



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

การพัฒนาระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา
Development of stream flow evaluation systems for flood warning, Songkhla province

จัดทำโดย

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เถลิ้มยานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนนท์ ชูอุปการ

เสนอต่อ

สำนักงานประสานงาน ชุดโครงการ “การวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ 4 จังหวัดภาคใต้ตอนกลาง”
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สถานที่ตั้งสำนักงานประสานงาน ชุดโครงการ “การวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ 4 จังหวัดภาคใต้ตอนกลาง”
ชั้น 12 อาคารศูนย์ทรัพยากรการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
โทรศัพท์ 074-282920-22 โทรสาร 074-282921 โทรศัพท์มือถือ 08-1542-6690
E-mail : rojarek.n@gmail.com, arunporn.s@gmail.com

กันยายน 2557

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

โครงการวิจัยการพัฒนาระบบประเมนสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา เป็นโครงการวิจัยเพื่อเตรียมความพร้อมรับมือการเกิดน้ำท่วมของประชาชนในเขตพื้นที่เสี่ยงภัย ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ผลการศึกษาประกอบด้วย ผลการจัดทำแผนที่แสดงคุณสมบัติของลุ่มน้ำ การคัดเลือกสถานีตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า ผลการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย ผลการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม และ ผลการออกแบบและจัดสร้างระบบสถานีโทรมาตร ดังต่อไปนี้

ผลการจัดทำแผนที่คุณสมบัติของลุ่มน้ำ

คุณสมบัติของลุ่มน้ำในรูปของแผนที่ภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี พื้นที่รวมทั้งสิ้น 1,487.80 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 77.35 และ 12.60 ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา และที่ราบรูปพัด มีเส้นชั้นความสูงตั้งแต่ 20 – 700 เมตร ลักษณะทางธรณีวิทยาที่พบมากเป็นหินกรวดมน (Trl) และตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) มีคลองนาทวีเป็นคลองหลักและความยาวประมาณ 80 กิโลเมตร

พื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 579.96 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 65.69 ลักษณะภูมิฐานส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา และพื้นที่ตะกอนน้ำ มีเส้นชั้นความสูงตั้งแต่ 0 – 800 เมตร ลักษณะทางธรณีวิทยาที่พบมากได้แก่ตะกอนธารน้ำพา (Qa) ลำน้ำหลักของลุ่มน้ำได้แก่คลองรัตภูมิมีความยาวประมาณ 63 กิโลเมตร

ผลการคัดเลือกสถานีตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า

สำหรับการเตือนภัยน้ำท่วมของลุ่มน้ำนาทวี ซึ่งเน้นที่การเตือนภัยสำหรับชุมชนตลาดนาทวี (สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี, NW30) และ ชุมชนตลาดจะนะ (สถานีสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ. จะนะ, NW10) โดยเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำจากต้นน้ำบริเวณสะพานผูกประดู่ (NW41) บ้านปากัน ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี เป็นสถานีหลักในการเตือนภัยน้ำท่วม

สำหรับการเตือนภัยน้ำท่วมของลุ่มน้ำรัตภูมิ ซึ่งเน้นที่การเตือนภัยสำหรับชุมชนเทศบาลเมืองกำแพงเพชร อ.รัตภูมิ (สถานีสะพานวัดเขาดกน้ำ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ, RP10) โดยเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำจาก สถานีบ้านควนดินแดง (RP30) ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ และ สถานีสะพานฝายชะมวง (RP20) ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ เป็นสถานีหลักในการเตือนภัยน้ำท่วม

ผลการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย

การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder (1938) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวทั้ง 2 ค่า ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมาก่อน ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวของลุ่มน้ำคลองอุตะเกาะ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำใกล้เคียงที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายคลึงกัน พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีที่สถานีบ้านปากกัน ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำมีค่าอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 47.47 cms/cm และเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 13.05 ชั่วโมง สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิที่สถานีสะพานบ้านควนดินแดงซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำมีค่าอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 20.83 cms/cm และเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 10.63 ชั่วโมง

ผลการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม

การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้พัฒนาขึ้นในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรต่างๆ โดยได้แบ่งระดับการเตือนภัยออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับธงเขียว หมายถึง สภาวะปกติ ระดับธงเหลือง หมายถึง ฝ้าระวัง และติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด และระดับธงแดง หมายถึง สภาวะวิกฤติ จะเกิดน้ำท่วม ซึ่งในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรแตกต่างกันไป โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีมีระดับน้ำเตือนภัยให้ฝ้าระวัง (ธงเหลือง) ที่สถานีบ้านปากกัน (พื้นที่ต้นน้ำ) อยู่ที่ระดับ +5.90 เมตร รสม. และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีระดับน้ำเตือนภัยฝ้าระวัง (ธงเหลือง) ที่สถานีสะพานบ้านควนดินแดง (พื้นที่ต้นน้ำ) อยู่ที่ระดับ +4.00 เมตร รสม. เป็นต้น

ผลการออกแบบและจัดสร้างระบบสถานีโทรมาตร

คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างสถานีโทรมาตรตามทีออกแบบไว้ (ภาคผนวก ก.) ในแม่น้ำบริเวณต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ซึ่งแต่ละสถานีประกอบด้วยองค์ประกอบหลักสามส่วน ได้แก่ 1) ระบบตรวจวัด ได้แก่ อุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบ Ultrasonic sensor และกล้อง CCTV สำหรับถ่ายภาพระดับน้ำ 2) ระบบสื่อสาร นำส่งข้อมูลผ่านระบบรับส่งข้อมูลโดยใช้เครือข่าย 3G และ 3) ระบบพลังงานโดยใช้ solar cell โดยได้ทำการติดตั้งสถานีโทรมาตรในตำแหน่งสถานีตรวจวัดที่ได้กล่าวไปแล้ว รวมทั้งสิ้น 6 สถานี โดยผลการตรวจวัดของสถานีโทรมาตรทั้ง 6 แบบเวลาจริง (Real time) สามารถเข้าดูได้ใน Website ของศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ (www.nadrec.psu.ac.th)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยฯ ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยผ่าน สำนักงานประสานงาน ชุดโครงการ “การวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ 4 จังหวัดภาคใต้ตอนกลาง” ตามสัญญา เลขที่ RDG56A0003 ขอขอบคุณศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน ที่ให้ข้อมูลทางอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษาเพื่อประกอบการวิจัยและอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ (RiverRay) ขอขอบคุณศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสนอความเห็น และข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงเนื้อหาของโครงการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	i
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
รายการตาราง	vii
รายการภาพประกอบ	viii
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบเตือนภัยน้ำท่วม	3
2.1.1 การแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า	3
2.1.2 ระบบเตือนภัยน้ำท่วม	3
2.1.3 การพยากรณ์น้ำท่วม	4
2.2 น้ำท่า และกราฟน้ำท่า	7
2.2.1 น้ำท่า	7
2.2.2 กราฟน้ำท่า	8
2.2.3 ลักษณะของกราฟน้ำท่า	9
2.2.4 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า	9
2.2.5 การสังเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า	12
2.3 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	16
2.3.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	16
2.3.2 ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	17
2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานีโทรมาตร	18
2.4.1 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cell)	19
2.4.2 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลอง	19
2.4.3 โหนดตรวจวัดระดับน้ำ	20
2.4.4 โมดูลจับภาพ	21
2.4.5 Gateway	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.6 ระบบเก็บและแสดงผลข้อมูล	22
3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 การศึกษาคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา	23
3.1.1 รวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา	23
3.1.2 รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวนประชากรของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา	23
3.2 การออกสนามสำรวจพื้นที่เบื้องต้น	23
3.2.1 สำรวจพื้นที่เบื้องต้นในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	25
3.3 การจัดทำแผนที่คุณสมบัติของลุ่มน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	25
3.4 การออกสนามสำรวจพื้นที่ขึ้นรายละเอียด	25
3.4.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดในลำน้ำ	25
3.4.2 การวัดหน้าตัดของลำน้ำในลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	25
3.4.3 วิเคราะห์แผนผังลำน้ำ และพิจารณาเลือกตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตร	25
3.5 การออกแบบจัดสร้าง และติดตั้งสถานีโทรมาตร	26
3.5.1 การออกแบบจัดสร้างสถานีโทรมาตร	26
3.5.2 การติดตั้งสถานีโทรมาตร	26
3.6 ข้อมูลน้ำท่าและกราฟน้ำท่าของสถานีโทรมาตร	26
3.6.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ	26
3.6.2 กราฟน้ำท่าของสถานีโทรมาตร	26
3.7 การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม และนำเสนอบนอินเทอร์เน็ต	27
4 ผลการวิจัยและการวิจารณ์	28
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา	28
4.1.1 ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่จังหวัดสงขลา	28
4.1.2 ลักษณะธรณีวิทยาของจังหวัดสงขลา	30
4.2 ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น	32
4.3 ผลการจัดทำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำคลองนาทวี	33
4.3.1 ข้อมูลทั่วไป	33
4.3.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง	35
4.3.3 ข้อมูลโครงสร้างและลักษณะทางธรณีวิทยา	35
4.3.4 ข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐาน	38
4.3.5 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้	38
4.3.6 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.7 ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน	41
4.4 ผลการจัดทำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	44
4.4.1 ข้อมูลทั่วไป	44
4.4.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง	45
4.4.3 ข้อมูลโครงสร้างและลักษณะทางธรณีวิทยา	46
4.4.4 ข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐาน	48
4.4.5 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้	48
4.4.6 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	51
4.4.7 ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน	51
4.5 ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาชั้นรายละเอียด	54
4.5.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน – น้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	54
4.5.2 หน้าที่ดัดของลำน้ำนาทวี และลำน้ำรัตภูมิ	58
4.5.3 ผลการวิเคราะห์ผังลำน้ำ และตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตร	66
4.6 ผลการจัดทำข้อมูลทางอุทกวิทยาของสถานีโทรมาตร	69
4.6.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ	69
4.6.2 ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)	73
4.6.3 แนวทางการประยุกต์ใช้กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย	76
4.7 การออกแบบและติดตั้งสถานีโทรมาตร	78
4.8 ผลการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา	83
4.8.1 ระบบเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำคลองนาทวี	83
4.8.2 ระบบเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	83
4.8.3 การแสดงผลระบบเตือนภัยบนอินเทอร์เน็ต	85
4.9 การเผยแพร่องค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน	89
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการวิจัย	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	94
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก	98
ก แบบก่อสร้างสถานีโทรมาตร	99
ข รายละเอียดผลการวัดอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวีและคลองรัตภูมิ	103
ค รายละเอียดการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าด้วยวิธีของ Snyder (1983)	105

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง t/T_p และ q/q_p ตามวิธีของ SCS	16
4.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	35
4.2 ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	38
4.3 พื้นที่ป่าไม้ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	38
4.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี ปี พ.ศ. 2555	41
4.5 แหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	41
4.6 ลักษณะทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	46
4.7 ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคองรัตภูมิ	48
4.8 พื้นที่ป่าไม้ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	48
4.9 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ปี พ.ศ. 2555	51
4.10 แหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคองรัตภูมิ	51
4.11 ข้อมูลหน้าตัดของคลองนาทวีที่ตำแหน่งต่างๆ	59
4.12 ข้อมูลหน้าตัดของคลองรัตภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ	59
4.13 พิกัดตำแหน่งและที่ตั้งของสถานีเฝ้าระวังและเตือนภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	66
4.14 พิกัดตำแหน่งและที่ตั้งของสถานีเฝ้าระวังและเตือนภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	67
4.15 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	73
4.16 พื้นที่เฉลี่ยด้วยวิธี Theissen ของสถานีเตือนภัยในลุ่มน้ำคลองนาทวี	76
4.17 พื้นที่เฉลี่ยด้วยวิธี Theissen ของสถานีเตือนภัยในลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	77
4.18 ระดับเตือนภัยน้ำท่วมของสถานีต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	83
4.19 ระดับเตือนภัยน้ำท่วมของสถานีต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	83

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	แผนผังแนวคิดระบบเตือนภัยน้ำท่วมประเทศออสเตรเลีย
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำในการพยากรณ์และระยะเวลาในการพยากรณ์ล่วงหน้า
2.3	ประเภทของน้ำท่า (Runoff)
2.4	ส่วนประกอบของกราฟน้ำท่าจากฝน
2.5	ความหมายของ Unit Hydrograph
2.6	ตัวอย่างของ Unit Hydrograph ระยะเวลา 2 ชั่วโมง
2.7	สมมุติฐานเกี่ยวกับ Base Time วิธีของ Unit Hydrograph
2.8	หลักการ Superposition ที่ใช้ในวิธี Unit Hydrograph
2.9	อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ q_p
2.10	กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยรูปสามเหลี่ยมของ SCS
2.11	ลักษณะข้อมูลแบบ Vector และ Raster
2.12	ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำ
2.13	โมดูล Xbee ของบริษัท Digi
2.14	โหนดวัดระดับน้ำด้วย Ultrasonic
2.15	โมดูลกล่องเชื่อมต่อแบบ Ethernet
3.1	แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน
4.1	ขอบเขตลุ่มน้ำต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดสงขลา
4.2	แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดสงขลา
4.3	สภาพพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.4	สภาพพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ
4.5	แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.6	แผนที่เส้นชั้นความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.7	แผนที่โครงสร้างและลักษณะธรณีวิทยาในลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.8	แผนที่ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.9	แผนที่พื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.10	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวีปี พ.ศ. 2555
4.11	แผนที่แสดงน้ำผิวดินในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี
4.12	แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ
4.13	แผนที่เส้นชั้นความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ
4.14	แผนที่โครงสร้างและลักษณะธรณีวิทยาในลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 แผนที่ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	49
4.16 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	50
4.17 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ปี พ.ศ. 2555	52
4.18 แผนที่แหล่งน้ำผิวดินในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	53
4.19 ตำแหน่งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ และลุ่มน้ำคลองนาทวี ของกรมทรัพยากรน้ำ	55
4.20 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	55
4.21 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	56
4.22 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	56
4.23 ระดับน้ำสูงสุดรายปีในคลองนาทวีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 - ปี พ.ศ. 2530	57
4.24 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปีในคลองนาทวีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 - ปี พ.ศ. 2530	57
4.25 ปริมาณน้ำรายปีในคลองรัตภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 - ปี พ.ศ. 2555	58
4.26 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานผูกประคูดู่ ตำบลท่าประคูดู่ อำเภอนาทวี	60
4.27 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานตลาดนาทวี ตำบลคลองทราย อำเภอนาทวี	61
4.28 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานคลองลึก ตำบลบ้านนา อำเภोजะนะ	62
4.29 หน้าตัดคลองรัตภูมิที่สะพานบ้านควนดินแดง ตำบลเขาพระ อำเภอรัตภูมิ	63
4.30 หน้าตัดคลองรัตภูมิที่สะพานฝ่ายชะมวง ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ	64
4.31 หน้าตัดคลองรัตภูมิที่สะพานวัดเขตกน้ำ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตภูมิ	65
4.32 แผนผังลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	67
4.33 แผนผังลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	68
4.34 จุดติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	68
4.35 จุดติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	69
4.36 การวัดอัตราการไหลของลำน้ำด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ	70
4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีบ้านปากกัน ต.ท่าประคูดู่ อ.นาทวี (NW41)	70
4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี (NW30)	71
4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ (NW10)	71

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีบ้านควนดินแดง (RP30)	72
4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีฝายชะมวง (RP20)	72
4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีวัดเขาคอน้ำ (RP10)	73
4.43 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยจากวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี	75
4.44 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยจากวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	75
4.45 สถานีเตือนภัยและการเฉลี่ยพื้นที่ด้วยวิธี Theissen ของลุ่มน้ำคลองนาทวี	77
4.46 สถานีเตือนภัยและการเฉลี่ยพื้นที่ด้วยวิธี Theissen ของลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	78
4.47 ตัวอย่างสถานีโทรมาตรพร้อมอุปกรณ์ประกอบ	79
4.48 สถานีโทรมาตรสะพานผูกประดู่ ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี	80
4.49 สถานีโทรมาตรสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี	80
4.50 สถานีโทรมาตรสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ	81
4.51 สถานีโทรมาตรสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ	81
4.52 สถานีโทรมาตรสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ	82
4.53 สถานีโทรมาตรบ้านบางศาลา (X.90) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา	82
4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	84
4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	84
4.56 การเฝ้าระวังและเตือนภัยของจังหวัดสงขลา	85
4.57 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลระดับน้ำในคลองนาทวีแบบเวลาจริงบนอินเทอร์เน็ต	87
4.58 การแสดงผลภาพถ่ายของสถานีโทรมาตรบนเว็บไซต์แบบเวลาจริงพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	87
4.59 การแสดงผลภาพถ่ายของสถานีโทรมาตรบนเว็บไซต์แบบเวลาจริงพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	88
4.60 ตารางข้อมูลระดับน้ำในคลองนาทวีทุกสถานีราย 15 นาที ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี	88
4.61 ตารางข้อมูลระดับน้ำในคลองรัตภูมิทุกสถานีราย 15 นาที ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	89
4.62 การเผยแพร่องค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน	90
4.63 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ เป็นประธานเปิดงาน	90
4.64 รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เณลิยานนท์ เป็นวิทยากร	91
4.65 ชาวบ้าน และตัวแทนชุมชนในพื้นที่เข้ารับฟังการถ่ายทอดความรู้ และเทคโนโลยี	91

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมา ได้สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในจังหวัดสงขลาเป็นจำนวนมาก ทำให้ในปี พ.ศ. 2554 ได้มีการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ขึ้น โดยได้รับความร่วมมือจากทุกหน่วยงาน เช่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก สำนักชลประทานที่ 16 โครงการชลประทานสงขลา สำนักงานทรัพยากรน้ำ ภาค 8 ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดสงขลา และเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งระบบเตือนภัยที่พัฒนาขึ้นนั้น ได้นำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงระหว่างวันที่ 29 ธ.ค. 2554 – 2 ม.ค. 2555 โดยสามารถเตือนภัยให้ประชาชนในพื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ทราบล่วงหน้าได้ประมาณ 9 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามระบบเตือนภัยดังกล่าวสามารถนำมาใช้สำหรับลุ่มน้ำย่อยคลองอุทะเกาได้เพียงลุ่มน้ำเดียวเท่านั้น ซึ่งจังหวัดสงขลา มีลุ่มน้ำทั้งหมด 5 ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ ลุ่มน้ำย่อยคลองอุทะเกา ลุ่มน้ำสาขาคลองเทพา ลุ่มน้ำสาขาคลองนาทวี และลุ่มน้ำในคาบสมุทรสตูล ซึ่งลุ่มน้ำเหล่านี้ยังไม่มีระบบเตือนภัยน้ำท่วม โดยเฉพาะลุ่มน้ำสาขาคลองนาทวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ ซึ่งได้รับผลกระทบจากอุทกภัยเช่นเดียวกับลุ่มน้ำคลองอุทะเกาอยู่บ่อยครั้งเช่นกัน ดังนั้น โครงการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดทำระบบเตือนภัยให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว โดยได้คัดเลือกลุ่มน้ำสาขาคลองนาทวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ เป็นพื้นที่นำร่อง และในอนาคตจะพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในทุกพื้นที่ลุ่มน้ำให้ครอบคลุมทั้งจังหวัดสงขลา เพื่อลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อเก็บข้อมูล และหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับเวลา โดยการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ (Sensor) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองนาทวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ

1.2.2 พัฒนาระบบเตือนภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองนาทวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ เพื่อให้ชุมชนนำไปใช้

1.2.3 เพื่อสร้างระบบเผยแพร่ข้อมูลน้ำท่า และภาพเตือนภัยบนอินเทอร์เน็ตแบบเวลาจริง (Real Time)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยการพัฒนาระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำจังหวัดสงขลา ได้คัดเลือกลุ่มน้ำสาขาลองนาหวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิเป็นพื้นที่ศึกษาเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลของลำน้ำในพื้นที่ศึกษาที่สามารถนำไปพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมได้

1.4.2 มีระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่อง และทำการอบรม เผยแพร่ให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษานำร่องได้

1.4.3 มี Website สำหรับแสดงข้อมูลระดับน้ำและระบบเตือนภัยน้ำท่วมแบบเวลาจริง

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการพัฒนาระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา มีแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการประกอบด้วย ระบบเตือนภัยน้ำท่วม ทฤษฎีน้ำท่าและกราฟน้ำท่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และทฤษฎีพื้นฐานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานีโทรมาตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ระบบเตือนภัยน้ำท่วม

2.1.1 การแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า

การแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมเป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำ หรือ แจ้งสถานการณ์ที่จำเป็นต่อการรับรู้เกี่ยวกับภัยจากน้ำท่วมแก่ผู้ที่ได้รับผลกระทบ หรือคาดว่าจะได้รับผลกระทบ เพื่อให้เตรียมพร้อมรับสถานการณ์ และสามารถอพยพ เคลื่อนย้ายไปสู่ที่ปลอดภัยได้ทันเวลา โดยรูปแบบของการแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การแจ้งเพื่อเตรียมความพร้อม และการแจ้งเตือนเพื่อหนีภัย (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2553)

- การแจ้งเตือนเพื่อเตรียมพร้อม เป็นการแจ้งเตือนเพื่อให้ประชาชนในหมู่บ้านหรือพื้นที่เสี่ยงภัยเตรียมความพร้อมสำหรับการเผชิญกับสถานการณ์ เช่น การแจ้งเตือนให้ประชาชนฟังประกาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาหรือหน่วยงานราชการอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการเตรียมความพร้อมในด้านอื่นๆ เช่น การเตรียมความพร้อมสำหรับการอพยพ ซึ่งควรจัดทำแผนอพยพประชาชนและมีการฝึกซ้อมแผนอยู่เสมอ

- การแจ้งเตือนเพื่อหนีภัย เป็นการบอกให้รู้ว่าภัยกำลังจะเกิดขึ้นในเวลาอันใกล้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง เช่น ปริมาณน้ำฝนจากกระบอกวัดน้ำฝนมีจำนวนมากอยู่ในชั้นอันตราย มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหรือสีของแม่น้ำในลำธารเหนือหมู่บ้านขึ้นไป

2.1.2 ระบบเตือนภัยน้ำท่วม

Australian Government (2009) ประเทศออสเตรเลียได้กล่าวถึงระบบเตือนภัยน้ำท่วมว่า เป้าหมายของระบบเตือนภัยน้ำท่วมคือ การช่วยให้หน่วยงานด้านการจัดการน้ำท่วมและประชาชนในชุมชนที่มีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำท่วมได้เข้าใจธรรมชาติและพฤติกรรมของการเกิดน้ำท่วม เพื่อให้สามารถดำเนินการเพื่อป้องกันและบรรเทาผลกระทบที่เกิดจากน้ำท่วมได้

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้จึงต้องมีการจัดทำระบบเตือนภัยน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพ โดยระบบเตือนภัยน้ำท่วมถูกพัฒนาขึ้นจากองค์ประกอบหลายด้าน แล้วนำมาบูรณาการร่วมกันเพื่อทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับองค์ประกอบของระบบการเตือนภัยน้ำท่วมประกอบด้วย

- การติดตามการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและการไหลในแม่น้ำที่อาจนำไปสู่การเกิดน้ำท่วม
- การพยากรณ์ความรุนแรงของน้ำท่วมและเวลาที่จะเกิดการท่วม
- การแปลความหมายของการพยากรณ์เพื่อตรวจสอบผลกระทบของน้ำท่วมที่มีต่อชุมชน
- การสร้างข้อความเตือนภัยเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น และกำลังจะเกิด บอกถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นและสิ่งที่ต้องทำ
- การเผยแพร่ข้อความเตือนภัย
- การตอบสนองต่อคำเตือนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสมาชิกในชุมชน
- ทบทวนระบบเตือนภัยหลังจากเหตุการณ์น้ำท่วม

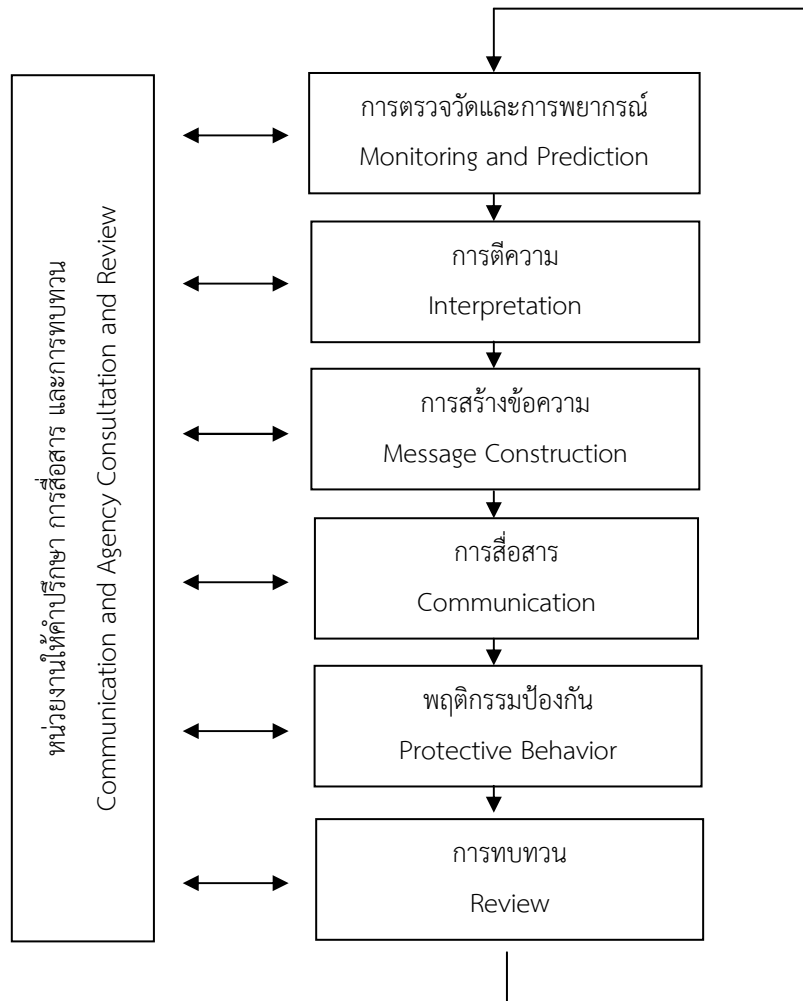
ในประเทศออสเตรเลียแนวคิดของ “ระบบการเตือนภัยน้ำท่วมออสเตรเลีย” (Total Flood Warning System) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายองค์ประกอบรวมที่จะต้องพัฒนาเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพ แนวคิดนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการเตือนภัยน้ำท่วมนั้นมีการทำงานหลายด้านรวมกัน ต้องมีความร่วมมือกันของทุกภาคส่วน นั่นคือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องร่วมกันพัฒนาและทำงานเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนของการพัฒนาและระบบปฏิบัติการ นอกจากนี้สิ่งสำคัญคือการออกแบบและการวางแผนของระบบ การตรวจสอบศักยภาพในการทำงานของระบบจากชุมชน

2.1.3 การพยากรณ์น้ำท่วม

การพยากรณ์น้ำท่วมเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการเตือนภัยน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพ ขั้นตอนแรกเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม คือการติดตามการตรวจวัดซึ่งจำเป็นในการคาดการณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเพื่อประเมินโอกาสของการเกิดน้ำท่วม ถ้าคาดว่าจะเกิดน้ำท่วม ให้การพยากรณ์พฤติกรรมของน้ำในแม่น้ำในช่วงน้ำท่วม นั่นคือความสูงของระดับน้ำที่สัมพันธ์กับเวลาที่สถานีวัดต่างๆ เพื่อทำความเข้าใจถึงความรุนแรงของน้ำท่วมที่กำลังจะมาถึง จากนั้นจึงดำเนินการเพื่อการบรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วม (Australian Government, 2009)

2.1.3.1 การพยากรณ์น้ำท่วมล่วงหน้ากับความแม่นยำในการพยากรณ์

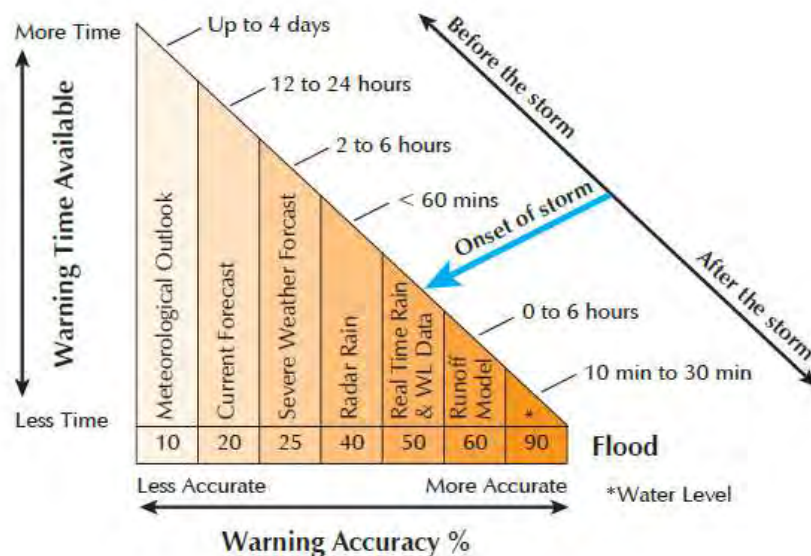
ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจำเป็นต้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้องว่าเป็นไปได้สูงที่จะเกิดน้ำท่วมและมีเวลามากพอที่จะเตรียมรับมือกับน้ำท่วมเพื่อป้องกันการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน แต่เวลาสำหรับการเตือนภัยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในแม่น้ำอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 2.1 แผนผังแนวคิดระบบเตือนภัยน้ำท่วมประเทศออสเตรเลีย (Australian Government, 2009)

โดยปกติแล้วเราสามารถทำการพยากรณ์น้ำท่วมซึ่งให้ความแม่นยำสูงในกรณีที่มีข้อมูลมากพอสำหรับการพยากรณ์ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่กำลังจะตก เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการเตือนภัยล่วงหน้าเพื่อให้ประชาชนมีเวลาในการเตรียมตัวรับมือกับน้ำท่วมแต่ ณ ขณะนั้นไม่มีข้อมูลที่มากพอ อาจต้องยอมรับในคำพยากรณ์ที่มีความแม่นยำน้อยลง เพราะเมื่อต้องการความถูกต้องของการพยากรณ์สูง เวลาในการ

เตือนภัยก็จะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยเฉพาะกรณีน้ำท่วมแบบฉับพลันซึ่งมีเวลาในการเตือนภัยน้อย และหลีกเลี่ยงได้ยาก



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำในการพยากรณ์และระยะเวลาในการพยากรณ์ล่วงหน้า (Wright, 2001)

2.1.3.2 องค์ประกอบของการพยากรณ์น้ำท่วม

Australian Government, 2009 กล่าวว่า องค์ประกอบของการพยากรณ์น้ำท่วม ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบคือ

- ระดับน้ำท่วมและเวลา (Flood height and time) โดยปกติแล้วสิ่งที่เราต้องการรู้ในช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม คือการคาดการณ์ระดับน้ำ ณ จุดสำคัญของแม่น้ำ ที่เวลาใดๆ โดยการพยากรณ์อาจอยู่ในรูปของ ระยะน้ำท่วม (ช่วงที่ระดับเริ่มสูงขึ้นไปจุดสูงสุด) ระดับน้ำท่วมสูงสุด ระดับที่สำคัญ (เช่นจุดต่ำสุดบนยอดของเขื่อน) ที่จะถึงหรือล้นตลิ่ง

- ระยะเวลาในการเตือนภัย (Warning lead time) ระยะเวลาในการเตือนภัยเป็นเวลา ระหว่างการออกข้อความเตือนภัยที่มีการพยากรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากมีระยะเวลาในการเตือนภัยมากกว่าย่อมดีกว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์น้ำท่วมจะถูกกำหนดโดยความถูกต้องในการพยากรณ์และระยะเวลาในการเตือนภัย

- ความถี่ในการพยากรณ์ (Prediction frequency) ความถี่ที่เหมาะสมในการพยากรณ์นั้นแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งบางพื้นที่แม่น้ำเป็นแม่น้ำสายยาวและเป็นที่ราบที่มีความลาดชันต่ำ น้ำจึงเดินทางช้ากว่าในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ดังนั้นในการพิจารณาความถี่ในการพยากรณ์ต้องพิจารณาแยกพื้นที่ตามลักษณะของพื้นที่นั้นๆ

- ความต้องการของผู้ใช้ (User requirements) ความต้องการของผู้ใช้สำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมพิจารณาจากผลกระทบจากน้ำท่วมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และประเภทของการป้องกันที่เหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ของแต่ละพื้นที่

- ความรับผิดชอบของหน่วยงานที่สำคัญและความต้องการ (Key Agency Responsibilities and Requirements) หน่วยงานสำคัญที่รับผิดชอบในการตอบสนองต่อเหตุการณ์น้ำท่วมหรือการพัฒนาแผนการฉุกเฉินสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วม ควรทำหน้าที่หลักในการรับผิดชอบต่อความต้องการของผู้ใช้สำหรับการคาดการณ์น้ำท่วมในการปรึกษาหารืออย่างใกล้ชิดกับหน่วยงานอื่น ๆ และชุมชน (เช่น ในการประชุมกลุ่มย่อยกับคนที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมและจัดขึ้นเป็นระยะ ๆ รวมถึงหลังจากน้ำท่วม) และการสื่อสารความต้องการเหล่านี้ไปยังหน่วยงานคาดการณ์

2.2 น้ำท่า และกราฟน้ำท่า

2.2.1 น้ำท่า (Runoff)

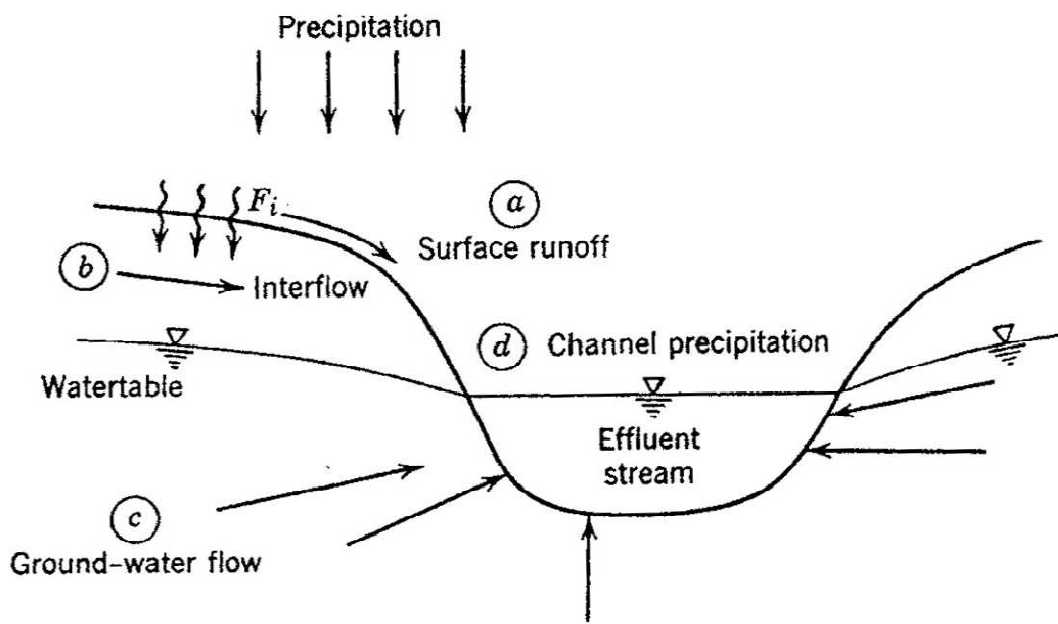
น้ำท่า (Runoff) หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลผ่านไปรวมกันกับทางน้ำที่อยู่ใกล้เคียงในพื้นที่ที่ฝนตกซึ่งสามารถแยกประเภทของน้ำท่าได้เป็น 4 ประเภท (รูปที่ 2.3) ดังนี้

- Surface runoff (Overland flow) หมายถึง น้ำฝนที่ไหลหลากไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำโดยตรง โดยไม่ได้ไหลซึมผ่านชั้นผิวดินลงไป

- Interflow (Secondary base flow) หมายถึง น้ำฝนที่ซึมผ่านผิวดินลงไป แต่ก่อนที่จะถึงระดับน้ำบาดาลมีชั้นของดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ด้านล่าง จึงไหลซึมในแนวระนาบแล้วไหลออกสู่ลำน้ำ

- Groundwater runoff (Base flow) หมายถึง น้ำฝนที่ซึมผ่านผิวดินลงไปสู่แหล่งกักเก็บน้ำบาดาล จากนั้นเคลื่อนที่ลงสู่ลำน้ำ

- Direct precipitation (Channel precipitation) หมายถึง ฝนที่ตกลงสู่ลำน้ำโดยตรง ซึ่งจะมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำท่าประเภทอื่นที่กล่าวมา

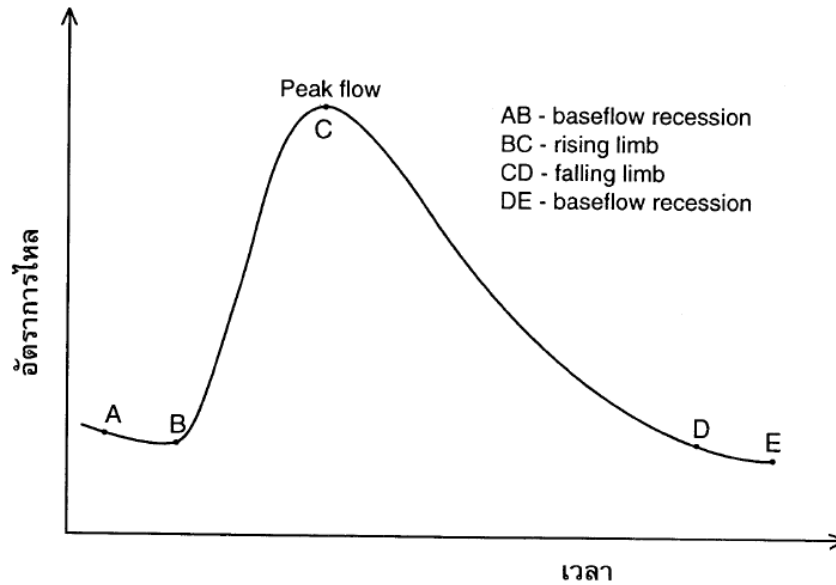


รูปที่ 2.3 ประเภทของน้ำท่า (Runoff) (Davis and De Weist, 1967)

การวัดปริมาณของน้ำท่าทำได้โดยการวัดปริมาณของน้ำผิวดินที่ไหลในลำน้ำที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งที่มีความเหมาะสมและทราบพื้นที่หน้าตัดของท้องน้ำ โดยทำการวัดระดับน้ำในแม่น้ำหรือทำการวัดความเร็วของการไหลของน้ำ แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน ณ ตำแหน่งที่วัด นำปริมาณน้ำที่คำนวณได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับเวลา เรียกว่า ไฮโดรกราฟ (Hydrograph)

2.2.2 กราฟน้ำท่า (Hydrograph)

กราฟน้ำท่า คือกราฟที่แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าผ่านจุดใดจุดหนึ่งของลำน้ำที่เวลาต่างๆ โดยปกติจะเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลในแก่ง และเวลาในแก่งนอนซึ่งทำให้ได้พื้นที่ภายใต้เส้นกราฟเป็นปริมาณน้ำท่าทั้งหมด โดยทั่วไปสามารถแบ่งกราฟน้ำท่าออกเป็น 2 ประเภทคือ กราฟน้ำท่าตลอดปี (Annual Hydrograph) ที่แสดงอัตราการไหลของน้ำทั้งปี ซึ่งถือว่าเป็นผลรวมเฉลี่ยของกระบวนการทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำในระยะยาว และกราฟน้ำท่าจากฝน (Storm Hydrograph) ซึ่งแสดงกราฟน้ำท่าระยะสั้นที่เกิดจากฝน ทำให้เกิดเป็นการไหลในลำน้ำที่เพิ่มขึ้นสูงสุด (Peak Flow) เป็นช่วงๆ ตามขนาดของฝนดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ประกอบ, 2539)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของกราฟน้ำท่าจากฝน (ประกอบ, 2539)

2.2.3 ลักษณะของกราฟน้ำท่า

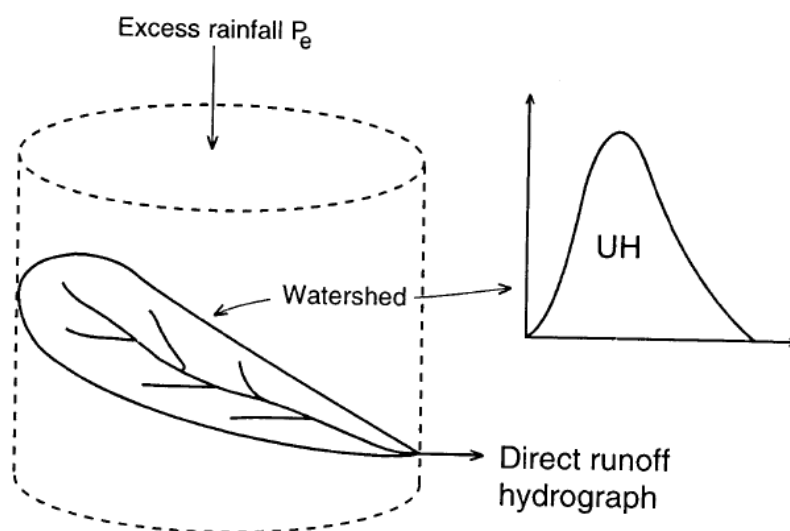
กราฟที่เกิดจากฝนลูกหนึ่ง มีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นน้ำหลากตามผิวดิน (Direct Runoff) ซึ่งเกิดจากฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall) และส่วนที่เป็นการไหลเสริมจากน้ำใต้ดิน (Baseflow) นอกจากนี้กราฟน้ำท่าในส่วนที่เป็นน้ำหลากตามผิวดินยังประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ ช่วงก่อนฝนตกซึ่งเป็น Baseflow ที่ค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย (Baseflow Recession) ส่วนที่การไหลเพิ่มขึ้น (Rising Limb) เนื่องจากน้ำหลากบนผิวดินที่ไหลรวมตัวสู่ลำน้ำลดลงและจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่น้ำหยุด ไหลหลากลงสู่ลำน้ำซึ่งหลังจากนั้นก็เข้าสู่ส่วนที่เป็น Baseflow Recession เหมือนช่วงก่อนฝนตก (ประกอบ, 2539)

2.2.4 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)

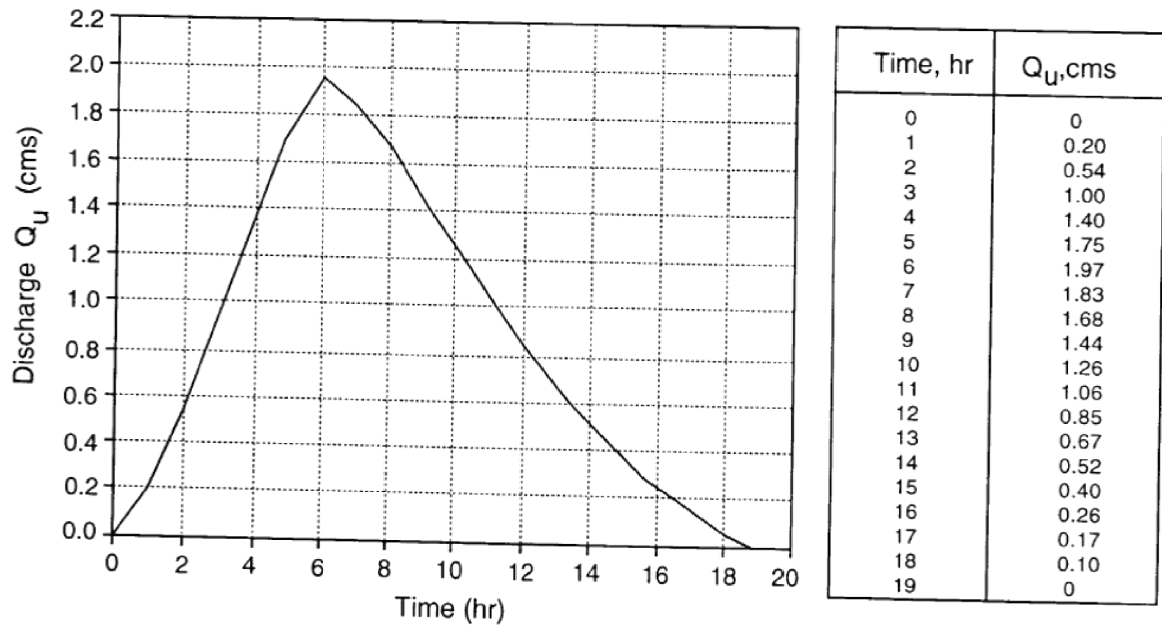
ในปี 1932 Sherman ได้เสนอวิธีการหากราฟของการไหลหลากบนผิวดินออกจากพื้นที่รับน้ำ (Direct Runoff Hydrograph) ที่เกิดจากฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall หรือ Effective Rainfall) หนึ่งหน่วยซึ่งอาจจะเป็น 1 เซนติเมตร หรือ 1 นิ้ว ที่ตกอย่างสม่ำเสมอลงบนพื้นที่รับน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้น วิธีการของ Sherman ก็เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและเรียกกันโดยทั่วไปว่า Unit Hydrograph

Unit Hydrograph เป็นเสมือนคุณสมบัติรวมทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำในการสนองตอบต่อฝนที่ตกลงบนพื้นที่รับน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยการเปลี่ยนปริมาณฝนส่วนที่เหลือจากการสูญหายให้กลายเป็นการไหลหลากตามผิวดินออกจากพื้นที่รับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ระยะเวลาของ Unit Hydrograph ซึ่งก็คือ ระยะเวลาของฝนส่วนเกินอาจจะเป็นนาที ชั่วโมง หรือวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่รับน้ำ กราฟที่เกิดจากฝนหนึ่งหน่วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำดังกล่าวนี้ สามารถนำเสนอให้อยู่ในรูปกราฟหรือตารางค่าอัตราการไหลของ Unit Hydrograph ที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 หลักการและสมมุติฐานที่ใช้ในวิธีการ Unit Hydrograph มีดังนี้ (ประกอบ, 2539)

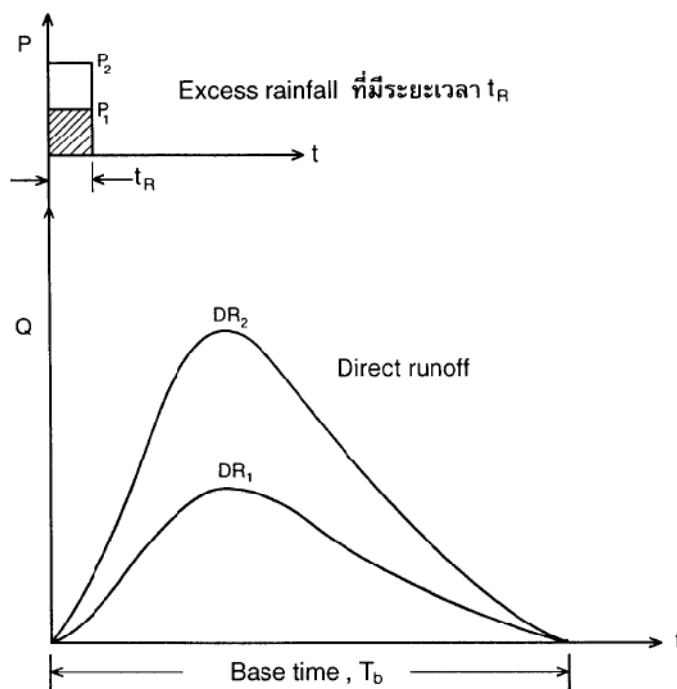
- 1) ฝนส่วนเกินมีอัตราการตกคงที่ และตกสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่รับน้ำ
- 2) Base time หรือช่วงเวลาของการเกิด direct runoff ที่เกิดจากฝนส่วนเกินระยะเวลาหนึ่งจะมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่า direct runoff จะมีปริมาณแตกต่างกันตามสัดส่วนของอัตราการตกของฝนส่วนเกิน (รูปที่ 2.7)
- 3) ลักษณะของ Hydrograph ที่เกิดจากฝนส่วนเกินระยะเวลาต่างๆ สะท้อนให้เห็นถึงคุณสมบัติของพื้นที่รับน้ำในส่วนที่ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะสั้น
- 4) Hydrograph รวมที่เกิดจากฝนส่วนเกินที่มีระยะเวลาเท่ากันหลายลูก หาได้จากผลรวมของ Hydrograph ย่อยที่เกิดจากฝนแต่ละลูก ดังแสดงในรูปที่ 2.8



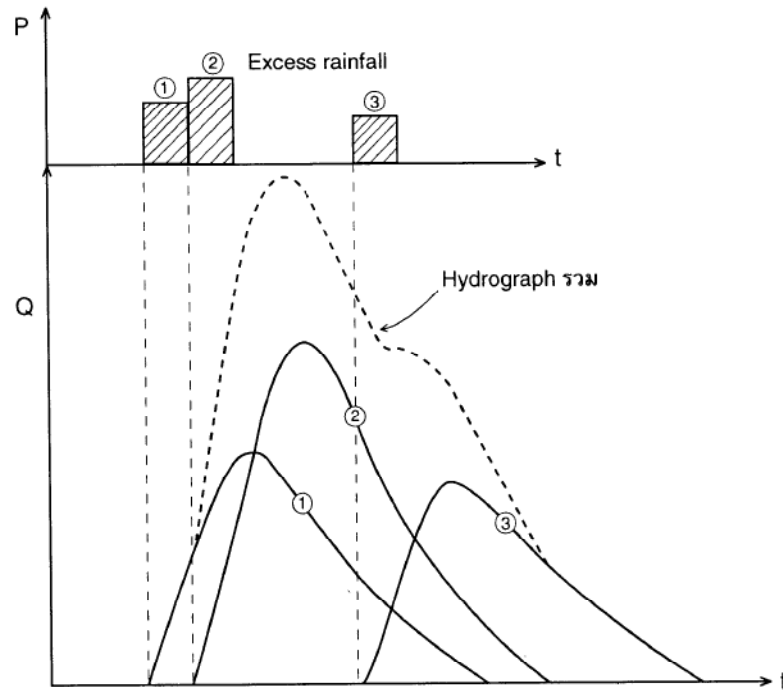
รูปที่ 2.5 ความหมายของ Unit Hydrograph (ประกอบ, 2539)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างของ Unit Hydrograph ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (ประกอบ, 2539)



รูปที่ 2.7 สมมุติฐานเกี่ยวกับ Base Time วิธีของ Unit Hydrograph (ประกอบ, 2539)



รูปที่ 2.8 หลักการ Superposition ที่ใช้ในวิธี Unit Hydrograph (ประกอบ, 2539)

2.2.5 การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย

การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย คือ การสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยในกรณีที่ไม่มีการวัดข้อมูลอัตราการไหลในบริเวณที่จะหากราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย ซึ่งสามารถหาได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 วิธีที่นิยมใช้ คือ วิธีของ Snyder และวิธีของ U.S. Soil Conservation Service, (SCS method)

2.2.5.1 การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของสไนเดอร์

Snyder ในปี ค.ศ.1938 ได้ศึกษาลุ่มน้ำหลายแห่งในที่ราบสูงแอปพาเลเชียน (Appalachian) ซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกของสหรัฐอเมริกา โดยข้อมูลที่ศึกษานี้มีขนาดลุ่มน้ำอยู่ในช่วง 10 ถึง 10,000 ตารางไมล์ หรือ 30 ถึง 30,000 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่าสำหรับลุ่มน้ำใดๆ จะมีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยมาตรฐาน (Standard unit hydrograph)

กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยมาตรฐานหมายถึง กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่เวลาฝนตก t_r สัมพันธ์กับเวลาในการเกิดอัตราการไหลสูงสุดนับจากกึ่งกลางของช่วงเวลาฝนตก (basin lag) t_p ดังสมการที่ 2.1

$$t_p = 5.5t_r \quad (2.1)$$

สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยมาตรฐานนี้สไนเดอร์ยังได้พบว่า

$$t_p = C_1 C_t (L \times L_c)^{0.3} \quad (2.2)$$

เมื่อ	t_p	คือ	เวลาในการเกิดอัตราไหลสูงสุดนับจากกึ่งกลางช่วงเวลาฝนตก (hr)
	C_1	คือ	ค่าคงที่เท่ากับ 0.75 สำหรับระบบเมตริก และ 1.0 สำหรับระบบอังกฤษ
	C_t	คือ	สัมประสิทธิ์ของพื้นที่หาได้จากข้อมูลลุ่มน้ำที่มีการวัดสภาพทางอุทกวิทยาที่มีลักษณะคล้ายกัน
	L	คือ	ความยาวของลำน้ำหลัก วัดจากจุดออก (outlet) หรือ จุดที่ต้องการหากราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของลุ่มน้ำจนถึงสันปันน้ำทางด้านเหนือ (km หรือ miles)
	L_c	คือ	ความยาวลำน้ำ วัดจากจุดออกถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วง (centroid) ของลุ่มน้ำ (km หรือ miles)

อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ q_p สามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} \quad (2.3)$$

เมื่อ	q_p	คือ	อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ (cms/km ² หรือ cfs/mi ²)
	C_2	คือ	ค่าคงที่เท่ากับ 2.75 สำหรับหน่วยเมตริก และ 640 สำหรับหน่วยอังกฤษ
	C_p	คือ	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับการอัตราการไหลของลุ่มน้ำ หาได้จากข้อมูลลุ่มน้ำ

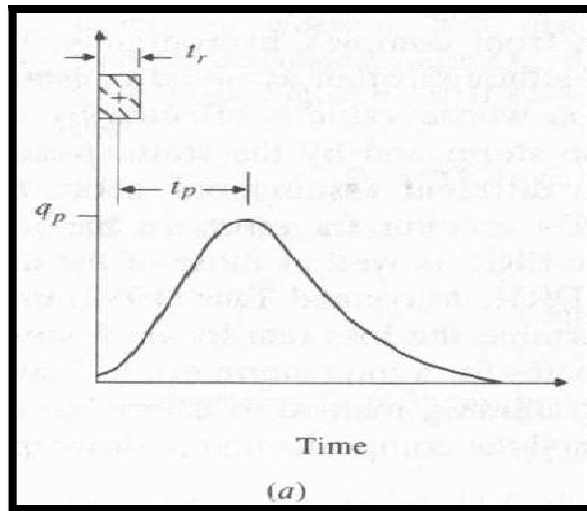
เมื่อกำหนดให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาด A จะสามารถหาอัตราการไหลสูงสุดได้จากสมการที่ 2.4

$$Q_p = q_p A \quad (2.4)$$

แทนค่า q_p จากสมการที่ (2.3) ในสมการที่ (2.4) ได้

$$Q_p = \frac{C_2 C_p A}{t_p} \quad (2.5)$$

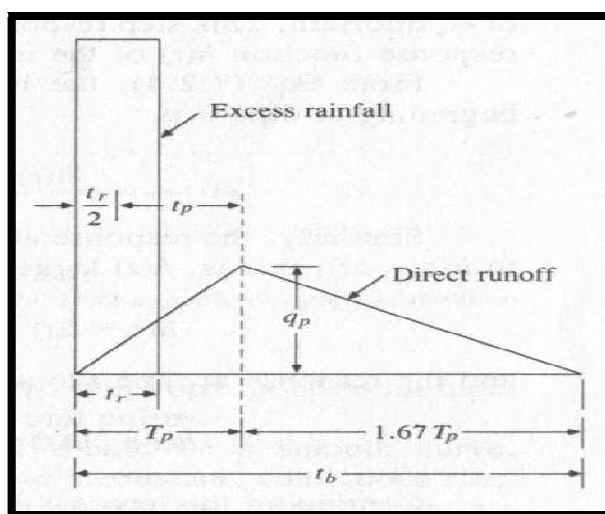
เมื่อ A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (km^2 หรือ mi^2)
 C_r และ C_p สามารถตรวจสอบเทียบได้จาก Hydrograph ที่เซตได้ในสนาม



รูปที่ 2.9 อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ q_p

2.2.5.2 การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธี SCS

หน่วยงานอนุรักษ์ดินของสหรัฐอเมริกา (U.S. Soil Conservation Service, SCS) ได้ศึกษาวิธีการหากราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของลุ่มน้ำขนาดเล็กกว่า 100 mi^2 หรือ 259 km^2 โดยจะถือว่าลักษณะของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย มีรูปภาพสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยรูปสามเหลี่ยมของ SCS

จะเห็นว่าเมื่อมีฝนส่วนเกิน (rainfall excess) ตกลงมาในช่วงเวลา t_r จะเริ่มเกิดน้ำท่าโดยตรง (direct runoff) มากขึ้น จนถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด q_p ในช่วงเวลา T_p จากนั้น อัตราการไหลก็จะลดลงจนสู่สภาพปกติ หรือสภาพที่ไม่มีน้ำท่าผิวดิน ซึ่งจะใช้เวลา 2.67 เท่าของ T_p สำหรับช่วงเวลา T_p และอัตราการไหลสูงสุด q_p สามารถหาได้โดยเริ่มจากการหาเวลา t_p

$$t_p = 0.6T_c \quad (2.6)$$

เมื่อ	t_p	คือ	เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยนับจากกึ่งกลางของฝนส่วนเกิน (Basin lag)
	T_c	คือ	ช่วงเวลาที่ฝนตก (Time of concentration)

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (2.7)$$

เมื่อ	T_p	คือ	เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยนับจากเริ่มมีฝนส่วนเกิน (Time of rise)
	t_r	คือ	ช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกินหรือช่วงเวลาฝนตกประสิทธิผล (Duration of effective rainfall)

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (2.8)$$

เมื่อ	q_p	คือ	อัตราการไหลสูงสุด(cms หรือ cfs)
	C	คือ	ค่าคงที่เท่ากับ 2.08 สำหรับระบบเมตริก และ 483.4 สำหรับระบบอังกฤษ
	A	คือ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (km^2 หรือ mi^2)

เมื่อทราบอัตราการไหลสูงสุด q_p และเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด T_p สามารถคำนวณหากราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของลุ่มน้ำได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของอัตราการไหลที่เวลา t ใดๆ ต่ออัตราการไหลสูงสุด (q/q_p) และอัตราส่วนของเวลา t ใดๆ ต่อเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (t/T_p) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง t/T_p และ q/q_p ตามวิธีของ SCS

t/T_p	q/q_p	t/T_p	q/q_p
0.000	0.000	1.400	0.750
0.100	0.015	1.500	0.660
0.200	0.075	1.600	0.560
0.300	0.160	1.800	0.420
0.400	0.280	2.000	0.320
0.500	0.430	2.200	0.240
0.600	0.600	2.400	0.180
0.700	0.770	2.600	0.130
0.800	0.890	2.800	0.098
0.900	0.970	3.000	0.075
1.000	1.000	3.500	0.036
1.100	0.980	4.000	0.018
1.200	0.920	4.500	0.009
1.300	0.840	5.000	0.004

2.3 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

บรรพต (2548) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือระบบ GIS (Geographic Information Systems) เป็นข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งข้อมูลจะเป็นคุณลักษณะต่างๆ ที่ถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน หรือกล่าวว่าเป็นกระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และการออกแบบ (Personnel Design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถแสดงผลของข้อมูลให้อ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ได้

2.3.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ประกอบด้วยส่วนหลัก 4 ประการ คือ

1) Data input เป็นการนำเข้าข้อมูลต่างๆ เช่นข้อมูลแผนที่ ข้อมูลจากภาคสนาม และข้อมูลจากเครื่องบันทึก เป็นต้น

2) Geographic Database เป็นฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูล โดยลักษณะของข้อมูลที่จัดเก็บสามารถแบ่งได้เป็น ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปเชิงพื้นที่ (Non-spatial Data)

3) Transformation หรือ Data Analysis การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ซ้อนทับกันตามเงื่อนไข โดยมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปเชิงพื้นที่ด้วย

4) Data Display เป็นการแสดงผลข้อมูลซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขหรือข้อมูลภาพ

2.3.2 ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูล (Data) คือ ค่าจากการสังเกต ค่าจากการจดบันทึกคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุ แล้วนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบ ข้อมูลที่แปลความหมายแล้วเรียกว่า Information หรือสารสนเทศ เช่น การหาค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน เป็นต้น โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo Referenced) ทางภาคพื้นดิน ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบคือ

1.1) จุด (Point) เป็นลักษณะของตำแหน่ง ซึ่งอธิบายถึงตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล

1.2) เส้น (Line) เป็นลักษณะของข้อมูลแบบจุดที่วางเรียงต่อเนื่องกันเป็นข้อมูลเส้น โดยรูปร่างของเส้นอธิบายถึงลักษณะต่างๆ ของข้อมูลด้วยความกว้าง ความยาว เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น

1.3) พื้นที่ หรือ รูปหลายเหลี่ยม (Polygons) เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่ที่เกิดจากข้อมูลแบบเวียนต่อเนื่องกันเป็นรอบปิด เช่น ขอบเขตของพื้นที่ป่าไม้ ขอบเขตของจังหวัด เป็นต้น

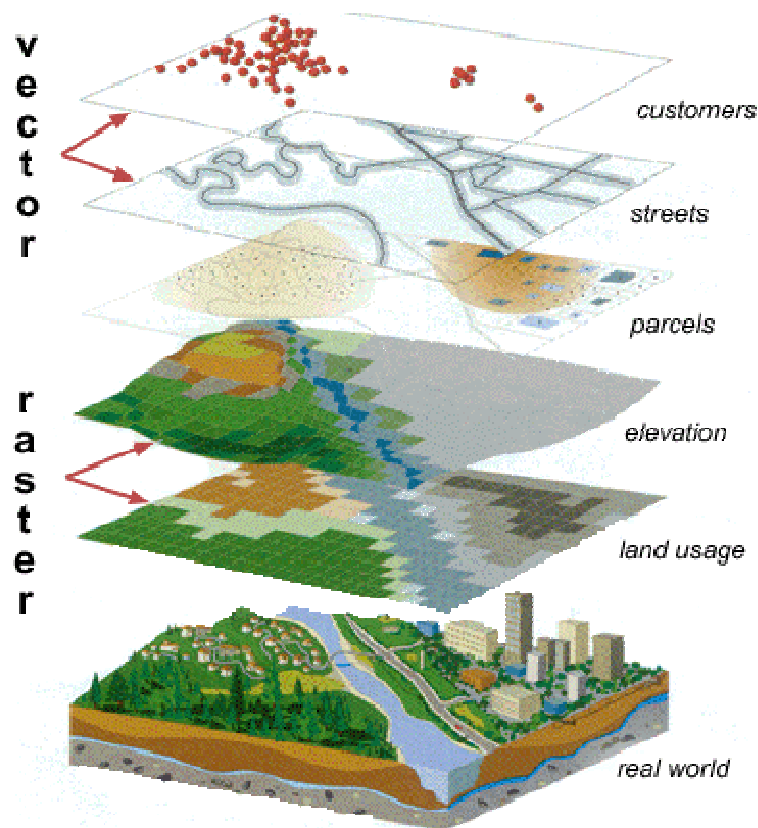
2) ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ หรือ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ (Attributes) ต่างๆ ในข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ

การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ คือการนำกลุ่มสัญลักษณ์แทนสิ่งต่างๆ บนพื้นที่จริงในแผนที่ดิจิทัล ซึ่งจะต้องประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ โดยที่ข้อมูลเชิงพื้นที่จะแทนสัญลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ต่างๆ ส่วนข้อมูลเชิงคุณลักษณะเป็นรายละเอียดคุณสมบัติข้อมูลเชิงพื้นที่ ทัวไปแล้วข้อมูลเชิงเรามี 2 ประเภท (รูปที่ 2.11) คือ

2.1) Vector Representation เป็นลักษณะของจุด เส้น และพื้นที่ เพื่อแทนพิกัดตำแหน่งต่างๆ ทางภูมิศาสตร์ โดยการแยกความแตกต่างของข้อมูลออกจากกันได้ด้วยชื่อหรือรหัสหมายเลขของข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

2.2) Raster or Grid Representation จะมีลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นตาราง (Grid Cell) ที่มีขนาดเท่ากันเรียงกันอย่างเป็นระบบจากซ้ายไปขวา จากบนลงล่าง โดยแต่ละหน่วยของตารางเรียกว่าพิกเซล (Pixel) ซึ่งแต่ละพิกเซลจะแทนด้วยข้อมูลคุณลักษณะ 1 ค่าเท่านั้น

ลักษณะของข้อมูลเชิงคุณลักษณะและข้อมูลเชิงพื้นที่ จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปได้ทั้งในแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น แผนที่ภูมิประเทศ ที่แสดงเส้นชั้นความสูงที่มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง และจำนวนประชากรที่อยู่อาศัยในแต่ละเส้นระดับความสูง จะมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.11 ลักษณะข้อมูลแบบ Vector และ Raster

2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานีโทรมาตร

ทฤษฎีพื้นฐานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานีโทรมาตร ประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ 3 ระบบ คือ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อผลิตระบบไฟฟ้ามาหล่อเลี้ยงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น กล้อง CCTV และเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำ ใช้สำหรับ

รับส่งข้อมูลจากสถานีโทรมาตรไปเก็บไว้ที่ Server และระบบเก็บและแสดงผลข้อมูล เพื่อแสดงผลข้อมูลระดับน้ำแบบ Real Time ซึ่งรายละเอียดของระบบย่อยต่างๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

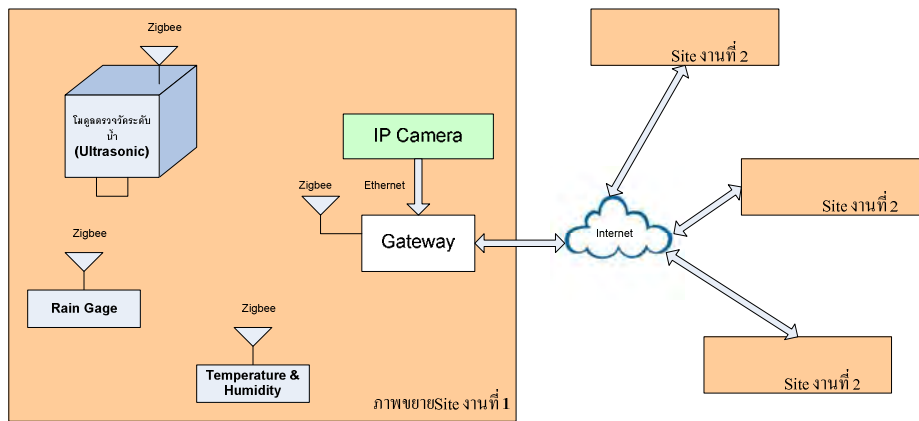
2.4.1 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell)

พลังงานที่ใช้จ่ายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในระบบจะใช้จากแบตเตอรี่ชนิดแรงดันไฟฟ้า 12 V ความจุที่ 20 Ah ให้มีระบบการชาร์จเต็มไฟให้กับแบตเตอรี่จากแผงโซลาร์เซลล์ ที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 80 วัตต์ โดยมีตัวควบคุมการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งระบบโซลาร์เซลล์นี้จะถูกติดตั้งไว้เหนือสถานีวัดดังภาพประกอบที่ 2 แผงโซลาร์เซลล์จะทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วแปลงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นให้กลายเป็นไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้าที่ได้จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดดและขนาดกำลังของแผงโซลาร์เซลล์ โดยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะให้ไฟฟ้าออกมาเป็น DC โดยสามารถทำไปใช้งานได้โดยตรงกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำและสถานีอากาศเทคโนโลยีของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่คาดว่าจะใช้งานคือแผงแบบฟิล์มบาง (Thin Film)

2.4.2 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำ

ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Feng and Leonidas, 2004) เป็นเทคโนโลยีที่ประกอบด้วย 4 ศาสตร์ที่สำคัญได้แก่ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless networks) เซนเซอร์ (Sensor) และแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Source) โดยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายจะประกอบด้วยอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เรียกว่าโหนด (Node) จำนวนมากกระจายตัวในพื้นที่ที่ต้องการใช้งาน โหนดแต่ละตัวจะสามารถเชื่อมต่อสื่อสารกันเป็นเครือข่ายแบบไร้สายบนคลื่นความถี่วิทยุเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ที่ความถี่ 2.4 GHz เพื่อใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันโดยไม่จำเป็นต้องใช้โครงข่ายสื่อสารเหมือนอย่างโทรศัพท์มือถือ โหนดสามารถรับและส่งต่อข้อมูลในรูปแบบที่เรียกว่า ad hoc ทำให้สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน โหนดจะมีประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำ ภาครับส่งคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz และพอร์ตเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ที่ต้องการใช้งาน โหนดจะมีความสามารถเหมือนอุปกรณ์เครือข่ายทั่วไปคือโปรโทคอลค้นหาเส้นทาง การรับข้อมูลผ่านชั้น Physical เป็นต้น

ในการออกแบบและพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำของศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประกอบด้วย โหนดตรวจวัดระดับน้ำ โหนดวัดปริมาณน้ำฝน โหนดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ โมดูลจับภาพ และ Gateway โดยทั้งหมดทำงานจากแบตเตอรี่และมี Solar Cell ในการชาร์จไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.12 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำ

2.4.3 โหนดตรวจวัดระดับน้ำ

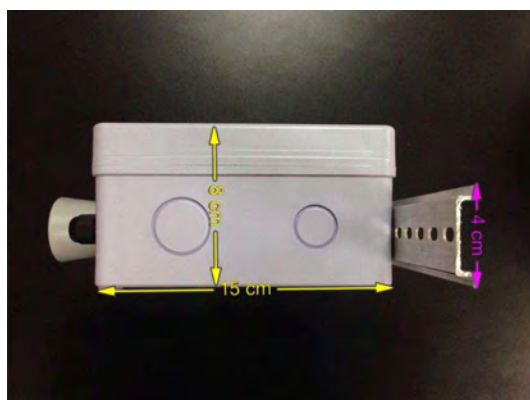
ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับของน้ำในลำน้ำด้วยเซนเซอร์ Ultrasonic ซึ่งโหนดตรวจวัดระดับน้ำนี้สามารถขยาย (Scalable) พื้นที่ของตรวจวัดระดับน้ำไปตามลุ่มน้ำต่างๆได้โดยการเพิ่มจำนวนโหนดเข้าไปในระบบภายในรัศมี 800 เมตร – 1.2 กิโลเมตร โหนดจะทำการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แบบอัตโนมัติ ส่งต่อข้อมูลในลักษณะของ Multi-hop เป็นทอดๆกลับไปยัง Gateway ที่เป็นจุดเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายนอก โหนดตรวจวัดระดับน้ำประกอบด้วยโหนด Platform Xbee (Robert, 2010) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 เนื่องจาก Xbee ใช้งานง่าย ราคาถูก ใช้พลังงานต่ำและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะของงานที่ใช้ โดย Xbee จะทำการสื่อสารบนคลื่นความถี่ย่าน 2.4 GHz ด้วยอัตราการส่งที่ 250 Kbps บนโพรโทคอลสื่อสารแบบ ZigBee



รูปที่ 2.13 โมดูล Xbee ของบริษัท Digi

เซนเซอร์หรือตัวตรวจวัดใช้ Ultrasonic Sensor (www.maxbotic.com) ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุโดยสามารถวัดระยะห่างจากตัวเซนเซอร์กับวัตถุได้ ทำงานโดยใช้หลักการ ตรวจวัดระยะห่าง โดยการส่งคลื่นเสียงออกไป แล้ววัดระยะเวลาที่คลื่นเสียงสะท้อนกลับมาโดยนำระยะเวลาที่คลื่นเสียงสะท้อนกลับมาไปคำนวณหาระยะทางหรือระดับความสูงของน้ำ ซึ่งเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ใช้ในโครงการนี้คือ

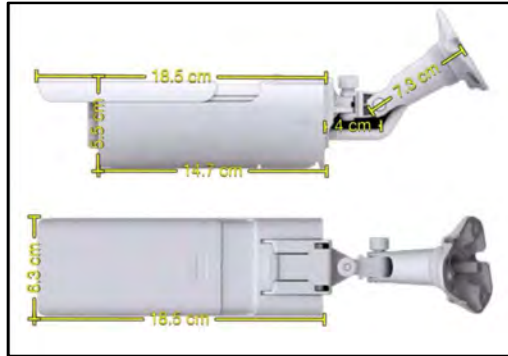
Ultrasonic Range Finder - XL-Maxsonar WRL1 (Long Range Up to 10 m. / Out Door Use) IP67 Rated เนื่องจากเซนเซอร์รุ่นนี้สามารถวัดระยะทางได้ไกลถึง 10 เมตร และมีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศสูง และมีคุณสมบัติมีความละเอียดสูง ทำงานในระยะกว้าง ให้ output กำลังงานสูงและมีการ calibration ที่ดีกว่ารุ่นอื่นๆ โดยตัวเซนเซอร์นี้มีความแม่นยำในการวัดค่าตั้งแต่ 0 cm ถึง 1068 cm และกินแรงดันไฟฟ้าตรง ตั้งแต่ 3.3 V ถึง 5 V โดยเซนเซอร์รุ่นนี้สามารถเก็บข้อมูลได้จาก 1 ใน 3 วิธีนี้ คือ analog, serial หรือ PWM ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ให้ข้อมูลออกมาในเวลาเดียวกัน แบบแรก Analog output จะให้ output ที่มีส่วนประกอบของแรงดันไฟฟ้าสำหรับการวัดระยะทางด้วยระดับ sensitivity ที่ $(V_{cc}/1024)V/cm$ แบบที่สอง Serial เป็นวิธีง่าย ๆ ในรูปแบบของ RS-232 ซึ่งมีช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง V_{cc} และถูกตั้งค่าไว้ที่ 9600 baud, 8-N-1 และแบบสุดท้าย PWM จะให้ output โดยความกว้างของ pulse จะแสดงถึงระยะทาง ด้วยอัตราส่วน 58 us/cm ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โหนดวัดระดับน้ำด้วย Ultrasonic

2.4.4 โมดูลจับภาพ

โมดูลนี้ใช้ในการจับภาพไม้วัดระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่บริเวณคอสะพานหรือริมตลิ่ง เพื่อทำการจับภาพและส่งภาพกลับไปยังศูนย์อุทกภัยผ่านทาง Gateway กล้องที่ใช้เป็นแบบ IP ด้วยมาตรฐาน H.264 เชื่อมต่อกับ Gateway ผ่านทางพอร์ต Ethernet การจับภาพจะช่วยให้ผู้ดูแลรับผิดชอบสามารถเห็นสภาพของน้ำในลำน้ำนอกเหนือจากระดับน้ำที่ได้จากเซนเซอร์ Ultrasonic ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โมดูลกล่องเชื่อมต่อแบบ Ethernet

2.4.5 Gateway

โมดูลสุดท้ายคือ Gateway ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.15.4 กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต Gateway ที่ออกแบบมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM อยู่หน่วยความจำแบบ Flash ภาครับส่งคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz และพอร์ตเชื่อมต่อที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง Modem router หรือ Air card 3G ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงข่ายที่อยู่ในบริเวณลุ่มน้ำนั้นๆ ข้อมูลระดับจากเซนเซอร์ และภาพของไม้วัดระดับจึงสามารถถูกส่งกลับไปยังศูนย์อุทกภัยแบบเรียลไทม์ได้ นอกจากนี้ Gateway ยังทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโดยรอบนั้นๆ บันทึกลงในหน่วยความจำบนบอร์ด Gateway อีกทางหนึ่งด้วย สุดท้าย Gateway ยังรองรับการประมวลผลต่างๆ ที่จำเป็นในอนาคตได้

2.4.6 ระบบเก็บและแสดงผลข้อมูล

ระบบจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลระดับน้ำ และข้อมูลภาพลงในฐานข้อมูลที่อยู่บนเครื่องแม่ข่าย Sensor โดยข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะมาจากเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 3G หรือ Edge ขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณเครือข่ายมือถือ เครื่องแม่ข่ายยังทำหน้าที่ให้บริการเว็บไซต์ สำหรับแสดงผลข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตแบบเวลาจริง (Real Time) อีกด้วย

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานโครงการพัฒนาระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา ประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดปลีกย่อยเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจถึงภาพรวมของวิธีการดำเนินงาน จึงแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอนหลักๆ ประกอบด้วย การศึกษารวบรวมข้อมูลคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา การออกสนามสำรวจพื้นที่เบื้องต้น การจัดทำแผนที่คุณสมบัติของลุ่มน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การออกสนามสำรวจพื้นที่ชั้นรายละเอียด การจัดทำข้อมูลอุทกวิทยาของสถานีโทรมาตร ข้อมูลน้ำท่าและกราฟน้ำท่าของสถานีโทรมาตร และการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม แล้วนำเสนอบนอินเทอร์เน็ต ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา

การศึกษา และรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยา ข้อมูลจำนวนประชากร รวมถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

3.1.1 รวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา

รวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ โดยข้อมูลหลักได้จากการประสานงานกับสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดสงขลา กรมทรัพยากรธรณี และฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.1.2 รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวนประชากรของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา

รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจำนวนประชากร ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ โดยข้อมูลหลักได้จากฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และที่ทำการปกครองจังหวัดสงขลา

3.2 การออกสนามสำรวจพื้นที่เบื้องต้น

การออกสนามสำรวจพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำต่างๆ ของจังหวัดสงขลา ที่ยังไม่มีระบบเตือนภัยน้ำท่วม ได้แก่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ



รูปที่ 3.1 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 สำรวจพื้นที่เบื้องต้นในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

ทำการออกสนามพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ เพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น เช่น คุณสมบัติของหน้าตัดคลองที่สำคัญ ทิศทางการไหลของน้ำในคลอง จำนวนคลองและแนวคลองที่ทำให้เกิดน้ำท่วม โดยใช้วิธีพบปะ พูดคุยกับชาวบ้านในพื้นที่ และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

3.3 การจัดทำแผนที่คุณสมบัติของลุ่มน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ ทำได้โดยการนำข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ที่ได้จากหัวข้อ 3.2 มาทำการซ้อนทับแบบ GIS Overlay

3.4 การออกสนามสำรวจพื้นที่ขึ้นรายละเอียด

เมื่อได้พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคองนาทวี และลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิเป็นพื้นที่ศึกษาแล้ว จึงทำการลงพื้นที่ดังกล่าวเพื่อเก็บข้อมูลขึ้นรายละเอียด เช่น ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดในอดีต ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในอดีต ข้อมูลพื้นที่เกิดน้ำท่วม ความสูงของระดับน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้น และแผนที่ทางเดินของน้ำ

3.4.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดในลำน้ำ

รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ โดยข้อมูลหลักได้จากสถานีโทรมาตรของสำนักงานทรัพยากรน้ำ ภาค 8 กรมทรัพยากรน้ำ และข้อมูลระดับน้ำสูงสุดในลำน้ำได้จากการลงพื้นที่สำรวจกับชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในพื้นที่น้ำท่วม และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

3.4.2 การวัดหน้าตัดของลำน้ำในลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

ออกสนามทำการวัดหน้าตัดของคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ ตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ รวมทั้งสิ้น 6 ตำแหน่ง

3.4.3 วิเคราะห์แผนผังลำน้ำ และพิจารณาเลือกตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตร

รวบรวมข้อมูลแผนผังลำน้ำของลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ โดยข้อมูลหลักได้จากสำนักชลประทานที่ 16 กรมชลประทาน และสำนักงานทรัพยากรน้ำ ภาค 8 กรมทรัพยากรน้ำ แล้วพิจารณาเลือกตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตรตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ ให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ

3.5 การออกแบบจัดสร้าง และติดตั้งสถานีโทรมาตร

3.5.1 การออกแบบจัดสร้างสถานีโทรมาตร

ทำการออกแบบรูปแบบของสถานีโทรมาตรให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ ระบบพลังงาน ระบบบันทึกภาพกล้อง CCTV และระบบเครือข่ายส่งสัญญาณ ให้อยู่ภายใต้สถานีเดียวกัน และเมื่อออกแบบรูปแบบสถานีโทรมาตรเสร็จแล้ว (รายละเอียดของรูปแบบสถานีโทรมาตรได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.) จึงทำการจัดสร้างสถานีโทรมาตรตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้

3.5.2 การติดตั้งสถานีโทรมาตร

เมื่อทำการจัดสร้างสถานีโทรมาตรเสร็จแล้ว จึงนำไปติดตั้งตามจุดที่พิจารณาคัดเลือกไว้ ซึ่งการติดตั้งแต่ละตำแหน่งจะประสานงานกับหน่วยงาน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้ทราบด้วย

3.6 ข้อมูลน้ำท่าและกราฟน้ำท่าของสถานีโทรมาตร

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ และกราฟน้ำท่า (Hydrograph) ของสถานีโทรมาตรที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

3.6.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ

รวบรวมข้อมูลอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ โดยข้อมูลหลักได้จากการวัดจริงในสนามด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ (River Surveyor Overview; ยี่ห้อ Teledyne RD Instruments รุ่น River Ray ADCP) และข้อมูลประกอบจากศูนย์อุทกวิทยา และบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน แล้วนำมาวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ (Rating Curve)

3.6.2 กราฟน้ำท่าของสถานีโทรมาตร

ทำการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph) ของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ โดยใช้วิธีของ Snyder (1938)

3.7 การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม และนำเสนอบนอินเทอร์เน็ต

รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด แล้วจัดทำระบบเตือนภัยน้ำท่วม (Flood Warning Protocol) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ในรูปแบบเดียวกับลุ่มน้ำคลองอุตะเถาเพื่อเตือนภัยเมืองหาดใหญ่ โดยการคำนวณเส้นทาง อัตราการไหล และเวลาการไหลของน้ำ รวมถึงการคำนวณหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า ในรูปของ Hydrograph รวมถึงสถานีโทรมาตรทุกสถานีสามารถส่งข้อมูลระดับน้ำในคลองผ่านระบบเครือข่าย 3G มาแสดงผล และบันทึกไว้บนเว็บไซต์ของศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (www.ndarec.psu.ac.th) เพื่อการเตือนภัยแบบเวลาจริง (Real Time)

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการวิจารณ์

ผลการดำเนินการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ ได้แบ่งออกเป็น 7 ส่วนหลักๆ คือ ผลการศึกษาคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น ผลการจัดทำแผนที่โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาชั้นรายละเอียด ผลการจัดทำข้อมูลทางอุทกวิทยาของสถานีโทรมาตร การออกแบบและติดตั้งสถานีโทรมาตร และผลการพัฒนาระบบเตือนภัยในพื้นที่ศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา

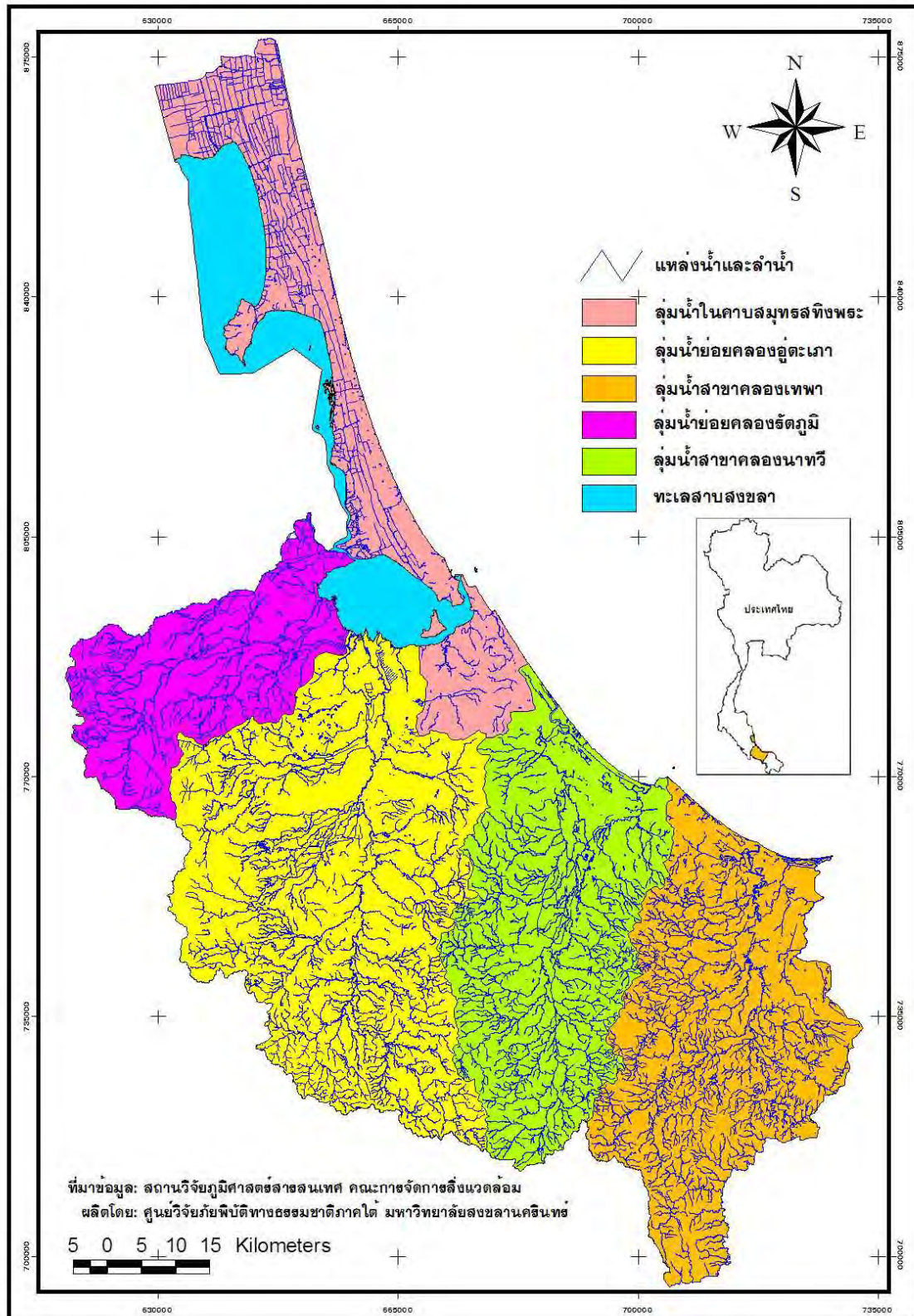
4.1.1 ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่จังหวัดสงขลา

จังหวัดสงขลา มีพื้นที่รวม 7,225.60 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยต่างๆ จำนวน 5 ลุ่มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยรายละเอียดของแต่ละลุ่มน้ำมีดังนี้ (กรมชลประทาน, 2552)

1) ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 580 ตารางกิโลเมตร มีคลองรัตภูมิเป็นลำน้ำสายหลัก ความยาวประมาณ 63 กิโลเมตร มีคลองเล็กๆ หลายสายไหลมารวมกัน ได้แก่ คลองภูมิ คลองแพรกสุวรรณ คลองเขาร้อน เป็นต้น ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัดไหลผ่าน อ.รัตภูมิ จ.สงขลา ก่อนลงสู่ทะเลสาบสงขลา ไหลลงทะเลสาบที่บ้านบางหัก ต.รัตภูมิ อ. ควนเนียง จ. สงขลา

2) ลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,392 ตารางกิโลเมตร มีคลองอู่ตะเภาเป็นลำน้ำสายหลัก ความยาวประมาณ 68 กิโลเมตร มีคลองเล็กๆ หลายสายไหลมารวมกัน ได้แก่ คลองตง คลองป้อม คลองพังลา คลองรำ คลองหะ คลองเล คลองวาด คลองต่ำ คลองหลา คลองจำไทร คลองหอยโข่ง คลองสะเดา เป็นต้น คลองอู่ตะเภาจะไหลผ่านเขต อ.สะเดา และ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา และลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่บ้านแหลมโพธิ์ ต.คูเต่า อ.หาดใหญ่

3) ลุ่มน้ำคลองนาทวี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,487 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 617 ล้านลูกบาศก์เมตร มีคลองนาทวีเป็นลำน้ำสายหลัก ความยาวประมาณ 80 กิโลเมตร มีคลองเล็กๆ หลายสายมารวมกัน ได้แก่ คลองหัน คลองป่าเร็ด คลองโล๊ะจิก คลองปลักปลิง คลองลำซิง คลองพวน คลองปาม คลองลี้ก คลองดินแดง คลองท่าช้าง ไหลผ่านอ.นาทวี และอ.จะนะ และไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยที่ ต.นาทับ อ.จะนะ จ.สงขลา



รูปที่ 4.1 ขอบเขตลุ่มน้ำต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดสงขลา

4) ลุ่มน้ำย่อยคลองเทพา มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,895 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 763 ล้านลูกบาศก์เมตร มีคลองเทพาเป็นลำน้ำสายหลัก ความยาวประมาณ 79 กิโลเมตร มีคลองเล็กๆ หลายสายมารวมกัน ได้แก่ คลองเปียน คลองนาจะแหน คลองลำทับ คลองมูยง คลองลำเปา คลองลำไฟ ไหลผ่านอ.สะบ้าย้อย และ อ.เทพา และไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยที่ อ.เทพา จ.สงขลา

5) ลุ่มน้ำในคาบสมุทรสทิงพระ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 493.60 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 400.73 ล้านลูกบาศก์เมตร มีคลองระโนด คลองพลเอกอาทิตย์กำลังเอกเป็นลำน้ำสายสำคัญ ไหลผ่าน อ.ระโนด อ.กระแสสินธุ์ อ.สทิงพระ และอ.สิงหนคร จ.สงขลา และบางส่วนไหลผ่าน อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช

4.1.2 ลักษณะธรณีวิทยาของจังหวัดสงขลา

กรมทรัพยากรธรณี (2548, 2550) กล่าวว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสงขลาทางด้านทางด้านทิศตะวันตกเป็นแนวเทือกเขาสูง และค่อยๆ ลาดลงสู่ที่ราบ – ที่ราบลุ่มในพื้นที่รอบๆ ทะเลสาบสงขลา และบริเวณที่เรียกว่า แอ่งหาดใหญ่ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างแบบฮอส์และกราเบน (Horst & Graben) ลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วของพื้นที่จังหวัดสงขลาแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และมีรายละเอียดดังนี้

1) หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rocks)

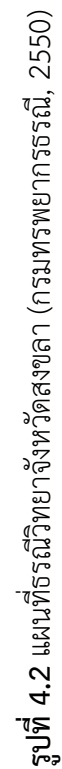
หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) พบวางตัวตามแนวเหนือใต้ จากบริเวณอำเภอสะเดา ติดต่อกันมาทางทิศเหนือจนถึงอำเภอเมือง อำเภอรัตภูมิ และยังต่อไปในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) หินทราย หินเชิร์ต (Chert) หินดินดาน (Shale) หินดินดานปนเนื้อทราย หินดินดานเนื้อปนซิลิกา (Siliceous shale) และหินทรายแป้ง

หินยุคเพอร์เมียน (Permian) หรือเรียกว่าชุดหินราชบุรี มักโผล่เป็นเขาโดดๆ ตามที่ราบ บริเวณอำเภอรัตภูมิและตอนใต้ของอำเภอสะบ้าย้อย ประกอบด้วยหินปูน (Limestone) เนื้อसानแน่น สีเทา หินปูนเป็นชั้น และหินเชิร์ต มีหินทราย หินดินดานแทรกสลับ

หินยุคไทรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วยหินทราย หินกรวดมน (Conglomerate) หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดาน ชั้นหินนี้จัดอยู่ในหน่วยหินนาทวี พบมากในพื้นที่อำเภอที่อยู่ด้านทิศตะวันออกและทิศใต้ของจังหวัดสงขลา

2) หินอัคนี (Igneous rocks)

หินอัคนีอายุครีเทเชียส (Cretaceous) ประกอบด้วยหินแกรนิต หินควอร์ตซ์มอนโซไนต์ (Quartz monzonite) หินเพกมาไทต์ (Pegmatite) หินแอพลิต (Aplite) หินทัวร์มาลีนแกรนิต (Tourmaline granite) พบอยู่ในพื้นที่อำเภอนาหม่อม อำเภอจะนะ และอำเภอเทพา



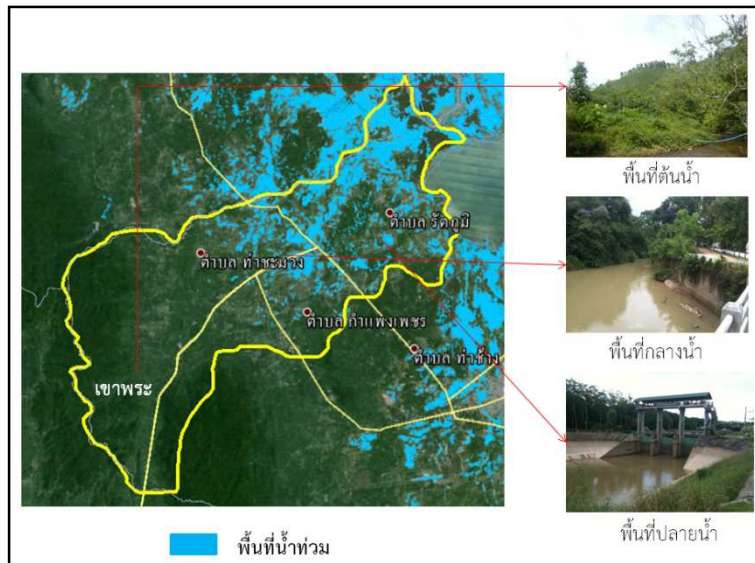
หินอัคนียุคอายุไทรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิต (Biotite granite) หินทัวร์มาลีนแกรนิต (Tourmaline granite) หินแกรนิตเนื้อดอก (Porphyritic granite) และสายแร่ควอร์ตซ์ (Quartz veins) พบมากในพื้นที่รอยต่อจังหวัดสงขลากับจังหวัดสตูล และบางส่วนของอำเภอเมืองสงขลา อำเภอหาดใหญ่ และอำเภอนาหม่อม

4.2 ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น

คณะผู้วิจัยได้ออกสนามสำรวจสภาพพื้นที่ และลักษณะภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี พบว่าคลองนาทวีมีพื้นที่ต้นน้ำที่บ้านด่านประกอบ ไหลผ่านบ้านปากกัน ต.ท่าประดู่ และผ่านเขตเศรษฐกิจของอำเภอนาทวีที่ ต.คลองทราย ซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมถึง และไหลต่อไปยัง อ.จะนะ โดยมีประตูละบายน้ำปลักปลิงแบ่งลำน้ำออกเป็น 2 สาย ได้แก่ คลองนาทวีไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยที่ ต.สะกอม อ.จะนะ และคลองลึกไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยที่บ้านปากบาง ต.นาทับ อ.จะนะ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ คณะผู้วิจัยได้ออกสนามเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยได้ทำการสำรวจพื้นที่น้ำท่วมในชุมชนต่างๆ พบว่าน้ำในคลองรัตภูมิมีต้นน้ำที่เขાพระและเขาแก้ว ไหลผ่านฝายชะมวง และเมื่อเกิดน้ำท่วมน้ำจะเริ่มล้นตลิ่งที่บริเวณชุมชนวัดห้วยหลาด ตำบลรัตภูมิ อำเภอรัตภูมิ ซึ่งจะไหลเข้าท่วมตลาดเทศบาลรัตภูมิ และถนนเพชรเกษม น้ำในคลองรัตภูมิ จะไหลต่อไปแล้วท่วมถนนสายเอเชีย (41) แล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา โดยมี ประตูละบายน้ำคลองรัตภูมิ กั้นอยู่ที่ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 สภาพพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี



รูปที่ 4.4 สภาพพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.3 ผลการจัดทำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำคลองนาทวี

4.3.1 ข้อมูลทั่วไป

ลุ่มน้ำคลองนาทวี มีลักษณะพื้นที่ลาดเอียงเทลงจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือ พื้นที่ทางด้านทิศใต้ติดกับชายแดนไทย – มาเลเซีย พื้นที่ทางด้านทิศเหนือติดชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มหรือป่าพรุ พื้นที่ราบตามแนวชายฝั่งมีลักษณะสันทรายขนานกับแนวชายฝั่งทะเล พื้นที่บริเวณปากน้ำจะมีแหล่งน้ำขนาดเล็ก (Lagoon) ที่ชาวบ้านเรียกว่าปากบาง มีคลองนาทวีซึ่งเกิดจากเทือกเขาสันกาลาศรีมีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 80 กิโลเมตรเป็นคลองสายหลัก น้ำในลุ่มน้ำคลองนาทวีจะไหลจากทิศใต้ไปทิศเหนือผ่านอำเภอนาทวีและอำเภोजะนะ ตอนปลายคลองแยกออกเป็น 2 สาย สายที่หนึ่งแยกที่บ้านท่าล้ออำเภोजะนะแล้วไหลลงสู่ทะเลที่บ้านปากบางสะกอม ตำบลสะกอม อีกสายหนึ่งจะไหลเข้าคลองนาทับและลงสู่ทะเลที่บ้านปากบางนาทับ ตำบลนาทับ ซึ่งทั้งสองตำบลอยู่ในเขตอำเภोजะนะจังหวัดสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 4.5



4.3.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง

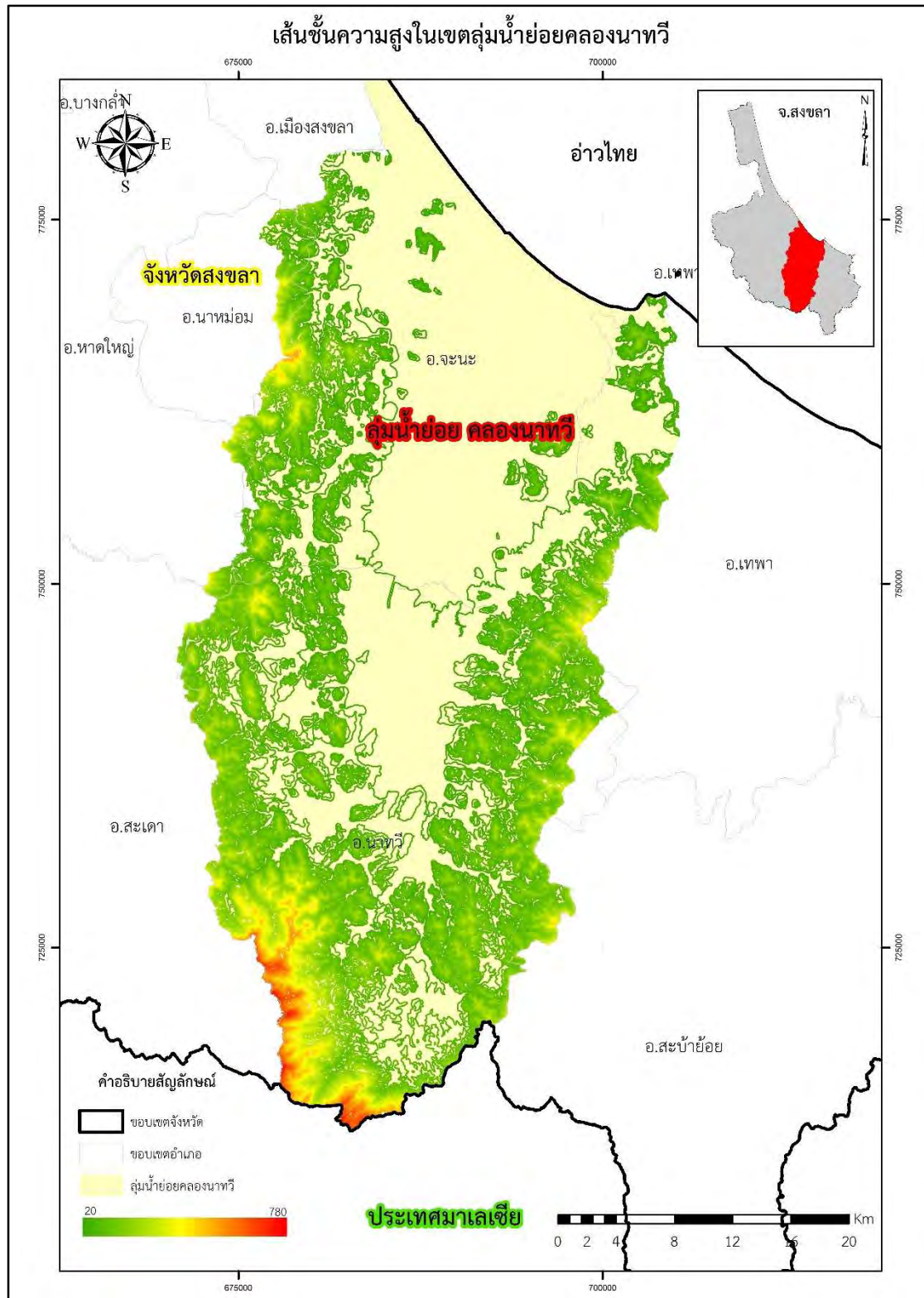
ลุ่มน้ำคลองนาทวี มีลักษณะเป็นเทือกเขาทางด้านทิศใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำติดกับชายแดนไทย-มาเลเซีย มีความสูงตั้งแต่ 500 – 700 เมตร ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสูงตั้งแต่ 200 – 400 เมตร ส่วนบริเวณตอนกลางเป็นที่ราบลุ่ม มีความสูงประมาณ 20 – 100 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.6

4.3.3 ข้อมูลโครงสร้างและลักษณะทางธรณีวิทยา

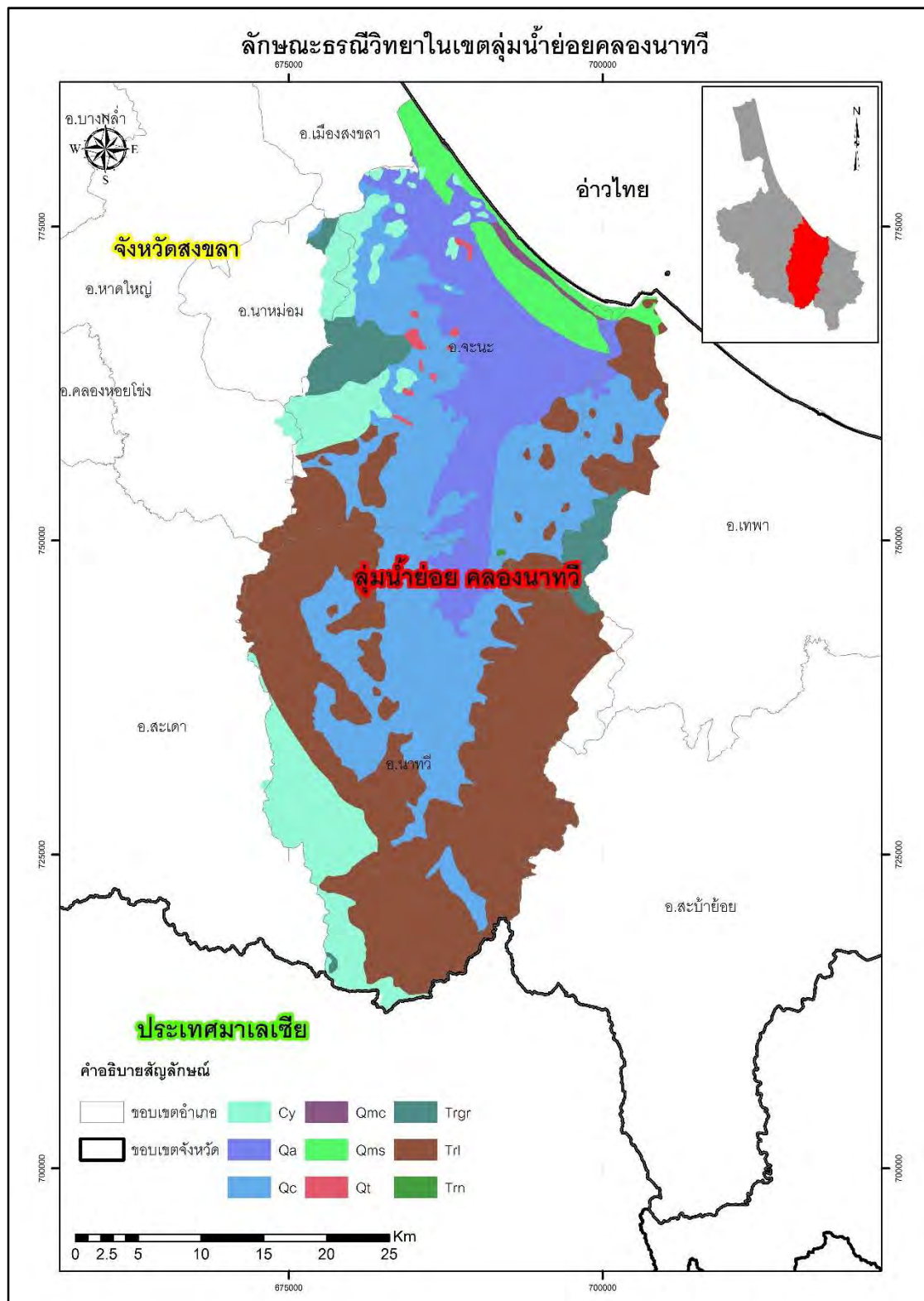
ลักษณะทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี ส่วนใหญ่พบพื้นที่ที่มีลักษณะของหิน และตะกอน ได้แก่ หินกรวดมน (37.13%) และตะกอนเศษหินเชิงเขา (28.78%) และลักษณะทางธรณีอื่นๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

สัญลักษณ์	ลักษณะทางธรณีวิทยา	ลุ่มน้ำคลองนาทวี	
		พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
Ck	หินดินดาน	0.00	0.00
CPk	หินโคลนปนกรวด	0.00	0.00
Cy	หินทราย	158.94	10.68
E	หินควอร์ตไซต์	0.00	0.00
JKL	หินโคลนหินทรายแป้ง	0.00	0.00
O	หินปูน	0.00	0.00
Qa	ตะกอนธารน้ำพา	212.85	14.31
Qc	ตะกอนเศษหินเชิงเขา	428.18	28.78
Qmc	ตะกอนชายฝั่งทะเลโดนอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง	6.43	0.43
Qms	ตะกอนชายฝั่งทะเลโดนอิทธิพลของคลื่น	65.16	4.38
Qt	ตะกอนพักลำน้ำ	5.12	0.34
SDC	หินดินดานสีดำ	0.00	0.00
Trc	หินปูนหินโดโลไมต์	0.00	0.00
Trgr	หินโปไอโอไทต์แกรนิต	58.45	3.93
Trl	หินกรวดมน	552.35	37.13
Trn	หินเชิร์ต	0.32	0.02
รวมพื้นที่		1,487.80	100.00



รูปที่ 4.6 แผนที่เส้นชั้นความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี



รูปที่ 4.7 แผนที่โครงสร้างและลักษณะธรณีวิทยาในลุ่มน้ำคลองนาทวี

4.3.4 ข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐาน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี มีลักษณะธรณีสัณฐานประกอบด้วย พื้นที่ภูเขา (33.39%) พื้นที่ราบรูปพัด (12.55%) และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำ (13.23%) ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานอื่นๆ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.2 ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ลักษณะธรณีสัณฐาน	ลุ่มน้ำคลองนาทวี	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
ภูมิสัณฐานที่เป็นพื้นที่ภูเขา	496.78	33.39
ภูมิสัณฐานในพื้นที่ตะพักลำน้ำ	0.00	0.00
ภูมิสัณฐานในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำ	196.86	13.23
ภูมิสัณฐานบริเวณที่มีการเคลี่ยผิวแผ่นดิน	487.01	32.73
ภูมิสัณฐานบริเวณที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง	45.72	3.07
ภูมิสัณฐานบริเวณที่ราบรูปพัด	186.79	12.55
ภูมิสัณฐานบริเวณหาดทรายและสันทราย	60.65	4.08
ที่ดินดัดแปลง/พื้นที่เบ็ดเตล็ด	2.72	0.18
พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำ	4.64	0.31
พื้นน้ำ	6.63	0.45
รวมพื้นที่	1,487.80	100.00

4.3.5 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้

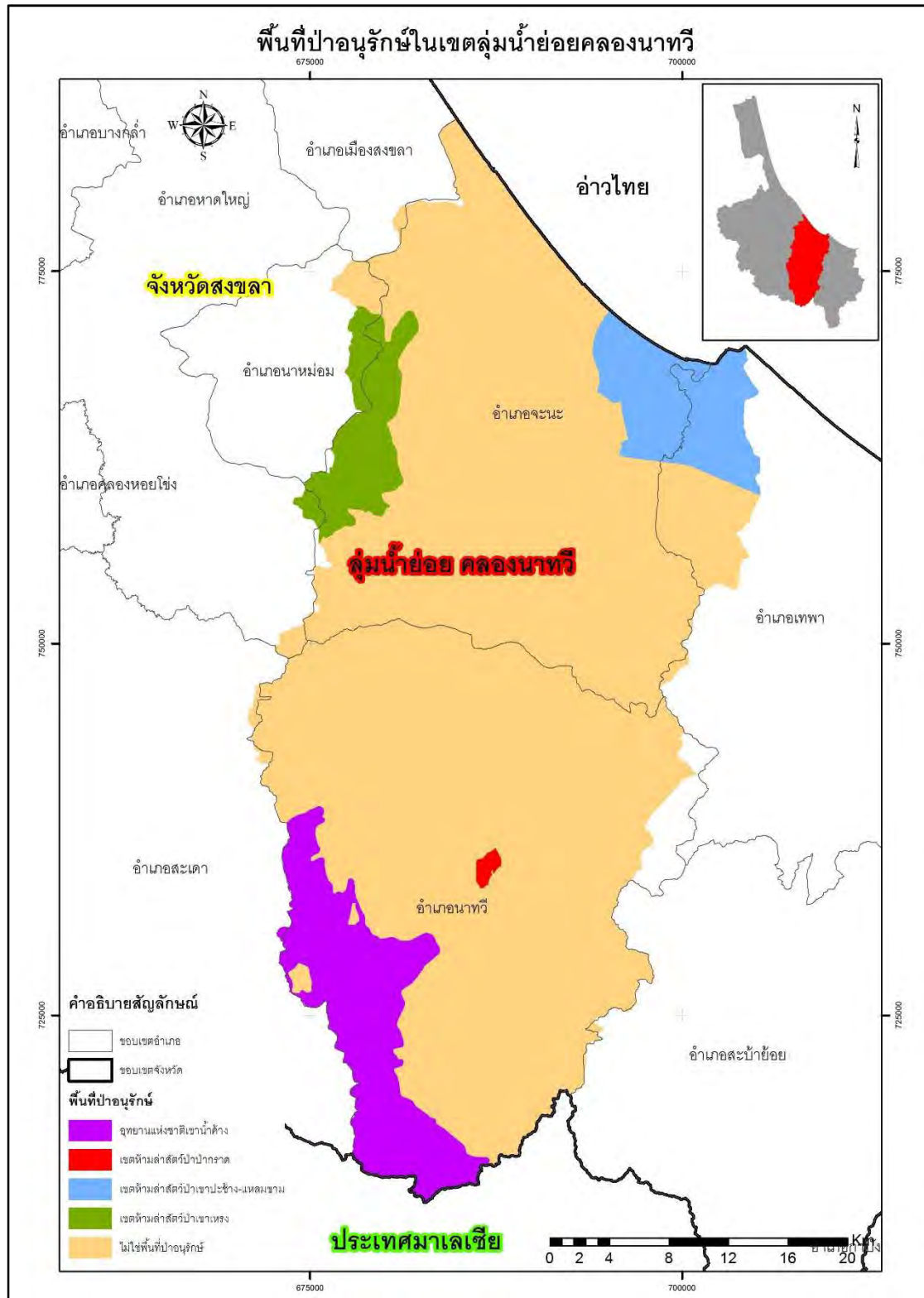
ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีมีพื้นที่ป่าไม้รวมทั้งสิ้น 1,487.80 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยเขตห้ามล่าสัตว์ป่า พื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง และอื่นๆ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำคลองนาทวี ส่วนใหญ่ไม่ใช่พื้นที่ป่าอนุรักษ์คิดเป็นร้อยละ 81.78 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี

พื้นที่ป่าอนุรักษ์	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาปะช้าง-แหลมขาม	79.75	5.36
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาแดง	58.48	3.93
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าปากราด	2.73	0.18
อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง	130.18	8.75
ไม่ใช่พื้นที่ป่าอนุรักษ์	1,216.66	81.78
รวมพื้นที่	1,487.80	100.00



บทที่ 4 ผลการวิจัย และการวิจารณ์ หน้า 39



รูปที่ 4.9 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี

4.3.6 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี มีการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 77.35 และ 12.60 ตามลำดับ โดยรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ของลุ่มน้ำคลองนาทวี สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี ปี พ.ศ. 2555

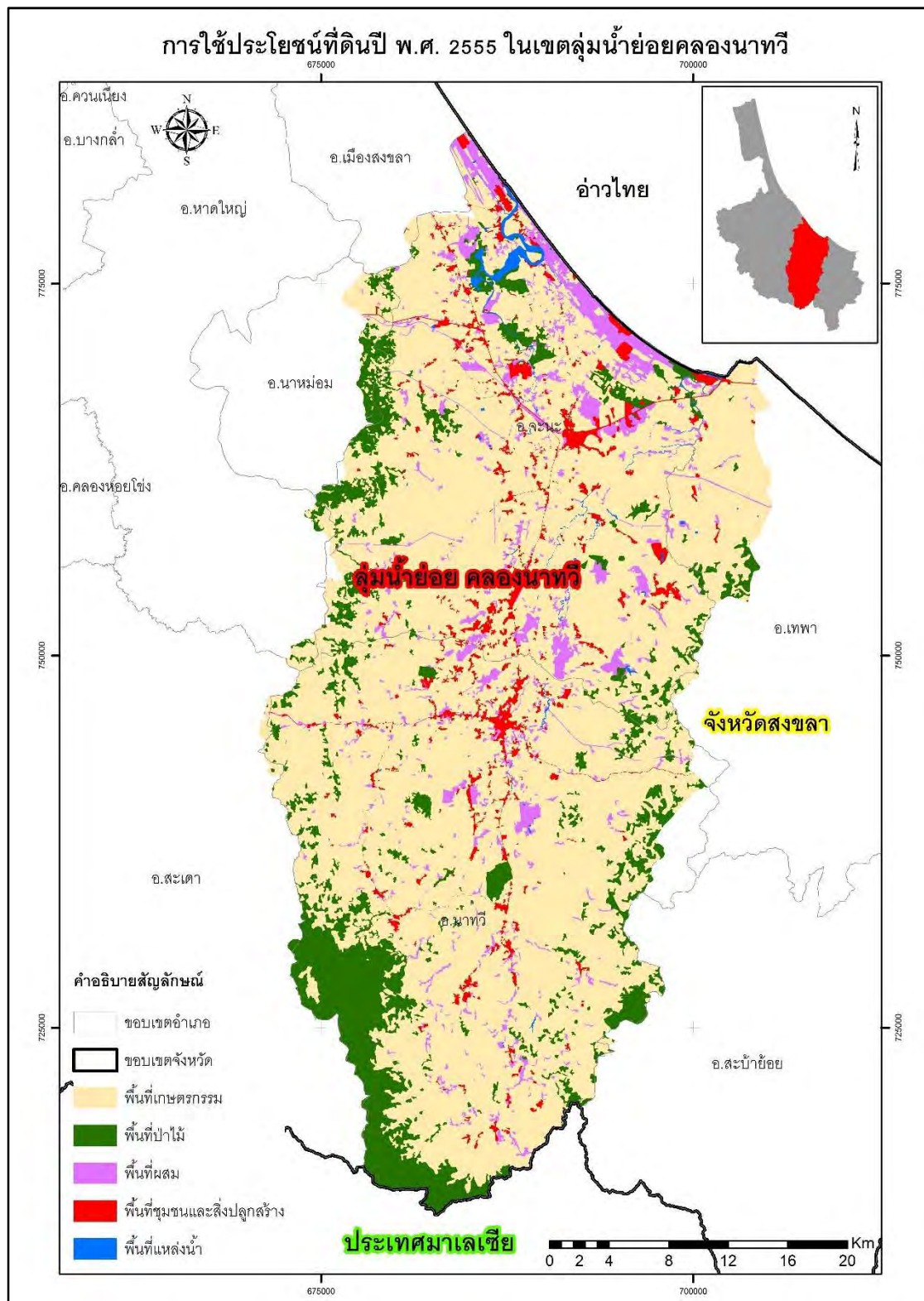
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลุ่มน้ำคลองนาทวี	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	1,150.79	77.35
พื้นที่ป่าไม้	187.49	12.60
พื้นที่ผสม	84.54	5.68
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	54.91	3.69
พื้นที่แหล่งน้ำ	10.07	0.68
รวมพื้นที่	1,487.80	100.00

4.3.7 ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีแบ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยแหล่งน้ำตามธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ 97.43 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น คิดเป็นร้อยละ 2.57 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดของแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.5 แหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละ
คลองชลประทาน	41.23	2.090
คลองที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์อื่นๆ	9.44	0.478
คลองที่มนุษย์สร้างขึ้นและไม่มีน้ำไหลตลอดปี	0.07	0.004
ทะเลสาบหนองน้ำที่มีน้ำอยู่ตลอดปี	57.05	2.892
แม่น้ำหรือคลองสายหลัก	81.76	4.144
ลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี	851.88	43.176
ลำน้ำที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี	931.59	47.216
รวม	1,973.02	100.000

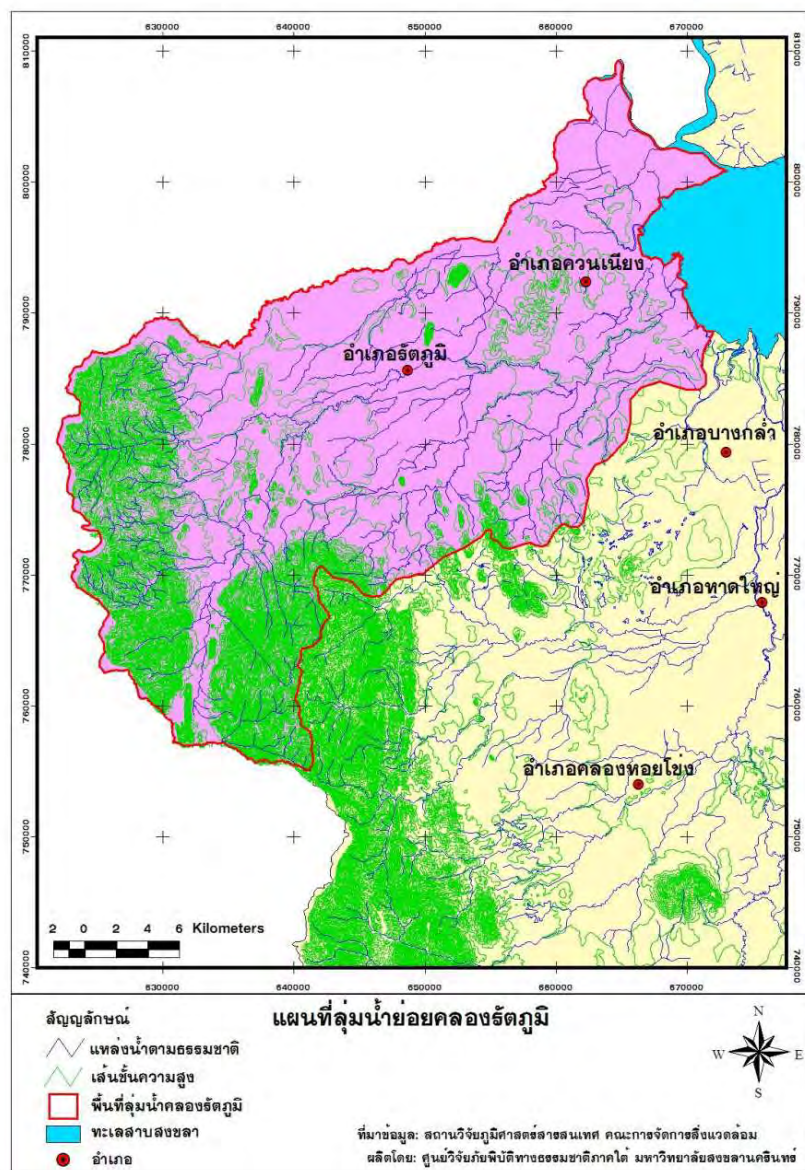


รูปที่ 4.10 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวีปี พ.ศ. 2555

4.4 ผลการจัดทำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.4.1 ข้อมูลทั่วไป

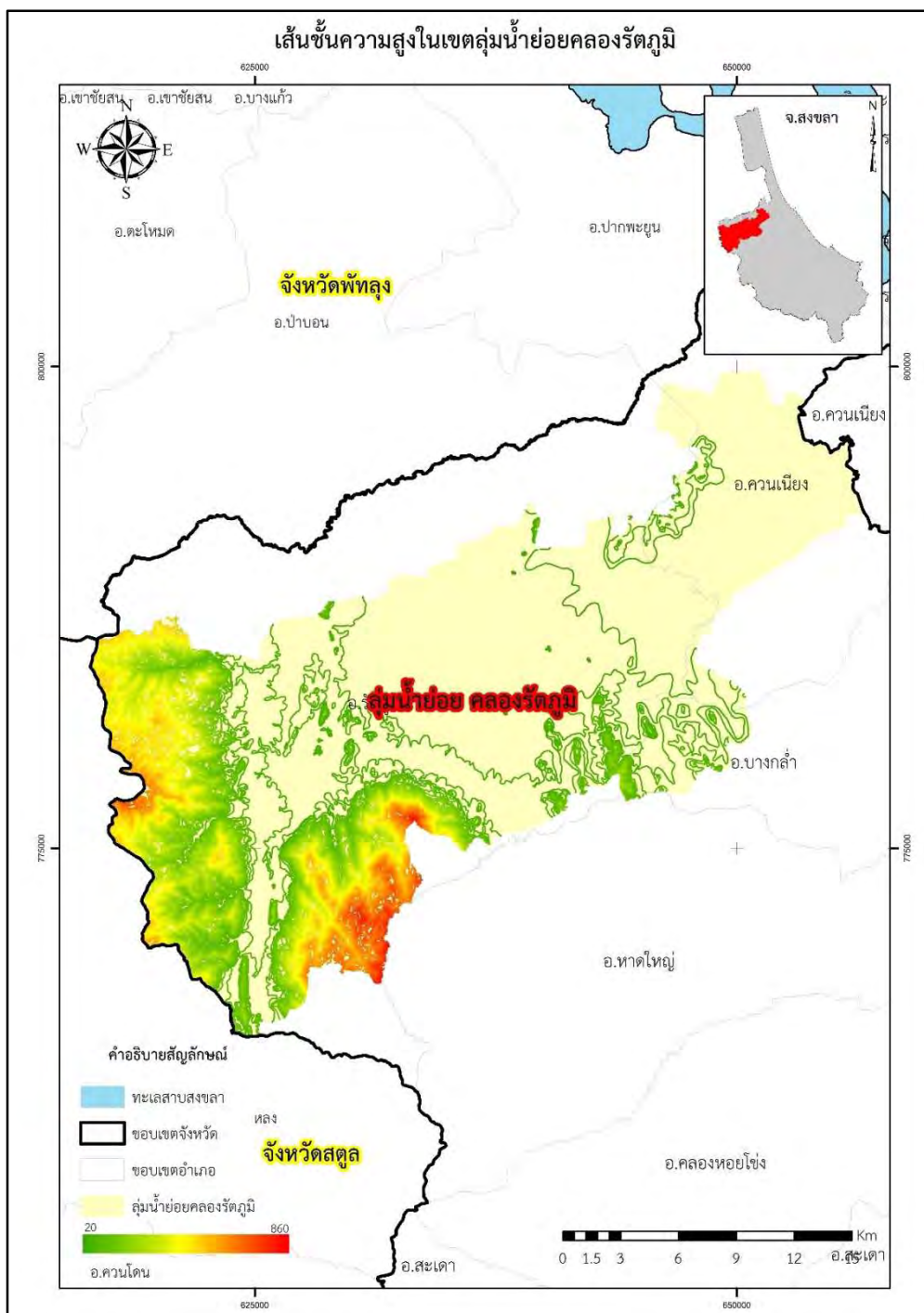
ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ เป็นหนึ่งในลุ่มน้ำย่อยหรือลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีคลองรัตภูมิเป็นลำน้ำสายหลัก มีความยาวประมาณ 63 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัดไหลผ่าน อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา และไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่บ้านปากบาง ตำบลรัตภูมิ อำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา มีแหล่งน้ำที่สำคัญได้แก่ ฝ่ายชะมวง ตั้งอยู่ที่ตำบลชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ลักษณะเป็นฝายสูง 3.00 เมตร ยาว 30 เมตร มีพื้นที่รับผลประโยชน์ 66,800 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.4.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง

ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีลักษณะเป็นเทือกเขาทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำ มีความสูงตั้งแต่ 300 – 800 เมตร ทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกเป็นที่ราบ มีความสูงตั้งแต่ 0 – 100 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แผนที่เส้นชั้นความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.4.3 ข้อมูลโครงสร้างและลักษณะทางธรณีวิทยา

สำหรับลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ส่วนใหญ่พบพื้นที่ที่มีลักษณะของตะกอนมากกว่าลักษณะของหิน ได้แก่ ตะกอนธารน้ำพา (49.27%) หินไปโอไทต์แกรนิต (23.12%) โดยรายละเอียดลักษณะทางธรณีวิทยาอื่นๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

สัญลักษณ์	ลักษณะทางธรณีวิทยา	ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	
		พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
Ck	หินดินดาน	15.64	2.70
CPk	หินโคลนปนกรวด	6.79	1.17
Cy	หินทราย	0.00	0.00
E	หินควอร์ตไซต์	35.50	6.12
JKL	หินโคลนหินทรายแป้ง	1.67	0.29
O	หินปูน	15.09	2.60
Qa	ตะกอนธารน้ำพา	285.74	49.27
Qc	ตะกอนเศษหินเชิงเขา	62.94	10.85
Qmc	ตะกอนชายฝั่งทะเลโดนอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง	4.02	0.69
Qms	ตะกอนชายฝั่งทะเลโดนอิทธิพลของคลื่น	3.63	0.63
Qt	ตะกอนพักลำน้ำ	11.06	1.91
SDC	หินดินดานสีดำ	0.38	0.07
Trc	หินปูนหินโดโลไมต์	0.02	0.00
Trgr	หินไปโอไทต์แกรนิต	134.09	23.12
Trl	หินกรวดมน	0.00	0.00
Trn	หินเชิร์ต	2.87	0.49
Non Geology	ไม่ใช่ธรณีวิทยา	0.52	0.09
รวมพื้นที่		579.96	100.00

4.4.4 ข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐาน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีลักษณะธรณีสัณฐานประกอบด้วย พื้นที่ภูเขา (30.45%) พื้นที่ตะพักลำน้ำ (28.62%) และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำ (7.38%) ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานอื่นๆ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.7 ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคองรัตภูมิ

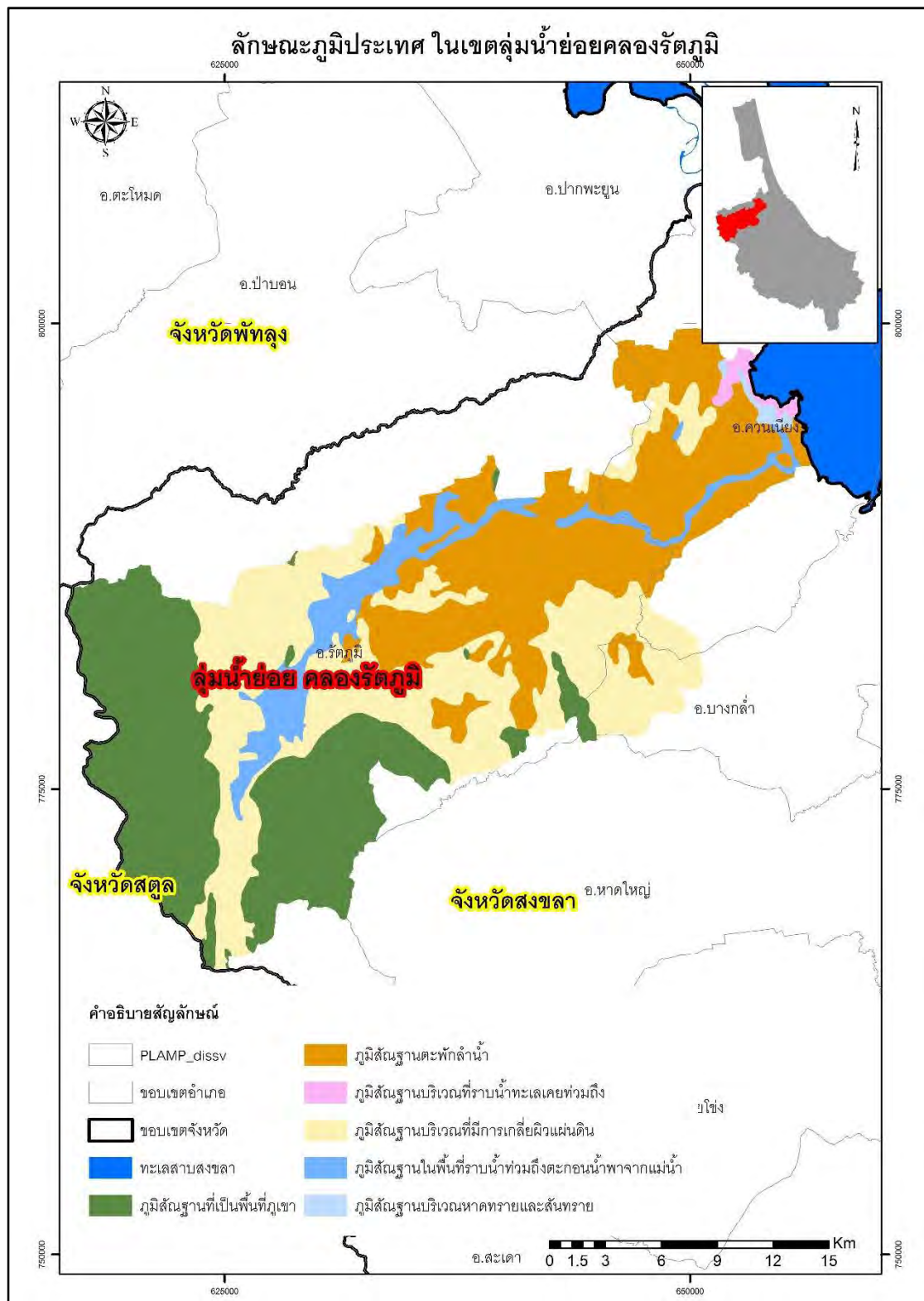
ลักษณะธรณีสัณฐาน	ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
ภูมิสัณฐานที่เป็นพื้นที่ภูเขา	176.62	30.45
ภูมิสัณฐานในพื้นที่ตะพักลำน้ำ	165.96	28.62
ภูมิสัณฐานในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำ	42.82	7.38
ภูมิสัณฐานบริเวณที่มีการเคลี่ยผิวแผ่นดิน	187.17	32.27
ภูมิสัณฐานบริเวณที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง	4.86	0.84
ภูมิสัณฐานบริเวณที่ราบรูปพัด	0.00	0.00
ภูมิสัณฐานบริเวณหาดทรายและสันทราย	2.53	0.44
ที่ดินดัดแปลง/พื้นที่เปิดเตล็ด	0.00	0.00
พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำ	0.00	0.00
พื้นน้ำ	0.00	0.00
รวมพื้นที่	579.96	100.00

4.4.5 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้

ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีพื้นที่ป่าไม้รวมทั้งสิ้น 579.96 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยเขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาบรรทัด (11.23%) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าโตนงาช้าง (10.24%) ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำคลองรัตภูมิส่วนใหญ่ไม่ใช่พื้นที่ป่าอนุรักษ์คิดเป็นร้อยละ 78.54 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.8 พื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี

พื้นที่ป่าอนุรักษ์	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาบรรทัด	65.15	11.23
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าโตนงาช้าง	59.38	10.24
ไม่ใช่พื้นที่ป่าอนุรักษ์	455.48	78.54
รวมพื้นที่	579.96	100.00



รูปที่ 4.15 แผนที่ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ



4.4.6 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 65.69 และ 23.57 ตามลำดับ โดยรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ของลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ปี พ.ศ. 2555

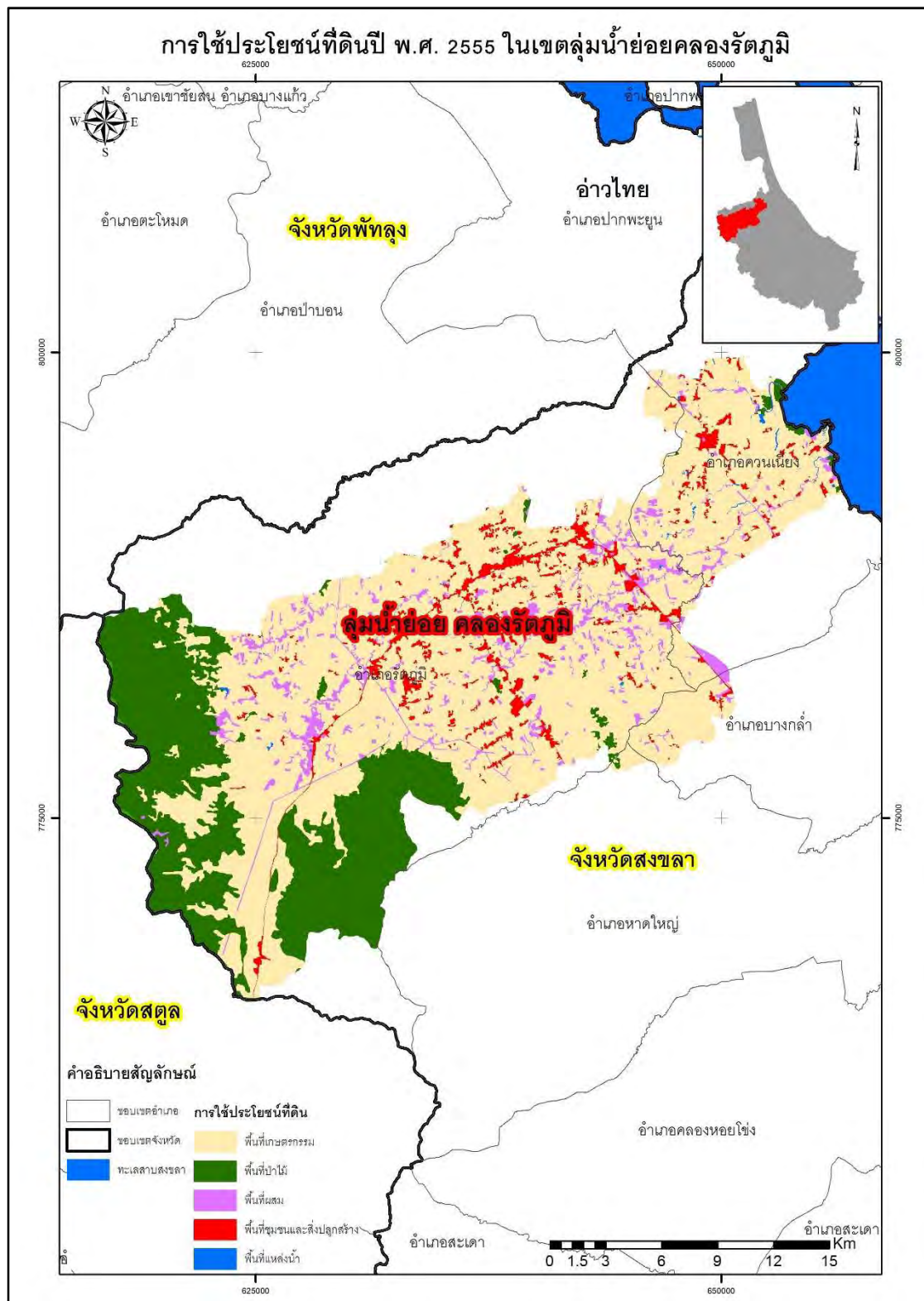
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลุ่มน้ำสาขาคลองรัตภูมิ	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	381.00	65.69
พื้นที่ป่าไม้	136.69	23.57
พื้นที่ผสม	31.84	5.49
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	29.12	5.02
พื้นที่แหล่งน้ำ	1.31	0.23
รวมพื้นที่	579.96	100.00

4.4.7 ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน

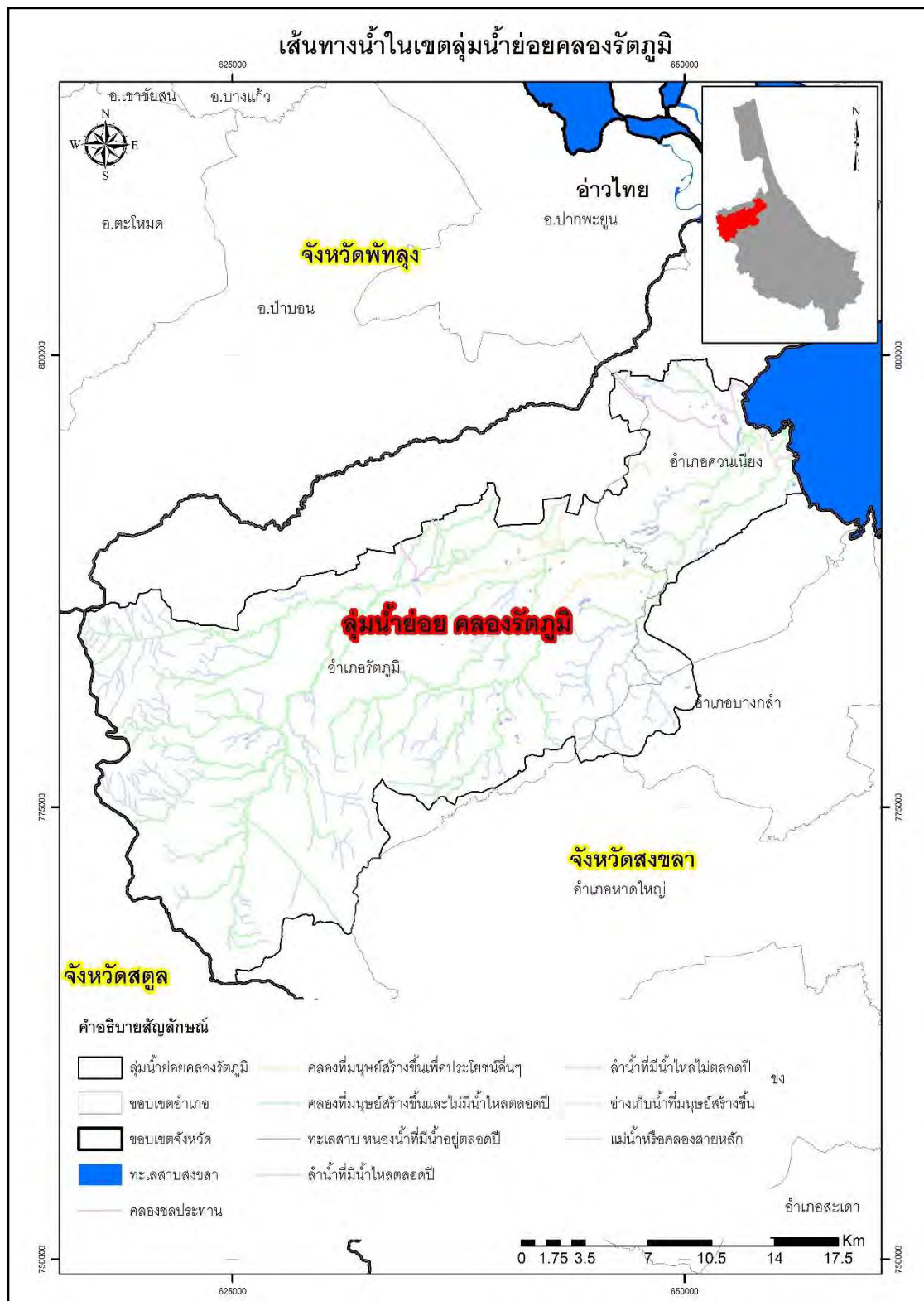
แหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิแบ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยแหล่งน้ำตามธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ 92.09 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.91 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดของแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.10 แหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองรัตภูมิ

ประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละ
คลองชลประทาน	12.17	1.73
คลองที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์อื่นๆ	42.49	6.03
คลองที่มนุษย์สร้างขึ้นและไม่มีน้ำไหลตลอดปี	1.04	0.15
ทะเลสาบหนองน้ำที่มีน้ำอยู่ตลอดปี	30.61	4.35
แม่น้ำหรือคลองสายหลัก	12.19	1.73
ลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี	343.85	48.83
ลำน้ำที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี	261.87	37.19
รวม	704.22	100.000



รูปที่ 4.17 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ปี พ.ศ. 2555



รูปที่ 4.18 แผนที่แหล่งน้ำผิวดินในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.5 ผลการออกสนามสำรวจพื้นที่ศึกษาชั้นรายละเอียด

คณะผู้วิจัยได้ออกสนามสำรวจพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิชั้นรายละเอียด เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน น้ำท่า ทำการวัดหน้าตัดคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ รวมถึงวิเคราะห์ผังลำน้ำของทั้งสองลุ่มน้ำ เพื่อพิจารณาติดตั้งสถานีโทรมาตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน – น้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

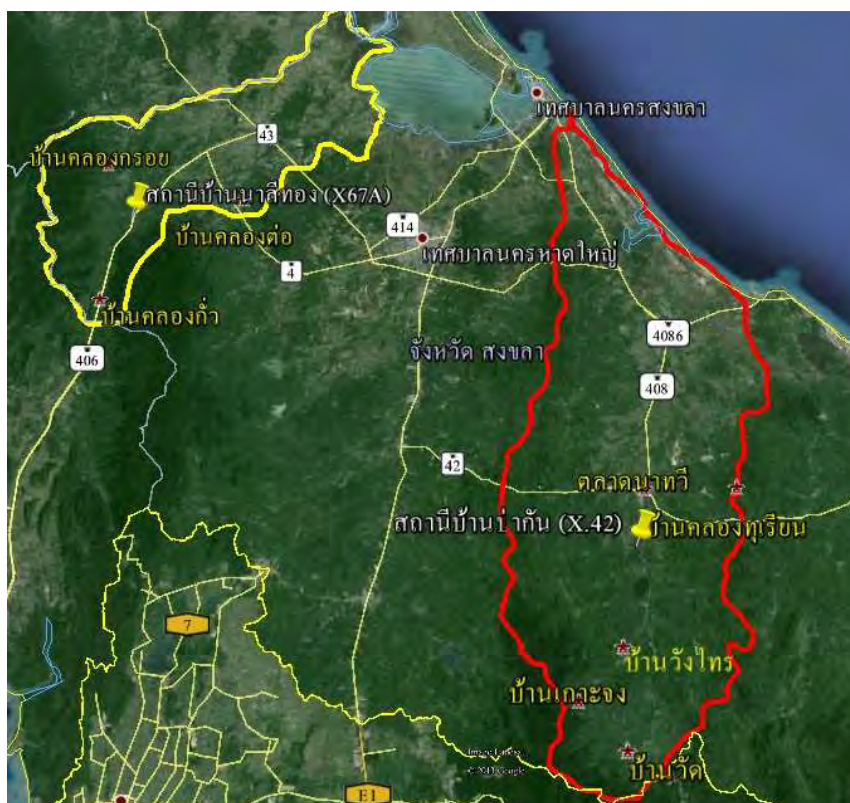
1) ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วยสถานีบ้านคลองทุเรียน สถานีบ้านเกาะจง สถานีตลาดนาทวี สถานีบ้านวังไทร และสถานีบ้านวัด สำหรับลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ประกอบด้วยสถานีบ้านคลองกรอย สถานีบ้านคลองแก้ว และสถานีบ้านคลองต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 โดยในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณฝนมากในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งปริมาณฝนสูงสุดที่วัดได้อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ของปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 โดยในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวีวัดปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดได้ประมาณ 700 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิวัดปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดได้ประมาณ 840 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.21 สำหรับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 2,230 มิลลิเมตร และ 2,113.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.22 (กรมทรัพยากรน้ำ, 2555)

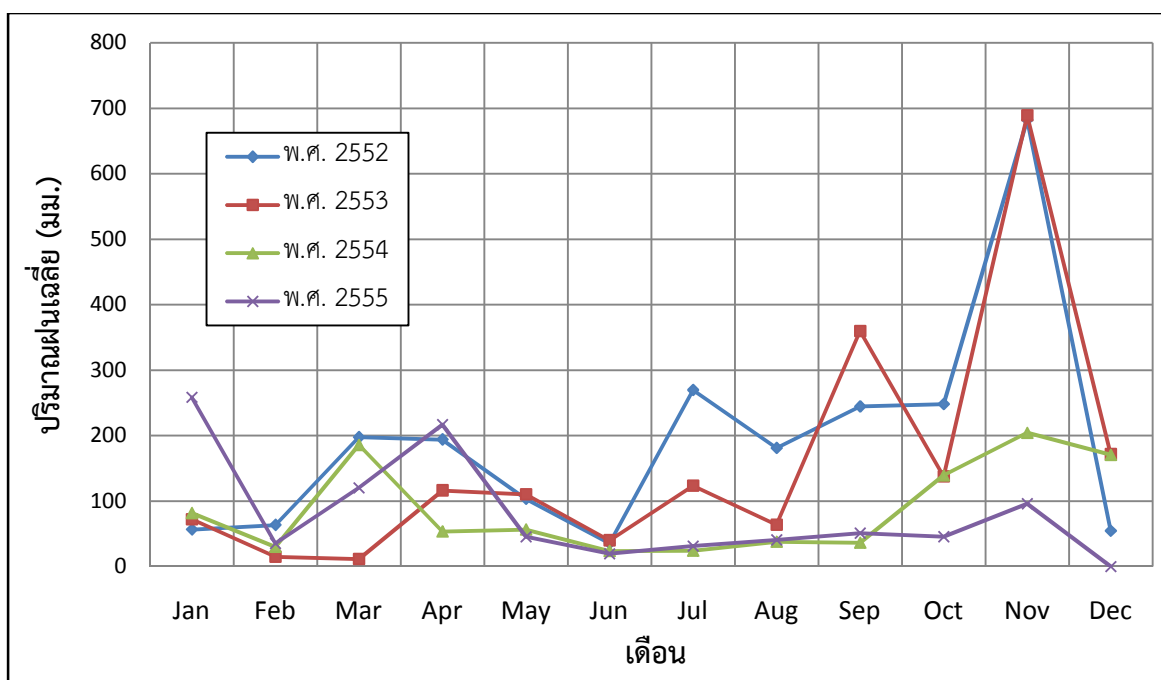
2) ปริมาณน้ำท่า

ข้อมูลระดับน้ำสูงสุด และปริมาณน้ำสูงสุดของคลองนาทวี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี ของกรมชลประทาน (2550) โดยวัดได้ที่สถานีบ้านปากกัน (X.42) ตำบลท่าประดู่ อำเภอนาทวี มีข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 – พ.ศ. 2530 พบว่า ระดับน้ำในคลองนาทวีมีระดับสูงสุดที่ +6.80 เมตร รทก. ในปี พ.ศ. 2521 พ.ศ. 2524 และพ.ศ. 2525 (รูปที่ 4.23) สำหรับปริมาณน้ำสูงสุดในคลองนาทวี มีปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 98 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี พ.ศ. 2519 ดังแสดงในรูปที่ 4.24

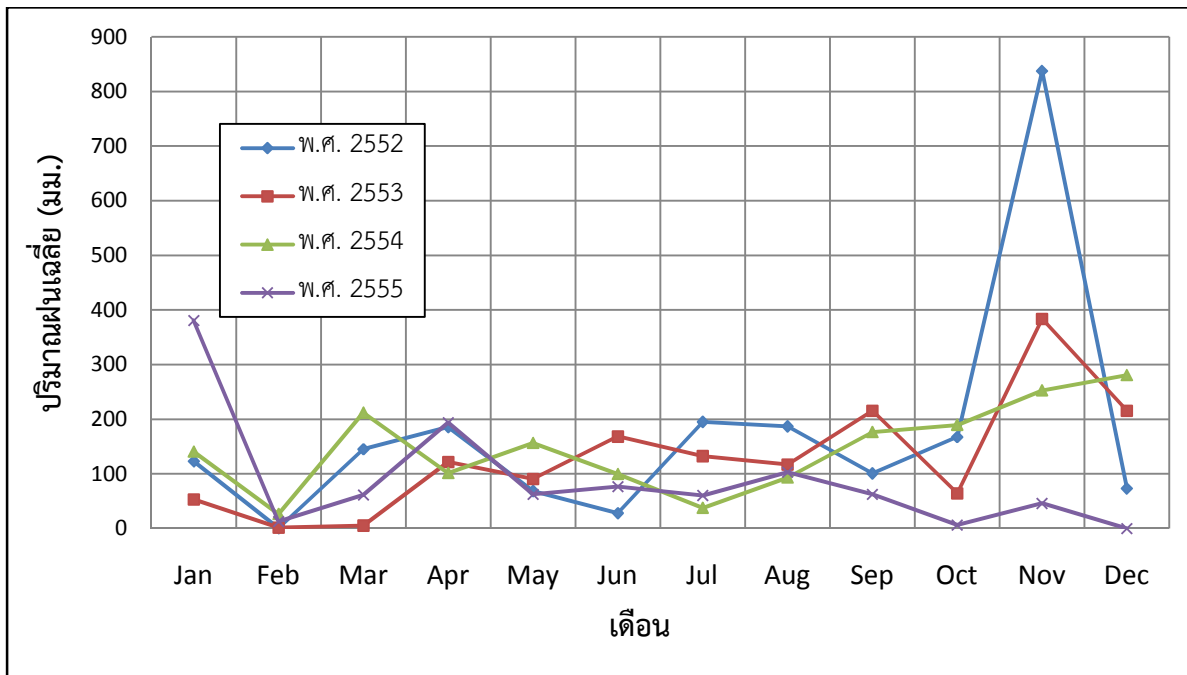
สำหรับในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีข้อมูลปริมาณน้ำในคลองรัตภูมิของกรมชลประทาน (2555) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – ปี พ.ศ. 2555 โดยวัดได้ที่สถานีบ้านนาสีทอง (X.67A) ตำบลนาสีทอง อำเภอรัตภูมิ มีปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 430.86 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2554 ดังแสดงในรูปที่ 4.25



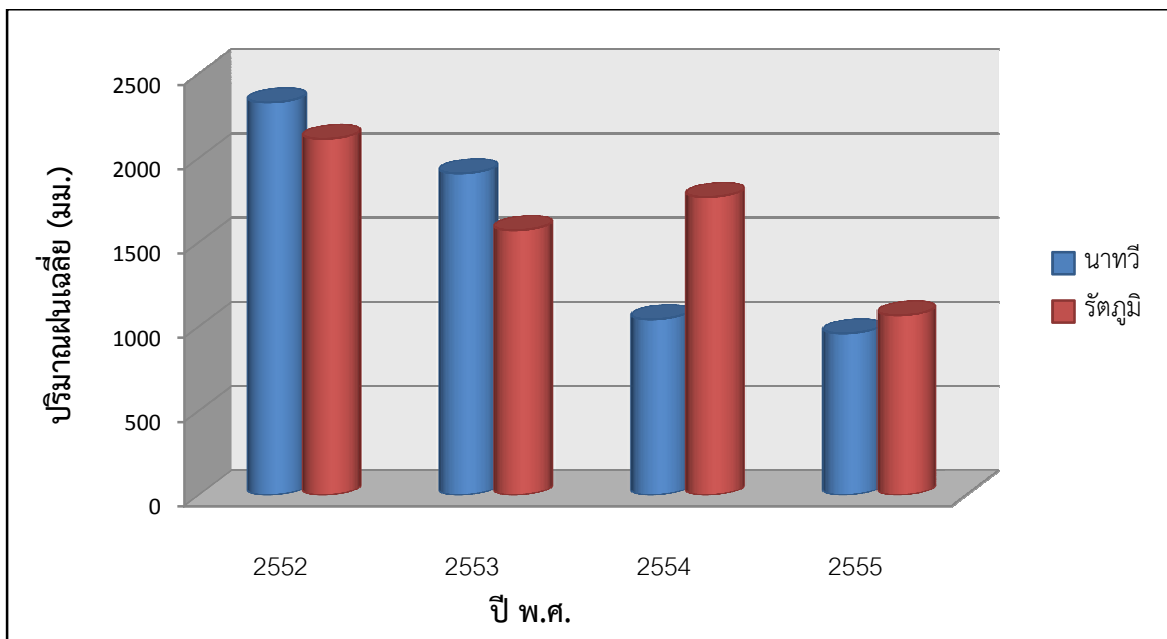
รูปที่ 4.19 ตำแหน่งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตนภูมิ และลุ่มน้ำคลองนาทวี ของกรมทรัพยากรน้ำ



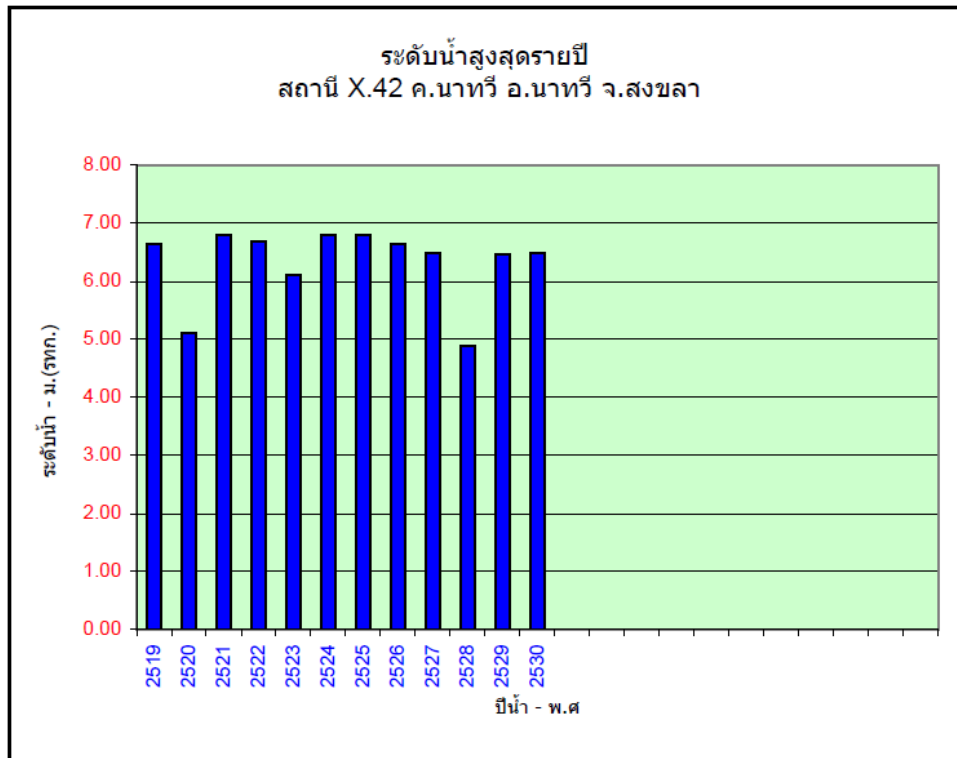
รูปที่ 4.20 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาวิ



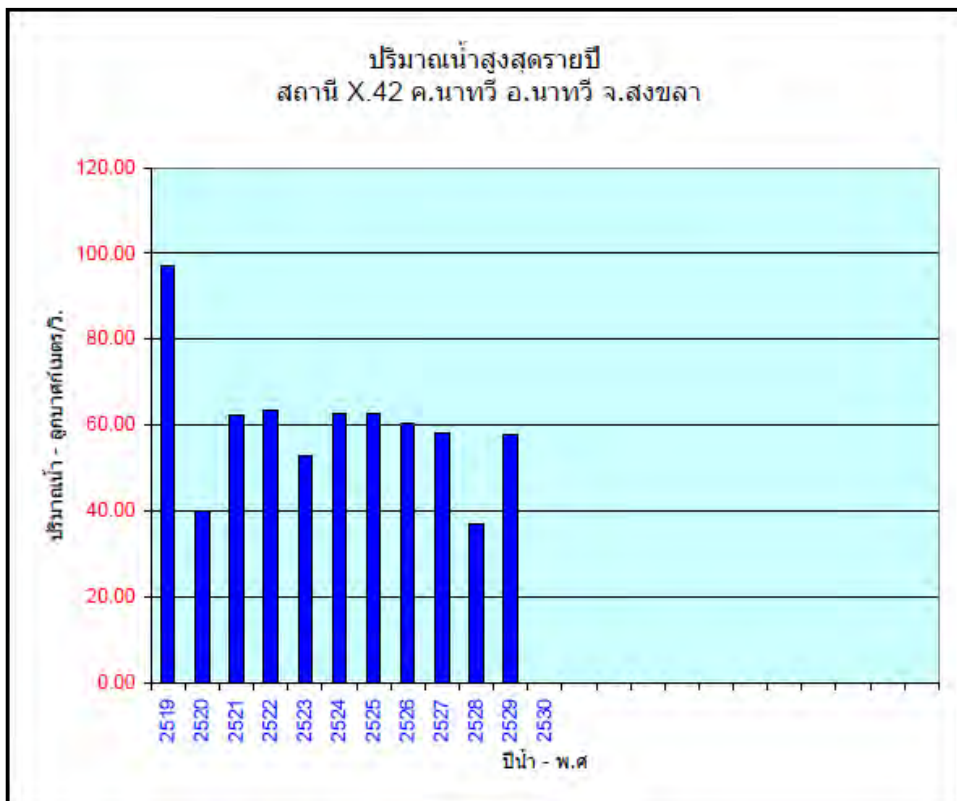
รูปที่ 4.21 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ



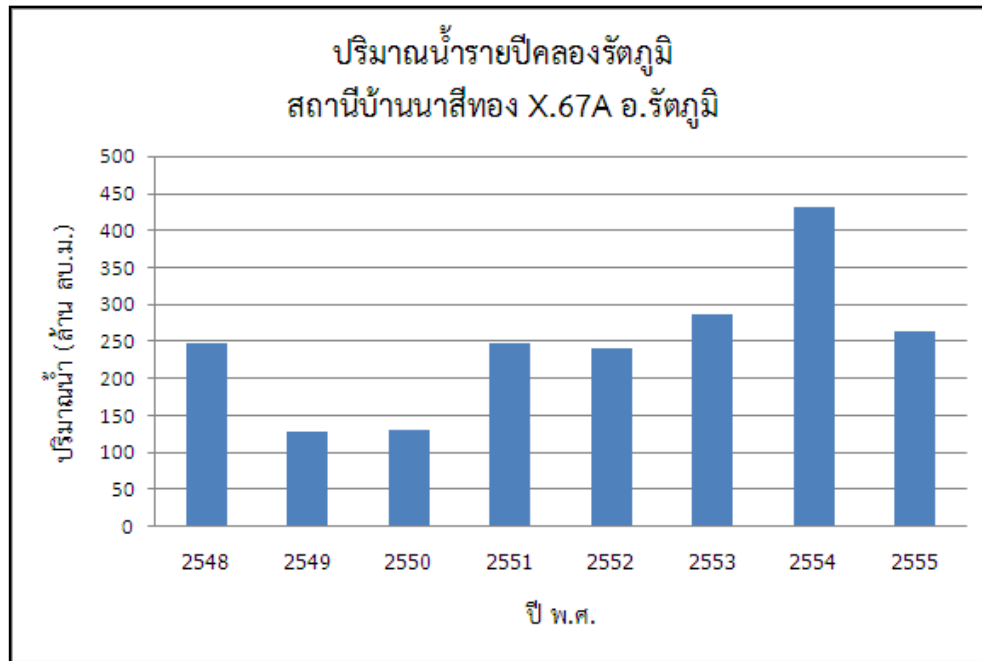
รูปที่ 4.22 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ



รูปที่ 4.23 ระดับน้ำสูงสุดรายปีในคลองนาทวีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 - ปี พ.ศ. 2530



รูปที่ 4.24 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปีในคลองนาทวีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 - ปี พ.ศ. 2530



รูปที่ 4.25 ปริมาณน้ำรายปีในคลองรัตภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 - ปี พ.ศ. 2555

4.5.2 หน้าตัดของคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ

การวัดหน้าตัดของคลองในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้แบ่งการวัดออกเป็น 3 จุด ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ ของลุ่มน้ำทั้งสอง โดยการวัดหน้าตัดของคลองได้กำหนดระดับสมมุติ (ร.ส.ม.) ที่ท้องคลองมีค่าเท่ากับ 0.00 เมตร ซึ่งรายละเอียดของแต่ละพื้นที่มีดังนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีได้ทำการวัดหน้าตัดของคลองนาทวี (ตารางที่ 4.11) ที่สะพานผูกประคู้ บ้านป่ากัน ตำบลท่าประคู้ อำเภอนาทวี เป็นพื้นที่ต้นน้ำ พบว่าคลองนาทวีมีความกว้างเท่ากับ 100 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งเท่ากับ 9.00 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 50 เมตร จากตลิ่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.26 ที่สะพานตลาดนาทวี ตำบลคลองทราย อำเภอนาทวี เป็นพื้นที่กลางน้ำ พบว่าคลองนาทวีมีความกว้างเท่ากับ 60 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งประมาณ 7.40 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 20 เมตร จากตลิ่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.27 และที่สะพานคลองลึก ตำบลบ้านนา อำเภोजะนะ เป็นพื้นที่ปลายน้ำ พบว่าคลองนาทวีมีความกว้างประมาณ 27 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งประมาณ 5.00 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 25 เมตร จากตลิ่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลหน้าตัดของคลองนาทวีที่ตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่งที่วัด	ความกว้างจากตลิ่งซ้าย – ตลิ่งขวา (เมตร)	ความลึกสูงสุดจากระดับตลิ่ง (เมตร)
สะพานผูกประคู้	100.0	9.0
สะพานตลาดนาทวี	60.0	7.4
สะพานคลองลึก	27.0	5.0

2) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

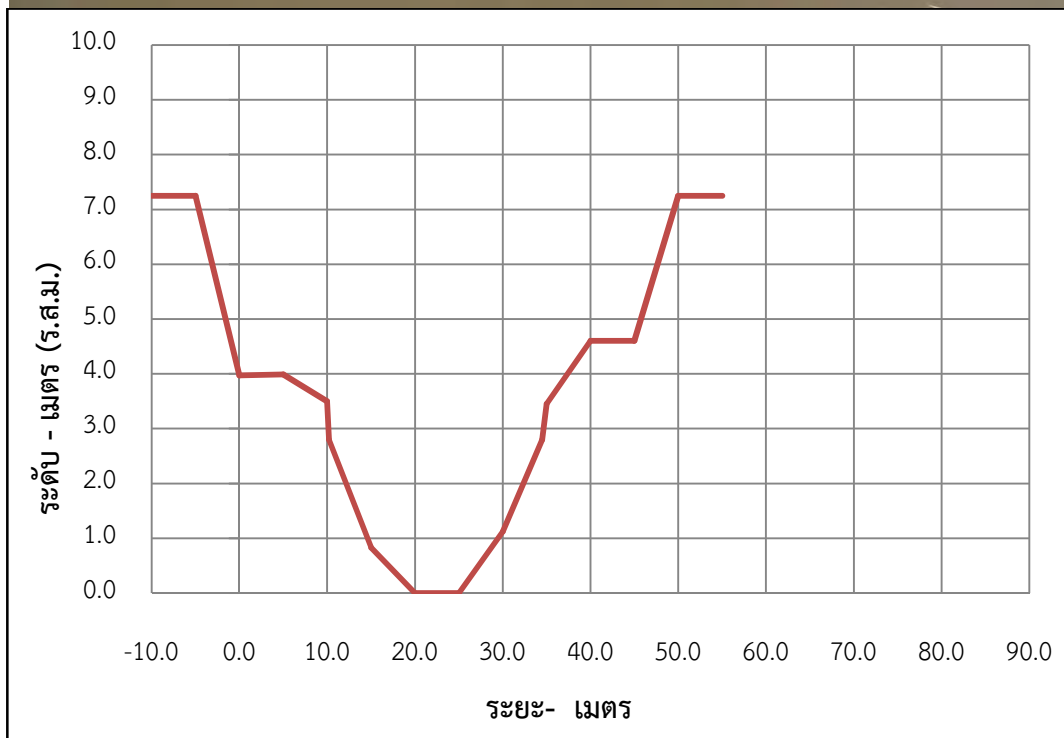
ในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิได้ทำการวัดหน้าตัดคลองรัตภูมิ (ตารางที่ 4.12) ที่สะพานบ้านควนดินแดง ตำบลเขาพระ อำเภอรัตภูมิ เป็นพื้นที่ต้นน้ำ พบว่าคลองรัตภูมิมีความกว้างเท่ากับ 35 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งเท่ากับ 6.00 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 35 เมตร จากตลิ่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ที่สะพานหน้าฝายชะมวง ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ พบว่าคลองรัตภูมิมีความกว้างเท่ากับ 60 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งเท่ากับ 4.00 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 25 เมตร จากตลิ่งซ้ายดังแสดงในรูปที่ 4.30 และที่สะพานวัดเขาดกน้ำ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตภูมิ เป็นพื้นที่กลางน้ำ พบว่าคลองรัตภูมิมีความกว้างเท่ากับ 35 เมตร มีระดับความลึกสูงสุดวัดจากระดับตลิ่งเท่ากับ 7.00 เมตร (ร.ส.ม.) ที่ระยะประมาณ 20 เมตร จากตลิ่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.31

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลหน้าตัดของคลองรัตภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ

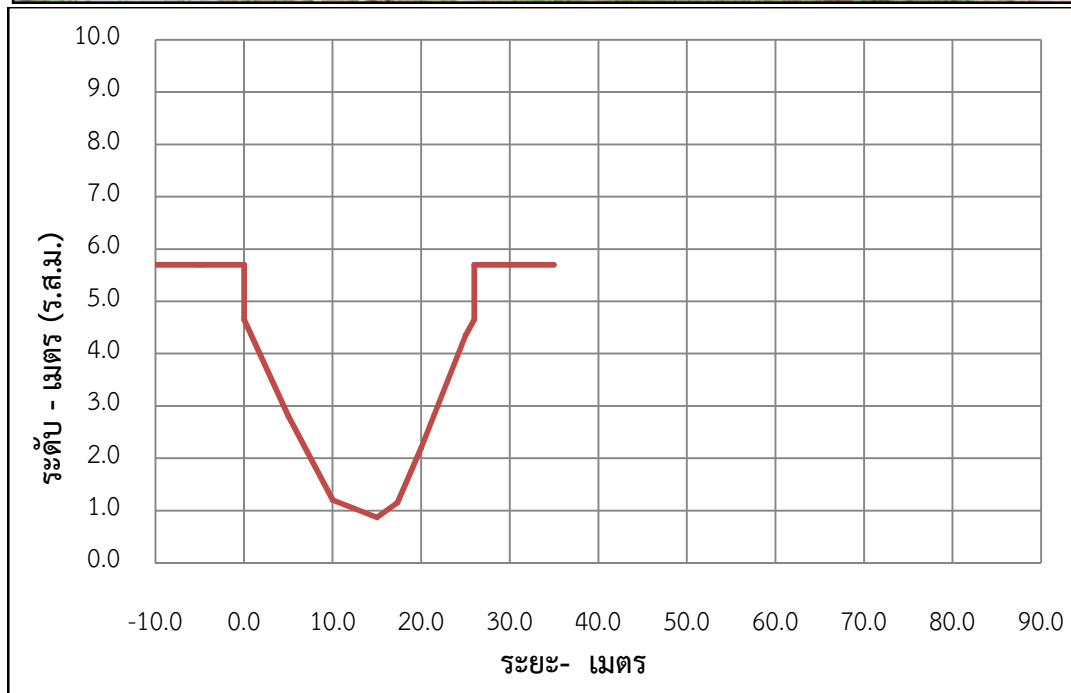
ตำแหน่งที่วัด	ความกว้างจากตลิ่งซ้าย – ตลิ่งขวา (เมตร)	ความลึกสูงสุดจากระดับตลิ่ง (เมตร)
สะพานบ้านควนดินแดง	35.0	6.0
สะพานฝายชะมวง	60.0	4.0
สะพานวัดเขาดกน้ำ	35.0	7.0



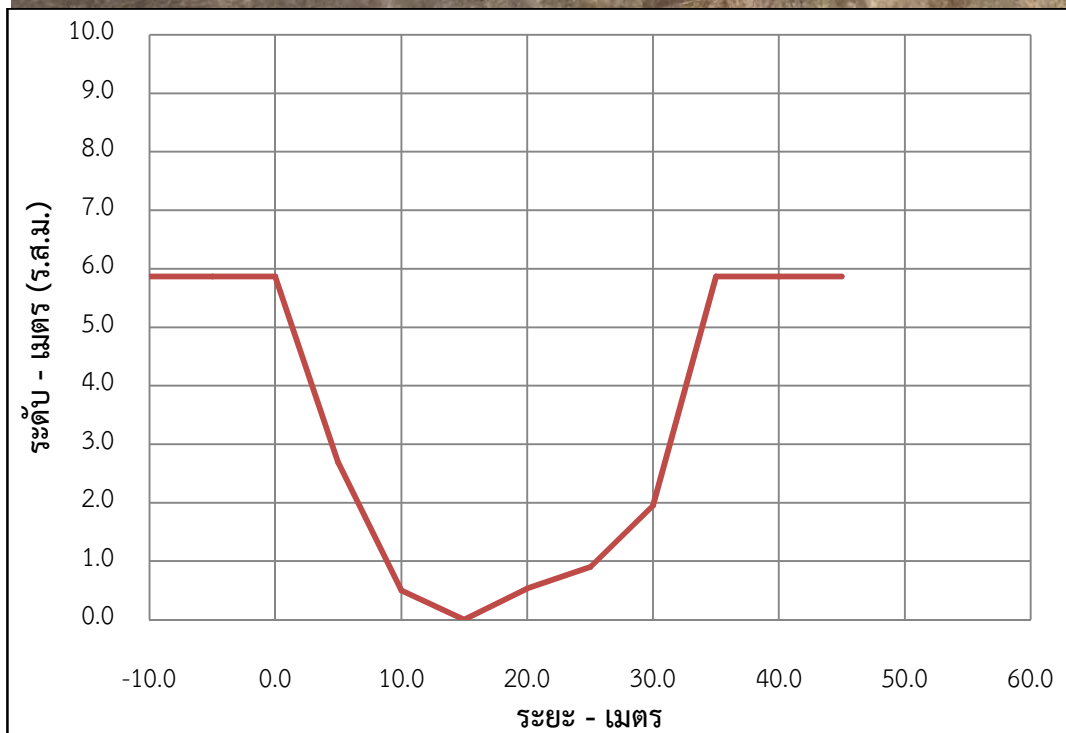
รูปที่ 4.26 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานผูกประตู่ ตำบลท่าประตู่ อำเภอนาทวี



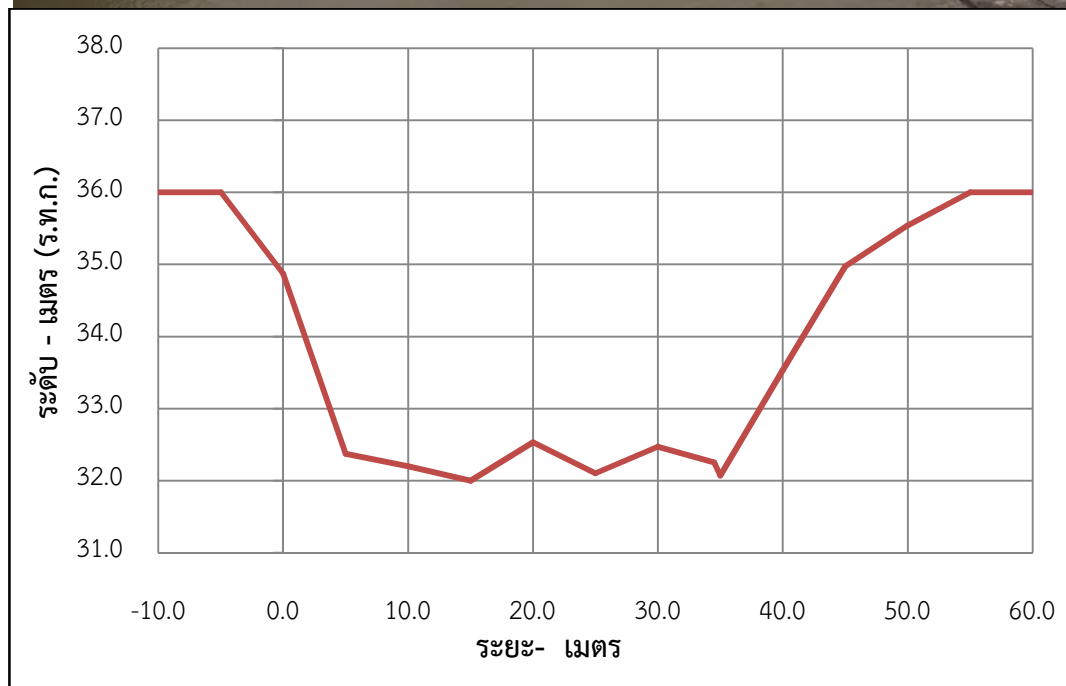
รูปที่ 4.27 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานตลาดนาทวี ตำบลคลองทราย อำเภอนาทวี



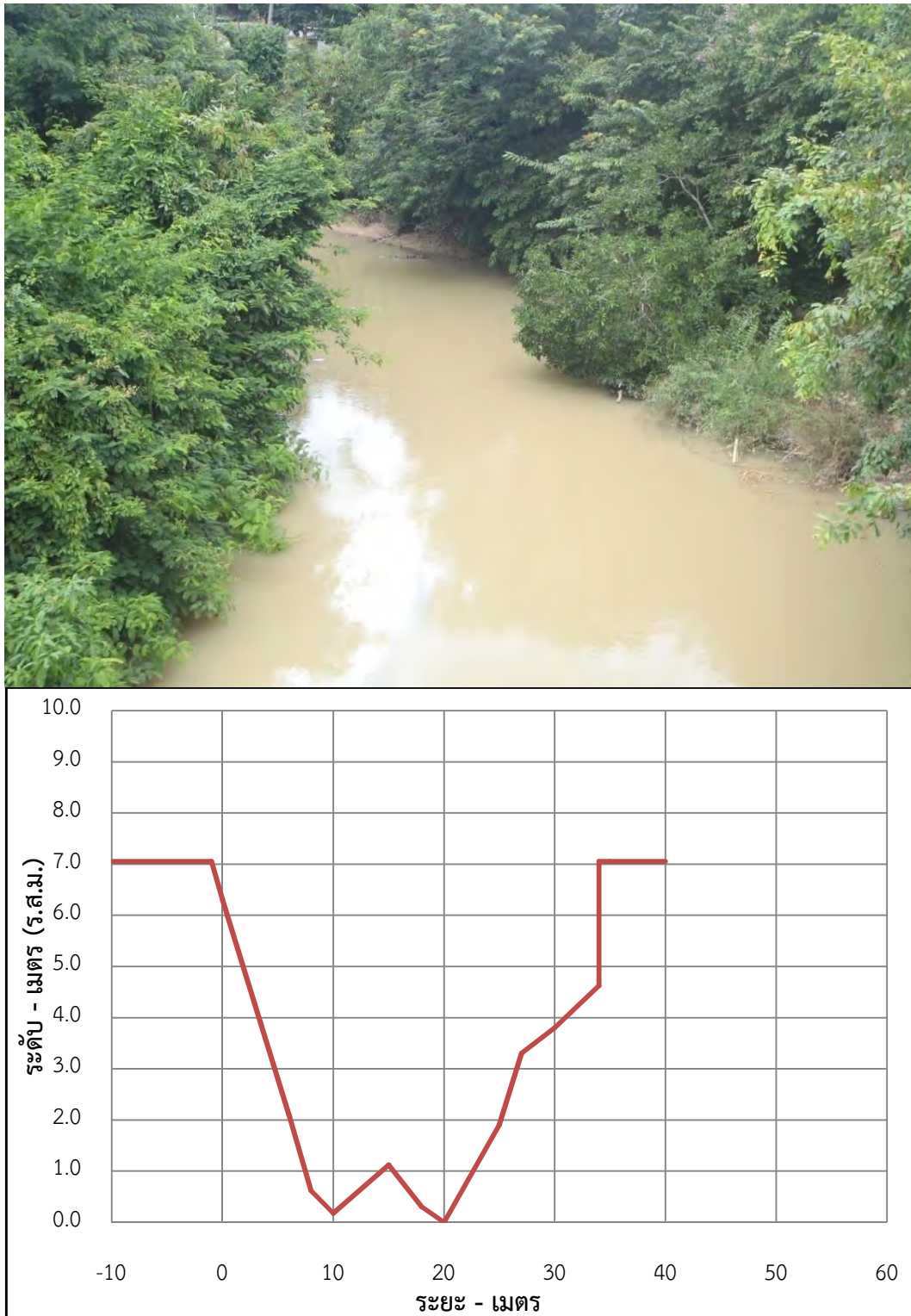
รูปที่ 4.28 หน้าตัดคลองนาทวีที่สะพานคลองลึก ตำบลบ้านนา อำเภोजะนะ



รูปที่ 4.29 หน้าตัดคลองรัษฎุมิที่สะพานบ้านควนดินแดง ตำบลเขาพระ อำเภอรัษฎุมิ



รูปที่ 4.30 หน้าตัดคลองรัษฎุมิที่สะพานฝ่ายชะมวง ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัษฎุมิ



รูปที่ 4.31 หน้าตัดคลองรัตภูมิที่สะพานวัดเขตกน้ำ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตภูมิ

4.5.3 ผลการวิเคราะห์ผังลำน้ำ และตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตร

ตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ พิจารณาจากผังลำน้ำของลุ่มน้ำคลองนาทวี (รูปที่ 4.32) และผังลำน้ำของลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ (รูปที่ 4.33) รวมถึงความเหมาะสมของภูมิประเทศ และความมีประสิทธิภาพในการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตรได้จำนวนทั้งสิ้น 6 สถานี โดยแบ่งเป็นในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี 3 สถานี และเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ 3 สถานี โดยรายละเอียดของแต่ละสถานีแสดงได้ดังนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

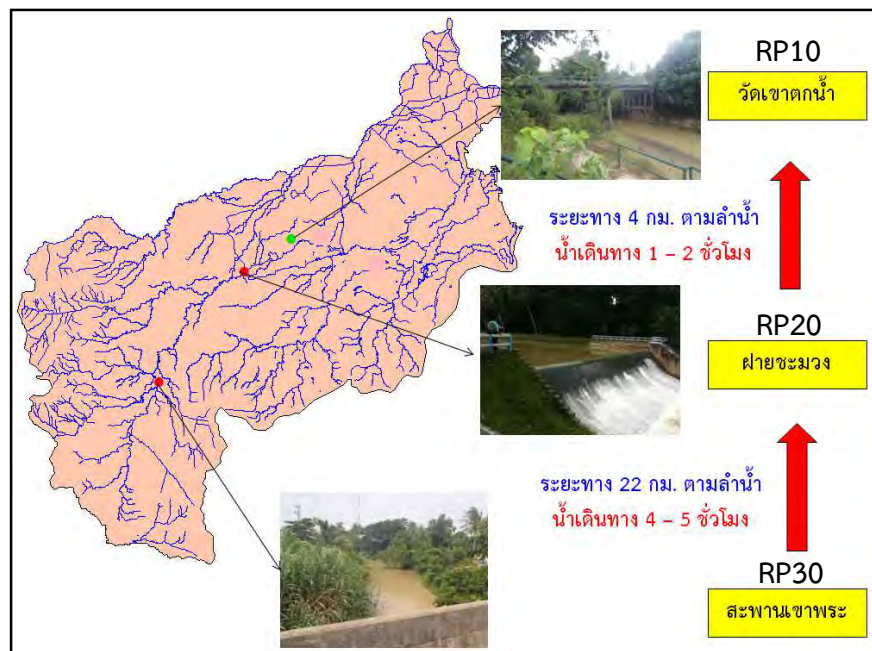
พิกัดตำแหน่ง และที่ตั้งของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีทั้ง 3 สถานี สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.34 ซึ่งระยะเวลาน้ำหลาก (ระยะเวลาในการเดินทางของน้ำ) ได้ใช้ข้อมูลหลักจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน และ กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่พัฒนาขึ้น (แสดงในหัวข้อ 4.6.2) สามารถประเมินได้ดังนี้ พิจารณาจากจุดที่ 1 (NW41) ไปยังจุดที่ 2 (NW30) มีระยะทางตามลำน้ำ 15 กิโลเมตร น้ำใช้เวลาเดินทางประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง และจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 3 (NW10) มีระยะทางตามลำน้ำ 29 กิโลเมตร น้ำใช้เวลาเดินทางประมาณ 8 – 9 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สามารถเตือนภัยได้ในพื้นที่ตำบลคลองทราย และตำบลบ้านนา ซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจของอำเภอนาทวี และอำเภอจะนะ ตามลำดับ จึงได้เลือกตำแหน่งเหล่านี้เป็นสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ตารางที่ 4.13 พิกัดตำแหน่งและที่ตั้งของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

จุดที่	รหัสสถานี	ที่ตั้ง	พิกัดตำแหน่ง		ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ
			N	E	
1	NW41	สะพานผูกประดู่ บ้านปากัน ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี	739213	686456	4 – 5 ชั่วโมง
2	NW30	สะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี	745450	687346	
3	NW10	สะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ	763997	691304	8 – 9 ชั่วโมง

2) ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

พิกัดตำแหน่ง และที่ตั้งของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิทั้ง 3 สถานี สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.35 ซึ่งระยะเวลาในการเดินทางของน้ำได้ใช้ข้อมูลหลักจากการสอบถามชาวบ้านในพื้นที่ และเจ้าหน้าที่จากฝ่ายส่งน้ำ และบำรุงรักษาที่ 3 ฝ่ายชะมวง กรมชลประทาน และ กราฟ



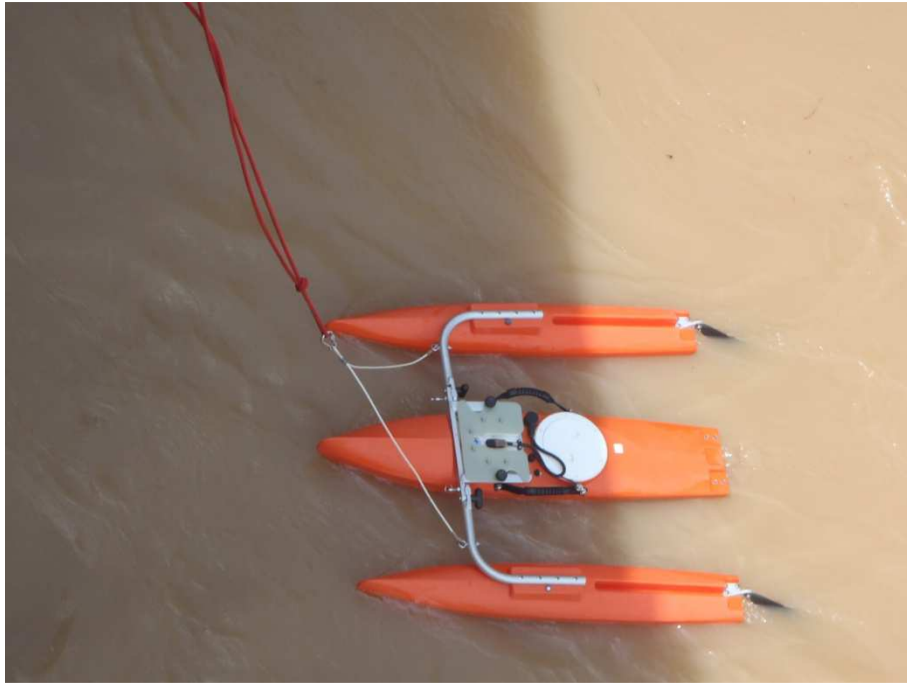
รูปที่ 4.35 จุดติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.6 ผลการจัดทำข้อมูลทางอุทกวิทยาของสถานีโทรมาตร

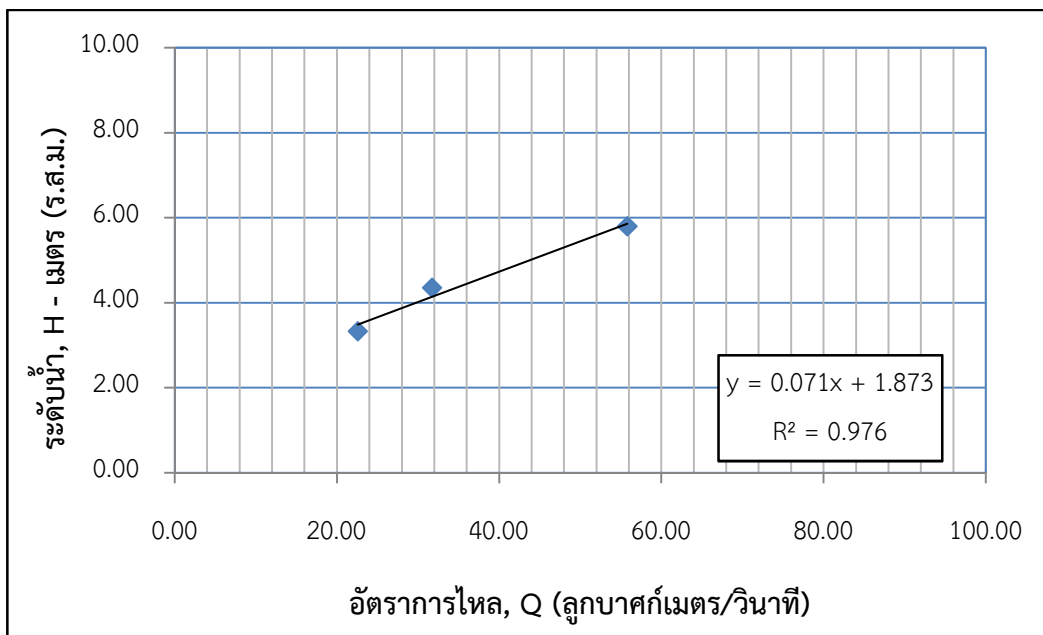
การจัดทำข้อมูลทางอุทกวิทยาของสถานีโทรมาตรเป็นการรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำฝน น้ำท่าของสถานีโทรมาตร ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ การวิเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph) และการติดตั้งสถานีโทรมาตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.6.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำ

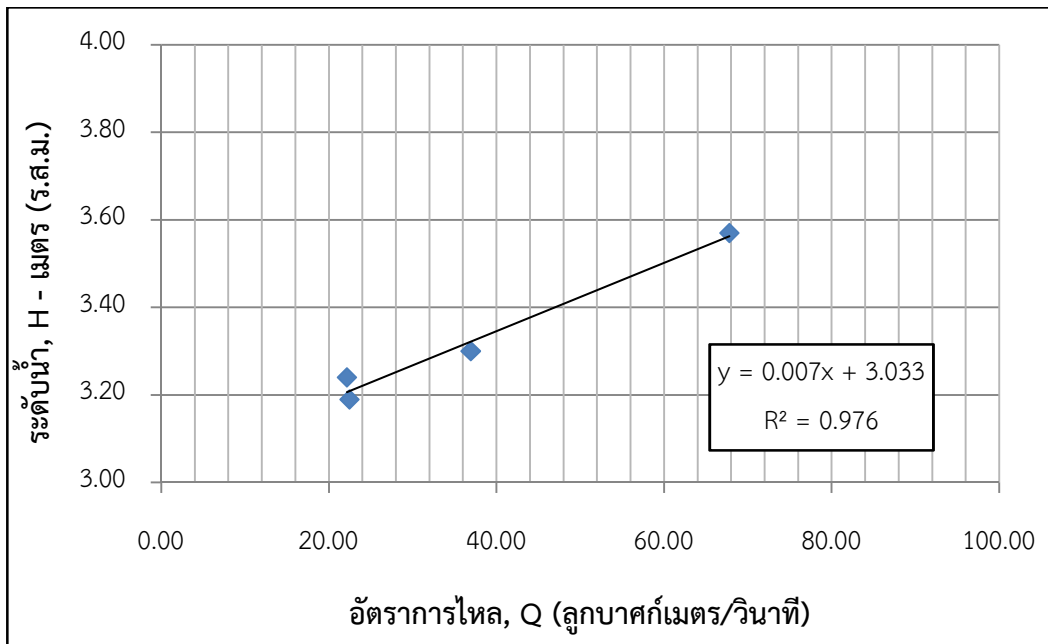
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้ทำการวัดอัตราการไหลในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2556 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีปริมาณฝนเพียง 1 ฤดูกาล โดยทำการวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ (River Surveyor Overview; ยี่ห้อ Teledyne RD Instruments รุ่น River Ray ADCP) ดังแสดงในรูปที่ 4.36 ซึ่งทำการวัดได้สถานีละประมาณ 3 - 5 ข้อมูลเท่านั้น ดังนั้น ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของทุกสถานีโทรมาตรอาจยังไม่มีควมแม่นยำมากพอ ต้องมีการเก็บข้อมูลในปีต่อไป เพื่อพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี ดังแสดงในรูปที่ 4.37 - รูปที่ 4.39 และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.40 - รูปที่ 4.42 และสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังตารางที่ 4.15 (รายละเอียดผลการวัดอัตราการไหลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.)



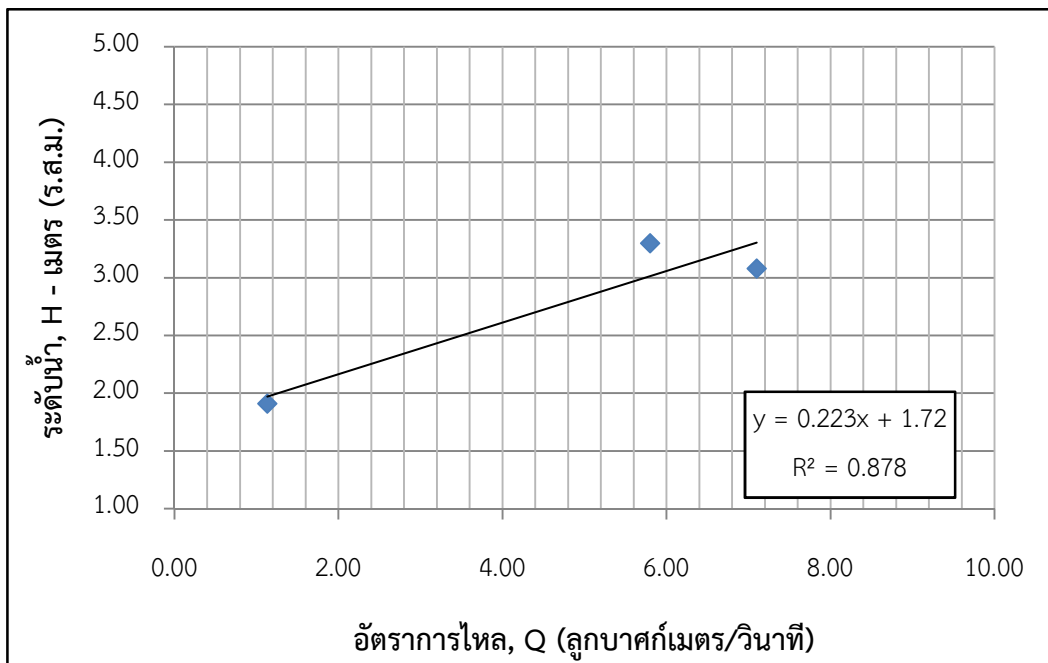
รูปที่ 4.36 การวัดอัตราการไหลของลำน้ำด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ



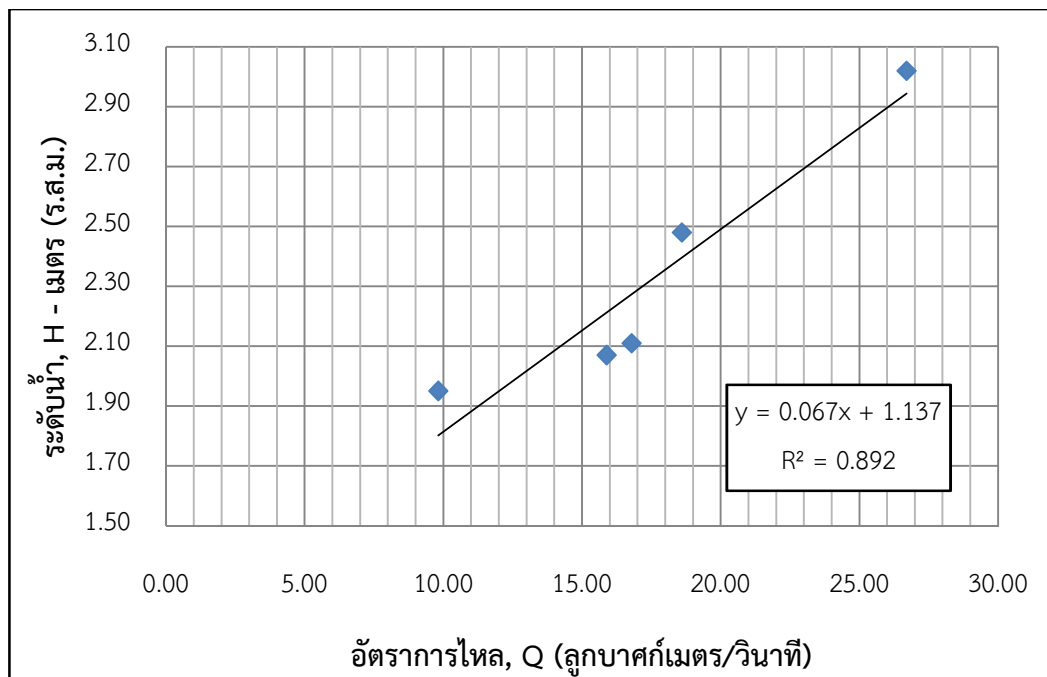
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีบ้านปากัน ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี (NW41)



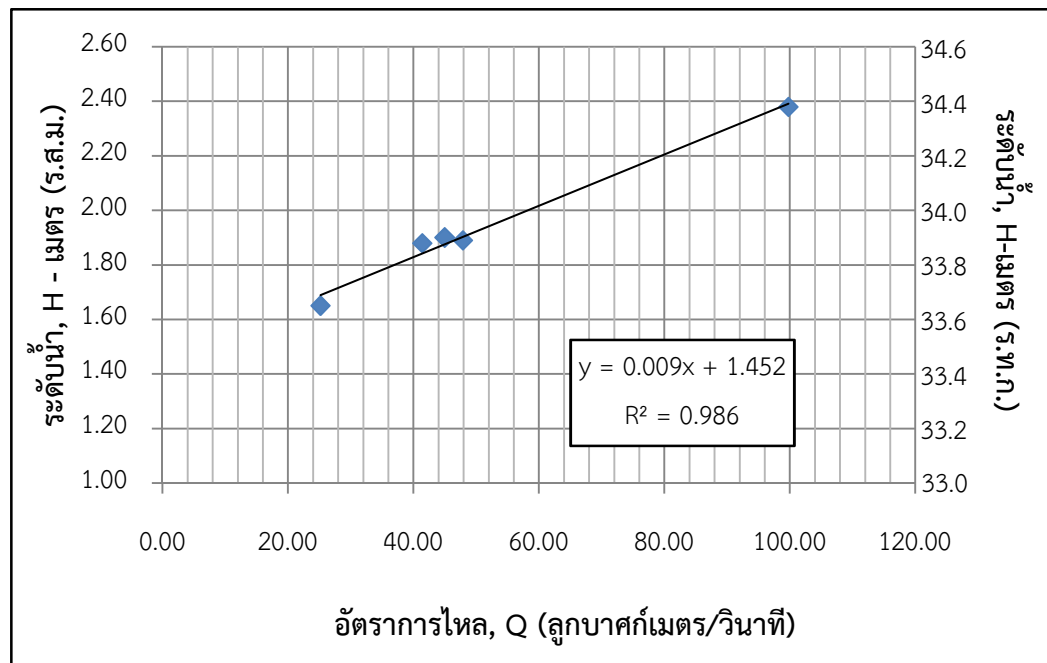
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี (NW30)



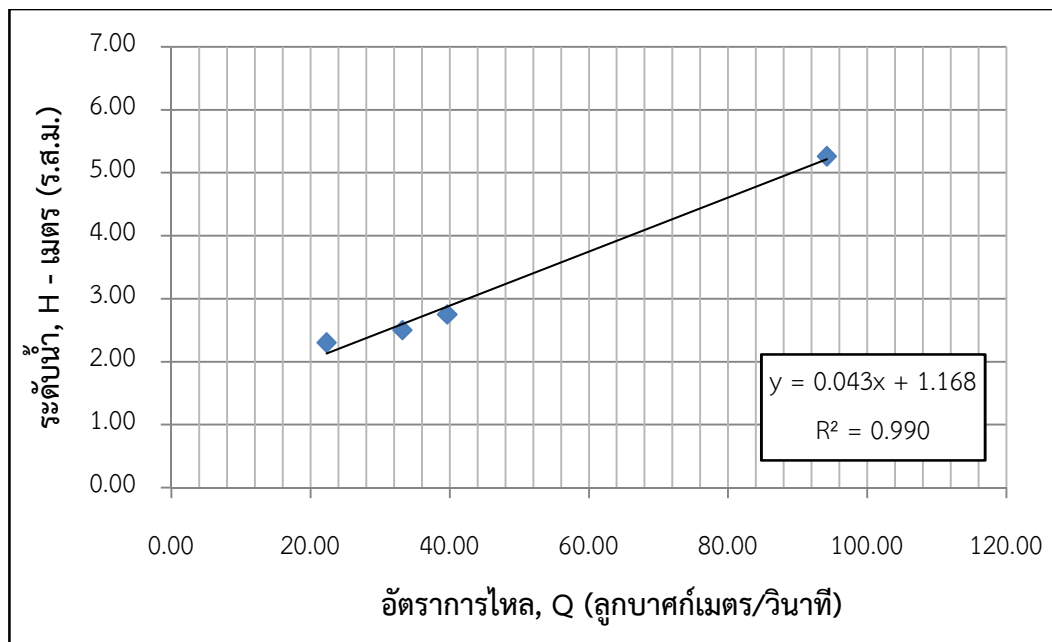
รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองนาทวี ที่สถานีคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ (NW10)



รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ (RP30)



รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง (RP20)



รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในคลองรัตภูมิ ที่สถานีวัดเขตกน้ำ ต.กำแพงเพชร (RP10)

ตารางที่ 4.15 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

พื้นที่ลุ่มน้ำ	ชื่อสถานี	สมการ	ค่า R^2
ลุ่มน้ำคลองนาทวี	บ้านปากกัน ต.ท่าประดู่	$Q = (H-1.873)/0.071$	0.976
	ตลาดนาทวี ต.คลองทราย	$Q = (H-3.033)/0.007$	0.976
	บ้านคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ	$Q = (H-1.720)/0.223$	0.878
ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ	บ้านควนดินแดง ต.เขาพระ	$Q = (H-1.137)/0.067$	0.892
	ฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง	$Q = (H-33.45)/0.009$	0.986
	วัดเขตกน้ำ ต.กำแพงเพชร	$Q = (H-1.168)/0.043$	0.990

4.6.2 ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)

การวิเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder (1938) ซึ่งผลการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของสถานีโทรมาตรทั้ง 6 สถานี สามารถสรุปได้ดังนี้

การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder (1938) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ จำเป็นต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวทั้ง 2 ค่า ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมาก่อน ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) จากลุ่มน้ำใกล้เคียงที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายคลึงกัน ได้แก่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา ซึ่งไพศาล และปภาวิชัย (2555) ได้ทำการศึกษาไว้แล้ว ดังนั้น จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) ของลุ่มน้ำคลองอุตะเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.134 และ 0.508 ตามลำดับ ในการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของพื้นที่ทั้ง 2 ลุ่มน้ำ

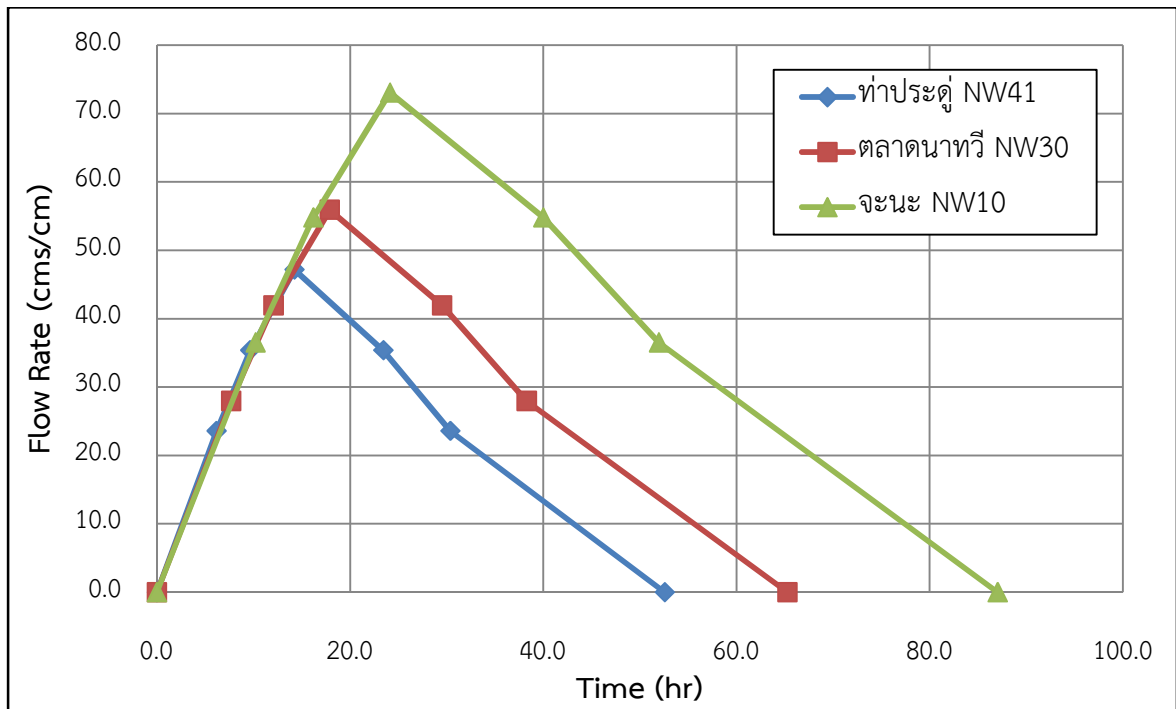
1) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรทั้ง 3 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานผูกประคู้ ต.ท่าประคู้ สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย และสถานีสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.43 โดยรายละเอียดการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

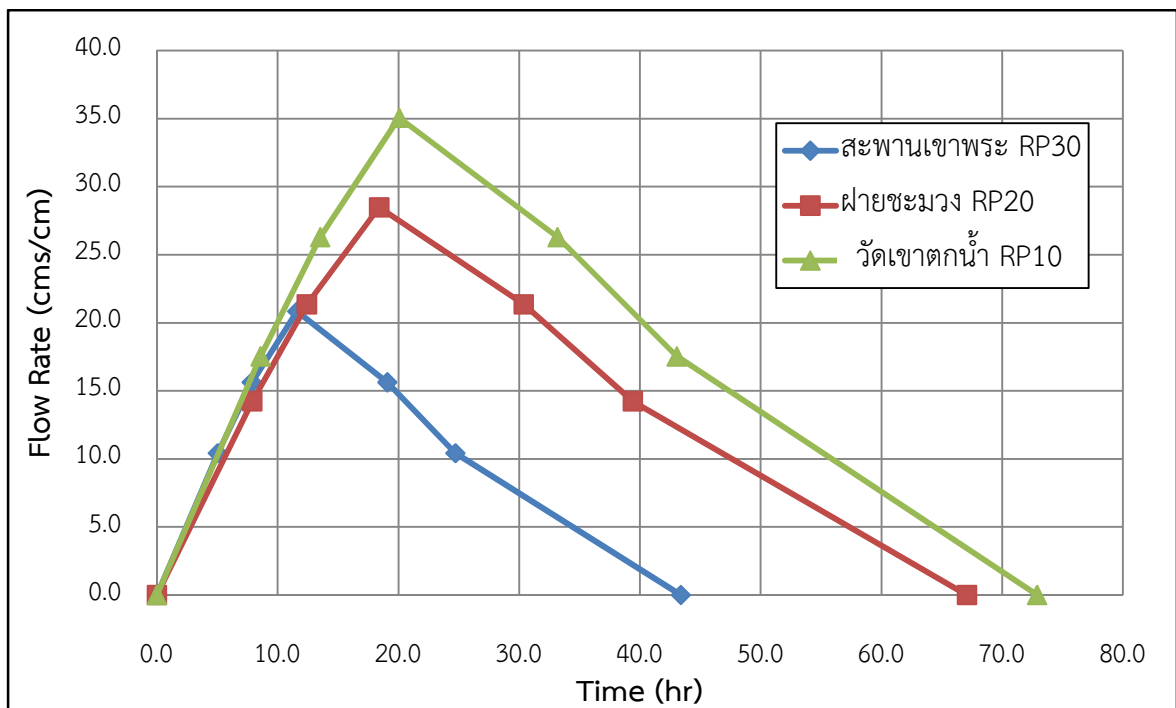
2) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิที่วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรทั้ง 3 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ สถานีสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง และสถานีสะพานวัดเขาคันท้ำ ต.กำแพงเพชร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.44 โดยรายละเอียดการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค. โดยข้อมูลอัตราการไหลของสถานีฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง ที่คำนวณได้จากกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยอาจไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง เนื่องจากมีโครงสร้างทางชลศาสตร์ ได้แก่ฝายชะมวงมาคันน้ำ ซึ่งคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมจากข้อมูลอัตราการไหลที่วัดได้จริงต่อไป

อย่างไรก็ตามกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สังเคราะห์ได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิด้วยวิธีของ Snyder (1938) คำนวณจากค่าคงที่ที่นำมาจากลุ่มน้ำใกล้เคียง ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องจากข้อมูลจริงที่จะวัดได้ต่อไปอีก 2 - 3 ปี ข้างหน้าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.43 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยจากวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวี



รูปที่ 4.44 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยจากวิธีของ Snyder (1938) ของสถานีโทรมาตรในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

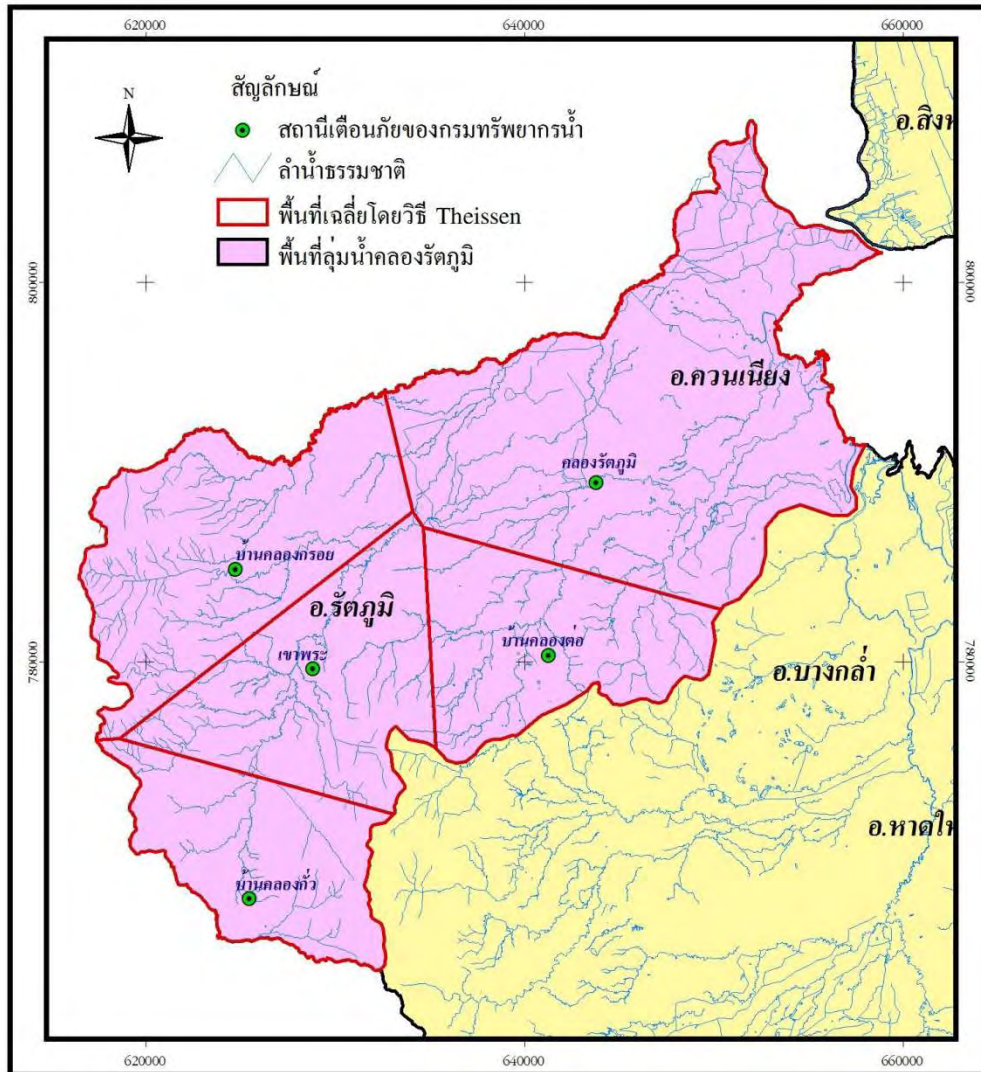
4.6.3 แนวทางการประยุกต์ใช้กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)

การประยุกต์ใช้กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยต้องมียุทธศาสตร์ประกอบหลัก ได้แก่ สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า เพื่อนำมาวิเคราะห์คาดการณ์ปริมาณน้ำในลำคลอง จากปริมาณน้ำฝน 1 ลูก หรือพายุฝนหลายลูก ในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ ได้ เมื่อมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาหาค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Theissen แล้วนำค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์และคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลำคลองโดยใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่สังเคราะห์ได้และหลักการ Superposition (ดังตัวอย่างแสดงในรูป 2.8)

สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีมีสถานีเตือนภัยของกรมทรัพยากรน้ำ (เข้าถึงได้ที่ http://202.129.59.76/website/ews_all/index.php) ตั้งอยู่จำนวน 10 สถานี ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ด้วยวิธี Theissen ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.45 และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีสถานีเตือนภัยของกรมทรัพยากรน้ำตั้งอยู่จำนวน 5 สถานี ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ด้วยวิธี Theissen ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.46

ตารางที่ 4.16 พื้นที่เฉลี่ยด้วยวิธี Theissen ของสถานีเตือนภัยในลุ่มน้ำคลองนาทวี

ชื่อสถานี	พิกัดตำแหน่ง		พื้นที่เฉลี่ย Theissen (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่ ทั้งหมด
	N	E		
บ้านวัด	717440	684945	88.03	5.92
บ้านเกาะจง	722458	679952	79.22	5.32
บ้านวังไทร	728059	684795	253.81	17.06
ตลาดนาทวี	745229	687635	193.25	12.99
บ้านคลองทุเรียน	745385	697808	119.40	8.03
บ้านเขานา	750921	679380	141.65	9.52
บ้านขุนยสังข์	755400	679199	92.15	6.19
บ้านแซะ	758215	701656	204.32	13.73
บ้านควนไม้ไผ่	765052	681635	146.17	9.82
บ้านปากช่อง	772881	681826	169.82	11.41
รวม			1,487.80	100.00



รูปที่ 4.46 สถานีเตือนภัยและการเฉลี่ยพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen ของลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.7 การออกแบบ และติดตั้งสถานีโทรมาตร

คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างสถานีโทรมาตรตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งแต่ละสถานีประกอบด้วย องค์ประกอบหลักสามส่วน ได้แก่ ระบบตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำบริเวณต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ แล้ว นำส่งข้อมูลผ่านระบบรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G รวมถึงภาพจริงจากกล้อง CCTV จับภาพระดับน้ำของแต่ละสถานี โดยแสดงผลทั้งหมดบนเว็บไซต์ www.nadrec.psu.ac.th แบบเวลาจริง (Real Time) ดังแสดงในรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 ตัวอย่างสถานีโทรมาตรพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

คณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งสถานีโทรมาตรตามตำแหน่งที่พิจารณาไว้ตามหัวข้อ 4.5.3 เสร็จสิ้นแล้ว ทั้งหมด 5 สถานี แบ่งเป็น 3 สถานีจากพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี ได้แก่ สถานีสะพานผูกประดู่ (NW41) ต.ผูกประดู่ (รูปที่ 4.48) สถานีสะพานตลาดนาทวี (NW30) ต.คลองทราย (รูปที่ 4.49) สถานีสะพานคลองลึก (NW10) ต.บ้านนา อ.จะนะ (รูปที่ 4.50) ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และ 2 สถานี จากพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้แก่ สถานีสะพานบ้านควนดินแดง (RP30) ต.เขาพระ (รูปที่ 4.51) และสถานีสะพานฝายชะมวง (RP20) ต.ท่าชะมวง (รูปที่ 4.52) คงเหลืออีก 1 สถานีที่สะพานวัดเขาคมน้ำ (RP10) ต.กำแพงเพชร ยังไม่ได้ติดตั้ง แต่ได้นำไปติดตั้งที่สถานีบ้านบางศาลา (X.90) ของลุ่มน้ำคลองอุตะเถาแทน (รูปที่ 4.53) โดยทุกสถานีที่ได้ติดตั้งแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ประสานงานกับหน่วยงาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้รับทราบ และช่วยกันดูแลรักษาไม่ให้เกิดการสูญหาย



รูปที่ 4.48 สถานีโทรมาตรสะพานผูกประดู่ ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี (NW41)



รูปที่ 4.49 สถานีโทรมาตรสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี (NW30)



รูปที่ 4.50 สถานีโทรมาตรสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ (NW10)



รูปที่ 4.51 สถานีโทรมาตรสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ (RP30)



รูปที่ 4.52 สถานีโทรมาตรสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ (RP20)



รูปที่ 4.53 สถานีโทรมาตรบ้านบางศาลา (X.90) พื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

4.8 ผลการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

จากผลการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้นำมาพัฒนาเป็นระบบเตือนภัยขึ้นในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรต่างๆ โดยได้แบ่งระดับการเตือนภัยออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับธงเขียว หมายถึง สภาวะปกติ ระดับธงเหลือง หมายถึง ฝ้าระวัง และติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด และระดับธงแดง หมายถึง สภาวะวิกฤติ จะเกิดน้ำท่วม ซึ่งในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรแตกต่างกันไป ดังนี้

4.8.1 ระบบเตือนภัยน้ำท่วมพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีสามารถพัฒนาระบบเตือนภัยของสถานีโทรมาตรทั้ง 3 สถานี โดยอาศัยข้อมูลประกอบจากแผ่นวัดระดับน้ำของกรมชลประทาน และ กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.54

ตารางที่ 4.18 ระดับเตือนภัยน้ำท่วมของสถานีต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

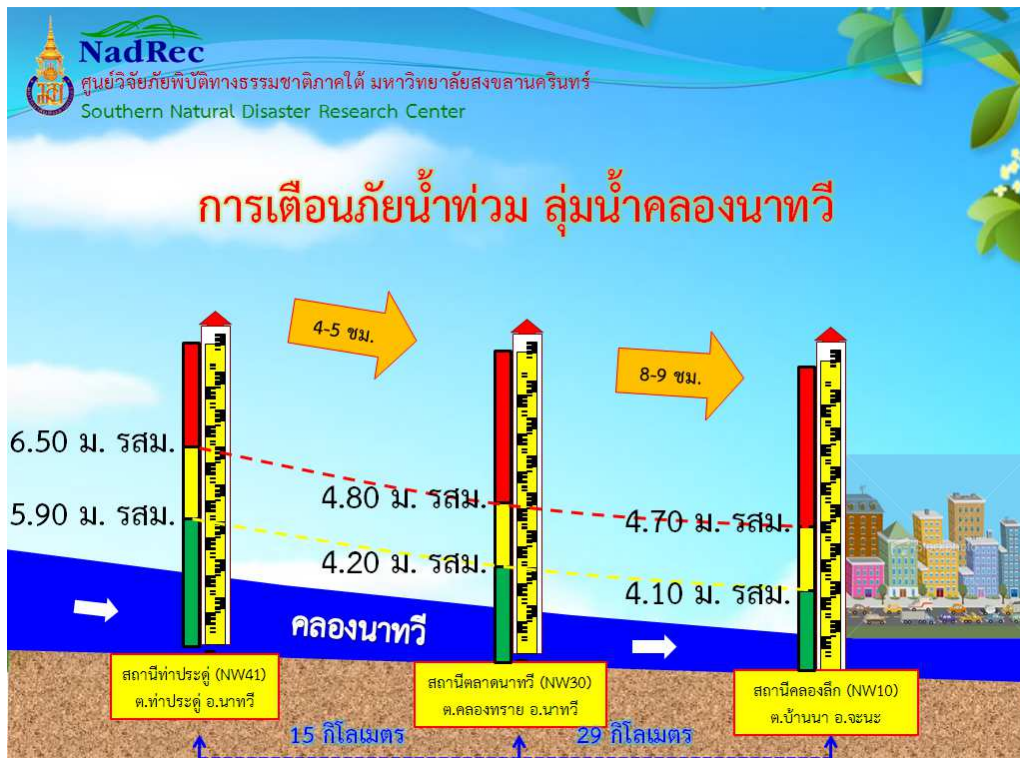
ลำดับ ที่	ชื่อสถานี	ระดับเตือนภัย (เมตร ร.ส.ม.)		
		ธงเขียว ปกติ	ธงเหลือง ฝ้าระวัง	ธงแดง วิกฤติ
1.	สะพานผูกประตู่ ต.ท่าประตู่	< 5.90	5.90 – 6.50	> 6.50
2.	สะพานตลาดนาทวี	< 4.20	4.20 – 4.80	> 4.80
3.	สะพานคลองลึก อ.จะนะ	< 4.10	4.10 – 4.70	> 4.70

4.8.2 ระบบเตือนภัยน้ำท่วมพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

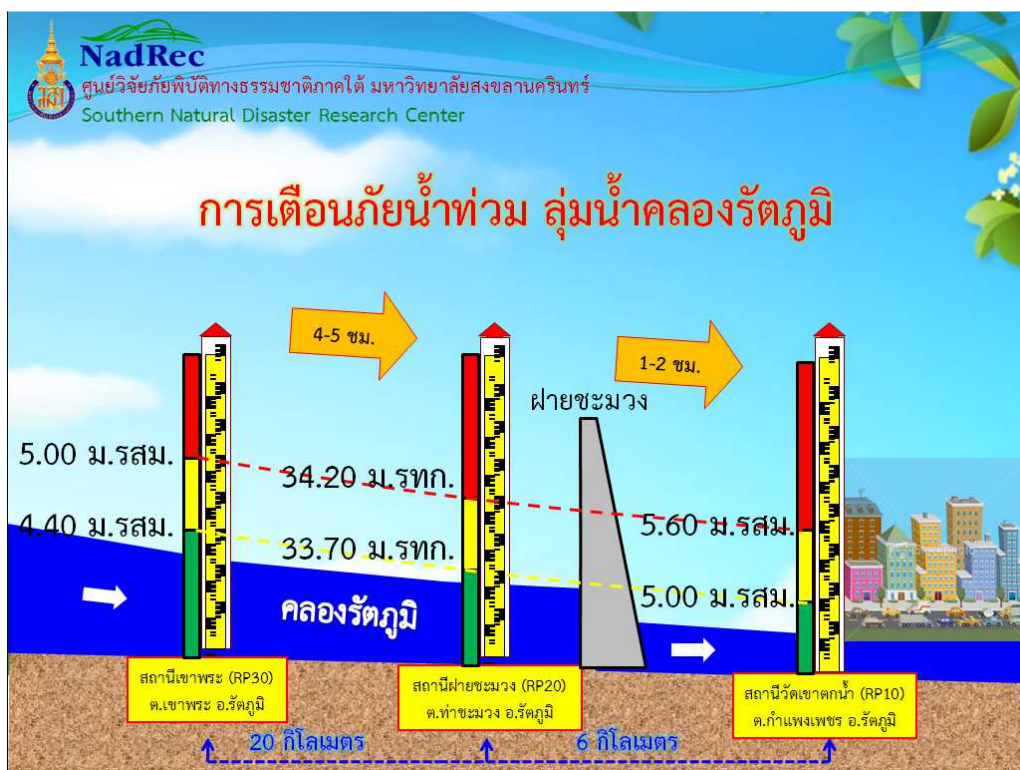
ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิสามารถพัฒนาระบบเตือนภัยของสถานีเตือนที่สถานีสะพานฝายชะมวง โดยอาศัยข้อมูลหลักจาก ฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ท่าชะมวง กรมชลประทาน ชาวบ้านในพื้นที่ และ กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.55

ตารางที่ 4.19 ระดับเตือนภัยน้ำท่วมของสถานีต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

ลำดับ ที่	ชื่อสถานี	ระดับเตือนภัย (เมตร ร.ส.ม.)		
		ธงเขียว ปกติ	ธงเหลือง ฝ้าระวัง	ธงแดง วิกฤติ
1.	สะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ	< 4.00	4.00 – 4.50	> 4.50
2.	สะพานฝายชะมวง (ระดับ – เมตร รทก.)	< 33.70	33.70 – 34.20	> 34.20
3	สะพานวัดเขาดกน้ำ ต.กำแพงเพชร	<5.00	5.00 – 5.50	>5.50



รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี



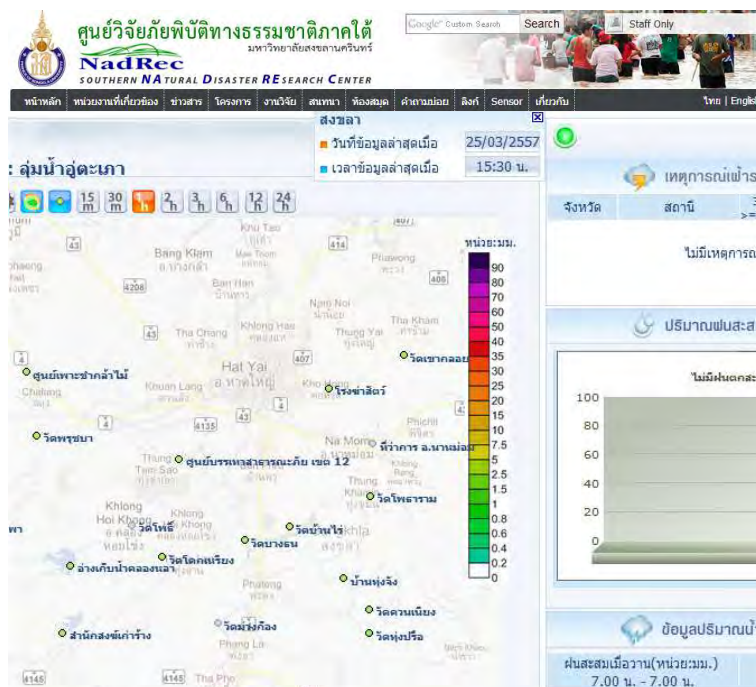
รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

4.8.3 การแสดงผลระบบเตือนภัยบนอินเทอร์เน็ต

การแสดงผลระบบเตือนภัยบนอินเทอร์เน็ตได้แสดงไว้บนเว็บไซต์ของศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (www.nadrec.psu.ac.th) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และ อุทกวิทยาของจังหวัดสงขลา และข้อมูลแสดงระดับน้ำและการเตือนภัยของพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีรายละเอียดดังนี้

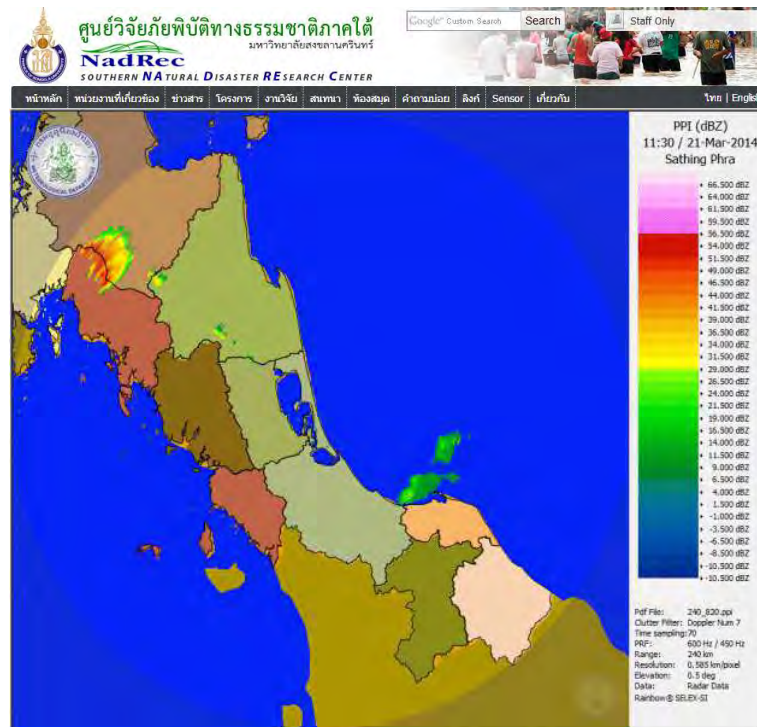
1) ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และ อุทกวิทยาของจังหวัดสงขลา ได้แสดงปริมาณน้ำฝนออนไลน์ ภาพเรดาร์ และแผนที่อากาศประจำวัน โดยข้อมูลหลักได้จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก กรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงในรูปที่ 4.56

2) การแสดงผลของลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ได้แสดงผลในรูปแบบเดียวกันทั้ง 2 ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จากสถานีโทรมาตร (รูปที่ 4.57) ภาพถ่ายจากกล้อง CCTV แบบเวลาจริงของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.58 และรูปที่ 4.59 ตามลำดับ และตารางแสดงข้อมูลระดับน้ำทุกสถานีของลุ่มน้ำราย 15 นาที ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.60 และรูปที่ 4.61 ตามลำดับ

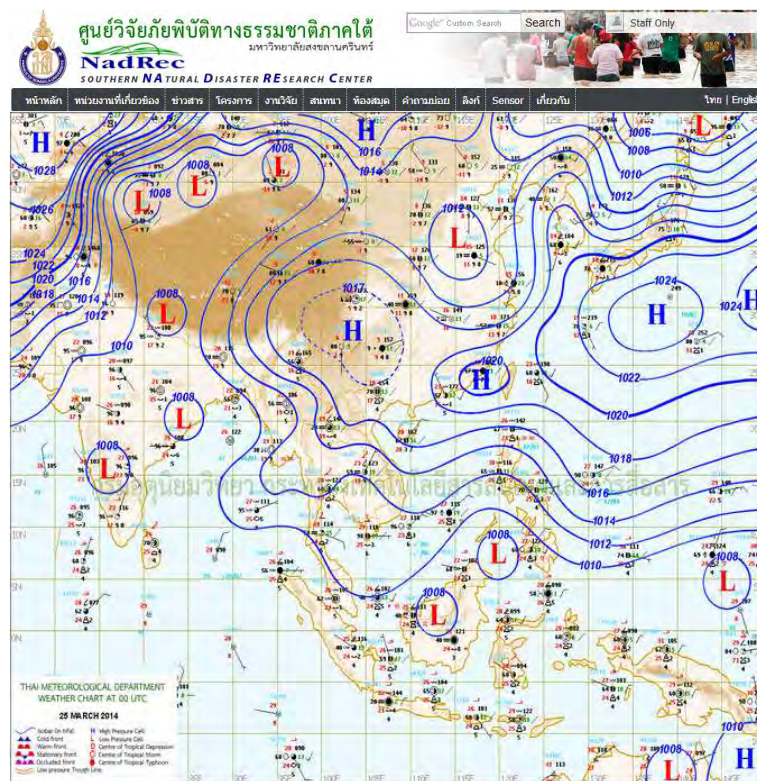


a)

รูปที่ 4.56 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดสงขลา a) ปริมาณน้ำฝนออนไลน์ b) ภาพเรดาร์สถานี สทิงพระ c) แผนที่อากาศประจำวัน

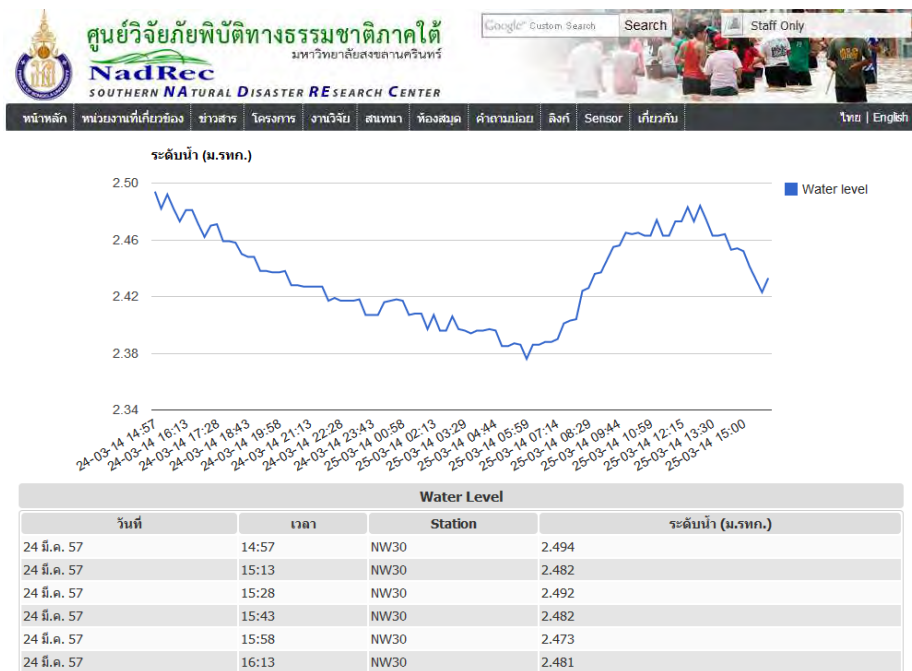


b)

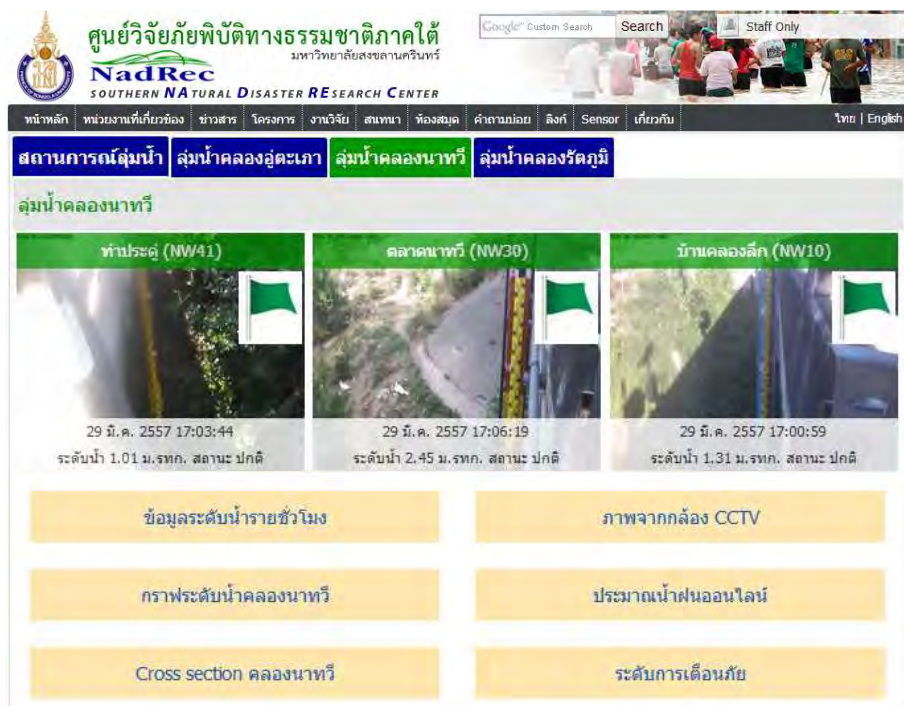


c)

รูปที่ 4.56 (ต่อ) ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ของจังหวัดสงขลา a) ปริมาณน้ำฝนออนไลน์ b) ภาพเรดาร์ สถานีสทิงพระ c) แผนที่อากาศประจำวัน



รูปที่ 4.57 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลระดับน้ำในคลองนาทวีแบบเวลาจริงบนอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 4.58 การแสดงผลภาพถ่ายของสถานีโทรมาตรบนเว็บไซต์แบบเวลาจริงพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

รูปที่ 4.59 การแสดงผลภาพถ่ายของสถานีโทรมาตรบนเว็บไซต์แบบเวลาจริงพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

วันที่ 2014-03-27						
ลุ่มน้ำนาทวี						
Time	NW10		NW30		NW41	
	Level (ม.รทก.)	Flow	Level (ม.รทก.)	Flow	Level (ม.รทก.)	Flow
00:00	1.255	-	2.367	-	0.909	-
00:15	1.265	-	2.367	-	0.907	-
00:30	1.255	-	2.367	-	0.898	-
00:45	1.254	-	2.366	-	0.907	-
01:00	1.254	-	2.366	-	0.898	-
01:15	1.244	-	2.377	-	0.879	-
01:30	1.244	-	2.377	-	0.896	-
01:45	1.254	-	2.366	-	0.868	-
02:00	1.253	-	2.357	-	0.889	-
02:15	1.244	-	2.356	-	0.889	-
02:30	1.253	-	2.355	-	0.878	-
02:45	1.244	-	2.356	-	-0.065	-
03:00	1.235	-	2.346	-	0.876	-
03:15	1.244	-	2.345	-	-0.067	-
03:30	1.235	-	2.346	-	0.876	-
03:45	1.233	-	2.356	-	0.866	-
04:00	1.233	-	2.356	-	0.885	-
04:15	1.244	-	2.347	-	0.876	-
04:30	1.242	-	2.346	-	-	-

รูปที่ 4.60 ตารางข้อมูลระดับน้ำในคลองนาทวีทุกสถานีราย 15 นาที ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี



วันที่ 2014-03-20						
Time	RP20		RP30		RP21	
	Level (ม.รทก.)	Flow	Level (ม.รทก.)	Flow	Level (ม.รทก.)	Flow
00:00	33.329	-	-5.187	-	-	-
00:15	33.328	-	-5.186	-	-	-
00:30	33.328	-	-5.185	-	-	-
00:45	33.318	-	-5.195	-	-	-
01:00	33.318	-	-5.188	-	-	-
01:15	33.328	-	-5.197	-	-	-
01:30	33.318	-	-5.196	-	-	-
01:45	33.318	-	-	-	-	-
02:00	33.318	-	-	-	-	-
02:15	33.328	-	-	-	-	-
02:30	33.328	-	-	-	-	-
02:45	33.318	-	-	-	-	-
03:00	33.328	-	-	-	-	-
03:15	-	-	-	-	-	-
03:30	33.318	-	-	-	-	-
03:45	33.317	-	-	-	-	-
04:00	33.318	-	-	-	-	-
04:15	33.317	-	-	-	-	-

รูปที่ 4.61 ตารางข้อมูลระดับน้ำในคลองรัตนภูมิทุกสถานีราย 15 นาที ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตนภูมิ

4.9 การเผยแพร่องค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

คณะผู้วิจัยได้เผยแพร่องค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ภายใต้ชื่อ “โครงการถ่ายทอดองค์ความรู้ และเทคโนโลยีสู่ชุมชน เรื่อง การพัฒนาระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วม” เมื่อวันพุธที่ 4 มิถุนายน 2557 ณ ห้องประชุมเขาน้ำค้าง 2 วิทยาลัยการอาชีพนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 4.62 โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ผู้ประสานงานสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นประธานเปิดงาน (รูปที่ 4.63) และรองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เจริญยานนท์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ เป็นวิทยากรถ่ายทอด ดังแสดงในรูปที่ 4.64 ซึ่งได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานในพื้นที่ ชุมชน และชาวบ้าน เข้าร่วมรับฟังเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.65



รูปที่ 4.62 การเผยแพร่องค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน



รูปที่ 4.63 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ เป็นประธานเปิดงาน



รูปที่ 4.64 รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เฉลิมยานนท์ เป็นวิทยากร



รูปที่ 4.65 ชาวบ้าน และตัวแทนชุมชนในพื้นที่เข้ารับฟังการถ่ายทอดความรู้ และเทคโนโลยี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ และพัฒนาระบบประเมนสถานการณ์น้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำคลองนาทวีและลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดทำแผนที่คุณสมบัติของลุ่มน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี พบว่า มีพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,586 ตารางกิโลเมตร มีคลองนาทวีเป็นลำน้ำสายหลัก ยาวประมาณ 80 กิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศลาดเอียงเทลงจากทิศใต้ไปทิศเหนือและส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา มีเส้นชั้นความสูงตั้งแต่ 20 – 700 เมตร ลักษณะธรณิวิทยาที่พบส่วนใหญ่เป็นหินและตะกอน และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ พบว่า มีคลองรัตภูมิเป็นลำน้ำสายหลักยาวประมาณ 63 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 859 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศลาดเอียงจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา และพื้นที่ตะกอนลำน้ำ มีเส้นชั้นความสูงตั้งแต่ 0 – 800 เมตร ลักษณะธรณิวิทยาที่พบส่วนใหญ่เป็นลักษณะของตะกอน เช่น ตะกอนน้ำพา เป็นต้น

2. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณฝนมากในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดที่วัดได้อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ของปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 โดยในเขตลุ่มน้ำคลองนาทวีวัดปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดได้ประมาณ 700 มิลลิเมตร และในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิวัดปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดได้ประมาณ 840 มิลลิเมตร สำหรับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 2,230 มิลลิเมตร และ 2,113.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3. ปริมาณน้ำสูงสุดของคลองนาทวี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี มีข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 – พ.ศ. 2530 พบว่า ระดับน้ำในคลองนาทวีมีระดับสูงสุดที่ +6.80 เมตร รทก. ในปี พ.ศ. 2521 พ.ศ. 2524 และพ.ศ. 2525 และมีปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 98 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี พ.ศ. 2519 หลังจากนั้นก็ไม่มีการบันทึกค่าระดับที่มีการเผยแพร่อีก สำหรับในเขตลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ มีข้อมูลปริมาณน้ำในคลองรัตภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 430.86 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2554

4. ตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ พิจารณาจากผังลำน้ำของกลุ่มน้ำคลองนาทวี และผังลำน้ำของกลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ รวมถึงความเหมาะสมของภูมิประเทศ และความมีประสิทธิภาพในการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า สามารถพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีโทรมาตรได้จำนวนทั้งสิ้น 6 สถานี โดยแบ่งเป็นในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี 3 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานผูกประดู่ ต.ท่าประดู่ (NW41) สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี (NW30) และสถานีสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ (NW10) สำหรับเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ 3 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ (RP30) สถานีสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง (RP20) และสถานีสะพานวัดเขาดกน้ำ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ (RP10)

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำของคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ ได้ทำการวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ (River Surveyor Overview; ยี่ห้อ Teledyne RD Instruments รุ่น River Ray ADCP) พบว่า ค่าอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบของสมการเส้นตรง และเนื่องจากการวิเคราะห์นี้ ได้ใช้ข้อมูลเพียง 1 ฤดูกาล และทำการวัดได้สถานีละประมาณ 3 – 5 ข้อมูลเท่านั้น ดังนั้น ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของทุกสถานีโทรมาตรอาจยังไม่มี ความแม่นยำมากพอ ต้องมีการเก็บข้อมูลในปีต่อไป เพื่อพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้น

6. การสังเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในพื้นที่ศึกษาได้ทำการสังเคราะห์ด้วยวิธีของ Snyder (1938) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_f) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของกลุ่มน้ำ (C_p) ของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภามาใช้ในการคำนวณ พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีมีค่าอัตราการไหลสูงสุดของสถานีโทรมาตรบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ (NW41) เท่ากับ 47.2 cms/cm พื้นที่กลางน้ำ (NW30) เท่ากับ 55.9 cms/cm และพื้นที่ปลายน้ำ (NW10) เท่ากับ 73.1 cms/cm ตามลำดับ และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมีค่าอัตราการไหลสูงสุดของสถานีโทรมาตรบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ (RP30) เท่ากับ 20.8 cms/cm พื้นที่กลางน้ำ (RP20) เท่ากับ 28.5 cms/cm และพื้นที่ปลายน้ำ (RP10) เท่ากับ 35.1 cms/cm ตามลำดับ

7. การติดตั้งสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิได้ทำการติดตั้งแล้ว โดยแต่ละสถานีประกอบด้วยระบบเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ระบบรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G ระบบกล้องจับภาพ CCTV และระบบพลังงานแบบแผง Solar cell ซึ่งข้อมูลระดับในคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ รวมถึงภาพนิ่งจากกล้อง CCTV จากสถานีโทรมาตรทุกสถานี ได้นำมาแสดงผลไว้บนอินเทอร์เน็ตแบบเวลาจริง (Real Time) บนเว็บไซต์ของศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (www.nadrec.psu.ac.th)

8. การพัฒนาระบบเตือนภัยในพื้นที่ศึกษา ได้ทำการรวบรวมผลการวิเคราะห์ต่างๆ ที่ได้ทั้งหมดมาพัฒนาเป็นระบบเตือนภัยของพื้นที่ศึกษาในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลาของสถานีโทรมาตรต่างๆ โดยได้แบ่งระดับการเตือนภัยออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับธงเขียว ระดับธงเหลือง และระดับธงแดง โดยอ้างอิงข้อมูลหลักจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีบริเวณพื้นที่ต้นน้ำเมื่อระดับสูงถึงระดับ +5.90 เมตร (ร.ส.ม.) ต้องเฝ้าระวังสถานการณ์อย่างใกล้ชิด ซึ่งน้ำในคลองนาทวีใช้เวลาเดินทางประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ถึงพื้นที่กลางน้ำซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจของกลุ่มน้ำคลองนาทวี และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิบริเวณพื้นที่ต้นน้ำเมื่อระดับน้ำสูงถึงระดับ +4.00 เมตร (ร.ส.ม.) จะต้องเฝ้าระวังสถานการณ์อย่างใกล้ชิด ซึ่งน้ำในคลองรัตภูมิใช้เวลาเดินทางประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ถึงพื้นที่กลางน้ำซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจของกลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อความสมบูรณ์ของระบบเตือนภัย ควรมีการนำปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่บูรณาการกับ unit hydrographs ที่พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินระดับน้ำสูงสุดในลำน้ำเพื่อประกอบการเตือนภัยน้ำท่วมต่อไป

2. ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและความลึกของน้ำ (Rating curves) ยังมีน้อยเกินไปเนื่องจากวัดได้จากฝนในฤดูฝนเดียว ดังนั้นจึงต้องดำเนินการวัดเพิ่มเติมในปีต่อไปเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล

3. กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สังเคราะห์ได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิด้วยวิธีของ Snyder (1938) มีค่าคงที่ที่นำมาจากลุ่มน้ำใกล้เคียง (ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบจากข้อมูลที่จะวัดได้ต่อไปอีก 2 – 3 ปี ข้างหน้าเพื่อความถูกต้องของระบบต่อไป

4. ควรมีการถ่ายระดับของทุกสถานีให้เป็น ระดับเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลและการใช้ประโยชน์

5. การศึกษาในเชิงลึกในอนาคตเพื่อให้การเตือนภัยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการจัดทำแบบจำลองน้ำท่วม (Flood model) ของทั้งสองพื้นที่

6. ควรมีการประสานงานกับ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน หรือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อแจ้งการเข้าติดตั้ง สถานีวัดระดับน้ำ เพื่อลดความเสี่ยงในการสูญหายของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

7. ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้ระบบตรวจวัดและส่งข้อมูลในสถานีโทรมาตร ถ้าไม่มีแสงเลยจะใช้ได้นานที่สุดประมาณ 7 วัน ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบนี้ อย่างไรก็ตามในอดีตถ้ามีฝนตกหนักก็จะเกิดน้ำท่วมก่อน 7 วัน

8. การใช้งานระบบตรวจวัดและเตือนภัยน้ำท่วมที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต มีค่าใช้จ่ายประจำหลายส่วน เช่น ค่าส่งผ่านข้อมูลจากสถานีโทรมาตรผ่านระบบ 3G ค่าใช้จ่ายในการดูแล Server และ Website รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องลงพื้นที่บำรุงรักษาสถานีโทรมาตรเป็นระยะ จะต้องได้รับการสนับสนุนงบประมาณอย่างต่อเนื่อง

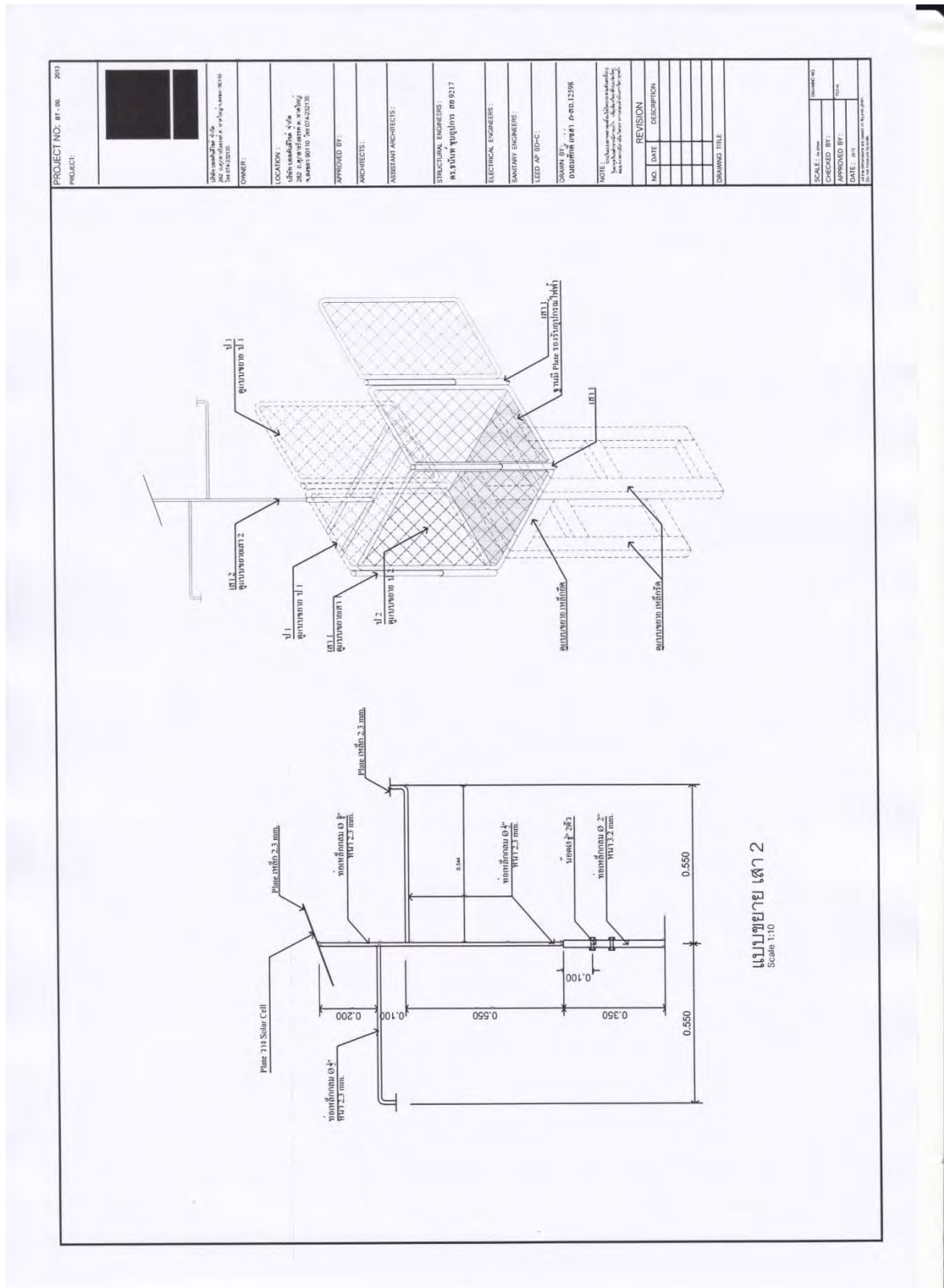
บรรณานุกรม

- ชลประทาน, กรม. 2552. ข้อมูลลำน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในจังหวัดสงขลา. [Online] Available: <http://irrigation.rid.go.th/rid16/sip/linkleft/5lumnam>. [8 กรกฎาคม 2556]
- ชลประทาน, กรม. 2555. ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลองนาทวี และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ. ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ [Online] Available: <http://hydro8.com>. [1 สิงหาคม 2556]
- ชลประทาน, กรม. 2552. กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) ของลุ่มน้ำต่างๆ ในประเทศไทย. เอกสารทางวิชาการ Hydrology No. 1502/08 ส่วนอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.
- ทรัพยากรธรณี, กรม. 2548. ข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่จังหวัดสงขลา. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ทรัพยากรธรณี, กรม. 2550. แผนที่ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่จังหวัดสงขลา. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ทรัพยากรน้ำ, กรม. 2555. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลองนาทวี และเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ. สำนักงานทรัพยากรน้ำ ภาค 8. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- บรรพต กุลสุวรรณ. 2548. การศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำจันทบุรี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ประกอบ วิโรจน์บุญ. 2539. อุทกวิทยาของน้ำผิวดิน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. ISBN 974-674-184-5.
- ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรม. 2553. คู่มือฝึกอบรมการปลูกจิตสำนึกเพื่อเตรียมพร้อมรับภัยน้ำท่วม.
- ไพศาล กลับส่ง และปภาวิชัย มิตรเปรียญ. 2555. กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของคลองอยู่ตะเภาสําหรับการเตือนภัยน้ำท่วม. โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Australian Government 2009. **Flood Warning Manual 21**. Australian Emergency Manual Series. Attorney-General's Department. Australia.
- Davis, S.N., and De Wiest, R.J.M., 1967, **Hydrogeology**, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Electrocomponents. Panasonic Battery. Datasheet. [Online] Available : <http://docs-asia.electrocomponents.com/webdocs/0ee2/0900766b80ee2015.pdf>. [July 2013, 31]

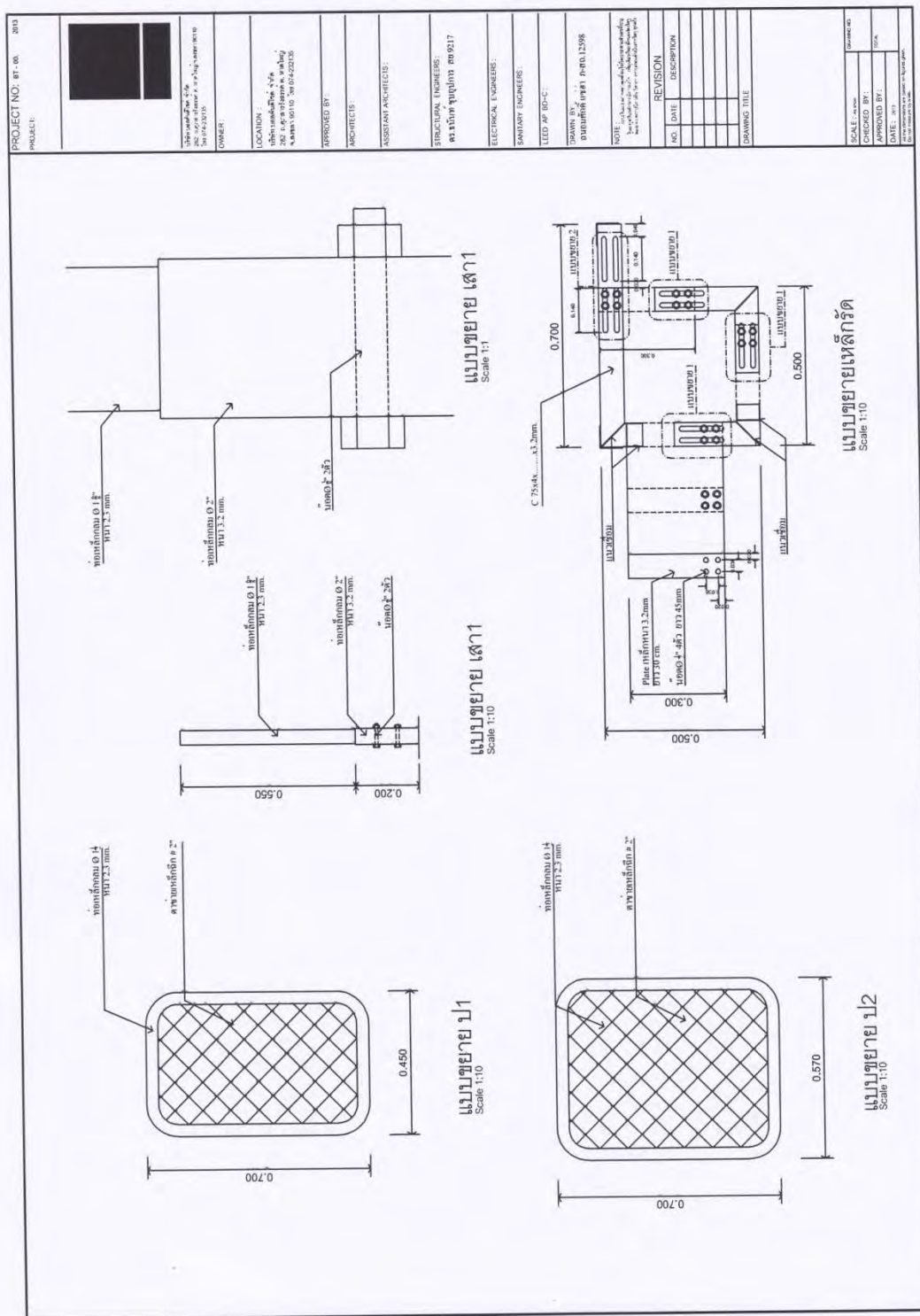
- Feng Zhao and Leonidas Guibas. 2004. **Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach**. *Morgan Kaufmann* (ISBN 1-55860-914-8)
- IEEE802.15.4a/D7, **Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)**:
- Leonics. Datasheet. [Online] Available http://www.leonics.com/product/renewable/solarcharge_controller/dl/spt-074.pdf. [July 2013, 31]
- Maxbotic. Datasheet. [Online] Available : <http://www.Maxbotic.com>. [July 2013, 20]
- Robert Faludi. 2010. **Building Wireless Sensor Networks: with Zigbee, Xbee, Arduino and processing**. *O'Reilly Media, Inc.*, (ISBN: 978-0-596-80773-3)
- Sherman, L. K. (1932). **Streamflow from Rainfall by the Unit Graph Method**. *Eng. News Rec.*, 108, 501-505.
- Snyder, F.F. (1938). **Synthetic Unit Graphs**. *Trans. Am. Geophys. Union*, 19, 447-454.
- Wright C 2001. **Flash Flooding in an Urban Environment: Causes, Effects, Potential Damages and Possible Remedies, with Particular Reference to Keswick Creek in the Inner Suburbs of Adelaide**, unpublished Master of Engineering Science thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Adelaide.
- Amendment to Add Alternate PHY*, Jan. 2007.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
แบบก่อสร้างสถานีโทรมาตร



รูปที่ ก.1 แบบก่อสร้างสถานีโทรมาตร



รูปที่ ก.1 แบบก่อสร้างสถานีโทรมาตร (ต่อ)

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดผลการวัดอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ

รายละเอียดผลการวัดอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวี และคลองรัตภูมิ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ ข.1 และตารางที่ ข.2 ตามลำดับ

ตารางที่ ข.1 ผลการวัดอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองนาทวี

ลุ่มน้ำคลองนาทวี								
วันที่ทำการวัด	24 พ.ย. 2556		26 พ.ย. 2556		10 ธ.ค. 2556 (เช้า)		10 ธ.ค. 2556 (บ่าย)	
ตำแหน่งสถานี	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)
สถานีสะพานผูก ประตู ต.ท่าประดู่	5.80	55.80	4.35	31.71	3.33	22.55	-	-
สถานีสะพาน ตลาดนาทวี	3.57	67.80	3.30	36.90	3.24	22.45	3.19	22.15
สถานีสะพานคลอง ลึก อ.จะนะ	3.30	5.80	3.08	7.10	1.91	1.13	-	-

ตารางที่ ข.2 ผลการวัดอัตราการไหลกับความสูงของระดับน้ำในคลองรัตภูมิ

ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ								
วันที่ทำการวัด	23 พ.ย. 2556		24 พ.ย. 2556		26 พ.ย. 2556		7 ธ.ค. 2556	
ตำแหน่งสถานี	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)	Level (m)	Discharge (cms)
สถานีสะพานบ้าน ควนดินแดง	3.02	26.70	2.48	18.60	1.95	9.82	2.11	16.79
สถานีสะพาน ฝายชะมวง (รทก.)	34.38	99.80	33.88	41.40	33.65	25.18	33.90	45.00
สถานีสะพานวัด เขาคมน้ำ	5.26	94.20	2.50	33.20	2.30	22.30	2.75	39.67

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดการคำนวณกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder

รายละเอียดการคำนวณกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder ของสถานีโทรมาตรทั้ง 6 สถานี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี และลุ่มน้ำคลองรัตภูมิสามารถแสดงได้ดังนี้

1. พื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี

การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder (1938) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวี จำเป็นต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวทั้ง 2 ค่า ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาทวีมาก่อน ดังนั้น จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.134 และ 0.508 ตามลำดับ

1.1 สถานีสะพานผูกประดู่ ต.ท่าประดู่ อ.นาทวี

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	24.62	กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ	L_c	=	12.30	กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	445.90	ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_t	=	3.134	
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_p	=	0.508	
ค่าคงที่ C_1 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_1	=	0.75	
ค่าคงที่ C_2 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_2	=	2.75	
ค่าคงที่ C_3 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_3	=	5.56	
ค่าคงที่ C_w (หน่วย: ระบบเมตริก)	W_{50}	=	2.14	
	W_{75}	=	1.22	

$$\begin{aligned} \text{คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด} \quad t_p &= C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \\ t_p &= 0.75 \times 3.134 (24.62 \times 12.30)^{0.3} = 13.05 \text{ hr} \end{aligned}$$

$$\text{คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน} \quad t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{13.05}{5.5} = 2.37 \text{ hr}$$

$$\text{สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี} \quad t_R = 3 \text{ hr}$$

คำนวณหาเวลา $t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 13.05 - \frac{2.37 - 3}{4} = 13.21hr$

คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{13.05} = 0.11 cms / cm / km^2$

คำนวณหา $q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.11 \times 13.05}{13.21} = 0.11 cms / cm / km^2$

คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด $Q_p = q_{PR} A = 0.11 \times 445.90 = 47.17 cms / cm$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $50\% Q_p = 0.5 \times 47.17 = 23.58 cms / cm$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $75\% Q_p = 0.75 \times 47.17 = 35.38 cms / cm$

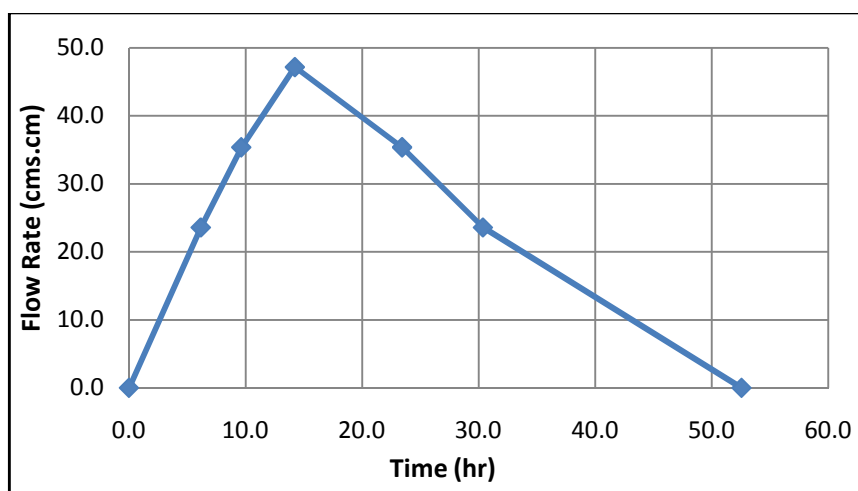
คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย $w = C_w q_{PR}^{-1.08}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{50} = 2.14 \times 0.11^{-1.08} = 24.21hr$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{75} = 1.22 \times 0.11^{-1.08} = 13.80hr$

คำนวณเวลาที่ฐาน $t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.11} = 52.56hr$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.1



รูปที่ ค.1 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานผูกประดู่ ต.ท่าประดู่

1.2 สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย อ.นาทวี

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	36.00 กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ	L _c	=	18.00 กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	656.40 ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุทะเถา)	C _t	=	3.134
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุทะเถา)	C _p	=	0.508
ค่าคงที่ C ₁ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₁	=	0.75
ค่าคงที่ C ₂ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₂	=	2.75
ค่าคงที่ C ₃ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₃	=	5.56
ค่าคงที่ C _w (หน่วย: ระบบเมตริก)	W ₅₀	=	2.14
	W ₇₅	=	1.22

คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด $t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3}$
 $t_p = 0.75 \times 3.134 (36.00 \times 18.00)^{0.3} = 16.39 \text{ hr}$

คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน $t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{16.39}{5.5} = 2.98 \text{ hr}$

สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี $t_R = 3 \text{ hr}$

คำนวณหาเวลา $t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 16.39 - \frac{2.98 - 3}{4} = 16.40 \text{ hr}$

คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{16.39} = 0.09 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหา $q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.09 \times 16.39}{16.40} = 0.09 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด $Q_p = q_{PR} A = 0.09 \times 656.40 = 55.92 \text{ cms / cm}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $50\% Q_p = 0.5 \times 55.92 = 27.96 \text{ cms / cm}$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $75\% Q_p = 0.75 \times 55.92 = 41.94 \text{ cms / cm}$

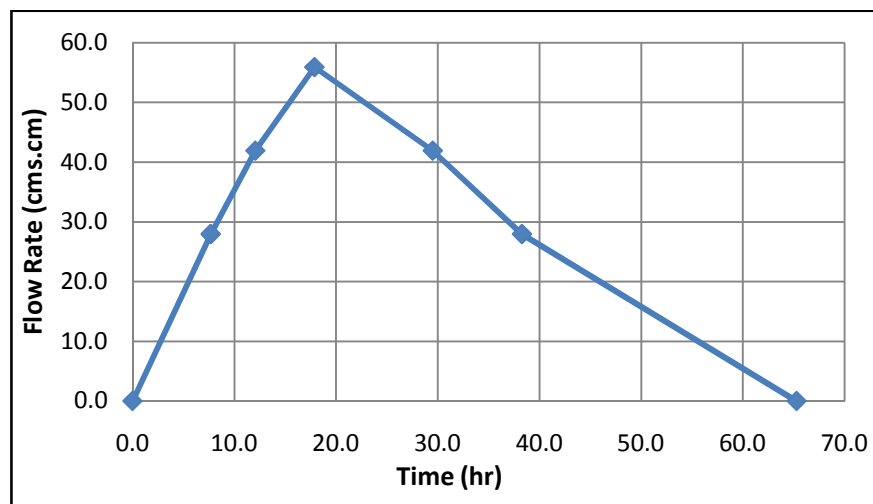
คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย $w = C_w q_{PR}^{-1.08}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{50} = 2.14 \times 0.09^{-1.08} = 30.59hr$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{75} = 1.22 \times 0.09^{-1.08} = 17.44hr$

คำนวณเวลาที่ฐาน $t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.09} = 65.27hr$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย

1.3 สถานีสะพานคลองลึก ต.บ้านนา อ.จะนะ

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	59.40 กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำ	L_c	=	29.60 กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	1,143.8 ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของกลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_t	=	3.134
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของกลุ่มน้ำ (ใช้ของกลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_p	=	0.508
ค่าคงที่ C_1 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_1	=	0.75
ค่าคงที่ C_2 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_2	=	2.75
ค่าคงที่ C_3 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_3	=	5.56

ค่าคงที่ C_w (หน่วย: ระบบเมตริก)

$$W_{50} = 2.14$$

$$W_{75} = 1.22$$

คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3}$$

$$t_p = 0.75 \times 3.134 (59.40 \times 29.60)^{0.3} = 22.12 \text{ hr}$$

คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{22.12}{5.5} = 4.02 \text{ hr}$$

สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี

$$t_R = 3 \text{ hr}$$

คำนวณหาเวลา

$$t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 22.12 - \frac{4.02 - 3}{4} = 21.86 \text{ hr}$$

คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

$$q_p = \frac{C_2 C_P}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{22.12} = 0.06 \text{ cms / cm / km}^2$$

คำนวณหา

$$q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.06 \times 22.12}{21.86} = 0.06 \text{ cms / cm / km}^2$$

คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด

$$Q_p = q_{PR} A = 0.06 \times 1,143.8 = 73.09 \text{ cms / cm}$$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด

$$50\% Q_p = 0.5 \times 73.09 = 36.54 \text{ cms / cm}$$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด

$$75\% Q_p = 0.75 \times 73.09 = 54.81 \text{ cms / cm}$$

คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย $w = C_w q_{PR}^{-1.08}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด

$$w_{50} = 2.14 \times 0.06^{-1.08} = 41.73 \text{ hr}$$

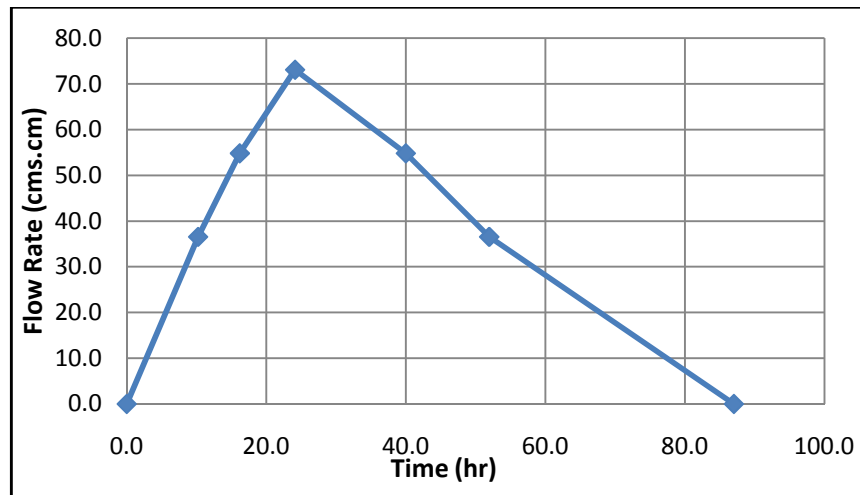
ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด

$$w_{75} = 1.22 \times 0.06^{-1.08} = 23.79 \text{ hr}$$

คำนวณเวลาที่ฐาน

$$t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.06} = 87.01 \text{ hr}$$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.3



รูปที่ ค.3 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานตลาดนาทวี ต.คลองทราย

2. พื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ

การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยด้วยวิธีของ Snyder (1938) สำหรับเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิ จำเป็นต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวทั้ง 2 ค่า ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองรัตภูมิมาก่อน ดังนั้น จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (C_t) และค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (C_p) ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.134 และ 0.508 ตามลำดับ

2.1 สถานีสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	17.00	กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ	L_c	=	9.00	กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	162.53	ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_t	=	3.134	
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_p	=	0.508	
ค่าคงที่ C_1 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_1	=	0.75	
ค่าคงที่ C_2 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_2	=	2.75	
ค่าคงที่ C_3 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_3	=	5.56	
ค่าคงที่ C_w (หน่วย: ระบบเมตริก)	w_{50}	=	2.14	
	w_{75}	=	1.22	

$$\begin{aligned} \text{คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด} \quad t_p &= C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \\ t_p &= 0.75 \times 3.134 (17.00 \times 9.00)^{0.3} = 10.63 \text{ hr} \end{aligned}$$

$$\text{คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน} \quad t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{10.63}{5.5} = 1.93 \text{ hr}$$

$$\text{สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี} \quad t_R = 3 \text{ hr}$$

$$\text{คำนวณหาเวลา} \quad t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 10.63 - \frac{1.93 - 3}{4} = 10.90 \text{ hr}$$

$$\text{คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่} \quad q_p = \frac{C_2 C_P}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{10.63} = 0.13 \text{ cms / cm / km}^2$$

$$\text{คำนวณหา} \quad q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.13 \times 10.63}{10.90} = 0.13 \text{ cms / cm / km}^2$$

$$\text{คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด} \quad Q_p = q_{PR} A = 0.13 \times 162.53 = 20.83 \text{ cms / cm}$$

$$\text{ที่ 50\% ของอัตราการไหลสูงสุด} \quad 50\% Q_p = 0.5 \times 20.83 = 10.42 \text{ cms / cm}$$

$$\text{ที่ 75\% ของอัตราการไหลสูงสุด} \quad 75\% Q_p = 0.75 \times 20.83 = 15.62 \text{ cms / cm}$$

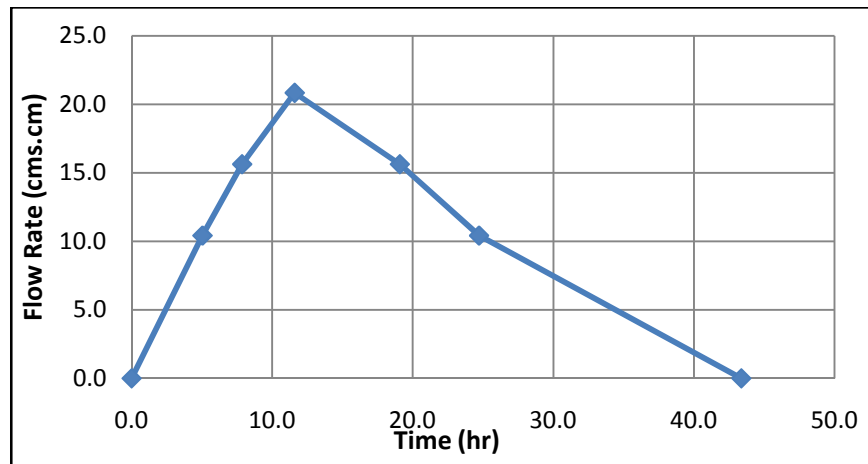
$$\text{คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย} \quad w = C_w q_{PR}^{-1.08}$$

$$\text{ที่ 50\% ของอัตราการไหลสูงสุด} \quad w_{50} = 2.14 \times 0.13^{-1.08} = 19.68 \text{ hr}$$

$$\text{ที่ 75\% ของอัตราการไหลสูงสุด} \quad w_{75} = 1.22 \times 0.13^{-1.08} = 11.22 \text{ hr}$$

$$\text{คำนวณเวลาที่ฐาน} \quad t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.13} = 43.38 \text{ hr}$$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.4 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานบ้านควนดินแดง ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ

2.2 สถานีสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	39.60 กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำ	L_c	=	18.00 กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	343.54 ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของกลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_t	=	3.134
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของกลุ่มน้ำ (ใช้ของกลุ่มน้ำคลองอุตะเกา)	C_p	=	0.508
ค่าคงที่ C_1 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_1	=	0.75
ค่าคงที่ C_2 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_2	=	2.75
ค่าคงที่ C_3 (หน่วย: ระบบเมตริก)	C_3	=	5.56
ค่าคงที่ C_w (หน่วย: ระบบเมตริก)	w_{50}	=	2.14
	w_{75}	=	1.22

คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด $t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3}$

$$t_p = 0.75 \times 3.134 (39.60 \times 18.00)^{0.3} = 16.87 \text{ hr}$$

คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน $t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{16.87}{5.5} = 3.07 \text{ hr}$

สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี $t_R = 3 \text{ hr}$

คำนวณหาเวลา $t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 16.87 - \frac{3.07 - 3}{4} = 16.85 \text{ hr}$

คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $q_p = \frac{C_2 C_P}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{16.87} = 0.08 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหา $q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.08 \times 16.87}{16.85} = 0.08 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด $Q_p = q_{PR} A = 0.08 \times 343.54 = 28.48 \text{ cms / cm}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $50\% Q_p = 0.5 \times 28.48 = 14.24 \text{ cms / cm}$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $75\% Q_p = 0.75 \times 28.48 = 21.36 \text{ cms / cm}$

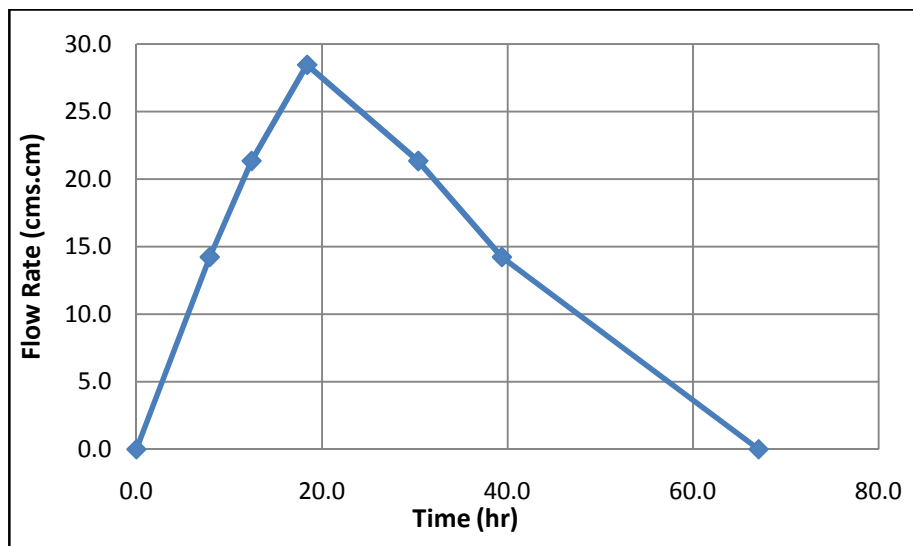
คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย $w = C_w q_{PR}^{-1.08}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{50} = 2.14 \times 0.08^{-1.08} = 31.51 \text{ hr}$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{75} = 1.22 \times 0.08^{-1.08} = 17.96 \text{ hr}$

คำนวณเวลาที่ฐาน $t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.08} = 67.08 \text{ hr}$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.5



รูปที่ ค.5 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานฝายชะมวง ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ

2.3 สถานีสะพานวัดเขาดกน้ำ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ

ความยาวคลองจากจุดต้นน้ำถึงจุดพิจารณา	L	=	43.25 กิโลเมตร
ความยาวคลองจากจุดพิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ	L _c	=	22.00 กิโลเมตร
ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดพิจารณา	A	=	459.74 ตารางกิโลเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุทะเถา)	C _t	=	3.134
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ (ใช้ของลุ่มน้ำคลองอุทะเถา)	C _p	=	0.508
ค่าคงที่ C ₁ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₁	=	0.75
ค่าคงที่ C ₂ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₂	=	2.75
ค่าคงที่ C ₃ (หน่วย: ระบบเมตริก)	C ₃	=	5.56
ค่าคงที่ C _w (หน่วย: ระบบเมตริก)	W ₅₀	=	2.14
	W ₇₅	=	1.22

คำนวณหาเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด $t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3}$
 $t_p = 0.75 \times 3.134 (43.25 \times 22.00)^{0.3} = 18.40 \text{ hr}$

คำนวณหาช่วงเวลาที่เกิดฝนส่วนเกิน $t_r = \frac{t_p}{5.5} = \frac{18.40}{5.5} = 3.34 \text{ hr}$

สำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย 3 hr มี $t_R = 3 \text{ hr}$

คำนวณหาเวลา $t_{PR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} = 18.40 - \frac{3.34 - 3}{4} = 18.31 \text{ hr}$

คำนวณหาอัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} = \frac{2.75 \times 0.508}{18.40} = 0.08 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหา $q_{PR} = \frac{q_p t_p}{t_{PR}} = \frac{0.08 \times 18.40}{18.31} = 0.08 \text{ cms / cm / km}^2$

คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด $Q_p = q_{PR} A = 0.08 \times 459.74 = 35.07 \text{ cms / cm}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $50\% Q_p = 0.5 \times 35.07 = 17.54 \text{ cms / cm}$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $75\% Q_p = 0.75 \times 35.07 = 26.31 \text{ cms / cm}$

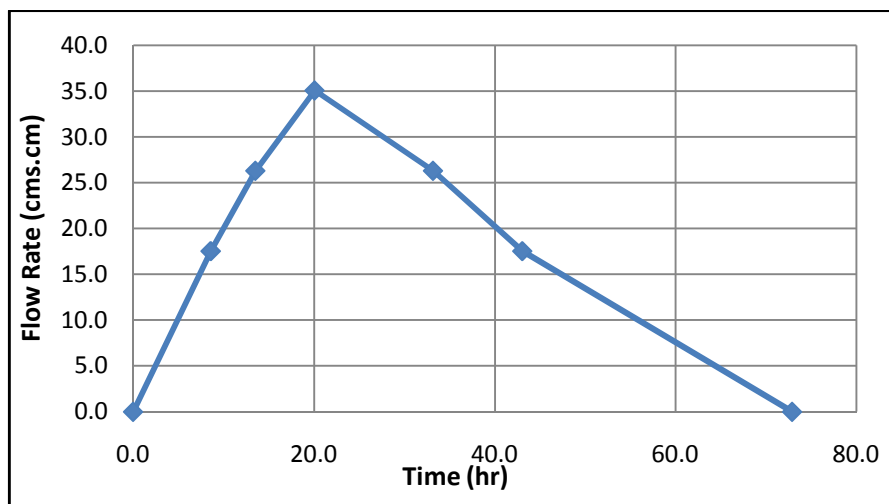
คำนวณความกว้างของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย $w = C_w q_{PR}^{-1.08}$

ที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{50} = 2.14 \times 0.08^{-1.08} = 34.46hr$

ที่ 75% ของอัตราการไหลสูงสุด $w_{75} = 1.22 \times 0.08^{-1.08} = 19.65hr$

คำนวณเวลาที่ฐาน $t_b = \frac{C_3}{q_{PR}} = \frac{5.56}{0.08} = 72.88hr$

ดังนั้น สามารถสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยได้ดังแสดงในรูปที่ ค.6



รูปที่ ค.6 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่สถานีสะพานวัดเขาดกน้ำ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ