



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำตราด โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์  
The Study on Flood Forecasting in Trat River Basin by An Application of  
Mathematical Model

นามผู้วิจัย นางสาวอรุณทิพย์ แม่นประเสริฐ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์วิษณุวัฒน์ เต็มสมบัติ, วศ.ด. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิมิตร เจริญทัศน์พัฒน์, วศ.ม. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กาญจนา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำตราด โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

The Study on Flood Forecasting in Trat River Basin by  
An Application of Mathematical Model

โดย

นางสาวอรุณทิพย์ แม่นประเสริฐ

พ.ศ. ๒๕๕๖

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรุณทิพย์ แม้นประเสริฐ 2557: การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำตราด  
โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
(วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์วิษุวัตก์ แต่สมบัติ, วศ.ด. 145 หน้า

ลุ่มน้ำตราด เป็นลุ่มสาขาของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 1,802.31 ตาราง  
กิโลเมตร โดยครอบคลุมจังหวัดตราด ลักษณะลุ่มน้ำเป็นแนวยาววางตัวอยู่ตามแนวทิศเหนือไปจนสุด  
บริเวณทิศใต้ที่เทศบาลเมืองตราดก่อนน้ำจะไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย ลุ่มน้ำตราดมักจะมีปัญหาหน้าท่วมใน  
ฤดูน้ำหลากบริเวณตอนใต้ของลุ่มน้ำเสมอ เนื่องจากตั้งอยู่ในบริเวณเขตอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ  
ของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมดีเปรสชันจากทางด้านตะวันออก และมีปริมาณฝนตกมากที่สุดแห่ง  
หนึ่งของประเทศ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้ชุดของแบบจำลอง MIKE11- NAM/HD/DA โดย  
เริ่มต้นจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า NAM พิจารณาใช้ข้อมูลช่วงปี 2543 - 2552 ในการเปรียบเทียบและ  
ตรวจพิสูจน์แบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า Z.10 และ Z.30 ผลของ NAM สรุปออกมาเป็นค่าดัชนีทางสถิติ  
โดยค่า  $r$  มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.833 - 0.949 ต่อมาทำการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ HD ใช้  
แบบ steady state โดยการสมมติขอบเขตด้านเหนือน้ำเป็นปริมาณการไหลรายวันในแม่น้ำตราดตั้งแต่  
5 -1,500 ลบ.ม./วินาที และขอบเขตด้านท้ายน้ำ กำหนดให้เป็น Rating Curves ที่สถานีโทรมาตร TTR.01  
หลังจากนั้นใช้แบบจำลอง HD คำนวณระดับน้ำ โดยการลองผิดลองถูกสมมติค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  
(Manning's  $n$ ) จนได้ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.020 - 0.200 ซึ่งทำให้ Rating Curves ที่คำนวณได้มีความ  
ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ของสถานีโทรมาตร TTR.01, TTR.02, TTR.03, TTR.04, TTR.05, TTR.06,  
TTR.07, TTR.08 และ TTR.10 ส่วนแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ DA ได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพ  
โดยเลือกช่วงเหตุการณ์ที่มีปริมาณน้ำสูงสองช่วงเหตุการณ์ โดยได้ตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วัน  
ย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และได้ทำการพยากรณ์ระดับน้ำต่อเนื่องทุกวัน  
ราย 15 นาที โดยพยากรณ์เริ่มต้นในช่วงเหตุการณ์แรกวันที่ 21 มิถุนายน ถึง 30 มิถุนายน และช่วง  
เหตุการณ์ที่สองวันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม ปี พ.ศ.2556 ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง DA ได้ผล  
การพยากรณ์เป็นกราฟของระดับน้ำที่ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จริงในลุ่มน้ำตราดของสถานี  
โทรมาตรทั้งเก้าแห่งได้อย่างแม่นยำ โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า ในช่วงสองวัน  
ล่วงหน้า และในช่วงสามวันล่วงหน้า สำหรับช่วงเหตุการณ์แรกจะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 89.738,  
89.638, 89.352 และช่วงเหตุการณ์ที่สองจะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 91.804, 91.777, 91.519 ตาม  
ลำดับ

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Arunthip Meanprasert 2014: The Study on Flood Forecasting in Trat River Basin  
by An Application of Mathematical Model. Master of Engineering (Irrigation  
Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering.  
Thesis Advisor: Mr. Wisuwat Taesombat, D.Eng. 145 pages.

Trat basin is sub-basin of eastern coast having 1802.31 square kilometers of area covering the whole Trat province. The characteristic of the basin is vertically located from north to south ended at Trat municipality before drained out to the gulf of Thailand. The basin usually confronts of flooding problem in wet season in the southern part in conjugate with locating in south-east monsoon trough , facing depression from east, and having the highest precipitation. This study aims to apply using MIKE11- NAM/HD/DA model by using rainfall- runoff model NAM considering data from year 2000-2009 to the model calibrate and verify at Z.10 and Z.30 water level stations. The result of NAM could be satisfied with statistical index namely r in the range of 0.833 – 0.949. Steady-state Model calibration was conducted by assuming upstream and downstream boundary as daily discharge in Trat river in range of 5-1500 m<sup>3</sup>/s and Rating Curves at TTR 01 telemetering stations. After that, HD model was used, the prior determined water level by trial and error Manning's n coefficient varied from 0.020-0.200. which gave the Rating Curves calculated similar to measured data from TTR 01, TTR 02, TTR 03, TTR 04, TTR 05, TTR 06, TTR 07, TTR 08 and TTR 10 telemetering stations. The latter examined the efficiency of DA flood forecasting model by choosing 2 historical events with high discharge setting 3 days backward for Hindcast Period and and 3 days forward for Forecast Period. The DA model continually predicted water level in every 15 minutes every day started in the first event from 21 June – 30 June and the second one in 14 July - August 2013. The result shows that DA model gives the prediction in a form of water-level graph similar to the actual water level measured at all 9 telemetering stations in Trat basin. The prediction in 1 day, 2 days and 3 days forward is accurate. The first event gave average accurate percentage 89.738, 89.638, 89.352 while the second one gave 91.804, 91.777, 91.519 respectively.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.วิษุวัตก์ เต็มสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานและสร้างแนวทางในการศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้กำลังใจ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วราวุธ วุฒินิชย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน ที่คอยสอบถามความก้าวหน้าวิทยานิพนธ์ ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ ประธานการสอบและดร.รณรงค์ สมบูรณ์ ผู้ทรงคุณทรงวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณที่ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ค่อยช่วยเหลือเรื่องต่างๆเป็นอย่างดีขอขอบใจน้องๆ และเพื่อนทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน หนึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ไม่ได้ถ้าขาดข้อมูลที่ดี ขอขอบคุณกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่ออำนวย คุณแม่สายลม คุณอาสีนวล และน้องชาย รวมไปถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนญาติพี่น้องเพื่อนฝูงที่ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมาในทุกเรื่อง ตลอดจนจนสามารถสำเร็จการศึกษาเป็นมหาบัณฑิตได้ด้วยดี

อรุณทิพย์ แม้นประเสริฐ

มีนาคม 2557

## สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	49
อุปกรณ์	49
วิธีการ	50
ผลและวิจารณ์	78
ผล	78
วิจารณ์ผล	106
สรุปและข้อเสนอแนะ	107
สรุป	107
ข้อเสนอแนะ	108
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	109
ภาคผนวก	112
ภาคผนวก ก ข้อมูลอุตุ - อุทกวิทยาของกลุ่มน้ำตราด	113
ภาคผนวก ข ผลการการคำนวณจากแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ	129
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	145

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำตราด	7
2	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรมในพื้นที่จังหวัดตราดสรุปแยกเป็นรายอำเภอ	14
3	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่จังหวัดตราดสรุปแยกเป็นรายอำเภอ	14
4	พื้นที่ปลูกพืชสำคัญในลุ่มน้ำตราด	16
5	โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ	17
6	สรุปความต้องการใช้น้ำรายอำเภอในแต่ละกิจกรรม ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต	19
7	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานที่ท้องลำนํ้าของทางนํ้าเปิด	41
8	รายละเอียดสถานีวัดนํ้าท่า	55
9	รายชื่อสถานีและสถิติปริมาณนํ้านองสูงสุดรายปี	56
10	การแปลความหมายค่า NSE และ R <sup>2</sup>	59
11	รายชื่อสถานีวัดนํ้าฝนที่ใช้เปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11 - NAM	62
12	รายชื่อลุ่มนํ้าย่อยของระบบลุ่มนํ้าตราด	71
13	รายชื่อสถานีโทรมาตรที่ใช้ในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11 - DA	74
14	ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 - NAM	79
15	ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบของแบบจำลอง MIKE11 - NAM ของสถานีวัดนํ้าท่า Z.10	82
16	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning'n) ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง HD	83
17	ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556	89
18	ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556	89

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	สรุปผลการพยากรณ์น้ำ ในช่วงวันที่ 21-30 มิ.ย. 2556	100
20	สรุปผลการพยากรณ์น้ำ ในช่วงวันที่ 14 กรกฎาคม – 30 สิงหาคม 2556	101
21	สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำตราด	103
22	สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในคลองห้วยแร้ง	104
23	สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในคลองบางพระ	104
24	ระยะเวลาการเดินทางของน้ำในแม่น้ำตราด	105
ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	สถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา	114
ก2	รายละเอียดของตำแหน่งและสถานีวัดน้ำทำในกลุ่มน้ำตราด	115
ก3	รายละเอียดของสถานีโทรมาตรที่นำมาใช้ในการศึกษา	116
ก4	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร TTR.01 และสถานี TTR.02	117
ก5	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร TTR.03 และสถานี TTR.04	118
ก6	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร TTR.05 และสถานี TTR.06	119
ก7	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร TTR.07 และสถานี TTR.08	120
ก8	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร TTR.10	121
ก9	สัดส่วนค่าการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา	122
ก10	สัดส่วนค่าการถ่วงน้ำหนักของสถานีโทรมาตรในระบบลุ่มน้ำตราด	123
ข1	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.01-TTR.02	130



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข2	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.03-TTR.04	131
ข3	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.05-TTR.06	132
ข4	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.07-TTR.08	133
ข5	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.10	134
ข6	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.01-TTR.02	135
ข7	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.03-TTR.04	137
ข8	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.05-TTR.06	139
ข9	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.07-TTR.08	141
ข10	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTIR.10	143

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงแผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำตราด	4
2	การกระจายปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด	9
3	แนวโน้มปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด	9
4	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	15
5	วัฏจักรของน้ำ	25
6	โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	29
7	ลักษณะโครงสร้างของแบบจำลอง MIKE11- NAM	31
8	การจำลองระบบแม่น้ำของแบบจำลอง MIKE11- HD	38
9	การปรับแก้ค่าระดับน้ำก่อนการพยากรณ์น้ำ	43
10	ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Runtime) ของแบบจำลอง MIKE11- DA	44
11	ขั้นตอนการศึกษา	50
12	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดและพื้นที่ใกล้เคียง	52
13	ตำแหน่งรูปตัดขวางลำน้ำทั้งหมดในลุ่มน้ำตราด	54
14	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าและสถานีวัดน้ำที่ใช้ในการเปรียบเทียบและ ตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM	61
15	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า และรูปเหลี่ยม Thiessen Polygon	63
16	หน้าตัดรูปตัดลำน้ำของแม่น้ำตราดในแบบจำลอง MIKE11- HD	64
17	แสดงการแบ่งลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำในลุ่มน้ำตราด สำหรับ MIKE11- NAM/HD	68
18	แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า สถานีโทรมาตร และ รูปเหลี่ยม Thiessen Polygon	69
19	แผนภูมิแสดงระบบการไหลของน้ำในลุ่มน้ำตราด	70
20	การเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำ โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำที่ สถานีโทรมาตร	73
21	ตำแหน่งสถานีโทรมาตรในลุ่มน้ำตราดที่วัดระดับน้ำ	75
22	การตั้งค่าต่างๆในแบบจำลอง MIKE11 - DA	76
23	ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM ที่สถานี Z.10	80

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM ที่สถานี Z.30	81
25	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.01	84
26	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.02	84
27	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.03	85
28	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.04	85
29	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.05	86
30	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.06	86
31	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.07	87
32	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.08	87
33	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves ที่สถานี TTR.10	88
34	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.01 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	91
35	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.02 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	91
36	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.03 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	92
37	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.04 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	92
38	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.05 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	93
39	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.06 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	93
40	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.07 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	94

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
41	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.08 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	94
42	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.10 ณ TOF วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556	95
43	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.01 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	95
44	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.02 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	96
45	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.03 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	96
46	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.04 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	97
47	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.05 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	97
48	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.06 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	98
49	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.07 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	98
50	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.08 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	99
51	ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.10 ณ TOF วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556	99
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	การวิเคราะห์ Double Mass Curve ของสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำตราด	124

การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำตราด โดยการประยุกต์ใช้  
แบบจำลองคณิตศาสตร์

The Study on Flood Forecasting in Trat River Basin by An Application  
of Mathematical Model

คำนำ

ลุ่มน้ำตราด เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดตราด มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัด โดยแม่น้ำตราดเป็นลำน้ำสายหลัก มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,802.31 ตารางกิโลเมตร ลักษณะลุ่มน้ำเป็นแนวยาววางตัวอยู่ตามแนวทิศเหนือไปจนสุดบริเวณทิศใต้ที่เทศบาลเมืองตราดก่อนน้ำจะไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยซึ่งลุ่มน้ำตราดมักจะเกิดปัญหาอุทกภัยบริเวณตอนใต้ของลุ่มน้ำเสมอ

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำตราด ตั้งอยู่ในบริเวณเขตอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมดีเปรสชันจากทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ ซึ่งนับเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศ โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูฝนประมาณ 2,909 มิลลิเมตร ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากเสมอในบริเวณสองข้างของแม่น้ำตราดที่เป็นแหล่งชุมชน ที่อยู่อาศัย หน่วยงานราชการ พื้นที่เกษตรกรรมและมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี อยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เป็นปัญหาที่ทำให้เกิดอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากของทุกปี

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ชุดของแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA ซึ่งเป็นแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ (River Basin Modeling) โดยแบบจำลอง NAM/HD จะถูกใช้ในจำลองลักษณะทางด้านอุทกวิทยาและอุทกพลศาสตร์ของลุ่มน้ำ ส่วนแบบจำลอง DA จะใช้ในการพยากรณ์น้ำ โดยความแม่นยำของการพยากรณ์อยู่ในช่วง 1 ถึง 3 วันล่วงหน้า ดังนั้นจะได้ทราบปริมาณน้ำล่วงหน้าก่อนที่จะเกิดอุทกภัย ทำให้มีเวลาเพียงพอต่อการบริหารจัดการน้ำท่วมได้ทันเวลา

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (MIKE11- NAM) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน - น้ำท่าของกลุ่มน้ำตราด
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (MIKE11- HD) ในการศึกษาสภาพพลศาสตร์ของแม่น้ำตราดและลำน้ำสาขาที่สำคัญ
3. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองการพยากรณ์น้ำ (MIKE11- DA) ในการศึกษาการพยากรณ์น้ำในกลุ่มน้ำตราด

## ขอบเขตการศึกษา

1. ข้อมูลอุทกนิยามวิทยา-อุทกวิทยา สำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE11- NAM จะใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2543-2552
2. ข้อมูลจากระบบโทรมาตรลุ่มน้ำตราดของกรมชลประทานจำนวน 14 สถานี ได้แก่ ข้อมูลฝน ข้อมูลระดับน้ำ และ Rating Curves ใช้สำหรับปรับเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD และใช้ตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์น้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11- DA
3. ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ ได้แก่ แม่น้ำตราด คลองจันทิ คลองห้วยแร้ง คลองบางพระ จะใช้ข้อมูลที่สำรวจได้ใน พ.ศ. 2555 ของกรมชลประทาน
4. ปริมาณการไหลออก (Outflow) ด้านท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยแร้งและอ่างเก็บน้ำบางระกำไม่นำมาพิจารณาในการจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11- HD แต่สำหรับการจัดทำแบบจำลอง MIKE11- DA จะใช้ข้อมูลจากระบบโทรมาตรที่อยู่ด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำทั้งสอง

## การตรวจเอกสาร

### 1. พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำตราด

#### 1.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

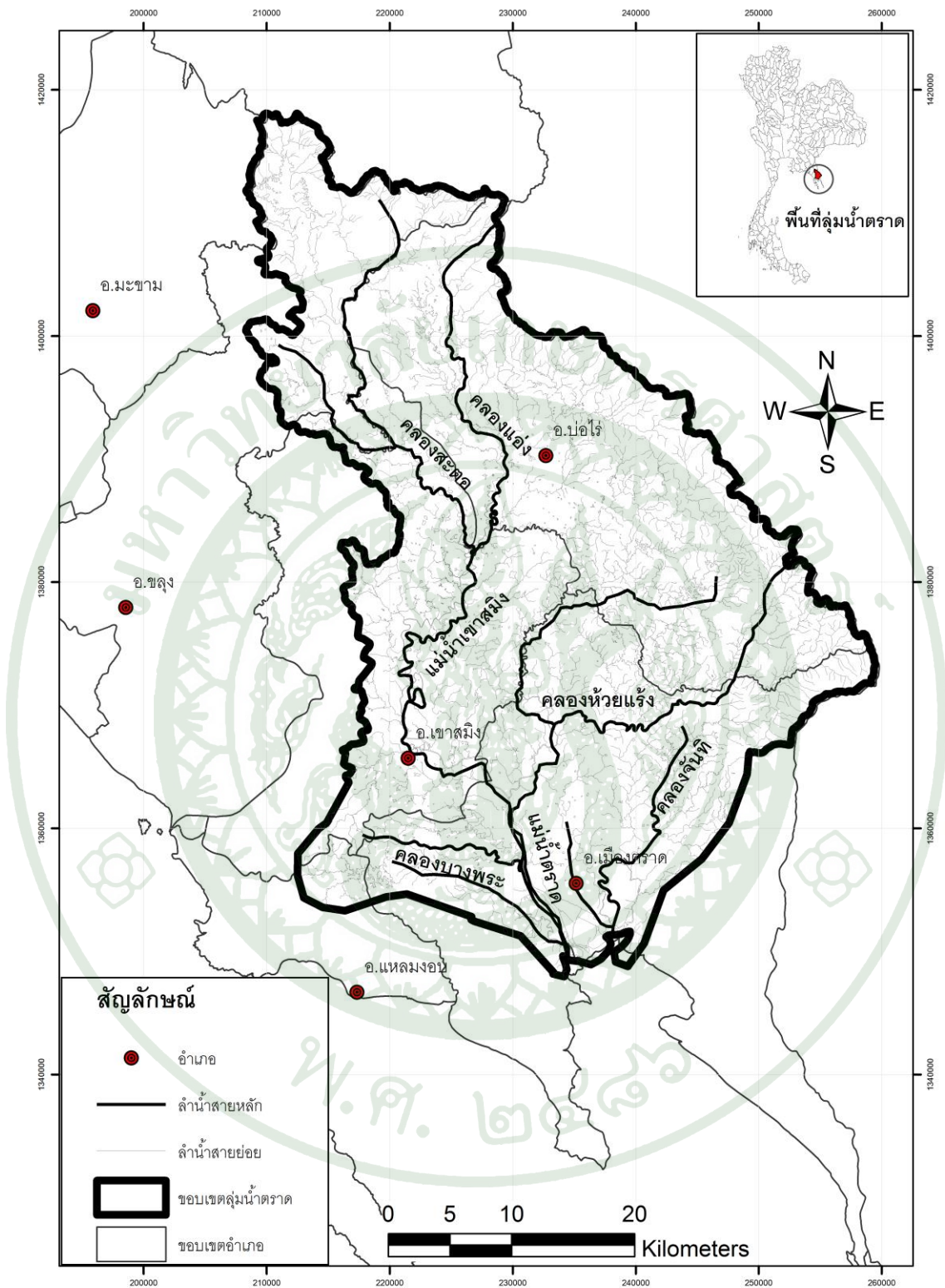
##### 1.1.1 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำตราด เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ตั้งอยู่ที่ทิศตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 1,802.31 ตารางกิโลเมตร โดยครอบคลุมจังหวัดตราด ลักษณะลุ่มน้ำเป็นแนวยาววางตัวอยู่ตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ระหว่างเส้นรุ้งที่  $12^{\circ} 10'$  ถึง เส้นถึงรุ้ง  $12^{\circ} 67'$  เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่  $102^{\circ} 20'$  ถึง  $102^{\circ} 88'$  ตะวันออก มีอาณาเขตติดต่อกับมีดังนี้(กรมชลประทาน, 2555)

ทิศเหนือ	ติดกับประเทศกัมพูชา
ทิศตะวันออก	ติดกับประเทศกัมพูชา
ทิศใต้	ติดกับอ่าวไทยและน่านน้ำทะเลประเทศกัมพูชา
ทิศตะวันตก	ติดกับจังหวัดจันทบุรี

##### 1.1.2 สภาพภูมิประเทศ

ตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นที่สูงของเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัด อยู่ในเขตอำเภอ ขลุง จังหวัดจันทบุรี ทิวเขาบรรทัดทอดยาวจากทิศเหนือลงใต้กั้นพรมแดนธรรมชาติระหว่างไทยและกัมพูชาจนถึงปลายแหลมสารพัดพิษ ในอำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ยอดเขาสูงที่สุด คือ เขาตะแบงใหญ่ อยู่ที่ระดับ 914 ม.รทก. ตอนกลางมีลักษณะเป็นพื้นที่ลอนลาดสลับกับที่ราบ ซึ่งต่อเนื่องมาจากบริเวณที่เป็นภูเขา ปรากฏเป็นแนวแคบๆ ขนานไปกับชายฝั่งทะเล พื้นที่โดยทั่วไปมีความสูงประมาณ 1-50 ม.รทก. บริเวณชายฝั่งทะเล เป็นที่ราบเรียบอยู่ระหว่างพื้นที่เชิงเขาหรือพื้นที่ลอนลาด ขนานกับชายฝั่งทะเล เกิดจากการสะสมตัวของชั้นตะกอนจากน้ำทะเลที่รุกเข้ามาในแผ่นดิน ในบริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขาหรือพื้นที่ลอนลาดเดิม มีความกว้างประมาณ 5-10 กิโลเมตร จากขอบอ่าวไทยปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำตราด



ก. สภาพของภูมิประเทศแบ่งเป็น 4 ลักษณะ

- 1) ที่ราบบริเวณลุ่มน้ำ ได้แก่ บริเวณที่ราบตอนกลางและตะวันออกเหมาะสำหรับทำนาข้าวและปลูกผลไม้
- 2) ที่ราบบริเวณภูเขา ได้แก่ บริเวณที่ราบตอนบนและตอนกลาง บริเวณนี้มีพื้นที่กว้างขวางมาก เนื่องจากมีภูเขากระจายอยู่ทั่วไปเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำสวนผลไม้ ยางพารา และปลูกสับปะรด
- 3) ที่สูงบริเวณภูเขา ได้แก่ บริเวณทางตอนกลางของอำเภอแหลมงอบและเขตติดต่อกับอำเภอเขาสมิง นอกจากนี้ยังมีบริเวณที่เป็นเกาะต่างๆ ซึ่งส่วนมากมีสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้
- 4) ที่ราบต่ำชายฝั่งทะเล ได้แก่ บริเวณฝั่งทะเลเกือบตลอดแนว บริเวณพื้นที่แห่งนี้มีชายหาดยาวหนาแน่นและยังเป็นสถานที่เลี้ยงสัตว์น้ำบางชนิดด้วย

1.1.3 พื้นที่ลุ่มน้ำหลัก

มีแม่น้ำตราดเป็นลำน้ำหลัก มีแม่น้ำเขาสมิง คลองห้วยแรงเป็นลำน้ำสาขา และมีคลองขนาดเล็กๆ อีกมากมาย โดยมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำประมาณ 5,490.56 ล้านลูกบาศก์เมตร

1.1.4 แหล่งน้ำขนาดใหญ่

ทางทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำตราด มีอ่างเก็บน้ำบ้านหิน โลก และทางทิศตะวันออก มีอ่างเก็บน้ำด่านชุมพล

1.2 สภาพอุทกนิคมวิทยา

### 1.2.1 ลักษณะสภาพอากาศ

ไม่ร้อนจัดหรือหนาวจัดเกินไป เนื่องจากพื้นที่ของกลุ่มน้ำตราดมีเกาะต่างๆ มากมายถึง 52 เกาะ จึงเป็นเสมือนกำแพงกั้นบังคลื่นลม ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุก เกือบตลอดปี แบ่งเป็น 3 ฤดู

ฤดูหนาว มีเพียงระยะเวลาสั้นๆ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ อากาศไม่หนาวเย็นมาก อุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน อยู่ระหว่างเดือนมีนาคมและเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส  
ฤดูฝน อยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม

### 1.2.2 สภาพภูมิอากาศ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ กลุ่มน้ำตราด และข้างเคียงจำนวน 2 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศ จ.ตราด และสถานีตรวจอากาศ จ.จันทบุรี โดยทำการสรุปตัวแปรสภาพภูมิอากาศที่สำคัญในช่วงปีพ.ศ. 2524 ถึง 2553 สามารถสรุปค่าเฉลี่ยรายปีของ ตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญดังในตารางที่ 1 และช่วงพิสัยของการผันแปรตัวแปรสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ กลุ่มน้ำตราดที่สำคัญ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของพื้นที่กลุ่มน้ำตราด

ตัวแปรภูมิอากาศ	หน่วย	ช่วงพิสัย	ค่าเฉลี่ย
		ค่าเฉลี่ย	รายปี
		รายเดือน	
อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	องศาเซลเซียส	26.40 - 28.60	27.35
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี	เปอร์เซ็นต์	68 - 87	79.54
ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี	นอต	1.35 - 2.60	1.77
เมฆปกคลุมเฉลี่ยรายปี	0-10 อีอกต้า	4.00 - 9.00	6.58
ปริมาณการระเหยจากภาคเฉลี่ยรายปี	มิลลิเมตร	98.50 - 149.00	1,631.00
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	122.07 - 167.47	1,704.49

ที่มา: กรมชลประทาน (2555)

### 1.2.3 ปริมาณฝน

ในการวิเคราะห์ปริมาณฝนสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำตราดได้ทำการศึกษาปริมาณฝนกระจายตามพื้นที่ โดยคัดเลือกสถานีวัดปริมาณฝนที่ตั้งอยู่ภายในลุ่มน้ำตราดจำนวน 4 สถานี และสถานีวัดปริมาณฝนที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 10 สถานี ซึ่งสถานีทั้งหมดเป็นสถานีวัดปริมาณฝนตัวแทนที่จะใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์อีกด้วย

#### ก. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายปี

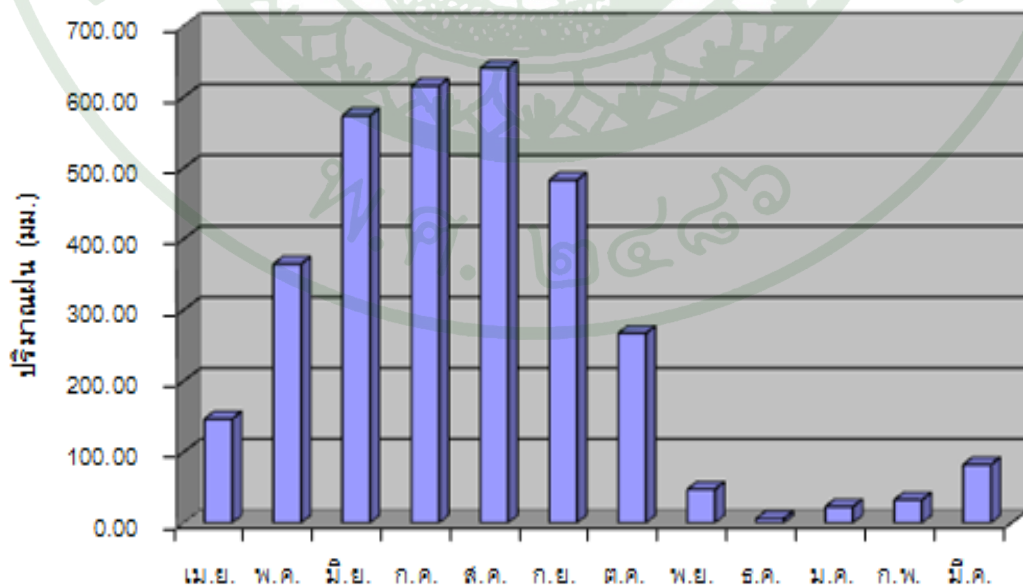
จากข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดปริมาณฝนจำนวน 14 สถานีที่ได้ทำการวิเคราะห์และข้อมูลสถิติ มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของทั้ง 14 สถานี เท่ากับ 2,9553.39 มิลลิเมตร ปริมาณฝนต่ำสุด 1,885.71 มิลลิเมตร ที่สถานีที่ว่าการอำเภอโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี และสูงสุด 3,642.48 มิลลิเมตร ที่สถานีที่ว่าการอำเภอเมืองตราด อำเภอเมือง จังหวัดตราด

#### ข. การวิเคราะห์ปริมาณฝนเฉลี่ยและแนวโน้มฝนในลุ่มน้ำตราด

การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดปริมาณน้ำฝนทุกสถานี พบว่าส่วนใหญ่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยสามารถแสดงค่าการกระจายปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ย แนวโน้มของปริมาณฝนในกลุ่มน้ำตราดได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลของสถานีวัดปริมาณน้ำฝนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดจำนวน 4 สถานี โดยแสดงการกระจายรายเดือนเฉลี่ยและแนวโน้มการผันแปรรายปีดังภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3 ตามลำดับ พบว่ามีค่าปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุด 640.65 มิลลิเมตรในเดือนสิงหาคม และต่ำสุด 6.13 มิลลิเมตร ในเดือนธันวาคม ปริมาณฝนรายปีอยู่ในช่วงพิสัย 945.40 ถึง 4,426.47 มิลลิเมตร โดยแนวโน้มปริมาณฝนที่ตกสะสมในพื้นที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

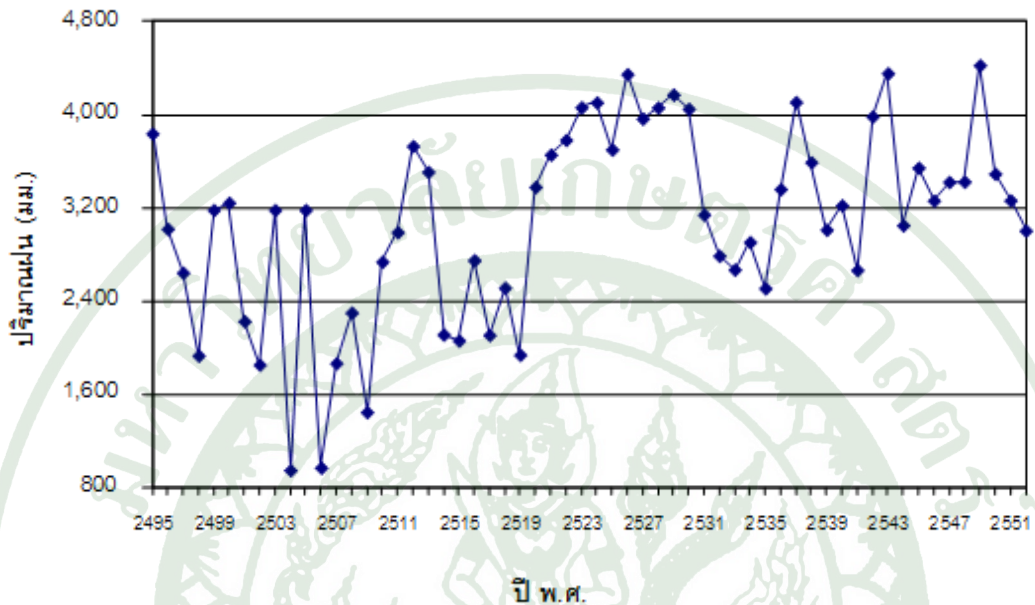
#### ก. การวิเคราะห์จำนวนวันฝนตกรายเดือนและรายปีเฉลี่ย

จำนวนวันที่ฝนตกจากการวิเคราะห์ข้อมูลของสถานีวัดปริมาณฝนลุ่มน้ำตราด และลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 15 สถานี พบว่าสถานีที่มีจำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ยมากที่สุด 170 วัน คือ สถานีสภ.พลิว อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี และมีค่าต่ำที่สุด 87 วัน คือ สถานีที่ว่าการอำเภอลอง อำเภอลอง จังหวัดจันทบุรี สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดมีจำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ย 132 วัน โดยเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม และเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกน้อยที่สุดคือเดือนธันวาคม



ภาพที่ 2 การกระจายปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)



ภาพที่ 3 แนวโน้มปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด

ที่มา: กรมชลประทาน (2555)

### 1.3 สภาพอุทกวิทยาและชลศาสตร์

#### 1.3.1 ปริมาณน้ำท่า

##### ก. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี

ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปีสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำตราดจะทำการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้มีการตรวจบันทึกไว้ของสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ในลุ่มน้ำตราดและลุ่มน้ำข้างเคียงเพื่อศึกษาถึงลักษณะปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำตราด โดยมีสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดจำนวน 4 สถานี ได้แก่ Z.10 Z.30 Z.45 Z.48 และในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 5 สถานี ได้แก่ Z.14 Z.21 Z.47 Z.52 TL.4 โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารายปีต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำตราดและลุ่มน้ำข้างเคียงอยู่ในช่วงพิสัย 14.58 – 96.45 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร โดยมีค่ามากที่สุดที่สถานี Z.21 ซึ่งเป็น

สถานีในกลุ่มน้ำแม่ น้ำจันทบุรี และน้อยที่สุดที่สถานี Z.52 ในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของทุกสถานี พบว่าปริมาณน้ำท่ามีปริมาณมากที่สุดอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน

ข. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีและพื้นที่รับน้ำฝน

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีและพื้นที่รับน้ำฝน ได้พิจารณาใช้บันทึกที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำท่าเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1

$$Q_M = 4.5146A^{0.875} \quad (R^2 = 0.9901) \quad (1)$$

โดยที่  $Q_M$  คือ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)  
 $A$  คือ พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)

1.3.2 ปริมาณน้ำนองสูงสุด

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำฝน ได้ใช้ข้อมูลจากรายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ย จากข้อมูลที่ได้ตรวจบันทึกไว้ของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 9 สถานี โดยผลการวิเคราะห์ จะได้สมการถดถอยดังสมการที่ 2

$$Q_F = 10.23A^{0.5642} \quad (R^2 = 0.8407) \quad (2)$$

โดยที่  $Q_F$  คือ ปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)  
 $A$  คือ พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)

### 1.3.3 ปริมาณตะกอน

เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดไม่มีสถานีตรวจวัดปริมาณตะกอน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำตราด โดยรวบรวมข้อมูลจากสถานีวัดตะกอนที่ตั้งอยู่ภายในลุ่มน้ำจันทบุรีซึ่งเป็นลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 2 สถานี ได้แก่สถานี Z.14 และ Z.21 ซึ่งพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยมีปริมาณมากในช่วงเดือนกันยายน

### 1.3.4 สภาพชลศาสตร์ของลำน้ำ

แม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำใหญ่ที่สุดของจังหวัดตราด ความยาวลำน้ำประมาณ 150 กิโลเมตร มีชื่อเรียกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ไหลผ่าน ต้นน้ำเกิดจากทิวเขาบรรทัด แม่น้ำบริเวณตอนบนที่สำคัญคือ คลองแอง และคลองสะตอ แล้วไหลผ่านบริเวณ อำเภอบ่อไร่ อำเภอเขาสมิง ช่วงนี้เรียกว่า คลองเขาสมิง หรือคลองใหญ่ เป็นเส้นทางคมนาคมที่สำคัญในอดีต เมื่อไหลเข้าเขตอำเภอเมือง จ.ตราด คลองเขาสมิงบรรจบกับคลองห้วยแร้ง ที่บริเวณปากคลองห้วยแร้ง ที่หมู่บ้านจุฬามณี ตำบลห้วยแร้ง ในช่วงนี้เรียกว่าแม่น้ำตราดและสามารถสรุปสภาพทางอุทกวิทยา-ชลศาสตร์ ของลำน้ำสายสำคัญ ได้ดังนี้ (ดูภาพที่ 1)

ก. คลองสะตอ มีความยาวลำน้ำประมาณ 54 กม. ต้นน้ำเกิดจากเขาชะอม ในเขตจังหวัดจันทบุรี และเขาคลองปุกในจังหวัดตราด คลองสะตอเป็นแนวคลองแบ่งเขตจังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี ไหลผ่านบ้านสะตอ บ้านท่าฉาง บ้านเกาะลอย สามารถแบ่งช่วงลำน้ำตามสภาพความลาดชันออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจากบริเวณต้นน้ำถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 10 ช่วงนี้ค่อนข้างชัน มีความลาดชันประมาณ 1:25 (ระดับเปลี่ยนแปลง 1 เมตร ในทุก ๆ ระยะทาง 25 เมตร) จากนั้นจะเป็นที่ราบลุ่มตอนกลางของลุ่มน้ำ ลักษณะลำน้ำมีการปรับความลาดชันลดลงเหลือประมาณ 1:490 ก่อนที่จะไหลไปบรรจบกับคลองแอง ที่อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด

ข. คลองแอง มีความยาวลำน้ำประมาณ 45 กม. ต้นน้ำเกิดจากเขาคลองปุกไหลผ่านบ้านหนองบอน บ้านช้างทูน บ้านท่าจีน อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด สามารถแบ่งช่วงลำน้ำตามสภาพความลาดชันออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจากบริเวณต้นน้ำถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 4 ช่วงนี้มีความลาดชันสูงมาก ประมาณ 1:6 จากนั้นลักษณะลำน้ำมีการปรับความลาดชันลดลงเหลือประมาณ 1:220 ในบริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำ ก่อนที่จะไหลไปบรรจบกับคลองสะตอที่บริเวณอำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด ต่อไป

ค. แม่น้ำเขาสมิง เกิดจากการรวมตัวกันของคลองสะอาดและคลองแ่งที่ อ.เขาสมิง จ.ตราด มีความยาวลำน้ำประมาณ 44 กม. สามารถแบ่งช่วงลำน้ำตามสภาพความลาดชันออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกจากบริเวณต้นน้ำถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 25 ช่วงนี้ลำน้ำมีความลาดชันน้อยประมาณ 1: 3472 จากนั้นตั้งแต่ช่วงกิโลเมตรที่ 25 ถึงกิโลเมตรที่ 37 ลำน้ำมีการปรับความลาดชันเพิ่มขึ้นประมาณ 1:1519 ก่อนที่จะปรับความลาดชันลดลงอีกครั้งในบริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำ มีความลาดชันน้อยมาก ประมาณ 1:27500 ก่อนที่จะไหลไปบรรจบกับคลองห้วยแรงต่อไป

ง. คลองห้วยแรง มีความยาวลำน้ำประมาณ 53 กม. ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านบ้านขนุน บ้านหนองคล้า บ้านท่าศาลเจ้า ในบริเวณอำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด ไหลรวมกับแม่น้ำตราด บริเวณบ้านปากคลองห้วยแรง สามารถแบ่งช่วงลำน้ำตามสภาพความลาดชันออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจากบริเวณต้นน้ำถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 3 ช่วงนี้มีความลาดชันมาก ประมาณ 1:11 จากนั้นลักษณะลำน้ำมีการปรับความลาดชันลดลงเหลือประมาณ 1:588 ก่อนที่จะไหลไปบรรจบกับแม่น้ำเขาสมิงที่ อ.เมือง จ.ตราด ต่อไป

จ. แม่น้ำตราด เป็นแม่น้ำที่เกิดจากการไหลมารวมตัว ของแม่น้ำเขาสมิงและคลองห้วยแรง มีความยาวประมาณ 14 กิโลเมตร มีความชันน้อยมาก เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ราบชายฝั่ง คือ มีความลาดชันประมาณ 1:4667 ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลบริเวณบ้านปากคลอง อำเภอเมือง จังหวัดตราด

#### 1.4 ทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน

##### 1.4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ก. พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรม สามารถเรียงลำดับชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก ที่มีพื้นที่มากที่สุดไปยังที่มีพื้นที่น้อยสุดได้ดังนี้ ไม้ผลและไม่ยืนต้น ข้าว และพืชไร่ โดยคิดเป็นร้อยละ 60.38 27.16 และ 12.46 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 4

ข. พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก สามารถเรียงลำดับของประเภทการใช้ที่ดินจากที่มีพื้นที่มากที่สุดไปยังที่มีพื้นที่น้อยสุดได้ดังนี้ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อื่นๆ พื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยคิดเป็นร้อยละ 47.67 34.26 14.67 1.90 และ 1.50 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยลำดับ โดยสรุปแยกเป็นรายอำเภอได้ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และภาพที่ 4



ตารางที่ 2 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรมในพื้นที่จังหวัดตราดสรุปแยกเป็นรายอำเภอ

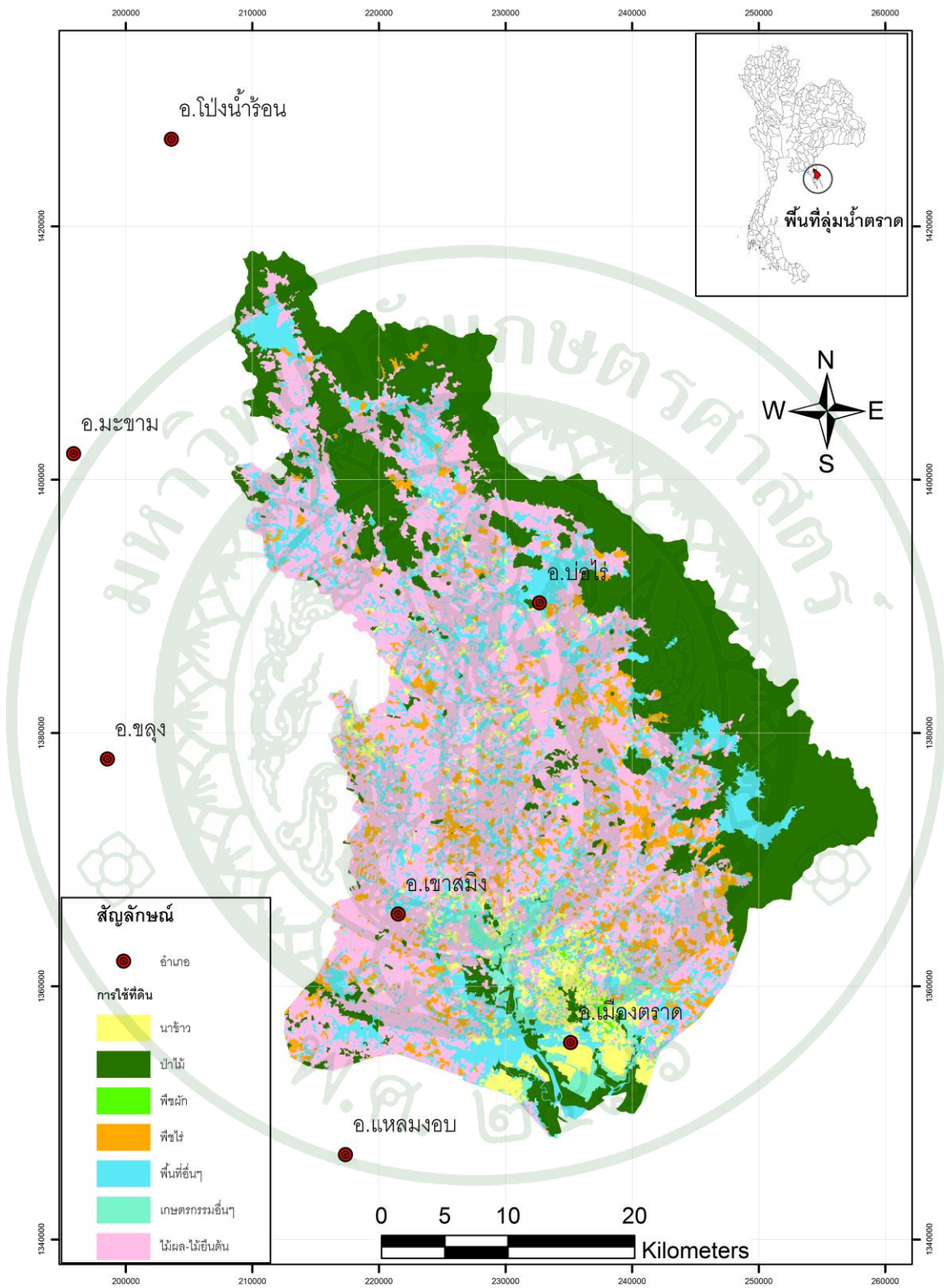
อำเภอ	พื้นที่ประเภทที่ดินด้านการเกษตร (ไร่)					พื้นที่รวม (ไร่)
	พืชไร่	พืชผัก	ไม้ผล ไม้ยืนต้น	การเกษตร ด้านอื่น ๆ	ข้าว	
เขาสมิง	31,012.07	-	143,237.87	-	20,932.66	195,182.60
คลองใหญ่	-	-	19,538.23	-	3,181.52	22,719.75
บ่อไร่	3,905.39	-	5,745.30	-	8,167.21	17,817.90
เมืองตราด	41,684.24	-	138,859.94	-	125,763.22	306,307.40
แหลมงอบ	-	-	63,861.90	-	8,971.24	72,833.15
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>76,601.70</b>	<b>-</b>	<b>371,243.24</b>	<b>-</b>	<b>167,015.84</b>	<b>614,860.78</b>
<b>ร้อยละ</b>	<b>12.46</b>	<b>-</b>	<b>60.38</b>	<b>-</b>	<b>27.16</b>	<b>100.00</b>

ที่มา: การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

ตารางที่ 3 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่จังหวัดตราดสรุปแยกเป็นรายอำเภอ

อำเภอ	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลักประเภทต่างๆ (ไร่)					พื้นที่รวม (ไร่)
	เกษตรกรรม	ป่าไม้	อื่นๆ	ที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	
กิ่ง อ.เกาะกูด	-	-	82,005.01	-	-	82,005.01
กิ่ง อ.เกาะช้าง	-	-	138,527.53	-	-	138,527.53
เขาสมิง	195,182.60	157,958.04	9,413.37	3,402.52	12,649.24	378,605.77
คลองใหญ่	22,719.75	15,982.88	6,416.41	570.60	-	45,689.63
บ่อไร่	17,817.90	411,853.72	19,104.88	1,549.00	2,232.45	452,557.95
เมืองตราด	306,307.40	257,050.02	6,455.23	17,722.19	7,818.38	595,353.21
แหลมงอบ	72,833.15	12,715.76	1,376.46	10,844.91	4,149.52	101,919.81
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>614,860.78</b>	<b>855,560.42</b>	<b>263,298.89</b>	<b>34,089.22</b>	<b>26,849.59</b>	<b>1,794,658.91</b>
<b>ร้อยละ</b>	<b>34.26</b>	<b>47.67</b>	<b>14.67</b>	<b>1.90</b>	<b>1.50</b>	<b>100.00</b>

ที่มา: การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548)



ภาพที่ 4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

## 1.5 การเกษตรกรรม

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ ข้าว พืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง สับปะรด พืชไร่ผสม (สับปะรดกับ ข้าวโพด หรือ อ้อยกับข้าวโพด) ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เช่น มะม่วงหิมพานต์ ยางพารา สวนผสม เป็นต้น โดยจะปลูกยางพารามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.16 ของพื้นที่เกษตรกรรมของกลุ่มน้ำ รองลงมา คือ ข้าว และสวนผสม คิดเป็นร้อยละ 27.16 และร้อยละ 16.56 ของพื้นที่ ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พื้นที่ปลูกพืชสำคัญในกลุ่มน้ำตราด

ชนิดพืช	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)			พื้นที่เพาะปลูก (ร้อยละ)		
	ในเขต <sup>2/</sup> ชลประทาน	นอกเขต ชลประทาน	รวม	ในเขต <sup>2/</sup> ชลประทาน	นอกเขต ชลประทาน	รวม
1. ข้าว	103,603.90	63,411.94	167,015.84	16.85	10.31	27.16
2. พืชไร่						
- มันสำปะหลัง	-	8,395.07	8,395.07	-	1.37	1.37
- สับปะรด	0.79	10,137.26	10,138.05	0.00	1.65	1.65
- พืชไร่ผสม <sup>1/</sup>	-	58,058.58	58,058.58	-	9.44	9.44
3. ไม้ผล/ไม้ยืนต้น						
- มะม่วงหิมพานต์	2,856.27	1,226.35	4,082.62	0.46	0.20	0.66
- ยางพารา	60,855.44	204,498.04	265,353.48	9.90	33.26	43.16
- สวนผสม	15,213.60	86,593.54	101,807.14	2.47	14.08	16.56
4. พืชผัก	-	-	-	-	-	-
5. การเกษตรด้านอื่น ๆ	-	-	-	-	-	-
<b>รวม</b>	<b>182,530.00</b>	<b>432,320.78</b>	<b>614,850.78</b>	<b>29.69</b>	<b>70.31</b>	<b>100.00</b>

หมายเหตุ: <sup>1/</sup> พืชไร่ผสม ได้แก่ สับปะรด + ข้าวโพด อ้อย + ข้าวโพด

<sup>2/</sup> ไม่รวมพื้นที่ของโครงการชลประทานขนาดเล็ก

ที่มา: 1. ข้อมูลการใช้ที่ดินในปัจจุบัน

2. ข้อมูลสถิติการปลูกพืช กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร (2548-2549)

## 1.6 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในปัจจุบัน

### 1.6.1 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ทั้งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและกำลังดำเนินการก่อสร้างสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ	จำนวนโครงการ	ความจุอ่างที่ระดับเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)
ขนาดใหญ่และกลาง	15	151.05	175,830
ขนาดเล็ก	71	19.12	41,320

### 1.6.2 โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

เป็นโครงการในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน ซึ่งโอนย้ายมาจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ซึ่งภายในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตราดมีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าที่ก่อสร้างเสร็จแล้วจนถึงปัจจุบันเพียง 2 โครงการ คือ

ก. โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านบ่าโรน ตำบลเขาสมิง อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด ก่อสร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2534 โดยใช้แหล่งน้ำจากแม่น้ำเขาสมิง สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้ประมาณ 4,500 ไร่

ข. โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านประทุม ตำบลแหลมกั๊ด อำเภอเมือง จังหวัดตราด ก่อสร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2534 โดยใช้แหล่งน้ำจากคลองประทุน สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้ประมาณ 2,600 ไร่

## 1.7 ความต้องการใช้น้ำ

การประเมินความต้องการใช้น้ำในปัจจุบันและอนาคต สำหรับกิจกรรมต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.7.1 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร โดยความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรได้รวมความต้องการน้ำในโครงการชลประทานและความต้องการน้ำนอกเขตชลประทาน

1.7.2 ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยว

1.7.3 ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

ผลจากการประเมินความต้องการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด จังหวัดตราด ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต (ปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2570) มีความต้องการใช้น้ำ 360.12 และ 424.76 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ สรุปความต้องการใช้น้ำรายอำเภอในแต่ละกิจกรรม ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคตดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปความต้องการใช้น้ำรายอำเภอในแต่ละกิจกรรม ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต

อำเภอ	ความต้องการน้ำรายปีเฉลี่ยสภาพปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)				ความต้องการน้ำรายปีเฉลี่ยสภาพอนาคต (ล้าน ลบ.ม.)			
	การเกษตร	อุปโภค-บริโภค	อุตสาหกรรม	รวม	การเกษตร	อุปโภค-บริโภค	อุตสาหกรรม	รวม
เขาสมิง	115.48	1.82	1.07	118.37	144.15	3.21	3.38	150.74
คลองใหญ่	9.41	0.90	1.09	11.40	9.41	1.48	3.44	14.33
บ่อไร่	48.32	2.45	0.27	51.04	53.26	3.79	0.84	57.89
เมืองตราด	137.88	5.09	1.53	144.50	151.10	8.27	4.83	164.20
แหลมงอบ	32.92	1.02	0.37	34.30	32.92	1.64	1.17	35.73
กิ่ง อ.เกาะกูด	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.85	0.00	0.85
กิ่ง อ.เกาะช้าง	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	1.01	0.01	1.02
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>344.01</b>	<b>11.78</b>	<b>4.33</b>	<b>360.12</b>	<b>390.84</b>	<b>20.25</b>	<b>13.67</b>	<b>424.76</b>

ที่มา: กรมชลประทาน (2555)

## 1.8 ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

### 1.8.1 น้ำท่วม

ลุ่มน้ำตราดมีต้นกำเนิดของลำน้ำอยู่ทางพื้นที่ตอนบนของอำเภอขลุ้ง ได้แก่ เทือกเขาสะพานหิน เขาชะเอม และเขาหินหยาบ เมื่อมีปริมาณฝนตกหนักบริเวณพื้นที่ต้นน้ำจะเกิดน้ำป่าไหลหลากน้ำล้นตลิ่งได้ในแถบหมู่บ้านต้นน้ำ ได้แก่ บ้านโชคดี บ้านสะพานหิน บ้านเขาน้อย เขตตำบลบ่อเวฬุ อำเภอขลุ้ง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งอุทกภัยที่เกิดขึ้นใช้ระยะเวลาประมาณ 6-10 ชั่วโมง และหลังจากฝนหยุดตกระดับน้ำจะลดลงกลับคืนสู่สภาวะปกติในเวลาค่อนข้างรวดเร็ว ภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 วัน

อย่างไรก็ดี สภาพน้ำหลากจากต้นน้ำของแม่น้ำเมืองตราด จะเป็นสาเหตุหลักต่อการเกิดน้ำท่วมบริเวณตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำซึ่งอยู่ในจังหวัดตราด ดังเหตุการณ์น้ำท่วมในช่วงระหว่างวันที่ 31 กรกฎาคม ถึง 9 สิงหาคม 2538 ซึ่งได้เกิดน้ำไหลบ่าท่วมบ้านเรือนราษฎรในเขตตำบลหนองบอน ตำบลช้างฆูน อำเภอบ่อไร่ ไหลลงสู่คลองแอง นอกจากนี้ยังเกิดสภาวะน้ำท่วมในเขตอำเภอขลุ้งและไหลลงมาตามลำคลองพูลด่างต่อเขตคลองแองเข้าสู่ลำน้ำห้วยสะตอในปริมาณมาก และปริมาณน้ำไหลเข้าท่วมพื้นที่อำเภอเขาสมิง ในเขตตำบลสะตอ ตำบลเทพนิมิตร ตำบลแสนตุ้ง ตำบลวังตะเคียน และตำบลเขาสมิง แนวทางเดินของน้ำหลากได้ลัดเลาะตามแนวลำน้ำห้วยสะตอจนถึงแม่น้ำเขาสมิงเข้าสู่ตำบลวังกระแจะ และตำบลห้วยเรียง อำเภอเมืองตราด และไหลเข้าสู่แม่น้ำตราดและลงทะเลต่อไป โดยสภาพการเกิดสภาวะน้ำท่วมในช่วงตอนบนและตอนกลางประมาณ 2-3 วัน และท่วมนานบริเวณตำบลเขาสมิงประมาณ 5-6 วัน

#### ก. สรุปสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมได้ดังนี้

1) เกิดปริมาณฝนตกหนักในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากตั้งอยู่ในบริเวณเขตอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำของลุ่มน้ำของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมดีเปรสชันจากทางด้านตะวันออกของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศ โดยปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูฝน 2,909 มิลลิเมตร

2) ปริมาณน้ำเหนือไหลหลากจากเทือกเขาตอนบนเข้าสู่แม่น้ำตราด ทำให้น้ำล้นตลิ่งหรือคั่นกันน้ำและไหลบ่าเข้าสู่ที่อยู่อาศัยทั้งสองฝั่งของแม่น้ำตราด



- 3) สภาพระน้ำทะเลหนุนในช่วงปลายฤดูฝน และเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ปริมาณน้ำเหนือหลากลงสู่ทะเล
- 4) สภาพลำน้ำสาขาในหมู่บ้านต้นเงิน จึงไม่สามารถระบายน้ำลงสู่ลำคลองสายหลักได้อย่างสะดวก
- 5) ถนนสายหลักมีช่องระบายน้ำไม่เพียงพอ และถนนบางสายสร้างขวางทางเดินของน้ำ
- 6) สภาพท่อระบายน้ำในเขตชุมชนเกิดการอุดตัน
- 7) การเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว จึงมีการถมที่เพื่อสร้างบ้านเรือน จึงทำให้พื้นที่เก็บกักน้ำลดน้อยลง
- 8) ขาดแหล่งเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน
- 9) ยังไม่มีระบบการคาดการณ์และเตือนภัยน้ำท่วมอย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตั้งระบบโทรมาตรที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ลุ่มน้ำ

#### 1.8.2 การขาดแคลนน้ำ

ปัญหาด้านภัยแล้งหรือการขาดแคลนน้ำ ในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถสรุปสาเหตุของปัญหาได้ดังนี้

ก. ความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของชุมชน อุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ข. ปริมาณฝนตกในบางพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามีปริมาณน้อย ประกอบกับขาดแหล่งเก็บกักน้ำต้นทุนที่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ

ค. เกิดปัญหาในกระบวนการอนุมัติโครงการในการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากติดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เนื่องจากโครงการเข้าไปอยู่ในพื้นที่ป่าหรือเขตอนุรักษ์

ง. ปัญหาการบุกรุกที่ป่าสงวนและที่สาธารณะประโยชน์ จากการเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้มีความต้องการพื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหาเรื่องที่ดินในการพัฒนาแหล่งน้ำ

จ. ปัญหาด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านระบบประปา โครงการชลประทานมีประสิทธิภาพต่ำ

ฉ. ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญการใช้น้ำด้านต่างๆ อย่างเด่นชัดในกลุ่มน้ำเพื่อเป็นนโยบายในการจัดสรรน้ำในช่วงสภาวะวิกฤติ ทำให้เกิดการแย่งน้ำและใช้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ

### 1.8.3 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในแม่น้ำตราดจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดยในบางช่วงบริเวณที่ไหลผ่านชุมชนขนาดใหญ่ แนวโน้มน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมมาก นอกจากนี้ยังพบว่ามีปัญหาการรุกคืบของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้งด้วย ดังนั้นควรมีการแก้ปัญหา ที่ต้นเหตุคือผู้ที่ก่อมลพิษ โดยการปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์แหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ปัญหาคุณภาพน้ำมีสาเหตุที่สำคัญเนื่องจากการระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำลำคลอง โดยเป็นน้ำเสียจากชุมชนประมาณร้อยละ 50 และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งกิจกรรมการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณร้อยละ 50

## 2. น้ำจากฟ้า (Precipitation)

น้ำจากฟ้า หรือ น้ำจากอากาศ หมายถึง การที่ไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศได้รับความเย็น และกลั่นตัวรวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้น และน้ำหนักมากขึ้นจนไม่สามารถลอยอยู่ได้ในบรรยากาศ จึงตกลงสู่พื้นดิน น้ำจากอากาศดังกล่าวจะตกลงมาสู่พื้นดินในลักษณะต่างๆ ทั้งของเหลว เช่น น้ำฝน ของแข็ง เช่น ลูกเห็บ และผลึก เช่น หิมะ เป็นต้น (วิระพล, 2533)

การที่ไอน้ำจากอากาศตกลงมาจะต้องมีการกลั่นตัวของไอน้ำ และการที่ไอน้ำจะกลั่นตัวได้อุณหภูมิของมวลอากาศร้อนที่อุ้มไอน้ำไว้จะต้องลดต่ำลงจนถึงจุดน้ำค้าง ดังนั้น ชนิดของน้ำจากอากาศ อาจแบ่งออกตามลักษณะการลอยตัวซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิลดลงและเกิดน้ำจากอากาศตกลงมา ได้ดังนี้

### 2.1 ฝนพายุหมุน (Cyclonic Rain)

เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศ เมื่อมวลอากาศเหล่านั้นเคลื่อนตัวมารวมกันในบริเวณความกดอากาศต่ำหรือไซโคลน โดยปกติแล้วจะเกิดขึ้นในที่ราบ ตกเป็นบริเวณกว้าง

### 2.2 ฝนจากการพาความร้อน (Convective Rain)

เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศร้อนที่เบาที่อากาศเย็นรอบ ๆ ความแตกต่างของอุณหภูมิอาจจะเกิดจากสาเหตุ เช่น การที่พื้นโลกได้รับความร้อนไม่เท่ากันการเย็นลงไม่เท่ากันของชั้นอากาศที่อยู่ตอนบน และจากกลศาสตร์ของการยกตัว เมื่อมวลอากาศถูกบังคับให้ลอยขึ้นมวลอากาศที่เย็นกว่าหรือลอยข้ามหุบเขาที่กีดขวางฝนแบบนี้จะเกิดเป็นหย่อมๆ และมีความเข้มของฝนแบบปรอยๆ จนถึงแบบพายุฝน ลักษณะของเมฆที่เกิดจากการลอยตัวประเภทนี้จะมีฐานกว้างและมียอดเป็นลำสูงหลายยอด ก่อนฝนตกมักจะมีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง เกิดขึ้นเสมอ

### 2.3 ฝนแบบปะทะภูเขา (Orographic Rain)

เกิดจากมวลอากาศที่อุ้มไอน้ำพัดไปปะทะภูเขาหรือพื้นโลกที่มีความลาดชันสูงก็จะยกตัวขึ้นไปตามไหล่เขา ทำให้เกิดเมฆเป็นชั้น ๆ ทางด้านหน้าเขาที่รับลม เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นไปเย็นลงถึงจุดน้ำค้างไอน้ำก็จะกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน โดยมากจะตกทางหน้าเขามากกว่า

ทางด้านหลังเขาการเกิดน้ำจากอากาศในธรรมชาติ อาจเกิดจากชนิดของลักษณะการลอยตัวหนึ่งในสี่ชนิด หรือเกิดร่วมกันได้

โดยสรุปไอน้ำหรือความชื้นในอากาศ (Atmospheric Moisture) เกิดมาจากการระเหยและการคายน้ำ แหล่งใหญ่ของไอน้ำ คือ ทะเล มหาสมุทรเมื่อความชื้นในอากาศเย็นลงก็จะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำและจับกันเป็นก้อนโตขึ้นจนในที่สุดก็ตกลงสู่พื้นดินในรูปของน้ำจากอากาศเมื่อพิจารณาน้ำจากอากาศในรูปของฝนจากสถิติข้อมูลปริมาณฝนที่ได้มีการบันทึกไว้ ถือเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาในด้านอุทกวิทยา หรือวิชาที่กล่าวถึงการเกิด การเคลื่อนที่ การหมุนเวียน และการแผ่กระจายของน้ำบนแผ่นดิน

### 3. ลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดซึ่งน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) ที่เกิดจากฝนที่ตกลงบนพื้นที่นั้น จะไหลออกสู่จุดออก ได้แก่ ปากแม่น้ำ หรือจุดที่สนใจ (Point of Concentration) ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่กล่าวถึงพื้นที่ลุ่มน้ำ ต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือจุดใด เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำปิงเหนือเขื่อนภูมิพล มีพื้นที่เท่ากับ 26,386 ตารางกิโลเมตร เป็นต้น ดังนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับลำน้ำหรือแม่น้ำใดๆจะมีขนาดเพิ่มขึ้น เมื่อจุดออกหรือตำแหน่งที่พิจารณาในลำน้ำเคลื่อนไปทางด้านท้ายน้ำเส้นแบ่งเขตลุ่มน้ำ เรียกว่า สันปันน้ำ เป็นเส้นที่วิ่งไปตามแนวสูงสุดของพื้นที่ ฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ที่อยู่นอกสันปันน้ำจะไหลลงไปสู่ลุ่มน้ำอื่น

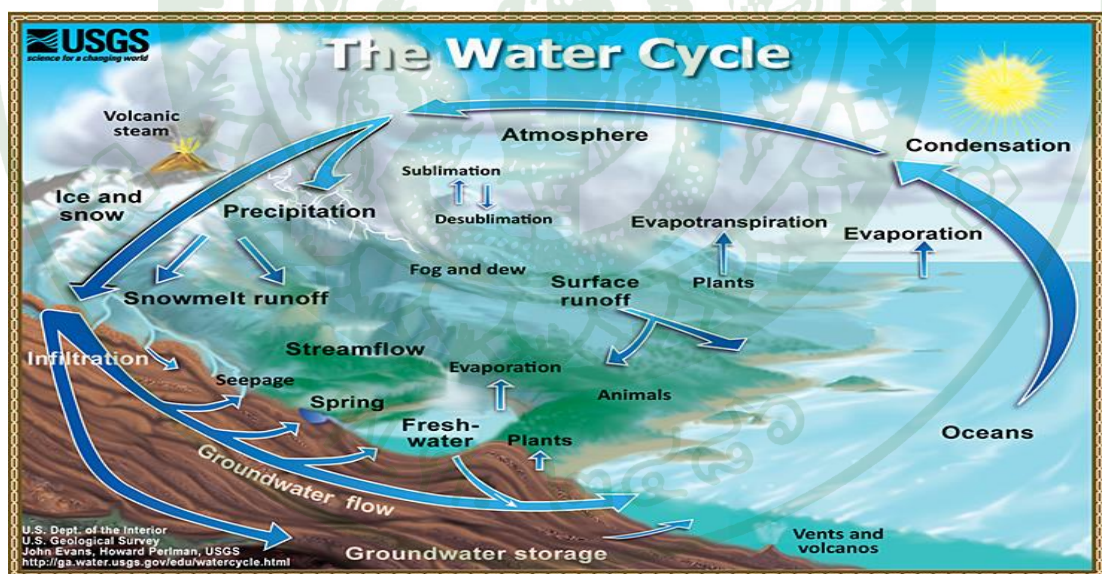
### 4. ขบวนการเกิดน้ำท่า

เมื่อฝนตกลงมาสู่ผิวโลกนั้น น้ำฝนบางส่วนที่ตกลงในป่าจะถูกพืชกักไว้บางส่วนตามใบหรือลำต้น เรียกว่า Interception ซึ่งบางส่วนจะระเหยกลับสู่บรรยากาศ บางส่วนถูกกักไว้โดยอาคารชลศาสตร์ต่างๆ และบางส่วนจะหยดต่อลงสู่พื้นดิน (วีระพล, 2531) ดังแสดงในภาพที่ 5

น้ำฝนส่วนที่ตกถึงพื้นดินจะเริ่มซึมลงดินด้วยแรงดึงดูดของเม็ดดินในลักษณะที่เรียกว่า การซึมสู่ผิวดินหรือการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) และจะกลายเป็นน้ำที่ไหลในดินเรียกว่า Subsurface Runoff ในกรณีที่เม็ดดินมีความชื้นเดิมน้อยมาก หรือแห้ง อัตราการซึมลงดินในลักษณะนี้จะสูงมากแต่เมื่อดินอิ่มตัวก็จะลดลงทันทีทันใดเช่นกันน้ำส่วนที่ซึมลงไปอ้อมตัวอยู่ในดินจะถูกแรงดึงดูดของโลกดูดให้ซึมลึกลงไปอีกเรียกว่า Percolation ซึ่งจะซึมต่อลงไปถึงระดับน้ำใต้ดินที่มี

น้ำอ้อมตัวขังอยู่เป็นน้ำใต้ดิน เรียกว่า Groundwater น้ำใต้ดินนี้มีหลายระดับชั้นจะค่อยๆ ไหลตามความลาดเทของชั้นดินไปสู่ที่ต่ำอาจเป็นแหล่งขังน้ำใต้ดินอยู่หรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธารที่อยู่ต่ำกว่าหรือออกสู่ทะเลโดยตรงก็มี แต่หากบางส่วนของน้ำซึมลงดินไปแล้วเกิดมีชั้นดินแน่นที่ขวางอยู่น้ำส่วนนี้ก็จะมีไหลไปตามความลาดเทได้ผิวดินและขนานไปกับชั้นดินแน่นที่บดบังกล่าว เรียกว่า Interflow ซึ่งจะไหลออกสู่ผิวดินอีก เป็นลักษณะของน้ำซับค่อยไหลซึมออกไป น้ำที่ซึมลงดินตามชั้นตอนต่าง ๆ นั้นอาจถูกรากพืชดูดเอาไปใช้ แล้วคายออกทางใบเรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration) ซึ่งจะเป็จำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

น้ำฝนส่วนที่เหลือจากการซึมลงดินเมื่ออัตราฝนตกมีค่าสูงกว่าอัตราการซึมลงดิน ก็จะเกิดขังนองอยู่ตามพื้นดินแล้วรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า เรียกว่า Overland Flow บางส่วนอาจไปรวมตัวอยู่ในที่ลุ่มบริเวณเล็กๆ เรียกว่า Surface Storage แต่ส่วนใหญ่จะรวมตัวกันมีปริมาณมากขึ้นมีแรงเซาะดินให้เป็นร่องน้ำ ลำธาร และแม่น้ำ ตามลำดับ น้ำที่ไหลอยู่ในแม่น้ำลำธารเรียกว่า น้ำท่า (Surface Runoff) ตลอดเวลาที่น้ำอยู่ในชั้นตอนต่างๆ เหล่านี้จะเกิดการระเหยเรียกว่า Evaporation คือ น้ำเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำขึ้นไปสู่บรรยากาศตลอดเวลา



ภาพที่ 5 วัฏจักรของน้ำ

ที่มา: Evans (n.d.)

การไหลของน้ำทำในลำน้ำ แบ่งตามลักษณะการไหลของน้ำได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

#### 4.1 การไหลของน้ำบนผิวดิน (Surface Runoff หรือ Overland Flow)

เกิดขึ้นเมื่ออัตราการตกของฝนมากกว่าอัตราการซึมลงดิน การไหลของน้ำทำจะไหลบนผิวของพื้นที่ลุ่มน้ำลงไปสู่ที่ต่ำกว่าด้วยทางน้ำเล็ก ๆ จนในที่สุดจะไหลออกสู่ลำน้ำเป็นน้ำในลำน้ำ หลังจากหักการสูญเสียเริ่มแรกออก ซึ่งได้แก่ การซึมลงดินและการเก็บกักที่ผิวดิน การไหลของน้ำทำบนผิวดิน จะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำทำในลำน้ำ โดยตรง และผันแปรไปตลอดช่วงที่มีฝนตกจนกระทั่งฝนหยุดตก หรือหลังจากฝนหยุดตกเล็กน้อย

#### 4.2 การไหลของน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Runoff หรือ Interflow)

เกิดขึ้นเมื่อน้ำฝนซึมลงดินไปแล้ว เกิดมีชั้นดินแน่นที่บว้างอยู่ น้ำส่วนนี้ก็จะไหลไปตามความลาดเทใต้ผิวดินและขนานไปกับชั้นดินแน่นที่บว้าง น้ำจะมีการเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ และมักเป็นการเคลื่อนที่แบบด้านข้าง เป็นลักษณะของน้ำซบค่อยไหลซึมออกสู่ลำน้ำจะเกิดในระหว่างพายุฝนหรือหลังจากเกิดพายุฝน

#### 4.3 การไหลของน้ำใต้ดิน (Base Flow)

เกิดขึ้นเมื่อน้ำฝนซึมลงดินไปถึงชั้นดินตอนล่างตามแนวตั้ง และไหลลงสู่แหล่งเก็บกักน้ำใต้ดิน (Groundwater) ซึ่งไหลไปตามความลาดเทของชั้นดินไปสู่ที่ต่ำกว่าหรือออกสู่ทะเลโดยตรงก็มี เป็นน้ำที่ค่อย ๆ หล่อเลี้ยงลำน้ำให้มีน้ำตลอดปี ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ระดับเดียวกับระดับน้ำในลำน้ำแล้ว การไหลของน้ำในลำน้ำจะมีตลอดเวลา โดยธรรมชาติแล้วการให้น้ำในลำน้ำจากน้ำใต้ดินนั้น ไม่ทำให้ระดับน้ำในลำน้ำขึ้นลงอย่างรวดเร็ว เพราะมีการไหลช้ามากโดยสรุปการไหลของน้ำทำในลำน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ Direct Runoff คือ น้ำทำที่ไหลบนผิวดินทั้งหมดรวมกับน้ำที่ไหลใต้ผิวดินที่เคลื่อนตัวสู่ลำน้ำเร็วพอสมควร และ Base Flow คือ น้ำใต้ดิน และน้ำที่ไหลใต้ผิวดิน ซึ่งมีอัตราเร็วในการเคลื่อนตัวสู่ลำน้ำช้ากว่า

## 5. แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำตราด

### 5.1 แบบจำลอง MIKE11

ชุดของแบบจำลอง MIKE 11 ในการพยากรณ์น้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำตราด โดยจะแสดงผลการพยากรณ์น้ำท่วมในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งประกอบด้วย Module ต่างๆดังนี้

5.1.1 MIKE11-RR Rainfall-Runoff Module ใช้แปลงข้อมูลน้ำฝนเป็นน้ำท่าหรือคำนวณการไหลของน้ำผิวดิน

5.1.2 MIKE11-HD Hydrodynamic Module ใช้คำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำ และทุ่งน้ำท่วม

5.1.3 MIKE11-DA Flood Forecasting Module ใช้พยากรณ์น้ำท่วมโดยมีขั้นตอนปรับค่าให้ทันสมัยด้วยข้อมูลตรวจวัดปัจจุบัน (Update Process)

5.1.4 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) และ แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module) สามารถที่จะเพิ่มเติมและปรับแก้ให้สอดคล้องกับสภาพกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การก่อสร้างสถานีสูบน้ำ การลดหรือเพิ่มพื้นที่ของบึงรับน้ำ การก่อสร้างคันกั้นน้ำ โดยไม่ต้องมีการปรับแก้การสอบเทียบที่ทำไว้แต่เดิมมากนัก เป็นแบบจำลองที่ได้รับการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ให้ครอบคลุมสภาพน้ำท่วมในอดีตที่มีลักษณะทางอุทกนิยมนิยามวิทยาและอุทกวิทยาที่ต่างๆหลายสภาวะ ได้แก่

ก. สภาวะน้ำท่วมมากจนถึงน้อย

ข. ช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี ตลอดจนสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขที่แตกต่างกันของระดับน้ำในแม่น้ำตราด

ค. ความเข้มของฝน ปริมาณ และช่วงเวลารวมทั้งทิศทางการเคลื่อนที่ของฝน และพายุ

## ง. การบริหารจัดการน้ำที่แตกต่างกัน

### 5.2 สำหรับรายละเอียดในแต่ละส่วนของแบบจำลอง MIKE11 ประกอบด้วย

5.2.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11-RR (Rainfall-Runoff Module) แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า จะเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (NAM Model) การพยากรณ์น้ำหลากจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยโดยใช้คลอง ถนน ทางรถไฟ เป็นต้น ในแต่ละพื้นที่ย่อยจะมีการคำนวณปริมาณน้ำท่าตามเวลา

การคำนวณน้ำฝน-น้ำท่า จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลเริ่มต้น การไหลของแต่ละพื้นที่ย่อยจะไหลลงลุ่มน้ำสาขารวมและลำน้ำสาขา โดยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเป็นแบบจำลองที่สามารถใช้ได้อย่างอัตโนมัติกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model) โดยจำลองสภาพน้ำท่าอย่างต่อเนื่องเริ่มจากปริมาณน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำท่า (Direct Effective Rainfall) รวมถึงการพิจารณาการระเหยในพื้นที่น้ำท่วม

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (NAM Model) ใช้จำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ตามความชื้น (Moisture Content) เพื่อแทนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 6

Snow Layer : การไหลของน้ำจากการละลายของหิมะ (ไม่ได้นำมาใช้กับพื้นที่ศึกษา)

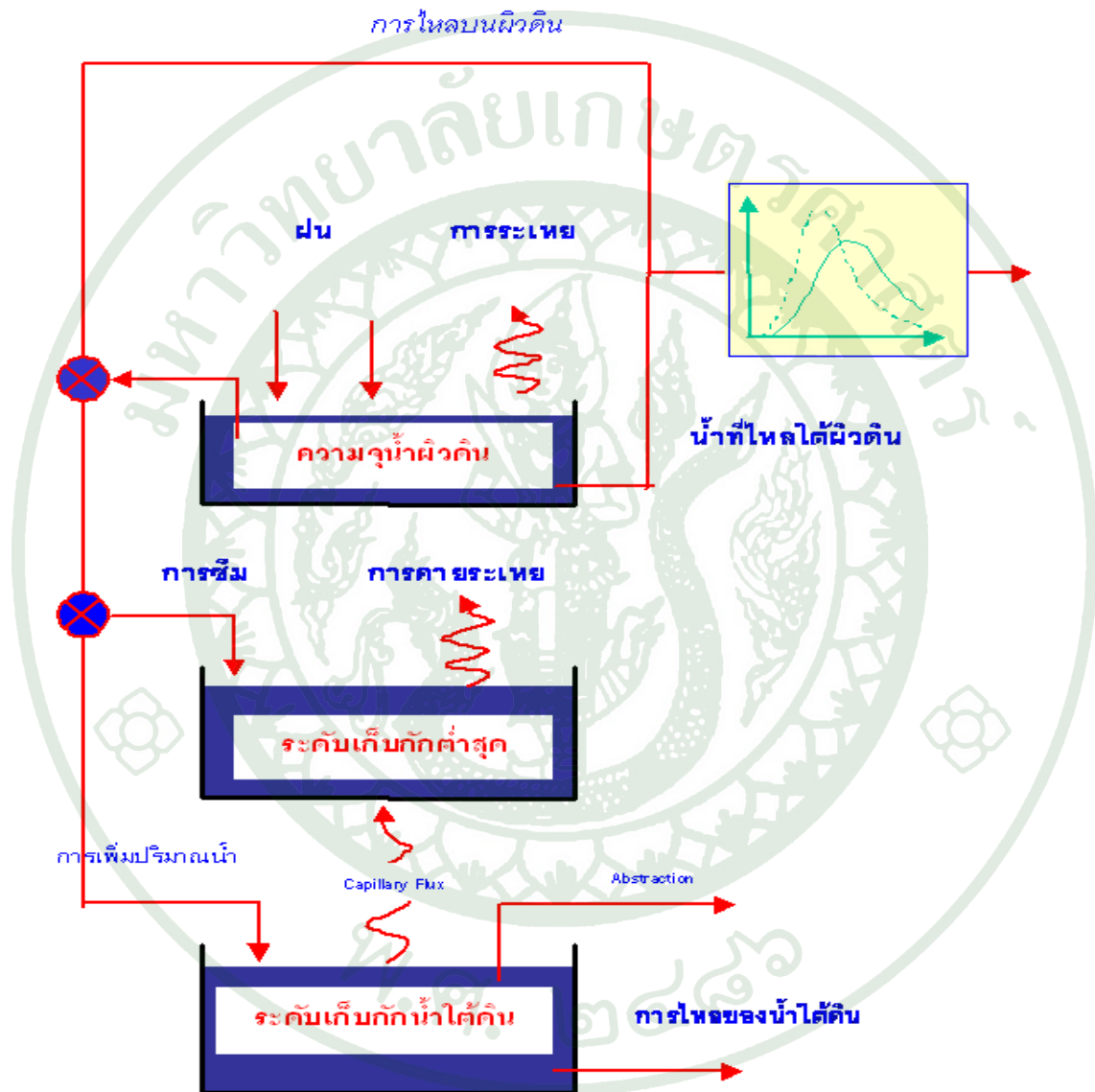
Surface Zone : การไหลของน้ำผิวดิน

Root Zone : การไหลของน้ำในชั้นรากพืชถึงระดับที่พืชดึงน้ำมาใช้ได้

Ground Water : การไหลของน้ำใต้ดิน



สำหรับแต่ละพื้นที่ย่อย แบบจำลองจะคำนวณน้ำท่าตามเวลาจากข้อมูลน้ำฝนและการระเหย โดยแบบจำลองสามารถอธิบายความต่อเนื่องของพารามิเตอร์ต่างๆ ตามเงื่อนไขทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำรวมถึงปริมาตรน้ำของการเก็บกักทั้ง 4 ส่วนข้างต้น และแบบจำลองสามารถพยากรณ์น้ำรวมทั้งเหตุการณ์ในอนาคต



ภาพที่ 6 โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

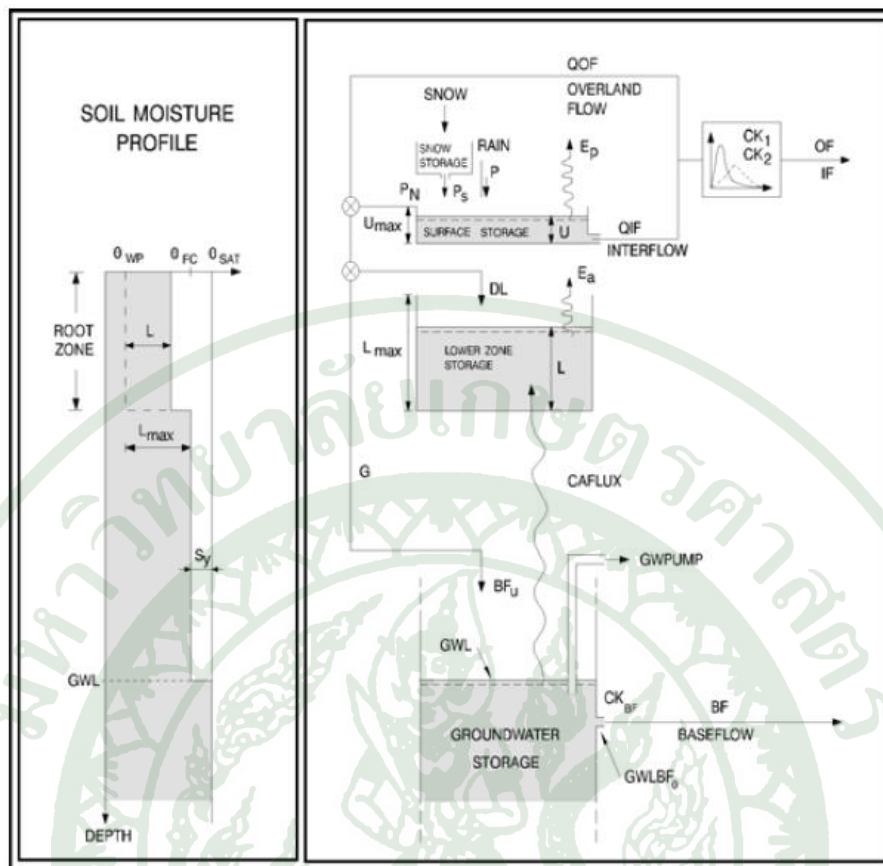
ที่มา: พงษ์รัตน์ (2556)

ในการประเมินปริมาณน้ำท่าแบบจำลอง NAM จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่รับน้ำย่อยโดยใช้สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ เป็นจุดออกของน้ำ (River Outlet) และใช้แนวเขา คลอง ถนน และทางรถไฟ เป็นเกณฑ์กำหนดแบ่งทิศทางการไหลของน้ำฝนไปยังพื้นที่รับน้ำย่อยนั้นๆ ในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยจะมีการคำนวณปริมาณน้ำท่าตามเวลา โดยแบบจำลองจะคำนวณน้ำท่าตามเวลาจากข้อมูลน้ำฝนและการระเหย ซึ่งแบบจำลองสามารถอธิบายความต่อเนื่องของพารามิเตอร์ต่างๆ ตามเงื่อนไขทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ รวมถึงปริมาณน้ำของการเก็บกักทั้ง 4 ส่วนข้างต้น การคำนวณน้ำฝน-น้ำท่าจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลเริ่มต้น เพื่อประเมินการไหลของน้ำในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยที่จะไหลลงแม่น้ำสายหลักและลำน้ำสาขา โดยจำลองสภาพน้ำท่าอย่างต่อเนื่องเริ่มจากพื้นที่แห่งแล้งจนกระทั่งปริมาณน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำท่า (Direct Effective Rainfall) รวมถึงการพิจารณาการระเหยในพื้นที่การไหลซึมลงใต้ดิน และการไหลระหว่างชั้นดิน ทั้งนี้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเป็นแบบจำลองที่สามารถใช้ได้อย่างอัตโนมัติกับแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model) ของแบบจำลอง MIKE11-NAM

แบบจำลอง NAM จะกำหนดให้แต่ละกลุ่มน้ำย่อยเป็นหนึ่งหน่วย ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้จะเป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนของกลุ่มน้ำพารามิเตอร์ บางตัวสามารถประมาณจากลักษณะทั่วไปของกลุ่มน้ำ เช่น ความลาดชันของกลุ่มน้ำ ความลาดชันของแม่น้ำ ความหนาแน่นของแม่น้ำในกลุ่มน้ำ ลักษณะดิน ลักษณะชั้นดินและชนิดของพืชที่ปลูกแต่ในที่สุดค่าพารามิเตอร์จะประมาณได้จากการเทียบมาตรฐานของข้อมูลที่สอดคล้องกัน

ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวันและปริมาณการระเหยจากอากาศรายวัน (Potential Evaporation) ผลที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นปริมาณน้ำท่ารายวันซึ่งแสดงถึงลักษณะการเกิดของน้ำท่าจากผลของอุทกวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินและการไหลของน้ำใต้ดิน

โครงสร้างของแบบจำลอง เป็นการเลียนแบบวัฏจักรทางอุทกวิทยาบนผิวดิน โดยน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งต่างๆ เริ่มตั้งแต่ฝนที่ตกลงมาจะถูกดักโดยพืชและขังตามทีลุ่มในบริเวณชั้นผิวดินอยู่ในรูปของ surface storage โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ  $U_{max}$  ซึ่งปริมาณน้ำใน surface storage (U) จะลดลงอย่างต่อเนื่องโดยการระเหย การให้น้ำของพืช และการไหลในแนวราบ (interflow) ปริมาณน้ำในชั้นนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณฝนแต่เมื่อปริมาณน้ำขึ้นถึงระดับ  $U_{max}$  น้ำส่วนเกิน  $P_n$  จะไหลออกในลักษณะ Overland flow และมีบางส่วนไหลซึมลงสู่ Lower storage และ Groundwater storage ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะโครงสร้างของแบบจำลอง MIKE 11 - NAM

ที่มา: MIKE 11 Reference Manual(1992)

จากภาพที่ 6 เมื่อฝนตกลงมา ปริมาณฝนส่วนหนึ่งจะไหลลงสู่แม่น้ำลำธาร ในขณะที่อีกส่วนจะสะสมเป็นความชื้นในชั้นผิวดิน จนกระทั่งเกินความจุของชั้นผิวดินจึงจะไหลล้นลงสู่ดินชั้นรากพืช และชั้นน้ำใต้ดิน ในขณะที่เดียวกันก็จะมีการระเหย และการดูไปใช้โดยพืชจากชั้นผิวดิน และชั้นรากพืช และในชั้นน้ำใต้ดินจะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ไหลซึมออกสู่แม่น้ำลำธารเป็น Baseflow ซึ่งเมื่อรวมกับปริมาณน้ำที่ไหลออกจากชั้นผิวดินต่างๆ ก็จะได้ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำธารทั้งหมด ซึ่งความสัมพันธ์ของการไหลระหว่างชั้นดิน และการไหลออกจากกลุ่มน้ำจะถูกแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริงในแม่น้ำ สามารถเขียนแทนด้วยสมการดังนี้

$Q_{OF}$  จะเป็นส่วนของ  $P_n$  ที่แปรสภาพเป็น overland flow โดยจะเป็นสัดส่วนกับ  $P_n$  และแปรผันโดยตรงกับค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ในดิน ( $L/L_{max}$ ) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{OF} = \begin{cases} CQ_{OF} \frac{L/L_{max} - TOF}{1 - TOF} P_n & \text{for } L/L_{max} > TOF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TOF \end{cases} \quad (3)$$

$CQ_{OF}$  = overland flow runoff coefficient

$TOF$  = ค่าคงที่ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น overland flow

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

$$Q_{IF} = \begin{cases} CK_{IF} \frac{L/L_{max} - TIF}{1 - TIF} U & \text{for } L/L_{max} > TIF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TIF \end{cases} \quad (4)$$

$CK_{IF}$  = time constant for interflow โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 500 -1000 ซม.

$TIF$  = ค่าคงที่สำหรับ root zone ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น interflow

ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน  $P_N$  (excess rainfall) ส่วนที่ไม่กลายเป็น overland flow จะไหลซึมลงสู่ชั้น Lower zone storage ในปริมาณเท่ากับ  $(P_n - Q_{OF})$  ซึ่งน้ำส่วนนี้จะแยกลงสู่ชั้นใต้ดินที่ลึกกว่าคือ groundwater storage ในปริมาณเท่ากับ G จะเหลือส่วนที่อยู่ใน Lower zone storage เท่ากับ DL

$$\text{โดยที่ } DL = (P_n - Q_{OF}) - G \quad (5)$$

$$G = \begin{cases} (P_n - Q_{OF}) \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG} & \text{for } L/L_{\max} > TG \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TG \end{cases} \quad (6)$$

TG = ค่าคงที่สำหรับ root zone ที่น้ำจะเริ่มไหลซึมลงสู่ groundwater storage ( $0 \leq TG \leq 1$ )

ปริมาณการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration) จะเป็นข้อมูลตัวแรกที่ต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการคำนวณในส่วนของ surface storage ถ้าปริมาณน้ำ U น้อยกว่าปริมาณการคายระเหยนี้ พืชจะใช้น้ำจาก Lower zone storage ในอัตรา  $E_a$  โดยจะเป็นสัดส่วนกับ  $E_p$  (Potential Evapotranspiration) ดังนี้

$$E_a = E_p * L/L_{\max} \quad (7)$$

Capillary Flux ของน้ำจาก groundwater table มายัง Lower zone storage จะกำหนดให้ขึ้นกับความลึกของ groundwater table จากระดับผิวดิน (GWL) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower zone storage ( $L/L_{\max}$ ) โดยคำนวณจาก

$$CAFLUX = (1 - L/L_{\max})^{1/2} \left( \frac{GWL}{GWLFL_1} \right)^{-\alpha} = 1 \text{ mm/day} \quad (8)$$

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

$GWLFL_1$  = ค่าความลึกของ groundwater table ของดินซึ่งทำให้ capillary flux มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วัน ในสภาพที่ Lower zone storage แห่งสนิท ( $L = 0$ )

ระดับน้ำใต้ดินจะคำนวณจากปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามา คือ G และ capillary flux (CAFLUX) และ baseflow (BF) ซึ่ง baseflow จะคำนวณเป็นการไหลออกจาก linear reservoir โดย time constant  $CK_{BF}$

$$BF = \begin{cases} (GWLBF_o - GWL)s_y (CK_{BF})^{-1} & \text{for } GWL \leq GWLBF_o \\ 0 & \text{for } GWL > GWLBF_o \end{cases} \quad (9)$$

เมื่อ  $GWL$  = ความลึกของ groundwater table จากระดับผิวดิน  
 $GWLBF_o$  = ความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด baseflow  
 $S_y$  = Specific yield ของ groundwater reservoir

การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำในส่วน interflow และ overland flow จะถูก routing ในลักษณะของอ่างเชิงเส้น 2 ครั้ง ด้วยค่าคงที่ของเวลา  $CK_1$  และ  $CK_2$

$$CK = \begin{cases} CK_{par} & OF \leq OF_{min} \\ CK_{par} \left( \frac{OF}{OF_{min}} \right)^{-\beta} & OF > OF_{min} \end{cases} \quad (10)$$

เมื่อ  $OF$  = อัตราการไหลของ overland flow (มม./ชม.)  
 $CK_{par}$  = ค่าพารามิเตอร์  $CK_1$  หรือ  $CK_2$  (ชม.)  
 $OF_{min}$  = ชีดจำกัดต่ำสุดสำหรับ non-linear routing dynamics 0.4 (มม./ชม.)  
 $\beta$  = ค่าสัมประสิทธิ์ตามพลศาสตร์การไหลของ Chezy = 0.33

ก. ในการปรับเทียบแบบจำลอง NAM จะต้องปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ในแบบจำลอง NAM Model มีพารามิเตอร์จำนวน 15 พารามิเตอร์ แต่ที่สำคัญที่สุดมี 3 พารามิเตอร์ คือ  $L_{max}$ ,  $U_{max}$  และ CQOF ซึ่งรายละเอียดของพารามิเตอร์ แต่ละตัวมีดังนี้

1)  $L_{max}$  เป็นค่าความชื้นสูงสุดของดินในชั้นรากพืช มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 100– 250 มิลลิเมตร ค่า  $L_{max}$  จะมีค่าสูงในดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว และมีค่าต่ำในดินทราย การเพิ่มค่า  $L_{max}$  จะทำให้ค่าปริมาณน้ำลดลง มีการไหลซึม และการระเหยสูงขึ้น

- 2)  $U_{max}$  เป็นค่าความชื้นสูงสุดของดินชั้นผิวดิน มีค่าโดยประมาณ 10-20 มิลลิเมตร หรือ 10% ของ  $L_{max}$  การเพิ่มค่า  $U_{max}$  จะทำให้ค่า Overland Flow และ Infiltration น้อยลง โดยเฉพาะในช่วงเริ่มฤดูฝน แต่จะทำให้การระเหย และ Interflow สูงขึ้น
- 3) CQOF เป็นค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำผิวดิน มีค่าระหว่าง 0-1 การให้ค่า CQOF น้อยจะทำให้ Overland Flow มีค่าต่ำ โดยเฉพาะค่า Peak แต่ค่า Infiltration จะสูง
- 4) CKIF เป็นช่วงเวลากการเกิด Interflow มีค่าประมาณ 500-1,000 ชั่วโมง การเพิ่มค่า CKIF จะทำให้ได้ Interflow ลดลง
- 5) TOF เป็นค่าเริ่มต้นของความชื้นสัมพัทธ์ของดินชั้นรากพืช ( $L/L_{max}$ ) ที่เริ่มยอมให้เกิด Overland Flow ถ้า TOF มาก จะเกิด Overland Flow ช้าลง
- 6) TIF เป็นค่าเริ่มต้นของความชื้นสัมพัทธ์ของดินชั้นรากพืช ( $L/L_{max}$ ) ที่เริ่มยอมให้เกิด Interflow ถ้า TIF มาก จะเกิด Interflow ช้าลง
- 7) TG เป็นค่าเริ่มต้นของความชื้นสัมพัทธ์ของดินชั้นรากพืช ( $L/L_{max}$ ) ที่เริ่มยอมให้เกิด Groundwater Recharge ถ้า TG มาก จะเกิด Groundwater Recharge ช้าลง
- 8)  $CK_1$  เป็นค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำท่าในสมการ Linear Reservoir การลดค่า  $CK_1$  จะทำให้ได้กราฟน้ำท่าที่มี Peak สูง และฐานเวลาสั้น
- 9)  $CK_2$  เป็นค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Overland Flow และ Interflow ในสมการ Linear Reservoir การลดค่า  $CK_2$  จะทำให้ได้กราฟน้ำท่าที่มี Peak สูง และมีฐานเวลาสั้น ปกติจะกำหนดให้  $CK_1 = CK_2$
- 10)  $CK_{BF}$  เป็นค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Base Flow ในสมการ Linear Reservoir การลดค่า  $CK_{BF}$  จะทำให้ได้กราฟน้ำท่าที่มี Peak สูงขึ้น และฐานเวลาสั้นลง ปกติ  $CK_{BF}$  มากกว่า  $CK_1$  และ  $CK_2$

11)  $S_y$  เป็นค่า Specific Yield ของชั้นน้ำใต้ดิน ปกติจะกำหนดให้  
มีค่า = 0.1

12)  $GWLBF_0$  เป็นค่าความลึกสูงสุดของชั้นน้ำใต้ดินที่ทำให้เกิด  
Base Flow ปกติกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10 เมตร

13)  $GWL_{min}$  เป็นระดับน้ำใต้ดินต่ำสุด ปกติเท่ากับ 0 เมตร

14)  $GWLFL_1$  เป็นความลึกของน้ำใต้ดิน ที่จะทำให้เกิดการไหลซึมขึ้น  
(Capillary Flux) หนึ่งหน่วย (1 มิลลิเมตรต่อวัน) จากชั้นน้ำใต้ดิน ปกติกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0  
เมตร

15) CAREA เป็นอัตราส่วนระหว่าง พื้นที่รับน้ำของชั้นน้ำใต้ดิน ต่อพื้นที่  
รับน้ำฝน โดยปกติ กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

5.2.2 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11-HD (Hydrodynamic Module) ทำการจำลอง  
สภาพการไหลในแม่น้ำตราบด ทั้งสภาพการไหลล้น (Overtopping) ข้ามคันกั้นน้ำและการรั่วของ  
แนวป้องกันน้ำท่วมที่ตำแหน่งต่าง ๆ แบบจำลอง MIKE11 สามารถจำลองการสูบน้ำและโครงสร้าง  
การควบคุมแบบถาวรและแบบชั่วคราว เช่น ฝาย ท่อลอด และปฏิบัติการควบคุมการเปิด-ปิดประตู  
ระบายน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับน้ำและการไหลในแม่น้ำ หรือข้อมูลการเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำ

ก. การจำลองพื้นที่ลุ่มน้ำโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 จะสามารถแทนสภาพ  
กายภาพจริงได้ทั้งหมดด้วยวิธีการหลายๆ วิธี อันจะช่วยให้สามารถคำนวณและให้ผลที่ถูกต้อง ใน  
การคำนวณแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยเฉพาะการจำลองน้ำท่วมมีสาเหตุมาจากฝนที่ตกในพื้นที่  
และการระบายน้ำในพื้นที่ไม่เพียงพอ โดยข้อมูลที่ต้องใช้ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำและโครงข่ายแม่น้ำจากผลการสำรวจ
- 2) ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ (เขื่อน ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ)
- 3) ข้อมูลระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำในปัจจุบัน



- 4) ข้อมูลระบบแผนป้องกันน้ำท่วมของโครงการต่างๆ
- 5) ข้อมูลสภาพพื้นที่น้ำท่วม
- 6) ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 7) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายและความเดือดร้อนจากอุทกภัย
- 8) ข้อมูลบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการเตือนภัยน้ำท่วม

แบบจำลอง MIKE 11 ออกแบบโดยเน้นค่าความน่าเชื่อถือของตัวเลข  
 ใดๆก็ตามในการจำลองเหตุการณ์จำเป็นต้องให้ความสำคัญในการกำหนดเกี่ยวกับลักษณะทาง  
 กายภาพและ โครงสร้างที่ใส่ในแบบจำลอง เนื่องจากจะมีผลต่อความมีเสถียรภาพหรือความ  
 น่าเชื่อถือของแบบจำลองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการทดสอบโดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมที่รอบปี  
 การเกิดสูง

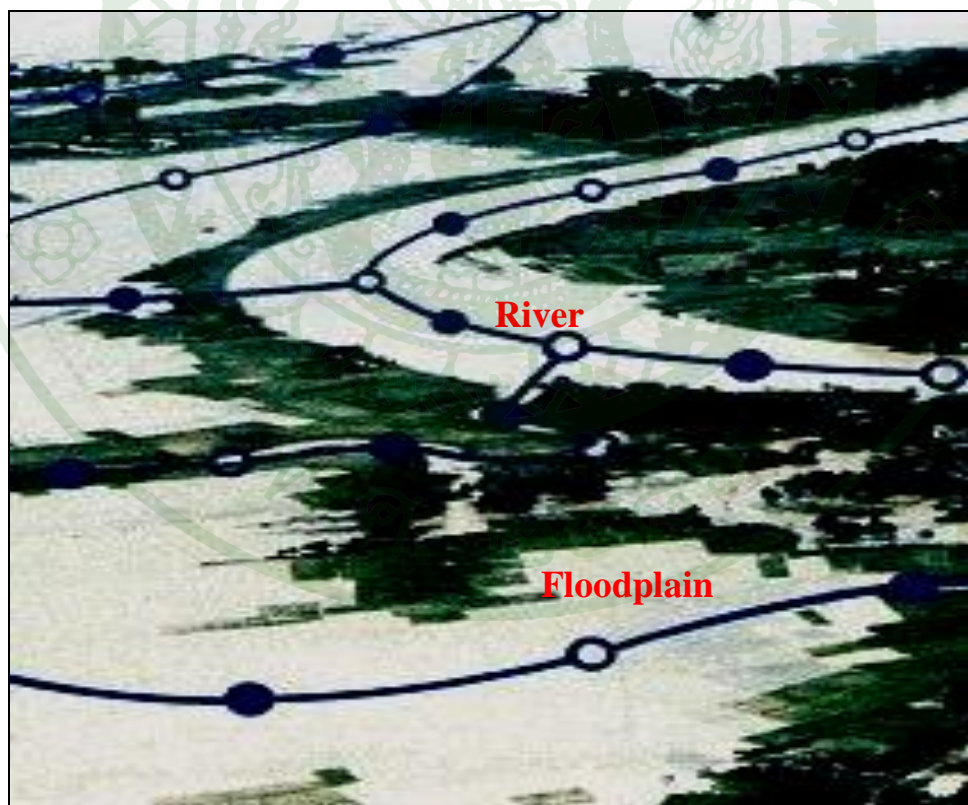
ข. การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในแบบจำลอง MIKE11 – HD ว่าเป็นการ  
 เคลื่อนที่ของคลื่นแบบพลศาสตร์ (Dynamic Wave Description) โดยการแก้สมการความต่อเนื่อง  
 และสมการโมเมนตัม ของ Saint Venant Equations ซึ่งแบบจำลอง MIKE11 – HD ใช้ Finite  
 Difference Method แบบ Implicit โดยวิธีของ Abbott ชนิด 6 จุด ในการคำนวณสภาพการไหลแบบ  
 ไม่คงที่ (Unsteady Flow) ในลำน้ำและบริเวณปากแม่น้ำ โดยแบบจำลอง MIKE11 – HD สามารถ  
 อธิบายสภาพการไหลได้ทั้งการไหลแบบต่ำกว่าวิกฤต (Sub-Critical Flow) และการไหลแบบเหนือวิกฤต  
 (Super-Critical Flow) รวมทั้งสามารถคำนวณการไหลในระบบลำน้ำที่มีการไหลเข้าด้านข้างและ  
 แสดงผลการคำนวณเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Time) และสถานที่ (Space) ดังมีรายละเอียดดังนี้

$$\text{สมการการไหลต่อเนื่อง} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (11)$$

$$\text{สมการ โมเมนตัม} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (12)$$

โดยที่	$Q$	= อัตราการไหล ( $m^3/s$ )
	$A$	= พื้นที่หน้าตัดของการไหล ( $m^2$ )
	$q$	= อัตราการไหลเข้าด้านข้าง ( $m^3/s/m$ )
	$h$	= ความลึกของน้ำ (m)
	$\alpha$	= ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้โมเมนต์
	$C$	= ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy
	$g$	= ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	$x$	= ระยะทาง (m)
	$t$	= เวลา (s)

แบบจำลอง MIKE11-HD จะทำการแบ่งแม่น้ำออกเป็นช่วงๆ โดยที่ข้อมูลหน้าตัดของแม่น้ำจะใช้ข้อมูลจริงที่ได้จากการวัดในภาคสนาม รวมทั้งจะต้องขยายหน้าตัดแม่น้ำออกไปจนถึงส่วนที่เป็นพื้นที่น้ำท่วมบางส่วนด้วย ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การจำลองระบบแม่น้ำของแบบจำลอง MIKE11-HD

ค. ความต้านทานที่ท้องน้ำของแบบจำลองนี้จะทำการวิเคราะห์ความต้านทานของการไหลเนื่องจากความเสียดทานที่ท้องน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการของ Chezy หรือ Manning สำหรับสมการ Chezy แสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 13

$$Q = AC\sqrt{RS} \quad (13)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล ( $m^3/s$ )  
 A คือ พื้นที่หน้าตัด ( $m^2$ )  
 R คือ รัศมีชลศาสตร์ (m)  
 C คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Chezy

สำหรับสมการ Manning แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} = MAR^{2/3} S^{1/2} \quad (14)$$

เมื่อ n คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Manning  
 M คือ Manning number ซึ่งมีค่าสมมูลกับสัมประสิทธิ์ของ

Strickler

ค่า M คือ ส่วนกลับของ Manning Coefficient n ( $M = 1/n$ ) โดยค่า Manning' n มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.01 จนถึง 0.10 ดังนั้นค่า M ที่สอดคล้องกันจะมีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 10

สัมประสิทธิ์ของ Chezy และสัมประสิทธิ์ของ Manning ซึ่งแสดงความสัมพันธ์โดย Cunge *et al.* (1980) แสดงได้ดังสมการที่ 15

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = MR^{1/6} \quad (15)$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหล ( $C, n$  หรือ  $M$ ) นั้นสามารถประเมินได้โดยการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) โดยปรับเทียบระหว่างลักษณะทางกายภาพที่ได้จากแบบจำลอง และลักษณะทางกายภาพของสภาพความเป็นจริงที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม

นอกจากนี้ยังสามารถประเมินค่า Manning'n ได้จากการประมาณการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไปซึ่งแสดงดังตารางที่ 7

### ง. สภาพเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

เงื่อนไขขอบเขตที่ต้องกำหนดในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (HD Module) แบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไขขอบเขต (ศุภชัย, 2548) คือ

1) ขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) สามารถกำหนดในแบบจำลองโดยอาศัยข้อมูล

- อัตราการไหลคงที่จากอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อน
- อัตราการไหลของกราฟน้ำท่าจากเหตุการณ์ต่างๆ

2) ขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) สามารถกำหนดในแบบจำลองโดยอาศัยข้อมูล

- ระดับน้ำคงที่ เช่น ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ
- ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เช่น ระดับการขึ้น-ลงของน้ำทะเล
- โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการไหล (Rating curve)

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานที่ท้องลำนํ้าของทางนํ้าเปิด

ชนิดทางนํ้าเปิด	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน
	Manning'n
คอนกรีต	0.012
คลองลาด	
- คลองลาดคอนกรีตแบบผิวเรียบ	0.020
- คลองลาดคอนกรีตแบบธรรมดา	0.023
- หินทิ้ง	0.033
ทางนํ้าธรรมชาติ	
คลองสะอาด และเป็นคลองตรง	0.030
คลองสะอาด และเป็นคลองคดเคี้ยว	0.040
คลองคดเคี้ยวมีวัชพืช และหลุมบ่อ	0.050
พุ่มไม้หนาแน่น และมีเศษท่อนไม้	0.100
ทุ่งนํ้าท่วม	
ทุ่งหญ้า	0.035
พื้นที่เกษตรกรรม (ทุ่งนา)	0.040
พุ่มไม้เตี้ยๆ และวัชพืช	0.050
พุ่มไม้หนาแน่น	0.070
ต้นไม้หนาแน่น	0.100

ที่มา: Chow (1959)

5.2.3 แบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA (Data Assimilation) แบบจำลองการพยากรณ์น้ำจะทำหน้าที่คำนวณค่าที่แตกต่างจากการพยากรณ์น้ำที่ผ่านมา และค่าจริงจากการตรวจวัดที่เป็นข้อมูลปัจจุบัน (Update Process) ทั้งในแง่ความผิดพลาดของค่าระดับน้ำหรือปริมาณน้ำ (Amplitude Error) และความแตกต่างของเวลา (Phase Error) แล้วนำไปปรับแก้การพยากรณ์น้ำในเวลาข้างหน้าต่อไป ทำให้สามารถพยากรณ์ระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ใกล้เคียงมากที่สุด การศึกษาครั้งนี้จะใช้อย่างอัตโนมัติโดยวิธี combined weighting function ถูกใช้ในการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดที่มีการวัดค่าได้ ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการดังนี้

ก. ความผิดพลาดจากการคาดการณ์น้ำฝน

ข. ความผิดจากการตรวจวัดฝนในสนาม รวมทั้งการไม่ทำงานของสถานีตรวจวัดฝน

ค. ความผิดพลาดในการแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่มีขบวนการที่ยู่ยากซับซ้อน

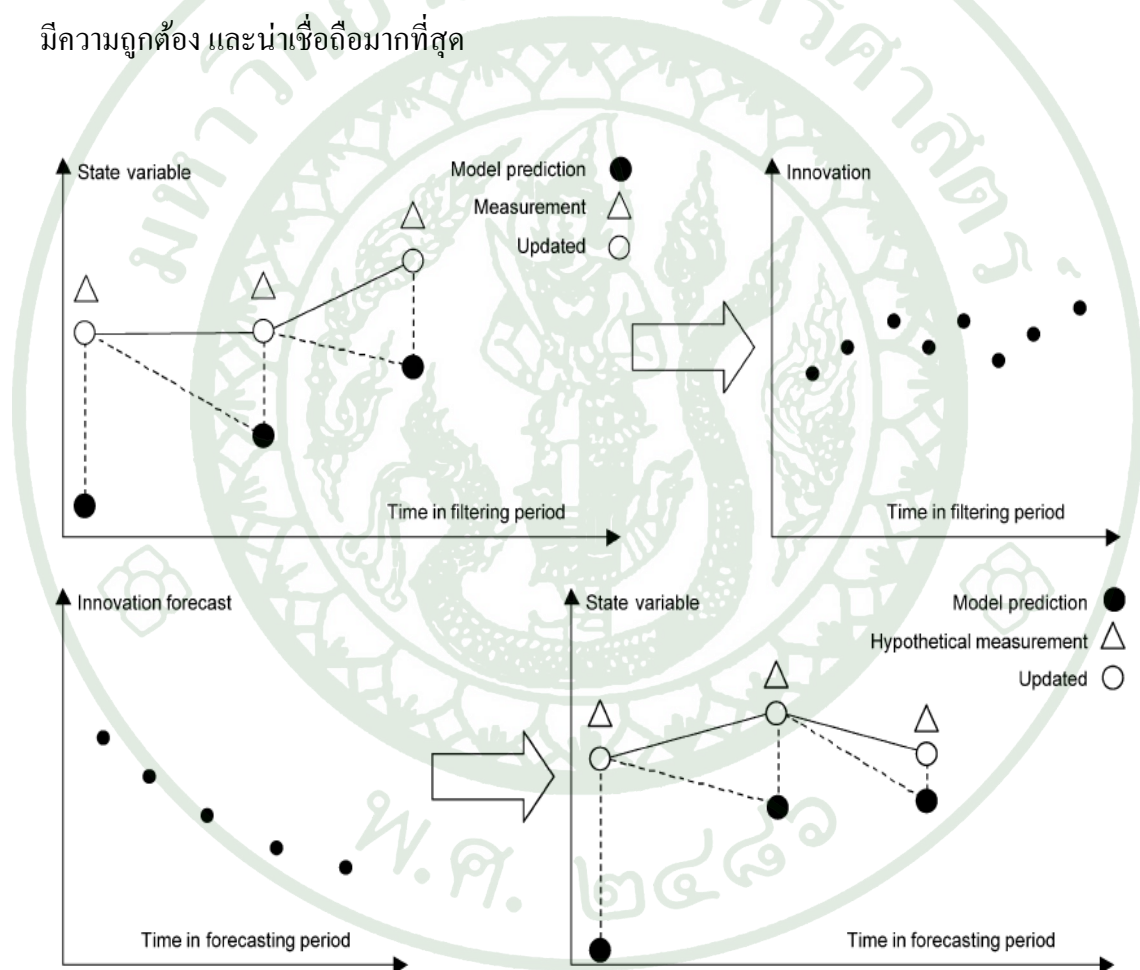
การปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะทำที่สถานีที่มีการตรวจวัดน้ำต่างๆที่มีการเชื่อมข้อมูลปัจจุบันเข้ามาในระบบ ตัวอย่างการปรับแก้ค่าระดับน้ำหรืออัตราการไหล (Update Process) ก่อนที่ทำการพยากรณ์น้ำดังแสดงในภาพที่ 9

ง. สำหรับทุกขั้นตอนของการพยากรณ์ที่พัฒนาเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่นี้ (MIKE11-DA) สามารถประยุกต์ใช้ได้ทันที โดยที่ไม่ต้องการปรับเทียบตัวแปร (Parameter) ใดๆ เหมือนกับวิธีการพยากรณ์ในแบบ MIKE 11-FF โดยผู้ใช้งานเพียงกำหนดช่วงเวลาในการพยากรณ์ (TOF; Time of Forecast) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูล Real-time ซึ่งเก็บอยู่ในฐานข้อมูลของแบบจำลอง และทำการพยากรณ์น้ำในแต่ละครั้ง หรือเรียกว่า Runtime โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ดังแสดงในภาพที่ 10 โดยยึดเวลา TOF เป็นตัวแบ่ง ได้แก่

1) Hindcast Period หรือช่วงเวลาย้อนหลังเวลา TOF (เป็นค่าที่กำหนดไว้ใน FLOOD WATCH configuration) เป็นช่วงเวลาที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำที่ตรวจสอบแล้วจากทุกสถานีของระบบโทรมาตร (Measurement Data) ซึ่งถ้าข้อมูลนั้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมาก ก็จะทำให้ผลของการพยากรณ์น้ำในช่วง Forecast Period มีความถูกต้องตามไปด้วย

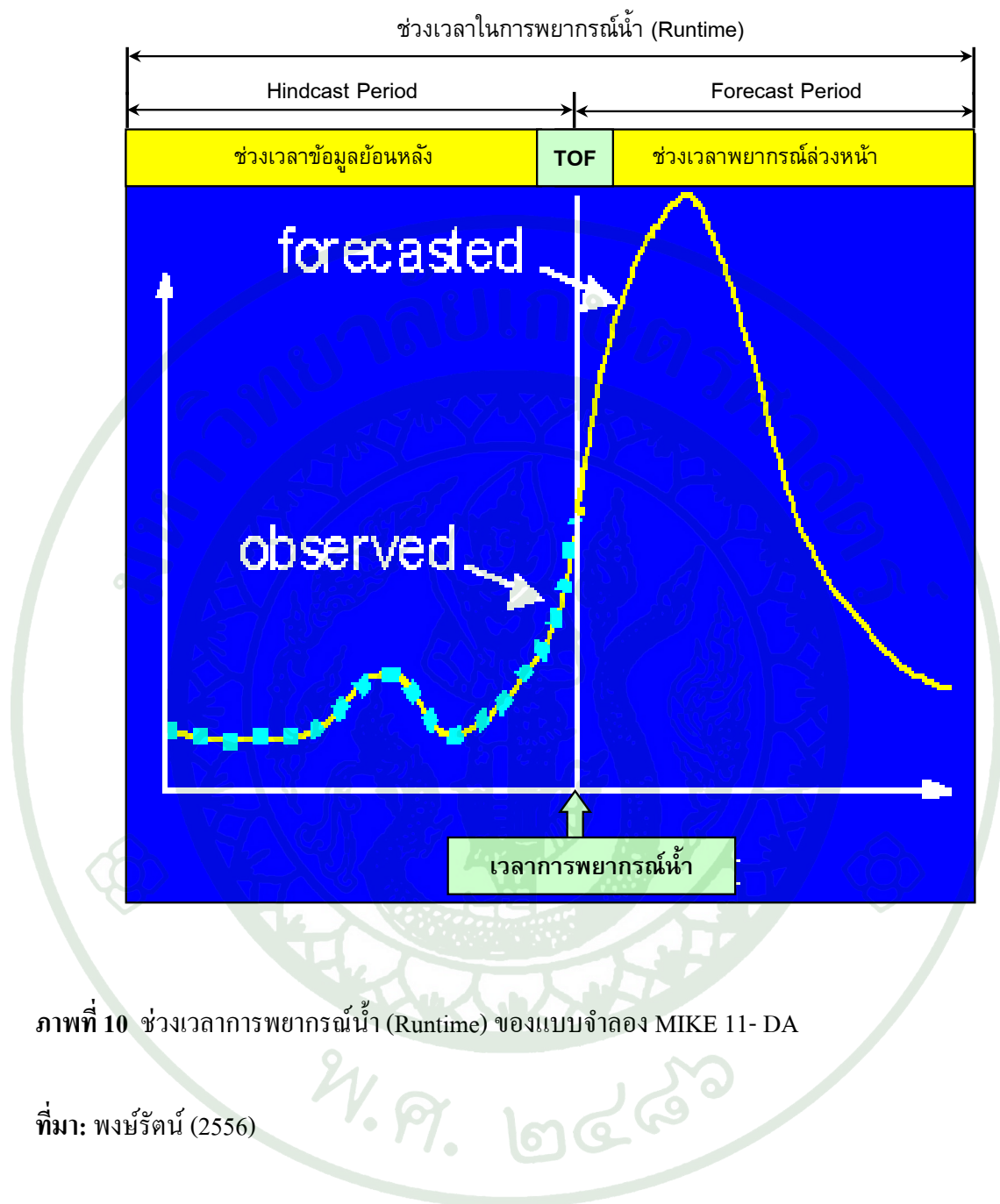
2) Forecast Period หรือช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำล้นหน้า TOF (เวลาพยากรณ์น้ำล้นหน้า เป็นค่าที่กำหนดไว้ใน FLOODWATCH Configuration) เป็นช่วงเวลาที่แบบจำลอง จะประมาณค่าขอบเขต ซึ่งได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำ ในช่วงพยากรณ์น้ำล้นหน้า ซึ่งแบบจำลองจะนำไปใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

โดยสรุปช่วงเวลาทั้ง Hindcast Period และ Forecast Period จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการคำนวณแบบจำลอง MIKE11- DA ในแต่ละครั้ง (Runtime) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้เองตามสถานการณ์ และเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ได้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากที่สุด



ภาพที่ 9 การปรับแก้ค่าระดับน้ำก่อนการพยากรณ์

ที่มา: Madsen H. and C. Skotner (2004)



ภาพที่ 10 ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Runtime) ของแบบจำลอง MIKE 11- DA

ที่มา: พงษ์รัตน์ (2556)



## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้มีทั้งหมด 11 เรื่อง คือ

### 1. การใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (MIKE11-NAM) มีทั้งหมด 5 เรื่อง ได้แก่

กานดา (2545) ทำการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน โดยได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าในการการศึกษาทั้งหมด 11 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีมีพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ในช่วง 35 – 4,840 ตารางกิโลเมตร และจากการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้มีการแนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง NAM ซึ่งผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และที่ได้จากการตรวจวัดมีความใกล้เคียงกัน คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 ถึง 0.98 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 และค่ายกกำลังสองของความแตกต่างมีค่าอยู่ระหว่าง 12.76 ถึง 219.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 111.59 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ในการศึกษาค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้น ได้พิจารณาที่สถานีวัดน้ำท่า N.17 โดยพิจารณาที่อัตราการไหลสูงๆ และอัตราการไหลต่ำๆ โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แต่ละตัวมีผลต่อองค์ประกอบของน้ำท่าด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ตลอดจนมีความไวที่แตกต่างกันต่ออัตราการไหลสูงและอัตราการไหลต่ำ

ไพรัตน์ (2536) ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM ในการศึกษาปริมาณน้ำท่ารายวันของกลุ่มน้ำสวย ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำโขง ลุ่มน้ำสวยมีพื้นที่รับน้ำฝน 1,250 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากพื้นที่ของลำน้ำสวยโดยส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลของการเกิดน้ำท่วม (Backwater Effect) จากแม่น้ำโขง ดังนั้นในการเลือกข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM นั้น จึงได้เลือกสถานีที่ไม่ได้รับผลกระทบของการเกิดน้ำท่วมคือที่สถานีบ้านสมสะอาด ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 170 ตารางกิโลเมตร ผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและปริมาณน้ำท่าที่วัดได้มีความสอดคล้องกัน ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองจึงใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำได้

ยุพิน (2541) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำบางปะกง โดยในการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าได้ใช้แบบจำลอง NAM ในการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยจำนวน 5 สถานี พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จาก

การตรวจวัด ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) อยู่ในช่วง 0.76 ถึง 0.97 โดยบางปีค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ได้จากการตรวจวัดมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากมีสถานีวัดน้ำฝนกระจายตัวไม่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือบางลุ่มน้ำย่อยใช้ข้อมูลปริมาณฝนเพียงสถานีเดียวเป็นตัวแทนของปริมาณฝนทั้งลุ่มน้ำย่อย

วิษุวัตก์ (2546) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา 2 แบบจำลองได้แก่แบบจำลอง NAM และแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองซึ่งพัฒนาโดย วีระพล (2545) ซึ่งใช้วิธีคำนวณจากพายุฝนด้วยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองทั้งสองในการคาดคะเนปริมาณน้ำนองสูงสุด ที่เกิดจากพายุฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา และลุ่มน้ำคลองชุมพรซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,227 และ 521 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ พบว่าทั้งแบบจำลอง NAM และแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำทั้งสองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดได้ดี แต่แบบจำลอง NAM จะให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุดได้ดีกว่าแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองเป็นส่วนใหญ่

ศิริกัญญา (2547) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 13 สถานี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝนระหว่าง 45 ถึง 3,853 ตร.กม. ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM นั้น ข้อมูลด้านเข้า คือ ปริมาณฝนรายวัน การระเหยรายวัน ค่าเงื่อนไขเริ่มต้น และพารามิเตอร์ของแบบจำลองจำนวน 15 พารามิเตอร์ ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง และในการตรวจสอบประสิทธิภาพการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของแบบจำลองทั้งสองได้พิจารณาเงื่อนไขความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่า 4 ประการ คือ 1) สมดุลน้ำ 2) กราฟน้ำท่าโดยรวม 3) ปริมาณการไหลสูงๆ และ 4) ปริมาณการไหลต่ำๆ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า 37 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการประเมินน้ำท่ารายวันที่ถูกต้องกว่าแบบจำลอง NAM ในด้านของสมดุลน้ำ กราฟน้ำท่าโดยรวม และ ปริมาณการไหลสูงๆ ในทางตรงกันข้ามสำหรับปริมาณการไหลต่ำๆ แบบจำลอง NAM ให้ผลที่ดีกว่า

## 2. การใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (MIKE11-HD) มีทั้งหมด 2 เรื่อง ได้แก่

เซวรงค์ดี (2547) ได้ศึกษาสภาพน้ำท่วมและการบรรเทาอุทกภัยสำหรับลุ่มน้ำลำตะโคง โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ จำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลอง UHM (Unit Hydrograph Module) ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อคำนวณปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง และการคำนวณปริมาณการสูญเสียด้วยวิธี SCS เพื่อประเมินกราฟน้ำหลากของปริมาณการไหลเข้าด้านข้างระหว่างจุดควบคุมด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ และแบบจำลอง MIKE11 - HD เพื่อจำลองแบบสภาพการเกิดน้ำท่วมในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม

## 3. การใช้แบบจำลองการพยากรณ์น้ำ (MIKE11-DA) มีทั้งหมด 4 เรื่อง

พงษ์รัตน์ (2556) ได้ทำการศึกษาพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำสงคราม โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11- NAM/HD/DA โดยเลือกใช้เหตุการณ์อุทกภัยในช่วงปี พ.ศ.2545 - 2549 ส่วนแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ DA ได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพโดยเลือกช่วงเหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ที่สุดที่เคยเกิดขึ้นในช่วงเดือนกันยายน ปี พ.ศ.2547 โดยได้ตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และได้ทำการพยากรณ์ระดับน้ำต่อเนื่องทุกๆ 3 วัน โดยพยากรณ์เริ่มต้นในวันที่ 1 จนถึงวันที่ 28 กันยายน พ.ศ.2547 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์เป็นกราฟของระดับน้ำที่ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำท่าทั้งสองแห่งในลุ่มน้ำสงครามซึ่งได้แก่ สถานี Kh.98 และสถานี Kh.54 ได้อย่างแม่นยำ โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า, ในช่วงสองวันล่วงหน้า และในช่วงสามวันล่วงหน้า จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 99.808, 99.528 และ 99.192 ตามลำดับ

วิษุวัตต์ (2554) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำชีตอนบนด้วยการประยุกต์ใช้ชุดของแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA แล้วเลือกใช้เหตุการณ์อุทกภัยในอดีตช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2550 ส่วนแบบจำลองพยากรณ์น้ำ DA ได้ถูกทดสอบประสิทธิภาพโดยเลือกเหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ที่สุดที่เคยเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมปี พ.ศ. 2549 โดยตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และทำการพยากรณ์ระดับน้ำต่อเนื่องทุกๆ 2 วัน โดยเริ่มต้นพยากรณ์ในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2549 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์กราฟของระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งในแม่น้ำชีได้แก่ สถานี E.23 สถานี E.21 และสถานี E.9 อย่างมี

ประสิทธิภาพ โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า, ช่วงสองวันล่วงหน้า และช่วงสามวันล่วงหน้า จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98.85, 97.68, และ 96.34 ตามลำดับ

Madsen (2003) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้สำหรับข้อมูลที่มีความคล้ายคลึง กลมกลืนกันของข้อมูลระดับน้ำและการไหลในลำน้ำภายในระบบ MIKE11 Flood Forecasting (FF) โดยใช้เทคนิคการ filtering และทฤษฎีของ Kalman ซึ่งเป็นรูปแบบการพยากรณ์น้ำตามช่วงเวลาจริงได้ ทำให้การปรับปรุงข้อมูลที่คล้ายคลึงกันมีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น โดยทำการทดสอบระบบ MIKE11 - FF พยากรณ์น้ำท่วมในพื้นที่เมือง Piedmont อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอิตาลี ผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธี Kalman filter มีความสำคัญในการช่วยเพิ่มทักษะการพยากรณ์เมื่อจะเทียบการพยากรณ์ โดยใช้ Data assimilation

Madsen *et al.* (2004) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธี data assimilation ที่มีประสิทธิภาพขึ้นโดยใช้ Error Forecast Model ในการพยากรณ์ล่วงหน้าซึ่งเป็นเทคนิค filtering ข้อมูลที่ update ร่วมกับข้อมูลจากจุดตรวจวัดน้ำ ซึ่งแบบจำลองการพยากรณ์จะมีการกำหนดเวลาที่คงล่วงหน้าและเทคนิค filtering จะประมาณค่าพารามิเตอร์โดยอัตโนมัติ ของขอบเขตแม่น้ำทั้งระบบ แบบจำลองพยากรณ์ล่วงหน้าจะตรวจสอบที่จุดตรวจวัดน้ำทางปลายน้ำหรือจุดออกน้ำ ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการไหลของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับตรวจวัดจริงในขณะนั้น ผลจากการศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในกรุงเวนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า การประยุกต์ใช้วิธี data assimilation มีประสิทธิภาพดี จึงได้พัฒนาให้เป็นตลอด 24 ชั่วโมง

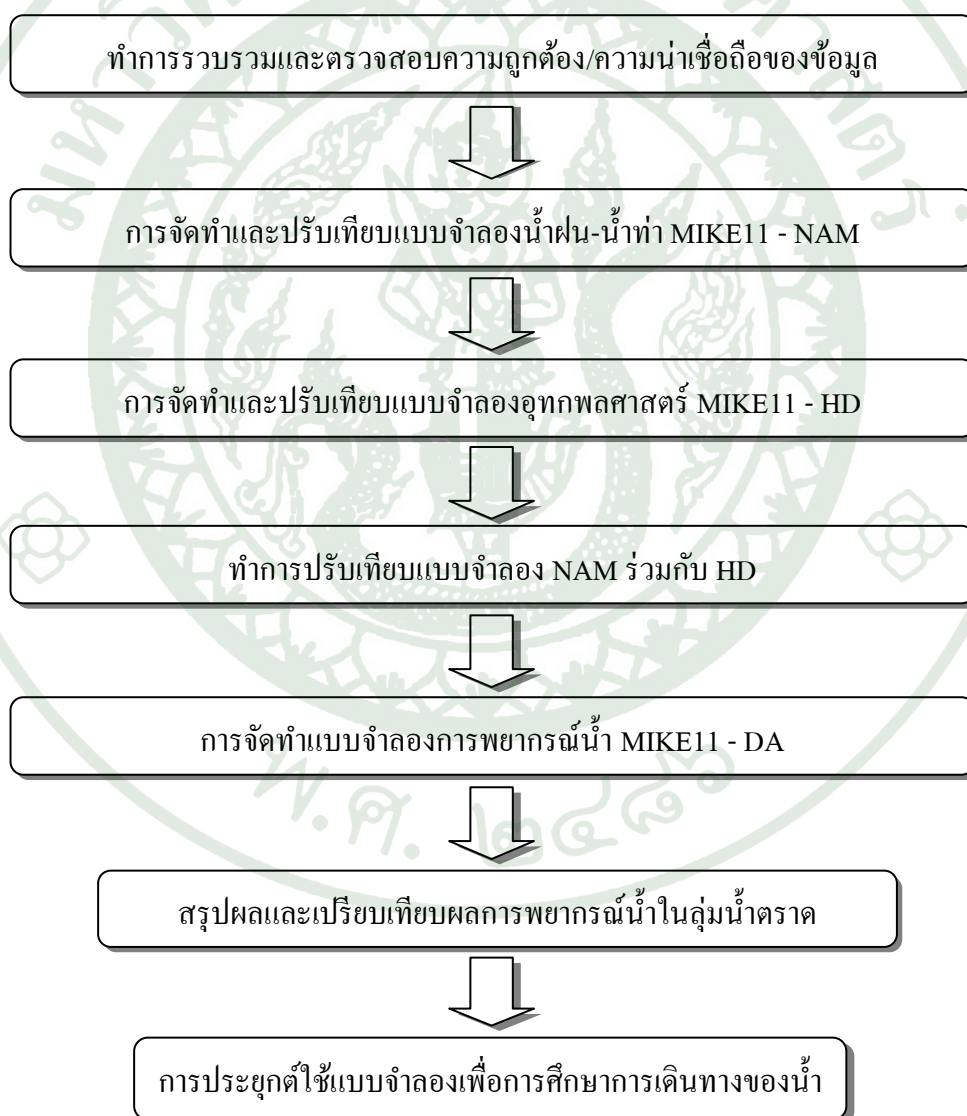
## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. โปรแกรมแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA ประกอบด้วยแบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลอง NAM, Hydrodynamic และ Data Assimilation พร้อมคู่มือ
3. โปรแกรมจัดการเอกสาร MS-Word, MS-Excel และ MS-PowerPoint
4. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS )
5. แผนที่ภูมิประเทศบริเวณลุ่มน้ำตราด มาตรฐาน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
6. ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาและอุทกวิทยาที่มีการบันทึกไว้ของกลุ่มน้ำตราดและบริเวณลุ่มน้ำใกล้เคียง ซึ่งได้แก่ ข้อมูลน้ำฝนรายวัน ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือน ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงและรายวัน ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดรายวัน ปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves)
7. รูปตัดขวางของลำน้ำ รวบรวมจากผลสำรวจของกรมชลประทาน ปี 2555

## วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาทั้งสิ้น 6 ส่วน ได้แก่ 1) ทำการรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้อง/ความน่าเชื่อถือของข้อมูล 2) จัดทำและเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11 - NAM 3) จัดทำและเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11 - HD 4) ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD 5) จัดทำแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11 - DA และ 6) ทำการสรุป/เปรียบเทียบผลการพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำตราด 7) สรุปผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้งานการเดินทางของน้ำ



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการศึกษา

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการศึกษาดังนี้

## 1. การรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้อง/ความน่าเชื่อถือของข้อมูล

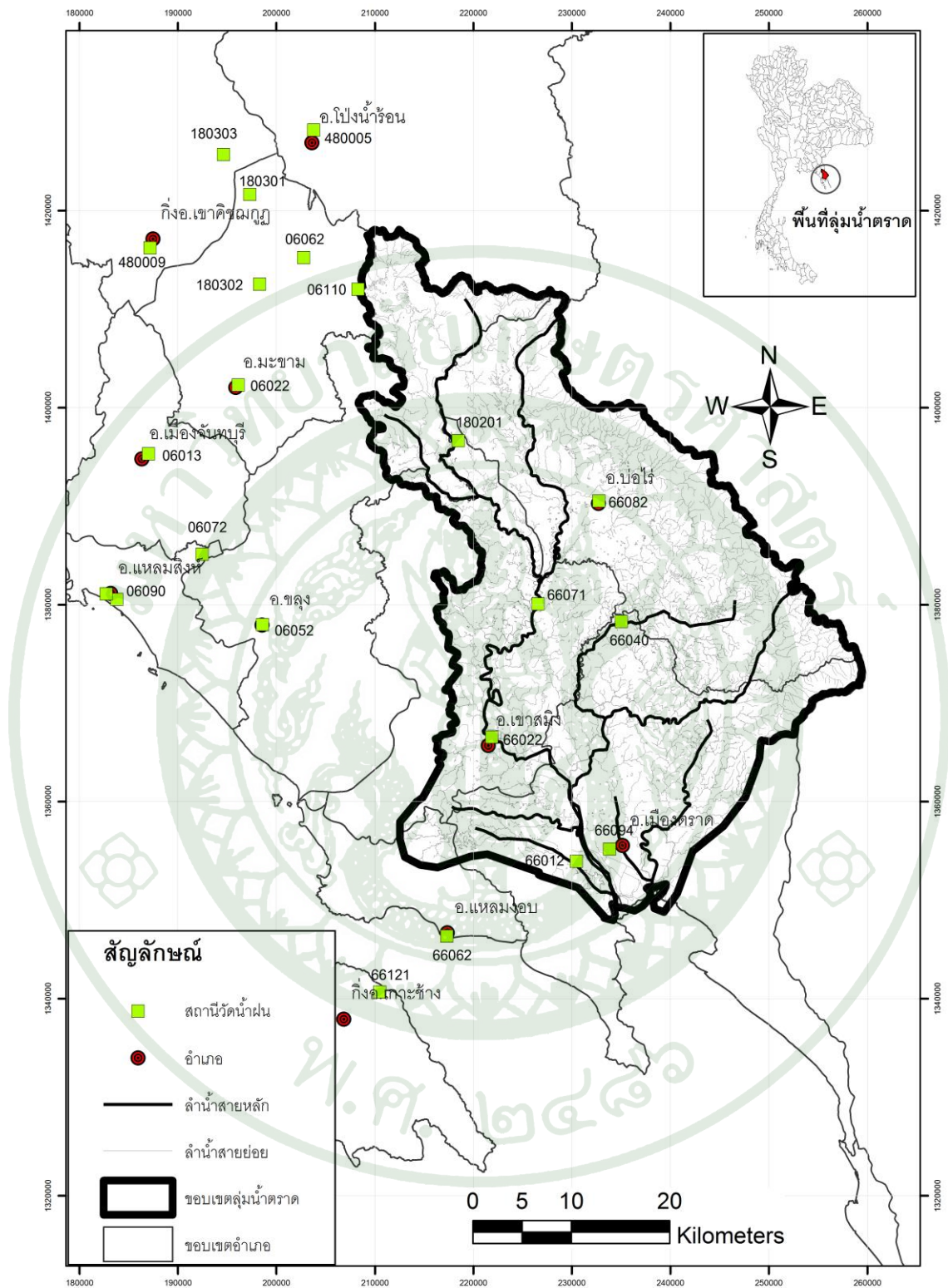
1.1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่ตั้งของสถานีตรวจวัดข้อมูลด้านอุตุนิยมนิยามวิทยา-อุทกวิทยา ตลอดจนที่ตั้งของอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ในลำน้ำของกลุ่มน้ำตราด และบริเวณลุ่มน้ำข้างเคียง จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมแผนที่ทหาร กรมทรัพยากรน้ำและกรมอุตุนิยมนิยามวิทยา

## 1.2 การรวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมนิยามวิทยา-อุทกวิทยา

1.2.1 ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลการระเหย ซึ่งได้จากสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดตราดของกรมอุตุนิยมนิยามวิทยา ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด

## 1.2.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

รวบรวมจากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้พิจารณาใช้ข้อมูลรายวัน โดยสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จำนวน 4 สถานี บริเวณลุ่มน้ำข้างเคียง 6 สถานี คือ สถานี 06013, 06022, 06052, 06072, 06121, 66012, 66022, 66071, 66082, 66094 เลือกลงตั้งแต่ปี 2543- 2552 โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมนิยามวิทยา ดังแสดงรายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาดารงผนวกที่ก1 ภาพที่ 12 การตรวจสอบความกลมกลืนของข้อมูลของแต่ละสถานี ทำได้ด้วยการวิเคราะห์โดยวิธี Double Mass Curve ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมของกลุ่มสถานีที่อยู่ข้างเคียง กรณีข้อมูลของสถานีนั้นมีความกลมกลืนกันตลอดช่วงเวลาที่ทำการบันทึก กราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรง หากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นหัก สังเกตได้จากการเปลี่ยนความลาดชันของเส้นกราฟ ซึ่งค่าความลาดชันเหล่านั้นจะนำมาใช้ในการปรับข้อมูลให้กลับมามีความกลมกลืนกัน (เอกสิทธิ์, ม.ป.ป.) โดยผลการวิเคราะห์ Double Mass Curve ของสถานีน้ำฝนทั้ง 10 สถานี ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก1



ภาพที่ 12 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตราดและพื้นที่ใกล้เคียง



### 1.2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ใช้ข้อมูลสถานีที่มีการวัดทั้งระดับน้ำและปริมาณน้ำในกลุ่มตราง ซึ่งได้นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย โดยมีสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตรางจำนวน 2 สถานี และในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 5 สถานี ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนและรายวัน โดยเป็นสถานีของกรมชลประทาน ดังแสดงในตารางที่ 8 และตารางผนวกที่ ก2

### 1.2.4 ข้อมูลปริมาณน้ำนองสูงสุด

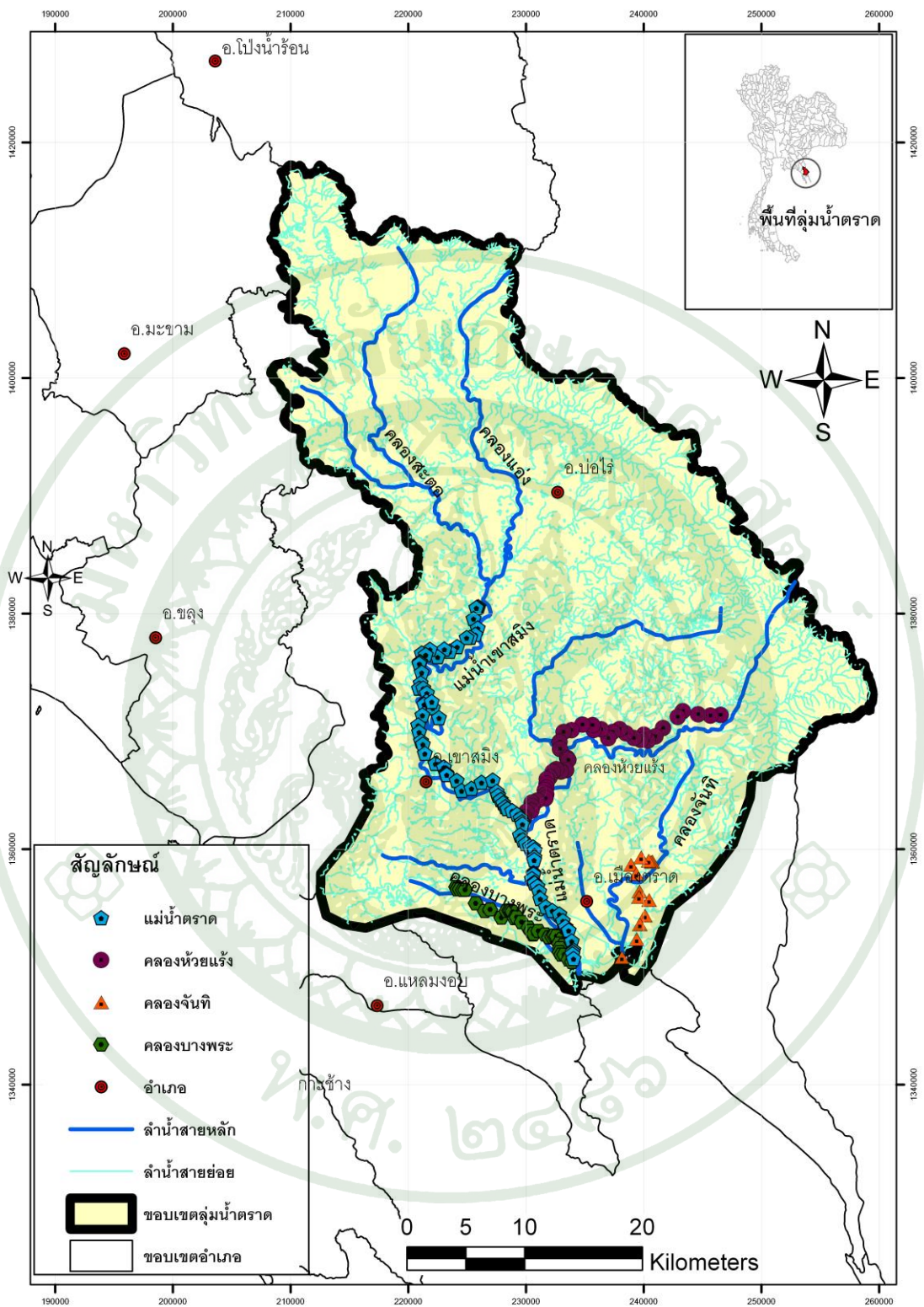
ข้อมูลปริมาณน้ำนองสูงสุด ได้รวบรวมจากสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำตรางจำนวนทั้งสิ้น 9 สถานี รายชื่อสถานีและสถิติปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9

### 1.2.5 ข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves)

ข้อมูล Rating Curves ดังแสดงในตารางผนวกที่ ก4 จนถึงตารางผนวกที่ ก8 ใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดจริง (Actual Rating Curves) จากสถานีโทรมาตรของกรมชลประทาน ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 TTR.10 ดังแสดงในตารางผนวกที่ ก3

### 1.2.6 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ (Cross section)

รวบรวมได้จากผลสำรวจโดยกรมชลประทาน ปี พ.ศ. 2555 รวมทั้งสิ้น 178 รูปตัด โดยแบ่งเป็น 4 ลำน้ำ คือ 1) แม่น้ำตราง จำนวน 84 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 54.424 กิโลเมตร 2) คลองห้วยแครง ช่วงตั้งแต่จุดออกที่อ่างเก็บน้ำห้วยแครง ถึงจุดบรรจบแม่น้ำตราง จำนวน 44 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 33.351 กิโลเมตร 3) คลองบางพระ จำนวน 37 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 18.712 กิโลเมตร 4) คลองจันทิ จำนวน 13 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 13.224 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตำแหน่งรูปตัดขวางลำน้ำทั้งหมดในกลุ่มน้ำตราด

ตารางที่ 8 รายละเอียดสถานีวัดน้ำท่า

ลำดับ	รหัสสถานี	ลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ	พิกัด		ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้าน ลบ.ม.)		
			(ตร.กม)	UTM_X	UTM_Y	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1	T1.4	โตนเลสาปตอนล่าง	96	860964	1430198	108.30	194.79	43.62
2	Z.10	แม่น้ำตราด	920	878424	1381389	1,906.35	2,608.52	1,331.70
3	Z.14	แม่น้ำจันทบุรี	245	848627	1410438	489.62	820.36	276.81
4	Z.21	แม่น้ำจันทบุรี	66	853497	1416150	200.74	327.22	113.40
5	Z.30	แม่น้ำตราด	312	874861	1388500	627.50	820.16	441.75
6	Z.45	แม่น้ำตราด	63	876017	1397982	171.64	217.08	120.64
7	Z.46	แม่น้ำตราด	86	889559	1386514	246.07	302.66	206.98
8	Z.47	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	27	896384	1365993	73.24	101.64	9.27
9	Z.52	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	93	859691	1397603	42.76	57.99	18.03

ตารางที่ 9 รายชื่อสถานีและสถิติปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี

ลำดับ	รหัสสถานี	ลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ	พิกัด		ปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที)		
			(ตร.กม)	UTM_X	UTM_Y	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1	T1.4	โตนเลสาปตอนล่าง	96	860964	1430198	131.13	228.50	55.24
2	Z.10	แม่น้ำตราด	920	878424	1381389	535.94	781.10	310.60
3	Z.14	แม่น้ำจันทบุรี	245	848627	1410438	225.95	390.40	122.40
4	Z.21	แม่น้ำจันทบุรี	66	853497	1416150	158.92	350.80	75.52
5	Z.30	แม่น้ำตราด	312	874861	1388500	172.30	266.00	98.50
6	Z.45	แม่น้ำตราด	63	876017	1397982	113.69	154.50	85.58
7	Z.46	แม่น้ำตราด	86	889559	1386514	162.23	251.68	65.10
8	Z.47	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	27	896384	1365993	45.92	81.60	3.96
9	Z.52	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	93	859691	1397603	40.22	53.73	22.24

## 2. จัดทำและเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11- NAM

### 2.1 การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM มีขั้นตอนประกอบด้วย

2.1.1 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- NAM โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบอัตโนมัติ (Auto - Calibration) ซึ่งจะช่วยในการ Trial and Error เพื่อหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นแบบจำลอง MIKE11- NAM มีพารามิเตอร์จำนวน 15 พารามิเตอร์ แต่ที่สำคัญที่สุดมี 3 พารามิเตอร์ คือ  $L_{max}$   $U_{max}$  และ CQOF

2.1.2 ปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนที่สืบขึ้น

2.1.3 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- NAM ขั้นสุดท้าย โดยประยุกต์ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับเทียบมาได้ กับกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ

### 2.2 ดัชนีทางสถิติที่ใช้เลือกผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า Z.10 และ Z.30 โดยการเปรียบเทียบจะใช้ข้อมูลช่วงปี 2543 - 2549 และการตรวจพิสูจน์ใช้ข้อมูลช่วงปี 2550 - 2552 เนื่องจากข้อมูลช่วงปี 2543 - 2552 เป็นช่วงที่มีข้อมูลที่ตรวจวัดจริงครบถ้วนสมบูรณ์ โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM ซึ่งจะใช้ค่าดัชนีทางสถิติ 4 ตัว ดังแสดงในสมการ (16) (17) (18) และ (19) ดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ correlation coefficient (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\left[ \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]^{0.5}} \quad (16)$$

2) ค่าระดับสมดุลน้ำ หรือ Water Balance Level (WBL)

$$WBL = \frac{Volume(m^3)_{sim} - Volume(m^3)_{obs}}{Volume(m^3)_{obs}} \quad (17)$$

3) ค่า Efficiency index (EI)

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \times 100\% \quad (18)$$

4) ค่า root mean square error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Q_{oi} - Q_{ci}]^2} \quad (19)$$

เมื่อ  $Q_i$  คือ ปริมาณการไหลหรือระดับน้ำ ที่เวลา  $i$  ส่วน  $\bar{Q}$  คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณการไหลหรือระดับน้ำ โดยที่ subscript O กับ C คือ ค่าที่ตรวจวัดได้และค่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง ตามลำดับ และ N คือ จำนวนของข้อมูล ส่วน  $Volume_{sim}$  คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง  $Volume_{obs}$  คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากตรวจวัด ในหน่วย ลบ.ม./วินาที

ในการเปรียบเทียบผลการศึกษาจะใช้ข้อมูลทางสถิติมาเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบและตัดสินใจประกอบด้วยวิธีทาง Goodness-of-fit ประกอบไปด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ

หรือ Coefficient of determination ( $R^2$ ) ค่า  $r$  มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า  $r$  มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างสมบูรณ์และรายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์ระดับต่างๆ ดังตารางที่ 10 (วรารุช, 2553) ค่า water balance level (WBL) ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 จะยิ่งดี แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดย  $\pm 10\%$  คือค่าที่ยอมรับ ส่วนค่า Efficiency index (EI) ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล ส่วนค่า root mean square error (RMSE) ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตรวจวัดน้อย

ตารางที่ 10 การแปลความหมายค่า NSE และ  $R^2$

เกณฑ์	ความหมาย
1	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยไม่มีผิดพลาด (Perfect Fit)
$> 0$ ถึง $< 1$	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยมีความแม่นยำมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)
0	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยมีความแม่นยำไม่ต่างจากการคาดคะเน โดยใช้ค่าเฉลี่ย
$< 0$	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยมีความแม่นยำน้อยกว่าการคาดคะเน โดยใช้ค่าเฉลี่ย
$\geq 0.75$	Good prediction (Lian et al.,2007)
0.36 - 0.75	Satisfactory prediction (Lian et al.,2007)

การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า หรือ MIKE11- NAM โดยคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 2 สถานี ได้แก่ 1) สถานี Z.10 ซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มน้ำตราดมีพื้นที่รับน้ำ 920 ตารางกิโลเมตร 2) สถานี Z.30 ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำตราดพื้นที่รับน้ำ 312 ตารางกิโลเมตร โดยพิจารณาเลือกช่วงปีของข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า และการระเหยมาใช้ในการเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM ในช่วงปี พ.ศ. 2543 - 2552 สำหรับข้อมูลน้ำฝนได้พิจารณาใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด และลุ่มน้ำข้างเคียง จำนวน 10 สถานี แสดงดังภาพที่ 14 และรายละเอียดในตารางที่ 11

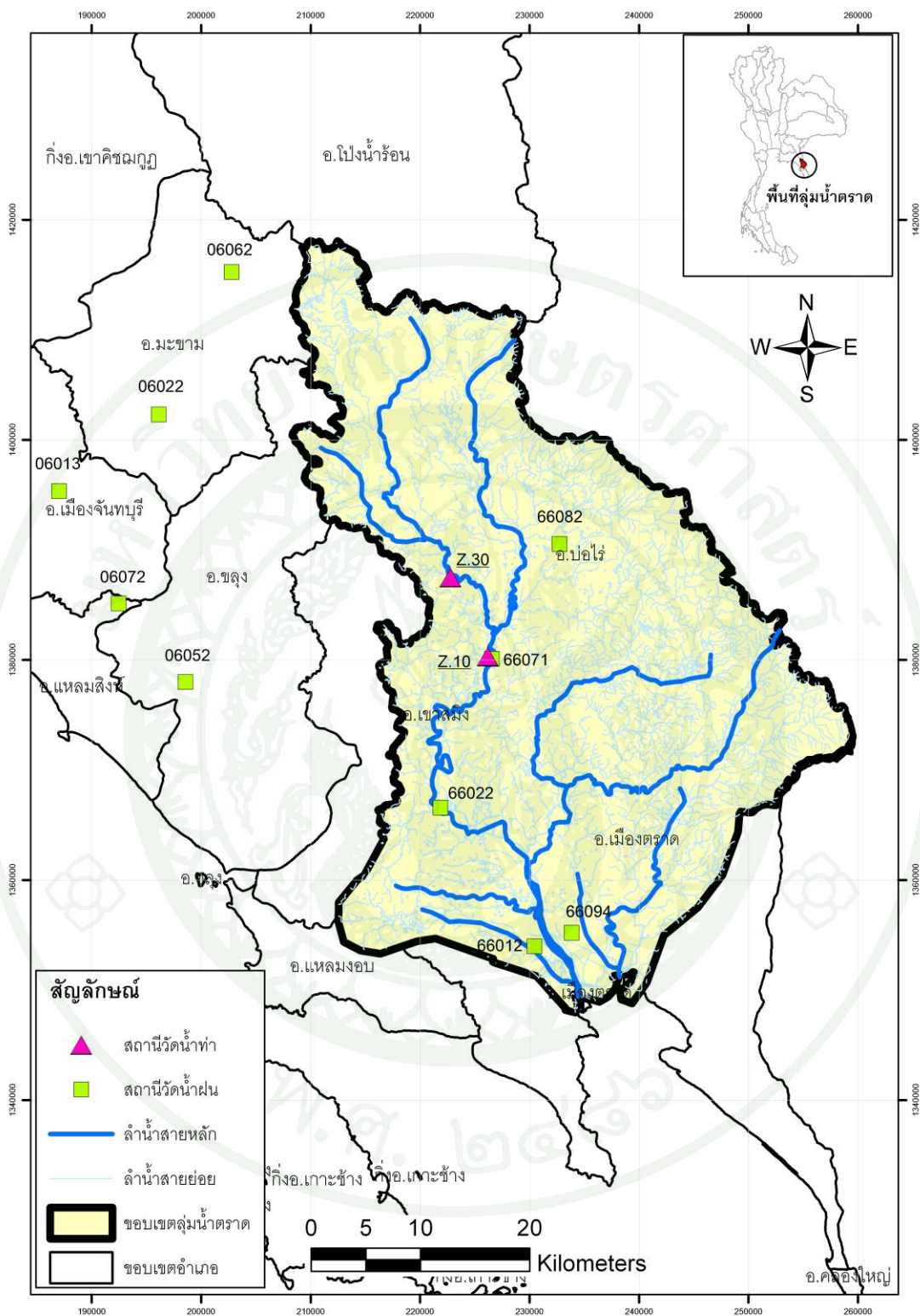
### การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11-NAM ที่สถานี Z.10

สถานี Z.10 เป็นสถานีตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำตราด มีพื้นที่รับน้ำ 920 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตอนบนของกลุ่มน้ำตราด ในพื้นที่รับน้ำของสถานี Z.10 มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี คือ สถานีรหัส 06022 06121 66071 และ 66082 โดยค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนทั้งสี่สิบสองแห่งมีค่าเท่ากับ 0.0544 0.219 0.142 และ 0.585 ตามลำดับ ส่วนค่าการระเหยจากภาคพิจารณาใช้สถานีของกรมอุตุนิคมวิทยาที่อำเภอเมือง จังหวัดตราด ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำและรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon) สำหรับคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำ Z.10 ได้ดังภาพที่ 15

### การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11 - NAM ที่สถานี Z.30

สถานี Z.30 เป็นสถานีตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำตราด มีพื้นที่รับน้ำ 312 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตอนบนของกลุ่มน้ำตราด ในพื้นที่รับน้ำของสถานี Z.30 มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำนวน 2 สถานี คือ สถานีรหัส 06121 และ 66082 โดยค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนทั้งสี่สิบสองแห่งมีค่าเท่ากับ 0.020 และ 0.98 ตามลำดับ ส่วนค่าการระเหยจากภาคพิจารณาใช้สถานีของกรมอุตุนิคมวิทยาที่อำเภอเมือง จังหวัดตราด ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำและรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon) สำหรับคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำ Z.30 ได้ดังภาพที่ 15

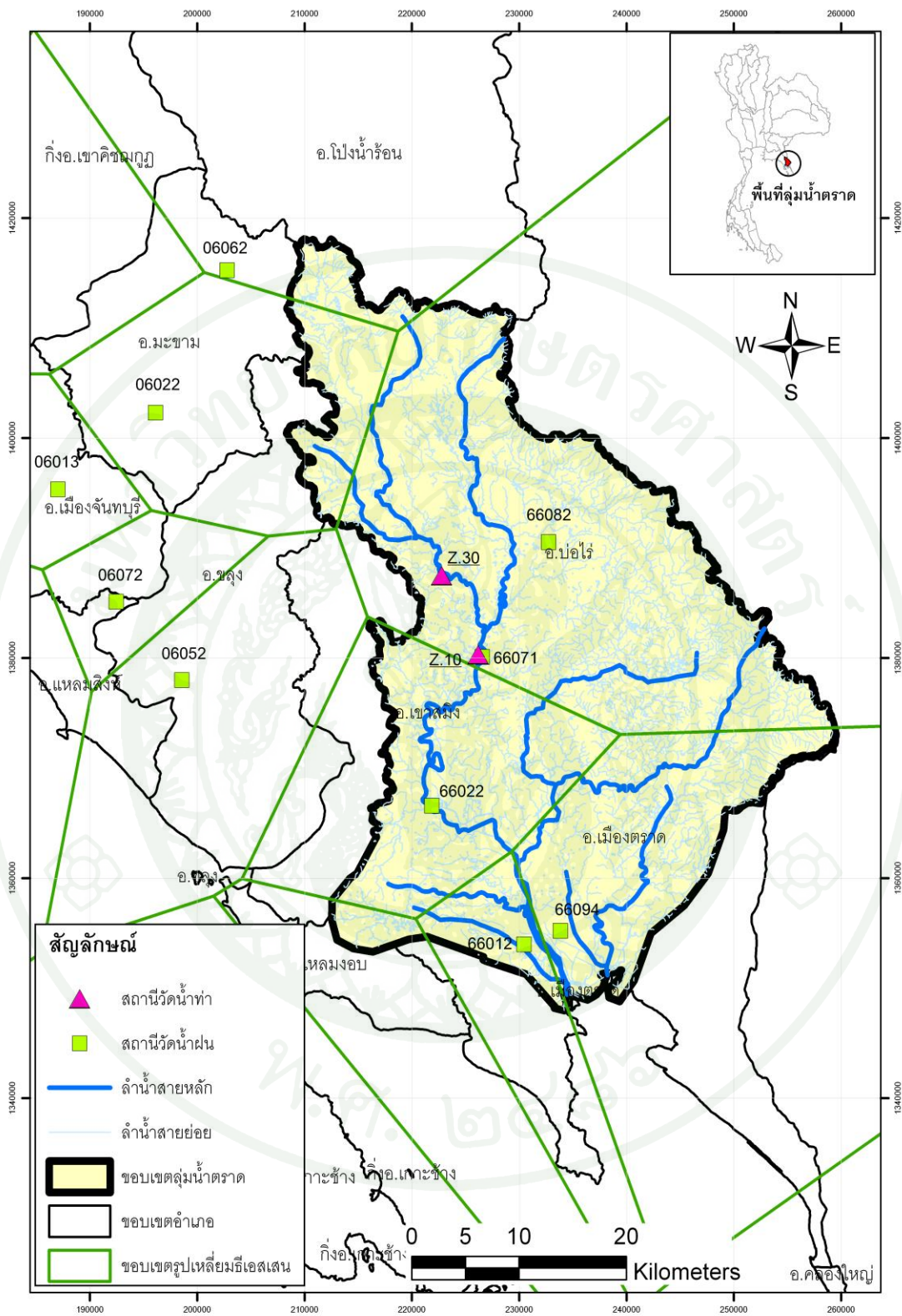




ภาพที่ 14 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าและสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM

ตารางที่ 11 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้เปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- NAM

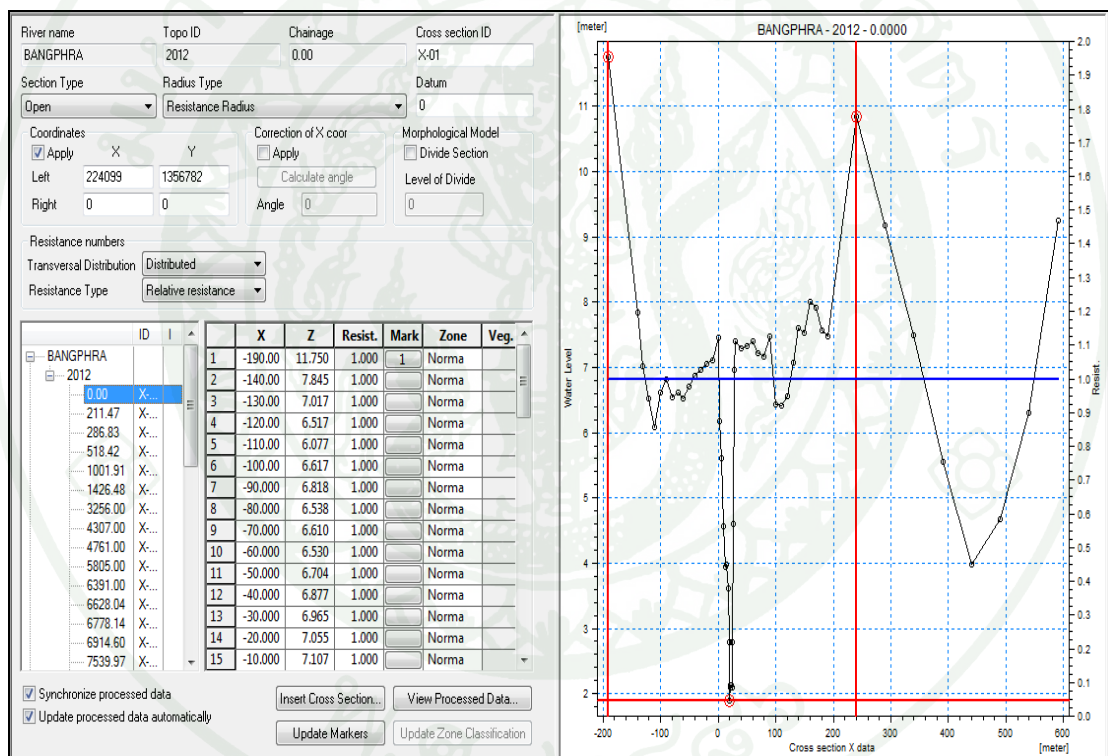
ลำดับที่	รหัส	ที่ตั้ง	อำเภอ	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	พิกัด	
						UTM_E	UTM_N
1	06022	ที่ว่าการอำเภอมะขาม	มะขาม	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	847470	1402904
2	06121	บ้านโป่งร้อน	มะขาม	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	853831	1415997
3	66071	บ้านศรีบัวทอง	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำตราด	878424	1381389
4	66082	ที่ว่าการอำเภอบ่อไร่	บ่อไร่	ตราด	แม่น้ำตราด	884378	1391970



ภาพที่ 15 ตำแหน่งสถานีน้ำท่า สถานีน้ำฝนและรูปเหลี่ยม Thiessen Polygon

### 3. จัดทำและเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11- HD

การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- HD ในลุ่มน้ำตราด จำเป็นต้องใช้รูปตัดลำน้ำ (ภาพที่ 16) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ Manning'n ที่เหมาะสม จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปพล็อตลงใน Rating Curves ที่ทั้ง 9 สถานี ได้แก่ TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 เพื่อเปรียบเทียบผล ซึ่งเป็นสถานีโทรมาตรของกรมชลประทาน โดยจะปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning Number) โดยเปรียบเทียบแบบ Trial and Error จนกว่าจะทำให้ค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองฯ เข้ากันดีกับ Rating Curves จึงจะเป็นผลที่ยอมรับได้



ภาพที่ 16 หน้าต่างรูปตัดลำน้ำของแม่น้ำตราดในแบบจำลอง MIKE11- HD

รายละเอียดข้อมูลและขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล ก่อนที่จะนำข้อมูลนั้นเข้าสู่ฐานข้อมูลของแบบจำลองในการจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11- HD ประกอบด้วย

### 3.1 ข้อมูลรูปตัดขวางของแม่น้ำทั้งหมดที่ใช้ศึกษา

โดยมีรูปตัดขวางรวมทั้งสิ้น 178 รูปตัด โดยแบ่งเป็น 4 ลำน้ำ คือ 1) แม่น้ำตราด จำนวน 84 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 54.424 กิโลเมตร 2) คลองห้วยแครง ช่วงตั้งแต่จุดออกที่อ่างเก็บน้ำห้วยแครง ถึงจุดบรรจบแม่น้ำตราด จำนวน 44 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 33.351 กิโลเมตร 3) คลองบางพระ จำนวน 37 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 18.712 กิโลเมตร 4) คลองจันทิ จำนวน 13 รูปตัด โดยคิดเป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 13.224 กิโลเมตร

### 3.2 ข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves)

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า ซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มน้ำตราด โดยทำการตรวจวัดปริมาณน้ำในสนาม เพื่อนำมาหา Rating Curves โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทาน จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 ช่วงปี พ.ศ. 2555-2556

### 3.3 ขอบเขตแบบจำลอง (Boundary)

การกำหนดขอบเขตแบบจำลองจะต้องทำการกำหนดขอบเขต ด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) และขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำที่ต้นน้ำของแม่น้ำตราด (TTR.07) ใช้ช่วงระหว่าง 5 - 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทั้งลำน้ำจนไปถึงจุดออกของทะเลอ่าวไทยซึ่งเป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำที่แม่น้ำตราด (TTR.01) กำหนดให้เป็นระดับน้ำคงที่ ส่วนคลองห้วยแครง สมมติใช้อัตราการไหลช่วง 5 - 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และคลองบางพระ สมมติใช้อัตราการไหลช่วง 5 - 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

การเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD มีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11-HD คือ ค่า Manning'n ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ Manning'n จะแสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด โดยค่า Manning'n ในทางน้ำเปิดของทางน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.05 และค่า Manning'n ในคลองส่งน้ำคาคอนกรีตจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.013 - 0.015 การเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์

Manning'n นั้น จะทำการปรับค่า Manning'n ในลำน้ำสายหลักเพื่อให้กราฟน้ำท่า หรือระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (Calculation) มีความใกล้เคียงมากที่สุดกับข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curve) ที่บันทึก (Observe) ได้จากสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการพิจารณา โดยการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเปรียบเทียบที่สถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 ตามลำดับ

#### 4. ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD

ขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มจากการจัดทำแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ NAM/HD ขึ้นมาก่อน โดยจะครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตราดทั้งหมด คิดเป็นพื้นที่ 2,722 ตร.กม จากต้นน้ำลงไปจนถึงสถานีโทรมาตร TTR.01 จุดออกทะเลอ่าวไทย ที่โครงการชลประทานป้องกันน้ำเค็มทุ่งวังกระแจะ ตำบลวังกระแจะ อำเภอเมือง จังหวัดตราด ซึ่งถือเป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำของแบบจำลอง โดยคิดเป็นระยะทางตามแนวลำน้ำตั้งแต่ขอบเขตด้านเหนือน้ำลงมาจนถึงด้านท้ายน้ำรวมทั้งสิ้น 54.424 กิโลเมตร ดังแสดงในแผนภูมิแสดงระบบการไหลของน้ำในลุ่มน้ำตราด ดังภาพที่ 17

โดยมีรายละเอียดข้อมูลและขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล ก่อนที่จะนำข้อมูลนั้นเข้าสู่ฐานข้อมูลของแบบจำลองในการจัดทำแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD ประกอบด้วย

##### 1) ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำตราดจากการพิจารณาลักษณะภูมิประเทศ จุดบรรจบของลำน้ำย่อย และสถานีโทรมาตรที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำ ทำการแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำตราดออกเป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 17 และตารางที่ 12

##### 2) ข้อมูลปริมาณฝน

ข้อมูลปริมาณฝนได้พิจารณาใช้ข้อมูลปริมาณฝนราย 15 นาที จากสถานีโทรมาตรในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทานโดยมีสัดส่วนการถ่วงน้ำหนัก โดยปริมาณฝนตามพื้นที่นั้น สามารถคำนวณได้โดยวิธี Thiessen Polygon โดยสัดส่วนของค่าการถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีโทรมาตรนั้นได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 9 และภาพที่ 18

### 3) ข้อมูลภูมิอากาศ

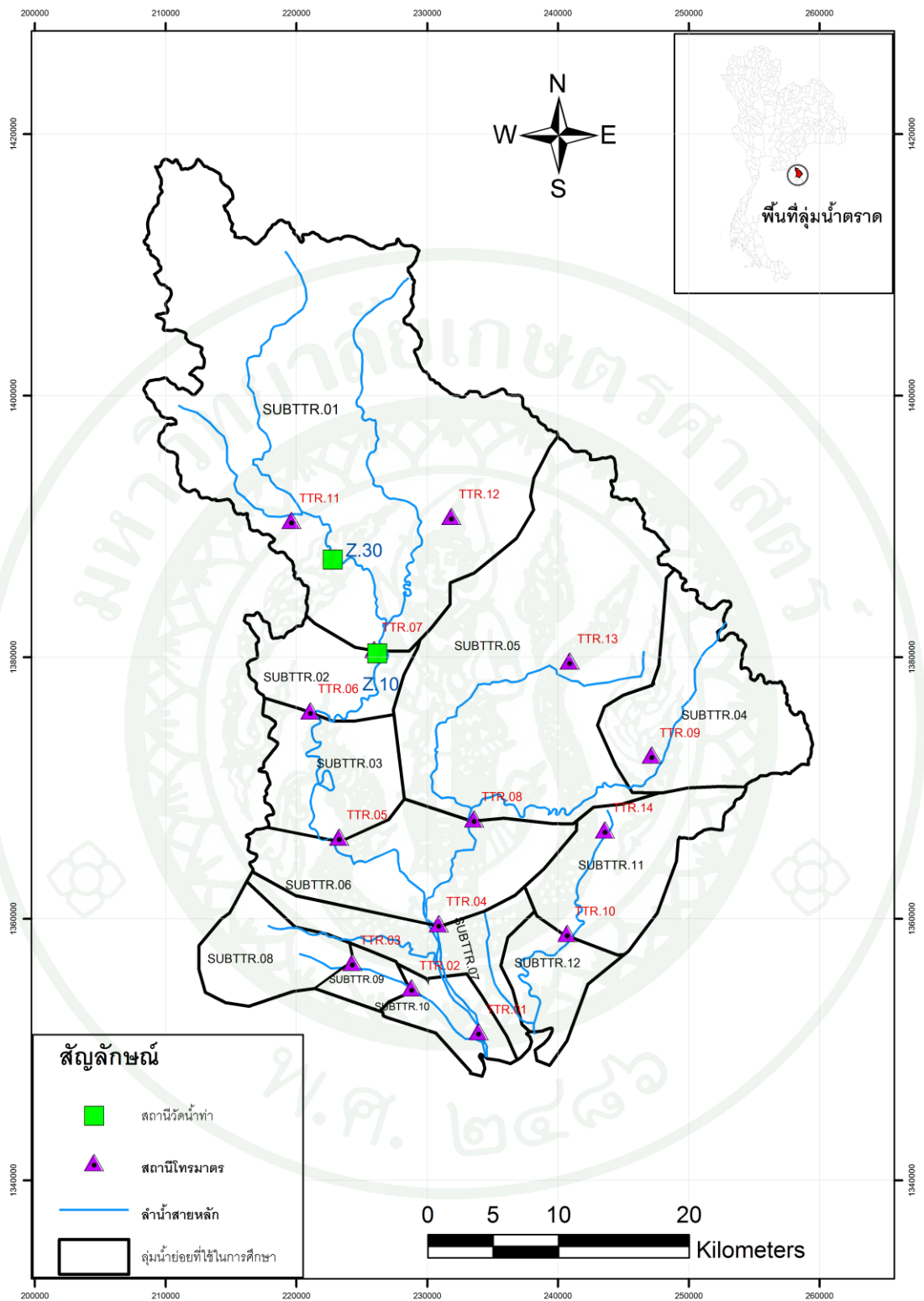
ข้อมูลการระเหยจากผิวดินและการระเหย ใช้ข้อมูลการระเหย จากสถานีตรวจอากาศ ประจำจังหวัดตราดของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตราด ซึ่งมีช่วงข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 – 2552 โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยรายวัน จากข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือน เพื่อใช้เป็นค่าการระเหยเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำตราด

### 4) ข้อมูลปริมาณการไหล

เป็นข้อมูลปริมาณการไหลราย 15 นาที ได้จากสถานีโทรมาตรลุ่มน้ำตราด โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทาน

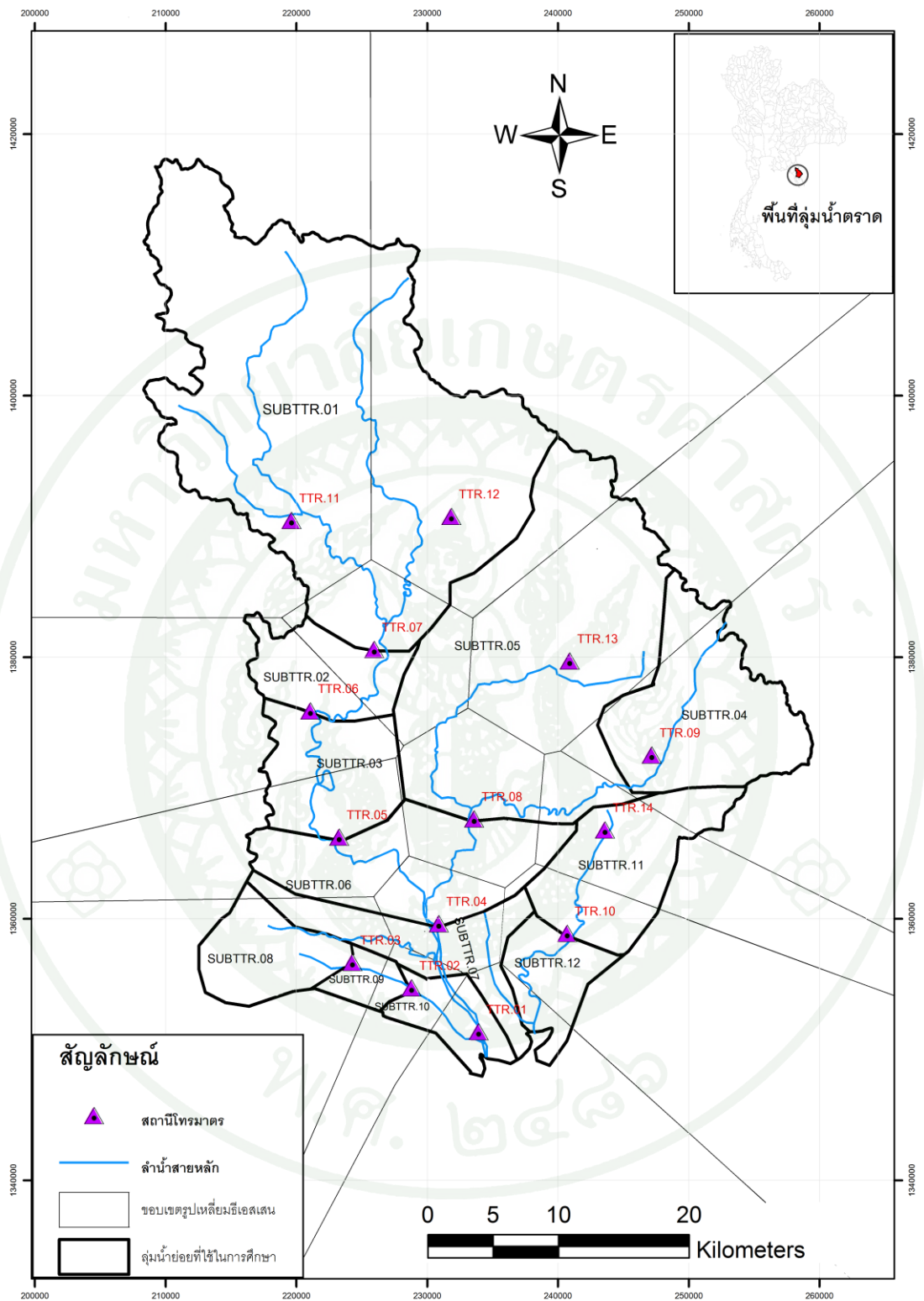
การเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD โดยหลังจากได้ทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM และ HD แยกส่วนกันแล้ว จะประยุกต์ใช้แบบจำลองย่อยทั้งสองในการจำลองสภาพการเกิดอุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2556 โดยกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของระบบลุ่มน้ำตราด แสดงได้ดังนี้ (ภาพที่ 19)

- ขอบเขตด้านเหนือน้ำ กำหนดให้ใช้สำหรับแม่น้ำตราด ใช้ปริมาณการไหลราย 15 นาที ที่สถานีโทรมาตร TTR.07
- ขอบเขตด้านท้ายน้ำ กำหนดให้ใช้โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล หรือ Rating Curves ที่สถานี TTR.01
- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของลุ่มน้ำที่ กำหนดให้ใช้ปริมาณการไหลที่ประเมินได้จากแบบจำลอง NAM ทั้ง 12 ลุ่มน้ำย่อย

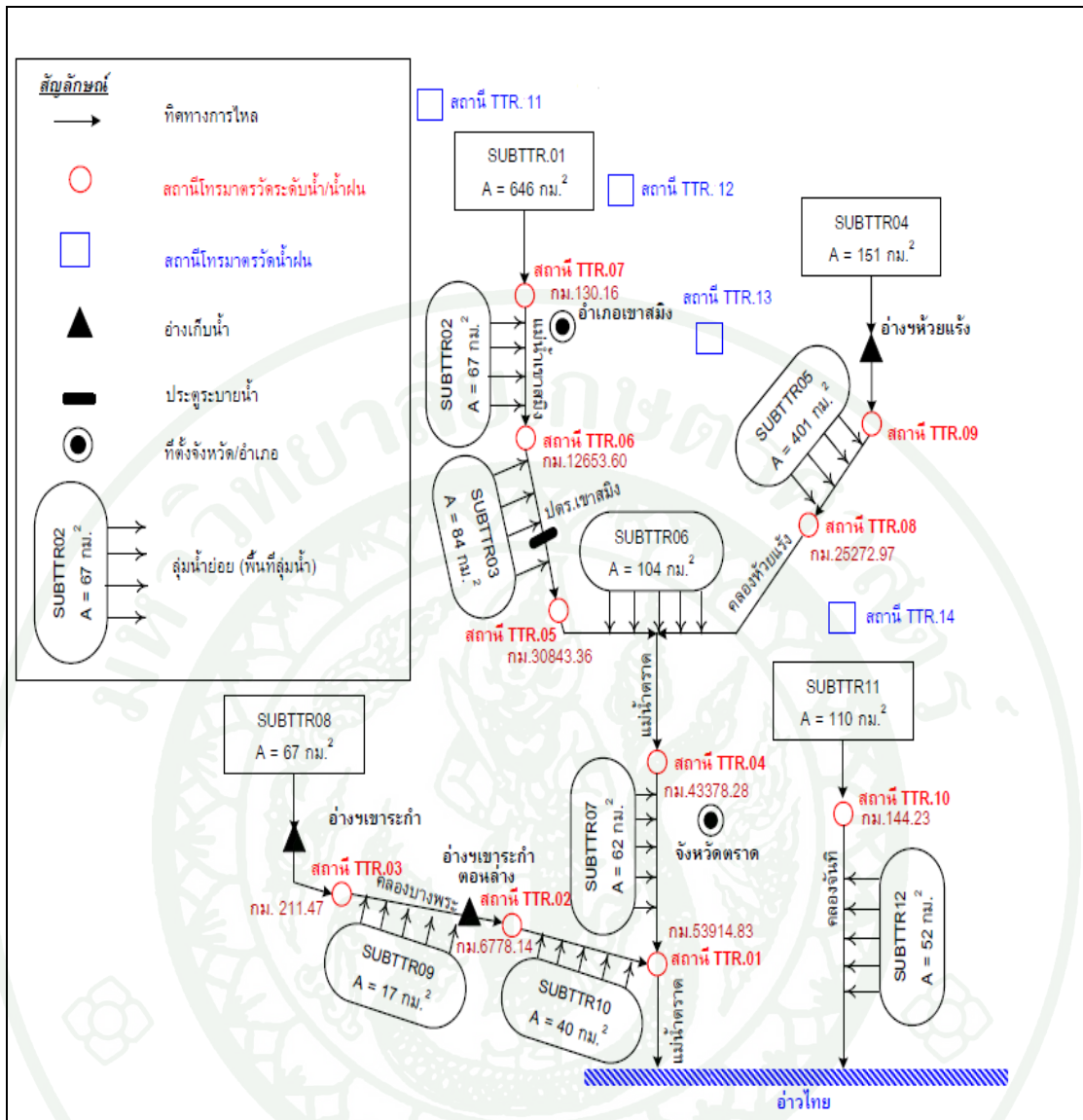


ภาพที่ 17 แสดงการแบ่งลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำในลุ่มน้ำตราด สำหรับ MIKE11 – NAM/HD





ภาพที่ 18 แสดงตำแหน่งสถานีน้ำท่า สถานีโทรมาตร และรูปเหลี่ยม Thiessen Polygon



ภาพที่ 19 แผนภูมิแสดงระบบการไหลของน้ำในกลุ่มน้ำตราด

ตารางที่ 12 รายชื่อกลุ่มน้ำย่อยของระบบกลุ่มน้ำตราด

รหัส กลุ่มน้ำ	กลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่กลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
SUBTTR.01	กลุ่มน้ำแม่น้ำเขาสมิงต้นน้ำถึงสถานี TTR.07	646.48
SUBTTR.02	กลุ่มน้ำย่อยที่ไหลลงแม่น้ำเขาสมิงระหว่างสถานี TTR.07 ถึง TTR.06	66.88
SUBTTR.03	กลุ่มน้ำย่อยที่ไหลลงแม่น้ำเขาสมิงระหว่างสถานี TTR.06 ถึง TTR.05	84.06
SUBTTR.04	กลุ่มน้ำคลองห้วยแรงเหนืออ่างฯห้วยแรงถึงสถานี TTR.09	151.64
SUBTTR.05	กลุ่มน้ำย่อยที่ไหลลงคลองห้วยแรงระหว่างสถานี TTR.09 ถึง TTR.08	401.45
SUBTTR.06	กลุ่มน้ำย่อยระหว่างท้ายสถานี TTR.05 และ TTR.08 ถึง TTR.04	103.51
SUBTTR.07	กลุ่มน้ำย่อยระหว่างท้ายสถานี TTR.05 และ TTR.02 ถึง TTR.01	62.00
SUBTTR.08	กลุ่มน้ำคลองบางพระเหนืออ่างฯเขาระกำถึงสถานี TTR.03	67.23
SUBTTR.09	กลุ่มน้ำไหลลงคลองบางพระระหว่างสถานี TTR.03 ถึง TTR.02	17.33
SUBTTR.10	กลุ่มน้ำคลองบางพระระหว่างสถานี TTR.02 ถึง TTR.01	40.00
SUBTTR.11	กลุ่มน้ำคลองจันทิต้นน้ำถึงสถานี TTR.10	110.18
SUBTTR.12	กลุ่มน้ำคลองจันติระหว่างสถานี TTR.10 ถึงจุดออกทะเล	51.55
<b>รวมพื้นที่ทั้งหมด</b>		<b>1802.31</b>

## 5. การจัดทำแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11 - DA

นำแบบจำลอง NAM และ HD ที่ผ่านการปรับเทียบ มาประยุกต์ใช้โดยทดสอบ ในการปรับเทียบผลการพยากรณ์น้ำที่ได้จากแบบจำลอง MIKE11- DA นั้น จะมีการพิจารณากำหนดจุด และชนิดของข้อมูลที่จะทำการพยากรณ์น้ำ จำนวนทั้งสิ้น 9 จุดในแม่น้ำตราด ดังแสดงตำแหน่งใน ภาพที่ 21 ตารางที่ 13 ตารางผนวก ก3 โดยทุกจุดจะเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำมาทำการ Update กับผลการรันของแบบจำลอง

โดยมีการตั้งค่าแบบจำลอง MIKE11 - DA ดังแสดงในภาพที่ 22 และจากการพิจารณา เหตุการณ์น้ำหลากในช่วงปี 2556 พบว่าลุ่มน้ำตราดเกิดปริมาณการไหลสูงสุด 2 ช่วงเวลาในปี พ.ศ. 2556 ดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งพิจารณาเลือกช่วงวันที่ 21-30 มิถุนายน 2556 และช่วงที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556 มาทำการทดสอบรันโดยตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วัน ย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และทำการพยากรณ์น้ำต่อเนื่องทุกๆ 3 วัน ราย 15 นาที ซึ่งระยะเวลาการเดินทางของฝนที่ตกในแม่น้ำตราด แล้วเกิดเป็นน้ำทำนองใช้เวลา เดินทางจากต้นน้ำที่สถานีโทรมาตร TTR.07 จนถึงจุดออกทะเลที่สถานีโทรมาตร TTR.01 ใช้เวลา ในการเดินทาง 1 วันครึ่ง แต่ทำการพยากรณ์น้ำล่วงหน้า 3 วัน เพื่อใช้ดูแนวโน้มของฝนในการ พยากรณ์เมื่อน้ำฝนตกถึงพื้นและถึงสถานีวัดน้ำฝนช่วยทำให้การพยากรณ์ในช่วงวันแรกแม่นยำมาก เนื่องจากอยู่ในช่วงระยะเวลาการเดินทางของน้ำโดยผลการพยากรณ์น้ำที่สถานีโทรมาตรทั้งเก้าแห่ง ได้แก่ สถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 จะ ถูกตรวจสอบค่าความแม่นยำในรูปของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จริงกับค่า ระดับน้ำที่แบบจำลองพยากรณ์น้ำล่วงหน้าออกไปตั้งแต่ 1 ถึง 3 วัน จากสมการที่ (14) ดังนี้

$$\epsilon = \left| \frac{WL_{obs} - WL_{sim}}{WL_{obs}} \right| \times 100 \quad (20)$$

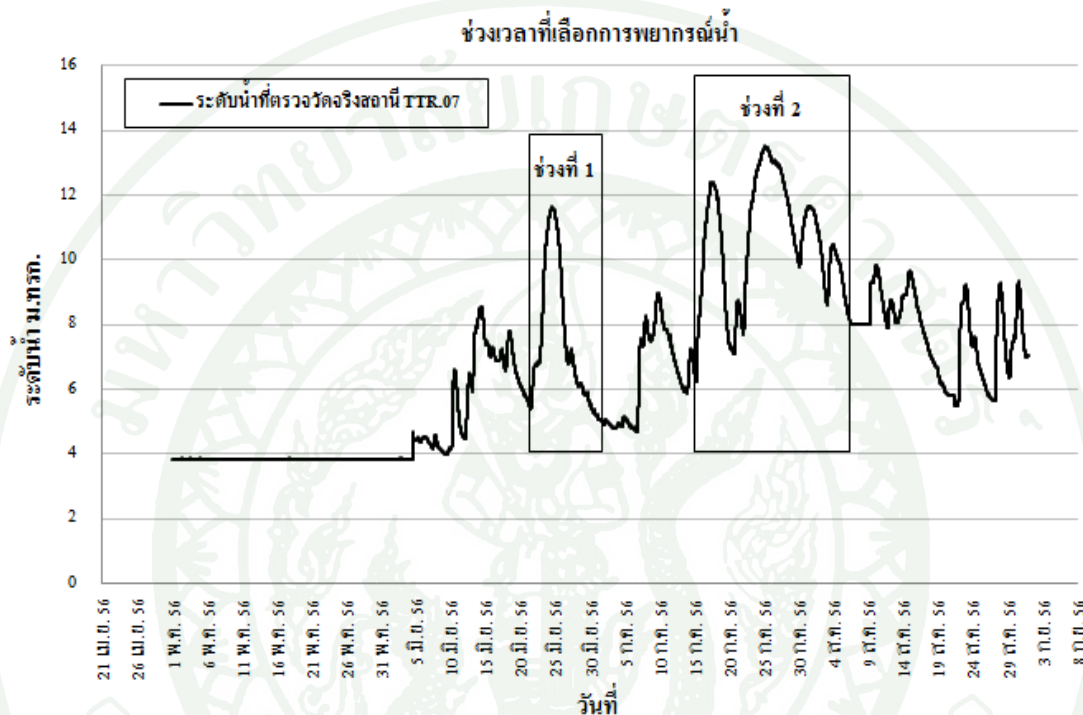
เมื่อ  $\epsilon$  = ค่าความคลาดเคลื่อน (หน่วยเป็น ร้อยละ)

$WL_{obs}$  = ค่าระดับน้ำรายวันที่ตรวจวัดได้จริง (หน่วยเป็น เมตร)

$WL_{sim}$  = ค่าระดับน้ำรายวันที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลอง  
(หน่วยเป็น เมตร)

หมายเหตุ ค่าระดับน้ำนั้นวัดจากความลึกท้องน้ำขึ้นมาถึงผิวน้ำ

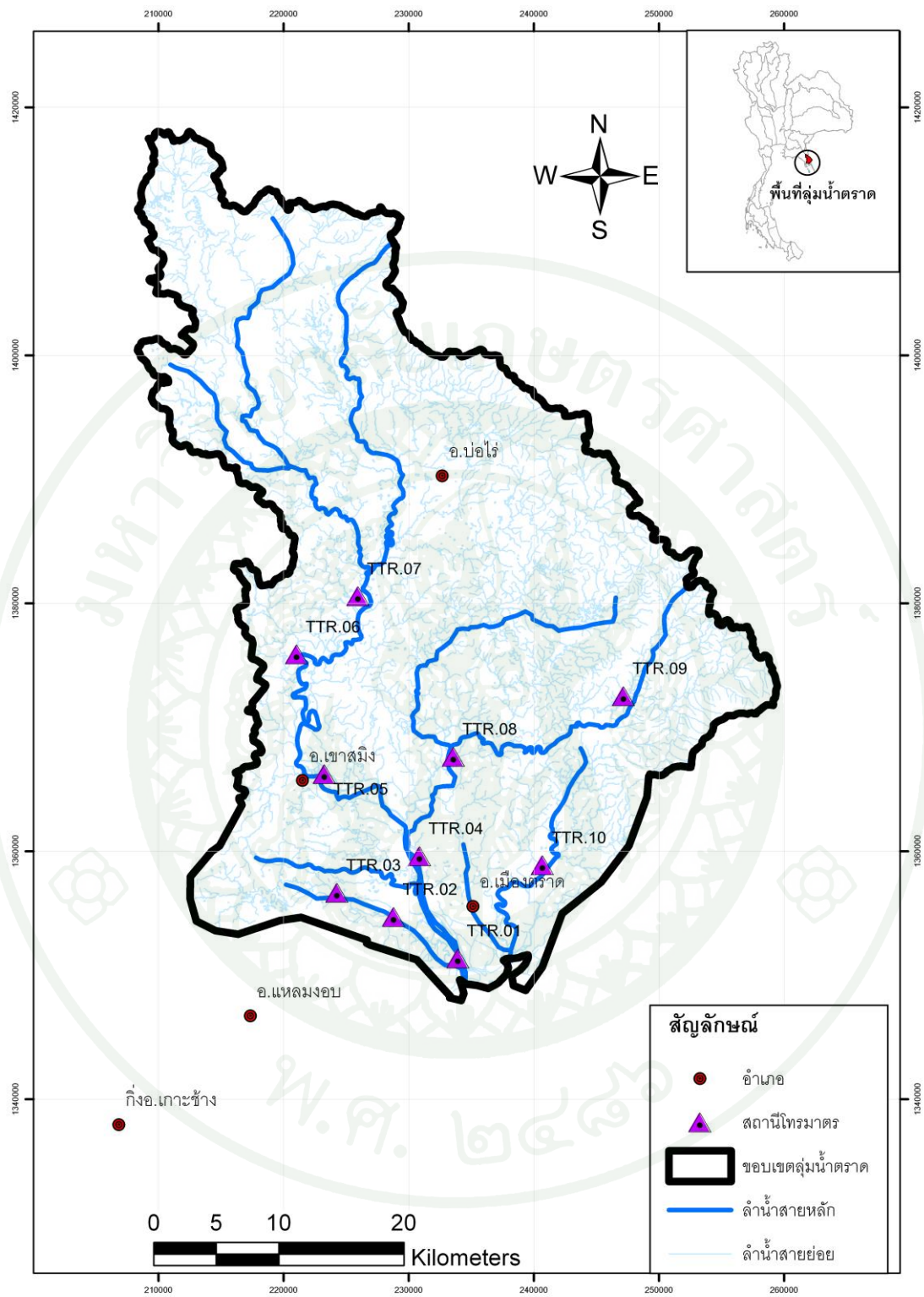
เมื่อได้ผลจากการรันของแบบจำลองมาครบแล้วจะนำมาเปรียบเทียบ ตรวจสอบผลว่าค่าความแม่นยำของแบบจำลองมีมากหรือน้อยเพียงไร อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่โดยใช้สมการต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว และจะทำการสรุปผลเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงในสนามว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองคือผลการพยากรณ์น้ำนั้นจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงหรือไม่



ภาพที่ 20 การเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีโทรมาตร TTR07

ตารางที่ 13 รายชื่อสถานีโทรมาตรที่ใช้เปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11- DA

ลำดับ ที่	รหัส	ชื่อสถานี	ลำน้ำ	ระยะทาง		พิกัด	
				กม.	UTM_E	UTM_N	
1	TTR.01	บ้านวังกระแจะ	แม่น้ำตราด	53.914	233858	1351368	
2	TTR.02	ชลประทานตราด	คลองบางพระ	6.778	228733	1354713	
3	TTR.03	บ้านปากคลอง	คลองไม้ซี้	0.211	224208	1356658	
4	TTR.04	บ้านไร่เนา	แม่น้ำตราด	43.378	230804	1359621	
5	TTR.05	ประตู่ระบายน้ำเขาสมิง	แม่น้ำเขาสมิง	30.843	223183	1366436	
6	TTR.06	วัดเทพนิมิต	แม่น้ำเขาสมิง	12.653	220982	1375893	
7	TTR.07	บ้านศรีบัวทอง	แม่น้ำเขาสมิง	0.130	225875	1380591	
8	TTR.08	วัดคลองขุด	คลองห้วยแครง	25.272	233504	1367633	
9	TTR.10	วัดวรมนิตถาวราราม	คลองจันจิ	0.144	240622	1358886	



ภาพที่ 21 ตำแหน่งสถานีโทรมาตรในกลุ่มน้ำตราดที่วัดระดับน้ำ

MIKE Zero - [Trad\_DA\_TOF\_2013-06-21]

File Edit View Window Help

General Measurements Equation Editor Boundary Statistics Standard Deviation Editor Output Hotstart

**Module Selection**

Measurement update  
 Kalman filter  
 Weighting function  
 Uncertainty prediction

**Basic Parameters**

Ensemble size: 1  
 First filtering time step: 3

**Forecast**

Time of forecast: 21/6/2013 12:00:00 PM  
 Forecast type:  Deterministic  
 Stochastic

---

General Measurements Equation Editor Boundary Statistics Standard Deviation Editor Output Hotstart

**Measurement Location**

Branch name: Trad  
 Chainage: 12653.6  
 Variable type: Water level  
 Component number: 0  
 File: 3\Trad\_Tele\_WL\_adjust.dfs0 TTR06\_WL

**Weighting Function**

Type: Triangular  
 Amplitude: 1  
 Lower chainage: 10000  
 Upper chainage: 15000  
 Fade up: 24

**Standard Deviation**

Type: Constant  
 Value/File:   
 Lower limit: 0  
 Upper limit: 0

**Error Forecast Model**

Apply error forecast  
 AR1

	Branch name	Chainage
1	Trad	12653.6
2	trad	30779.48
3	Trad	43378.28
4	Trad	53914.828
5	Huairang	25272.97
6	Bangphra	6778.14
7	Chanti	144.23
8	Bangphra	211.47
9	Trad	130.16

---

General Measurements Equation Editor Boundary Statistics Standard Deviation Editor Output Hotstart

**General**

Name: AR1 Equation:  $a \cdot E(-1)$   
 Estimation period from: -48 to 0 relative to time of forecast

**Parameter Definition**

Name: a  Estimated Variable type: Water level  
 Type: Value Value: 0 Component number: 0  
 Minimum: 0 River name:   
 Maximum: 1 Chainage: 0  
 File:   
 ...

**Overview of Error Forecast Model Equations**

	Name	Equation	From	To
1	AR1	$a \cdot E(-1)$	-48	

**Overview of Equation Parameters**

	Name	Type
1	a	Value

ภาพที่ 22 การตั้งค่าต่างๆในแบบจำลอง MIKE11 - DA



## 6. สรุปผลการเปรียบเทียบและการพยากรณ์น้ำโดยแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA

สรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า MIKE11-NAM การเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11-HD การเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD ร่วมกันโดยสรุปเป็นค่าดัชนีทางสถิติ จำนวน 3 ค่า คือ ค่า  $r$ , EI และ RMSE และนำผลจากการพยากรณ์น้ำของแบบจำลอง MIKE11-DA โดยสรุปผลเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้ำ

## 7. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11-NAM/HD ในการศึกษาการเดินทางของน้ำ

เพื่อศึกษาการเดินทางของน้ำจากต้นน้ำไปสู่จุดออกทะเล จากการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11-NAM กับการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11-HD นั้นนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำไหลสูงสุด (Peak flow) ของแต่ละสถานีโทรมาตรในลุ่มน้ำตราดและระยะเวลาการเดินทางของน้ำ โดยการกำหนดให้มีปริมาณฝนตกทั้งลุ่มน้ำตราด ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน 100 200 300 400 และ 500 มิลลิเมตร เพียง 1 วันเท่านั้นเป็นข้อมูลน้ำฝน หลังจากนั้นทำการสรุปผลระยะเวลาการเดินทางของน้ำ

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### 1. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11 - NAM

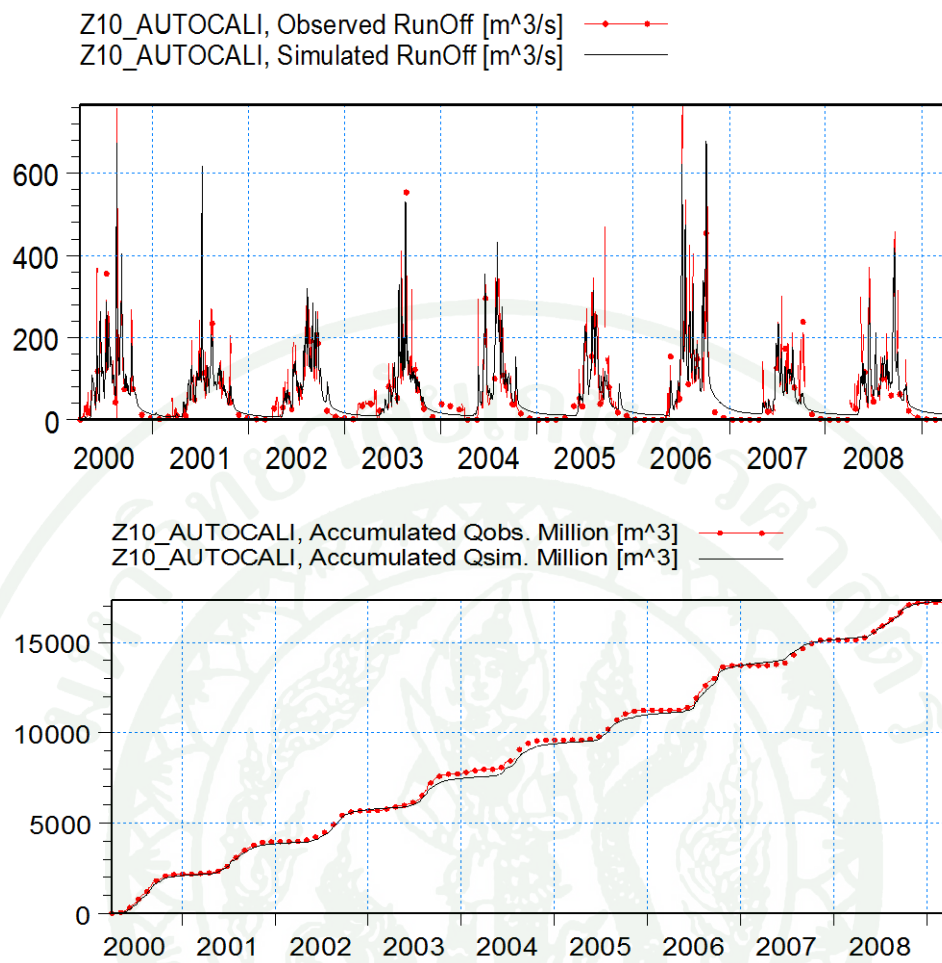
สถานี Z.10 มีผลการเปรียบเทียบและผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงปี พ.ศ.2543-2552 แสดงได้ดังภาพที่ 23 โดยจากรูปส่วนแรกด้านบนจะแสดงการพล็อตกราฟระหว่างค่าปริมาณการไหลที่ตรวจวัดได้จริงที่สถานี Z.10 (เส้นประ) กับค่าปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (เส้นทึบ) ส่วนกราฟตรงกลางถัดลงมาเป็นค่าปริมาณน้ำท่าสะสม (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร) ซึ่งคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟด้านบนระหว่างค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติที่สำคัญได้แก่ ค่า  $R^2 = 0.797$  และค่า WBL (Water Balance Level) เท่ากับ  $-0.7\%$  ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 - NAM ดังตารางที่ 15

สถานี Z.30 มีผลการเปรียบเทียบและผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงปี พ.ศ.2543-2552 แสดงได้ดังภาพที่ 24 โดยจากรูปส่วนแรกด้านบนจะแสดงการพล็อตกราฟระหว่างค่าปริมาณการไหลที่ตรวจวัดได้จริงที่สถานี Z.30 (เส้นประ) กับค่าปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (เส้นทึบ) ส่วนกราฟตรงกลางถัดลงมาเป็นค่าปริมาณน้ำท่าสะสม (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร) ซึ่งคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟด้านบนระหว่างค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติที่สำคัญได้แก่ ค่า  $R^2 = 0.837$  และค่า WBL (Water Balance Level) เท่ากับ  $0.0\%$  ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 - NAM ดังตารางที่ 15

โดยผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM สรุปออกมาเป็นค่าดัชนีทางสถิติได้ดังในตารางที่ 14 โดยค่า  $r$  มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $0.833 - 0.949$  ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้


ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 - NAM

ช่วงปี พ.ศ.	สถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำตราด					
	Z.10	Z.30	Z.10	Z.30	Z.10	Z.30
	ค่า r		ค่า EI (%)		ค่า RMSE (cms)	
พ.ศ.2543	0.928	0.935	86.035	87.097	44.995	11.479
พ.ศ.2544	0.941	0.946	88.370	87.571	31.958	8.082
พ.ศ.2545	0.949	0.833	90.056	62.852	28.878	12.431
พ.ศ.2546	0.929	0.879	83.810	77.199	46.058	12.886
พ.ศ.2547	0.949	0.928	89.757	86.018	34.129	10.667
พ.ศ.2548	0.928	0.876	85.147	75.524	36.120	10.873
พ.ศ.2549	0.914	0.930	83.516	85.763	62.752	17.747
พ.ศ.2550	0.903	0.907	80.662	82.128	33.534	8.107
พ.ศ.2551	0.946	0.941	88.956	88.203	35.366	9.732

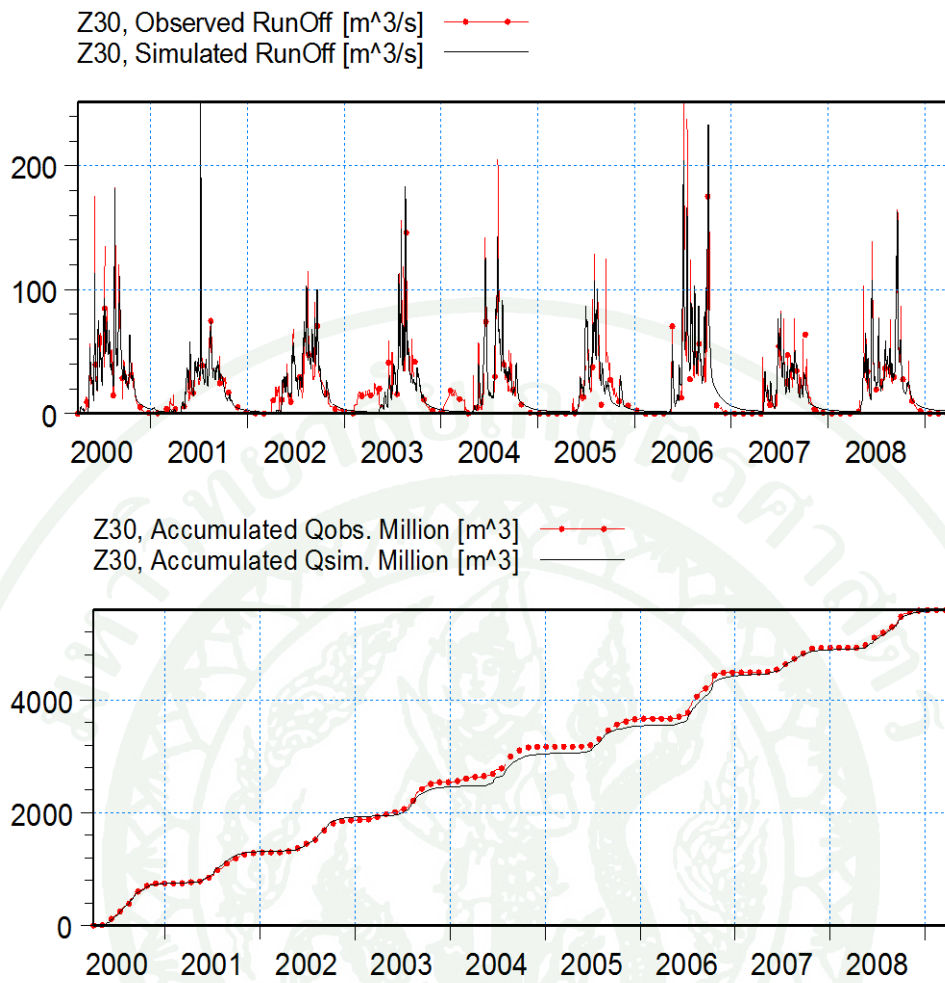


y:\ai\_920sqkm\RRcalibration\Z10\_AUTOCALI.dfs0

\_Klongyai\_920sqkm\RRcalibration\Z10\_AUTOCALI.dfs0


		Client:	NAM autocalibration	MIKZero
		Project:	Results	
Parameterfile	Date:	R2=0.797, WBL= -0.7% (obs=2079mm/y, sim=2094mm/y)		Drawing no.
Z10_AutoCali.r	11 20/12/2012 22:34			
	Init:			

ภาพที่ 23 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE 11- NAM ที่สถานี Z.10



Z30\_KhongSato\_312sqkm\RR\calibration\Z30.dfs0

Z30\_KhongSato\_312sqkm\RR\calibration\Z30.dfs0

		Client: NAM autocalibration		MIKEZero
		Project: Results		
Parameterfile Z30_AutoCali.r	Date: 11 20/12/2012 21:5	R2=0.837, WBL= 0.0% (obs=1993mm/y, sim=1993mm/y)		Drawing no.
	Init:			

ภาพที่ 24 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE 11- NAM ที่สถานี Z.30

ตารางที่ 15 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบของแบบจำลอง MIKE11 - NAM ของ  
สถานีวัดน้ำท่า Z.10 และสถานีวัดน้ำท่า Z.30

สถานี	Z.10	Z.30
พารามิเตอร์	ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ	ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ
Umax	16.4	15.1
Lmax	283	242
CQOF	0.533	0.564
CKIF	574.9	407.8
CK1,2	50	49.6
TOF	0.354	0.101
TIF	0.684	0.589
TG	0.682	0.351
CKBF	1135	1013
Carea	1	1
Sy	0.1	0.1
GWLBF0	10	10
GWLBF1	0	0
Cqlow	0	0
Cklow	10000	10000

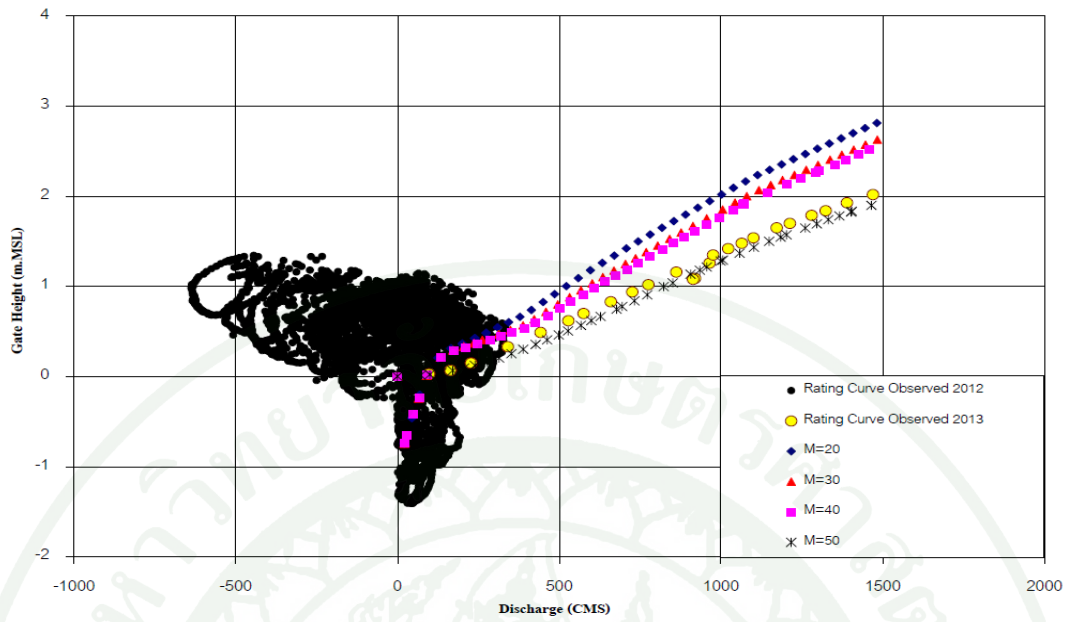
## 2. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ หรือ MIKE11 - HD

การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ หรือ MIKE11 - HD นั้นมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองเพียงตัวเดียว คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำ หรือ Manning'n ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ Manning'n จะแสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด โดยการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 - HD จะใช้การไหลแบบ Steady State ซึ่งดำเนินการโดยการพิจารณาที่สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลำน้ำสายหลัก แม่น้ำตราดเป็นลำน้ำสายหลัก โดยมีลำน้ำอื่นมาบรรจบ ได้แก่ คลองห้วยเรียงและคลองบางพระ โดยที่แม่น้ำตราดจะมีจุดออกของน้ำที่ไหลไปลงทะเลอ่าวไทย ซึ่งมีข้อมูลตำแหน่งรูปตัดขวางลำน้ำทั้งหมดในกลุ่มน้ำตราดจำนวน 178 รูปตัด

ซึ่งผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 - HD ในรูปของโค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลกับระดับน้ำ (Rating Curves) จากการสมมุติให้มีการไหลแบบ Steady State สำหรับสถานีวัดน้ำท่าทั้งเก้าแห่งในดังแสดงในภาพที่ 24 เรื่อยไปจนถึงภาพที่ 32 ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HD ซึ่งได้จากการลองผิดลองถูกจนได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ที่เหมาะสมและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังในตารางที่ 16

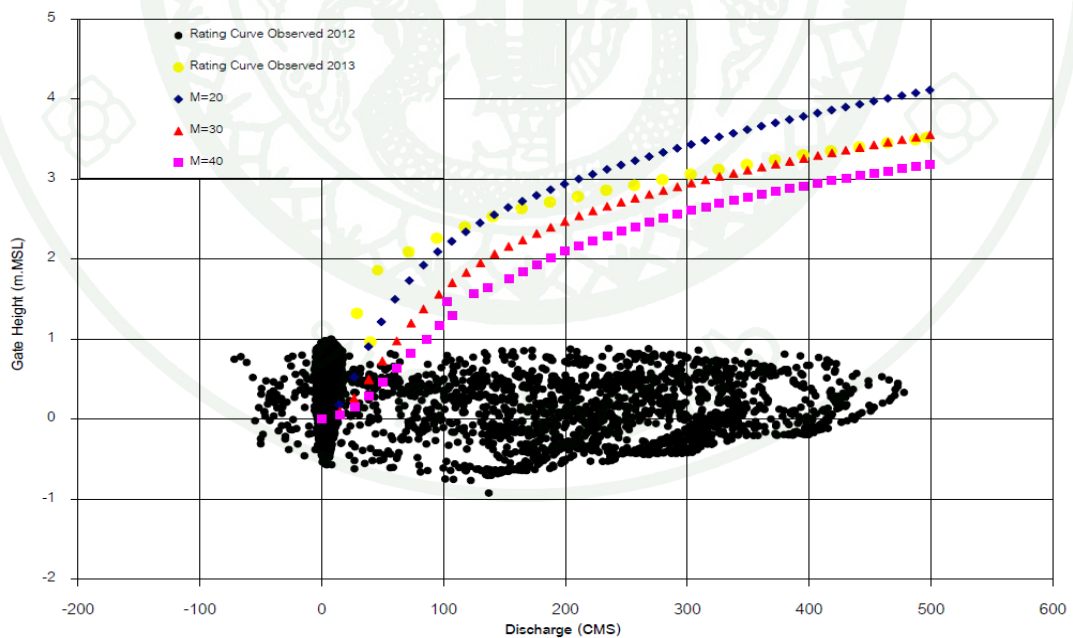
ตารางที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning'n) ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง HD

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ลำน้ำ	Manning'n
TTR.01	บ้านวังกระแจะ	แม่น้ำตราด	0.020
TTR.02	ชลประทานตราด	คลองบางพระ	0.033
TTR.03	บ้านปากคลอง	คลองไม้ซี้	0.200
TTR.04	บ้านไร่เนา	แม่น้ำตราด	0.020
TTR.05	เขาสมิง	แม่น้ำเขาสมิง	0.025
TTR.06	วัดเทพนิมิต	แม่น้ำเขาสมิง	0.033
TTR.07	บ้านศรีบัวทอง	แม่น้ำเขาสมิง	0.025
TTR.08	วัดคลองขุด	คลองห้วยเรียง	0.020
TTR.10	วัดวรุณจิตถาราม	คลองจันทิ	0.050



\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า + 1.0 ม.รทก.

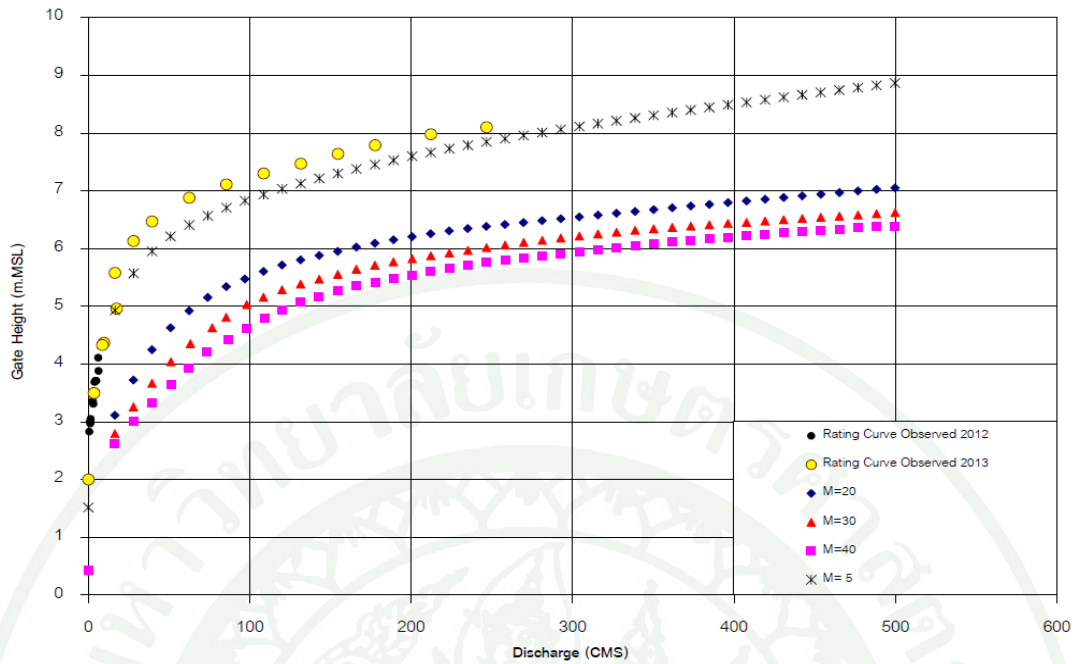
ภาพที่ 25 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.01



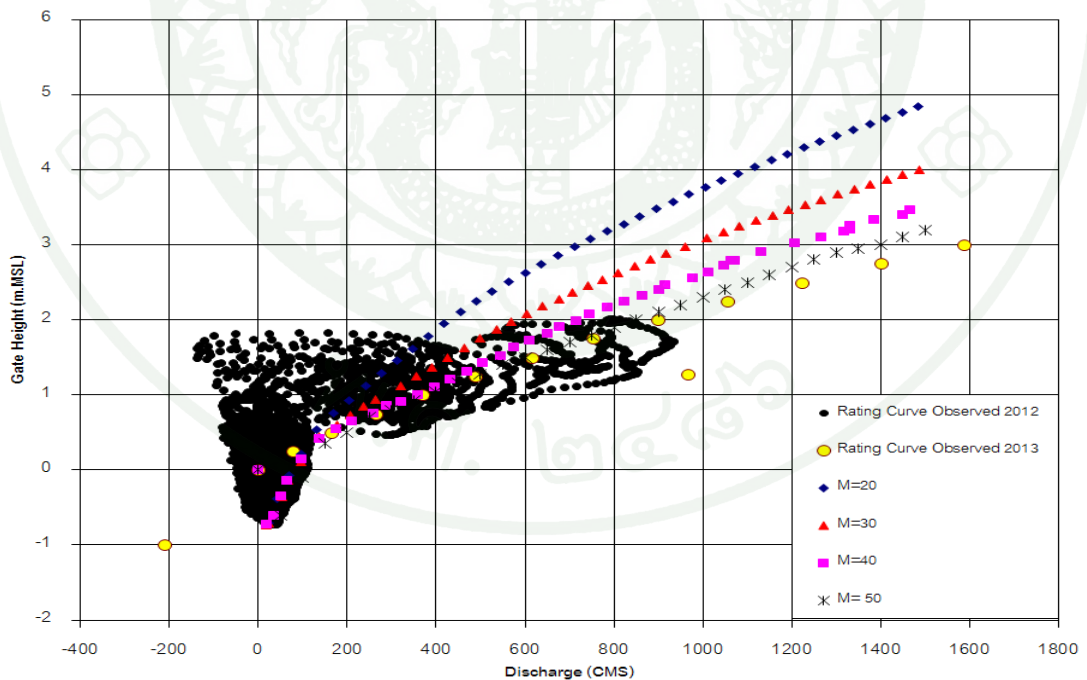
\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า +1.0 ม.รทก.

ภาพที่ 26 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.02



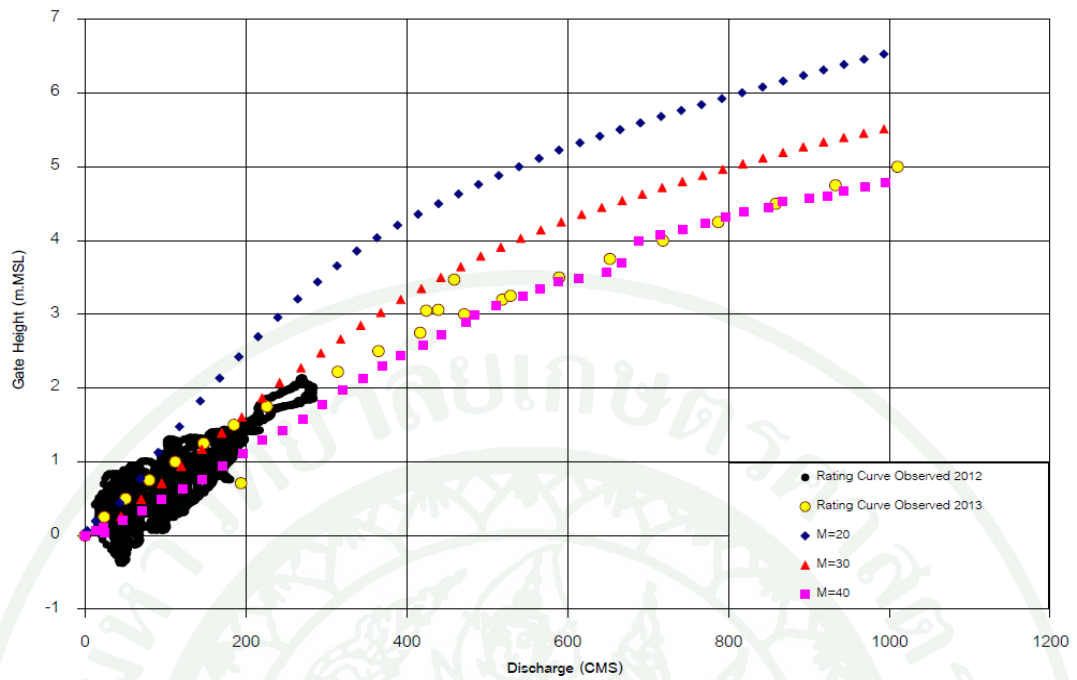


ภาพที่ 27 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.03



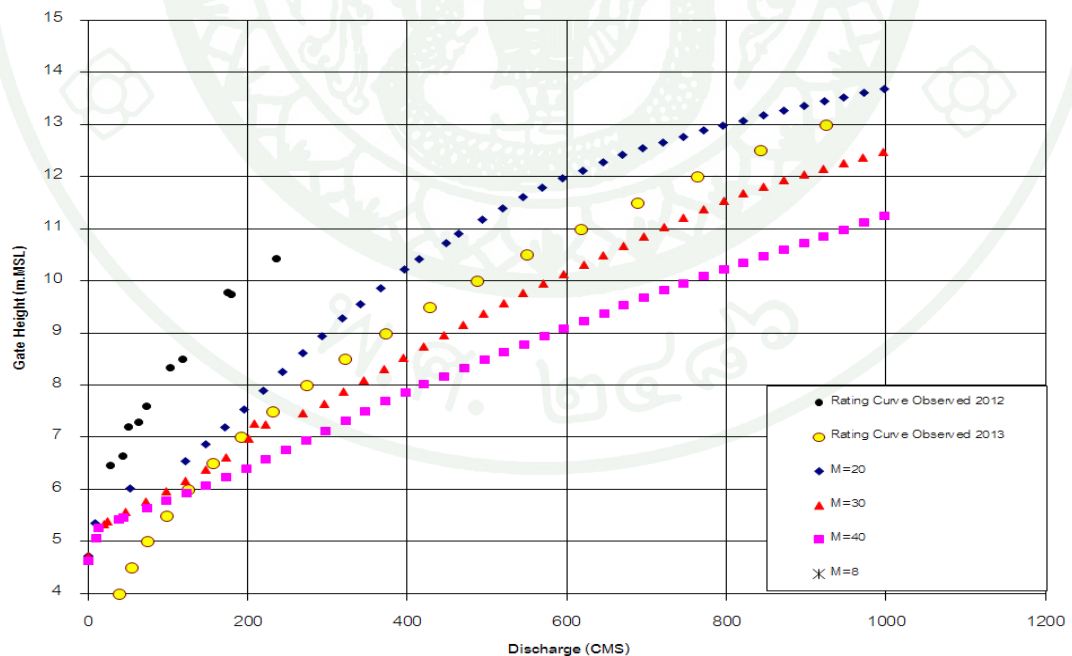
\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า +1.0 ม.รทก.

ภาพที่ 28 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.04

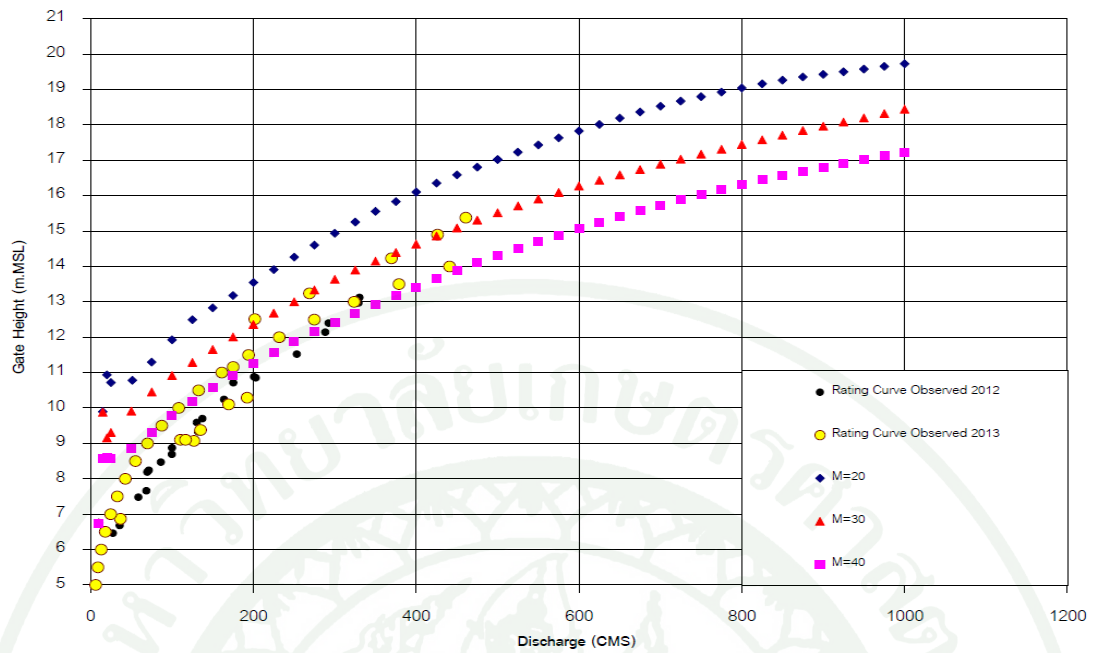


\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า + 1.0 ม.รทก.

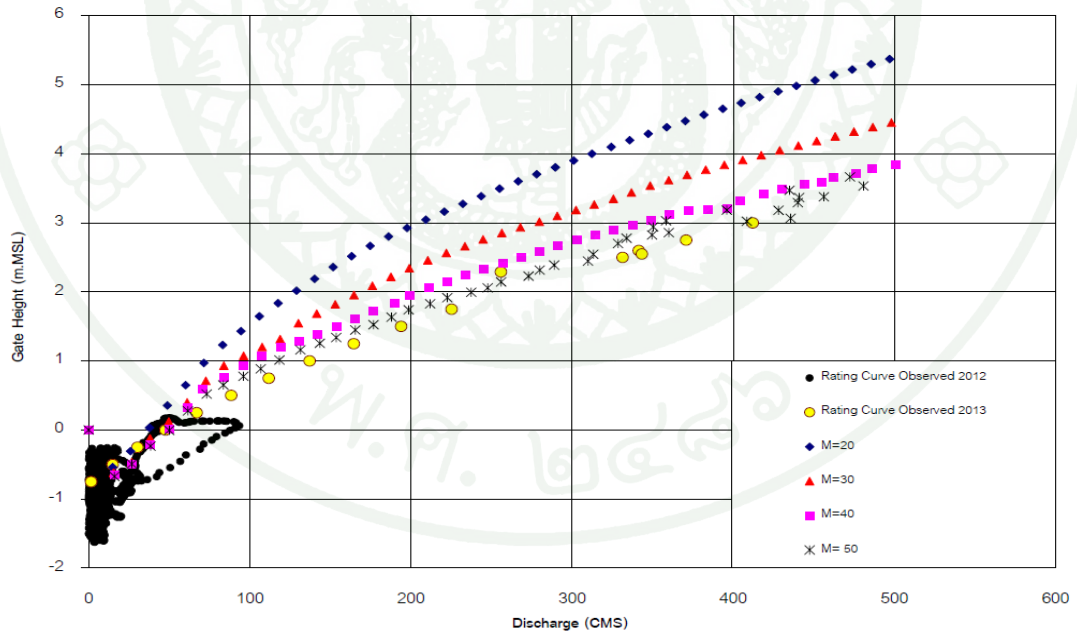
ภาพที่ 29 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.05



ภาพที่ 30 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.06

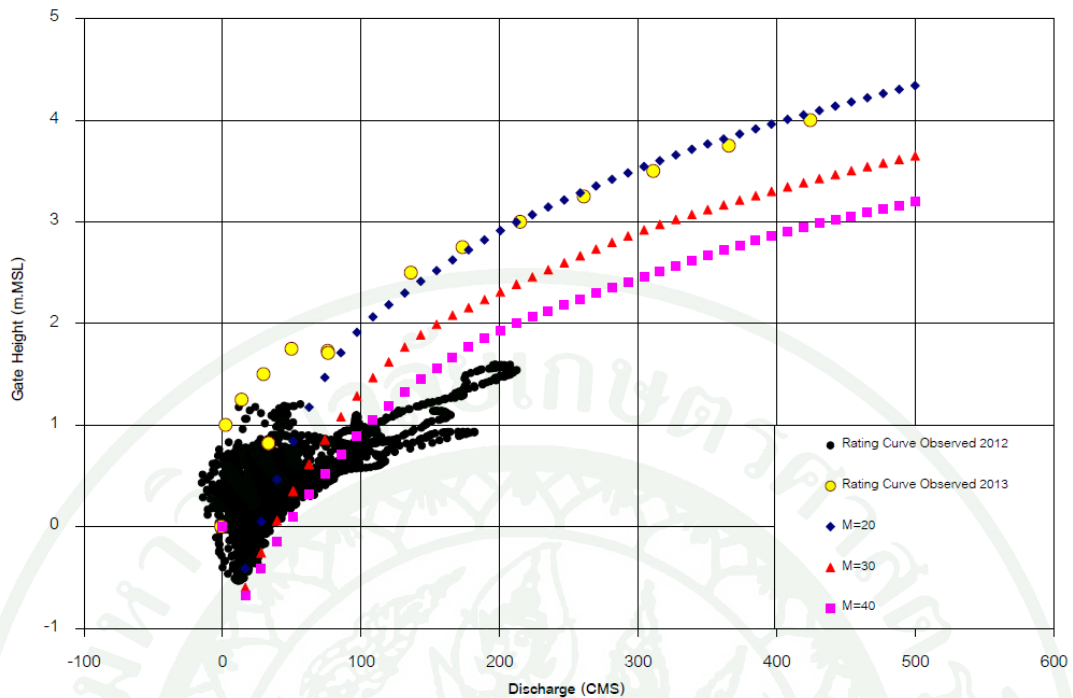


ภาพที่ 31 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.07



\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า + 1.0 ม.รทก.

ภาพที่ 32 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.08



\* สถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงจากทะเลในช่วงระดับที่ต่ำกว่า + 1.0 ม.รทก.

ภาพที่ 33 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- HD โดยใช้ Rating Curves สถานี TTR.10

### 3. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11- NAM/HD

การเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD สำหรับสองเหตุการณ์ได้ช่วงแรกวันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 กับช่วงที่สองวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 จากสถานีโทรมาตร TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการไหล (Discharge) ของสถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 ในช่วงปี พ.ศ. 2556 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM/HD สามารถสรุปออกมาเป็นค่าดัชนีทางสถิติได้ดังในตารางที่ 16 และตารางที่ 17 โดยมีค่าดัชนีทางสถิติทั้งสามตัวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ที่สถานีโทรมาตร TTR.02 ผลค่าสถิติต่ำกว่าสถานีอื่นนั้นเนื่องจากด้านเหนือน้ำของสถานีมีอ่างเก็บน้ำเขาระกำ และสถานีโทรมาตร TTR.08 มีอ่างเก็บน้ำห้วยแรงอยู่ด้านเหนือน้ำของสถานี ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษา

ตารางที่ 17 ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD  
วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556

สถานีโทรมาตร	ค่าดัชนีทางสถิติ		
	r	EI (%)	RMSE (cms)
TTR.01	0.996	99.112	25.184
TTR.02	0.719	36.769	11.197
TTR.03	0.926	35.428	1.449
TTR.04	0.890	67.972	90.933
TTR.05	0.840	63.603	64.780
TTR.06	0.915	78.961	29.937
TTR.07	0.999	99.967	0.828
TTR.08	0.818	10.379	51.452
TTR.10	0.929	25.112	13.072

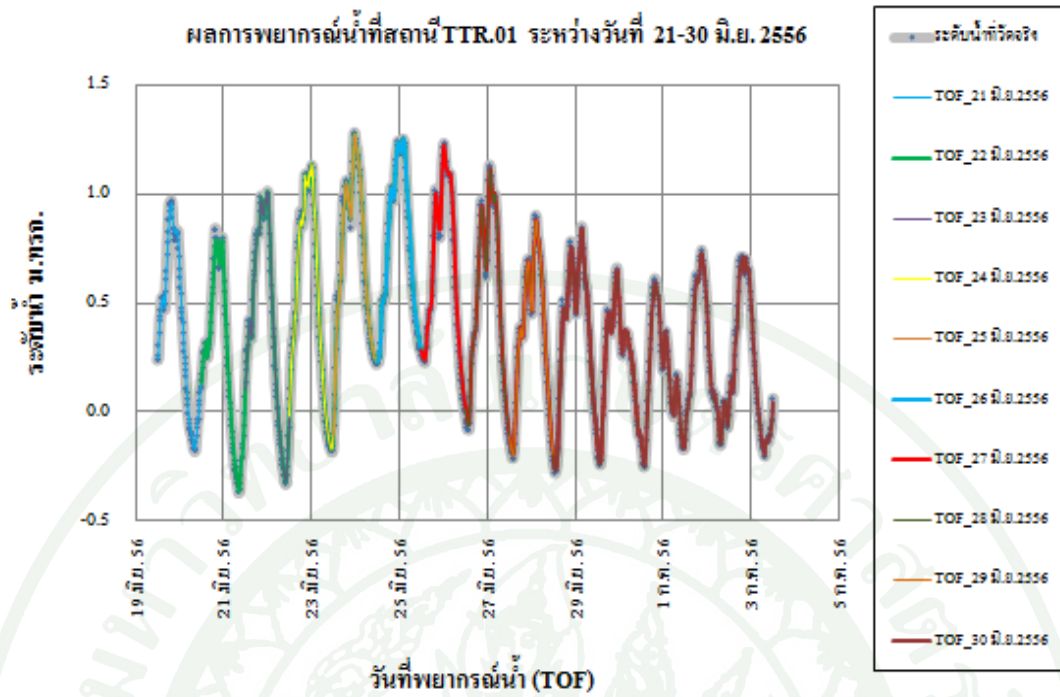
ตารางที่ 18 ค่าทางสถิติที่ได้จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD  
วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556

สถานีโทรมาตร	ค่าดัชนีทางสถิติ		
	r	EI (%)	RMSE (cms)
TTR.01	0.970	84.943	80.249
TTR.02	0.655	15.702	12.115
TTR.03	0.990	88.632	18.245
TTR.04	0.934	53.963	45.039
TTR.05	0.900	68.073	83.693
TTR.06	0.907	72.892	39.174
TTR.07	0.999	99.943	1.132
TTR.08	0.883	73.846	0.641
TTR.10	0.995	98.097	10.696

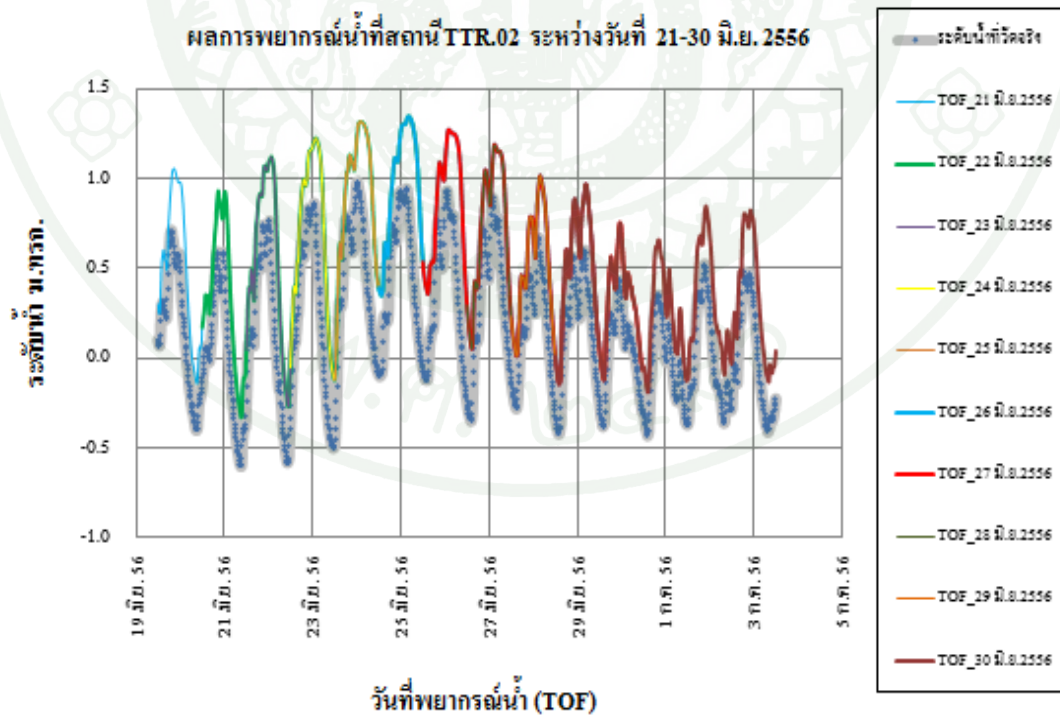
#### 4. ผลการจำลองการพยากรณ์น้ำโดยแบบจำลอง MIKE11- DA

ผลการจำลองการพยากรณ์น้ำโดย MIKE11- DA แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่หนึ่ง ทำการพยากรณ์ตั้งแต่วันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556 และช่วงเวลาที่ 2 ทำการพยากรณ์ตั้งแต่วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม 2556 ได้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้าโดยเริ่มตั้งแต่วันที่แรกจนถึงวันสุดท้ายไปเรื่อยๆทุกวัน ราย 15 นาที และแสดงรายละเอียดในตารางผนวก ข ซึ่งสรุปผลความแม่นยำของผลการพยากรณ์ในรูปของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จริงกับค่าที่แบบจำลองพยากรณ์น้ำล่องหน้าออกไปตั้งแต่ 1 ถึง 3 วัน ในตารางที่ 18 ถึงตารางที่ 19 และแสดงรายละเอียดในตารางผนวก ข และได้แสดงกราฟผลการพยากรณ์น้ำของสถานี TTR.01 TTR.02 TTR.03 TTR.04 TTR.05 TTR.06 TTR.07 TTR.08 และ TTR.10 ไว้ในภาพที่ 33 ถึงภาพที่ 50 ตามลำดับ

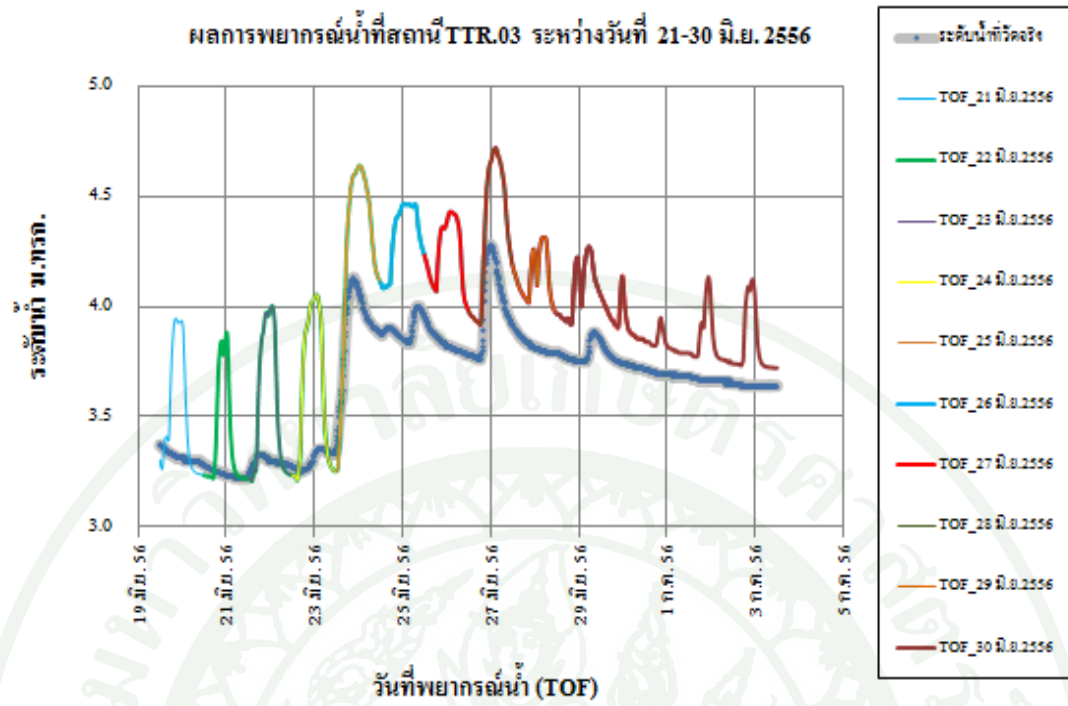
โดยในภาพที่ 33 ถึงภาพที่ 50 เส้นกราฟน้ำเงินคือระดับน้ำที่วัดได้จริง เส้นสีต่างๆแต่ละเส้นจะเป็นวันที่ทำการพยากรณ์น้ำทุกวันต่อเนื่องกัน แสดงให้เห็นว่าเส้นสีที่ทำการพยากรณ์นั้นมีความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำที่วัดได้จริง ไม่มากนัก ส่วนด้านซ้ายของเส้นสีแนวตั้งนั้นจะแสดงถึง Hindcast Period หรือช่วงเวลาย้อนหลัง ส่วนเส้นกราฟด้านขวาของเส้นสีแนวตั้งนั้นก็คือ Forecast Period หรือช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำล่องหน้า และจากตารางที่ 18 สำหรับการพยากรณ์วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556 จะแสดงผลการพยากรณ์น้ำ พบว่า แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์น้ำเป็นที่น่าพอใจในระดับที่ดี โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่องหน้าของสถานีวัดน้ำโทรมาตรทั้งเก้าแห่งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 10.262 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.260 ถึงร้อยละ 28.496 สำหรับผลการพยากรณ์น้ำในช่วงสองวันล่องหน้าจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.361 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.245 ถึงร้อยละ 30.428 และผลการพยากรณ์น้ำในวันที่สามจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.648 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.229 ถึงร้อยละ 34.354 ตามลำดับ และตารางที่ 19 สำหรับการพยากรณ์วันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม ปี พ.ศ. 2556 จะแสดงผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่องหน้าของสถานีวัดน้ำโทรมาตรทั้งเก้าแห่งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 8.195 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.221 ถึงร้อยละ 12.462 สำหรับผลการพยากรณ์น้ำในช่วงสองวันล่องหน้าจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.223 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.217 ถึงร้อยละ 12.411 และผลการพยากรณ์น้ำในวันที่สามจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.480 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.216 ถึงร้อยละ 12.631 ลำดับ



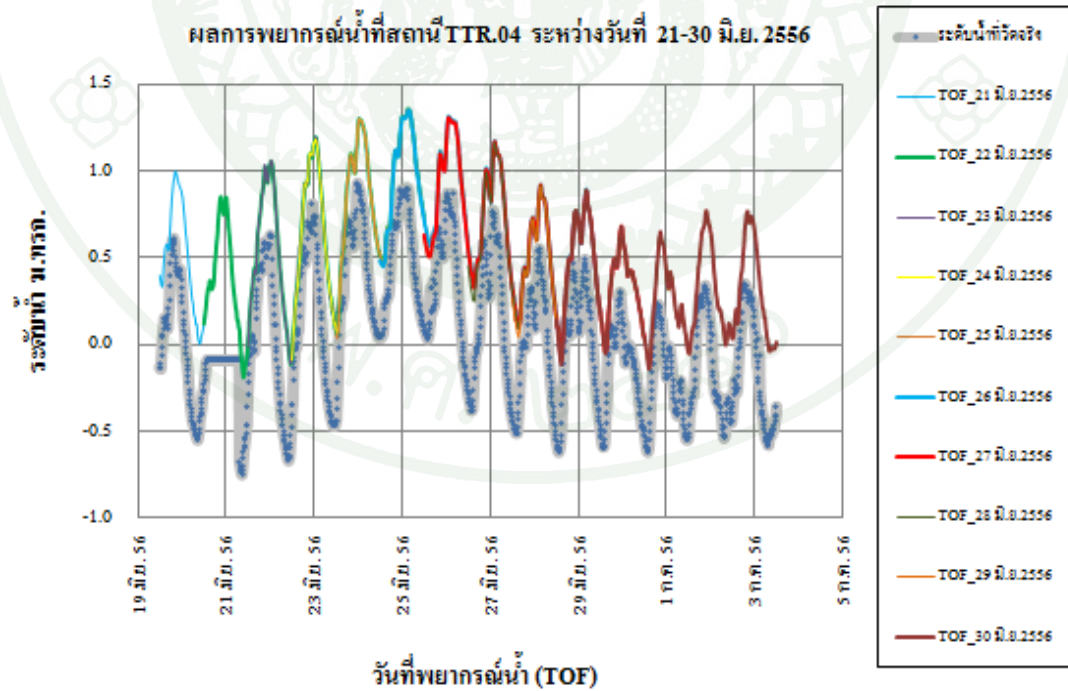
ภาพที่ 34 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.01 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



ภาพที่ 35 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.02 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556

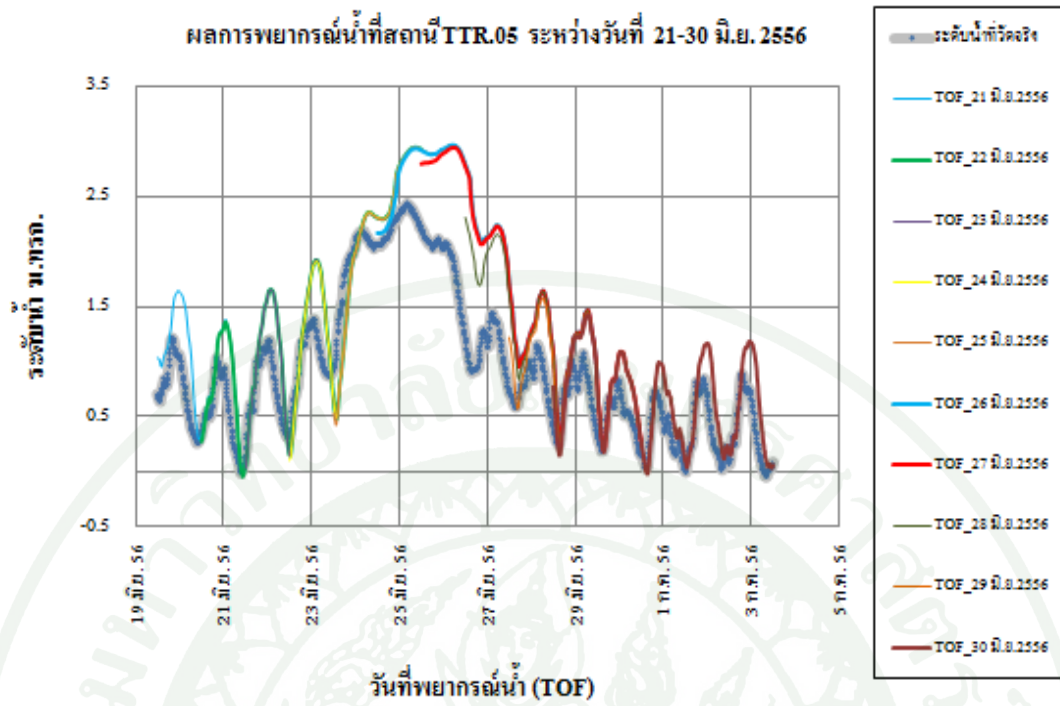


ภาพที่ 36 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.03 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556

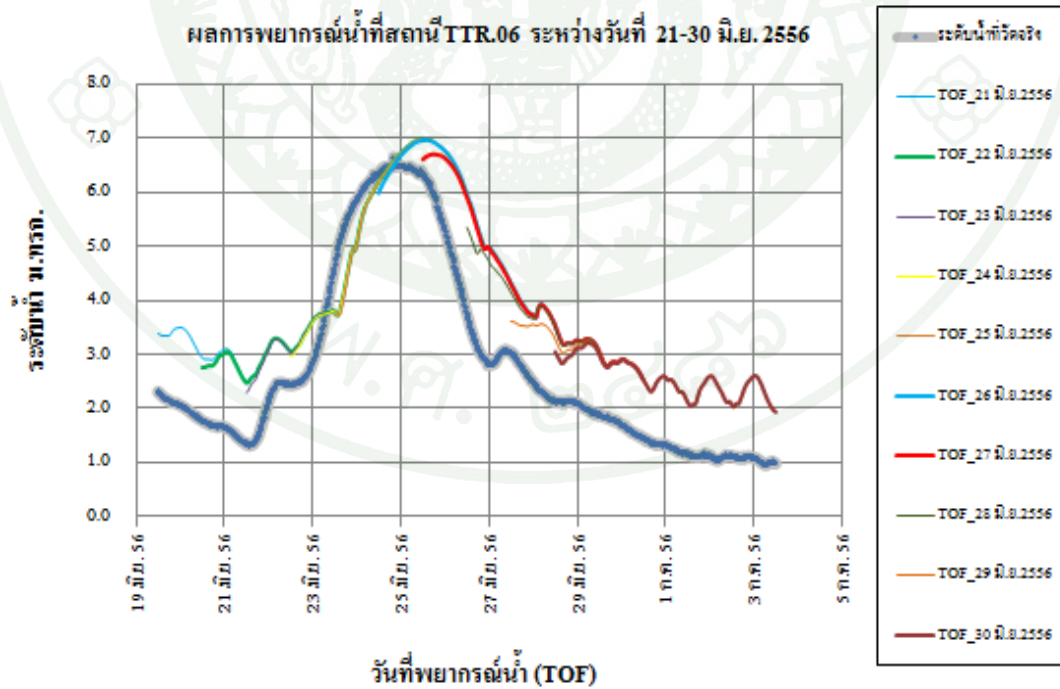


ภาพที่ 37 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.04 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556

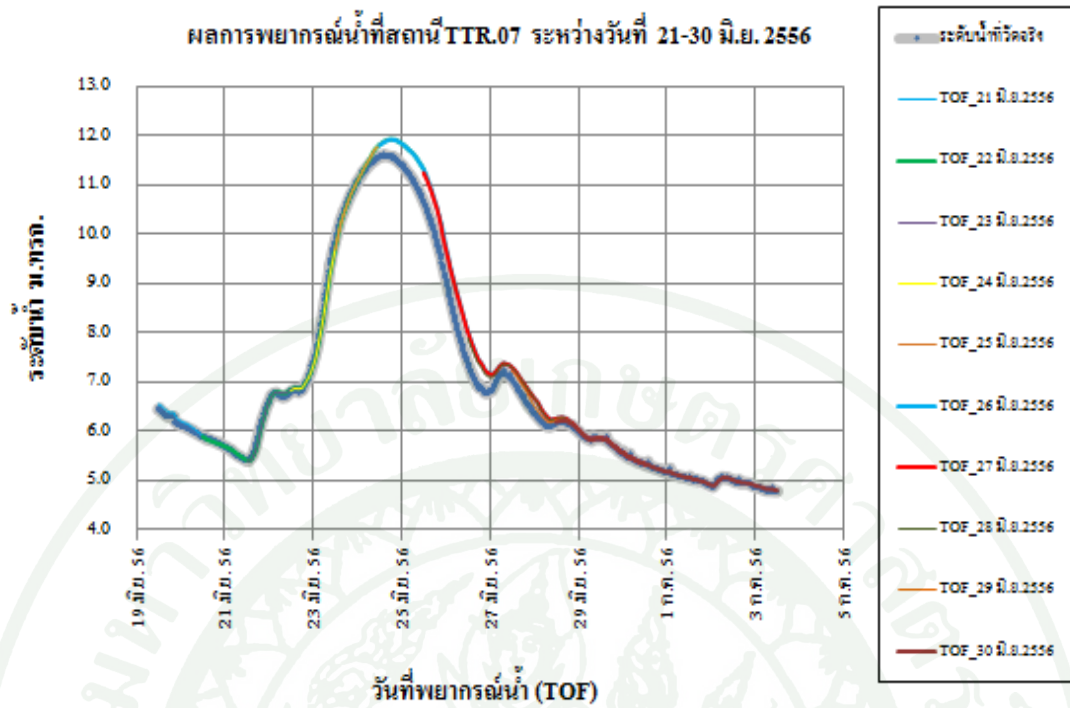




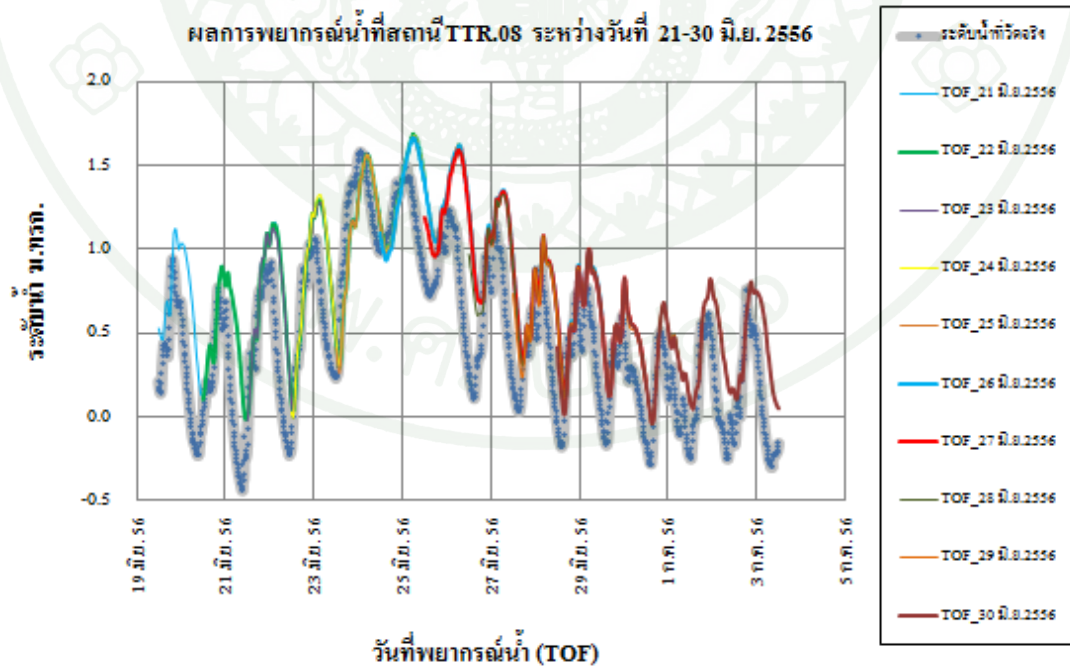
ภาพที่ 38 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.05 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



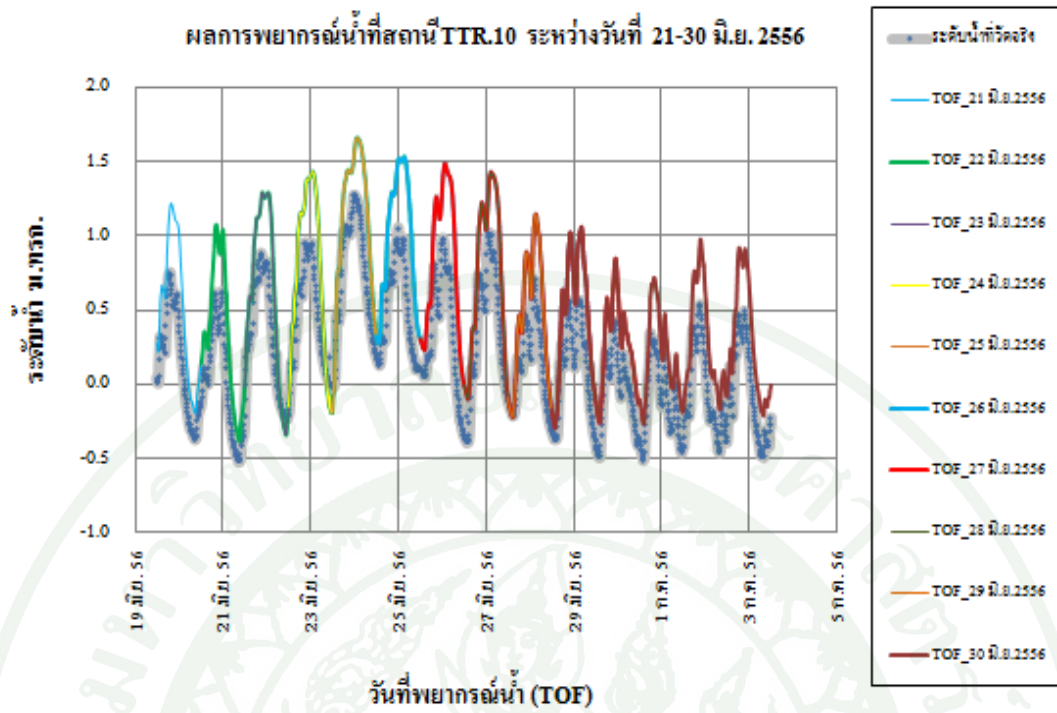
ภาพที่ 39 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.06 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



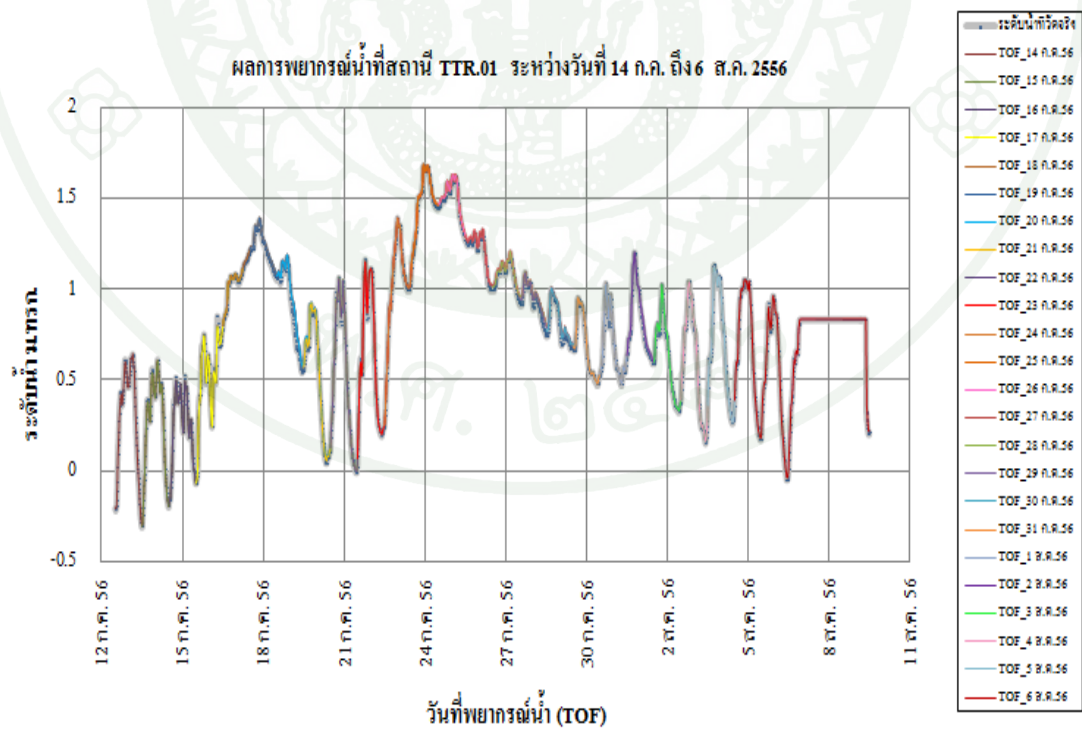
ภาพที่ 40 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.07 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



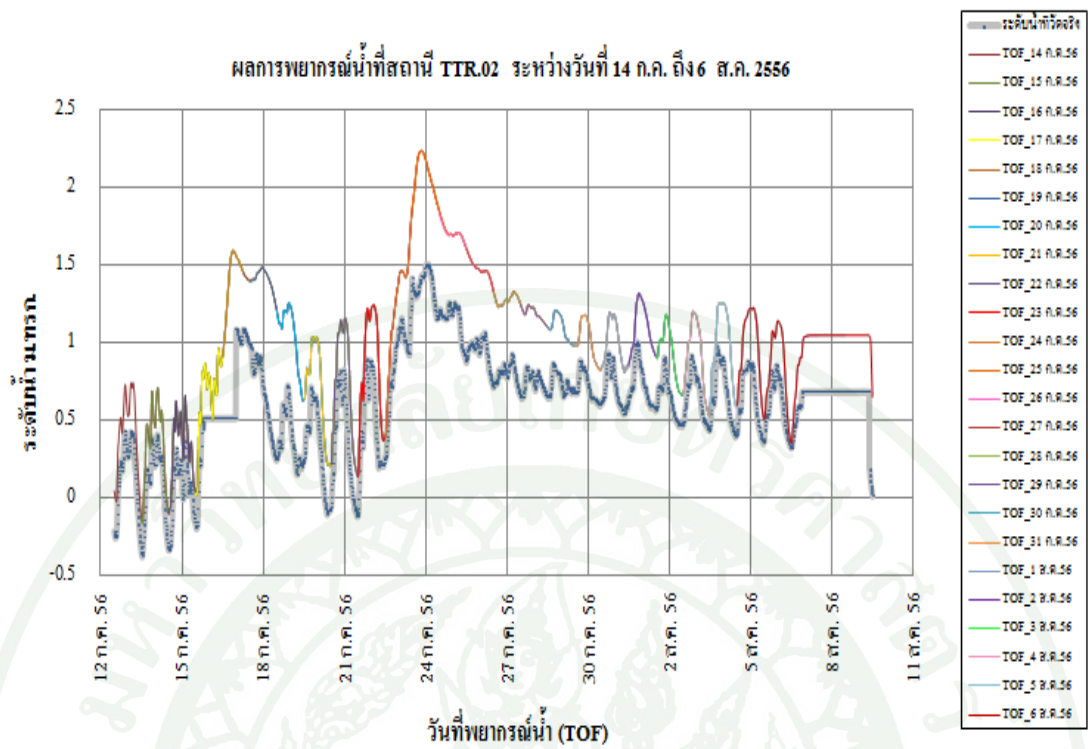
ภาพที่ 41 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.08 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



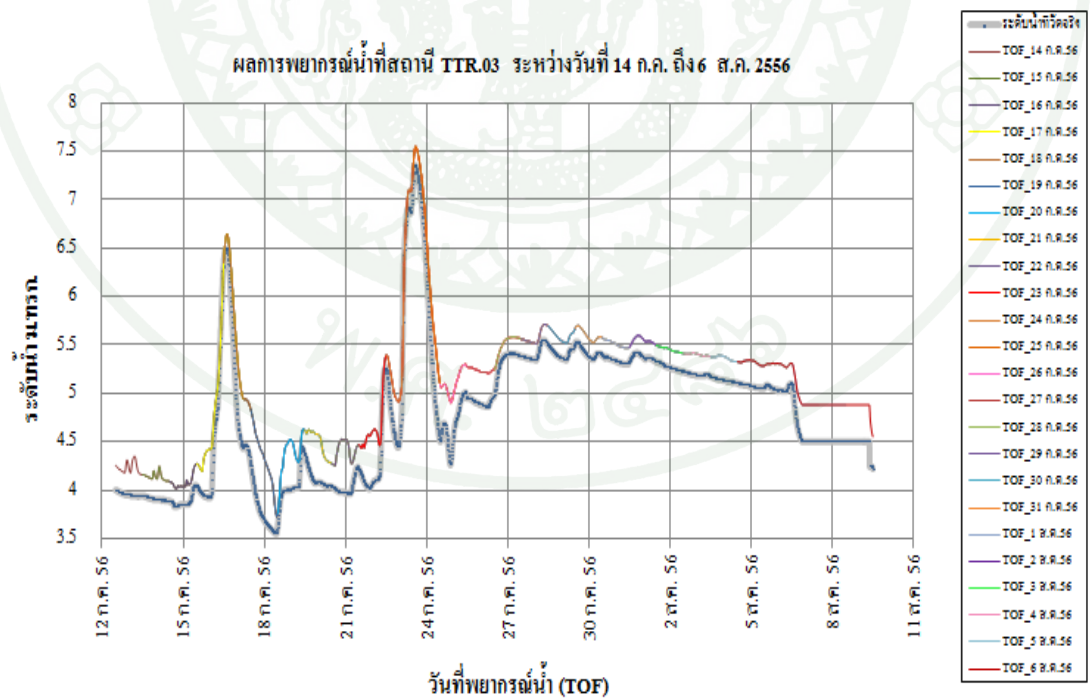
ภาพที่ 42 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.10 ณ TOF ระหว่างวันที่ 21 ถึง 30 มิถุนายน 2556



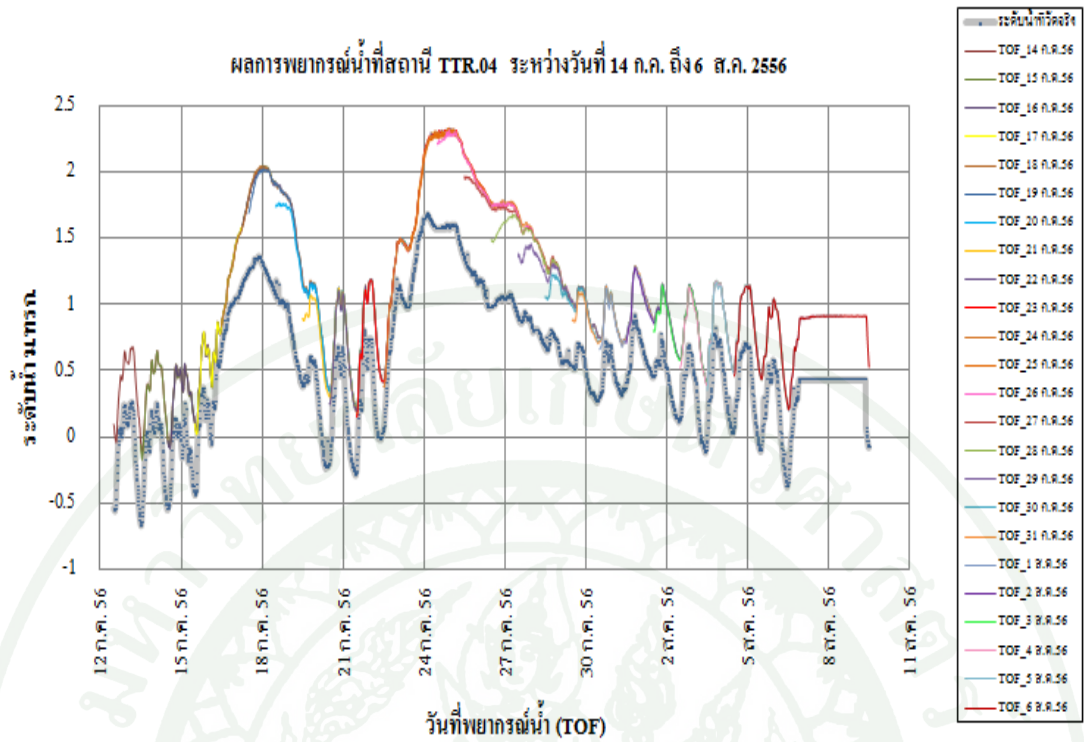
ภาพที่ 43 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.01 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



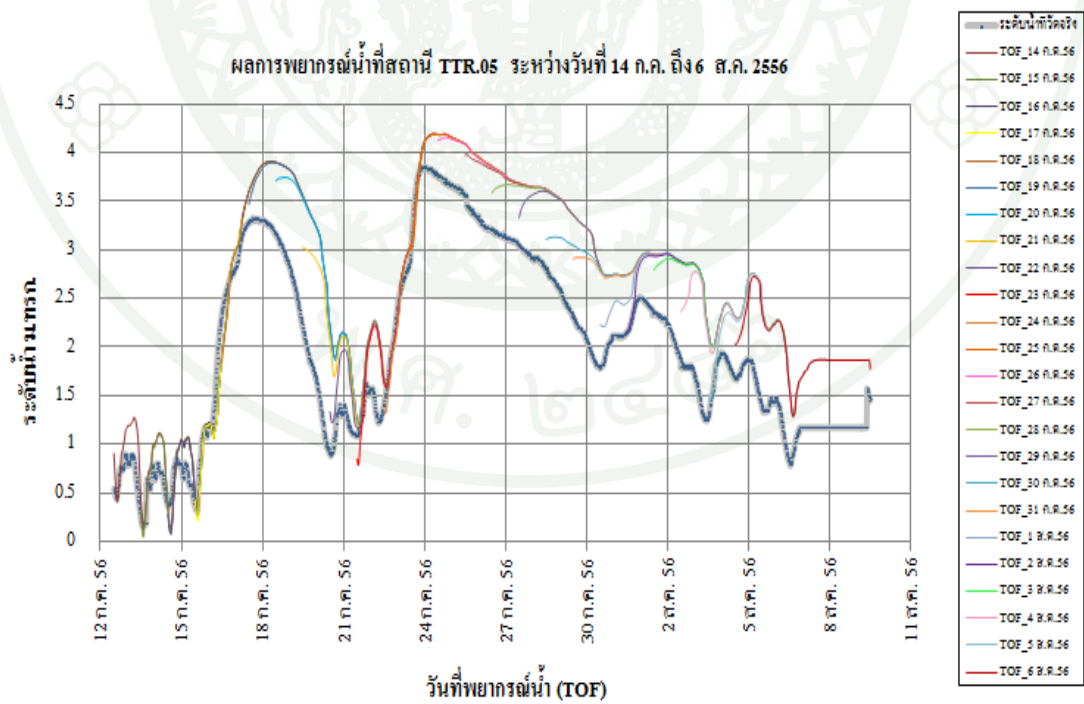
ภาพที่ 44 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.02 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



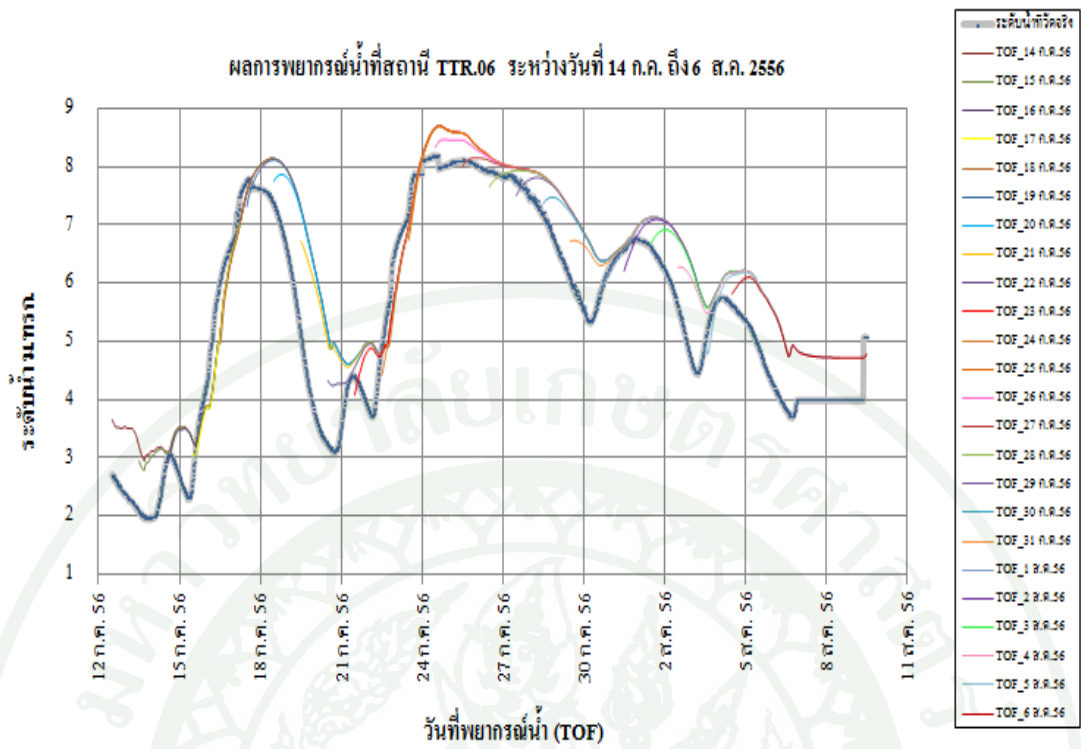
ภาพที่ 45 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.03 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



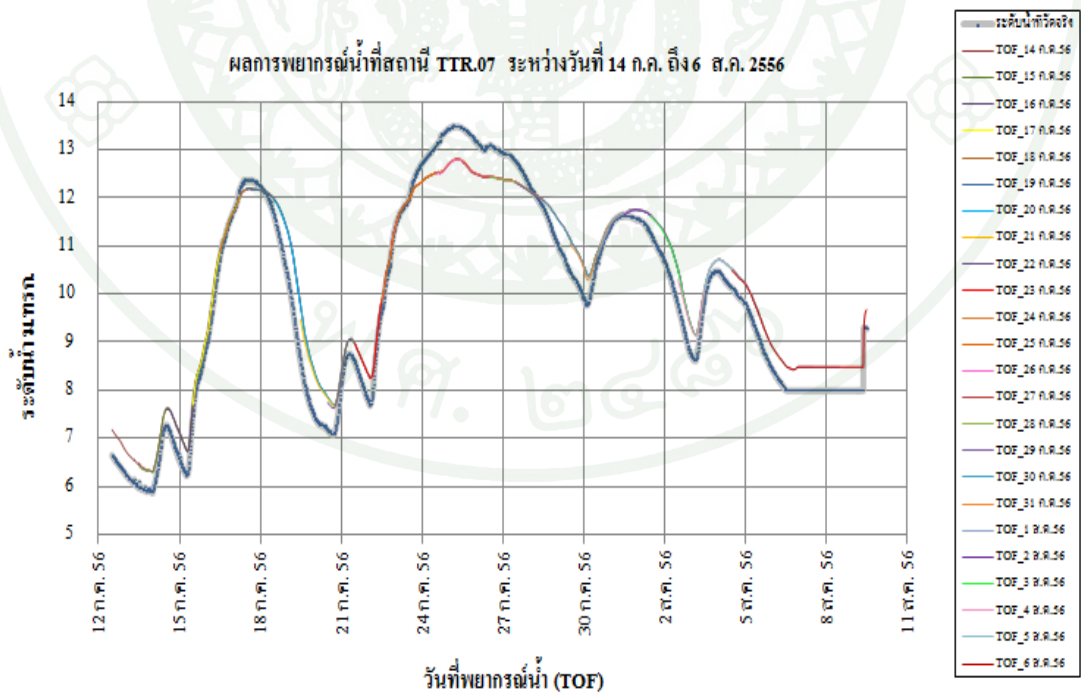
ภาพที่ 46 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.04 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



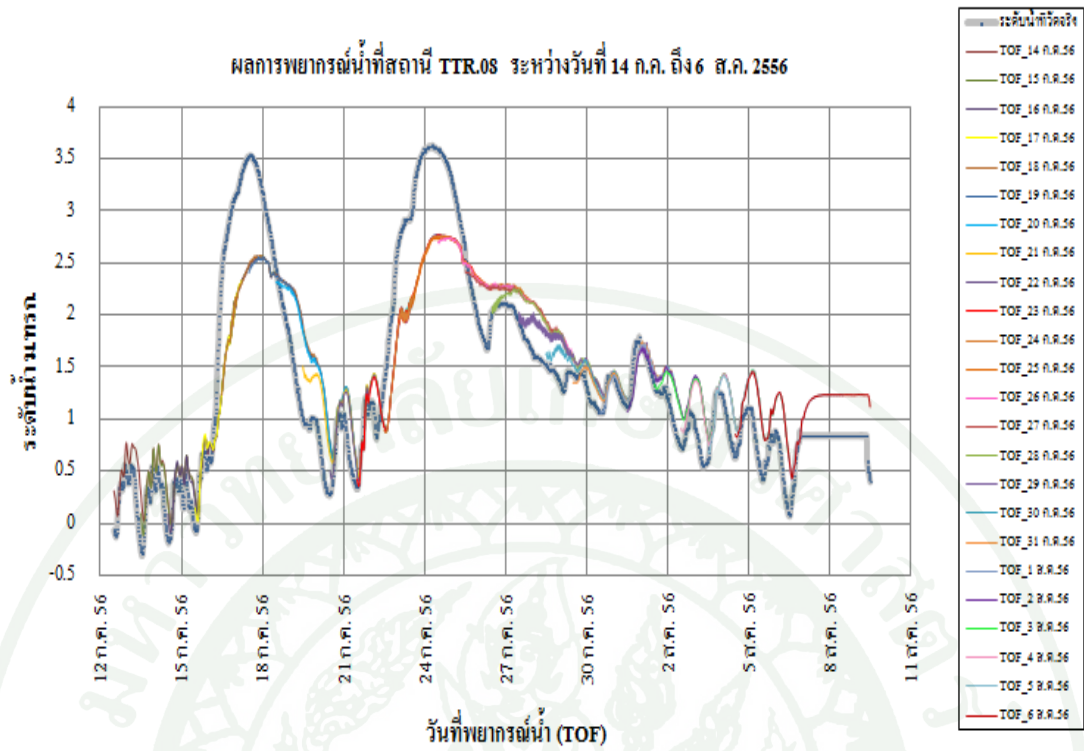
ภาพที่ 47 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.05 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



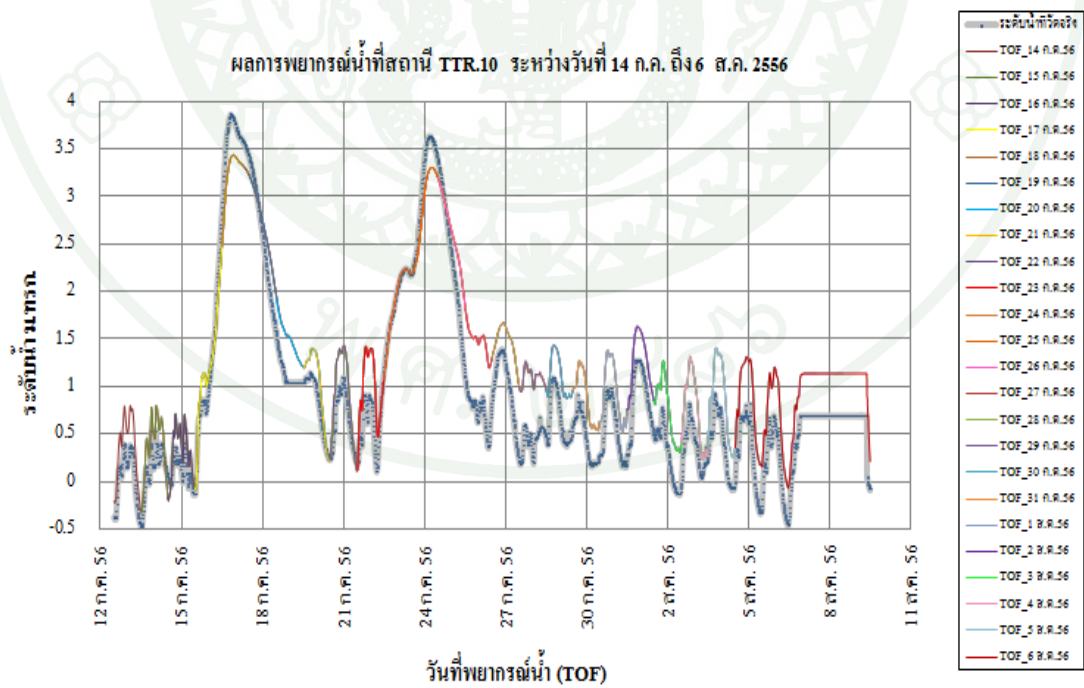
ภาพที่ 48 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.06 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



ภาพที่ 49 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.07 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



ภาพที่ 50 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.08 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556



ภาพที่ 51 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี TTR.10 ณ TOF ระหว่างวันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556

ตารางที่ 19 สรุปผลการพยากรณ์น้ำ ในช่วงวันที่ 21-30 มิถุนายน 2556

รหัสสถานี	ค่าความคลาดเคลื่อน	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
		(%)	(%)	(%)
TTR.01	มากที่สุด	0.338	0.339	0.340
	น้อยที่สุด	0.136	0.136	0.136
	เฉลี่ย	0.260	0.245	0.229
TTR.02	มากที่สุด	17.887	17.887	17.887
	น้อยที่สุด	11.042	11.042	11.042
	เฉลี่ย	14.529	14.240	13.833
TTR.03	มากที่สุด	19.103	19.103	17.798
	น้อยที่สุด	6.238	6.238	6.238
	เฉลี่ย	13.932	13.212	12.184
TTR.04	มากที่สุด	8.058	8.052	8.045
	น้อยที่สุด	5.675	5.655	5.680
	เฉลี่ย	6.988	6.940	6.934
TTR.05	มากที่สุด	19.351	19.388	19.385
	น้อยที่สุด	3.767	3.765	3.767
	เฉลี่ย	8.097	7.973	7.857
TTR.06	มากที่สุด	45.300	50.847	53.514
	น้อยที่สุด	3.746	3.746	3.745
	เฉลี่ย	28.496	30.428	34.354
TTR.07	มากที่สุด	8.707	8.710	8.710
	น้อยที่สุด	0.326	0.308	0.308
	เฉลี่ย	2.896	2.824	2.744
TTR.08	มากที่สุด	6.637	6.620	6.639
	น้อยที่สุด	2.863	2.836	2.887
	เฉลี่ย	4.626	4.540	4.673
TTR.10	มากที่สุด	16.489	16.489	16.489
	น้อยที่สุด	9.881	10.568	10.568
	เฉลี่ย	12.535	12.854	13.026



ตารางที่ 20 สรุปผลการพยากรณ์น้ำ ในช่วงวันที่ 14 กรกฎาคม – 6 สิงหาคม 2556

รหัสสถานี	ค่าความคลาดเคลื่อน	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
		(%)	(%)	(%)
TTR.01	มากที่สุด	0.516	0.523	0.522
	น้อยที่สุด	0.066	0.066	0.066
	เฉลี่ย	0.221	0.218	0.216
TTR.02	มากที่สุด	24.056	24.056	24.056
	น้อยที่สุด	7.731	7.731	7.731
	เฉลี่ย	12.975	13.022	13.262
TTR.03	มากที่สุด	24.627	24.627	24.627
	น้อยที่สุด	4.270	4.270	4.270
	เฉลี่ย	9.364	9.709	10.028
TTR.04	มากที่สุด	11.186	11.274	11.271
	น้อยที่สุด	4.287	4.308	4.274
	เฉลี่ย	6.975	6.958	7.077
TTR.05	มากที่สุด	24.996	25.011	25.007
	น้อยที่สุด	1.434	1.443	1.446
	เฉลี่ย	9.815	10.054	10.350
TTR.06	มากที่สุด	46.124	46.150	46.151
	น้อยที่สุด	2.284	2.383	3.032
	เฉลี่ย	12.463	12.412	12.631
TTR.07	มากที่สุด	14.312	14.319	14.319
	น้อยที่สุด	0.745	0.761	0.762
	เฉลี่ย	5.024	4.977	5.185
TTR.08	มากที่สุด	11.462	11.451	11.504
	น้อยที่สุด	1.012	1.113	1.112
	เฉลี่ย	5.106	5.265	5.422
TTR.10	มากที่สุด	22.753	22.610	22.753
	น้อยที่สุด	0.682	0.682	0.682
	เฉลี่ย	11.818	11.391	12.152

อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนอาจจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อการพยากรณ์น้ำล้นหน้าออกไปหลายวันขึ้น ซึ่งถ้าพิจารณาแปลงค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดไปเป็นค่าความแม่นยำ ยกตัวอย่างเช่น ที่สถานีโทรมาตร TTR.06 (ตารางที่ 18 และตารางที่ 19) ผลการพยากรณ์น้ำล้นหน้าวันที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 34.354 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำได้เป็นร้อยละ 65.646 ของการพยากรณ์วันที่ 21-30 มิถุนายน 2556 และวันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม ปี พ.ศ. 2556 ผลการพยากรณ์น้ำล้นหน้าวันที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 12.631 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำได้เป็นร้อยละ 87.369 เป็นต้น

##### 5. ผลสรุปอัตราการไหลสูงสุดและระยะเวลาการเดินทางของน้ำ

ผลจากการกำหนดให้มีปริมาณฝนตกทั้งลุ่มน้ำที่ปริมาณ 100 200 300 400 และ 500 มิลลิเมตร ระยะเวลาฝนตก 1 วันนั้นได้ทำการสรุปผลอัตราการไหลสูงสุดของแต่ละสถานีโทรมาตรโดยแบ่งออกเป็น 3 ลำน้ำ ได้แก่ แม่น้ำตราด คลองห้วยแร้ง คลองบางพระ ดังแสดงในตารางที่ 21 ถึงตารางที่ 23 และระยะเวลาการเดินทางของน้ำในแม่น้ำตราดเนื่องจากสถานีโทรมาตร TTR.07 เป็นสถานีต้นน้ำของแม่น้ำตราดก่อนไหลลงทะเลที่จุดสถานีโทรมาตร TTR.01 ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 21 สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำตราด

ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อัตราการไหลสูงสุดที่สถานีโทรมาตร (ลบ.ม./วินาที)				
	TTR.07	TTR.06	TTR.05	TTR.04	TTR.01
	ความจุ 216.23	ความจุ 426.85	ความจุ 1568.04	ความจุ 291.03	ความจุ 321.26
100	20.77	3.73	3.09	4.71	2.46
200	67.27	12.52	9.87	14.44	7.21
300	188.33	37.02	28.74	42.65	20.46
400	394.32	74.85	57.88	88.49	40.91
500	671.25	122.80	94.81	149.46	66.83

ตารางที่ 22 สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในคลองห้วยแร้ง

ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อัตราการไหลสูงสุดที่ (ลบ.ม./วินาที)	
	TTR.08	TTR.04
	ความจุ 22.51	ความจุ 291.03
100	12.12	4.71
200	42.51	14.44
300	106.72	42.65
400	195.76	88.49
500	303.11	149.46

ตารางที่ 23 สรุปผลอัตราการไหลสูงสุดในคลองบางพระ

ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อัตราการไหลสูงสุดที่ (ลบ.ม./วินาที)	
	TTR.03	TTR.02
	ความจุ 8.62	ความจุ 40.27
100	2.87	2.00
200	8.93	5.34
300	25.82	14.61
400	51.89	28.93
500	91.541	50.698

ตารางที่ 24 ระยะเวลาการเดินทางของน้ำในแม่น้ำตราด

ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อัตราการไหลสูงสุด ที่ TTR.07 (ลบ.ม./วินาที)	ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ (ชั่วโมง)					ระยะเวลารวม
		ระยะเวลาการเกิด ปริมาณน้ำสูงสุด ที่สถานี TTR.07	จากTTR.07 ไป TTR.06	จากTTR.06 ไป TTR.05	จากTTR.05 ไป TTR.04	จากTTR.04 ไป TTR.01	
ความจุ 216.23 (ลบ.ม./วินาที)		ระยะทาง 12.52 กม.	ระยะทาง 18.13 กม.	ระยะทาง 15.06 กม.	ระยะทาง 2.35 กม.	ระยะทาง 48.06 กม.	
100	20.77	38:00	16:45	0:15	8:30	8:45	34:15
200	67.27	37:00	16:00	0:15	7:45	8:00	32:00
300	188.33	16:45	10:00	0:07	6:30	6:30	23:07
400	394.32	11:30	7:30	0:04	4:45	4:45	17:04
500	671.25	7:00	5:30	0:02	3:45	3:45	13:02

## วิจารณ์ผล

1. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า MIKE11-NAM มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง แต่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี จากการใช้ค่าทางสถิติมาช่วยในการตัดสินใจของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนมีสาเหตุมาจาก ข้อจำกัดด้านข้อมูลด้านเข้า คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้นั้นเป็นข้อมูลรายวัน และในบางสถานีมีข้อมูลไม่ครบถ้วน และตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำมีค่อนข้างน้อย

2. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ หรือ MIKE11-HD พบว่า โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลกับระดับน้ำ (Rating Curves) ของสถานีโทรมาตร ที่นำมาใช้นั้น ช่วงของข้อมูลในช่วงที่ยังไม่ครอบคลุมถึงช่วงที่มีอัตราการไหลสูงๆ และในบางสถานีก็มีข้อมูลที่น้อยเกินไป และสถานีโทรมาตรที่ตั้งอยู่ใกล้กับทะเลหรือได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลง จึงทำให้มีปัญหาหน้าเทอ (back water) ซึ่งอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไป และปรับได้ยากกว่าสถานีอื่น

3. ผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11-NAM และแบบจำลอง MIKE11-HD ได้ผลการเปรียบเทียบที่ไม่ดี จะทำให้ผลของการพยากรณ์น้ำจากแบบจำลอง MIKE11-DA ไม่ดีไปด้วย แต่ถ้าผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11-NAM และแบบจำลอง MIKE11-HD ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองดี ไม่ได้หมายความว่าผลของการพยากรณ์น้ำจากแบบจำลอง MIKE11-DA จะดีเสมอไป

4. ผลของการพยากรณ์น้ำจากแบบจำลอง MIKE11-DA ในช่วงขาลงของกราฟนั้น จะมีความแม่นยำมากกว่าผลของการพยากรณ์ในช่วงขาขึ้นเนื่องจากในช่วงขาลงนั้นค่าระดับน้ำในแม่น้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ต้นน้ำเพียงอย่างเดียว ไม่ขึ้นกับปริมาณฝนที่ตกในช่วงการพยากรณ์น้ำ

5. ผลการพยากรณ์น้ำจากแบบจำลอง MIKE11 - DA สำหรับสถานีโทรมาตรที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากนั้น อาจมีผลมาจากการที่สถานีโทรมาตรตั้งอยู่ใกล้กับอาคารชลศาสตร์หรือเป็นจุดที่มีลำน้ำอื่นไหลมารวมทำให้ค่าที่พยากรณ์ระดับน้ำออกมาล่วงหน้า จึงค่อนข้างทำให้มีความแม่นยำให้การพยากรณ์ลดน้อยลงได้ เนื่องจากน้ำเทอ

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

พื้นที่ลุ่มน้ำตราด เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่เกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากซึ่งมีปริมาณฝนตกมากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศ และเป็นช่วงที่เกิดน้ำทะเลหนุนในช่วงเดือนตุลาคมก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย การศึกษารั้งนี้ได้มีการเลือกเหตุการณ์ที่มีปริมาณน้ำสูงสองช่วงเวลาในปี พ.ศ. 2556 มาใช้ในการทดลองกับแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ โดยที่ผลของการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองการพยากรณ์น้ำนั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อย และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์เป็นกราฟของระดับน้ำที่ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีโทรมาตรทั้งเก้าแห่งในลุ่มน้ำตราดซึ่งได้แก่ สถานี TTR.01 สถานี TTR.02 สถานี TTR.03 สถานี TTR.04 สถานี TTR.05 สถานี TTR.06 สถานี TTR.07 สถานี TTR.08 และ สถานี TTR.10 ซึ่งพิจารณาสองช่วงเหตุการณ์ที่เกิดปริมาณน้ำสูงๆ โดยสามารถสรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำต่อเนื่องทุกวัน ราย 15 นาที ในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า, ในช่วงสองวันล่วงหน้า และในช่วงสามวันล่วงหน้า ได้ว่ามีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 89.738, 89.638 และ 89.352 ตามลำดับของช่วงเหตุการณ์วันที่ 21 มิถุนายน ถึง 30 มิถุนายน และช่วงเหตุการณ์ที่สองวันที่ 14 กรกฎาคม ถึง 6 สิงหาคม ปี พ.ศ.2556 ได้มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 91.804, 91.777, 91.519 ตามลำดับ

ดังนั้นแบบจำลอง DA สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบโทรมาตรที่ดำเนินการติดตั้งไว้แล้วได้กับลุ่มน้ำตราดได้เป็นอย่างดี เพื่อช่วยแจ้งเตือนภัยให้กับประชาชนและหน่วยงานในพื้นที่ได้ทราบถึงแนวโน้มและสามารถคาดการณ์ระดับน้ำล่วงหน้าได้ และสามารถบริหารจัดการน้ำได้ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียเนื่องจากอุทกภัยลงได้

### ข้อเสนอแนะ

แบบจำลอง MIKE11- HD ถ้ามีรูปตัดลำนํ้าที่ครบถ้วนและถูกต้องจะทำให้ได้ค่าโค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลกับระดับนํ้า (Rating Curves) ที่ดีมากยิ่งขึ้นด้วย

แบบจำลอง MIKE11- DA จะให้ผลการพยากรณ์ระดับนํ้าล่วงหน้าได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ แต่จากการศึกษาครั้งนี้ได้ข้อสังเกตว่า การเลือกใช้ข้อมูลการตรวจวัดที่จะนำมาใช้ update นั้น หากเลือกใช้ข้อมูลปริมาณการไหล แบบจำลองดังกล่าวมักจะไม่สามารถคำนวณค่าปริมาณการไหลได้แม่นยำเมื่อเทียบกับผลการพยากรณ์อื่นที่นำค่าระดับนํ้ามาใช้ update

แบบจำลอง MIKE11- DA ในการเลือกใช้วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมีด้วยกันสองวิธี นั้น ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Weighting function เพราะจะมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่จุดที่มีการวัดค่าได้และเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน

ชุดของแบบจำลอง MIKE11- NAM/HD/DA ก็นับว่าเป็นแบบจำลองระบบลุ่มนํ้า (River Basin Modelling) และการพยากรณ์นํ้า (Flood Forecasting) ที่มีการแสดงผลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและสามารถแสดงผลทั้งในกราฟ และตาราง รวมทั้งมีความเหมาะสมที่จะนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้งานจริงกับระบบโทรมาตร เพื่อช่วยในการการบริหารจัดการนํ้าท่วมได้ รวมถึงการแจ้งเตือนให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยให้เตรียมพร้อมรับมือได้ทันเวลา อีกทั้งยังสามารถพัฒนาและนำไปใช้ในลุ่มนํ้าอื่นๆต่อไปได้อีกด้วย



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบ  
โทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำตราด จังหวัดตราด.  
โรงพิมพ์กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

กานดา คงธรรม. 2545. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชวงศักดิ์ ฤทธิรอด. 2547. การศึกษาสภาพน้ำท่วมและมาตรการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะโคง  
โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2545. เอกสารประกอบวิชาการจำลองสถานะการเกิดน้ำท่วม. ภาควิชา  
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์รัตน์ อ่อนละมุน. 2556. การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำสงครามโดยการประยุกต์  
ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพรัตน์ วีรุตมเสน. 2536. การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำสวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพิน จันดา. 2541. การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิษุวัตต์ แต่สมบัติ. 2546. การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดของลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา  
และลุ่มน้ำคลองชุมพร โดยแบบจำลองทางอุทกวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรารุช วุฒิวณิชย์. 2553. การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโดยใช้ **Nash-Sutcliffe Efficiency และ  $R^2$** . ชลกร “วันชูชาติ” ฉบับวันที่ 4 มกราคม 2553.

วิษุวัตม์ และ กิตติพงษ์ ทองเชื้อ. 2554. การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ **MIKE11-Data Assimilation** เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยมหิดล 18 - 20 พฤษภาคม 2554.

วีระพล แต่สมบัติ. 2531. **อุทกวิทยาประยุกต์**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2533. **หลักอุทกวิทยา**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

ศิริกัญญา แสงสว่าง. 2547. การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองทางอุทกวิทยาในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภชัย ไปถูก. 2548. การใช้แบบจำลอง **MIKE 11** ในการกำหนดประเภทแหล่งน้ำของแม่น้ำระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัศราวุฒิ อินทรพานิชย์. 2544. การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมเนื่องจากสร้างอาคารบังคับน้ำบนลำน้ำท่าตอนบน จังหวัดนครพนม โดยใช้แบบจำลอง **MIKE11**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

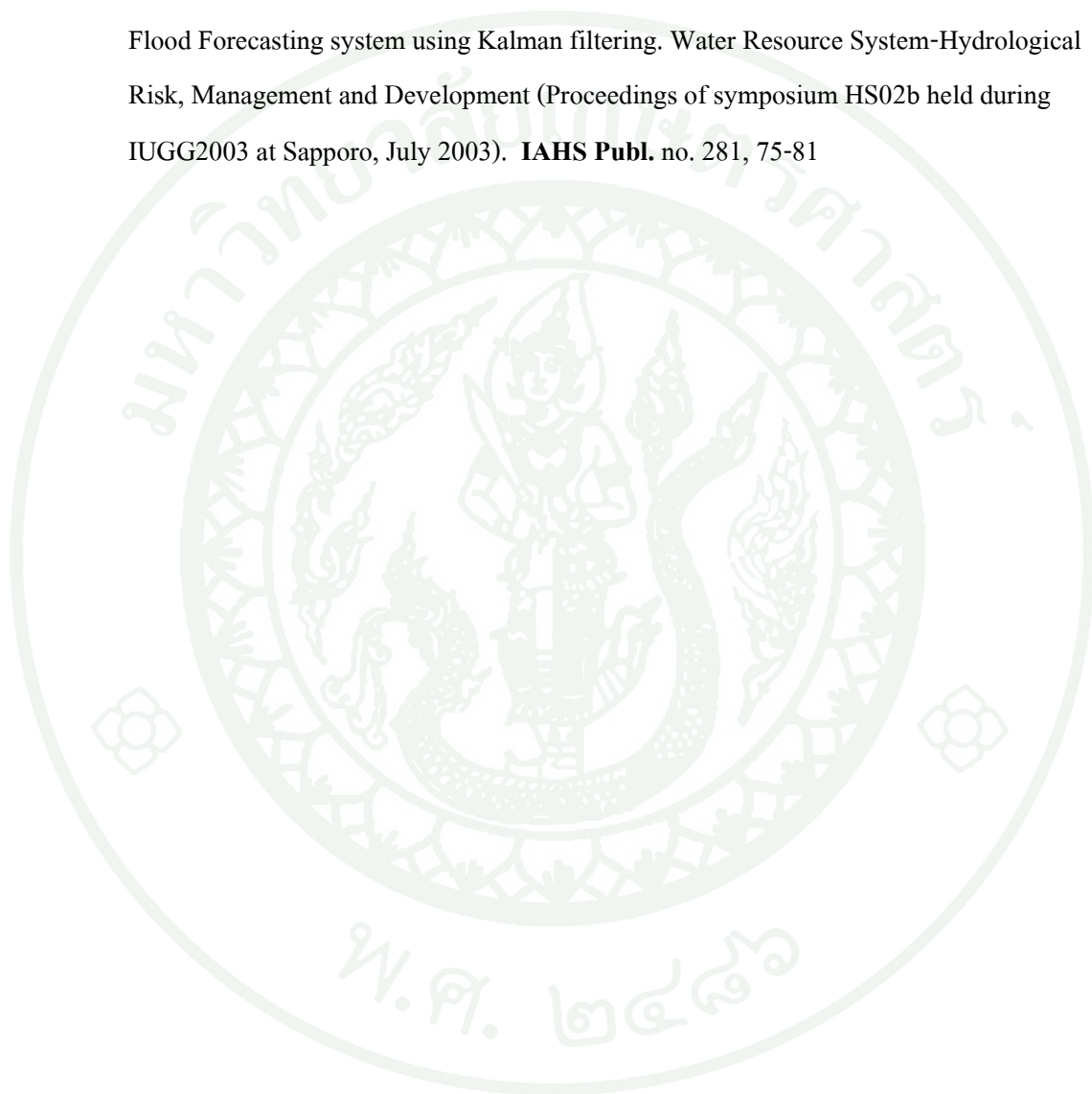
เอกสิทธิ์ โฉมสิตสกุลชัย. ม.ป.ป. **อุทกวิทยา 1**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

DHI Water Environment and Health. 2007. **MIKE11-A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual**. DHI, Denmark.

Evans, J.M. n.d. **The Water Cycle**. U.S. Geological Survey. Available Source: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>, March 20, 2012.

Madsen, H. and C. Skotner. 2004. Adaptive state updating in real-time river flow forecasting a combined filtering and error forecasting procedure. **Journal of Hydrology** 308: 302-312

Madsen, H., D.Rosbjerg., J.Damgard. and F.S. Hansen. 2003. Data assimilation in the MIKE11 Flood Forecasting system using Kalman filtering. Water Resource System-Hydrological Risk, Management and Development (Proceedings of symposium HS02b held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). **IAHS Publ.** no. 281, 75-81





ภาคผนวก



ตารางผนวกที่ ก1 สถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	รหัส	ที่ตั้ง	อำเภอ	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	พิกัด	
						UTM_E	UTM_N
1	06013	สตอ.เมืองจันทบุรี	เมืองจันทบุรี	จันทบุรี	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	835660	1380859
2	06022	ที่ว่าการอำเภอมะขาม	มะขาม	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	847470	1402904
3	06052	ที่ว่าการอำเภอขลุง	ขลุง	จันทบุรี	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	850486	1378643
4	06072	สภษ. พลับ	แหลมสิงห์	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	844199	1385644
5	06121	บ้านโป่งร้อน	มะขาม	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	853831	1415997
6	66012	ที่ว่าการอำเภอเมืองตราด	เมืองตราด	ตราด	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	882903	1355325
7	66022	ที่ว่าการอำเภอเมืองเขาสมิง	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำตราด	874029	1367739
8	66071	บ้านศรีบัวทอง	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำตราด	878424	1381389
9	66082	ที่ว่าการอำเภอบ่อไร่	บ่อไร่	ตราด	แม่น้ำตราด	884378	1391970
10	66094	แขวงกรทางตราด	เมืองตราด	ตราด	แม่น้ำตราด	886264	1356632

ตารางผนวกที่ ก2 รายละเอียดของตำแหน่งและสถานีวัดน้ำทำในลุ่มน้ำตราด

ลำดับที่	รหัสสถานี	ที่ตั้ง	จังหวัด	ลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ		พิกัด
					(ตร.กม)	UTM_X	
1	TL.4	บ้านคลองตากง	จันทบุรี	โตนเลสาปตอนล่าง	96	860964	1430198
2	Z.10	บ้านศรีบังทอง	ตราด	แม่น้ำตราด	920	878424	1381389
3	Z.14	บ้านฉม้น	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	245	848627	1410438
4	Z.21	บ้านโป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	แม่น้ำจันทบุรี	66	853497	1416150
5	Z.30	บ้านหนองบัว	ตราด	แม่น้ำตราด	312	874861	1388500
6	Z.45	บ้านคอแล	ตราด	แม่น้ำตราด	63	876017	1397982
7	Z.46	บ้านนนทรีย์	ตราด	แม่น้ำตราด	86	889559	1386514
8	Z.47	บ้านคลองขวาง	ตราด	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	27	896384	1365993
9	Z.52	บ้านสี่เสียด	จันทบุรี	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	93	859691	1397603

ตารางผนวกที่ ก3 รายละเอียดของสถานีโทรมาตรที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ที่ตั้ง	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลำน้ำ	พิกัด	
							UTM_E	UTM_N
1	TTR.01	โครงการชลประทานป้องกันน้ำเค็มทุ่งวังกระเจาะ	วังกระเจาะ	เมือง	ตราด	แม่น้ำตราด	233858	1351368
2	TTR.02	โครงการชลประทานตราด	หนองเสม็ด	เมือง	ตราด	คลองบางพระ	228733	1354713
3	TTR.03	บ้านปากคลอง	วังกระเจาะ	เมือง	ตราด	คลองไม้ซี้	224208	1356658
4	TTR.04	บ้านไร่เนา	เนินทราย	เมือง	ตราด	แม่น้ำตราด	230804	1359621
5	TTR.05	ประตูระบายน้ำเขาสมิง	ทุ่งนรินทร์	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำเขาสมิง	223183	1366436
6	TTR.06	วัดเทพนิมิต	เทพนิมิต	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำเขาสมิง	220982	1375893
7	TTR.07	บ้านศรีบัวทอง	สะตอ	เขาสมิง	ตราด	แม่น้ำเขาสมิง	225875	1380591
8	TTR.08	วัดคลองขุด บ้านคลองขุด	ห้วยแร้ง	เมือง	ตราด	คลองห้วยแร้ง	233504	1367633
9	TTR.09	อ่างเก็บน้ำห้วยแร้ง บ้านทับมะกอก	ด่านชุมพล	บ่อไร่	ตราด	คลองห้วยแร้ง	247105	1372526
10	TTR.10	วัดวรมุขิตถาราม	ท่ากุ่ม	เมือง	ตราด	คลองจันจิ	240622	1358886



ตารางผนวกที่ ก4 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ปี 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.01 และสถานี TTR.02

ลำดับที่	สถานี TTR.01		สถานี TTR.02	
	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
1	0.03	97.13	0	1
2	0.07	163.7	1.32	28.85
3	0.15	226.9	1.86	45.73
4	0.33	341.17	2.09	71.23
5	0.49	442.13	2.26	94.38
6	0.62	528.18	2.4	117.37
7	0.7	574.92	2.53	140.22
8	0.83	659.25	2.63	163.99
9	0.94	725.84	2.71	187.13
10	1.02	775.31	2.78	210.25
11	1.16	861.67	2.86	233.45
12	1.35	975.83	2.92	256.53
13	1.42	1022.13	2.99	279.56
14	1.48	1064.11	3.06	302.69
15	1.54	1100.27	3.12	325.73
16	1.65	1172.33	3.18	348.8
17	1.7	1213.19	3.24	371.84
18	1.79	1280.01	3.3	394.85
19	1.84	1323.59	3.35	417.88
20	1.93	1389.36	3.4	441.02
21	2.02	1469.93	3.45	464.07

ตารางผนวกที่ ก5 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ปี 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.03 และสถานี TTR.04

ลำดับที่	สถานี TTR.03		สถานี TTR.04	
	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
1	2	0	-1	-211.29
2	3.5	3.4	0	0
3	5.58	16.48	0.25	77.63
4	6.13	27.97	0.5	165.17
5	6.47	39.47	0.75	262.64
6	6.88	62.51	1	370.03
7	7.11	85.53	1.25	487.33
8	7.3	108.57	1.5	614.56
9	7.47	131.6	1.75	751.71
10	7.64	154.62	2	898.78
11	7.79	177.65	2.25	1055.78
12	7.98	212.19	2.5	1222.69
13	8.1	246.72	2.75	1399.52
14	-	-	3	1586.27

ตารางผนวกที่ ก6 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves)  
ปี 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.05 และสถานี TTR.06

ลำดับที่	สถานี TTR.05		สถานี TTR.06	
	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
1	0	0	2	0
2	0.25	23.9	3	19.77
3	0.5	50.59	3.5	27.34
4	0.75	80.09	4	38.88
5	1	112.39	4.5	54.39
6	1.25	147.49	5	73.86
7	1.5	185.39	5.5	97.3
8	1.75	226.1	6	124.71
9	2.5	365.02	6.5	156.08
10	2.75	416.93	7	191.42
11	3	471.64	7.5	230.72
12	3.25	529.15	8	273.99
13	3.5	589.47	8.5	321.23
14	3.75	652.58	9	372.43
15	4	718.5	9.5	427.6
16	4.25	787.22	10	486.74
17	4.5	858.74	10.5	549.84
18	4.75	933.06	11	616.91
19	5	1010.19	11.5	687.94
20	-	-	12	762.94
21	-	-	12.5	841.9

ตารางผนวกที่ ก7 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves)  
ปี 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.07 และสถานี TTR.08

ลำดับที่	สถานี TTR.07		สถานี TTR.08	
	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
1	2	0.13	-0.75	1.45
2	3	0.71	-0.5	14.82
3	4	2.35	-0.25	30.2
4	4.5	3.85	0	47.58
5	5	5.98	0.25	66.96
6	5.5	8.9	0.5	88.33
7	6	12.8	0.75	111.71
8	6.5	17.89	1	137.09
9	7	24.38	1.25	164.47
10	7.5	32.52	1.5	193.85
11	8	42.58	1.75	225.23
12	8.5	54.85	2.5	331.36
13	9	69.63	2.75	370.74
14	9.5	87.28	3	412.12
15	10	108.13	3.25	455.5
16	10.5	132.57	3.5	500.88
17	11	161	3.75	548.26
18	11.5	193.84	4	597.64
19	12	231.55	4.25	649.02
20	12.5	274.59	4.5	702.4
21	13	323.47	4.75	757.58

ตารางผนวกที่ ก8 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves)  
ปี 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.10

สถานี TTR.10		
ลำดับที่	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
1	0	-0.84
2	1	2.37
3	1.25	13.91
4	1.5	29.74
5	1.75	49.88
6	2.5	136.05
7	2.75	173.37
8	3	214.98
9	3.25	260.89
10	3.5	311.1
11	3.75	365.6
12	4	424.39
13	4.25	487.49
14	4.5	554.87
15	4.75	626.56

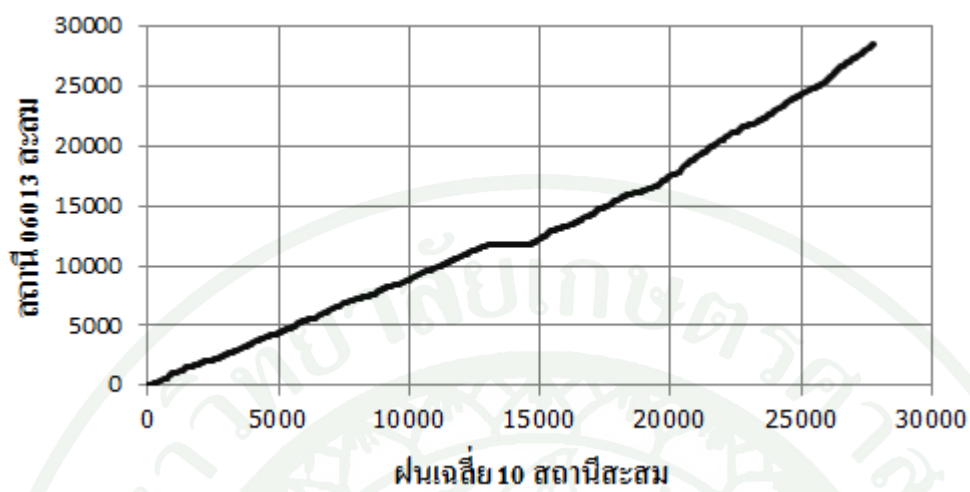
ตารางผนวกที่ ก9 สัดส่วนค่าการถ่วงน้ำหนักของสถานีน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา

สถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำฝน		รหัสสถานีวัดน้ำฝน									
	ตารางกิโลเมตร		06013	06022	06052	06072	06121	66012	66022	66071	66082	66094
Z.10	920	-	0.054	-	-	-	0.219	-	-	0.142	0.585	-
Z.30	312	-	0.126	-	-	-	0.472	-	-	0.115	0.287	-
Z.45	59	-	-	-	-	-	0.200	-	-	-	0.980	-

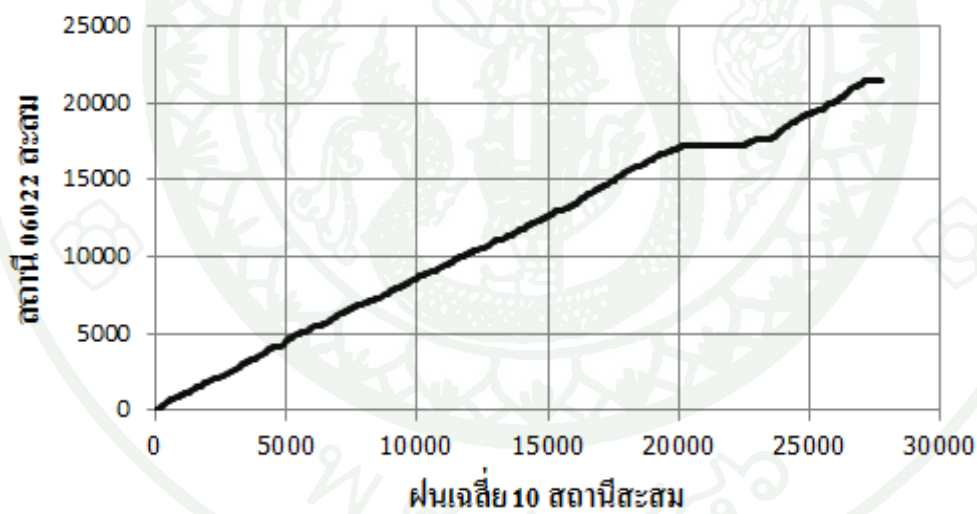
ตารางผนวกที่ ก10 สัดส่วนค่าการถ่วงน้ำหนักของสถานีโทรมาตรในระบบลุ่มน้ำตราด

ลุ่มน้ำย่อย		รหัสสถานีโทรมาตร													
รหัสลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน	TTR.01	TTR.02	TTR.03	TTR.04	TTR.05	TTR.06	TTR.07	TTR.08	TTR.09	TTR.10	TTR.11	TTR.12	TTR.13	TTR.14
	ตร.กม.														
SUBTTR.01	646.48	-	-	-	-	-	-	0.0414	-	-	-	0.534	0.389	0.0356	-
SUBTTR.02	66.88	-	-	-	-	-	0.393	0.588	-	-	-	0.0102	0.0047	0.0036	-
SUBTTR.03	84.06	-	-	-	-	0.301	0.699	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.04	151.64	-	-	-	-	-	-	-	-	0.932	-	-	-	0.0675	0.0005
SUBTTR.05	401.45	-	-	-	-	0.002	0.011	0.14	0.188	0.112	-	0.0016	0.509	0.037	-
SUBTTR.06	103.51	-	-	-	0.147	0.517	0.060	0.011	0.265	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.07	62.00	0.0815	0.0351	0.318	0.255	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.08	67.23	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.09	17.33	-	0.365	0.635	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.10	40.00	0.764	0.236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTTR.11	110.18	-	-	-	-	-	-	-	0.0072	0.109	0.223	-	-	-	0.661
SUBTTR.12	51.55	0.106	-	-	0.110	-	-	-	0.0955	-	0.685	-	-	-	0.005

## 1) สถานีวัดน้ำฝน 06013



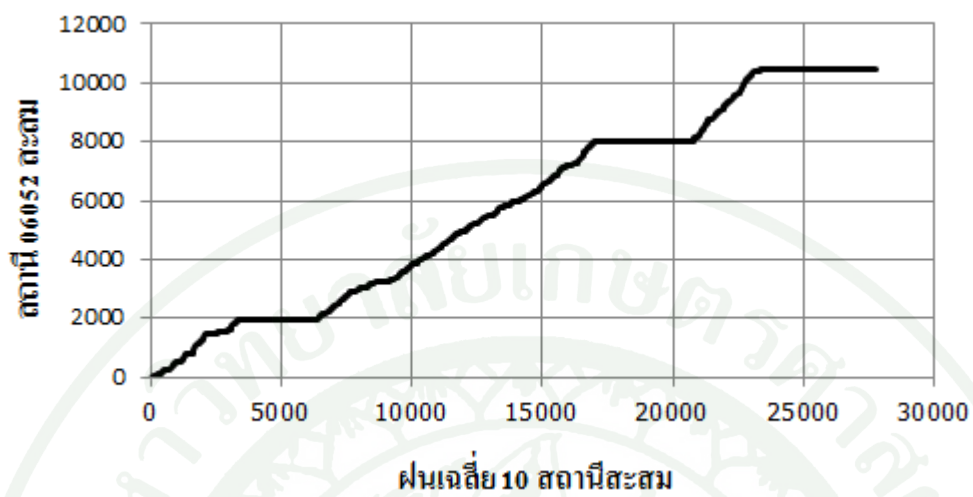
## 2) สถานีวัดน้ำฝน 06022



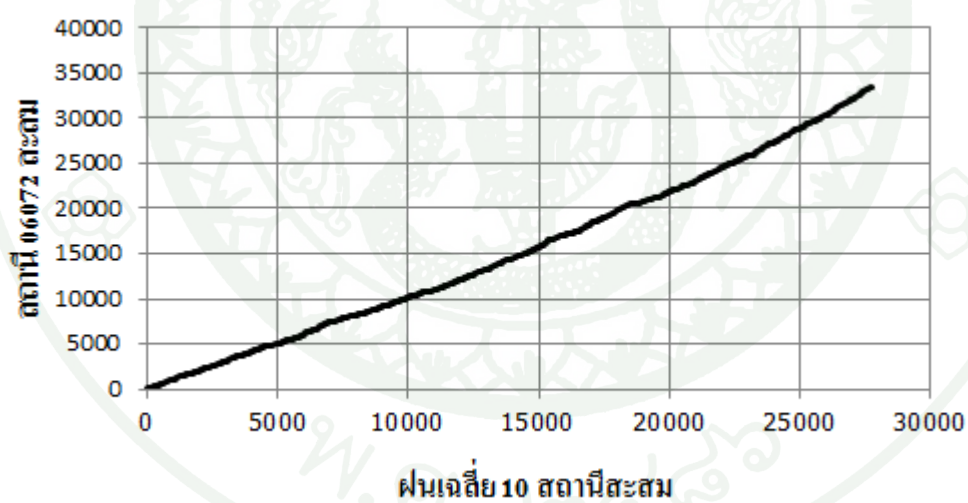
ภาพผนวกที่ ก1 การวิเคราะห์ Double Mass Curve ของสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำตราด



## 3) สถานีวัดน้ำฝน 06052

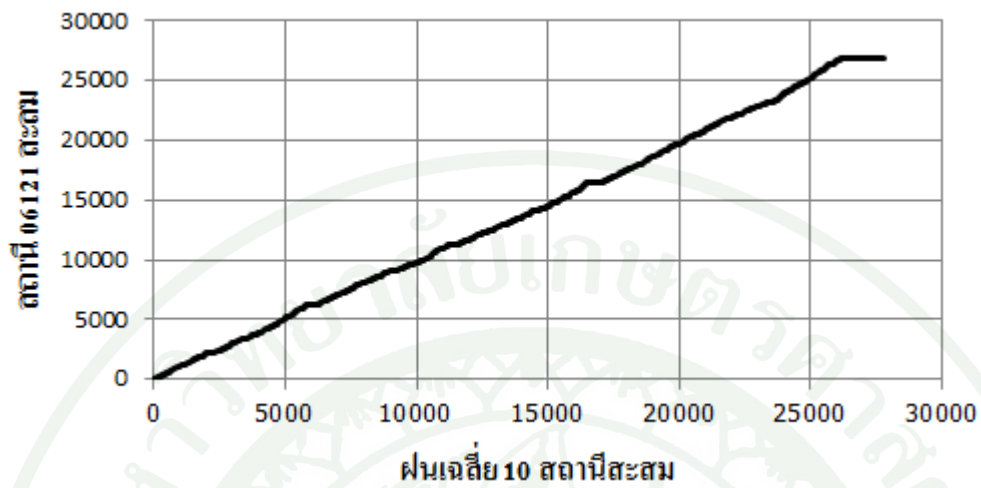


## 4) สถานีวัดน้ำฝน 06072

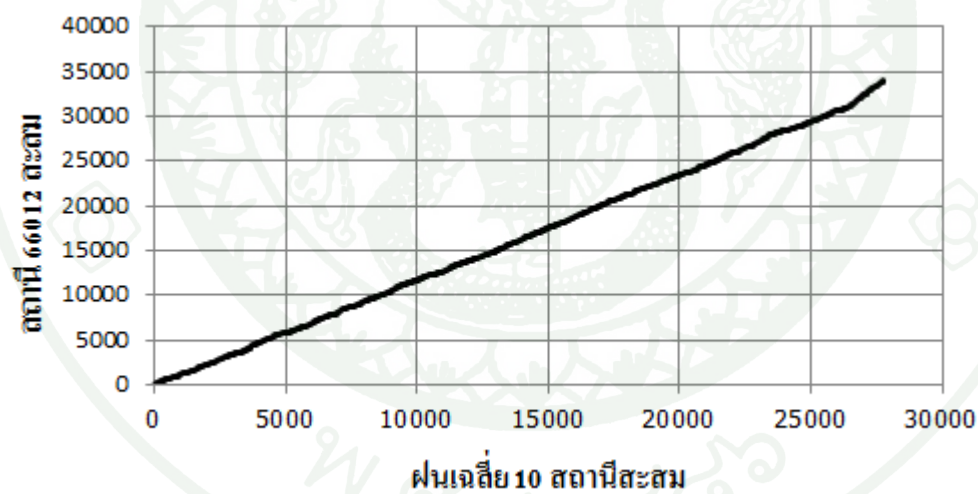


ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

## 5) สถานีวัดน้ำฝน 06121

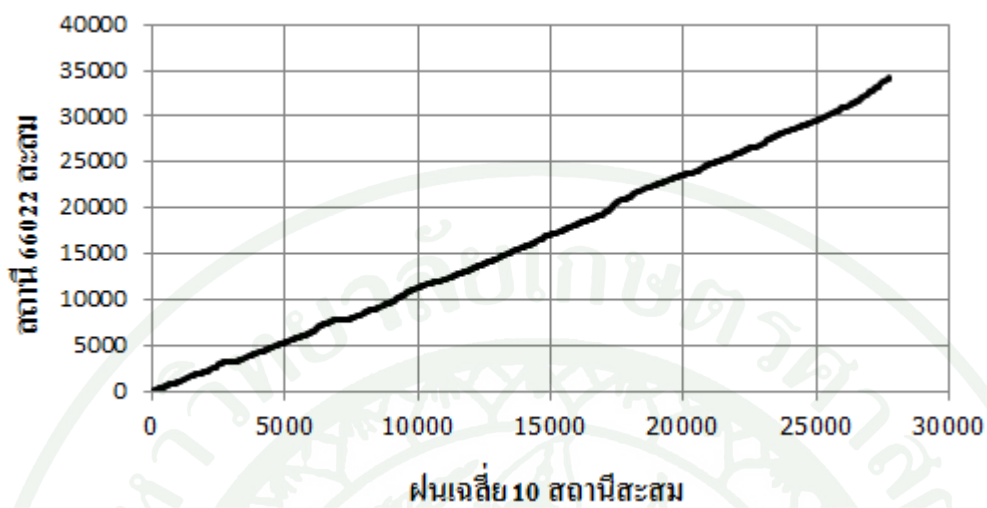


## 6) สถานีวัดน้ำฝน 66012

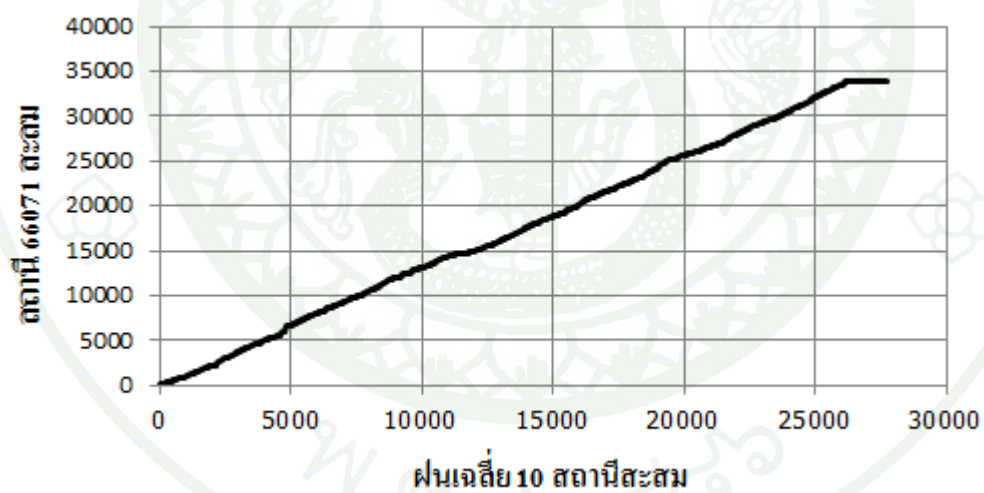


ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

## 7) สถานีวัดน้ำฝน 66022

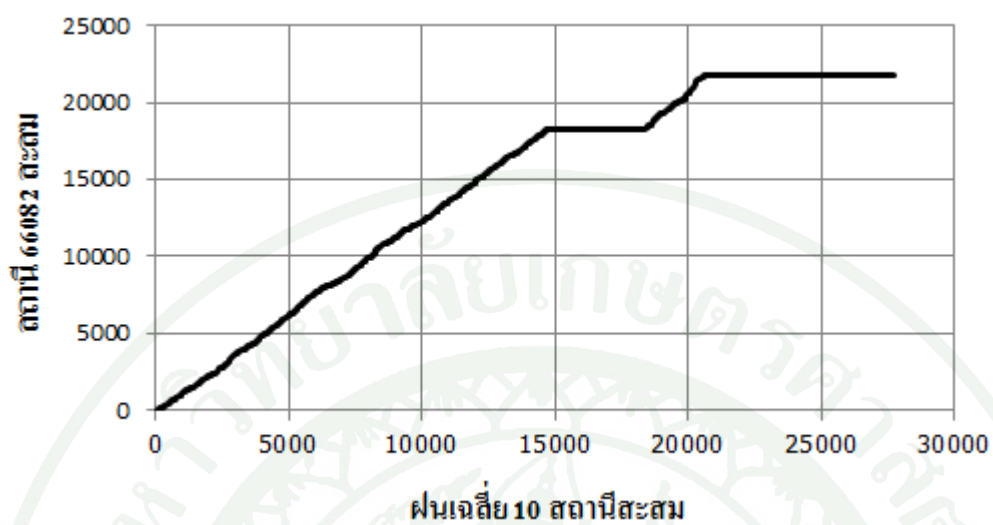


## 8) สถานีวัดน้ำฝน 66071

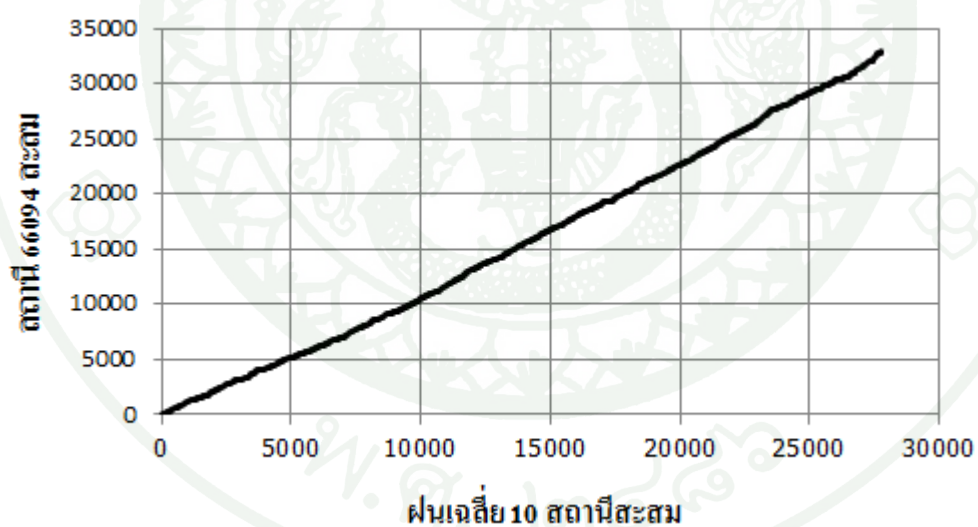


ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

## 9) สถานีวัดน้ำฝน 66082



## 10) สถานีวัดน้ำฝน 66094



ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



ตารางผนวกที่ ข1 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11- DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.01 - TTR.02

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.01			สถานี TTR.02		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
21 มิ.ย. 2556	0.292	0.321	0.319	15.097	16.668	16.073
22 มิ.ย. 2556	0.322	0.318	0.250	16.668	16.073	17.300
23 มิ.ย. 2556	0.317	0.251	0.340	16.073	17.300	17.887
24 มิ.ย. 2556	0.250	0.339	0.333	17.300	17.887	14.406
25 มิ.ย. 2556	0.338	0.332	0.229	17.887	14.406	12.876
26 มิ.ย. 2556	0.332	0.229	0.221	14.406	12.876	12.782
27 มิ.ย. 2556	0.228	0.220	0.136	12.876	12.782	11.163
28 มิ.ย. 2556	0.222	0.136	0.167	12.782	11.163	11.042
29 มิ.ย. 2556	0.136	0.166	0.144	11.163	11.042	12.207
30 มิ.ย. 2556	0.165	0.145	0.151	11.042	12.207	12.597
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	0.338	0.339	0.340	17.887	17.887	17.887
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	0.136	0.136	0.136	11.042	11.042	11.042
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	0.260	0.245	0.229	14.529	14.240	13.833

ตารางผนวกที่ ข2 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.03 - TTR.04

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.03			สถานี TTR.04		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
21 มิ.ย. 2556	15.488	19.103	15.226	7.195	6.893	5.680
22 มิ.ย. 2556	19.103	15.226	17.798	6.878	5.655	6.502
23 มิ.ย. 2556	15.226	17.798	17.544	5.675	6.480	7.892
24 มิ.ย. 2556	17.798	17.544	13.625	6.471	7.897	8.045
25 มิ.ย. 2556	17.544	13.625	13.411	7.888	8.052	7.359
26 มิ.ย. 2556	13.625	13.411	12.616	8.058	7.355	6.808
27 มิ.ย. 2556	13.411	12.616	8.267	7.344	6.811	6.795
28 มิ.ย. 2556	12.616	8.267	6.238	6.816	6.797	6.778
29 มิ.ย. 2556	8.267	6.238	8.295	6.790	6.776	6.685
30 มิ.ย. 2556	6.238	8.295	8.822	6.766	6.681	6.800
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	19.103	19.103	17.798	8.058	8.052	8.045
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	6.238	6.238	6.238	5.675	5.655	5.680
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	13.932	13.212	12.184	6.988	6.940	6.934

ตารางผนวกที่ ข3 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.05 - TTR.06

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.05			สถานี TTR.06		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
21 มิ.ย. 2556	5.903	5.861	4.502	32.457	14.397	10.330
22 มิ.ย. 2556	5.850	4.486	5.736	14.383	10.331	3.745
23 มิ.ย. 2556	4.492	5.747	15.030	10.334	3.746	23.806
24 มิ.ย. 2556	5.737	15.028	19.385	3.746	23.804	45.349
25 มิ.ย. 2556	15.028	19.388	9.562	23.792	45.345	36.337
26 มิ.ย. 2556	19.351	9.586	6.689	45.300	36.328	36.452
27 มิ.ย. 2556	9.451	6.674	4.819	36.096	36.401	38.931
28 มิ.ย. 2556	6.628	4.806	3.767	36.059	38.893	44.224
29 มิ.ย. 2556	4.769	3.765	4.399	38.635	44.191	50.854
30 มิ.ย. 2556	3.767	4.389	4.682	44.159	50.847	53.514
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	19.351	19.388	19.385	45.300	50.847	53.514
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	3.767	3.765	3.767	3.746	3.746	3.745
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	8.097	7.973	7.857	28.496	30.428	34.354



ตารางผนวกที่ ข4 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.07 - TTR.08

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.07			สถานี TTR.08		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
21 มิ.ย. 2556	1.094	1.267	0.840	5.440	4.021	2.924
22 มิ.ย. 2556	1.268	0.840	4.349	4.082	2.921	2.887
23 มิ.ย. 2556	0.840	4.349	8.710	2.935	2.836	6.639
24 มิ.ย. 2556	4.349	8.710	6.525	2.863	6.620	6.605
25 มิ.ย. 2556	8.707	6.524	4.601	6.637	6.568	5.021
26 มิ.ย. 2556	6.516	4.601	0.958	6.637	5.030	4.635
27 มิ.ย. 2556	4.580	0.954	0.332	5.006	4.496	4.311
28 มิ.ย. 2556	0.921	0.332	0.359	4.579	4.328	4.031
29 มิ.ย. 2556	0.326	0.359	0.308	4.211	3.979	4.655
30 มิ.ย. 2556	0.358	0.308	0.457	3.873	4.598	5.022
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	8.707	8.710	8.710	6.637	6.620	6.639
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	0.326	0.308	0.308	2.863	2.836	2.887
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	2.896	2.824	2.744	4.626	4.540	4.673

ตารางผนวกที่ ข5 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 21-30 มิ.ย. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.10

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA		
	สถานี TTR.10		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
21 มิ.ย. 2556	9.881	11.649	10.568
22 มิ.ย. 2556	11.649	10.568	15.350
23 มิ.ย. 2556	10.568	15.350	16.489
24 มิ.ย. 2556	15.350	16.489	13.005
25 มิ.ย. 2556	16.489	13.005	11.083
26 มิ.ย. 2556	13.005	11.083	12.950
27 มิ.ย. 2556	11.083	12.950	12.232
28 มิ.ย. 2556	12.950	12.232	12.144
29 มิ.ย. 2556	12.232	12.144	13.065
30 มิ.ย. 2556	12.144	13.065	13.375
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	16.489	16.489	16.489
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	9.881	10.568	10.568
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	12.535	12.854	13.026

ตารางผนวกที่ ๖ สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.01 - TTR.02

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.01			สถานี TTR.02		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
14 ก.ค. 2556	0.141	0.201	0.088	10.271	8.934	19.880
15 ก.ค. 2556	0.200	0.089	0.225	8.934	19.880	24.056
16 ก.ค. 2556	0.089	0.221	0.522	19.880	24.056	23.182
17 ก.ค. 2556	0.222	0.523	0.307	24.056	23.182	13.471
18 ก.ค. 2556	0.516	0.311	0.239	23.182	13.471	13.141
19 ก.ค. 2556	0.304	0.239	0.287	13.471	13.141	12.609
20 ก.ค. 2556	0.240	0.289	0.110	13.141	12.609	10.463
21 ก.ค. 2556	0.288	0.110	0.105	12.609	10.463	18.479
22 ก.ค. 2556	0.110	0.106	0.205	10.463	18.479	15.700
23 ก.ค. 2556	0.107	0.205	0.238	18.479	15.700	15.663
24 ก.ค. 2556	0.205	0.205	0.205	15.700	15.700	15.700
25 ก.ค. 2556	0.236	0.243	0.421	15.663	14.715	13.827
26 ก.ค. 2556	0.242	0.412	0.371	14.715	13.827	11.156
27 ก.ค. 2556	0.412	0.374	0.201	13.827	11.252	9.343

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.01			สถานี TTR.02		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
28 ก.ค. 2556	0.373	0.202	0.172	11.252	9.343	9.333
29 ก.ค. 2556	0.203	0.173	0.222	9.343	9.333	11.510
30 ก.ค. 2556	0.173	0.217	0.204	9.333	11.510	9.635
31 ก.ค. 2556	0.220	0.203	0.184	11.510	9.635	8.156
1 ส.ค. 2556	0.203	0.184	0.201	9.635	8.156	10.206
2 ส.ค. 2556	0.185	0.200	0.190	8.156	10.206	10.533
3 ส.ค. 2556	0.200	0.190	0.191	10.206	10.533	7.731
4 ส.ค. 2556	0.190	0.192	0.066	10.533	7.731	9.302
5 ส.ค. 2556	0.191	0.066	0.072	7.731	9.302	11.379
6 ส.ค. 2556	0.066	0.072	0.159	9.302	11.379	13.836
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	0.516	0.523	0.522	24.056	24.056	24.056
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	0.066	0.066	0.066	7.731	7.731	7.731
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	0.221	0.218	0.216	12.975	13.022	13.262

ตารางผนวกที่ ๗ สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.03 - TTR.04

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.03			สถานี TTR.04		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
14 ก.ค. 2556	8.330	10.513	13.298	6.281	4.770	4.274
15 ก.ค. 2556	10.513	13.298	24.627	4.772	4.308	8.713
16 ก.ค. 2556	13.298	24.627	12.638	4.287	8.573	11.271
17 ก.ค. 2556	24.627	12.638	14.637	8.636	11.274	9.247
18 ก.ค. 2556	12.638	14.637	15.072	11.186	9.324	6.910
19 ก.ค. 2556	14.637	15.072	13.913	9.222	6.911	6.224
20 ก.ค. 2556	15.072	13.913	8.065	6.908	6.254	4.509
21 ก.ค. 2556	13.913	8.065	10.167	6.256	4.479	5.562
22 ก.ค. 2556	8.065	10.167	13.620	4.479	5.517	8.526
23 ก.ค. 2556	10.167	13.620	9.740	5.567	8.553	9.455
24 ก.ค. 2556	13.620	13.620	13.620	8.525	8.525	8.525
25 ก.ค. 2556	9.740	4.548	4.270	9.399	9.007	8.890
26 ก.ค. 2556	4.548	4.270	4.591	8.973	8.671	7.225
27 ก.ค. 2556	4.270	4.630	4.665	8.645	7.331	6.582

ตารางผนวกที่ ข7 (ต่อ)

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.03			สถานี TTR.04		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
28 ก.ค. 2556	4.630	4.665	4.600	7.266	6.580	5.447
29 ก.ค. 2556	4.665	4.600	4.467	6.592	5.455	5.444
30 ก.ค. 2556	4.600	4.467	4.919	5.399	5.376	6.324
31 ก.ค. 2556	4.467	4.919	5.699	5.413	6.301	7.091
1 ส.ค. 2556	4.919	5.699	6.363	6.285	7.098	6.106
2 ส.ค. 2556	5.699	6.363	6.976	7.097	6.104	6.800
3 ส.ค. 2556	6.363	6.976	7.013	6.083	6.818	7.329
4 ส.ค. 2556	6.976	7.013	11.959	6.800	7.340	6.021
5 ส.ค. 2556	7.013	11.959	12.726	7.321	6.014	6.411
6 ส.ค. 2556	11.959	12.726	13.035	6.016	6.413	6.965
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	24.627	24.627	24.627	11.186	11.274	11.271
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	4.270	4.270	4.270	4.287	4.308	4.274
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	9.364	9.709	10.028	6.975	6.958	7.077

ตารางผนวกที่ ข8 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.05 - TTR.06

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.05			สถานี TTR.06		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
14 ก.ค. 2556	4.853	3.551	2.696	18.703	9.185	4.840
15 ก.ค. 2556	3.540	2.730	6.965	9.187	4.840	4.657
16 ก.ค. 2556	2.688	6.956	13.819	4.844	4.656	19.398
17 ก.ค. 2556	6.966	13.818	25.007	4.655	19.398	46.151
18 ก.ค. 2556	13.816	25.011	12.501	19.393	46.150	24.328
19 ก.ค. 2556	24.996	12.501	8.159	46.124	24.322	14.672
20 ก.ค. 2556	12.387	8.150	1.446	24.210	14.656	6.434
21 ก.ค. 2556	8.055	1.443	2.838	14.481	6.449	3.256
22 ก.ค. 2556	1.434	2.897	5.868	6.509	3.256	6.221
23 ก.ค. 2556	2.877	5.867	7.953	3.261	6.220	3.991
24 ก.ค. 2556	5.864	5.864	5.864	6.212	6.212	6.212
25 ก.ค. 2556	7.951	8.167	9.518	3.977	2.383	5.172
26 ก.ค. 2556	8.124	9.508	12.950	2.284	5.160	12.346
27 ก.ค. 2556	9.493	13.097	16.757	5.132	12.512	18.428

ตารางผนวกที่ ข8 (ต่อ)

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.05			สถานี TTR.06		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
28 ก.ค. 2556	13.085	16.756	10.587	12.487	18.425	3.520
29 ก.ค. 2556	16.735	10.585	6.929	18.390	3.516	3.032
30 ก.ค. 2556	10.546	6.925	11.193	3.428	3.022	11.825
31 ก.ค. 2556	6.907	11.190	18.270	2.963	11.817	23.369
1 ส.ค. 2556	11.162	18.272	8.121	11.764	23.358	4.908
2 ส.ค. 2556	18.250	8.115	13.190	23.303	4.900	13.144
3 ส.ค. 2556	8.011	13.187	15.086	4.798	13.134	22.291
4 ส.ค. 2556	13.107	15.082	9.836	13.055	22.278	17.866
5 ส.ค. 2556	14.989	9.787	11.838	22.144	17.843	14.203
6 ส.ค. 2556	9.724	11.838	11.019	17.798	14.191	12.879
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	24.996	25.011	25.007	46.124	46.150	46.151
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	1.434	1.443	1.446	2.284	2.383	3.032
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	9.815	10.054	10.350	12.463	12.412	12.631



ตารางผนวกที่ ๑๖ สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.07 - TTR.08

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.07			สถานี TTR.08		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
14 ก.ค. 2556	8.639	2.446	0.791	3.362	3.976	11.504
15 ก.ค. 2556	2.446	0.791	1.228	4.013	11.451	6.325
16 ก.ค. 2556	0.791	1.228	10.345	11.462	6.428	6.734
17 ก.ค. 2556	1.228	10.345	14.319	6.370	6.719	10.097
18 ก.ค. 2556	10.345	14.319	6.342	6.730	10.314	4.396
19 ก.ค. 2556	14.312	6.342	5.691	10.112	4.422	2.962
20 ก.ค. 2556	6.330	5.690	0.777	4.289	2.993	8.847
21 ก.ค. 2556	5.682	0.777	2.907	3.021	8.862	9.739
22 ก.ค. 2556	0.776	2.907	5.642	8.876	9.757	5.395
23 ก.ค. 2556	2.908	5.642	5.361	9.744	5.394	4.282
24 ก.ค. 2556	5.643	5.643	5.643	5.434	5.434	5.434
25 ก.ค. 2556	5.361	4.572	1.486	4.313	2.438	5.599
26 ก.ค. 2556	4.576	1.486	5.035	2.463	5.444	4.705
27 ก.ค. 2556	1.487	5.113	6.286	5.421	4.776	2.821

ตารางผนวกที่ ข9 (ต่อ)

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA					
	สถานี TTR.07			สถานี TTR.08		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
28 ก.ค. 2556	5.112	6.286	0.762	4.581	2.791	1.112
29 ก.ค. 2556	6.279	0.761	2.038	2.830	1.113	1.572
30 ก.ค. 2556	0.745	2.037	6.596	1.012	1.424	3.886
31 ก.ค. 2556	2.033	6.596	6.886	1.500	3.898	5.483
1 ส.ค. 2556	6.592	6.883	3.052	3.815	5.516	3.124
2 ส.ค. 2556	6.871	3.051	5.413	5.610	3.118	5.107
3 ส.ค. 2556	3.046	5.411	6.957	3.109	5.116	6.244
4 ส.ค. 2556	5.404	6.955	7.027	5.046	6.329	3.159
5 ส.ค. 2556	6.947	7.025	7.145	6.220	3.162	5.475
6 ส.ค. 2556	7.019	7.145	6.700	3.202	5.480	6.118
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	14.312	14.319	14.319	11.462	11.451	11.504
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	0.745	0.761	0.762	1.012	1.113	1.112
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	5.024	4.977	5.185	5.106	5.265	5.422

ตารางผนวกที่ ข10 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE 11 - DA วันที่ 14 ก.ค. ถึง 6 ส.ค. 2556 ของสถานีโทรมาตร TTR.10

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA สถานี TTR.10		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
	14 ก.ค. 2556	8.708	4.905
15 ก.ค. 2556	4.905	5.518	4.768
16 ก.ค. 2556	5.518	4.768	10.451
17 ก.ค. 2556	4.768	10.451	6.084
18 ก.ค. 2556	10.451	6.084	8.338
19 ก.ค. 2556	6.084	8.338	11.999
20 ก.ค. 2556	8.338	11.999	0.682
21 ก.ค. 2556	11.999	0.682	3.906
22 ก.ค. 2556	0.682	3.906	7.418
23 ก.ค. 2556	3.906	7.418	22.753
24 ก.ค. 2556	7.418	7.418	7.418
25 ก.ค. 2556	22.753	14.413	22.610
26 ก.ค. 2556	14.413	22.610	14.003
27 ก.ค. 2556	22.610	14.122	14.288

ตารางผนวกที่ ข10 (ต่อ)

ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำได้ด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA สถานี TTR.10		
	พยากรณ์วันที่ 1	พยากรณ์วันที่ 2	พยากรณ์วันที่ 3
	28 ก.ค. 2556	14.122	14.288
29 ก.ค. 2556	14.288	13.239	11.278
30 ก.ค. 2556	13.239	11.278	17.559
31 ก.ค. 2556	11.278	17.559	13.697
1 ส.ค. 2556	17.559	13.697	16.428
2 ส.ค. 2556	13.697	16.428	19.353
3 ส.ค. 2556	16.428	19.353	17.915
4 ส.ค. 2556	19.353	17.915	13.208
5 ส.ค. 2556	17.915	13.208	13.782
6 ส.ค. 2556	13.208	13.782	14.959
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด</b>	22.753	22.610	22.753
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด</b>	0.682	0.682	0.682
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>	11.818	11.391	12.152

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอรุณทิพย์ แม่นประเสริฐ
เกิดวันที่	5 มกราคม 2531
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2554)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (พ.ศ.2555-2556)

