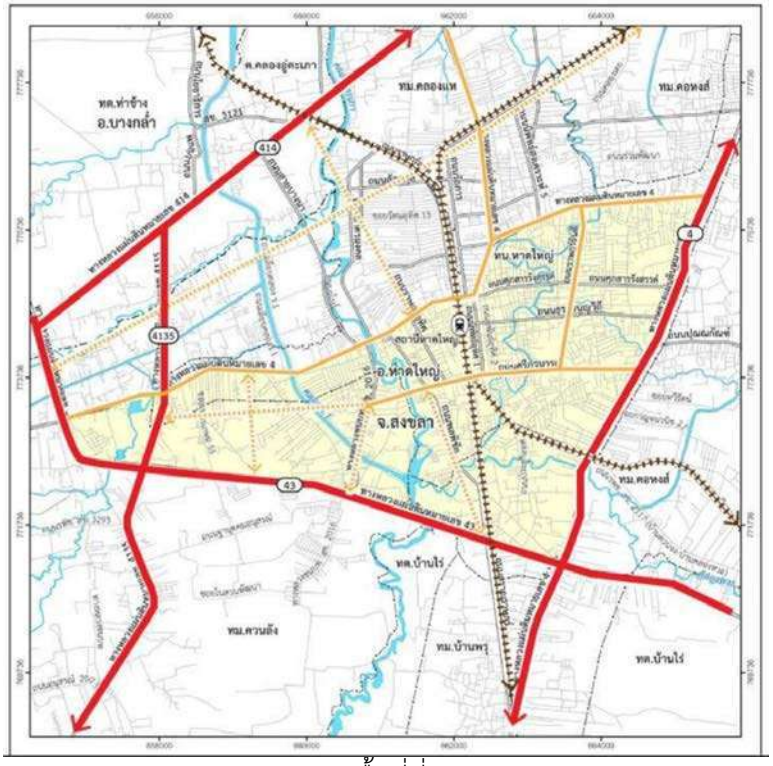


ก. พื้นที่ที่ 1

รูปที่ 4.3-18 แนวคิดการพัฒนาโครงข่ายถนน โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

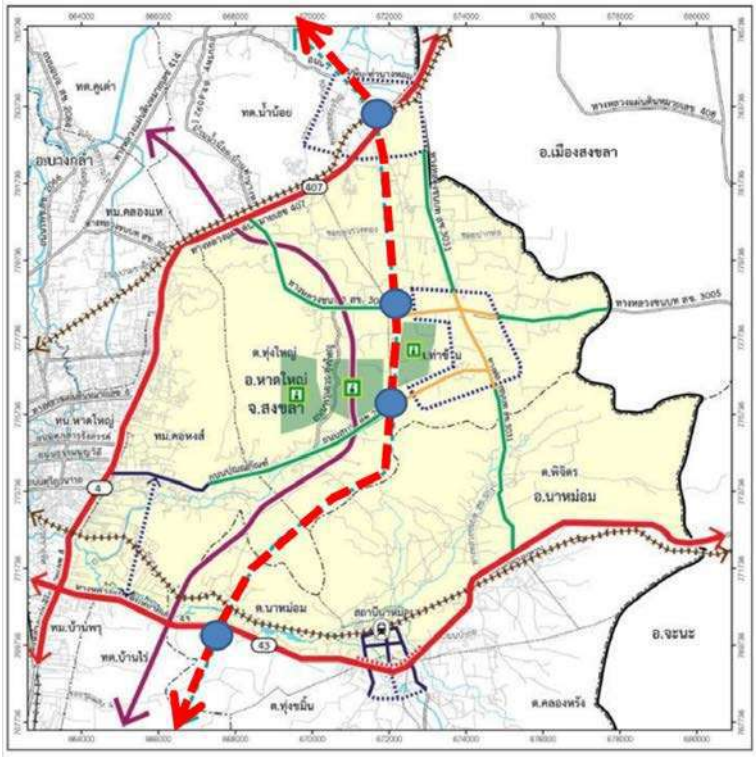


ข. พื้นที่ที่ 2

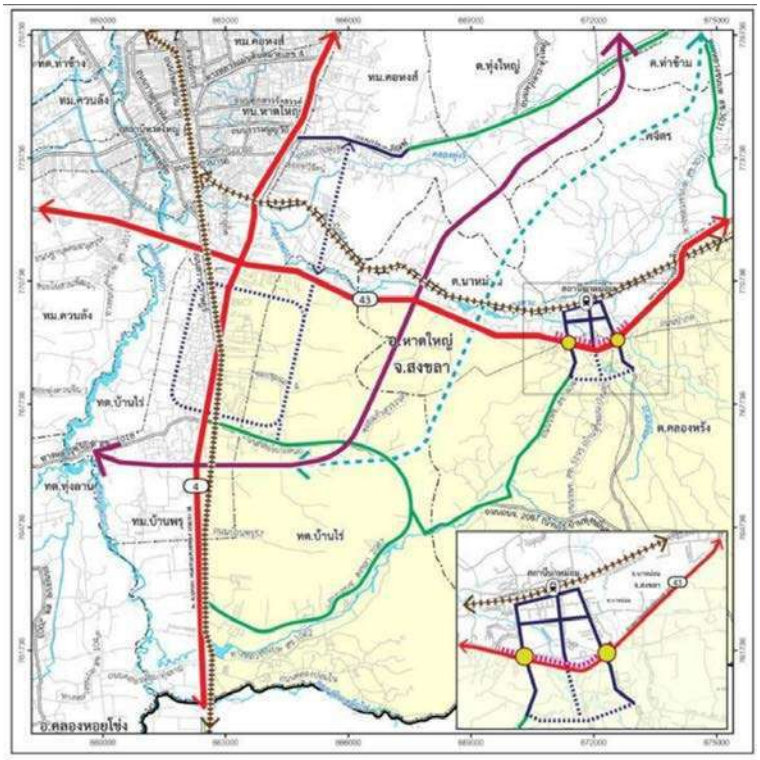


ค. พื้นที่ที่ 3

รูปที่ 4.3-18 (ต่อ) แนวคิดการพัฒนาโครงข่ายถนน โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

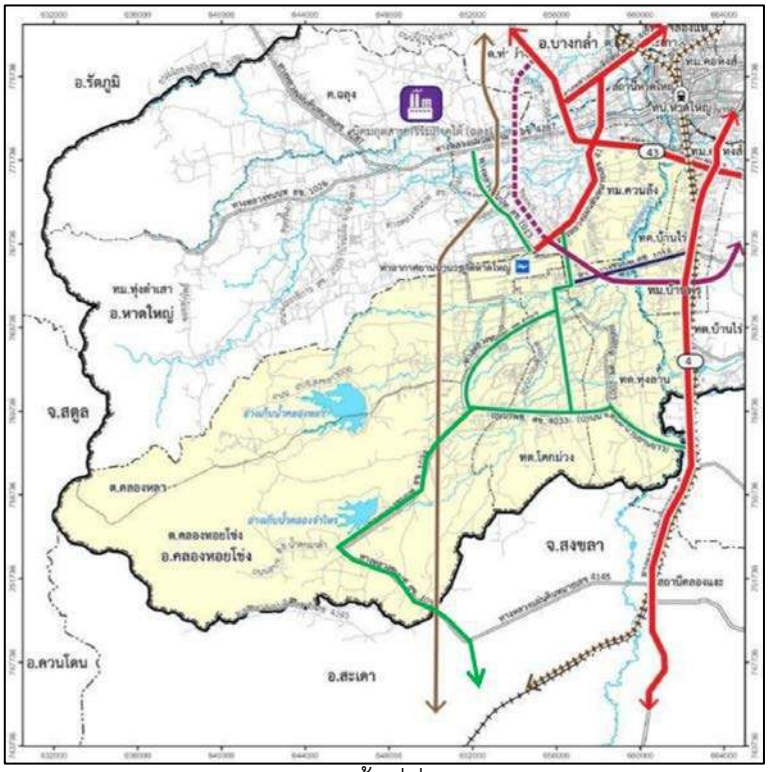


ง. พื้นที่ที่ 4

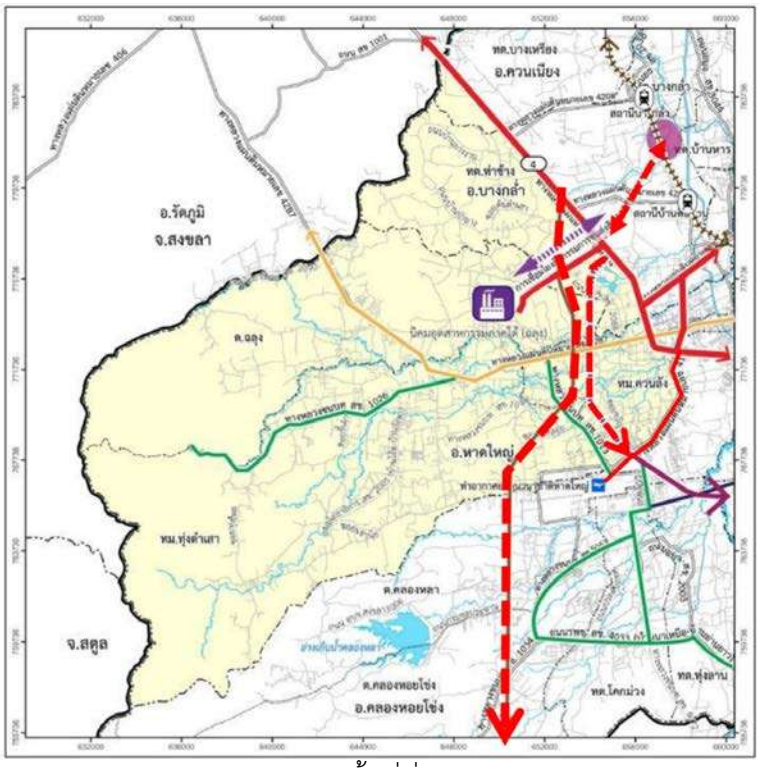


จ. พื้นที่ที่ 5

รูปที่ 4.3-18 (ต่อ) แนวคิดการพัฒนาโครงข่ายถนน โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



ฉ. พื้นที่ที่ 6



ช. พื้นที่ที่ 7

รูปที่ 4.3-18 (ต่อ) แนวคิดการพัฒนาโครงข่ายถนน โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

4.3.7. สรุปผลการทบทวนแผนงานการบริหารจัดการอุทกภัย และโครงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวางผังเมืองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทบทวนแผนงานของหน่วยงานต่างๆ ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมแผนงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานอุทกภัยในพื้นที่ภาคใต้ รวมทั้ง โครงการการศึกษาด้านผังเมือง ซึ่งจากผลการศึกษาทบทวนสามารถสรุปได้ว่า โครงการบริหารอุทกภัยในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งมีหน่วยหลักในการดำเนินงานได้แก่ กรมชลประทานและกรมโยธาธิการและผังเมือง มีลักษณะของโครงการในรูปแบบของการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำของคลองระบายน้ำและลำน้ำสายหลัก อาทิเช่น การขุดขยายคลอง การปรับปรุงอาคารชลประทานที่มีอยู่ในระบบระบายน้ำ ขุดคลองผันน้ำและคลองเชื่อมต่างๆ ตลอดจนการขุดคลองระบายน้ำสายใหม่ ซึ่งหากพิจารณาแนวทางการดำเนินงานของโครงการดังกล่าว พบว่า ยังไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับพื้นที่รับผิดชอบของกรมทางหลวงโดยตรง

ในขณะที่การทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านผังเมืองนั้น พบว่า มีโครงการที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษาได้แก่ โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งกำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ.2561) โดยเป็นการปรับปรุงผังเมืองครั้งที่ 3 ซึ่งจากผลการจัดทำผังเมืองรวมฉบับนี้ พบว่า มีการเสนอแนะแนวการก่อสร้างถนนที่อาจเกี่ยวข้องกับโครงข่ายของกรมทางหลวง ดังนี้

- พื้นที่ที่ 1 มีการปรับปรุงถนนสายหลักและสายรองในเขตและนอกเขตชุมชน ของอำเภอบางกล่ำ เพื่อรองรับศูนย์การขนส่งสินค้าบางกล่ำ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ก.**)
- พื้นที่ที่ 2 เพิ่มถนนสายหลักและสายรองของชุมชนในรูปแบบตาราง สำหรับพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ข.**)
- พื้นที่ที่ 3 เพิ่มถนนสายหลักในชุมชนเพื่อเชื่อมต่อกับถนนสายหลักเดิมให้เป็นรูปแบบตาราง สำหรับพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ค.**)
- พื้นที่ที่ 4 เพิ่มถนนสายหลักใน ชุมชนเพื่อเชื่อมต่อกับ แนวถนนเลี่ยงเมือง รวมทั้งเพิ่มถนนสายรองในชุมชนเพื่อรองรับการเติบโตของชุมชนในเขตเทศบาลตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ง.**)
- พื้นที่ที่ 5 เพิ่มแนวถนนเลี่ยงเมืองหาดใหญ่ ให้บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 รวมทั้งปรับปรุงทางหลวงหมายเลข 4287 ให้เป็นถนนสายหลักในชุมชน (ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-18 ช.**)

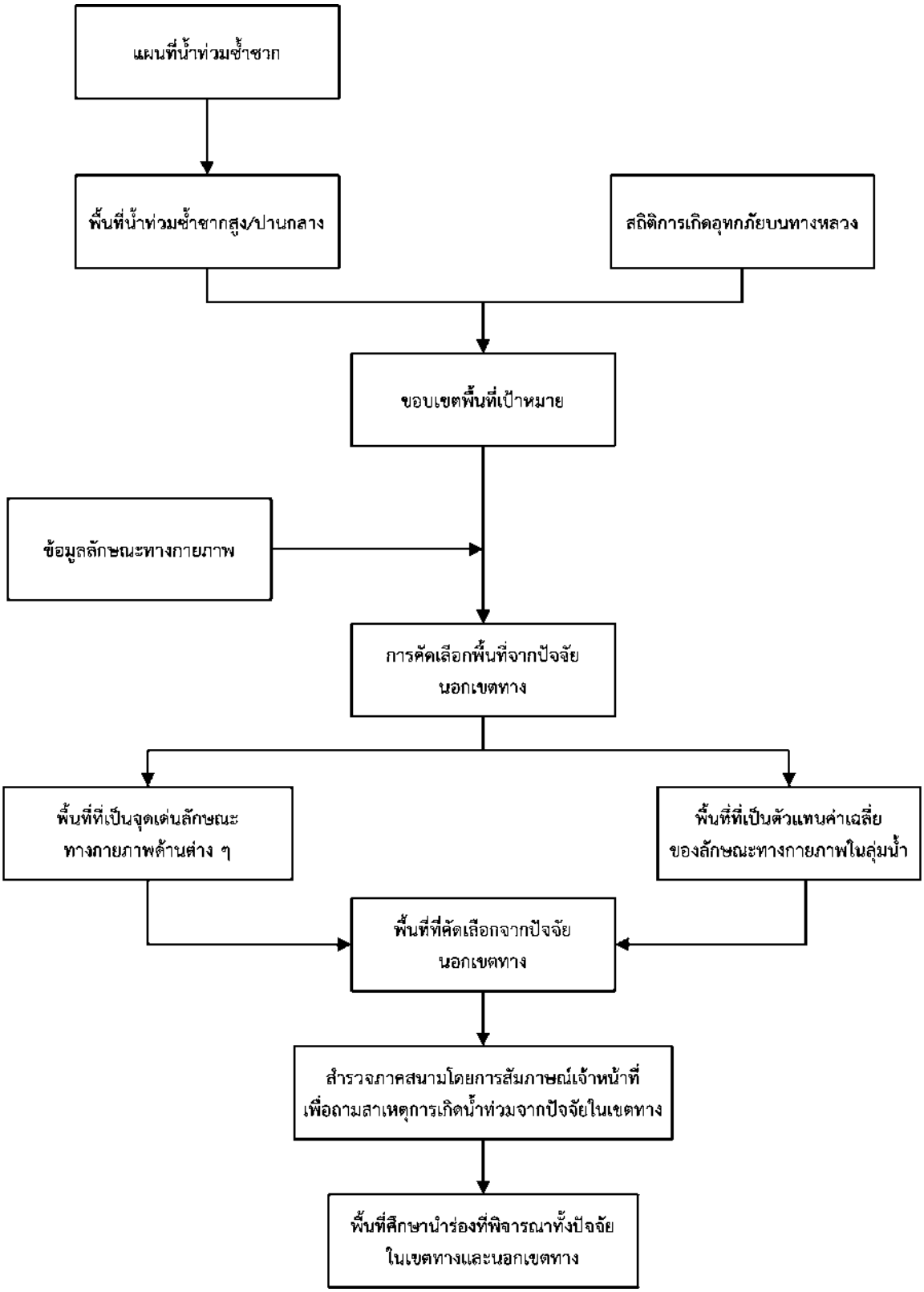
บทที่ 5
การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

5. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

5.1. แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่ปรึกษาได้ดำเนินการตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขนาดของพื้นที่ศึกษา 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 ก็จะทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในแขวงทางหลวงที่เกี่ยวข้อง เพื่อสอบถามสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมว่ามาจากถนนขวางทางน้ำหรือเกิดจากปัจจัยในเขตทางจริงหรือไม่ และถ้าหากพื้นที่ใด พบว่า มีสาเหตุน้ำท่วมมาจากถนนขวางทางน้ำจริง ก็จะคัดเลือกพื้นที่นั้น เป็นพื้นที่ศึกษานำร่อง ต่อไป

สำหรับแนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงเป็นแผนภาพวิธีการดำเนินงานได้ดัง**รูปที่ 5.1.1**

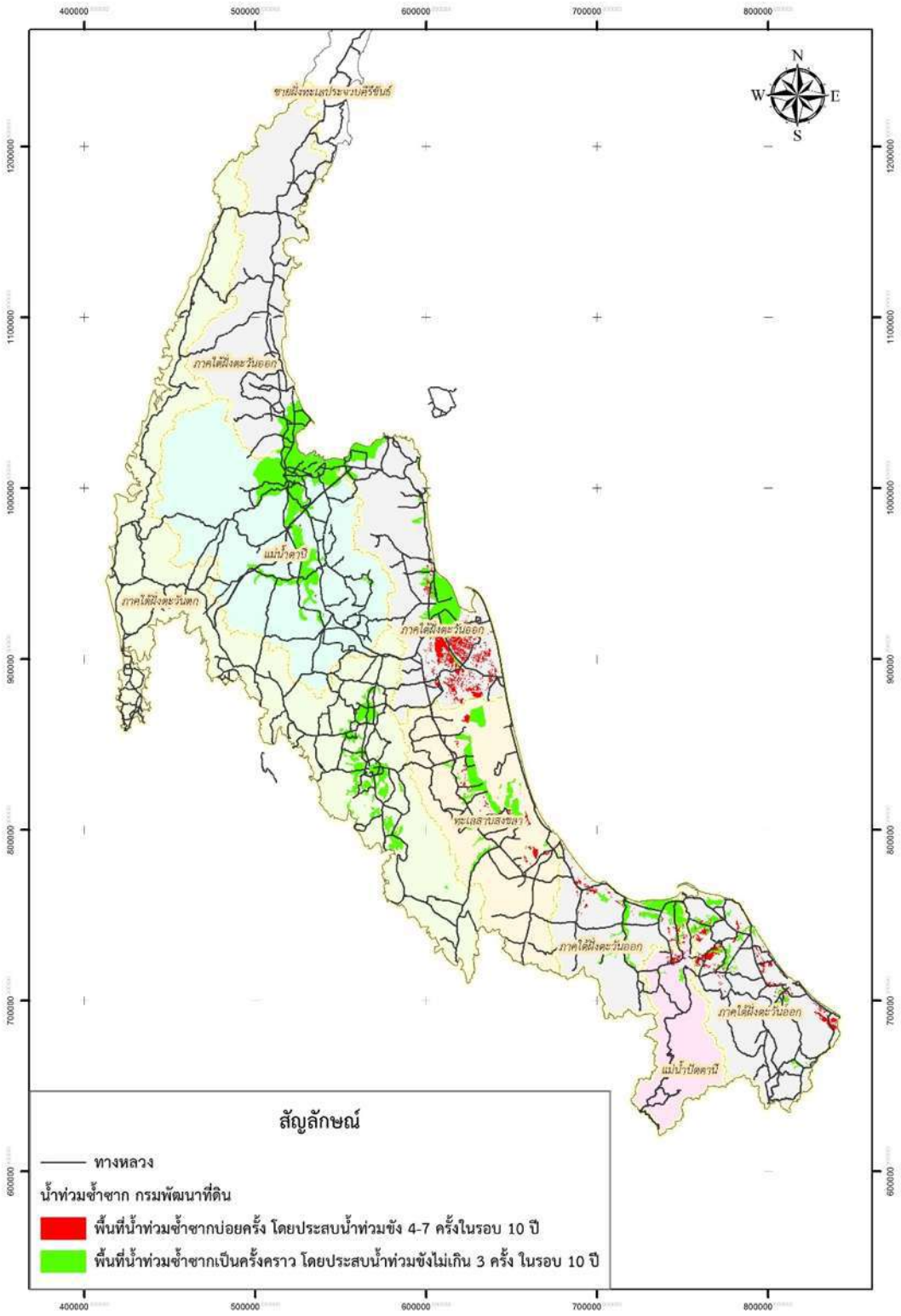


รูปที่ 5.1-1 แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

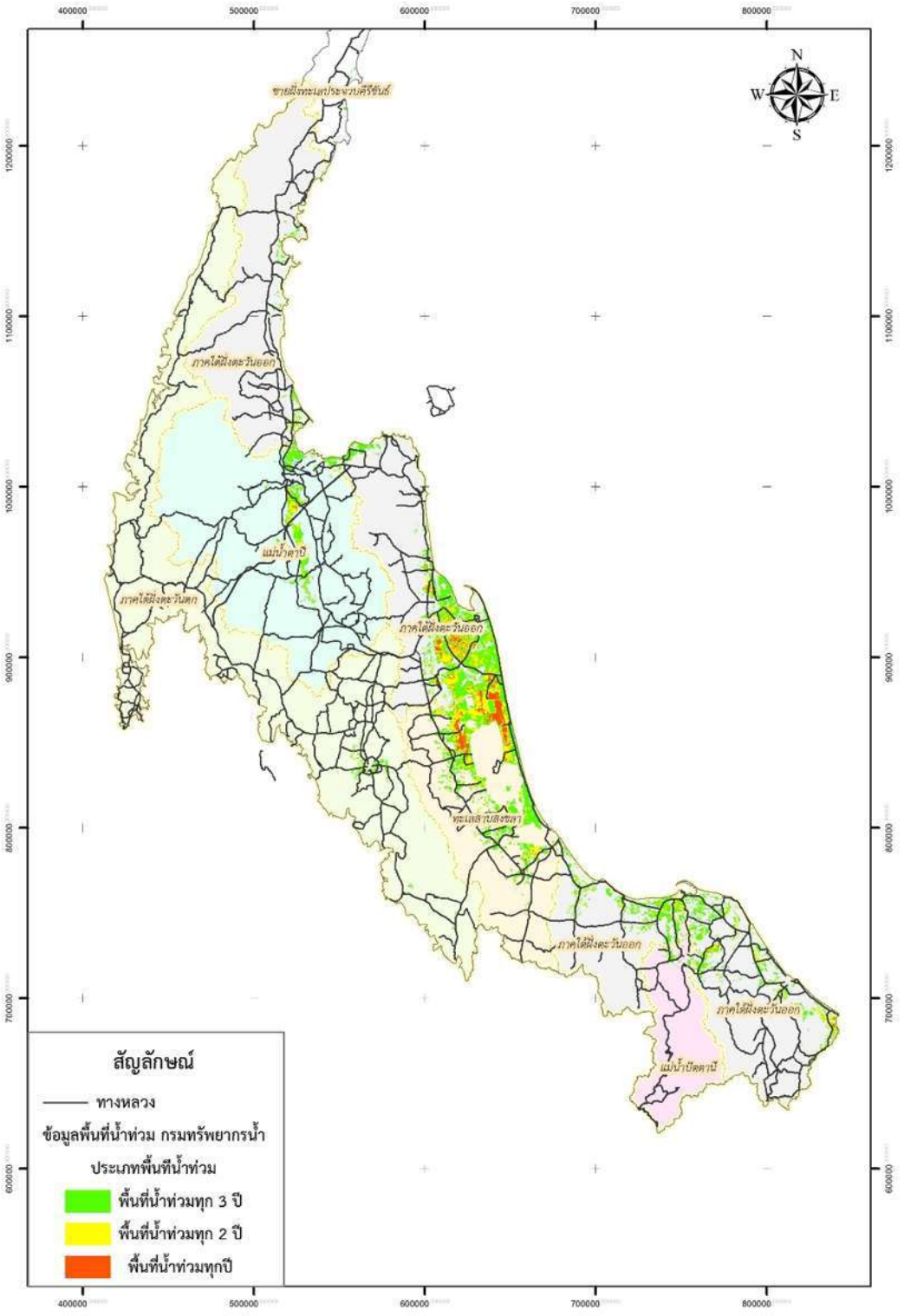
5.2. การรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลประเภทต่างๆ บริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง สำหรับนำมาใช้ในการคัดเลือกพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ดังนี้

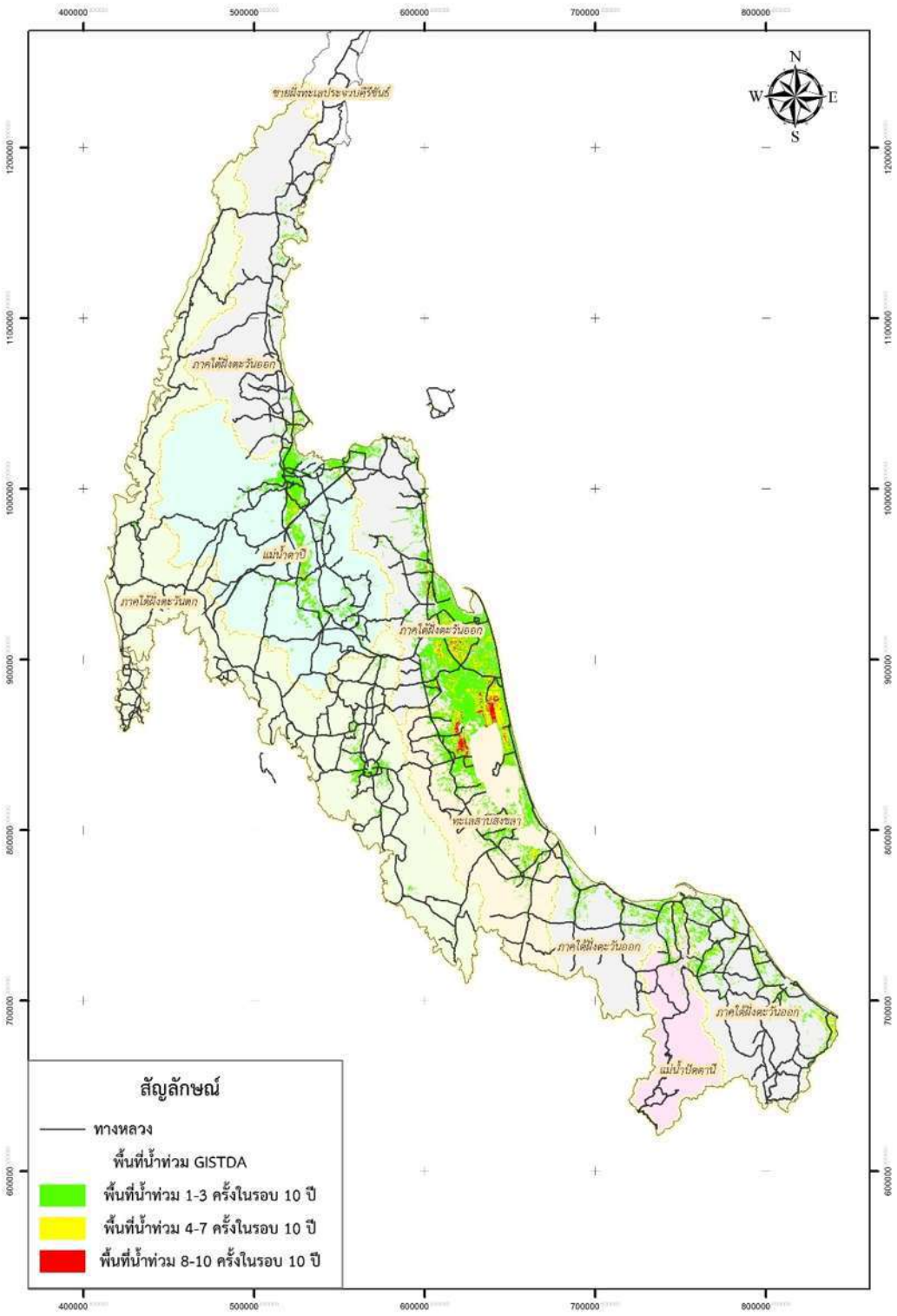
- ข้อมูลแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก ประกอบด้วยข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่
  - กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 (ปีล่าสุดที่มีการจัดทำข้อมูล) ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-1**
  - กรมทรัพยากรน้ำ ปี พ.ศ. 2560 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-2**
  - สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) และ สารบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) ปี พ.ศ. 2549-2559 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-3**
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปีพ.ศ. 2559 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-4**
- ข้อมูลกลุ่มชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปีพ.ศ. 2559 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-5**
- สภาพภูมิประเทศจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ของกรมแผนที่ทหาร ปี พ.ศ. 2558 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-6**
- -ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ด้วยวิธีเส้นชันน้ำฝนเฉลี่ย กรมทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2556 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-7**
- ข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง ที่มีการรายงานผ่านระบบบริหารงานภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน กรมทางหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2560 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2-8**



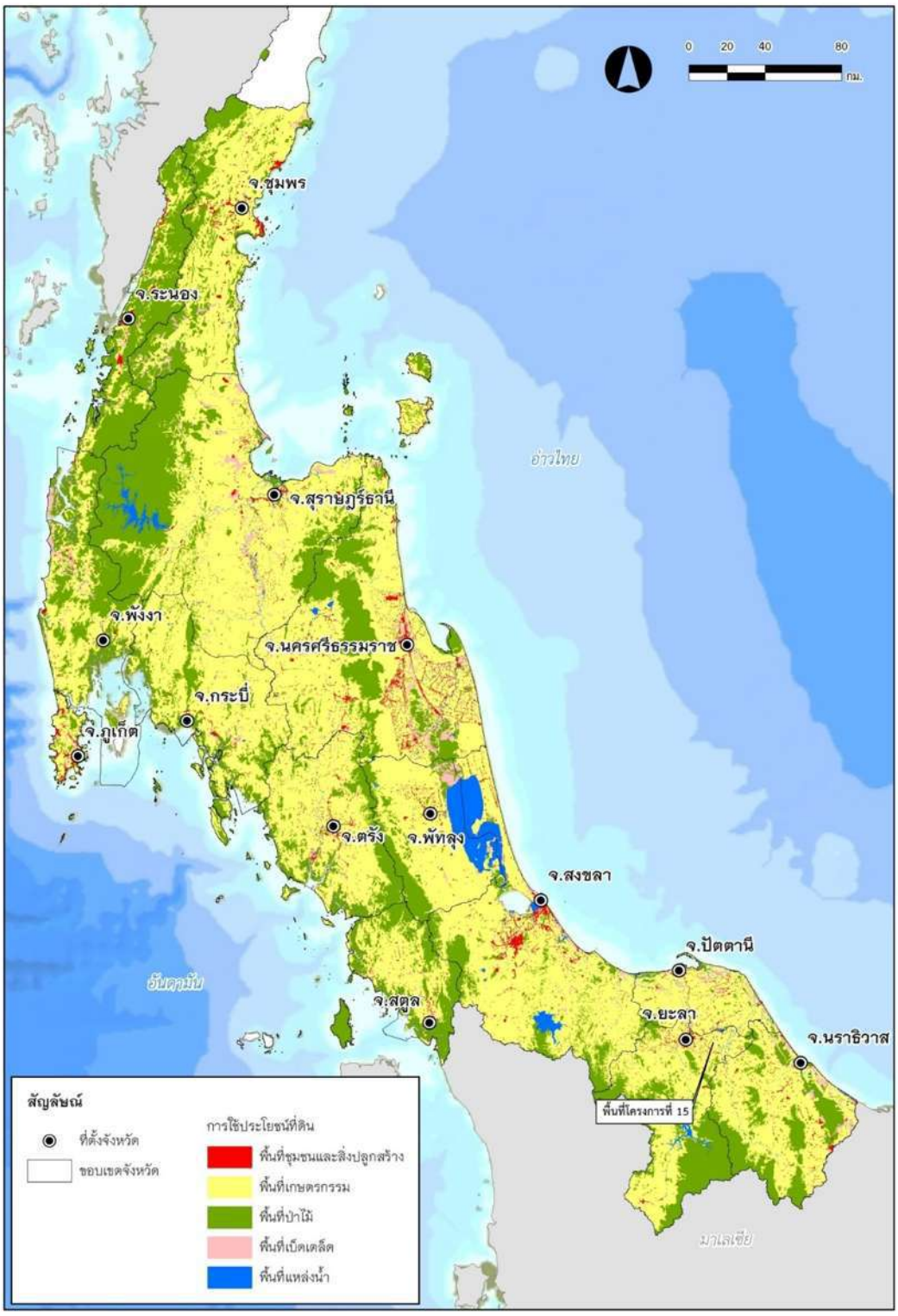
รูปที่ 5.2-1 แผนที่น้ำท่วมเสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ ของกรมพัฒนาที่ดิน



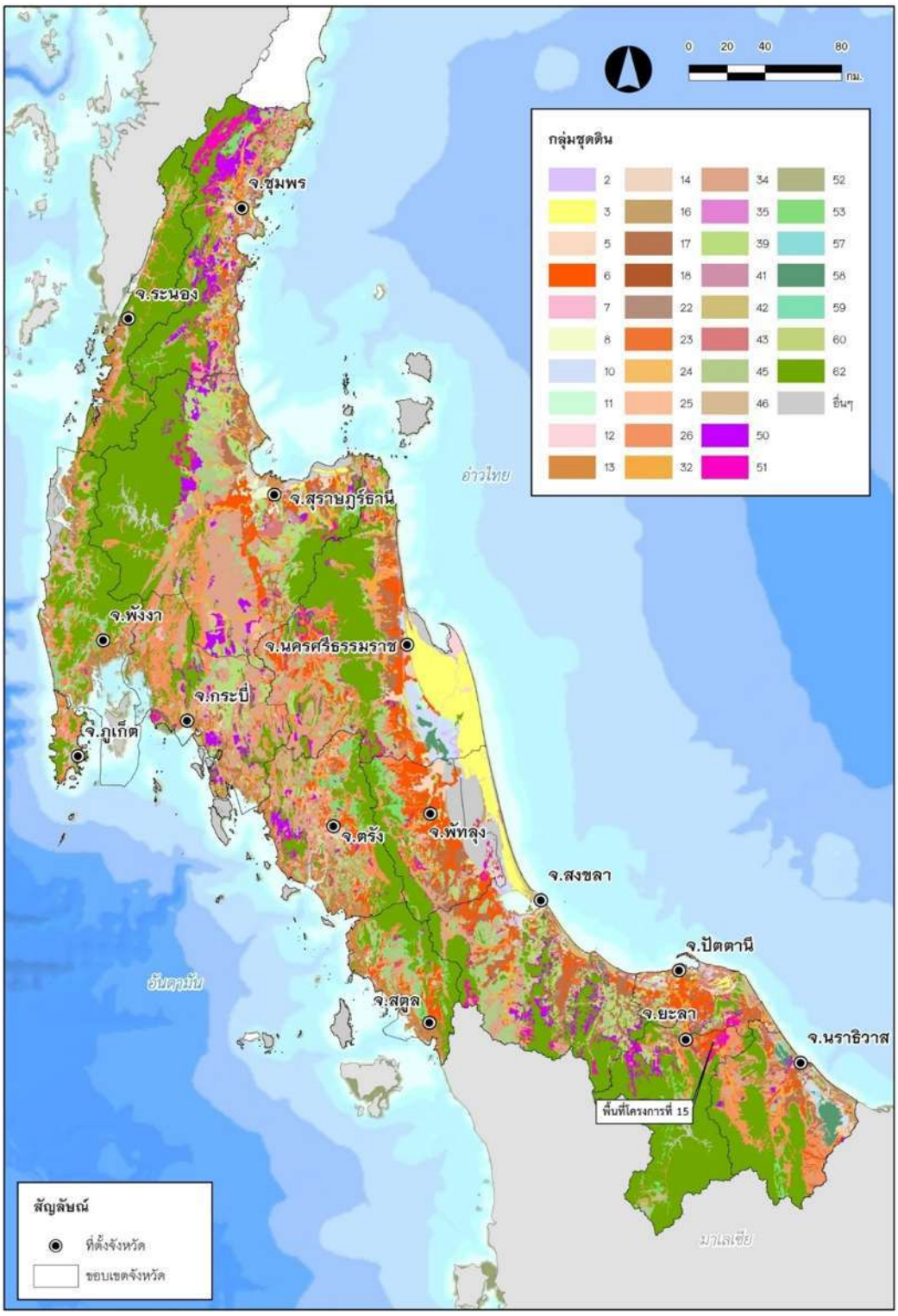
รูปที่ 5.2-2 แผนที่น้ำท่วมเสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ ของกรมทรัพยากรน้ำ



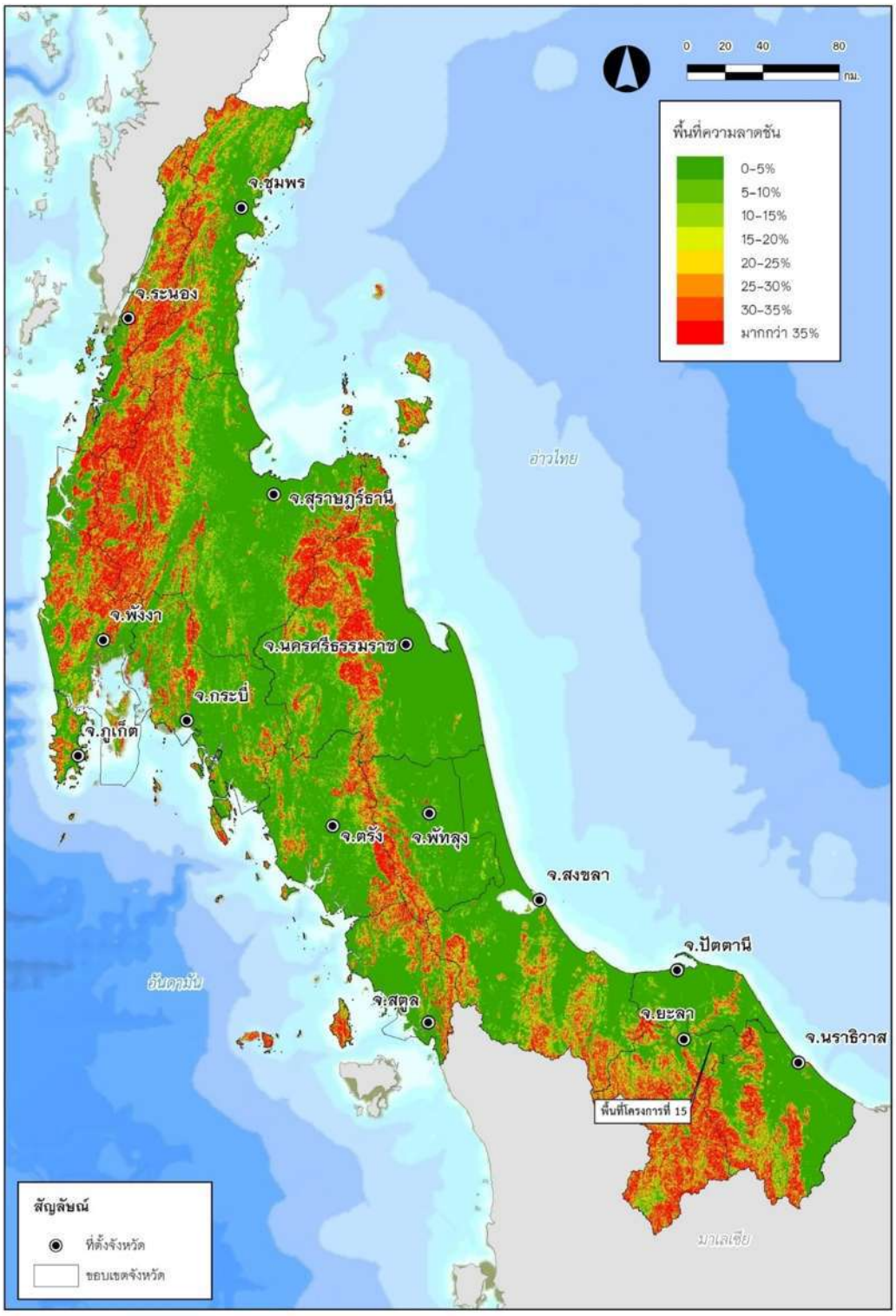
รูปที่ 5.2-3 แผนที่น้ำท่วมเสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของ GISTDA



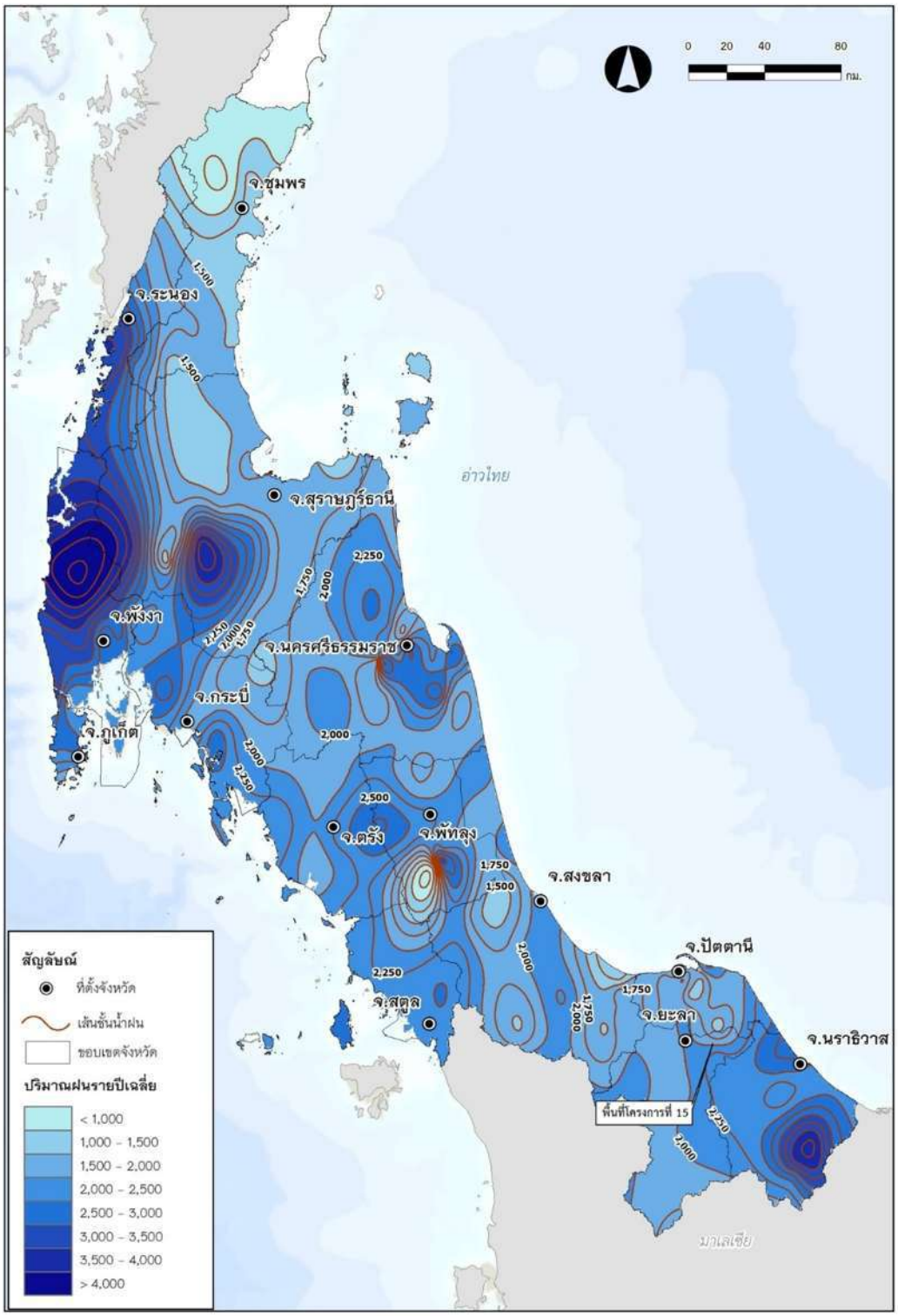
รูปที่ 5.2-4 การใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย



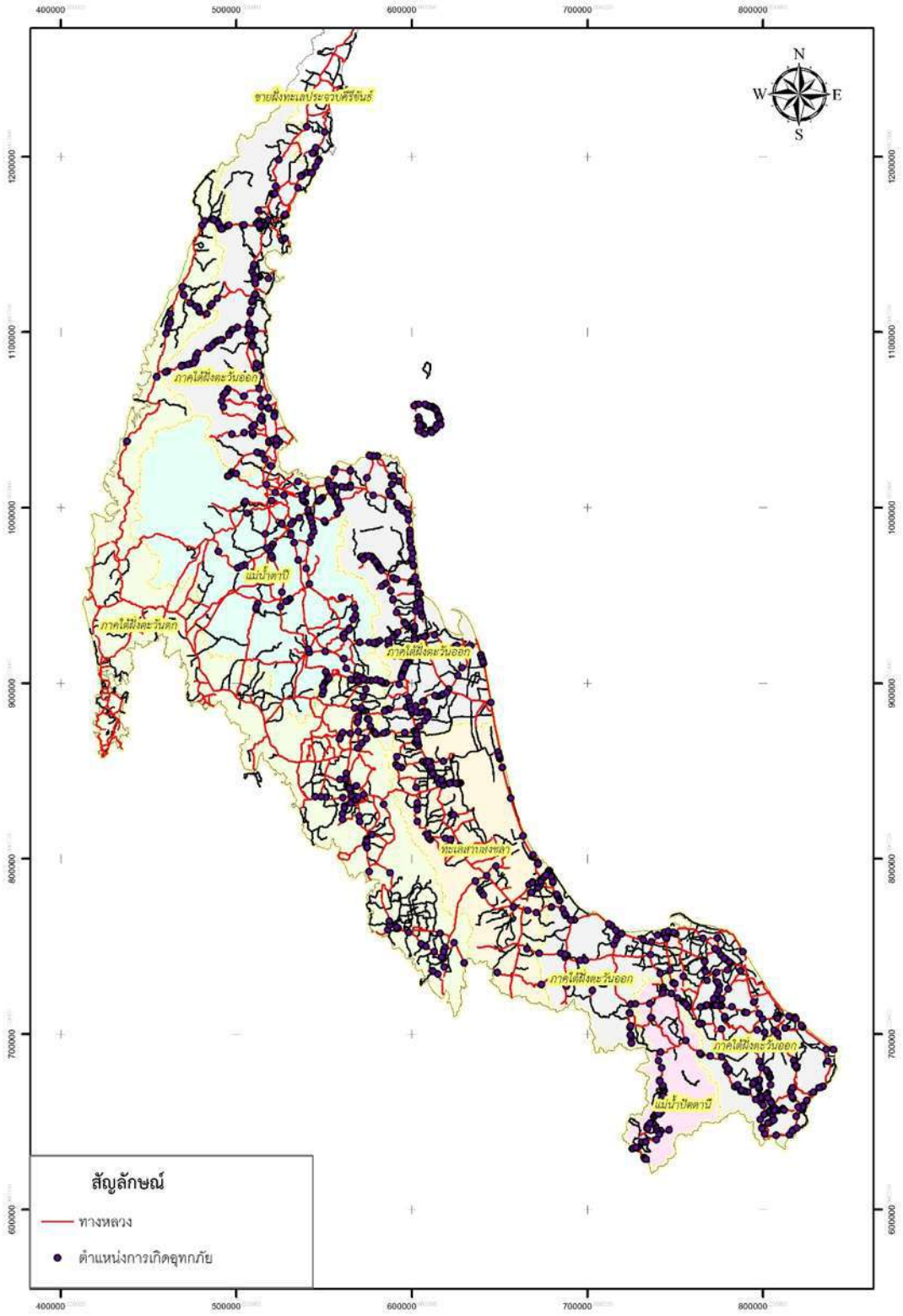
รูปที่ 5.2-5 กลุ่มชุดดินในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย



รูปที่ 5.2-6 สภาพภูมิประเทศในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยจากข้อมูลของแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่



รูปที่ 5.2-7 ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ภาคใต้



รูปที่ 5.2-8 ตำแหน่งการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง

5.3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำบนทางหลวง

5.3.1. ลักษณะการระบายน้ำบนทางหลวงในพื้นที่ภาคใต้

ลักษณะการระบายน้ำบนทางหลวงในเขตพื้นที่ภาคใต้ โดยทั่วไปแล้วจะมีรูปแบบของระบบระบายน้ำ ที่คล้ายคลึงกับพื้นที่อื่นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบระบายน้ำตามยาว (Longitudinal Drain) และระบบระบายน้ำตามขวาง (Cross Drain)

ระบบระบายน้ำตามยาว เป็นระบบระบายน้ำที่ออกแบบเพื่อระบายน้ำฝนที่ตกในพื้นผิวจราจร และพื้นที่ประชิดเขตทางไปสู่ลำน้ำธรรมชาติ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในผิวจราจร โดยระบบระบายน้ำตามยาว ได้แก่ ระบบระบายน้ำข้างทาง เช่น ท่อกลม ท่อเหลี่ยม รางตื้น รางยู บ่อพัก Curb บนไหล่ทางช่วงถมสูง Interceptor ช่วงลาดตัดเขา Drain Chute เป็นต้น

ระบบระบายน้ำตามขวาง เป็นระบบระบายน้ำที่ออกแบบเพื่อระบายน้ำฝนจาก พื้นที่รับน้ำฝน (Catchment Area) ที่อยู่ด้านเหนือน้ำซึ่งมีทิศทางการไหลตัดผ่านแนวทางเป็นลำน้ำธรรมชาติ เช่น ลำห้วย ลำคลอง แม่น้ำ หรือ น้ำหลากผ่าน (Flood plain) ซึ่งจะต้องออกแบบอาคาร ระบายน้ำให้มีขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่เพียงพอต่อการระบายน้ำที่มีอัตราการไหลสูงสุดในรอบปีที่ใช้ในการ ออกแบบโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมคันทาง และพื้นที่ด้านเหนือน้ำ อาคารระบายน้ำตามขวาง ได้แก่ ท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสะพาน เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ระบบระบายน้ำบนทางหลวงในพื้นที่ภาคใต้ จะมีความแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ ใน 2 ประเด็นหลัก ดังนี้

- **ปริมาณฝน** :ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ภาคใต้มีมากกว่าภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศ และมากกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.3-1** ทำให้ระบบระบายน้ำในพื้นที่จะต้องมีขนาดใหญ่กว่าภูมิภาคอื่น หากเทียบกับขนาดของพื้นที่รับน้ำที่เท่ากัน

ตารางที่ 5.3-1 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายภาคในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2530-2559)

ภูมิภาค	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)
เหนือ	1,231.82
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,384.05
ภาคกลาง	1,218.45
ภาคตะวันออก	1,847.84
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	2,534.93
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1,972.34
ทั้งประเทศ	**1,466.93**

- **ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ :** เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ภาคใต้เป็นพื้นที่แคบโดยมีช่วงตอนกลางของพื้นที่เป็นที่สูงและลาดลงสู่ที่ราบริมฝั่งทะเล ทั้งภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ทะเลฝั่งอ่าวไทย) และภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ทะเลฝั่งอันดามัน) ส่งผลให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าเป็นการไหลบ่าที่เร็วและรุนแรงแต่มีระยะเวลาการท่วมขังไม่นาน อย่างไรก็ตาม ลักษณะการไหลเช่นนี้มักส่งผลต่อความเสียหายที่รุนแรงต่อถนนที่อยู่บนทางระบายน้ำ ดังเช่น เหตุการณ์เมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 บนทางหลวงหมายเลข 43 บริเวณ บ้านเขาน้อย ตำบลสะกอม อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา เป็นต้น (ดังแสดงใน **รูปที่ 5.3-1**) นอกจากนั้นเนื่องจากพื้นที่ภาคใต้เป็นพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเล ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลหนุนซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำไม่สามารถระบายออกสู่ทะเลได้ จึงเกิดปัญหาน้ำเท้อ เข้าท่วมถนน เช่น ทางหลวงหมาเลข 403 และ 404 บริเวณอำเภอกันตัง และอำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง รวมทั้งถนนบางสายเป็นถนนที่วางแนวเลียบตามชายฝั่งทะเล ก็มักจะได้รับอิทธิพลจากระดับการกัดเซาะของคลื่นลมและการขึ้นลงของน้ำทะเลส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมสายทางเช่นกัน เช่น ทางหลวงหมายเลข 4013 บริเวณอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นต้น

จากลักษณะดังกล่าวทำให้ในปัจจุบัน กรมทางหลวง ได้มีการนำงบประมาณมาใช้เพื่อการปรับปรุงระบบระบายน้ำบริเวณทางหลวง ในพื้นที่ภาคใต้หลายแห่ง โดยล่าสุดได้ใช้งบประมาณกลางพายุเซินกา พ.ศ. 2560 ประมาณ 1,600 ล้านบาท ในการซ่อมแซมและปรับปรุงอาคารระบายน้ำเพื่อเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำผ่านถนนและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังแสดงตัวอย่างของโครงการใน**รูปที่ 5.3-2**

รูปที่ 5.3-1 ความเสียหายบนหลวงหมายเลข 43 บริเวณ บ้านเขาน้อย ตำบลสะกอม อำเภอเทพา จังหวัดสงขลาเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

รูปที่ 5.3-2 ตัวอย่างการปรับปรุงอาคารระบายน้ำผ่านถนน โดยใช้งบประมาณกลางพายุเซินกา พ.ศ. 2560 (ทางหลวงหมายเลข 408 ตอนทุ่งหวัง - นาที บริเวณ กม.182+261 ถึง กม.190+411)

5.3.2. ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำบนทางหลวง

ในการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำบนทางหลวง ที่ปรึกษาขอกำหนดความหมายของนิยามปัจจัยในเขตทางและนอกเขตทางหลวง ที่มีผลต่อการระบายน้ำดังนี้

- **ปัจจัยในเขตทางหลวง หมายถึง** ปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลต่อพฤติการไหลหรือการเกิดอุทกภัยบนทางหลวงและบริเวณข้างเคียง โดยปัจจัยดังกล่าว เป็นปัจจัยที่สามารถควบคุม แก้ไข หรือปรับปรุงได้ ภายใต้อำนาจหน้าที่ของกรมทางหลวง
- **ปัจจัยนอกเขตทางหลวง หมายถึง** ปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลต่อพฤติการไหลหรือการเกิดอุทกภัยบนทางหลวงและบริเวณข้างเคียง โดยปัจจัยดังกล่าว อาจเป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยที่ปัจจัยนั้นเป็นปัจจัยที่อยู่นอกเหนืออำนาจหน้าที่ของกรมทางหลวง ที่จะสามารถควบคุม แก้ไข หรือปรับปรุงได้

ดังนั้นจากการกำหนดนิยามของปัจจัยในเขตทางและนอกเขตทางหลวงตามที่กล่าวข้างต้น รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมตามที่กล่าวไว้ใน**บทที่ 4** ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรที่เป็นปัจจัยในเขตทางและนอกเขตทางหลวงที่ส่งผลต่อการระบายน้ำและการเกิดอุทกภัย ได้ดังนี้

ปัจจัยในเขตทางหลวง	ปัจจัยนอกเขตทางหลวง
• ขนาดและจำนวนของท่อระบายน้ำทั้งในส่วนของท่อระบายน้ำตามยาวและตามขวาง บนทางหลวง • ตำแหน่งของอาคาระบายน้ำ • ระดับความสูงของคันทาง	• การใช้ประโยชน์ที่ดิน • สภาพภูมิประเทศ (ความสูงต่ำหรือลาดชันของพื้นที่) • ประเภทของดิน (การรระบายน้ำของดิน) • ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ • ลักษณะและรูปร่างของลำน้ำ

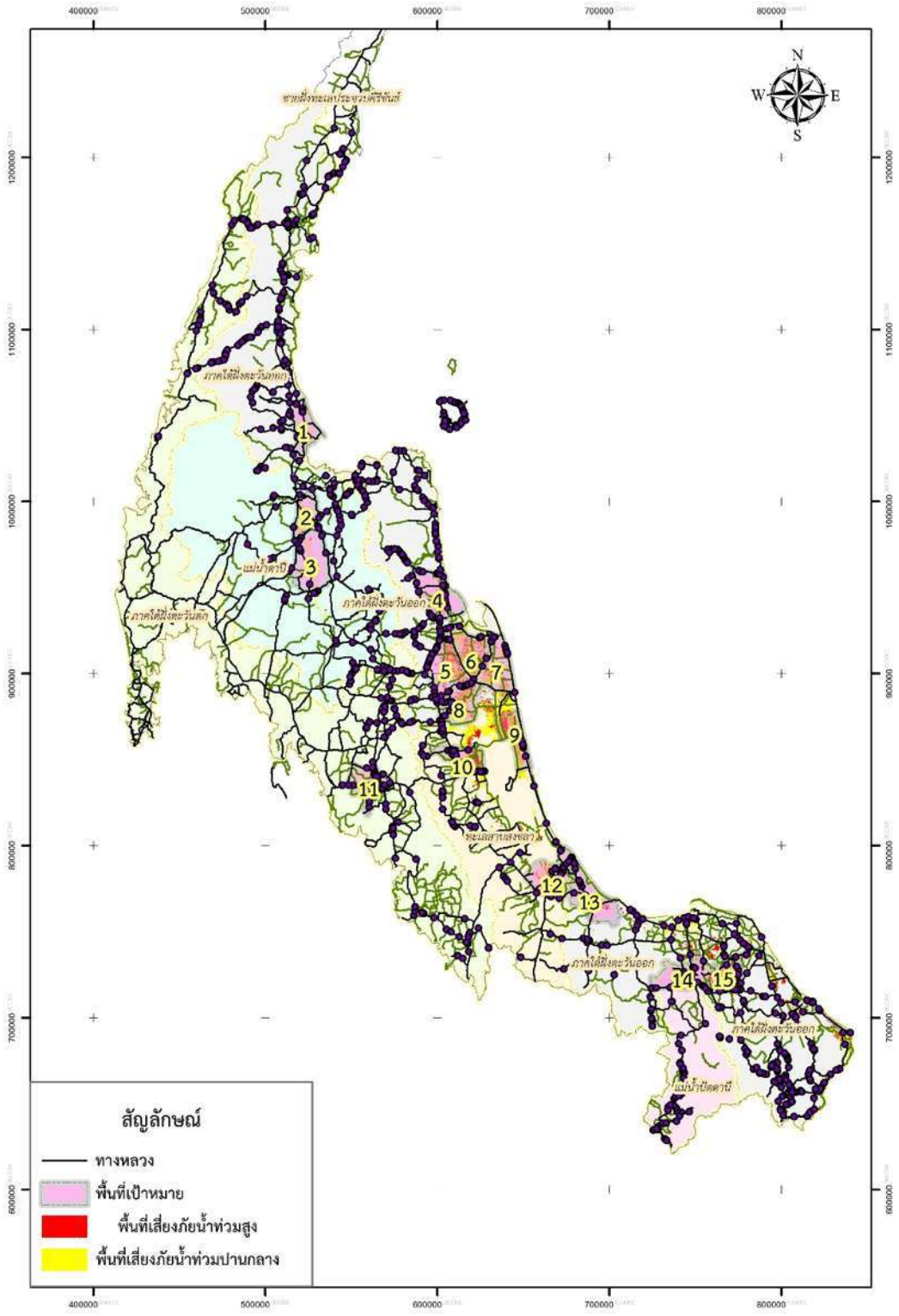
5.4. การกำหนดพื้นที่เป้าหมาย

ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่เป้าหมายเพื่อนำมาทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง ที่ปรึกษาจะอาศัยข้อมูลจากแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากที่รวบรวมได้จากหน่วยงานต่าง ๆ โดยนำข้อมูลแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากทั้งหมดมารวมกันแผนที่เดียว จากนั้นจะให้ความสำคัญในการกำหนดพื้นที่บริเวณที่มีระดับความเสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากสูงและปานกลาง โดยที่พื้นที่ดังกล่าวจะต้องมีรายงานการเกิดอุทกภัยบนถนนในช่วงที่ผ่านมาด้วย จากนั้นจะทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยหลักการแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งจะอาศัยข้อมูลแนวเส้นลำน้ำ แนวคลองส่งน้ำ ตลอดจนแนวเส้นถนน เป็นขอบเขตในการแบ่งพื้นที่ และแต่ละพื้นที่จะกำหนดให้มีขนาดไม่น้อยกว่า 200 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของขอบเขตงาน

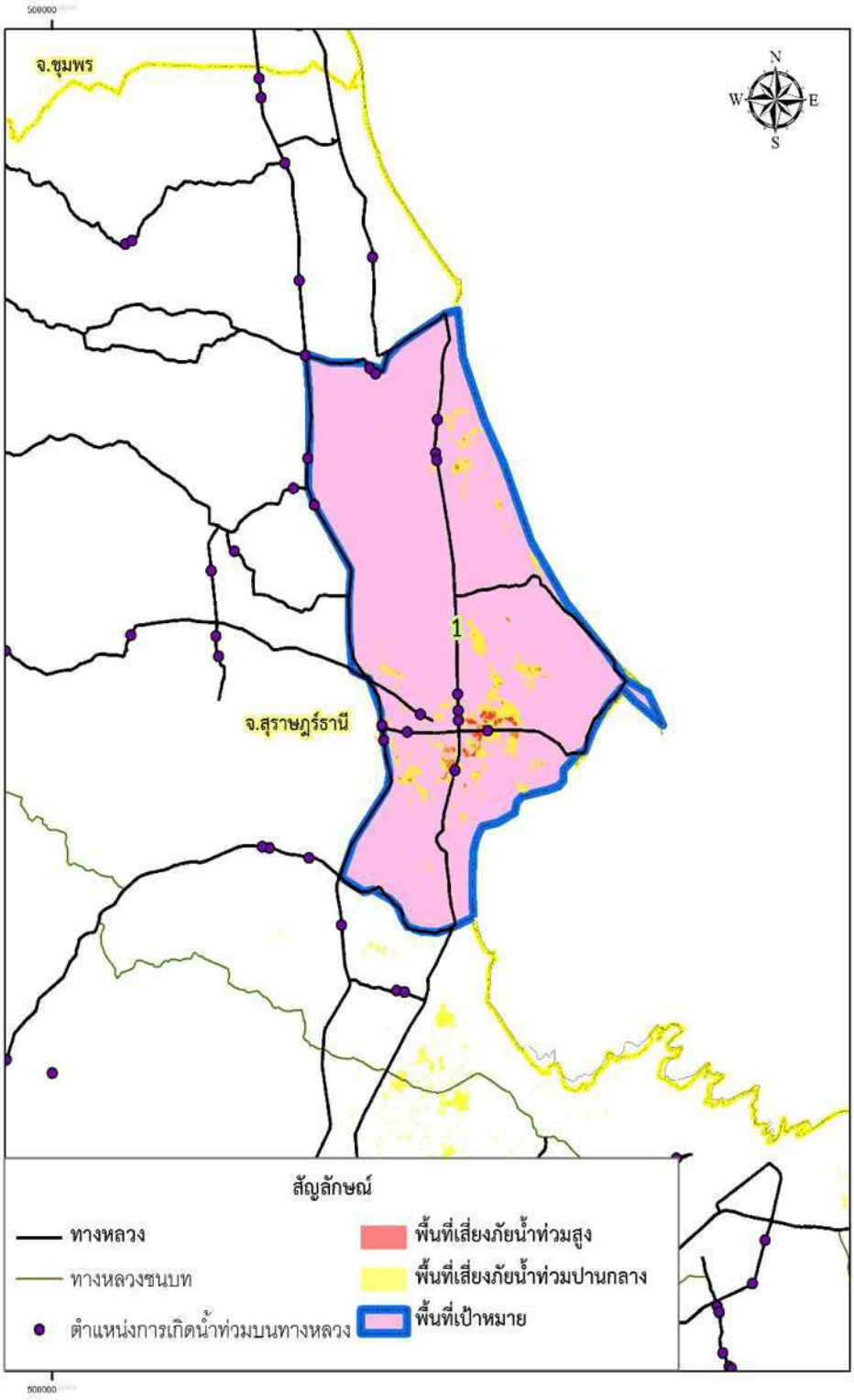
จากแนวทางการดำเนินงานขั้นต้น สามารถแบ่งขอบเขตพื้นที่ศึกษาในเบื้องต้นได้ 15 พื้นที่ ซึ่งทั้งหมดครอบคลุมบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากสูงและปานหลาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.4-1** และ**ตารางที่ 5.4-1**

ตารางที่ 5.4-1 ขนาดของพื้นที่ศึกษาตามการกำหนดขอบเขตบนพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมสูงและปานกลาง และมีรายงานการเกิดอุทกภัยบนทางหลวง

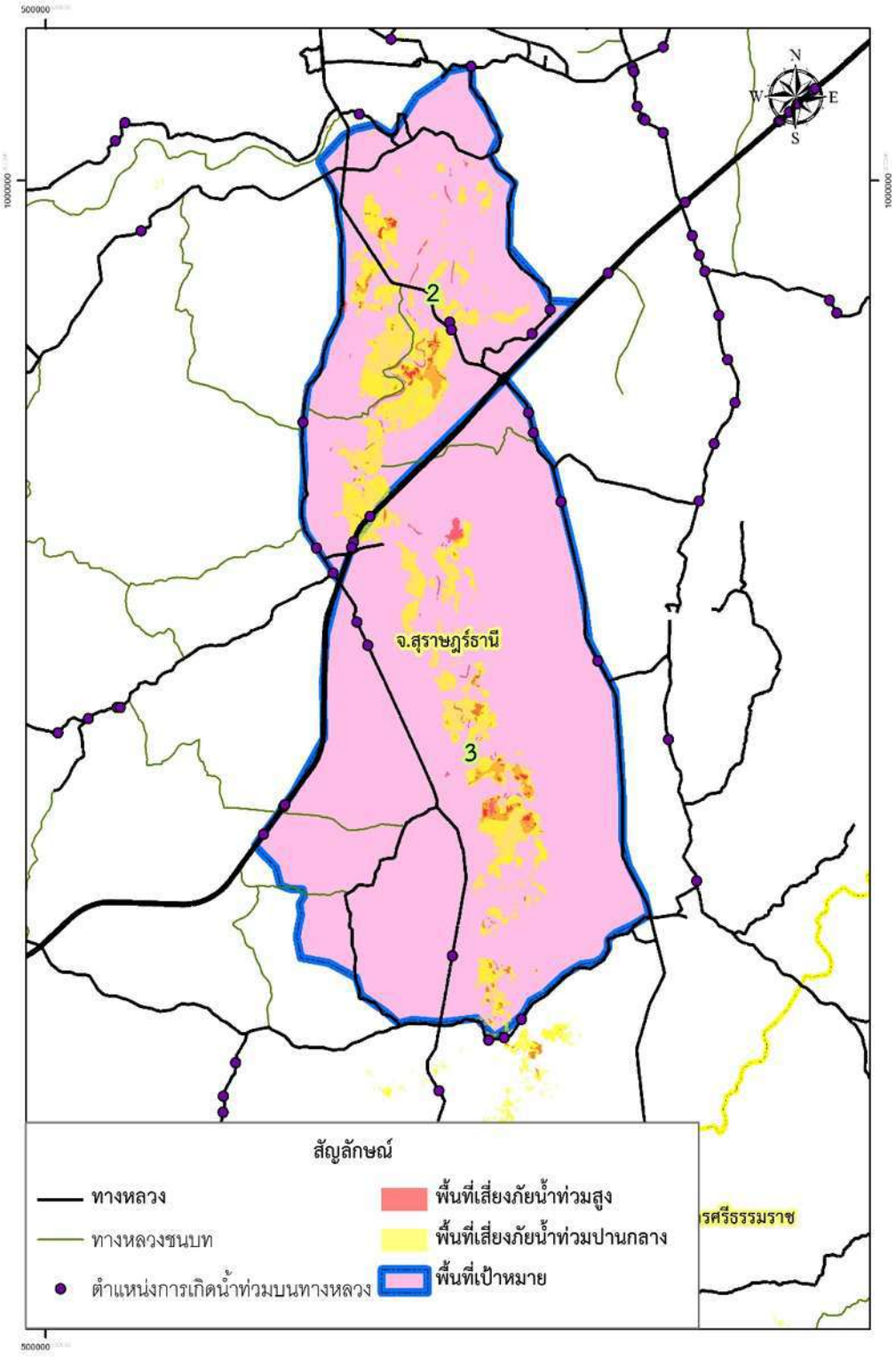
พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
พื้นที่ที่ 1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	315.10
พื้นที่ที่ 2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	283.94
พื้นที่ที่ 3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	624.50
พื้นที่ที่ 4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	521.19
พื้นที่ที่ 5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	560.01
พื้นที่ที่ 6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	420.91
พื้นที่ที่ 7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	441.44
พื้นที่ที่ 8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	424.48
พื้นที่ที่ 9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	323.48
พื้นที่ที่ 10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	329.86
พื้นที่ที่ 11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	366.23
พื้นที่ที่ 12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	480.47
พื้นที่ที่ 13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	526.90
พื้นที่ที่ 14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	417.87
พื้นที่ที่ 15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	321.73
รวม			**6,358.11**



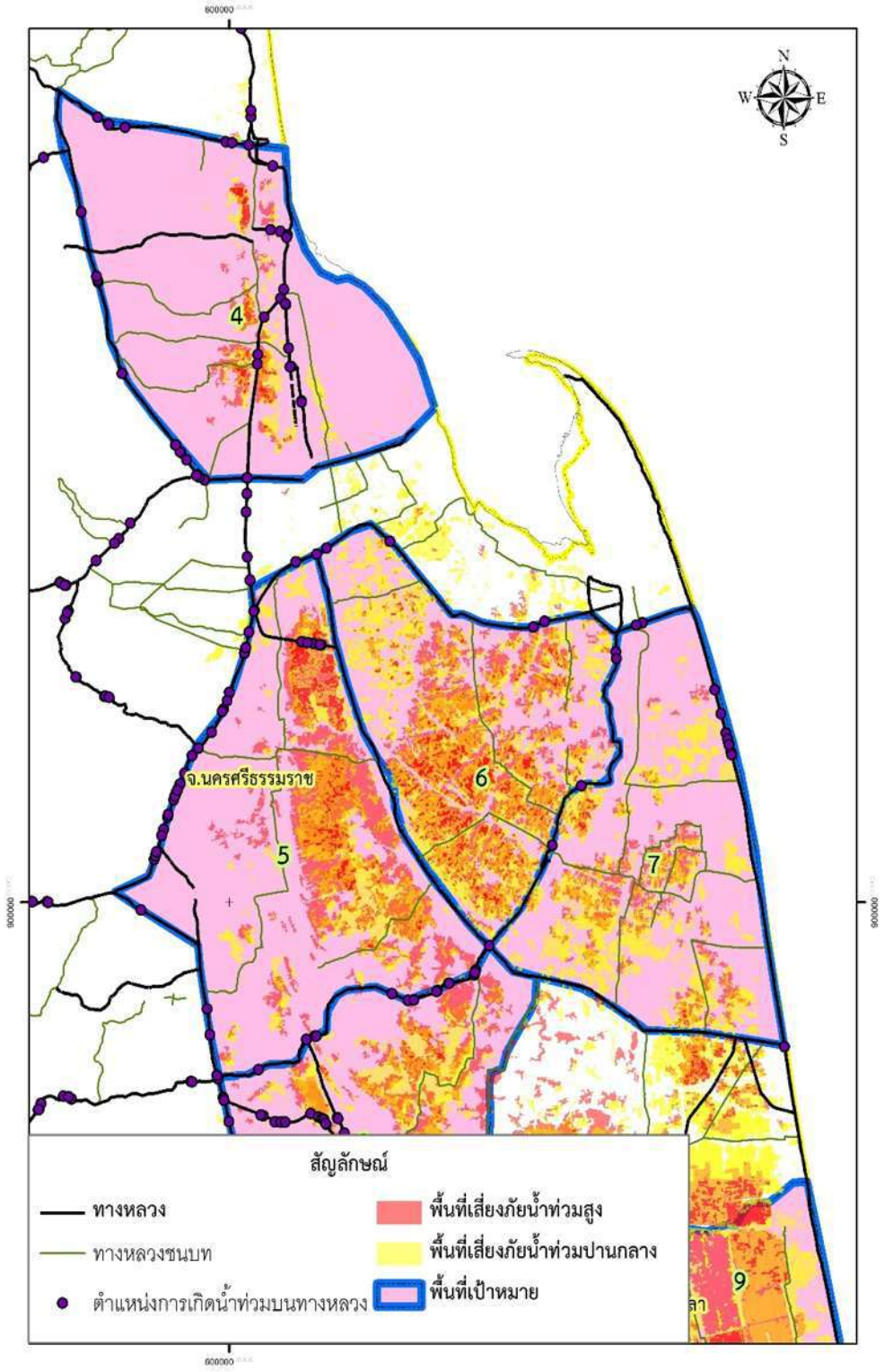
รูปที่ 5.4-1 พื้นที่เป้าหมาย (ภาพรวมทุกพื้นที่)



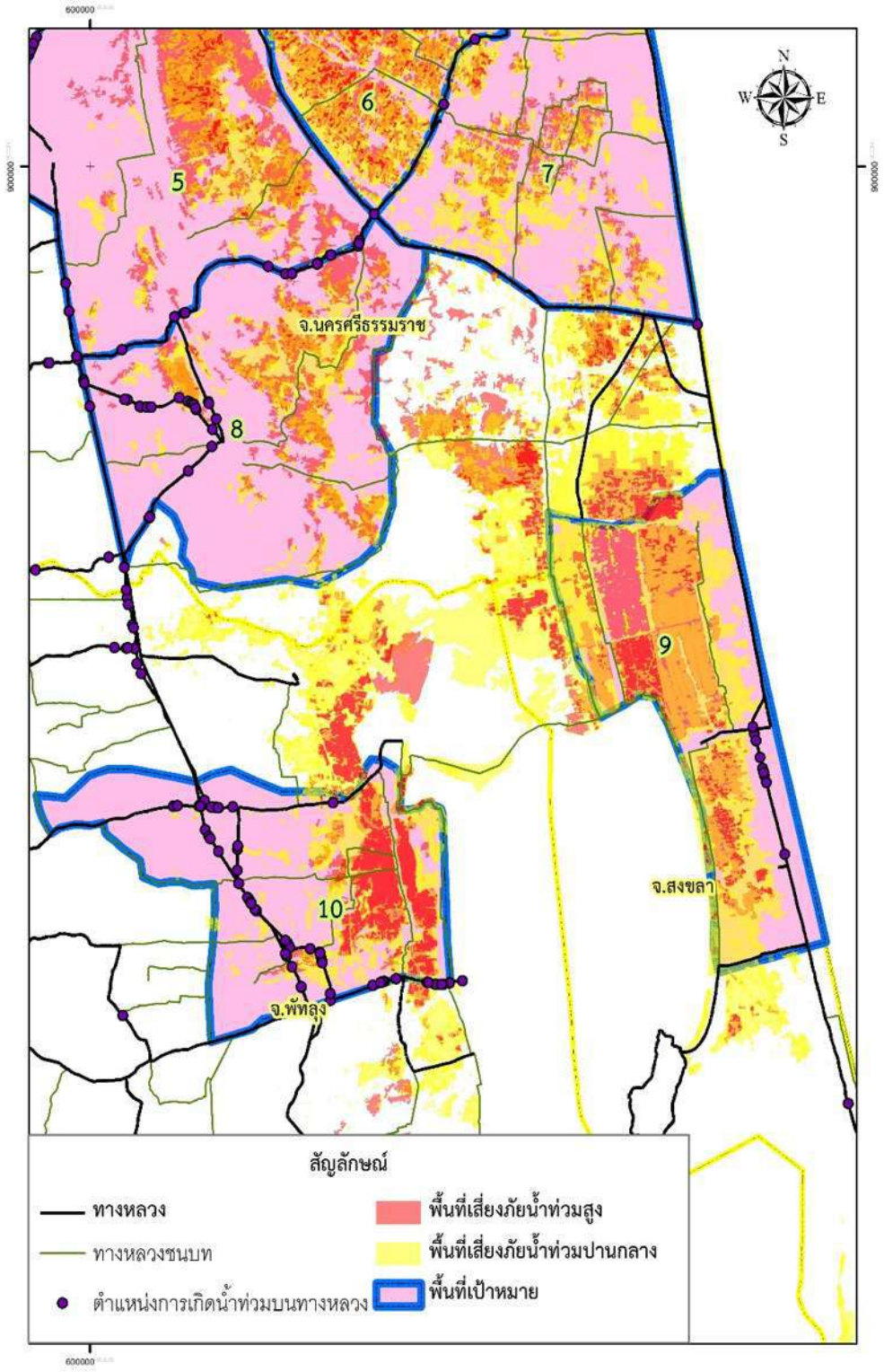
รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 1)



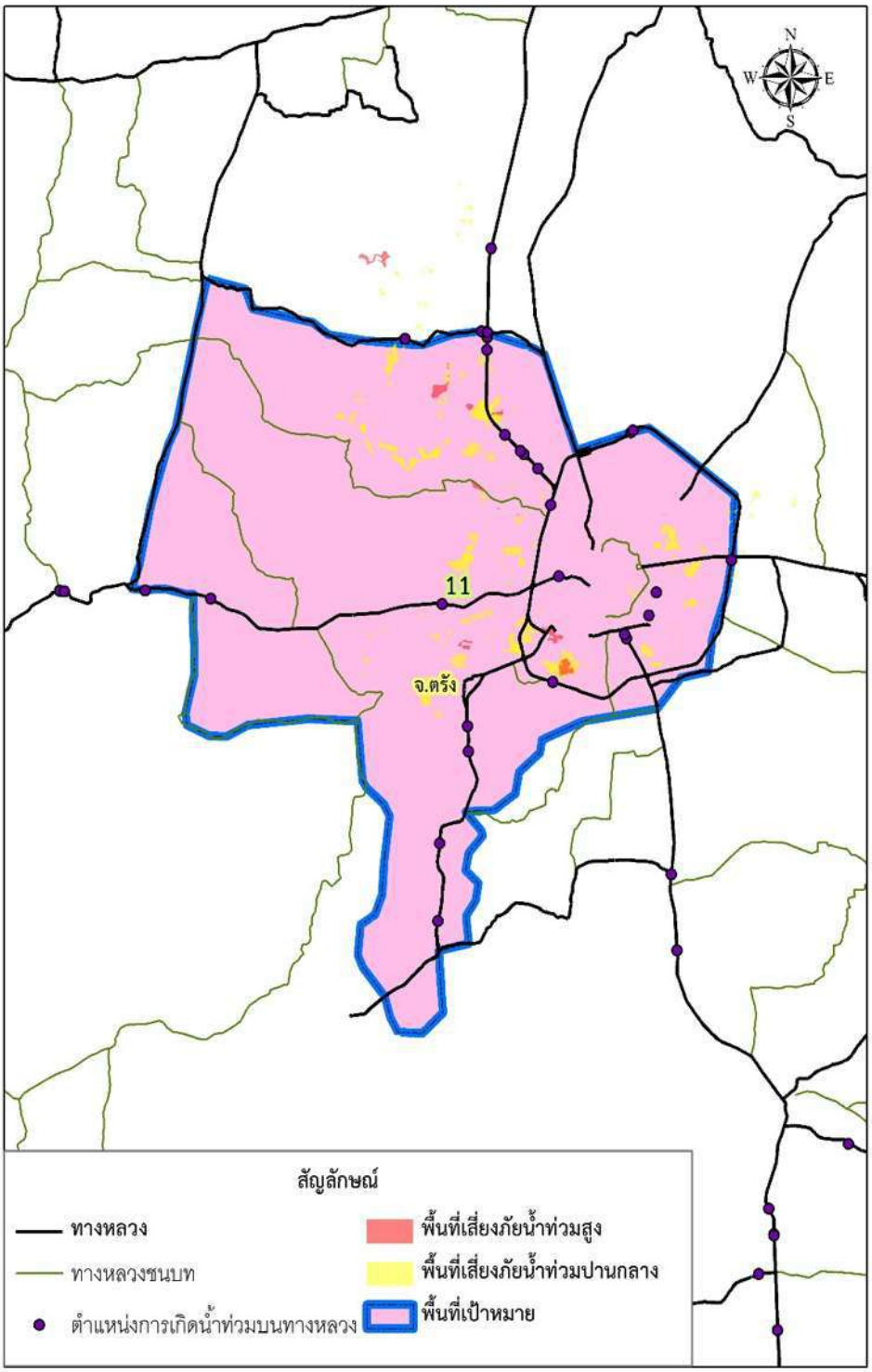
รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 2 และ 3)



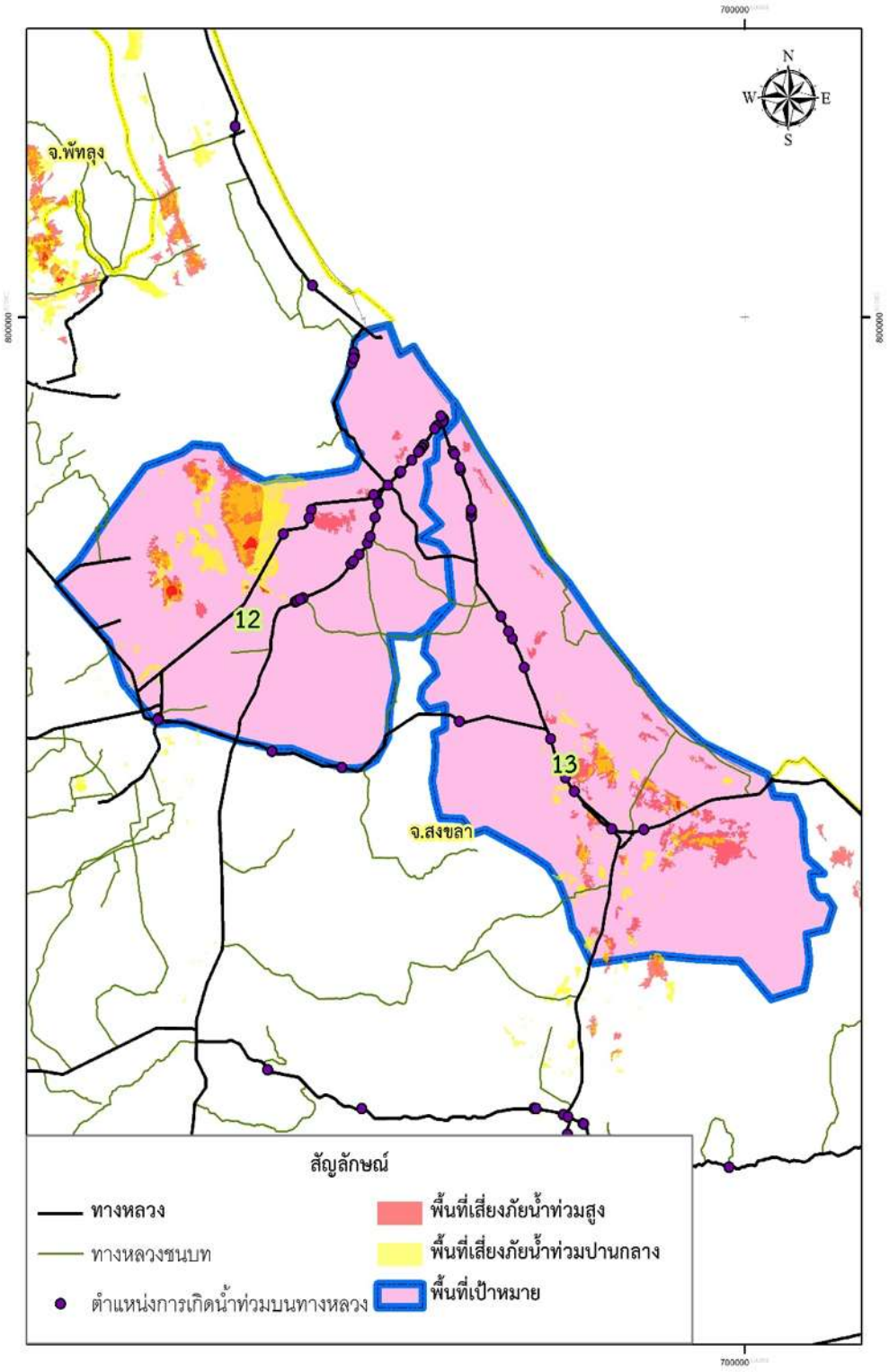
รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 4 5 และ 6)



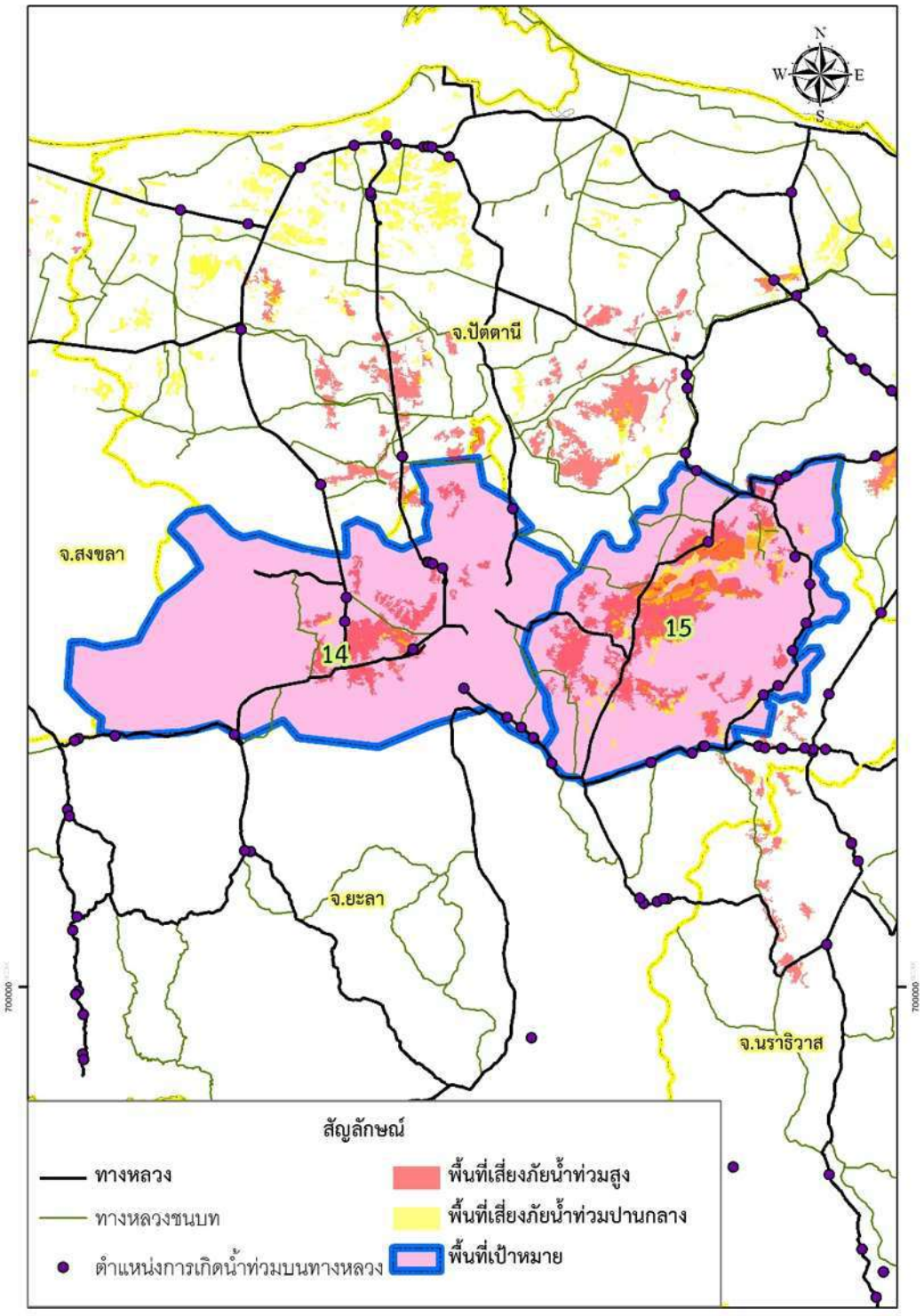
รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 7 8 9 และ 10)



รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 11)



รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 12 และ 13)



รูปที่ 5.4-1(ต่อ) พื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่ 14 และ 15)

5.5. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

5.5.1. การคัดเลือกจากปัจจัยนอกเขตทาง

ในการกำหนดหลักเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาของโครงการจากปัจจัยภายนอก เพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ปรึกษาจะทำการคัดเลือกจากพื้นที่เป้าหมายที่ได้มีการกำหนดขอบเขตไว้ตามผลการศึกษาใน**หัวข้อที่ 5.3** ซึ่งจะเป็นเสี่ยงภัยน้ำท่วมในระดับสูงและปานกลาง รวมถึงเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมทางหลวงจากข้อมูลสถิติการรายงานในช่วงที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามในการคัดเลือกพื้นที่ยังต้องพิจารณาข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุดดินและค่าความลาดชันของพื้นที่ควบคู่ไปด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการศึกษาปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในแต่ละสภาพภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสมการในการคำนวณปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่จะนำเสนอขึ้นใหม่ได้ต่อไป ดังนั้นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ศึกษาของโครงการ ในที่นี้จะขอเสนอไว้ 3 หลักเกณฑ์ ดังนี้

1) หลักเกณฑ์จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน จะคัดเลือกพื้นที่ที่สามารถเป็นตัวแทนลักษณะการใช้ที่ดินทุกประเภท เนื่องจากการใช้ที่ดินย่อมส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำท่า หรือส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุด ของน้ำท่าที่จะคำนวณผ่านอาคารระบายน้ำนั้นเอง

2) หลักเกณฑ์จากข้อมูลค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ค่าความลาดชันเฉลี่ย จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และพื้นที่ที่เป็นที่ราบ เนื่องจากค่าความลาดชันมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการเดินทางของน้ำท่วมและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า

3) หลักเกณฑ์จากข้อมูลกลุ่มชุดดิน

การพิจารณาตามหลักเกณฑ์ข้อมูลกลุ่มชุดดิน จะพิจารณาคัดเลือกให้ครอบคลุมตัวแทนของพื้นที่ที่มีกลุ่มชุดดินหลักที่แตกต่างกัน เนื่องจากกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท จะส่งผลต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งย่อมส่งผลต่อปริมาณและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่วม เช่นกัน

4) ปริมาณฝน

การพิจารณาจากข้อมูลฝนจะนำข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยในแต่พื้นที่เป้าหมายมาทำการพิจารณา

ทั้งนี้วิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อคัดเลือกพื้นที่จากปัจจัยภายนอก จะมี 2 วิธี โดยวิธีแรก จะกำหนดพื้นที่ที่มีลักษณะเด่นตามข้อมูลลักษณะทางกายภาพแต่ละประเภท ส่วนกรณีที่ 2 จะกำหนดตามพื้นที่ที่เป็นตัวแทนตามค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำนั้น ซึ่งรายละเอียดของการคัดเลือกในแต่ละวิธีแสดงได้ดังนี้

5.5.1.1. การกำหนดพื้นที่นำร่องตามลักษณะเด่นทางด้านกายภาพ

ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง โดยการกำหนดจากลักษณะเด่นทางด้านกายภาพ คือ การคัดเลือกพื้นที่ที่มีสัดส่วนด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทของชุดดิน ลักษณะความลาดชันของพื้นที่ และปริมาณฝน ที่มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่เป้าหมายอื่น ๆ ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-1** ถึง**ตารางที่ 5.5-4** โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง คัดเลือกพื้นที่ที่ 12 เป็นตัวแทน
- พื้นที่เกษตรกรรม คัดเลือกพื้นที่ที่ 9 เป็นตัวแทน
- พื้นที่ป่าไม้ คัดเลือกพื้นที่ที่ 8 เป็นตัวแทน

ความลาดชันของพื้นที่

- พื้นที่ราบ (ความลาดชันร้อยละ 0-5) คัดเลือกพื้นที่ที่ 6 เป็นตัวแทน
- พื้นที่ลาดชันสลับซับซ้อน (ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 5 ขึ้นไป) คัดเลือกพื้นที่ที่ 13 เป็นตัวแทน (คัดเลือกพื้นที่ที่ 13 แทนที่พื้นที่ที่ 14 เนื่องจากพื้นที่ที่ 14 เป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยด้านความมั่นคง ซึ่งอาจไม่ปลอดภัยในการเข้าไปทำงาน)

กลุ่มชุดดิน

- ชุดดินในที่ลุ่ม คัดเลือกพื้นที่ที่ 7 เป็นตัวแทน (คัดเลือกพื้นที่ที่ 7 แทนที่พื้นที่ที่ 6 เนื่องจากพื้นที่ที่ 6 คัดเลือกไว้แล้วตามหลักเกณฑ์ ความลาดชันของพื้นที่)
- ชุดดินในที่ดอน คัดเลือกพื้นที่ที่ 3 เป็นตัวแทน

ปริมาณฝน

- ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ พบว่า เกิดในพื้นที่ที่ 6 อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่ 6 ได้คัดเลือกไว้แล้ว ดังนั้นจึงพื้นที่ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา ได้แก่ พื้นที่ที่ 5

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า สามารถคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องได้ทั้งหมด 8 พื้นที่ คือ พื้นที่เป้าหมายที่ 3 5 6 7 8 9 12 และ 13 ซึ่งสามารถสรุปได้ ดัง**ตารางที่ 5.5-4**

ตารางที่ 5.5-1 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (%)				
			พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่แหล่งน้ำ
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	5.58	75.49	9.47	7.95	1.51
2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	4.81	77.17	1.22	14.68	2.13
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	3.36	83.73	2.86	8.41	1.64
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	14.54	73.73	1.04	9.15	1.54
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	15.49	60.00	11.19	12.01	1.30
6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	11.00	78.12	0.01	8.31	2.56
7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	10.86	74.86	3.03	6.61	4.64
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	11.19	49.58	20.64	16.03	2.56
9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	9.15	89.15	0.06	1.24	0.40
10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	10.73	81.29	5.34	1.49	1.15
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	11.83	75.50	4.97	6.08	1.62
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	24.17	55.81	6.34	6.90	6.78
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	8.48	71.97	8.13	9.60	1.83
14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	11.57	67.14	13.00	7.10	1.18
15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	6.35	81.60	2.95	6.65	2.45
ค่าเฉลี่ย (%)			**10.92**	**72.24**	**6.19**	**8.37**	**2.27**

ตารางที่ 5.5-2 สัดส่วนความลาดชันของพื้นที่ในพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	สัดส่วนความลาดชันของพื้นที่ (%)							
			0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-25%	25-30%	30-35%	มากกว่า 35%
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	90.05	5.58	1.36	0.63	0.43	0.31	0.26	1.36
2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	91.35	4.42	1.21	0.66	0.61	0.42	0.43	0.91
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	86.25	9.78	2.42	0.74	0.28	0.16	0.13	0.24
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	99.46	0.39	0.08	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	96.60	1.87	0.65	0.29	0.19	0.13	0.10	0.17
6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	100.00	-	-	-	-	-	-	-
7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	98.03	0.62	0.32	0.33	0.27	0.20	0.13	0.10
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	93.64	5.50	0.70	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02
9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	99.82	0.11	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	86.56	7.66	2.02	0.78	0.39	0.31	0.27	2.01
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	84.38	9.15	2.65	1.26	0.80	0.56	0.40	0.81
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	82.37	6.36	2.69	1.97	1.60	1.27	1.23	2.52
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	74.37	7.10	4.40	3.39	3.21	2.46	2.01	3.07
14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	55.33	10.98	7.50	5.88	4.96	3.74	3.41	8.21
15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	83.88	8.00	3.12	1.82	1.24	0.73	0.59	0.62
ค่าเฉลี่ย (%)			**10.92**	**72.24**	**88.05**	**5.17**	**1.97**	**1.21**	**0.96**	**0.71**

ตารางที่ 5.5-3 สัดส่วนของกลุ่มชุดดินในพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	สัดส่วนกลุ่มชุดดิน (%)		
			กลุ่มชุดดินที่ลุ่ม	กลุ่มชุดดินที่ดอน	อื่นๆ
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	53.58	39.57	6.85
2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	62.72	34.41	2.88
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	29.41	69.18	1.41
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	61.74	24.38	13.88
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	83.45	15.88	0.67
6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	97.55	2.07	0.38
7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	94.82	1.97	3.21
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	78.61	20.54	0.85
9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	88.71	1.48	9.80
10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	79.94	19.51	0.55
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	37.43	59.38	3.19
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	44.13	44.83	11.03
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	44.26	55.58	0.15
14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	18.85	77.67	3.48
15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	43.78	55.79	0.42
ค่าเฉลี่ย (%)			**10.92**	**72.24**	**60.32**

ตารางที่ 5.5-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	1,696.67
2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	2,253.68
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	2,239.89
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	2,056.34
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	2,328.64
6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	2,588.78
7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	1,888.98
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	1,932.59
9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	2,015.34
10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	2,077.15
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	2,076.32
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	1,886.06
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	1,904.31
14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	1,931.52
15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	1,830.20
ค่าเฉลี่ย			**2,047.10**

ตารางที่ 5.4-5 สรุปการคัดเลือกพื้นที่นำร่องโดยวิธีลักษณะเด่นทางกายภาพ

เกณฑ์หลัก	ลักษณะตัวแทน	พื้นที่ที่คัดเลือก	จังหวัด	ลุ่มน้ำ
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ชุมชนและสิ่งลูกสร้าง	12	สุราษฎร์ธานี	ทะเลสาบสงขลา
	พื้นที่เกษตรกรรม	9	สุราษฎร์ธานี	ทะเลสาบสงขลา
	พื้นที่ป่าไม้	8	สุราษฎร์ธานี	ตาปี
ความลาดชันพื้นที่	ที่ราบ	6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก
	ที่ลาดชัน/ลูกระนาด	13	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก
กลุ่มชุดดิน	ดินในที่ราบ	7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก
	ดินในที่ดอน	3	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก
ปริมาณฝน	ปริมาณฝนสูงสุด	5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก

5.5.1.2. การกำหนดพื้นที่นำร่องตามค่าเฉลี่ยของลักษณะกายภาพในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ

การกำหนดพื้นที่ศึกษานำร่องตามค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ มีสมมติฐานมาจากขนาดของพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือกมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อที่จะให้การพิจารณาอยู่บนพื้นฐานเดียวกันจะต้องนำค่าถ่วงน้ำหนักของพื้นที่สำหรับแต่ละพื้นที่มาคูณกับสัดส่วนร้อยละ ของข้อมูลลักษณะทางด้านกายภาพในแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละพื้นที่คำนวณมาจากขนาดของพื้นที่เป้าหมายนั้นๆ หารด้วยขนาดพื้นที่รวมของพื้นที่เป้าหมายทั้งหมด ซึ่งแสดงได้ดัง**ตารางที่ 5.5-6**

ตารางที่ 5.5-6 การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของพื้นที่เป้าหมาย

พื้นที่เป้าหมาย	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ค่าถ่วงน้ำหนัก
พื้นที่ที่ 1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	315.10	0.050
พื้นที่ที่ 2	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	283.94	0.045
พื้นที่ที่ 3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	624.50	0.098
พื้นที่ที่ 4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	521.19	0.082
พื้นที่ที่ 5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	560.01	0.088
พื้นที่ที่ 6	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	420.91	0.066
พื้นที่ที่ 7	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	441.44	0.069
พื้นที่ที่ 8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	424.48	0.067
พื้นที่ที่ 9	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	323.48	0.051
พื้นที่ที่ 10	พัทลุง	ทะเลสาบสงขลา	329.86	0.052
พื้นที่ที่ 11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	366.23	0.058
พื้นที่ที่ 12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	480.47	0.076
พื้นที่ที่ 13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	526.90	0.083
พื้นที่ที่ 14	ยะลา	แม่น้ำปัตตานี	417.87	0.066
พื้นที่ที่ 15	ยะลา/ปัตตานี	ภาคใต้ตะวันออก	321.73	0.051
รวม			**6,358.11**	

เมื่อนำค่าถ่วงน้ำหนักที่คำนวณได้มาคูณกับสัดส่วนของข้อมูลร้อยละลักษณะทางกายภาพ จะถือว่าข้อมูลที่ได้มีการปรับความแตกต่างของขนาดพื้นที่ให้อยู่บนฐานเดียวกันแล้ว ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพ ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่เป้าหมายได้ ซึ่งในการคัดเลือกพื้นที่ จะทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีข้อมูลลักษณะทางกายภาพแต่ละตัวแปรใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ

อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ จะสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะในกรณีที่มีพื้นที่เป้าหมายจำนวนมากกว่า 3 พื้นที่ในลุ่มน้ำที่ศึกษาเท่านั้น (เพราะถ้ามีแค่ 2 พื้นที่จะได้ค่ากลาง ซึ่งไม่สามารถตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยได้) ซึ่งจากการกำหนดพื้นที่เป้าหมายจะเห็นว่ามีเพียงพื้นที่เป้าหมายที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเท่านั้น ที่สามารถวิเคราะห์ โดยแนวทางนี้ได้ ซึ่งผลการคัดเลือกพื้นที่ตามหลักเกณฑ์นี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- พื้นที่ชุมชนและสิ่งลูกสร้าง คัดเลือกพื้นที่ที่ 7 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-7**
- พื้นที่เกษตรกรรม คัดเลือกพื้นที่ที่ 7 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-7**
- พื้นที่ป่าไม้ คัดเลือกพื้นที่ที่ 1 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-7**

ความลาดชันของพื้นที่

- พื้นที่ราบ (ความลาดชันร้อยละ 0-5) คัดเลือกพื้นที่ที่ 8 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของความลาดชัน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-8**
- พื้นที่ลาดชันสลับซับซ้อน (ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 5 ขึ้นไป) คัดเลือกพื้นที่ที่ 5 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของความลาดชัน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-8**

กลุ่มชุดดิน

- ชุดดินในที่ลุ่ม คัดเลือกพื้นที่ที่ 4 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-9**
- ชุดดินในที่ดอน คัดเลือกพื้นที่ที่ 1 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-9**

ปริมาณฝน

- ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ พบว่า เกิดในพื้นที่ที่ 8 เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-10**

ตารางที่ 5.5-7 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ค่าถ่วงน้ำหนัก x ร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดิน				
		พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่แหล่งน้ำ
1	ภาคใต้ตะวันออก	0.498	6.736	0.845	0.709	0.134
4	ภาคใต้ตะวันออก	2.146	10.881	0.154	1.350	0.228
5	ภาคใต้ตะวันออก	2.456	9.515	1.775	1.904	0.206
6	ภาคใต้ตะวันออก	1.311	9.311	0.002	0.990	0.305
7	ภาคใต้ตะวันออก	1.358	9.356	0.379	0.826	0.580
8	ภาคใต้ตะวันออก	1.345	5.959	2.481	1.927	0.308
13	ภาคใต้ตะวันออก	1.264	10.737	1.213	1.432	0.272
15	ภาคใต้ตะวันออก	0.579	7.434	0.269	0.605	0.223
ค่าเฉลี่ย		**1.370**	**8.741**	**0.890**	**1.218**	**0.282**

ตารางที่ 5.5-8 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนความลาดชัน ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ค่าถ่วงน้ำหนัก x ร้อยละความลาดชันพื้นที่							
		0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-25%	25-30%	30-35%	มากกว่า 35%
1	ภาคใต้ตะวันออก	8.035	0.498	0.122	0.056	0.039	0.028	0.023	0.122
4	ภาคใต้ตะวันออก	14.678	0.057	0.012	0.003	0.001	0.001	0.001	0.004
5	ภาคใต้ตะวันออก	15.318	0.296	0.103	0.046	0.030	0.021	0.015	0.027
6	ภาคใต้ตะวันออก	11.918	-	-	-	-	-	-	-
7	ภาคใต้ตะวันออก	12.252	0.077	0.040	0.042	0.034	0.025	0.016	0.013
8	ภาคใต้ตะวันออก	11.254	0.661	0.085	0.009	0.004	0.003	0.002	0.003
13	ภาคใต้ตะวันออก	11.095	1.060	0.656	0.505	0.478	0.368	0.300	0.458
15	ภาคใต้ตะวันออก	7.641	0.729	0.284	0.166	0.113	0.067	0.054	0.057
ค่าเฉลี่ย		**1.370**	**11.524**	**0.422**	**0.163**	**0.103**	**0.087**	**0.064**	**0.051**

ตารางที่ 5.5-9 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนของพื้นที่ตามกลุ่มชุดดิน ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ถ่วงน้ำหนัก x สัดส่วนกลุ่มชุดดิน		
		กลุ่มชุดดินที่ลุ่ม	กลุ่มชุดดินที่ดอน	อื่นๆ
1	ภาคใต้ตะวันออก	4.780	3.530	0.611
4	ภาคใต้ตะวันออก	9.110	3.598	2.049
5	ภาคใต้ตะวันออก	13.232	2.518	0.106
6	ภาคใต้ตะวันออก	11.625	0.247	0.046
7	ภาคใต้ตะวันออก	11.852	0.246	0.401
8	ภาคใต้ตะวันออก	9.448	2.469	0.102
13	ภาคใต้ตะวันออก	6.604	8.293	0.023
15	ภาคใต้ตะวันออก	3.989	5.083	0.038
เฉลี่ย		**88.71**	**8.830**	**3.248**

ตารางที่ 5.5-10 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและปริมาณฝนเฉลี่ย ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ถ่วงน้ำหนัก x ปริมาณฝนเฉลี่ย
1	ภาคใต้ตะวันออก	84.83
4	ภาคใต้ตะวันออก	168.62
5	ภาคใต้ตะวันออก	204.92
6	ภาคใต้ตะวันออก	170.86
7	ภาคใต้ตะวันออก	130.34
8	ภาคใต้ตะวันออก	129.48
13	ภาคใต้ตะวันออก	158.06
15	ภาคใต้ตะวันออก	93.34
เฉลี่ย		**142.56**

2) พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-11**
- พื้นที่เกษตรกรรม คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน **ตารางที่ 5.5-11**
- พื้นที่ป่าไม้ คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน **ตารางที่ 5.5-11**

ความลาดชันของพื้นที่

- พื้นที่ราบ (ความลาดชันร้อยละ 0-5) คัดเลือกพื้นที่ที่ 9 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของความลาดชัน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-12**
- พื้นที่ลาดชันสลับซับซ้อน (ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 5 ขึ้นไป) คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของความลาดชัน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-12**

กลุ่มชุดดิน

- ชุดดินในที่ลุ่ม คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-13**
- ชุดดินในที่ดอน คัดเลือกพื้นที่ที่ 10 เป็นตัวแทน เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-13**

ปริมาณฝน

- ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ พบว่า เกิดในพื้นที่ที่ 10 เนื่องจากมีค่าผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนร้อยละของชุดดิน ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงใน **ตารางที่ 5.5-14**

ตารางที่ 5.5-11 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ค่าถ่วงน้ำหนัก x ร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดิน				
		พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่แหล่งน้ำ
9	ทะเลสาบสงขลา	2.610	25.435	0.018	0.353	0.115
10	ทะเลสาบสงขลา	3.121	23.649	1.554	0.434	0.334
12	ทะเลสาบสงขลา	10.242	23.651	2.687	2.922	2.874
ค่าเฉลี่ย		**5.324**	**24.245**	**1.420**	**1.237**	**1.108**

ตารางที่ 5.5-12 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนความลาดชัน ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ค่าถ่วงน้ำหนัก x ร้อยละความลาดชันพื้นที่							
		0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-25%	25-30%	30-35%	มากกว่า 35%
9	ทะเลสาบสงขลา	28.48	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	ทะเลสาบสงขลา	25.18	2.23	0.59	0.23	0.11	0.09	0.08	0.58
12	ทะเลสาบสงขลา	34.91	2.70	1.14	0.83	0.68	0.54	0.52	1.07
ค่าเฉลี่ย		**29.523**	**1.653**	**0.577**	**0.355**	**0.265**	**0.210**	**0.200**	**0.551**

ตารางที่ 5.5-13 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนของพื้นที่ตามกลุ่มชุดดิน ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ถ่วงน้ำหนัก x สัดส่วนกลุ่มชุดดิน		
		กลุ่มชุดดินที่ลุ่ม	กลุ่มชุดดินที่ดอน	อื่นๆ
9	ทะเลสาบสงขลา	25.310	0.423	2.797
10	ทะเลสาบสงขลา	23.258	5.676	0.159
12	ทะเลสาบสงขลา	18.703	18.998	4.676
เฉลี่ย		22.424	8.366	2.544

ตารางที่ 5.5-14 ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและปริมาณฝนเฉลี่ย ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	ถ่วงน้ำหนัก x ปริมาณฝนเฉลี่ย
9	ทะเลสาบสงขลา	102.78
10	ทะเลสาบสงขลา	108.01
12	ทะเลสาบสงขลา	143.34
เฉลี่ย		**118.04**

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า สามารถคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องได้ทั้งหมด 7 พื้นที่ คือ พื้นที่เป้าหมายที่ 1 4 5 7 8 9 และ 10 ซึ่งทั้งหมด อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ดังนั้นในกรณีนี้จึงเลือกพื้นที่ 11 อีก 1 พื้นที่ เพื่อใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยผลการคัดเลือกพื้นที่ ตามวิธีการกำหนดพื้นที่นำร่องตามค่าเฉลี่ยของลักษณะกายภาพในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดัง**ตารางที่ 5.5-15**

ตารางที่ 5.5-15 สรุปการคัดเลือกพื้นที่นำร่องโดยวิธีค่าเฉลี่ยของลักษณะกายภาพในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ

พื้นที่เป้าหมาย	ลุ่มน้ำ	จำนวนหลักเกณฑ์ที่สอดคล้อง
1	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	2
4	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1
5	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1
7	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	3
8	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	2
9	ทะเลสาบสงขลา	1
10	ทะเลสาบสงขลา	6
11	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-

5.5.1.3. สรุปการคัดเลือกพื้นที่จากปัจจัยนอกเขตทาง

จากการคัดเลือกพื้นที่โดยใช้ปัจจัยในเขตทาง ทั้ง 2 วิธี คือ วิธีลักษณะเด่นทางกายภาพ และวิธีค่าเฉลี่ยของลักษณะกายภาพในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถสรุปได้ดังนี้

- พื้นที่เป้าหมายที่ถูกคัดเลือกจากทั้ง 2 วิธี ได้แก่ พื้นที่หมายเลข 7 8 และ 9 ดังนั้น พื้นที่เหล่านี้จะถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญ ในการคัดเลือก
- พื้นที่ที่ถูกคัดเลือก โดยมีปัจจัยในการคัดเลือกมากกว่า 1 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ หมายเลข 1 6 และ 10 จะถูกจัดลำดับความสำคัญจะถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญ ในการคัดเลือก
- พื้นที่เป้าหมายที่อยู่นอกเหนือจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้ทำการคัดเลือกไปแล้วจากหลักเกณฑ์ทั้ง 2 ข้อแรกข้างต้น คือ พื้นที่ที่ 3 และ พื้นที่ที่ 11 จะถูกกำหนดให้มีความสำคัญ เพื่อให้การคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องกระจายครอบคลุมตัวแทนพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคใต้ให้มากที่สุด
- พื้นที่ที่เหลือ และผ่านการคัดเลือก ตามหลักเกณฑ์ของทั้ง 2 วิธี จะกำหนดให้เป็นพื้นที่สำรอง หากมีการดำเนินการเข้าไปสำรวจข้อมูลภาคสนาม สำหรับปัจจัยในเขตทางแล้วพบว่า พื้นที่ 8 พื้นที่ที่คัดเลือกไว้ในส่วนแรก มีสาเหตุของน้ำท่วมจากปัจจัยอื่น ไม่ใช่มาจากถนนขวางทางน้ำ โดยสรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาจากปัจจัยในเขตทาง สามารถแสดงได้ดัง**ตารางที่ 5.5-16**

ตารางที่ 5.5-16 สรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง จากปัจจัยนอกเขตทาง

พื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก	ลุ่มน้ำ	หมายเหตุ
1	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	กลุ่มพื้นที่เป้าหมายที่มีความสำคัญอันดับแรก
3	ตาปี	
6	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	
7	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	
8	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	
9	ทะเลสาบสงขลา	
10	ทะเลสาบสงขลา	
11	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	
4	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	กลุ่มพื้นที่สำรอง
5	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	
12	ทะเลสาบสงขลา	
13	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	

5.5.2. การคัดเลือกจากปัจจัยในเขตทาง

ในการศึกษาปัจจัยการเกิดน้ำท่วมในเขตทาง ที่ปรึกษาจะนำผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องจากปัจจัยนอกเขตทางตามที่กล่าวไว้ใน**หัวข้อที่ 5.4.1** ทั้งในส่วนของพื้นที่ที่มีความสำคัญอันดับแรก และกลุ่มพื้นที่สำรอง มาทำการสำรวจภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของแขวงทางหลวงในพื้นที่รับผิดชอบ (ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-1**) เพื่อสอบถามถึงสาเหตุของการเกิดอุทกภัยในแต่ละพื้นที่ว่ามีสาเหตุมาจากถนนขวางทางน้ำหรือไม่ ซึ่งผลจากการสอบถามพบว่า พื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วม โดยสาเหตุหนึ่งมาจากถนนขวางทางน้ำ หรืออาคารระบายน้ำในพื้นที่ไม่เพียงพอ มีดังนี้

แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานี ที่ 1 (พุนพิน)

แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานี ที่ 2 (กาญจนดิษฐ์)

แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานี ที่ 3 (เวียงสระ)

แขวงทางหลวงนครศรีธรรมราช ที่ 1

รูปที่ 5.5-1 การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของแขวงทางหลวง ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก

แขวงทางหลวงนครศรีธรรมราช ที่ 2 (ทุ่งสง)

แขวงทางหลวงตรัง

แขวงทางหลวงพัทลุง

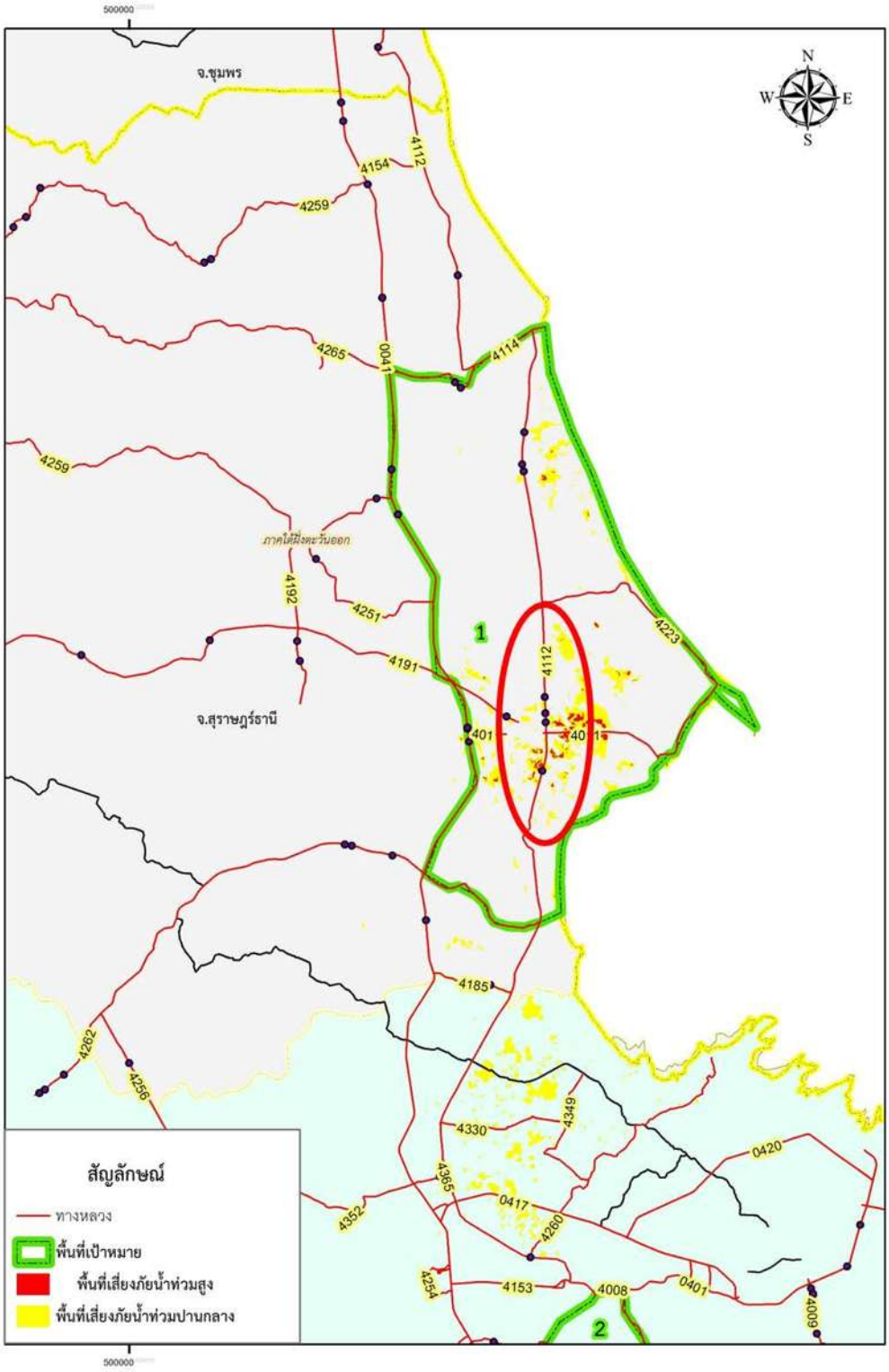
แขวงทางหลวงสงขลา ที่ 1

แขวงทางหลวงสงขลา ที่ 2 (นาหม่อม)

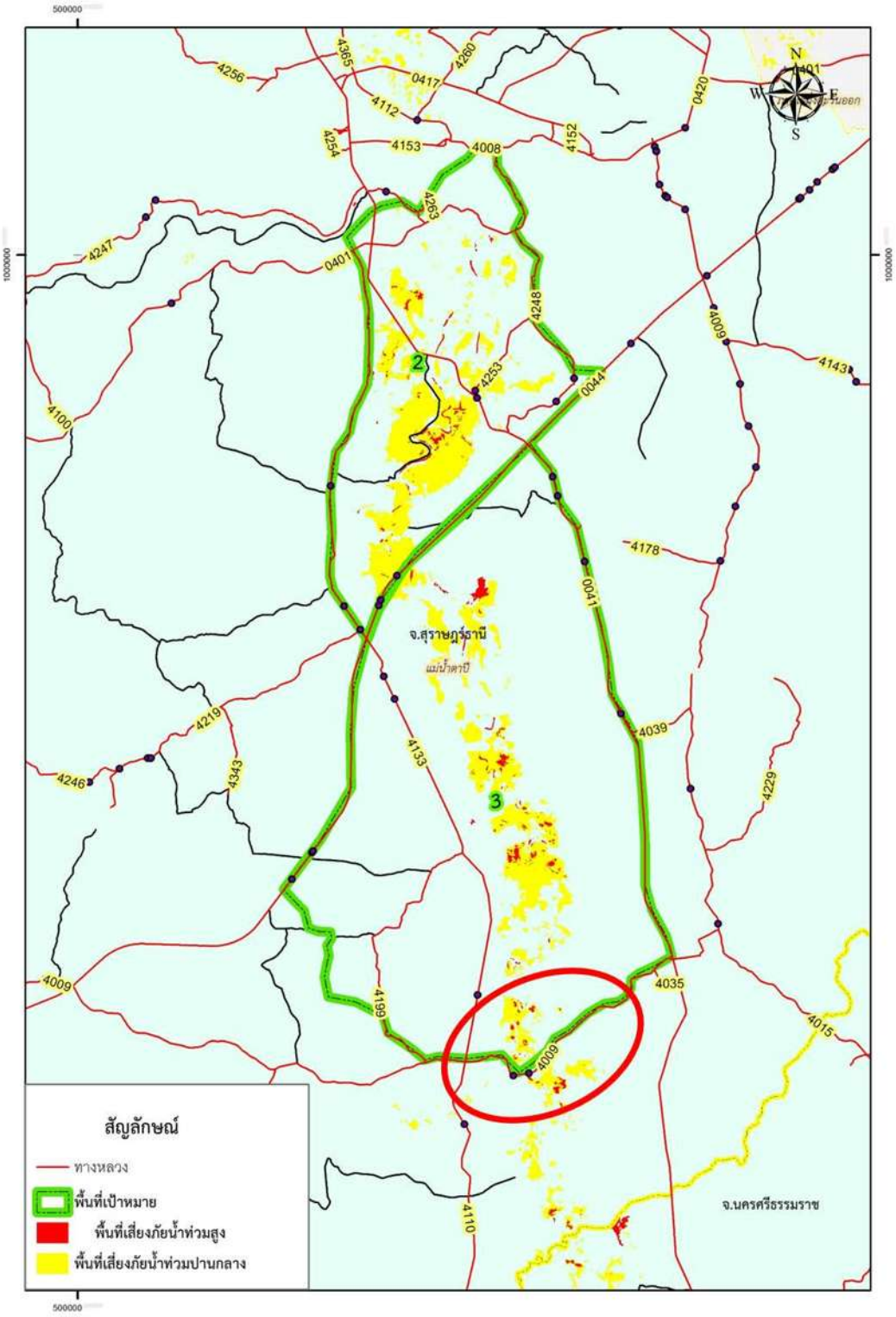
รูปที่ 5.5-1(ต่อ) การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของแขวงทางหลวง ในพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือก

- พื้นที่ที่ 1 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 4112 และ 4011 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-2**
- พื้นที่ที่ 3 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 4009 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-3**
- พื้นที่ที่ 4 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 4103 และ 401 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-4**
- พื้นที่ที่ 5 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 403 และ 4103 ดังแสดงใน**รูปที่5.5-5**
- พื้นที่ที่ 8 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 4018 และ 4165 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-5**
- พื้นที่ที่ 11 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 403 4153 และ 419 ดังแสดงใน **รูปที่ 5.5-6**
- พื้นที่ที่ 12 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 407 และ 414 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-7**
- พื้นที่ที่ 13 มีปัญหาถนนขวางทางน้ำบริเวณทางหลวงหมายเลข 4039 ดังแสดงใน**รูปที่ 5.5-7**

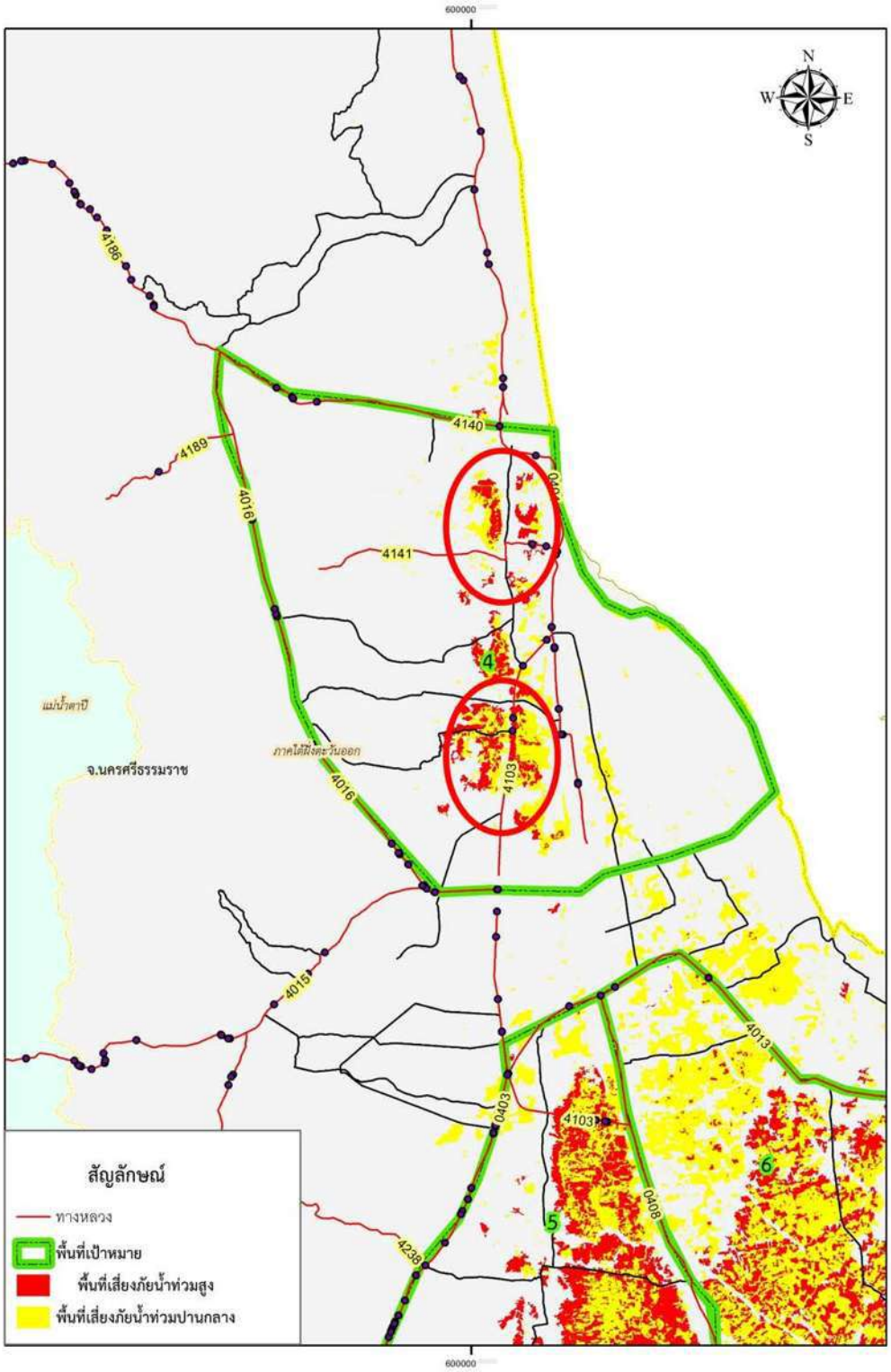
ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ เจ้าหน้าที่ให้ความเห็นว่า ปัญหาการเกิดน้ำท่วมไม่ได้มีสาเหตุมาจากถนนขวางทางน้ำ แต่มีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น ๆ อาทิเช่น การถมพื้นที่ของประชาชน ทำให้ไม่มีทางระบายน้ำ หรือ ถนนอยู่ในบริเวณที่ใกล้กับทะเล ทำให้เกิดน้ำท่วมอันเนื่องมาจากการขึ้นลงของระดับน้ำ เป็นต้น



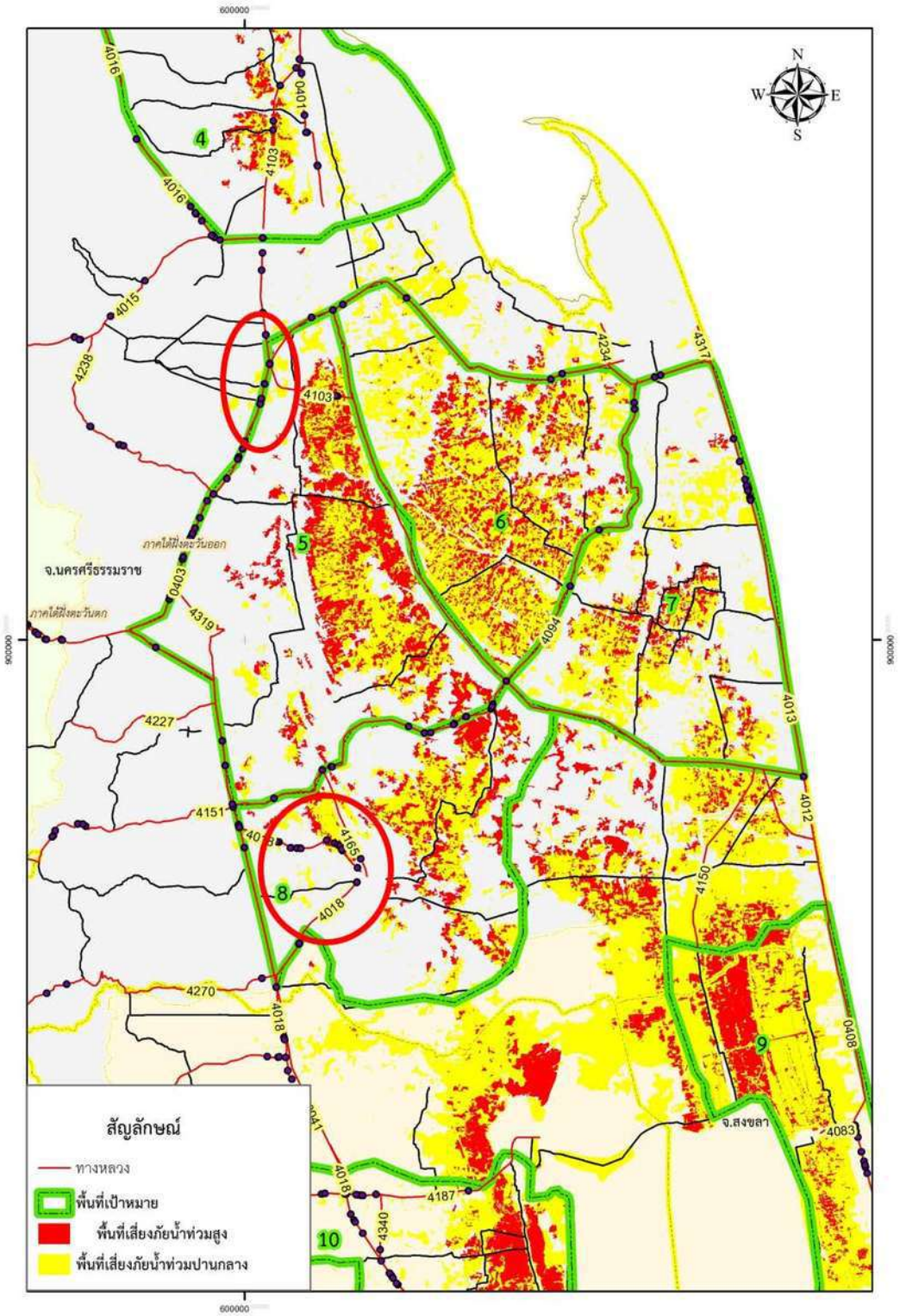
รูปที่ 5.5-2 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 1



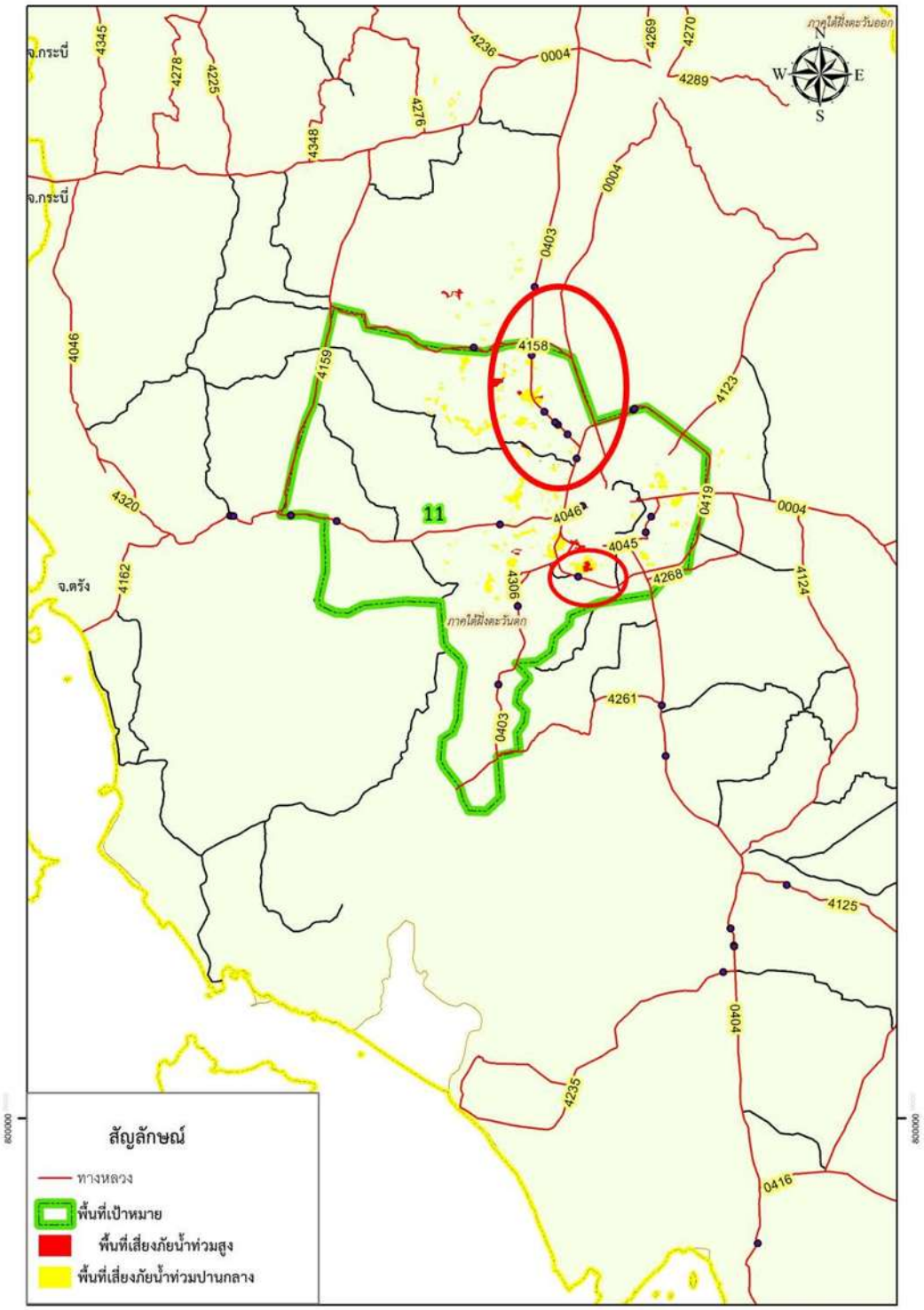
รูปที่ 5.5-3 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 3



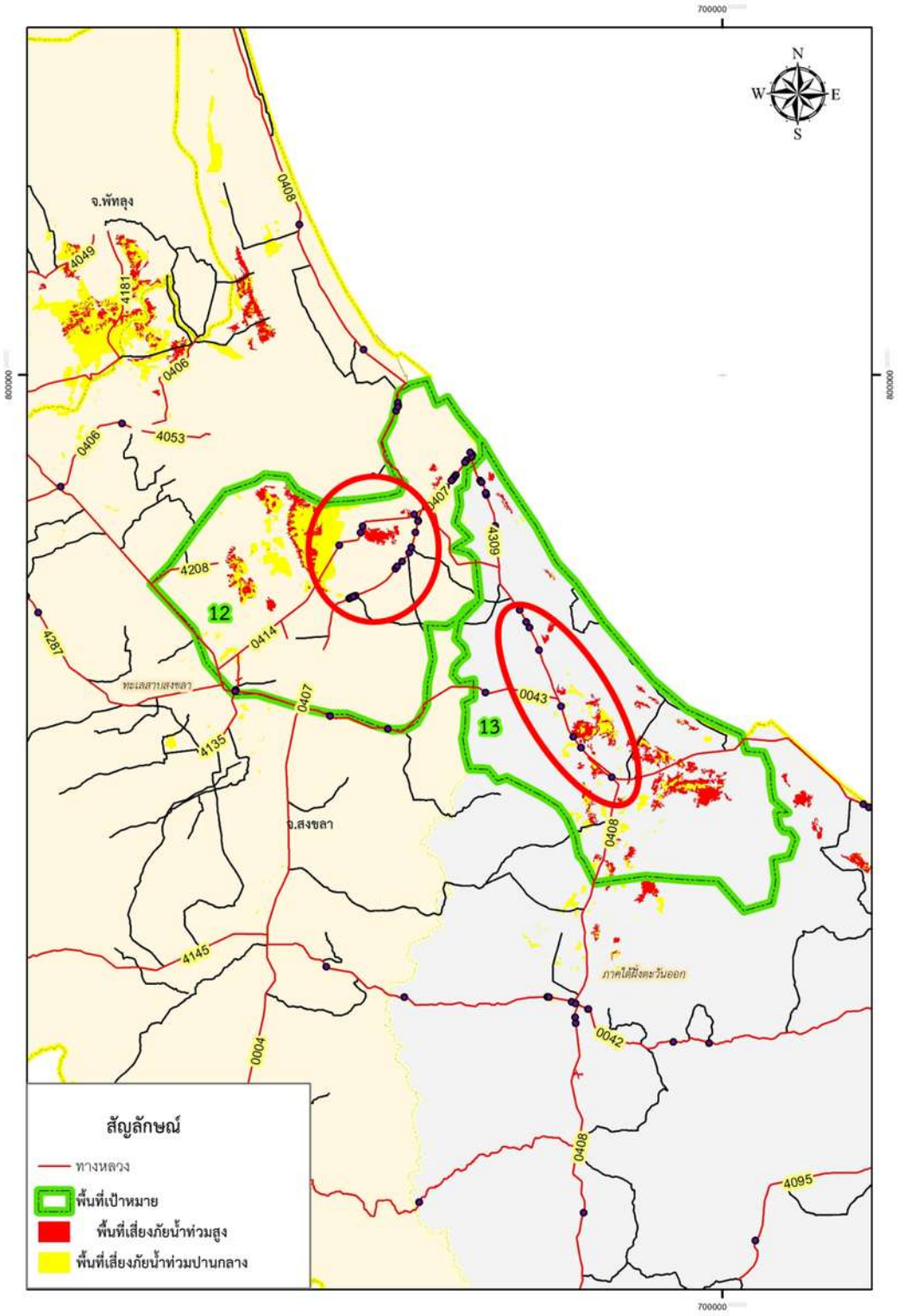
รูปที่ 5.5-4 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 4



รูปที่ 5.5-5 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 5 พื้นที่ที่ 8



รูปที่ 5.5-6 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 11



รูปที่ 5.5-7 ตำแหน่งถนนขวางทางน้ำบริเวณพื้นที่ที่ 12

5.5.3. สรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

จากผลการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาเป้าหมายโดยพิจารณาทั้งปัจจัยในเขตทางและปัจจัยนอกเขตทาง ทำให้สามารถสรุปปัจจัยในเขตทางและนอกเขตทาง ที่ครอบคลุมในแต่ละพื้นที่เป้าหมายได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.5-17**

จาก**ตารางที่ 5.5-17** จะเห็นได้ว่า พื้นที่เป้าหมายที่จะคัดเลือกเป็นพื้นที่ศึกษานำร่องของโครงการซึ่งเป็นตัวแทนทั้งในส่วนของปัจจัยในเขตทางและนอกเขตทาง มีทั้งหมด 7 พื้นที่ อย่างไรก็ตามตามข้อกำหนดขอบเขตงานซึ่งกำหนดให้คัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง จำนวน 8 พื้นที่ ดังนั้นในที่นี้ที่ปรึกษาจึงขอเสนอพื้นที่เป้าหมายที่ 11 เป็นพื้นที่ศึกษานำร่องอีก 1 พื้นที่ เนื่องจากสามารถใช้เป็นพื้นที่ตัวแทนในภาคใต้ฝั่งตะวันตกได้ (ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการคัดเลือกก่อนหน้าทั้ง 7 พื้นที่ เป็นพื้นที่อยู่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกทั้งหมด)

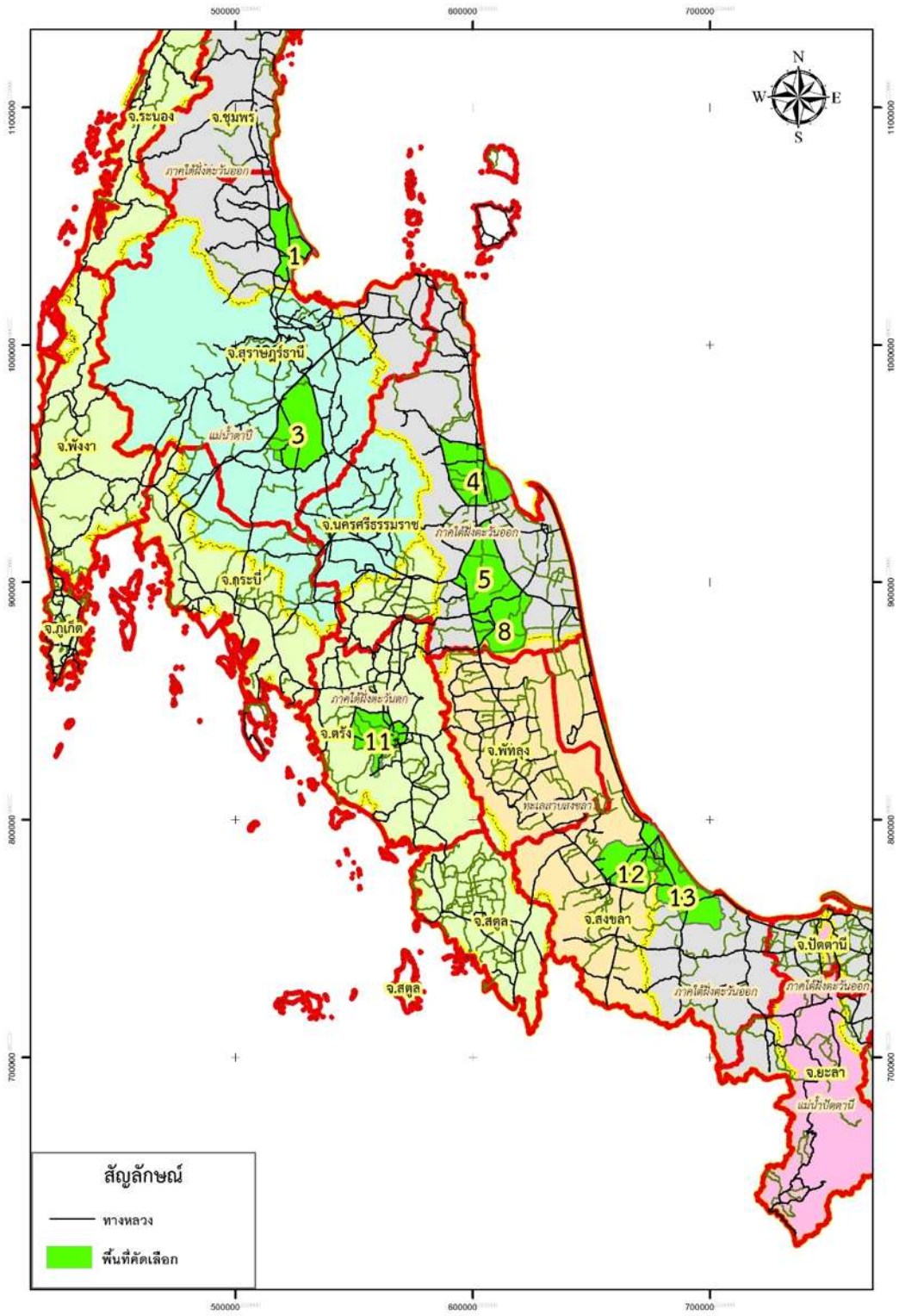
จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่องได้ดัง**ตารางที่ 5.5-18** และแสดงใน**รูปที่ 5.5-8** โดยประกอบด้วย พื้นที่ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก 5 พื้นที่ ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก จำนวนลุ่มน้ำละ 1 พื้นที่ ตามลำดับ

ตารางที่ 5.5-17 สรุปปัจจัยในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่เป้าหมาย	ปัจจัยภายนอกตามเกณฑ์ลักษณะเด่นทางกายภาพ								ปัจจัยภายนอกตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของลักษณะกายภาพ								ปัจจัยในเขตทาง อันเนื่องมาจากปัญหาระบบระบายน้ำบนทางหลวง
	การใช้ประโยชน์ที่ดิน			ความลาดชันพื้นที่		ชุดดิน		ปริมาณฝน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน			ความลาดชันพื้นที่		ชุดดิน		ปริมาณฝน	
	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	ที่ราบ	พื้นที่ลาดชันสลับซับซ้อน	ชุดดินในที่ลุ่ม	ชุดดินในที่ดอน	ปริมาณฝนสูงสุด	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	ที่ราบ	พื้นที่ลาดชันสลับซับซ้อน	ชุดดินในที่ลุ่ม	ชุดดินในที่ดอน	ปริมาณฝนเฉลี่ย	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓
5	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓
6	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓
9	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-		-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
12	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
13	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 5.5-18 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 5.5-8 พื้นที่ศึกษานำร่องที่ทำการคัดเลือก

บทที่ 6
การรวบรวมและสำรวจข้อมูล

6. การรวบรวมและสำรวจข้อมูล

6.1. ข้อมูลอุทกวิทยา

6.1.1. สภาพภูมิอากาศ

ในการศึกษาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษานำร่องของโครงการและตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดอากาศในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงดังแสดงใน**รูปที่ 6.1-1** จำนวน 19 สถานีโดยมีรายละเอียดของที่ตั้ง ดังแสดงใน**ตารางที่ 6.1-1** อย่างไรก็ตาม ในเบื้องต้นได้ทำการทบทวนข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ 2 สถานี ที่ตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางของพื้นที่ศึกษา ได้แก่

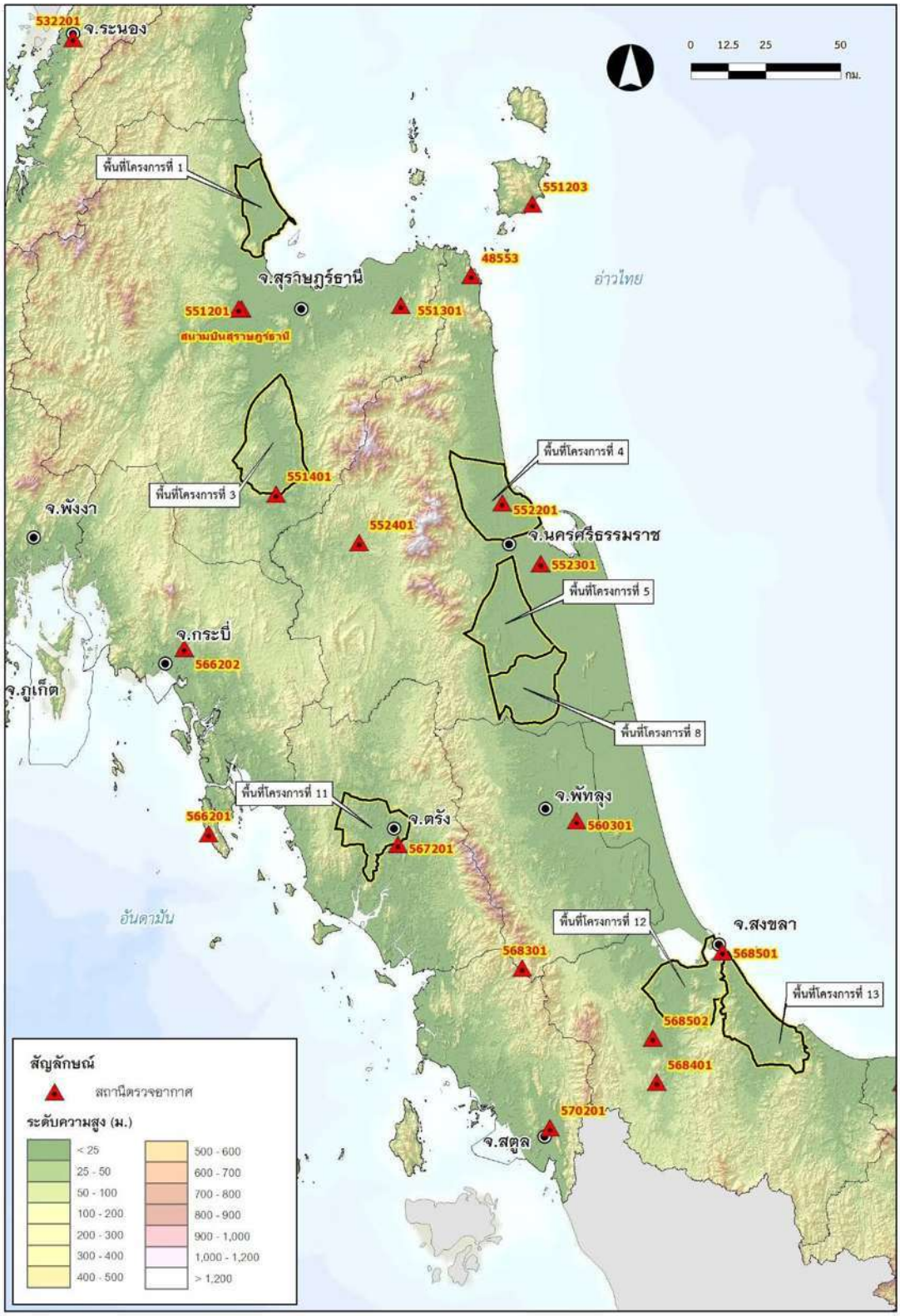
1) สถานีตรวจอากาศพัทลุง ตั้งอยู่ที่ ตำบลลำปำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ซึ่งมีสถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี (พ.ศ.2549-2559) ดังแสดงใน**ตารางที่ 6.1-2** และการผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ดังแสดงใน**รูปที่ 6.1-2**
2) สถานีตรวจอากาศสงขลา ตั้งอยู่ที่ ตำบลบ่อยาง อำเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งมีสถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ.2530-2559) ดังแสดงใน**ตารางที่ 6.1.1-3** และการผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ดังแสดงใน**รูปที่ 6.1.1-3**

จากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยของทั้ง 2 สถานี ดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาสรุปตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ได้ดังนี้

1) **อุณหภูมิ** พื้นที่ศึกษาอยู่ใกล้ทะเล ฤดูร้อนมีอากาศไม่ร้อนมากนัก ส่วนฤดูฝนจะมีอากาศเย็นสบาย อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.4 องศาเซลเซียส เดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดคือเดือนเมษายน เคยตรวจอุณหภูมิสูงที่สุดได้ 39.4 องศาเซลเซียส และตรวจอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 18.5 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 6.1-1 สถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงที่ได้รวบรวมข้อมูลมาใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ชื่อสถานี	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
		ตะวันออก	เหนือ
1	สนามบินสุราษฎร์ธานี	515504	1009535
2	สถานีอุตุนิยมวิทยาสตูล	619749	735189
3	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่ง ส่วนพยากรอากาศ กลุ่มงานตรวจอากาศการบินหาดใหญ่	654151	765223
4	สถานีอุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่ง	677503	794204
5	สถานีอุตุนิยมวิทยาสงขลา (กลุ่มงานอุตุนิยมวิทยาอุทกสะเดา)	655514	750453
6	สถานีอุตุนิยมวิทยาสงขลา กลุ่มงานเกษตรคอหงษ์	610425	788700
7	สถานีอุตุนิยมวิทยาตรัง	568833	830177
8	สถานีอุตุนิยมวิทยากระบี่	497276	895752
9	สถานีอุตุนิยมวิทยากระบี่ (กลุ่มงานตรวจวัดอากาศเกาะลันตา)	505455	833721
10	สถานีอุตุนิยมวิทยาพัทลุง	628641	838101
11	สถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช (ฉวาง)	555776	931288
12	สถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช (บางจาก)	616652	924161
13	สถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช	603755	944584
14	สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี (พระแสง)	528060	947537
15	สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี (กาญจนดิษฐ์)	569891	1010699
16	สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี (เกาะสมุย)	613806	1044650
17	สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี	516481	1009597
18	สถานีอุตุนิยมวิทยาระนอง	460174	1100183
19	สถานีอุตุนิยมวิทยาขนอม	593370	1020760



รูปที่ 6.1-1 ที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงที่ได้รวบรวมข้อมูลมาใช้ในการศึกษา

2) **ความชื้นสัมพัทธ์** มีความสัมพันธ์กับมวลอากาศและอิทธิพลของลมมรสุมเป็นสำคัญ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมทั้งสองฤดู คือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มรสุมทั้งสองชนิดนี้ก่อนที่จะพัดเข้าสู่บริเวณจังหวัด ได้พัดผ่านทะเลและมหาสมุทรจึงได้พาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาด้วย ทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณ 82 % ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 94 % ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 66 % เคยตรวจความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดได้ 34 % ในเดือนสิงหาคม

3) **ความกดอากาศ** มีค่าเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1,009.5 เฮคโตปาสคาล ความกดอากาศสูงสุดที่เคยวัดได้ 1,019.3 เฮคโตปาสคาล ในเดือนมกราคม และเคยตรวจวัดความกดอากาศต่ำที่สุดได้ 1,001.6 เฮคโตปาสคาล ในเดือนพฤศจิกายน

4) **ลม** ในพื้นที่ศึกษามีลมพัดผ่านประจำตลอดปีดังนี้ ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน เป็นลมทิศตะวันออก ความเร็วเฉลี่ย 1.7–2.1 น๊อต เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมเป็นลมทิศตะวันตก ความเร็วลมเฉลี่ย 1.9–2.6 น๊อต ส่วนเดือนพฤศจิกายนเป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันตก ความเร็วลมเฉลี่ย 1.4 น๊อต กำลังลมสูงที่สุดเคยตรวจได้มีดังนี้ ฤดูร้อนเคยตรวจลมสูงที่สุดได้ 30 น๊อต เป็นลมทิศตะวันตกในเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเคยตรวจลมสูงที่สุดได้ 40 น๊อต เป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันตก ในเดือนพฤศจิกายน

5) **ปริมาณการระเหยจากถาด** มีค่าเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 1,258.4 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีการระเหยจากถาดมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม เท่ากับ 125.2 มิลลิเมตร และเดือนที่มีการระเหยจากถาดน้อยที่สุดคือเดือนธันวาคม เท่ากับ 68.8 มิลลิเมตร

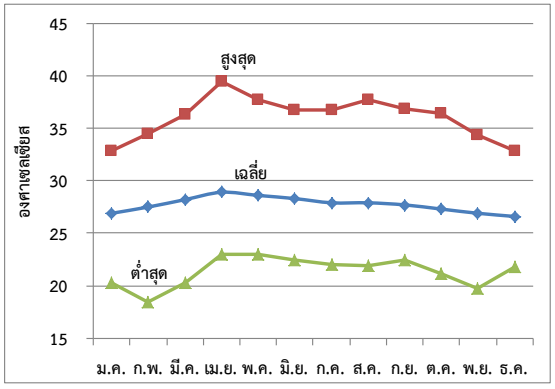
ตารางที่ 6.1-2 สถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยในคาบ 11 ปี (พ.ศ.2549-พ.ศ.2559) ของสถานีตรวจวัดอากาศพัทลุง

สถานี	พัทลุง	ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	2.00 เมตร
รหัสสถานี	48560	ความสูงของบาโรมิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	4.15 เมตร
ละติจูด	7° 35' 0.0" N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือพื้นดิน	1.25 เมตร
ลองติจูด	100° 10' 0.0" E	ความสูงของเครื่องมือวัดความเร็วลมเหนือพื้นดิน	11.00 เมตร
		ความสูงของเครื่องมือวัดน้ำฝน	0.90 เมตร

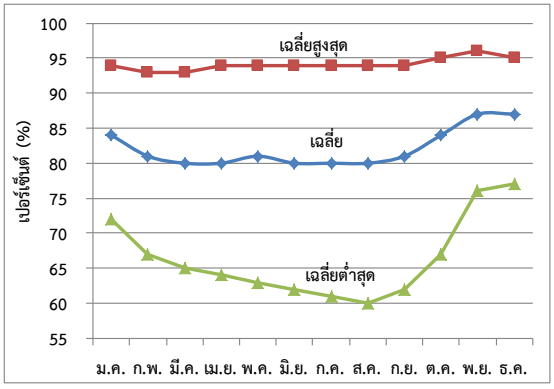
ตัวแปร	จำนวนปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
ความกดอากาศ (เฮคโตปาสคาล)														
เฉลี่ย	11	1,011.6	1,011.0	1,010.2	1,009.1	1,008.4	1,008.1	1,008.4	1,008.6	1,009.2	1,009.7	1,009.6	1,010.4	**1,009.5**
เปลี่ยนแปลงต่อวัน	11	3.7	3.7	4.2	4.2	3.9	3.4	3.4	3.6	4.0	4.1	3.9	3.7	**3.8**
สูงสุด	11	1,019.3	1,018.6	1,016.5	1,015.6	1,013.7	1,015.1	1,013.8	1,013.7	1,014.9	1,015.9	1,015.7	1,017.1	**1,019.3**
ต่ำสุด	10	1,003.9	1,004.4	1,003.4	1,002.8	1,002.6	1,002.3	1,003.2	1,003.6	1,004.0	1,003.4	1,001.6	1,004.0	**1,001.6**
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)														
เฉลี่ยสูงสุด	11	30.5	31.6	32.8	33.9	34.0	33.5	33.3	33.4	33.0	32.1	30.4	29.8	**32.4**
สูงสุด	11	32.8	34.5	36.3	39.4	37.7	36.7	36.7	37.7	36.8	36.4	34.4	32.8	**39.4**
เฉลี่ยต่ำสุด	11	23.8	23.8	24.3	25.0	25.1	24.6	24.4	24.3	24.4	24.3	24.3	24.2	**24.4**
ต่ำสุด	11	20.3	18.5	20.3	23.0	23.0	22.5	22.0	21.9	22.5	21.2	19.8	21.8	**18.5**
เฉลี่ย	11	26.9	27.5	28.2	28.9	28.6	28.3	27.9	27.9	27.7	27.3	26.9	26.6	**27.7**
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)														
เฉลี่ย	11	84	81	80	80	81	80	80	80	81	84	87	87	**82**
เฉลี่ยสูงสุด	11	94	93	93	94	94	94	94	94	94	95	96	95	**94**
เฉลี่ยต่ำสุด	11	72	67	65	64	63	62	61	60	62	67	76	77	**66**
ต่ำสุด	11	55	47	49	39	44	42	38	34	40	43	52	58	**34**
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส, °C)														
เฉลี่ย	11	23.8	23.6	24.2	24.9	24.8	24.2	23.9	23.8	23.8	24.1	24.5	24.2	**24.2**
ปริมาณการระเหยจากถาด(มม.)														
รวม	11	87.4	103.4	121.0	121.8	121.6	114.5	119.4	125.2	109.6	95.2	70.5	68.8	**1,258.4**
เมฆปกคลุม (1-10)														
เฉลี่ย	11	6.2	4.7	4.9	5.5	6.6	6.8	7.2	6.8	7.2	7.5	7.4	7.2	**6.5**
ชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชม.)														
เฉลี่ย	11	175.9	237.2	225.8	214.7	202.1	180.2	176.8	187.6	159.1	157.7	133.8	146.1	**2,197.0**
ทัศนวิสัย (กม.)														
เฉลี่ย	11	8.5	8.9	9.2	9.2	9.1	9.0	8.8	9.1	8.8	8.4	7.9	8.0	**8.7**
07.00 L.S.T.	10	7.0	7.5	7.6	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.6	7.2	7.2	**7.7**
ความเร็วลม (น็อต)														
ทิศทางลม *	11	E	E	E	E	W	W	W	W	W	W	NE,W	E	-
ความเร็วเฉลี่ย	11	1.9	2.1	2.0	1.9	1.9	2.2	2.3	2.5	2.6	2.1	1.4	1.7	**2.1**
ความเร็วสูงสุด	11	21.0	20.0	25.0	25.0	30.0	25.0	33.0	30.0	32.0	31.0	40.0	22.0	**40.0**
ปริมาณฝน (มม.)														
รวม	30	124.5	71.7	118.2	111.8	100.6	80.4	86.0	98.7	112.6	239.5	539.6	473.0	**2,156.6**
จำนวนวันที่ฝนตก	30	12.0	5.0	7.3	9.3	12.7	10.4	12.0	12.7	13.8	19.6	21.8	20.7	**157.3**
รายวันสูงสุด	30	176.1	312.8	199.1	128.2	120.3	68.2	76.2	134.4	84.5	111.6	312.7	302.4	**312.8**
จำนวนวันที่เกิด(วัน)														
หมอก	11	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.3	0.5	**2.5**
เมฆ	11	0.7	2.6	3.2	4.4	3.9	6.6	5.7	4.7	5.1	1.8	0.6	0.2	**39.5**
ลูกเห็บ	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	**0.1**
ฟ้าคะนอง	11	0.9	0.5	3.7	6.2	9.6	5.6	5.3	5.4	5.6	7.8	7.8	3.3	**61.7**
ลมพายุ	11	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	0.6	0.4	0.0	0.1	**4.5**

หมายเหตุ : E หมายถึงทิศตะวันออก , W หมายถึงทิศตะวันตก , NE หมายถึงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

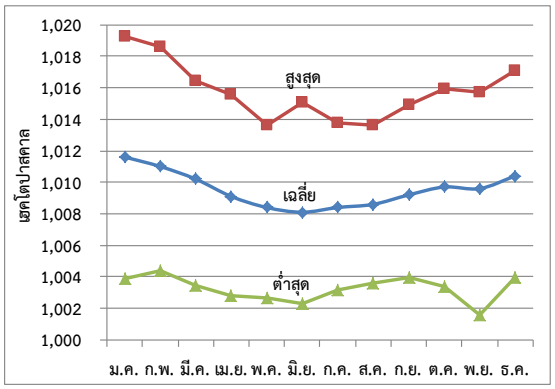
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา



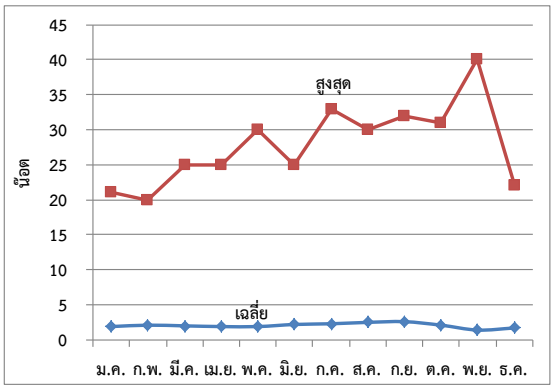
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)



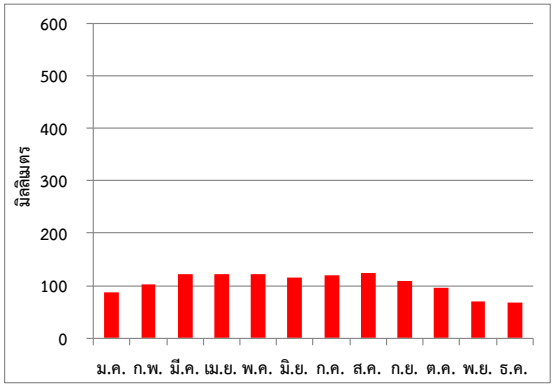
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์, %)



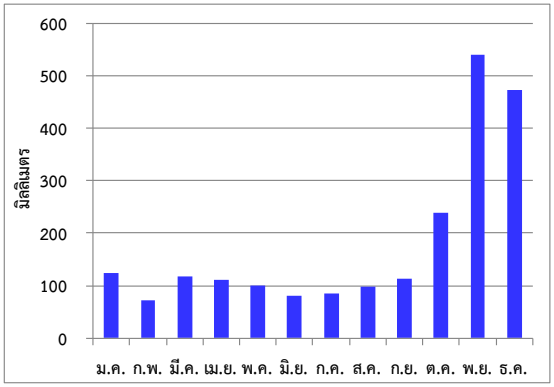
ความกดอากาศ (เฮคโตปาสคาล, Hecto Pascal)



ความเร็วลม (น็อต)



ปริมาณการระเหยจากถาด (มิลลิเมตร)



ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)

ที่มา : ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

รูปที่ 6.1-2 การผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ของสถานีตรวจอากาศพัทลุง

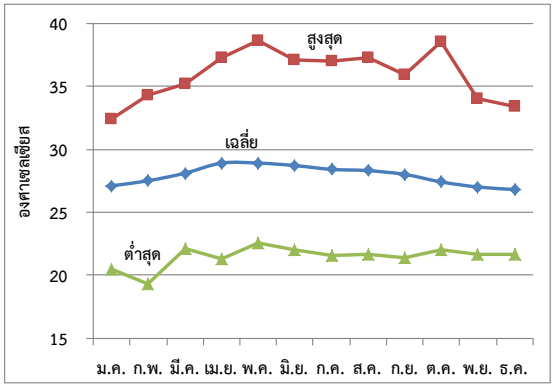
ตารางที่ 6.1-3 สถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2530-พ.ศ.2559) ของสถานีตรวจวัดอากาศสงขลา

สถานี	สงขลา	ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	4.57 เมตร
รหัสสถานี	48568	ความสูงของบาโรมิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปา	6.56 เมตร
ละติจูด	7° 10' 55.6" N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือพื้นดิน	1.30 เมตร
ลองติจูด	100° 36' 27.7" E	ความสูงของเครื่องมือวัดความเร็วลมเหนือพื้นด	17.78 เมตร
		ความสูงของเครื่องมือวัดน้ำฝน	0.80 เมตร

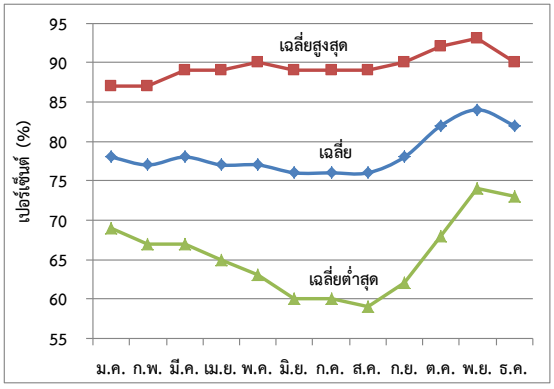
ตัวแปร	จำนวนปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
ความกดอากาศ (เฮคโตปาสคาล)														
เฉลี่ย	30	1,012.0	1,011.7	1,010.3	1,009.6	1,009.0	1,009.3	1,009.5	1,009.9	1,010.8	1,010.7	1,010.0	1,011.8	**1,010.4**
เปลี่ยนแปลงต่อวัน	30	4.8	5.0	4.2	5.4	5.2	5.9	5.9	6.1	7.5	6.4	3.9	5.7	**5.5**
สูงสุด	29	1,017.8	1,017.7	1,018.7	1,015.3	1,013.4	1,014.9	1,013.9	1,015.0	1,016.2	1,016.1	1,016.7	1,018.6	**1,018.7**
ต่ำสุด	29	1,005.0	1,004.5	1,002.7	1,003.3	1,002.9	1,003.0	1,002.6	1,003.6	1,003.4	1,003.4	1,003.0	1,004.2	**1,002.6**
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)														
เฉลี่ยสูงสุด	30	29.8	30.5	31.5	32.6	33.3	33.3	33.2	33.1	32.6	31.5	30.0	29.4	**31.7**
สูงสุด	30	32.4	34.3	35.2	37.3	38.6	37.1	37.0	37.3	35.9	38.5	34.0	33.4	**38.6**
เฉลี่ยต่ำสุด	30	24.9	24.9	25.2	25.7	25.7	25.4	25.1	24.9	24.8	24.5	24.6	24.6	**25.0**
ต่ำสุด	30	20.5	19.3	22.1	21.3	22.6	22.0	21.6	21.7	21.4	22.0	21.7	21.7	**19.3**
เฉลี่ย	30	27.1	27.5	28.1	28.9	28.9	28.7	28.4	28.3	28.0	27.4	27.0	26.8	**27.9**
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)														
เฉลี่ย	30	78	77	78	77	77	76	76	76	78	82	84	82	**78**
เฉลี่ยสูงสุด	30	87	87	89	89	90	89	89	89	90	92	93	90	**90**
เฉลี่ยต่ำสุด	30	69	67	67	65	63	60	60	59	62	68	74	73	**66**
ต่ำสุด	30	49	32	48	35	38	34	39	35	39	42	48	54	**32**
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส, °C)														
เฉลี่ย	30	22.7	22.8	23.6	24.3	24.3	23.8	23.4	23.3	23.4	23.7	23.9	23.3	**23.5**
ปริมาณการระเหยจากถาด(มม.)														
รวม	30	143.2	154.7	175.5	168.9	155.4	139.7	143.9	148.6	136.1	125.2	103.7	113.5	**1,708.4**
เมฆปกคลุม (1-10)														
เฉลี่ย	30	5.7	5.1	5.1	5.3	6.4	6.6	7.0	6.9	7.1	7.4	7.4	7.0	**6.4**
ชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชม.)														
เฉลี่ย	30	234.4	247.9	269.1	263.4	223.1	171.3	195.0	203.7	176.7	166.2	141.3	156.7	**2,448.8**
ทัศนวิสัย (กม.)														
เฉลี่ย	30	9.7	10.1	10.2	10.4	10.5	10.1	9.9	10.0	10.1	9.6	9.1	9.1	**9.9**
07.00 L.S.T.	30	8.7	8.8	9.0	9.4	9.8	9.5	9.2	9.4	9.5	8.9	8.2	8.2	**9.1**
ความเร็วลม (น็อต)														
ทิศทางลม *	27	E	E	E	NE	SW	SW	SW	SW	W	SW	NE	E	**-**
ความเร็วเฉลี่ย	30	4.9	4.6	3.8	2.8	2.4	2.5	2.8	3.0	2.8	2.5	3.1	4.3	**3.3**
ความเร็วสูงสุด	30	28.0	26.0	34.0	33.0	37.0	29.0	38.0	40.0	37.0	34.0	32.0	29.0	**40.0**
ปริมาณฝน (มม.)														
รวม	30	97.6	50.5	71.0	82.8	112.8	97.6	93.1	133.4	123.1	270.9	545.0	458.7	**2,136.5**
จำนวนวันที่ฝนตก	30	10.6	6.0	7.7	8.9	13.1	13.3	12.9	15.0	15.2	20.0	23.2	20.9	**166.8**
รายวันสูงสุด	30	182.0	353.6	87.5	115.8	193.2	86.0	99.5	99.3	88.0	150.8	521.8	290.5	**521.8**
จำนวนวันที่เกิด(วัน)														
หมอก	30	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	**1.2**
เมฆ	30	1.3	1.4	1.8	2.6	1.2	2.5	3.9	2.2	1.0	1.1	0.3	1.7	**21.0**
ลูกเห็บ	30	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	30	0.5	0.3	2.6	5.2	11.2	8.7	7.5	7.1	8.5	10.3	7.2	3.3	**72.4**
ลมพายุ	30	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**

หมายเหตุ : E หมายถึงทิศตะวันออก, NE หมายถึงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ , SW หมายถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ , W หมายถึงทิศตะวันตก

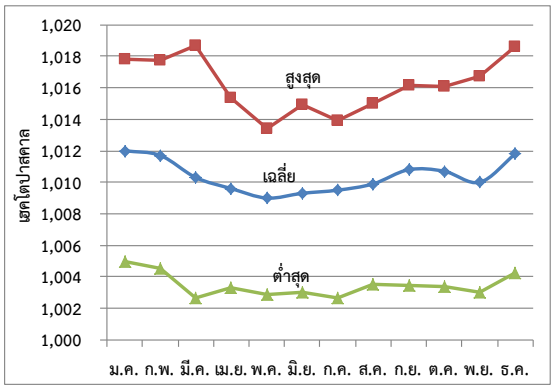
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา



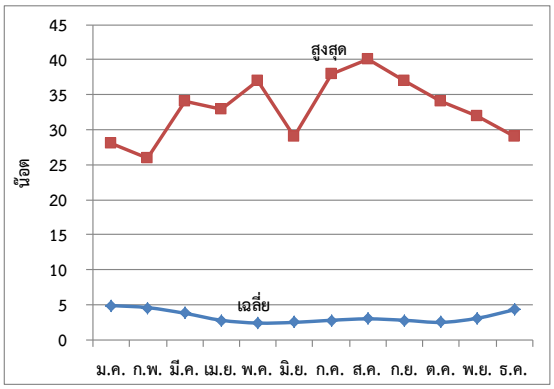
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)



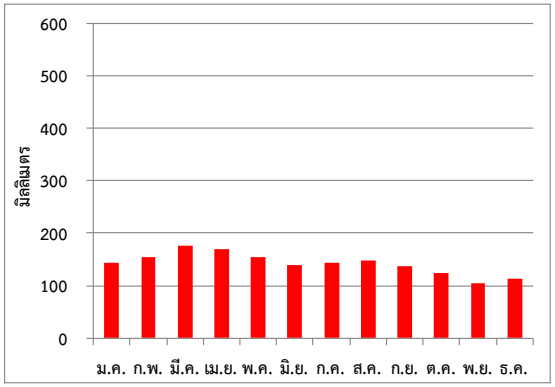
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์, %)



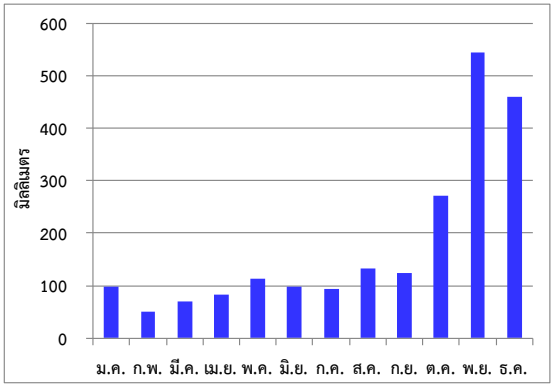
ความกดอากาศ (เฮคโตปาสคาล, Hecto Pascal)



ความเร็วลม (น็อต)



ปริมาณการระเหยจากถาด (มิลลิเมตร)



ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)

ที่มา : ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

รูปที่ 6.1-3 การผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ของสถานีตรวจอากาศสงขลา

6.1.2. ข้อมูลฝน

ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลฝนที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงจากหน่วยงานต่างๆ และทำการคัดเลือกสถานีที่มีช่วงสถิติข้อมูลและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม ซึ่งจากการรวบรวมพบว่า มีสถานีวัดปริมาณฝนบริเวณพื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียงจำนวน 140 สถานี รายละเอียดชื่อสถานี รหัสสถานี และตำแหน่งที่ตั้ง แสดงใน **ตารางที่ 6.1-4** และมีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฝน ดังแสดงใน**รูปที่ 6.1-4** ถึง **5.1-11**

ตารางที่ 6.1-4 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 1						
1	551001	ที่ว่าการอำเภอไชยา	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	521929	1037611
2	532002	ที่ว่าการอำเภอกะเปอร์	กะเปอร์	ระนอง	455680	1059679
3	551010	ที่ว่าการอำเภอท่าชนะ	ท่าชนะ	สุราษฎร์ธานี	518165	1057908
4	551007	ที่ว่าการอำเภอท่าฉาง	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	521015	1024436
5	551019	ที่ว่าการ กิ่ง อ.วิภาวดี	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	498260	1021912
พื้นที่ศึกษาที่ 3						
1	566004	ที่ว่าการอำเภออ่าวลึก	อ่าวลึก	กระบี่	469140	925993
2	551002	ที่ว่าการอำเภอบ้านนาสาร	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	540131	972891
3	551015	ที่ว่าการอำเภอบ้านตาขุน	บ้านตาขุน	สุราษฎร์ธานี	487574	985893
4	552013	ที่ว่าการอำเภอบางขัน	บางขัน	นครศรีธรรมราช	553192	886309
5	551016	ที่ว่าการอำเภอชัยบุรี	ชัยบุรี	สุราษฎร์ธานี	508835	930588
6	552401	สอท.ฉวาง	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	555515	931483
7	551017	ที่ว่าการอำเภอเคียนซา	เคียนซา	สุราษฎร์ธานี	521655	978159
8	566003	ที่ว่าการอำเภอคลองท่อม	คลองท่อม	กระบี่	515888	877160
9	552012	ที่ว่าการอำเภอลานสกา	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588616	925398
10	566001	สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองกระบี่	เมืองกระบี่	กระบี่	491006	890515
11	552017	ที่ว่าการอำเภอนาบอน	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	561104	918040
12	551011	ที่ว่าการอำเภอพนม	พนม	สุราษฎร์ธานี	480182	974871
13	552016	ที่ว่าการอำเภอพิปูน	พิปูน	นครศรีธรรมราช	565165	947957
14	551401	สอท.พระแสง	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	527316	946933
15	552018	ที่ว่าการอำเภอพรหมคีรี	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	596012	941444
16	552001	ที่ว่าการอำเภอทุ่งสง	ทุ่งสง	นครศรีธรรมราช	574927	902555

ตารางที่ 6.1-4(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 3 (ต่อ)						
17	552008	ที่ว่าการอำเภอทุ่งใหญ่	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	540184	917862
18	551014	ที่ว่าการอำเภอเวียงสระ	เวียงสระ	สุราษฎร์ธานี	538257	954403
19	552014	สถานีทดลองยางอ.ฉวาง	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	560210	926945
20	552021	ที่ว่าการ กิ่ง อ.นบพิตำ	นบพิตำ	นครศรีธรรมราช	575288	972573
21	552019	ที่ว่าการ กิ่ง อ.ถ้ำพรรณรา	ถ้ำพรรณรา	นครศรีธรรมราช	541459	931284
22	566202	สนง.อุตุฯทะเล ท่าเรือกระบี่	เมืองกระบี่	กระบี่	490940	891375
23	566005	สถานีทดลองยางกระบี่ อ.เมือง	เมืองกระบี่	กระบี่	481306	905412
24	552022	ที่ว่าการ กิ่ง อ.ช้างกลาง	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	564650	924801
25	552026	รร.คงคาประชารักษ์	นบพิตำ	นครศรีธรรมราช	571460	966577
พื้นที่ศึกษาที่ 4						
1	552012	ที่ว่าการอำเภอลานสกา	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588616	925398
2	552201	สตอ.นครศรีธรรมราช*	เมืองนครศรีธรรมร	นครศรีธรรมราช	605977	930596
3	552004	ที่ว่าการอำเภอปากพนัง	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	632771	924189
4	552016	ที่ว่าการอำเภอพิปูน	พิปูน	นครศรีธรรมราช	565165	947957
5	552018	ที่ว่าการอำเภอพรหมคีรี	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	596012	941444
6	552005	ที่ว่าการอำเภอท่าศาลา	ท่าศาลา	นครศรีธรรมราช	602420	958165
7	552020	ที่ว่าการ กิ่ง อ.พระพรหม	พระพรหม	นครศรีธรรมราช	600958	920664
8	552301	สกษ.นครศรีธรรมราช*	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	618904	921539
9	552015	สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช	เมืองนครศรีธรรมร	นครศรีธรรมราช	605758	934618
10	552022	ที่ว่าการ กิ่ง อ.ช้างกลาง	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	564650	924801
11	552024	ม.วลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา	ท่าศาลา	นครศรีธรรมราช	595426	957044
12	552026	รร.คงคาประชารักษ์	นบพิตำ	นครศรีธรรมราช	571460	966577

ตารางที่ 6.1-4(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 5						
1	552010	ที่ว่าการอำเภอชะอวด	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	609976	880607
2	552011	ที่ว่าการอำเภอเชียรใหญ่	เชียรใหญ่	นครศรีธรรมราช	626224	903377
3	552012	ที่ว่าการอำเภอลานสกา	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588616	925398
4	552201	สตอ.นครศรีธรรมราช*	เมือง	นครศรีธรรมราช	605977	930596
5	552004	ที่ว่าการอำเภอปากพนัง	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	632771	924189
6	552018	ที่ว่าการอำเภอพรหมคีรี	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	596012	941444
7	552007	ที่ว่าการอำเภอร่อนพิบูลย์	ร่อนพิบูลย์	นครศรีธรรมราช	594078	904618
8	552001	ที่ว่าการอำเภอทุ่งสง	ทุ่งสง	นครศรีธรรมราช	574927	902555
9	552020	ที่ว่าการ กิ่ง อ.พระพรหม	พระพรหม	นครศรีธรรมราช	600958	920664
10	567012	ที่ว่าการอำเภอรัษฎา	รัษฎา	ตรัง	569467	871683
11	552301	สกษ.นครศรีธรรมราช*	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	618904	921539
12	552015	สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช	เมือง	นครศรีธรรมราช	605758	934618
13	552022	ที่ว่าการ กิ่ง อ.ช้างกลาง	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	564650	924801
14	552023	ที่ว่าการอำเภอเฉลิมพระเกียรติ	เฉลิมพระเกียรติ	นครศรีธรรมราช	620732	897373
15	552025	ที่ว่าการอำเภอจุฬาภรณ์	จุฬาภรณ์	นครศรีธรรมราช	596481	893383
พื้นที่ศึกษาที่ 8						
1	552010	ที่ว่าการอำเภอชะอวด	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	609976	880607
2	552011	ที่ว่าการอำเภอเชียรใหญ่	เชียรใหญ่	นครศรีธรรมราช	626224	903377
3	567002	ที่ว่าการอำเภอห้วยยอด	ห้วยยอด	ตรัง	569947	860568
4	560002	ที่ว่าการอำเภอควนขนุน	ควนขนุน	พัทลุง	611360	855121
5	560014	ที่ว่าการอำเภอศรีบรรพต	ศรีบรรพต	พัทลุง	600767	853223
6	552001	ที่ว่าการอำเภอทุ่งสง	ทุ่งสง	นครศรีธรรมราช	574927	902555
7	567012	ที่ว่าการอำเภอรัษฎา	รัษฎา	ตรัง	569467	871683
8	560007	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด ต.บ้านนา อ.เมือง	ป่าพะยอม	พัทลุง	584509	867563
9	560006	อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า อ.ศรีบรรพต	ป่าพะยอม	พัทลุง	593338	862943
10	552023	ที่ว่าการอำเภอเฉลิมพระเกียรติ	เฉลิมพระเกียรติ	นครศรีธรรมราช	620732	897373
11	552025	ที่ว่าการอำเภอจุฬาภรณ์	จุฬาภรณ์	นครศรีธรรมราช	596481	893383

ตารางที่ 6.1-4(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 11						
1	552013	ที่ว่าการอำเภอบางขัน	บางขัน	นครศรีธรรมราช	553192	886309
2	567002	ที่ว่าการอำเภอห้วยยอด	ห้วยยอด	ตรัง	569947	860568
3	567003	ที่ว่าการอำเภอกันตัง	กันตัง	ตรัง	556822	818481
4	566003	ที่ว่าการอำเภอคลองท่อม	คลองท่อม	กระบี่	515888	877160
5	552012	ที่ว่าการอำเภอลานสกา	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588616	925398
6	567201	สตอ.ตรัง*	เมืองตรัง	ตรัง	567370	835507
7	552017	ที่ว่าการอำเภอนาบอน	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	561104	918040
8	567011	ที่ว่าการอำเภอนาโยง	นาโยง	ตรัง	582395	834855
9	552007	ที่ว่าการอำเภอร่อนพิบูลย์	ร่อนพิบูลย์	นครศรีธรรมราช	594078	904618
10	567005	ที่ว่าการอำเภอสิเกา	สิเกา	ตรัง	538116	836948
11	552001	ที่ว่าการอำเภอทุ่งสง	ทุ่งสง	นครศรีธรรมราช	574927	902555
12	552008	ที่ว่าการอำเภอทุ่งใหญ่	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	540184	917862
13	567010	ที่ว่าการอำเภอวังวิเศษ	วังวิเศษ	ตรัง	545599	855072
14	567006	ที่ว่าการอำเภอย่านตาขาว	ย่านตาขาว	ตรัง	573620	816446
15	567012	ที่ว่าการอำเภอรัษฎา	รัษฎา	ตรัง	569467	871683
16	560007	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด ต.บ้านนา	ป่าพะยอม	พัทลุง	584509	867563
17	567008	สวนพฤกษศาสตร์เขาช่อง	นาโยง	ตรัง	584237	834858
18	560006	อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า	ป่าพะยอม	พัทลุง	593338	862943
19	552022	ที่ว่าการอ.ช้างกลาง	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	564650	924801
20	552025	ที่ว่าการอำเภอจุฬาภรณ์	จุฬาภรณ์	นครศรีธรรมราช	596481	893383
21	567001	สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดตรัง อ.เมือง	เมืองตรัง	ตรัง	567682	832989
22	567007	สถานีทดลองยางเขาช่อง (ปิด สถานี ต.ค.2540)	ศรีนครินทร์	พัทลุง	593419	838560

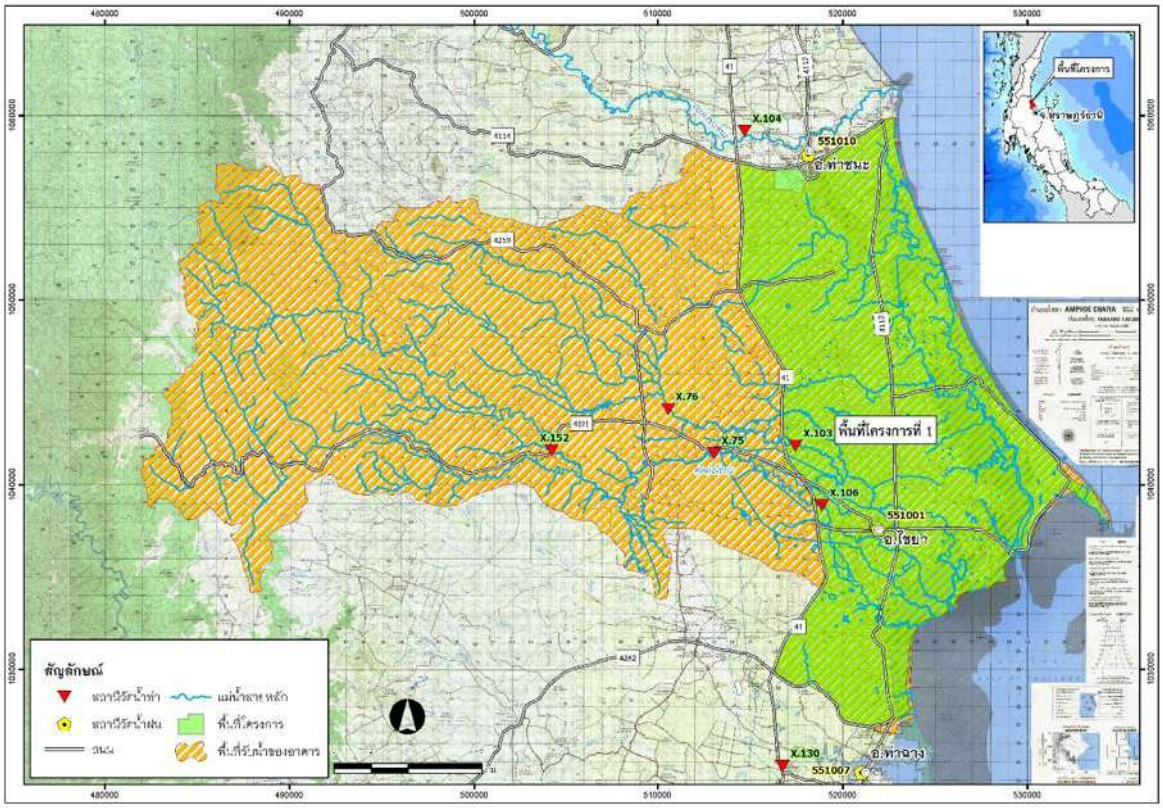
ตารางที่ 6.1-4(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 12						
1	568006	ที่ว่าการอำเภอจะนะ	จะนะ	สงขลา	692112	764667
2	568002	สำนักงานเกษตรอำเภอหาดใหญ่	หาดใหญ่	สงขลา	661031	774329
3	568014	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	ควนเนียง	สงขลา	649925	794537
4	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก	เมืองสงขลา	สงขลา	676198	797048
5	568008	ที่ว่าการอำเภอนาทวี	นาทวี	สงขลา	686985	745541
6	568010	ที่ว่าการอำเภอนาหม่อม	นาหม่อม	สงขลา	671984	769511
7	568005	ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ	รัตภูมิ	สงขลา	638567	788914
8	568003	สำนักงานเกษตรอำเภอสะเดา	สะเดา	สงขลา	657173	733989
9	568016	ที่ว่าการอำเภอสิงหนคร	สิงหนคร	สงขลา	670667	800009
10	568502	สนามบินหาดใหญ่*	คลองหอยโข่ง	สงขลา	656193	766851
11	568015	ที่ว่าการอ.คลองหอยโข่ง	คลองหอยโข่ง	สงขลา	656315	762827
12	568301	สกษ.คอหงษ์*	หาดใหญ่	สงขลา	666329	775790
13	568013	นิคมสร้างตนเองรัตภูมิ	รัตภูมิ	สงขลา	639581	781546
14	568017	ที่ว่าการอ.บางกล่ำ	บางกล่ำ	สงขลา	656473	783745
15	568018	สวนสัตว์สงขลา	เมืองสงขลา	สงขลา	679210	788611
16	568401	สอท.สะเดา	สะเดา	สงขลา	653696	751610
17	570011	อุทยานแห่งชาติทะเลบัน	ควนโดน	สตูล	629186	741840
18	568019	อบต.คลองหรัง	นาหม่อม	สงขลา	672867	767798
19	568020	บ้านทุ่งขมิ้น	นาหม่อม	สงขลา	670667	764398
20	568021	อบต.พิจิตร	นาหม่อม	สงขลา	674067	773098
21	568022	อบต.คลองหลา	คลองหอยโข่ง	สงขลา	647867	763867
22	568023	อบต.คลองหอยโข่ง	คลองหอยโข่ง	สงขลา	650067	757998
23	568024	อบต.ทุ่งลาน	คลองหอยโข่ง	จ.สงขลา	659890	761900
24	568025	อบต.โคกม่วง	คลองหอยโข่ง	สงขลา	656067	763998
25	568026	อบต.สะเดา	สะเดา	สงขลา	653634	734484

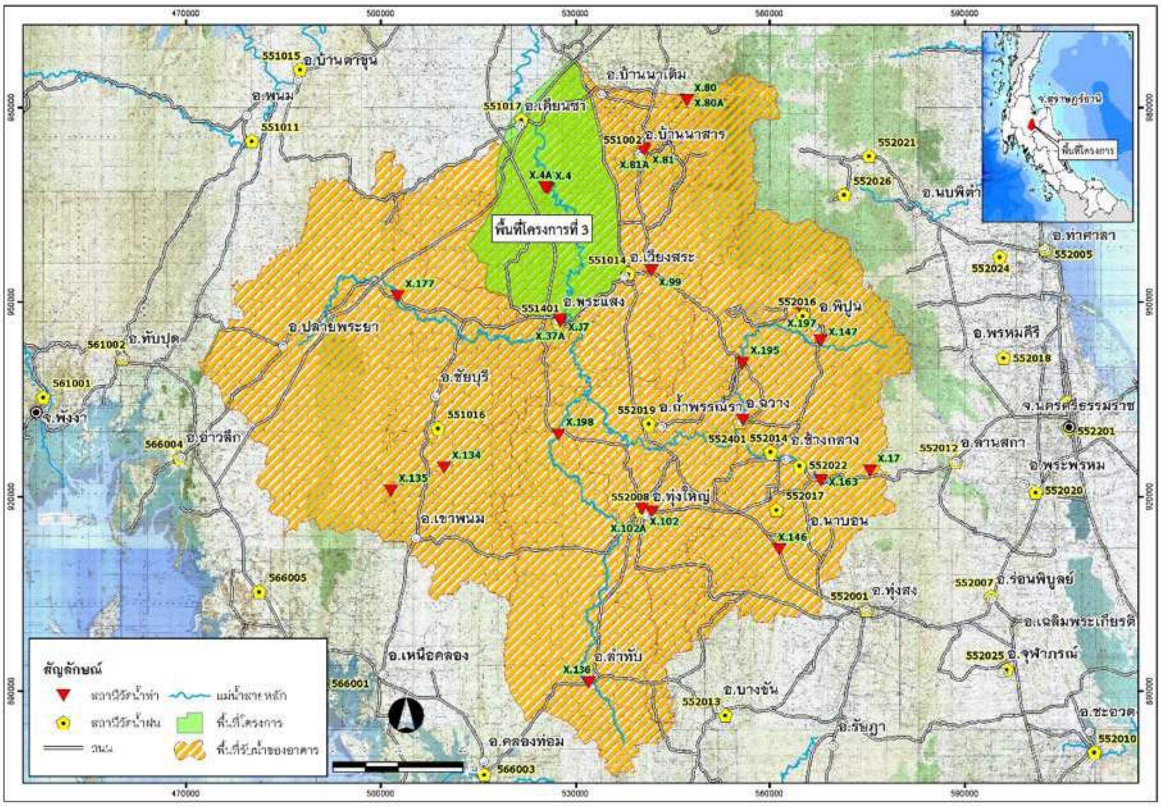
ตารางที่ 6.1-4(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
					ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 12 (ต่อ)						
26	568027	อบต.สำนักแต้ว	สะเดา	สงขลา	667669	725564
27	568028	อบต.ปาดังเบซาร์	สะเดา	สงขลา	644667	742098
28	568029	อบต.ทุ่งหมอ	สะเดา	สงขลา	655267	747698
29	568030	อบต.เขามีเกียรติ	สะเดา	สงขลา	667467	748398
30	568031	บ้านปริก	สะเดา	สงขลา	658067	741098
31	568032	อบต.บ้านพรุ	หาดใหญ่	สงขลา	661667	761298
32	568033	บ้านพรุ	หาดใหญ่	สงขลา	661667	761298
33	568034	อบต.พะตง	สะเดา	สงขลา	669067	750998
34	568035	อบต.ฉลุง	หาดใหญ่	สงขลา	643167	773098
35	568036	อบต.ทุ่งต๋ำเสา	หาดใหญ่	สงขลา	646167	770998
36	568037	บ้านวังพา	หาดใหญ่	สงขลา	638667	762298
37	568038	อบต.คอหงส์	หาดใหญ่	สงขลา	665667	777898
พื้นที่ศึกษาที่ 13						
1	568006	ที่ว่าการอำเภอจะนะ	จะนะ	สงขลา	692112	764667
2	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก	เมืองสงขลา	สงขลา	676198	797048
3	568008	ที่ว่าการอำเภอนาทวี	นาทวี	สงขลา	686985	745541
4	568010	ที่ว่าการอำเภอนาหม่อม	นาหม่อม	สงขลา	671984	769511
5	568009	ที่ว่าการอำเภอสะบ้าย้อย	สะบ้าย้อย	สงขลา	715894	731886
6	568004	ที่ว่าการอำเภอเทพา	เทพา	สงขลา	717127	755301
7	568012	นิคมสร้างตนเองเทพา	เทพา	สงขลา	717043	748635
8	568018	สวนสัตว์สงขลา	เมืองสงขลา	สงขลา	679210	788611
9	568019	อบต.คลองหรัง	นาหม่อม	สงขลา	672867	767798
10	568020	บ้านทุ่งขมิ้น	นาหม่อม	สงขลา	670667	764398
11	568021	อบต.พิจิตร	นาหม่อม	สงขลา	674067	773098
12	568027	อบต.สำนักแต้ว	สะเดา	สงขลา	667669	725564
13	568030	อบต.เขามีเกียรติ	สะเดา	สงขลา	667467	748398

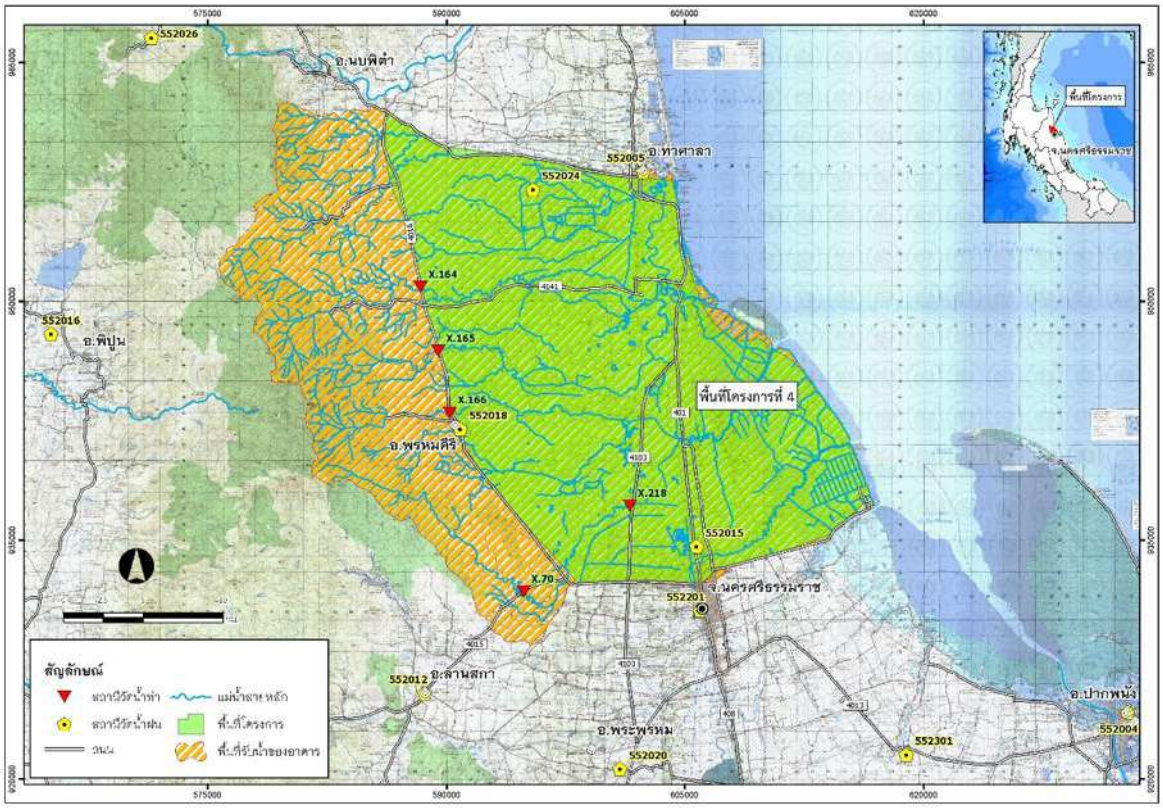
ที่มา : กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา



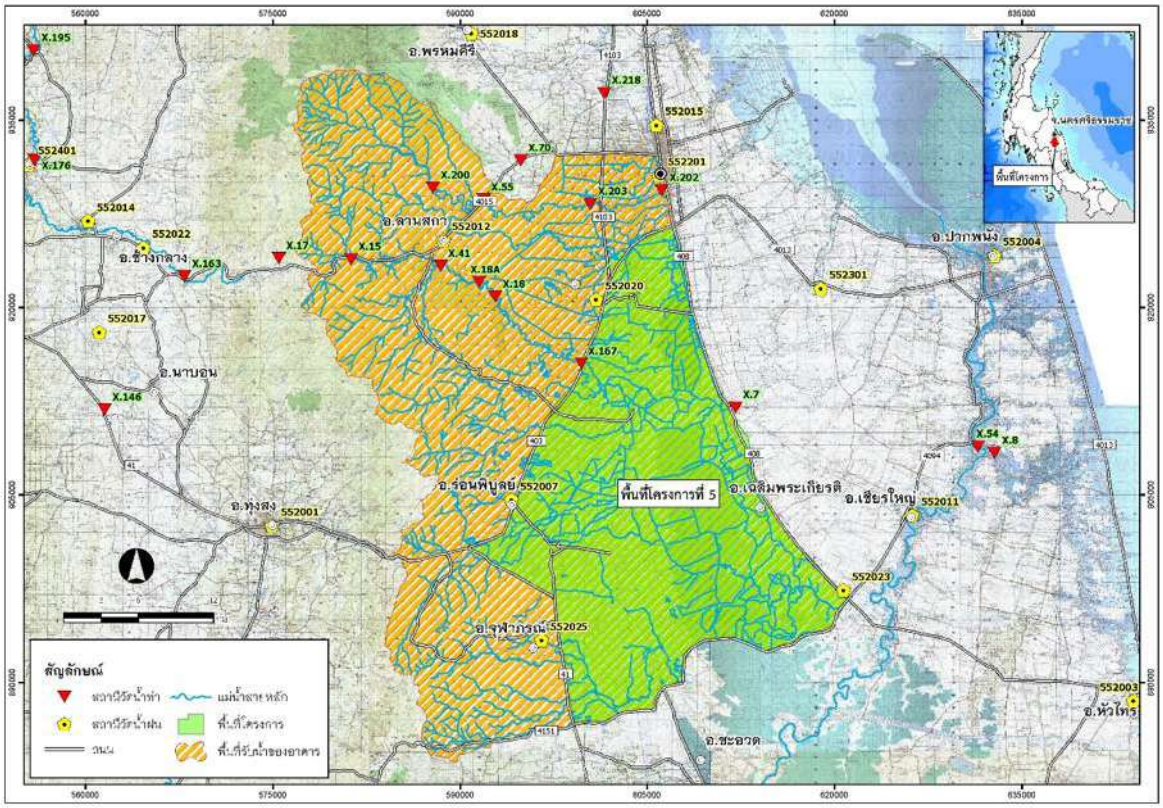
รูปที่ 6.1-4 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1 และพื้นที่ใกล้เคียง



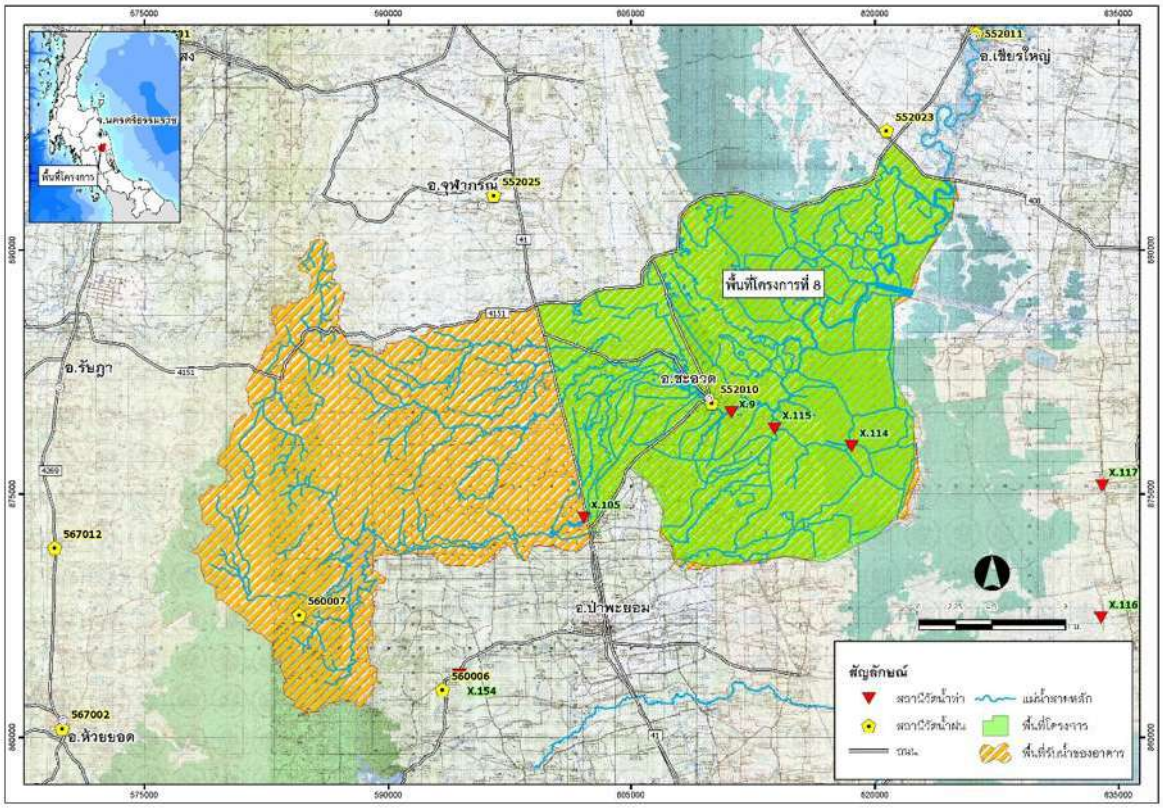
รูปที่ 6.1-5 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 3 และพื้นที่ใกล้เคียง



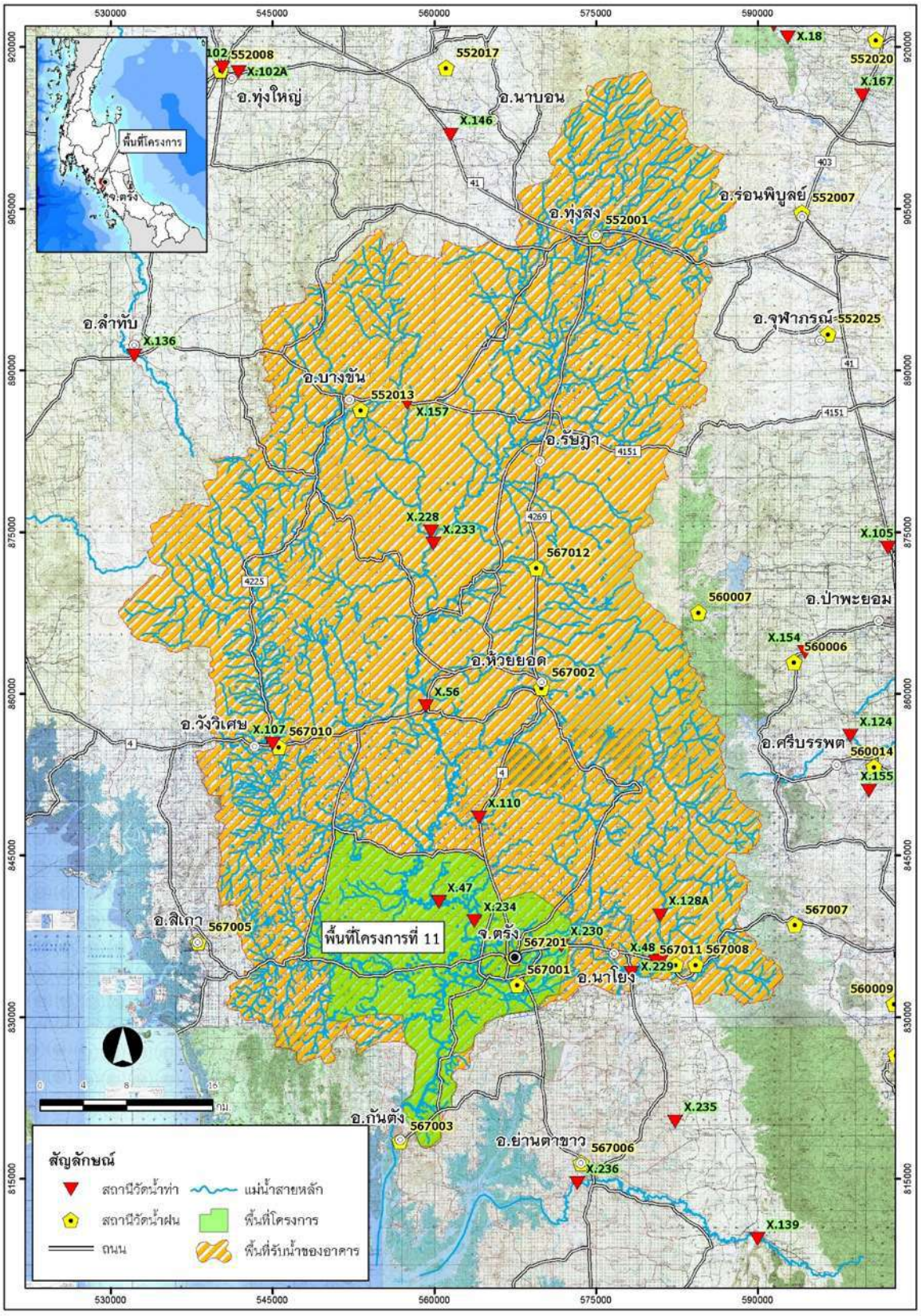
รูปที่ 6.1-6 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 4 และพื้นที่ใกล้เคียง



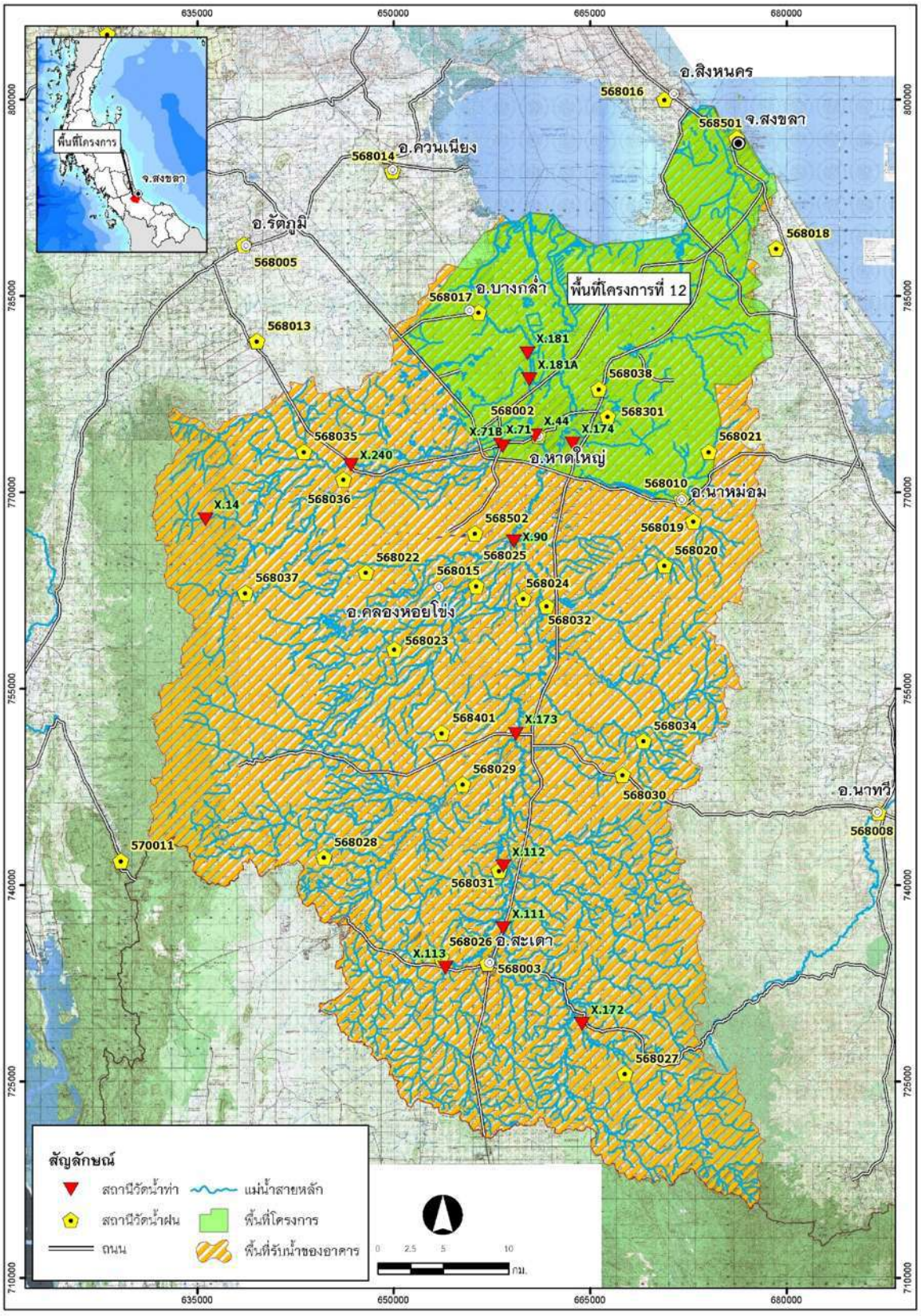
รูปที่ 6.1-7 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 5 และพื้นที่ใกล้เคียง



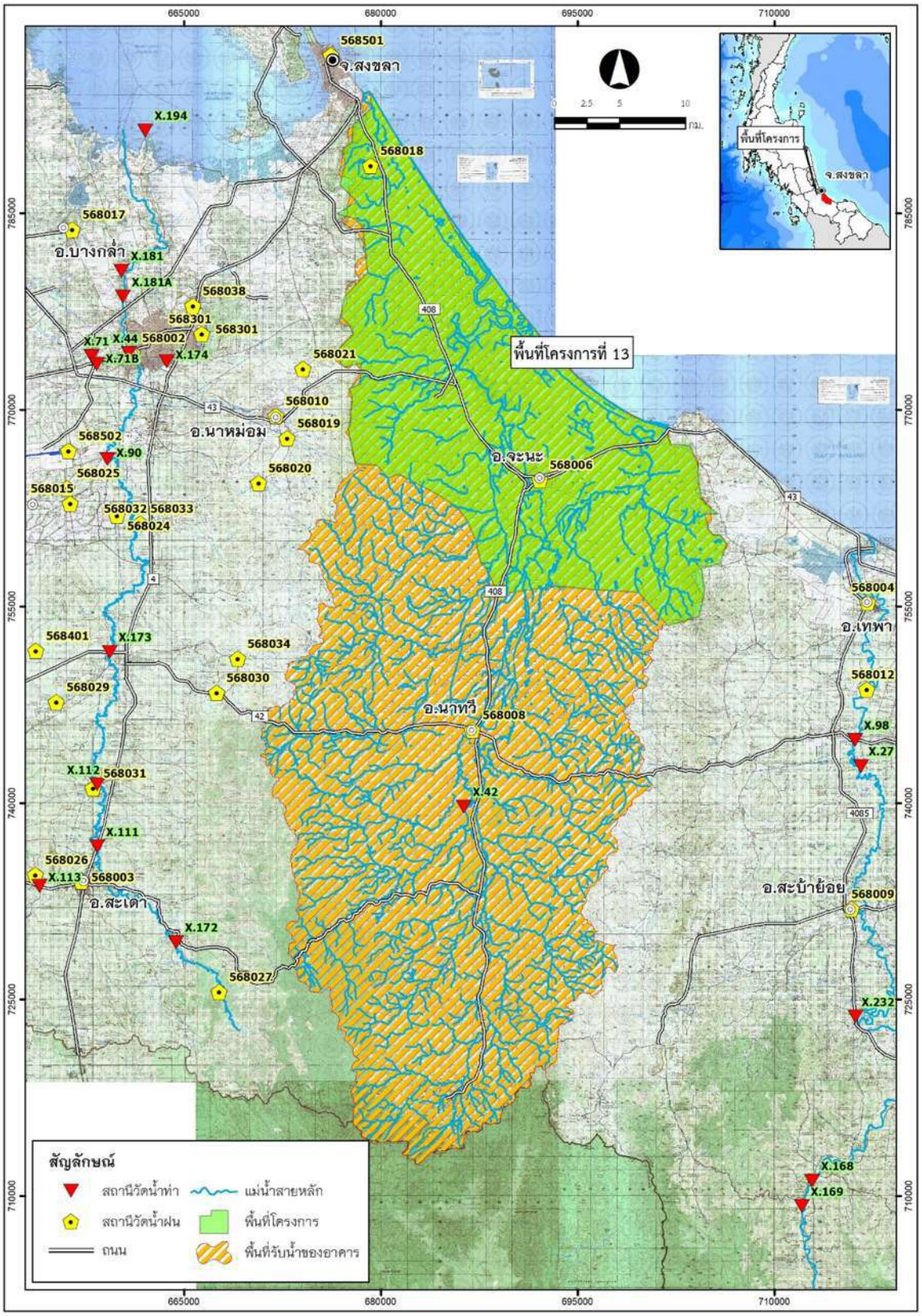
รูปที่ 6.1-8 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 8 และพื้นที่ใกล้เคียง



รูปที่ 6.1-9 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 11 และพื้นที่ใกล้เคียง



รูปที่ 6.1.1-10 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 12 และพื้นที่ใกล้เคียง



รูปที่ 6.1.1-11 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 13 และพื้นที่ใกล้เคียง

6.1.3. ปริมาณน้ำท่า

ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงจากหน่วยงานต่างๆ และทำการคัดเลือกสถานีที่มีช่วงสถิติข้อมูลและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม ซึ่งจากการรวบรวมพบว่า มีสถานีวัดปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียงจำนวน 140 สถานี รายละเอียดชื่อสถานี รหัสสถานี และตำแหน่งที่ตั้ง แสดงใน**ตารางที่ 6.1-5** และมีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีน้ำท่า ดังแสดงไว้ใน**รูปที่ 6.1-4** ถึง **5.1-11**

ตารางที่ 6.1-5 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 1							
1	X.130	บ้านหนองช้างตาย	206	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	516446	1025263
2	X.152	บ้านปากแพรก	140	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	504210	1041842
3	X.103	บ้านในทอน	180	ไชยา	สุราษฎ์ธานี	517470	1042093
4	X.104	บ้านท่าข้าม	354	ท่าชนะ	สุราษฎ์ธานี	514719	1059165
5	X.106	บ้านพนัง	309	ไชยา	สุราษฎ์ธานี	518899	1038869
6	X.75	บ้านท่าหัก	289	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	513047	1041691
7	X.76	บ้านหินปล่อง	164	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	510576	1044086
8	X.179	ท่าช้าง	-	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	522114	1021428
9	X.52	บ้านท่าช้าง	20	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	521719	1021427
10	X.66	แก่งกรุง	661	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	484776	1029071
11	X.208	บ้านเชี่ยวเหลียง	-	กะเปอร์	ระนอง	463244	1058351
12	X.216	บ้านด่าน	-	กะเปอร์	ระนอง	455947	1059591
13	X.130	บ้านหนองช้างตาย	206	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	516446	1025263

ตารางที่ 6.1-5(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 3							
1	X.136	บ้านลำทับ	80	ลำทับ	กระบี่	532188	891355
2	X.146	บ้านด่านอ้อย	97	นาบอน	นครศรีธรรมราช	561542	911807
3	X.102A	บ้านทางข้าม	152	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	541869	917618
4	X.102	บ้าท่ายาง	179	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	540371	918078
5	X.135	บ้านตอนพอง	51	เขาพนม	กระบี่	501559	920854
6	X.163	บ้านช้างกลาง	97	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	567923	922472
7	X.17	บ้านท่าแพ	16	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	575474	923929
8	X.134	บ้านทุ่งทับโชค	119	ชัยบุรี	สุราษฎร์ธานี	509783	924417
9	X.198	บ้านสินปูน	-	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	527327	929490
10	X.176	บ้านฉวาง	684	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	555922	931791
11	X.195	บ้านท่าโพธิ์	-	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	555877	940573
12	X.147	บ้านยางค้อม	69	พิปูน	นครศรีธรรมราช	567889	943969
13	X.37	พระแสง	5200	เวียงสระ	สุราษฎร์ธานี	527635	946933
14	X.37A	บ้านย่านดินแดง	5200	พระแสง	สุราษฎ์ธานี	527635	947271
15	X.197	บ้านเขาพระ	-	พิปูน	นครศรีธรรมราช	564580	949246
16	X.177	บ้านอิปัน	821	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	502570	950885
17	X.99	บ้านล้อง	62	เวียงสระ	สุราษฎร์ธานี	541799	954776
18	X.4	บ้านผึ้งพรหมนคร	6202	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	525686	967506
19	X.4A	บ้านกระสุม	6202	เคียนซา	สุราษฎร์ธานี	525323	967598
20	X.81	บ้านนาสาน	219	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	540801	973476
21	X.81A	บ้านนาสาร	220	บ้านนาสาร	สุราษฎ์ธานี	540526	973691
22	X.80	บ้านปลายน้ำ	114	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	547269	981067
23	X.80A	บ้านปลายน้ำ	114	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	547269	981067

ตารางที่ 6.1-5(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 4							
1	X.70	บ้านวังก้อง	39	เมือง	นครศรีธรรมราช	594845	931767
2	X.218	บ้านเหว็ด	-	เมือง	นครศรีธรรมราช	601592	937158
3	X.166	บ้านนอกท่า	22	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	590209	942997
4	X.165	บ้านทอนหงส์	25	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	589485	946865
5	X.164	บ้านทอนหงส์	51	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	588376	950886
พื้นที่ศึกษาที่ 5							
1	X.15	บ้านวังไผ่	47	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	581276	923848
2	X.18A	บ้านสอ	163	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	591497	922025
3	X.41	บ้านขุทะเล	149	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588433	923309
4	X.55	บ้านท่าใหญ่	105	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	591857	928628
5	X.70	บ้านวังก้อง	39	เมือง	นครศรีธรรมราช	594845	931767
6	X.167	บ้านเสาธง	268	ร่อนพิบูลย์	นครศรีธรรมราช	599715	915470
7	X.203	บ้านนาป่า	-	เมือง	นครศรีธรรมราช	600478	928279
8	X.54	บ้านปากแพรก	-	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	631495	908860
9	X.166	บ้านนอกท่า	22	พรหมคีรี	นครศรีธรรมราช	590209	942997
10	X.18	บ้านไหมทน	168	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	592788	920860
11	X.200	บ้านวังไทร	-	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	587815	929572
12	X.202	บ้านศาลามีชัย	-	เมือง	นครศรีธรรมราช	606200	929368
13	X.7	บ้านชะเมา	664	เมือง	นครศรีธรรมราช	612102	912000
14	X.8	บ้านไร่	-	ปากพนัง	นครศรีธรรมราช	632819	908342
15	X.9	บ้านชะอวด	247	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	611190	879997
16	X.218	บ้านเหว็ด	-	เมือง	นครศรีธรรมราช	601592	937158
17	X.17	บ้านท่าแพ	16	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	575474	923929
18	X.163	บ้านช้างกลาง	97	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	567923	922472
19	X.147	บ้านยางค้อม	69	พิปูน	นครศรีธรรมราช	567889	943969
20	X.105	บ้านไม้เสียบ	155	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	602083	873505

ตารางที่ 6.1-5(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 8							
1	X.114	คลองเคร็งที่บ้านควนยาว	-	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	618580	877927
2	X.115	บ้านก้อโตนด	-	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	613838	879020
3	X.9	บ้านชะอวด	247	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	611190	879997
4	X.105	บ้านไม้เสียบ	155	ชะอวด	นครศรีธรรมราช	602083	873505
5	X.118	คลองตะเคร็งที่บ้านบนกลาง	-	ควนขนุน	พัทลุง	622922	861660
6	X.154	คลองป่าพยอมที่บ้านโล๊ะตอ	65	ป่าพะยอม	พัทลุง	594372	863835
7	X.83	ทะเลน้อยที่บ้านทะเลน้อย	-	ควนขนุน	พัทลุง	623760	860240
8	X.116	คลองกกที่บ้านพราน	-	ระโนด	สงขลา	633932	867373
9	X.117	บ้านหัวสะพาน	-	หัวไทร	นครศรีธรรมราช	634018	875512
พื้นที่ศึกษาที่ 11							
1	X.15	บ้านวังไผ่	47	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	581276	923848
2	X.18A	บ้านสอ	163	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	591497	922025
3	X.41	บ้านขุทะเล	149	ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	588433	923309
4	X.167	บ้านเสาธง	268	ร่อนพิบูลย์	นครศรีธรรมราช	599715	915470
5	X.18	บ้านไหมทน	168	อ.ลานสะกา	นครศรีธรรมราช	592788	920860
6	X.17	บ้านท่าแพ	16	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	575474	923929
7	X.163	บ้านช้างกลาง	97	ช้างกลาง	นครศรีธรรมราช	567923	922472
8	X.146	บ้านด่านอ้อย	97	นาบอน	นครศรีธรรมราช	561542	911807
9	X.102A	บ้านทางข้าม	152	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	541869	917618
10	X.102	บ้าท่ายาง	179	ทุ่งใหญ่	นครศรีธรรมราช	540371	918078
11	X.136	บ้านลำทับ	80	ลำทับ	กระบี่	532188	891355
12	X.154	คลองป่าพยอมที่บ้านโล๊ะตอ	65	ป่าพะยอม	พัทลุง	594372	863835
13	X.124	บ้านพลองงู	90	ศรีบรรพต	พัทลุง	598589	856044
14	X.128	คลองนางน้อยที่บ้านละมอ	170	นาโยง	ตรัง	581038	835189
15	X.56	บ้านท่าประดู่	1801	ห้วยยอด	ตรัง	559222	858802

ตารางที่ 6.1-5(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 11 (ต่อ)							
16	X.107	บ้านคลองชี	248	วังวิเศษ	ตรัง	545047	855316
17	X.110	บ้านท่างิ้ว	229	ห้วยยอด	ตรัง	564142	848460
18	X.128A	บ้านทุ่งกลิ้ง	75	นาโยง	ตรัง	580942	839397
19	X.47	ถนนกลาง	2946	เมืองตรัง	ตรัง	560444	840635
20	X.157	บ้านลำดั้ง	328	บางขัน	นครศรีธรรมราช	557511	886929
21	X.48	คลองนางน้อยที่บ้านละมอ	98	นาโยง	ตรัง	580585	835097
22	X.228	บ้านกลาง	-	บางขัน	นครศรีธรรมราช	559730	875017
23	X.229	บ้านนาข้าวเสีย (2)	-	นาโยง	ตรัง	578290	834080
24	X.233	บ้านไสหาร	-	ห้วยยอด	ตรัง	559948	873879
25	X.234	บ้านป่าหมาก	-	เมืองตรัง	ตรัง	563749	838869
26	X.230	บ้านท่าปราบ (1)	-	เมืองตรัง	ตรัง	571794	836591
27	X.139	บ้านลำแคลง	153	ปะเหลียน	ตรัง	589980	809379
28	X.235	บ้านปากคลอง	-	ย่านตาขาว	ตรัง	582344	820280
29	X.236	บ้านย่านตาขาว	-	ย่านตาขาว	ตรัง	573275	814553
พื้นที่ศึกษาที่ 12							
1	X.172	บ้านห้วยคู	94	สะเดา	สงขลา	692112	764667
2	X.113	บ้านทุ่งปราบ	129	สะเดา	สงขลา	661031	774329
3	X.111	บ้านไทร	256	สะเดา	สงขลา	649925	794537
4	X.112	บ้านปริก	493	สะเดา	สงขลา	676198	797048
5	X.173	คลองอู่ตะเภาที่บ้านคลองแงะ	982	สะเดา	สงขลา	686985	745541
6	X.90	บ้านบางศาลา	1562	คลองหอยโข่ง	สงขลา	671984	769511
7	X.14	คลองวาดที่เขาโตนงาช้าง	15	หาดใหญ่	สงขลา	638567	788914
8	X.240	บ้านหูแร่	-	หาดใหญ่	สงขลา	657173	733989
9	X.71B	บ้านควนลัง	-	หาดใหญ่	สงขลา	670667	800009
10	X.174	บ้านคลองหวะ	103	หาดใหญ่	สงขลา	656193	766851
11	X.71	บ้านควนลัง	127	หาดใหญ่	สงขลา	656315	762827

ตารางที่ 6.1-5(ต่อ) ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่ได้ทำการคัดเลือก ในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดที่ตั้ง (UTM)	
						ตะวันออก	เหนือ
พื้นที่ศึกษาที่ 12 (ต่อ)							
12	X.44	บ้านหาดใหญ่ใน	1740	หาดใหญ่	สงขลา	666329	775790
13	X.181A	บ้านท่าไทร	-	หาดใหญ่	สงขลา	639581	781546
14	X.181	บ้านคลองแห	2078	หาดใหญ่	สงขลา	656473	783745
พื้นที่ศึกษาที่ 13							
1	X.42	บ้านปากัน	443	นาทวี	สงขลา	686342	739702
2	X.27	บ้านห้วยพริ้ง	1557	เทพา	สงขลา	716625	742795
3	X.168	บ้านกาบัง	315	กาบัง	ยะลา	712877	711137
4	X.169	บ้านบาโหย	87	สะบ้าย้อย	สงขลา	712110	709197
5	X.98	บ้านท่าหยี	1564	เทพา	สงขลา	716174	744790
6	X.232	บ้านมุยง	-	สะบ้าย้อย	สงขลา	716195	723680

ที่มา : กรมชลประทาน และกรมทรัพยากรน้ำ

6.2. ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

6.2.1. ข้อมูลความลาดชัน (ข้อมูล DEM)

ความลาดชันของพื้นที่ศึกษาสามารถประเมินได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (Digital Elevation Model, DEM) ของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2558 โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินค่าความลาดชันของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ ตลอดจนการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของแผนที่ภูมิประเทศที่แสดงความสูง-ต่ำของพื้นที่ ดัง**ตารางที่ 6.2-1 และรูปที่ 6.2-1** และ ตามลำดับ

จากการประเมินค่าความลาดชันของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ทำการคัดเลือก ทั้ง 8 พื้นที่ (**ตารางที่ 6.2-1**) พบว่า พื้นที่โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ เป็นพื้นที่ราบ คือ มีค่าความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 0-5 เฉลี่ยประมาณร้อยละ 88.39 ของพื้นที่ทั้งหมด และหากพิจารณาในแต่ละพื้นที่ พบว่า พื้นที่ศึกษาที่ 13 เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากที่สุดเนื่องจากมีสัดส่วนของพื้นที่ราบน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 74.37 ของพื้นที่ทั้งหมด ในทางกลับกัน พื้นที่ศึกษาที่เป็นลักษณะที่ราบมากที่สุดได้แก่ พื้นที่ศึกษาที่ 4 ซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่ราบสูงถึงร้อยละ 99.46 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตารางที่ 6.2-1 สัดส่วนความลาดชันของพื้นที่ในพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่ศึกษานำร่อง	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	สัดส่วนความลาดชันของพื้นที่ (%)							
				0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-25%	25-30%	30-35%	มากกว่า 35%
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	315.10	90.05	5.58	1.36	0.63	0.43	0.31	0.26	1.36
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	624.50	86.25	9.78	2.42	0.74	0.28	0.16	0.13	0.24
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	521.19	99.46	0.39	0.08	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	560.01	96.60	1.87	0.65	0.29	0.19	0.13	0.10	0.17
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	424.48	93.64	5.50	0.70	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	366.23	84.38	9.15	2.65	1.26	0.80	0.56	0.40	0.81
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	480.47	82.37	6.36	2.69	1.97	1.60	1.27	1.23	2.52
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	526.90	74.37	7.10	4.40	3.39	3.21	2.46	2.01	3.07
ค่าเฉลี่ย (%)				**88.39**	**5.72**	**1.87**	**1.05**	**0.82**	**0.62**	**0.52**	**1.03**

รูปที่ 6.2-1 แผนที่แสดงความสูงของพื้นที่ศึกษานำร่อง

6.2.2. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ปรึกษาได้นำข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 มาทำการวิเคราะห์และสามารถสรุปการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษานำร่องได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 6.2-2** และ**รูปที่ 6.2-2** ซึ่งพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ โดยส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (ประมาณร้อยละ 68.23 ของพื้นที่ทั้งหมด) รองลงมาได้แก่ การใช้ที่ดินที่เป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ป่าไม้ ตามลำดับ โดยพื้นที่ศึกษานำร่อง ที่มีลักษณะที่โดดเด่นของการใช้ที่ดินประเภท พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3 8 และ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2-2 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษานำร่อง

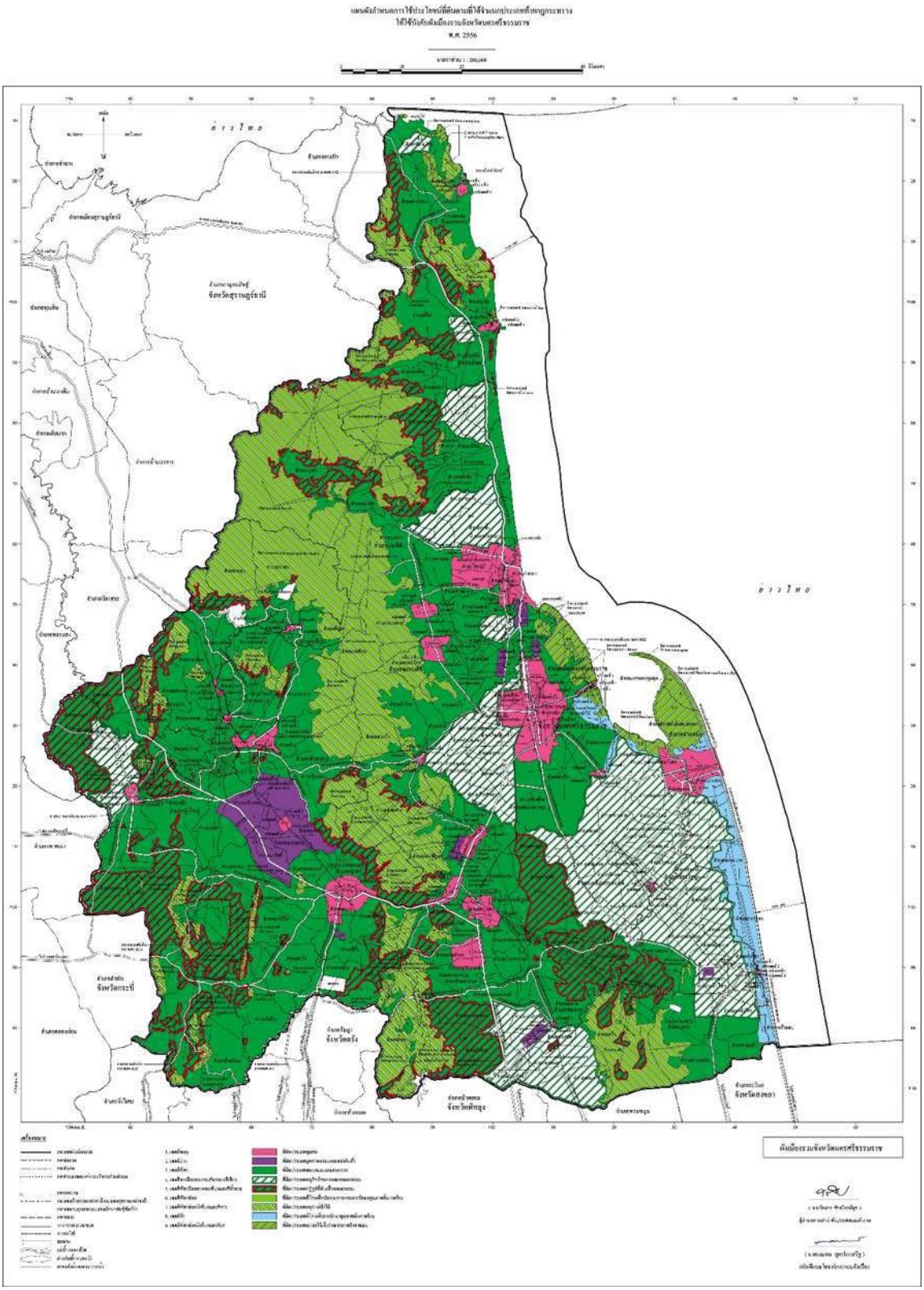
พื้นที่ศึกษานำร่อง	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (%)				
				พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่แหล่งน้ำ
1	สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้ตะวันออก	315.10	5.58	75.49	9.47	7.95	1.51
3	สุราษฎร์ธานี	ตาปี	624.50	3.36	83.73	2.86	8.41	1.64
4	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	521.19	14.54	73.73	1.04	9.15	1.54
5	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	560.01	15.49	60.00	11.19	12.01	1.30
8	นครศรีธรรมราช	ภาคใต้ตะวันออก	424.48	11.19	49.58	20.64	16.03	2.56
11	ตรัง	ภาคใต้ตะวันตก	366.23	11.83	75.50	4.97	6.08	1.62
12	สงขลา	ทะเลสาบสงขลา	480.47	24.17	55.81	6.34	6.90	6.78
13	สงขลา	ภาคใต้ตะวันออก	526.90	8.48	71.97	8.13	9.60	1.83
ค่าเฉลี่ย (%)				**11.83**	**68.23**	**8.08**	**9.52**	**2.35**

รูปที่ 6.2-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษานำร่อง

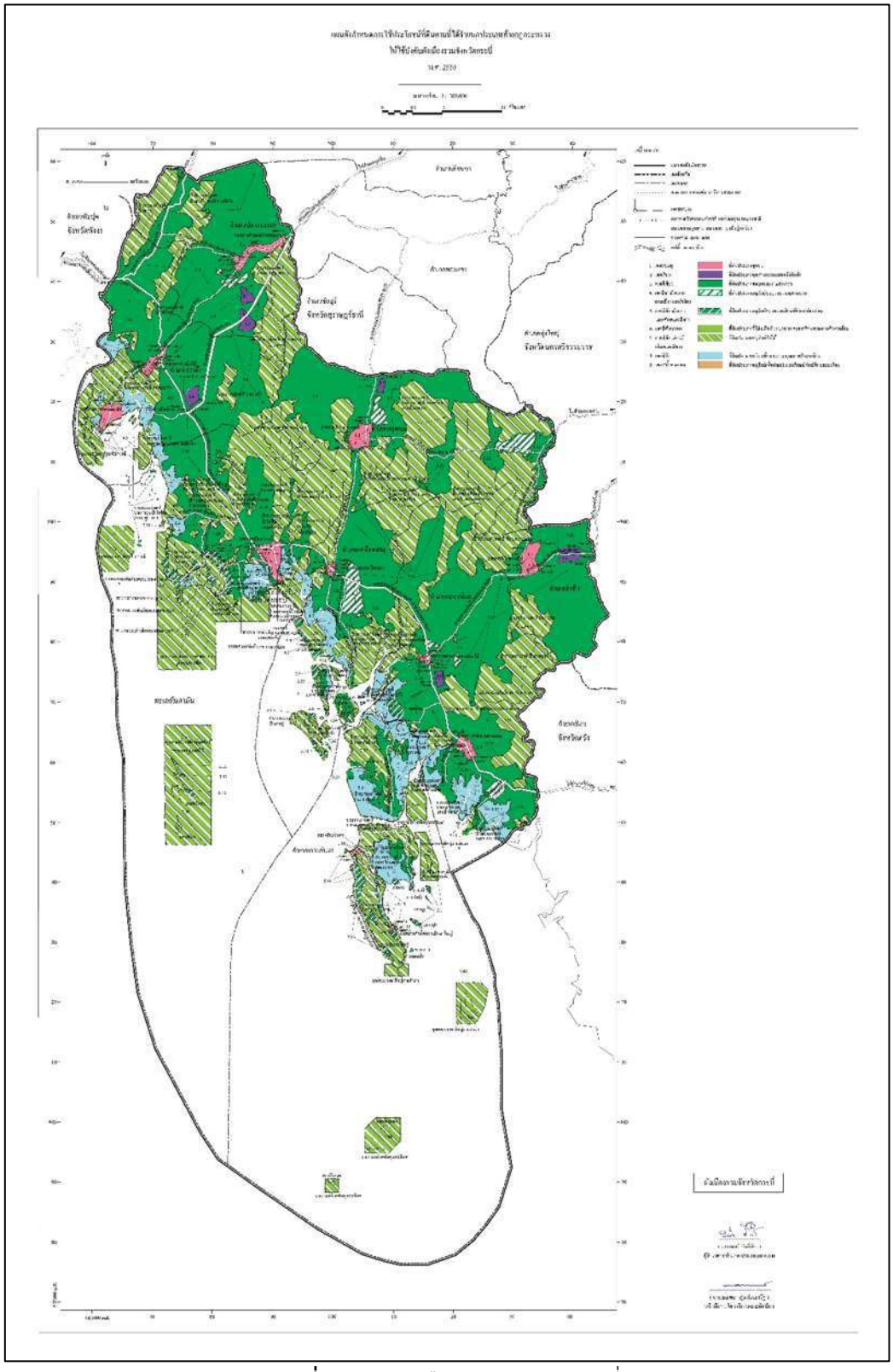
6.2.3. ข้อมูลผังเมือง

จากการรวบรวมข้อมูลผังเมืองรวมภาคใต้แบบรายจังหวัด พบว่าในปัจจุบันมีการประกาศใช้ผังเมืองรวมระดับจังหวัดเพียง 3 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดกระบี่ และจังหวัดยะลา ดังแสดงใน**รูปที่ 6.2-3** ถึง **รูปที่ 6.2-5** ตามลำดับ ส่วนจังหวัดอื่นๆ ยังไม่ได้ประกาศใช้ผังเมืองรวมใหม่เนื่องจากผังเมืองเดิมหมดอายุ หรืออยู่ในระหว่างการปรับปรุง

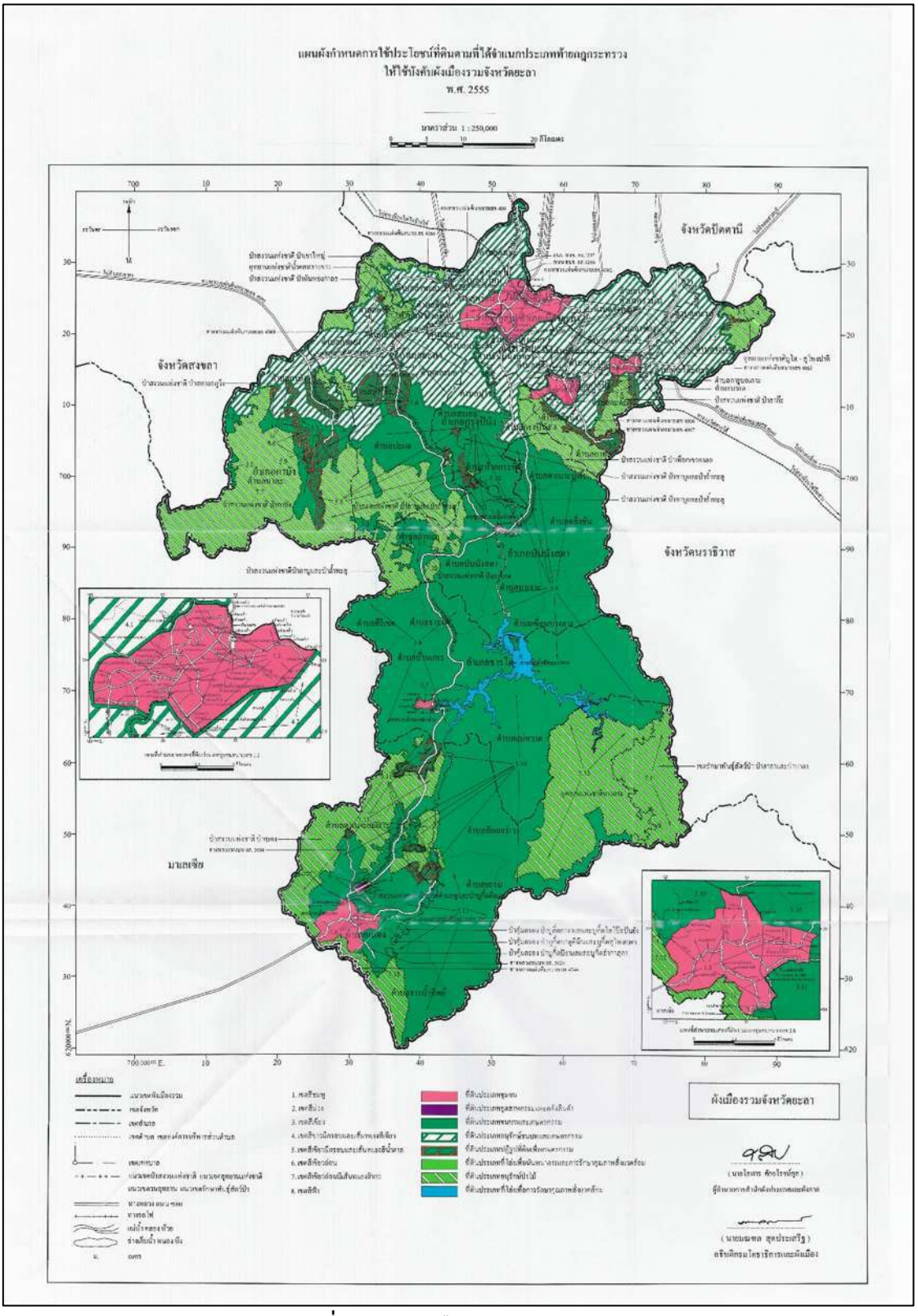
อย่างไรก็ตาม นอกจากผังเมืองรวมระดับจังหวัดแล้ว ที่ปรึกษายังได้รวบรวม ผังเมืองที่ประกาศใช้ในเขตพื้นที่ระดับชุมชนหรือเทศบาลเพิ่มเติม ได้แก่ ผังเมืองรวมเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส ผังเมืองรวมเมืองนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี และผังเมืองรวมชุมชนพะตง พังลา จังหวัดสงขลา ดังแสดงใน**รูปที่ 6.2-6** ถึง **รูปที่ 6.2-8** ตามลำดับ



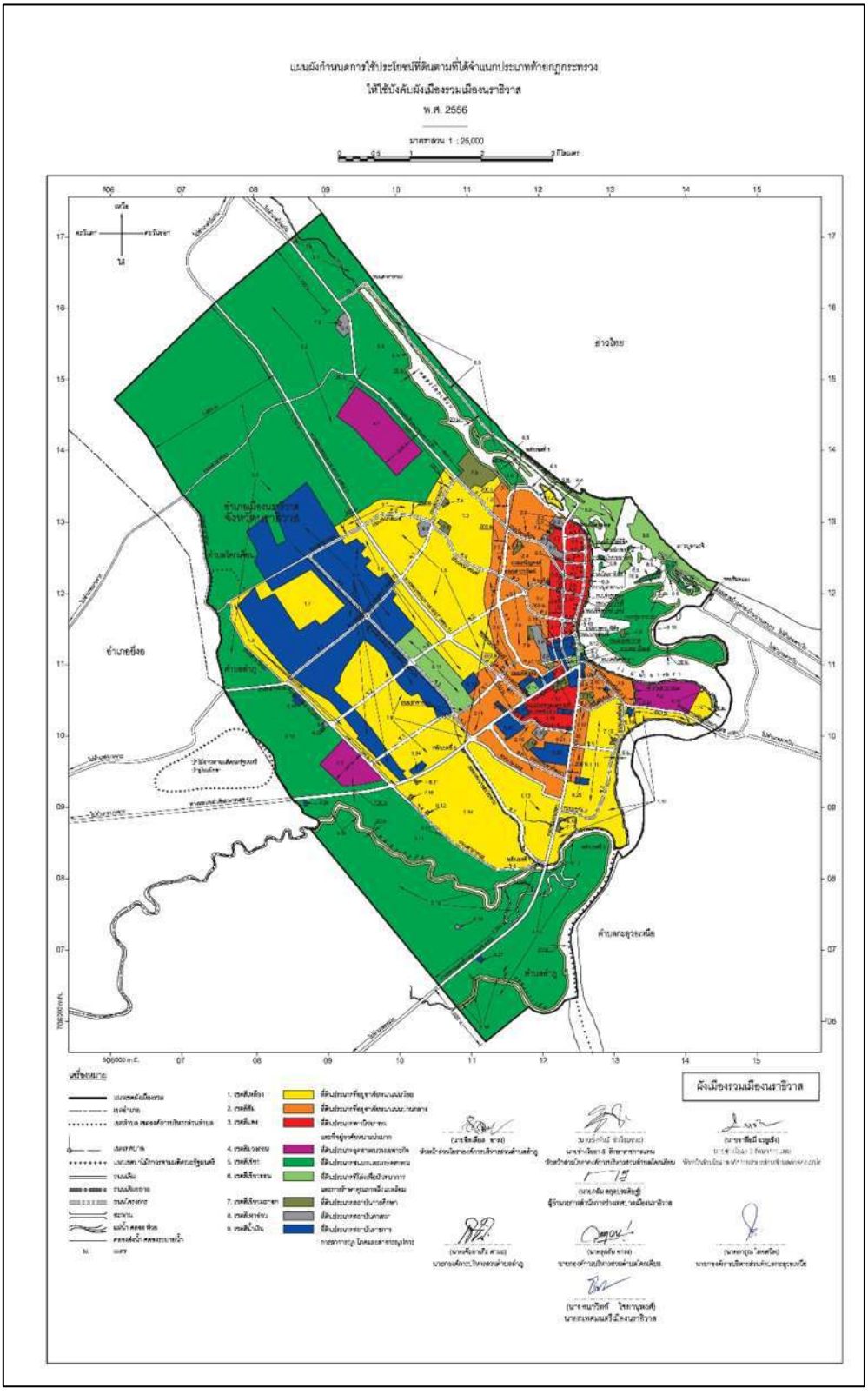
รูปที่ 6.2-3 ผังเมืองรวมจังหวัดนครศรีธรรมราช



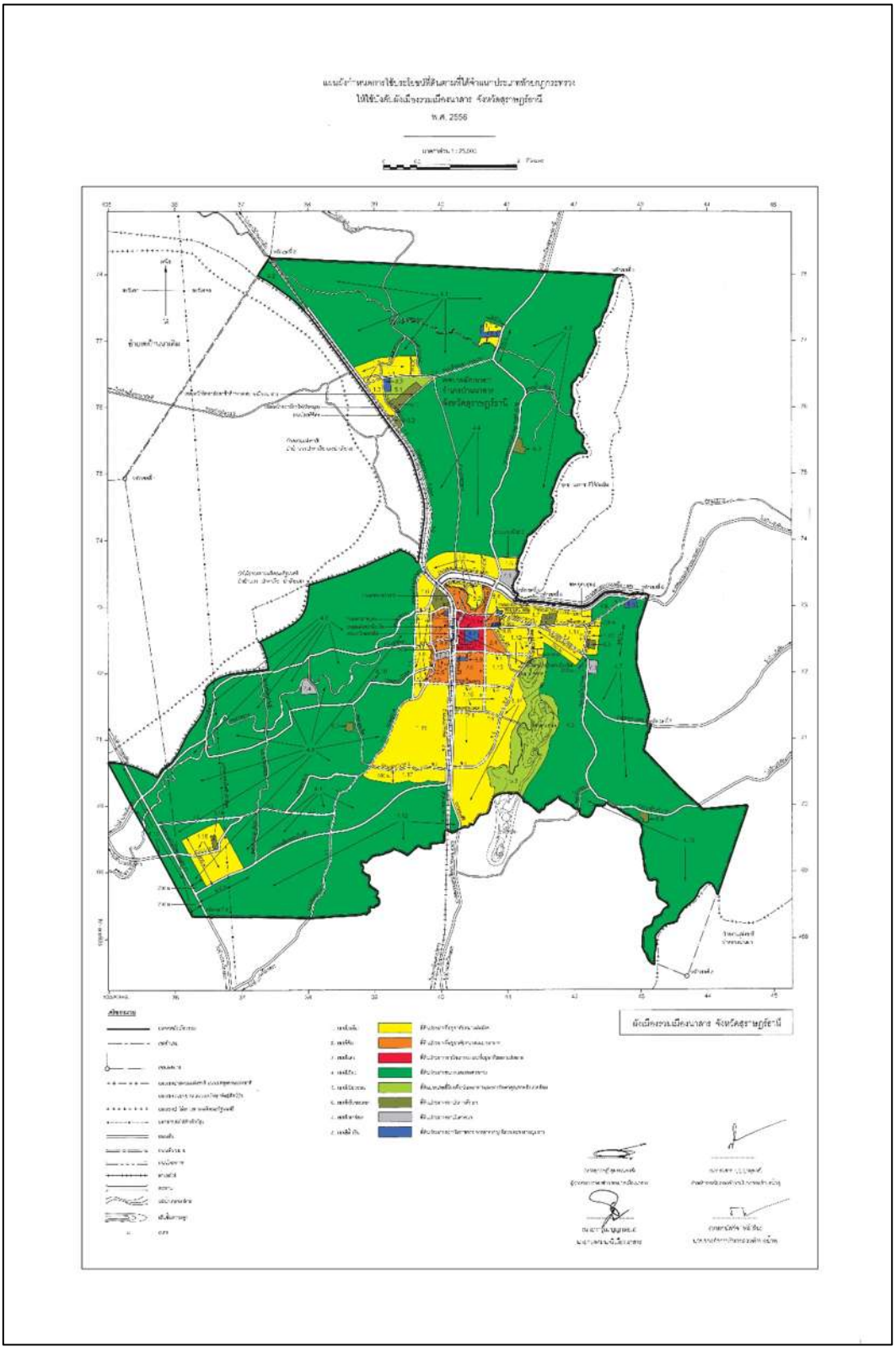
รูปที่ 6.2-4 ผังเมืองรวมจังหวัดกระบี่



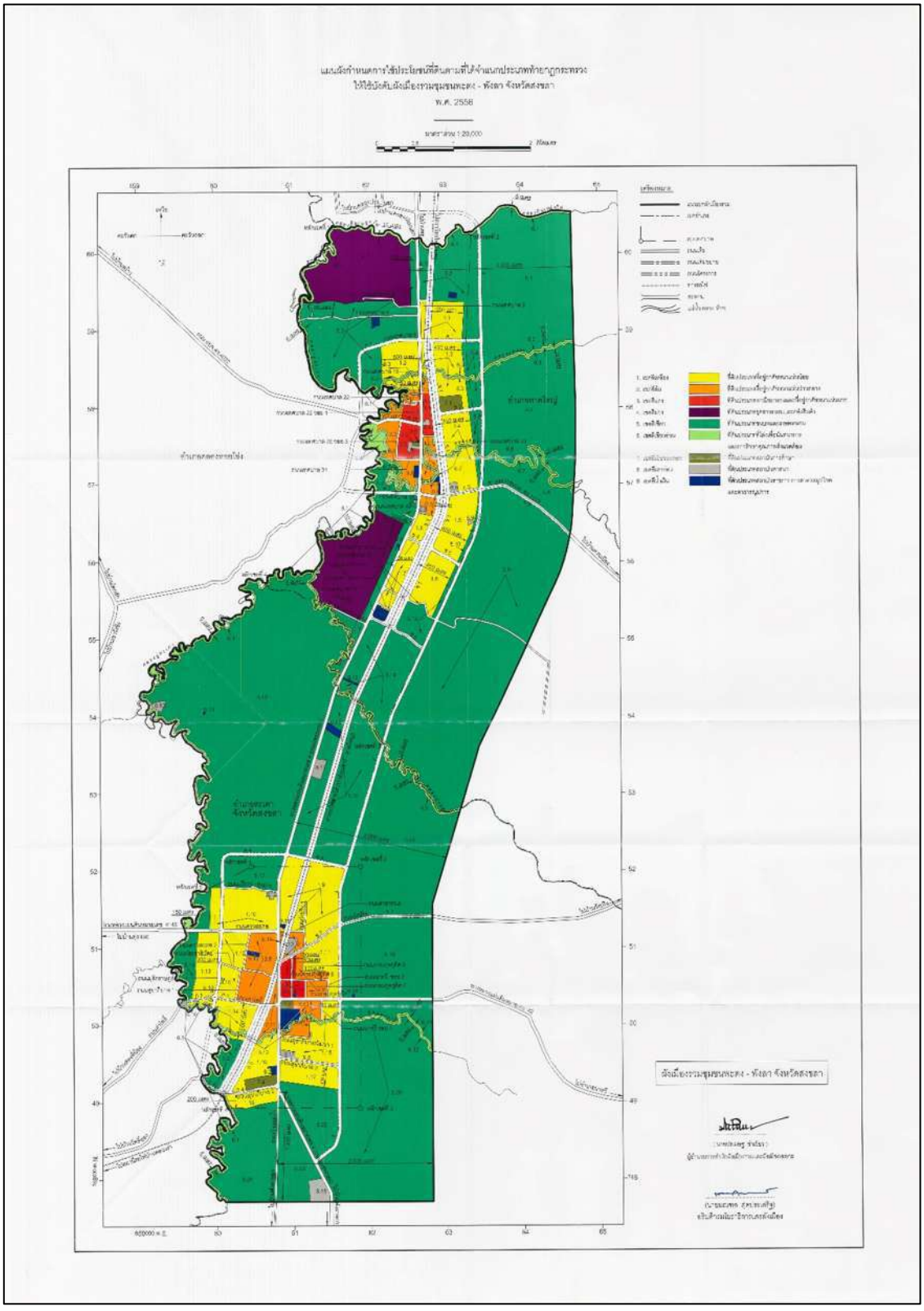
รูปที่ 6.2-5 ผังเมืองรวมจังหวัดยะลา



รูปที่ 6.2-36 ผังเมืองรวมเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส



รูปที่ 6.2-7 ผังเมืองรวมผังเมืองรวมเมืองนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6.2-8 ผังเมืองรวมชุมชนพะตง พังลา จังหวัดสงขลา

6.3. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การจัดหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม มีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการปรับเทียบ(Calibration) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบ ข้อมูลของพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงในอดีตจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม กับผลการคำนวณจากแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ที่ปรึกษาจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งรวบรวมไว้โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA โดยจะทำการคัดเลือกให้ครอบคลุมเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการกิดน้ำท่วมเป็นลักษณะของเหตุการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดอย่างต่อเนื่องนั้น ดังนั้นการคัดเลือกภาพถ่าย (1 ภาพ คือ ภาพถ่ายน้ำท่วมของพื้นที่ใน 1 วัน) จึงควรจะเป็นเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่น้ำท่วม

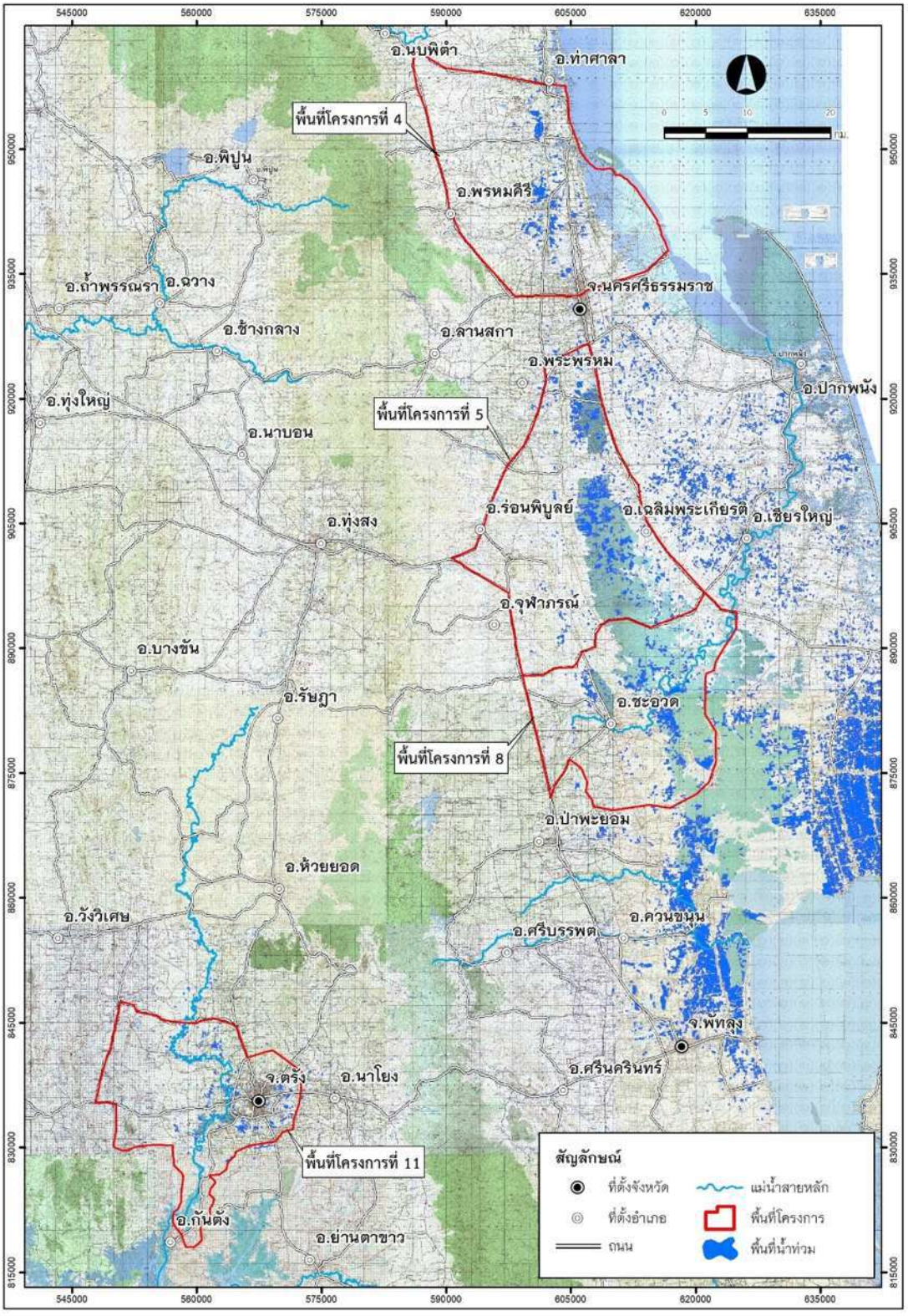
สำหรับผลการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียม ที่จะนำใช้เพื่อการปรับเทียบแบบจำลองสำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 6.3-1** และ **ตารางที่ 6.3-2** โดยภาพถ่ายดาวเทียม (ที่ผ่านการแปลงค่าและวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์) ที่ใช้ทั้งหมดจำนวน 11 ภาพ แสดงได้ดัง**รูปที่ 6.3-1** ถึง **รูปที่ 6.3-11**

ตารางที่ 6.3-1 เหตุการณ์และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ที่นำมาใช้ในการศึกษา

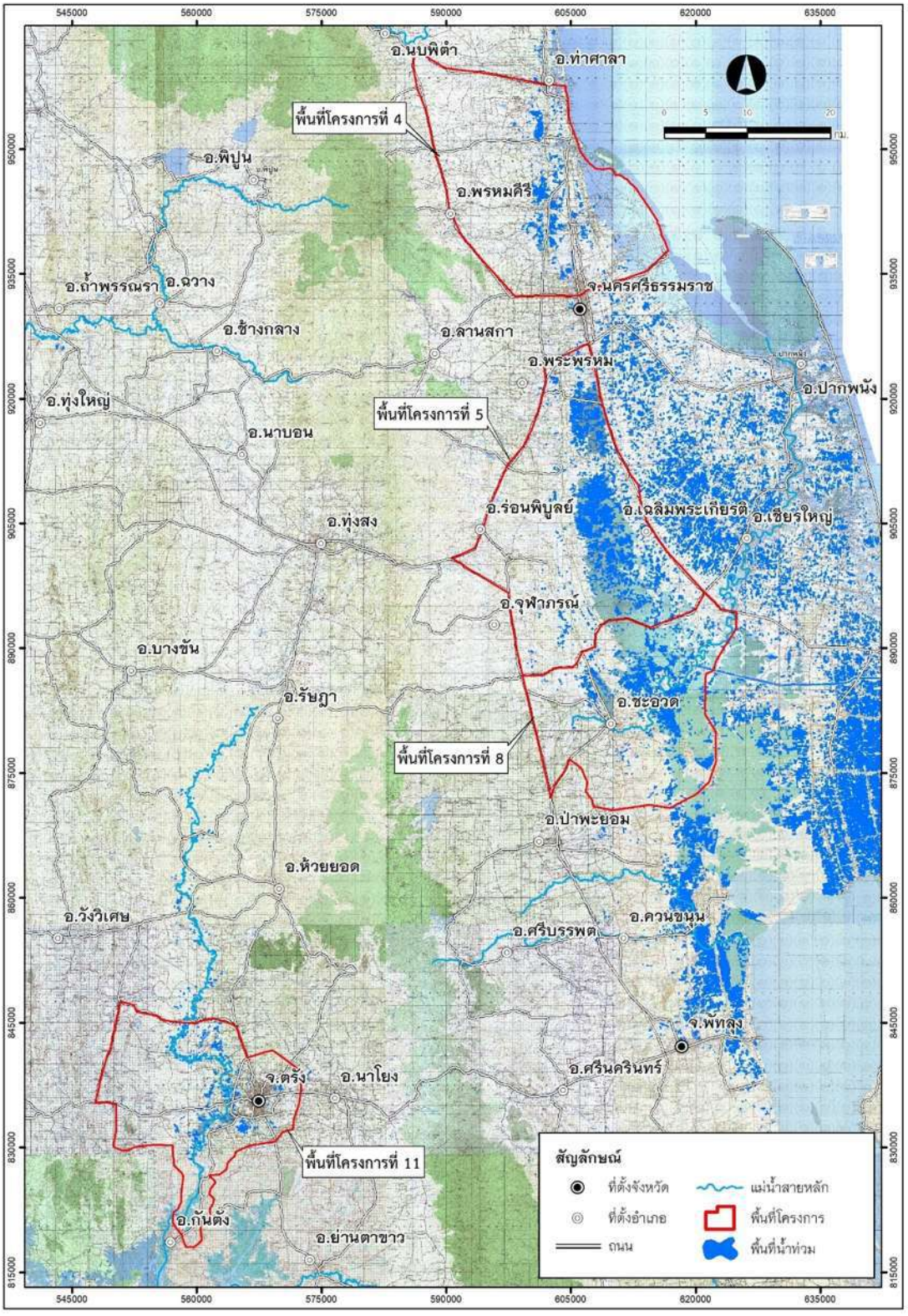
เหตุการณ์น้ำท่วม	ช่วงเวลา	ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ (วันที่ถ่ายภาพ)
เหตุการณ์ที่ 1	6/12/2016 – 7/1/2017	6/12/2016, 7/12/2016, 9/12/2016, 7/1/2017
เหตุการณ์ที่ 2	8/1/2017 – 25/1/2017	8/1/2017, 11/1/2017, 21/1/2017, 25/1/2017,
เหตุการณ์ที่ 3	19/12/2014 – 29/12/2014	19/12/2014, 21/12/2014, 29/12/2014

ตารางที่ 6.3-2 สรุปเหตุการณ์ที่นำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแต่ละพื้นที่ศึกษานำร่อง

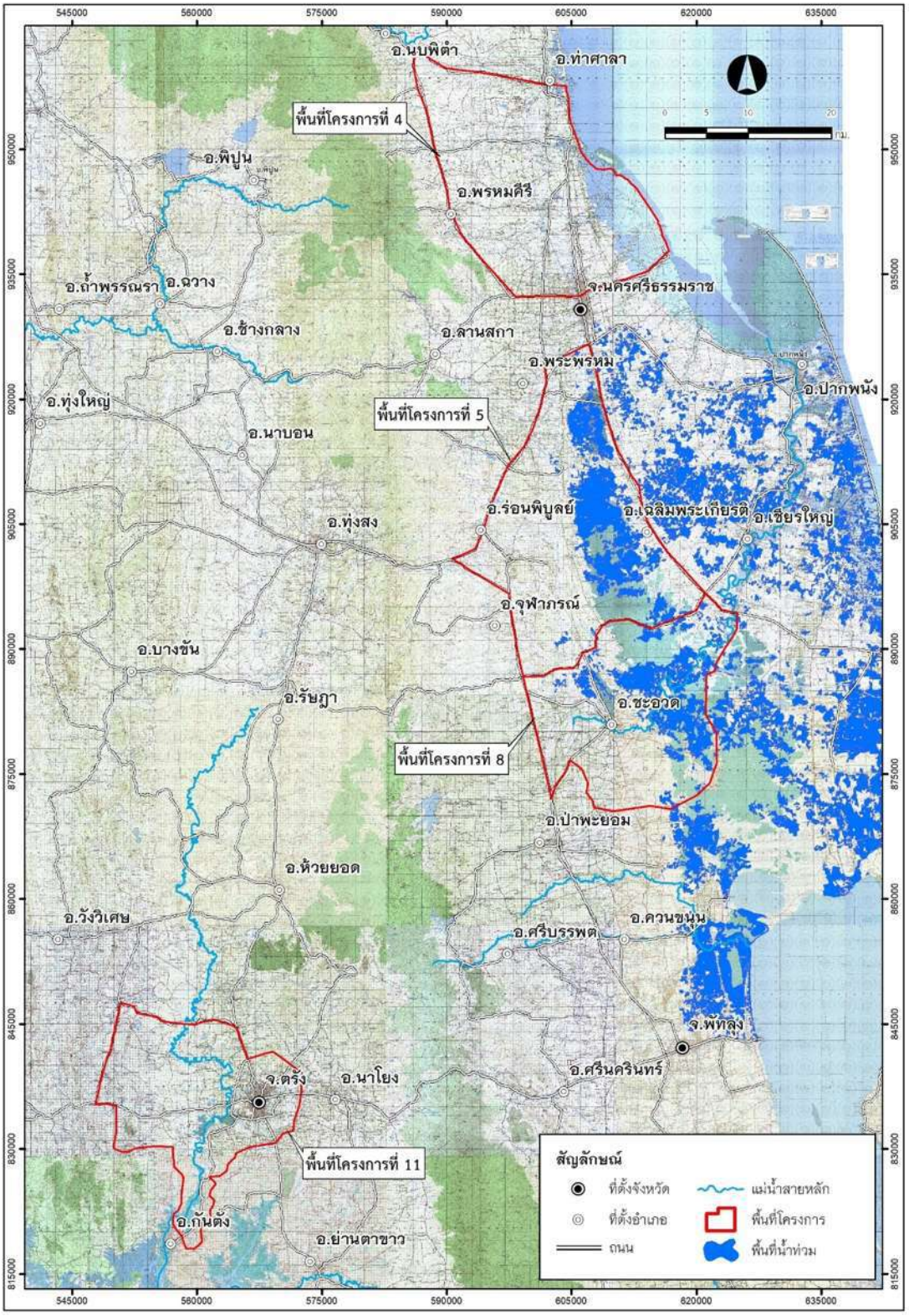
ลำดับ	พื้นที่ศึกษานำร่อง	เหตุการณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง
1	พื้นที่ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
2	พื้นที่ที่ 3	เหตุการณ์ที่ 2
3	พื้นที่ที่ 4	เหตุการณ์ที่ 1
4	พื้นที่ที่ 5	เหตุการณ์ที่ 1
5	พื้นที่ที่ 8	เหตุการณ์ที่ 1
6	พื้นที่ที่ 11	เหตุการณ์ที่ 1
7	พื้นที่ที่ 12	เหตุการณ์ที่ 3
8	พื้นที่ที่ 12	เหตุการณ์ที่ 3



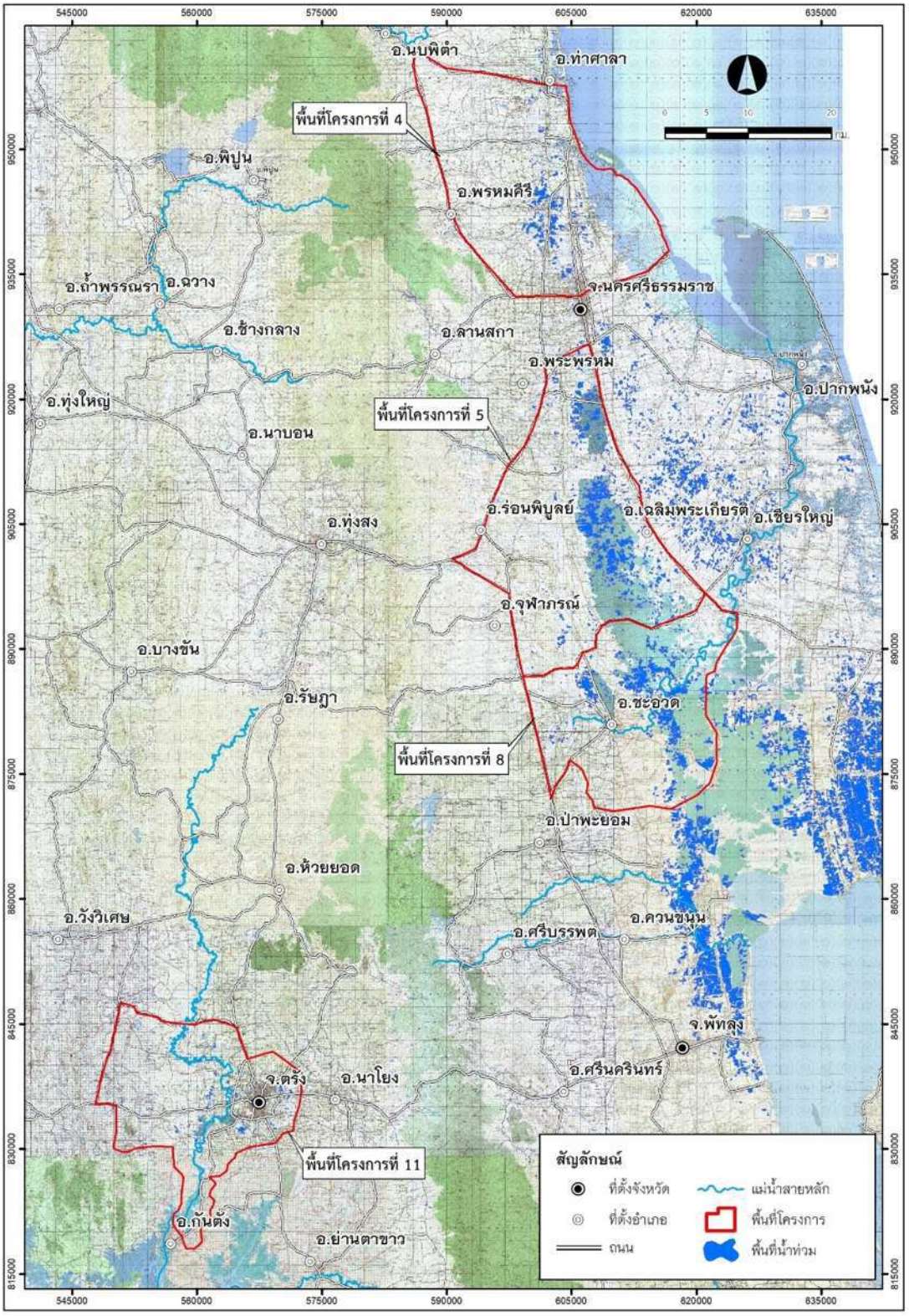
รูปที่ 6.3-1 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 6/12/2016



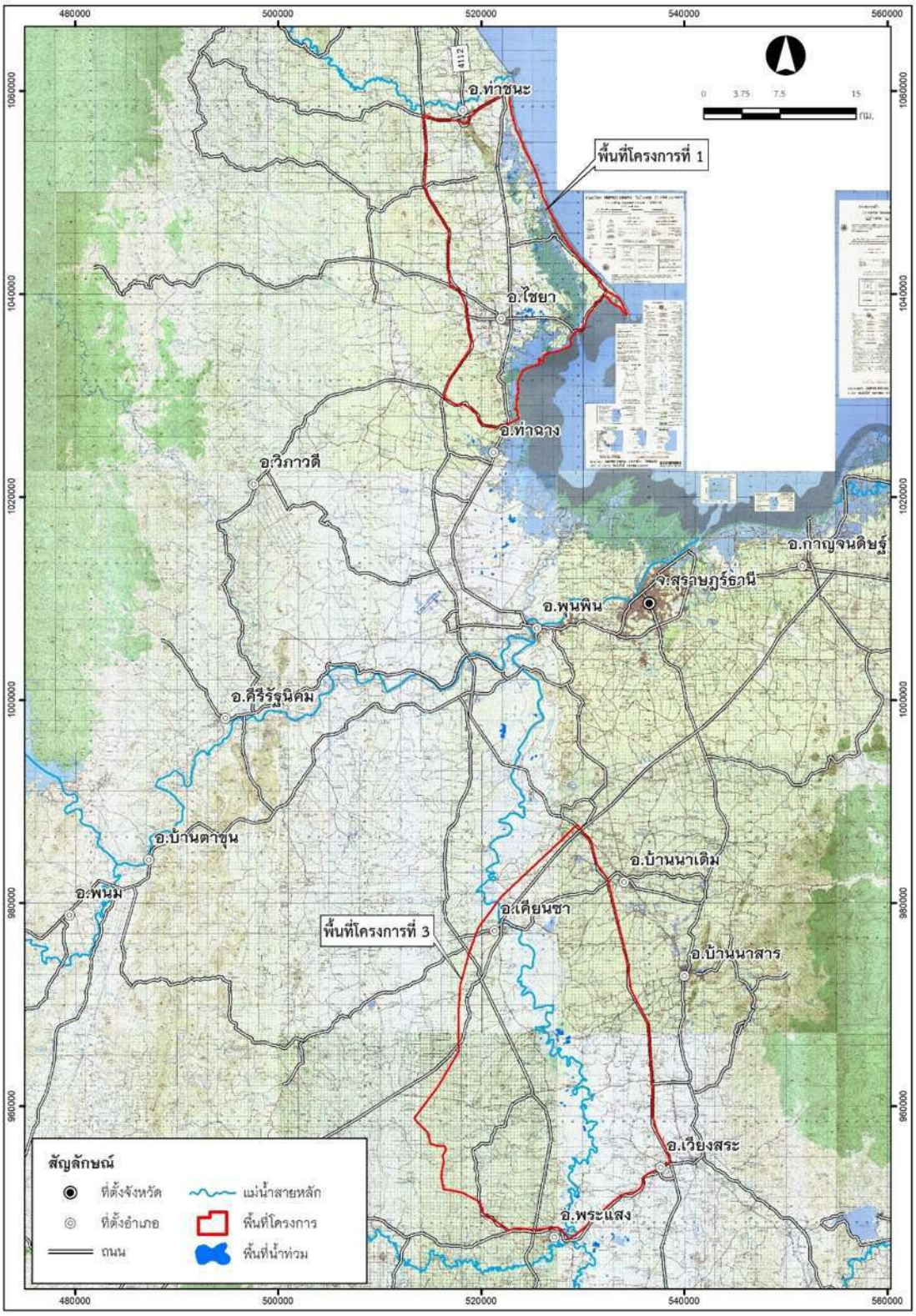
รูปที่ 6.3-2 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 7/12/2016



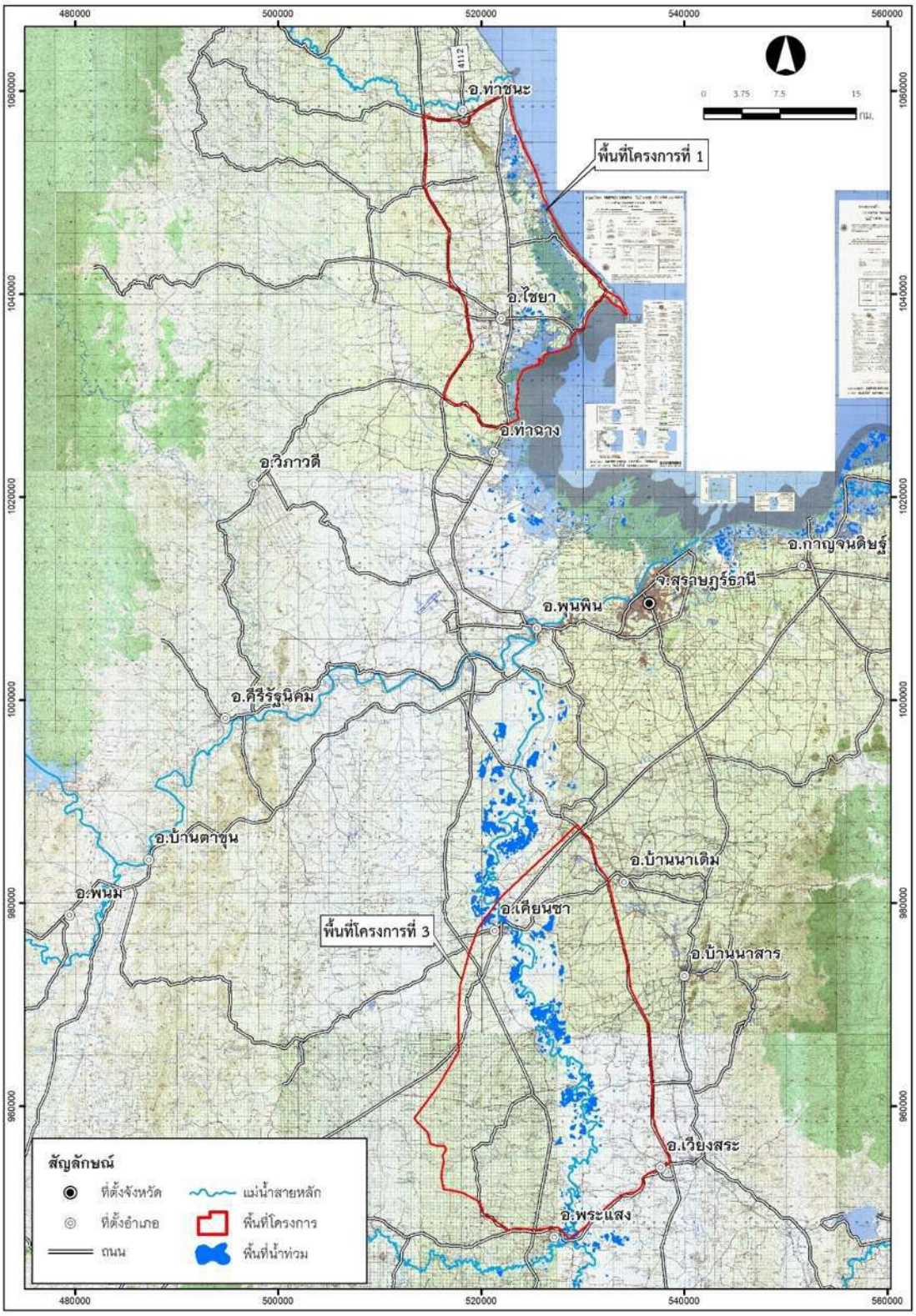
รูปที่ 6.3-3 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 9/12/2016



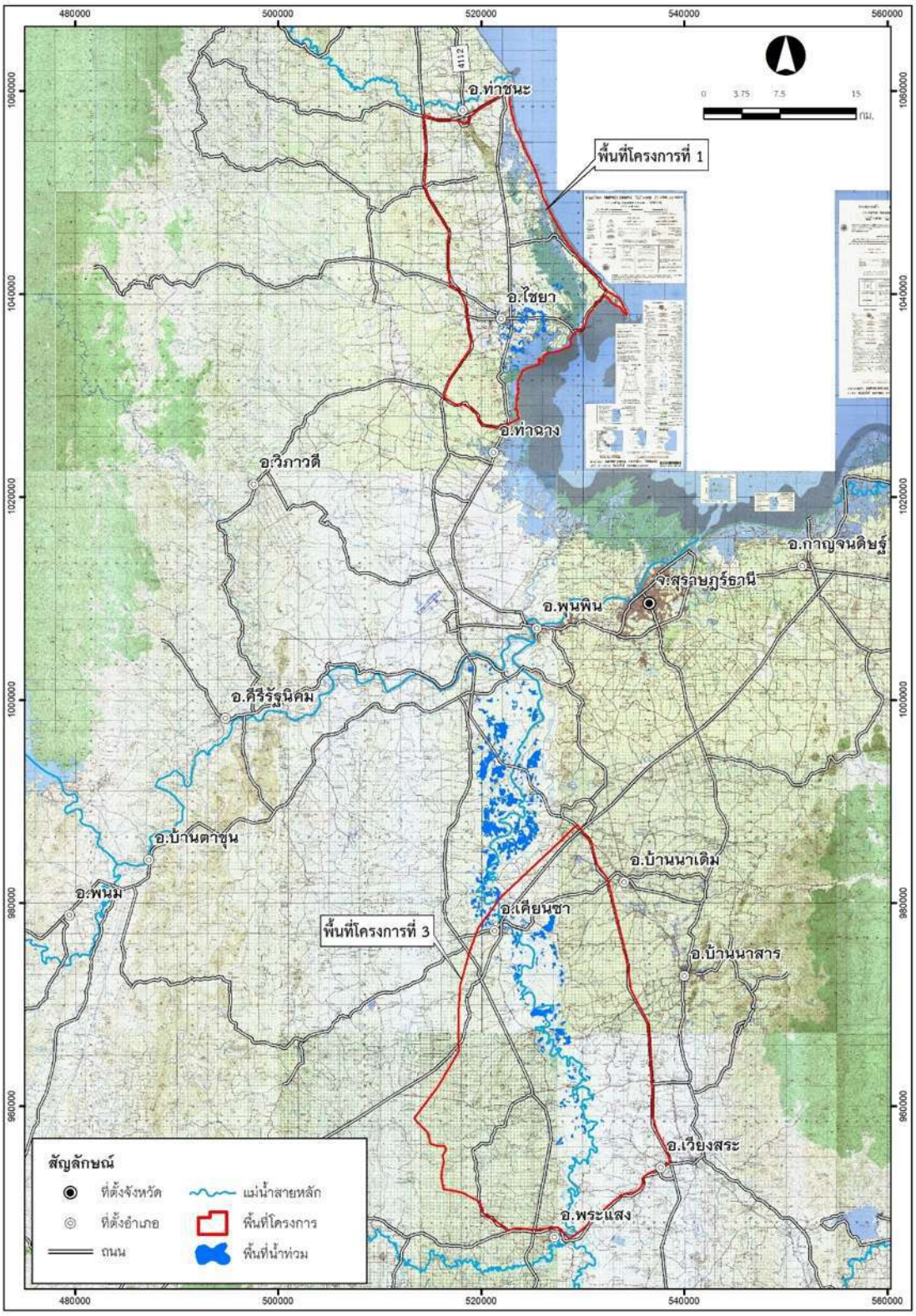
รูปที่ 6.3-4 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 7/1/2017



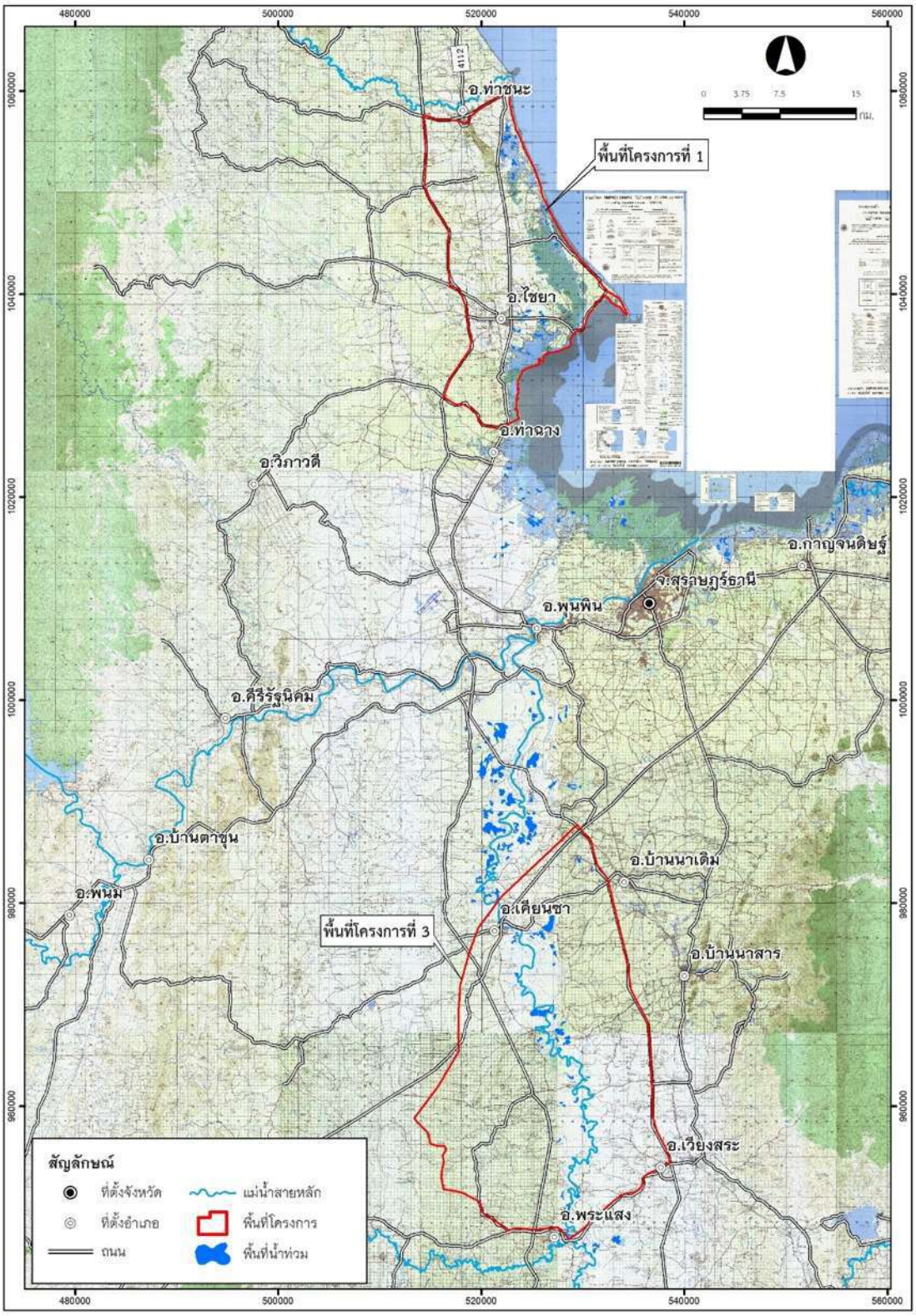
รูปที่ 6.3-5 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 8/1/2017



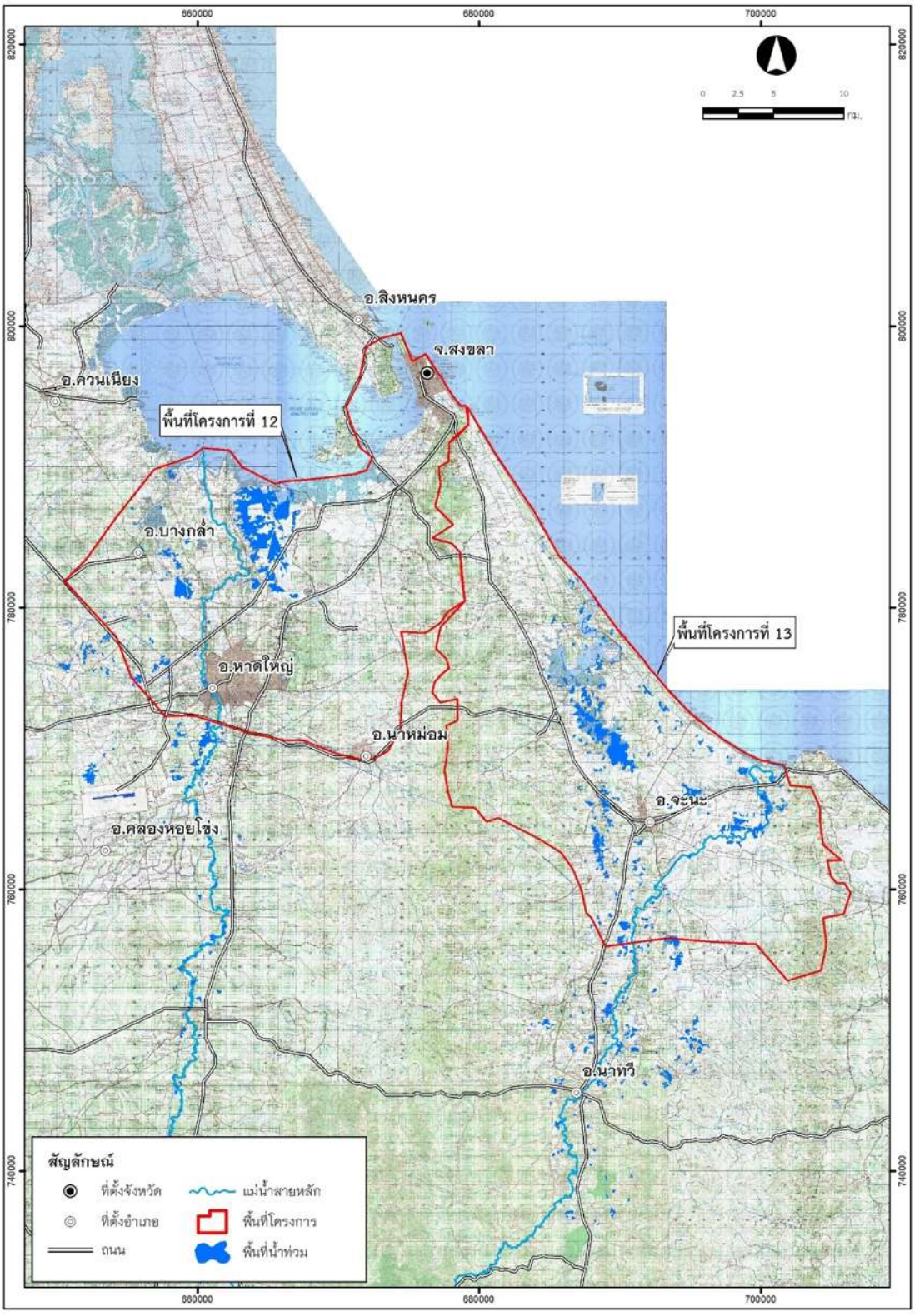
รูปที่ 6.3-6 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 11/1/2017



รูปที่ 6.3-7 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 21/1/2017



รูปที่ 6.3-8 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 25/1/2017



รูปที่ 6.3-9 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 19/12/2014

รูปที่ 6.3-10 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 21/12/2014

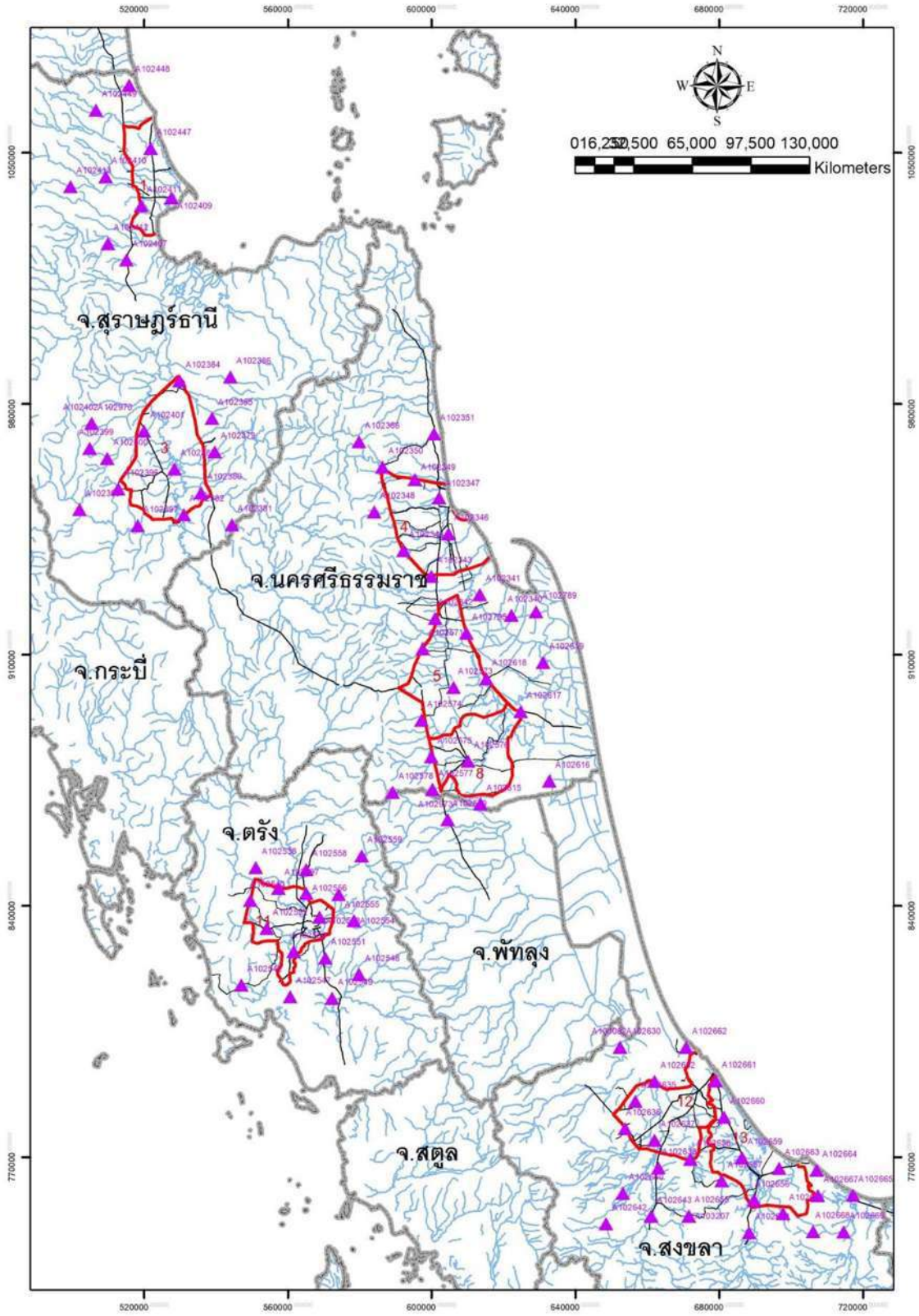
รูปที่ 6.3-11 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 29/12/2014

6.4. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

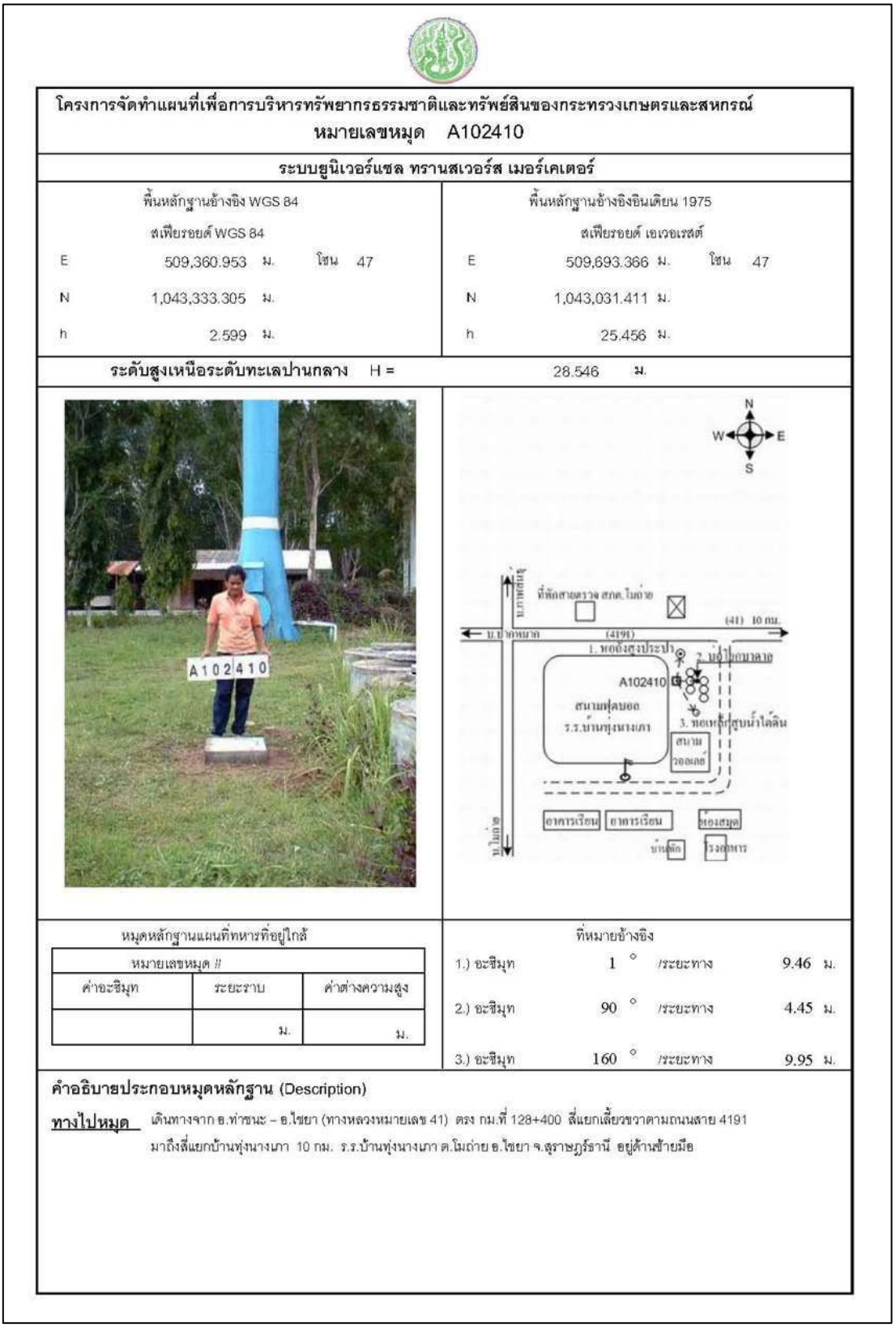
6.4.1. แนวทางการสำรวจข้อมูลรายละเอียดภูมิประเทศ

ในการสำรวข้อมูลรายละเอียดภูมิประเทศมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้มาซึ่งข้อมูลระดับความสูงของถนน ตลอดจนขนาดและมิติของอาคารระบายน้ำผ่านถนนบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการ ซึ่งในขั้นตอนของการสำรวจมีหลักการและวิธีการดำเนินงาน ดังนี้ จัดหาและจัดทำข้อมูลแผนที่

1) สำรวจค่าระดับตามแนวถนน (ค่าระดับหลังถนนทุกสาย / ค่าระดับดินเดิมตามแนวถนนโครงการ) และพื้นที่ว่างครอบคลุมพื้นที่โครงการพร้อมทำรายงานตรวจสอบค่าระดับภาคสนาม
2) ดำเนินการสำรวจอาคารระบายน้ำผ่านถนน และหน้าตัดของลำคลองทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคารระบายน้ำผ่านถนน ครอบคลุมพื้นที่โครงการ (รูปตัดขวาง / ค่าระดับ / ความลาดชัน / ระดับความสูงของน้ำในลำคลอง)
3) การสำรวจจะใช้วิธีการโยงโครงข่ายด้วย GPS ที่มีความละเอียดสูง อ้างอิงพิกัดทางราบ (Horizontal Datum) เป็นพิกัด WGS 84 (World Geodetic System 1984) และอ้างอิงพิกัดทางดิ่ง (Vertical Datum) เป็นค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) โดยใช้หมุดหลักฐานอ้างอิง เป็นหมุดฐาน (Base) หรือหมุดออกออกงาน ในการรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK (Real Time Kinematic) หลังจากนั้นจะทำการเก็บรายละเอียดค่าระดับถนน ระบบระบายน้ำ และลำคลอง ในพื้นที่โครงการ ทั้งนี้หมุดอ้างอิงซึ่งให้เป็นหมุดออกงานในการสำรวจ ที่ปรึกษาได้ใช้หมุดอ้างอิงที่จัดทำขึ้นโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ดังแสดงตาม**รูปที่ 6.4-1** และตัวอย่างของตำแหน่งหมุดอ้างอิงที่ใช้ดังแสดงใน **รูปที่ 6.4-2** ส่วนขั้นตอนการสำรวจข้อมูลภาคสนามด้วยวิธี RTK ดังแสดงตัวอย่างใน**รูปที่ 6.4-3**



รูปที่ 6.4-1 หมุดอ้างอิงในการสำรวจข้อมูลสภาพภูมิประเทศ



โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หมายเลขหมุด A102410

ระบบยูนิเวอร์แซล ทรานสเวอร์ส เมอร์เคเตอร์

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84			พื้นหลักฐานอ้างอิงอินเดียน 1975		
สเฟียรอยด์ WGS 84			สเฟียรอยด์ เอเวอเรสต์		
E	509,360.953 ม.	โซน 47	E	509,693.366 ม.	โซน 47
N	1,043,333.305 ม.		N	1,043,031.411 ม.	
h	2.599 ม.		h	25.456 ม.	

ระดับสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 28.546 ม.

หมุดหลักฐานแผนที่ทหารที่อยู่ใกล้

หมายเลขหมุด #		
ค่าอะซิมุท	ระยะราบ	ค่าต่างความสูง
	ม.	ม.

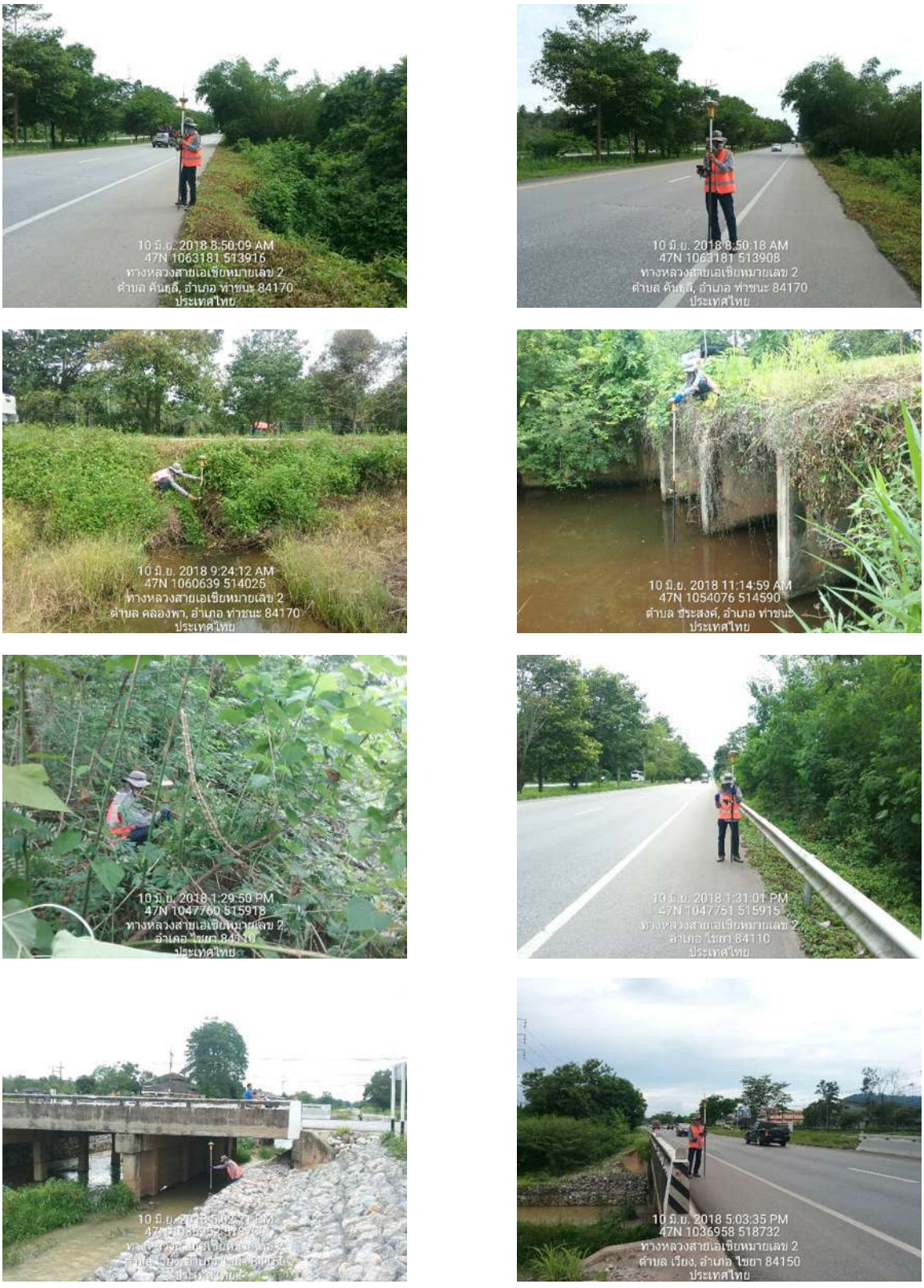
ที่หมายอ้างอิง

1.) อะซิมุท	1 °	/ระยะทาง	9.46	ม.
2.) อะซิมุท	90 °	/ระยะทาง	4.45	ม.
3.) อะซิมุท	160 °	/ระยะทาง	9.95	ม.

คำอธิบายประกอบหมุดหลักฐาน (Description)

ทางไปหมุด เดินทางจาก อ.ท่าชนะ – อ.ไชยา (ทางหลวงหมายเลข 41) ตรง กม.ที่ 128+400 สี่แยกเลี้ยวขวาตามถนนสาย 4191 มาถึงสี่แยกบ้านทุ่งนางเกา 10 กม. ร.ร.บ้านทุ่งนางเกา ต.โมถ่าย อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี อยู่ด้านซ้ายมือ

รูปที่ 6.4-2 ตำแหน่งหมุดอ้างอิงในการสำรวจข้อมูลสภาพภูมิประเทศ



รูปที่ 6.4-3 ตัวอย่างการสำรวจข้อมูลภาคสนามในพื้นที่โครงการ

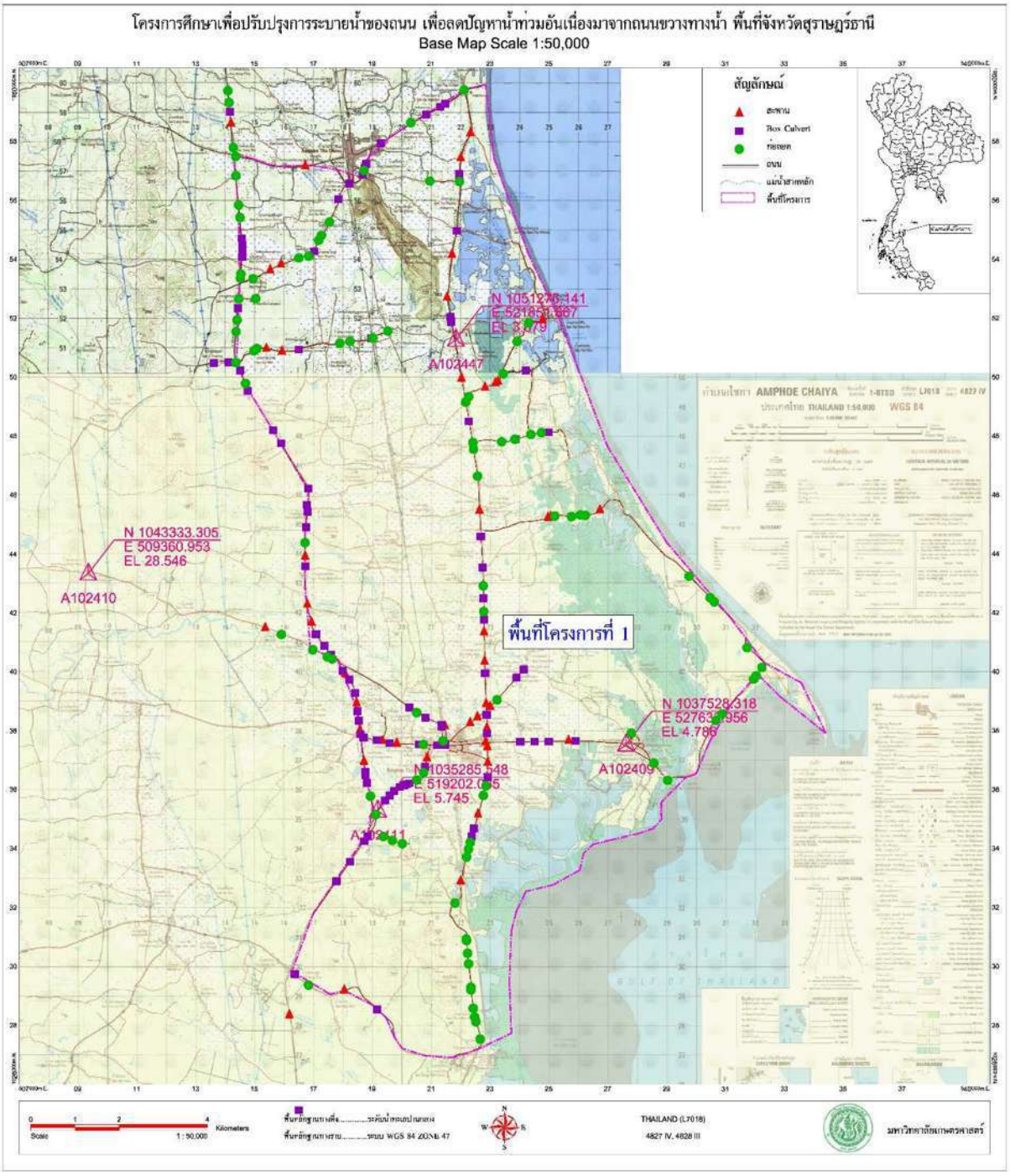
6.4.2. ผลการสำรวจข้อมูล

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามที่ปรึกษาได้ทำการสำรวจตำแหน่ง ขนาด และค่าระดับของอาคารระบายน้ำบนทางหลวง ตลอดจนค่าระดับของผิวจราจร ในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการคัดเลือกซึ่งได้ทำการสำรวจไปแล้วทั้งหมดครบทั้ง 8 พื้นที่ โดยมีตำแหน่งการสำรวจดังแสดงใน**รูปที่ 6.4-4** ถึงรูปที่ **6.4-11** และสามารถสรุปจำนวนของอาคารระบายน้ำแยกตามประเภทในแต่ละพื้นที่ ได้ตารางที่ **ตารางที่ 6.4-1** ซึ่งมีทั้งหมด 3,692 ตำแหน่ง โดยเป็นท่อกลม(ท่อลอด) 2,401 ตำแหน่ง ท่อเหลี่ยม 684 ตำแหน่ง และสะพาน 607 ตำแหน่ง

สำหรับผลการสำรวจอาคารระบายน้ำ ในพื้นที่ศึกษานำร่องได้แสดงไว้ในรายงานผลการสำรวจ

ตารางที่ 6.4-1 สรุปตำแหน่งการสำรวจข้อมูลของอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1 3 4 และ 5

ลำดับ	พื้นที่ศึกษานำร่อง	จำนวนตำแหน่งการสำรวจ (ตำแหน่ง)			รวม (ตำแหน่ง)
		ท่อกลม	ท่อเหลี่ยม	สะพาน	
1	พื้นที่ที่ 1	115	107	48	**270**
2	พื้นที่ที่ 3	254	79	65	**398**
3	พื้นที่ที่ 4	446	80	96	**622**
4	พื้นที่ที่ 5	287	90	80	**457**
5	พื้นที่ที่ 8	423	75	64	**562**
6	พื้นที่ที่ 11	476	82	84	**642**
7	พื้นที่ที่ 12	189	81	111	**381**
8	พื้นที่ที่ 13	211	90	59	**360**
รวม		**2,401**	**684**	**607**	**3,692**



รูปที่ 6.4-4 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่นำร่อง พื้นที่ที่ 1