วิทยานิพนธ์

การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่

THE STUDY OF FLOOD ALLEVIATION OF CHIANG MAI CITY AREA

นายปิยะพงษ์ รอดรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ — **สาขา**

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ — **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่

The Study of Flood Alleviation of Chiang Mai City Area

นามผู้วิจัย นายปิยะพงษ์ รอดรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล ดำรงค์ศรี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่

The Study of Flood Alleviation of Chiang Mai City Area

โดย

นายปิยะพงษ์ รอดรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ. 2551

ปิยะพงษ์ รอดรัตน์ 2551: การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D. 123 หน้า

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการพัฒนาชุมชน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ของลุ่มน้ำปิงตอนบน เป็นผลให้ความถี่และความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วมเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่องสูงมากขึ้น ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้จัดทำโครงการและแผนงานต่างๆ เพื่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำปิงตอนบน แต่ไม่ได้แสดงประสิทธิผลที่ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อวิเคราะห์สภาพน้ำท่วมและแนวทางการบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง โดยกำหนดทางเลือกต่างๆ ทั้งมาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง ประกอบด้วย การสร้างผนังกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำเก็บน้ำ และมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ประกอบด้วย การบริหารการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลในแม่น้ำปิง ซึ่งผลการศึกษาในแต่ละทางเลือกสามารถใช้เป็นข้อสนเทศในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาน้ำท่วมพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่องต่อไป ผลการจำลองสภาพแม่น้ำปิงช่วงที่ไหลผ่านพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในทางน้ำระหว่าง 0.030 ถึง 0.035 และในทุ่งน้ำท่วมเท่ากับ 0.080 ส่วนแนวทางการบรรเทาอุทกภัยโดยการขุดลอกปรับปรุงแม่น้ำปิงจะลดระดับน้ำหลากสูงสุดบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ในสัดส่วนที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามการขุดลอกปรับปรุงแม่น้ำปิงจะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องจึงจะเกิดผลอย่างแท้จริงซึ่งอาจจะไม่สะดวกในทางปฏิบัติ ดังนั้น การบรรเทาอุทกภัยที่เหมาะสมจึงควรประกอบด้วยการบูรณาการมาตรการต่าง ๆ ทั้งมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเข้าด้วยกัน ซึ่งนอกจากจะแก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างยั่งยืนแล้วยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น การเป็นแหล่งท่องเที่ยว การเป็นสวนสาธารณะริมน้ำ และการเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในฤดูแล้งได้อีกด้วย

_____ _____ ___/___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Piyapong Rodratana 2008: The Study of Flood Alleviation of Chiang Mai City Area. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Napaporn Piamsa-nga, Ph.D. 123 pages.

Because of hydrological and hydrodynamic changes from land use and urban development in the upper Ping River Basin, floods occur more frequently and each flood also has higher degree of severity at Chiang Mai city area. Although there are many reports from many flood protection project, those reports are not clearly useful. In this research, a mathematical model for analyzing flood behaviour and conditions is proposed about options that use construction such as flood wall or reservoir and not use construction such as planning of reservoir operating or increase of river capacity. Result of each option can use to decision for flood alleviation of Chiang Mai city area. The model is also used further for designing a plan for abating floods in the greater Chiang Mai municipal areas. The experimental results show that roughness coefficient in waterways of Ping River's flow environment passing the greater Chiang Mai municipal areas is between 0.030 and 0.035 and around 0.080 on floodplains. The best method for abating floods is to renovate Ping River's surface; however, it is not practical. Therefore, the suggested method is to have a portion of construction measure and non construction measure, besides the permanent solution, its use to bring benefit to other sector such as tourism, shoreline public park, and water reservation.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร เปี่ยมสง่า ประธานกรรมการที่ปรึกษา และคณะกรรมการอันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก อาจารย์มงคล ดำรงค์ศรี กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชารอง และอาจารย์สมภพ สุจริต ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบรูณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลอุทกวิทยาและชลศาสตร์ และบริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อด้านข้อมูลแผนที่ รูปตัดถนน รูปตัดคลอง ข้อมูลระดับน้ำ และข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่ที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณสมปอง มังคละวิรัช ที่ได้เอื้อเฟื้อในส่วนของการให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาของโปรแกรมสำเร็จรูป InfoWorks RS และเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ทำการวิจัยนี้ได้เต็มที่ คุณโอม ไทยสวัสดิ์ ตลอดจนเพื่อนร่วมงานและเพื่อนนิสิตทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ นายไพศาล รอดรัตน์ บิดา และ นางมาลี รอดรัตน์ มารดา ผู้ให้กำเนิด ให้สติปัญญา ความสามารถ และความห่วงใย เป็นผู้ที่ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจ และความรักทางด้านวิศวกรรม ให้โอกาสในการเลือกที่จะศึกษาหาความรู้ พี่ชายและพี่สาวที่ดูแลมาตลอด พร้อมทั้งคุณฤทัยรัตน์ วิศาลสุวรรณกรที่ให้ความช่วยเหลือจนทำให้การจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

ปิยะพงษ์ รอดรัตน์

เมษายน 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	37
ผลและวิจารณ์	59
สรุปและข้อเสนอแนะ	85
สรุป	85
ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	90
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	123

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปิง	6
2	ข้อมูลภูมิอากาศในเขตลุ่มน้ำปิง	9
3	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำปิง	13
4	การผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำปิง	13
5	การวิเคราะห์คาบอุบัติการเกิดระดับน้ำสูงสุดที่สถานีวัดน้ำ P.1 และ P.20	14
6	รายละเอียดสถานีตรวจวัดอุทก-อุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	40
7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำธรรมชาติ	46
8	ค่า CN สำหรับพื้นที่ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน	47
9	ผลการปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น	64
10	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบสถิตย์	64
11	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบพลศาสตร์	66
12	ผลสรุปการทดสอบความไวของแบบจำลอง	69

ตารางผนวกที่

1	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์	91
2	การวิเคราะห์คาบอุบัติการเกิดระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี P.1	92
3	Rating curve สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่	94
4	สรุปผลการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาที่สถานี P.21	95
5	ค่าพารามิเตอร์ดรรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) สำหรับลุ่มน้ำแม่ริม	96
6	ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบทรงตัวมั่น	98
7	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบทรงตัวมั่น	98
8	สรุปผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบพลศาสตร์ ที่สถานี P.1	100
9	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบพลศาสตร์	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

10 สรุปผลการตรวจสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สถานี P.1 103
11 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีตรวจสอบแบบจำลอง ปี พ.ศ.2548 104
12 ผลการทดสอบความไวของแบบจำลอง 106
13 ค่าระดับพื้นทางน้ำ ตลิ่งซ้าย และตลิ่งขวา จากการสำรวจปี พ.ศ.2548 111
14 ค่าระดับพื้นทางน้ำ ตลิ่งซ้าย และตลิ่งขวา จากการขุดลอกทางน้ำ 112
15 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 1 114
16 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 2 115
17 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 3 116
18 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 4 117
19 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 5 118
20 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 6 119
21 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 7 120
22 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 8 121
23 ประ สิทธิผลในการป้องกันน้ำท่วมของแนวทางเลือกที่ 1 ถึง 8 122

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง	7
2	ระบบทางระบายน้ำธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง	8
3	ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	10
4	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดฝน	12
5	ความสัมพันธ์ของระดับน้ำที่มีผลต่อการไหลเข้าท่วมชุมชนนครเมืองเชียงใหม่	15
6	สภาพพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง	16
7	สภาพพื้นที่น้ำท่วมและความเสียหายจากอุทกภัย ปี พ.ศ. 2548	22
8	แสดงการคำนวณแบบ 4 จุด วิธี Preissmann implicit	36
9	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำในลุ่มน้ำปิง	39
10	โครงข่ายทางน้ำสายหลักในลุ่มน้ำปิงตอนบน	42
11	พื้นที่ผังเมืองเทศบาลนครเชียงใหม่	43
12	สภาพพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2548	44
13	ผังโครงข่ายแบบจำลองศึกษาแนวทางป้องกันอุทกภัยพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่	45
14	พื้นที่สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา	49
15	ตำแหน่งฝายทั้งสามแห่งบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่	52
16	หน้าตัดตามยาวของแม่น้ำปิงตั้งแต่สถานี P.20 ถึงฝายหนองสลีก	54
17	แนวการผันน้ำด้วยคลองส่งน้ำแม่แตงและคลองส่งน้ำแม่แฝก	55
18	ตำแหน่งอ่างเก็บน้ำตามแผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐทั้งสามแห่ง	57
19	ผลการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สถานีวัดน้ำ P.21	62
20	ผลการปรับเทียบกรณีการไหลแบบทรงตัวมั่น	65
21	ผลการปรับเทียบกรณีการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่น	67
22	ผลการทดสอบแบบจำลอง	68
23	แสดงผลการตรวจสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำ	70
24	แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 1)	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

25 แสดงแนวการขุดลอกและปรับปรุงความลาดชันของแม่น้ำปิง 74
26 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 2) 75
27 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 3) 76
28 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 4) 78
29 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 5) 79
30 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 6) 81
31 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 7) 82
32 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 8) 84

ภาพผนวกที่

1 การวิเคราะห์คาบอุบัติการณ์เกิดระดับน้ำสูงสุดที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 93
2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาที่สถานี P.21 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 97
3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบทรงตัวมั่น ที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 99
4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบพลศาสตร์ ที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 102
5 ผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานี P.1 ด้วยเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงวันที่ 31 กันยายน 2548 105
6 ผลการตรวจสอบความไวแบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำ 108
7 แผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐ (แผนงานที่ 1) 109
8 แผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐ (แผนงานที่ 2) 110
9 ตัวอย่างหน้าตัดขวางทางน้ำกรณีก่อนการขุดลอกและหลังการขุดลอก 113

การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่

The Study of Flood Alleviation of Chiang Mai City Area

คำนำ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาและที่ราบเชิงเขา คิดเป็นร้อยละ 82.74 และพื้นที่ราบทำการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 12.82 นอกจากนี้ยังมีพื้นที่อยู่อาศัยและอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 4.44 โดยมีแม่น้ำปิงเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านตามแนวยาวของจังหวัดจากเหนือลงใต้ โดยในส่วนของพื้นที่ภูเขาจะมีความสูงจากระดับน้ำทะเลเกินกว่า 500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ภูเขาเหล่านี้เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร ไม่เหมาะแก่การเพาะปลูก สำหรับพื้นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำและที่ราบเชิงเขา จะกระจายอยู่ทั่วไประหว่างหุบเขามีรูปร่างยาวรีทอดตัวในแนวเหนือ-ใต้ เช่น ที่ราบลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำแม่แตง ลุ่มน้ำฝาง และลุ่มน้ำแม่งัด เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเกษตรและการตั้งชุมชน

จากลักษณะของภูมิประเทศที่เป็นที่ราบในหุบเขา จึงทำให้พื้นที่ชุมชนที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำมักประสบกับภาวะอุทกภัยอยู่เป็นประจำ สาเหตุของน้ำท่วมส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลของลมพายุที่พัดเข้า หรือมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่าน ทำให้มีปริมาณฝนตกหนักบริเวณพื้นที่ที่เป็นภูเขาส่งผลให้เกิดน้ำท่าไหลบ่าลงมาจากที่สูงลงสู่ที่ราบต่ำในเวลาสั้น ๆ ประกอบกับมีน้ำเหนือจากต้นน้ำในเขตลุ่มน้ำปิงไหลลงมาสมทบ ทำให้ระดับน้ำตามลำน้ำสายหลักและลำน้ำสาขาเอ่อล้นตลิ่ง ไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำปิงและลำน้ำสาขาได้ง่าย

ในการศึกษาครั้งนี้เน้นการศึกษาเพื่อหามาตรการและแนวทางการบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง จากเหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ.2548 โดยจะทำการจำลองสภาพการไหลและสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์หามาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างและแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในการบรรเทาและป้องกันการเกิดปัญหาอุทกภัย เช่น การขุดลอกและปรับปรุงทางน้ำธรรมชาติ การขุดคลองเพื่อผันน้ำอ้อมพื้นที่ชุมชน การสร้างอ่างพักน้ำ (แก้มลิง) ในพื้นที่น้ำท่วมถึง การสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ต้นน้ำ และ การแนะนำการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น เพื่อเพิ่มขีด

ความสามารถในการป้องกันน้ำหลากล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากายภาพของลุ่มน้ำปิงตอนบนและสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

2. เพื่อจำลองสภาพการไหลน้ำหลากและสภาพน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

3. เพื่อหาแนวทางการแก้ไขน้ำท่วมพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง โดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

4. เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากที่จะนำไปใช้บรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่อง

ขอบเขตการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลกายภาพ เหตุการณ์อุทกภัยบริเวณพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง และทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำปิงตอนบนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2. รวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา-อุทกวิทยาทั้งรายวันและข้อมูลต่อเนื่อง และข้อมูลรูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวางของลำน้ำหลัก และลำน้ำสาขาต่างๆในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนตามความจำเป็นสำหรับการศึกษาเท่านั้น

3. สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของแม่น้ำปิงตอนบนโดยประมาณ ตั้งแต่บ้านแม่แต อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ (สถานี P.67) ถึง อ.เมือง จ.ลำพูน

4. จำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2548 ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปิงตอนบน

5. วิเคราะห์หามาตรการและแนวทางการแก้ไขน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบนด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยเน้นการแก้ไขอุทกภัยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่องเป็นหลัก

6. เสนอแนะมาตรการและแนวทางที่เหมาะสมในการบรรเทาน้ำท่วมพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง

การตรวจเอกสาร

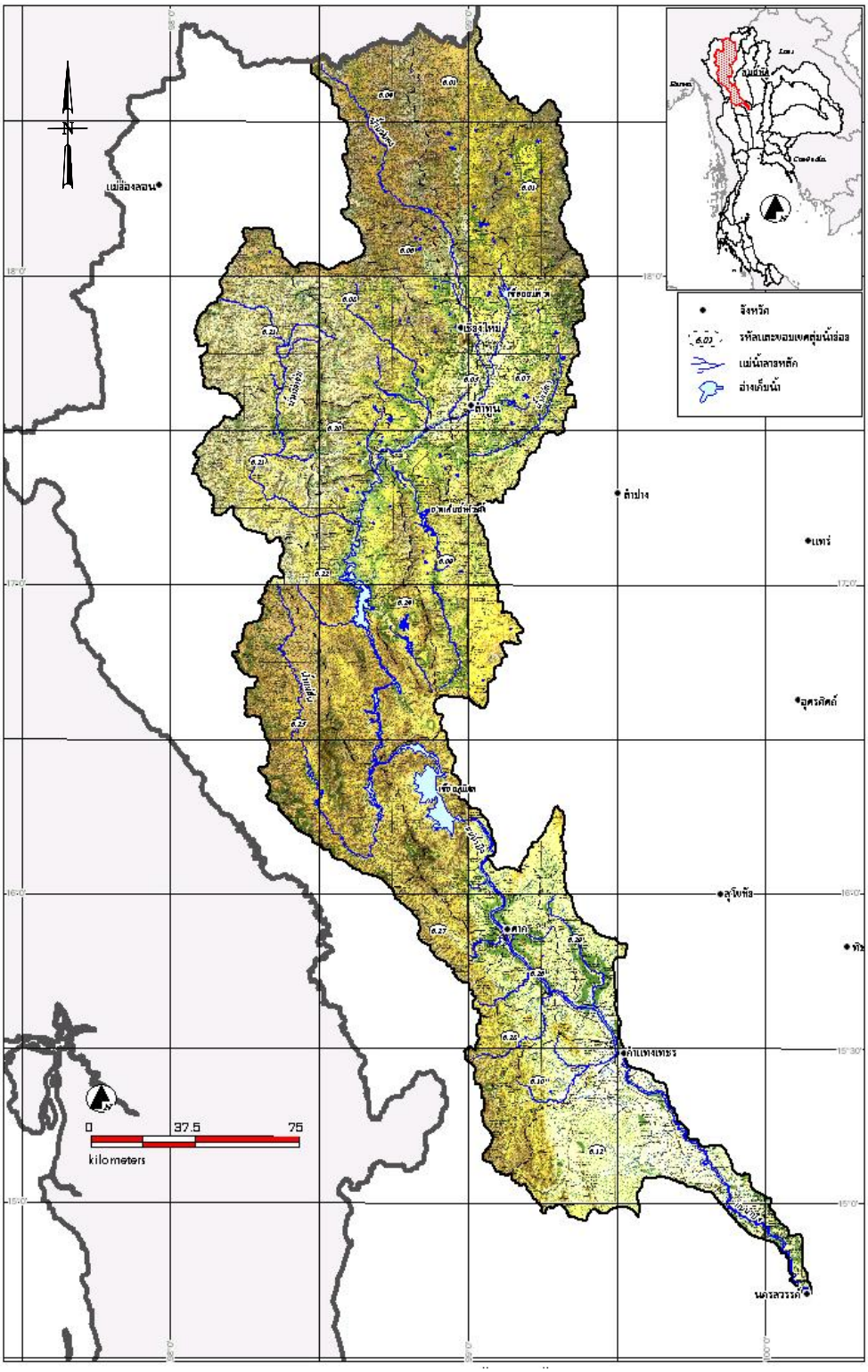
1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลุ่มน้ำปิงตั้งอยู่ทางทิศเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 33,896 ตร.กม. โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน ตาก กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ลักษณะลุ่มน้ำเรียวยาววางตัวในแนวเหนือ – ใต้ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14° 45′ เหนือ ถึง เส้นรุ้งที่ 18° 49′ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 98° 05′ ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 100° 09′ ตะวันออก มีทิศเหนือและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำสาละวินและลุ่มน้ำกก ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำสะแกกรังและลุ่มน้ำแม่กลอง และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำวัง

สภาพภูมิประเทศตอนบนของลุ่มน้ำเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ต้นกำเนิดของแม่น้ำปิงเกิดจากทิวเขาผีปันน้ำ ในเขตอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ แล้วไหลผ่านหุบเขาลงมาสู่ที่ราบลุ่มกว้างใหญ่ในจังหวัดเชียงใหม่ ผ่านจังหวัดลำพูน จากนั้นไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ผ่านอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ แล้วไหลลงทิศใต้ผ่านอำเภอฮอด ก่อนจะลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ส่วนแม่น้ำปิงตอนล่างใต้เขื่อนภูมิพลจะไหลผ่านที่ราบมาบรรจบกับแม่น้ำวังและไหลผ่านที่ราบกว้างใหญ่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ก่อนจะไปบรรจบกับแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน รวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ดังแสดงในภาพที่ 1

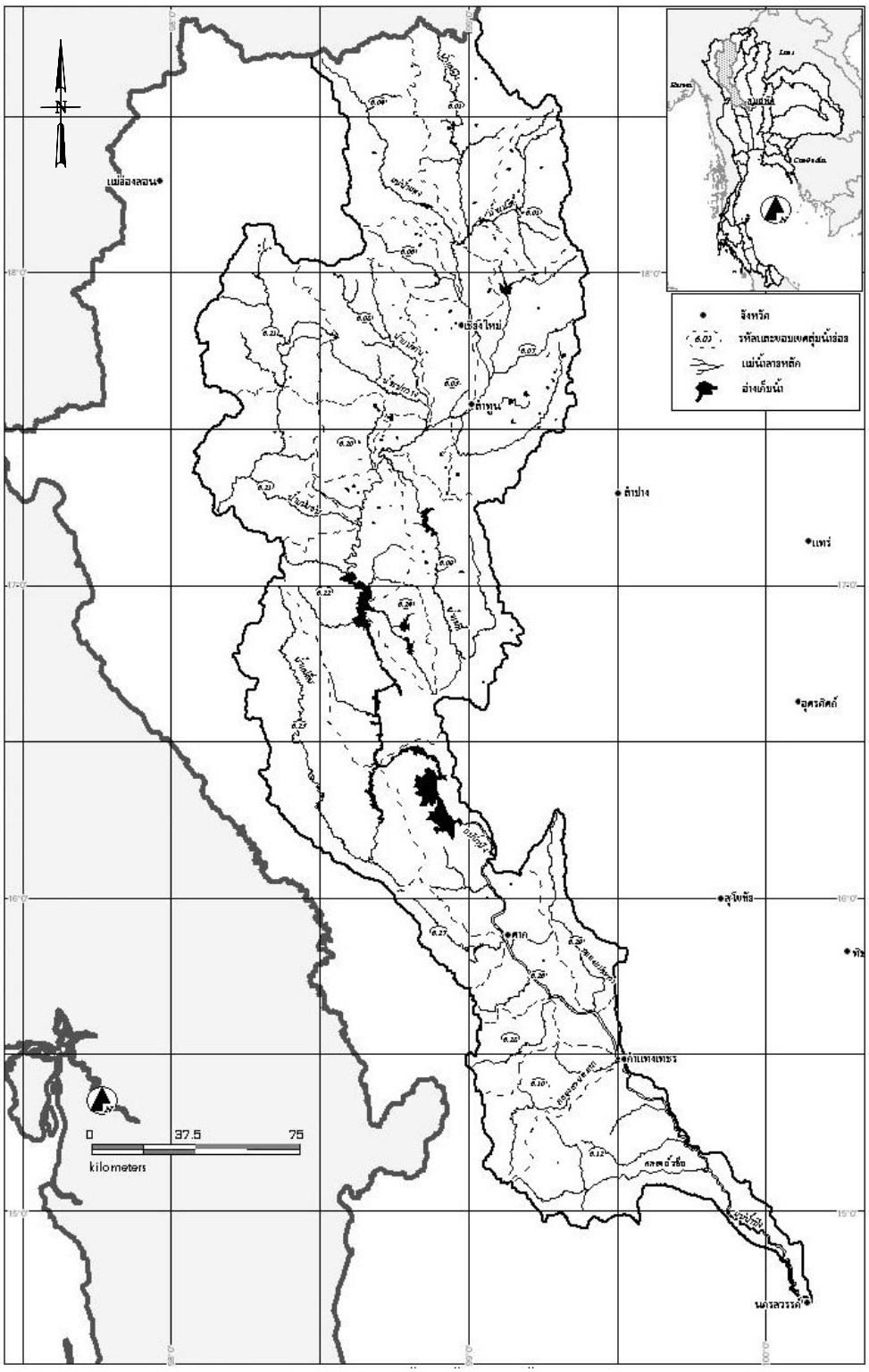
ลำน้ำสาขาที่สำคัญของแม่น้ำปิง ได้แก่ น้ำแม่งัด มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาแดนลาวทางตอนเหนือของลุ่มน้ำ ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำปิงทางฝั่งซ้าย น้ำแม่แตง ไหลจากเทือกเขาแดนลาวลงมาบรรจบแม่น้ำปิงทางฝั่งขวา แม่น้ำกวงไหลมาบรรจบแม่น้ำปิงทางฝั่งซ้ายที่จังหวัดลำพูน แม่น้ำลี้ ไหลจากอำเภอลี้ขึ้นไปทางทิศเหนือบรรจบแม่น้ำปิงทางฝั่งซ้ายที่อำเภอจอมทอง น้ำแม่แจ่มไหลจากเทือกเขาถนนธงชัยจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำลงมาบรรจบแม่น้ำปิงทางฝั่งขวาที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ระบบลุ่มน้ำ ลำน้ำหลัก และลำน้ำสาขาของแม่น้ำปิงได้แสดงไว้ในภาพที่ 2

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงสามารถแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อยได้ 20 ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)



ภาพที่ 2 ระบบทางระบายน้ำธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 1 ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปิง

รหัสลุ่มน้ำย่อย	ชื่อลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
06.02	แม่น้ำปิงตอนบน	2,018
06.03	น้ำแม่งัด	1,260
06.04	แม่น้ำแม่แตง	1,761
06.05	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,624
06.06	น้ำแม่ริม	584
06.07	น้ำแม่กวง	1,165
06.08	น้ำแม่งาน	1,711
06.09	น้ำแม่ลี้	1,956
06.10	น้ำแม่กลาง	600
06.11	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,071
06.12	น้ำแม่แจ่มตอนบน	1,912
06.13	น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	1,926
06.14	น้ำแม่หาด	535
06.15	น้ำแม่ตื่น	3,143
06.16	แม่น้ำปิงส่วนที่ 4	2,940
06.17	ห้วยแม่ท้อ	2,151
06.18	คลองวังเจ้า	647
06.19	คลองแม่ระกา	882
06.20	คลองสวนหมาก	1,069
06.21	แม่น้ำปิงตอนล่าง	2,944

2. อุทกวิทยาและชลศาสตร์

การศึกษาด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์เบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงภาพรวมของลักษณะภูมิอากาศและสภาพอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง ผลการศึกษาและการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

2.1 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำปิงดังแสดงในตารางที่ 2 ได้ศึกษาจากข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำและข้างเคียงจำนวน 8 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศลำพูน สถานีตรวจอากาศเชียงใหม่ สถานีตรวจอากาศเขื่อนภูมิพล สถานีตรวจอากาศตาก สถานีตรวจอากาศกำแพงเพชร สถานีตรวจอากาศนครสวรรค์ สถานีตรวจอากาศแม่สะเรียง และสถานีตรวจอากาศอุ้มผาง สรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เมฆปกคลุม ความเร็วลม และปริมาณการระเหยจากถาด รวมถึงปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากวิธี Modified Penman

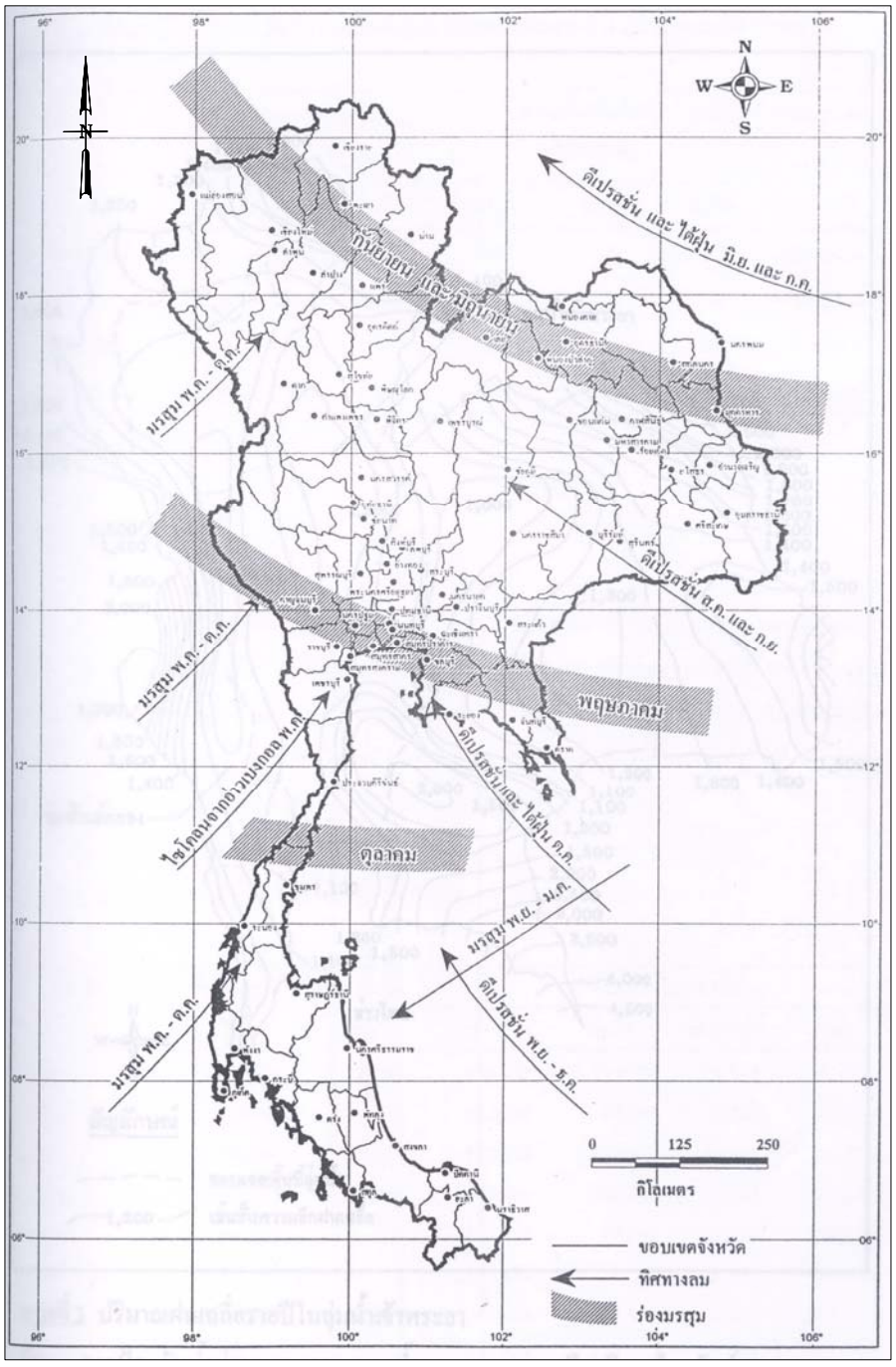
ตารางที่ 2 ข้อมูลภูมิอากาศในเขตลุ่มน้ำปิง

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	23.3 – 28.2	26.3
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	68.5 – 78.3	72.5
ความเร็วลม	น๊อต	0.6 – 3.0	1.7
เมฆปกคลุม	0-10	5.2 – 5.8	5.6
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.9 – 2,018.0	1,618.8
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,484.8 – 1,934.9	1,735.5

ที่มา : กรมชลประทาน (2548)

สภาพอากาศโดยทั่วไปบริเวณจังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะร้อนชื้น กล่าวคือ ฤดูร้อนได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมฝ่ายใต้ พัดผ่านตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึง

กลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม และช่วงฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: กรมชลประทาน (2542)

สำหรับสภาพภูมิอากาศในเขตจังหวัดเชียงใหม่ในคาบ 30 ปี (ระหว่าง พ.ศ. 2514 ถึง พ.ศ. 2543) สรุปได้ดังนี้

1) ปริมาณฝน

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,134.5 มม. และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.7 มม. ถึง 224.4 มม. โดยในเดือนสิงหาคมจะมีปริมาณฝนสูงสุดและในเดือนมกราคมจะมีปริมาณฝนต่ำสุด ทั้งนี้ปริมาณฝนประมาณ 86% จะตกในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยฝนจะตกหนักในเดือนสิงหาคมและกันยายน (ประมาณ 200 มม. ขึ้นไป)

2) ปริมาณการระเหย

ปริมาณการระเหยเฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 1,639.0 มม. โดยปริมาณการระเหยจะมีค่าผันแปรระหว่าง 98.3 มม. ในเดือนธันวาคมถึง 189.4 มม. ในเดือนเมษายน

3) อุณหภูมิ

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 25.6 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจะมีค่าผันแปรระหว่าง 20.9 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคมถึง 28.8 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน

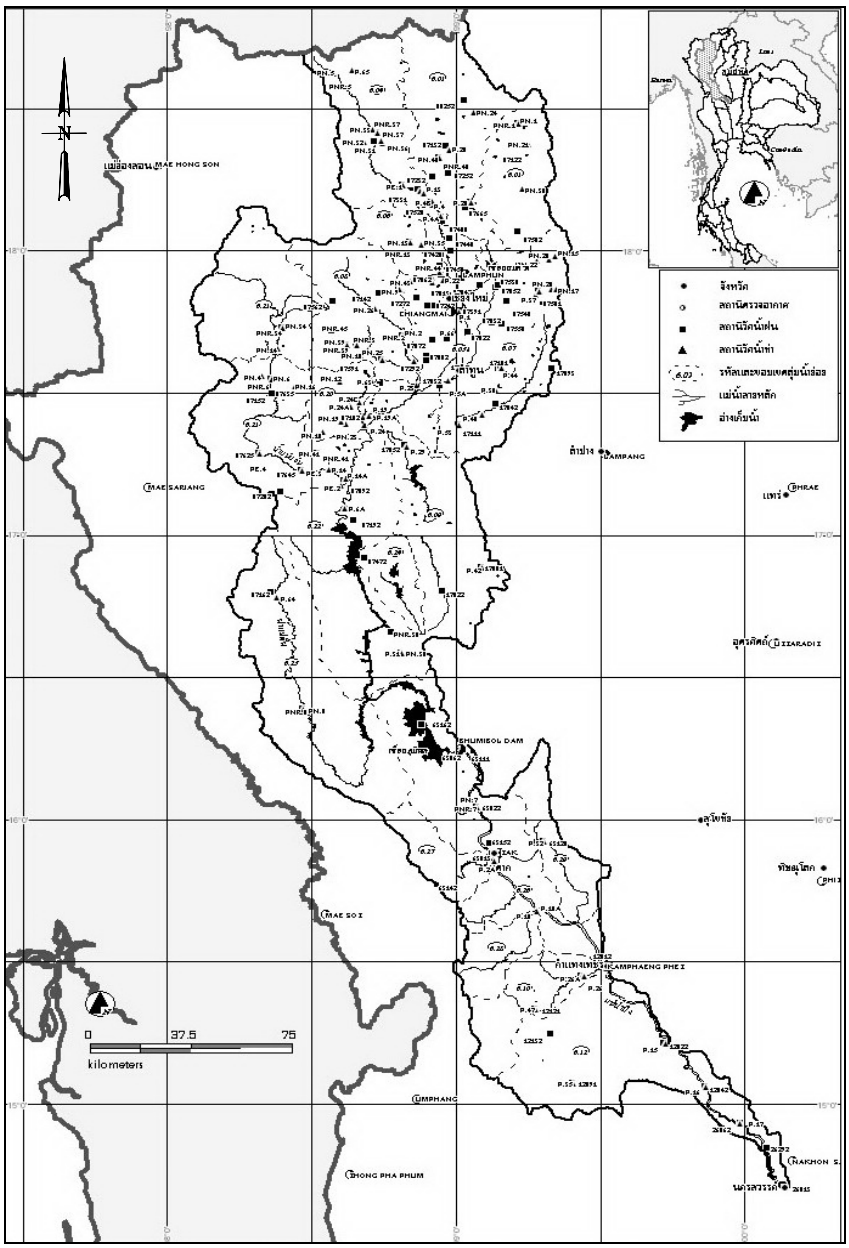
4) ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีมีค่าประมาณ 71% โดยความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนเฉลี่ยจะผันแปรระหว่าง 54% ถึง 81%

2.2 การวิเคราะห์ฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำปิง ได้ศึกษาจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เดิม) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและข้างเคียง ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในภาพที่ 4 จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนในเขตพื้นที่เชียงใหม่และพื้นที่โดยรอบ พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของฝนจากสถานีทั้ง 26 แห่ง มีความสอดคล้อง

โดยฝนจะตกหนักอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฝนจะตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และกันยายน ซึ่งสรุปได้ว่าลุ่มน้ำปิง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มม. จนถึงประมาณ 1,900 มม. โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,124.6 มม. เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 992.2 มม. หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.23 ของปริมาณฝนทั้งปี ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปิงดังแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 4 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 3 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำปิง

หน่วย : มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูร้อน
47.9	157.8	136.1	151.7	195.5	215.7	135.4	44.2	13.0	7.3	5.5	14.3	992.2	132.4

2.3 การวิเคราะห์ระดับน้ำและปริมาณการไหลในแม่น้ำปิง

จากรายงานการศึกษาในโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา กรมชลประทาน (2543) พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำปิงมีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 33,896 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 8,725.3 ล้าน ลบ.ม. โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 6,687.6 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 76.65 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,037.7 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 23.35 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 8.16 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร การผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปิงสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำปิง

หน่วย ล้าน ลบ.ม.

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
126.5	341.9	511.8	660.0	1,326.6	1,997.6	1,849.6	904.5	440.8	277.6	160.7	127.7	6,687.6	2,037.7

จากลักษณะภาพรวมการระบายน้ำ จะพบว่ามีแม่น้ำปิงเป็นแหล่งรับน้ำจากภูเขาโดยรอบและระบายน้ำลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล สภาพของปริมาณน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ข้างเคียงจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณ Sideflow ที่ไหลออกมา โดยในเบื้องต้นได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำตัวอย่างมาดำเนินการวิเคราะห์ธรรมชาติของระดับน้ำในแม่น้ำปิง ซึ่งพบว่าที่สถานี P.1 (สะพานนวรัตน์) มีระดับน้ำสูงสุดรายวันที่เคยเกิดขึ้นประมาณ +305.30 ม.รทก. (ช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม 2548) และสถานี P.20 (บ้านเชียงดาว) มีระดับน้ำสูงสุดรายวันที่เคยเกิดขึ้นประมาณ +382.5 ม.รทก.

นอกจากการศึกษาสภาพธรรมชาติของระดับน้ำในแม่น้ำปิงดังกล่าวข้างต้นแล้ว ได้มีการศึกษา/วิเคราะห์คาบอุบัติของการเกิดระดับน้ำสูงสุดและปริมาณการไหลเบื้องต้นที่สถานี P.1 (สะพานนวรัตน์) และ P.20 (บ้านเชียงดาว) ดังแสดงในตารางที่ 5

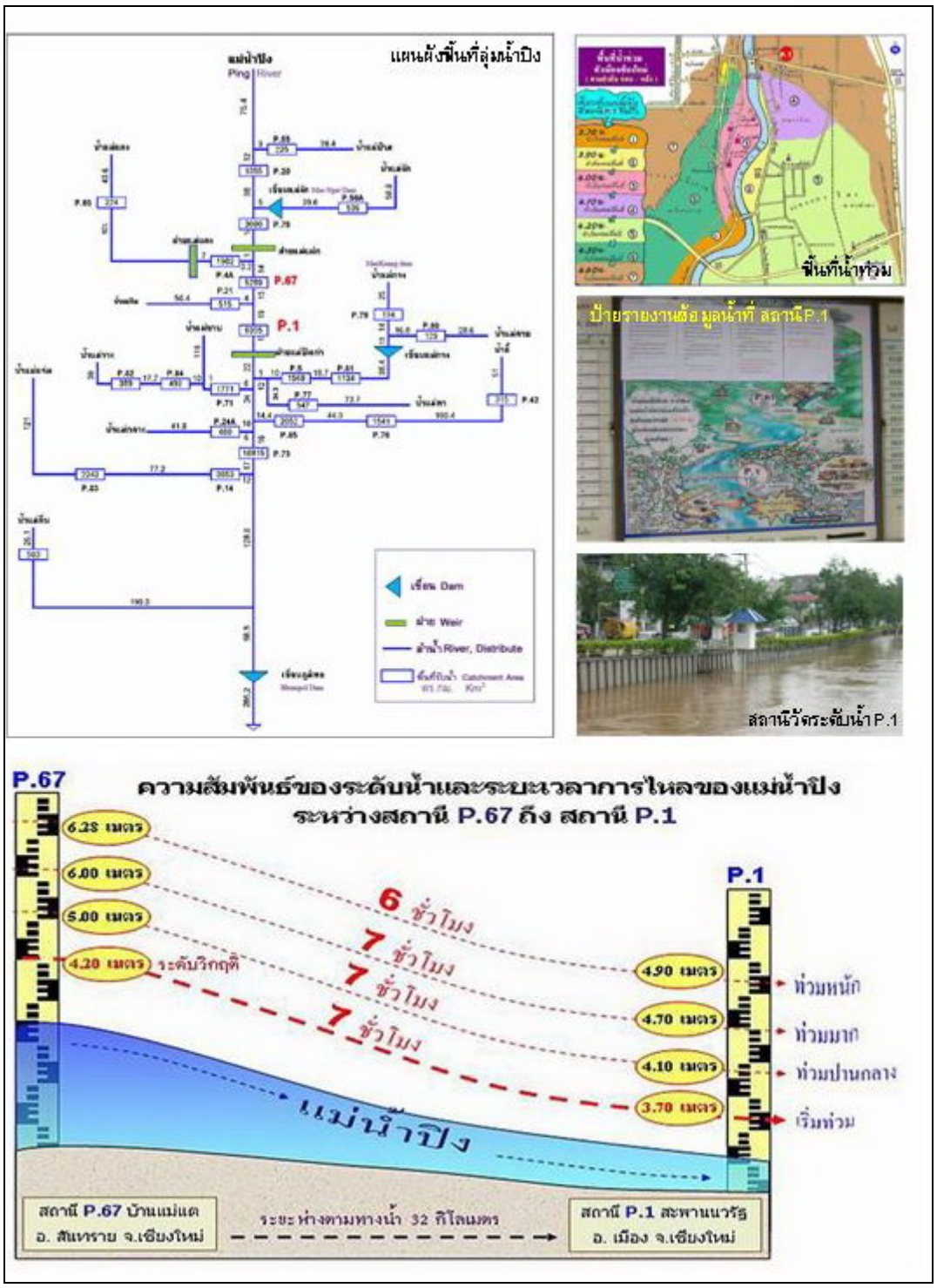
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์คาบอุบัติการเกิดระดับน้ำสูงสุดที่สถานีวัดน้ำ P.1 และ P.20

คาบอุบัติ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.) / อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	
	P.1	**P.20**
2	303.75 / 355	381.93
5	304.38 / 504	382.36
10	304.71 / 581	382.58
25	305.11 / 675	382.84
50	305.36 / 734	383.02
100	305.50 / 767	383.11

ส่วนความสัมพันธ์ของค่าระดับน้ำที่มีผลกระทบต่อการไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนนครเมืองเชียงใหม่ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 5

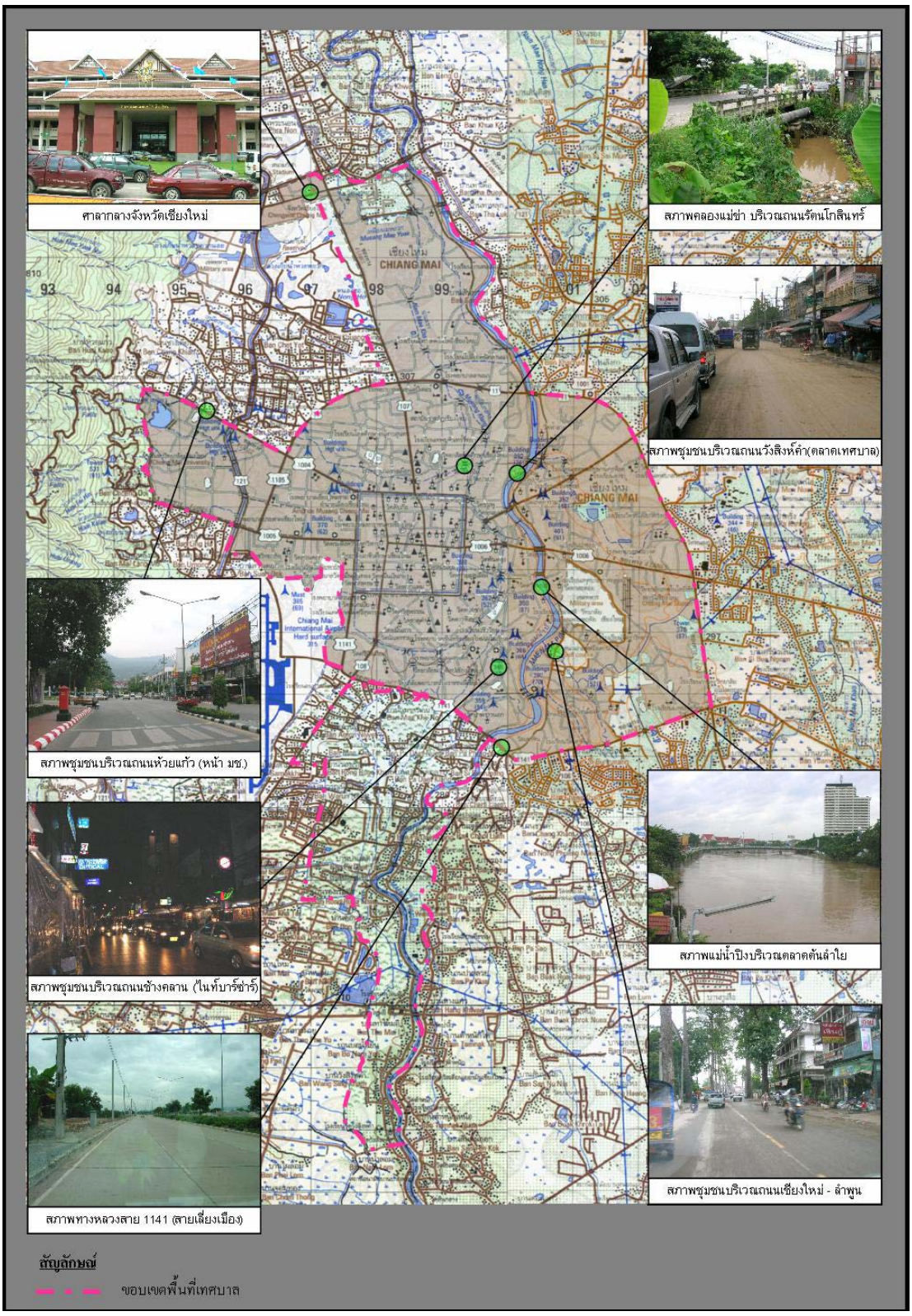
3. สภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง

พื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่มีพื้นที่ประมาณ 40.216 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่สูงบริเวณด้านตะวันตกแล้วลาดเทลงสู่แม่น้ำปิงทางด้านตะวันออก มีลำน้ำที่สำคัญไหลผ่านพื้นที่ชุมชน ได้แก่ แม่น้ำปิง ลำน้ำแม่ข่า และลำเหมืองต่าง ๆ มีระดับพื้นดินโดยเฉลี่ยระหว่าง +300 ถึง +350 ม.รทก. สภาพทั่วไปเป็นแหล่งชุมชนเมือง ศูนย์กลางทางการค้า การบริการ/การบริหาร รวมทั้งยังเป็นศูนย์กลางคมนาคมของภาคเหนือ โดยสามารถเดินทางด้วยรถยนต์ รถไฟ และเครื่องบิน มีศูนย์กลางการศึกษาและศาสนสถานที่สำคัญ คือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วัดพระสิงห์ เป็นต้น และยังเป็นศูนย์กลางการบริหาร/การปกครองที่สำคัญของภาคเหนืออีกด้วย ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ชุมชนและแหล่งเศรษฐกิจจะรวมตัวอยู่บริเวณใจกลางเมือง (ภายในคูเมือง) ริมแม่น้ำปิง ทางหลวงและถนนสายหลักภายในเขตเทศบาล ส่วนบริเวณโดยรอบพื้นที่ชุมชนจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะการใช้ที่ดินโดยทั่วไปดังแสดงในภาพที่ 6 สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำที่มีผลต่อการไหลเข้าท่วมชุมชนนครเมืองเชียงใหม่

ที่มา: กรมชลประทาน (2548)



ภาพที่ 6 สภาพพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง

3.1 พื้นที่พาณิชยกรรมและที่พักอาศัยหนาแน่นมาก

การใช้ที่ดินประเภทนี้จะรวมตัวอยู่บริเวณใจกลางเมือง โดยเฉพาะฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง ซึ่งจะเป็นแหล่งพาณิชยกรรมและการบริการที่หนาแน่น บริเวณริมแม่น้ำปิง ทางหลวงและถนนสายหลักที่สำคัญต่าง ๆ เช่น ถนนท่าแพ ถนนรัตนโกสินทร์ ถนนราชวงศ์ ถนนเมืองสมุทร (ย่านตลาดเมืองใหม่) ถนนช้างเผือก (ย่านตลาดธานินทร์) ทางหลวงสาย 1004 (ย่านกาดสวนแก้ว) ถนนสุเทพ (ย่านตลาดสวนดอก) ถนนช้างคลาน (ย่านเชียงใหม่ไนท์พลาซ่า) ถนนเจริญประเทศ ถนนช้างม่อย (ย่านตลาดท่าแพ) ถนนรอบคูเมือง เป็นต้น ส่วนฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง แหล่งพาณิชยกรรมหนาแน่นจะกระจายตัวอยู่ริมแม่น้ำปิง ทางหลวงและถนน สายหลักที่สำคัญ เช่น ทางหลวงสาย 106 (สายเชียงใหม่-ลำพูน) ถนนเจริญเมือง (ย่านตลาดสันป่าข่อย) ถนนแก้วนวรัฐ เป็นต้น ซึ่งคาดว่าในอนาคตชุมชนจะมีแนวโน้มขยายตัวจากศูนย์กลางเมืองออกไปทางด้านรอบๆ มากยิ่งขึ้น

3.2 พื้นที่พักอาศัย สถาบันการศึกษา ราชการ และศาสนสถาน

การใช้ที่ดินประเภทนี้จะกระจายตัวอยู่ทั่วไปภายในเขตเทศบาล โดยมีแหล่งศูนย์กลางการศึกษาที่สำคัญ เช่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ รร.มงฟอร์ตวิทยาลัย รร.ปรินส์รอแยลส์วิทยาลัย เป็นต้น ส่วนแหล่งศาสนสถานที่สำคัญ เช่น วัดพระสิงห์ วัดเจดีย์หลวง ฯลฯ กระจายตัวอยู่หนาแน่นบริเวณภายในคูเมืองและแหล่งชุมชนต่าง ๆ นอกจากนั้นยังมีศูนย์ราชการตั้งอยู่บริเวณตอนบนของพื้นที่ และมีค่ายกาวิละอยู่ในตอนล่างพื้นที่อีกด้วย ซึ่งในอนาคตถ้าไม่มีการควบคุมการใช้ที่ดินประเภทนี้ ก็จะทำให้มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ในอนาคต

3.3 พื้นที่เกษตรกรรม

การใช้ที่ดินประเภทนี้จะกระจายตัวอยู่รอบ ๆ พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย ซึ่งปัจจุบันเหลือพื้นที่อยู่น้อยมากและปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เกษตรกรรมเป็นที่อยู่อาศัยมากขึ้น ซึ่งถ้าไม่มีการควบคุมการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพ ก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการใช้ที่ดินในอนาคตได้สำหรับพื้นที่ อบต.ป่าแดด จะเป็นพื้นที่ที่อยู่ตอนล่างของพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ มีสภาพเป็นชุมชนกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณริมแม่น้ำปิง ทางหลวงสาย 108 และถนนภายในเขต อบต. ส่วนบริเวณโดยรอบชุมชนจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และที่ลุ่มเป็นส่วนใหญ่

ซึ่งในอนาคตคาดว่าจะมีการขยายตัวของชุมชนจากตัวเมืองเชียงใหม่ลงมาสู่เขต อบต.ป่าแดด มากขึ้น

4. ระบบป้องกันน้ำท่วมจากภายนอก

เนื่องจากพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ มีลักษณะชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณริมแม่ปิง จึงทำให้ประสบปัญหาน้ำล้นตลิ่งอยู่บ้างในช่วงฤดูฝน โดยระบบป้องกันน้ำท่วมจากภายนอกได้แบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ คือ

1) พื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง

ปัจจุบันเทศบาลยังไม่มีระบบป้องกันน้ำท่วมจากภายนอกที่สมบูรณ์ จะอาศัยถนนวัดสิงห์คำ ถนนเจริญประเทศ ซึ่งเป็นถนนเลียบแม่น้ำปิง เป็นแนวป้องกันน้ำท่วม ประกอบกับทางเทศบาลมีการก่อสร้างเขื่อนริมแม่น้ำบางช่วงแล้ว เช่น บริเวณหน้าเทศบาล รวมทั้งได้ดำเนินการจัดเตรียมกระสอบทรายเพื่อป้องกันน้ำล้นตลิ่ง จึงทำให้บรรเทาน้ำท่วมล้นตลิ่งได้บ้างบางส่วน

2) พื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง

ปัจจุบันเทศบาลก็ยังไม่มีระบบป้องกันน้ำท่วมจากภายนอกที่สมบูรณ์ จะอาศัยถนนฟ้าฮ่ามสามัคคี ทางหลวงสาย 106 (สายเชียงใหม่-ลำพูน) ซึ่งเป็นถนนเลียบแม่น้ำปิง เป็นแนวป้องกันน้ำท่วม ประกอบกับทางเทศบาลมีการก่อสร้างเขื่อนริมแม่น้ำบางช่วงแล้ว เช่น บริเวณสะพานนวรัฐ (ถนนเจริญประเทศ) รวมทั้งได้ดำเนินการจัดเตรียมกระสอบทรายเพื่อป้องกันน้ำล้นตลิ่ง จะทำให้บรรเทาน้ำท่วมล้นตลิ่งได้บ้างบางส่วน

5. ระบบระบายน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ชุมชน

การระบายน้ำฝนในพื้นที่ชุมชนปัจจุบัน อาศัยท่อ/รางระบายน้ำข้างถนนสายหลักต่าง ๆ ในเขตเทศบาลและทางหลวง โดยมีขนาดตั้งแต่ 0.30-1.50 ม. เพื่อรับน้ำจากแหล่งชุมชนแล้วระบายน้ำลงสู่คลองระบายน้ำหลัก/แม่น้ำ เช่น แม่น้ำปิง ลำน้ำแม่ข่า และลำเหมืองต่าง ๆ ส่วนการระบายน้ำบริเวณโดยรอบชุมชนจะเป็นการไหลนองตามผิวดินลงสู่ลำเหมือง ที่ลุ่มต่ำและพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งใน

อนาคตพื้นที่ชุมชนจะมีการขยายตัวมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากยิ่งขึ้น ทำให้การพิจารณาการปรับปรุงระบบระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นย่อมมีความสำคัญอย่างยิ่ง

6. สาเหตุของน้ำท่วม สภาพน้ำท่วมและความเสียหาย

6.1 สาเหตุน้ำท่วม

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ส่วนใหญ่จะเป็นชุมชนที่ราบลุ่มแม่น้ำปิง โดยบริเวณรอบ ๆ ชุมชนจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่ลุ่ม หนองน้ำ ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่เหลืออยู่น้อยมาก โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วม สามารถสรุปได้ดังนี้

1) น้ำท่วมเนื่องจากน้ำหลากในฤดูฝน เมื่อเกิดฝนตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำปิงและลำน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีมากเกินความจุ ประกอบกับพื้นที่บางแห่งเป็นที่ลุ่มต่ำ จึงทำให้เกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้าง

2) โดยปัจจุบันลำน้ำปิงมีฝายในลำน้ำ ซึ่งบางแห่งมีระดับสูงเมื่อเกิดน้ำหลากขนาดกลางถึงขนาดใหญ่หรือน้ำในแม่น้ำปิงมีปริมาณสูง ก็จะทำให้เกิดผลกระทบจากฝายต่าง ๆ ได้ (Backwater Effect) โดยถ้าบริเวณใดมีระดับต่ำก็จะทำให้น้ำไหลล้นเข้าท่วมพื้นที่

3) สภาพล้ำน้ำปิงมีสภาพตื้นเขินและการรุกล้ำมาก เนื่องจากปัจจุบันสภาพลำน้ำปิงมีสภาพตื้นเขิน มีการบุกรุกและรุกล้ำลำน้ำมากขึ้น ทำให้สภาพลำน้ำแคบลง ขาดประสิทธิภาพการระบายน้ำ จึงเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนริมน้ำต่างๆ

4) น้ำท่วมเนื่องจากฝนตกหนักในพื้นที่ เมื่อมีฝนตกเกินขีดความสามารถในการระบายน้ำของคลอง/ลำเหมือง และท่อระบายน้ำซึ่งก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชุมชนหนาแน่น

5) น้ำท่วมเนื่องจากการพัฒนาการใช้ที่ดิน ในขณะที่ชุมชนมีความเจริญมากขึ้นและขยายตัวออกไปแต่ขาดระบบระบายน้ำเข้าไปรองรับหรือมีแต่ขนาดไม่เพียงพอต่อการระบายน้ำ

6) น้ำท่วมเนื่องจากระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำขาดประสิทธิภาพ เช่น ประตูระบายน้ำมีสภาพทรุดโทรม/ชำรุด คู คลอง ลำเหมืองตื้นเขิน ท่อระบายน้ำอุดตันเนื่องจากขยะและตะกอนของน้ำ

6.2 สภาพน้ำท่วมและความเสียหาย

จากการรวบรวมข้อมูลสภาพน้ำท่วมและความเสียหายเบื้องต้นของบริเวณชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง สามารถสรุปสภาพน้ำท่วมและความเสียหายได้ดังนี้

6.2.1 สภาพน้ำท่วมและความเสียหาย ปี พ.ศ.2537 ถึง ปี พ.ศ. 2538

ในปี พ.ศ.2537 และ พ.ศ.2538 ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่องเกิดอุทกภัยติดต่อกันรวม 5 ครั้ง ครั้งละ 2-3 วัน ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิต ทรัพย์สิน และเศรษฐกิจ โดยเฉพาะประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำปิงในเขตอำเภอเมือง อำเภอหางดง และอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นย่านธุรกิจสำคัญและเป็นพื้นที่ที่มีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่นได้รับความเดือนร้อนมาก ประกอบกับสภาพปัจจุบันมีการตกตะกอนในลำน้ำปิงเพิ่มมากขึ้น ลำน้ำปิงตื้นเขินมีเกาะแก่งเพิ่มขึ้น มีการก่อสร้างบ้านเรือนและอาคารต่าง ๆ รุกล้ำเข้าไปในลำน้ำปิงเป็นจำนวนมาก ทำให้ลำน้ำปิง สามารถระบายน้ำได้น้อยลง ซึ่งถ้าปริมาณน้ำในลำน้ำปิงที่บริเวณสะพานนวรัฐมากกว่า 340 ลบ.ม./วินาที ขึ้นไป น้ำในลำน้ำปิงก็จะเริ่มล้นตลิ่งที่ ต.ป่าแดด ต.ช้างคลาน ตามลำดับ สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม สภาพน้ำท่วมขังจะไม่นานนัก ประมาณ 2-3 วัน แต่ความรุนแรงของกระแสน้ำจะทำความเสียหายให้แก่สิ่งปลูกสร้าง อาคารชลประทาน สะพาน ฯลฯ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมจะไม่ค่อยได้รับความเสียหาย ซึ่งสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นสรุปได้ดังนี้

1) ในปี พ.ศ.2537 เกิดน้ำท่วม 3 ครั้ง ครั้งละ 2-3 วัน ปริมาณน้ำในลำน้ำปิงที่สะพานนวรัฐวัดได้ 527 ลบ.ม./วินาที, 484 ลบ.ม./วินาที และ 796 ลบ.ม.วินาที ตามลำดับ น้ำท่วมเฉพาะที่ลุ่มในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ลึกประมาณ 30-70 ซม.

2) ในปี พ.ศ.2538 เกิดน้ำท่วม 2 ครั้ง ครั้งละ 2-3 วัน ปริมาณน้ำในลำน้ำปิงที่สะพานนวรัฐวัดได้ 496 ลบ.ม./วินาที และ 453 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ น้ำท่วมที่ลุ่มในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ลึกประมาณ 30-50 ซม.

6.2.2 สภาพน้ำท่วมและความเสียหาย ปี พ.ศ.2548

ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2548 จังหวัดเชียงใหม่ได้เกิดร่องความกดอากาศต่ำหรือร่องมรสุม รวมทั้งอิทธิพลของพายุโซนร้อนพาดผ่านภาคเหนือ ทำให้เกิดฝนตกหนักในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนถึง 4 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 เกิดพายุดีเปรสชั่น ระหว่างวันที่ 13-15 สิงหาคม 2548, ครั้งที่ 2 เกิดพายุโซนร้อนวิเซนเต ระหว่างวันที่ 21-23 กันยายน 2548, ครั้งที่ 3 เกิดพายุโซนร้อนดอมเรย ระหว่างวันที่ 26 กันยายน - 2 ตุลาคม 2548 และครั้งที่ 4 เกิดพายุโซนร้อนไคตั๊ก ระหว่างวันที่ 24-30 ตุลาคม 2548 ซึ่งเหตุการณ์ฝนตกหนักดังกล่าว ทำให้เกิดปริมาณฝนที่วัดได้บริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบนมีปริมาณมากกว่าปกติ ดังเช่น วันที่ 12 สิงหาคม 2548 มีปริมาณฝนตกมากที่สุดเป็นสถิติคือ ที่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ วัดปริมาณฝนได้ถึง 200.3 มม. นอกจากนี้ยังประกอบกับที่ อ.เมือง จ.พะเยา วัดได้ 154.3 มม. , อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน 118.0 มม. , อ.ท่าวังผา 117.9 มม. , อ่างขาง อ.ฝาง 88.2 มม. , และ แม่โจ้ อ.สันทราย 87.0 มม. ส่วนในตัวเมืองเชียงใหม่ ปริมาณฝนวัดได้ 38.5 มม. ในขณะที่ปริมาณฝนที่กรมอุตุนิยมวิทยาถือหนักมากนั้น โดยทั่วไปอยู่ที่ 90.0 มม.เท่านั้น จึงทำให้เกิดน้ำหลากจากพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนไหลหลากเข้าสู่พื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งปริมาณน้ำสูงสุดวัดได้ที่บริเวณสะพานนวรัฐ (สถานีวัดน้ำ P.1) ประมาณ 754 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่ขีดความสามารถของลำน้ำที่รับได้อยู่ที่ประมาณ 460 ลบ.ม./วินาที จึงทำให้เกิดน้ำไหลบ่าล้นตลิ่งบริเวณชุมชนริมแม่น้ำ เช่น สำนักงานเทศบาลนครเชียงใหม่ ตลาดต้นลำใย สะพานนวรัฐ ศูนย์การค้า ตลาดไนท์พลาซ่า ถนนช้างคลาน ค่ายกาวิละ จนถึงถนนเลี่ยงเมือง ซึ่งค่าระดับน้ำที่วัดได้ที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำ P.1 บริเวณสะพานนวรัฐมีค่าถึง 4.90 ม. ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับน้ำท่วมหนักมาก โดยบริเวณที่ได้รับความเสียหายจากปริมาณน้ำหลากไหลล้นตลิ่งเข้าพื้นที่เทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 7

สภาพน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่

สภาพน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่

สภาพน้ำท่วมบริเวณย่านไนท์บาซาร์

สภาพน้ำท่วมบริเวณย่านไนท์บาซาร์

สภาพน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่

สภาพน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่

ภาพที่ 7 สภาพพื้นที่น้ำท่วมและความเสียหายจากอุทกภัย ปี พ.ศ.2548

ที่มา: กรมชลประทาน (2548)

โดยความเสียหายและความเดือนร้อนที่เกิดขึ้นมีทั้งต่อภาคราชการและภาคเอกชน สามารถจำแนกได้ดังนี้

1) ความเสียหายต่อทรัพย์สินและความเดือนร้อนของประชาชน ประกอบด้วย ผู้ประกอบการค้ารายย่อยขาดรายได้ เกษตรกรได้รับความเดือดร้อน ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมได้รับความเดือดร้อน วัดและสถานศึกษาได้รับความเดือดร้อน เป็นต้น

2) ค่าใช้จ่ายในภาคราชการเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วม เช่น ค่าใช้จ่ายในการยกระดับถนนให้พ้นระดับน้ำ ค่าใช้จ่ายในการเรียงกระสอบทรายและสูบน้ำออก เป็นต้น

7. การดำเนินการและบำรุงรักษาระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ

การดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ ในปัจจุบันเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมขึ้นเทศบาลฯ โดยสำนักช่างจะดำเนินการเรียงกระสอบทรายและติดตั้งเครื่องสูบน้ำชั่วคราวเพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ นอกจากนั้นยังมีการขุดลอกคู/คลอง ลำเหมือง ท่อระบายน้ำและบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำอีกด้วย

8. การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

8.1 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำปิงตอนบนและพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2547) ได้จัดทำโครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อการพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำปิงตอนบน ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา ออกแบบ และติดตั้งระบบโทรมาตร เพื่อการพยากรณ์น้ำและเตือนภัยในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยเฉพาะการพยากรณ์และเตือนภัยให้กับชุมชน ที่อยู่อาศัย และเขตเศรษฐกิจของจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีช่วงเวลาการดำเนินโครงการ 2 ปี คือ ปี พ.ศ.2547 – 2549 รายละเอียดของงานประกอบไปด้วย การศึกษา สำรวจ ออกแบบ และติดตั้งระบบโทรมาตร รวมถึงแผนงานในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์น้ำและบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำพร้อมกับงานถ่ายทอดเทคโนโลยีและการฝึกอบรมการใช้ระบบ

คณะกรรมการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมจังหวัดเชียงใหม่ (2549) ได้จัดทำแผนงานแก้ไขปัญหาน้ำท่วมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ในรูปแบบการใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง โดยแบ่งแผนงานออกเป็น แผนงานระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว โดยมีการแบ่งปีงบประมาณออกเป็น 4 ปี คือ ปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2552 หน่วยงานที่รับผิดชอบการดำเนินงานร่วมกันประกอบด้วย กรมชลประทาน กรมที่ดิน กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น รายละเอียดของงานประกอบไปด้วย มาตรการการเตือนภัยล่วงหน้า มาตรการการชะลอน้ำหลากด้วยการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำ และแก้มลิง มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของแม่น้ำปิงด้วยการขุดลอกทางน้ำ การสร้างผนังกั้นน้ำ การปรับปรุงฝายและอาคารระบายน้ำ รวมถึงการแก้ไขปัญหาการรุกล้ำทางน้ำ

8.2 การศึกษาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2545) ได้จัดทำโครงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาจัดทำแผนหลักการบริหารจัดการน้ำท่วมที่ประกอบไปด้วยการศึกษาเพื่อเสนอแผนทางเลือกระบบป้องกันน้ำท่วมระบบระบายน้ำ และระบบคาดการณ์น้ำหลาก เพื่อการบรรเทาความเสียหายทางอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2531 และปี พ.ศ.2543 ที่สอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2545) และอนาคต (ปี พ.ศ.2562) รวมไปถึงการจัดลำดับความสำคัญของโครงการในแผนหลัก และการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นและวิธีการแก้ไข

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2545) ได้จัดทำโครงการบรรเทาอุทกภัยจังหวัดจันทบุรี ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนหลักของโครงการที่ประกอบด้วยระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ และระบบคาดการณ์/เตือนภัย สำหรับชุมชนเมืองทุกแห่งทั่วทั้งจังหวัดจันทบุรีและพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง โดยพิจารณาในภาพรวมระดับลุ่มน้ำเพื่อบรรเทาความเสียหายจากอุทกภัยในลุ่มน้ำ โดยคำนึงถึงการลดความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยโดยให้สอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน และให้สามารถรองรับอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยอื่นๆ รวมไปถึงจัดลำดับความสำคัญของโครงการ ศึกษาความเหมาะสมในส่วนที่เป็นแผนงานระยะเร่งด่วน ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามพรบ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 และผลกระทบต่อเศรษฐกิจ-สังคม พร้อมทั้งแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม ออกแบบเพื่อจัดทำ Tender Design Drawing

และจัดทำเอกสารประกวดราคาสำหรับงานที่มีความสำคัญสูง และพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการและคาดการณ์อุทกภัย

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี (2537) ได้จัดทำโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาไปใช้ในการศึกษาศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยแยกเป็นแผนพัฒนาทั้งระยะสั้นระหว่างปี พ.ศ.2537-พ.ศ.2539 และระยะยาวระหว่างปี พ.ศ.2540-พ.ศ.2549

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ทำการศึกษาเพื่อดำเนินการโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก โดยมีจุดมุ่งหมายในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในภาพรวมของลุ่มน้ำ เพื่อใช้เป็นกรอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ไปดำเนินการตามภาระหน้าที่อย่างเป็นระบบและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในเนื้อหาของการศึกษานี้ได้มีการเสนอแนะแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำป่าสักไว้ด้วย โดยแยกเป็นแผนการป้องกันอุทกภัยระยะสั้น และแผนป้องกันอุทกภัยระยะยาว

8.3 การศึกษาทั่วไป

การศึกษาการใช้แบบจำลองเพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำ และปรับเทียบแบบจำลองจากสภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในอดีต หรือโดยการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ รวมทั้งการศึกษาหาแนวทางบรรเทาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำ

ยิ่งปลิว (2535) ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ “Hydrodynamic Model of ChaoPhraya River System” ที่ได้พัฒนาขึ้นในปี 2518 ในการจำลองแบบน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำหลัก และตลิ่ง และสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกั้นน้ำ โดยใช้ข้อมูลน้ำท่วมในปี 2513 และ 2518

วัชรี (2538) ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 ในการพยากรณ์ลุ่มน้ำอู่ตะเภา เพื่อทำการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม ณ สถานีหาดใหญ่ โดยการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ในลุ่มน้ำทั้งในส่วนของ NAM (NAM parameters) เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และส่วนของ hydrodynamic ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำจนกระทั่งระดับน้ำและปริมาณน้ำที่คำนวณจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าสำรวจวัดมากที่สุด หลังจากนั้นนำค่าตัวแปรต่างๆที่ได้ไปทดลองใช้ในการพยากรณ์ จนกระทั่งผลการพยากรณ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับสำหรับการพยากรณ์ประจำวัน

นุชนารถ (2540) ศึกษาสภาวะน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 เพื่อจำลองเลียนแบบสภาวะการเกิดอุทกภัยของตัวเมืองเชียงใหม่และบริเวณใกล้เคียง โดยการศึกษาสภาวะน้ำท่วมนี้ได้วิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2537 จำนวน 2 เหตุการณ์ ซึ่งประกอบด้วยกราฟน้ำหลากขนาดเล็กที่มีการไหลเฉพาะในแม่น้ำ และกราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ที่มีการไหลล้นตลิ่งลงสู่ทุ่งน้ำท่วม จากการสอบเทียบแบบจำลอง แสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำหลากที่ได้จากการบันทึกข้อมูลเข้ากันได้ดีเป็นที่ยอมรับได้ กับกราฟน้ำหลากที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 ผลการสอบเทียบแบบจำลองจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning's n ทั้งในแม่น้ำและทุ่งน้ำท่วม ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยที่เหมาะสมต่อการเกิดอุทกภัยในแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ สำหรับแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยนั้นมีหลายทางเลือก เช่น การปรับปรุงสภาพแม่น้ำให้ลึกหรือกว้างขึ้นเพื่อเพิ่มความจุของแม่น้ำ การสร้างพนังกั้นน้ำเพื่อป้องกันการไหลล้นตลิ่ง และการผันน้ำ

กรมชลประทาน (2541) ได้จัดทำแผนรวมเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยแบ่งพื้นที่สำหรับการพัฒนาและงานบรรเทาน้ำท่วมเป็น 4 ส่วนคือ ที่ราบภาคกลางตอนบนทางใต้ของจังหวัดนครสวรรค์ (ระหว่างนครสวรรค์กับชัยนาท) ที่ราบสามเหลี่ยมปากแม่น้ำตอนบนในพื้นที่ราบภาคกลางตอนล่าง (ท้ายน้ำของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา) โดยมาตรการที่นำมาใช้ได้ประกอบด้วยมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ได้แก่ การเสริมสร้างมาตรการควบคุมและการแนะนำการปรับปรุงการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ การตอบโต้ความเสียหายจากอุทกภัย การตอบสนองทางการเงิน การจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ กฎระเบียบและองค์กร และมาตรการด้านโครงสร้างได้แก่การปรับปรุงสภาพลำน้ำช่องผันน้ำ แอ่งชะลอการไหลของลำน้ำ (แบบธรรมชาติและแบบเสริมแต่ง) และการยกระดับคันกั้นน้ำในกรุงเทพมหานครให้สูงขึ้น

ยุพิน (2542) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 ในการจำลองมีสภาพน้ำท่วมของลุ่มน้ำบางปะกง ได้ทำการเทียมมาตรฐาน ทั้งการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า และการจำลองสภาพการไหลใน

แม่น้ำบางปะกงตอนกลางถึงตอนล่าง ซึ่งการศึกษาเทียบมาตรฐานแบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า พบว่าชลภาพน้ำท่าที่ได้จากการจำลองและที่เกิดขึ้นจริงที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 สอดคล้องกันมากที่สุด และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) อยู่ในช่วง 0.76-0.97 ส่วนผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำท่วม พบว่ามีสภาพการไหลและระดับน้ำที่ได้จากการจำลองและที่เกิดขึ้นจริงในแม่น้ำนครนายก ปราจีนบุรี และบางปะกง มีความสอดคล้องมากที่สุดเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเท่ากับ 0.033 หรือ manning number เท่ากับ 30 จากการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (NAM MODEL) พบว่าความจุผิวดินสูงสุด (Umax) ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (Lmax) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQ01) และค่าพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำ (CK_1, CK_2) จะมีผลต่อการจำลองชลภาพน้ำท่าทั้งค่าอัตราการไหลสูงสุดและปริมาณน้ำท่า โดยเฉพาะ CK_1, และ CK_2 จะมีผลต่อการเกิดน้ำท่าสูงสุด ส่วนผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำท่วม (HD-MODEL) พบว่าการลดค่า manning number จะให้ค่าระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนการเพิ่มค่า manning number จะทำให้ค่าระดับน้ำลดลงเพียงเล็กน้อย จากผลการทำนายระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำบางปะกงสายหลักในลุ่มน้ำตอนกลางและล่าง พบว่าตั้งแต่ที่คาบอุบัติ 25 ปีขึ้นไประดับน้ำสูงสุดจะล้นคันกั้นน้ำช่วงตั้งแต่อำเภอบางคล้าขึ้นไปจนถึงอำเภอเมืองปราจีนบุรีในลุ่มน้ำทั้งในส่วนของ NAM (NAM parameters) เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และส่วนของ Hydrodynamic ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำจนกระทั่งระดับน้ำและปริมาณน้ำที่คำนวณจากแบบจำลอง มีค่าใกล้เคียงกับสำรวจวัดมากที่สุดหลังจากนั้นนำค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ไปทดลองใช้ในการพยากรณ์ จนกระทั่งผลการพยากรณ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับสำหรับการพยากรณ์ประจำวัน

อรรถพล (2543) เลือกจำลองคณิตศาสตร์ ISIS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้จำลองสภาพการไหลในทางน้ำเปิด นำมาจำลองสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมในแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำต่าง ๆ และสืบหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลในแม่น้ำ โดยทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS กับข้อมูล ที่ตรวจวัดจากสนามด้วยเงื่อนไขของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงวันที่ 1 กันยายน ถึง 30 พฤศจิกายน 2538 พร้อมทั้งศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน มีสามแนวทาง แนวทางที่หนึ่งคือการเสริมคันกั้นน้ำตลอดแนวแม่น้ำโดยบังคับไม่ให้น้ำไหลล้นคันกั้นน้ำ พบว่าจะต้องเสริมคันกั้นน้ำของแม่น้ำตั้งแต่ 1.5 ถึง 5.0 เมตร ส่วนแนวทางที่สองคือการสร้างทางผันน้ำจากบางไทรสู่อ่าวไทยด้วยความจุ 1,500 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และต้องเสริมคันกั้นน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาเหนือบางไทรและแม่น้ำสาขา และแนวทางที่สาม คือการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่เก็บน้ำชั่วคราว (แก้มลิง) ในทุ่งน้ำท่วม

เหนือบางไทร โดยมีปริมาตรเก็บกักที่ไม่น้อยกว่า 4,200 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเห็นว่าแนวทางบรรเทาอุทกภัยทั้งสามแนวทางนี้มีผลต่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่เหมือนกันแต่มีความแตกต่างกันในด้านราคาลงทุนด้านเศรษฐกิจและสังคม (โดยเฉพาะการยอมรับทางด้านสังคม)

นิปัทม์ (2544) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS มาใช้ในการประมวลผล ทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยวิธีสภาพน้ำท่วมปี 2538 และพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้สภาพน้ำท่วมปี 2539 โดยใช้พื้นที่ที่คัดเลือกให้เป็นทุ่งน้ำท่วมส่วนใหญ่อยู่บริเวณเหนือจังหวัดพระนครศรีอยุธยาอยู่ในเขตโครงการมหาราช โคกกะเทียม เริงราง ยางมณี และผักไห่ และศึกษาแนวทางการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งน้ำท่วม 4 แนวทาง คือ 1. กรณีไม่มีการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่ง 2. กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเท่ากับระดับน้ำสูงสุดของ ปตร. ที่ควบคุมระดับน้ำในทุ่ง 3. กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเต็มความจุของทุ่งและ 4. กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเต็มความจุของทุ่งและมีการก่อสร้างทุ่งน้ำท่วมเพิ่มเติม การปรับเทียบแบบจำลองสภาพน้ำท่วมจะใช้ข้อมูลน้ำท่วมที่เคยเกิดรุนแรงในอดีต เช่น ข้อมูลสภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2538 และ 2539 เป็นต้น

9. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

9.1 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองคณิตศาสตร์

การศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมของในเขตเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่นี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks RS เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำในคลองต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นโดย Sir William Halcrow & Partners Ltd และ HR Wallingford Ltd ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนน้ำท่า (Rainfall – Runoff) และแบบจำลองการไหลของน้ำแบบไฮโดรไดนามิก (Hydrodynamic)

โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 98 หรือ Window NT 4.0 (หรือระบบที่สูงกว่า) ที่ความเร็ว CPU ตั้งแต่ 200 MHz ขึ้นไป โดยแสดงผลบนจอภาพที่มีความละเอียด 1024 x 768 ด้วย VGA graphic card ซึ่งมีหน่วยความจำเป็น RAM ไม่น้อยกว่า 128 MB (แนะนำให้ใช้ 256 MB ขึ้นไป) และมีเนื้อที่ว่างในฮาร์ดดิสก์ไม่น้อยกว่า 500 MB

แบบจำลองสามารถจำลองระบบระบายน้ำฝนภายในพื้นที่ระบายน้ำแต่ละแห่งสามารถนำเข้าสู่ระบบรวมของคลองหลัก สถานีสูบน้ำ พื้นที่เก็บน้ำ ไหลผ่านสะพาน ท่อระบายน้ำ และอาคารชลศาสตร์ต่าง ๆ การคำนวณในโปรแกรมสามารถคำนวณได้ทั้งกรณีการไหลในทางน้ำเปิด (Open Channel Flow) และพื้นที่น้ำท่วม (Flood Plain) ของโครงข่าย (Network) ซึ่งสามารถใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น

1. การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมในทางน้ำ แม่น้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึง และพื้นที่ชะลอน้ำ
2. การไหลที่มีผลกระทบจากระดับน้ำขึ้น น้ำลงทางด้านท้ายน้ำ
3. ผลกระทบทางชลศาสตร์ของอาคาร หรือโครงสร้างต่อระบบของน้ำ
4. การออกแบบปรับปรุงแก้ไขระบบระบายน้ำเดิมสอดคล้องกับความต้องการ
5. การออกแบบและการปฏิบัติการที่เหมาะสมของระบบชลประทานและระบบการระบายน้ำ
6. การออกแบบและการปฏิบัติการ การระบายน้ำเนื่องจากพายุฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ปิดล้อม

การทำแบบจำลองคณิตศาสตร์จะใช้งานได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีข้อมูลเพียงพอต่อการจำลองพฤติกรรมของระบบ รวมทั้งเงื่อนไขที่ครอบคลุมระบบ ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการเพื่อนำไปสร้างแบบจำลองประกอบด้วย

1. โครงข่ายของระบบระบายน้ำ ที่มีข้อมูลประกอบด้วยรูปตัดตามขวางของคลอง ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นบัพ (Node) ระยะระหว่างรูปตัดตามขวางคลอง ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นช่วงลำน้ำ (link/reach) และอาคารทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็น Hydraulic Unit

2. ข้อมูลพื้นที่รับน้ำซึ่งเป็นข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ สภาพพื้นผิว และข้อมูลการใช้พื้นที่

3. ข้อมูลฝน เป็นข้อมูลกระจายตัวของความลึกฝนที่เวลาต่าง ๆ (มม./ช่วงเวลา)

4. ข้อมูลระดับน้ำที่จุดออกของระบบและข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าระบบที่จุดรับน้ำ

9.2 ส่วนประกอบในการสร้างแบบจำลองภายในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนของการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่นั้นๆ ไปยังจุดรับน้ำ

2. ส่วนของการสร้างแบบจำลองชลศาสตร์เป็นส่วนที่ใช้จัดทำโครงข่ายและจำลองสภาพการไหลของน้ำแบบทรงตัวมั่นและแบบไม่ทรงตัวในระบบระบายน้ำ

2.1 ส่วนของการสร้างแบบจำลองของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า (Runoff)

โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ในส่วนของการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าของแต่ละพื้นที่ระบายน้ำย่อยนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีรายงานการศึกษาน้ำท่วมของอังกฤษ เอฟเอสอาร์ (FSR UK Flood Studies Report 1975) และวิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ (SCS synthetic unit hydrograph) เป็นต้น ในการศึกษานี้จะใช้แบบจำลองในส่วนของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยใช้วิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ (SCS synthetic unit hydrograph) ซึ่งถูกพัฒนาโดย U.S. Soil conservation Service โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานคล้ายกับวิธี Rational Method เช่น พื้นที่รับน้ำ, สัมประสิทธิ์การไหล ปริมาณฝน เป็นต้น วิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ สามารถใช้คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด กราฟอัตราการไหลออก กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ได้โดยมีสมการพื้นฐานคือ

$$Q = (P-0.20S)^2/(P+0.90S) \quad (1)$$

เมื่อ

$$S = 1{,}000/CN-10 \quad (2)$$

โดย Q = ความลึกการไหลสะสม

P = ปริมาณฝนสะสม

S = ความลึกสูงสุดที่เก็บกักบนผิวดิน

CN = Curve Number

โดย CN จะขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ที่ดิน, ลักษณะพื้นผิว, ชนิดของดิน และความลาดชันของพื้นที่ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Municipal Storm Water Management, Thomas N.Debo & Andrew J.Reese.

2.2 ส่วนของการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณความลึกการไหลและอัตราการไหลแบบทรงตัวมั่นจะสามารถทำได้ 2 วิธีคือ Direct method และ Pseudo Time-stepping method สำหรับพื้นฐานการคำนวณการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่นจะอาศัยสมการ Saint-Venant แบบเต็มรูปแบบ ประกอบด้วยทฤษฎีพื้นฐานคือ กฎทรงมวล และโมเมนตัม ซึ่งกฎทรงมวลนั้นแสดงด้วยสมการความต่อเนื่อง สำหรับการแก้ไขสมการทางคณิตศาสตร์จะอาศัยวิธี Preissmann four-point implicit finite difference และวิธีเมตริกซ์ในการแก้สมการเพื่อหาผลลัพธ์ ในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละระยะทางตามที่ผู้ใช้กำหนด

องค์ประกอบของแบบจำลองของโปรแกรมย่อยทางชลศาสตร์ โดยการจำลองโครงข่ายของระบบคลอง จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นส่วนในนิพจน์ขององค์ประกอบทางชลศาสตร์ซึ่งเรียกว่ายูนิต โดยแต่ละยูนิตมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

1) Abstraction Unit ใช้เพื่อแสดงการระบายน้ำออกจากระบบโครงข่ายการระบายน้ำ

2) Bernoulli loss Unit ใช้เพื่อแสดงเงื่อนไขของระบบระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขทางชลศาสตร์และเงื่อนไขทางอุทกศาสตร์

3) Bridge Unit ใช้เพื่อแสดงการไหลผ่านสะพานที่มีขอบบนเป็นเส้นโค้งของวงกลม

4) Comment Unit ใช้เพื่อแสดงข้อความรายละเอียดของแบบจำลอง

5) Conduits Unit ใช้เพื่อแสดงพฤติกรรมการไหลผ่านท่อลอดทั้งท่อกลม ท่อเหลี่ยมและท่อรูปแบบต่างๆ ที่สมมาตร

6) Interpolate Unit ใช้เพื่อสร้างหน้าตัดเพิ่มระหว่าง 2 หน้าตัดที่มีข้อมูล

7) Junction Unit ใช้เพื่อนิยามถึงจุดต่อของคลอง ลำน้ำ หรือทางรับน้ำ

8) Orifice Unit ใช้เพื่อจำลองสภาวะการไหลแบบออริฟิซ

9) Pump Unit ใช้เพื่อแสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่อยู่ในระบบ

10) Rating Curve Unit ใช้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำเพื่อช่วยในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมโดยวิธี Muskingum

11) Replicate Unit เป็นยูนิตเพื่อคัดลอกหน้าตัดที่อยู่ทางเหนือน้ำ

12) Reservoir Unit ใช้แสดงบึงรับน้ำ หรือพื้นที่ลุ่มและใช้สำหรับในการคำนวณแบบไม่ทรงตัวมั่น

13) River Unit ใช้แสดงหน้าตัดของลำน้ำที่ได้จากการสำรวจและหน้าตัดที่ออกแบบ

14) Rule Unit ใช้แสดงเงื่อนไขของการควบคุมการทำงานของอาคารชลศาสตร์ในลำน้ำ

15) Sluices Unit ใช้นิยามถึงอาคารชลศาสตร์ ที่เป็นประตูระบายทรายทั้งแบบที่เป็นบานตรงและบานโค้ง

16) Spill Unit ใช้นิยามการไหลล้นตลิ่งของลำน้ำหรือคลองไปสู่พื้นที่ลุ่มหรือลำน้ำลำคลองใกล้ ๆ

17) Weir Unit ใช้แสดงการไหลผ่านอาคารน้ำล้น หรือฝายกั้นลำน้ำ

10. ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณการไหลในทางน้ำ

การทำแบบจำลองแม่น้ำจะพิจารณาถึงผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างทางน้ำกับการควบคุมภายในและภายนอกของทางน้ำ ซึ่งการพิจารณาสภาพชลศาสตร์ดังกล่าวจะต้องพิจารณาถึงมวลและโมเมนตัมของน้ำในทางน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

10.1 การไหลของพลวัตในทางน้ำ (Hydrodynamic Channel Flow)

การเคลื่อนตัวของมวลน้ำในทางน้ำเปิดสามารถอธิบายได้โดยสมการ Saint-Venant ซึ่งประกอบด้วย 2 สมการคือ

$$\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial x}+\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial t}=q \qquad (3)$$

สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation)

โดย Q = อัตราการไหล

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล

X = ความยาวของช่วงลำน้ำที่พิจารณา

T = ช่วงเวลาที่พิจารณา

Q = อัตราการไหลเข้าทางด้านข้าง

สมการโมเมนตัม (Momentum Equation)

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{BQ^2}{A}\right]+gA\frac{\partial H}{\partial x}+gAS_f=0 \qquad (4)$$

เมื่อ

$$S_f=\frac{Q|Q|}{K^2} \qquad (5)$$

โดย H = เฮดการไหล

β = สัมประสิทธิ์โมเมนตัม

g = อัตราการเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

S_f = ความลาดชันเสียดทาน

โดย K คือดัชนีความจุของหน้าตัด ซึ่งคำนวณได้จากสมการของแมนนิ่งได้ดังนี้

$$K^2=\frac{A^2R^{4/3}}{N^2} \qquad (6)$$

เมื่อ

$$R=\frac{A}{P} \qquad (7)$$

โดย R = รัศมีชลศาสตร์
P = ความยาวเส้นขอบเปียก
N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ

สมการความต่อเนื่องจะนำมาใช้เพื่อปรับดุลยภาพระหว่างอัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกของพื้นที่ที่พิจารณาสำหรับสมการโมเมนตัม จะใช้เพื่อปรับดุลยภาพของแรงที่กระทำต่อมวลของน้ำที่เกิดจากแรงเฉื่อย แรงกระจายตัว แรงดึงดูดของโลก และแรงเสียดทาน

10.2 ขอบเขตภายนอก (External Boundaries)

คุณลักษณะของสมการ Saint-Venant สามารถใช้แสดงได้ทั้งการเกิดสภาวะไหลต่ำกว่าวิกฤติ (Sub-critical flow) และการไหลสูงกว่าวิกฤติ (Super-critical flow) โดยการไหลต่ำกว่าวิกฤติจะเกิดคลื่นการไหลไปทางเหนือน้ำท้ายน้ำ ส่วนการไหลสูงกว่าวิกฤติจะเกิดคลื่นน้ำไปทางท้ายน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งการเกิดสภาวะการไหลต่ำกว่าวิกฤติจะต้องการเฉพาะเงื่อนไขของทางเหนือน้ำเท่านั้น การกำหนดรูปแบบของเงื่อนไขขอบเขตจะกำหนดโดย 1) อัตราการไหลเทียบกับเวลา 2) ระดับน้ำเทียบกับเวลา และ 3) ระดับน้ำเทียบกับอัตราการไหล

10.3 ขอบเขตภายใน (Internal Boundaries)

ในการแสดงโครงข่ายระบบระบายน้ำแบบหนึ่งมิติ (One-dimensional) โครงข่ายจะถูกแบ่งออกด้วยขอบเขตภายใน ซึ่งอาจจะเป็นอาคารควบคุม การสูญเสียพลังงาน อ่างพักน้ำ หรือบึงพักน้ำ และจุดต่อเชื่อม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) อาคารควบคุม สมการคำนวณการไหลผ่านอาคารควบคุมที่ใช้ในโปรแกรม จะอ้างอิงกับสมการที่ได้จากการทดลองในเอกสารรายงานหรือการวิจัยที่มีอยู่

2) การสูญเสียพลังงาน การคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการขยายออก หรือบีบเข้าของทางน้ำจะใช้สมการ Bernoulli Loss โดยมีความสัมพันธ์กับกำลังสองของความเร็วน้ำทางด้านเหนือน้ำ ดังสมการ

3) อ่างพักน้ำหรือบึงพักน้ำ ในการพิจารณาอ่างพักน้ำหรือบึงพักน้ำจะบ่งบอกในลักษณะของพื้นที่เก็บกัก (Storage Area) โดยสมมติให้ผิวน้ำในพื้นที่เก็บกักอยู่ในแนวราบและไม่คำนึงถึงผลกระทบจากการเคลื่อนของผิวน้ำ และการนำยูนิตอ่างพักน้ำมาจำลองเป็นส่วนของพื้นที่น้ำท่วมก็สามารถทำได้ การคำนวณสมดุลของอัตราการไหลเข้าและไหลออกเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ (ความสูงพลังงาน) จะพิจารณาจากสมการ

4) จุดเชื่อม ในกรณีของการจำลองโครงข่ายแบบวงรอบหรือแบบแขนงยูนิตต่อจุดเชื่อมจะต้องนำมาใช้เพื่อพิจารณาถึงระดับน้ำของบัพที่ต่อกับจุดเชื่อมโดยใช้กฎทรงมวลและกฎของเคอร์ชอฟที่นำมาใช้กับการไหลและผลกระทบจากการเก็บกักของจุดต่อจะไม่นำมาพิจารณาแต่ถ้ามีผลกระทบจากปริมาตรเก็บกักก็สามารถแทนยูนิตจุดต่อตัวด้วยยูนิตอ่างพักน้ำได้เช่นกัน

10.3 การแก้สมการทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาของสมการ Saint-Venant โดยตรง (Analytically Solution) มีความยุ่งยากมากและไม่มีความยืดหยุ่นในการคำนวณ ดังนั้นโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์จึงใช้วิธีทางตัวเลข (Numerical Solution) ในการแก้สมการ ซึ่งจะมีความเหมาะสมมากกว่าและให้ผลลัพธ์ที่มีความเชื่อถือสำหรับการทำงานในด้านวิศวกรรม โดยใช้วิธีของ Preissmann implicit หรือ Preissmann 4 Point ดังแสดงในภาพที่ 8 มาใช้ในการคำนวณโดยมีสมการดังนี้

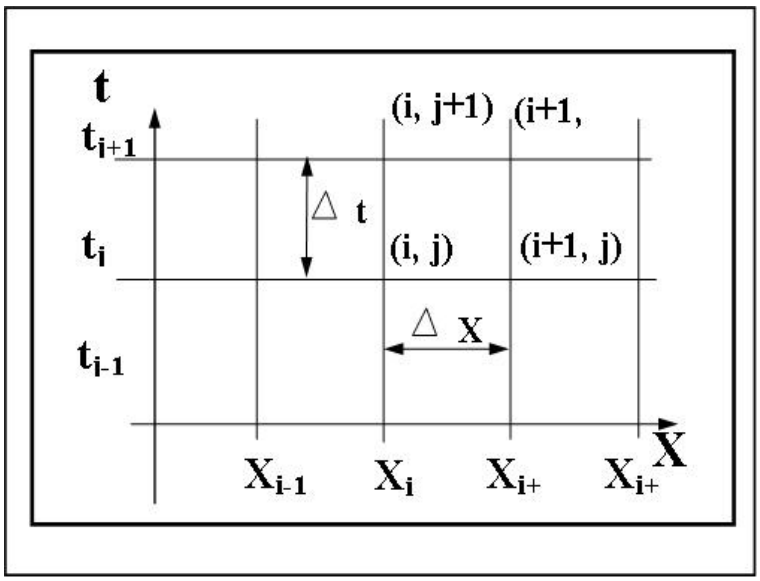
$$f(x,t): \frac{1}{2}\theta\left(f_{i+1}^{j+1} \right) + (1+\theta)\left(f_{i+1}^{j+} + f_i^{j} \right) \qquad (8)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta x}\theta\left(f_{i+1}^{j+1} - f_i^{j+1} \right) + (1-\theta)\left(f_{i+1}^{j} + f_i^{j} \right) \qquad (9)$$

เมื่อ f เป็น ฟังก์ชันของความลึกน้ำหรืออัตราการไหลที่จุด $(i + \frac{1}{2}, j + \theta)$

เมื่อ θ เป็นค่าถ่วงน้ำหนักมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 1.0

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t}\left| \left(f_{i+1}^{j+1} - f_i^{j+1} \right) + \left(f_{i+1 i+1}^{j} + f_i^{j} \right) \right| \qquad (10)$$



ภาพที่ 8 แสดงการคำนวณแบบ 4 จุด วิธี Preissmann implicit

จากการใช้วิธี Preissmann implicit รวมกับสมการ Saint-Venant สามารถเปลี่ยนรูปของสมการให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$aQ_i^{j+1} + bH_{i+1}^{j+1} + cQ_{i+1}^{j+1} + dH_{i+1}^{j+1} = e$$

ค่าคงที่ a, b, c, d และ e จะถูกคำนวณใหม่ทุก ๆ ครั้งของการทำซ้ำ ในแต่ละบัพ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พร้อมคู่มือ
3. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:250,000 และ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
4. แผนที่ 1:4,000 จัดทำโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง
5. รูปตัดตามขวาง และรูปตัดตามยาว ของทางน้ำที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา
6. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลชลศาสตร์ของทางน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา
7. ข้อมูลและตำแหน่งของอาคารชลศาสตร์ที่อยู่ในบริเวณที่ทำการศึกษา
8. ข้อมูลบันทึกค่าปริมาณน้ำและระดับน้ำบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2548
9. ข้อมูลแผนการพัฒนาคลองต่าง ๆ ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

วิธีการ

1. เก็บรวบรวมข้อมูล

ประกอบด้วยข้อมูลทางด้านภูมิประเทศและสภาพพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำ อุทกวิทยา ชลศาสตร์ และข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา

1.1 ข้อมูลทางด้านภูมิประเทศและสภาพพื้นที่บริเวณพื้นที่ศึกษา

1) แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:250,000 และ มาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร

2) แผนที่ผังเมืองเทศบาลนครเชียงใหม่ มาตราส่วน 1:4,000 จัดทำโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

3) แผนที่แสดงขอบเขตโครงการชลประทานในลุ่มน้ำปิงตอนบน

4) แผนที่แสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่

1.2 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา

ข้อมูลปริมาณฝนรายวันและระดับน้ำรายวัน จากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจำนวน 27 สถานี และสถานีตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำปิงจำนวน 8 สถานี ซึ่งเป็นของกรมชลประทาน ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีในภาพที่ 9 และแสดงรายละเอียดของสถานีดังตารางที่ 6

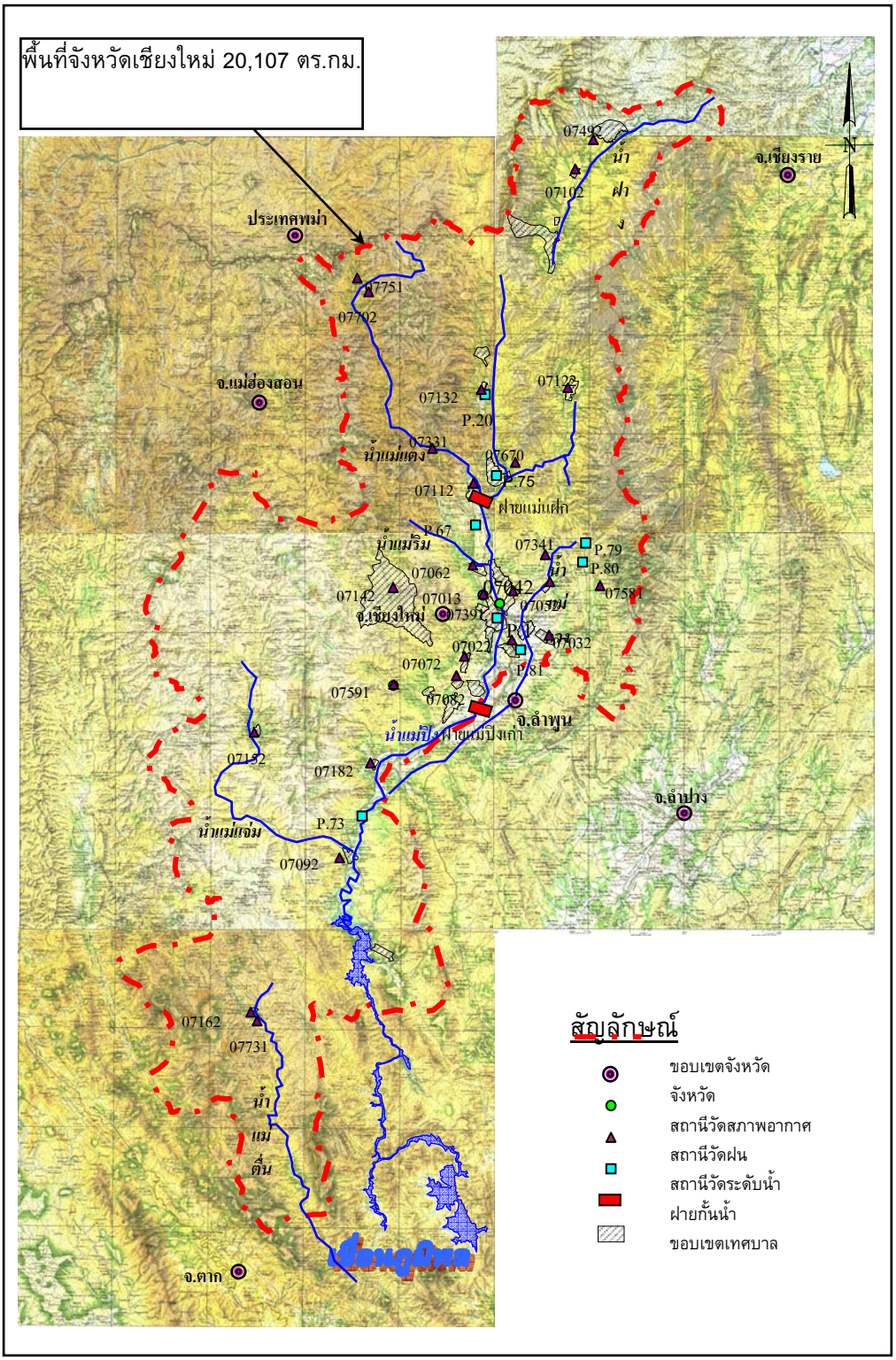
1.3 ข้อมูลด้านชลศาสตร์

ประกอบด้วยข้อมูลรูปตัดขวางทางน้ำซึ่งรวบรวมจากกรมชลประทาน ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลระดับคันกั้นน้ำ ระดับสันฝายต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1) หน้าตัดขวางทางน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลหน้าตัดขวางทางน้ำของน้ำแม่ปิง ทุกระยะประมาณ 100-500 เมตร น้ำแม่ริม น้ำแม่กวง น้ำแม่งัด น้ำแม่แตง และน้ำแม่ออน ทุกระยะประมาณ 500 เมตร เป็นข้อมูลจากกรมชลประทาน

2) อาคารชลศาสตร์ในลุ่มน้ำปิงตอนบน ประกอบด้วย ฝายท่าศาลา ฝายหนองผึ้ง และฝายท่าวังตาล เป็นข้อมูลจากกรมชลประทาน

3) ระดับคันกั้นน้ำและระดับถนนที่ทำหน้าที่เป็นคันกั้นน้ำบริเวณริมแม่น้ำปิงตั้งแต่ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 11 จนถึงสะพานถนนวงแหวนรอบกลางด้านใต้ เป็นข้อมูลจากกรมโยธาธิการและผังเมือง



ภาพที่ 9 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำในลุ่มน้ำปิง

ที่มา : กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 6 รายละเอียดสถานีตรวจวัดฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับ	รหัส	สถานที่	ลักษณะข้อมูล	จำนวน (ปี)
1	7013	อ.เมือง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
2	7022	อ.สารภี จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	28
3	7032	อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	29
4	7042	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	26
5	7052	อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
6	7062	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
7	7072	อ.หางดง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
8	7082	อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	29
9	7092	อ.ฮอด จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
10	7102	อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	28
11	7112	อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
12	7122	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
13	7132	อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	28
14	7142	อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
15	7152	อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
16	7162	อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
17	7182	อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
18	7331	แก่งคุด (P.13) อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	7
19	7341	แม่กวง (P.25) อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	20
20	7391	สำนักชลประทานที่ 1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
21	7492	อ.แม่อาย จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
22	7581	ห้วยแม่ลาย (P.36) อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	9
23	7591	บ้านปางเติม (P.41) อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	15
24	7670	โครงการแม่งัด (P.28A) จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	16
25	7702	อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	16
26	7731	บ้านแม่เถิน (P.64) อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	15
27	7751	บ้านเมืองปอก (P.65) อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	10
1	P.1	สะพานนวรัฐ อ.เมือง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	30
2	P.20	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	26
3	P.67	บ้านแม่แต อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	10
4	P.73	บ้านสบสร้อย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	8
5	P.75	บ้านเจ้าแล อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	7
6	P.79	บ้านแม่วัน อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	4
7	P.80	บ้านปองดิน อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	4
8	P.81	บ้านปอง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	สูงสุดรายวัน	3

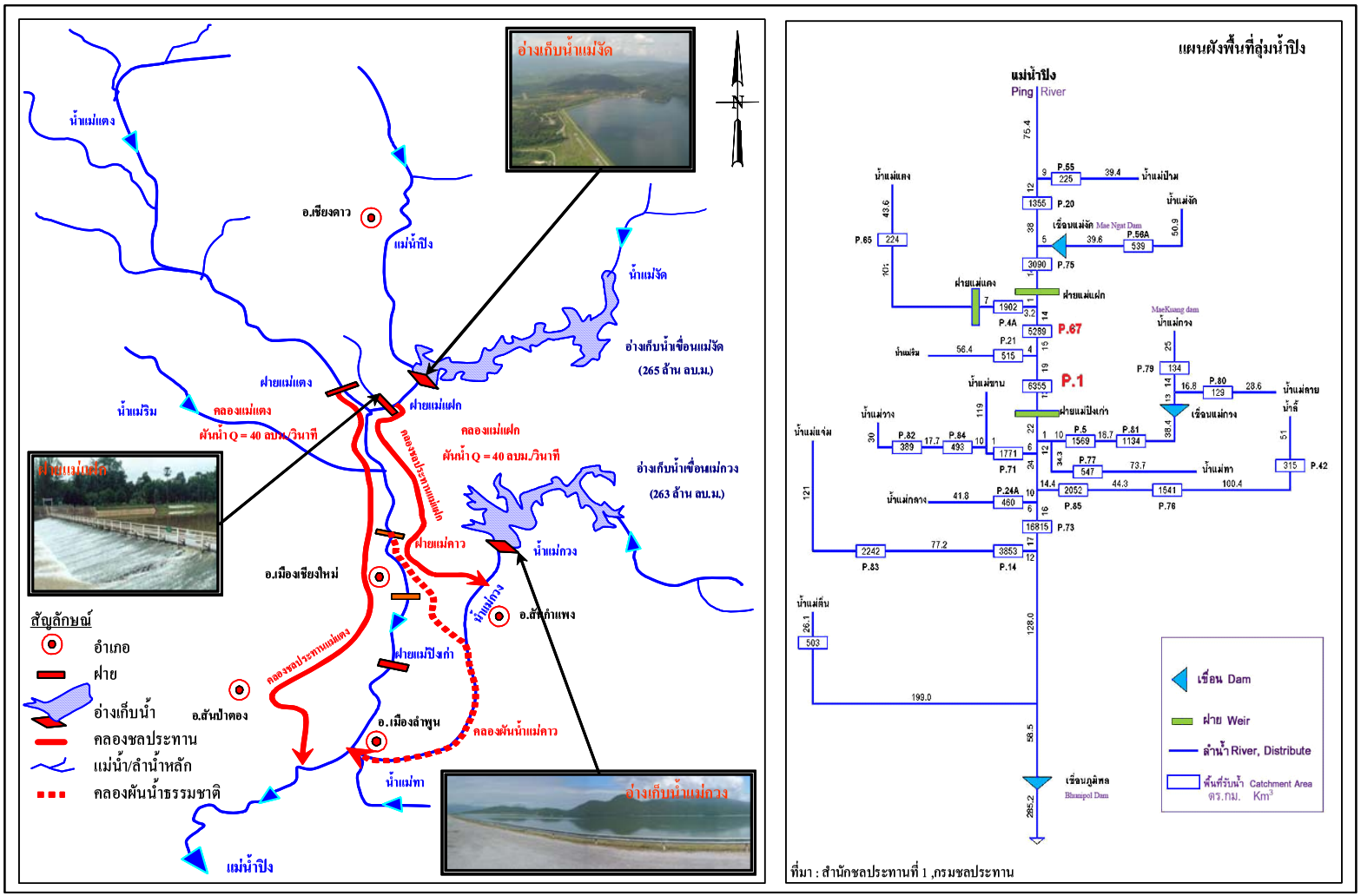
2. สร้างแบบจำลอง

2.1 กำหนดโครงข่ายทางน้ำและขอบเขตของแบบจำลอง

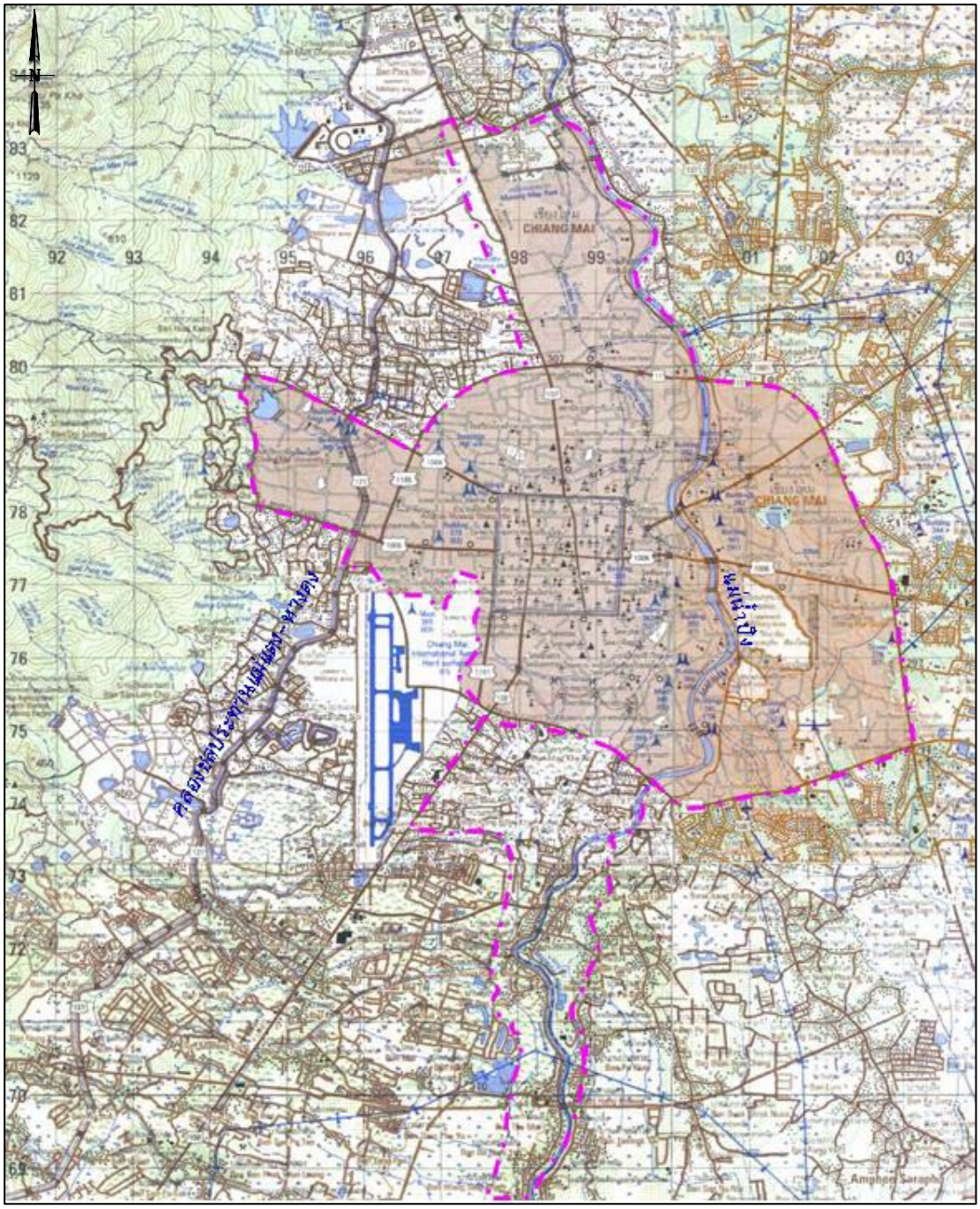
การกำหนดโครงข่ายทางน้ำพิจารณาจากสภาพพื้นที่ต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 10 ถึง 12 โดยภาพที่ 10 แสดงถึงโครงข่ายทางน้ำสายหลักในลุ่มน้ำปิงตอนบน ภาพที่ 11 แสดงพื้นที่ผังเมืองเทศบาลนครเชียงใหม่ และภาพที่ 12 แสดงสภาพพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2548 จะเห็นได้ว่า ทางน้ำหลักที่ไหลผ่านพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่คือแม่น้ำปิง และสาเหตุหลักของเหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2548 เกิดจากปริมาณน้ำหลากล้นตลิ่งจากแม่น้ำปิงเข้าสู่พื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่เกิดจากน้ำท่าที่เกิดจากปริมาณฝนที่ตกหนักที่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน บริเวณ อ.เชียงดาว อ.อ่างขาง อ.ท่าวังผา ฯลฯ ซึ่งปริมาณน้ำท่าดังกล่าวไหลเข้าสู่ตัวเทศบาลเมืองเชียงใหม่ทำให้เกิดการไหลหลากล้นเข้าพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษานี้จะกำหนดขอบเขตโครงข่ายแบบจำลองโดยกำหนดเงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำอยู่ที่สถานี P.67 บ้านแม่แต อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ และสถานี P.21 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ซึ่งทั้งสองตำแหน่งเป็นจุดตรวจวัดน้ำที่ครอบคลุมและรวบรวมปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากลุ่มน้ำปิงตอนบนได้ทั้งหมด ในส่วนของเงื่อนไขขอบด้านท้ายน้ำอยู่ที่ฝายหนองสลึก อ.เมือง จ.ลำพูน ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ไปทางด้านท้ายน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร ซึ่งไม่ส่งผลให้เกิดผลกระทบด้านท้ายน้ำ (backwater effect) ในการศึกษา โครงข่ายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 13

2.2 ปรับเทียบแบบจำลอง

เพื่อให้แบบจำลองโครงข่ายทางน้ำที่จัดทำขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบระบายน้ำตามธรรมชาติของลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับใช้ในการศึกษาสำหรับกรณีศึกษาต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือต่อไป ต้องทำการปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการจำลอง ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า สำหรับการคำนวณน้ำฝนเป็นน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ในการศึกษานี้ได้ใช้การคำนวณน้ำฝน-น้ำท่าด้วยวิธีของ SCS คำนวณสภาพการไหลน้ำท่าในรูปของฝนเดี่ยว (single storm) และจะจำลองการไหลเฉพาะในช่วงน้ำหลากเท่านั้นซึ่งแนวทางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังกล่าวจะนำมาจากค่าที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 และ 8

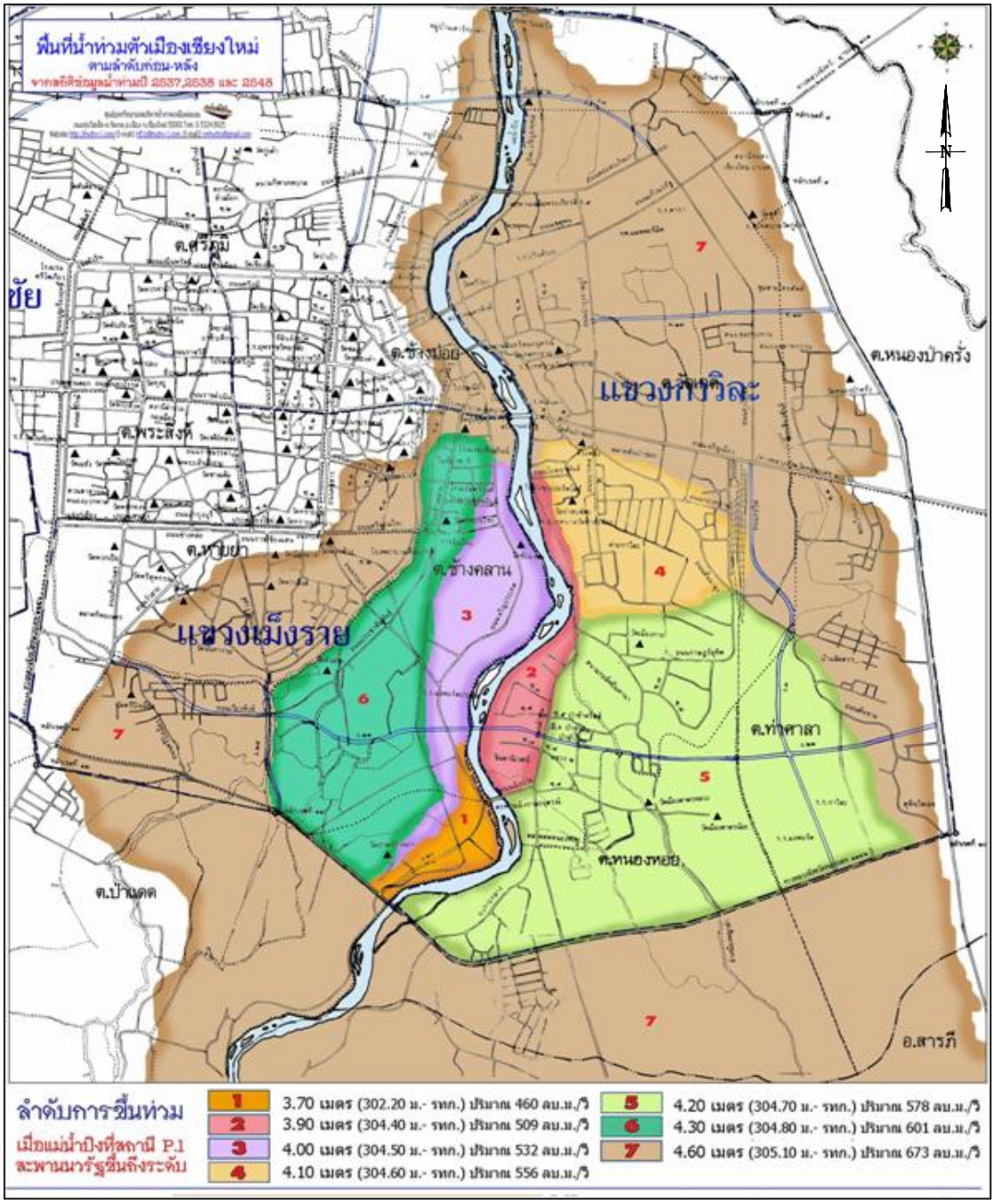


ภาพที่ 10 โครงข่ายทางน้ำสายหลักในลุ่มน้ำปิงตอนบน



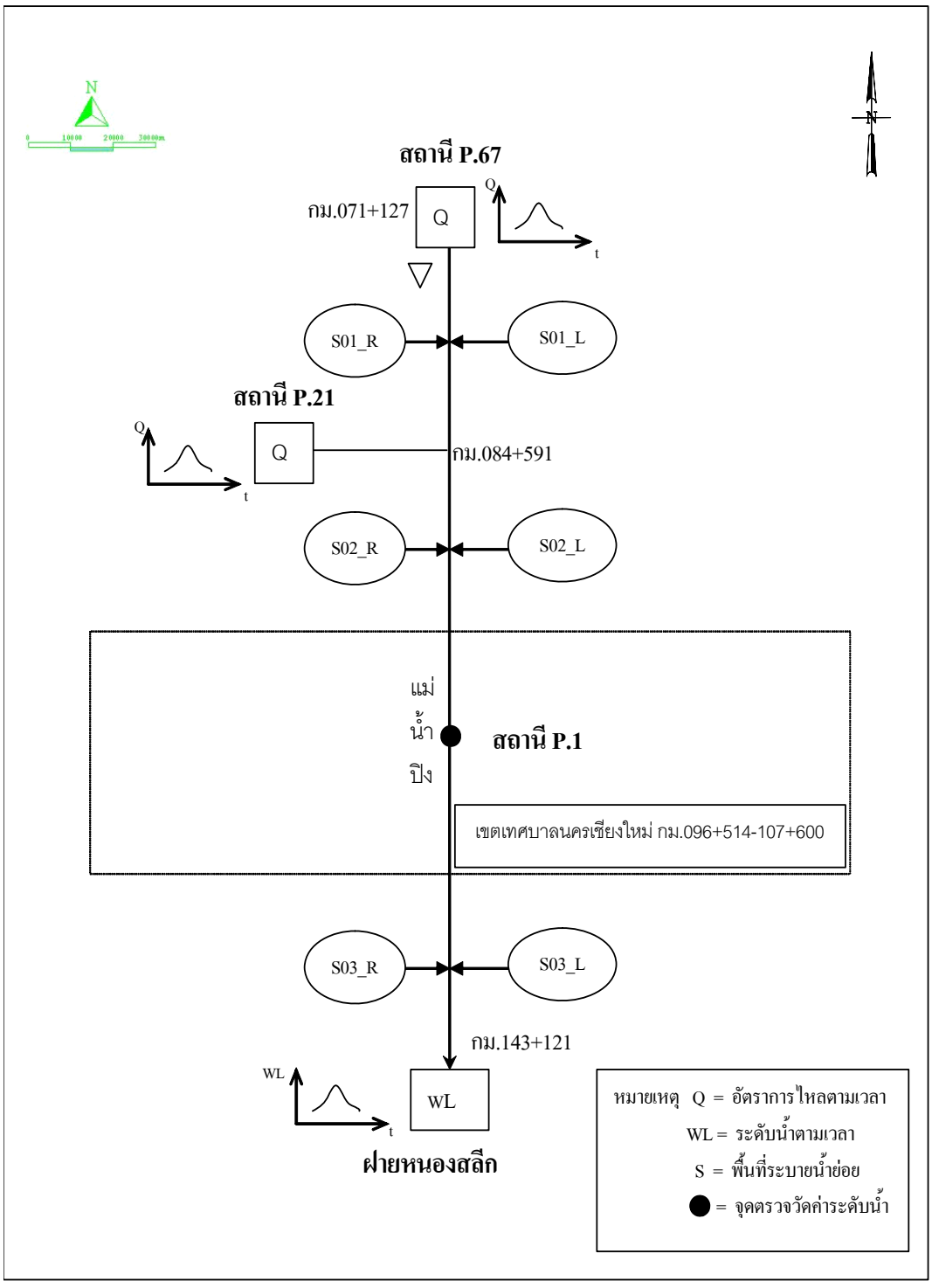
ภาพที่ 11 พื้นที่ผังเมืองเทศบาลนครเชียงใหม่

ที่มา: เทศบาลนครเชียงใหม่ (2548)



ภาพที่ 12 สภาพพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2548

ที่มา: กรมชลประทาน (2548)



ภาพที่ 13 ผังโครงข่ายแบบจำลองศึกษาแนวทางป้องกันอุทกภัยพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ตารางที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำธรรมชาติ

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
1.แม่น้ำสายรอง (ความกว้างของผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัยน้อยกว่า 100 ฟุต			
1.1 แม่น้ำที่ไหลบนที่ราบลุ่ม			
1) ทางน้ำตรงและสะอาด	0.025	0.030	0.033
2) เหมือน 1) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุม	0.030	0.035	0.040
3) ทางน้ำคดเคี้ยวและสะอาด มีแอ่งและหาดทรายใต้น้ำ	0.033	0.040	0.045
4) เหมือน 3) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุมบ้าง	0.035	0.045	0.050
5) เหมือน 4) แต่มีระดับตื้น รูปร่างไม่สม่ำเสมอ	0.040	0.048	0.055
6) เหมือน 4) แต่มีก้อนหินมาก	0.045	0.050	0.060
7) การไหลค่อนข้างช้า มีแอ่งลึก ปกคลุมด้วยวัชพืช	0.050	0.070	0.080
8) ปกคลุมด้วยวัชพืชมาก มีแอ่งลึก ไม้ยืนต้นหนาแน่น	0.075	0.100	0.150
1.2 แม่น้ำที่ไหลจากหุบเขา ปราศจากพืชพรรณในทางน้ำแต่ มีไม้ยืนต้นและไม้พุ่มบนตลิ่งซึ่งจมอยู่ในขณะระดับน้ำสูง			
1) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่บ้างเล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
2) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่มาก	0.040	0.050	0.070
2.ที่ราบตลิ่งน้ำท่วมถึง			
2.1 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ปราศจากหมู่ไม้พุ่ม			
1) หญ้าพันธุ์สั้น	0.025	0.030	0.035
2) หญ้าพันธุ์สูง	0.030	0.035	0.050
2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
1) ไม่มีการปลูกข้าว	0.020	0.030	0.040
2) ปลูกข้าวแบบปักดำ	0.025	0.035	0.040
3) ปลูกข้าวแบบนาหว่าน	0.030	0.040	0.050
2.3 หมู่ไม้พุ่ม			
1) กระจัดกระจาย มีวัชพืชปกคลุม	0.035	0.050	0.070
2) มีความหนาแน่นน้อยในฤดูหนาว	0.035	0.050	0.060
3) มีความหนาแน่นน้อยในฤดูร้อน	0.040	0.060	0.080
4) มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูงในฤดูหนาว	0.045	0.070	0.110
5) มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูงในฤดูร้อน	0.070	0.100	0.160
2.4 ไม้ยืนต้น			
1) ลำต้นตรง มีความหนาแน่นสูงในฤดูร้อน	0.110	0.150	0.200
2) พื้นที่ว่างเปล่า มีตอไม้ ไม่มีลำต้นอ่อน	0.030	0.040	0.050

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
3) เหมือน 2) แต่มีความหนาแน่นของไม้ลำต้นอ่อนสูง	0.050	0.060	0.080
4) มีไม้ยืนต้นมาก มีไม้แคระและไม้ที่กำลังโตเล็กน้อย ระดับน้ำท่วมอยู่ใต้กิ่งก้านใบ	0.080	0.100	0.120
5) เหมือน 4) แต่มีระดับน้ำท่วมกิ่งก้านใบ	0.100	0.120	0.160
3.แม่น้ำสายหลัก (ความกว้างผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัยมากกว่า 100 ฟุต)			
3.1 หน้าตัดการไหลเป็นระเบียบ ไม่มีก้อนหินใหญ่หรือไม้พุ่ม	0.025	.....	0.060
3.2 หน้าการไหลเป็นระเบียบ และมีความขรุขระ	0.035	.....	0.010

ที่มา: Chow (1973)

ตารางที่ 8 ค่า CN สำหรับพื้นที่ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน

ชนิดของการใช้ที่ดิน	กลุ่มดินทางอุทกวิทยา			
	A	B	C	D
1. พื้นที่เพาะปลูก				
อนุรักษ์	72	81	88	91
ไม่อนุรักษ์	62	71	78	81
2. ทุ่งเลี้ยงสัตว์หรือทิวเขา				
สภาพดี	68	79	86	89
สภาพไม่ดี	39	61	74	80
3. Meadow, สภาพดี	30	58	71	78
4. ที่ดินที่เป็นป่าไม้				
ไม่หนาแน่น	45	66	77	83
หนาแน่นดี	25	55	70	77
5. ที่โล่ง, สนามหญ้า, สวนสาธารณะ, สนามกอล์ฟ, สุสาน				
สภาพดี(มีหญ้าคลุมเท่ากับหรือมากกว่า 75% ของพื้นที่)	39	61	74	80
สภาพปานกลาง(มีหญ้าคลุม 50% - 75% ของพื้นที่)	49	69	79	84
6. พื้นที่ธุรกิจและพาณิชยกรรม (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 85%)	89	92	94	95
7. เขตอุตสาหกรรม (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 72%)	81	88	91	93
8. ย่านที่อยู่อาศัย				
พื้นที่ประมาณ 1/8 เอเคอร์หรือน้อยกว่า, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 65%	77	85	90	92

ตารางที่ 8 (ต่อ)

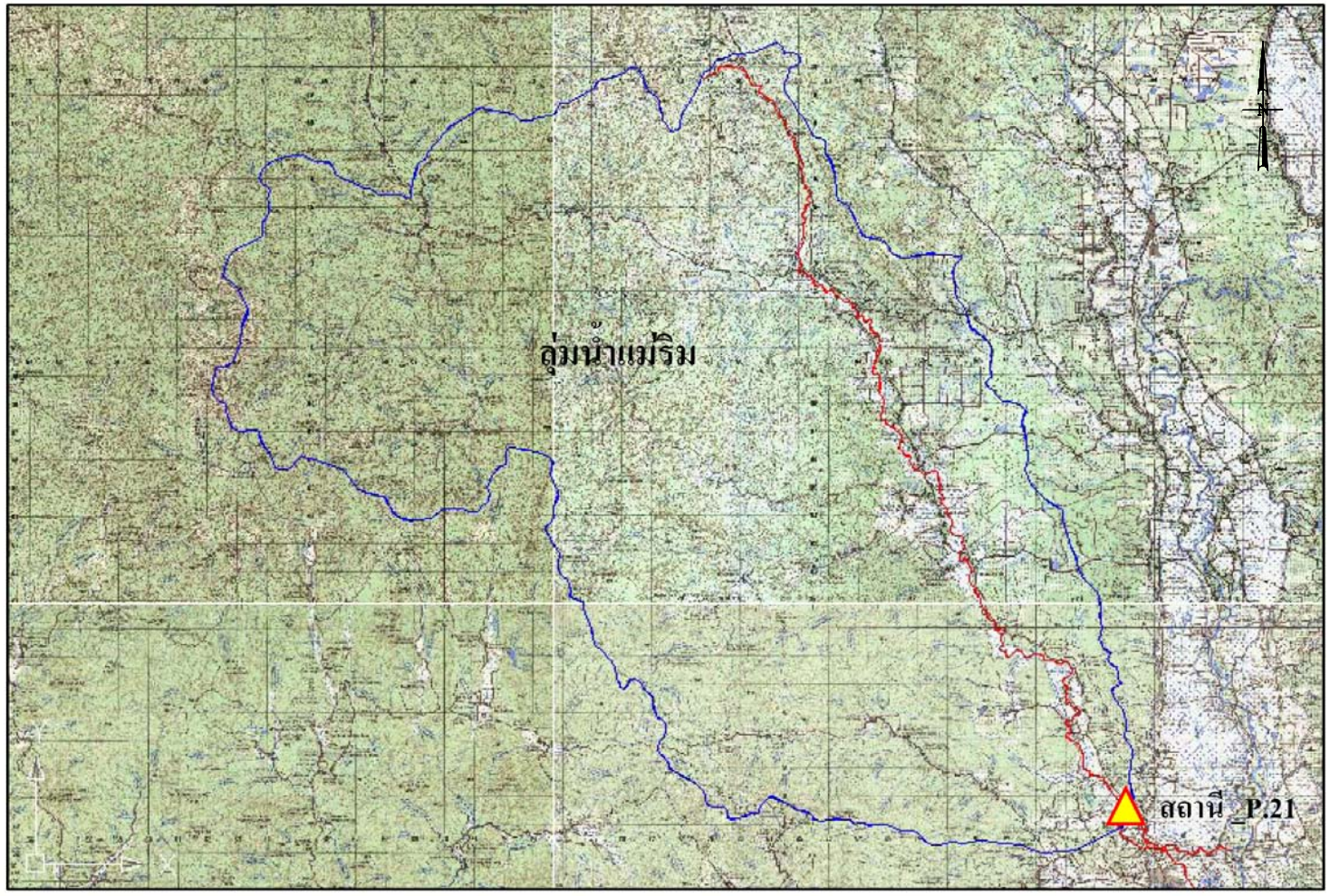
ชนิดของการใช้ที่ดิน	กลุ่มดินทางอุทกวิทยา			
	A	**B**	**C**	**D**
พื้นที่ประมาณ 1/4 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 38%	61	75	83	87
พื้นที่ประมาณ 1/3 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 30%	57	72	81	86
พื้นที่ประมาณ 1/2 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 25%	54	70	80	85
พื้นที่ประมาณ 1 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 20%	51	68	79	84
9. ลานจอดรถ, หลังคา, ถนนสายเล็ก ๆ	98	98	98	98
10. ถนนหลัก				
ไหล่ทางและท่อระบายน้ำ	98	98	98	98
ถนนลูกรัง	76	85	89	91
ถนนที่สภาพไม่ดี	72	82	87	89

ที่มา: Soil Conservation Service (1975)

2.2.1 การปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา

จากการพิจารณาความเหมาะสมสถานีวัดน้ำในปัจจุบัน (สถานีวัดน้ำของกรมชลประทาน) ทั้งในด้านข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลระดับน้ำ และสภาพพื้นที่ระบาย จะพบว่าที่สถานี P.21 ดังแสดงในภาพที่ 14 นั้นเหมาะสมจะนำมาเป็นพื้นที่ทดสอบ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวยังไม่มีการก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสภาพน้ำในทางน้ำ และมีข้อมูลบันทึกปริมาณฝนต่อเนื่อง การปรับเทียบแบบจำลองใช้ข้อมูลฝนรายวันและปริมาณการไหลรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2548 โดยทำการปรับเทียบค่าตัวแปรของเหตุการณ์ฝนตกน้อย ฝนตกปานกลาง (ฝนตกหนักนำมาปรับเทียบไม่ได้เนื่องจากเกิดน้ำล้นตลิ่งทางน้ำและเป็นผลให้ปริมาณน้ำที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง)

หลังจากที่ทำการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ระบายน้ำ P.21 จนเป็นที่ยอมรับแล้วจึงได้นำค่าตัวแปรที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองไปประยุกต์กับพื้นที่ระบายน้ำอื่น ๆ ที่ได้จัดทำขึ้น (ถือว่าพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในลุ่มน้ำเดียวกันจึงมีลักษณะคล้ายกัน) เพื่อหาปริมาณการระบายน้ำออกจากพื้นที่ระบายน้ำเหล่านั้นลงสู่แม่น้ำหลัก



ภาพที่ 14 พื้นที่สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา

2.2.2 การปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์

การปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ได้ดำเนินการ 2 ส่วน ได้แก่ การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบทรงตัวมั่น (Steady State) และกรณีการไหลเป็นแบบไม่ทรงตัวมั่น (Unsteady State) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบทรงตัวมั่น การปรับเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการปรับเทียบโดยการแก้ไขค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ "n" เพียงอย่างเดียวโดยจะกำหนดอัตราการไหลผ่านสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ให้มีค่าคงที่ เพื่อทำการตรวจสอบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและจากโค้งความจุของทางน้ำ (Rating Curve / ของกรมชลประทาน) ที่อัตราการไหลเดียวกันว่าใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งการปรับเทียบได้เลือกใช้กรณีเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงที่ไม่ล้นขอบตลิ่งมาใช้ในการปรับเทียบ (เพื่อใช้เป็นตัวแทนการไหลในทางน้ำที่เหมาะสม)

2) การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบไม่ทรงตัวมั่น (Unsteady State) การปรับเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการปรับเทียบโดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหลหลาก สัมประสิทธิ์ของการไหลล้น และสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงาน ซึ่งใช้เหตุการณ์น้ำหลากช่วงระหว่างวันที่ 1 กันยายน ถึง 1 ตุลาคม พ.ศ.2548 ในการปรับเทียบแบบจำลอง การพิจารณาผลการปรับเทียบจะพิจารณาจากระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้น และความสอดคล้องของการกระจายตัวของระดับน้ำตามเวลาที่สถานีตรวจวัดน้ำต่างๆ

2.3 การพิสูจน์แบบจำลอง

เพื่อพิสูจน์ว่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองโครงข่ายทางน้ำที่จัดทำขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบระบายน้ำตามธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง โดยการนำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองเหตุการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาอื่น ๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองเหตุการณ์น้ำหลากในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2548

2.4 การวิเคราะห์ความไว

ทำการวิเคราะห์ความไวของผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองที่เปลี่ยนไปเมื่อค่าตัวแปรของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง 20 เปอร์เซ็นต์

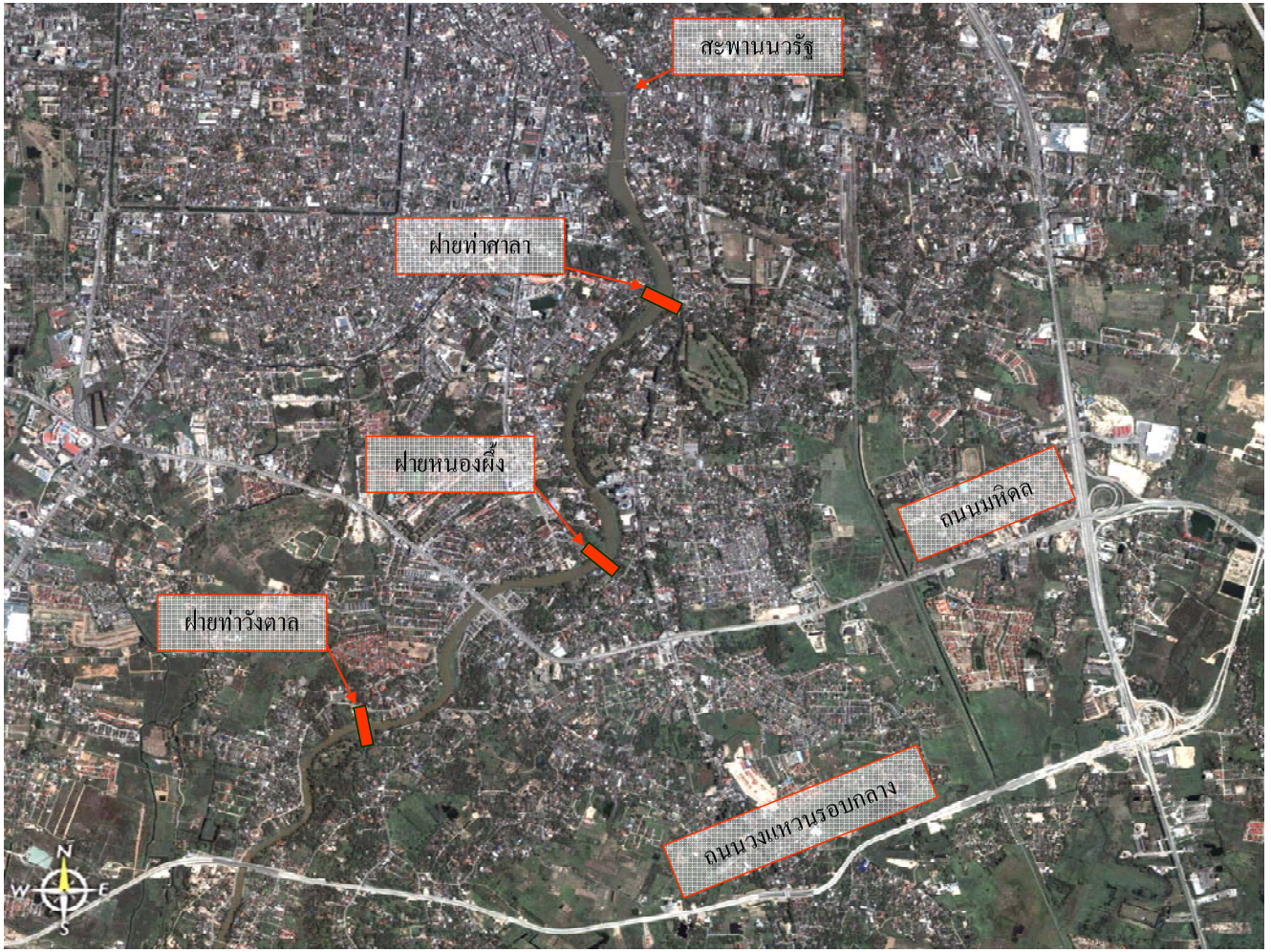
2.5 การบริหารจัดการน้ำท่วม

จากเหตุการณ์อุทกภัยในพื้นที่เทศบาลเมืองเชียงใหม่ ในปี พ.ศ.2548 ได้ทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ถึง 4 ครั้ง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายในชีวิตและทรัพย์สินของราษฎรและทางราชการเป็นจำนวนมาก ทางหน่วยงานต่าง ๆ จึงได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวออกมาทั้งในรูปแบบของการใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ทั้งในรูปแบบของแผนระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว อาทิเช่น การสร้างคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันพื้นที่ที่มีความสำคัญ การปรับปรุงทางน้ำ การลดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่น้ำท่วม หรือการจัดสร้างแก้มลิงกักเก็บน้ำ รวมถึงการผันน้ำเลี่ยงเมือง

ดังนั้นในการศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยพื้นที่เทศบาลเมืองเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง จึงได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks RS มาทำการจำลองสภาพน้ำท่วม และทำการจำลองแนวทางการบรรเทาปัญหาอุทกภัยกรณีเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2548 ที่มีปริมาณการไหลเทียบเท่าคาบอุบัติ 100 ปี ด้วยมาตรการต่าง ๆ ซึ่งมีแนวทางการบรรเทาปัญหาอุทกภัยที่กำหนดขึ้น 8 ทางเลือก มีรายละเอียดดังนี้

1) ทางเลือกที่ 1 รื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่รื้อฝายกั้นน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ทั้งสามแห่ง คือ ฝายพญาคำ(ฝายท่าศาลา) ฝายหนองผึ้ง และฝายท่าวังตาล พร้อมทั้งกำหนดความสูงคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันน้ำหลากล้นเข้าพื้นที่ชุมชน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่และความสูงของคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันกรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี ซึ่งตำแหน่งฝายทั้งสามแห่งได้แสดงไว้ในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตำแหน่งฝายทั้งสามแห่งบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่

2) ทางเลือกที่ 2 รื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำ พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

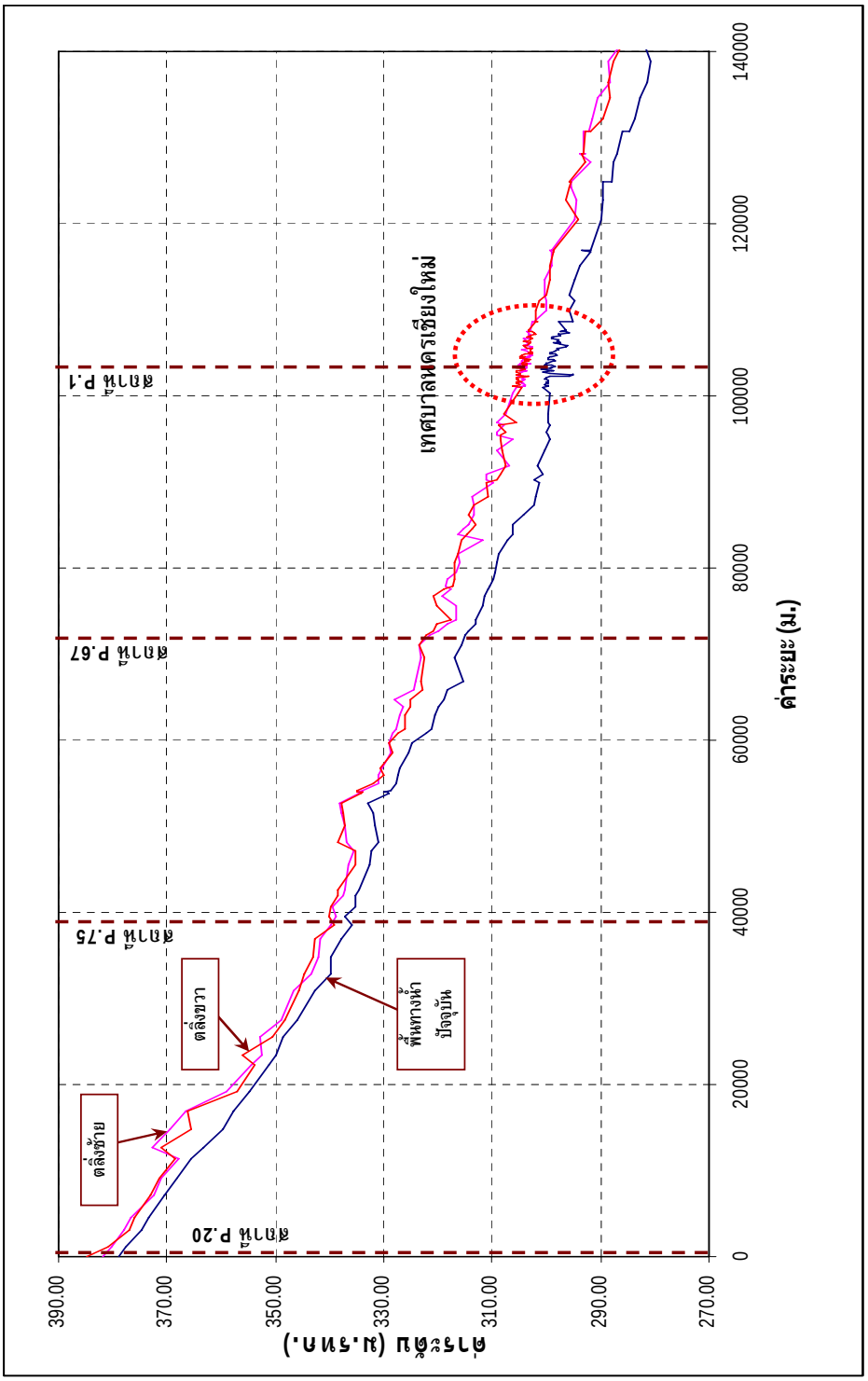
ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่รื้อฝายกั้นน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ทั้งสามแห่ง คือ ฝายพญาคำ(ฝายท่าศาลา) ฝายหนองผึ้ง และฝายท่าวังตาล พร้อมทั้งทำการขุดลอกแม่น้ำปิงในช่วงเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งมีค่าความลาดชันของทางน้ำน้อยให้มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความชันของทางน้ำเฉลี่ยโดยขุดลึกประมาณ 1-3 เมตร และกำหนดความสูงคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันน้ำหลากล้นเข้าพื้นที่ชุมชน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่และความสูงของคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันกรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี หน้าตัดตามยาวของแม่น้ำปิงได้แสดงไว้ในภาพที่ 16

3) ทางเลือกที่ 3 รื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำ พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ รวมทั้งปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กิโลเมตรและ คลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กิโลเมตร เพื่อผันน้ำรวม 80 ลบ.ม.ต่อวินาที

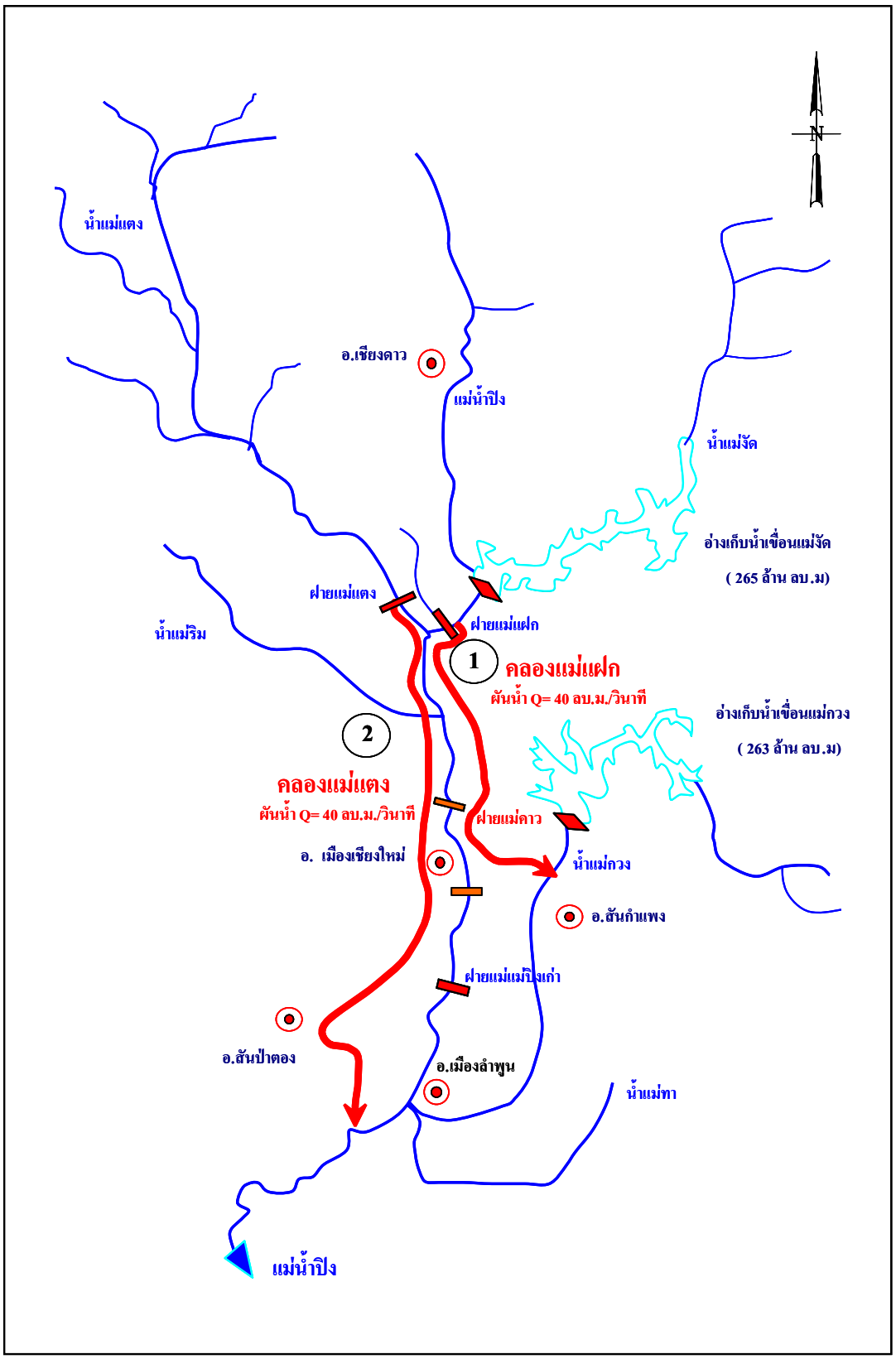
ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่รื้อฝายกั้นน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ทั้งสามแห่ง คือ ฝายพญาคำ(ฝายท่าศาลา) ฝายหนองผึ้ง และฝายท่าวังตาล พร้อมทั้งทำการขุดลอกแม่น้ำปิงในช่วงเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งมีค่าความลาดชันของทางน้ำน้อยให้มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความชันของทางน้ำเฉลี่ยโดยขุดลึกประมาณ 1-3 เมตร และกำหนดความสูงคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันน้ำหลากล้นเข้าพื้นที่ชุมชน รวมทั้งปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กิโลเมตรและ คลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กิโลเมตร เพื่อผันน้ำรวม 80 ลบ.ม.ต่อวินาที อ้อมเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่เพื่อลดปริมาณน้ำหลากที่จะผ่านตัวเมือง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่และความสูงของคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันกรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี แนวการผันน้ำด้วยคลองส่งน้ำแม่แตงและคลองส่งน้ำแม่แฝกได้แสดงไว้ในภาพที่ 17

4) ทางเลือกที่ 4 สร้างอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ความจุ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่มีการใช้อ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในแผนงานการป้องกันน้ำและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในตัวเมืองเชียงใหม่ระยะยาว



ภาพที่ 16 หน้าตัดตามยาวของแม่น้ำปิงตั้งแต่สถานี P.20 ถึงฝายหนองสลีก



ภาพที่ 17 แนวการผันน้ำด้วยคลองส่งน้ำแม่แตงและคลองส่งน้ำแม่แฝก

ของกรมชลประทาน ขนาดปริมาตรการรับน้ำรวม 80 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากโดยทำการพร่องน้ำในเขื่อนเพื่อให้มีปริมาตรการเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลากได้ทั้งหมดของปริมาตรเขื่อนโดยไม่มีการระบายน้ำมายังพื้นที่ด้านท้ายน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่กรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี ตำแหน่งอ่างเก็บน้ำตามแผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐทั้งสามแห่งได้แสดงไว้ในภาพที่ 18

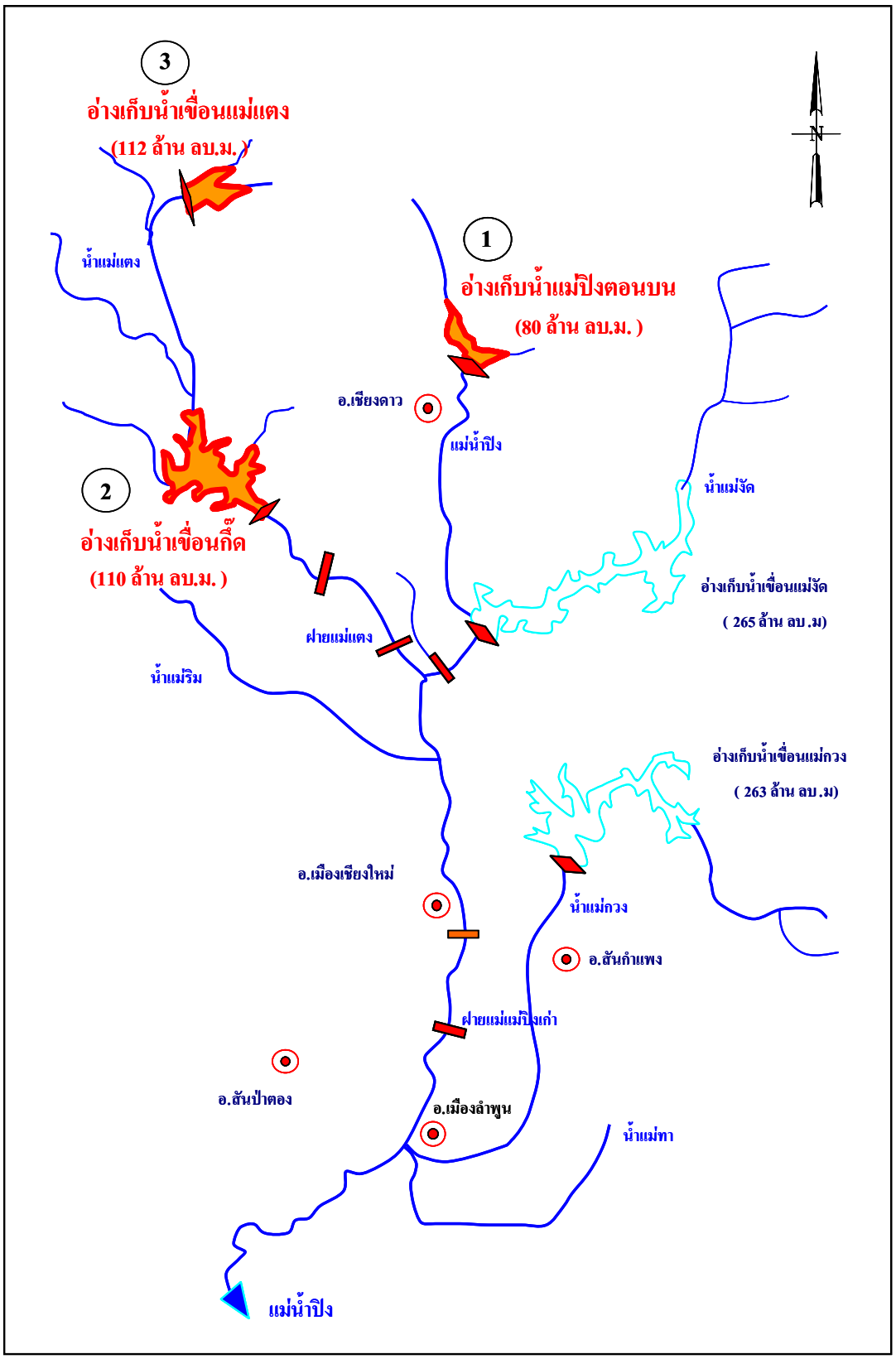
5) ทางเลือกที่ 5 สร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ความจุ 110 ล้านลูกบาศก์เมตร

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่มีการใช้อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในแผนงานการป้องกันน้ำและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในตัวเมืองเชียงใหม่ระยะยาวของกรมชลประทาน ขนาดปริมาตรการรับน้ำรวม 110 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากโดยทำการพร่องน้ำในเขื่อนเพื่อให้มีปริมาตรการเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลากได้ทั้งหมดของปริมาตรเขื่อนโดยไม่มีการระบายน้ำมายังพื้นที่ด้านท้ายน้ำ หรือมีการระบายน้ำทิ้งน้อยมากโดยไม่เกิดผลกระทบต่อสภาวะการไหลในทางน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่กรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี

6) ทางเลือกที่ 6 สร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง ความจุ 112 ล้านลูกบาศก์เมตร

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่มีการใช้อ่างเก็บน้ำแม่แตง ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในแผนงานการป้องกันน้ำและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในตัวเมืองเชียงใหม่ระยะยาวของกรมชลประทาน ขนาดปริมาตรการรับน้ำรวม 112 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากโดยทำการพร่องน้ำในเขื่อนเพื่อให้มีปริมาตรการเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลากได้ทั้งหมดของปริมาตรเขื่อนโดยไม่มีการระบายน้ำมายังพื้นที่ด้านท้ายน้ำ หรือมีการระบายน้ำทิ้งน้อยมากโดยไม่เกิดผลกระทบต่อสภาวะการไหลในทางน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่กรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี

7) ทางเลือกที่ 7 สร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด และอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน รวมความจุรับน้ำ 302 ล้านลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 18 ตำแหน่งอ่างเก็บน้ำตามแผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐทั้งสามแห่ง

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่มีการใช้อ่างเก็บน้ำแม่แตง อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด และอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในแผนงานการป้องกันน้ำและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในตัวเมืองเชียงใหม่ระยะยาวของกรมชลประทาน ขนาดปริมาตรการรับน้ำรวม 302 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากโดยทำการพร่องน้ำในเขื่อนเพื่อให้มีปริมาตรการเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลากได้ทั้งหมดของปริมาตรเขื่อนโดยไม่มีการระบายน้ำมายังพื้นที่ด้านท้ายน้ำ หรือมีการระบายน้ำทิ้งน้อยมากโดยไม่เกิดผลกระทบต่อสภาวะการไหลในทางน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่กรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี

8) ทางเลือกที่ 8 ใช้แนวทางในการบรรเทาอุทกภัยทั้งหมด ประกอบด้วยการรื้อฝาย 3 แห่ง การขุดลอกทางน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด อ่างเก็บน้ำแม่แตง รวมทั้งการสร้างคันกั้นน้ำ

ทดสอบโครงข่ายแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีที่มีรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำหลากทุกกรณีตั้งแต่ 1 ถึง 7 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่กรณีของคาบอุบัติการไหล 100 ปี

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาสภาพน้ำท่วมและอุทกภัยในพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่

สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2548 ในพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่และชุมชนต่อเนื่อง มีสาเหตุหลักมาจาก ปริมาณน้ำเหนือหลากลงมาผ่านพื้นที่ชุมชนเมืองมีปริมาณมากกว่าความสามารถในการระบายน้ำของแม่น้ำปิงในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่ รวมทั้งในพื้นที่เขตเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีการขยายตัวของเมืองมาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางน้ำของแม่น้ำปิง ทำให้เกิดการรุกล้ำทางน้ำจากการก่อสร้างทั้งจากที่อยู่อาศัย สะพาน รวมทั้งฝายต่าง ๆ ที่กั้นขวางแม่น้ำปิง ส่งผลให้เกิดการบีบตัวของทางน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณชุมชนเมืองมีค่าน้อยลง ซึ่งปัจจุบันสามารถระบายน้ำผ่านได้เพียง 460 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ขณะที่น้ำหลากที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ไหลมาเนื่องจากฝนตกหนักในช่วงฤดูน้ำหลากมีค่าประมาณ 500 – 800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่งผลให้เกิดการยกตัวของระดับน้ำในแม่น้ำปิงบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ ทำให้เกิดการไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่เศรษฐกิจของตัวเมือง ความสูงของน้ำท่วมเฉลี่ยในพื้นที่บริเวณเมืองประมาณ 0.50 – 1.00 เมตร และจะมีระยะเวลาของน้ำท่วมขังในพื้นที่ครั้งละประมาณ 1 – 7 วัน

2. ผลการจำลองสภาพน้ำท่วมและอุทกภัยของพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่และการปรับเทียบกับสภาพจริง

2.1 ผลการสร้างแบบจำลอง

การจำลองสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2548 ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks RS มีองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบคือ

1) ลำน้ำสายหลัก ได้แก่ น้ำแม่ปิง และน้ำแม่ริม
2) พื้นที่ทุ่งน้ำท่วมในพื้นที่เทศบาลนครเมืองเชียงใหม่
3) การไหลล้นคันกั้นน้ำ และการไหลผ่านฝาย ซึ่งจำลองด้วยหน่วยการไหลล้น (spill unit) และ ฝาย (weir)

4) พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยริมน้ำแม่ปิง

แบบจำลอง InfoWorks RS มีองค์ประกอบที่ทำให้สามารถจำลองระบบทางน้ำสำหรับพื้นที่ศึกษาได้ค่อนข้างสมบูรณ์ มีระบบการป้อนข้อมูลเข้า การปรับเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล การแสดงผลการคำนวณ และการนำออกผลคำนวณได้อย่างดี รวมทั้งมีการประมวลผลที่รวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถจำลองสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ทุกองค์ประกอบ สาเหตุเนื่องมาจากข้อจำกัดทั้งทางด้านข้อมูลและเนื่องจากการคำนวณจากแบบจำลอง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วนสำหรับการจำลองสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองเชียงใหม่ได้อย่างละเอียดและครบถ้วนทั้งหมด ได้แก่ ค่าระดับพื้นดินในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ค่าระดับถนนและค่าระดับคันกั้นน้ำซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนหน่วยการไหลล้นในแต่ละพื้นที่น้ำท่วมในส่วนต่าง ๆ นอกจากนี้ข้อมูลที่รวบรวมได้เช่น ข้อมูลตรวจวัดปริมาณฝนสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2548 ได้มีการขาดหายของข้อมูลบางสถานี รวมทั้งข้อมูลหน้าตัดขวางทางน้ำที่ได้มีการสำรวจไว้มีระยะห่างเกินไป ทำให้ส่งผลให้ขาดข้อมูลที่จำเป็นของทางน้ำบางช่วงที่ส่งผลต่อระดับน้ำในแม่น้ำปิง

2) แบบจำลอง InfoWorks RS เป็นแบบจำลองชลศาสตร์ที่มีการจำลองการไหลในทิศทางเดียว จึงไม่สามารถจำลองลักษณะพฤติกรรมการไหลในทุ่งน้ำท่วมได้ ซึ่งลักษณะการไหลของน้ำหลากในปี พ.ศ. 2548 ในพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จะเป็นลักษณะของคลื่นน้ำท่วมที่เคลื่อนที่จากแม่น้ำล้นหลากเข้าสู่พื้นที่ชุมชน ลักษณะดังกล่าวจะเป็นการไหลในสองทิศทางหรือมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามก็ได้ปรับลดความผิดพลาดเนื่องจากข้อจำกัดนี้โดยการใช้หน่วยการไหลล้น (spill unit) เชื่อมระหว่างลำน้ำกับทุ่งน้ำท่วม และทุ่งน้ำท่วมกับทุ่งน้ำท่วมที่ต่อเนื่องกันสำหรับการคำนวณในช่วงที่เกิดการไหลล้นและมีการเคลื่อนที่ของปริมาณน้ำออกในแนวขวาง

2.2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง

เพื่อให้แบบจำลองที่จัดทำขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบระบายน้ำตามธรรมชาติของลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำหลากนั้น จะต้องมีการปรับเทียบแบบจำลอง

ที่จัดทำขึ้นโดยทางผู้จัดทำได้มีการปรับเทียบแบบจำลองในลักษณะการเป็นตัวแทนของทางน้ำเพื่อพิจารณาสภาพน้ำที่เกิดขึ้นในบริเวณที่พิจารณาด้วยข้อมูลตรวจวัดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งแบ่งรายละเอียดออกเป็น

2.2.1 การปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา

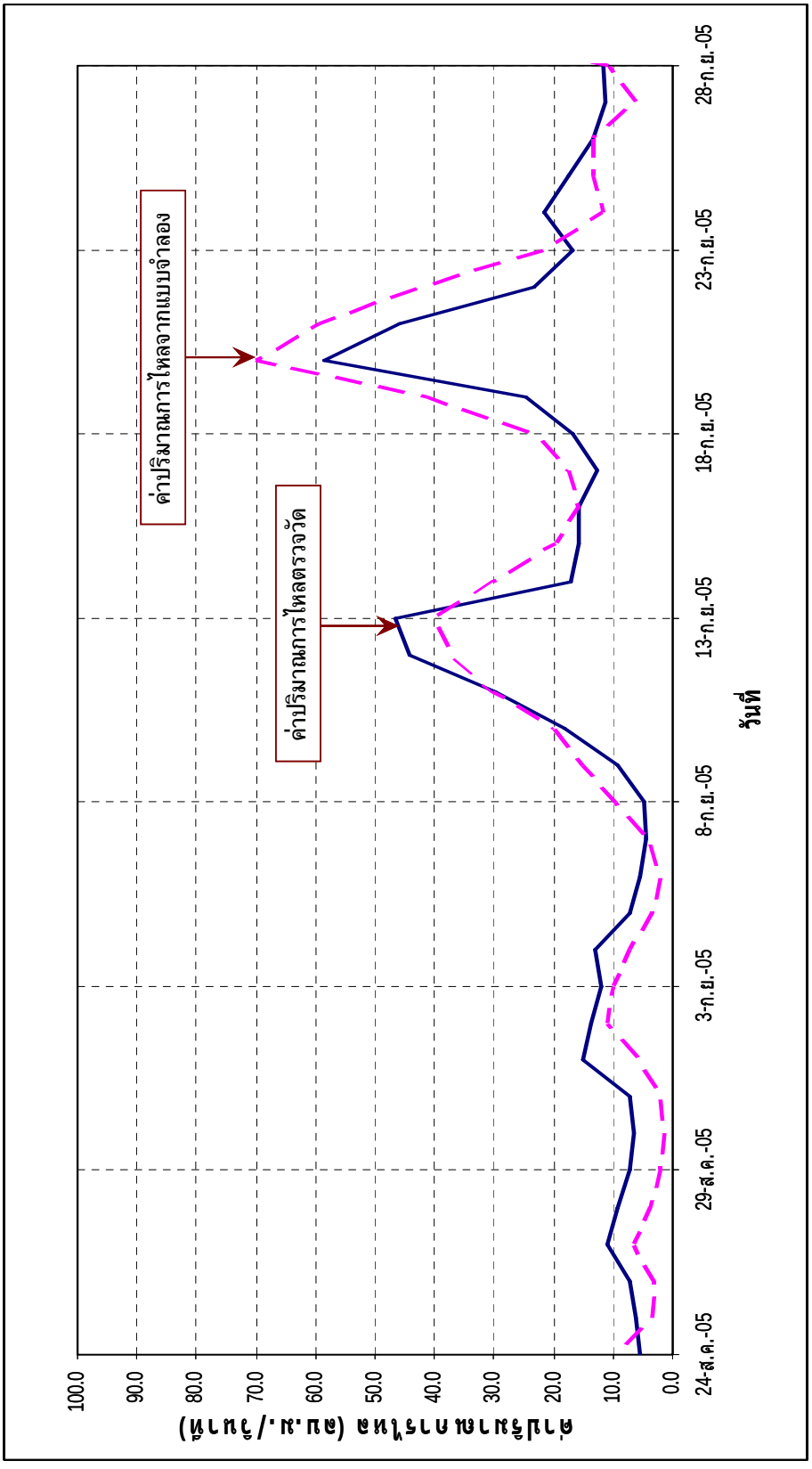
ผลการปรับเทียบแบบจำลองด้านอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของน้ำแม่ริมด้วยข้อมูลฝนตรวจวัดรายวันในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2548 และข้อมูลสถิติตรวจวัดค่าปริมาณน้ำรายชั่วโมงที่สถานีวัดน้ำ P.21 (พื้นที่รับน้ำของสถานีมีค่าประมาณ 515 ตารางกิโลเมตร) จะได้ค่าผลการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดแสดงดังภาพที่ 19 โดยได้ค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้สำหรับลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลองประกอบด้วยค่าดรรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่าเท่ากับ 42 และจะใช้ค่าดังกล่าวเป็นตัวแทนของค่าดรรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ ที่ใช้ในโครงข่ายแบบจำลองที่ไม่มีตำแหน่งสถานีตรวจวัดที่จะใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาได้ เนื่องจากสภาพพื้นที่ดังกล่าวมีสภาพคล้ายคลึงกันซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

2.2.2 การปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์

การปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ได้ดำเนินการ 2 ส่วน ได้แก่ การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบทรงตัวมั่น และกรณีการไหลเป็นแบบไม่ทรงตัวมั่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบทรงตัวมั่น หรือ การปรับเทียบแบบสถิตย์ (Static Calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการปรับเทียบโดยการแก้ไขค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ "n" เพียงอย่างเดียวโดยจะกำหนดอัตราการไหลผ่านสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ให้มีค่าคงที่ คือจะเป็นการพิจารณาปรับเทียบแบบจำลองพลศาสตร์โดยไม่นำการผันแปรของระดับน้ำและปริมาณน้ำมาพิจารณา เพื่อทำการตรวจสอบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและจากโค้งความจุของทางน้ำ (ของกรมชลประทาน) ที่อัตราการไหลเดียวกัน ว่าใกล้เคียงกันหรือไม่



ภาพที่ 19 ผลการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สถานีวัดน้ำ P.21

ทั้งนี้การปรับเทียบจะเลือกใช้กรณีเหตุการณ์ที่มีปริมาณน้ำไม่เกินกว่าเหตุการณ์น้ำท่วมปี 2548 มาใช้ในการปรับเทียบ (เพื่อลดผลกระทบจากการกีดขวางทางน้ำที่ยังไม่มีข้อมูล) ทั้งนี้จากการปรับเทียบการไหลแบบ Steady State ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหลในทางน้ำที่อาจจะมีผลกระทบจากการกีดขวางทางน้ำที่ไม่ทราบข้อมูลรวมอยู่ด้วย แต่จะมีผลกระทบไม่มากนัก เนื่องจากการเลือกเหตุการณ์ปรับเทียบจะเป็นช่วงที่มีน้ำมาก

ผลจากการปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบทรงตัวมั่น หรือ การปรับเทียบแบบสถิตย์ แสดงได้ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 20 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ “n” ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 ซึ่งผลจากการปรับเทียบนี้พบว่า ที่ปริมาณน้ำ 100 200 300 และ 400 ลบ.ม./วินาที ค่าระดับน้ำต่างกัน 0.04 0.01 0.02 และ 0.03 ม.ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ “n” ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีอยู่ 2 ค่า คือ จากสถานีวัดน้ำ P.67 ถึงสถานีวัดน้ำ P.1 มีค่าสัมประสิทธิ์ “n” เท่ากับ 0.030 และจากสถานีวัดน้ำ P.1 ถึงฝายหนองสลีกด้านท้ายน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์ “n” เท่ากับ 0.035

ตารางที่ 9 ผลการปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น

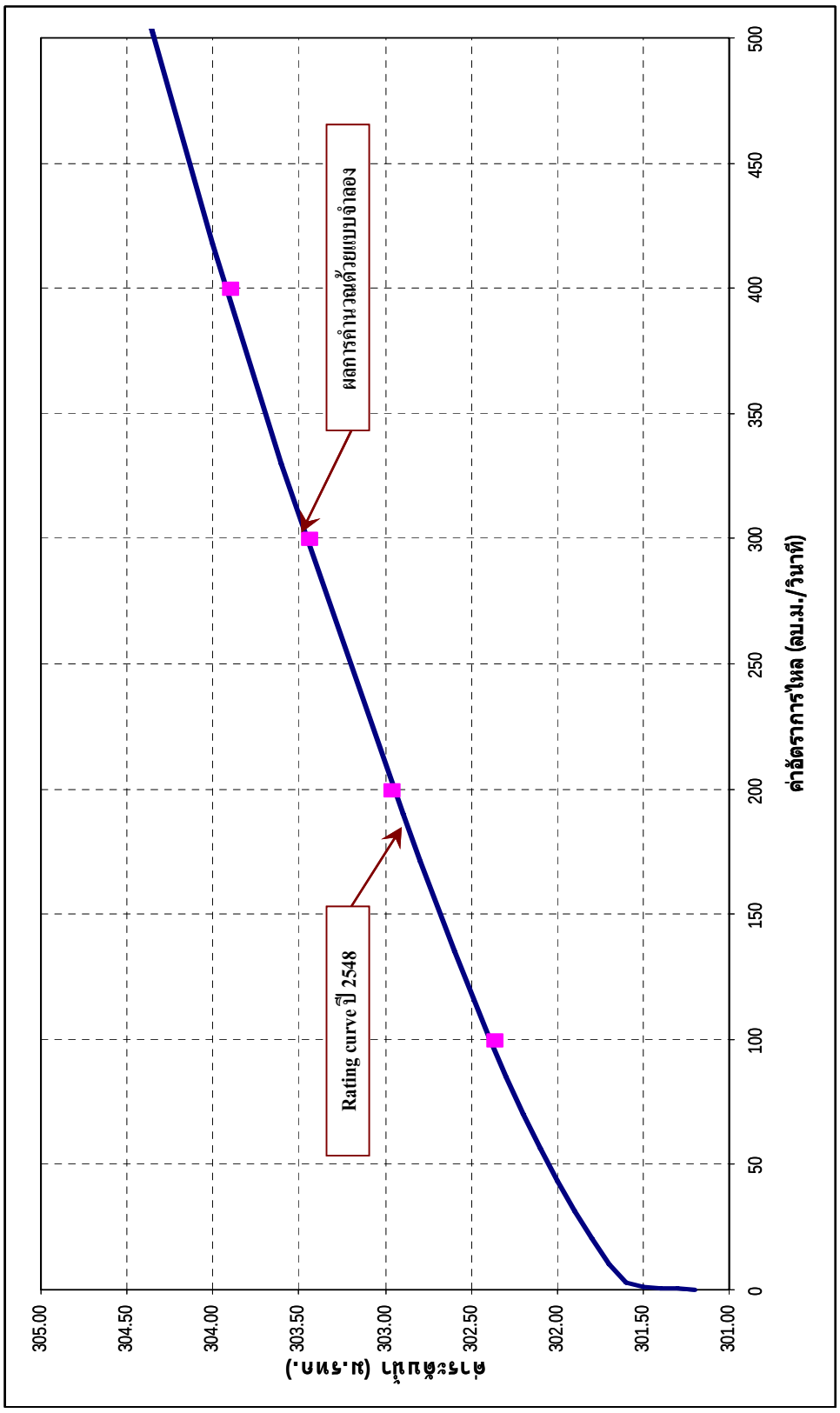
ปริมาณน้ำในการปรับเทียบแบบสถิตย์ (ลบ.ม./วินาที)	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)	ค่าระดับน้ำจากแบบจำลอง (ม.รทก.)
100	302.39	302.35
200	302.95	302.94
300	303.45	303.47
400	303.92	303.95

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบสถิตย์

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ	n
สถานีวัดน้ำ P.67 - สถานีวัดน้ำ P.1	0.030
สถานีวัดน้ำ P.1 - ฝายหนองสลีก	0.035

2) การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบไม่ทรงตัวมั่น หรือ การปรับเทียบแบบพลศาสตร์ (Dynamic Calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการปรับเทียบโดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหล สัมประสิทธิ์ของการไหลล้น และสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงาน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำท่า (ได้จากแบบจำลองอุทกวิทยา, SCS) ข้อมูลการผันแปรของระดับน้ำ ปริมาณน้ำและการควบคุมอาคารชลศาสตร์ตามเวลาต่าง ๆ มาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง โดยในการปรับเทียบจะพิจารณาความสอดคล้องของการผันแปรข้อมูลระดับน้ำที่คำนวณได้กับข้อมูลระดับน้ำที่ตรวจวัดได้



ภาพที่ 20 ผลการปรับเทียบกรณีการไหลแบบทรงตัวมั่นคง

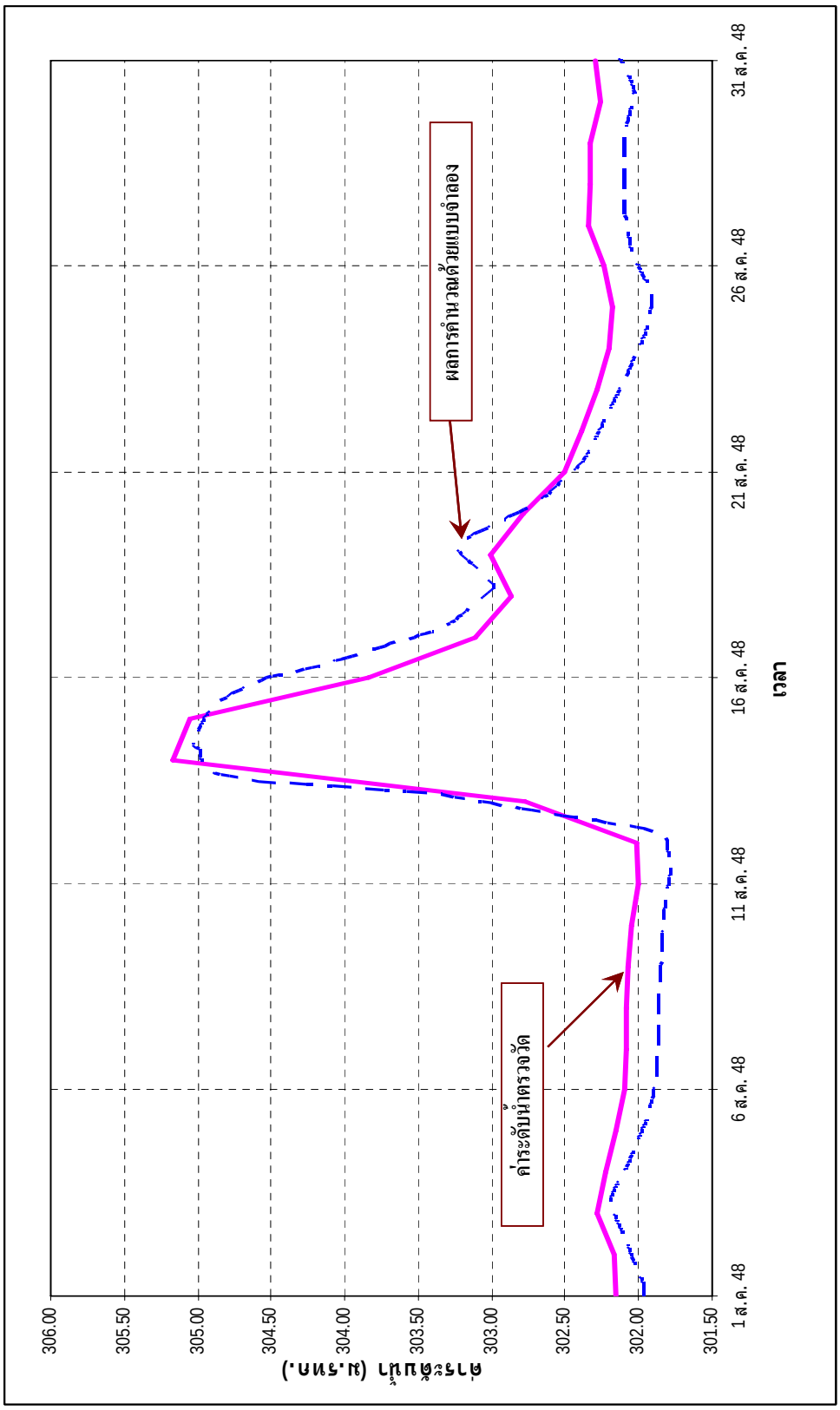
ผลการปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบไม่ทรงตัวมั่น หรือ การปรับเทียบแบบพลศาสตร์ แสดงได้ดังภาพที่ 21 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ “n”ในลำน้ำ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ “n” ในทุ่งน้ำท่วม(กรณีน้ำไหลล้นตลิ่ง) มีค่า 0.080 ซึ่งค่าค่อนข้างสูงเนื่องมาจากในทุ่งน้ำท่วมสภาพภูมิประเทศเต็มไปด้วยสิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ต้นไม้ เนินดิน เป็นต้น จากผลการปรับเทียบพบว่าค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ P.1 ที่ได้จากการตรวจวัดกับค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 0.19 เมตร และค่าความแตกต่างสูงสุด 0.38 เมตร

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบพลศาสตร์

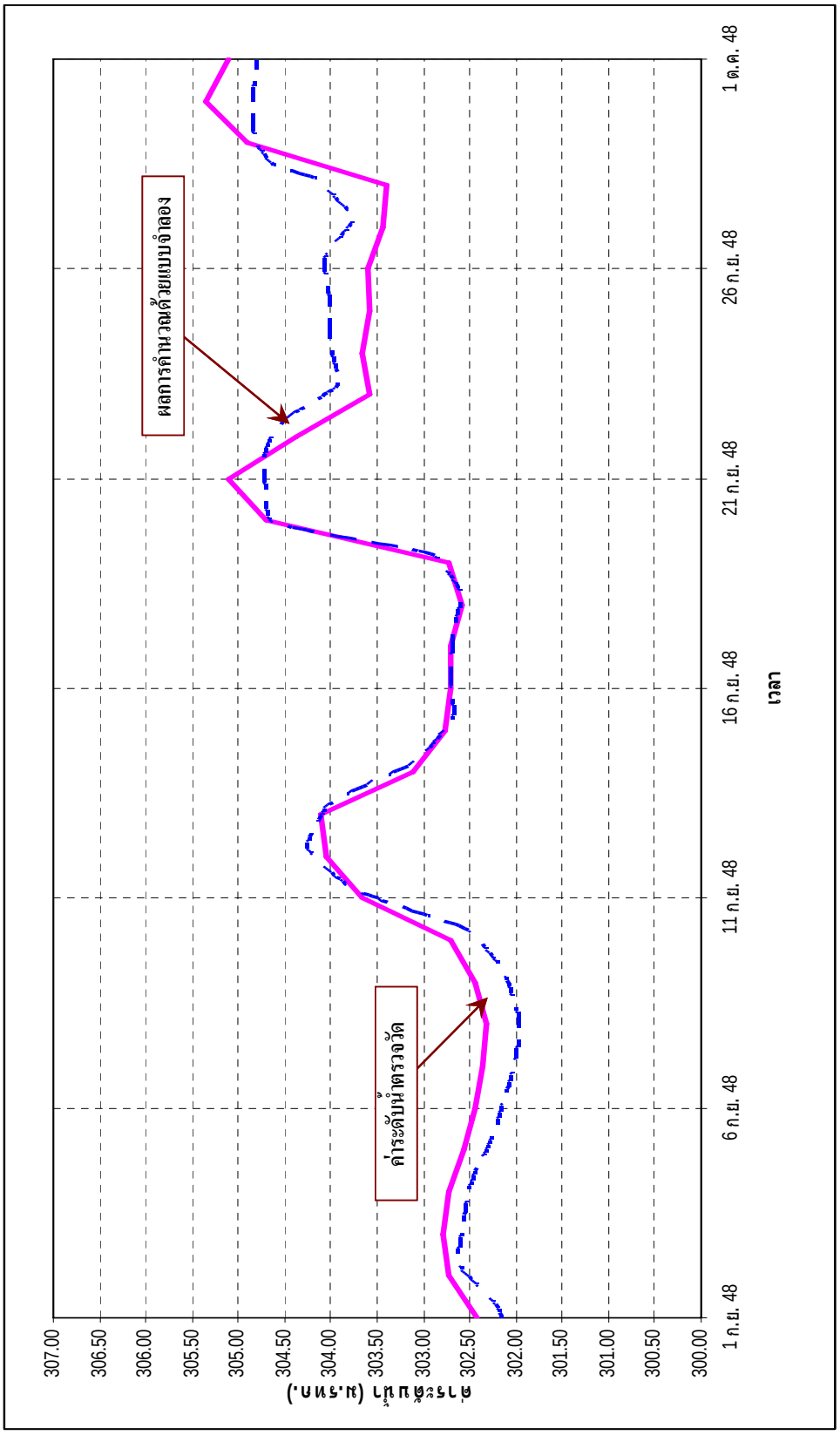
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ	n	
	ทางน้ำ	ทุ่งน้ำท่วม
สถานีวัดน้ำ P.67 - สถานีวัดน้ำ P.1	0.030	0.080
สถานีวัดน้ำ P.1 - ฝายหนองสลีก	0.035	0.080

2.2.3 การทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองเป็นการพิสูจน์ว่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีความถูกต้อง โดยการนำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปีอื่นๆ โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบในการคำนวณ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงวันที่ 31 กันยายน 2548 แสดงได้ดังภาพที่ 22 ซึ่งจากผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ P.1 ที่ได้จากการตรวจวัดกับค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 0.19 เมตร และค่าความแตกต่างสูงสุด 0.37 เมตร



ภาพที่ 21 ผลการปรับเทียบกรณีการไหลแบบไม่ทราบค่าวัสดุ



ภาพที่ 22 ผลการทดสอบแบบจำลอง

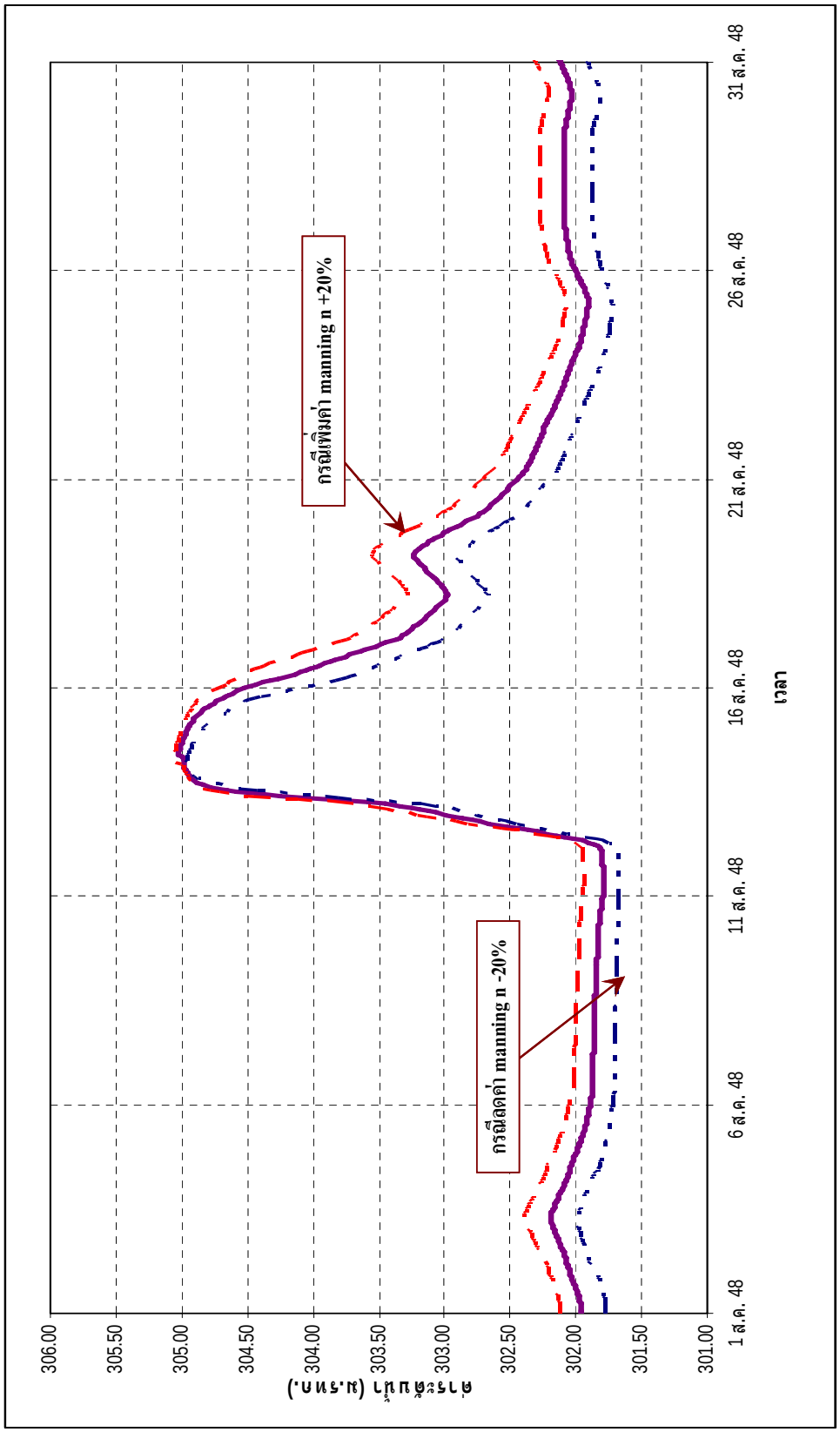
3. ผลการทดสอบความไวของแบบจำลอง

ผลการศึกษาการทดสอบความไวของแบบจำลอง โดยการพิจารณาให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำแตกต่างจากที่ได้จากการปรับเทียบเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20% เพื่อตรวจสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในระบบระบายน้ำก่อนตัดสินใจนำแบบจำลองไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 และภาพที่ 23

ตารางที่ 12 ผลสรุปการทดสอบความไวของแบบจำลอง

ตำแหน่งที่พิจารณา	ค่าระดับน้ำ (เมตร)					
	n เดิม	n ใหม่เมื่อ n ลดลง 20%	การเปลี่ยนแปลง	n เดิม	n ใหม่เมื่อ n เพิ่มขึ้น 20%	การเปลี่ยนแปลง
	(0.035) (0.030)	(0.028) (0.024)		(0.035) (0.030)	(0.042) (0.036)	
ตัวเมืองเชียงใหม่ (สถานี P.1)	305.02	304.91	-0.09	305.00	305.03	+0.03

จากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำลดลงและเพิ่มขึ้น 20% จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงที่มีอัตราการไหลต่ำ (ค่าระดับน้ำต่ำ) ค่อนข้างมาก โดยค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จะมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นประมาณ 0.25 เมตร ในขณะที่ช่วงของอัตราการไหลสูง (ค่าระดับน้ำสูง) มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าน้อยมาก โดยทำให้ค่าระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเพียง 0.05 เมตร สาเหตุที่ทำให้มีผลแตกต่างกันเช่นนี้เนื่องจากในการปรับเทียบแบบจำลองดังกล่าวได้มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระทางน้ำในส่วนที่อยู่ในทางน้ำเป็นค่าเดียวกันทั้งหน้าตัด ซึ่งในสภาพความเป็นจริงค่าดังกล่าวอาจมีค่าแปรผันกันตามค่าความลึกของทางน้ำ ทำให้ส่งผลกับค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้งานข้อมูลของปี พ.ศ. 2548 ซึ่งจะพิจารณาถึงผลกระทบในช่วงของน้ำหลากหรือปริมาณน้ำในระบบมีค่ามาก ดังนั้นในการนำแบบจำลองไปใช้งานสำหรับเหตุการณ์ปัจจุบันหรือในอนาคต ก็จะส่งผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองในช่วงที่ค่าปริมาณน้ำมีค่าต่ำได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับเทียบแบบจำลองให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานมากที่สุด



ภาพที่ 23 แสดงผลการตรวจสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำ

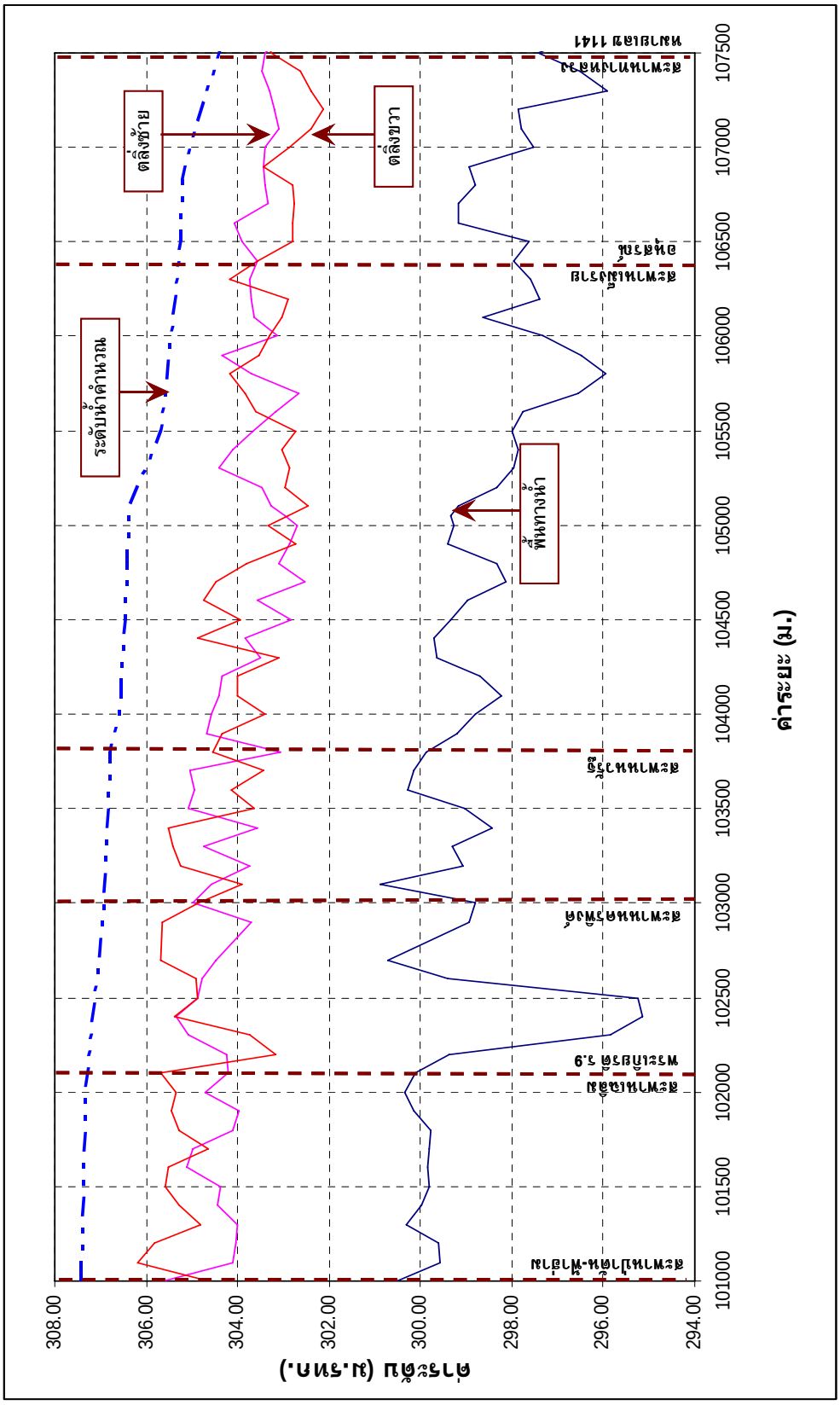
4. ผลการบริหารจัดการน้ำท่วม

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำท่วมเพื่อบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2548 โดยการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks RS มาจำลองสภาพน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี (เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2548) ด้วยมาตรการการบรรเทาอุทกภัยในด้านต่าง ๆ ทั้งในกรณีการใช้สิ่งก่อสร้าง และไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ดังเช่นการสร้างคันกั้นน้ำ การขุดลอกปรับปรุงทางน้ำ การสร้างทางผันน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำ และการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ รายละเอียดในแต่ละทางเลือกมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 1: กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ผลการศึกษาทางเลือกที่ 1 กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยเหตุการณ์น้ำหลากปี 2548 (ปริมาณน้ำ 822 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เทียบเท่าคาบอุบัติ 100 ปี) พบว่ากรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าสู่พื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 1.00 เมตร (บริเวณที่ตลิ่งสูง) จนถึง 3.80 เมตร (บริเวณตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 2.60 เมตร ตั้งแต่สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม จนถึงสะพานถนนวงแหวนรอบกลางด้านใต้ แสดงดังภาพที่ 24 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และสามารถดำเนินการได้ยากเนื่องจากผลกระทบทางด้านสังคมที่ยากจะยอมรับได้เนื่องจากเป็นการทำลายทัศนียภาพของพื้นที่ชุมชน

4.2 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 2: กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำพร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

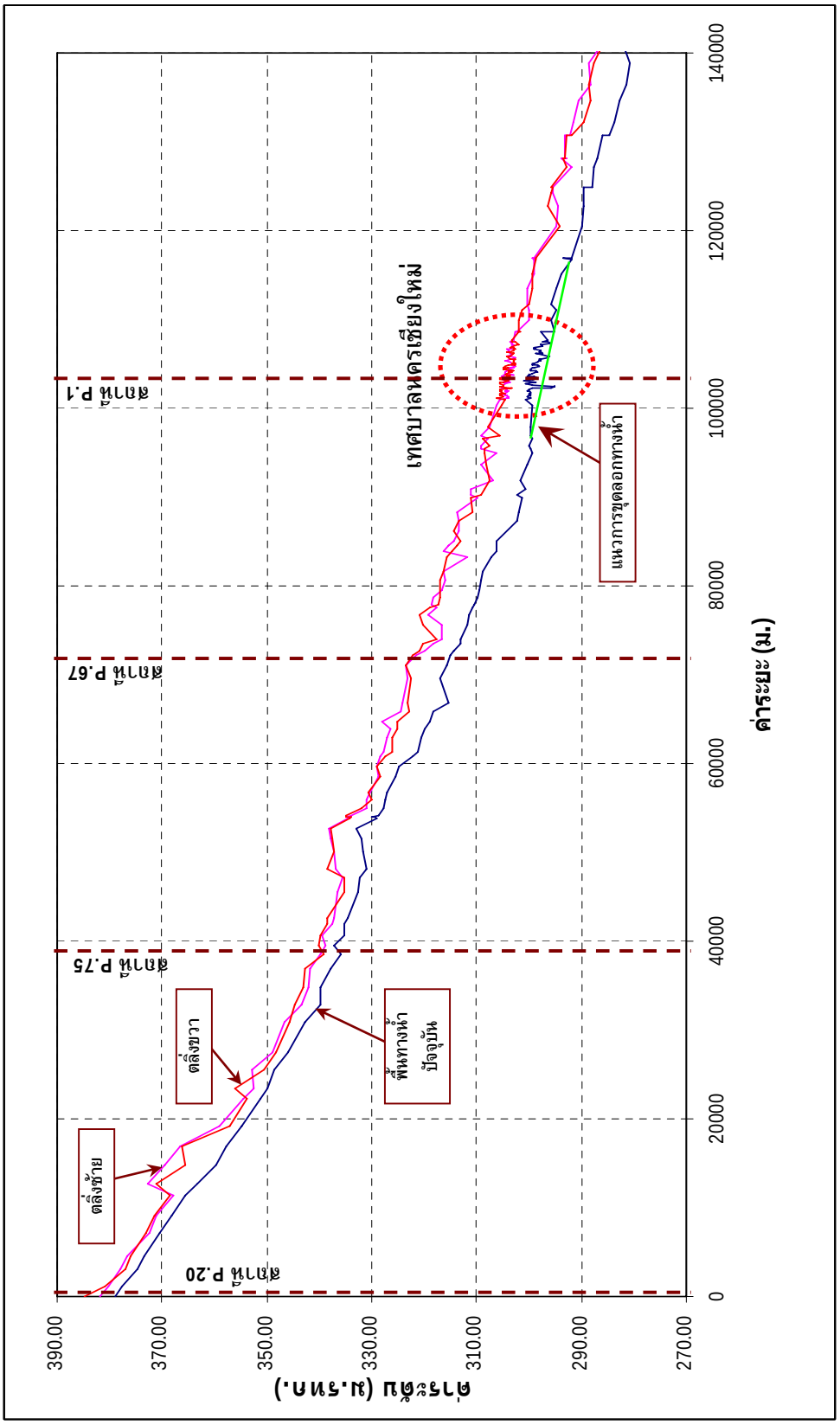


ภาพที่ 24 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 1)

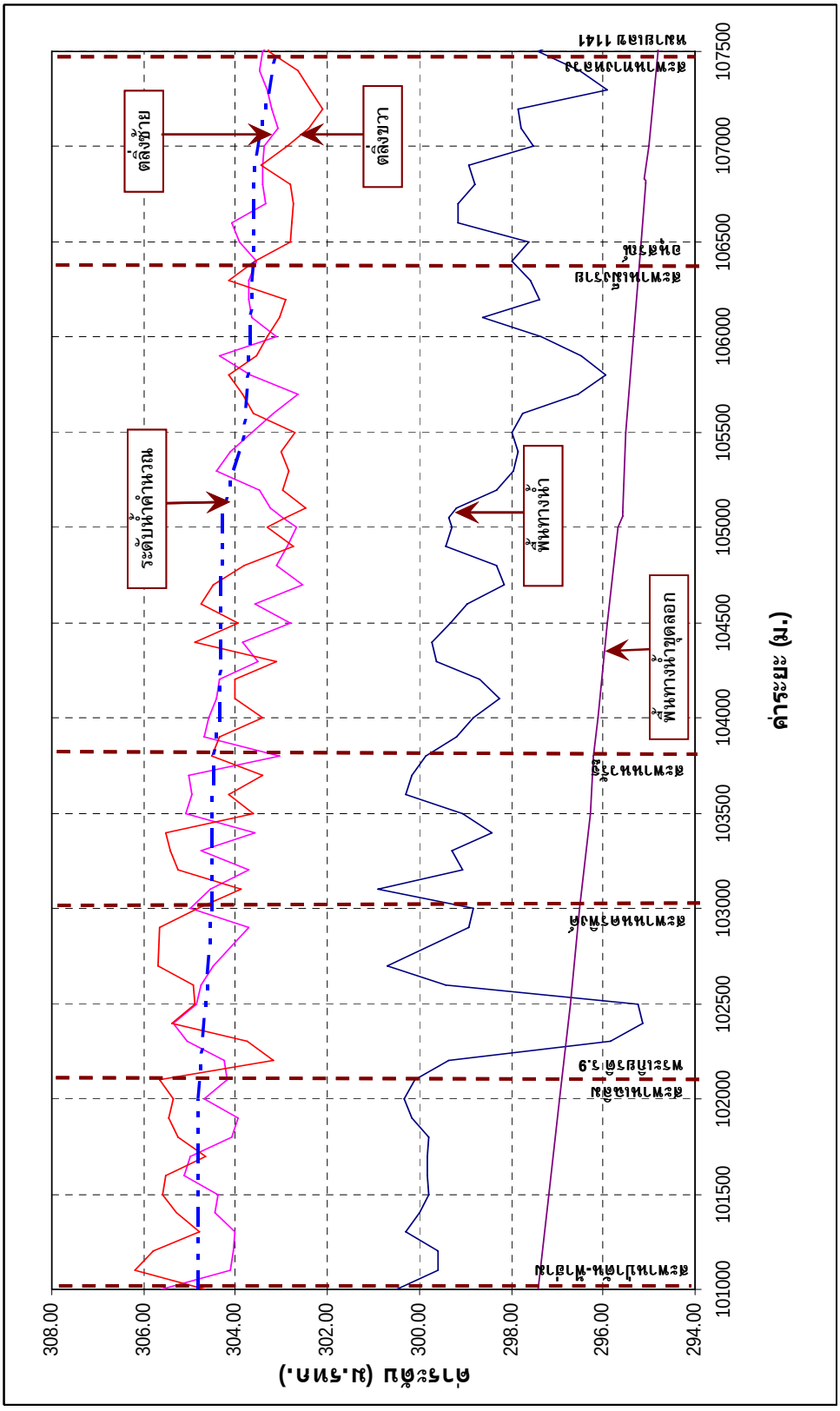
ผลการศึกษาทางเลือกที่ 2 กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และทำการขุดลอกแม่น้ำปิงในช่วงเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ เพื่อปรับค่าความลาดชันเฉลี่ยของแม่น้ำให้สามารถระบายน้ำได้เพิ่มขึ้น พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ พบว่าเมื่อทำการขุดลอกทางน้ำเพื่อปรับค่าความลาดชันของแม่น้ำปิงจากปกติจะมีค่าความลาดชันแบ่งเป็น 3 ช่วง ซึ่งจะมีค่าความลาดชันที่น้อยในช่วงของชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ ให้มีค่าความลาดชันเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าความลาดชันในส่วนด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยทำการขุดลอกแม่น้ำประมาณ 1.00 – 3.00 เมตร เมื่อเทียบกับค่าระดับของท้องน้ำเดิม (แสดงดังภาพที่ 25) พบว่า ทำให้ปริมาณการระบายน้ำผ่านพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่ทำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำที่คำนวณได้กรณีเหตุการณ์น้ำหลากปี 2548 (ปริมาณน้ำ 822 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เทียบเท่าคาบอุบัติ 100 ปี) ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 26 โดยในกรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.10 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 1.90 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 0.75 เมตร

4.3 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 3: กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำพร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ รวมทั้งปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กิโลเมตรและ คลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กิโลเมตร เพื่อผันน้ำรวม 80 ลบ.ม.ต่อวินาที

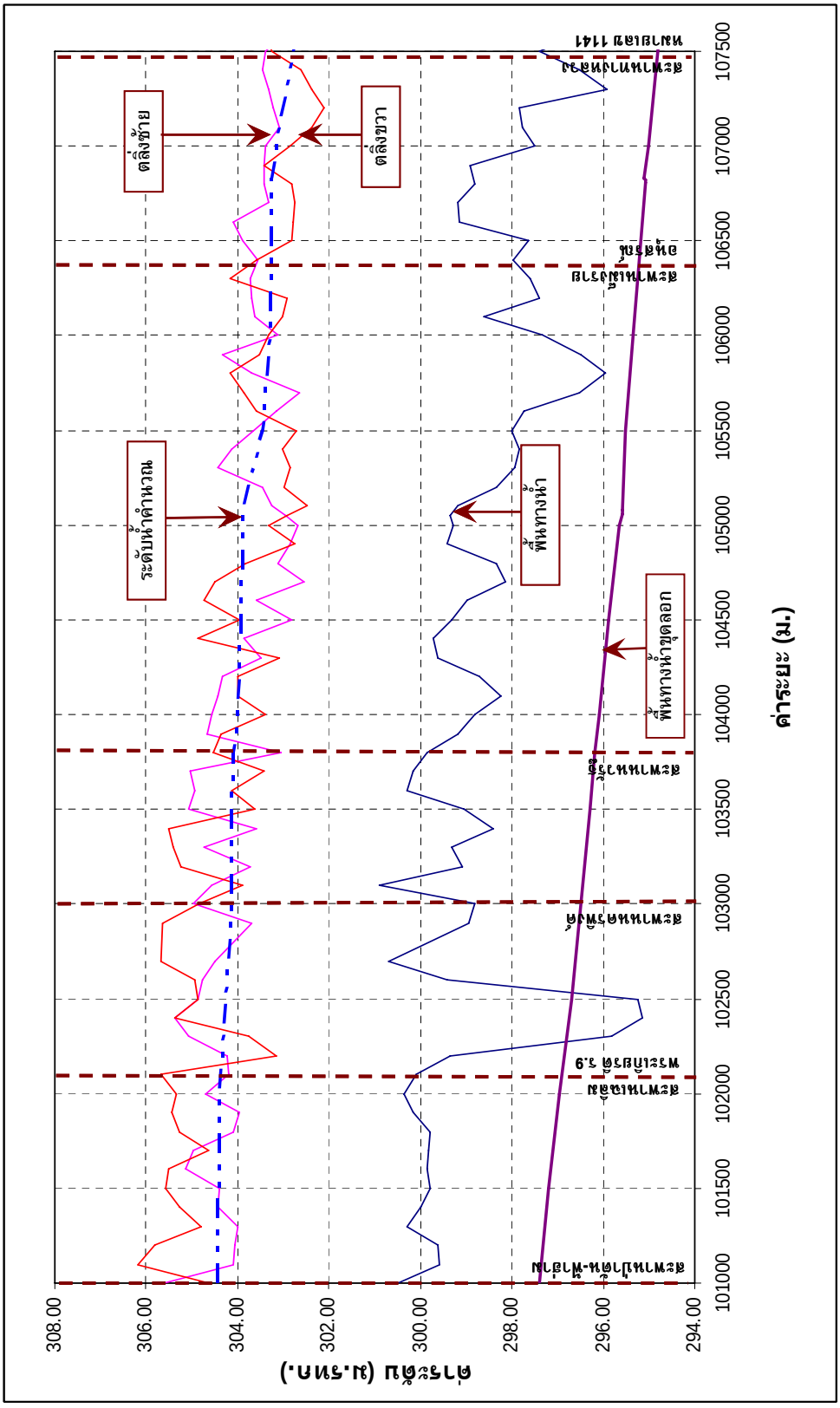
ผลการศึกษาทางเลือกที่ 3 กรณีที่มีการรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำพร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ รวมทั้งปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กิโลเมตรและคลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กิโลเมตร เพื่อผันน้ำรวม 80 ลบ.ม.ต่อวินาที พบว่าจากการปรับปรุงทางน้ำและสร้างคันกั้นน้ำ ทำให้ความสามารถในการระบายน้ำในแม่น้ำปิงมีค่าเพิ่มขึ้นประกอบกับการผันน้ำอ้อมพื้นที่ชุมชนทำให้ค่าระดับน้ำบริเวณเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีค่าลดลง ดังแสดงในภาพที่ 27 โดยในกรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.05 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 1.50 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 0.35 เมตร



ภาพที่ 25 แสดงแนวการขุดลอกและปรับปรุงความลาดชันของแม่น้ำปิง



ภาพที่ 26 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 2)



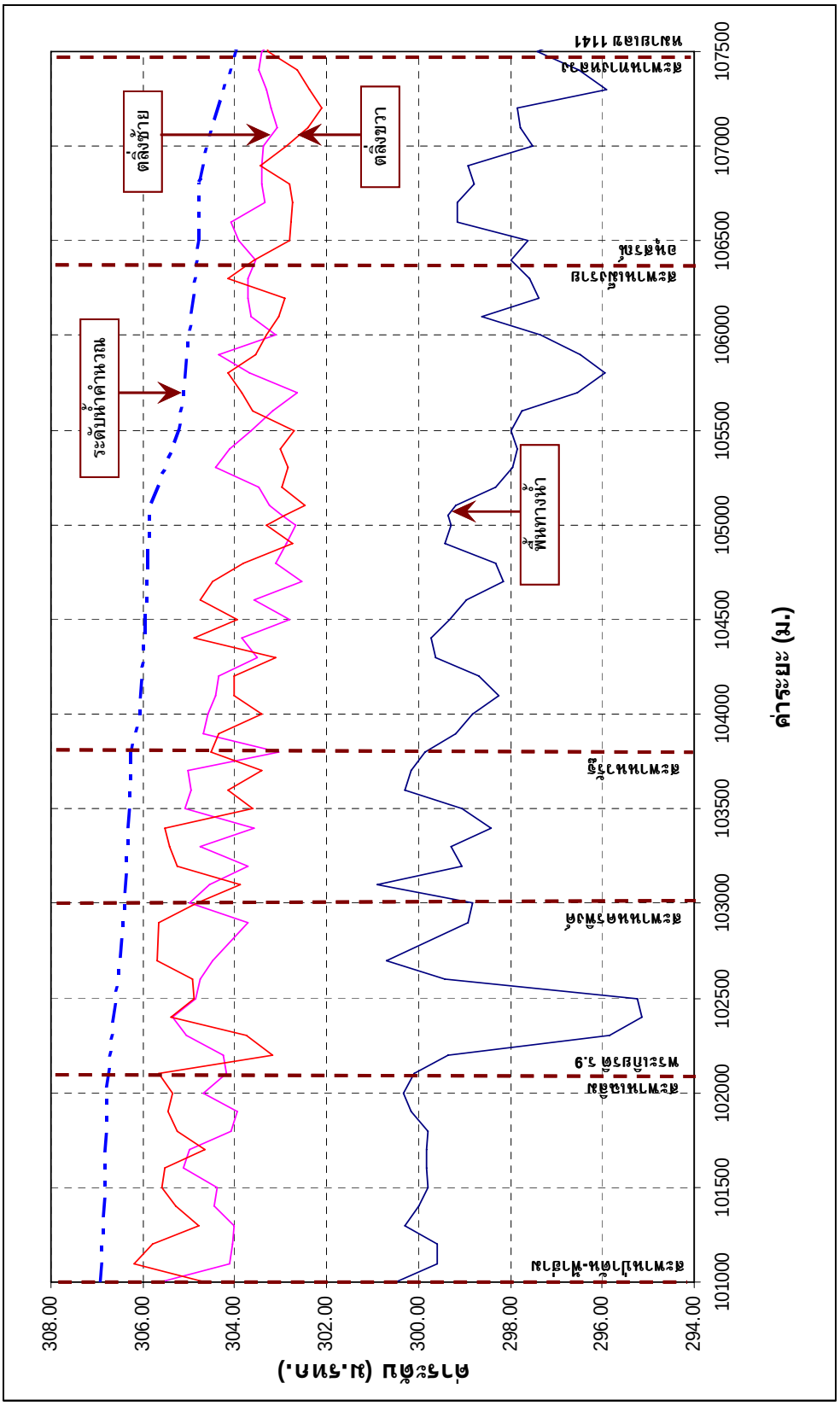
ภาพที่ 27 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 3)

4.4 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 4: กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ความจุ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร

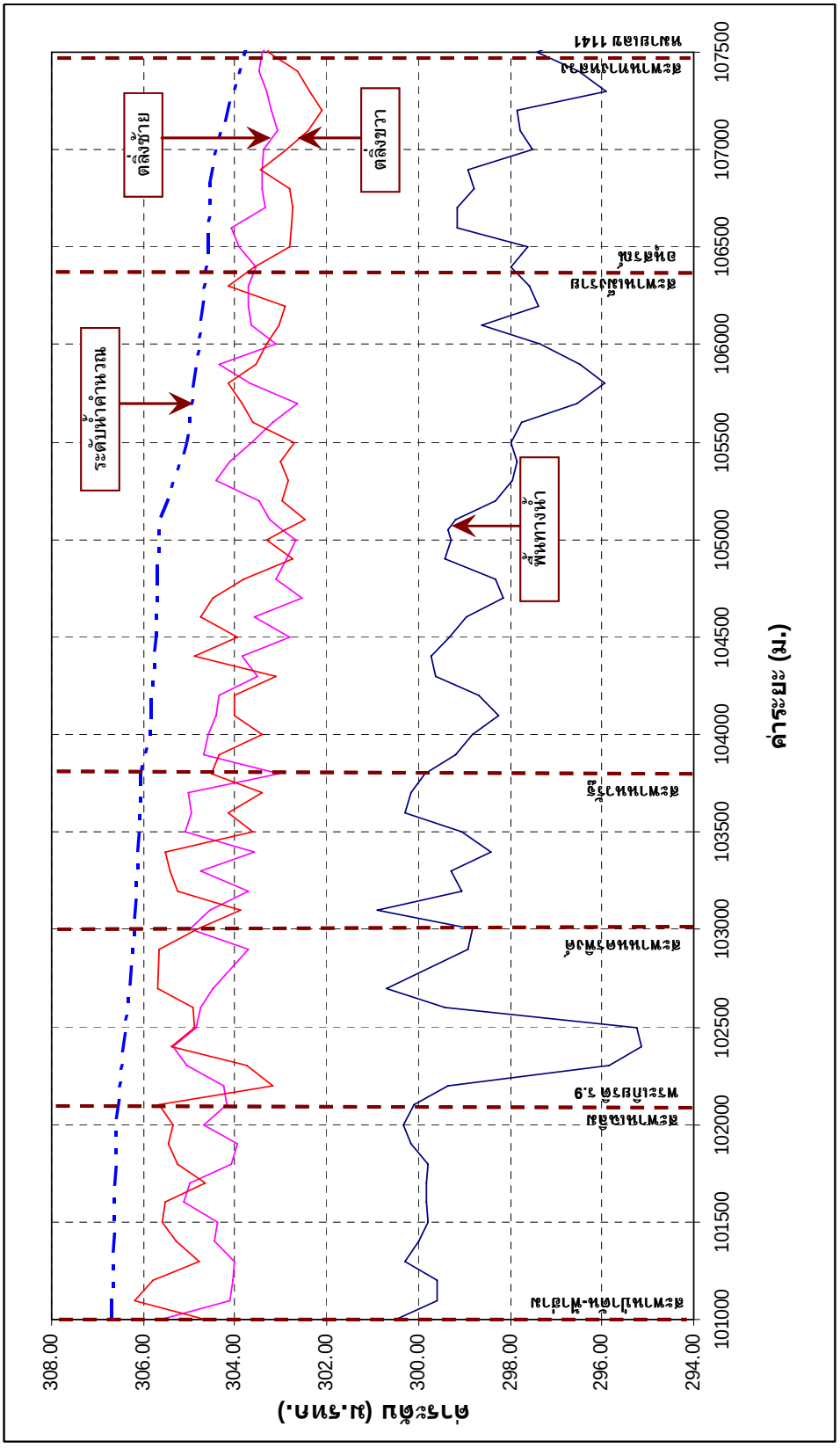
ผลการศึกษาทางเลือกที่ 4 กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ความจุ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยทำการพร่องน้ำไว้เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากในช่วงที่พิจารณาได้อย่างเต็มความจุของอ่างเก็บน้ำ พบว่าสามารถทำการลดยอดน้ำในกรณีเกิดน้ำหลากได้บางส่วน เมื่อพิจารณาเหตุการณ์น้ำหลากที่เกิดขึ้น พบว่าจะมีช่วงเวลาการเกิดยอดน้ำไม่เกิน 7 วัน เมื่อทำการพิจารณานำน้ำหลากเข้ากักเก็บในอ่างเก็บน้ำแม่ปิงในช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีปริมาณลดน้อยลง ส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำปิงแสดงดังภาพที่ 28 กรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.70 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 3.40 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 2.30 เมตร

4.5 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 5: กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ความจุ 110 ล้านลูกบาศก์เมตร

ผลการศึกษาทางเลือกที่ 5 กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ความจุ 110 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยทำการพร่องน้ำไว้เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากในช่วงที่พิจารณาได้อย่างเต็มความจุของอ่างเก็บน้ำ พบว่าสามารถทำการลดยอดน้ำในกรณีเกิดน้ำหลากได้บางส่วน เมื่อทำการพิจารณานำน้ำหลากเข้ากักเก็บในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ดจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีปริมาณลดน้อยลง ส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำปิงแสดงดังภาพที่ 29 กรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.50 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 3.20 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 2.10 เมตร



ภาพที่ 28 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 4)



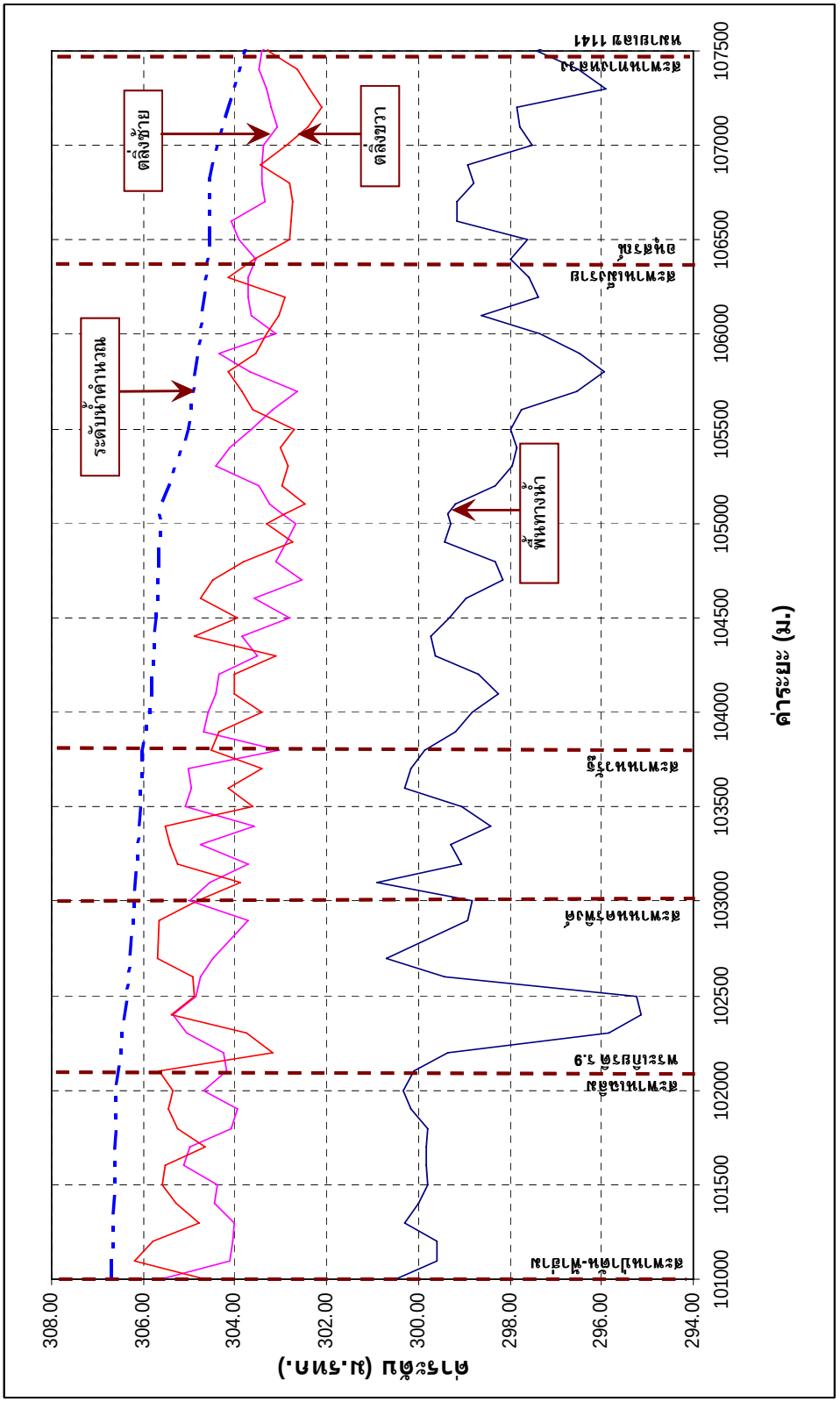
ภาพที่ 29 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 5)

4.6 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 6: กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง ความจุ 112 ล้านลูกบาศก์เมตร

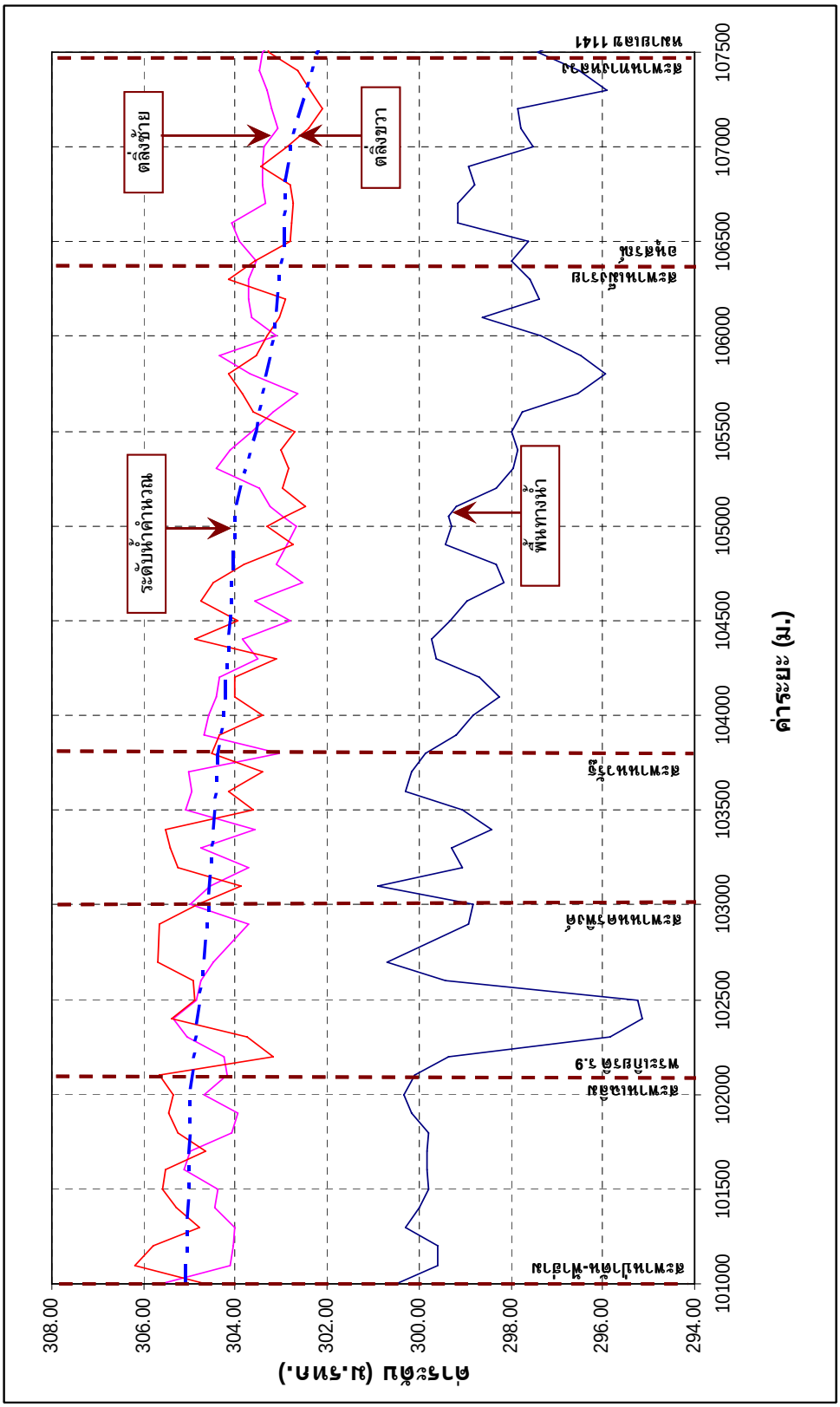
ผลการศึกษาทางเลือกที่ 6 กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง ความจุ 112 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยทำการพร่องน้ำไว้เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากในช่วงที่พิจารณาได้อย่างเต็มความจุของอ่างเก็บน้ำ พบว่าสามารถทำการลดยอดน้ำในกรณีเกิดน้ำหลากได้บางส่วน เมื่อทำการพิจารณานำน้ำหลากเข้ากักเก็บในอ่างเก็บน้ำแม่แตงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีปริมาณลดน้อยลง ส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำปิงแสดงดังภาพที่ 30 กรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.50 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 3.20 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 2.10 เมตร

4.7 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 7: กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด และอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน รวมความจุรับน้ำ 302 ล้านลูกบาศก์เมตร

ผลการศึกษาทางเลือกที่ 7 กรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด และอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน รวมความจุรับน้ำ 302 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยทำการพร่องน้ำไว้เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากในช่วงที่พิจารณาได้อย่างเต็มความจุของอ่างเก็บน้ำทั้งสามพร้อมกัน พบว่าสามารถทำการลดยอดน้ำในกรณีเกิดน้ำหลากได้เป็นปริมาณมาก เมื่อทำการพิจารณานำน้ำหลากเข้ากักเก็บในอ่างเก็บน้ำแม่แตงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่มีปริมาณลดน้อยลง ส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำปิงแสดงดังภาพที่ 31 กรณีที่ต้องการป้องกันน้ำล้นหลากเข้าพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเมืองเชียงใหม่จำเป็นต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงตั้งแต่ 0.05 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งสูง) จนถึง 1.50 เมตร (บริเวณระดับตลิ่งต่ำ) เทียบกับค่าระดับตลิ่งเฉลี่ยปานกลางตลอดแนวเท่ากับ 0.50 เมตร



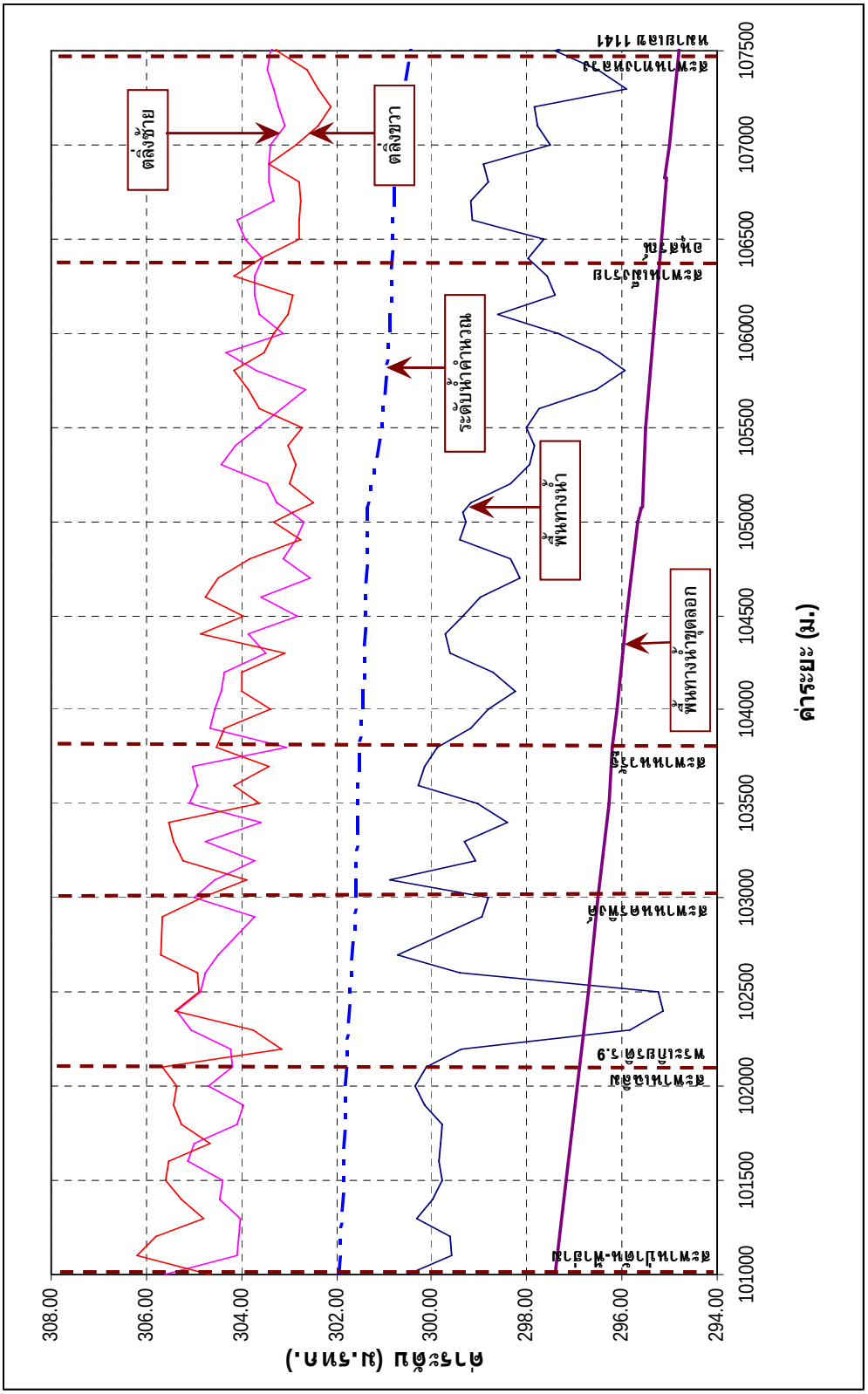
ภาพที่ 30 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 6)



ภาพที่ 31 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 7)

4.8 ผลการศึกษาทางเลือกที่ 8: ใช้แนวทางในการบรรเทาอุทกภัยทั้งหมด ประกอบด้วยการรื้อฝาย 3 แห่ง การขุดลอกทางน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด อ่างเก็บน้ำแม่แตง รวมทั้งการสร้างคันกั้นน้ำ

ผลการศึกษาทางเลือกที่ 8 กรณีที่มีการใช้แนวทางในการบรรเทาอุทกภัยทั้งหมด ประกอบด้วยการรื้อฝาย 3 แห่ง การขุดลอกทางน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด อ่างเก็บน้ำแม่แตง รวมทั้งการสร้างคันกั้นน้ำ ส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำปิงแสดงดังภาพที่ 32 นั่นคือค่าระดับน้ำบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่มีระดับต่ำกว่าค่าตลิ่งของทางน้ำตลอดทั้งช่วง โดยมีค่าระดับน้ำต่ำกว่าระดับตลิ่งต่ำประมาณ 1.50 เมตร



ภาพที่ 32 แสดงค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (กรณีศึกษาที่ 8)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. พื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่เป็นจุดอ่อนต่อการเกิดน้ำท่วมจากแม่น้ำปิงและลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ สาเหตุหลักของการเกิดน้ำท่วมพื้นที่เกิดจาก ฝนตกหนักต่อเนื่องในพื้นที่ตอนบน ประกอบกับแม่น้ำปิงและแม่น้ำสาขาต่าง ๆ จะบรรจบกันก่อนเข้าสู่ตัวเมืองเชียงใหม่ ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนไหลบ่ามาตามแม่น้ำปิงเข้าสู่พื้นที่ตัวเมืองเชียงใหม่ ส่วนปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำท่าค่อนข้างมาก อาทิเช่น หน้าตัดลำน้ำที่เล็กลงเนื่องจากการรุกล้ำทางน้ำ ฝายที่กั้นขวางทางน้ำ และความลาดชันของทางน้ำที่มีค่าน้อยบริเวณตัวเมือง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการระบายน้ำไม่เพียงพอที่จะระบายน้ำหลากลงไปทางตอนล่างของแม่น้ำได้ทัน ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นจนล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนอย่างรวดเร็ว

2. ผลจากการจำลองสภาพน้ำท่วมและอุทกภัยในพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS พบว่าระดับน้ำที่ได้จากการบันทึกและระดับน้ำที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำปิง จากสถานีวัดน้ำ P.67 ถึงสถานีวัดน้ำ P.1 สะพานนวรัฐ มีค่าสัมประสิทธิ์ “n” เท่ากับ 0.035 และจากสถานีวัดน้ำ P.1 สะพานนวรัฐ ถึงฝายหนองสลีก มีค่าสัมประสิทธิ์ “n” เท่ากับ 0.030 และมีค่าสัมประสิทธิ์ “n” ของทุ่งน้ำท่วมตลอดแนวแม่น้ำปิงเท่ากับ 0.080 ซึ่งสอดคล้องกับสภาพลำน้ำจริง และเมื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำปิง เพิ่มขึ้นและลดลง 20% จะทำให้ค่าระดับน้ำเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.05 – 0.25 เมตร เท่านั้น โดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณน้ำมากจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่จัดทำขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำปิงตอนบนเพื่อใช้ในการศึกษาเหตุการณ์น้ำหลากได้

3. มาตรการบรรเทาอุทกภัยพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ จากทางเลือกที่ได้ศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการบรรเทาน้ำท่วม จะเห็นว่าในกรณีของการขุดลอกปรับปรุงทางน้ำของแม่น้ำปิงจะส่งผลให้ค่าระดับน้ำในแม่น้ำบริเวณเทศบาลนครเชียงใหม่ลดลงได้ในสัดส่วนที่มากที่สุด คือจะลดค่าระดับน้ำที่เกิดจากปริมาณน้ำท่าที่คาบอุบัติ 100 ปี (เหตุการณ์น้ำหลากปี 2548) เฉลี่ยประมาณ 2.00 เมตร ในขณะที่การผันน้ำอ้อมพื้นที่เมืองด้วยคลองส่งน้ำแม่แตงและแม่แฝก จะลดได้ประมาณ 0.40 เมตร การสร้างอ่างเก็บน้ำปิงตอนบนจะลดได้ประมาณ 0.50

เมตร การสร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ดจะลดได้ประมาณ 0.70 เมตร การสร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตงจะลดได้ประมาณ 0.70 เมตร ในขณะที่การรื้อฝายกั้นแม่น้ำปิง ออกทั้งสามแห่งจะลดระดับน้ำสูงสุดได้ประมาณ 0.10 เมตรเท่านั้น

4. แนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากในเขตพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับป้องกันการไหลหลากของน้ำท่าที่คาบอุบัติ 100 ปีได้นั้น จะต้องดำเนินการตามทางเลือกที่ 8 แต่ถ้าดำเนินการการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมพร้อมกันด้วยมาตรการทั้งหมดจะต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมหาศาล จึงควรพัฒนาระบบการป้องกันอุทกภัยเป็นลำดับโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพที่ได้และความยากง่ายของการพัฒนาในแต่ละมาตรการ รวมทั้งงบประมาณในการดำเนินการและรวมถึงผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อาทิเช่นประโยชน์ในการใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจจากการสร้างเขื่อนริมน้ำเป็นสวนสาธารณะ ผลประโยชน์จากการใช้เป็นทางสัญจรจากการขุดลอกหรือสร้างทางผันน้ำ หรือผลประโยชน์จากการกักเก็บน้ำไว้ใช้งานในฤดูแล้งจากการสร้างอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากแบบจำลองในการวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับอาคารชลศาสตร์ยังไม่ครบถ้วน จึงควรมีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของอาคารชลศาสตร์ในแม่น้ำปิงให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการจำลองลักษณะการไหล

2. ในอนาคตหากจะมีการนำผลการวิจัยไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วมจริงควรมีการสำรวจสภาพภูมิประเทศและรูปตัดแม่น้ำตลอดจนอาคารชลศาสตร์ต่างๆที่อาจจะมีเพิ่มเติมให้เป็นข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด เพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่ชุมชนเมือง (Urban model) มาใช้งานร่วมกับแบบจำลองที่ได้จากการวิจัย เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการสำหรับพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ชุมชนต่อเนื่องต่อไป

4. ควรมีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าและน้ำฝน แบบอัตโนมัติในลำน้ำสาขาต่างๆ ที่บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของลำน้ำนั้นๆ รวมทั้งบริเวณแม่น้ำปิงให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน เพื่อใช้ในการติดตามสภาพน้ำและใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

5. สำหรับการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมด้วยมาตรการการขุดลอกแม่น้ำปิง หากมีการดำเนินการควรทำการปรับปรุงทางน้ำภายในระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่เป็นไปได้ เพื่อป้องกันการกลับมาตกตะกอนซ้ำ และควรพิจารณารูปแบบและลักษณะของลาดตลิ่งเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน

6. ในอนาคตต่อไปความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยและน้ำหลากจะมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการแก้ไขด้วยมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างที่นำมาวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นอาจใช้แก้ปัญหาน้ำท่วมได้ไม่เต็มที่ อีกทั้งการพัฒนาพื้นที่ชุมชนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนที่มีมากขึ้นจะส่งผลให้มาตรการการป้องกันที่วางแผนไว้อาจไม่สามารถดำเนินการได้ จึงควรศึกษาหาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยด้วยมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง อาทิเช่น การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มต่ำ การควบคุมการพัฒนาระบบสาธารณูปโภค เช่น ถนน ที่มีแนวเส้นทางตัดขวางพื้นที่น้ำท่วมถึง เป็นต้น เพิ่มเติม เพื่อการบริหารจัดการน้ำหลากในอนาคตอย่างมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มการจัดสรรน้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2548. **รายงานสรุปสภาพน้ำฝนและสภาพน้ำท่าในช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2548.** กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์กรมชลประทาน.

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. **โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อการพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำปิงตอนบน.** กรุงเทพมหานคร.

คณะกรรมการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมจังหวัดเชียงใหม่. 2548. **รายงานการประชุมแผนงานโครงการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมจังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2548.** เชียงใหม่.

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2539. **การป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำของมหานคร.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

นิปัทม์ คำพรหม. 2544. **การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้พื้นที่ทุ่งน้ำท่วมธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2550. **คู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS และโปรแกรม FloodWorks.** กรุงเทพมหานคร.

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545. **รายงานหลัก โครงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา.** กรุงเทพมหานคร.

อรรถพล ชำนาญเวชกิจ. 2543. **การศึกษาสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chow, V. T. 1973. **Open Channel Hydraulics.** Tokyo: McGraw-Hill.

Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. **Urban Hydrology for Small Watersheds.** Washington: U.S. Government Printing Office.

ภาคผนวก

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบนที่รวบรวมได้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 ถึง พ.ศ.2549 สำหรับการปรับเทียบและทดสอบแบบจำลองดังแสดงรายการสถานีในตารางผนวกที่ 1

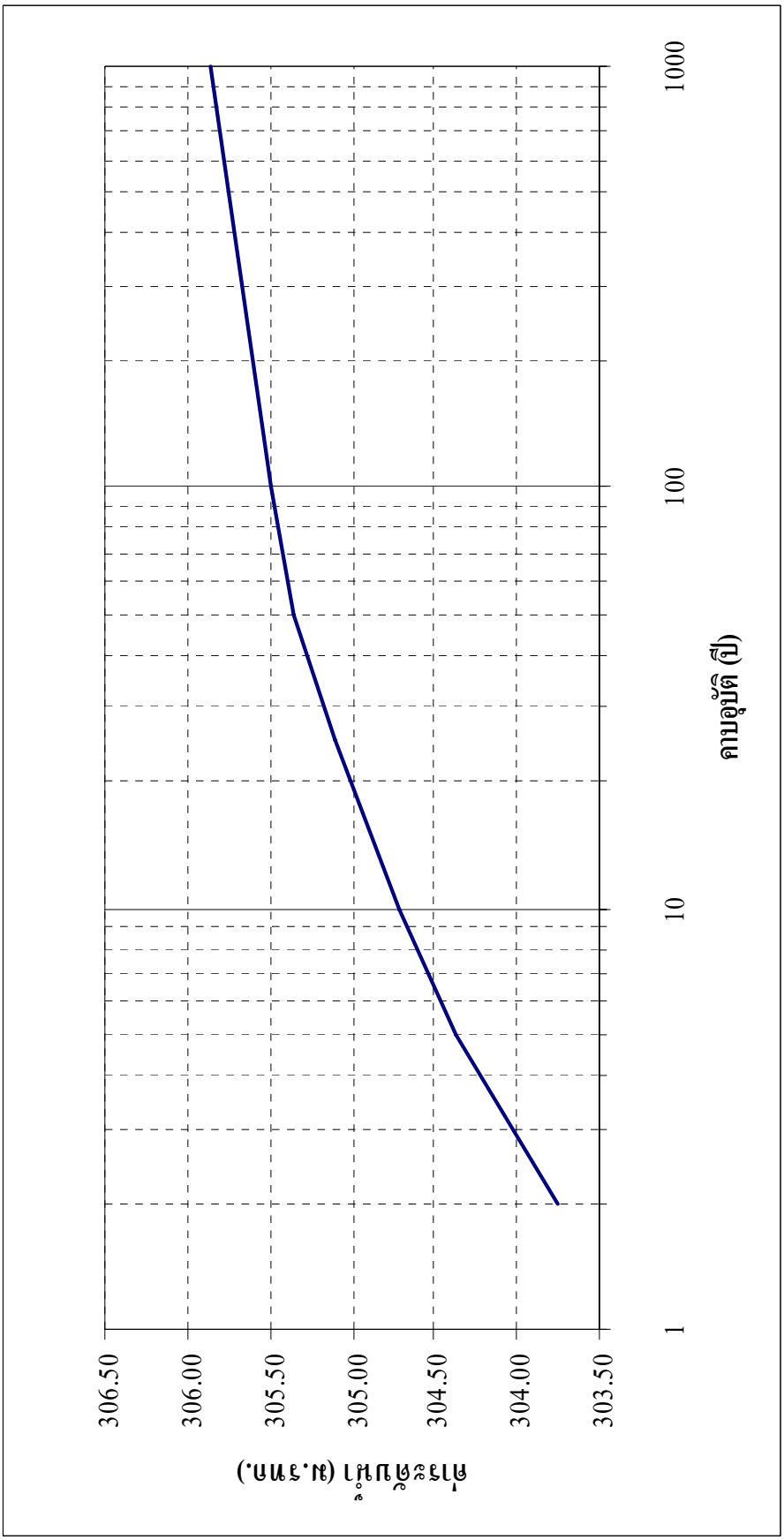
ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลำดับที่	ชื่อสถานี	หน่วยงานดูแล	สถานที่	พิกัด UTM	
ข้อมูลปริมาณฝน				X	Y
1	07013	กรมชลประทาน	อ.เมือง จ.เชียงใหม่	497424.8	2083093
2	07022	กรมชลประทาน	อ.สารภี จ.เชียงใหม่	504363.6	2069109
3	07032	กรมชลประทาน	อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	513117.7	2072525
4	07042	กรมชลประทาน	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	505091.7	2083955
5	07052	กรมชลประทาน	อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	514688.0	2086326
6	07062	กรมชลประทาน	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	599808.8	2091475
7	07072	กรมชลประทาน	อ.หางดง จ.เชียงใหม่	491769.4	2066099
8	07082	กรมชลประทาน	อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	489334.6	2059554
9	07092	กรมชลประทาน	อ.ฮอด จ.เชียงใหม่	459227.9	2011311
10	07102	กรมชลประทาน	อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	522676.3	2202336
11	07112	กรมชลประทาน	อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	494507.5	2113983
12	07122	กรมชลประทาน	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	521499.7	2141166
13	07132	กรมชลประทาน	อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	496499.4	2141184
14	07142	กรมชลประทาน	อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	472171.2	2084005
15	07152	กรมชลประทาน	อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	432967.5	2045439
16	07162	กรมชลประทาน	อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	432169.2	1967713
17	07182	กรมชลประทาน	อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	466174.8	2036223
18	07331	กรมชลประทาน	แก่งคุด (P.13) อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	486335.0	2124346
19	07341	กรมชลประทาน	แม่กวง (P.25) อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	513747.7	2091735
20	07391	กรมชลประทาน	สำนักชลประทานที่ 1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่	501785.6	2077500
21	07492	กรมชลประทาน	อ.แม่อาย จ.เชียงใหม่	527110.9	2211103
22	07581	กรมชลประทาน	ห้วยแม่ลาย (P.36) อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	430197.4	2085023
23	07591	กรมชลประทาน	บ้านปางเติม (P.41) อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	473129.6	2058432
24	07670	กรมชลประทาน	โครงการแม่งัด (P.28A) จ.เชียงใหม่	505520.0	2119577

การวิเคราะห์คาบอุบัติการเกิดระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ได้ผลดังตารางผนวกที่ 2

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์คาบอุบัติการเกิดระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี P.1

คาบอุบัติ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
2	303.75	365.00
5	304.38	517.00
10	304.71	606.00
25	305.11	702.00
50	305.36	778.00
100	305.50	817.00
1000	305.85	936.00



ภาพผนวกที่ 1 การวิเคราะห์คาบอุบัติการณ์เกิดระดับน้ำสูงสุดที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่

การปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ได้ดำเนินการ 2 ส่วน อันได้แก่ การปรับเทียบกรณีการไหลเป็นแบบ Steady State และกรณีการไหลเป็นแบบ Unsteady State แสดงผลการปรับเทียบแบบจำลอง ได้ดังต่อไปนี้

- กรณีการปรับเทียบแบบจำลองกรณีการไหลแบบทรงตัวมั่น ที่สถานี P.1

ตารางผนวกที่ 3 Rating curve สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)	**ค่าอัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)**
301.2	0.0
301.3	0.3
301.4	0.7
301.5	1.2
301.6	2.8
301.7	10.0
301.8	20.3
301.9	31.5
302.0	43.5
302.1	56.5
302.2	70.0
302.3	85.0
302.4	101.0
302.6	135.0
302.8	171.0
302.9	190.0
303.6	330.0
304.0	418.0
304.4	514.0

การปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาเป็นการปรับเทียบหาค่าพารามิเตอร์ของสภาพพื้นที่ด้วยวิธี SCSเพื่อให้การเปลี่ยนค่าน้ำฝนเป็นน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษามีค่าความน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาคือที่สถานี P.1 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ซึ่งเป็นจุดออกของปริมาณน้ำที่มาจากลุ่มน้ำแม่ริม

ตารางผนวกที่ 4 สรุปผลการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาที่สถานี P.21

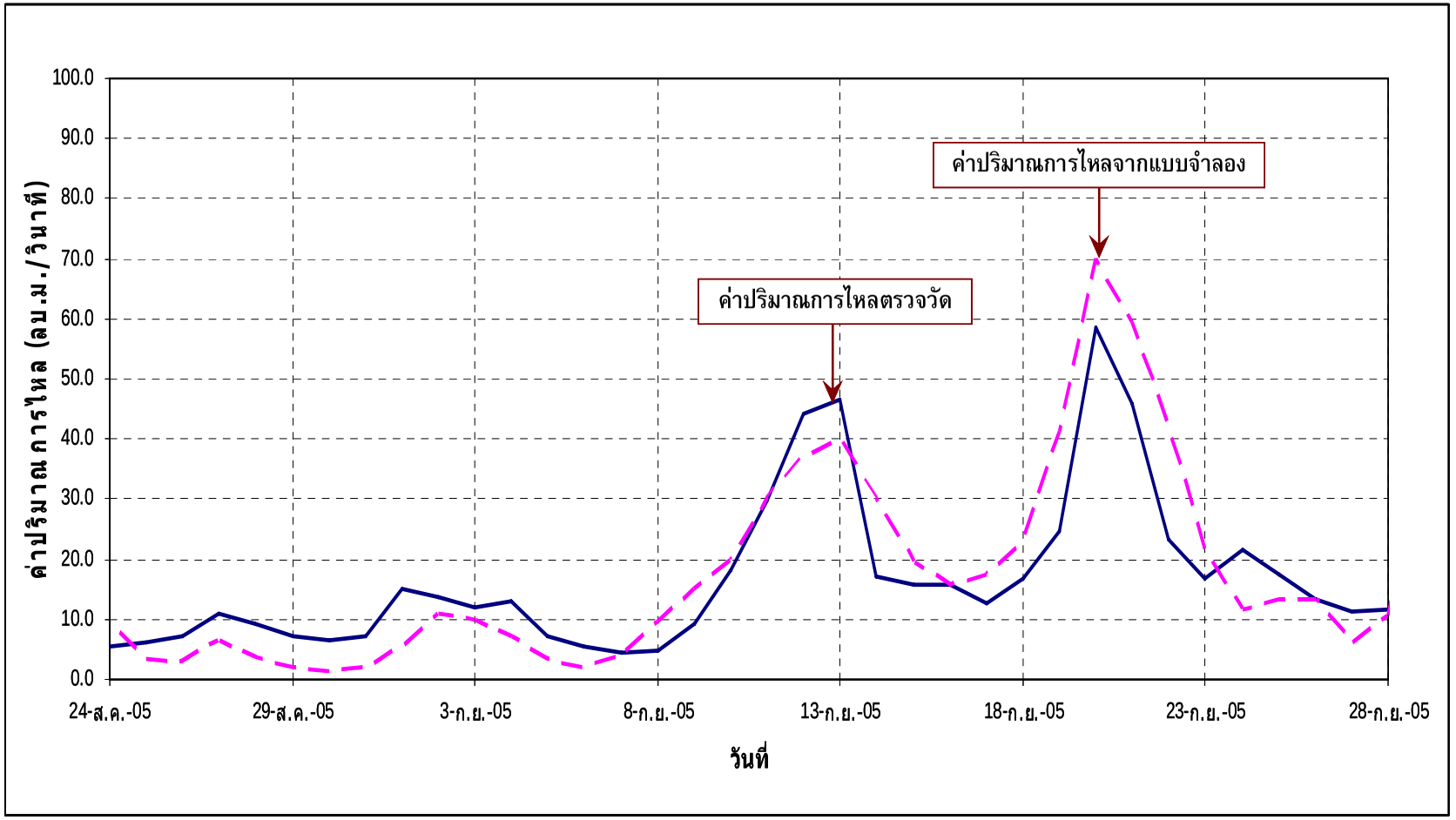
วันเวลา	ปริมาณน้ำที่สถานี P.21 (ลบ.ม./วินาที)		ค่าความแตกต่าง (ลบ.ม./วินาที)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
24/8/2005 0:00	5.40	9.10	3.70	19.10	5.79
25/8/2005 0:00	6.22	3.28	-2.94		
26/8/2005 0:00	7.32	3.16	-4.16		
27/8/2005 0:00	10.92	6.45	-4.47		
28/8/2005 0:00	9.32	3.82	-5.50		
29/8/2005 0:00	7.10	2.16	-4.94		
30/8/2005 0:00	6.66	1.33	-5.33		
31/8/2005 0:00	7.21	1.98	-5.23		
1/9/2005 0:00	14.95	5.54	-9.41		
2/9/2005 0:00	13.60	10.86	-2.74		
3/9/2005 0:00	11.96	9.99	-1.97		
4/9/2005 0:00	13.15	7.13	-6.02		
5/9/2005 0:00	7.21	3.53	-3.68		
6/9/2005 0:00	5.50	2.18	-3.32		
7/9/2005 0:00	4.60	4.06	-0.54		
8/9/2005 0:00	4.70	9.73	5.03		
9/9/2005 0:00	9.41	15.00	5.59		
10/9/2005 0:00	18.10	20.00	1.90		

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วันเวลา	ปริมาณน้ำที่สถานี P.21 (ลบ.ม./วินาที)		ค่าความแตกต่าง (ลบ.ม./วินาที)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
11/9/2005 0:00	29.81	30.00	0.19		
12/9/2005 0:00	44.20	37.00	-7.20		
13/9/2005 0:00	46.66	40.00	-6.66		
14/9/2005 0:00	17.21	30.00	12.79		
15/9/2005 0:00	15.78	19.56	3.78		
16/9/2005 0:00	15.65	15.90	0.25		
17/9/2005 0:00	12.79	17.57	4.78		
18/9/2005 0:00	16.69	22.79	6.10		
19/9/2005 0:00	24.74	41.12	16.38		
20/9/2005 0:00	58.70	69.74	11.04		
21/9/2005 0:00	45.78	59.23	13.45		
22/9/2005 0:00	23.18	42.28	19.10		
23/9/2005 0:00	16.82	21.52	4.70		
24/9/2005 0:00	21.48	11.66	-9.82		
25/9/2005 0:00	17.47	13.43	-4.04		
26/9/2005 0:00	13.31	13.20	-0.11		

ตารางผนวกที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ดรรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) สำหรับลุ่มน้ำแม่ริม

ค่าสัมประสิทธิ์น้ำฝน - น้ำท่า	CN (SCS)
พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ริม	42



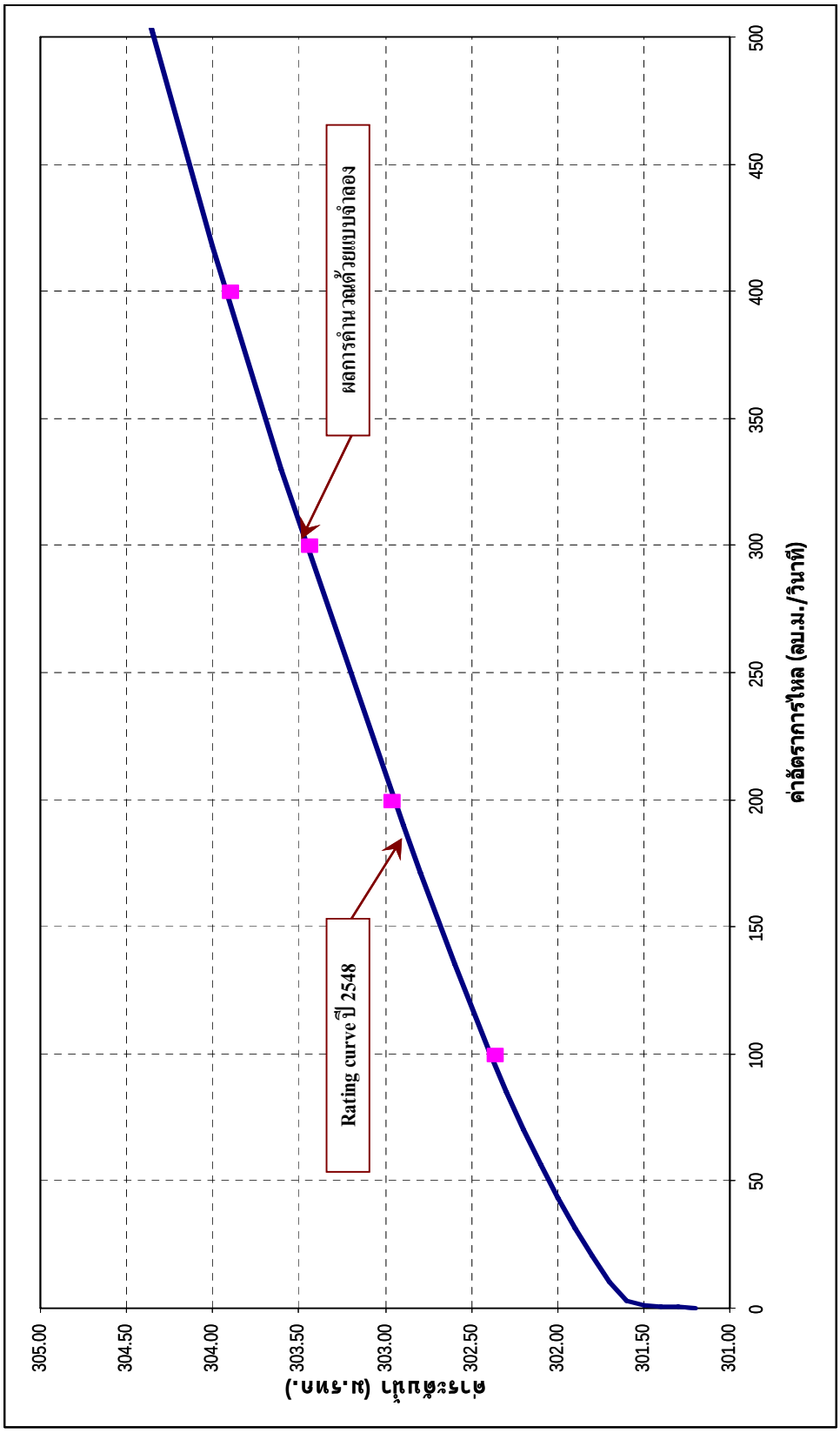
ภาพผนวกที่ 2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาที่สถานี P.21 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

ตารางผนวกที่ 6 ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบทรงตัวมั่น

ปริมาณน้ำในการปรับเทียบแบบ Static (ลบ.ม./วินาที)	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)	ค่าระดับน้ำจากแบบจำลอง (ม.รทก.)
100	302.39	302.35
200	302.95	302.94
300	303.45	303.47
400	303.92	303.95

ตารางผนวกที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในทางน้ำ กรณีปรับเทียบแบบทรงตัวมั่น

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ	n
สถานีวัดน้ำ P.67 - สถานีวัดน้ำ P.1	0.030
สถานีวัดน้ำ P.1 - ฝายหนองสลีก	0.035



ภาพผนวกที่ 3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบทรงตัวมั่นที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่

- กรณีการปรับเทียบแบบจำลองกรณีการไหลเป็นแบบพลศาสตร์ ที่สถานี P.1

ตารางผนวกที่ 8 สรุปผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบพลศาสตร์ ที่สถานี P.1

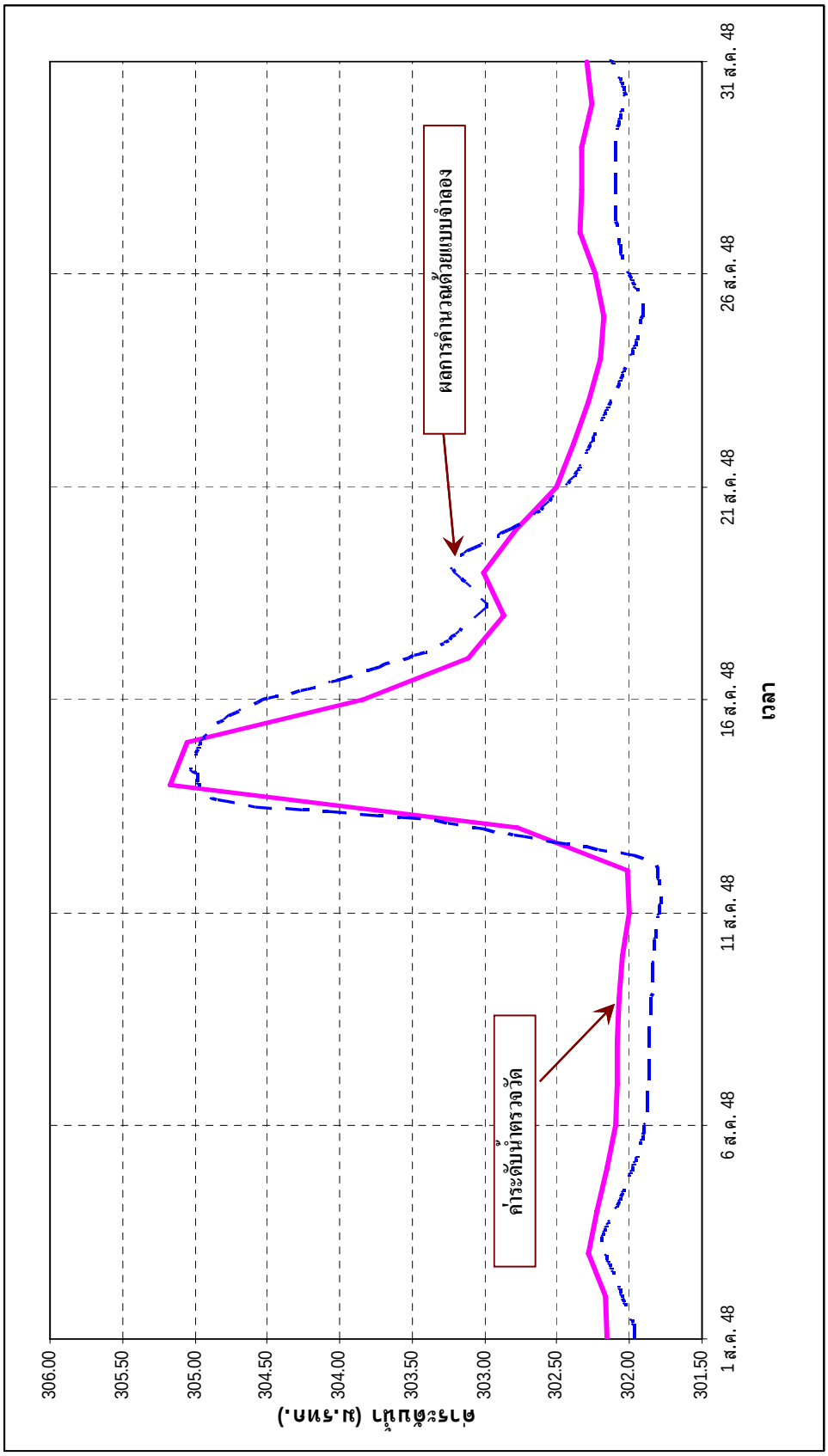
วันเวลา	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		ค่าความแตกต่าง (ม.)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
1/8/2005 6:00	302.15	301.96	-0.19	0.38	0.19
2/8/2005 6:00	302.17	302.07	-0.10		
3/8/2005 6:00	302.28	302.19	-0.09		
4/8/2005 6:00	302.22	302.07	-0.15		
5/8/2005 6:00	302.16	301.95	-0.21		
6/8/2005 6:00	302.1	301.88	-0.22		
7/8/2005 6:00	302.08	301.87	-0.21		
8/8/2005 6:00	302.08	301.86	-0.22		
9/8/2005 6:00	302.07	301.84	-0.23		
10/8/2005 6:00	302.05	301.83	-0.22		
11/8/2005 6:00	302	301.78	-0.22		
12/8/2005 6:00	302.02	301.86	-0.16		
13/8/2005 6:00	303.77	303.58	-0.19		
14/8/2005 6:00	305.17	304.98	-0.19		
15/8/2005 6:00	305.05	304.91	-0.14		
16/8/2005 6:00	303.84	304.22	0.38		
17/8/2005 6:00	303.11	303.32	0.21		
18/8/2005 6:00	302.87	302.98	0.11		
19/8/2005 6:00	303.01	303.23	0.22		
20/8/2005 6:00	302.79	302.69	-0.10		

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

วันเวลา	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		ค่าความแตกต่าง (ม.)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
21/8/2005 6:00	302.51	302.38	-0.13		
22/8/2005 6:00	302.39	302.24	-0.15		
23/8/2005 6:00	302.28	302.09	-0.19		
24/8/2005 6:00	302.2	301.97	-0.23		
25/8/2005 6:00	302.18	301.90	-0.28		
26/8/2005 6:00	302.24	302.04	-0.20		
27/8/2005 6:00	302.34	302.09	-0.25		
28/8/2005 6:00	302.33	302.09	-0.24		
29/8/2005 6:00	302.33	302.09	-0.24		
30/8/2005 6:00	302.26	302.03	-0.23		
31/8/2005 6:00	302.3	302.16	-0.14		

ตารางผนวกที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีปรับเทียบแบบพลศาสตร์

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ	n
สถานีวัดน้ำ P.67 - สถานีวัดน้ำ P.1	0.030
สถานีวัดน้ำ P.1 - ฝายหนองสลีก	0.035



ภาพผนวกที่ 4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบพลศาสตร์ ที่สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่

การทดสอบแบบจำลองเป็นการพิสูจน์ว่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีความถูกต้องสามารถทำหน้าที่เป็นตัวแทนสภาพธรรมชาติได้ โดยการนำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์อื่นๆ โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบในการคำนวณ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงวันที่ 31 กันยายน 2548

ตารางผนวกที่ 10 สรุปผลการตรวจสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่สถานี P.1

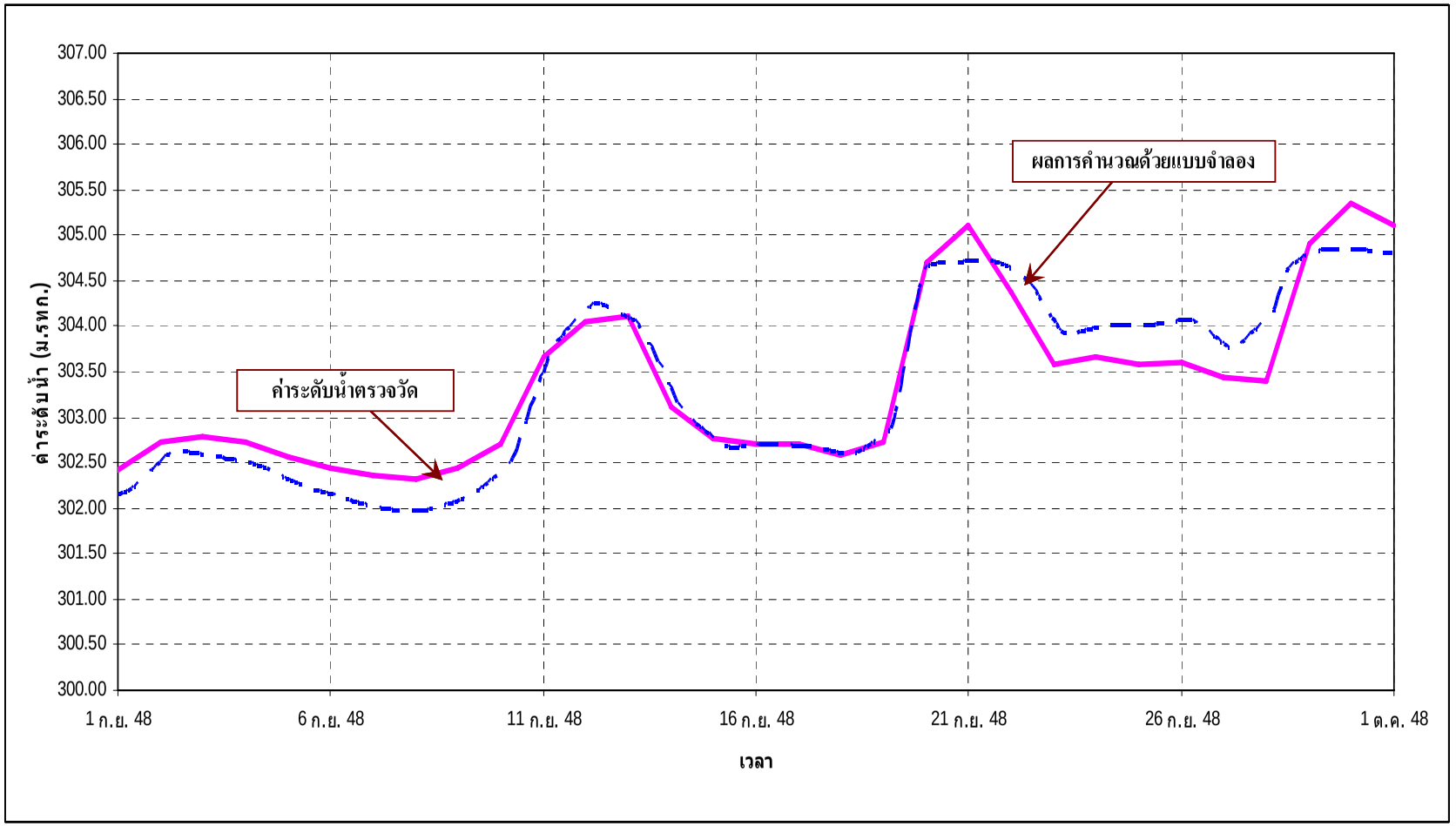
วันเวลา	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		ค่าความแตกต่าง (ม.)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
1/9/2005 6:00	302.43	302.19	-0.24	**0.37**	**0.19**
2/9/2005 6:00	302.73	302.61	-0.12		
3/9/2005 6:00	302.79	302.57	-0.22		
4/9/2005 6:00	302.73	302.48	-0.25		
5/9/2005 6:00	302.56	302.27	-0.29		
6/9/2005 6:00	302.45	302.12	-0.33		
7/9/2005 6:00	302.36	301.99	-0.37		
8/9/2005 6:00	302.31	301.98	-0.33		
9/9/2005 6:00	302.45	302.13	-0.32		
10/9/2005 6:00	302.71	302.51	-0.20		
11/9/2005 6:00	303.67	303.76	0.09		
12/9/2005 6:00	304.05	304.25	0.20		
13/9/2005 6:00	304.11	304.00	-0.11		
14/9/2005 6:00	303.12	303.09	-0.03		
15/9/2005 6:00	302.76	302.69	-0.07		
16/9/2005 6:00	302.7	302.70	0.00		
17/9/2005 6:00	302.71	302.69	-0.02		

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

วันเวลา	ค่าระดับน้ำที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		ค่าความแตกต่าง (ม.)		
	ค่าตรวจวัด	ค่าจากแบบจำลอง	ตามเวลา	สูงสุด	เฉลี่ย
18/9/2005 6:00	302.59	302.58	-0.01		
19/9/2005 6:00	302.73	302.98	0.25		
20/9/2005 6:00	304.7	304.69	-0.01		
21/9/2005 6:00	305.01	304.72	-0.30		
22/9/2005 6:00	304.38	304.54	0.16		
23/9/2005 6:00	303.68	303.92	0.24		
24/9/2005 6:00	303.76	304.00	0.24		
25/9/2005 6:00	303.68	304.01	0.33		
26/9/2005 6:00	303.71	304.06	0.35		
27/9/2005 6:00	303.53	303.75	0.22		
28/9/2005 6:00	304.3	304.27	-0.03		
29/9/2005 6:00	304.81	304.83	0.02		
30/9/2005 6:00	305.06	304.84	-0.22		

ตารางผนวกที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีตรวจสอบแบบจำลอง ปี พ.ศ.2548

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ	n
สถานีวัดน้ำ P.67 - สถานีวัดน้ำ P.1	0.030
สถานีวัดน้ำ P.1 - ฝายหนองสลีก	0.035



ภาพผนวกที่ 5 ผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานี P.1 ด้วยเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงวันที่ 31 กันยายน 2548

การทดสอบความไวของแบบจำลอง

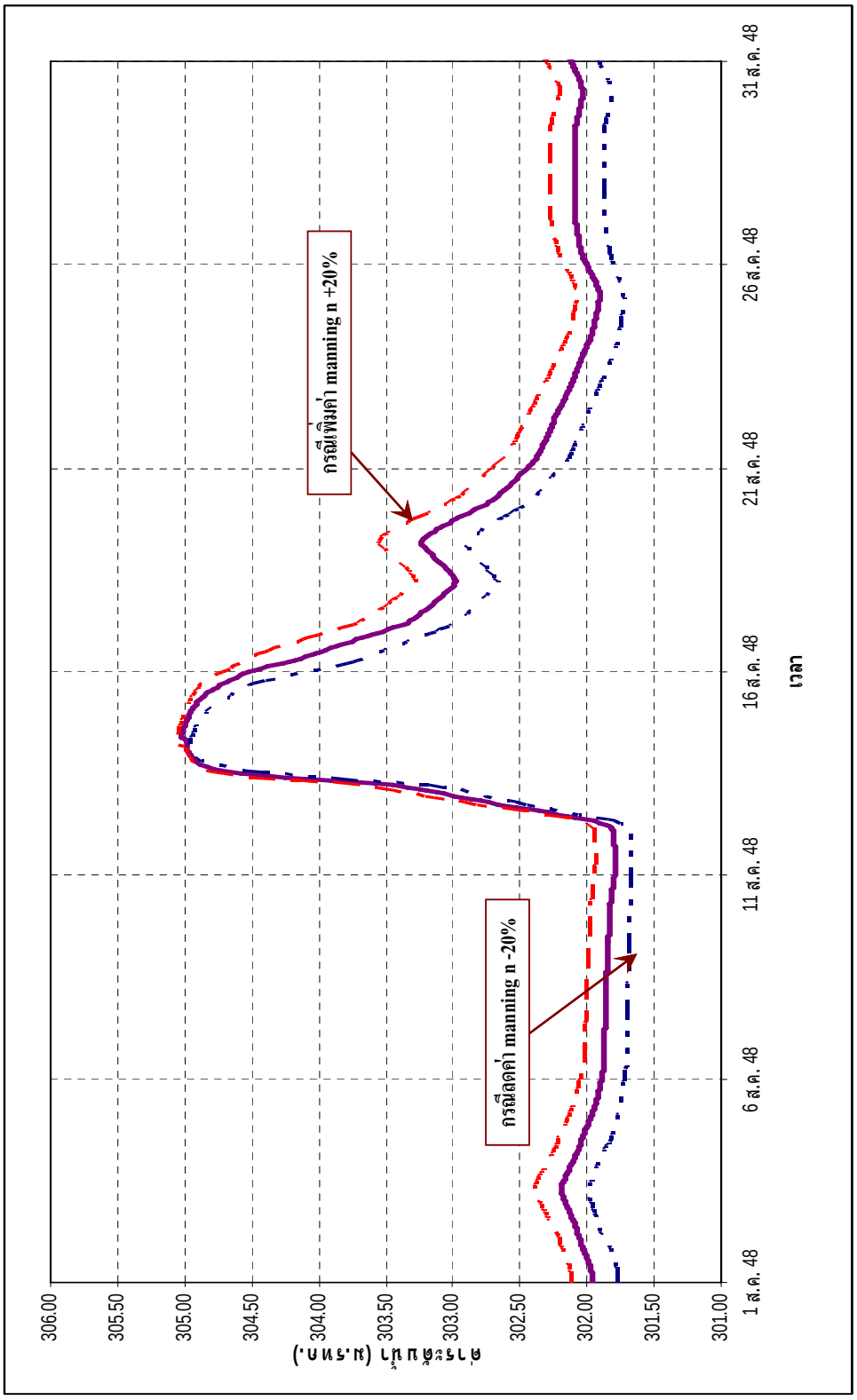
ผลการทดสอบความไวของแบบจำลอง สามารถแสดงได้ดังนี้

ตารางผนวกที่ 12 ผลการทดสอบความไวของแบบจำลอง

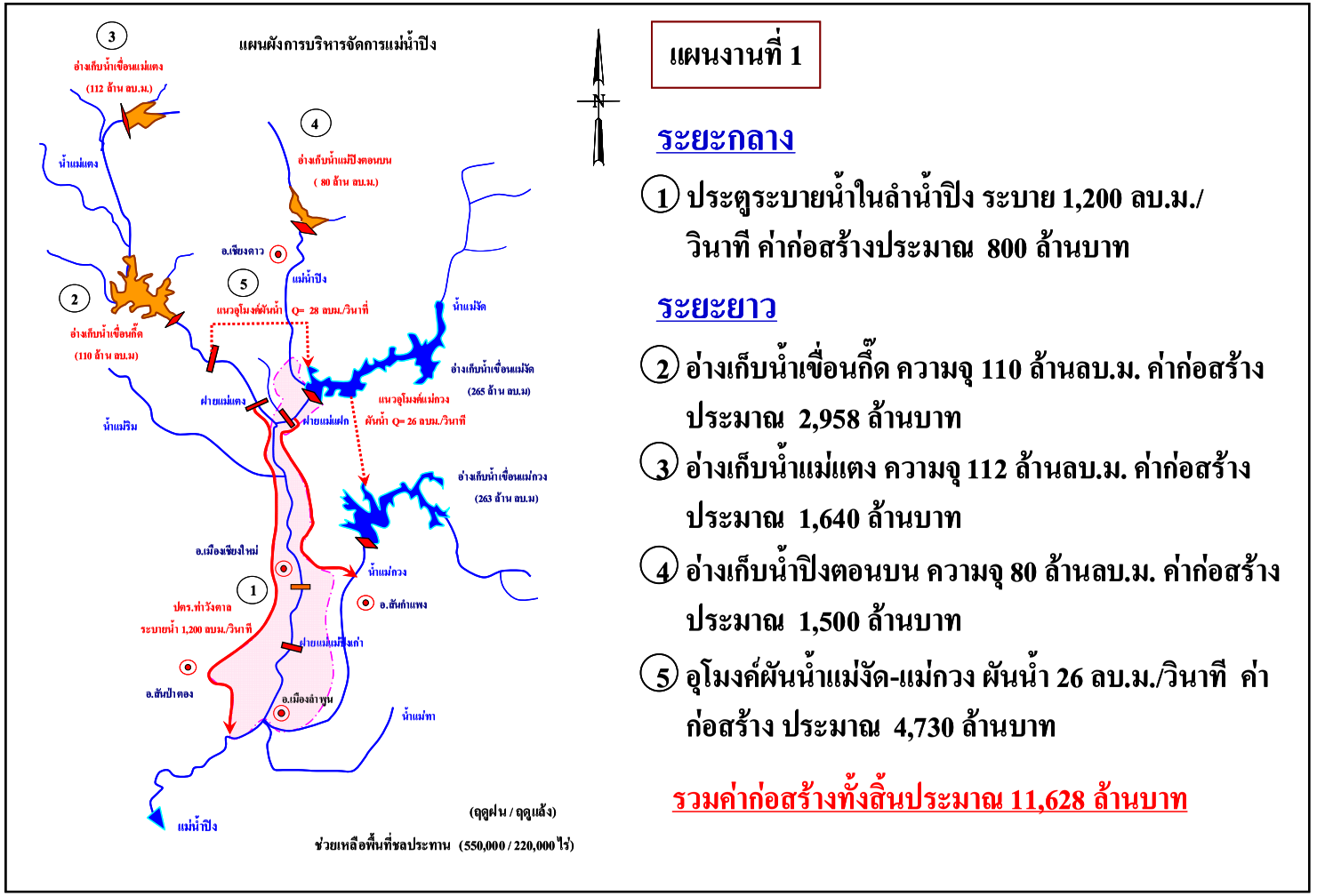
วันเวลา	ค่าระดับน้ำคำนวณจากแบบจำลองที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		
	ค่า n จากการปรับเทียบ	ค่า n +20%	ค่า n -20%
1/8/2005 6:00	301.96	302.12	301.77
2/8/2005 6:00	302.07	302.23	301.90
3/8/2005 6:00	302.19	302.39	301.99
4/8/2005 6:00	302.07	302.24	301.88
5/8/2005 6:00	301.95	302.12	301.76
6/8/2005 6:00	301.88	302.03	301.71
7/8/2005 6:00	301.87	302.01	301.70
8/8/2005 6:00	301.86	302.00	301.70
9/8/2005 6:00	301.84	301.98	301.69
10/8/2005 6:00	301.83	301.97	301.68
11/8/2005 6:00	301.78	301.94	301.67
12/8/2005 6:00	301.86	301.97	301.70
13/8/2005 6:00	303.58	303.79	303.33
14/8/2005 6:00	304.98	305.06	304.96
15/8/2005 6:00	304.91	304.97	304.73
16/8/2005 6:00	304.22	304.56	303.74
17/8/2005 6:00	303.32	303.67	302.95
18/8/2005 6:00	302.98	303.28	302.67
19/8/2005 6:00	303.23	303.54	302.88
20/8/2005 6:00	302.69	302.98	302.40

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

วันเวลา	ค่าระดับน้ำคำนวณจากแบบจำลองที่สถานี P.1 (ม.รทก.)		
	ค่า n จากการปรับเทียบ	ค่า n + 20%	ค่า n + 20%
21/8/2005 6:00	302.38	302.62	302.14
22/8/2005 6:00	302.24	302.45	302.00
23/8/2005 6:00	302.09	302.29	301.88
24/8/2005 6:00	301.97	302.14	301.76
25/8/2005 6:00	301.90	302.07	301.72
26/8/2005 6:00	302.04	302.20	301.82
27/8/2005 6:00	302.09	302.28	301.88
28/8/2005 6:00	302.09	302.28	301.88
29/8/2005 6:00	302.09	302.28	301.88
30/8/2005 6:00	302.03	302.20	301.81
31/8/2005 6:00	302.16	302.35	301.95
21/8/2005 6:00	302.38	302.62	302.14
22/8/2005 6:00	302.24	302.45	302.00
23/8/2005 6:00	302.09	302.29	301.88
24/8/2005 6:00	301.97	302.14	301.76
25/8/2005 6:00	301.90	302.07	301.72
26/8/2005 6:00	302.04	302.20	301.82
27/8/2005 6:00	302.09	302.28	301.88
28/8/2005 6:00	302.09	302.28	301.88



ภาพผนวกที่ 6 ผลการตรวจสอบความไวแบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำ



แผนงานที่ 1

ระยะกลาง

① ประตูระบายน้ำในลำน้ำปิง ระบาย 1,200 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้างประมาณ 800 ล้านบาท

ระยะยาว

② อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ความจุ 110 ล้านลบ.ม. ค่าก่อสร้างประมาณ 2,958 ล้านบาท

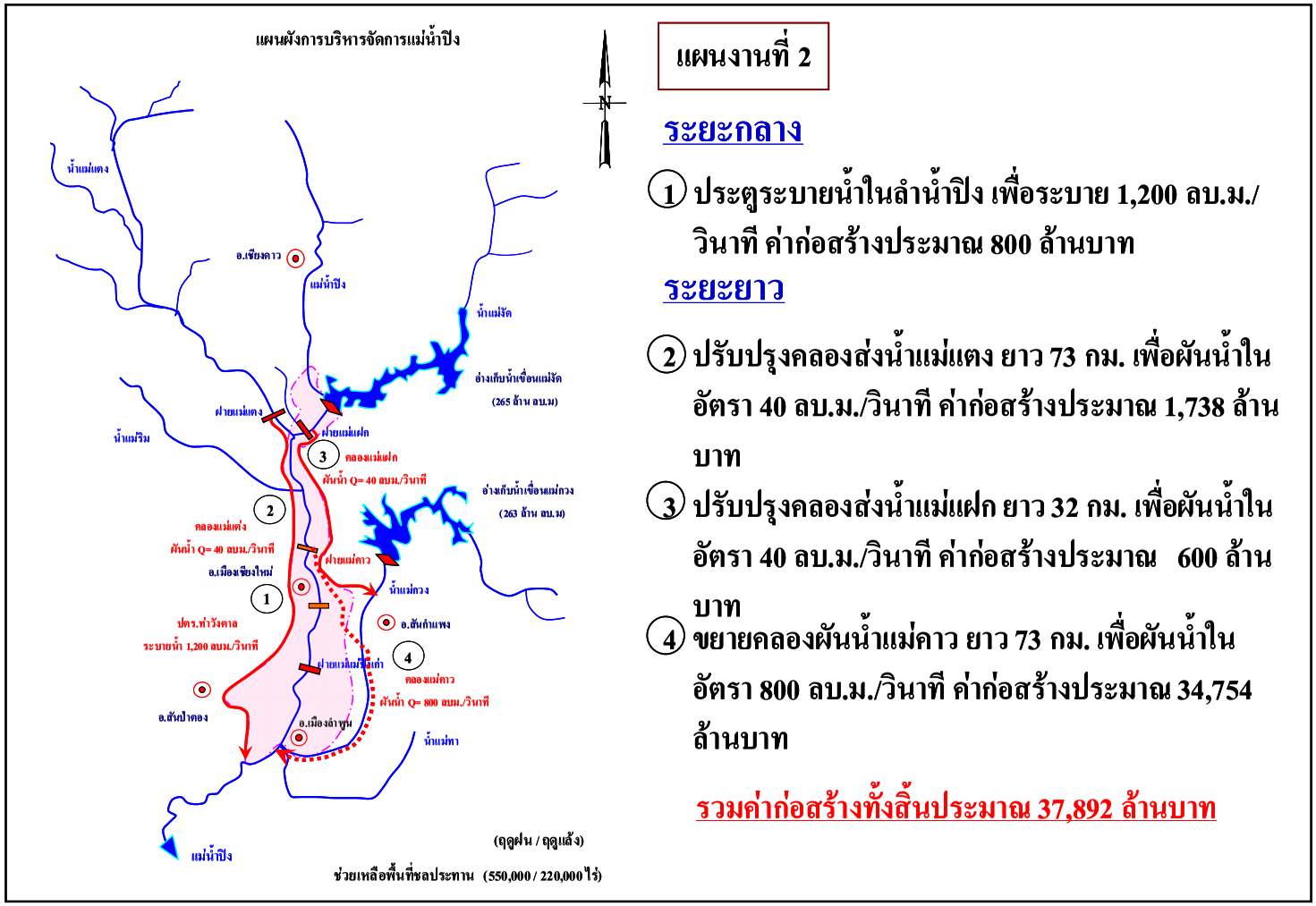
③ อ่างเก็บน้ำแม่แตง ความจุ 112 ล้านลบ.ม. ค่าก่อสร้างประมาณ 1,640 ล้านบาท

④ อ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ความจุ 80 ล้านลบ.ม. ค่าก่อสร้างประมาณ 1,500 ล้านบาท

⑤ อุโมงค์ผันน้ำแม่งัด-แม่กวง ผันน้ำ 26 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้าง ประมาณ 4,730 ล้านบาท

รวมค่าก่อสร้างทั้งสิ้นประมาณ 11,628 ล้านบาท

ภาพผนวกที่ 7 แผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐ (แผนงานที่ 1)



แผนงานที่ 2

ระยะกลาง

(1) ประตูระบายน้ำในลำน้ำปิง เพื่อระบาย 1,200 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้างประมาณ 800 ล้านบาท

ระยะยาว

(2) ปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กม. เพื่อผันน้ำในอัตรา 40 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้างประมาณ 1,738 ล้านบาท

(3) ปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กม. เพื่อผันน้ำในอัตรา 40 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้างประมาณ 600 ล้านบาท

(4) ขยายคลองผันน้ำแม่คาว ยาว 73 กม. เพื่อผันน้ำในอัตรา 800 ลบ.ม./วินาที ค่าก่อสร้างประมาณ 34,754 ล้านบาท

รวมค่าก่อสร้างทั้งสิ้นประมาณ 37,892 ล้านบาท

ภาพผนวกที่ 8 แผนการดำเนินงานป้องกันน้ำท่วมของรัฐ (แผนงานที่ 2)

แนวทางการบริหารจัดการน้ำเพื่อบรรเทาอุทกภัยพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่และชุมชนใกล้เคียง

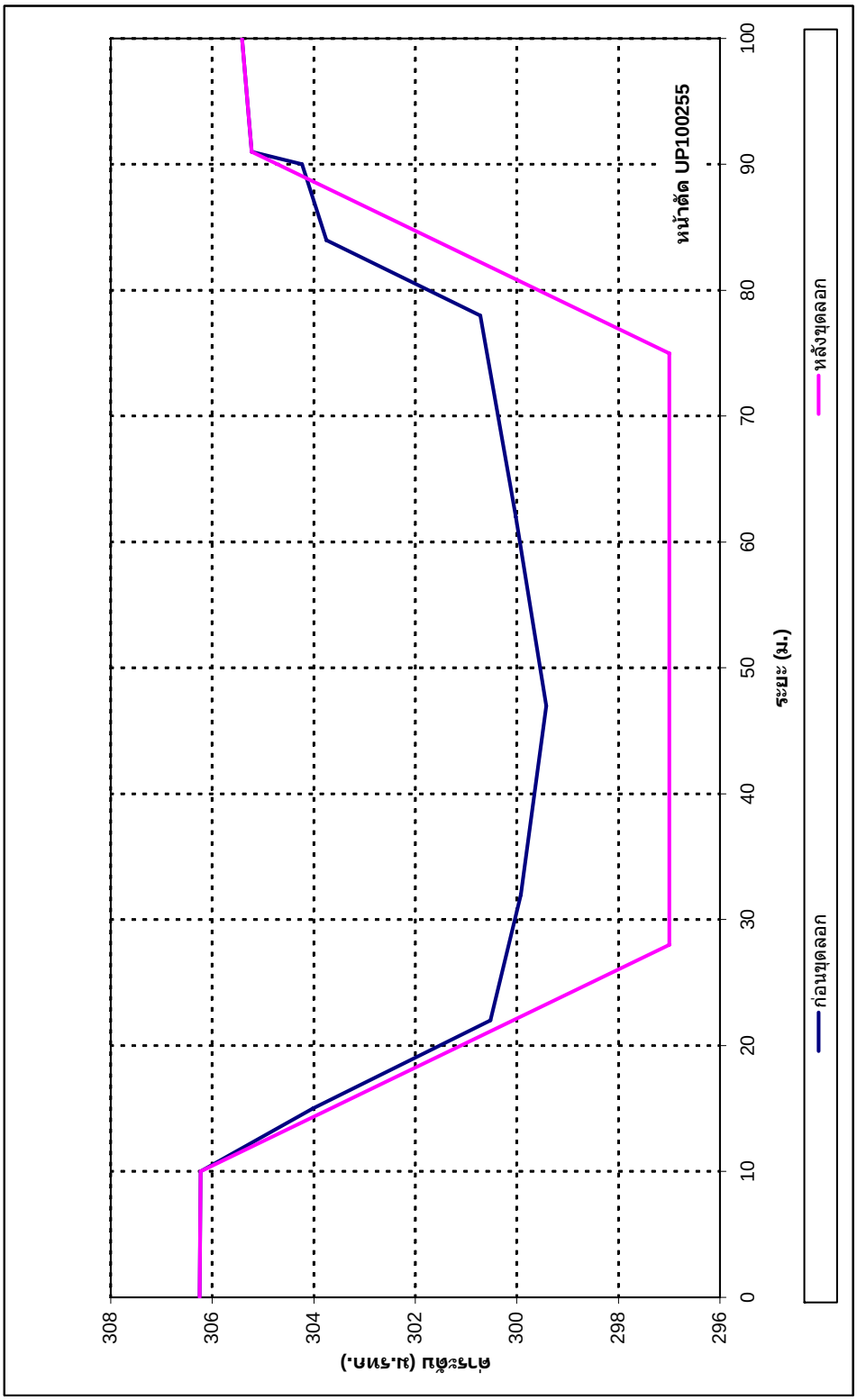
ผลการคำนวณแสดงเป็นค่าระดับน้ำในพื้นที่บริเวณที่ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลนครเมืองและชุมชนใกล้เคียง โดยพิจารณาเริ่มตั้งแต่ที่สะพานป่าตัน – ฟ้าฮ่าม (กม.101+000) ไปจนถึง ทางหลวงหมายเลข 1141 (กม.107+500) ในแต่ละแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลาก

ตารางผนวกที่ 13 ค่าระดับพื้นทางน้ำ ตลิ่งซ้าย และตลิ่งขวา จากการสำรวจปี พ.ศ.2548

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับ (ม.รทก.)		
		พื้นทางน้ำ	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	300.500	305.614	304.643
	101+500	299.795	304.385	305.589
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	300.345	304.698	305.352
	102+500	295.229	304.866	304.883
สะพานนครพิงค์	103+000	298.812	304.977	304.828
	103+500	299.047	305.086	303.624
สะพานนวรัฐ	103+800	299.869	303.053	304.530
	104+000	298.810	304.574	303.403
	104+500	299.332	302.821	303.951
	105+000	299.278	302.683	303.319
ฝายพญาคำ	105+050	299.349	302.961	302.910
	105+080	299.182	303.260	302.472
	105+500	298.000	303.656	302.724
	106+000	297.339	303.125	303.311
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	297.627	303.911	302.804
ฝายหนองผึ้ง	106+828	298.919	303.422	302.735
	107+000	297.513	303.385	302.862
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	297.414	303.402	303.270

ตารางผนวกที่ 14 ค่าระดับพื้นทางน้ำ ตลิ่งซ้าย และตลิ่งขวา จากการขุดลอกทางน้ำ

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับ (ม.รทก.)		
		พื้นทางน้ำ	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	297.41	305.614	304.643
	101+500	297.18	304.385	305.589
สะพานเฉลิมพระเกียรติ ร.9	102+000	296.95	304.698	305.352
	102+500	296.70	304.866	304.883
สะพานนครพิงค์	103+000	296.50	304.977	304.828
	103+500	296.29	305.086	303.624
สะพานนวรัฐ	103+800	296.20	303.053	304.530
	104+000	296.10	304.574	303.403
	104+500	295.90	302.821	303.951
	105+000	295.66	302.683	303.319
ฝายพญาคำ	105+050	295.59	302.961	302.910
	105+080	295.58	303.260	302.472
	105+500	295.50	303.656	302.724
	106+000	295.35	303.125	303.311
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	295.18	303.911	302.804
ฝายหนองผึ้ง	106+828	295.10	303.422	302.735
	107+000	295.00	303.385	302.862
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	294.81	303.402	303.270



ภาพผนวกที่ 9 ตัวอย่างหน้าตัดขวางทางน้ำกรณีก่อนการขุดลอกและหลังการขุดลอก

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 1 : กรณีรื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ตารางผนวกที่ 15 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 1

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	307.286	307.439	307.893
	101+500	307.211	307.364	307.816
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	307.181	307.336	307.791
	102+500	306.963	307.114	307.561
สะพานนครพิงค์	103+000	306.780	306.935	307.390
	103+500	306.685	306.841	307.300
สะพานนวรัฐ	103+800	306.648	306.805	307.265
	104+000	306.438	306.588	307.031
	104+500	306.318	306.470	306.919
	105+000	306.235	306.388	306.840
	105+050	306.238	306.392	306.845
	105+080	306.237	306.391	306.843
	105+500	305.549	305.682	306.070
	106+000	305.308	305.449	305.865
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	305.099	305.240	305.655
	106+828	305.086	305.230	305.654
	107+000	304.911	305.048	305.451
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	304.272	304.414	304.829

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 2 : รื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำ พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ตารางผนวกที่ 16 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 2

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	304.63	304.82	305.35
	101+500	304.62	304.80	305.34
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	304.45	304.64	305.17
	102+500	304.34	304.52	305.04
สะพานนครพิงค์	103+000	304.33	304.52	305.05
	103+500	304.31	304.50	305.03
สะพานนวรัฐ	103+800	304.19	304.37	304.88
	104+000	304.14	304.33	304.84
	104+500	304.09	304.28	304.79
	105+000	304.10	304.29	304.80
ฝายพญาคำ	105+050	304.12	304.30	304.82
	105+070	304.10	304.29	304.80
	105+080	303.64	303.81	304.29
	105+500	303.49	303.67	304.16
	106+000	303.45	303.63	304.12
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	303.44	303.62	304.12
	106+800	303.44	303.62	304.11
	106+824	303.45	303.63	304.13
ฝายหนองผึ้ง	106+828	303.35	303.53	304.01
	107+000	302.96	303.12	303.58
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	302.86	303.02	303.48

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 3 : รื้อฝาย 3 แห่งในแม่น้ำปิง และขุดลอกทางน้ำ พร้อมสร้างคันกั้นน้ำป้องกันพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ รวมทั้งปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง ยาว 73 กิโลเมตร และ คลองส่งน้ำแม่แฝก ยาว 32 กิโลเมตร เพื่อผันน้ำรวม 80 ลบ.ม.ต่อวินาที

ตารางผนวกที่ 17 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 3

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	304.23	304.43	305.00
	101+500	304.21	304.41	304.99
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	304.05	304.25	304.82
	102+500	303.94	304.14	304.70
สะพานนครพิงค์	103+000	303.93	304.13	304.70
	103+500	303.91	304.11	304.68
สะพานนวรัฐ	103+800	303.79	303.99	304.54
	104+000	303.75	303.94	304.50
	104+500	303.70	303.89	304.45
	105+000	303.71	303.90	304.46
ฝายพญาคำ	105+050	303.72	303.91	304.47
	105+070	303.71	303.90	304.46
	105+080	303.27	303.46	303.97
	105+500	303.12	303.30	303.84
	106+000	303.07	303.26	303.80
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	303.06	303.25	303.79
	106+800	303.06	303.25	303.79
	106+824	303.07	303.26	303.80
ฝายหนองผึ้ง	106+828	302.98	303.17	303.69
	107+000	302.60	302.78	303.27
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	302.50	302.68	303.18

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 4 : สร้างอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน ความจุ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางผนวกที่ 18 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 4

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	**คาบอุบัติ 100 ปี**	**คาบอุบัติ 1000 ปี**
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	306.74	306.91	307.40
	101+500	306.67	306.84	307.32
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	306.64	306.81	307.29
	102+500	306.43	306.60	307.07
สะพานนครพิงค์	103+000	306.24	306.41	306.90
	103+500	306.14	306.31	306.80
สะพานนวรัฐ	103+800	306.10	306.27	306.77
	104+000	305.91	306.07	306.55
	104+500	305.79	305.95	306.44
	105+000	305.70	305.87	306.35
ฝายพญาคำ	105+050	305.70	305.87	306.36
	105+070	305.67	305.84	306.33
	105+080	305.70	305.87	306.35
	105+500	305.09	305.23	305.66
	106+000	304.82	304.98	305.43
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	304.62	304.77	305.22
	106+800	304.61	304.77	305.23
	106+824	304.60	304.76	305.21
ฝายหนองผึ้ง	106+828	304.60	304.76	305.22
	107+000	304.45	304.61	305.04
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	303.83	303.99	304.44

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 5 : สร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด ความจุ 110 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางผนวกที่ 19 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 5

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	306.53	306.70	307.20
	101+500	306.45	306.62	307.12
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	306.42	306.59	307.09
	102+500	306.22	306.38	306.88
สะพานนครพิงค์	103+000	306.02	306.19	306.69
	103+500	305.91	306.09	306.60
สะพานนวรัฐ	103+800	305.87	306.05	306.56
	104+000	305.69	305.86	306.36
	104+500	305.57	305.74	306.24
	105+000	305.48	305.65	306.15
ฝายพญาคำ	105+050	305.48	305.65	306.16
	105+070	305.45	305.63	306.13
	105+080	305.48	305.65	306.15
	105+500	304.89	305.04	305.49
	106+000	304.62	304.78	305.24
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	304.41	304.57	305.04
	106+800	304.40	304.56	305.04
	106+824	304.39	304.55	305.03
ฝายหนองผึ้ง	106+828	304.39	304.56	305.03
	107+000	304.25	304.41	304.87
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	303.62	303.78	304.25

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 6 : สร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง ความจุ 112 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางผนวกที่ 20 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 6

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	306.51	306.68	307.19
	101+500	306.44	306.61	307.11
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	306.40	306.58	307.08
	102+500	306.20	306.37	306.87
สะพานนครพิงค์	103+000	306.00	306.18	306.68
	103+500	305.90	306.07	306.59
สะพานนวรัฐ	103+800	305.86	306.04	306.55
	104+000	305.68	305.85	306.34
	104+500	305.55	305.72	306.22
	105+000	305.46	305.64	306.14
ฝายพญาคำ	105+050	305.47	305.64	306.14
	105+070	305.44	305.61	306.12
	105+080	305.46	305.64	306.14
	105+500	304.88	305.03	305.48
	106+000	304.60	304.77	305.23
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	304.40	304.56	305.03
	106+800	304.39	304.55	305.03
	106+824	304.38	304.54	305.01
ฝายหนองผึ้ง	106+828	304.38	304.55	305.02
	107+000	304.24	304.40	304.85
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	303.61	303.77	304.24

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 7 : สร้างอ่างเก็บน้ำแม่แตง อ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด และอ่างเก็บน้ำปิงตอนบน รวมความจุรับน้ำ 302 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางผนวกที่ 21 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 7

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	304.85	305.10	305.77
	101+500	304.78	305.03	305.70
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	304.73	304.98	305.66
	102+500	304.55	304.79	305.46
สะพานนครพิงค์	103+000	304.32	304.57	305.24
	103+500	304.18	304.44	305.13
สะพานนวรัฐ	103+800	304.13	304.39	305.08
	104+000	304.00	304.25	304.92
	104+500	303.86	304.11	304.79
	105+000	303.75	304.01	304.70
ฝายพญาคำ	105+050	303.75	304.01	304.70
	105+070	303.71	303.97	304.67
	105+080	303.75	304.00	304.69
	105+500	303.30	303.54	304.18
	106+000	302.94	303.19	303.87
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	302.69	302.95	303.65
	106+800	302.65	302.92	303.63
	106+824	302.64	302.91	303.62
ฝายหนองผึ้ง	106+828	302.65	302.91	303.62
	107+000	302.55	302.81	303.51
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	301.95	302.21	302.90

ผลการคำนวณทางเลือกที่ 8 : กรณีที่มีการใช้แนวทางในการบรรเทาอุทกภัยทั้งหมดอันประกอบ ด้วยการรื้อฝาย 3 แห่ง การขุดลอกทางน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน อ่างเก็บน้ำเขื่อนกื๊ด อ่างเก็บน้ำแม่แตง รวมทั้งการสร้างคันกั้นน้ำ

ตารางผนวกที่ 22 ผลการศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำท่วมทางเลือกที่ 8

ตำแหน่ง	กม.	ค่าระดับน้ำ (ม.รทก.)		
		คาบอุบัติ 50 ปี	คาบอุบัติ 100 ปี	คาบอุบัติ 1000 ปี
สะพานป่าตัน-ฟ้าฮ่าม	101+000	301.65	301.95	302.77
	101+500	301.57	301.87	302.69
สะพานเฉลิมพระเกียรติ	102+000	301.53	301.83	302.66
	102+500	301.40	301.70	302.53
สะพานนครพิงค์	103+000	301.29	301.59	302.42
	103+500	301.24	301.55	302.39
สะพานนวรัฐ	103+800	301.22	301.53	302.37
	104+000	301.16	301.46	302.28
	104+500	301.10	301.40	302.23
	105+000	301.05	301.35	302.18
	105+050	301.05	301.35	302.18
	105+080	301.05	301.35	302.18
	105+500	300.76	301.05	301.84
	106+000	300.59	300.88	301.67
สะพานเม็งรายอนุสรณ์	106+500	300.52	300.81	301.61
	106+828	300.50	300.80	301.60
	107+000	300.46	300.75	301.53
ทางหลวงหมายเลข 1141	107+500	300.15	300.44	301.20

ตารางผนวกที่ 23 ประสิทธิผลในการป้องกันน้ำท่วมของแนวทางเลือกที่ 1 ถึง 8

แนวทางที่	รูปแบบการป้องกัน/บรรเทาอุทกภัย								ประสิทธิผล
	รื้อฝาย 3 แห่ง (ฝายพญาคำ, ฝายท่าศาลา, ฝายหนองผึ้ง)	สร้างคันป้องกันน้ำท่วม	ขุดลอกแม่น้ำปิง	ปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แตง	ปรับปรุงคลองส่งน้ำแม่แฝก	สร้างอ่างเก็บน้ำแม่ปิงตอนบน	สร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนกิ๊ด	สร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่แตง	
1	X	X							สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 2.60 เมตร
2	X	X	X						สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 0.75 เมตร
3	X	X	X	X	X				สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 0.35 เมตร
4		X				X			สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 2.30 เมตร
5		X					X		สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 2.10 เมตร
6		X						X	สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 2.10 เมตร
7		X				X	X	X	สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี ได้เมื่อสร้างคันกั้นน้ำสูงเฉลี่ย 0.50 เมตร
8	X	X	X	X	X	X	X	X	สามารถป้องกันน้ำท่วมที่คาบอุบัติ 100 ปี โดยไม่ต้องสร้างคันกั้นน้ำ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	ปิยะพงษ์ รอดรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	23 ตุลาคม พ.ศ. 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2544)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรเทคนิค
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด 46/147 ซ.รามอินทรา 31 ถนนรามอินทรา แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220