

## ผลและวิจารณ์

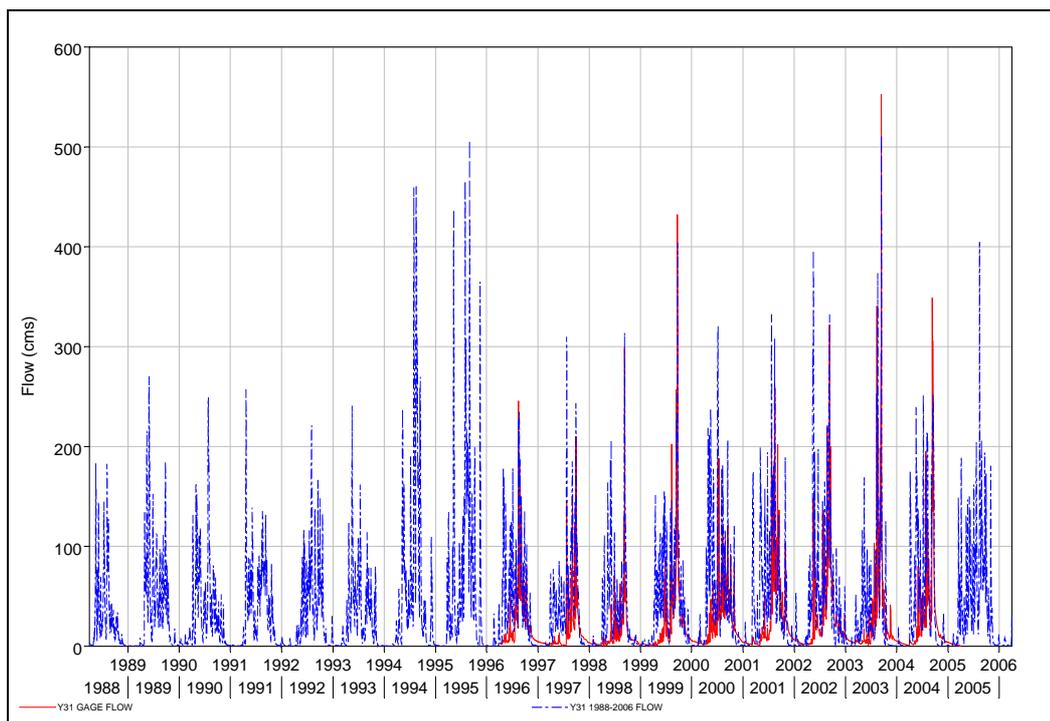
### ผลการศึกษา

#### 1. การศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การศึกษาครั้งนี้ได้จำลองน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงใน ภาพผนวกที่ ค1 ถึง ภาพผนวกที่ ค11 และได้ทำการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลอง (calibrate model) พร้อมทั้งได้ตรวจสอบ ค่าพารามิเตอร์ (verify parameter) ที่ได้จากการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลอง โดยใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า สถานีสายหลักของแม่น้ำยม โดยเริ่มตั้งแต่ตอนบนของกลุ่มน้ำยม ที่สถานี Y.31 ลงมาจนถึง จุดบรรจบแม่น้ำน่านที่ สถานี Y.5 ซึ่งเป็นสถานีจุดออก (outlet) ซึ่งการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลองและการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มน้ำยมพบว่าผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

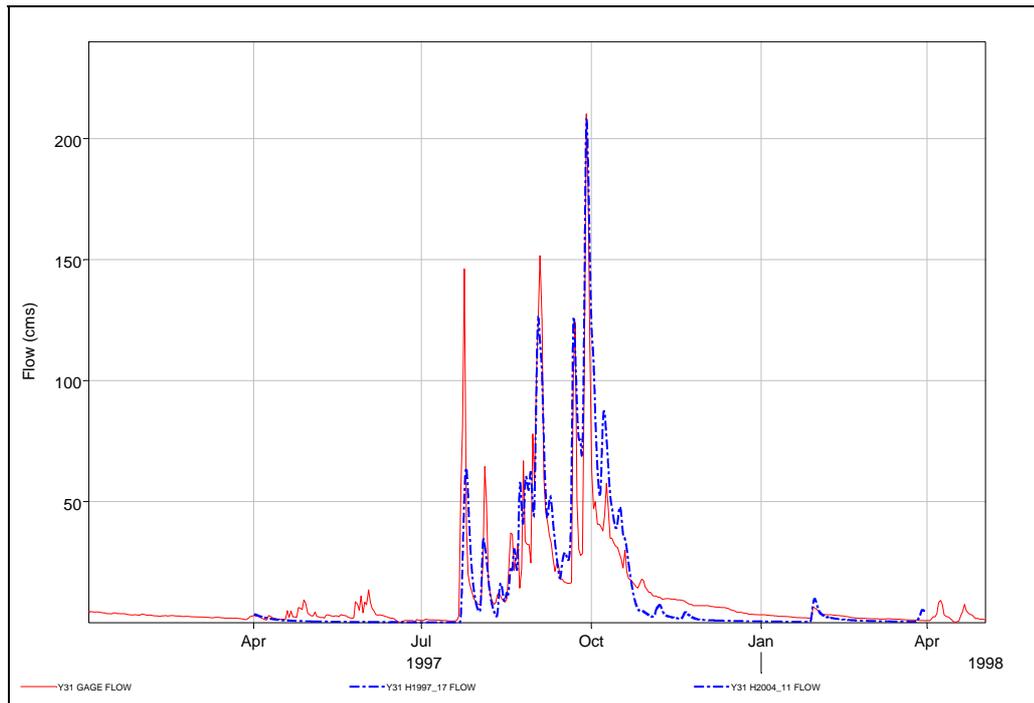
##### 1.1 สถานีวัดน้ำท่า Y.31

สถานี Y.31 รับน้ำจากกลุ่มน้ำควน ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 1,978 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่า สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ ผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ.2003 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 9 ปี ดังแสดงในภาพที่ 17 ผลการจำลองได้ 512.76 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 552.25 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 645.57 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 793.49 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ -18.64 เปอร์เซ็นต์ และ -7.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดย ในปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 1995 และปี ค.ศ. 2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

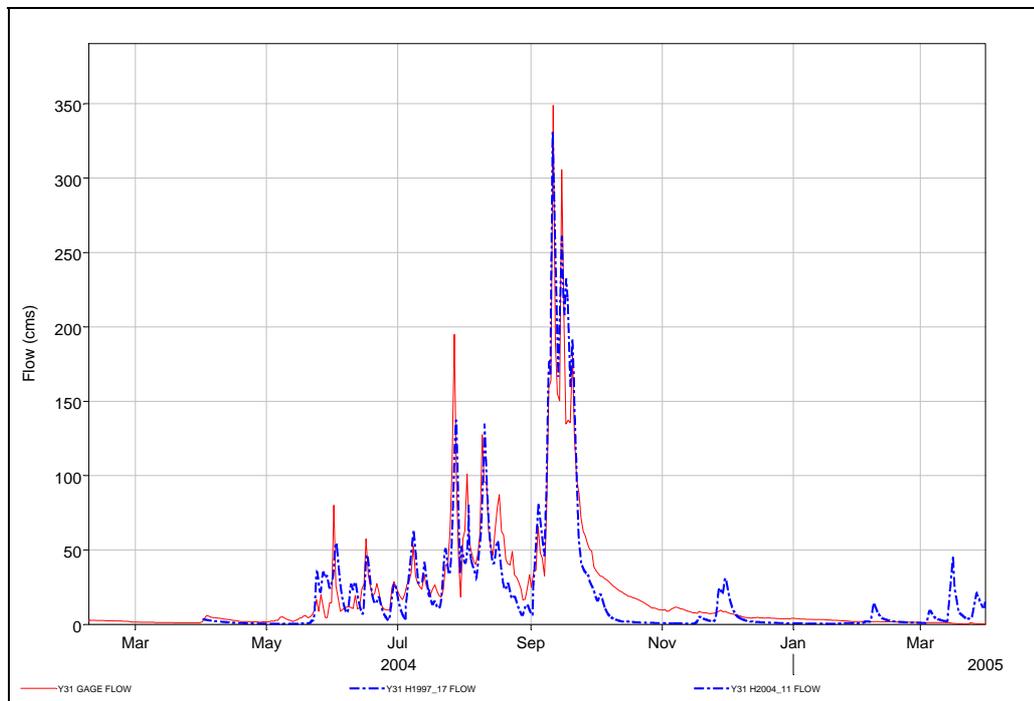


**ภาพที่ 17** ผลการจำลองของ สถานี Y.31 เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 18 และ ภาพที่ 19 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 423.66 และ 830.24 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 430.86 และ 721.84 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 0.42 เปอร์เซ็นต์ และ 15.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ 207.16 และ 330.49 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนามได้ 210.16 และ 348.80 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง -1.19 เปอร์เซ็นต์ -5.25 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.910 และ 0.893 ตามลำดับ



**ภาพที่ 18** ผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.31 ปี ค.ศ. 1997

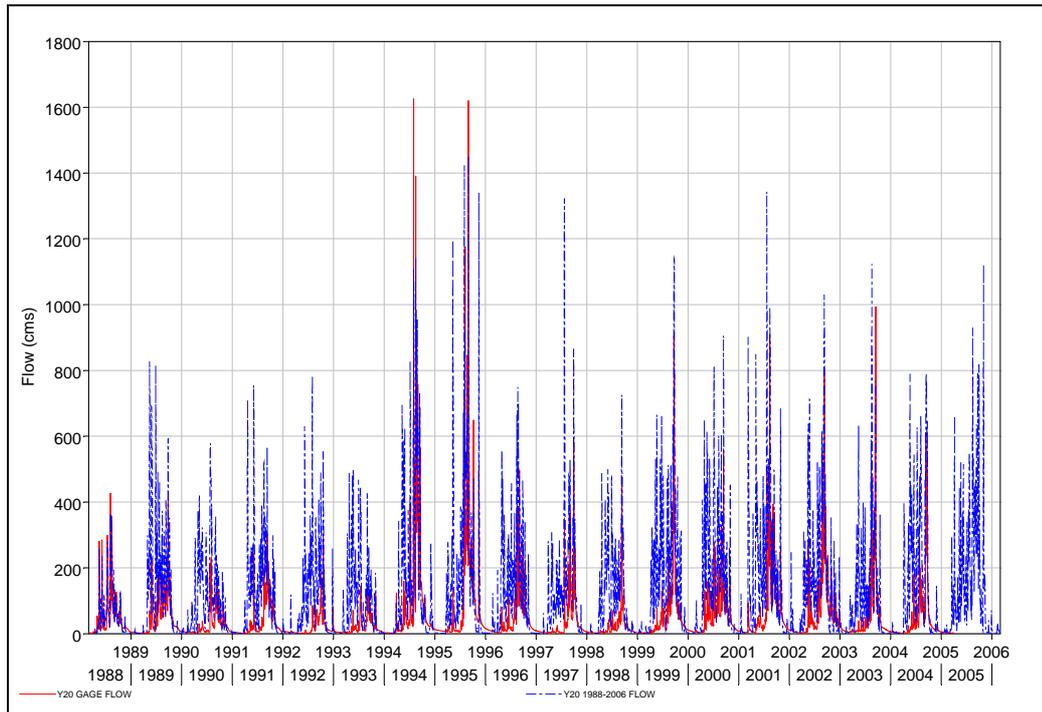


**ภาพที่ 19** ผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.31 ปี ค.ศ. 2004

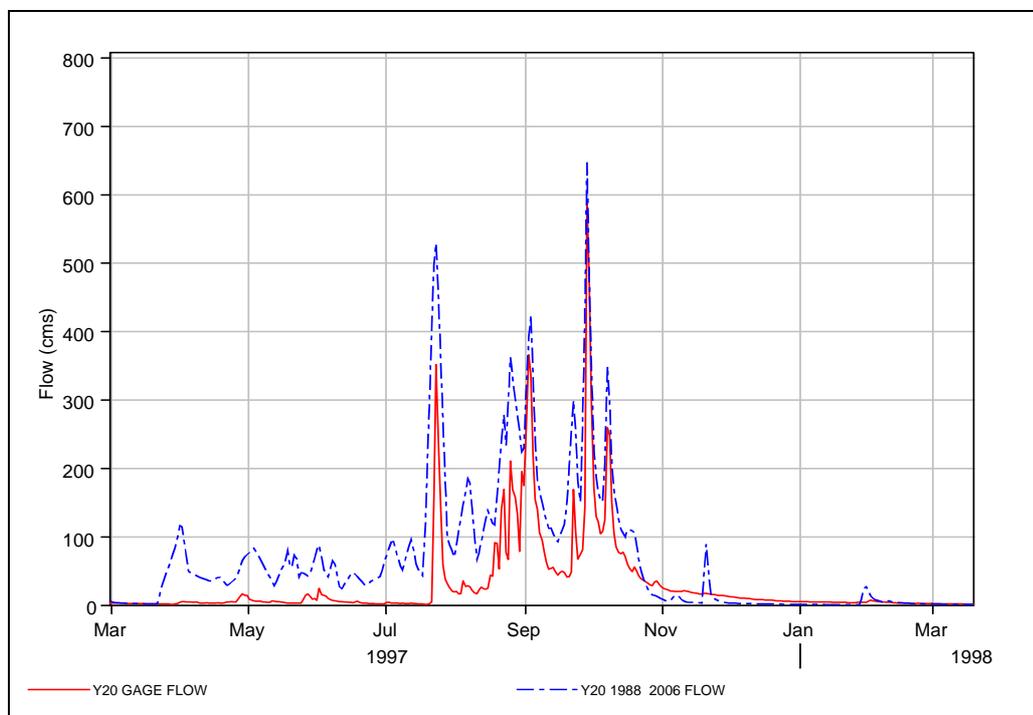
## 1.2 สถานีวัดน้ำท่า Y.20

สถานี Y.20 รับน้ำจากลุ่มน้ำปี้ ลุ่มน้ำางาว ลุ่มน้ำยมตอนบน และสถานี Y.31 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 5,410 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ ผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึงปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 20 ผลการจำลองได้ 1,421.60 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 1,620.00 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 2,706.77 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 2,794.04 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ -12.25 เปอร์เซ็นต์ และ -3.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ.2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

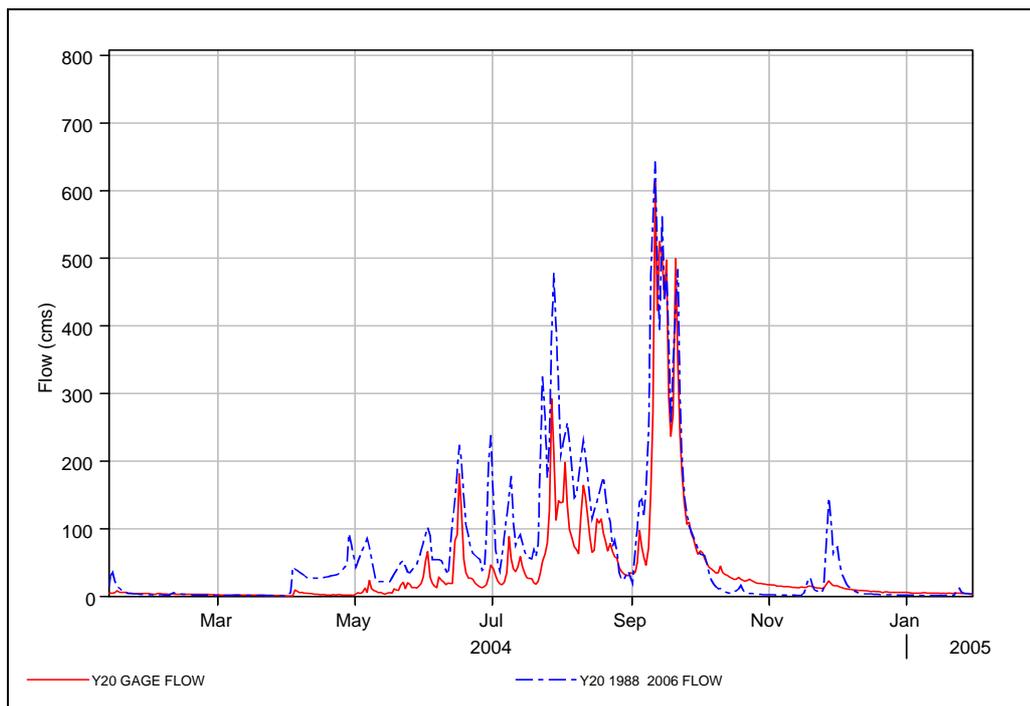
การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 21 และ ภาพที่ 22 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 1,047.67 และ 1,561.90 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,029.37 และ 1,281.41 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 1.78 เปอร์เซ็นต์ และ 21.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ 625.00 และ 637.63 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนามได้ 590.80 และ 611.00 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง 5.79 เปอร์เซ็นต์ และ 4.36 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.899 และ 0.913 ตามลำดับ



**ภาพที่ 20** ผลการจำลองของ สถานี Y.20 เริ่มตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005



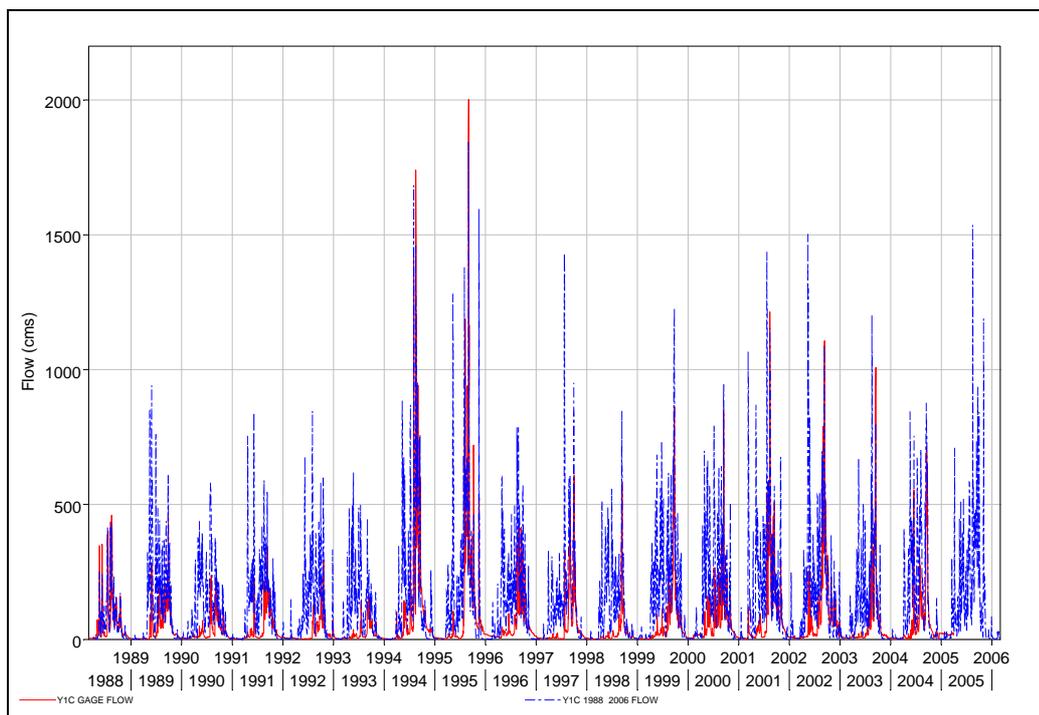
**ภาพที่ 21** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.20 ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 22** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.20 ปี ค.ศ. 2004

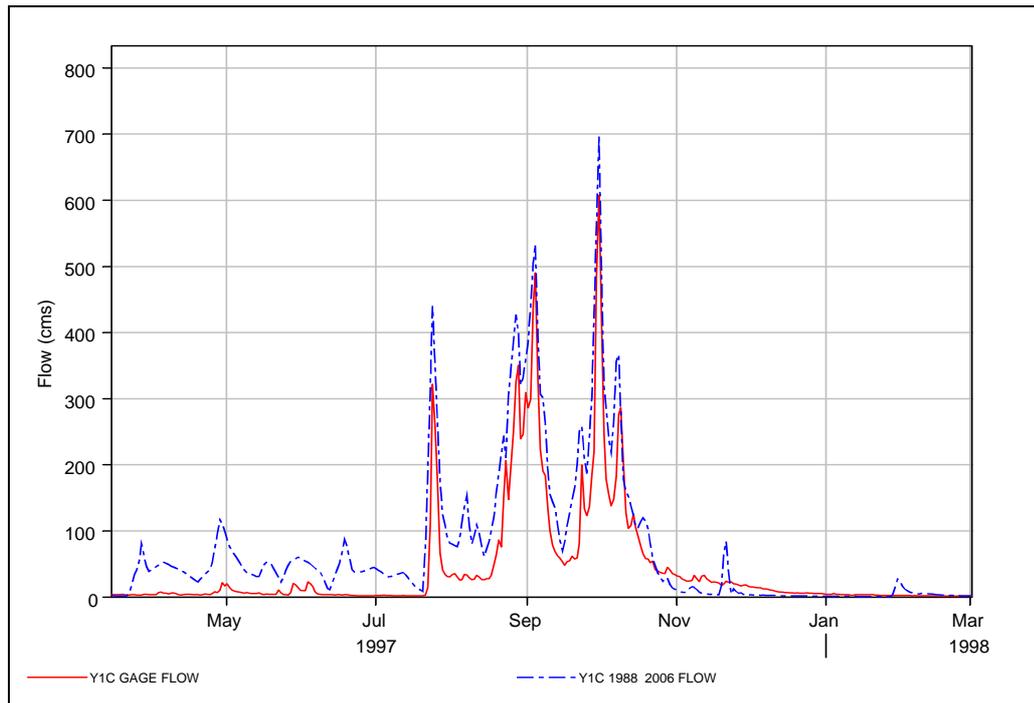
### 1.3 สถานีวัดน้ำท่า Y.1C

สถานี Y.1C รับน้ำจากลุ่มน้ำแม่คำมีและสถานี Y.20 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 7,624 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ ผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 23 ผลการจำลองได้ 1,722.50 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 2,001.50 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 3,031.92 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 3,590.30 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ -13.94 เปอร์เซ็นต์ และ -15.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ.2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

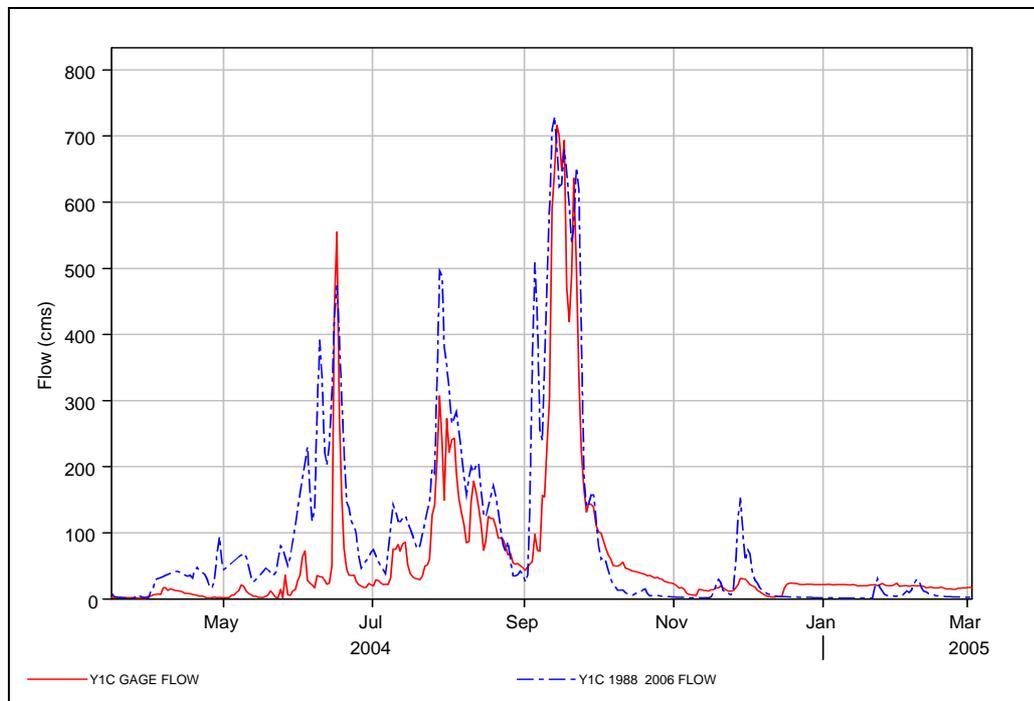


**ภาพที่ 23** ผลการจำลองของ สถานี Y.1C เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 24 และ ภาพที่ 25 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้ง 1,229.68 และ 2,130.03 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,315.54 และ 1,923.83 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง -6.53 เปอร์เซ็นต์ และ 10.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ 682.76 และ 708.74 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนามได้ 607.80 และ 716.00 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง 12.33 เปอร์เซ็นต์ และ -1.01 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.874 และ 0.923 ตามลำดับ



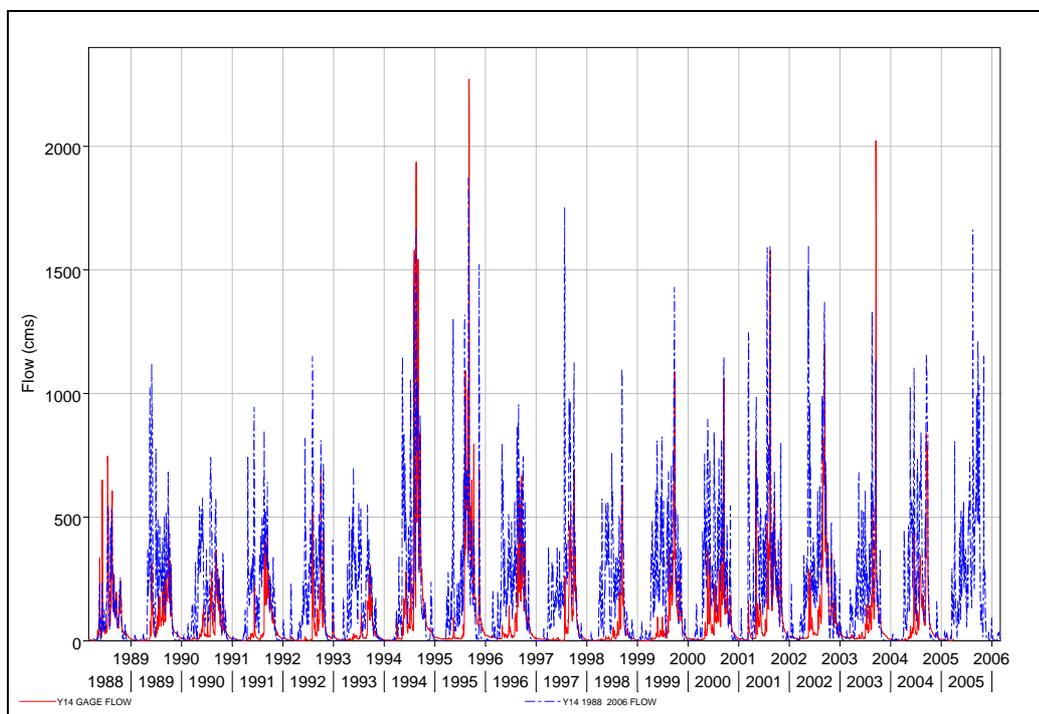
**ภาพที่ 24** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.1C ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 25** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.1C ปี ค.ศ. 2004

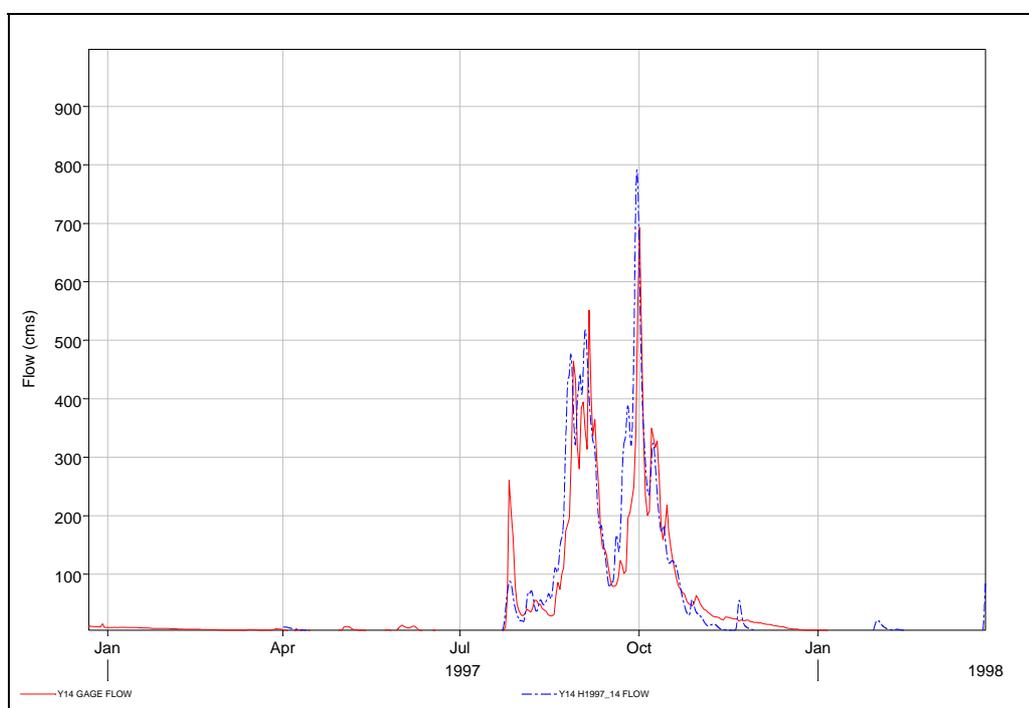
#### 1.4 สถานีวัดน้ำท่า Y.14

สถานี Y.14 รับน้ำจากลุ่มน้ำยมตอนกลาง ลุ่มน้ำแม่ต้า และสถานี Y.1C ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 12,131 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลอง ปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 26 ผลการจำลองได้ 1,844.70 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 2,271.50 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 4,551.85 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 4,688.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ -18.79 เปอร์เซ็นต์ และ -2.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ.2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

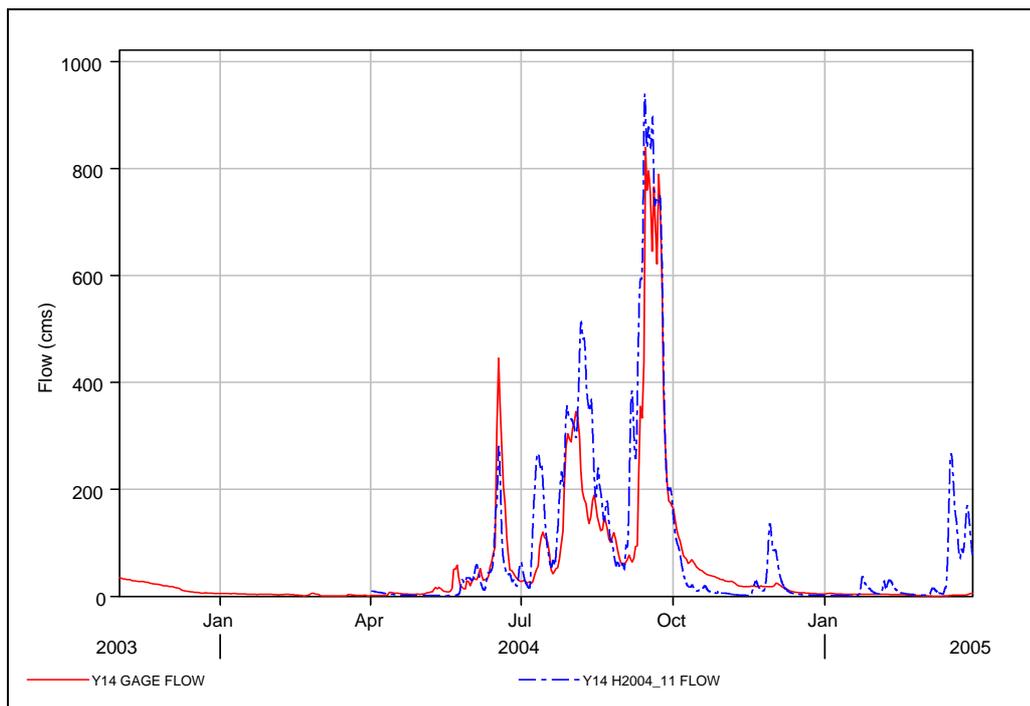


**ภาพที่ 26** ผลการจำลองของ สถานี Y.14 เริ่มตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 27 และ ภาพที่ 28 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้ง 1,977.41 และ 2,966.45 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,624.86 และ 2,247.79 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 21.70 เปอร์เซ็นต์ และ 18.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ 847.18 และ 930.11 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนามได้ 692.80 และ 841.00 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง 22.28 เปอร์เซ็นต์ และ 10.60 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.920 และ 0.944 ตามลำดับ



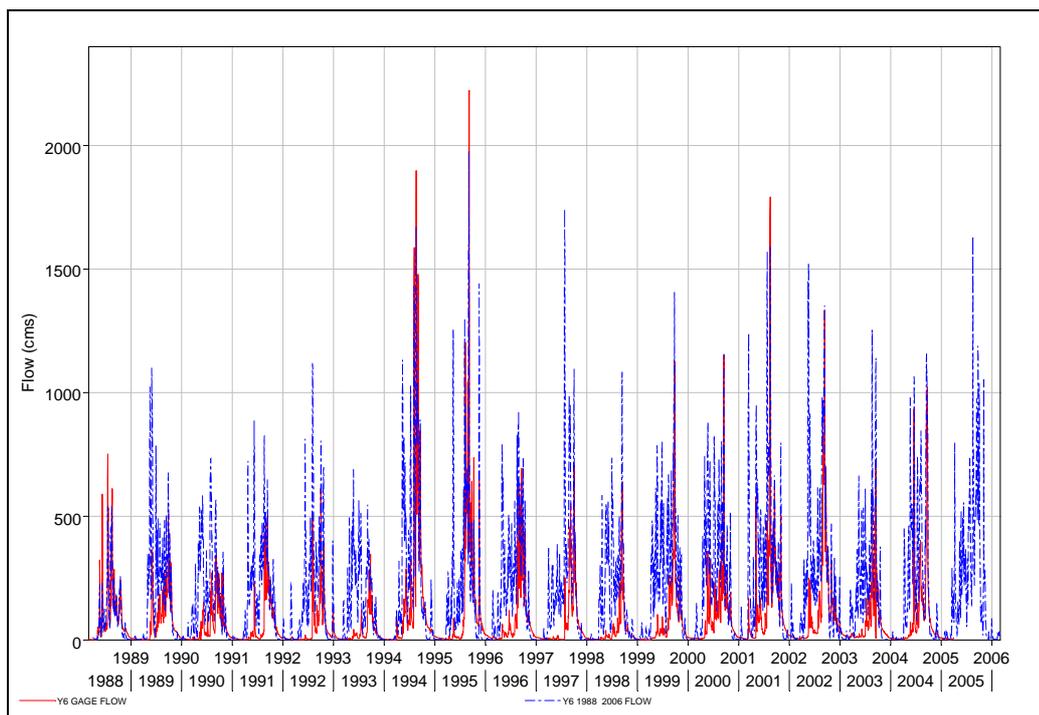
**ภาพที่ 27** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.14 ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 28** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.14 ปี ค.ศ. 2004

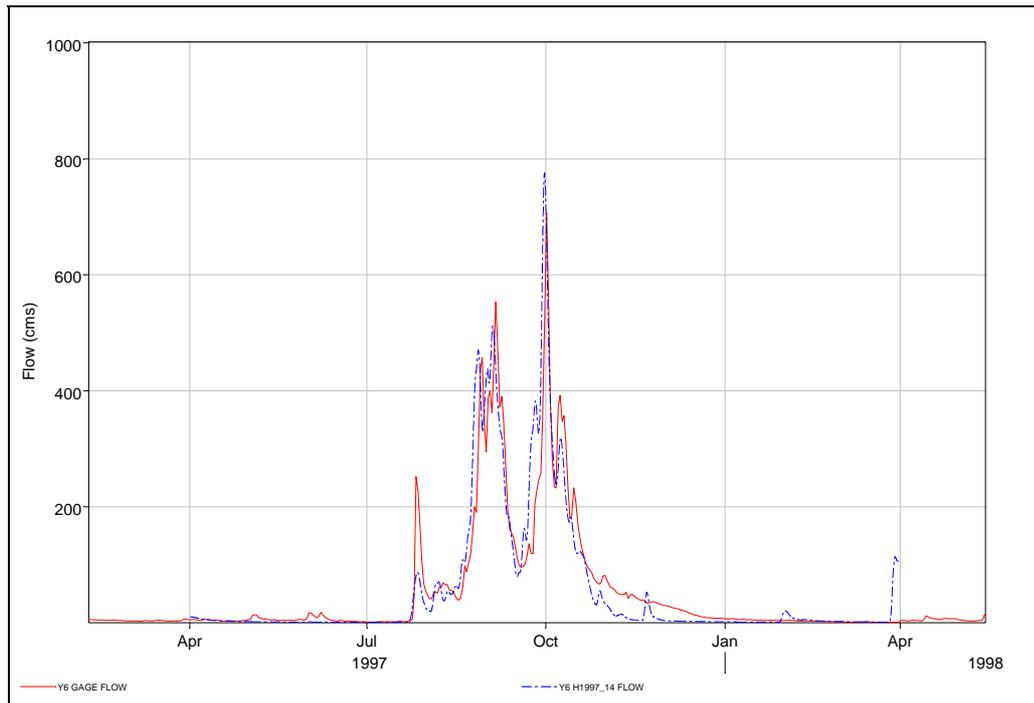
### 1.5 สถานีวัดน้ำท่า Y.6

สถานี Y.6 รับน้ำจากสถานีวัดน้ำ Y.14 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 12,658 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึงปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 29 ผลการจำลองได้ 1,810.30 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 2,222.50 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 4,545.56 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 4,570.42 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ -18.55 เปอร์เซ็นต์ และ -0.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ. 2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

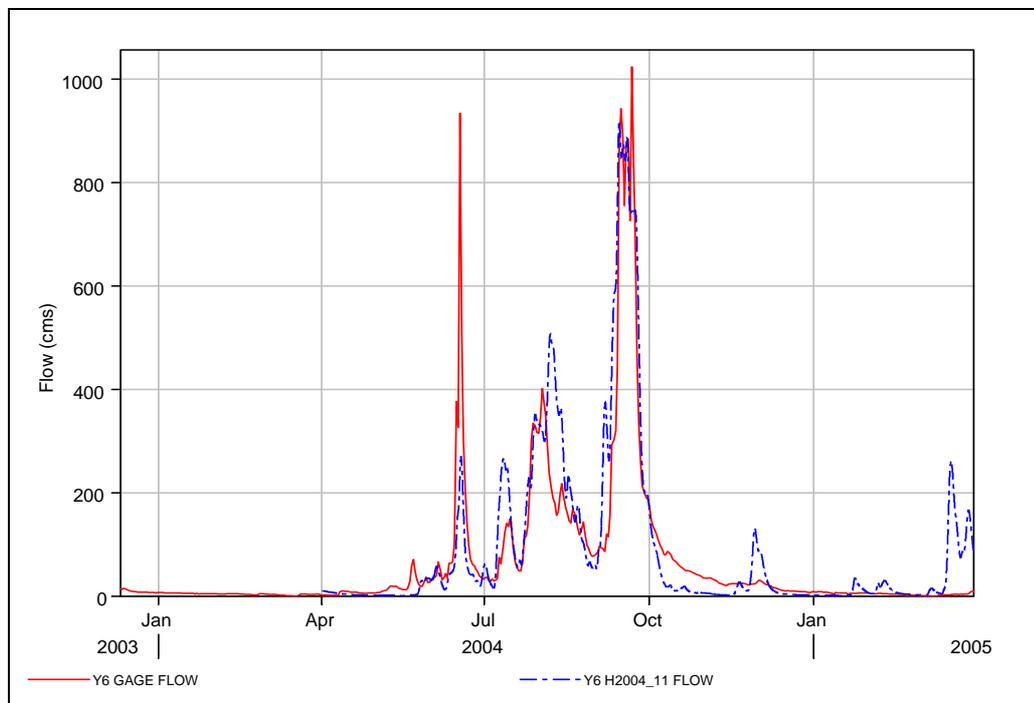


**ภาพที่ 29** ผลการจำลองของ สถานี Y.6 เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 30 และ ภาพที่ 31 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 1,973.95 และ 2,962.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,868.70 และ 2,658.11 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 5.63 เปอร์เซ็นต์ และ 11.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ 831.28 และ 918.76 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนามได้ 706.60 และ 1,024.00 ลบ.ม./วินาที 17.65 เปอร์เซ็นต์ และ -10.28 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) เท่ากับ 0.929 และ 0.952 ตามลำดับ



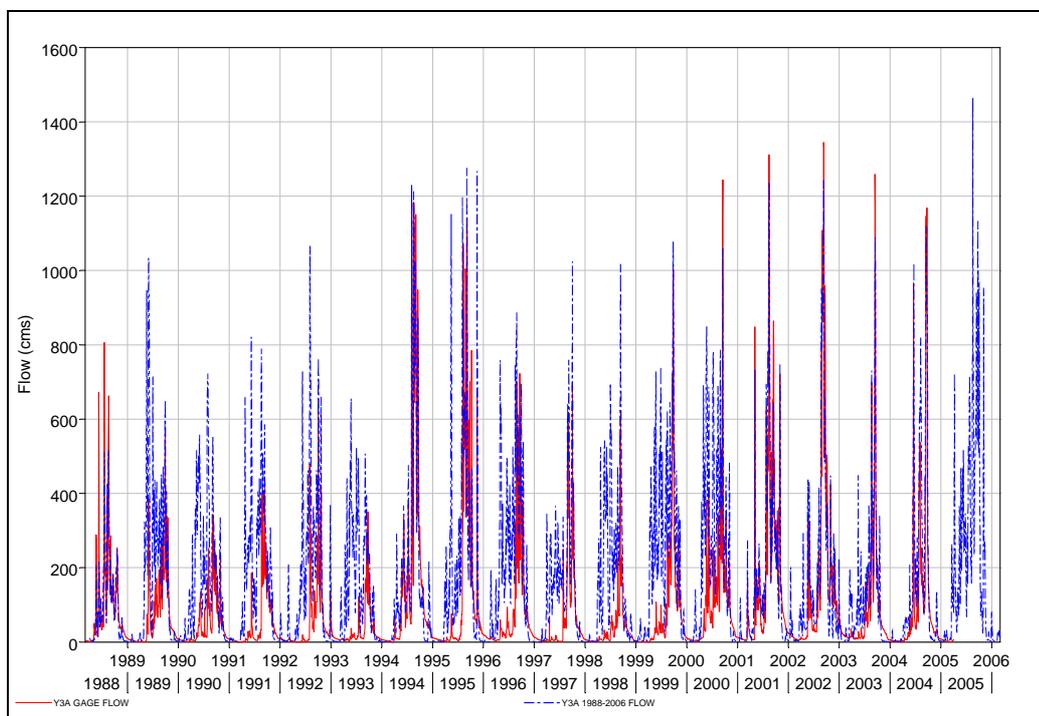
**ภาพที่ 30** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.6 ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 31** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.6 ปี ค.ศ. 2004

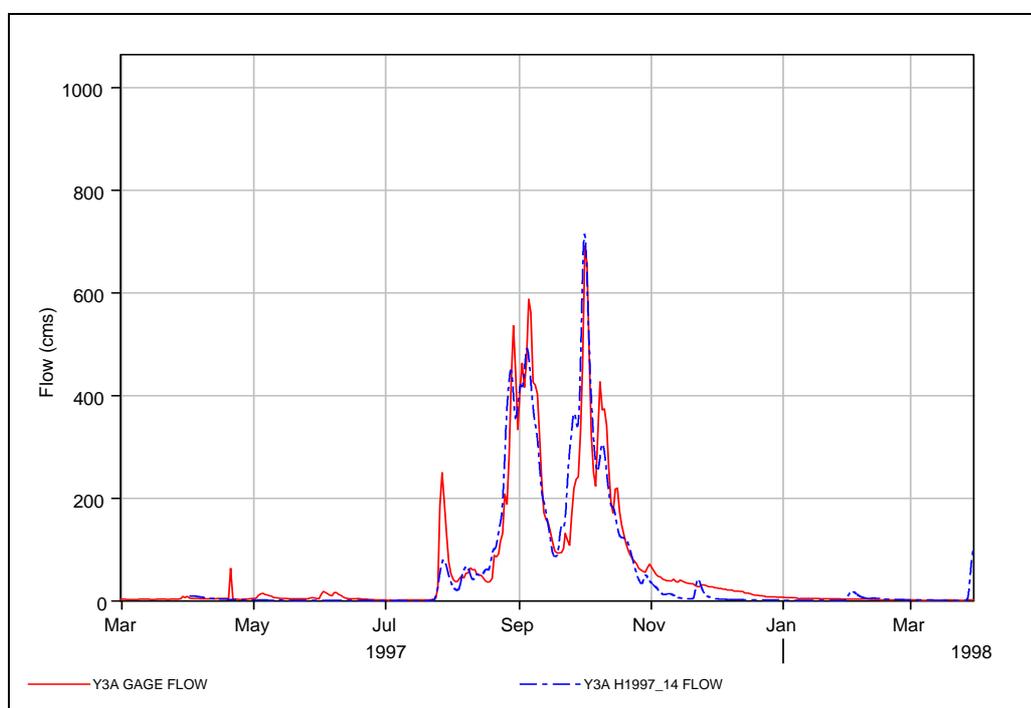
## 1.6 สถานีวัดน้ำท่า Y.3A

สถานี Y.3A รับน้ำจากสถานีวัดน้ำ Y.6 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 13,583 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 32 ผลการจำลองได้ 1,276.30 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 1,139.40 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 4,531.45 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 4,174.99 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ 12.02 เปอร์เซ็นต์ และ 8.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ. 2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

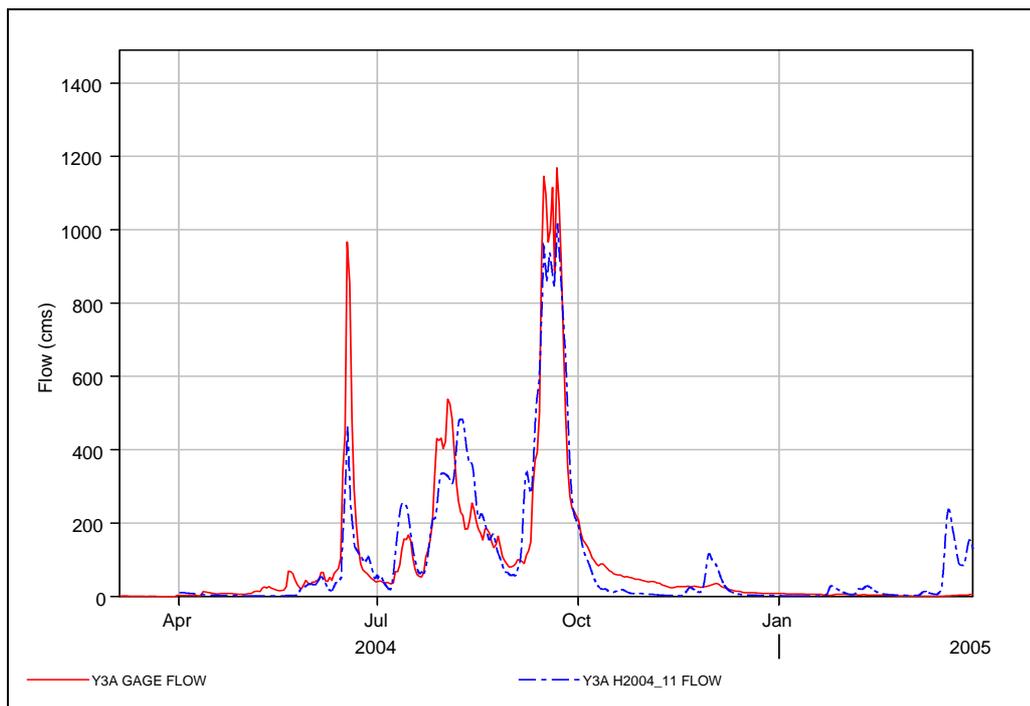


ภาพที่ 32 ผลการจำลองของ สถานี Y.3A เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

การสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC- HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 33 และ ภาพที่ 34 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 1,964.89 และ 2,953.26 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,903.97 และ 3,167.76 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 3.20 เปอร์เซ็นต์ และ -6.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่จำลองได้ 764.92 และ 1,070.21 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงได้ 691.10 และ 1,168.50 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง 10.68 เปอร์เซ็นต์ และ -8.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.954 และ 0.953 ตามลำดับ



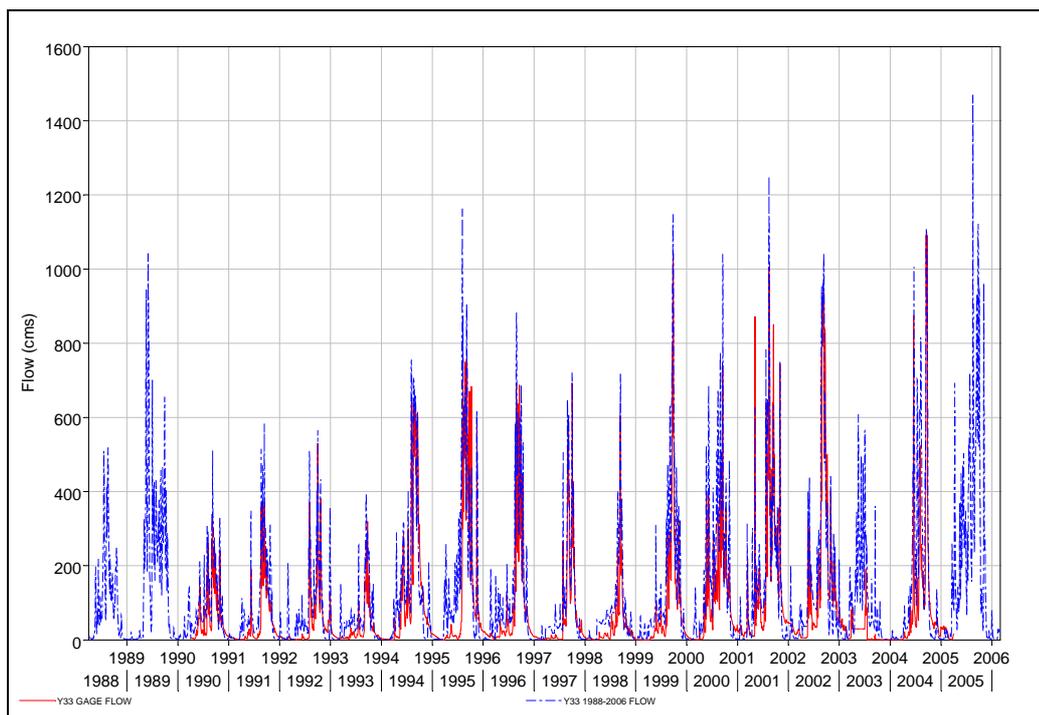
**ภาพที่ 33** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.3A ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 34** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.3A ปี ค.ศ. 2004

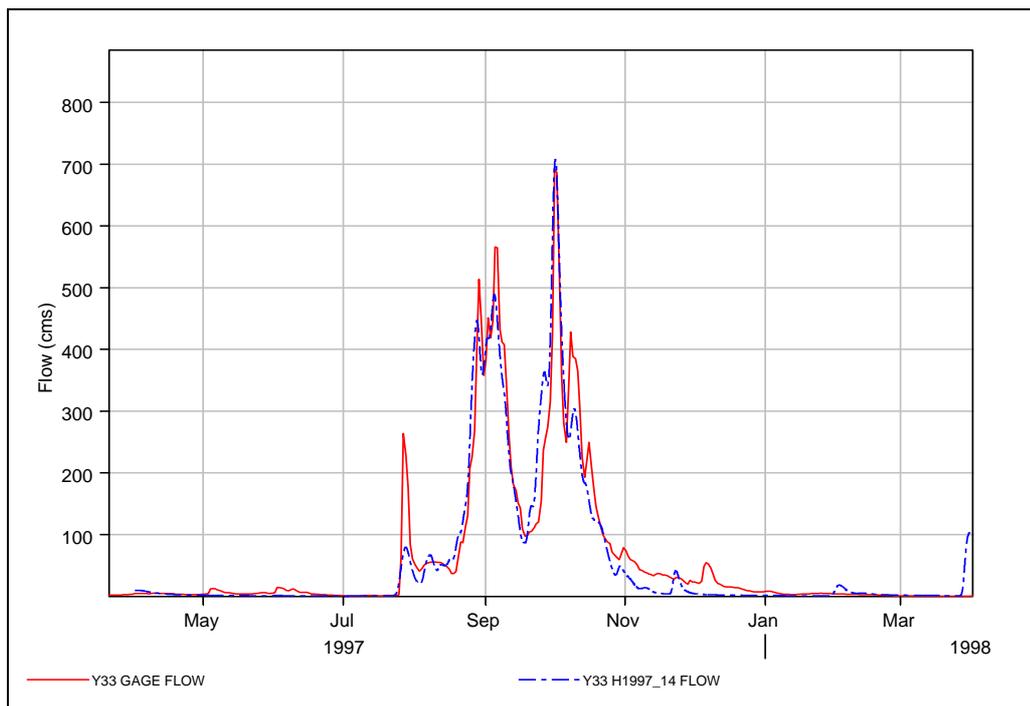
### 1.7 สถานีวัดน้ำท่า Y.33

สถานี Y.33 รับน้ำจากสถานีวัดน้ำ Y.3A ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 13,948 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึงปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 2001 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 15 ปี ดังแสดงในภาพที่ 35 ผลการจำลองได้ 1,228.30 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 1,006.70 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 3,644.91 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 4,729.91 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ 21.42 เปอร์เซ็นต์ และ -22.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ. 1988 ถึงปี ค.ศ. 1989 และ ปี ค.ศ. 2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

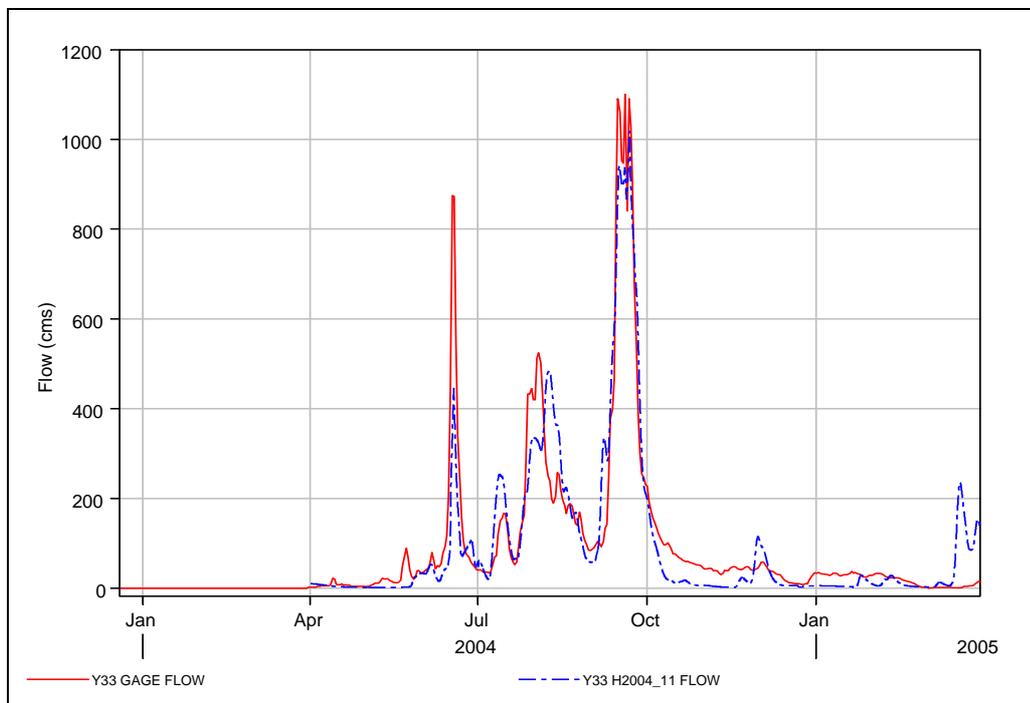


**ภาพที่ 35** ผลการจำลองของ สถานี Y.33 เริ่มตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

ในการสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1997 และปี ค.ศ. 2004 ดังแสดงในภาพที่ 36 และ ภาพที่ 37 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 1,961.45 และ 2,949.47 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,961.70 และ 3,366.15 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง -0.01 เปอร์เซ็นต์ และ -12.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่จำลองได้ 758.63 และ 1,067.73 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงได้ 691.60 และ 1,100.40 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง -9.69 เปอร์เซ็นต์ และ -2.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.961 และ 0.951 ตามลำดับ



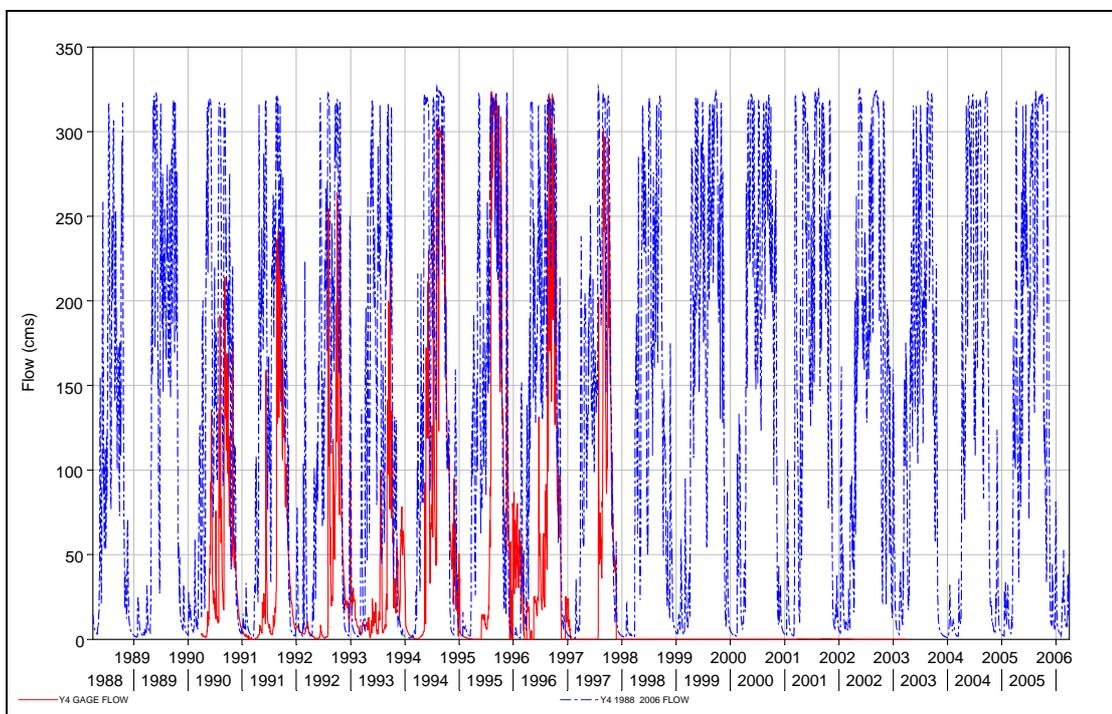
**ภาพที่ 36** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.33 ปี ค.ศ. 1997



**ภาพที่ 37** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.33 ปี ค.ศ. 2004

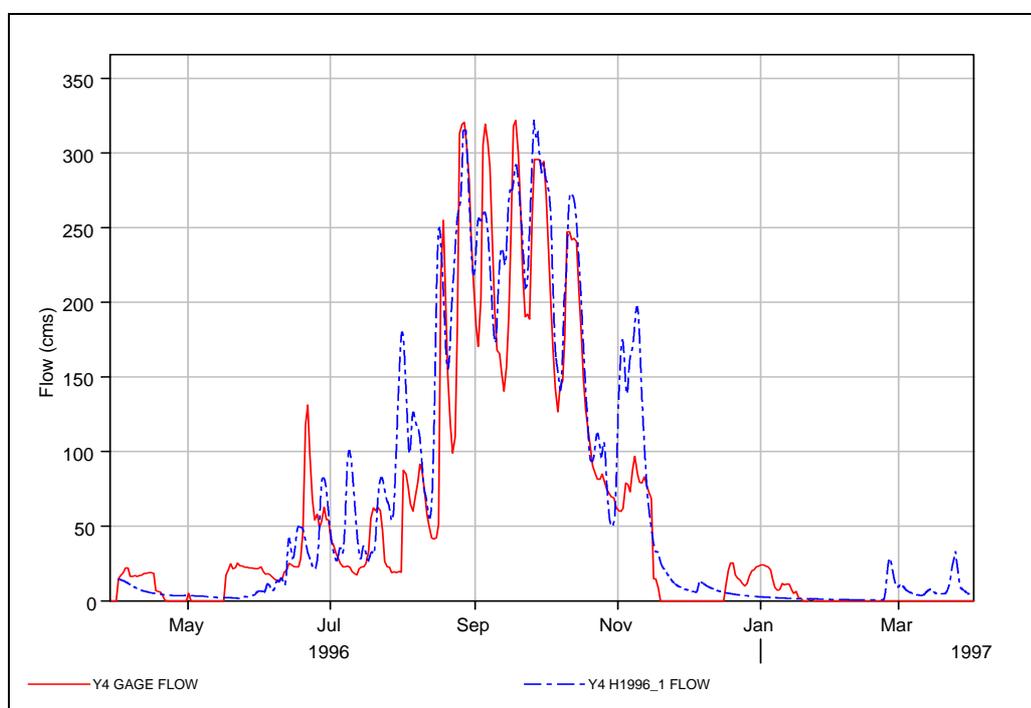
## 1.8 สถานีวัดน้ำท่า Y.4

สถานี Y.4 รับน้ำจากลุ่มน้ำแม่เม็ก ลุ่มน้ำแม่ราพัน และ สถานีวัดน้ำ Y.33 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 17,731 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึงปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 17 ปี ดังแสดงในภาพที่ 38 ผลการจำลองได้ 347.14 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม 323.55 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 2,762.15 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 2,662.05 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ 7.29 เปอร์เซ็นต์ และ 3.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ.1988 ถึง ปี ค.ศ. 1989 และ ปี ค.ศ. 1998 ถึง ปี ค.ศ. 2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงในสนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

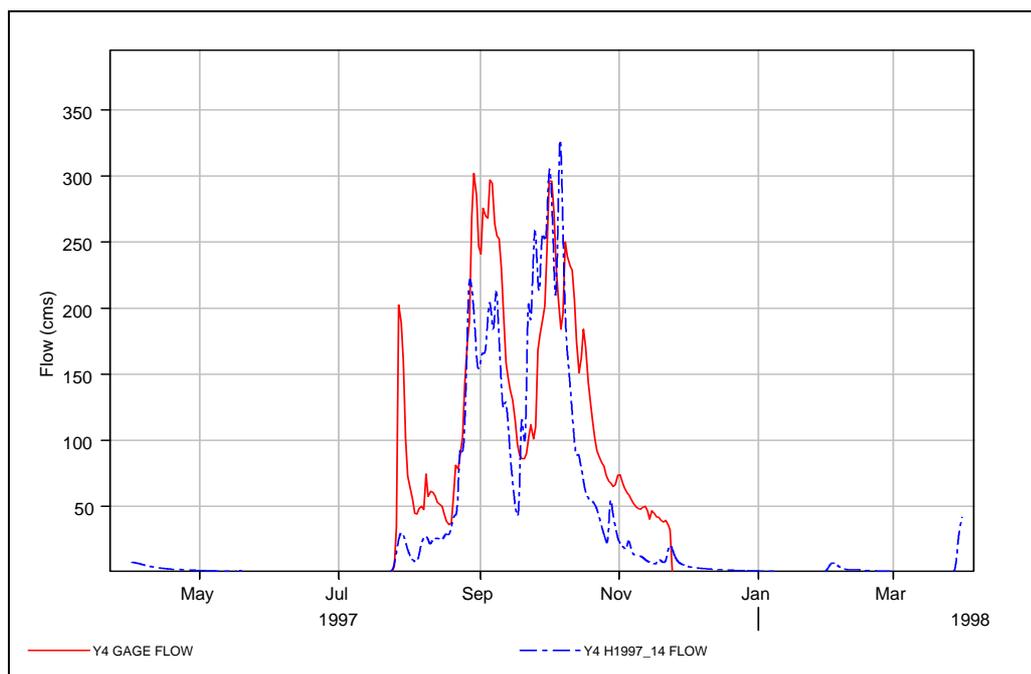


ภาพที่ 38 ผลการจำลองของ สถานี Y.4 เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

ในการสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC-HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1996 และปี ค.ศ. 1997 ดังแสดงในภาพที่ 39 และ ภาพที่ 40 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 2,162.72 และ 1,510.14 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 1,779.16 และ 1,314.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 21.56 เปอร์เซ็นต์ และ 14.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่จำลองได้ 334.93 และ 318.26 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงได้ 322.00 และ 308.05 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง -4.01 เปอร์เซ็นต์ และ 5.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.920 และ 0.943 ตามลำดับ



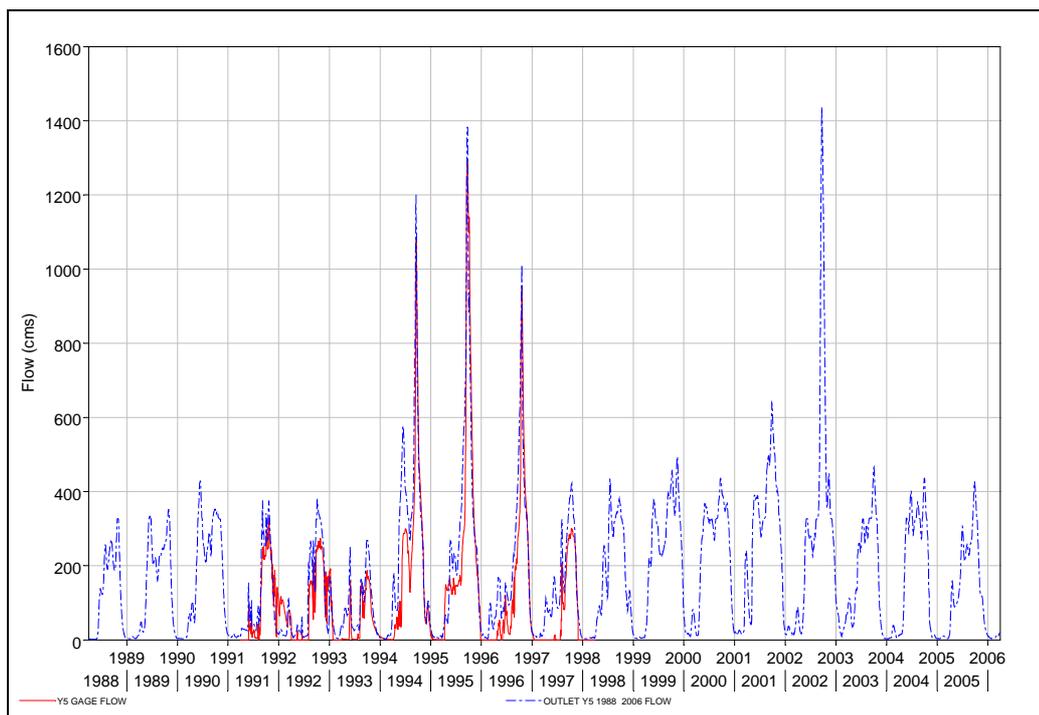
**ภาพที่ 39** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.4 ปี ค.ศ. 1996



**ภาพที่ 40** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.4 ปี ค.ศ. 1997

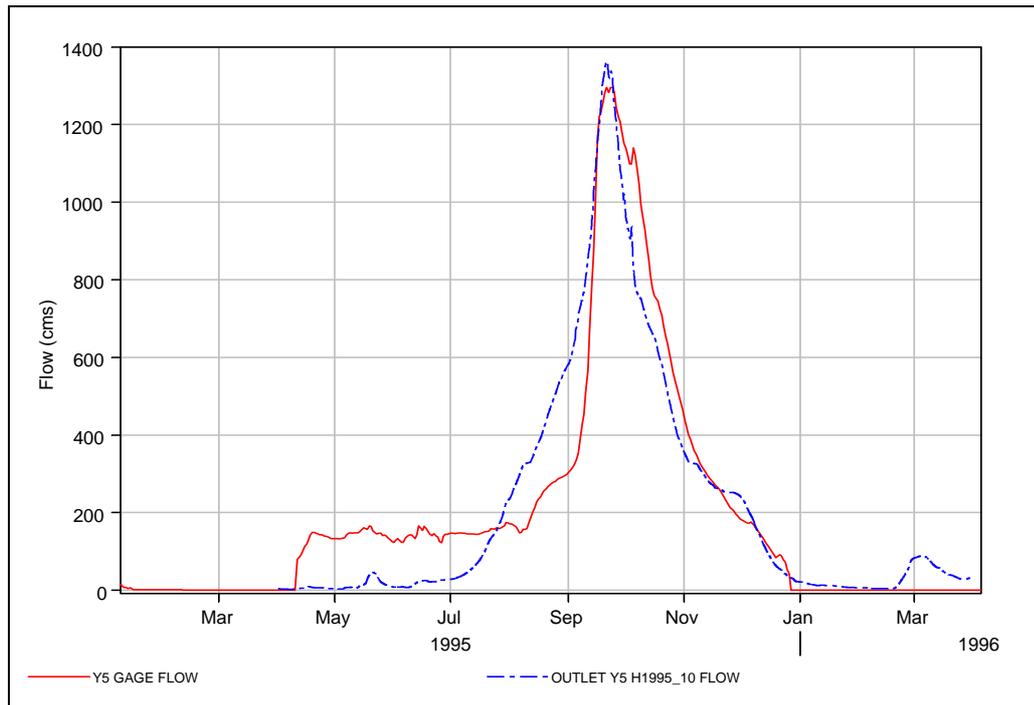
### 1.9 สถานีวัดน้ำท่า Y.5 (outlet)

สถานี Y.5 (Outlet) รับน้ำจากลุ่มน้ำยมตอนล่าง และสถานี Y.17 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 22,344 ตร.กม. สภาพดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงและเป็นที่ราบกว้างบริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ ผลการจำลองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005 รวมทั้งสิ้น 18 ปี ดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1 และ ตารางผนวกที่ ข2 สามารถจำลอง ปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาต่อเนื่องนานๆ ผลการจำลองพบว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน ตุลาคม ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ มากกว่า ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ทั้งนี้เนื่องจาก อิทธิพล ของลุ่มน้ำยมบรรจบลุ่มน้ำน่าน หรือ down stream control เพราะสภาพลำน้ำของแม่น้ำทั้งสองสายในช่วงบริเวณนี้ ใกล้กันมาก โดยในปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 7 ปี ดังแสดงในภาพที่ 41 ผลการจำลองได้ 1,385.60 ลบ.ม./วินาที อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการ ตรวจวัดจริงในสนาม 1,205.40 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 8,267.51 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 7,430.21 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่างเท่ากับ 14.94 เปอร์เซ็นต์ และ -11.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ.2005 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดจริงใน สนาม ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองนี้หาข้อมูลในช่วงปีดังกล่าวได้แต่ไม่ได้นำมาคิดเปรียบเทียบข้างต้น

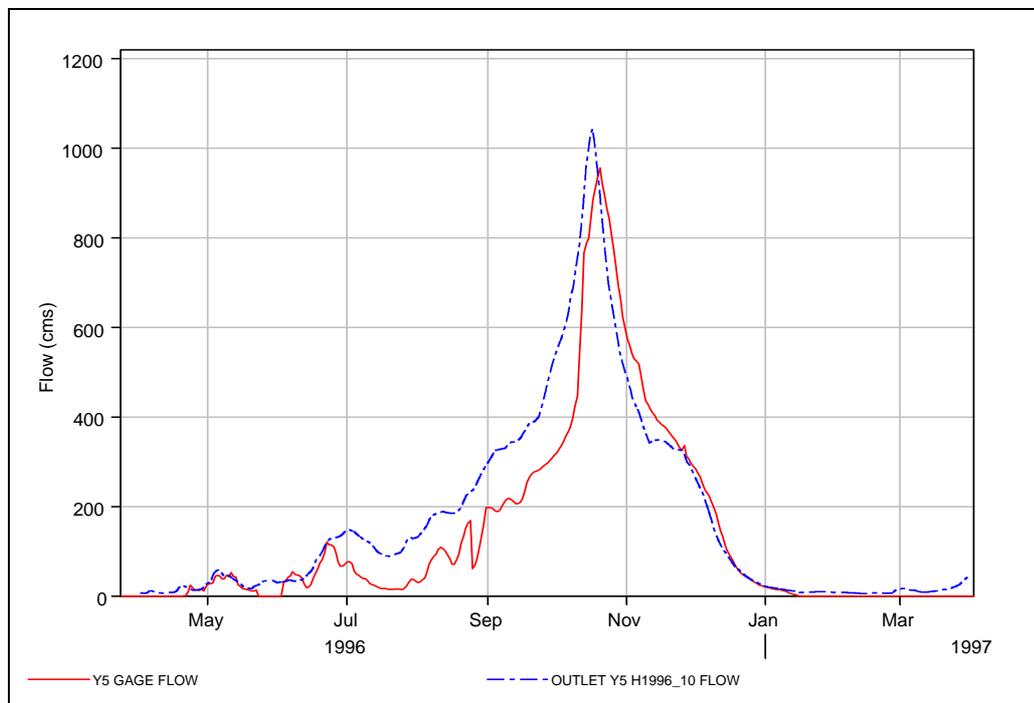


**ภาพที่ 41** ผลการจำลองของ สถานี Y.5 เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 ถึง ปี ค.ศ. 2005

ในการสอบเทียบแบบจำลองได้จากการคำนวณ แบบจำลอง HEC- HMS นำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1995 และ ปี ค.ศ. 1996 ดังแสดงในภาพที่ 42 และ ภาพที่ 43 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงผ่านรวมทั้งปี 8,267.51 และ 5,965.69 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดมีค่า 7,430.21 และ 4,324.72 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลต่าง 11.04 เปอร์เซ็นต์ และ 27.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลสูงสุดที่จำลองได้ 1,385.60 และ 1,085.18 ลบ.ม./วินาที ค่าที่ตรวจวัดจริงได้ 1,205.40 และ 976.00 ลบ.ม./วินาที ผลต่าง 14.94 เปอร์เซ็นต์ และ 10.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์(r) เท่ากับ 0.879 และ 0.982 ตามลำดับ



**ภาพที่ 42** แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.5 ปี ค.ศ. 1995



**ภาพที่ 43** แสดงผลการตรวจสอบแบบจำลอง ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.5 ปี ค.ศ. 1996

## 2. ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบมาตรฐานและการตรวจสอบแบบจำลอง

### 2.1 แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำท่า (loss model)

จากการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลองและการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองพบว่า ค่าหมายเลขเส้นโค้งน้ำท่าของ SCS curve number (CN) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 35.02-76.99 ส่วนค่าการสูญเสียเริ่มต้น initial abstraction(Ia) จากการศึกษาค้นคว้าพารามิเตอร์ของการสูญเสียเริ่มต้นนี้ อยู่ในช่วง 235.21-485.36 มม. ซึ่งค่าพารามิเตอร์ ในแบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำท่าได้แสดงสรุปไว้ดังตารางที่ 8

### 2.2 การจำลองการไหลบนน้ำท่าผิวดิน (direct runoff model)

การสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลองและการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองพบว่า ค่า Snyder Lag (tp) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 21.55 -383.11 ชั่วโมง และค่า Snyder Cp มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.325-0.813 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ ในแบบจำลองการไหลบนน้ำท่าผิวดิน (direct runoff model) ได้แสดง สรุปไว้ดังตารางที่ 9

### 2.3 การจำลองการไหลพื้นฐาน (model of base flows)

จากการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลองและการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี (exponential recession) พบว่าค่าเริ่มต้นการไหล (initial flows) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-6.24 ลบ.ม. / วินาที และ ค่าอัตราส่วนการลดลง (recession ratio) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.278-0.986 ในส่วนของค่าจุดเริ่มต้นของการไหลพื้นฐาน (threshold ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.27-11.82 ลบ.ม. / วินาที ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลองการไหลพื้นฐาน (base flow) นี้ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 8** สรุปค่า parameter ของแบบจำลองการสูญเสีย (loss model)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	Loss Rate	
		Initial Abstraction (mm.)	SCS Curve Number (CN)
1	แม่น้ำยมตอนบน	485.36	35.25
2	แม่น้ำควน	239.87	65.98
3	น้ำปี	272.97	35.32
4	แม่น้ำงาว	490.32	35.02
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	462.35	35.18
6	น้ำแม่คำมี	364.06	76.99
7	น้ำแม่ต้า	410.26	42.24
8	ห้วยแม่สิน	382.71	35.04
9	แม่น้ำมอก	373.63	42.42
10	น้ำแม่รำพัน	265.68	49.77
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	235.21	38.76

**ตารางที่ 9** สรุปค่า parameter แบบจำลองน้ำท่าผิวดิน (direct runoff model)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	ค่าการตอบสนองของลุ่มน้ำ	
		Snyder Lag or tp (hr.)	Snyder Cp
1	แม่น้ำยมตอนบน	61.87	0.512
2	แม่น้ำควน	35.18	0.468
3	น้ำปี	28.35	0.696
4	แม่น้ำงาว	30.50	0.781
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	125.31	0.813
6	น้ำแม่คำมี	24.22	0.794
7	น้ำแม่ต้า	28.32	0.325
8	ห้วยแม่สิน	21.55	0.782

**ตารางที่ 9** (ต่อ)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	ค่าการตอบสนองของลุ่มน้ำ	
		Snyder Lag or tp (hr.)	Snyder Cp
9	แม่น้ำมอก	36.63	0.633
10	น้ำแม่รำพัน	34.27	0.538
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	383.11	0.715

**ตารางที่ 10** สรุปค่า parameters แบบจำลองการไหลพื้นฐาน (base flow model)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	Exponential Recession		
		Initial flow (cms)	Recession Ratio	Threshold flow (cms)
1	แม่น้ำยมตอนบน	2.47	0.980	3.52
2	แม่น้ำควน	3.73	0.888	2.82
3	น้ำปี	1.38	0.967	0.27
4	แม่น้ำาง	2.91	0.812	3.73
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	0.17	0.713	3.66
6	น้ำแม่คำมี	0.27	0.843	2.31
7	น้ำแม่คำ	0.02	0.278	1.47
8	ห้วยแม่สิน	2.90	0.891	2.31
9	แม่น้ำมอก	4.36	0.829	8.24
10	น้ำแม่รำพัน	4.31	0.954	9.85
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	6.24	0.986	11.32

## 2.4 การจำลองการไหลของลำน้ำ (channel routing)

จากการสอบเทียบมาตรฐานแบบจำลองและการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีของ (Muskingum 's routing ) พบว่าค่าช่วงเวลาของคลื่นน้ำท่วม (K) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.66-24.06 ชั่วโมง และมีค่าถ่วงน้ำหนัก (X) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.100-0.364 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลองการไหลของลำน้ำ (channel routing) แสดงไว้ในตารางที่ 11

**ตารางที่ 11** สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ

ที่	ช่วงลำน้ำ	จาก	ถึง	Muskingum	
				K	x
1	R1	Y36	Y31	4.79	0.364
2	R2	Y31	J1	7.77	0.350
3	R3	J1	Y20	4.53	0.354
4	R4	Y20	Y1C	13.40	0.325
5	R5	Y1C	Y37	12.82	0.150
6	R6	Y37	Y14	9.21	0.200
7	R7	Y14	Y6	9.01	0.122
8	R8	Y6	Y3A	24.06	0.135
9	R9	Y3A	Y33	9.28	0.272
10	R10	Y33	J101	5.34	0.110
11	R11	Y4	J2	4.42	0.100
12	R12	J2	Y16	7.23	0.100
13	R13	Y16	Y17/1	5.72	0.102
14	R14	Y17/1	OUTLET	3.66	0.100

### 3. ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอัตราการไหลสูงสุดกับลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยม

ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอัตราการไหลสูงสุด กับลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยมนั้น แสดงในตารางที่ 12 ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ความยาวลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกถึงจุดไหลลงบนเส้นสันปันน้ำ (L) ความยาวลำน้ำจากจุดออกถึงจุดที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด (Lc) ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (S) ช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด ( $T_p$ ) และ อัตราการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) มีความสัมพันธ์ดังนี้

#### 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง $T_p$ กับ $LLc / \sqrt{S}$

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยมสัมพันธ์กับเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด โดยมีความสัมพันธ์กันอยู่ในรูปของ สมการการถดถอยแบบยกกำลังดังแสดงในสมการที่ 21 และภาพที่ 44 ดังนี้

$$T_p = 0.1889 (LLc / \sqrt{S})^{0.5122} \quad (21)$$

โดยที่  $T_p$  คือ เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (ชั่วโมง)

L คือ ความยาวของลำน้ำ(เมตร)

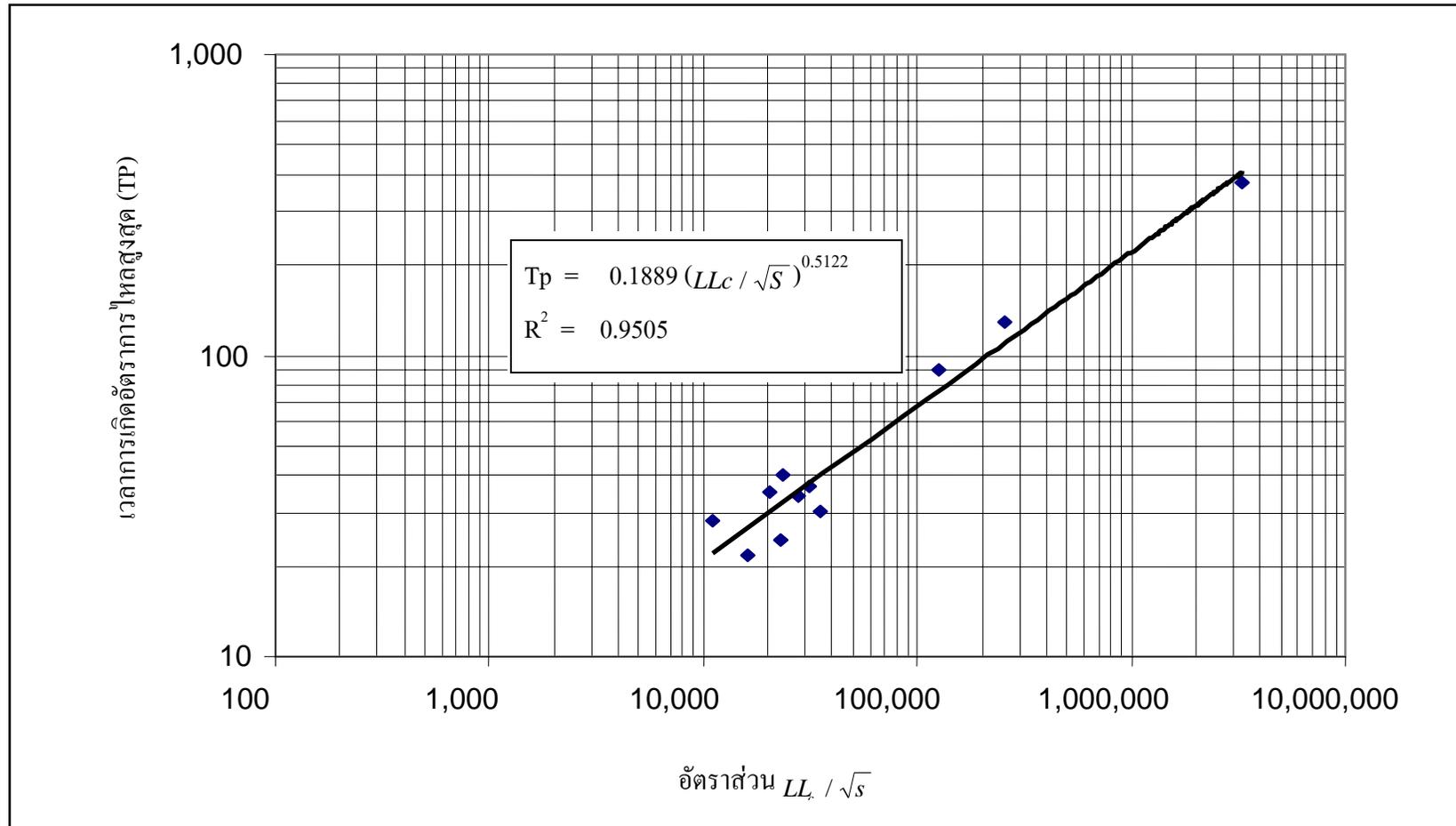
Lc คือ ความยาวของลำน้ำจากจุดออกถึงจุดศูนย์กลาง(เมตร)

S คือ ความลาดชันของพื้นที่

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายถึงลักษณะการเกิดของค่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด ( $T_p$ ) ในรูปของลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ว่า ในกรณีที่ลำน้ำมีความยาวมาก (L) ส่งผลทำให้เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดมากขึ้นเพราะน้ำใช้เวลาในการรวมตัวมากขึ้นในทำนองเดียวกัน ความชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (S) ในกรณีที่ความชันน้อยย่อมส่งผลให้ส่งผลทำให้เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดมากขึ้น เช่นเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดจริง ดังนั้นสมการที่ 21 จึงสามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำยมโดยมีค่าความเชื่อมั่นได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์

**ตารางที่ 12** การเกิดอัตราการไหลสูงสุดกับค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นตัวแทนลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยม

ลำดับ	กลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	L	Lc	S	tp (ชั่วโมง)	Qp (ลบ.ม/วินาที)	$LL_c / \sqrt{s}$	Qp/A	ปริมาณฝน ( มม. )	Rv (ลบ.ม/วินาที)
1	ขมตอนบน	1,978	113.34	57.89	0.00265	89.13	185.88	127,565.33	0.09	980.00	61.47
2	ควน	858	49.12	37.84	0.00813	35.18	186.36	20,613.99	0.22	1,011.30	27.51
3	ปี่	636	36.08	22.87	0.00556	28.35	138.14	11,070.54	0.22	1,008.98	20.35
4	งาว	1,644	71.41	34.38	0.00476	30.50	291.00	35,577.43	0.18	1,011.00	52.70
5	ขมตอนกลาง	2,980	124.78	60.31	0.00084	128.82	317.79	258,946.57	0.11	1,074.68	101.55
6	แม่คำมี	444	48.38	37.31	0.00621	24.22	175.97	22,903.62	0.40	1,191.00	16.77
7	แม่ต้า	760	44.15	27.29	0.00256	39.81	61.66	23,793.95	0.08	988.04	23.81
8	แม่สิน	522	40.89	27.44	0.00490	21.55	136.44	16,025.67	0.26	1,286.72	21.30
9	แม่มอก	1,332	58.41	38.71	0.00513	36.63	164.75	31,573.86	0.12	988.36	41.75
10	แม่รำพัน	894	56.96	28.89	0.00351	34.27	137.52	27,780.49	0.15	923.50	26.18
11	ขมตอนล่าง	11,906	409.28	208.48	0.00066	378.00	531.06	3,321,171.00	0.04	964.38	364.09



**ภาพที่ 44** ความสัมพันธ์ระหว่าง  $T_p$  กับ อัตราส่วน  $LL_c / \sqrt{S}$

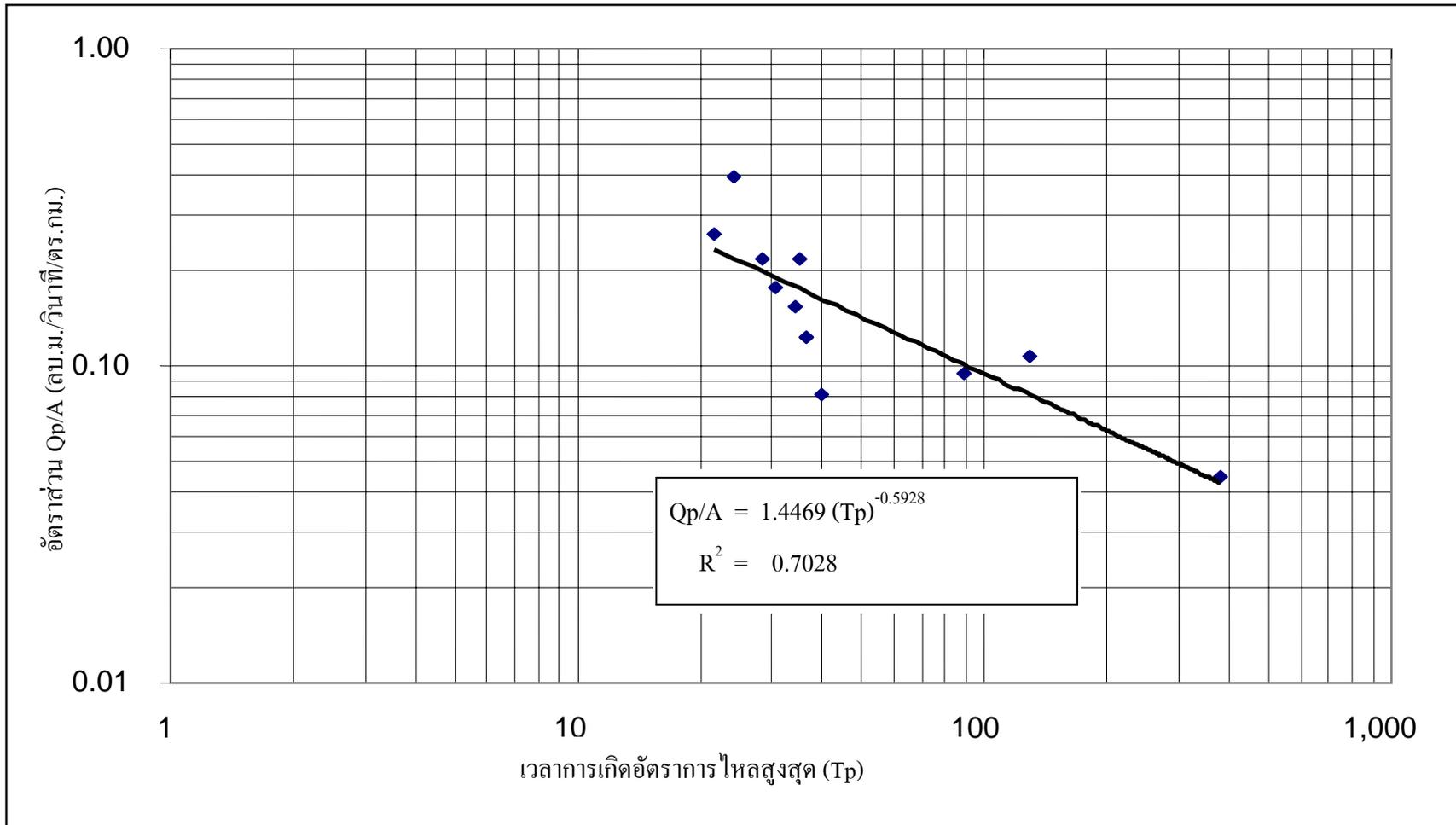
### 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_p/A$ กับ $T_p$

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยมสัมพันธ์กับอัตราการไหลสูงสุด และ เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด โดยมีความสัมพันธ์กันอยู่ในรูปของสมการการถดถอยแบบยกกำลังดังแสดงในสมการที่ 22 และภาพที่ 45 ดังนี้

$$Q_p/A = 1.4469 T_p^{-0.5928} \quad (22)$$

โดยที่	$Q_p$	คือ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
	$T_p$	คือ	เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (ชั่วโมง)
	$L$	คือ	พื้นที่ลุ่มน้ำ(ตร.กม.)

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายถึงลักษณะการเกิดของอัตราการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) ในรูปของลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ว่า ในกรณีที่ลุ่มน้ำมีพื้นที่รับน้ำมาก (A) ส่งผลทำให้อัตราการไหลสูงสุดมากขึ้นเพราะน้ำท่ามีพื้นที่รับน้ำมากขึ้นในทำนองเดียวกัน ในกรณีที่เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดมีค่าน้อยย่อมส่งผลให้ ส่งผลทำให้อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดจริง ดังนั้นสมการที่ 22 จึงสามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำยมโดยมีค่าความเชื่อมั่นได้ถึง 70.28 เปอร์เซ็นต์



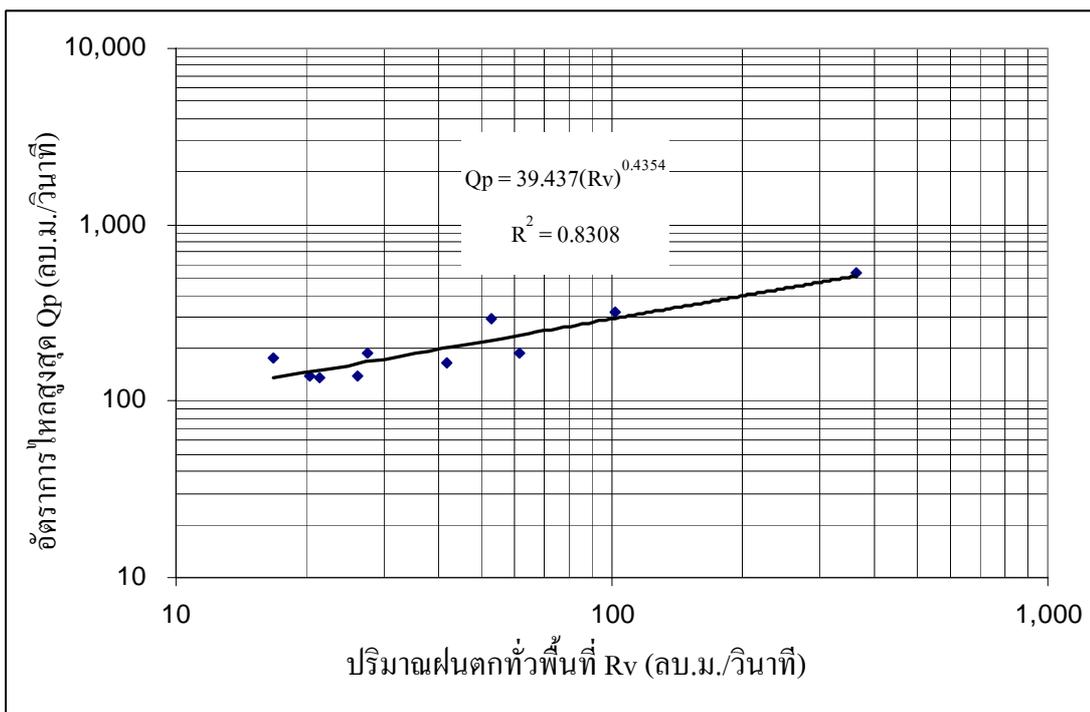
ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $Q_p/A$  กับ  $T_p$

### 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด (Qp) กับ ปริมาณฝน (Rv)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด และปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 12 เมื่อนำมาพล็อตหาความสัมพันธ์พบว่าปริมาณการเกิดน้ำท่าสูงสุด มีความสัมพันธ์แบบถดถอยแบบยกกำลัง กับปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วพื้นที่ ซึ่งแสดงในสมการที่ 23 และภาพที่ 46 ดังนี้

$$Q_p = 39.437 (R_v)^{0.4354} \tag{23}$$

โดยที่  $Q_p$  คือ อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)  
 $R_v$  คือ ปริมาณน้ำฝนทั่วพื้นที่ในลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที)



**ภาพที่ 46** ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด กับ ปริมาณฝนตกทั่วพื้นที่

#### 4. การศึกษาวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง HEC-HMS

จากการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง HEC-HMS พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด ได้แก่ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด ( $T_p$ ) และค่าสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) โดยค่า  $T_p$  มีผลต่อเวลาในการเกิดน้ำท่าและปริมาณน้ำท่าสูงสุด และค่า CN มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงมีผลกระทบต่อรูปร่างกราฟน้ำท่า ดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์  $T_p$  และค่า  $C_p$  เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความยาวลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างหรือขนาดของพื้นที่ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อเวลาการไหลของน้ำท่าที่ทำให้เกิดน้ำหลากหรืออุทกภัย ส่วนค่าพารามิเตอร์ (CN) แสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ขึ้นกับลักษณะดินและการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น พื้นที่ที่เป็นเกษตรกรรมเมื่อมีฝนตกจะเกิดปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าพื้นที่ที่เป็นผิวน้ำ เช่น ผิวน้ำคอนกรีต ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนไหลซึมลงไปดิน เป็นต้น ในการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์  $T_p$  ได้ทำการแปรเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยลดลง 0.8 เท่า (หรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า (เพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์) ในส่วนของค่าพารามิเตอร์  $C_p$  ได้ทำการแปรเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยลดลง 0.8 เท่า (หรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า (เพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์) ส่วนค่า CN ได้ทำการศึกษาโดยเพิ่มค่าขึ้น 1.1 เท่า หรือลดลง 0.9 เท่า (เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละ 10 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากค่า CN มีความไวในแปรเปลี่ยนมากกว่าและถ้าเพิ่มจำนวนเท่าที่มากกว่า 1.1 ทำให้ค่า CN อยู่นอกช่วงค่าที่มีกำหนดไว้ เช่น ค่า CN มีค่าไม่เกิน 100 ซึ่งเป็นค่าที่เกินเกณฑ์ที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-HMS และค่า  $I_a$  ได้ทำการศึกษาโดยเพิ่มค่าขึ้น 1.1 เท่า หรือลดลง 0.9 เท่า (เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละ 10 เปอร์เซ็นต์) รายละเอียดการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง HEC-HMS โดยผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง HEC-HMS สรุปในตารางที่ 13 ถึง ตารางที่ 16 สามารถอธิบายได้ดังนี้

**ตารางที่ 13** ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ CN

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			Qv (ล้าน ลบ.ม.)			% การเปลี่ยนแปลง Qp		% การเปลี่ยนแปลง Qv	
			1.0 CN	0.9 CN	1.2 CN	1.0 CN	0.9 CN	1.2 CN	0.9 CN	1.1 CN	0.9 CN	1.1 CN
1	แม่น้ำยมตอนบน	1997	193.93	97.78	299.06	458.02	349.79	635.68	-49.58	54.21	-23.63	38.789
2	แม่น้ำควน	1997	141.87	56.52	206.95	383.29	243.46	503.19	-60.16	45.87	-36.48	31.283
3	แม่น้ำปี้	1997	125.38	59.25	204.26	225.43	135.82	330.52	-52.74	62.91	-39.75	46.619
4	แม่น้ำาง	1997	230.87	84.31	363.50	310.42	159.19	439.88	-63.48	57.45	-48.72	41.705
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	1997	350.79	184.69	617.53	1,201.06	750.54	1,902.91	-47.35	76.04	-37.51	58.436
6	แม่คำมี	1997	171.08	53.98	312.17	255.80	141.05	420.08	-68.45	82.47	-44.86	64.223
7	แม่ต้า	1997	86.23	41.61	116.03	241.93	155.39	292.98	-51.75	34.56	-35.77	21.104
8	ห้วยแม่สิน	1997	108.73	37.34	179.67	185.12	72.57	275.31	-65.66	65.24	-60.80	48.716
9	แม่น้ำมอก	1997	142.06	88.12	198.71	222.82	96.61	280.51	-37.97	39.88	-56.64	25.892
10	น้ำแม่รำพัน	1997	157.07	66.83	265.46	286.28	143.80	435.46	-57.45	69.01	-49.77	52.109
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	1997	559.59	208.34	1,081.30	2,153.26	921.38	3,744.66	-62.77	93.23	-57.21	73.907

**ตารางที่ 14** ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ Ia

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			Qv (ล้าน ลบ.ม.)			% การเปลี่ยนแปลง Qp		% การเปลี่ยนแปลง Qv	
			1.0 Ia	0.9 Ia	1.2 Ia	1.0 Ia	0.9 Ia	1.2 Ia	0.9 Ia	1.1 Ia	0.9 Ia	1.1 Ia
1	แม่น้ำยมตอนบน	1997	193.93	206.77	193.93	458.02	534.43	458.02	6.62	0.00	16.68	0.00
2	แม่น้ำควน	1997	141.87	142.54	141.11	383.29	402.12	364.50	0.47	-0.54	4.91	-4.90
3	แม่น้ำปี้	1997	125.38	127.44	123.14	225.43	239.21	211.80	1.64	-1.79	6.11	-6.05
4	แม่น้ำาง	1997	230.87	245.71	230.87	310.42	365.18	310.42	6.43	0.00	17.64	0.00
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	1997	350.79	377.96	350.79	1,201.06	1,316.98	1,201.06	7.75	0.00	9.65	0.00
6	แม่คำมี	1997	171.08	175.34	164.55	255.80	270.85	240.76	2.49	-3.82	5.89	-5.88
7	แม่ต้า	1997	86.23	87.44	84.846	241.93	260.13	223.89	1.40	-1.60	7.53	-7.46
8	ห้วยแม่สิน	1997	108.73	115.31	101.07	185.12	193.18	167.12	6.05	-7.04	4.35	-9.72
9	แม่น้ำมอก	1997	142.06	148.17	134.76	222.82	255.57	191.04	4.30	-5.14	14.70	-14.26
10	น้ำแม่รำพัน	1997	157.07	158.7	155.24	286.28	306.00	266.73	1.04	-1.17	6.89	-6.83
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	1997	559.59	569.63	548.66	2,153.26	2,274.95	2,032.69	1.79	-1.95	5.65	-5.60

**ตารางที่ 15** ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ Tp

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			Qv (ล้าน ลบ.ม.)			% การเปลี่ยนแปลง Qp		% การเปลี่ยนแปลง Qv	
			1.0 tp	0.8 tp	1.2 tp	1.0 tp	0.8 tp	1.2 tp	0.8 tp	1.2 tp	0.8 tp	1.2 tp
1	แม่น้ำยมตอนบน	1997	193.93	235.58	185.82	458.02	535.15	533.82	21.48	-4.18	16.84	16.55
2	แม่น้ำคาน	1997	141.87	159.68	129.9	383.29	402.2	402.04	12.55	-8.44	4.93	4.89
3	น้ำปี	1997	125.38	142.47	114.89	225.43	239.29	239.13	13.63	-8.37	6.15	6.08
4	แม่น้ำาง	1997	230.87	273.28	224.45	310.42	366.89	363.89	18.37	-2.78	18.19	17.22
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	1997	350.79	405.19	355.24	1,201.06	1,327.07	1,310.56	15.51	1.27	10.49	9.12
6	น้ำแม่คำมี	1997	171.08	178.79	169.8	255.80	271.13	270.67	4.51	-0.75	5.99	5.81
7	น้ำแม่ต้า	1997	86.23	100.33	77.549	241.93	262.20	258.43	16.35	-10.07	8.38	6.82
8	ห้วยแม่สิน	1997	108.73	124.92	106.47	185.12	193.44	192.90	14.89	-2.08	4.49	4.20
9	แม่น้ำมอก	1997	142.06	161.36	138.25	222.82	255.67	255.52	13.59	-2.68	14.74	14.67
10	น้ำแม่ไร่พัน	1997	157.07	182.2	141.14	286.28	306.04	305.98	16.00	-10.14	6.90	6.88
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	1997	559.59	595.04	547.09	2,153.26	2,275.77	2,274.16	6.33	-2.23	5.69	5.61

**ตารางที่ 16** ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ Cp

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			Qv (ล้าน ลบ.ม.)			% การเปลี่ยนแปลง Qp		% การเปลี่ยนแปลง Qv	
			1.0 Cp	0.8 Cp	1.2 Cp	1.0 Cp	0.8 Cp	1.2 Cp	0.8 Cp	1.2 Cp	0.8 Cp	1.2 Cp
1	แม่น้ำยมตอนบน	1997	193.93	179.34	220	458.02	533.80	458.61	-7.52	13.44	16.55	0.13
2	แม่น้ำควน	1997	141.87	126.08	158.22	383.29	402.03	383.37	-11.13	11.52	4.89	0.02
3	แม่น้ำปี้	1997	125.38	109.06	143.74	225.43	239.11	225.57	-13.02	14.64	6.07	0.03
4	แม่น้ำาง	1997	230.87	206.55	235.21	310.42	363.69	311.58	-10.53	1.88	17.16	0.37
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	1997	350.79	332.44	354.15	1,201.06	1,312.29	1,204.81	-5.23	0.96	9.26	0.32
6	แม่คำมี	1997	171.08	160.06	178.18	255.80	270.50	259.97	-6.44	4.15	5.75	1.63
7	แม่ต้า	1997	86.23	74.9	97.709	241.93	258.41	243.46	-13.14	13.31	6.81	0.63
8	ห้วยแม่สิน	1997	108.73	100.43	109.3	185.12	192.81	180.32	-7.63	0.52	4.15	-2.59
9	แม่น้ำมอก	1997	142.06	130.56	161.86	222.82	255.53	222.86	-8.10	13.94	14.68	0.02
10	น้ำแม่ไร่พัน	1997	157.07	134.19	182.55	286.28	305.99	286.29	-14.57	16.22	6.89	0.00
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	1997	559.59	530.68	586.49	2,153.26	2,273.70	2,154.53	-5.17	4.81	5.59	0.06

#### 4.1 กรณีปรับค่าพารามิเตอร์ CN

กรณีลดค่า CN เป็น 0.9 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 37.97-68.45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการไหล ( $Q_v$ ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 23.63-60.80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการลดค่า CN หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะมีการซึมลงสู่ชั้นดินได้มากขึ้นจึงทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินลดลง และส่งผลให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) ลดลง รวมถึงปริมาณการไหลที่ลดลงเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดช้าขึ้นด้วย ส่วนกรณีเพิ่มค่า CN เป็น 1.1 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 34.56-93.23 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณการไหล ( $Q_v$ ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 21.10-73.90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเพิ่มค่า CN หมายถึงสภาพพื้นผิวดินนั้นน้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นผิวดินได้น้อย ทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินเร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มค่า CN ค่าปริมาณการไหลสูงสุดจึงเพิ่มขึ้นและมีปริมาณการไหลเพิ่มขึ้น ส่วนเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเมื่อสภาพพื้นดินสามารถเกิดน้ำท่าผิวดินได้เร็วขึ้นจึงทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำเร็วขึ้น ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 และ ภาพผนวกที่ ค12 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CN ทำให้ค่าปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) ลดลงรวมถึงปริมาณการไหล ( $Q_v$ ) ที่ลดลง และเวลาในการเกิดน้ำท่าช้าลงด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการเพิ่มค่า CN ทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) และปริมาณน้ำท่า ( $Q_v$ ) เพิ่มขึ้น

#### 4.2 กรณีปรับค่าพารามิเตอร์ Ia

กรณีลดค่า Ia เป็น 0.9 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.47- 7.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการไหล ( $Q_v$ ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 4.91-17.64 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการลดค่า Ia หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะมีการซึมลงสู่ชั้นดินได้น้อยลงจึงทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินเพิ่มขึ้น และส่งผลให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) เพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณการไหลที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นในอัตราที่เร็วขึ้นทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้นด้วย ส่วนกรณีเพิ่มค่า Ia เป็น 1.1 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด ( $Q_p$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5-7.04 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณการไหล ( $Q_v$ ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.49-14.26 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเพิ่มค่า Ia หมายถึงสภาพพื้นผิวดินนั้นน้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นผิวดินได้มาก ทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินช้าลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มค่า CN ค่าปริมาณการไหลสูงสุดจึงลดลงและมีปริมาณการไหลลดลง ส่วนเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเมื่อสภาพพื้นดินสามารถเกิดน้ำท่าผิวดินได้ช้าลงจึงทำ

ให้เวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำซาลง ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CN ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 14 และภาพผนวกที่ ค13 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า Ia ทำให้ค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) เพิ่มขึ้นรวมถึง ปริมาตรการไหล (Qv) ที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มค่า Ia ทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) และปริมาตรน้ำท่า (Qv) ลดลง

#### 4.3 กรณีปรับค่าพารามิเตอร์ $T_p$

กรณีลดค่า  $T_p$  เป็น 0.8 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ระหว่าง 4.51-21.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Qv) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 4.49 -18.19 กล่าวคือจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำท่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการลดค่า  $T_p$  ทั้งนี้เพราะ ทำให้เวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้น ส่งผลให้กราฟน้ำท่ามีลักษณะฐานแคบลงและยอดกราฟสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดและปริมาตรน้ำท่าโดยรวมส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น ส่วนกรณีเพิ่มค่า  $T_p$  เป็น 1.2 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) เปลี่ยนแปลงลดลง ระหว่าง 10.14-1.27 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Qv) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 4.20 -17.22 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มค่า  $T_p$  ทำให้เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดช้าลงเป็นผลให้น้ำมีการเคลื่อนตัวช้าและเกิดอัตราการไหลสูงสุดลดต่ำลง ปริมาตรน้ำท่าส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำมีการเคลื่อนตัวช้า ทำให้ปริมาตรน้ำท่ามีการสะสมเพิ่มขึ้นตามเวลา ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์  $T_p$  ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 15 และภาพผนวกที่ ค14 สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด ( $T_p$ ) ทำให้ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (Qp) ลดลงและปริมาตรน้ำท่าโดยรวมเพิ่มขึ้น ขณะที่การลดเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดคือการทำให้เวลาการเคลื่อนตัวของน้ำเร็วขึ้นจะมีผลต่อรูปร่างกราฟน้ำท่าโดยทำให้กราฟน้ำท่ามีอัตราการไหลสูงสุด (Qp) หรือ ยอดกราฟมีค่าเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อปริมาตรน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของกราฟน้ำท่า

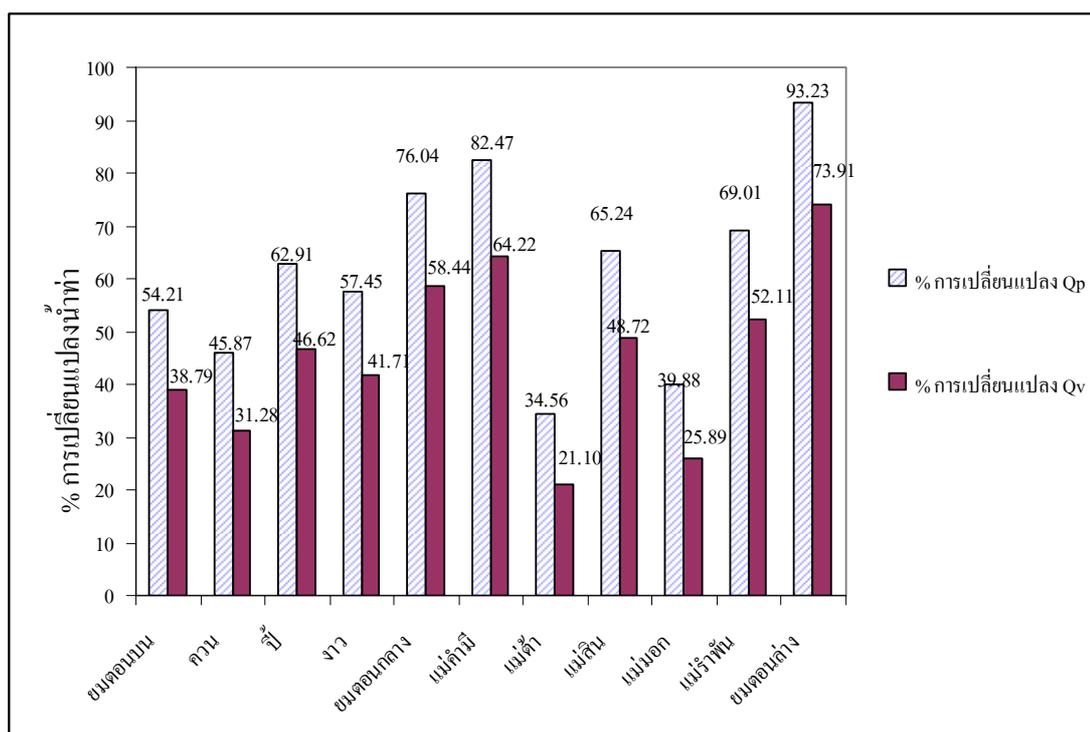
#### 4.4 กรณีปรับค่าพารามิเตอร์ $C_p$

กรณีลดค่า  $C_p$  เป็น 0.8 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ระหว่าง 4.15-17.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Qv) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 5.17 -13.14 กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำท่าการลดลงแต่ค่าปริมาณการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ส่งผลให้กราฟน้ำท่ามีลักษณะฐานแคบลงและยอดกราฟสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นและปริมาตรน้ำท่าลดลง ส่วนกรณีเพิ่มค่า  $C_p$  เป็น 1.2 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Qp) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นระหว่าง 0.52-16.94 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล

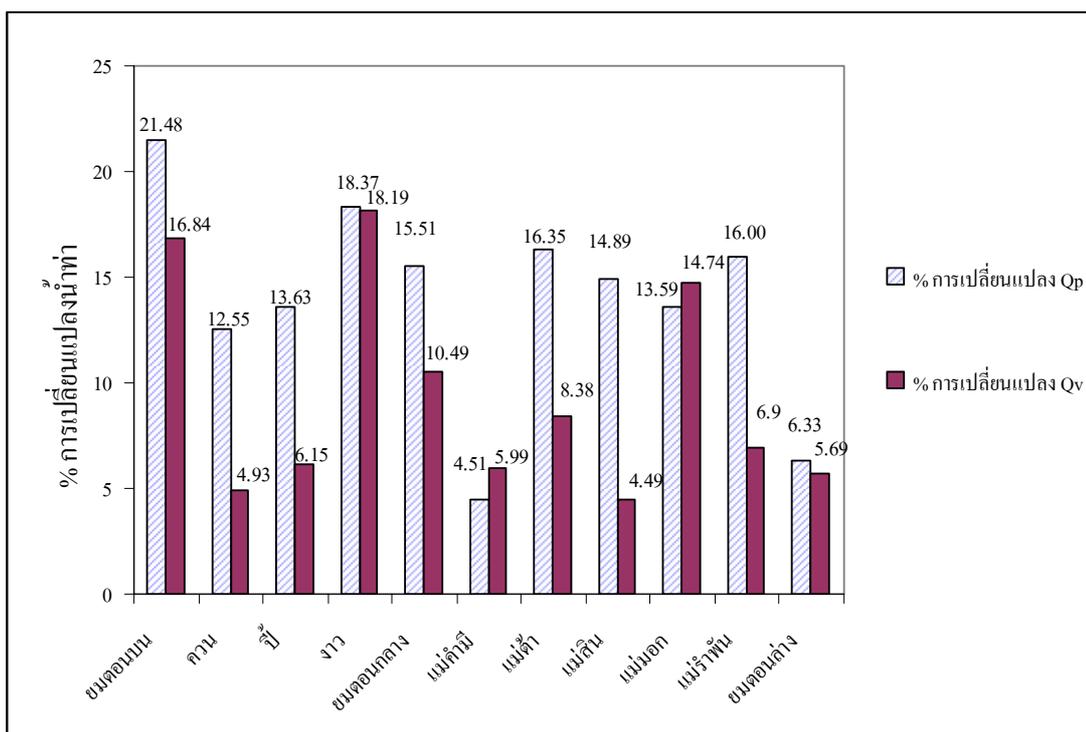
(Qv) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 2.59-1.63เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มค่า Cp ทำให้เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดเร็วขึ้นเป็นผลให้น้ำมีการเคลื่อนเร็วทั้งนี้ส่งผลให้กราฟน้ำท่ามีลักษณะเปลี่ยนแปลง ทำให้ปริมาณน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ Cp ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 16 และภาพผนวกที่ 15

#### 4.5 การเปรียบเทียบความไวของพารามิเตอร์ CN และ Tp ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง HEC-HMS พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด คือ ค่าครรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่(CN) และค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ซึ่งการเปรียบเทียบความไวของค่าพารามิเตอร์ CN และ Tp สามารถอธิบายถึงลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 47 และ ภาพที่ 48 ดังนี้



ภาพที่ 47 การเปรียบเทียบความไวของค่าพารามิเตอร์ CN ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย



**ภาพที่ 48** การเปรียบเทียบความไวของค่าพารามิเตอร์  $T_p$  ในแต่ละกลุ่มน้ำย่อย

ผลการเปรียบเทียบพบว่ากลุ่มน้ำยมตอนล่างมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์ CN มากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง  $Q_p$  และ  $Q_v$  เท่ากับ 93.23 เปอร์เซ็นต์ และ 73.91 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มน้ำแม่ค่อมมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์ CN น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง  $Q_p$  และ  $Q_v$  เท่ากับ 34.56 เปอร์เซ็นต์ และ 21.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนค่าพารามิเตอร์  $T_p$  พบว่ากลุ่มน้ำยมตอนบนมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์  $T_p$  มากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง  $Q_p$  และ  $Q_v$  เท่ากับ 21.48 เปอร์เซ็นต์ และ 16.84 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มน้ำแม่ค่อมมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์ CN น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง  $Q_p$  และ  $Q_v$  เท่ากับ 4.51 เปอร์เซ็นต์ และ 5.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### วิจารณ์ผลการศึกษา

1. ค่าที่ได้จากการจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ในสนาม แต่มีบางสถานีและบางช่วงปีที่กราฟน้ำท่าที่จำลองได้มีปริมาณแตกต่างจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำต้องอาศัยข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน บางลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่มาก เช่น ลุ่มน้ำยมตอนล่าง มีพื้นที่ 11,906 ตารางกิโลเมตร และสภาพภูมิประเทศมีความลาดชันน้อยซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดช้าลง แต่ในขณะที่บางลุ่มน้ำเล็กมาก เช่น ลุ่มน้ำแม่คำมี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำเพียง 444 ตารางกิโลเมตร และมีความลาดชันสูงซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้น จึงเป็นการยากที่จะจำลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
2. สถานีที่อยู่ด้านล่างของลุ่มน้ำยมตอนล่าง ปริมาณน้ำท่าที่จำลองได้มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าที่บันทึกมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากผลกระทบจากระบบลุ่มน้ำนานที่ไหลมาบรรจบกันทำให้การประเมินกราฟน้ำท่ามีความแตกต่างกัน ไม่สามารถประเมินน้ำท่าให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้
3. การสอบเทียบแบบจำลองควรทำการสอบเทียบและการนำไปใช้งานควรเป็นระยะเวลาที่ไม่ห่างกันมากนัก ซึ่งค่าพารามิเตอร์มีความเหมาะสมมากกว่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ ระบบของลำน้ำและการพัฒนาแหล่งน้ำอยู่บ่อยครั้ง
4. ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ สรุปได้ว่าเมื่อสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันมากส่งผลให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดรวดเร็วขึ้น
5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุดและพื้นที่ลุ่มน้ำ มีความสัมพันธ์แบบถดถอยแบบยกกำลังซึ่งผลที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบทางอุทกวิทยาหรือการพัฒนาแหล่งน้ำได้โดยสะดวกในการใช้งาน
6. การวิเคราะห์ความไวพบว่าค่าพารามิเตอร์ CN และค่าพารามิเตอร์ Tp มีความไวมาก โดยที่ค่าพารามิเตอร์ CN ส่งผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด ส่วนค่า Tp ส่งผลต่อลักษณะฐานและยอดกราฟน้ำท่าเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ ย่อมส่งผลต่อปริมาณการไหลสูงสุด และ ปริมาณน้ำท่ารายปี และส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับผู้ที่อาศัยอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำ