

บทที่ 5

ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษา จากการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำขนาดกลางในรูปของโปรแกรมคำนวณ โดยใช้หลักการ วิธีการและรายละเอียดในบทที่ 3 และบทที่ 4 ในการเขียนโปรแกรมการคำนวณใช้ภาษา Fortran และใช้ Fortran Compiler Version 4.0 เป็นตัวแปลภาษา (Compiler) ส่วนข้อมูลที่ต้องใช้จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป รายละเอียดของโปรแกรมคำนวณแสดงในภาคผนวก ฅ

5.1 ผลการเทียบปรับแบบจำลอง

จากผลการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งได้ค่าปริมาณน้ำท่า 3 ชนิด ดังนี้คือ

(1) ค่าปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการสังเกต (Observed runoff)

(2) ค่าปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองในกรณีมีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในกลุ่มน้ำ (Simulated runoff)

(3) ค่าปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

- ปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในแบบจำลองในข้อ (1) ได้มาจากค่าสังเกตซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ที่โครงการชลประทาน จ.ร้อยเอ็ด (อ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง) และโครงการชลประทาน จ.นครราชสีมา (อ่างเก็บน้ำลำนมวก)

- ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองในข้อ (2) ได้มาจากการใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า (Simulated runoff) โดยการใช้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ชนิดของดิน การใช้พื้นที่ ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่นาที่ได้รับน้ำฝนจากฝาย พื้นที่นาที่ไม่ได้รับน้ำฝนจากฝาย พื้นที่นาที่ได้รับน้ำที่ส่งมาจากอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก พื้นที่นาที่ไม่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก พื้นที่ไร่ พื้นที่สูง ขนาดลำน้ำ ความกว้างของลำน้ำ ความยาวของลำน้ำ ความชันของลำน้ำ ปริมาณฝนรายวัน ปริมาณการระเหยรายวัน และจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในกลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำท่าที่ได้ในข้อนี้เชื่อถือได้โดยทำการเทียบปรับกับข้อมูลที่ได้จากข้อ (1)

จากการเทียบปรับแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ได้ผลลัพธ์ชลภาพน้ำท่าเมื่อนำมาเทียบกับชลภาพน้ำท่าจากการวัดดังแสดงในตารางที่ 5.1 สำหรับกลุ่มน้ำห้วยแอ่งและแสดงในตารางที่ 5.2 สำหรับกลุ่มน้ำลำนมวก เมื่อนำ

ตารางที่ 5.1 ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ 2528-2538

ปี พ.ศ	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.เมตร)			% แตกต่างระหว่าง (2)-(3)	พื้นที่ที่ได้รับ ประโยชน์จากฝาย และอ่างเก็บน้ำ ขนาดเล็ก (ไร่)	จำนวนฝายและ อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก
	ค่าสังเกต (1)	ค่าจากแบบ จำลองมีฝาย และอ่างฯ (2)	ค่าจากแบบ จำลองไม่มี ฝายและอ่างฯ (3)			
2528	17,040,830	17,031,580	18,365,830	7.30	750.00	2 อ่างฯ 1 ฝาย
2529	10,045,469	9,525,502	10,223,250	6.80	750.00	2 อ่างฯ 1 ฝาย
2530	1,778,557	1,741,897	1,875,922	7.10	750.00	2 อ่างฯ 1 ฝาย
2531	10,643,062	9,571,704	10,096,870	5.20	750.00	2 อ่างฯ 1 ฝาย
2532	14,716,380	14,729,180	15,804,810	6.80	875.00	3 อ่างฯ 1 ฝาย
2533	7,451,892	7,688,812	12,964,850	40.69	1125.00	3 อ่างฯ 2 ฝาย
2534	1,412,229	1,307,117	2,368,872	44.82	1437.00	5 อ่างฯ 3 ฝาย
2535	15,458,860	16,162,860	45,592,370	64.55	1562.00	5 อ่างฯ 4 ฝาย
2536	4,584,012	4,258,422	12,365,920	65.54	1562.00	5 อ่างฯ 4 ฝาย
2537	3,416,800	3,358,240	10,082,200	66.69	2167.00	5 อ่างฯ 7 ฝาย
2538	15,708,735	16,111,660	54,911,180	70.66	2167.00	5 อ่างฯ 7 ฝาย

ตารางที่ 5.2 ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำลำนวกระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ปี พ.ศ 2528-2538

ปี พ.ศ	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.เมตร)			% แตกต่างระหว่าง (2)-(3)	พื้นที่ที่ได้รับ ประโยชน์จากฝาย และอ่างเก็บน้ำ ขนาดเล็ก (ไร่)	จำนวนฝายและ อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก
	ค่าสังเกต (1)	ค่าจากแบบ จำลองมีฝาย และอ่างฯ (2)	ค่าจากแบบ จำลองไม่มี ฝายและอ่างฯ (3)			
2528	9,769,242	9,430,519	14,389,810	34.46	1437.00	7 ฝาย
2529	5,760,693	5,973,119	11,175,330	46.55	1725.00	9 ฝาย
2531	3,576,259	3,450,332	8,680,131	60.25	2357.00	13 ฝาย
2532	3,633,122	3,473,972	8,757,320	60.33	2587.00	14 ฝาย
2534	4,990,392	5,214,480	13,814,440	62.25	2875.00	15 ฝาย
2535	10,895,974	11,091,490	14,992,550	26.92	3277.00	16 ฝาย
2536	3,333,411	3,047,353	11,066,928	72.46	3277.00	16 ฝาย
2538	7,010,812	6,639,546	14,573,990	54.44	3277.00	16 ฝาย

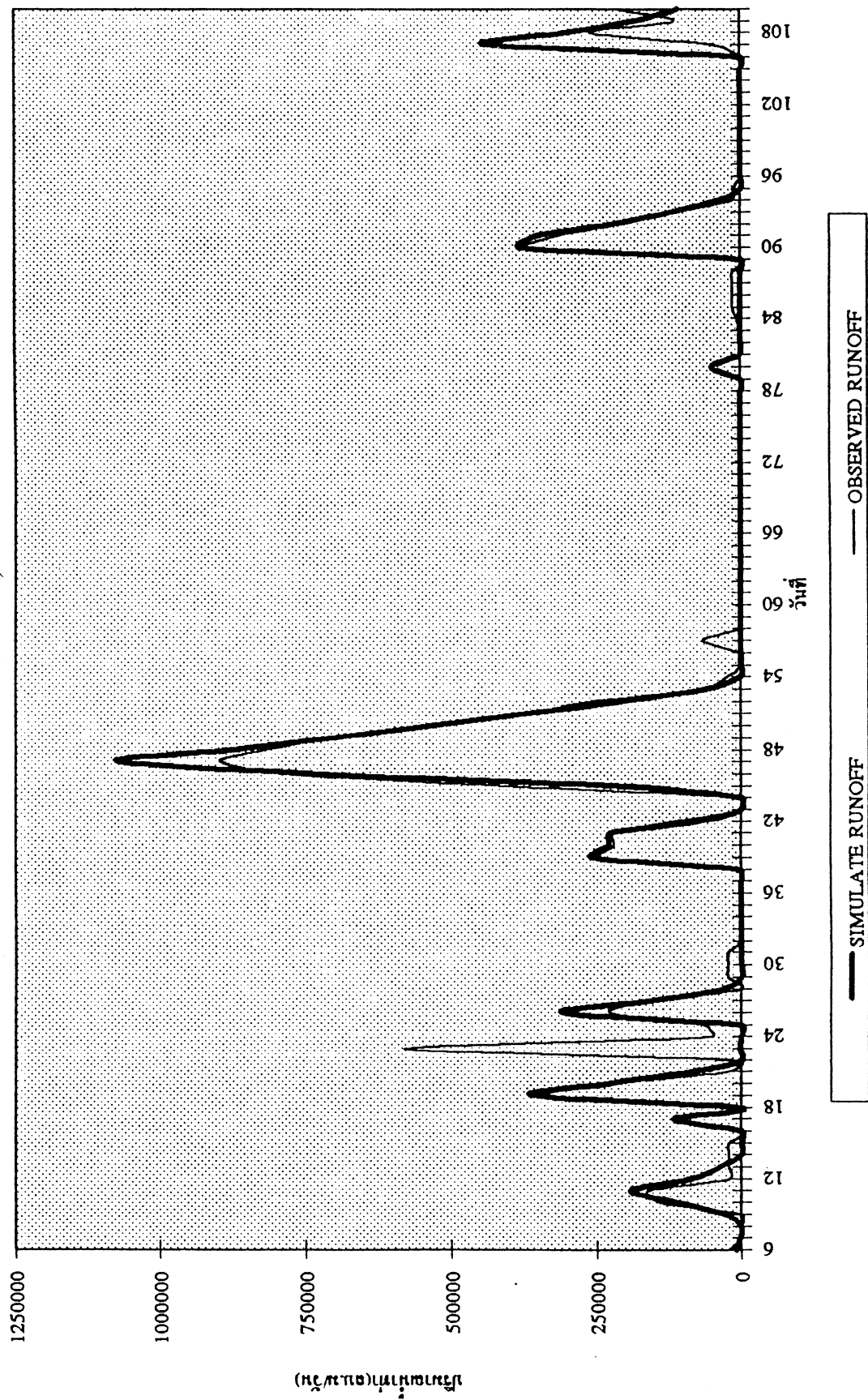
หมายเหตุ ปี พ.ศ 2530, 2533, 2537 ไม่มีปริมาณน้ำท่าเนื่องจากระดับน้ำต่ำกว่าระดับธรณีท่อ

ชลภาพน้ำท่าจากการคำนวณ โดยแบบจำลองและจากข้อมูลจริงมาพล็อตกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5.1, 5.2, 5.3 สำหรับลุ่มน้ำห้วยแอ่ง และในรูปที่ 5.4, 5.5, 5.6 สำหรับลุ่มน้ำลำฉมวก ซึ่งจะเห็นว่าชลภาพน้ำท่าจากการคำนวณเข้ากันได้ดี กับชลภาพน้ำท่าจากการวัดการเทียบปรับแบบจำลองใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error) โดยสมมติค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการเทียบปรับ บ่อน้ำเข้าโปรแกรม คอมพิวเตอร์ของแบบจำลอง เพื่อคำนวณหาอัตราการไหลออก (Simulated runoff) ข้อกำหนดที่จะได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดคือ ชุดพารามิเตอร์ที่ทำให้ อัตราการไหลจากการคำนวณเข้ากันได้ดีกับอัตราการไหลจากข้อมูล (Observed runoff)

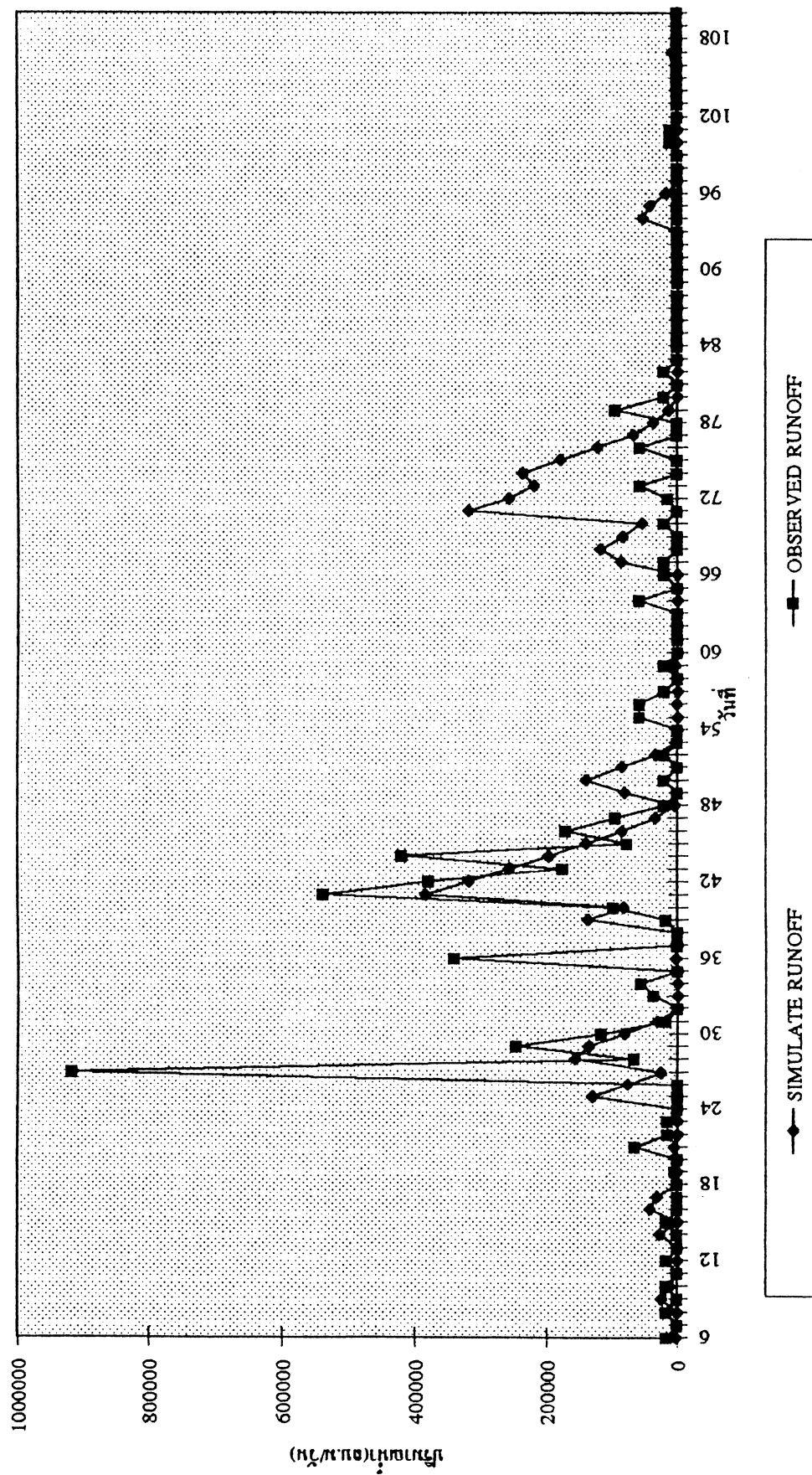
- ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองในข้อ (3) ได้มาจากการใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า (Simulated runoff) โดยใช้ข้อมูลในแบบจำลองเหมือนกับในข้อ (2) ต่างกันตรงที่พื้นที่นาสำหรับข้อ (3) จะไม่แบ่งพื้นที่นาออกเป็น 2 ลักษณะเหมือนในข้อ (2) แต่จะคิดเป็นพื้นที่นารวมทั้งหมด ส่วนข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งก็คือ ในการคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำท่าในข้อ (3) ข้อมูลของจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำไม่ต้องนำมาใช้ เงื่อนไขของการเทียบปรับปริมาณน้ำท่าในข้อนี้ก็คือ เงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับ การเทียบปรับที่ได้จากผลในข้อ (2) ซึ่งเมื่อได้ทำการเทียบปรับแล้วปรากฏว่าแบบจำลองนี้ใช้ได้ดีในกรณีที่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ ก็สามารถที่จะนำแบบจำลองนี้มาใช้ในการคำนวณในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งข้อจำกัดก็คือ ค่าสังเกตของปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ ไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการเทียบปรับได้เนื่องจากไม่มีหน่วยงานไหนที่ทำการเก็บข้อมูลนี้ไว้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมาทำการเปรียบเทียบ และชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนของปริมาณน้ำท่าที่แตกต่างกัน ในกรณีที่มีและไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำจึงนำแบบจำลองที่ได้ทำการเทียบปรับแล้ว มาใช้ในการคำนวณทั้งสองกรณี

ในแบบจำลองที่พัฒนามีพารามิเตอร์ที่ต้องเทียบปรับดังนี้

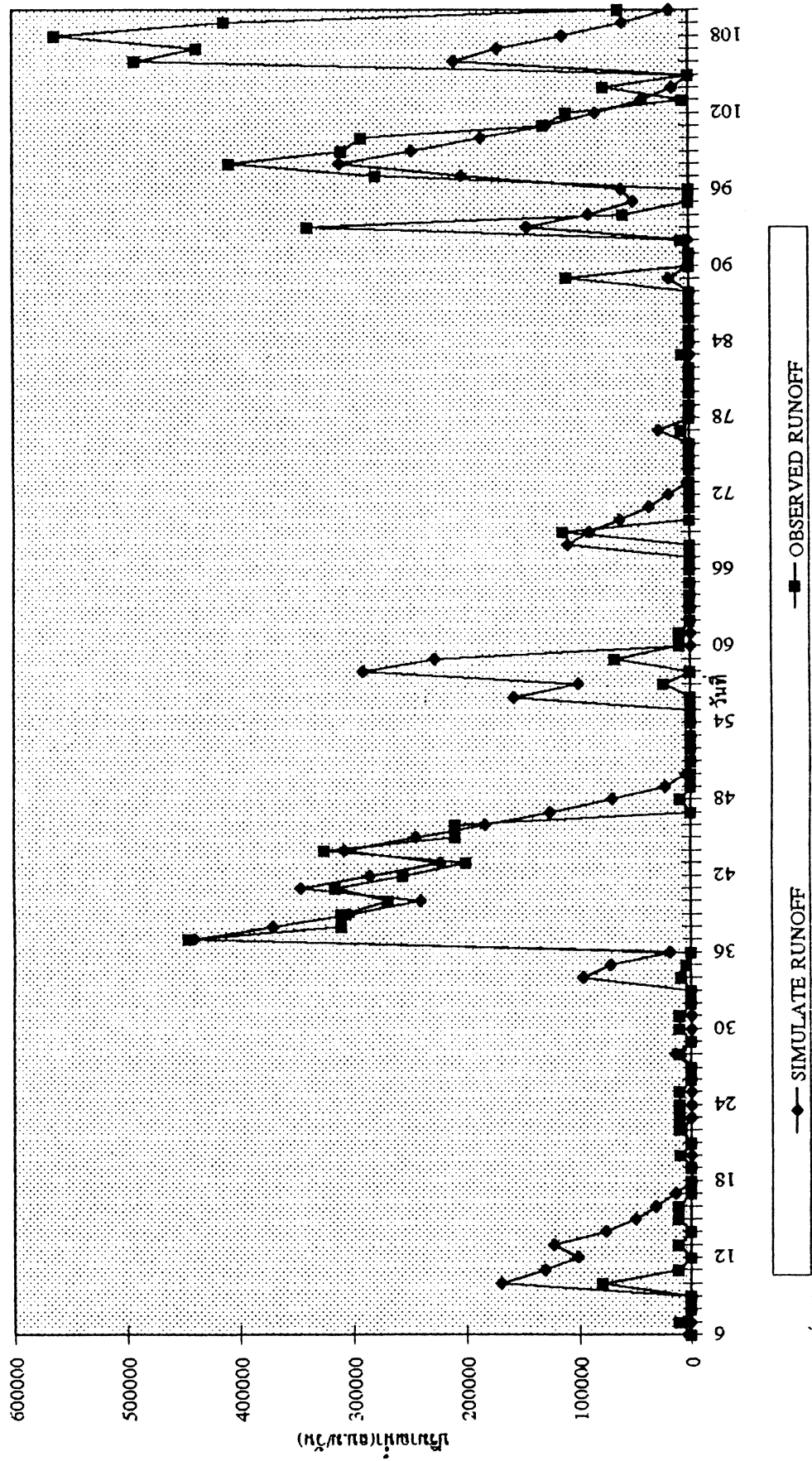
1. พารามิเตอร์ C ในสมการที่ 3.28 และ 3.29
2. ความสามารถในการเก็บกักโดยการดัก (SMAX) ในสมการที่ 3.5
3. สัมประสิทธิ์ของการไหลเสริม (QKC) ในสมการที่ 3.23 ถึง 3.25
4. ค่าคงที่การไหลของน้ำใต้ดิน (KG) ในสมการที่ 3.33 ถึง 3.37
5. อัตราการไหลซึมลงลึก (GG) ในสมการที่ 3.38
6. เวลาการเก็บกักของน้ำผิวดิน (TQ) ในสมการที่ 3.50
7. ค่าพารามิเตอร์เทียบปรับการไหลของน้ำใต้ดินของพื้นที่นา (GG) ในสมการที่ 3.72
8. ประสิทธิภาพการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่นา (DE) ในสมการที่ 3.82



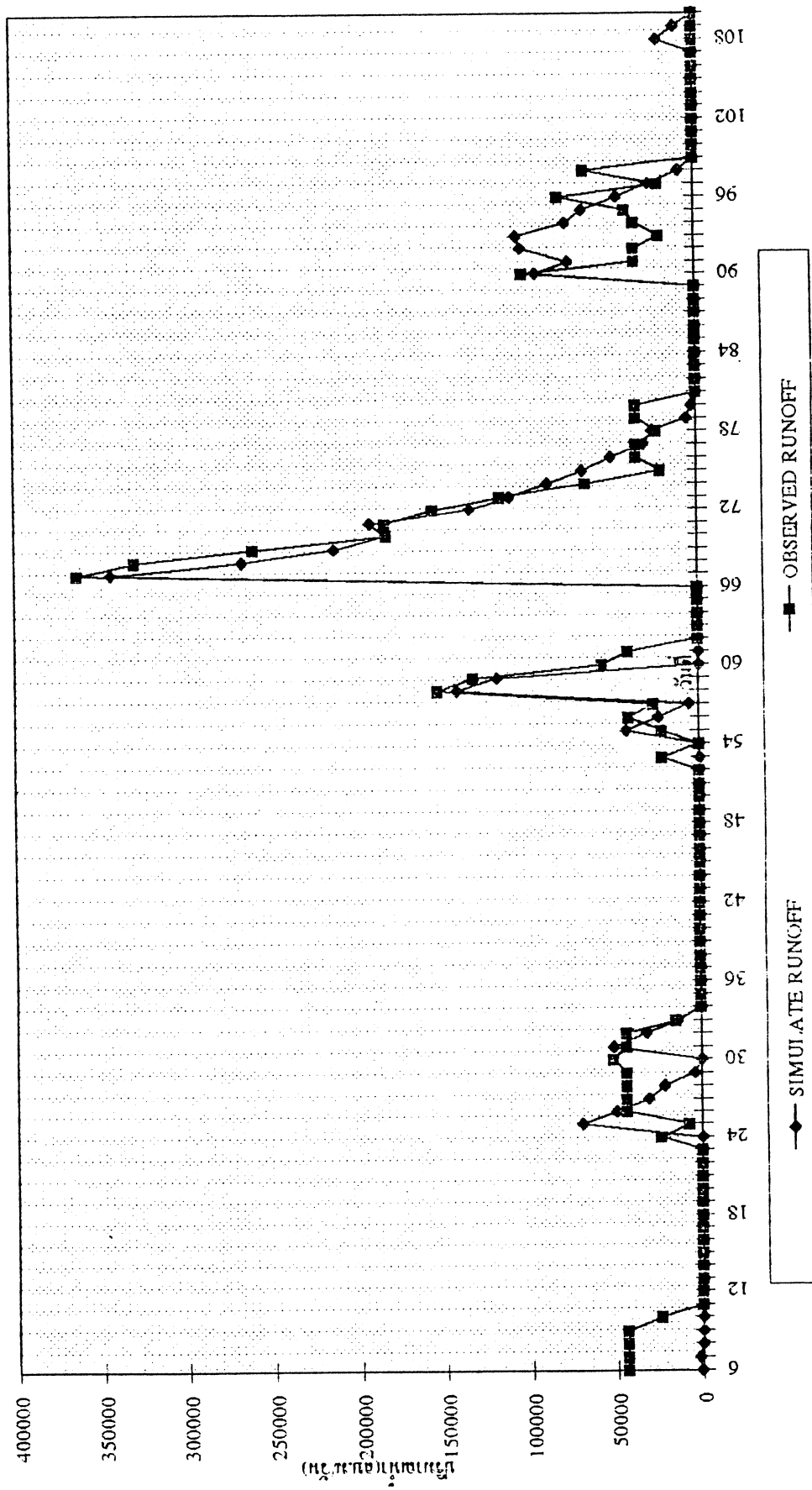
รูปที่ 5.1 ผลการทานายชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2529



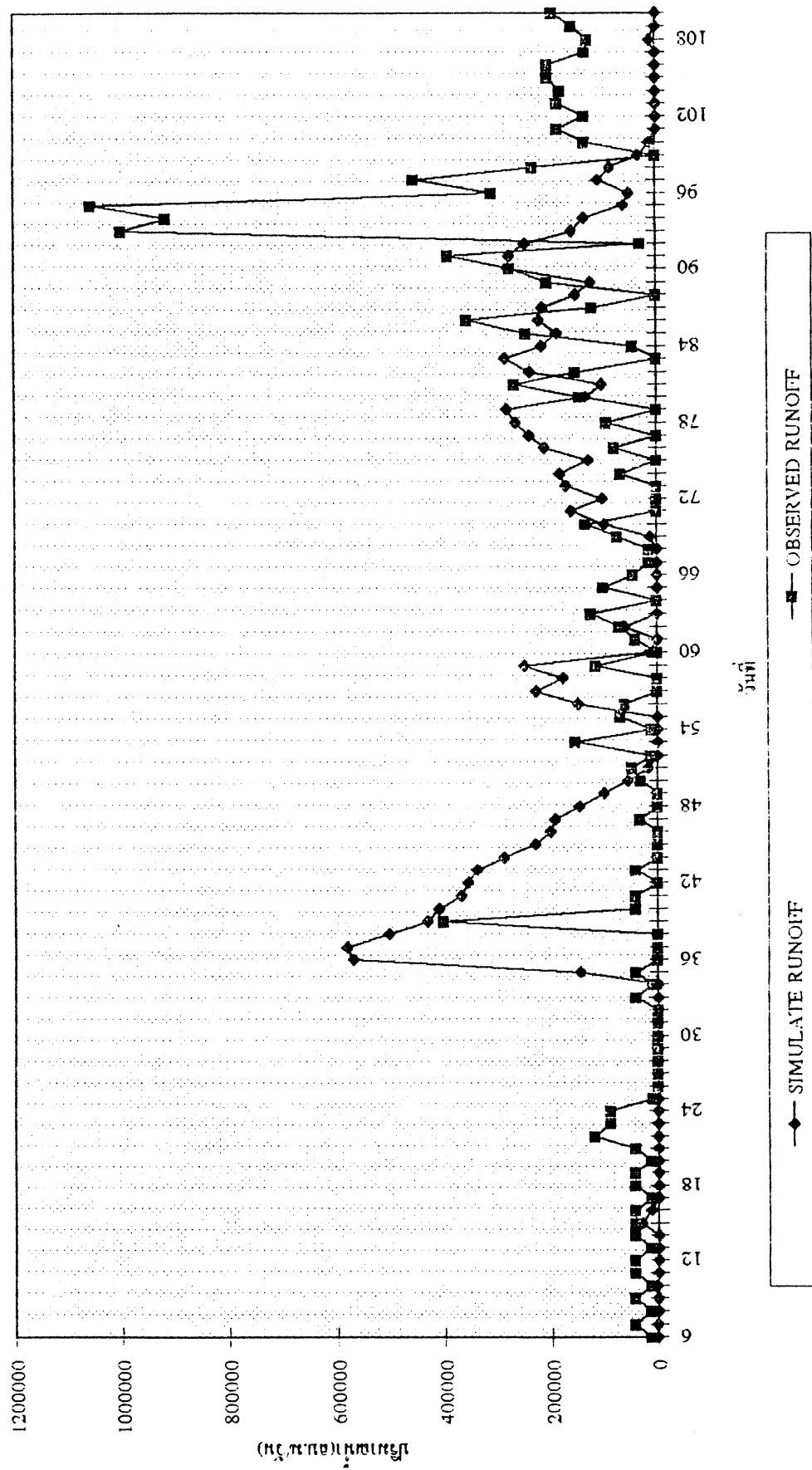
รูปที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบสภาพน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2536



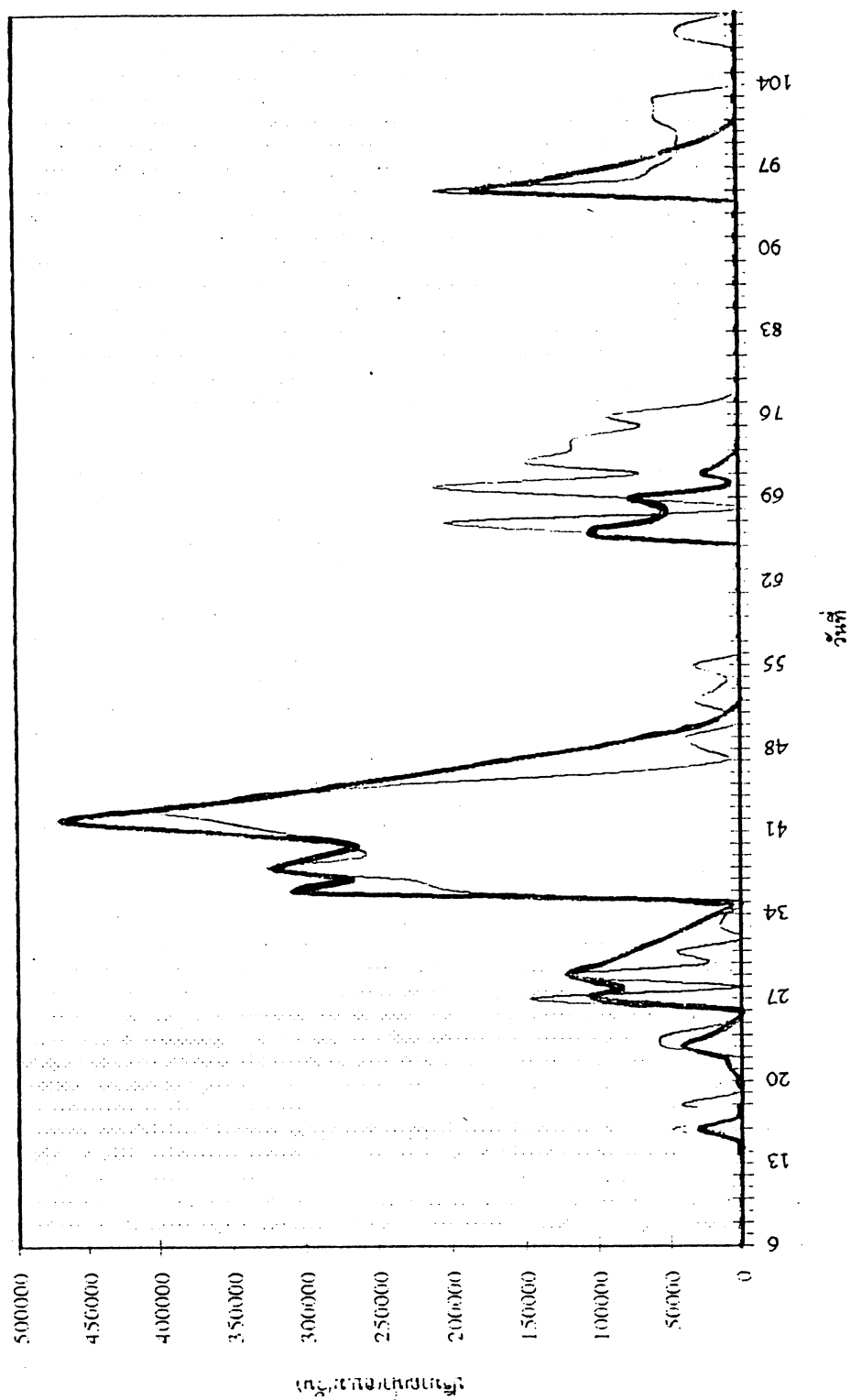
รูปที่ 5.3 ผลการเทียบปรับสภาพน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2533



รูปที่ 5.4 ผลการเทียบปรับสภาพน้ำท่าลุ่มน้ำตามวาระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2536



รูปที่ 5.5 ผลการเทียบปรับชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำลาลมวกระหว่าง เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2534



รูปที่ 5.6 ผลการเทียบปรับชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำลาลมวกระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2529

5.2 การใช้แบบจำลองทำนายชลภาพน้ำท่า

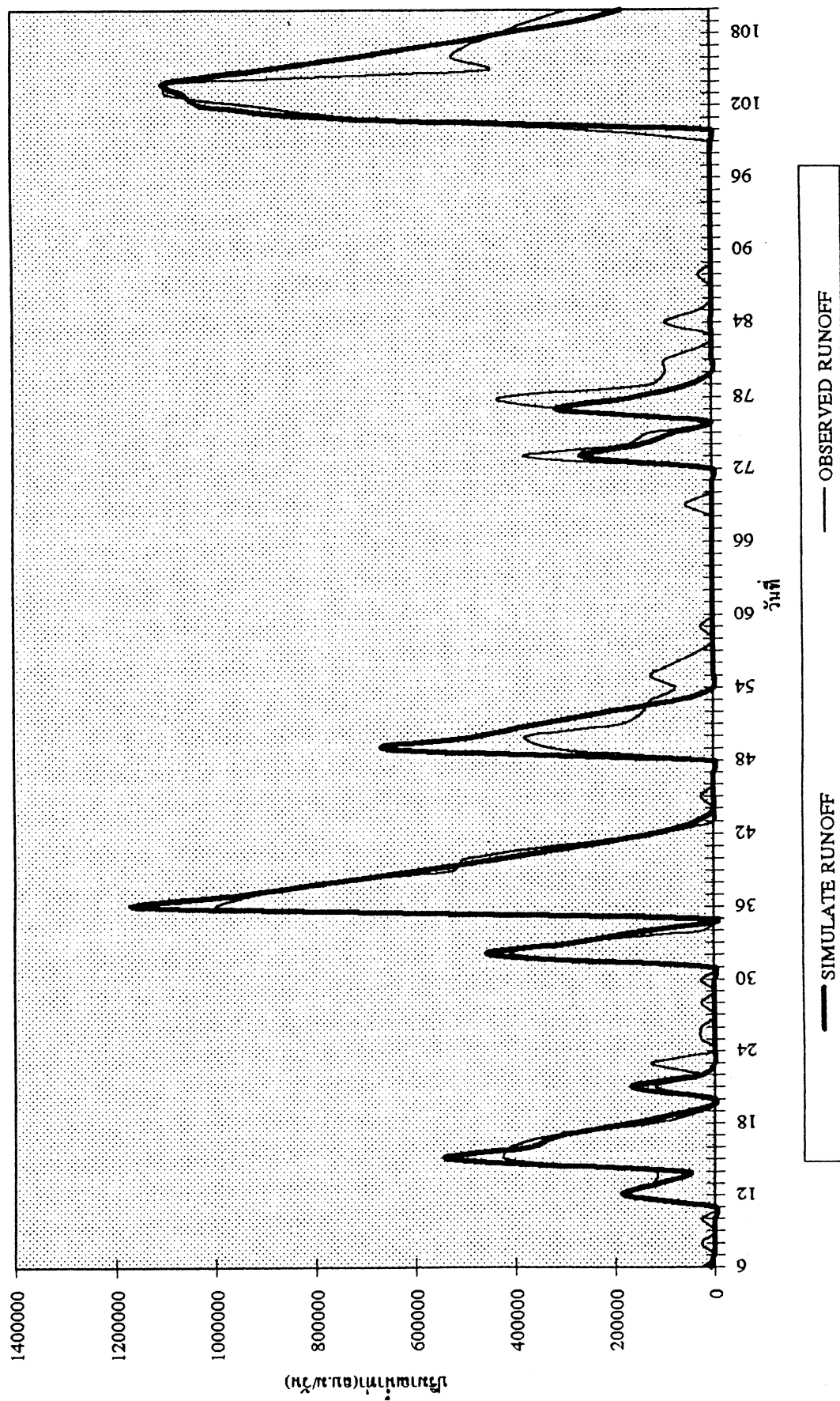
การตรวจสอบความสามารถในการทำนายชลภาพน้ำท่า ของแบบจำลองที่พัฒนาทำได้โดยการใช้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการเทียบปรับแบบจำลองแล้ว และข้อมูลฝนไปทำนายชลภาพน้ำท่าของกลุ่มน้ำเดียวกัน ซึ่งในการศึกษานี้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดได้จากข้อมูลของปี 2530, 2531, 2532, 2533, - 2534, 2535, 2536 สำหรับกลุ่มน้ำห้วยแอ่งและใช้ข้อมูลของปี 2528, 2529 มาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง (VERIFY MODEL) ซึ่งได้ผลของการใช้แบบจำลองนำมาทำนายชลภาพน้ำท่าดังแสดงในรูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8 ซึ่งจากกราฟเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองเข้ากันได้ดีกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตสำหรับอ่างเก็บน้ำลำนมวก ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดได้จากข้อมูลของปี 2529, 2532, 2534, 2535, 2536 และใช้ข้อมูลของปี 2528 และ 2531 มาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง ซึ่งได้ผลของการใช้แบบจำลองนำมาทำนายชลภาพน้ำท่าได้ดังแสดงในรูปที่ 5.9 และ 5.10 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองเข้ากันได้ดีกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

5.3 การศึกษาความไวของพารามิเตอร์

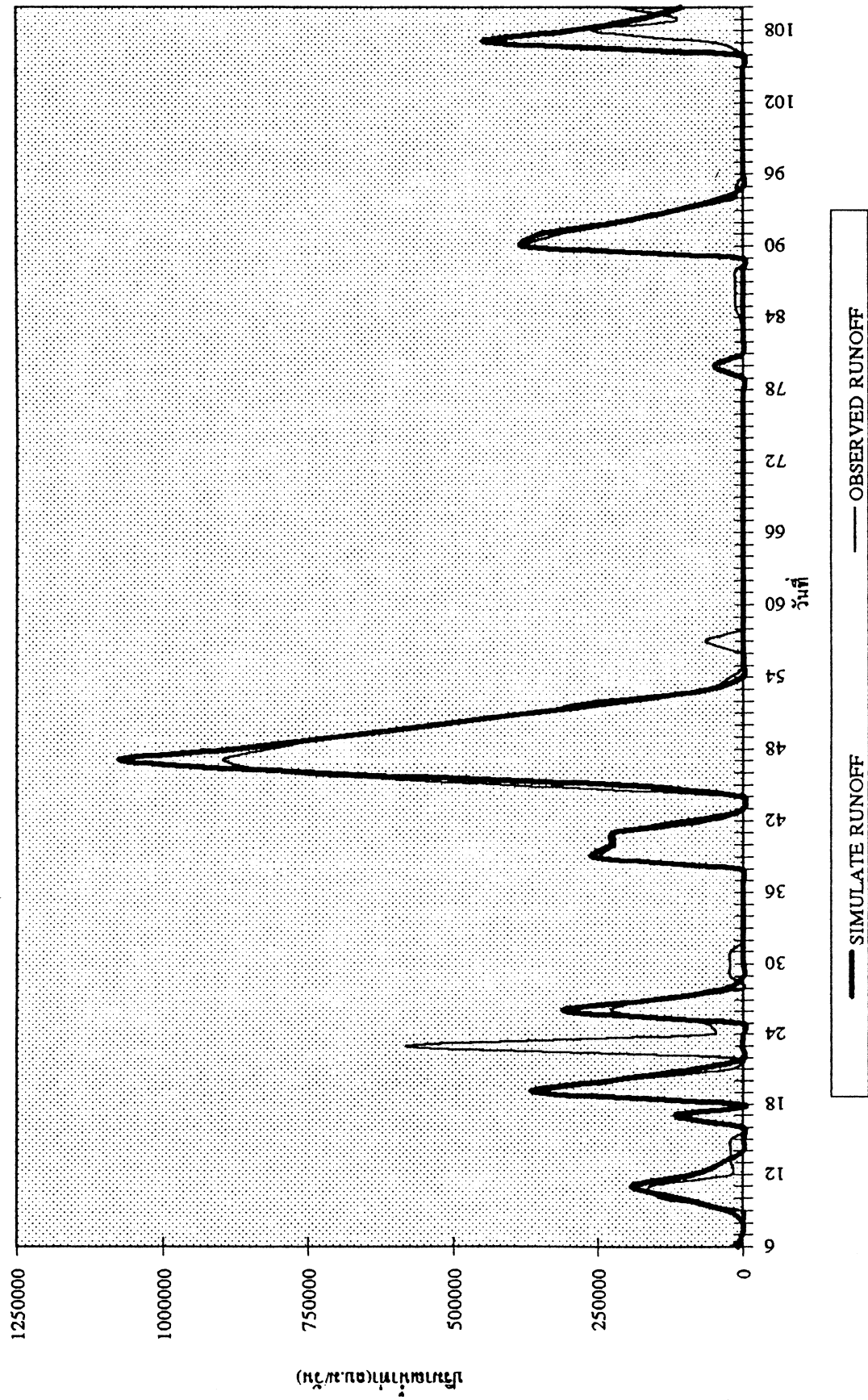
จากการเทียบปรับแบบจำลองของ กลุ่มน้ำห้วยแอ่งและกลุ่มน้ำลำนมวกได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ดังนี้

	กลุ่มน้ำห้วยแอ่ง	กลุ่มน้ำลำนมวก	หน่วย
TQ(Surface Water Routing)	4.8	4.2	วัน
CG(Seepage Loss Coefficient)	0.1	0.1	
DE(Division Efficiency)	95	95	%
C ในสมการที่ 3.28 และ 3.29	2.8	2.0	
สัมประสิทธิ์ของการไหลเสริม (OKC)			
ในสมการที่ 3.70 ถึง 3.72	0.01	0.01	
ค่าคงที่การไหลของน้ำใต้ดิน (KG)			
ในสมการที่ 3.74	0.98	0.97	อัตราการ
ไหลซึมลงลึก (GG)			
ในสมการที่ 3.76	0.15	0.11	

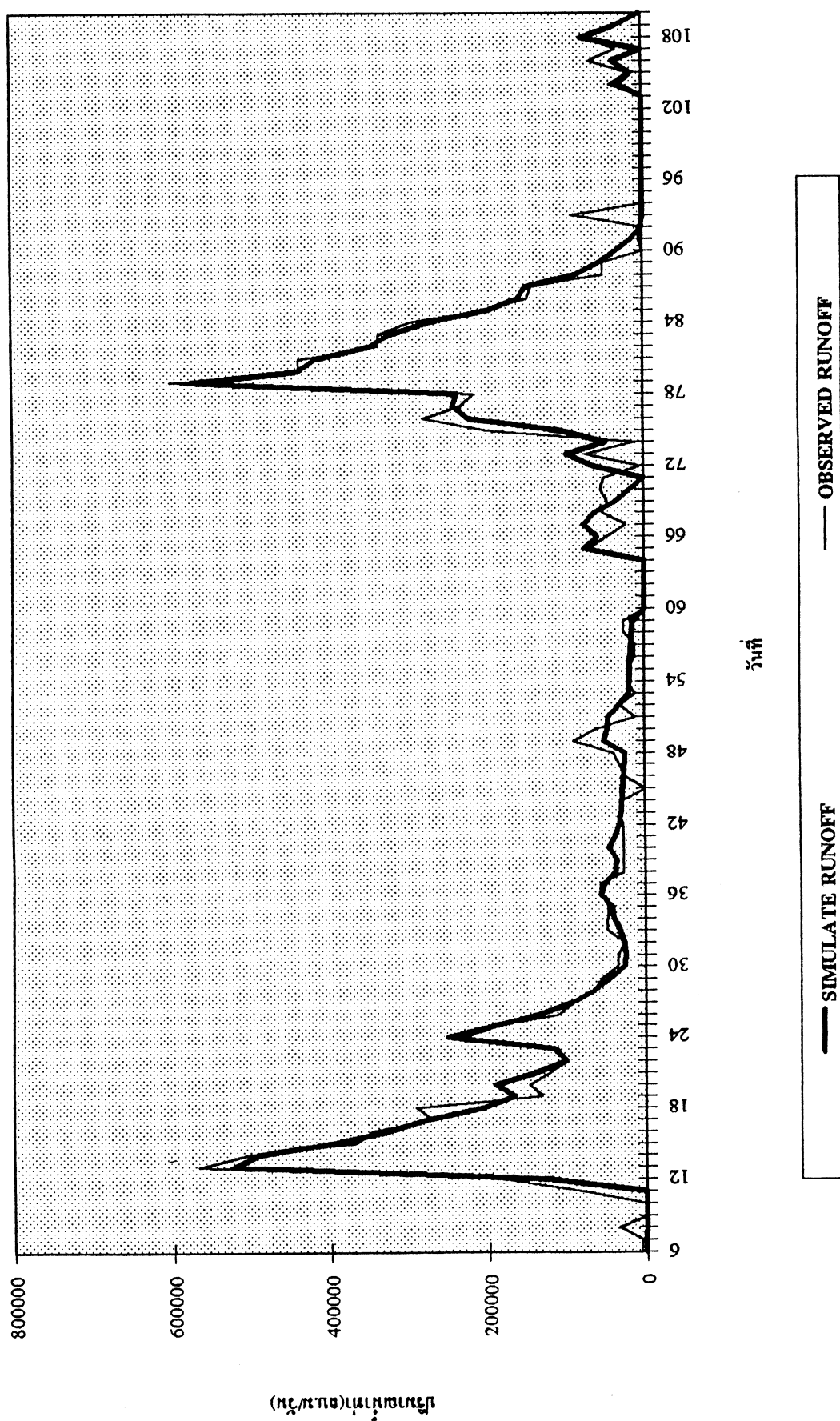
เมื่อทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของพารามิเตอร์แต่ละตัวโดยเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ตัวที่จะวิเคราะห์ และให้พารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจากการเทียบปรับแบบจำลองปรากฏผลดังแสดงในภาคผนวก จ



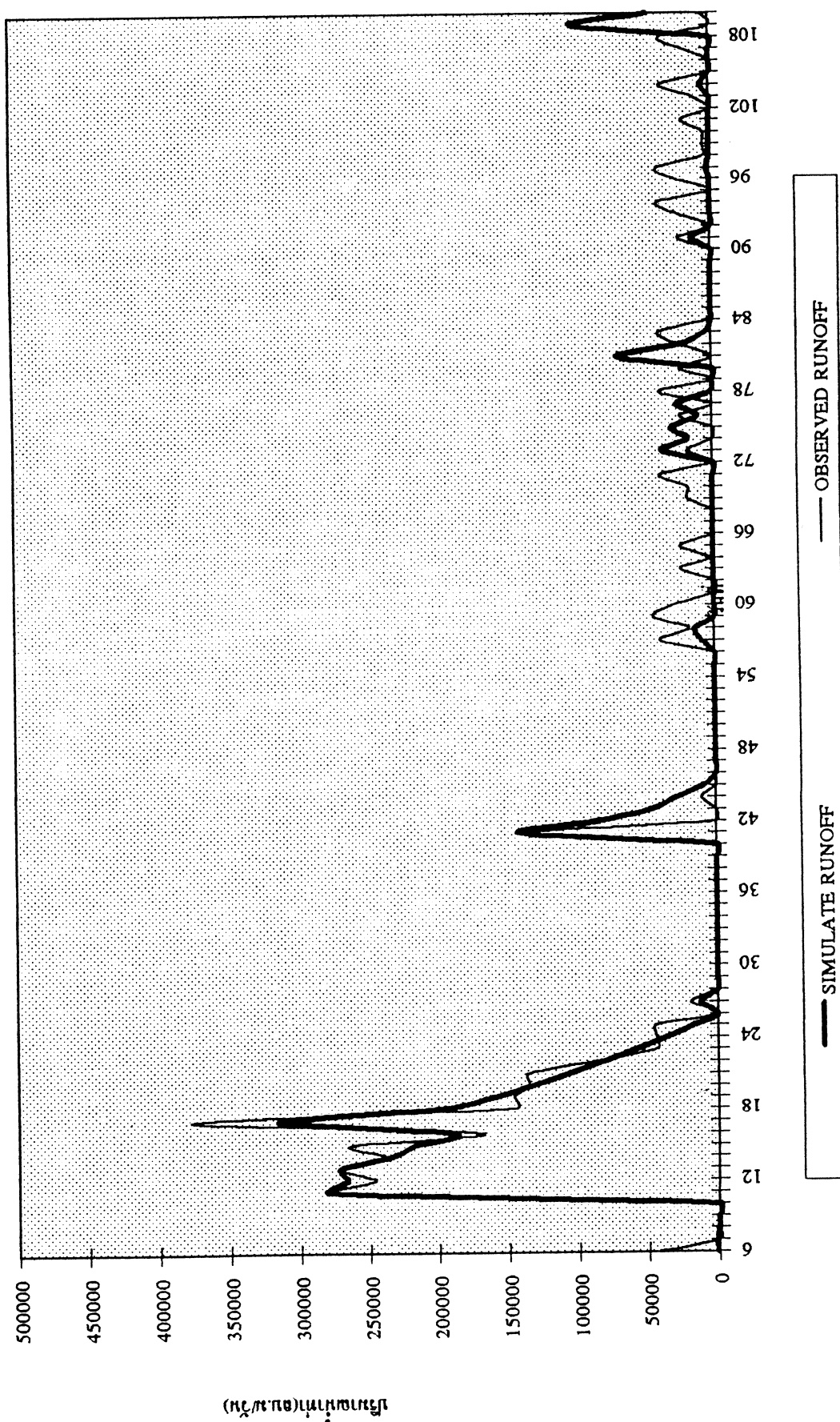
รูปที่ 5.7 ผลการทานายชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2528



รูปที่ 5.8 ผลการทานายชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2529



รูปที่ 5.9 ผลการทํานายชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำลําพะหวางเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2528



รูปที่ 5.10 ผลการทนายชลภาพน้ำท่าลุ่มน้ำลำนาวกระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2531

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ TQ มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่าโดยแปรผกผันกัน คือถ้า TQ มีค่ามาก(ช่วงเวลาการไหลของน้ำผิวดินยาวนานขึ้น) peak ก็จะมีค่าน้อยลง

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ PCA ไม่มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่า ถ้า PCA มีค่ามาก ซึ่งหมายถึง เบอร์เซ็นต์ของพื้นที่นาที่ได้รับน้ำฝนจากฝายมีค่ามากจะทำให้ชลภาพน้ำท่าบางวันขาดหายไป (มีค่าเป็น 0) เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า การที่เบอร์เซ็นต์ของพื้นที่นาที่ได้รับน้ำฝนจากฝายมีค่ามาก จะทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องผันเข้าพื้นที่นามีมาก และปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายมีน้อยลงหรือขาดหายไปในวันบางวัน

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ CG แทบจะไม่มีผลต่อชลภาพน้ำท่าเลย แสดงว่าพารามิเตอร์ CG ไม่เป็นตัวควบคุมลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำสามารถตัดออกไม่พิจารณาเป็นพารามิเตอร์ก็ได้

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ DE ไม่มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่า ถ้า DE มีค่าน้อย ซึ่งหมายถึง ประสิทธิภาพของการผันน้ำเข้าพื้นที่นามีค่าต่ำ ทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำในการผันเข้าพื้นที่นาเป็นจำนวนมาก และปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายมีน้อยลงหรือขาดหายไปในวันบางวัน

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ C มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่า ถ้าค่า C มีค่ามาก ซึ่งหมายถึง เวลาในการไหลของน้ำผิวดินใช้เวลานานหรือการไหลของน้ำผิวดินมาถึงช้าก็จะทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดน้อยลง และการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดก็จะเกิดช้ากว่า ในกรณีที่พารามิเตอร์ C มีค่าน้อยกว่า (ใช้สำหรับพื้นที่ย่อยที่ไม่มีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก)

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ QKC มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่า ถ้า QKC มีค่าน้อย ซึ่งหมายถึงสัมประสิทธิ์ของการไหลเสริมของน้ำใต้ดินมีค่าน้อยซึ่งทำให้ปริมาณการไหลเสริมที่จะทำให้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมีการไหลมาถึงช้า ก็จะทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดน้อยลง และในกรณีที่ QKC มีค่ามาก ก็จะทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดมีค่ามากตามไปด้วย

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ KG มีผลต่อค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของชลภาพน้ำท่า ถ้า KG มีค่าน้อย ซึ่งหมายถึงค่าคงที่การไหลของน้ำใต้ดินมีค่าน้อย จะทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดน้อยลง นั่นคือ เมื่อการไหลของน้ำใต้ดินมาถึงช้า ก็จะทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดน้อยลง ถ้า KG มีค่ามาก ปริมาณการไหลสูงสุดก็จะมากด้วย

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ GG มีผลต่อชลภาพน้ำท่า ถ้า GG มีค่ามาก ซึ่งหมายถึงอัตราการไหลซึมลงลึกมีค่ามาก ชลภาพน้ำท่าก็จะน้อยลงเนื่องจากการสูญเสียโดยการซึมลงลึกมีมาก และจะมีปริมาณน้ำใต้ดินที่จะไหลมาเสริมในลำน้ำน้อย เนื่องจากการไหลซึมลงลึก ดังนั้นชลภาพน้ำท่าโดยทั่วๆ ไป ก็จะ

น้อยลง ถ้า GG มีค่าน้อย ขลภาพน้ำท่าก็จะมากขึ้น เนื่องจากการสูญเสียจากการไหลซึมลงลึกมีน้อย และจะมีปริมาณน้ำจากน้ำใต้ดินที่จะมาเสริมในลำน้ำก็เพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะทำให้ขลภาพน้ำท่าเพิ่มมากขึ้นด้วย

การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทุกตัวมีผลต่อขลภาพน้ำท่า และจากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ในแบบจำลองนี้ จะเห็นได้ชัดเจนว่า พารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณการไหลสูงสุด และขลภาพน้ำท่ามากที่สุดก็คือ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าการไหลเสริมของน้ำใต้ดิน มีผลสำคัญในการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำท่า

5.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

5.4.1 การวิเคราะห์การถดถอยหลายตัวแปร

การวัดค่าพารามิเตอร์เป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะทำให้ขบวนการอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นมีความสมบูรณ์ แต่ในกรณีที่บางพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญน้อย เพื่อเป็นการสะดวกและป้องกันไม่ให้เกิดความยุ่งยาก ในสถานการณ์ที่ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันพื้นฐานไม่สามารถหาได้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) เป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากที่สุดที่นำมาใช้บ่อยๆ เพื่อหาสมการทำนาย (Prediction Equation) สมการที่ใช้ทำนายอาจจะมีความสำคัญทางกายภาพหรือไม่ก็ได้ สมการถดถอยพหุคูณจะอยู่ในรูปแบบต่างๆ ไป ดังนี้

$$Y = a_0 + a_1 x_1 +$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

a_0 และ a_1 เป็นค่าคงที่

x_1 = ตัวแปรอิสระ

= ค่า error เนื่องจากสมการถดถอย

การแปลงค่าหลายอย่างของตัวแปร อาจจะทำให้ได้ในการศึกษาการถดถอยเชิงเส้นสมมติฐานในการวิเคราะห์ทางสถิติคือความเป็นอิสระของตัวแปร อย่างไรก็ตามในการศึกษาทางด้านอุทกวิทยา โดยส่วนมากแล้วตัวแปรแต่ละตัวจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันสูงมากวิธีการพื้นฐาน 2 วิธี ที่มักจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย คือ 1. ตัวแปรทุกตัวจะมีการนำมาทดสอบนัยสำคัญเพื่อที่จะนำมาใช้และทดสอบความมีนัยสำคัญทางกายภาพซึ่งถ้าไม่มีก็จะทำการกำจัดตัวแปรนี้ออกไปจากสมการเพื่อความเหมาะสม โดยทั่วไปแล้วการทำเช่นนี้จะทำให้ได้สมการถดถอยซึ่งไม่คล้อยคลึงกับความสัมพันธ์ทางกายภาพมากนัก 2. เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะทั่วไป ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์

ที่เกี่ยวข้องกันในแบบของฟังก์ชัน เพื่อที่จะนำส่วนต่างๆ เหล่านี้ของตัวแปรมาใช้ในการศึกษาสมการการถดถอย ความสัมพันธ์ของหลายๆ ฟังก์ชัน ในทางด้านอุทกวิทยาจะมีความซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มแบบบวกเพิ่ม การเพิ่มแบบทวีคูณ หรือเป็นตัวแปรเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อมีการสันนิษฐานว่าฟังก์ชันมีความสัมพันธ์แบบทวีคูณหรือเอ็กซ์โปเนนเชียล การแปลงค่าที่เหมาะสมของตัวแปรก็จะอยู่ในรูปของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น สำหรับการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคมาตรฐานต่างๆ ไป ในแต่ละตัวแปรการแปลงค่าที่นำมาประยุกต์ใช้ต้องเหมือนกัน เมื่อนำตัวแปรมารวมกันก็จะใช้ขบวนการทางสถิติเชิงเส้น โดยที่ไม่ต้องเรียงลำดับการแปลงค่าของตัวแปรใหม่ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ขบวนการทางสถิติเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแบบของความสัมพันธ์ฟังก์ชัน ซึ่งจะสามารถอธิบายผลได้กว้างและมีความเชื่อมั่นที่สูง

ตัวแปรแต่ละตัวที่นำมาวิเคราะห์ในสมการการถดถอยครั้งนี้ มีสมมุติฐานว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อขบวนการอุทกวิทยาทางกายภาพและเพื่อที่จะให้มีความมั่นใจยิ่งขึ้นที่จะนำตัวแปรเหล่านี้มาอธิบายขบวนการอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นจึงต้องทำการวิเคราะห์การถดถอยหลายตัวแปรซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ก็จะชี้ให้เห็นถึงระดับความสำคัญของตัวแปรเหล่านี้ที่มีผลต่อขบวนการอุทกวิทยา และยังสามารถอธิบายได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรที่มีต่อตัวแปรตัวอื่น และที่สำคัญก็คือ การวิเคราะห์สามารถที่จะอธิบายได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองสามารถที่จะนำมาอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในขบวนการอุทกวิทยาได้ดีมากน้อยเพียงใด ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยหลายตัวแปรนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ

สรุปค่าพารามิเตอร์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้สมการที่ดีที่สุดได้ ดังนี้

$$Y = 3.6498 + 4.4669X_1 - 0.0031X_2 + 0.0029X_3 \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} a_0 &= 3.6498 & a_1 &= 4.4669 & a_2 &= -0.0031 \\ Se &= 18.5342 & R &= 0.8506 & R^2 &= 0.7200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_0 &= \text{ค่าคงที่} \\ a_1, a_2, a_3 &= \text{สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)} \end{aligned}$$

$$R = \text{สัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Coefficient)}$$

Se = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate)

r = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation Coefficient)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของทั้งสองลุ่มน้ำเพื่อหาสมการถดถอยคือ

X_1 = จำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ

X_2 = เปอร์เซนต์พื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝายหรืออ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (เปอร์เซนต์ของพื้นที่นาทั้งหมด)

X_3 = ปริมาณฝนในลุ่มน้ำ (มม.)

Y = เปอร์เซนต์แตกต่างของน้ำท่าในกรณีที่มีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำกับในกรณีที่ไม่มีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ

จากการวิเคราะห์หาค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.7200 สามารถที่จะสรุปได้ว่า กลุ่มตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปร สามารถอธิบาย Y ได้ถึง 72.00 % อีก 28.00 % ไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งจากค่า R^2 ที่ได้ สรุปได้ว่าตัวแปรทั้ง 4 ตัว อธิบายขบวนการอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นได้พอสมควร และเพื่อที่จะให้สมการถดถอยที่ได้มีความเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จึงต้องมีการทดสอบสมมติฐานสำหรับสมการถดถอยที่ได้ โดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA TABLE ดังนี้ คือ

ANALYSIS OF VARIANCE

	df	mean of Square	Mean Square	F
Regression	3	6069.808	2023.269	5.8898
Residual	15	5152.769	343.518	
Total	18	11222.577		

ทดสอบสมมติฐานที่ว่า สมการถดถอยไม่อธิบายการแปรผันของ Y มากนัก นั่นคือ การทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : a_1 = a_2 = a_3 = 0$$

H_a : มีสัมประสิทธิ์ a_i อย่างน้อยหนึ่งตัวไม่เท่ากับศูนย์

$$F = 5.8898 \text{ (จากตาราง ANOVA)}$$

$$F_{.95, 4, 12} = 3.26 \text{ ด้าน } H_0$$

ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐานสามารถที่จะสรุปได้ว่า มีสัมประสิทธิ์ a_1 อย่างน้อยหนึ่งตัวไม่เท่ากับศูนย์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือสมการถดถอยนี้สามารถอธิบายการแปรผันของ Y ได้ดีพอสมควรส่วนค่า a_0, a_1, a_2 เมื่อทำการทดสอบสมมติฐานจะเชื่อถือได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 80% ส่วนค่า a_3 เชื่อถือได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ค่าที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม(Y) กับตัวแปรอิสระ(X) ได้ดีที่สุดคือ ค่า r ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r นี้เป็นตัววัดว่าตัวแปร X และ Y แปรด้วยกันอย่างไรเช่น ถ้า r_{xy} เป็นบวก ค่า X มากจะคู่กับค่า Y มาก แต่ถ้า r_{xy} เป็นลบ ค่า X มากจะคู่กับค่า Y น้อย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

CORRELATION(r) TABLE

	Y	X1	X2	X3
Y	1			
X1	0.7345	1		
X2	0.6812	0.9416	1	
X3	0.1049	0.1273	0.2112	1

$r_{x1y} = 0.7345$ อธิบายได้ว่า จำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำกับเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่ามีความสัมพันธ์ ในลักษณะที่แปรตามกัน นั่นคือ เมื่อมีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กเพิ่มขึ้นในลุ่มน้ำ (จำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก) ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำมีน้อย เนื่องจากว่าจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำก็จะถูกเก็บกักไว้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากลุ่มน้ำมีน้อย ถ้าจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีจำนวนน้อย ปริมาณน้ำท่าก็จะไม่ถูกเก็บกักไว้มากนัก ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากลุ่มน้ำมีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำในกรณีที่ไม่ฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ทำให้ความแตกต่างของน้ำท่าในกรณีที่มีฝายกับไม่มีฝายเพิ่มมากขึ้น

$r_{x2y} = 0.6812$ อธิบายได้ว่า เปอร์เซ็นต์พื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำท่า มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงและมีการแปรตามกัน นั่นคือเมื่อพื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝายและ

อ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการส่งหรือผันน้ำเข้าพื้นที่นาจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำมีน้อยลง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำ ในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ ก็จะทำให้ความแตกต่างเพิ่มมากขึ้น

$r_{xy} = 0.1049$ อธิบายได้ว่าปริมาณฝนและเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างกัน มีความสัมพันธ์กันพอสมควร แต่มีการแปรผกผันกัน (จากค่าสัมประสิทธิ์ของ X_3 ในสมการถดถอยซึ่งมีค่าเป็นลบ ($a_3 = -0.0031$) นั่นคือ เมื่อปริมาณฝนมากหรือเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำมีมาก ซึ่งเมื่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำมีมาก ฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้บางส่วน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำในกรณีนี้ก็จะมีความสอดคล้อง ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างกันน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำในกรณีที่ไม่มีฝายแตกต่างกันน้อย เช่น ในลุ่มน้ำลพบุรี ในปี พ.ศ. 2535 และปี พ.ศ. 2538 เป็นปีที่มีปริมาณฝนมากพอสมควรจึงทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างกันระหว่าง กรณีที่มีฝายกับกรณีที่ไม่มีฝายในลุ่มน้ำมีความแตกต่างกันน้อย ส่วนในกรณีที่ปริมาณฝนมีน้อย ฝายหรืออ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ก็จะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้เกือบทั้งหมด ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำมีน้อย ทำให้ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำ ในกรณีที่ไม่มีฝายมีค่ามาก

ซึ่งจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสมการข้างบน สรุปได้ว่าในขบวนการนี้ ลำดับความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม เป็นดังนี้ คือ ตัวแปรอิสระที่สำคัญที่สุดในขบวนการนี้ ที่มีผลทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด ตามลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ จำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ

ลำดับที่ 2 คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

ลำดับที่ 3 คือ ปริมาณฝน

5.4.2 การหาค่าความน่าจะเป็น

จากผลการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่าปริมาณฝนมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำท่าในกรณีที่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำกับในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีความแตกต่างกัน ซึ่งในปีที่นำมาศึกษาในแบบจำลองมีประมาณ 10 ปี เพื่อที่จะให้ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ จึงต้องนำเอาค่าปริมาณฝนในระยะยาวของทั้งสองลุ่มน้ำ มาทำการวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างกัน ซึ่งจากข้อมูลปริมาณฝนในรอบ 32 ปี ของลุ่มน้ำห้วยอ่างนามาหาค่าเฉลี่ย และการ

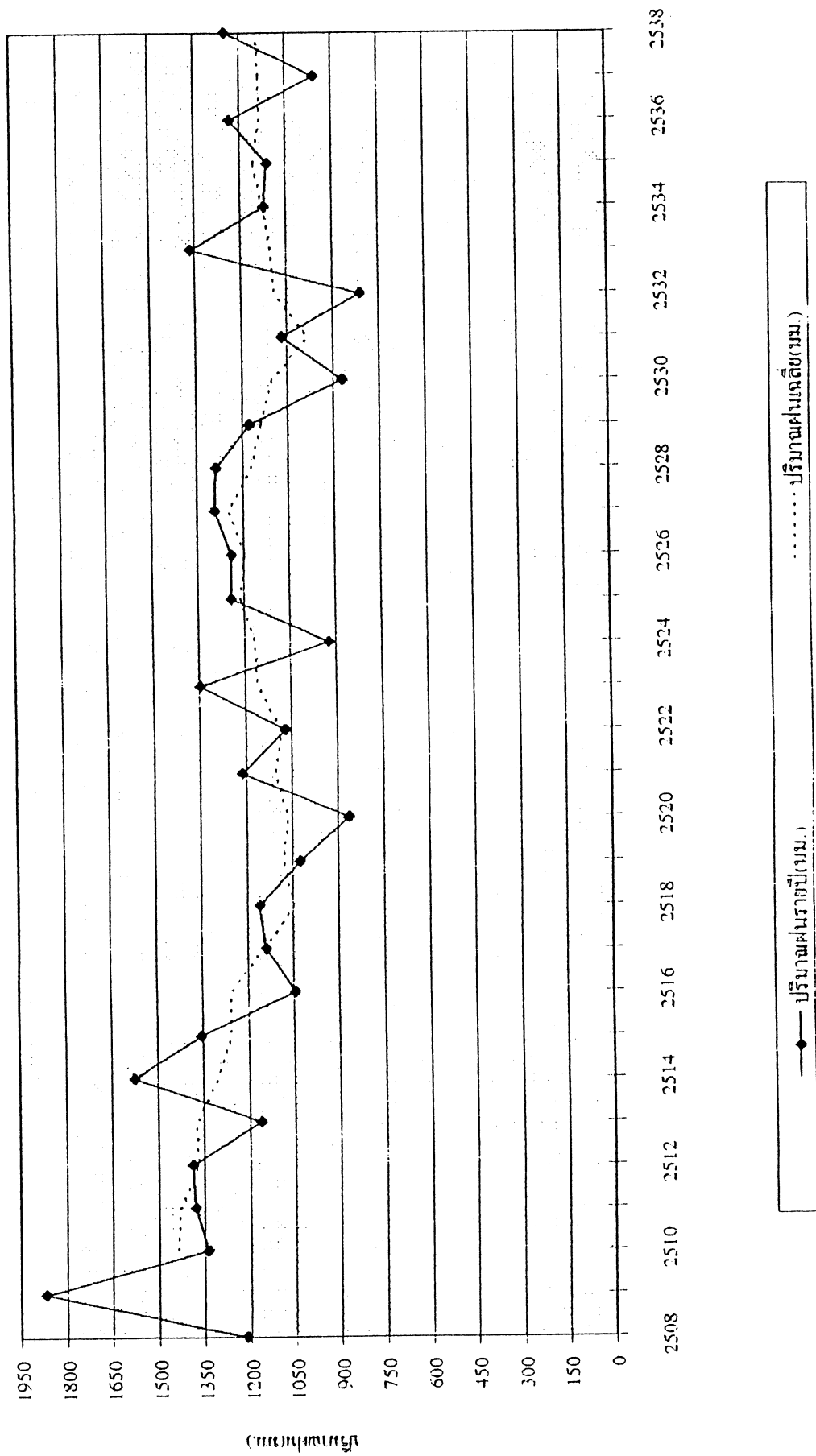
กระจายของข้อมูลพบได้รูปแบบการกระจายของปริมาณฝน เป็นการกระจายปกติ ดังแสดงในรูปที่ 5.11 และ 5.12 สำหรับลุ่มน้ำห้วยแอ่งข้อมูลปริมาณฝนทั้ง 30 ปี มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (S) และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหตุการณ์ผิดปกติ (I) ซึ่งแตกต่างจากลักษณะข้อมูลของลุ่มน้ำลำนวมก จึงใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยธรรมดาไม่ได้ ดังนั้นสำหรับข้อมูลของลุ่มน้ำห้วยแอ่งจึงใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) ซึ่งการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นี้จะช่วยกำจัดอิทธิพลอันเกิดจาก S และ I ให้หมดไปถ้าใช้จำนวนข้อมูลในการเฉลี่ยแต่ละครั้งมากพอ ดังนั้นการประมาณค่าเฉลี่ยโดยวิธีนี้จึงต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ได้จะมีอิทธิพลของแนวโน้ม (T) และการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (C) อยู่ด้วย

หลักการของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ก็คือ นำข้อมูลอนุกรมเวลามาเฉลี่ยครั้งละ k ข้อมูล เช่น เฉลี่ยครั้งละ 4, 5, 6, 7, 8 ตัว เป็นต้น เมื่อเฉลี่ยแต่ละครั้ง แล้วจะตัดข้อมูลตัวแรกออกแล้วเพิ่มข้อมูลตัวใหม่ที่อยู่ถัดลงไปเข้าไปแทนที่เพื่อเฉลี่ยในครั้งต่อไป ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนหมดข้อมูล และนำมาหาการกระจายของข้อมูลซึ่งจะเป็นการกระจายแบบปกติ จึงหาค่าช่วงความเชื่อมั่น 95% ของข้อมูล และหาค่าความน่าจะเป็นของการกระจายแบบปกติของข้อมูล ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 วิธีการหาช่วงความเชื่อมั่น, ความน่าจะเป็นที่เกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำของทั้งสองลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำห้วยแอ่งและลุ่มน้ำลำนวมก แสดงอยู่ในภาคผนวก ข

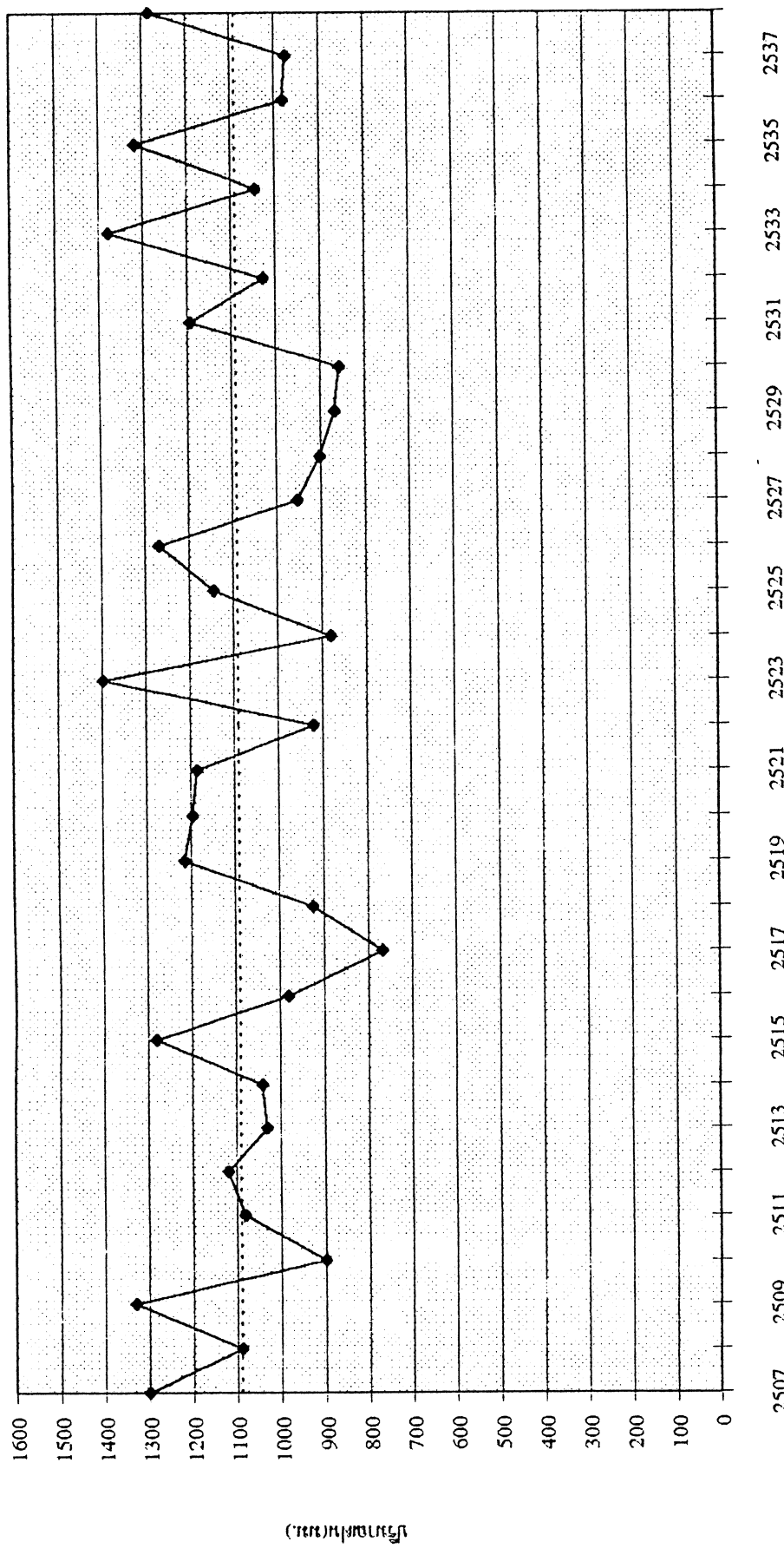
5.5 ผลกระทบของการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาและผลการศึกษาที่ได้ดังแสดง ในหัวข้อ 5.3 และ 5.4 สามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

5.5.1. จากกราฟรูปที่ 5.17 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าในกรณีมีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกับกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก $\left[\{ (\text{ปริมาณน้ำท่าในกรณีไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก} - \text{ปริมาณน้ำท่าในกรณีมีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก}) / \text{ปริมาณน้ำท่าในกรณีไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก} \} \times 100 \right]$ กับจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในแต่ละปี พ.ศ. ของลุ่มน้ำห้วยแอ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากกราฟว่าเมื่อฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ตัวอย่างเช่นในปี พ.ศ. 2528-2531 จำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีจำนวนค่อนข้างคงที่ และเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าก็คงที่ด้วยประมาณ 5% ส่วนในปี พ.ศ. 2532-2538 เป็นช่วงปีที่มีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กสูงมาก จะเห็นอัตราการเพิ่มของเส้นกราฟในลักษณะที่ค่อนข้างชันโดยเพิ่มจากปีพ.ศ. 2532 ที่มีจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กใน



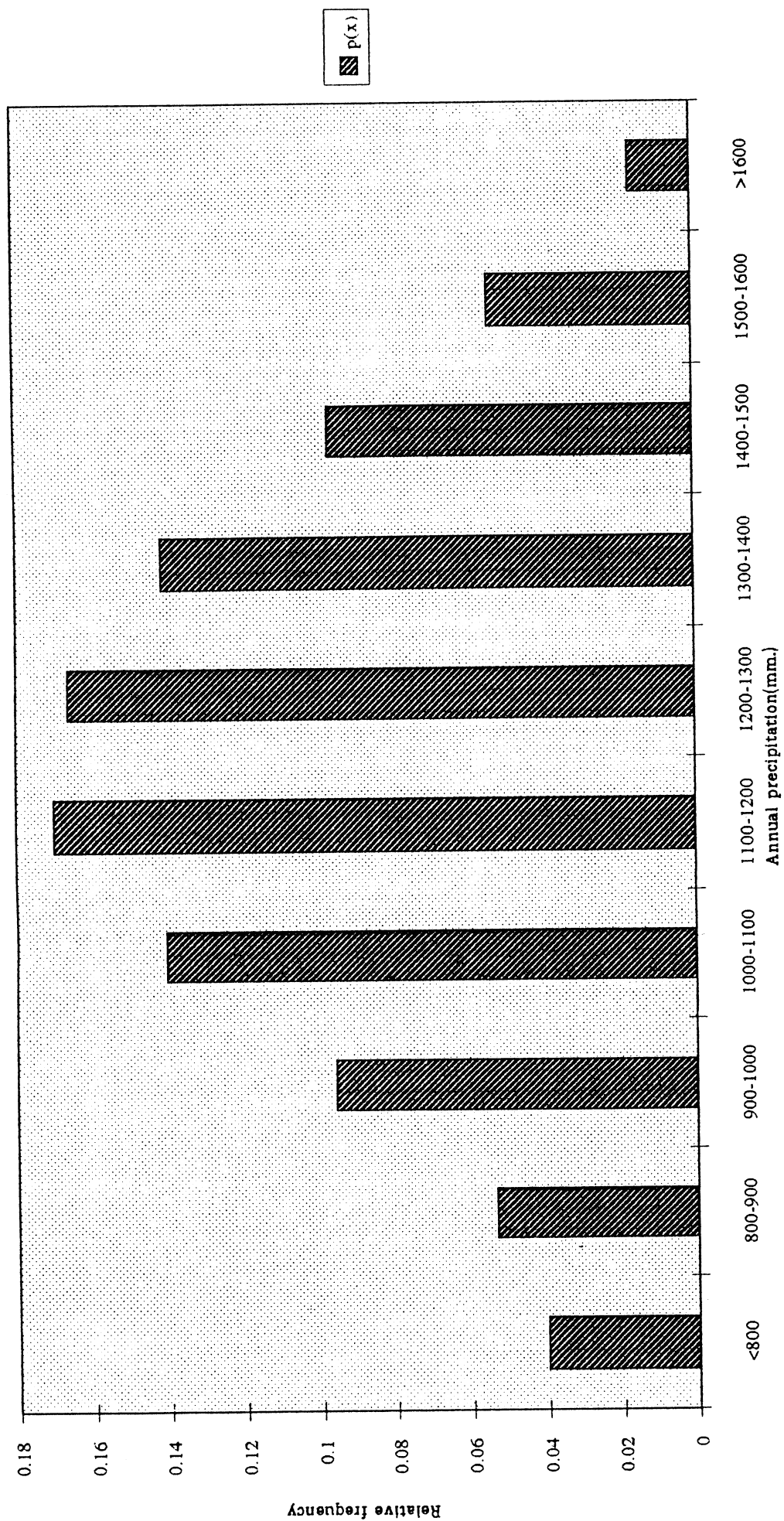
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงปริมาณฝนรายปีและปริมาณฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำห้วยแอ่งระหว่างปี พ.ศ 2508-2538



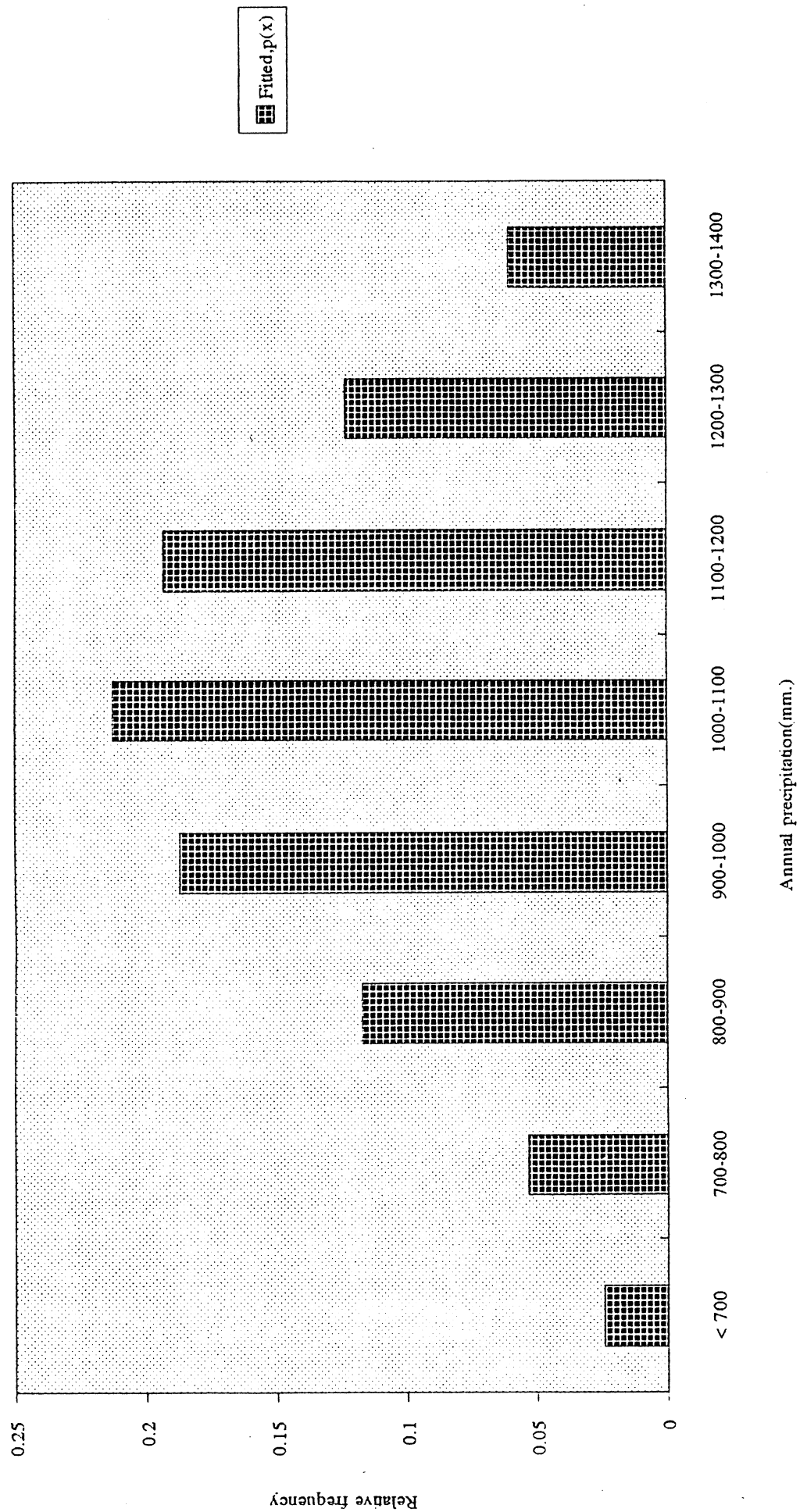
—●— ปริมาณฝน(มม.)

..... ปริมาณฝนเฉลี่ย

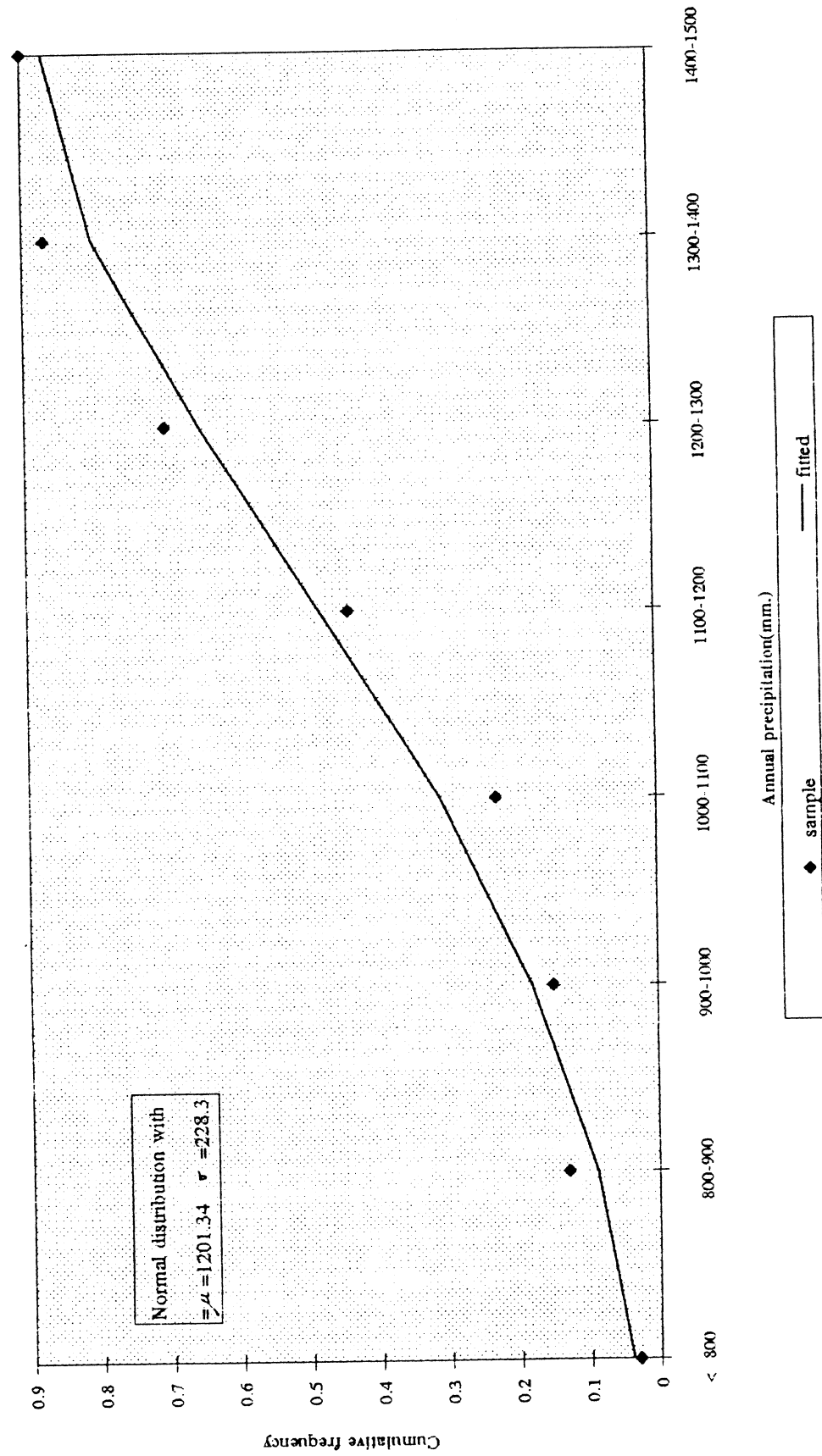
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงปริมาณฝนรายปีและปริมาณฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำลำนมวกระหว่างปี พ.ศ 2507-2538



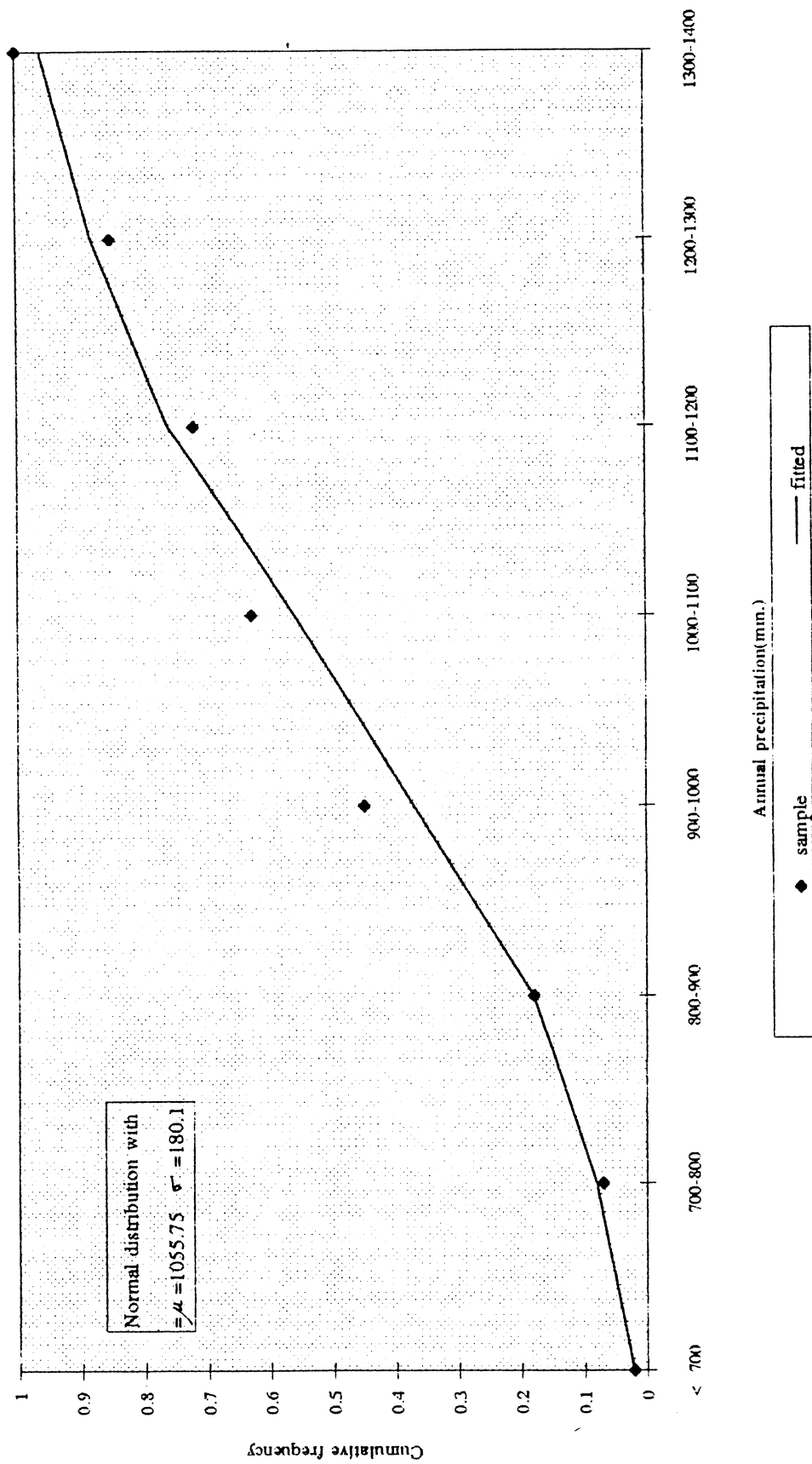
รูปที่ 5.13 Relative frequency function of Huaiaeng Basin from 1965-1995



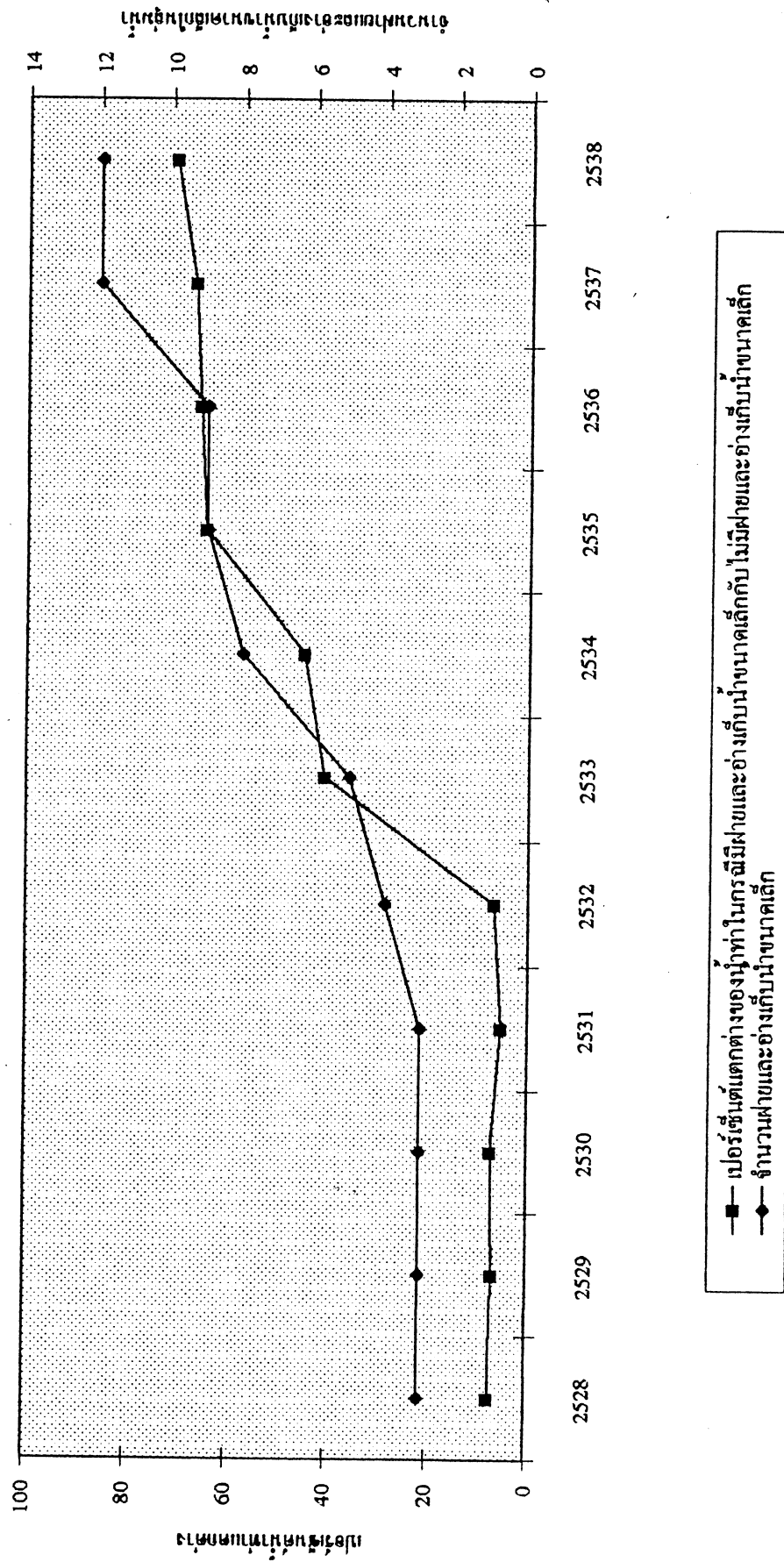
รูปที่ 5.14 Relative frequency function of Lamchamuag Basin from 1964-1995



รูปที่ 5.15 Cumulative frequency function of Huaiaeng Basin from 1964-1995



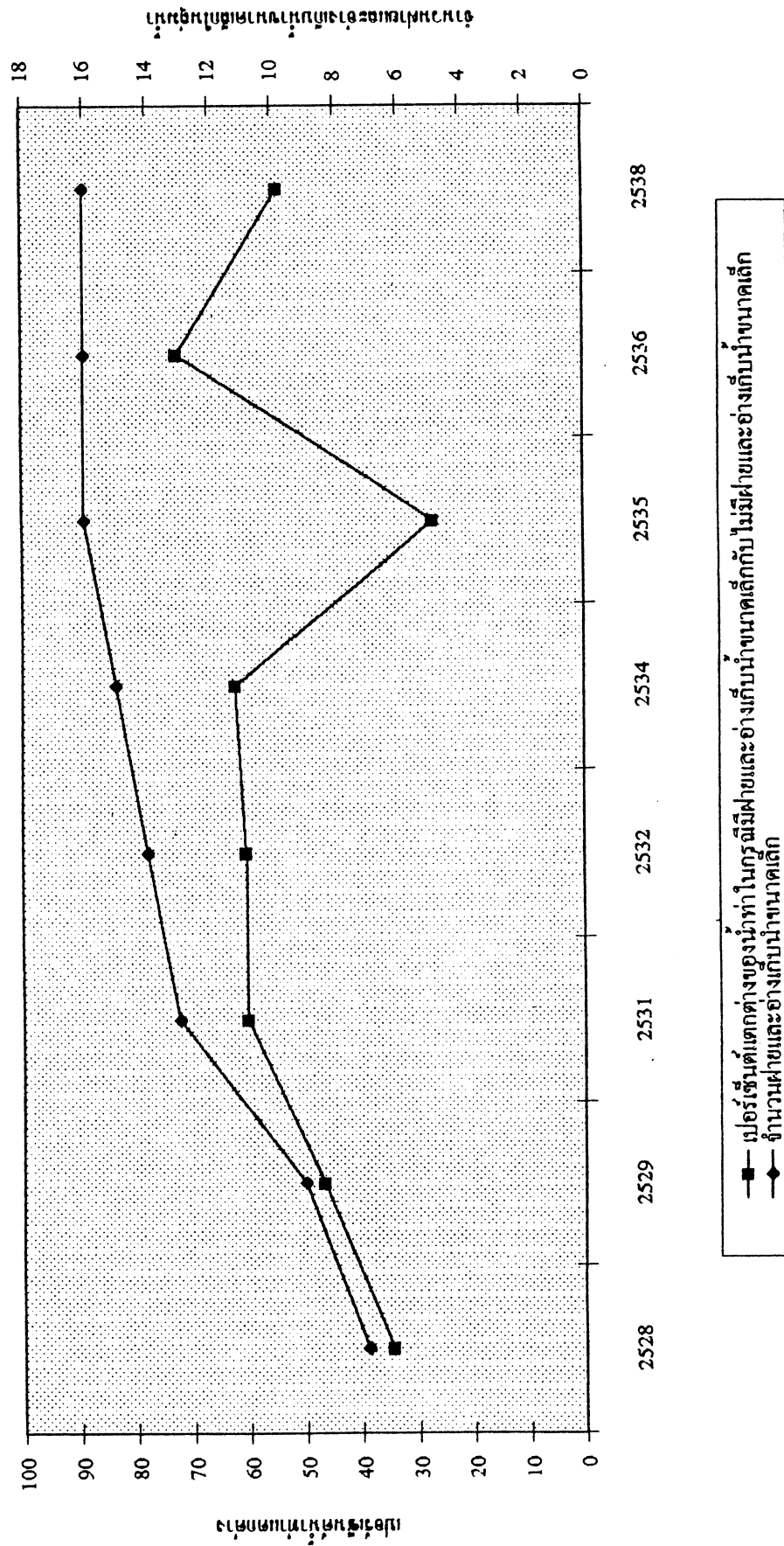
รูปที่ 5.16 Cumulative frequency function of Lamchamuag Basin from 1964-1995



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้ำทำในกรณีที่มีรอยร้าวและไม่มีรอยร้าวกับปริมาณน้ำที่สูญเสียน้ำ

ลุ่มน้ำประมาณ 4 ผายหรืออ่างฯ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2538 เพิ่มขึ้นเป็น 12 ผายหรืออ่างฯ และเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างก็จะเพิ่มจาก 28% จนถึง 67% ซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มของกราฟที่ค่อนข้างชัน เช่นเดียวกับลุ่มน้ำลาลมวกในกราฟรูปที่ 5.18 จะเห็นได้ว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนผายในลุ่มน้ำลาลมวก จะเป็นเส้นตรงที่มีอัตราการเพิ่มค่อนข้างสม่ำเสมอ จากปี 2528-2536 ซึ่งมีจำนวนเพิ่มของผายจาก 7 เป็น 16 ผาย ทำให้เปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่ามีเส้นกราฟที่คล้ายคลึงกัน คือ เป็นเส้นตรงที่มีอัตราการเพิ่มสม่ำเสมอ แต่มีจุดที่แปลกในปี พ.ศ. 2535 เปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าจะลดลงต่างจากปีอื่นมากเนื่องจากในหัวข้อ 5.4 ที่ผ่านมา จะเห็นว่าปริมาณฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าพอสมควรดังนั้นเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าในปี พ.ศ. 2535 จึงมีน้อยกว่าปีอื่นมากเนื่องจากว่าปริมาณฝนในปี พ.ศ. 2535 มีมากเมื่อปริมาณฝนมากผายจึงไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ทั้งหมดเหมือนช่วงที่ปริมาณฝนน้อยดังนั้นจึงมีปริมาณน้ำจำนวนหนึ่งที่ไหลล้นข้ามสันผายมาได้ จึงทำให้ปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำในปีนั้นมีมาก ดังนั้นเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างจึงมีน้อย ทำให้ปี พ.ศ. 2535 แตกต่างจากปีอื่นๆ มาก ดังนั้นจากกราฟของทั้งสองลุ่มน้ำได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่มีต่อปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำอย่างแท้จริง นั่นคือเมื่อจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้นปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำก็จะลดน้อยลง ทำให้เปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำท่าเพิ่มมากขึ้น

5.5.2 จากกราฟรูปที่ 5.19 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก กับปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำในกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ และ ปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2538 ของลุ่มน้ำห้วยแอ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2528-2531 ซึ่งจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเท่าเดิม เส้นกราฟจะเป็นเส้นตรงที่ขนานกับแกน x จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของปริมาณน้ำท่าที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกับปริมาณน้ำท่าที่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กแนวเส้นกราฟใกล้เคียงกันมากเกือบจะเป็นเส้นเดียวกันนั้นแสดงให้เห็นถึงความไม่แตกต่างกันของปริมาณน้ำท่าทั้งสองกรณี ส่วนในปี พ.ศ. 2532-2538 ซึ่งเป็นปีที่จำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นสูงจาก 4 ผายหรืออ่างฯ เป็น 12 ผายหรืออ่างฯ เส้นกราฟของปริมาณน้ำท่าในกรณีมีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกับกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนของเส้นกราฟทั้งสองเส้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำท่าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตัวอย่างเช่นจากตารางที่ 5.1 ในปี พ.ศ. 2535 ปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองเท่ากับ 49,592,370 ลบ.เมตร เป็นปริมาณที่มากกว่าปริมาณน้ำท่าในกรณีที่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าประมาณ

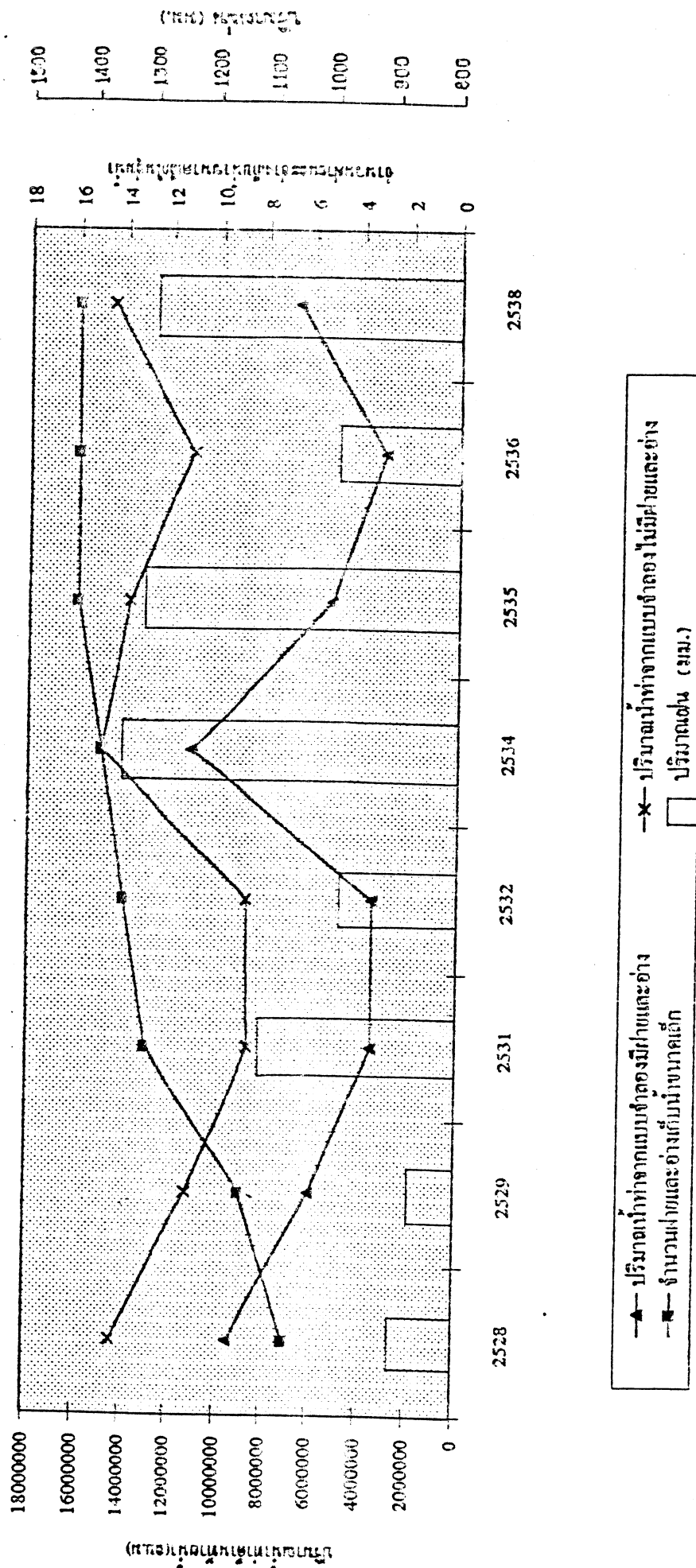


รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำทำในกรณีมีฝ่ายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกับกรณีที่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แตกต่างของน้ำทำในกรณีมีฝ่ายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำสาบมาก

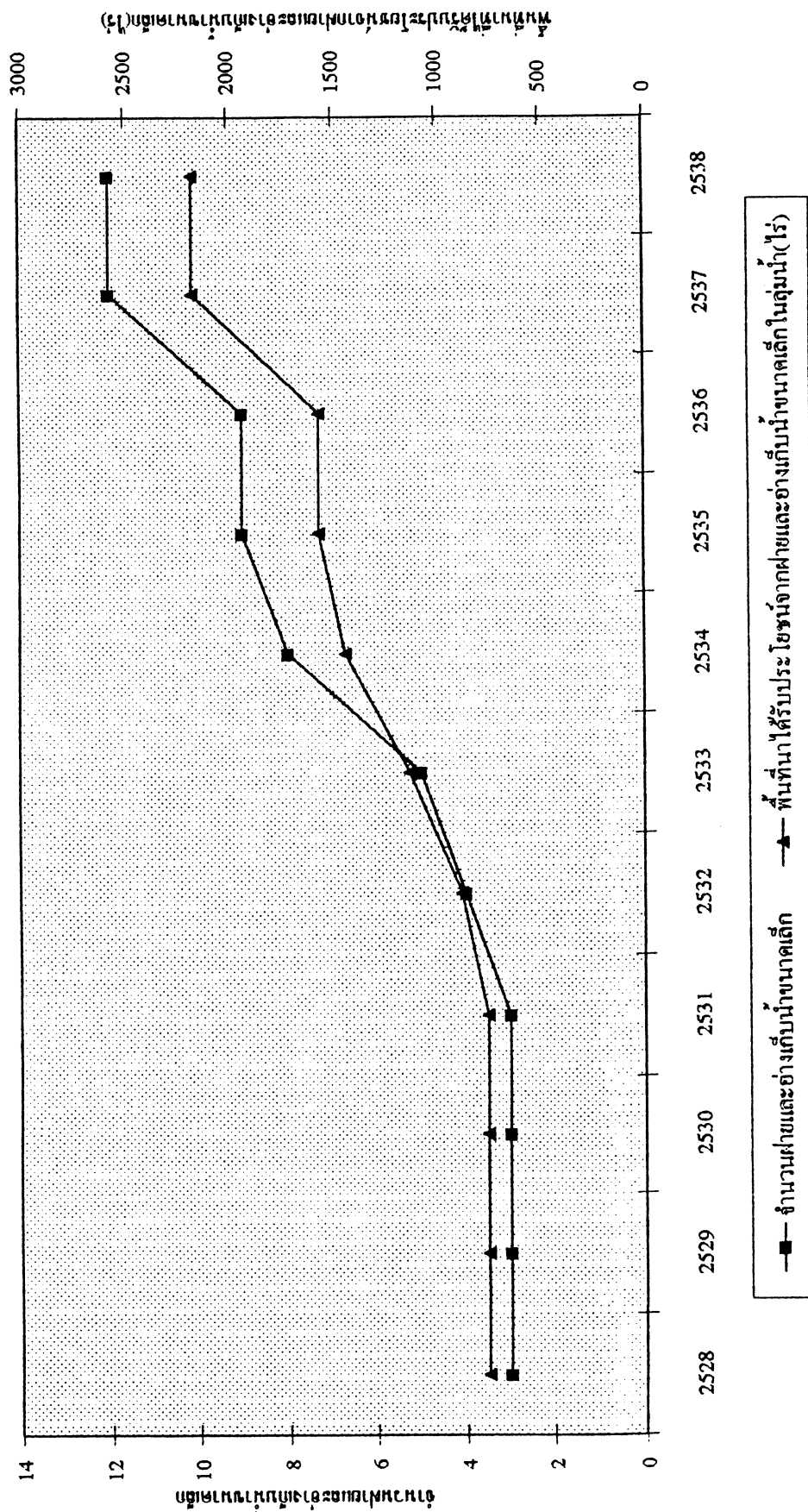
16,162,860 ลบ.เมตร ถึงประมาณ 2.8 เท่า หรือในปี พ.ศ. 2536 จะได้ ปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ มีปริมาณน้ำท่า มากกว่าในกรณีที่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำถึงประมาณ 2.9 เท่า และในปี พ.ศ. 2537 ปริมาณน้ำท่าในกรณีไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กก็ มากกว่ากรณีที่มีฝายและอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำถึง 3 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความ สัมพันธ์ที่ว่าเมื่อจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ น้ำท่าด้านท้ายน้ำของลุ่มน้ำนั้นก็จะลดลง เช่นเดียวกัน สำหรับลุ่มน้ำลำนวมกก็จะ มีลักษณะของเส้นกราฟในรูปที่ 5.20 คล้ายๆ กับลุ่มน้ำห้วยแอ่ง เมื่อจำนวนฝาย ในลุ่มน้ำเพิ่มมากขึ้น ช่วงห่างของเส้นกราฟในกรณีที่ไม่มีฝายกับกรณีที่มีฝาย ก็จะ ห่างกันมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของจำนวนฝาย และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กซึ่งหากมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำลดลง

จากการวิเคราะห์ผลและกราฟที่ผ่านมาจะ เห็นได้ว่าจำนวนฝายและอ่าง เก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำจะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำมากที่สุด นั่นคือ เมื่อจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น ก็จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่า ด้านท้ายน้ำลดลง ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็สามารรถอธิบายได้จากกราฟที่ 5.21 และ 5.22 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝาย และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก เพิ่มขึ้น พื้นที่นาที่ได้รับน้ำจากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กก็จะเพิ่มมากขึ้น ตามไปด้วย นั่นก็คือ ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้จะถูกนำไปใช้ในพื้นที่การเกษตรเพื่อ ให้มีน้ำเพียงพอในการทรราน ทำให้ปริมาณน้ำจากต้นน้ำถูกเก็บกักโดยฝายที่อยู่ ตามลำนน้ำเป็นระยะๆ รวมทั้งการเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วย ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าที่เหลือมาถึงด้านท้ายน้ำก็จะเหลือน้อยลง ยิ่งในปีที่ฝนแล้งหรือปีที่ ปริมาณฝนน้อย ปริมาณน้ำท่าจะถูกเก็บกักมากขึ้นทำให้โอกาสที่จะมีปริมาณน้ำไหล ผ่านฝายแต่ละตัวมาถึงด้านท้ายน้ำน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีอ่างเก็บน้ำ ขนาดกลางอยู่ด้านท้ายน้ำ ซึ่งอ่างเก็บน้ำขนาดกลางจะเป็นโครงการชลประทาน ที่ช่วยพื้นที่การเกษตรได้มากและกว้างซึ่งเมื่อปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีน้อย อ่างเก็บน้ำก็ไม่สามารถที่จะส่งน้ำให้ทั่วถึงพื้นที่การเกษตรทั้งหมดได้ ซึ่งจะททำให้ เกิดผลเสียหายต่อพื้นที่และประชากรด้านท้ายน้ำจำนวนมาก ส่วนในปีที่ปริมาณฝน มากหรือเป็นปีที่ไม่มีอยู่ในช่วงฝนแล้ง ก็จะไม่เกิดผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าด้าน ท้ายน้ำมากนัก

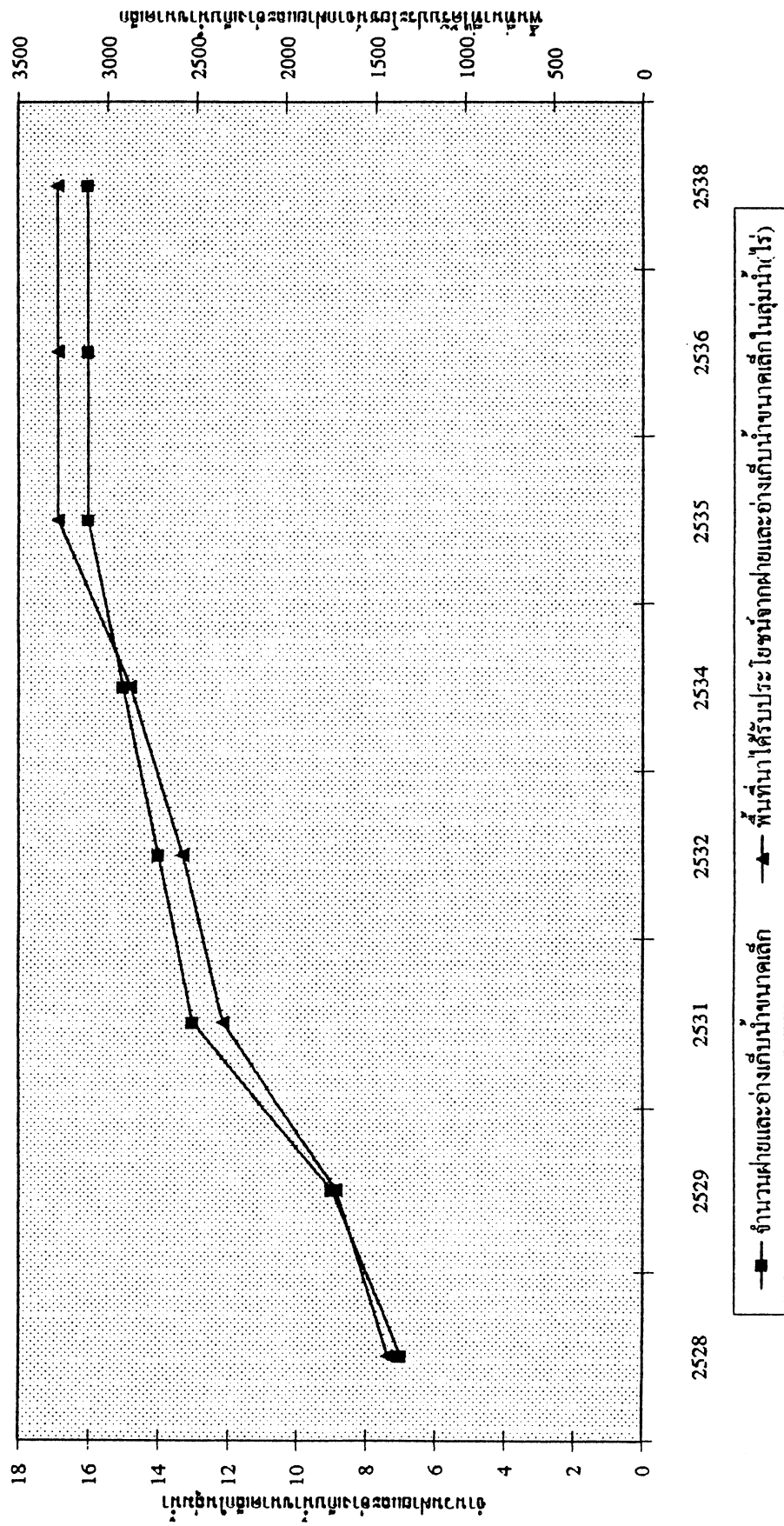
5.5.3 จากกราฟรูปที่ 5.23 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรายปีกับเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่าง (ในกรณีที่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำกับกรณีที่ไม่มีฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ) ของลุ่มน้ำห้วย แอ่ง ระหว่างปี พ.ศ 2528-2538 โดยที่มีค่าแสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 จะ เห็น ได้ว่าในปี พ.ศ 2528-2532 เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างจะค่อนข้างคงที่และน้อย



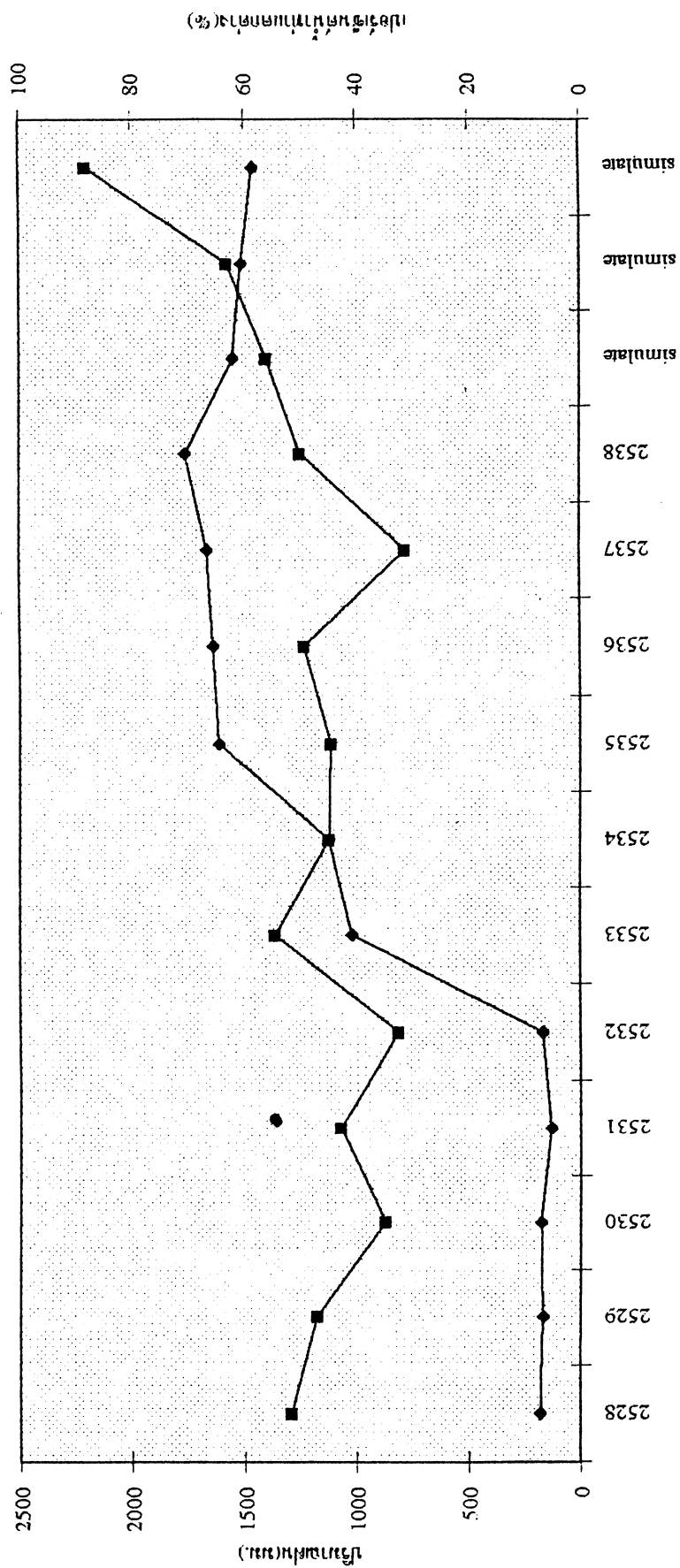
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ, ปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำ
 กรดที่ไม่มีฝายและอ่างขนาดเล็กกับปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำในกรณี มีฝายและอ่างขนาดเล็กในลุ่มน้ำ
 ลำพูน



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2528-2538 ของลุ่มน้ำห้วยแอ่ง



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2528-2538 ของลุ่มน้ำลำนาว



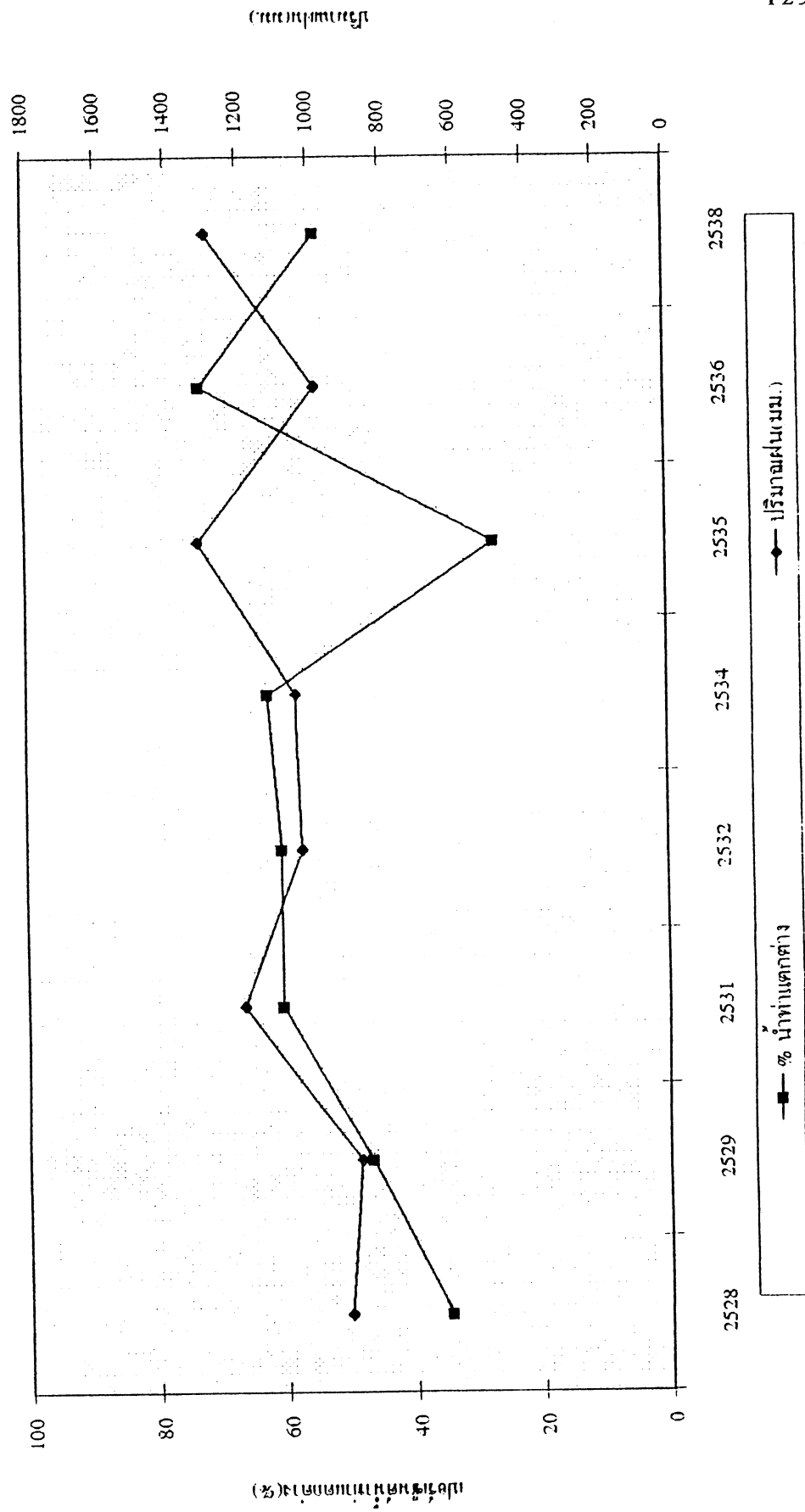
ปริมาณฝนรายปี (มม.)
% น้ำที่แตกต่างระหว่างปริมาตรน้ำกับปริมาตรดินที่แห้ง

รูปที่ 5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปี (มม.) กับเปอร์เซ็นต์น้ำที่แตกต่างของกลุ่มน้ำห้วยแอ่ง

ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2538

กว่า 10% โดยที่จำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีจำนวน 3 อ่าง 1 ผาย ในปี พ.ศ. 2532 และปริมาณน้ำฝนของปี พ.ศ. 2528-2532 จะอยู่ระหว่าง 950-1400 มิลลิเมตร ซึ่งในช่วงนี้ผลกระทบจะน้อยเนื่องจากว่าจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำยังมีจำนวนน้อย ส่วนในปี พ.ศ. 2534-2538 ปริมาณฝนจะอยู่ในช่วงใกล้เคียงเท่าเดิมและเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างจะเพิ่มขึ้นมาก ในปี พ.ศ. 2534 คือ 40% จนถึง 70% ในปี พ.ศ. 2538 เนื่องจากว่าถึงแม้ปริมาณฝนจะไม่แตกต่างกับปีที่ผ่านมาเท่าใดนัก แต่จำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม นั่นคือ มีจำนวน 5 อ่าง 7 ผาย ในปี พ.ศ. 2538 ซึ่งแสดงว่า เมื่อปริมาณฝนไม่แตกต่างกันมากนัก ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อปริมาณน้ำท่าก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่เพิ่มขึ้นในลุ่มน้ำจนกระทั่งถึงจุดๆหนึ่ง ก็คือ ปริมาณฝนมากพอที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างลดลงอย่างเช่น ข้อมูล 3 ค่าที่ได้จากการ Simulate จะแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณฝนมากกว่า 1500 มิลลิเมตรต่อปี จะทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อปริมาณน้ำท่ามีน้อยมาก สรุปก็คือ ปริมาณฝนที่มากพอจะทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำ ในกรณีที่มีการพัฒนาผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำจะมีน้อยมาก ในกรณีของอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝน 31 ปี ดังแสดงในรูปที่ 5.11 มาทำการวิเคราะห์ก็จะได้ว่า โอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำมีน้อยมาก มีประมาณ 6% ส่วนโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำมากมีโอกาสสูงถึง 94%

สำหรับกรณีของลุ่มน้ำลาลมวก ก็จะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยดูจากรูปที่ 5.24 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับเปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่าง (ในกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำกับกรณีที่ไม่มีผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำ) ของลุ่มน้ำลาลมวก ระหว่างปี พ.ศ. 2507-2538 โดยที่มีค่าอยู่ในตารางที่ 5.2 และจากกราฟรูปที่ 5.26 จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2528-2534 เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จาก 30% ไปจนถึง 60% เนื่องจากว่าจำนวนผายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 7 เป็น 15 ผาย และปริมาณฝนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 980-1200 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนในปี พ.ศ. 2535 จะเห็นได้เด่นชัดว่ามีความแตกต่างจากปีอื่นๆ เนื่องจากว่า ปริมาณฝนของปี พ.ศ. 2535 มากกว่า 1350 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างมีน้อย นั่นคือ ประมาณ 26% ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2534 มากถึง 36% ถึงแม้ว่าจำนวนผายในลุ่มน้ำจะเพิ่มขึ้นเพียง 1 ผายก็ตาม แต่เมื่อมีปริมาณฝนมาถึงระดับหนึ่ง ก็จะทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นที่มีต่อปริมาณน้ำท่ามีน้อยมากส่วนในปี พ.ศ. 2536 เมื่อดูจากกราฟจะเห็นว่าเนื่องจากปริมาณฝนน้อยจึงทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างมีสูงมาก จากกราฟจะสูงถึง 70% ส่วนในปี พ.ศ. 2538 เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นมากกว่า 1200 มิลลิเมตร ก็



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปี (มม.) กับเปอร์เซ็นต์น้ำที่แตกต่างของกลุ่มน้ำห้วยแอ่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2538

จะทำให้ เบอร์เซ็นต์น้ำท่าแตกต่างลดน้อยลง จาก 70% ลงมาเหลือเพียง 54% ซึ่งเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของปริมาณฝนที่มีต่อการเกิดผลกระทบของปริมาณน้ำท่าด้านท้ายน้ำให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สำหรับลุ่มน้ำลำนวมกเมื่อนำรูปที่ 5.12 ซึ่งเป็นข้อมูลฝนในรอบ 32 ปี มาทำการศึกษาจะได้ว่า เมื่อปริมาณฝนมากกว่า 1350 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำมีน้อยมากมีโอกาสเกิดเพียงแค่ 6% แต่เมื่อปริมาณฝนน้อยกว่า 1350 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำมากมีโอกาสที่จะเกิดถึง 94% ซึ่งเท่ากับลุ่มน้ำห้วยแอ่ง

ดังนั้น จากผลการศึกษาทั้งหมดที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำอย่างแน่นอน โดยโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำมากมีถึง 94% และโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำน้อยมากมีเพียง 6% สำหรับทั้งสองลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำห้วยแอ่งและลุ่มน้ำลำนวมก ผลการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบต่อน้ำท่าด้านท้ายน้ำที่มีโอกาสที่เกิดขึ้นได้ในลุ่มน้ำที่มีการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กสำหรับพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ซึ่งแนวโน้มของผลกระทบแบบเดียวกันนี้ ก็สามารถที่จะเกิดกับลุ่มน้ำขนาดเล็กอื่นๆ ที่มีการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมากจึงควรที่จะมีมาตรการควบคุมการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ในลุ่มน้ำที่มีโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอยู่ด้านท้ายน้ำ เนื่องจากการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดกลางด้านท้ายน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดกลางต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูงและเมื่อมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ ก็จะทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้น้อยซึ่งจะทำให้ใช้ประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำได้ไม่เต็มที่

ข้อสรุปก็คือ การพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมาก ควรจะกระทำในลุ่มน้ำที่ไม่มีโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอยู่ด้านท้ายน้ำ แต่ก็ควรจะวางแผนการพัฒนาอย่างรอบคอบ เนื่องจากว่าถึงแม้จะไม่มีอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอยู่ด้านท้ายน้ำก็ตาม แต่ก็จะมีปัญหาเกิดขึ้นก็คือ การแย่งน้ำกันระหว่างฝายตัวบนกับฝายตัวล่าง ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องทำการแก้ไขและวางแผนการใช้น้ำให้ดี ซึ่งที่ผ่านมา ก็ได้มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาจำนวนฝายที่เหมาะสมในลุ่มน้ำควรมีจำนวนเท่าใด (ชูโชค, 2531 และ อติเรก, 2533) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ศึกษาเฉพาะกรณีที่ฝายในลุ่มน้ำเท่านั้นไม่ได้ครอบคลุมถึงอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วย สำหรับแนวทางการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่มีโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอยู่ด้านท้ายน้ำ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ควรจะมีมาตรการควบคุมการพัฒนาฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำให้อยู่ในจำนวนที่เหมาะสม เพื่อให้การพัฒนาลุ่มน้ำเกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้น้ำตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้