



บทที่ 5

การจำลองระบบแม่น้ำพองและชี

5.1 บทนำ

ในบทที่ 5 นี้จะกล่าวถึง การจำลองระบบแม่น้ำพองและชี และทำแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (river routing model) โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในแต่ละช่วงล้นน้ำไปตามทางน้ำของแม่น้ำพองและชี โดยเริ่มต้นจากท้ายอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.5 และแสดงในรูป 3-14 (ข) ถึงหลักการจำลองสภาพระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ในกรณีของการควบคุมอุทกภัย

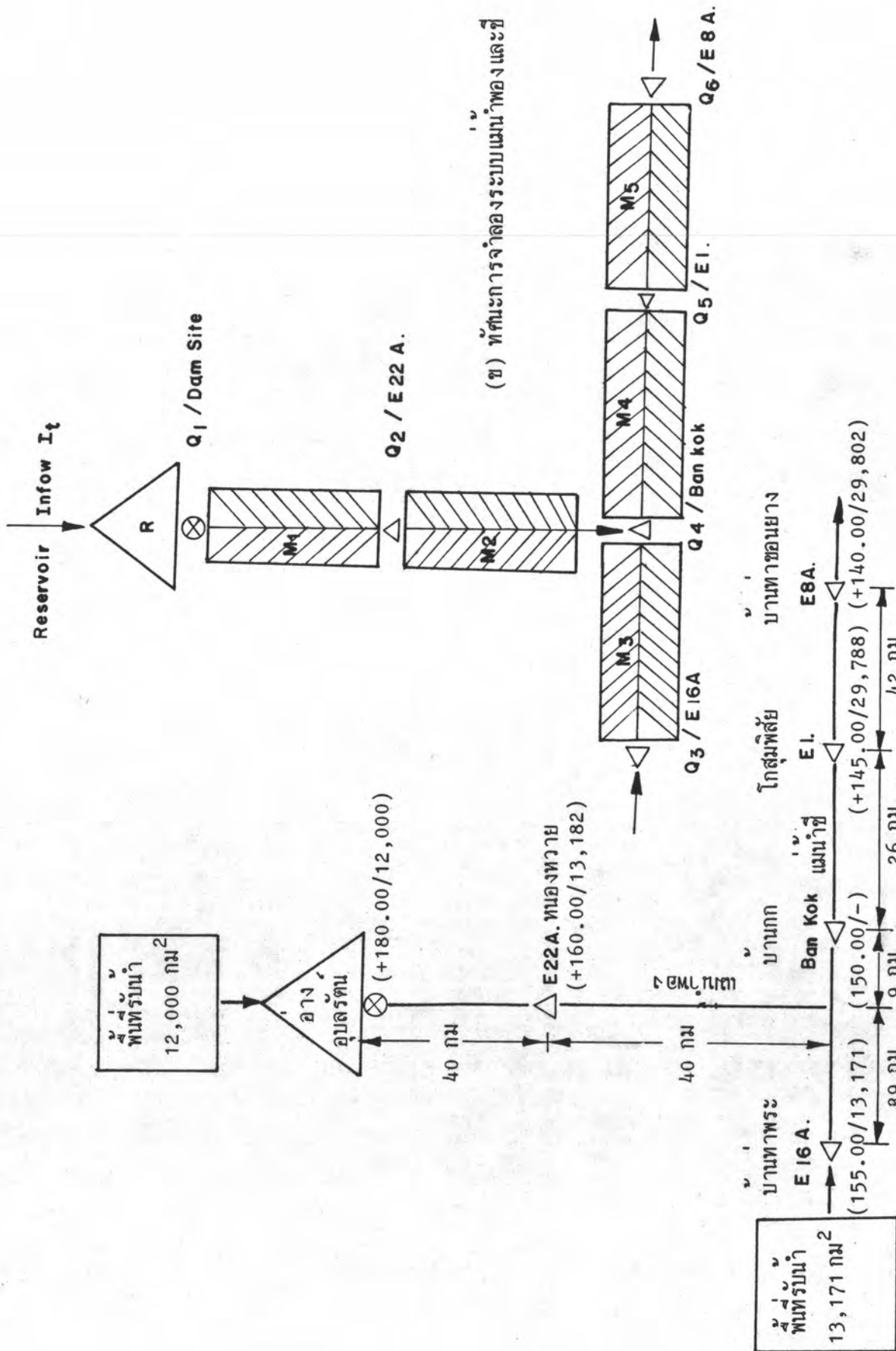
แบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (river routing model) ที่สร้างขึ้น จะอยู่ในรูปของโปรแกรมย่อยส่วนหนึ่งของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองสภาพระบบอ่างน้ำ (simulation model) ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข. เนื้อหาในบทนี้จะเริ่มต้นจากหลักการในการจำลองการประมาณค่าตัวแปรกำหนดต่าง ๆ (model parameters) แบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชีและการทดสอบและวิเคราะห์

5.2 หลักการจำลองระบบแม่น้ำพองและชี

5.2.1 ระบบแม่น้ำพองและชี

อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ตั้งอยู่บนแม่น้ำพอง ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำชี ดังแสดงในรูป 3-2, 3-3 และ 3-9 รูป 5-1(ก) ได้แสดงกราฟระบบ (systems graph) ของระบบแม่น้ำพองและชี ในส่วนที่คาดว่าอยู่ในอิทธิพลการควบคุมของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ พร้อมด้วยสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานและการพลังงานแห่งชาติ ซึ่งมีดังนี้

- 1) จุดที่ตั้งเขื่อนท้ายอ่างเก็บน้ำ ทำการวัดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ
- 2) สถานีวัดน้ำ E22A-บ้านหนองหวาย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ทำการวัดน้ำโดยกรมชลประทาน
- 3) สถานีวัดน้ำ E16A-บ้านท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ทำการวิจัยโดยกรมชลประทาน



(ข) ทิศทางการจำลองระบบแม่น้ำพองและชี

(ก) ระบบแม่น้ำพองและชีที่ાયอากเก็บน้ำอูลร์ตัน

รูปที่ 5-1 Systems Graph ของระบบแม่น้ำพองและชี และการจำลองระบบ

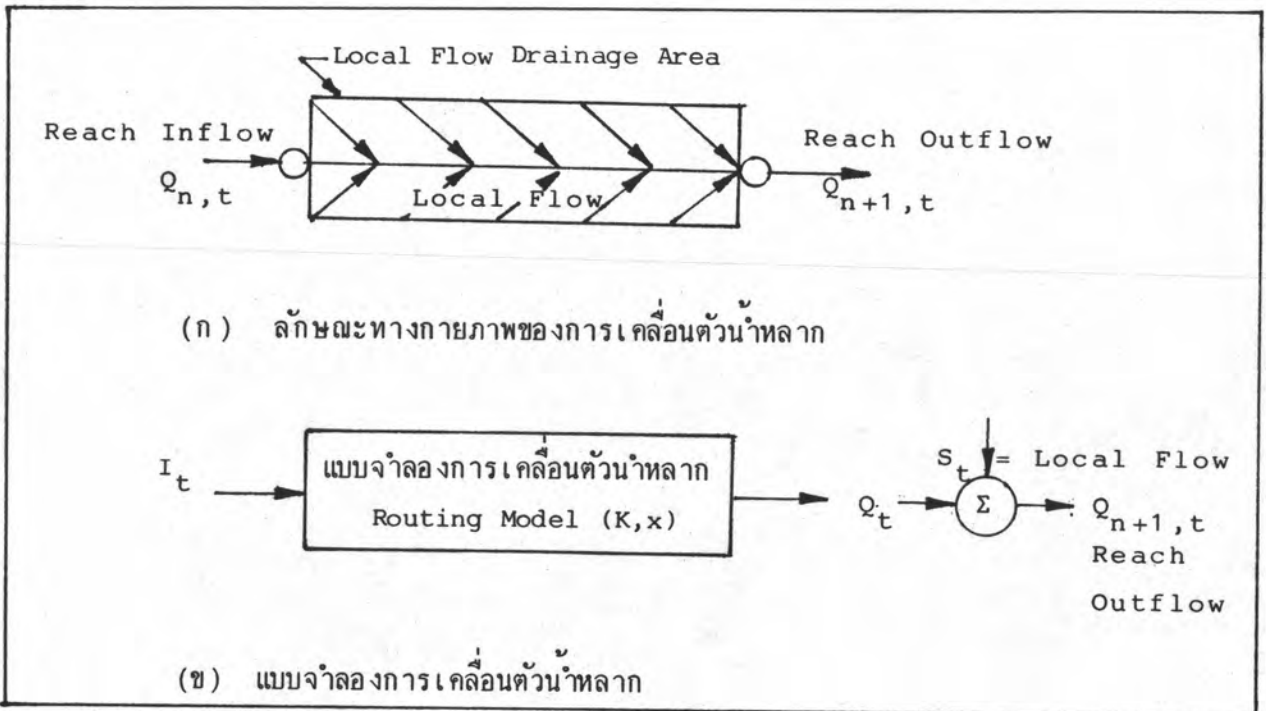
- 4) สถานีบ้านกอก หน่วัดจันทราราม อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม ทำการวัดโดยการพลังงานแห่งชาติ
- 5) สถานีวัดน้ำ E1-โกสุมพิสัย อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม ทำการวัดโดยกรมชลประทาน
- 6) สถานีวัดน้ำ E8A-บ้านท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ทำการวัดโดยกรมชลประทาน

ซึ่งลักษณะของหน้าตัดแม่น้ำ ตลอดจนโค้งความสัมพันธ์ (rating curve) ณ สถานีต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ

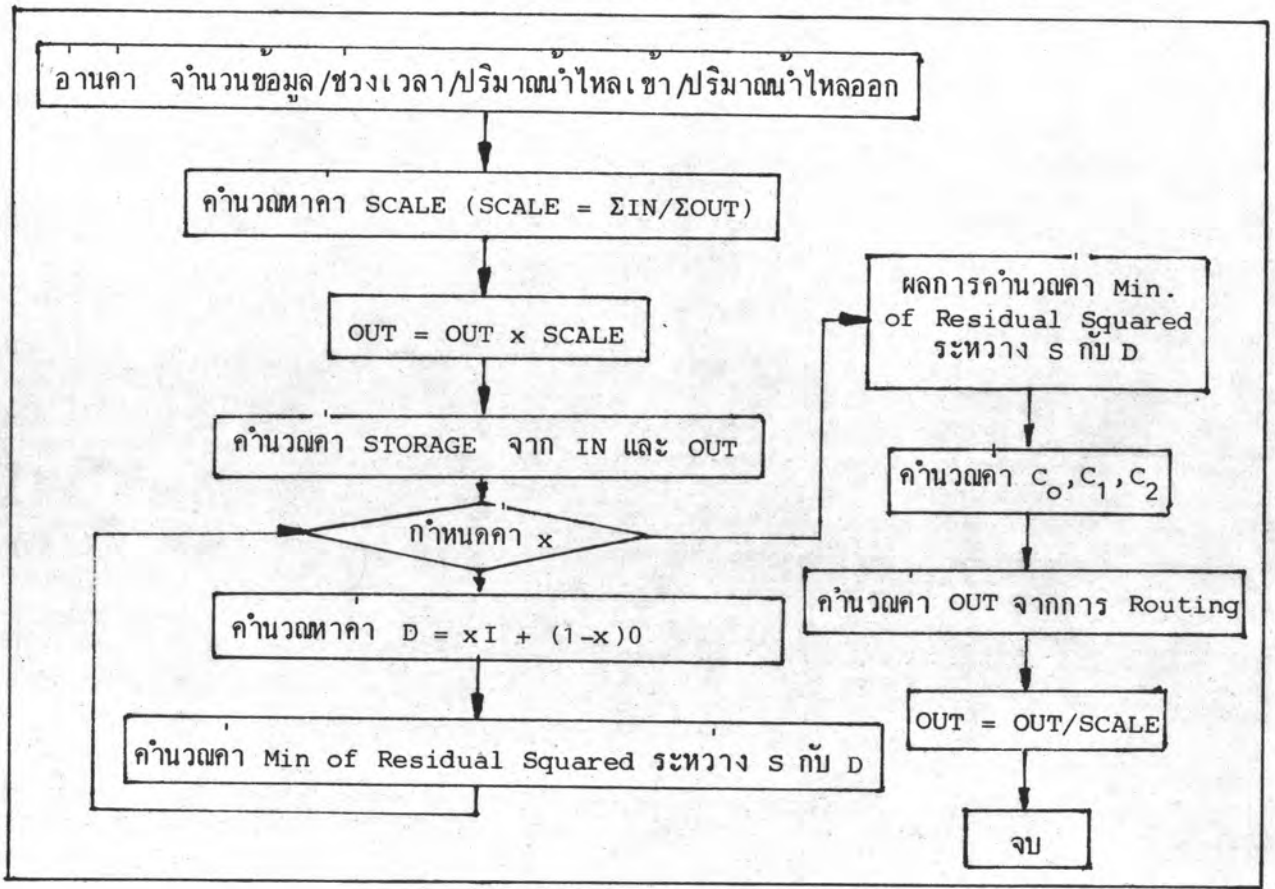
ในการศึกษาเกี่ยวกับอุทกภัยในพื้นที่สองฝั่งของแม่น้ำพองและชี (ดูรูป 3-8 และ 3-9) อาจถือได้ว่าสถานีวัดน้ำเหล่านี้เป็นสถานีอ้างอิง (reference station) หรืออีกนัยหนึ่งสถานีควบคุม (control station) ในการที่จะบ่งบอกขีดของความเสียหาย หรือความรุนแรงของการท่วมพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ ในเชิงปฏิบัติแล้วการดำเนินการ (operate) อาจเก็บน้ำอุบลรัตน์ได้น้ำข้อมูลระดับน้ำ ณ สถานีเหล่านี้ ประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจกำหนดนโยบายการปล่อยน้ำในช่วงเวลาที่มีอุทกภัย ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.6 ดังนั้นผลของการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ในกรณีต่าง ๆ ที่กระทำขึ้นในการศึกษานี้ อาจประเมินได้จากอัตราการไหลและระดับน้ำ ณ สถานีต่าง ๆ เหล่านี้

5.2.2 หลักการจำลองระบบแม่น้ำ

หลักการในการจำลองระบบแม่น้ำพองและชี เพื่อการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากที่ปล่อยออกมาจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ผ่านสถานีควบคุมต่าง ๆ ได้เริ่มต้นจากการศึกษาเค้าโครงของระบบแม่น้ำที่ได้แสดงไว้ในรูป 5-1(ก) โดยลักษณะทางกายภาพของตำแหน่งที่ตั้งสถานีควบคุมหรือสถานีวัดน้ำ อาจแบ่งช่วงลำน้ำของแม่น้ำพองและชีออกได้เป็น 6 ช่วงระหว่างสองสถานี ดังแสดงในรูป 5-1(ข) ซึ่งแต่ละช่วงอาจพิจารณาว่าเป็นแบบจำลองอันหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การชักพาน้ำหลากจากสถานีควบคุมเหนือหน้าเป็นข้อมูลเข้า (model input) น้ำหลากออกจากสถานีควบคุมท้ายน้ำเป็นข้อมูลออก (model output) และจะเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปสำหรับแบบจำลองท้ายน้ำตามลำดับ ดังแสดงในรูป 5-2



รูปที่ 5-2 แสดงการสร้างแบบจำลองของช่วงลำน้ำหนึ่งช่วง



รูปที่ 5-3 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่า k, x โดยการทดลองเปลี่ยนค่า

เมื่อพิจารณาลักษณะของแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (river routing model) จะพบว่าน้ำหลากไหลเข้าจะถูกเปลี่ยนแปลงด้วยลักษณะกายภาพของลำน้ำที่แบบจำลองนั้นแทน เช่น อัตราการไหลสูงสุด (peak) และการกระจายของอัตราการไหลต่อเวลา (time distribution) นอกจากนี้แล้วยังมีน้ำหลากไหลเข้าลำน้ำในช่วงที่พิจารณา ซึ่งเรียกว่า Local Flow ดังแสดงในรูป 5-2

โดยลักษณะของแบบจำลอง และความจำกัดของข้อมูลน้ำท่าที่สถานีควบคุม วิธีการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (routing method) ที่เหมาะสมได้แก่ วิธีการทางอุทกวิทยา (hydrologic method) ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3.2 วิธีการ Muskingum Method ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3.2.3 จึงได้เลือกมาใช้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในการศึกษาครั้งนี้ โดยการพิจารณาแบบจำลองในรูป 5-2 จากสมการ 2-43 คัดแปลงใหม่จะได้ว่า

$$O_t = C_0 I_t + C_1 I_{t-1} + C_2 O_{t-1} \quad (5-1)$$

$$\text{โดย } C_0 = - \left[\frac{Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \right]$$

$$C_1 = \frac{+ 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1.0$$

โดย O_t ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำผ่านสถานีท้ายน้ำเมื่อเวลา t เนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของน้ำจากสถานีเหนือหน้า $-I_t$ สำหรับตัวแปร K และ x จะเป็นค่าตัวแปรกำหนด (model parameters) ซึ่งเป็นตัวแทนรวม (lump parameter) ของลักษณะกายภาพของลำน้ำในช่วงที่พิจารณา การคำนวณหาอัตราการไหลที่ถูกตองที่สถานีท้ายน้ำ ยังจะต้องรวมน้ำที่ไหลเข้ามาในช่วงลำน้ำที่พิจารณา (local flow) ซึ่งไม่ได้พิจารณาไว้ในสมการ 5-1 ดังนั้นอัตราการไหลที่ถูกตองจึงเป็น

$$Q_{nt} = O_t + S_t \quad (5-2)$$

$$\begin{aligned} Q_{nt} &= \text{อัตราการไหลที่สถานีท้ายน้ำ สถานี } n \\ O_t &= \text{อัตราการไหลเคลื่อนตัวมาจากสถานีเหนือหน้า} \\ S_t &= \text{น้ำหลากเข้าระหว่างช่วงลำน้ำ (local flow)} \\ t &= \text{ดัชนีเวลา (time index)} \end{aligned}$$

5.2.3 ข้อมูลน้ำท่าสำหรับการศึกษา

ในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก สำหรับแต่ละช่วงลำน้ำ (river reach) จำเป็นต้องมีการคำนวณหาค่าตัวแปรกำหนด K และ x ซึ่งอาจคำนวณได้โดยการใช้ข้อมูลน้ำท่าที่มีการวัดและบันทึกไว้ ณ แต่ละสถานีที่แสดงไว้ในรูป 5-1 ข้อมูลน้ำท่าที่ได้รวบรวมไว้สำหรับการศึกษา เป็นข้อมูลรายวัน (daily data) ตามที่ได้กำหนดไว้สำหรับการศึกษาคั้งนี้ ช่วงเวลาที่มีข้อมูลจะครอบคลุม 1 สิงหาคม - 30 พฤศจิกายน ของปี 2519, 2521 และ 2523 (1976, 1978, 1980) ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุทกภัยเกิดขึ้นและเป็นช่วงที่สนใจในการศึกษาคั้งนี้

5.3 การคำนวณหาตัวแปรกำหนด K และ x

การคำนวณหาตัวแปรกำหนด K และ x จากข้อมูลน้ำท่าที่ได้รวบรวมไว้ ได้กระทำขึ้นหลายวิธี และประสบปัญหาอย่างมากในการศึกษากำหนด K และ x อันเหมาะสม ดังจะไดกล่าวต่อไปในแต่ละหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

5.3.1 วิธีความจุของทางน้ำ (Channel Storage Method)

วิธีความจุของทางน้ำ เป็นวิธีมาตรฐานในการคำนวณค่า K และ x จากข้อมูลน้ำท่า สำหรับ Muskingum Routing Method ซึ่งปรากฏในตำราอุทกวิทยาโดยทั่วไป เช่น ธำรง เปรมปรีย์ (2517) สุเทพ ดิงศภัทย์ (2521) Chow (1969) Raudkivi (1979) Linsley et al. (1975) Viesmen et al. (1979) เป็นต้น และได้กล่าวถึงวิธีการโดยย่อไว้ในหัวข้อ 2.3.2.3

การคำนวณหาค่า K และ x โดยวิธีนี้ ได้กระทำขึ้นเป็นลำดับแรกโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Muskingum Routing ที่มีอยู่ ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์ กรมชลประทาน ซึ่งคำนวณหาค่า K และ x ตามหลักการมาตรฐานของวิธี Muskingum Routing ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) ดังมีขั้นตอนหลักแสดงในรูป 5-3

การคำนวณหาค่า K และ x ด้วยวิธีดังกล่าวได้กระทำขึ้น สำหรับแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (routing model) 6 แบบจำลองดังแสดงในรูป 5-1(ข) โดยเปลี่ยนชุดข้อมูลช่วงเดือน สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน ในกรณีของปี 2519 2521 และ 2523 ตาราง 5-1 ได้แสดงผลหาค่า K และ x ที่คำนวณหามาได้

ผลจากการคำนวณดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากพบว่าค่า K ของบางแบบจำลองเป็นลบ ซึ่งขัดกับสภาพความเป็นจริงและทฤษฎี และค่า K และ x ของแต่ละแบบจำลองหนึ่ง ๆ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามชุดข้อมูล สาเหตุหลักของความผิดพลาดดังกล่าวมีอยู่ 2 ประเด็นที่คาดว่าจะมีผลต่อการคำนวณ โดยประเด็นแรก การใช้ข้อมูลน้ำท่ามาเป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณโดยมิได้หัก/ปรับค่า Local Flow ออกเสียก่อน ทั้งนี้เพราะว่า Local Flow เป็นค่าที่ไม่ทราบ (unknown) และยากต่อการประเมิน จึงขัดต่อวิธีการของ Muskingum Routing Method ประเด็นที่สองได้แก่ ความไม่ถูกต้องของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งจะได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 5-6 การทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล

5.3.2 วิธีวิเคราะห์ชลภาพ (Hydrograph Analysis Method)

การคำนวณหาค่า K และ x โดยวิธีวิเคราะห์ชลภาพของปริมาณน้ำท่าที่สองสถานี เป็นวิธีที่สองที่ได้กระทำขึ้นหลังจากที่ไม่ประสบผลสำเร็จจากวิธีแรก วิธีนี้ผู้ที่ทำการศึกษาคิดค้นขึ้นจากการที่ว่า ค่า K จะประมาณเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำหลาก (flood wave) จากสถานีเหนือน้ำถึงสถานีท้ายน้ำ

วิธีการนี้จะเริ่มต้นจากการเขียนกราฟชลภาพ (hydrograph) จากข้อมูลน้ำท่าของสองสถานีลงมาแผนเดียวกัน และสังเกตระยะเวลาที่ห่างกันของจุดยอดของชลภาพทั้งสอง (time lag of flood peaks) ซึ่งค่า K จะกำหนดให้เท่ากับระยะเวลา (time lag) สำหรับค่าอาจประมาณค่าได้จากประสบการณ์ และกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ C_0 , C_1 และ C_2 จะต้องเป็นบวก ตาราง 5-2 ได้แสดงค่า K และ x ของแต่ละช่วงลำน้ำ (reach) ที่ได้แสดงไว้ใน

ตารางที่ 5-1 ค่า K และ x คำนวณโดยวิธีความจุของน้ำ (Channel Storage Method)

ปี	สถานี-สถานี	K, วัน	x	Scale	C ₁	C ₂	C ₃
2519	ทางระบายน้ำ-สถานี-E22A	2.612	1.0	0.872	4.223	6.223	-1.000
	E22A-บ้านกอก	-4.839	0	0.264	-0.113	-0.113	1.227
	E16A-บ้านกอก	2.920	0	0.620	0.146	0.146	0.707
	บ้านกอก-E1	0.3774	0	1.106	0.569	0.569	-0.139
	E1-E8A	0.0304	0	0.989	0.342	0.942	-0.885
2521	ทางระบายน้ำ-สถานี-E22A	3.130	0	1.696	0.137	0.137	0.724
	E22A-บ้านกอก	4.643	0	0.552	0.097	0.097	0.805
	E16A-บ้านกอก	-0.505	0	0.691	-108.968	-108.968	218.936
	บ้านกอก-E1	3.556	0.70	0.911	-1.269	1.907	0.361
	E1-E8A	-2.075	0	1.133	-0.317	-0.317	1.635
2523	ทางระบายน้ำ-สถานี-E22A	1.109	0	1.008	0.31	0.31	0.38
	E22A-บ้านกอก	9.227	0	0.458	0.051	0.051	0.897
	E16A-บ้านกอก	-3.677	0	0.613	-0.157	-0.157	1.314
	บ้านกอก-E1	1.849	1.0	0.912	-2.697	4.697	-1.00
	E1-E8A	2.044	0	1.222	0.196	0.196	0.606

ตารางที่ 5-2 ค่า K และ x คำนวณจากวิธีวิเคราะห์สภาพ

ปี	สถานี-สถานี	K วัน	x	C ₁	C ₂	C ₃	ระยะทาง-กม	ความเร็ว-ม/ว
2519	ทางระบายน้ำต้น-E22A	2	0	0.20	0.20	0.60	40	0.23
	E22A-บ้านกอก	5	0.25	0	0.50	0.50	94	0.22
	E16A-บ้านกอก	2	0	0.0909	0.0909	0.8181	38	0.22
	บ้านกอก-E1	2	0.10	0	0.20	0.80	26	0.15
	E1-E8A	2	0.25	0	0.20	0.60	42	0.24
2521	ทางระบายน้ำต้น-E22A	2	0	0.20	0.20	0.66	40	0.23
	E22A-บ้านกอก	2	0.25	0	0.50	0.50	94	0.54
	E16A-บ้านกอก	0	0.25 ^๖ ค้ำไค, กัด	0	0.20	0.60	38	-
	บ้านกอก-E1	0	ค้ำไค, กัด ^๖	1.0	0.50	0.50	26	-
	E1-E8A	1	0	0.333	0.333	0.333	42	0.49
2523	ทางระบายน้ำต้น-E22A	3	0	0.1429	0.1429	0.7142	40	0.15
	E22A-บ้านกอก	9	0.167	0	0.3333	0.6666	94	0.12
	E16A-บ้านกอก	1	0	0.0526	0.0526	0.8947	38	0.44
	บ้านกอก-E1	1	0.0556	0	0.111	0.8889	26	0.30
	E1-E8A	2	0	0.333	0.333	0.333	42	0.24

รูป 5-1 ซึ่งสรุปโดยประมาณได้จากข้อมูลชุดปี 2519, 2521 และ 2523

โดยการวิเคราะห์ผลการคำนวณค่า K และ x ยังพบว่าได้ผลมาไม่เป็นที่พอใจ โดยจะสังเกตเห็นว่าความเร็วกระแสน้ำที่หามาได้จากวิธีนี้ต่ำเกินไป ค่า K ที่ได้ไม่แน่นอนสำหรับคลื่นน้ำหลาก (flood wave) ที่ต่างชุดกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก

1) ข้อมูลน้ำท่าเป็นข้อมูลรายวัน เวลาที่เกิดน้ำหลากสูงสุด (flood peak) อาจจะถูกคลาดเคลื่อนได้ถึง 1 วันจากความเป็นจริง

2) ข้อมูลน้ำท่าที่นำมาเขียนชลภาพ ไม่ได้ทำการลดส่วนที่เป็นน้ำหลากระหว่างช่วงลำนน้ำ (local flow) ออก หากน้ำหลากระหว่างช่วง (local flow) มีปริมาณมาก ก็จะส่งผลกระทบต่อรูปร่างของชลภาพที่สถานีท้ายน้ำมาก การประมาณค่า K ก็จะไม่ถูกต้อง

3) ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา มีความผิดพลาดไม่ถูกต้อง ซึ่งการวิเคราะห์ได้เสนอไว้ในหัวข้อ 5.6

4) การประมาณค่า x โดยวิธีการเดา (trial & error) เป็นที่ไม่แน่นอน ซึ่งเป็นจุดอ่อนมากที่สุดของวิธีการนี้ เงื่อนไขการหาค่า x ควบคุมเพียงไม่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ c_0 , c_1 และ c_2 ไม่เป็นลบเท่านั้น

5.3.3 วิธีวิเคราะห์จากความเร็วการไหล

การหาค่า K และ x จากวิธีการวิเคราะห์ความเร็วการไหล เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้คิดค้นขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ โดยยึดหลักการเช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์ชลภาพในหัวข้อ 5.3.2 โดยกำหนดให้ ค่า K เท่ากับเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำหลาก (flood wave travel time)

โดยวิธีนี้จะเริ่มต้นจากคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของการไหลของน้ำ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา คือ ระหว่าง สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน ของแต่ละปี ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{ความเร็วกระแสน้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดลำนน้ำ}} \quad (5-3)$$

ซึ่งพื้นที่หน้าตัดที่แต่ละสถานีหามาได้จากรูปหน้าตัดของลำนน้ำ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก จ และค่า K

จะคำนวณได้จาก

$$K = \text{เวลาในการเคลื่อนที่} = \frac{\text{ระยะทางระหว่างช่วงลำนํ้า}}{\text{ความเร็วกระแสลำนํ้า}} \quad (5-4)$$

โดยระยะทางระหว่างช่วงลำนํ้า ได้วัดมาจากแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 ดังแสดงไว้ในรูป 5-1(ก) สำหรับค่า x จะประมาณโดยประสบการณ์เช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์ชลภาพ ตาราง 5-3 ได้แสดงผลการคำนวณหาความเร็วการไหลเฉลี่ย และตาราง 5-4 แสดงค่า K และ x ที่สรุปหามาได้โดยวิธีนี้

5.3.4 สรุปการเลือกตัวแปรกำหนด K และ x

ในการสรุปเลือกค่า K และ x ผลการวิเคราะห์ทั้งสามวิธีได้ถูกนำมาศึกษาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจเลือกค่า K และ x อีกครั้งหนึ่ง และพบว่าค่า K ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วการไหลเฉลี่ย เป็นค่าที่ควรนำมาใช้ เนื่องจากวิธีการหาเป็นค่อนข้างชัดเจน มีหลักเกณฑ์ในการหาที่แน่นอน และค่า K ที่ได้สามารถยึดถือได้ว่าเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับช่วงเวลา (สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน) ของข้อมูลในการศึกษา

สำหรับค่า x นั้นได้มีการพิจารณาเพิ่มเติม จากการศึกษาอื่น ๆ เกี่ยวกับการไหลในลำนํ้าธรรมชาติ มีการพบว่าค่า x จะอยู่ในระหว่าง 0-0.3 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.2 และลำนํ้าที่มีความลาดชันมากค่า x จะสูงขึ้น ตาราง 5-5 ได้แสดงค่า x ที่ประมาณได้จากการพิจารณาประกอบด้วยเหตุผล และตาราง 5-6 แสดงค่า K และ x ซึ่งจะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี ในรูป 5-1

5.4 การประมาณน้ำไหลระหว่างช่วงลำนํ้า (Local Flow)

หลักการของแบบจำลองแสดงในรูป 5.2 จึงมีส่วนประกอบอีกอันหนึ่งได้แก่ น้ำไหลเข้าระหว่างช่วงลำนํ้า (Local Flow- S_L) โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังสมการ 5-1 และ 5-2 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประมาณปริมาณน้ำไหลระหว่างช่วงลำนํ้า ในหัวข้อ 5.3 เมื่อได้มีการประมาณค่า K และ x สำหรับ Muskingum Routing Model แล้ว โดยสมการ 5-1 จะสามารถหาค่า Routed Outflow $-O_L$ ของแต่ละช่วงลำนํ้าได้ จากสมการ 5-2 จะได้ว่า

ตารางที่ 5-3 การคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงลำนน้ำ

ปี	สถานี	ปริมาณน้ำเฉลี่ยประจำเดือน				ปริมาณน้ำเฉลี่ย	ระดับ-ม (รทก)	พื้นที่-ม ²	ความเร็ว-ม/วินาที
		สค.	กย.	ตค.	พย.				
2519	ทางระบายน้ำ	30	24	160	186	100	-	-	-
	E22A	14	18	89	217	85	155.85	187	0.452
	E16A	37	102	299	396	209	148.83	251	0.833
	บ้านกอก	67	153	434	654	327	144.26	471	0.694
	E1	61	141	397	567	292	142.25	432	0.676
	E8A	64	152	408	533	289	139.10	397	0.727
2521	ทางระบายน้ำ	155	520	831	88	399	-	-	-
	E22A	353	335	469	118	319	160.40	494	0.646
	E16A	282	292	893	56	381	150.88	363	1.05
	บ้านกอก	554	606	975	172	577	146.47	708	0.816
	E1	515	606	1155	221	624	144.93	707	0.882
	E8A	502	592	923	219	559	141.92	653	0.856
2523	ทางระบายน้ำ	219	370	434	52	269	-	-	-
	E22A	214	348	460	61	271	159.80	446	0.608
	E16A	96	284	710	128	305	150.32	330	0.925
	บ้านกอก	365	634	922	283	551	146.26	683	0.808
	E1	341	631	1080	285	584	144.69	680	0.858
	E8A	356	541	774	353	506	141.53	615	0.823

ตารางที่ 5-4 ค่า K, x จำนวนโดยวิธีความเร็วกระแสหน้า

ปี	สถานี-สถานี	ความเร็วเฉลี่ย-ม/ว	ระยะทาง-กม	K วัน	x	C ₁	C ₂	C ₃
2519	ทางระบายน้ำต้น-E22A	0.452	40	1.024	0	0.328	0.328	0.344
	E22A-ปานอก	0.573	94	1.899	0.488	0	0.976	0.024
	E16A-ปานอก	0.764	38	0.576	0.263	0	0.208	0.584
	ปานอก-E1	0.685	26	0.439	0	0.465	0.526	0.474
	E1-E8A	0.702	42	0.692	-0.139	0.532	0.532	0
2521	ทางระบายน้ำต้น-E22A	0.646	40	0.717	0	0.411	0.411	0.178
	E22A-ปานอก	0.731	94	1.488	0.303	0.283	0.717	0
	E16A-ปานอก	0.933	38	0.471	0.336	0	0.252	0.496
	ปานอก-E1	0.849	26	0.354	0	0.515	0.672	0.32
	E1-E8A	0.869	42	0.559	-0.062	0.529	0.515	-0.03
2523	ทางระบายน้ำต้น-E22A	0.608	40	0.761	0	0.397	0.397	0.206
	E22A-ปานอก	0.708	94	1.537	0.343	0.239	0.761	0
	E16A-ปานอก	0.867	38	0.507	0	0.245	0.245	0.510
	ปานอก-E1	0.833	26	0.361	0	0	0.650	0.350
	E1-E8A	0.841	42	0.578	0	0.497	0.497	0.006
						0.493	0.507	0
						0.581	0.581	-0.162
						0.639	0.361	0
						0.464	0.464	0.072
						0.422	0.578	0

ตารางที่ 5-5 ค่า x ของแต่ละช่วงลำน้ำ

สถานี-สถานี	x	เหตุผล
ทางระบายน้ำ- E_{22A}	0.30	1) ความลาดชันท้องน้ำ 1:2,000 ซึ่งชันกว่าสาขาอื่น ๆ 2) ค่า \bar{x} จาก 3 ปี = 0.378 3) อยู่ในคาระหว่าง 0-0.30
E_{22A} -บ้านกอก	0.20	1) ความลาดชันท้องน้ำปานกลาง (1:9,444) 2) ค่า \bar{x} จาก 3 ปี = 0.308 3) อยู่ในค่าเฉลี่ย = 0.20
E_{16A} -บ้านกอก	0.20	1) ความลาดชันท้องน้ำปานกลาง (1:7,250) 2) ค่า \bar{x} จาก 3 ปี = 0.028 3) อยู่ในค่าเฉลี่ย 0.20
บ้านกอก- E_1	0	1) ความลาดชันท้องน้ำน้อยมาก (1:26,000) 2) ค่า \bar{x} จาก 3 ปี = 0 3) อยู่ในช่วง 0-0.30
E_1 - E_{8A}	0.20	1) ความลาดชันท้องน้ำปานกลาง (1:46,671) 2) ค่า \bar{x} จาก 3 ปี = 0.173 3) อยู่ในค่าเฉลี่ย 0.20

ตารางที่ 5-6 สรุปค่า K และ x ที่ได้เลือกสำหรับการสร้างแบบจำลอง

ปี	สถานี-สถานี	K , วัน	x	C_1	C_2	C_3
2519	ทางระบายน้ำ-E22A	1.024	0.30	0.1584	0.6634	0.1782
	E22A-บ้านกอก	1.899	0.20	0.0595	0.4357	0.5048
	E16A-บ้านกอก	0.576	0.20	0.4005	0.6403	-0.0408
	บ้านกอก-E1	0.439	0	0.5325	0.5325	-0.0650
	E1-E8A	0.692	0.20	0.3432	0.6059	0.0509
2521	ทางระบายน้ำ-E22A	0.717	0.30	0.2844	0.7137	0.0019
	E22A-บ้านกอก	1.488	0.20	0.1197	0.4719	0.4084
	E16A-บ้านกอก	0.471	0.20	0.4628	0.6777	-0.1405
	บ้านกอก-E1	0.354	0	0.5855	0.5855	-0.1710
	E1-E8A	0.559	0.20	0.4098	0.6460	-0.056
2523	ทางระบายน้ำ-สน-E22A	0.761	0.30	0.2631	0.7052	0.0317
	E22A-บ้านกอก	1.537	0.20	0.1114	0.4668	0.4218
	E16A-บ้านกอก	0.507	0.20	0.4402	0.6640	-0.1042
	บ้านกอก-E1	0.361	0	0.5807	0.5807	-0.1614
	E1-E8A	0.578	0.20	0.3994	0.6397	-0.0391

$$S_t = Q_{nt} - O_t \quad (5-5)$$

$$\begin{aligned} S_t &= \text{น้ำไหลเข้าระหว่างช่วง (local flow)} \\ O_t &= \text{Routed Outflow จากน้ำไหลเข้า (reach inflow)} \\ Q_{nt} &= \text{ข้อมูลน้ำท่าที่วัดได้ที่สถานีท้ายน้ำ n} \end{aligned}$$

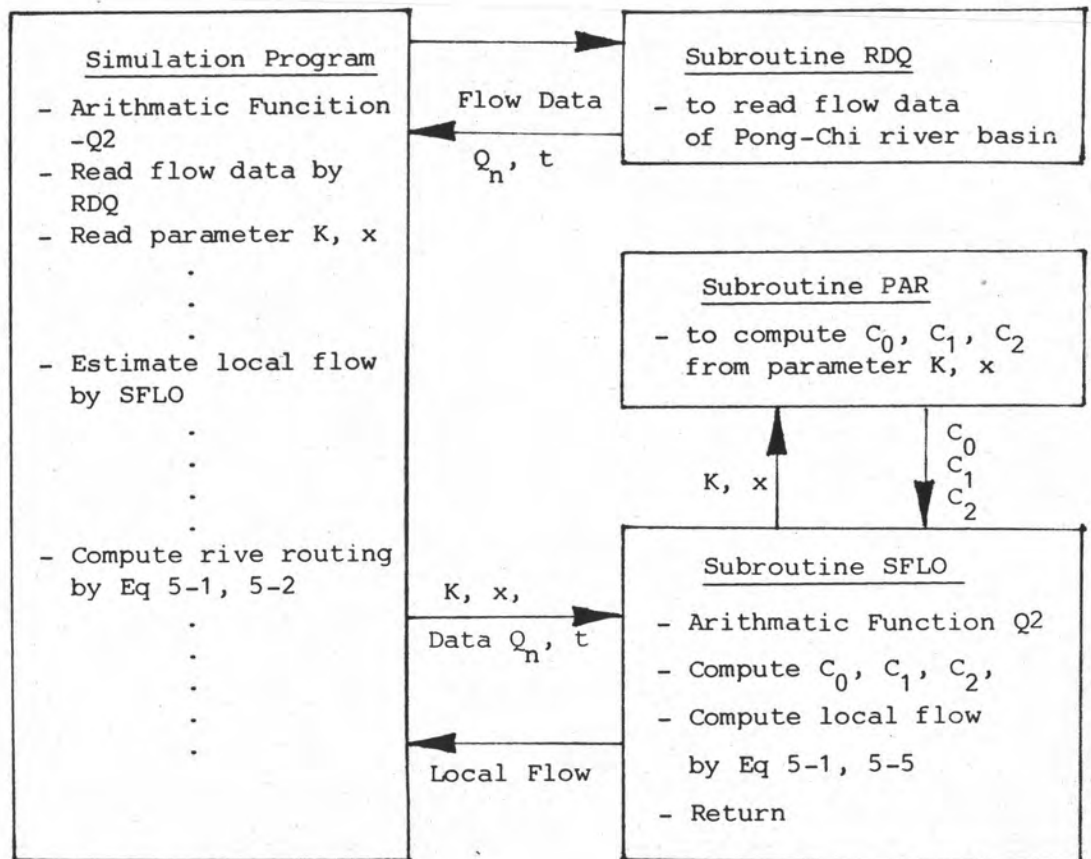
การคำนวณค่าน้ำไหลเข้าระหว่างช่วง, S_t จะกระทำโดยโปรแกรมย่อย -SFLO ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข และจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 5.5 ข้อมูลน้ำไหลเข้าระหว่างช่วง S_t ที่คำนวณมาได้จะนำไปใช้ในการจำลองสภาพของการดำเนินการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เพื่อให้ได้ผลกระทบ (effect) ที่บังเกิดขึ้น ณ สถานีควบคุมต่าง ๆ ตามลำนํ้าของแม่น้ำพองและชี

ผลของการคำนวณทดสอบกับข้อมูลปี 2519, 2521 และ 2523 ได้พบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าระหว่างช่วง $-S_t$ มีค่าเป็นลบ ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักความจริงตามธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าค่า K และ x ที่ได้กำหนดไว้มีค่าไม่ถูกต้อง และข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษามีความผิดพลาด ผลจากการวิเคราะห์ดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 5.6 ได้พบว่าข้อมูลน้ำท่าที่ได้นำมารวมมาสำหรับการศึกษานี้เป็นสาเหตุหลัก ของความไม่ถูกต้องในประเด็นนี้

5.5 แบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี

แบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี ได้สร้างขึ้นมาในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองสภาพ (Simulation Model) ซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข โครงร่างของแบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี จะทำหน้าที่คำนวณผลกระทบของการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ที่เกิดขึ้น ณ สถานีควบคุมต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 5-1 โดยการคำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านสถานีควบคุมต่าง ๆ ตามหลักการที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 5.2 และ 5.4

องค์ประกอบแบบจำลองระบบแม่น้ำ จะได้แก่โปรแกรมย่อยต่าง ๆ อันมี โปรแกรมย่อย PAR, SFLO, RDQ และ Arithmetic Function -Q2 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูป 5-4 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำไหลด้วยสมการ 5-1 และ 5-2 จะต้องมีอยู่ในโปรแกรมหลัก (Main Program)



รูปที่ 5-4 องค์ประกอบแบบจำลองระบบแม่น้ำพอง-ชี สำหรับการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในลำน้ำ ณ สถานีควบคุมต่าง ๆ

5.6 การทดสอบและวิเคราะห์แบบจำลองและข้อมูลน้ำท่า

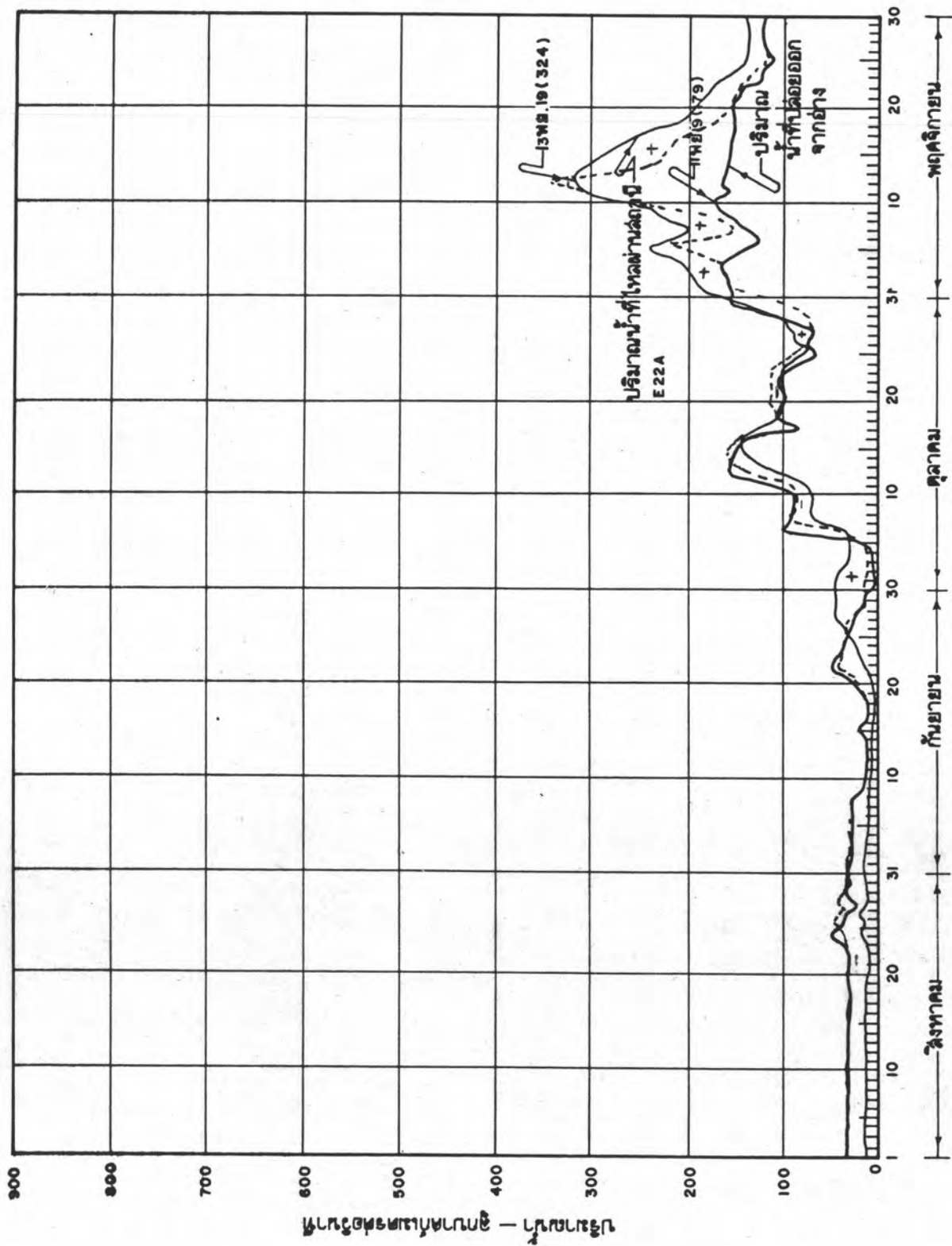
แบบจำลองระบบแม่น้ำดังกล่าวในหัวข้อ 5.5 ได้รับการทดสอบในขั้นตอนการประมาณค่าน้ำหลากระหว่างช่วงลำนน้ำ (local flow) ตามวิธีการที่กล่าวในหัวข้อ 5.4 ด้วยโปรแกรมย่อย SFLO การทดสอบได้จัดทำขึ้นสำหรับข้อมูลชุดปี 2519, 2521 และ 2523 ซึ่งมีตัวอย่างชลภาพของน้ำหลากเข้า (reach inflow) น้ำหลากออก (routed outflow) ของบางช่วงลำนน้ำ แสดงในรูป 5-5 ถึง 5-7

โดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบชลภาพ เช่น รูป 5-5 ถึง 5-7 สำหรับทุกช่วงลำนน้ำที่ทำการศึกษา (ดูรูป 5-1) ได้พบว่าค่าน้ำหลากเข้าระหว่างช่วงลำนน้ำ (local flow) S_t - Flow Data-Routed Outflow ที่สถานีท้ายน้ำ มีค่าเป็นลบค่อนข้างมาก และบ่อยครั้ง (ดูรูป 5-5 ถึง 5-7) ซึ่งขัดกับหลักความจริงตามธรรมชาติ ความผิดพลาดดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจาก

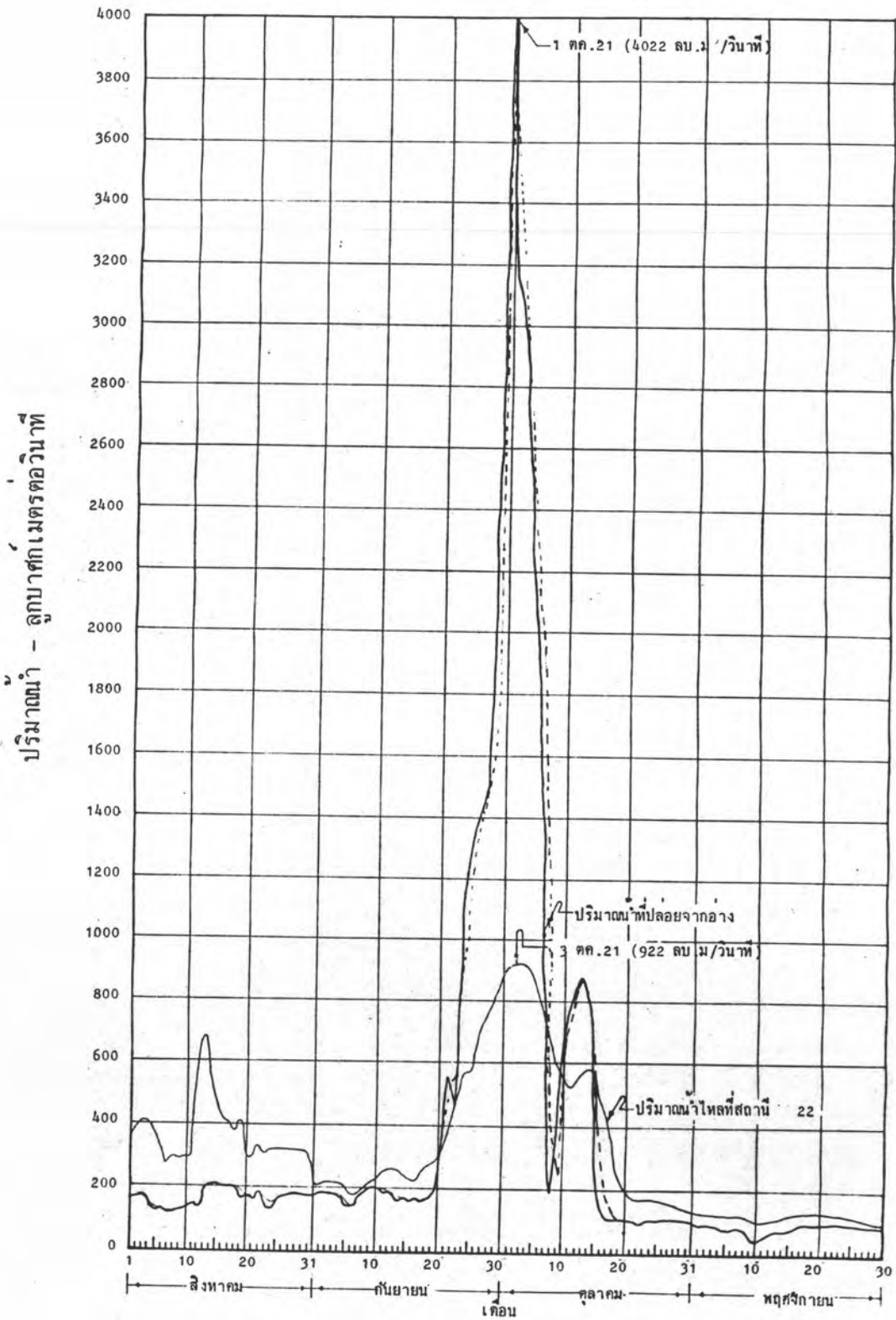
- 1) การประมาณค่า K และ x ผิดพลาดไปจากค่าที่ถูกต้อง
- 2) การใช้ Muskingum Routing Model ในการศึกษาแม่น้ำพองและชี มีความไม่เหมาะสม หรืออีกนัยหนึ่งใช้ไม่ได้
- 3) ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา ไม่ถูกต้อง

สาเหตุสองประการแรกอาจมีความเป็นไปได้ เนื่องจากวิธีการคำนวณหาตัวแปรกำหนดเป็นวิธีการต้องอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจในระหว่างการศึกษา ดังนั้นอาจมีผลมาจากสาเหตุประการที่สามด้วย คือ ข้อมูลน้ำท่าไม่ถูกต้อง

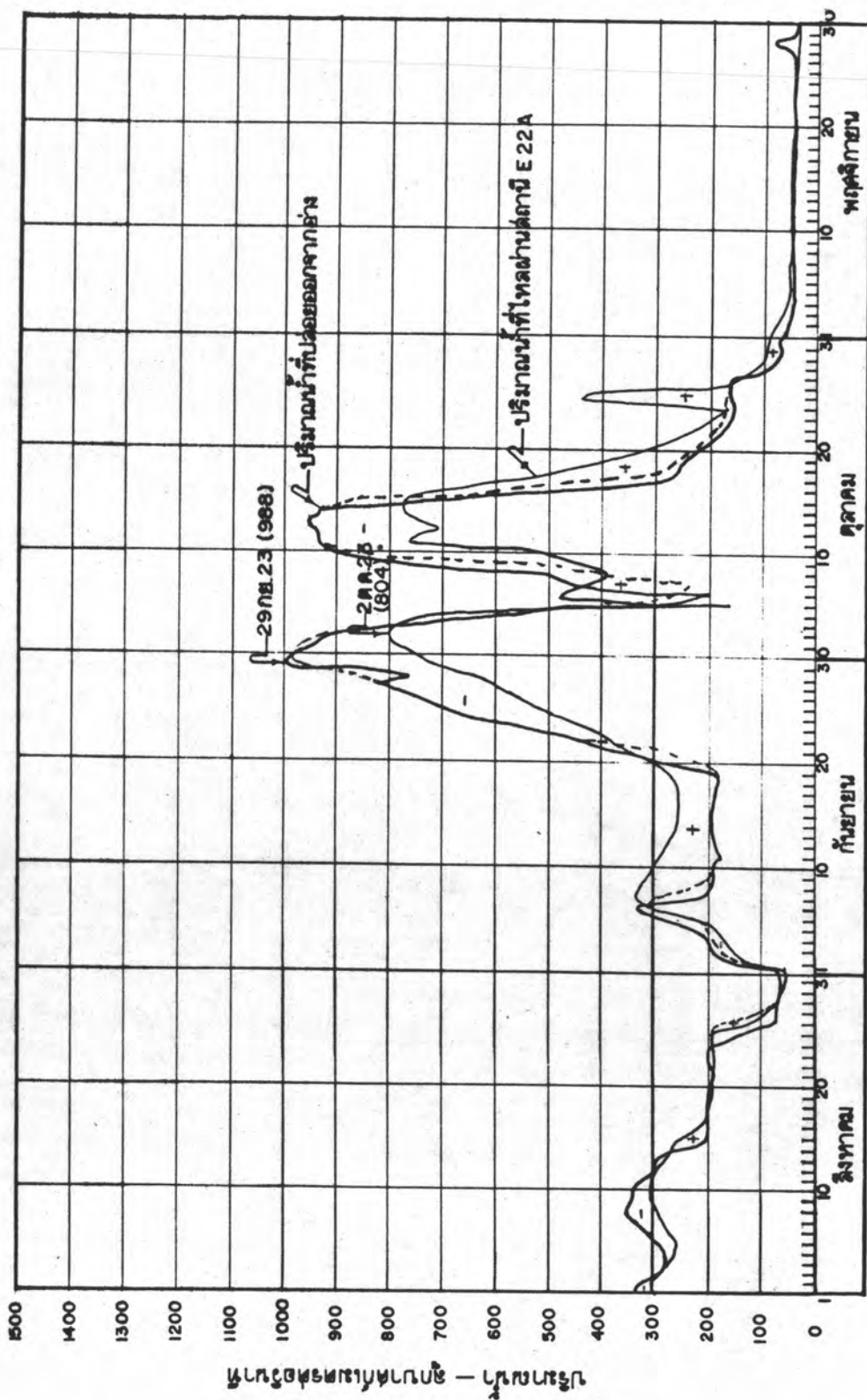
ดังนั้นความสนใจในการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจึงอยู่ในสาเหตุสุดท้าย การวิเคราะห์ความถูกต้องของข้อมูลได้กระทำขึ้น โดยการตรวจสอบข้อมูลน้ำท่าแต่ละสถานี ตาราง 5-7 ได้แสดงข้อมูลน้ำท่ารายวันในช่วง 18 กันยายน - 18 ตุลาคม ของปี 2519, 2521 และ 2523 ตลอดจนผลรวมของปริมาณน้ำท่ารอบ 30 วัน (Runoff) ซึ่งจะพบว่าในรอบ 30 วัน ดังกล่าวปริมาณน้ำท่า (Runoff) มีความผิดพลาด โดยที่สถานีท้ายน้ำมีปริมาณน้ำท่า (Runoff) น้อยกว่าสถานีเหนือน้ำ ซึ่งผิดความจริงตามธรรมชาติ เช่น ในปี 2521 (ตาราง 5-7(ข))



รูปที่ 5-5 สภาพของน้ำหลากเข้าและน้ำหลากออกจากอ่างและที่สถานี E22A ปี 2519
 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณน้ำหลากและผลของ Local Flow



รูปที่ 5-6 สภาพของน้ำหลากเข้าและน้ำหลากออกที่ปล่อยออกจากอ่าง และที่สถานี E22A ปี 2521 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณน้ำหลากและผลของ Local Flow



เดือน

รูปที่ 5-7 สภาพของน้ำพลากเข้าและน้ำพลากออกที่ปล่อยออกจากอ่างและที่สถานี E22A ปี 2523
เปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณน้ำพลากและผลของ Local Flow

ตารางที่ 5-7 แสดงข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในช่วงระหว่าง
วันที่ 18 กันยายน ถึง 18 ตุลาคม
(ก) ปี พ.ศ. 2519

สถานี วันที่-วัดน้ำ (เดือน)	อ่างเก็บน้ำ	E22A	E16A	บ้านกก	E1	E8A
18 กันยายน	15	5	79	104	98	106
19	18	6	82	103	98	103
20	20	6	87	105	95	102
21	27	8	91	114	101	105
22	53	15	102	126	110	117
23	46	20	113	155	129	135
24	41	23	125	190	164	164
25	37	28	137	211	188	192
26	33	37	153	230	204	214
27	30	47	169	262	231	241
28	15	46	183	281	258	269
29	14	44	196	298	277	292
30	19	47	205	308	291	310
1 ตุลาคม	12	48	216	318	304	324
2	11	42	228	336	324	348
3	13	36	238	347	333	358
4	13	38	248	356	344	367
5	13	29	256	364	350	375
6	25	27	263	363	350	377
7	103	48	269	359	346	373
8	96	70	278	367	350	370
9	86	71	288	389	362	374
10	87	74	296	404	370	381
11	85	76	306	419	384	390
12	123	81	318	431	392	399
13	159	113	329	445	402	405
14	158	132	338	469	416	415
15	151	142	346	498	435	429
16	150	145	353	519	452	441
17	144	146	357	535	462	456
18	85	122	359	540	469	461
รวม	1882	1766	6192	9948	9089	9393

(หมายเหตุ ปริมาณน้ำ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ตารางที่ 5-7 (ต่อ) (ข) ปี พ.ศ. 2521

สัปดาห์ วัน (เดือน)	อ่างเก็บน้ำ	E22A	E16A	บ้านกก	E1	E8A
18 กันยายน	151	241	238	520	521	561
19	161	256	303	558	539	565
20	166	266	338	648	573	576
21	372	290	339	637	614	609
22	549	352	339	662	666	636
23	454	428	339	692	706	661
24	805	484	339	719	728	677
25	1215	561	340	736	751	690
26	1328	556	377	752	772	698
27	1427	697	390	784	801	707
28	1464	707	435	810	843	723
29	1941	776	633	858	926	757
30	2684	822	-	985	1030	806
1 ตุลาคม	4022	873	1367	1110	1216	810
2	3163	912	1579	1240	1360	916
3	3048	922	1749	1380	1405	1135
4	2799	912	1945	1460	1446	1269
5	2266	895	2018	1500	1472	1446
6	2082	865	1939	1450	1466	1484
7	1404	796	1760	1340	1440	1357
8	486	716	1550	1250	1408	1228
9	186	634	1340	1160	1386	1146
10	415	583	1193	1100	1325	1068
11	740	544	1051	1040	1283	1005
12	806	516	932	1010	1245	958
13	880	536	843	987	1213	906
14	873	566	773	968	1181	880
15	728	580	717	958	1152	865
16	256	557	665	952	1136	851
17	138	472	626	948	1126	843
18	110	385	593	927	1120	830
รวม	37,119	18,700	27,050	30,141	32,850	27,663

(หมายเหตุ ปริมาณน้ำ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ตารางที่ 5-7 (ต่อ) (ค) ปี พ.ศ. 2523

วัน เดือน	สถานี วัดน้ำ	อ่างเก็บน้ำ	E33A	E16A	บ้านกก	E1	E8A
18	กันยายน	181	260	275	696	694	624
19		180	278	301	713	733	632
20		276	304	331	735	765	640
21		341	359	368	754	796	646
22		418	372	392	770	825	654
23		496	405	410	784	845	661
24		638	460	429	801	859	668
25		688	514	460	814	876	678
26		746	551	489	831	882	686
27		827	593	495	845	896	693
28		894	632	489	858	907	696
29		988	686	480	896	954	700
30		480	747	455	876	956	706
1	ตุลาคม	936	789	468	884	962	711
2		895	804	468	892	980	716
3		742	750	482	903	1002	723
4		560	732	511	926	1027	732
5		291	740	537	945	1056	743
6		197	487	560	955	1085	753
7		316	396	597	960	1114	769
8		499	379	782	959	1126	778
9		793	426	1325	978	1136	791
10		923	519	1385	1010	1178	798
11		936	763	1290	1020	1222	804
12		931	696	1157	1020	1245	814
13		954	745	1037	1010	1238	820
14		927	775	944	996	1222	820
15		693	772	876	988	1203	815
16		461	706	820	986	1197	811
17		272	579	774	954	1194	809
18		266	456	738	978	1194	807
รวม		19,245	17,675	20,125	27,740	31,374	22,698

(หมายเหตุ ปริมาณน้ำ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

- น้ำท่ารอบ 30 วัน ที่สถานี E22A = 18,700 น้อยกว่าที่ปล่อยออกจากอ่าง ซึ่งเท่ากับ 37,119
- น้ำท่ารอบ 30 วัน ที่สถานี บ้านกก = 30,141 น้อยกว่า 18,700 ที่ E22A รวมกับ 27,050 ที่ E16A
- น้ำท่ารอบ 30 วัน ที่สถานี E8A = 27,663 น้อยกว่า 32,850 ที่ E1

ปัญหาดังกล่าวนี้ได้เกิดขึ้นเช่นกันสำหรับข้อมูลปี 2519 และ 2523

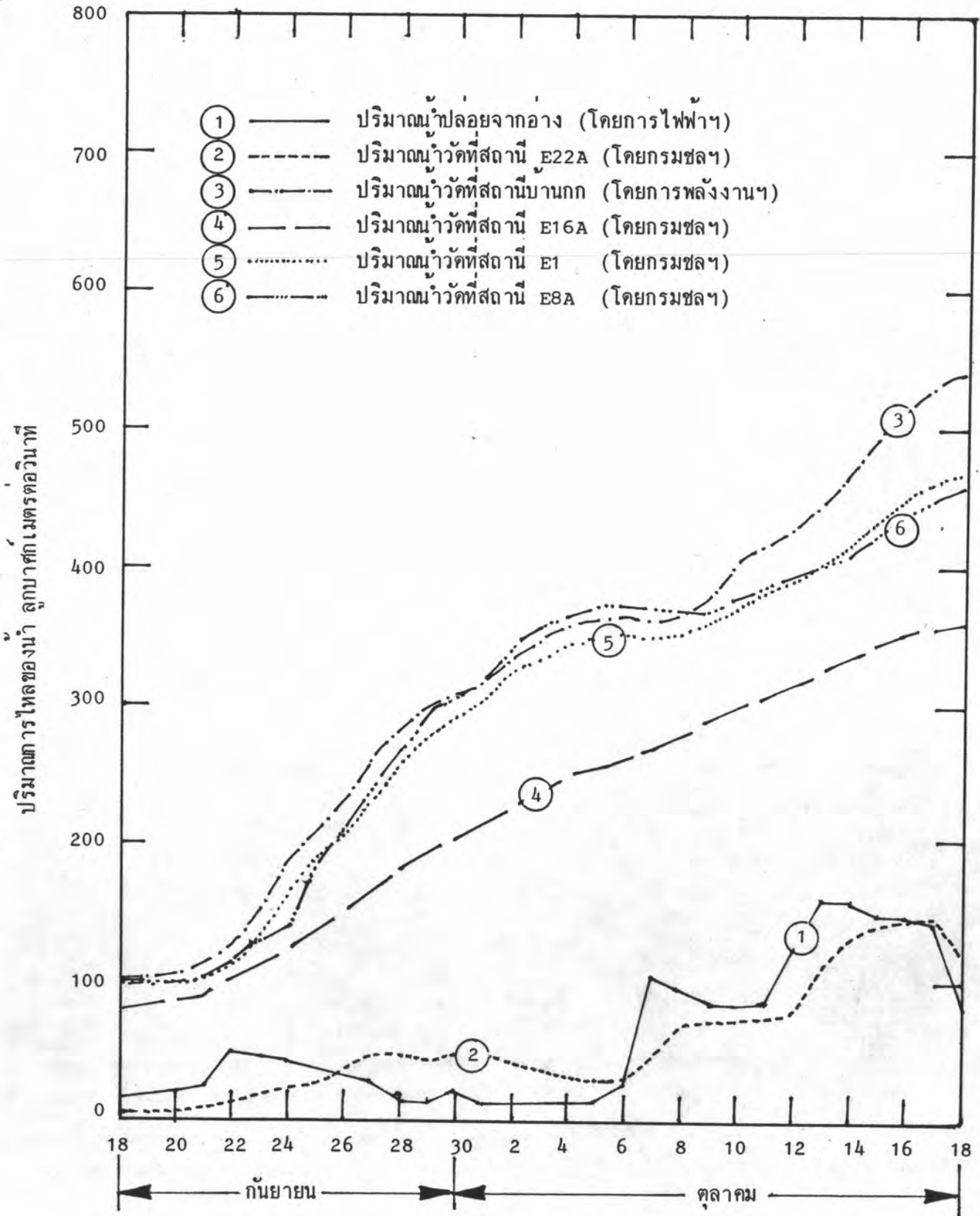
รูป 5-8, 5-9 และ 5-10 ได้แสดงชลภาพ (hydrograph) ของข้อมูลน้ำท่ารายวัน ระหว่าง 18 กันยายน - 18 ตุลาคม ซึ่งได้แสดงให้เห็นความไม่ถูกต้องของข้อมูลเช่นกัน

การตรวจสอบข้อมูลดังกล่าว ทำให้สรุปได้ว่าความไม่ถูกต้องของข้อมูลนั้นมีอยู่จริงและได้ก่อให้เกิดปัญหาในการคำนวณหาค่า K และ x ตลอดจนถึงการประมาณค่าน้ำหลากเข้าระหว่างช่วง (local flow) ด้วย

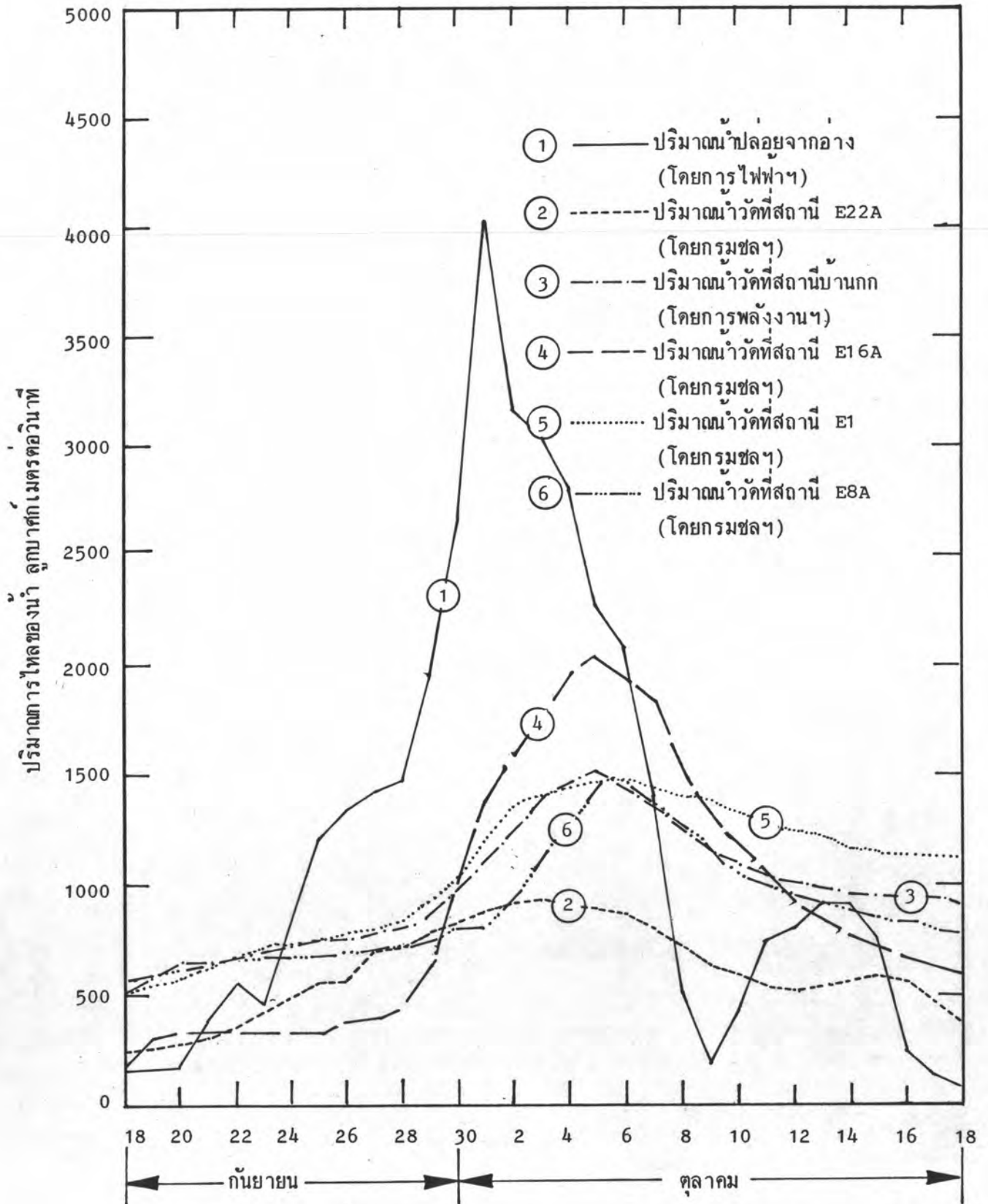
5.7 บทสรุป

การศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี ที่จะคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก โดยเริ่มต้นจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ไปตามลำน้ำพองและแม่น้ำชี เพื่อประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงนโยบายค่าเงินการ สำหรับศึกษาศักยภาพของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ต่อการควบคุมอุทกภัยของพื้นที่ท้ายน้ำ ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลน้ำท่าที่มีอยู่สำหรับการศึกษา

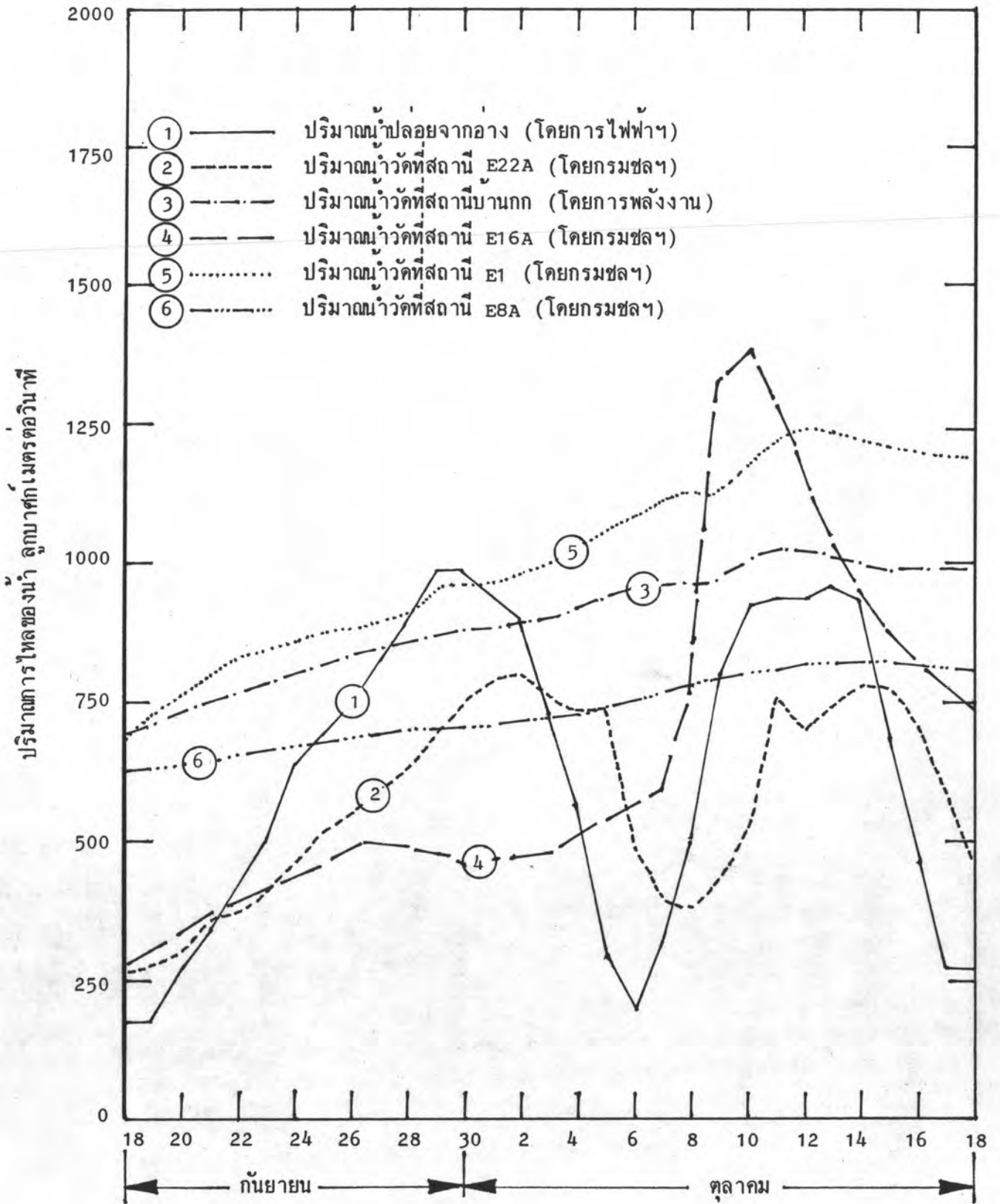
อย่างไรก็ตามแบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชีที่ได้สร้างขึ้น ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ สามารถนำไปประกอบเป็นแบบจำลองสภาพ (Simulation Model) ในการศึกษาขั้นต่อไป เพื่อกำหนดรูปแบบหรือเค้าโครงของแบบจำลองสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก โดยอาจมีการปรับค่าข้อมูลน้ำท่าให้ถูกต้อง หรือแสวงหาวิธีการที่แตกต่างไปจาก Muskingum Routing Model ซึ่งได้นำมาใช้ในที่นี้



รูปที่ 5-8 แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และที่สถานีวัดน้ำท้ายน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม 2519



รูปที่ 5-9 แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และที่สถานีวัดน้ำท้ายน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม พ.ศ. 2521



รูปที่ 5-10 แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และที่สถานีวัดน้ำท้ายน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม พ.ศ. 2523