

ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างกุ่มน้ำตามแม่น้ำเจ้าพระยา
จากนครสวรรค์ ถึง สมุทรปราการ

ปริญญานิพนธ์

ของ

นางสาวกาญจนา ประเสริฐ

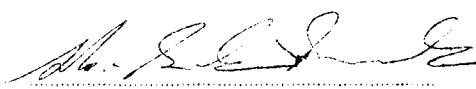
หอสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

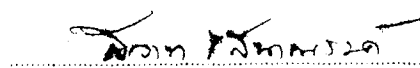
เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญาดุษฎีบัณฑิต

มีนาคม 2519

4 50113

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปัญหานี้นี้แล้ว เห็นสมควร
รับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ได้.

 ประธาน

 กรรมการ

มีนาคม 2519

ประกาศคุณประการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะผู้เขียนได้รับคำแนะนำช่วยเหลืออย่างดียิ่ง
จาก อาจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทย์รัฐ และ ศาสตราจารย์สวาท เสนาณรงค์
ที่กรุณาให้คำปรึกษา ซอกัลเห็น และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงขอกราบ
ขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณหัวหน้าและเจ้าหน้าที่แห่ง หน่วยงานประสาทและรักษาลำน้ำ
แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน จังหวัดนครสวรรค์ หน่วยงานประสาทและรักษาลำน้ำ
แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จังหวัดอ่างทอง ฝ่ายการร่อนน้ำ การหาเรือแห่งประเทศไทย
และกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการศึกษา ค้นคว้าเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ อย่างสูง ที่ให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา

นงกราณ กาญจนประเสริฐ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษาคนควา	6
	สมมุติฐานในการศึกษาคนควา	6
	ความสำคัญของการศึกษาคนควา	7
	ขอบเขตของการศึกษาคนควา	7
	ข้อตกลงเบื้องต้น	7
	อธิบายศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา	8
2	เอกสารการคนควาและวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
3	วิธีดำเนินการศึกษาคนควา	21
	แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ	21
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	22
	การกระทำกับข้อมูล	22
	การวิเคราะห์ข้อมูล	24
	สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล	26
4	โครงสร้างและลักษณะของแม่ข่ายจากระบบ	31
5	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะของแม่ข่าย	34
	ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6	44

	ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างกึ่งน้ำ แต่ละชนิดกับตัวแปรทั้ง 6	46
	จัดลำดับความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์โครงสร้าง กึ่งน้ำ	48
	สร้างสมการพยากรณ์โครงสร้างกึ่งน้ำ	51
6	อภิปรายผลการทดลอง	53
	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะกึ่งน้ำ	53
	ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6	58
	ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างกึ่งน้ำ แต่ละชนิดกับตัวแปรทั้ง 6	60
	จัดลำดับความสำคัญของตัวแปรทั้ง 6 ที่มีผลต่อการพยากรณ์ โครงสร้างกึ่งน้ำ	63
	สมการพยากรณ์โครงสร้างกึ่งน้ำ	64
	ขอบทรับรองในการศึกษาทดลอง	66
	ขอเสนอแนะในการวิจัยต่อไป	66
	บรรณานุกรม	67
	ภาคผนวก	

บัญชีตาราง กราฟ

ตาราง	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6	45
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบโครงสร้างkungน้ำ	46
3 แสดงค่าน้ำหนักของตัวพยากรณ์ การสัมพันธ์ทุกคน และการสถิติอื่นๆ	49
4 จัดจำกับความสำคัญของตัวพยากรณ์ที่มีผลต่อการทำนายขององค์ประกอบ โครงสร้างkungน้ำ	50

กราฟ

1 แสดงความแปรผันของความกว้าง ความลึก และความเร็ว เมื่อปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลง ไปทางตอนปลายลำน้ำ	12
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับช่วงกว้างkungน้ำ	36
3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความลึก	37
4 แสดงความลาดชันของท้องน้ำกับรัศมีkungน้ำ	39
5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่น้ำกับขอบเขตkungน้ำ	41
6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับรัศมีของkungน้ำ	42
7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับช่วงยาวของkungน้ำ	44

บัญชีภาพ แผนที่

ภาพ		หน้า
1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของด้านน้ำตลอดสาย	2
2	แสดงความลาดชันตลอดทางตอนล่างของแม่น้ำ	2
3	แสดงการพัฒนาของทุ่งน้ำซึ่งเป็นผลมาจากการไหลของน้ำ	4
4	แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของทุ่งน้ำ	9
5	แสดงขนาดและรูปร่างของร่องน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาต่าง ๆ	12
6	แสดงขนาดและรูปร่างของร่องน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาต่าง ๆ	12
7	แสดงการผันแปรของความเร็วในลำน้ำ	13
8	แสดงการสึกกร่อนของท้องน้ำในช่วงต่าง ๆ	13
9	แสดงภาพหน้าตัดตามยาวซึ่งมีลักษณะเป็นความโค้งเว้าของแม่น้ำ เยลโลส์โตน	15
10	แสดงขนาดของน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของแม่น้ำ	16
11	แสดงการกัก ไข่ และทับถมพร้อมทั้งการพัฒนาเป็นแก่งน้ำของร่องน้ำ	18
 แผนที่		
1	แสดงทางเดินของแม่น้ำเจ้าพระยาปัจจุบัน และบริเวณที่ศึกษา	29
2	แสดงทางเดินของแม่น้ำเจ้าพระยาสมัยอยุธยา	30

บทนำ

กระบวนการกัดกร่อนพื้นผิวโลก มีตัวกระทำที่สำคัญที่สุดสิ่งหนึ่งคือ การไหลของน้ำ ถ้าพิจารณาเฉพาะท้องถิ่น อาจมีตัวกระทำอื่นที่เด่นกว่า แต่หากพิจารณารวมทั้งโลกแล้ว การไหลของน้ำ สำคัญกว่าตัวกระทำอื่น เพราะปริมาณน้ำฟ้าทั้งหมดซึ่งตกลงมายังพื้นโลกนั้น ประมาณ 35 - 40 % ไหลเกิดขึ้นบนพื้นผิวทวีป ซึ่งจากการไหลนี้ มีผลทำให้เกิดทางน้ำต่าง ๆ ขึ้น เช่น ริล (rills) กัลลี (gully) และ สตรีม (stream) (Easterbrock, 1969 : 113) สตราเลอร์ (Strahler) กล่าวว่า ร่องน้ำอาจแคบจนสามารถกระโดดข้ามได้ หรืออาจจะกว้างถึง 1 ไมล์ เช่น แม่น้ำมิสซิสซิปปี (Mississippi) แต่อย่างไรก็ตามความกว้างของร่องน้ำตามธรรมชาติ มีพิสัยระหว่าง 1 ฟุต ถึง 1 ไมล์ (Strahler, 1969 : 420) การที่แม่น้ำมีลักษณะแตกต่างกันนี้ มีอยู่ให้เหตุผลไว้ทางกันเช่น

มอนเฮาส์ (Monkhouse) กล่าวว่า ลุ่มน้ำหนึ่ง ๆ จะถูกกำหนดขึ้นโดยสิ่งต่อไปนี้คือ

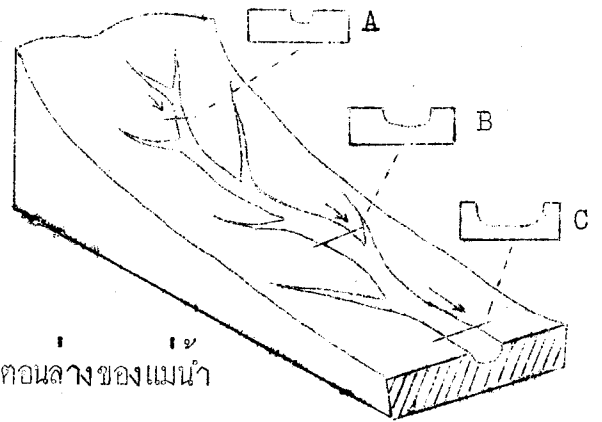
1. ธรรมชาติของหินที่ประกอบเป็นท้องน้ำและฝั่งทั้งสองข้าง มีความต้านทาน (resistance) ต่อการกัดกร่อนได้กี่เปอร์เซ็นต์
2. พลังในการกัดกร่อนของแม่น้ำและสาขา ซึ่งเป็นผลมาจาก ปริมาณน้ำ อัตราการไหล และตะกอนที่นำเข้ามา รวมทั้งขบวนการบกร่อนที่เกิดจากลมฟ้าอากาศ (weathering) การชะล้างจากฝน (rain-wash)
3. ลำดับชั้นของขบวนการต่าง ๆ ในข้อ 2 ขึ้นอยู่กับเหตุผลข้อ 1

เป็นสำคัญ (Monkhouse, 1964 : 120)

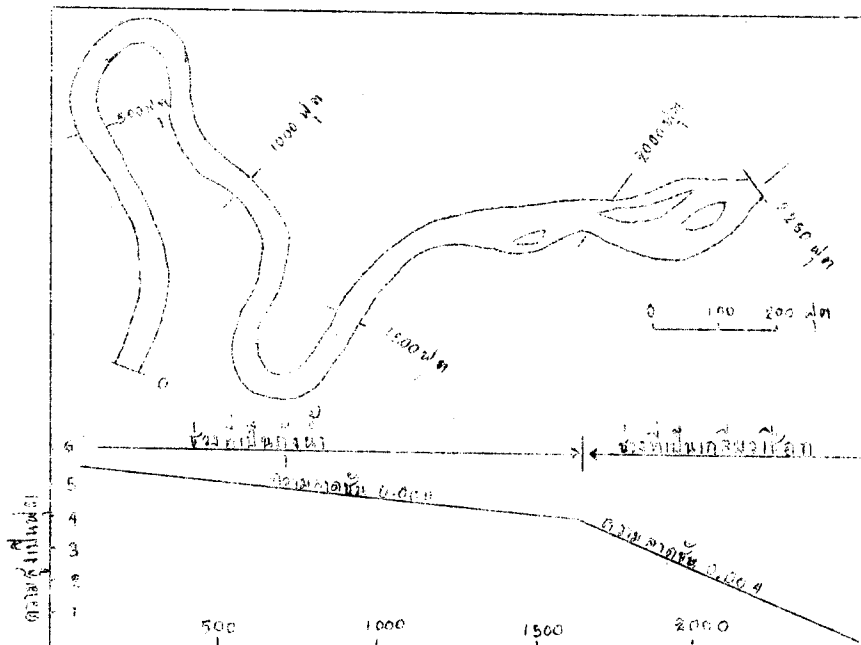
สิ่งเหล่านี้เป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่ทำให้ลักษณะของแม่น้ำแตกต่างกันไป แต่การพิจารณาถึงความแตกต่างของแม่น้ำนั้น เราอาจพิจารณาได้ในหลายลักษณะ เช่น จากรูปแบบที่ปรากฏ

ในแผนที่ หรือจากภาพตัดตามขวาง (cross section) ตอนใดตอนหนึ่งของแม่น้ำ ก็จะเห็นได้จากการศึกษาของ ฟลินท์ (Flint) ปรากฏว่าถ้าพิจารณาร่องน้ำไปตามความยาว จากต้นน้ำถึงปากน้ำตลอดทั้งสายแล้ว ร่องน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามจุดต่าง ๆ อันเป็นผลมา จากการปรับตัวของร่องน้ำ คือ ปริมาณน้ำ (discharge) ความกว้าง (width) และความลึก (depth) ของร่องน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนความเร็ว (velocity) และความลาดชัน (gradient) จะค่อย ๆ ลดลง (Flint, 1974 : 131)

ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลง ของลำน้ำตลอดสาย โดยมีปริมาณน้ำ ความลึก ความกว้าง เพิ่มขึ้นจากภาพตัดตามขวาง A, B, C



ภาพที่ 2 แสดงความลาดชันลดลงทางตอนล่างของแม่น้ำ



ระยะทางจากต้นน้ำเป็นหน่วย

คูรี (Dury) ได้จัดรูปแบบของร่องน้ำเป็น 8 ชนิดคือ

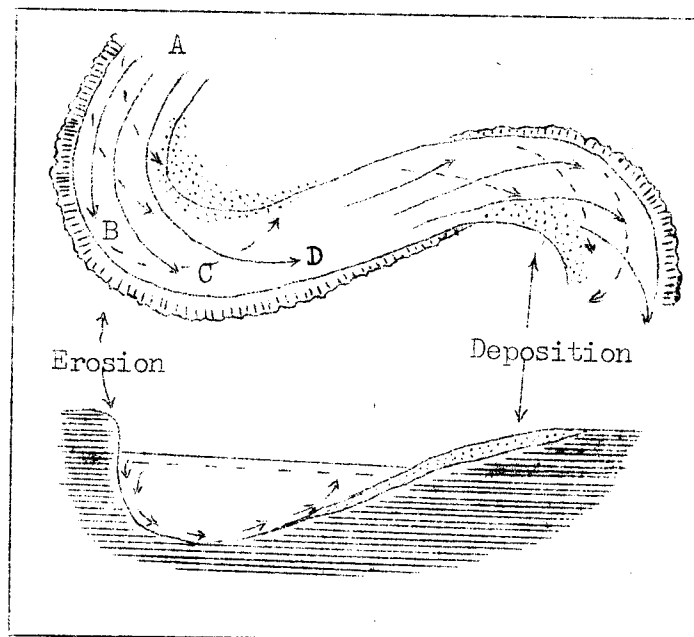
1. เป็นคูกน้ำ (Meandering)
2. เป็นเกลียวเชือก (Braided)
3. เป็นแนวตรง (Straight)
4. เกือบเป็นแนวตรง (Straight - simulating)
5. เกลตาอิค - คิสทริบิวทารี (Deltaic distributary)
6. แอนนาบรานชิ่ง (Anabranching)
7. เรทคิวเลท (Reticulate)
8. อิลเรกกูลาร์ (Irregular)

แต่ถ้าพิจารณาจากภาพถ่ายทางอากาศ หรือจากที่ปรากฏในแผนที่ ในสภาพ 2 มิติคือ ภาพตัดตามขวาง และภาพตัดตามยาว (long profile) แล้ว ปรากฏว่าจะพบร่องน้ำ ที่มีรูปแบบเป็นคูกน้ำและเป็นเกลียวเชือกง่ายกว่าที่ พบในลักษณะที่เป็นแนวตรง ลีโอโปลด์ (Leopold) ได้จัดรูปแบบของร่องน้ำว่ามีเพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่สำคัญคือ เป็นคูกน้ำ เป็นเกลียวเชือก และเป็นแนวตรง แต่เขาก็สนับสนุนเหตุผลของคูรี (Dury) ว่า เป็นการยากที่จะพบรูปแบบของร่องน้ำตามธรรมชาติในลักษณะเป็นแนวตรงยาวถึง 10 เท่าของความกว้าง เพราะตามปกติแล้ว ร่องน้ำมีฟังก์ชันเคียว (sinuosity) สลับกันไปมา ลองเวลล์ (Longwell) ได้พิสูจน์ค่ากล่าวทั้งหมดนี้ โดยสรุปผลจากการวัดระยะทางจากปากน้ำ โอไฮโอ ถึง ปากน้ำมิสซิสซิปปี พบว่า ถ้าวัดระยะทางตามแนวตรง (straight - line distance) ยาวประมาณ 600 ไมล์ แต่จากจุดเดียวกันนั้น ถ้าวัดไปตามความยาวของแม่น้ำแล้ว ยาวถึง 1,050 ไมล์ เขาจึงสรุปหาระยะทางที่แตกต่างกันนี้เป็นผลมาจากความคดเคี้ยวของร่องน้ำนั่นเอง

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าร่องน้ำส่วนใหญ่ มีทางเดินคดเคี้ยวมากกว่าเป็นแนวตรง ดังนั้นจึงมีปัญหว่า ทำไมร่องน้ำจึงมีทางเดินไม่เป็นแนวตรง ปัญหานี้ผู้ที่มีประสบการณ์หลายท่าน ได้ให้ความเห็นไว้อย่าง ๗ กันเช่น

✓ **พีล (Peel)** กล่าวว่า น้ำซึ่งไหลไปตามแรงดึงดูดของธรรมชาตินั้น นาน ๆ ครั้ง
 จะพบในลักษณะที่เป็นแนวตรง ส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่มีหัวโค้ง (bend) ต่อมาเมื่อหัวโค้ง
 เหล่านี้พัฒนาขึ้น บางครั้งอาจจะกลายเป็นวง (loops) การที่ร่องน้ำมีลักษณะเช่นนี้
 เพราะเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำซึ่งไหลอยู่ในร่อง ตามแนว A - B (รูป 3) เมื่อไป
 กระทบส่วนที่เป็นหัวโค้งที่ B มาก ทำให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงทางฝั่งด้านขวา
 กระแสน้ำเริ่มลดความเร็วลงและเปลี่ยนทางเดินใหม่ โดยไหลวนไปรอบ ๆ หัวโค้งและย้อนกลับ
 กับทิศทางเดิม อันเป็นเหตุให้ตะกอนตกทับถมที่ฝั่งด้านซ้าย เมื่อหัวโค้งนี้ได้รับการพัฒนาต่อไป
 จะกลายเป็นวง แต่น้ำก็ยังไหลตามแนว C - D บางที่อยู่ในรูปนั้นเรียกว่า "คูกน้ำ"

(Peel, 1955 : 78 - 79)



ภาพที่ 3 แสดงการพัฒนาของคูกน้ำซึ่งเป็นผลมาจากการไหลของน้ำ

คำว่าคูกน้ำนี้ ในเอเชียไมเนอร์ (Asia minor) หมายถึงลักษณะแม่น้ำที่มีหัวโค้ง
 ชุกหนึ่ง ภาษากรีกเรียกว่า แมแอนดรอส์ (maiandros) ซึ่งหมายถึงหัวโค้งแต่ละแห่ง
 (a bend) แต่ในปัจจุบันนี้ หัวโค้งทั้งชุดนี้เรียกว่ามีแอนด์เกอร์ด (me - an - ders)

(Leet, 1954 : 133 - 134)

แมคกิน (Mackin) ไกลลาวถึงรูปแบบทุ่งน้ำ และแบบเกลียวเชือกว่า การร่อนน้ำ มีความสัมพันธ์กับความลึกและความแคบ เมื่อมีน้ำไหลวนในบริเวณหนึ่งกำลังแรงของน้ำจะทำให้เกิดการกัดเซาะที่ฝั่งความยาวมากขึ้น แต่การร่อนน้ำมีความสัมพันธ์กับความตื้นและความกว้าง การไหลวนของน้ำมีกำลังอ่อน ทำให้เกิดการทับถมที่ฝั่งด้านในมาก ซึ่งจะทำให้ลำน้ำนั้นพัฒนาเป็นคุ่งน้ำ หรือเป็นเกลียวเชือกต่อไป แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ประกอบเป็นฝั่งทั้งสองข้างกาย จึงจะเห็นได้จากกรทลของ ฟรายคิน (Friedkin) ซึ่งได้ทำการทดลองที่สถานี วิกส์เบิร์ก (Vicksburg) โดยจัดให้แม่น้ำ 2 แห่งมีปริมาณการไหล และความลาดชัน เหมือนกัน แล้ววัดที่แม่น้ำนั้นไหลวนแตกต่างกัน ผลที่ได้รับจะแตกต่างกันคือ ร่องน้ำที่มีฝั่ง เป็นวัถกที่เห็นยาวแนวจะลึกและแคบ หรือทั้งมีรูปแบบเป็นคุ่งน้ำ ส่วนร่องน้ำที่มีฝั่ง เป็นวัถกชนิด อ่อนจะมีร่องน้ำตื้นและกว้าง รวมทั้งมีรูปแบบเป็นเกลียวเชือก (Easterbrook,

1969 : 125 - 126)

เฟลทเชอร์ (Fletcher) ได้พิจารณาถึงสิ่งกีดขวางว่า อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ ร่องน้ำเกิดความคล้กเกี่ยวได้ เพราะตามปกติน้ำที่ไหลไปตามร่องของมัน จะมีการกัดเซาะ ฝั่งบางเพียงเล็กน้อย แต่ถ้ามี่สิ่งกีดขวาง (obstruction) ทำให้น้ำไหลช้าลงและเบี่ยงเบนไป ผลจากการเบี่ยงเบนนี้ ทำให้น้ำไหลกลับไปกลับมา (swing) จากฝั่งอีกด้านหนึ่ง ไปยังฝั่งอีกด้านหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้แม่น้ำนั้นเกิดความคล้กโจ่งและกลายเป็นคุ่งน้ำ ลักษณะเช่นนี้ มีต่อเนื่องกันไปตลอดลำน้ำทั้งสาย คุ่งน้ำบางแห่งเมื่อพัฒนามากขึ้น อาจจะถูกตัดที่คอ (neck) ของบวงทวน้ำให้เปลี่ยนทางเดินใหม่ โดยไหลไปตามส่วนที่ถูกตัดนั้น ทางน้ำเก่าซึ่งมีตะกอนขวางกัน น้ำไหลผ่านไม่ไ้จึงกลายเป็นทะเลสาบรูปแอก (oxbow - lake)

(Fletcher, 1953 : 75)

สาเหตุที่แม่น้ำมีทางเดินคล้กเกี่ยวไปมานั้น หลายท่านไกลลาวถึงตัวแปรหลายตัวที่มี อิทธิพลต่อแม่น้ำ ลีโอโปลด์ (Leopold) ได้เป็นผู้สรุปว่า ตัวแปรสำคัญที่เป็นสาเหตุให้ร่องน้ำ มีรูปแบบของตนเองขึ้นนั้น มี 8 ตัวแปรคือ ปริมาณน้ำ ความกว้าง ความลึก ความเร็ว ความลาดชัน การตกตะกอน ขนาดของตะกอน ความขรุขระของร่องน้ำ สิ่งเหล่านี้จะพิจารณาได้จากแม่น้ำตัว ๆ ไป แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่มีความคล้กเกี่ยว และมีคุ่งน้ำหลายแห่ง

ทั้งยังเป็นแม่น้ำสำคัญที่สุดในประเทศไทย จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่า มีทิวแปรใดบ้าง ที่มีผลต่อโครงสร้างของแม่น้ำ

ความหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อตรวจสอบดูว่า ทิวแปรต่าง ๆ มีผลต่อโครงสร้างของแม่น้ำเจ้าพระยาเพียงใด
2. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทิวแปร ที่มีผลต่อการพยากรณ์โครงสร้างของแม่น้ำ
3. เพื่อสร้างสมการสำหรับการพยากรณ์ทิวแปรที่มีผลต่อแม่น้ำ

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. โครงสร้างของแม่น้ำเจ้าพระยา น่าจะมีผลมาจากทิวแปรต่าง ๆ เมื่อทิวแปรเปลี่ยนแปลง น่าจะมีผลต่อโครงสร้างของแม่น้ำด้วยดังนี้
 - 1.1 ถ้าปริมาณน้ำของแม่น้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้แอมพลิจูดของแม่น้ำ (amplitude) ขยายเพิ่มขึ้น
 - 1.2 ความเร็วของกระแสน้ำน่าจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความคดเคี้ยวของแม่น้ำ กล่าวคือ กระแสน้ำมีความเร็วลดลง แม่น้ำจะมีความคดเคี้ยวมากขึ้น
 - 1.3 ความลึกชันของแม่น้ำ น่าจะเป็นปฏิภาคผกผันกับรัศมี (radius) ของแม่น้ำ กล่าวคือ เมื่อความลึกชันลดลง รัศมีของน้ำจะใหญ่ขึ้น
 - 1.4 ขนาดของร่องน้ำ น่าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับขอบเขตของน้ำ (meanderbelt) กล่าวคือเมื่อร่องน้ำมีขนาดใหญ่ จะทำให้ขอบเขตของน้ำใหญ่ด้วย
 - 1.5 ถ้าแม่น้ำมีตะกอน (bed load) ตกทับถมท้องน้ำเพิ่มขึ้น น่าจะทำให้รัศมีของห้ำโค้งใหญ่ขึ้น
 - 1.6 แม่น้ำที่ไหลยาวนานวัตถุ (material) ต่างชนิดกัน น่าจะมีช่วงยาวของแม่น้ำ (wave length) ต่างกัน เมื่อไหลผ่านบริเวณวัตถุที่มีความกำหนัดสูง ช่วงยาวของ

คูกน้ำจะยาวกว่าเมื่อไหลผ่านบริเวณที่ที่มีความต้านทานต่ำ

2. ทิวแปรทาง ๆ นาคจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันสูง และจากความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันนี้ นาคจะส่งผลถึงโครงสร้างคูกน้ำด้วย

ความสำคัญของการศึกษาคูกน้ำ

1. เป็นประโยชน์ต่อผู้หน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรื่องน้ำ
2. เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีพ โดยเฉพาะผู้ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณสองฝั่งแม่น้ำ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาคูกน้ำเกี่ยวกับภูมิศาสตร์กายภาพให้กว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการศึกษาคูกน้ำ

ศึกษาตามลำแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่บริเวณที่แม่น้ำปิงและแม่น้ำน่านไหลมาบรรจบกันที่จังหวัดนครสวรรค์ จนถึงอ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยพิจารณาถึงทิวแปรที่สำคัญเหล่านี้คือ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด ตะกอนที่ตกทับถมของน้ำ วัตถุของบริเวณที่แม่น้ำไหลผ่าน

ขอบกของเบองตน

1. โครงสร้างคูกน้ำ (meander structure) ประกอบด้วยขอบเขตคูกน้ำ ขวงทางของคูกน้ำ ขวงยาวของคูกน้ำ รัศมีของความโค้ง ร่องน้ำของคูกน้ำ (meandering channel) เมื่อทิวแปรใด มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบใดองค์หนึ่งของโครงสร้างคูกน้ำ ถือว่าทิวแปรนั้นมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างคูกน้ำด้วย
2. เนื่องจากพื้นที่บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน เป็นดินตะกอน (alluvial) ที่มีดินเหนียว (clay) หทราย (sand) และทรายละเอียด (silt) ผสมอยู่ในดิน

ต่างกันแต่ละบริเวณ ทั้งนี้ถ้ามีกินเหนียวสมในกินมาก แสดงว่ามีส่วนผสมของทรายและทรายละเอียดคนอย ถ้ามีความต้านทานต่อการสึกกร่อนมาก แต่ถ้ามักกินเหนียวสมในกินน้อย แสดงว่ามีส่วนผสมของทรายและทรายละเอียดมาก ถ้ามีความต้านทานต่อการสึกกร่อนน้อย

3. ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ และข้อมูลที่ได้จากแผนที่ ถือว่าเป็นข้อมูลในระบบเดียวกัน และเชื่อถือได้

อธิบายศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา

คูน้ำ หมายถึง แนวที่มีความคดเคี้ยว โดยมีอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัดไปตามลำน้ำจริง กับระยะทางที่วัดไปตามแกนของความคดเคี้ยวอย่างน้อยที่สุด ตั้งแต่ 1.5 ขึ้นไป

ขอบเขตคูน้ำ หมายถึง บริเวณซึ่งคลุมอยู่ระหว่างยอดของคูน้ำที่คดเคี้ยวไปมาสลับกัน

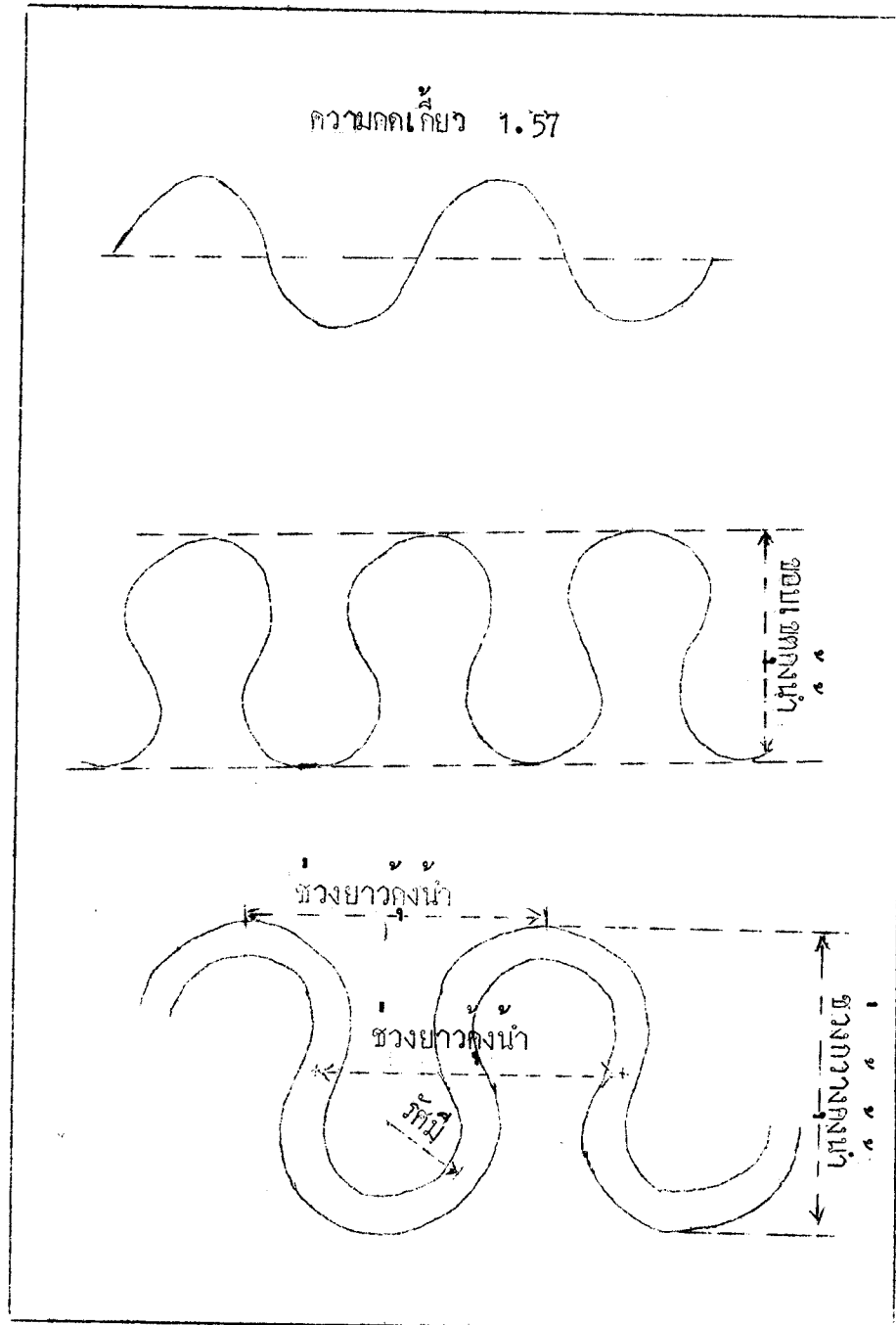
ช่วงยาวของคูน้ำ หมายถึง ความยาวตามแนวตรง ระหว่างยอดหนึ่งถึงอีกยอดหนึ่งของคูน้ำ

ช่วงกว้างของคูน้ำ หมายถึง ระยะทางตั้งฉากจากยอดถึงฐานของคูน้ำหนึ่ง ๆ

รัศมีของคูน้ำ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดกกลางไปยังบริเวณโดยรอบของคูน้ำแต่ละแห่ง

ขนาดแม่น้ำ หมายถึง ความกว้างจากฝั่งหนึ่งถึงอีกฝั่งหนึ่ง

ภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของคูกงน้ำ



เอกสารการทศนควาและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในเรื่องเกี่ยวกับแม่น้ำนี้ ได้มีผู้สนใจศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การควบคุมน้ำท่วม (Flood control) การระบายน้ำ และการชลประทาน (Irrigation and drainage) การพลังน้ำ (Water power) การล่องแพ การเดินเรือ การใช้น้ำ (Water supply) การประมง และการสงวนพันธุ์สัตว์น้ำ การพักผ่อนหย่อนใจ และการควบคุมน้ำเสีย (Water - pollution) (Chorley, 1969 : 331) แต่การที่จะนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ นั้น อาจจะต้องศึกษาเรื่องของน้ำแตกต่างกันไป ในที่นี้ได้ทำการศึกษาดังตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างลุ่มน้ำ จึงขอเพียงนำเอกสารที่เกี่ยวข้องมากล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

อินกลิช และ จอกลีคาร์ (Inglis and Joglekar) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลุ่มน้ำทั้งจากการสังเกตแม่น้ำตามธรรมชาติและจากรูปจำลอง (model) แล้วสรุปได้ว่า รูปแบบของลุ่มน้ำจะเปลี่ยนแปลง เมื่อปริมาณน้ำ ความลาดชัน แม่น้ำ และลักษณะของวัตถุที่แม่น้ำไหลผ่าน เปลี่ยนแปลงไป ตามปกติอาจกล่าวได้ว่า ขนาดของหัวโค้ง (size of bend) ช่วงยาวและช่วงกว้างของลุ่มน้ำจะเป็นเครื่องแสดงถึงความคดเคี้ยว สิ่งเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นทั้งหมดเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น (United Nation, 1951 : 13) หลายท่านได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับขนาด (dimension) ของลุ่มน้ำว่าเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ ความลาดชัน ความกว้างของร่องน้ำ และธรรมชาติของตะกอน เช่น เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ขอบเขตของลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น (Small, 1972 : 45) นอกจากนั้น ลีโอโปลด์ (Leopold) ยังศึกษาพบอีกว่า เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความกว้าง ความลึก และความเร็วแต่ละชนิดจะมีพลังเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$w = a Q^b, \quad d = c Q^f, \quad v = k Q^m$$

เมื่อ w เป็นความกว้าง d เป็นความลึกเฉลี่ย v เป็นความเร็วเฉลี่ย
 Q เป็นปริมาณน้ำ ส่วน a, c, k, b, f และ m เป็นเลขสัมประสิทธิ์
 (Leopold, 1964 : 215)

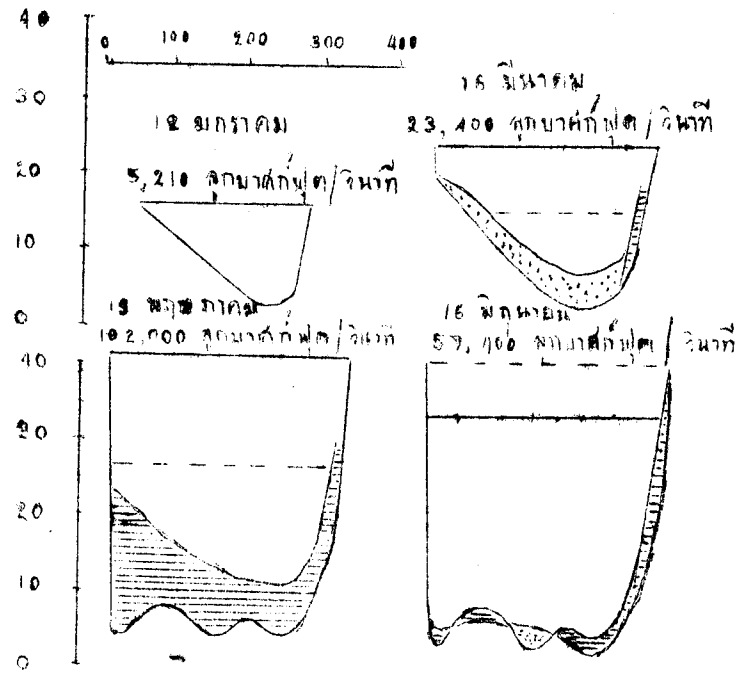
ซอคินส์ (Sawkins) ศึกษาพบว่า หลังจากฝนตกหนัก หรือเมื่อหิมะละลายเป็นน้ำ
 มากในฤดูใบไม้ผลิ ความเร็วและปริมาณน้ำในแม่น้ำจะเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกัดเซาะ
 จะเพิ่มขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำและความเร็ว แสดงโดยกราฟที่ปริมาณน้ำ
 ในร่องน้ำ ที่ผ่านรูปหน้าตัดไป ณ จุดๆหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งคิดเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที
 เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$Q = w \times d \times v$$

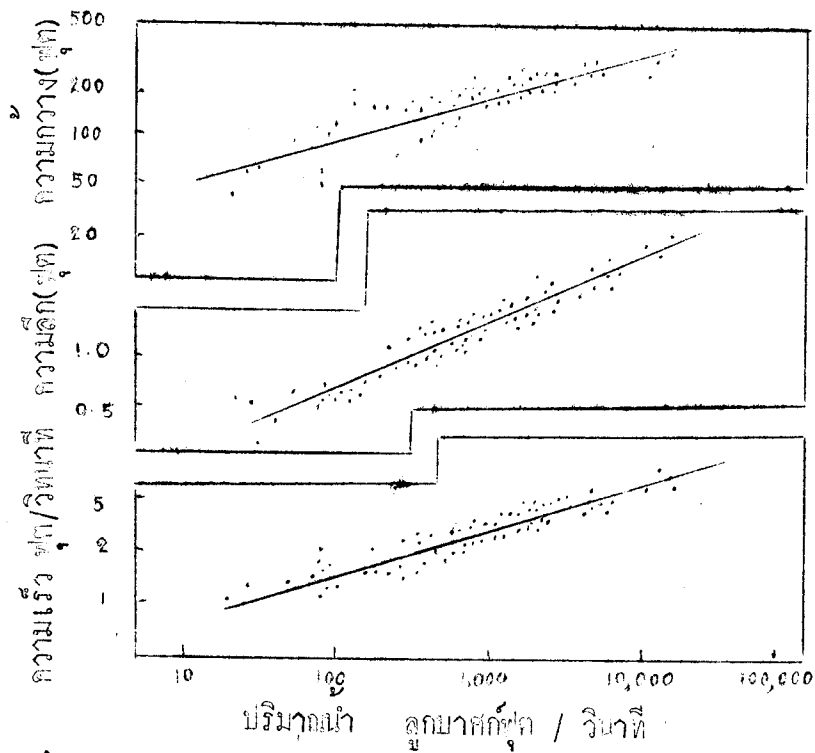
เมื่อ Q หมายถึง ปริมาณน้ำ
 w หมายถึง ความกว้างบนพื้นผิวน้ำ
 d หมายถึง ความลึกเฉลี่ยของน้ำ
 v หมายถึง ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ

เมื่อ ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลง ความกว้าง ความเร็ว ความลึก อย่างหนึ่ง
 อย่างใด หรือทั้ง 3 ชนิด จะมีการปรับตัวตามด้วย และจะมีผลทำให้ร่องน้ำเปลี่ยนแปลง เช่น
 เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ตะกอน (load) ความกว้าง ความลึกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนความเร็ว
 บางครั้งอาจจะคงที่ แต่ตามปกติมักจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Sawkins, 1974 : 349 - 351)

ดูว์ (Dury) ได้สรุปความสัมพันธ์ระหว่างกัน (interrelationship) ของ
 ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลึก และความกว้างไว้โดยกล่าวว่า ถ้าแม่น้ำไหลอยู่บนดินตะกอน
 ชนิดเดียวกัน เมื่อมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ความลึกและความกว้างเพิ่มขึ้น และถ้าความเร็ว
 เพิ่มขึ้นย่อมทำให้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นด้วย (รูป 5 - 6)

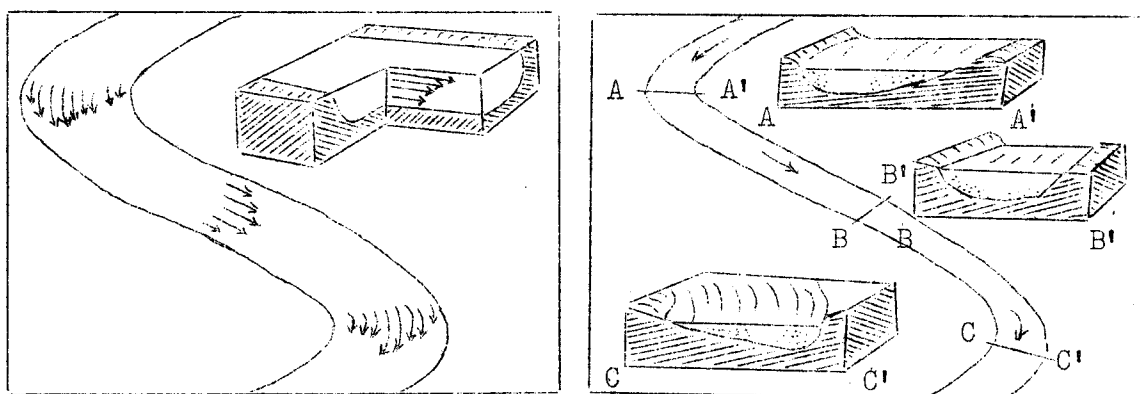


ภาพที่ 5 - 6 แสดงขนาดและรูปร่างของร่องน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความกว้างความลึก และความเร็ว เมื่อปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลงไปทางตอนปลายของลำน้ำ

ความเร็วของน้ำ หมายถึง ระยะทางที่น้ำหน่วยหนึ่งไหลไปในเวลาหนึ่งตามปกติคิดเป็น ฟุต/วินาที ความเร็ว $\frac{1}{2}$ ฟุต/วินาที (ประมาณ 0.3 ไมล์/ชม.) จัดเป็นความเร็วต่ำ แยกตามความเร็ว 25 – 30 ฟุต/วินาที (ประมาณ 17 – 20 ไมล์/ชม.) จัดเป็นความเร็วสูง ความเร็วของลำน้ำ มีองค์ประกอบหลายอย่างควบคุมอยู่ เช่น จำนวนของน้ำที่ไหลผ่านไป ณ จุดหนึ่ง ธรรมชาติของฝั่ง ความลาดชันของท้องน้ำ ความเร็วของน้ำจะลดลงเมื่อไปขั้วสี่กับฝั่งและท้องน้ำ ดังนั้นถ้าเราศึกษาจาก ภาพตัดตามขวางจะพบว่า ความเร็วไหลแปรผันไปเมื่อผ่านจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าลำน้ำมีแนวตรงจะมีความเร็วกว่าลำน้ำที่มีความคดเคี้ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนกลางของลำน้ำ หรือไหลพ้นผิวลงไปแล้วน้อย (รูป 7) และเมื่อลำน้ำมีความคดเคี้ยว การสีกรรอนของท้องน้ำ ไม่เหมือนกัน (รูป 8)



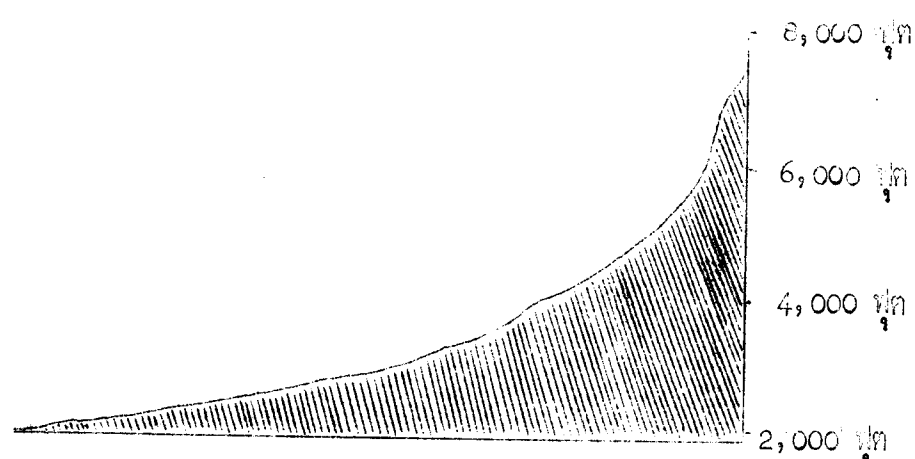
ภาพที่ 7 แสดงการผันแปรของความเร็วในลำน้ำ ภาพที่ 8 แสดงการสีกรรอนของท้องน้ำในทางโค้ง ๆ

✓ เลค ฟิลิป (Lake Philip) ได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชัน ความเร็ว และความคดเคี้ยวของแม่น้ำไว้ว่า ทางตอนปลายของแม่น้ำมักเป็นลำน้ำอยู่ตัว (graded stream) ทางเกินของแม่น้ำซึ่งมีความลาดชันน้อย และมีความเร็วลดลงจะทำให้แม่น้ำนั้นคดเคี้ยวมากยิ่งขึ้น (Lake Philip, 1971 : 202) ฮูด ปีเตอร์ (Hood Peter) ได้กล่าวสนับสนุนว่า ทางตอนปลายของแม่น้ำซึ่งมีระดับใกล้เคียงกับทะเล

แม่น้ำส่วนนี้จะมีความกว้างและไหลเอื่อย (sluggishly) คดเคี้ยวไปมาเหมือนงูเลื้อย (with snake-like twists and turn) (Hood Peter, 1954 : 8) ความคดเคี้ยววกเวียนของแม่น้ำจะมีความยาวเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วลดลง และการที่แม่น้ำมีภาพคดตามขวางเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วของแม่น้ำลดลงกว่าเดิม แม่น้ำซึ่งอยู่ในขั้นพัฒนาเต็มที่ (mature stage) ลุ่มน้ำจะกว้าง การกักกอนคานขวางเพิ่มขึ้น น้ำซึ่งไหลไปรอบ ๆ หักโค้งของลุ่มน้ำจะช่วยให้ลุ่มน้ำมีความโค้งมากยิ่งขึ้น ในขณะที่แนวการกักเขาะทางคานเล็ก ยังคงมีอยู่แต่ก็เป็นเพียงส่วนน้อย แต่การทับถมจะมีมากขึ้นเพราะกระแสน้ำไหลช้าลง (Monkhouse, 1964 : 123 - 124)

สิ่งที่ทำให้ร่องน้ำเริ่มมีความโค้ง เกิดขึ้นอย่างหนึ่งคือ เมื่อความเร็วได้เปลี่ยนแปลงในบริเวณหนึ่งคานเวาคานนี้จะมีความคดโค้งมากยิ่งขึ้น เมื่อบริเวณท้องน้ำถูกกักเขาะออกไปอย่างรวดเร็ว จนอาจทำให้ลุ่มน้ำถูกคดออก และน้ำเปลี่ยนทางเกิน แต่ลักษณะของลุ่มน้ำยังคงพัฒนาต่อไป เพราะลุ่มน้ำเริ่มปรับตัวเกี่ยวกับความลาดชัน การตกตะกอน และการไหลของน้ำเสียใหม่ การปรับตัวนี้จะมีต่อเนื่องกันไปตลอดลำน้ำนั้น และลักษณะที่ลำน้ำเกิดความคดเคี้ยวไปมาเป็นลุ่มน้ำที่มีเป็นวิธีหนึ่งของการปรับตัวของลำน้ำ โดยมีความยาวเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีความลาดชันน้อยมาก เมื่อลักษณะของลุ่มน้ำถูกกักคดออกไป ความยาวของลำน้ำอาจสั้นลง แก่งน้ำอื่น ๆ ก็ยังพัฒนาต่อไปเพราะลุ่มน้ำนี้เป็นฟังก์ชัน (function) หนึ่งในการปรับตัวของลำน้ำ (Sawkins, 1974 : 351)

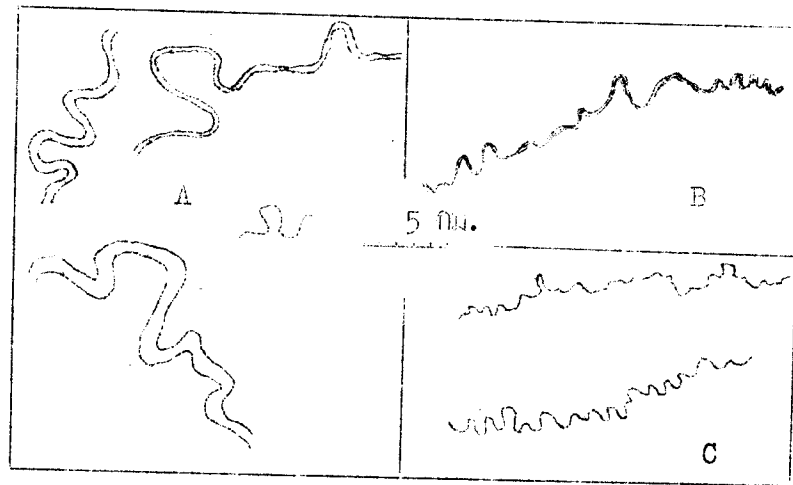
ตามปกติความลาดชันของลำน้ำจะลดลงจากต้นน้ำไปยังปากน้ำ ผลที่ปรากฏเช่นนี้ทำให้ภาพตัดตามยาวมีลักษณะโค้งเว้า (Concave profile) (รูป 9) ลีโอโปลด์ (Leopold) ได้ให้เหตุผลว่า การที่ลำน้ำทางตอนล่าง (downstream) มีความลาดชันในลักษณะเกือบราบเรียบ (flattening of gradient) หรือภาพหน้าตัดของร่องน้ำมีลักษณะโค้งเว้านี้ เพราะปริมาณการไหลเพิ่มขึ้น และวัตถุต่าง ๆ มีขนาดลดลง เขากล่าวต่อไปว่าจากการเปรียบเทียบแม่น้ำหลายแห่งที่มีปริมาณน้ำเท่ากัน บริเวณที่มีความลาดชันสูง จะมีตะกอนขนาดใหญ่ แต่ในที่ซึ่งมีความลาดชันน้อยทางลำน้ำตอนล่าง ขนาดของตะกอน ลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปหน้าตัดตามยาว มีลักษณะโค้งเว้ามากยิ่งขึ้น (Leopold, 1964 : 256)



ภาพที่ 9 แสดงภาพหน้าตัดตามยาวซึ่งมีลักษณะเป็นความโค้งเว้าของแม่น้ำเขตโลสโตน

ฮอรร็อก (Horrocks) โลกดวสันต์นั้นถือว่า แม่น้ำที่มีลักษณะก่อกำเนิดจะมี ความลาดชันน้อยมาก คือประมาณ 30 ฟุต ต่อ 10 ไมล์ (Horrocks, 1964 : 67) จากการสำรวจของฟลินท์ (Flint) พบว่าความลาดชันของลำน้ำเมื่อคิดจากต้นน้ำ ประมาณ 300 ฟุตต่อไมล์ หรือมากกว่านั้น แต่ทว่าลำน้ำก่อนลงความลาดชัน ลงลงเป็น 6 นิ้วต่อไมล์ หรือน้อยกว่านั้น (Flint, 1974 : 131)

บนพื้นที่ของที่ราบน้ำท่วมถึงนั้น การร่อนน้ำกว้าง 100 ฟุต จะมีขอบเขตของน้ำท่วม ประมาณ 1,600 ฟุต แต่ถาลำน้ำกว้าง 1,000 ฟุต จะมีขอบเขตของน้ำท่วมประมาณ 12,000 ฟุต (Small, 1972 : 45) สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นกล่าวคือการร่อนน้ำจะเป็นสัดส่วน กับขนาดของลำน้ำ จากการศึกษาลอโพลด์ สันนิษฐานเหตุผลนี้ เพราะเขาพบว่า ร่องน้ำ ตามธรรมชาติทั้งหลายจะพัฒนาความโค้งให้ใกล้เคียงกับขนาดของร่องน้ำของมันเอง (รูป 10) ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด ระหว่างความกว้างของร่องน้ำกับช่วงยาวของลำน้ำและระหว่าง ความกว้างของร่องน้ำกับพื้นที่ของลำน้ำนั้น จากการศึกษพบว่า ช่วงยาวของลำน้ำ กว้าง การร่อนน้ำ 7 - 10 เทา แต่ถาช่วงคลื่นใหญ่ดวสันต์ไปเป็น 11 - 16 เทา จากการศึกษแม่น้ำ 50 แห่ง ที่ขนาดกว้าง ๆ กันแต่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกัน พบว่า หัวโค้งแต่ละแห่งของลำน้ำ มีพื้นที่เป็นสัดส่วนกับความกว้างของร่องน้ำ โดยมีพิสัยเฉลี่ยประมาณ 2 - 3 เทา (Leopold, 1964 : 295 - 298)



ภาพที่ 10 แสดงขนาดของลำน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของแม่น้ำ

จากการศึกษาของโลเบค พบว่า ขนาดของลำน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของร่องน้ำ ความกว้างของขอบเขตของน้ำจะกว้างกว่าร่องน้ำประมาณ 18 เท่า ลำน้ำหลายแห่งของแม่น้ำมิสซิสซิปปี มีร่องน้ำกว้างประมาณ $\frac{1}{2}$ ไมล์ และมีฝัมน้ำประมาณ $4\frac{1}{2}$ ไมล์ หรือเมื่อวัดจากเส้นศูนย์กลาง ไปประมาณ 9 ไมล์ (Lobeck, 1939, 227)

คูเนน (Kuenen) ให้ความเห็นแตกต่างออกไปโดยกล่าวว่า ขอบเขตของน้ำกว้างกว่าร่องน้ำประมาณ 15 - 20 เท่า และอาจมีนาน ๆ ครั้ง ที่แปรผันไปประมาณ 10 - 30 เท่า (Kuenen, 1955 : 266) ถึงแม้หลาย ๆ ทาง กล่าวถึงสัดส่วนระหว่างร่องน้ำกับขอบเขตของน้ำ หรือกับฝัมน้ำ ไม่ตรงกันนัก แต่ก็พอมองได้ว่าทุกทางมีความเห็นตรงกันในเรื่องของร่องน้ำว่า การร่องมีขนาดใหญ่ ขอบเขตของน้ำ หรือฝัมน้ำจะมีขนาดใหญ่ตามด้วย

เลค (Lake) ได้สังเกตเห็นการทำงานของแม่น้ำพบว่า มี 3 ชนิดที่สำคัญคือ

1. การทำให้ฝั่งลจต่ำลง
2. การขุดลอกท้องน้ำให้ลึกลง
3. การกักเซาะร่องน้ำให้พังทะลาย

การทำงานของแม่น้ำที่ปล่อยก้อนหินโลนมากที่สุดในโลกคือ การกัดเซาะในบริเวณต่าง ๆ พังทลาย แต่การกัดเซาะนี้ ขึ้นอยู่กับวัตถุ และการพัดพาไปของน้ำ (transport) ในบางครั้งวัตถุต่าง ๆ ถูกนำพัดพาไปในรูปของสารละลาย (solution) และบางครั้งอยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอย (suspended) แต่บางครั้งอาจ เป็นวัตถุก้อนโต ๆ ที่กลิ้งไปตามท้องน้ำ ขนาดของวัตถุที่แม่น้ำ สามารถพาไปได้นั้นขึ้นอยู่กับ ความเร็วของกระแสน้ำ และรูปร่างของวัตถุนั้น อย่างไรก็ตาม วัตถุที่มีลักษณะทรงกลม มีความหนาแน่นเหมือนกัน และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน แม่น้ำ สามารถพาเคลื่อนไปได้เหมือนกัน

วัตถุที่เป็นของแข็ง ซึ่งแม่น้ำพัดพาไปนี้ เราเรียกว่า ตะกอน (load) ซึ่ง รวมเอาวัตถุทั้งที่เป็นสารละลาย ตะกอนแขวนลอย หรือตะกอนที่กลิ้งไปตามท้องน้ำด้วย กำลังในการพัดพาไปของแม่น้ำ ขึ้นอยู่กับ ความเร็ว และปริมาตร หรือปริมาณน้ำ (Lake, 1971 : 294 - 295) กระแสน้ำที่ไหลเชี่ยว เป็นสิ่งสำคัญในการพัดพาวัตถุให้เคลื่อนไป เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น (ระหว่างเกิดน้ำท่วม) แม่น้ำจะมีพลังในการพัดพาวัตถุเพิ่มขึ้น แต่การขจัดที่ท้องน้ำหรือที่คานขวาง เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แม่น้ำที่ไหลเร็ว สามารถพัดพาวัตถุต่าง ๆ ได้มากและวัตถุที่พัดพาไปนั้นมีขนาดใหญ่กว่าแม่น้ำที่มีการไหลช้า

ถ้าแม่น้ำมีความสามารถในการพัดพาตะกอนได้เต็มที่ในขณะหนึ่ง เราเรียกว่าแม่น้ำนั้นมี ความสามารถพาตะกอนได้เต็มที่ (full or maximum load) เมื่อกระแสน้ำลดความเร็วลง พลังงานสูญเสียไปทำให้วัตถุที่เป็นของแข็งก้อนใหญ่ไม่เคลื่อนที่ แก้ววัตถุก้อนเล็ก ๆ อาจยังถูกพัดพาไปได้ ดังนั้นวัตถุก้อนใหญ่ ๆ เช่น ก้อนกรวดก้อนโต ๆ (pebble) จะตกตะกอน ก้อน แต่ภาววัตถุนั้นแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย แม่น้ำก็สามารถพาเคลื่อนต่อไปได้อีก

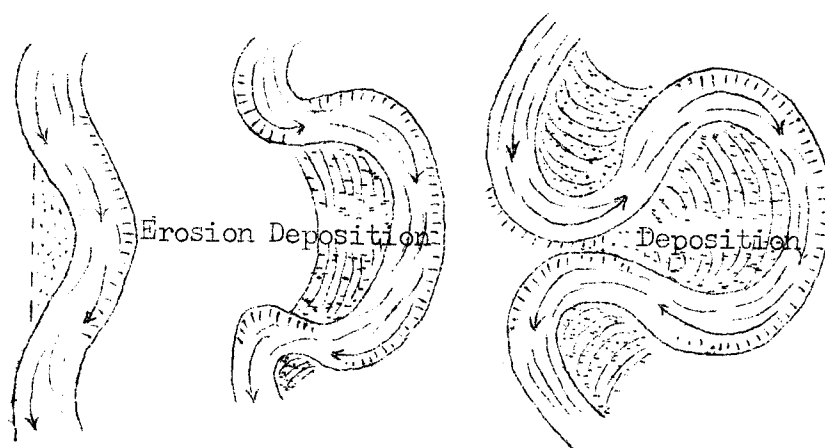
ดังนั้นความสามารถเต็มที่ของแม่น้ำในการพัดพาตะกอนไป ไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับความเร็ว และปริมาตรของแม่น้ำเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับ ขนาด และเนื้อ (texture) ของวัตถุที่เป็นตะกอน กว้าง ถ้าวัตถุละเอียดที่แม่น้ำสามารถพาไปเป็นตะกอนมีความแข็งแรงประมาณ 50 % โดยน้ำหนัก แต่ถ้ามี่ความแข็งแรงมากกว่านี้ คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป กลายเป็นโคลนไหล

ในบางครั้ง เมื่อแม่น้ำมีความสามารถในการพัดพาตะกอนไปได้เต็มที่แล้ว การกัดเซาะต่าง ๆ มีน้อยหรือไม่มีเลย ตะกอนที่แตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ซึ่งแม่น้ำไม่สามารถพัดพา

ไปได้เกิดทดกัน เมื่อการกัดเซาะด้านลึกไม่สมดุล แม่น้ำเริ่มกัดเซาะด้านข้างต่อไป โดยเฉพาะทางฝั่งด้านขวาและนำไปทับถมยังฝั่งด้านอื่น จากการทับถมและกัดเซาะในบางส่วนของท้องน้ำก็เปลี่ยนทำให้ร่องน้ำมีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น (shifting of the channel) แม่น้ำซึ่งไหลอยู่บนพื้นที่ที่ถูกกัดกร่อนจนกลายเป็นที่ราบ จะหยุดการกัดเซาะที่ท้องน้ำ แต่มีการกัดเซาะตามขวางและมีการทับถมเกิดขึ้น (Lake, 1971 : 295 - 308)

✓ ในสภาพที่เป็นจริงตามธรรมชาติ ร่องน้ำไม่เพียงแต่พัฒนาตะกอนไปเท่านั้น แต่มันจะทำให้ฝั่งเคลื่อนย้าย (migrates laterally) โค้งๆ โดยการกัดเซาะที่ฝั่งด้านหนึ่งและไปทับถมยังฝั่งอีกด้านหนึ่ง เพื่อเป็นการรักษาภาพหน้าตัดตามขวางของร่องน้ำไว้ให้สมดุลย์ (equilibrium) หรือระหว่างการสึกกร่อนและการทับถม ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ภาพหน้าตัดตามขวางคงที่ (stable) แต่ตำแหน่งของร่องน้ำ ไม่คงที่ (Leopold, 1964 : 200-201)

ร่องน้ำเป็นลักษณะหนึ่งของแม่น้ำซึ่งพัฒนาเต็มที่ จากการปรับตัวของแม่น้ำเกี่ยวกับตะกอน มัน ไม่มีการทับถมเท่านั้น แต่มีการกัดเซาะด้วย โดยเฉพาะทางด้านที่ถูกกระแสน้ำกระทบอย่างแรง คือทางด้านฝั่งขวา ลักษณะการกัดเซาะและการทับถมของร่องน้ำที่พัฒนาไปในขั้นต่าง ๆ แสดงในรูป 11



ภาพที่ 11 แสดงการกัดเซาะและทับถมพร้อมทั้งการพัฒนาเป็นร่องน้ำของร่องน้ำ

ถ้าฝั่งของแม่น้ำส่วนหนึ่งมีการสึกกร่อนง่าย ฝั่งน้ำนั้น มีความโค้งเล็กน้อย (slight curve) เพราะในเขตที่เป็นหินอ่อนน้ำกัดเซาะง่ายกว่าส่วนที่เป็นหินแข็ง ลำน้ำเลือกกัดเซาะไปตามชั้นของหินอ่อนที่ละนอย ตลอดจนความยาวของลำน้ำสายนั้น จากการศึกษาพบว่าแม่น้ำที่ไหลผ่านดินตะกอน 47 ชนิด ในเขตเกรทเพลน (Great Plains) พบว่า ฝั่งน้ำที่มีความคดเคี้ยวสูงมีสัมพันธกับ ความลึก ความกว้าง และการเกาะกัน (cohesive) นาน้อยของดิน การเกาะกันนี้มักเป็นเปอร์เซ็นต์ของทรายละเอียดและดินเหนียว ที่ประกอบเป็นชนิดของดินนั้น

ในพื้นที่ที่มีระดับค่าแตกการกัดเซาะในทางกว้างยังคงมีอยู่ ปริมาณของวัตุต่าง ๆ ยังมี ส่วนช่วยกัดกร่อนให้แม่น้ำมีความโค้ง เปลี่ยนแปลงไปมา เมื่อตะกอนมีมากเกินความสามารถที่แม่น้ำ จะพาไปไกลทำให้เกิดการทับถม และทำให้แม่น้ำไหลช้าลง ที่ตอมน้ำจะมีวัตุพวกทราย ทรายละเอียด และดินเหนียวทับถมอยู่ ซึ่งง่ายต่อการถูกกัดกร่อนต่อไปอีก (Kuenen, 1955 : 216) ดูรี (Dury) กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้ลำน้ำกว้างและตื้นเขินมากขึ้นคือ ความอ่อนนุ่มของฝั่งซึ่งมีดินไม่คอยเกาะกัน ทำให้เกิดการพังทะลายง่าย และรวดเร็ว ดังนั้นมันจะเป็นตัวกระตุ้นที่ทำให้ร่องน้ำกว้างและตื้น ซึ่งทำให้เกิดเป็นลำน้ำแบบเกลียวเชือกขึ้น (Dury, 1969 : 57)

แฮค (Hack) ได้อธิบายถึงลักษณะของช่วงยาวของลำน้ำกับความกว้างของแม่น้ำว่า เป็นสิ่งที่จริงแท้แน่นอน และมักปรากฏไปเมื่อมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น และมีหินพื้นฐาน หรือมีสภาพอากาศแตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้ทำให้ความคดเคี้ยวของฝั่งเปลี่ยนแปลงไป ในทำนองเดียวกันในสภาพของดินตะกอน และในสภาพของหินที่แม่น้ำไหลผ่าน มีผลทำให้ความคดเคี้ยวของแม่น้ำแตกต่างกันด้วย จากการสังเกตแม่น้ำที่มีลักษณะ กว้างของแม่น้ำสายเดี่ยวใน มิชิแกน (Michigan) ซึ่งไหลผ่านไปบนชนิดของหินที่แตกต่างกัน เขาพบว่า รูปแบบของแม่น้ำเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความกว้างและบริเวณฝั่งแม่น้ำมีวัตุแตกต่างกัน บริเวณที่เป็นหินอ่อนหรือพวกหินตะกอนรูปแบบของลำน้ำ มีช่วงยาวของลำน้ำสั้น และมีรัศมีของความโค้งน้อยกว่าบริเวณที่เป็นหินแข็ง (Leopold, 1964 : 315) นอกจากนั้นเขายังศึกษาพบอีกว่า ฝั่งน้ำที่ประกอบด้วย ทรายหรือทรายละเอียดมักกว้างและลึก เนื่องจากการไม่เกาะกัน แต่ดินเหนียวมีเนื้อดินละเอียด

การเกาะกุมมีมาก จึงมีความต้านทานต่อการกัดเซาะได้ดี ดังนั้นเมื่อแม่น้ำไหลผ่านบริเวณที่มี
ดินเหนียวผสมในดินมาก จึงมีช่วงยาวของคุ้งน้ำมากกว่าบริเวณที่มีดินเหนียวผสมในดินน้อย

(Leopold, 1964 : 209)

หากอยุ่ - โทซีที (Targioni - Tozette) มีความเห็นสอดคล้องกันว่า
แม่น้ำที่ไหลตลอดไปมานั้น เป็นเพราะไหลผ่านวัตถุทางชนิกกัน และมีโครงสร้างทางธรณีวิทยา
ไม่เหมือนกัน (Thornbury, 1969 : 5) นอกจากนั้นยังมีผู้กล่าวถึงคุ้งน้ำว่า ทำไมจึงมีการ
พัฒนาขึ้น นับเป็นปัญหาที่ยากในทางธรณีสัมพันธ์ (Geomorphology) สمولด์ (Small)
จึงสรุปว่าการที่จะศึกษาเกี่ยวกับคุ้งน้ำนั้นต้องตั้งข้อถกเถียง (assumption) เบื้องหน้าเพราะ
ความไม่สม่ำเสมอของพื้นที่ หรือสภาพของหินแข็งที่ไหลมาไม่เหมือนกัน (Small,
1972 : 44)

นอสมตกลาง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งเป็น 5 ตอนคือ

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การกระทำกับข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ

1.1 แผนที่ L 7017 (มาตราส่วน 1 : 50,000) ะวาง 5036 I, II
5037 I, II, 5038 I, II, 5039 II, III, IV, 5040 III,
5136 III, IV, 5137 III, IV. รวม 14 แผนที่

1.2 เครื่องมือวัดแผนที่ (map measure)

1.3 วงเวียน

1.4 ข้อมูลทางสถิติจากโครงการแปรสภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน
จังหวัดนครสวรรค์

1.5 ข้อมูลทางสถิติจากโครงการแปรสภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
จังหวัดกาญจนบุรี

1.6 รูปตัดตามยาว แม่น้ำเจ้าพระยาจากนครสวรรค์ถึง เขื่อนเจ้าพระยา

1.7 รูปตัดตามยาว แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน - อ่างทอง จากเขื่อนเจ้าพระยา
ถึงโม่งแม

1.8 ข้อมูลทางสถิติ จากการหาเรือแพ่งประเทศไทย

1.9 ข้อมูลทางสถิติจากกรมพัฒนาที่ดิน

1.10 เอกสารที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ มีดังนี้

2.1 ปริมาณน้ำ ความเร็ว การตกตะกอน ได้จากโครงการประสพภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่าง รวมทั้งฝ่ายการรอนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย

2.2 รูปคัตตามยาวของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้จากโครงการประสพภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่าง

2.3 รูปคัตตามขวางของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้จากฝ่ายการรอนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย

2.4 ลักษณะของดินและชนิดของดิน ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน

3. การกระทำกับข้อมูล

3.1 แบ่งส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาตามความยาวของลำน้ำออกเป็น 17 ตอน (section) ตามข้อมูลที่หาได้เรียงตามลำดับดังนี้

3.1.1 เกาะพูน ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

3.1.2 หน้าโครงการประสพภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

3.1.3 เกาะกลางแค ตำบลกลางแค อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

3.1.4 วัดบางมะฝ่อ ตำบลบางมะฝ่อ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

3.1.5 เกาะกลางน้ำ ตำบลยางตาล อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

3.1.6 เกาะคานี ตำบลคานี อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

3.1.7 หาดยางขาว อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์

3.1.8 เขื่อนเจ้าพระยา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท

3.1.9 วัดกัลยาณมิตร อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท

3.1.10 บางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

3.1.11 วัดพระนอนและวัดยาย อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

3.1.12 ปากบาง อำเภอพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี

3.1.13 หน้าโครงการแปรรูปและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

อำเภอไชโย จังหวัดอ่างทอง

3.1.14 วัดไชยสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง

3.1.15 โพงเผ อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง

3.1.16 บางไทร อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา

3.1.17 ป้อมพระจุลฑา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

3.2 หากค่าเฉลี่ย (mean) ของปริมาณน้ำ ความเร็ว การตกตะกอน จากข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2513 - 2518 ทั้ง 17 แห่ง

3.3 หากค่าเฉลี่ยความลึกชั้นของแม่น้ำจากรูปตัดตามยาวระหว่างเกาะชุมชนถึงโพงเผ และจากรูปตัดตามขวางระหว่างบางไทร ถึงปากน้ำ โดยใส่ทั้งของในแต่ละตอนเป็นศูนย์กลาง

3.4 หากค่าเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ของดิน ในแต่ละตอน

3.5 วัฏลักษณะของคุ้งน้ำ พร้อมทั้งหากค่าเฉลี่ยในแต่ละตอนจากแผนที่ ของสิ่งต่อไปนี้

3.5.1 ขนาดของแม่น้ำ

3.5.2 ความลึกเกี่ยวของลำน้ำ

3.5.3 รัศมีของคุ้งน้ำ

3.5.4 ขวางยาวของคุ้งน้ำ

3.5.5 ขวางกว้างของคุ้งน้ำ

3.5.6 ขอบเขตของคุ้งน้ำ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะของคูกน้ำเป็นกราฟเส้นตรงคือ

4.1.1 ปริมาณน้ำกับช่วงการวางของคูกน้ำ

4.1.2 ความเร็วกับความตกเดี่ยว

4.1.3 ความลึกชั้นกับรัศมีของคูกน้ำ

4.1.4 ขนาดของแผ่นน้ำกับขอบเขตของคูกน้ำ

4.1.5 การตกตะกอนกับรัศมี

4.1.6 ลักษณะดินกับช่วงยาวของคูกน้ำ

4.2 หาคาสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (inter correlation) ของตัวแปรทั้ง 6 คือ

4.2.1 ปริมาณน้ำกับความเร็ว

4.2.2 ปริมาณน้ำกับ ความลึกชั้น

4.2.3 ปริมาณน้ำกับขนาดแผ่นน้ำ

4.2.4 ปริมาณน้ำกับการตกตะกอน

4.2.5 ปริมาณน้ำกับลักษณะดิน

4.2.6 ความเร็วกับความลึกชั้น

4.2.7 ความเร็วกับขนาดแผ่นน้ำ

4.2.8 ความเร็วกับการตกตะกอน

4.2.9 ความเร็วกับลักษณะดิน

4.2.10 ความลึกชั้นกับขนาดแผ่นน้ำ

4.2.11 ความลึกชั้นกับการตกตะกอน

4.2.12 ความลึกชั้นกับลักษณะดิน

4.2.13 ความกว้างกับการตกตะกอน

4.2.14 ความกว้างกับลักษณะดิน

4.2.15 การตกตะกอนกับลักษณะดิน

4.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างของคูกน้ำกับตัวแปรทั้ง 6 คือ

4.3.1 ช่วงกว้างของคูกน้ำกับ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด
การตกตะกอน ลักษณะดิน

4.3.2 ความคล้อยกับปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด
การตกตะกอน ลักษณะดิน

4.3.3 รัศมีของคูกน้ำ กับปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด
การตกตะกอน ลักษณะดิน

4.3.4 ขอบเขตคูกน้ำ กับปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด
การตกตะกอน ลักษณะดิน

4.3.5 ช่วงยาวของคูกน้ำ กับปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด
การตกตะกอน ลักษณะดิน

4.4 จีค่ากับความสำคัญของตัวแปรทั้ง 6 ที่มีผลต่อโครงสร้างคูกน้ำ จากค่า
beta weight

4.5 สร้างสมการพยากรณ์ตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างคูกน้ำ ในรูปคะแนนดิบได้
5 สมการคือ

$$\tilde{A} = b_D X_D + b_V X_V + b_{Sl} X_{Sl} + b_{Si} X_{Si} + b_{Se} X_{Se} + b_{So} X_{So} + c$$

$$\tilde{S} = b_D X_D + b_V X_V + b_{Sl} X_{Sl} + b_{Si} X_{Si} + b_{Se} X_{Se} + b_{So} X_{So} + c$$

$$\tilde{R} = b_D X_D + b_V X_V + b_{Sl} X_{Sl} + b_{Si} X_{Si} + b_{Se} X_{Se} + b_{So} X_{So} + c$$

$$\tilde{M} = b_D X_D + b_V X_V + b_{Sl} X_{Sl} + b_{Si} X_{Si} + b_{Se} X_{Se} + b_{So} X_{So} + c$$

$$\tilde{W} = b_D X_D + b_V X_V + b_{Sl} X_{Sl} + b_{Si} X_{Si} + b_{Se} X_{Se} + b_{So} X_{So} + c$$

เมื่อ	$\tilde{A}$	=	ค่าของช่วงกว้างของน้ำที่ไหลจากการพยากรณ์
	$\tilde{S}$	=	ค่าของความกดเฉลี่ยที่ไหลจากการพยากรณ์
	$\tilde{R}$	=	ค่าของรัศมีของน้ำที่ไหลจากการพยากรณ์
	$\tilde{M}$	=	ค่าของขอบเขตของน้ำที่ไหลจากการพยากรณ์
	$\tilde{W}$	=	ค่าของช่วงยาวของน้ำที่ไหลจากการพยากรณ์
	b	=	แทน น้ำหนักตัวพยากรณ์
	X	=	แทน คะแนนเก็บของตัวพยากรณ์
	D	=	แทน ค่าของปริมาณน้ำ
	v	=	แทน ค่าของความเร็ว
	Sl	=	แทน ค่าของความลึกชั้น
	Si	=	แทน ค่าของขนาดแม่น้ำ
	Se	=	แทน ค่าของการตกตะกอน
	So	=	แทน ค่าของลักษณะดิน
	c	=	แทน ค่าคงที่ (constant)

5. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

5.1 หาค่าสหสัมพันธ์จาก

$$r = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{N\sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

5.2 หาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณโดยวิธีคูณเชิง (Multiple Correlation by Doolittle Method) โดยการคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณจากสูตร

$$R_{y123\dots n} = \sqrt{\beta_{1ry1} + \beta_{2ry2} + \dots + \beta_{nryn}}$$

เมื่อ $R_{y123\dots n} =$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
 $B_n =$ ค่าน้ำหนักเบตาของตัวแปร
 $r_{yn} =$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเดียวของตัวพยากรณ์กับเกณฑ์

5.3 หากค่าน้ำหนักคะแนน (b the score weight) ซึ่งใช้ในการสร้างสมการสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple regression equation) ในรูปคะแนนดิบจาก

$$b_n = \frac{S_y}{S_n} B_n$$

เมื่อ $b_n =$ สัมประสิทธิ์ของสมการหรือน้ำหนักของตัวทำนายที่ n
 $S_y =$ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวเกณฑ์
 $S_n =$ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวทำนายที่ n
 $B_n =$ น้ำหนักเบตาของตัวทำนายที่ n

5.4 หากค่าที่ใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบจาก

$$C = \bar{Y} - \sum b_n \bar{X}_n$$

เมื่อ $\bar{X}_n =$ ค่าเฉลี่ยของตัวทำนายที่ n
 $\bar{Y} =$ ค่าเฉลี่ยของตัวเกณฑ์

5.5 ทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณโดยใช้

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{N - K - 1}{K}$$

เมื่อ $R =$ แทนค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ
 $N =$ แทนจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง
 $K =$ แทนจำนวนของตัวพยากรณ์

5.6 หากความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนายแบบพหุคูณ (Standard Error of Multiple Estimate) จาก

$$SE_{est} = S_y \sqrt{1 - R^2}$$

เมื่อ SE_{est} แทนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการทำนายแบบพหุคูณ
 S_y แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวเกิด

โครงสร้างและลักษณะของแม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่ราบภาคกลาง มีความยาวจากต้นน้ำจนถึงอ่าวไทยยาวประมาณ 800 กิโลเมตร แต่ถ้านับหัวลำน้ำเจ้าพระยาจริง ๆ ก็ออกจากปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ลงมายาวประมาณ 360 กิโลเมตร แม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากแม่น้ำสำคัญ 4 สายในภาคเหนือคือ ปิง วัง ยม และน่าน เมื่อแม่น้ำทั้ง 4 สาย มารวมกันแล้ว เรียกว่าแม่น้ำเจ้าพระยา ไหลผ่านบริเวณภาคกลางหลายจังหวัดคือ ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง อยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี ธนบุรี กรุงเทพมหานคร และลงสู่อ่าวไทยที่สมุทรปราการ จากจังหวัดนครสวรรค์ลงมาแม่น้ำเจ้าพระยามีแม่น้ำและลำคลองอื่น ๆ ไหลมารวมอีกหลายสายที่สำคัญมี

1. แม่น้ำสะแกกรัง ไหลมารวมที่จังหวัดอุทัยธานี
2. แม่น้ำป่าสัก ไหลมารวมที่จังหวัดอยุธยา

นอกจากนี้แม่น้ำไหลมารวม ลำน้ำเจ้าพระยาก็ยังแยกตัวออกเป็นแม่น้ำย่อย ๆ อีกที่สำคัญคือ

1. แม่น้ำท่าจีน แยกออกจากลำน้ำเจ้าพระยาที่ตำบลท่าแพ อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดชัยนาท แม่น้ำท่าจีนนี้ มีชื่อเรียกเป็นตอน ๆ คือ ในเขตจังหวัดชัยนาท เรียกว่าแม่น้ำมะขามเต้า ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี เรียกว่า แม่น้ำสุพรรณบุรี ในเขตจังหวัดนครปฐม เรียกว่า แม่น้ำนครชัยศรี และตอนที่ย่านจังหวัดสมุทรสาคร จนออกสู่อ่าวไทยเรียกว่า แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำสายนี้ (จากชัยนาทถึงอ่าวไทย) มีความยาวประมาณ 270 กิโลเมตร
2. แม่น้ำลพบุรี แยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา ตรงข้ามศาลากลางจังหวัดสิงห์บุรี (บริเวณนั้นเรียกว่า คลองพุทรา) ไหลผ่านเขตจังหวัดลพบุรี แล้ววกกลับมาวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาอีกที่จังหวัดอยุธยา มีความยาวประมาณ 100 กิโลเมตร

3. แม่น้ำน้อย แยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา ตอนใต้ของจังหวัดสิงห์บุรีเล็กน้อย แล้วไหลวกกลับมาวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาอีก ที่ตำบลสีกัน อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา

* ตามชลประทาน มีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำเจ้าพระยาประมาณ 10 กิโลเมตร น้ำมีน้ำน้อยในเขตกรุงเทพมหานคร
 * ตามชลประทาน มีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำเจ้าพระยาประมาณ 10 กิโลเมตร น้ำมีน้ำน้อยในเขตกรุงเทพมหานคร
 * ตามชลประทาน มีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำเจ้าพระยาประมาณ 10 กิโลเมตร น้ำมีน้ำน้อยในเขตกรุงเทพมหานคร
 * ตามชลประทาน มีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำเจ้าพระยาประมาณ 10 กิโลเมตร น้ำมีน้ำน้อยในเขตกรุงเทพมหานคร

มีความยาวประมาณ 70 กิโลเมตร (สงคราญ บุญเกียรติ, 2511 : 49 – 50)

นอกจากแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีการแยกตัวออกเป็นลำน้ำย่อย ๆ แล้ว ยังมีคลองที่แยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาไปเชื่อมกับแม่น้ำสำคัญหลายสายคือ

1. คลองศาลาแกง แยกจากฝั่งขวาที่ตำบลศาลาหลวง อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง เชื่อมกับแม่น้ำน้อย
2. คลองบางแก้ว แยกจากฝั่งซ้ายที่ตรงระหว่างตำบลบ้านรี และตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง เชื่อมกับแม่น้ำลพบุรี
3. คลองบางโพงเผง แยกจากฝั่งขวาที่ตำบลโพงเผง อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง เชื่อมกับแม่น้ำน้อย
4. คลองรังสิต แยกจากฝั่งซ้ายที่ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี เชื่อมกับแม่น้ำนครนายก
5. คลองบางบัวทอง แยกจากฝั่งขวาที่ตำบลท่าอิฐ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี เชื่อมกับแม่น้ำท่าจีน
6. คลองบางกอกน้อย แยกจากฝั่งขวา ในจังหวัดธนบุรี เชื่อมกับแม่น้ำท่าจีน
7. คลองบางกอกใหญ่ แยกจากฝั่งขวาในจังหวัดธนบุรี เชื่อมกับแม่น้ำท่าจีน
8. คลองการกะนอง แยกจากฝั่งขวาที่ตำบลราษฎร์บูรณะ จังหวัดธนบุรี เชื่อมกับแม่น้ำท่าจีน
9. คลองพระโขนง แยกจากฝั่งซ้าย ในอำเภอพระโขนง กรุงเทพมหานคร เชื่อมกับแม่น้ำบางปะกง
10. คลองสำโรง แยกจากฝั่งซ้ายในอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ไปทางทิศตะวันออก เชื่อมกับแม่น้ำบางปะกง

จากการที่แม่น้ำเจ้าพระยามีแม่น้ำและลำคลองแยกตัวออกไปมากนี้ ผู้เขียนคิดว่า อาจเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณน้ำทางตอนปลายน้อยกว่าทางตอนต้น ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีผู้ศึกษาไว้ว่า ปริมาณน้ำตอนบนน้อยกว่าปริมาณน้ำทางตอนล่าง เพราะทางตอนล่างรองรับน้ำทาง และมีส่วนไหลมารวมกันทำให้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น แต่อาจมีเหตุผลอื่น ๆ อีกที่ทำให้

ปริมาณน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาไม่เป็นไปตามทฤษฎี ขอนำไปกล่าวถึงในตอนอภิปรายผลการค้นคว้า
แม่น้ำเจ้าพระยา แต่ก่อนจะเรียกชื่ออะไรไม่ปรากฏ แต่มีชื่อในสันนิษฐานที่ทำกับ
ฝรั่งเศส ครั้ง ม. ลาลูแบร์ ในรัชกาลสมเด็จพระนารายณ์มหาราช เรียกว่า
"แม่น้ำบางเจ้าพระยา"

แม่น้ำเจ้าพระยา ความแต่เดิมที่เอาน้ำใหญ่ ทั้งแตกปากน้ำขึ้นไปจนถึงท่าบางไทร
อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา แล้วแยกขึ้นเป็นแควหางว่านอำเภอบางบาล จังหวัดอยุธยา
ผ่านอำเภอบางบาล จังหวัดอ่างทอง ผ่านอำเภอบางเมือง อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท ถึง
อำเภอบางเมืองนครสวรรค์ เมื่อเป็นเช่นนี้ ตัวเมืองอยุธยาจึงไม่ไกลจากแม่น้ำเจ้าพระยา
แต่กลับตั้งอยู่ที่แนวของลำน้ำป่าสัก กับแม่น้ำลพบุรีร่วมกัน นักภูมิศาสตร์บางท่าน จึงได้
กล่าวถึงเรื่องแม่น้ำเจ้าพระยาบางตอน แปรจากแผนที่ในปัจจุบันนี้ว่า

เดิมทีเก่า แม่น้ำเจ้าพระยาตอนเหนือเมืองอ่างทองลงมานั้น แยกไปทางคลอง
บางแกวเหนือเมืองอ่างทอง ไหลลงบางนางรา มาทุ่งบานนนทรี ออกปากน้ำทะเล ลง
ลำน้ำบางป้อม รวมกับแม่น้ำลพบุรี ที่พระเจ้าศรีสุริโยทัยไหลโอบหัวเมืองกรุงเก่า ลงป้อมเพชร
แล้วไหลผ่านพระราชวังบางปะอิน ไปรวมกับลำน้ำบางไทร (อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย
ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2507 : 253 - 254)

ลักษณะของลำน้ำจากบางไทรลงมา มีความคดเคี้ยวมากขึ้น โดยเฉพาะนับตั้งแต่
กิโลเมตรที่ 80 ลงมา ทั้งนี้เนื่องจากแม่น้ำไหลออกสู่พื้นที่ราบที่มีความลาดชันต่ำ จึงเริ่มไหล
ช้าลง พบว่าประมาณกิโลเมตรที่ 70 และกิโลเมตรที่ 18 - 34 แม่น้ำมีลักษณะคดโค้งเป็น
รูปร่าง โดยเฉพาะที่กิโลเมตร 70 มีแนวโน้มว่าต่อไปทางเดินของน้ำจะเปลี่ยนไป เนื่องจาก
ลำน้ำได้แบ่งทางเดินเป็น 2 สาย สายที่มีลักษณะเป็น loop อาจจะกลายเป็นทะเลสาบ
รูปแฉก และที่กิโลเมตร 18 - 34 ก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน (สุรสี, 2518 : 21) .

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 5 ตอนคือ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะของน้ำ
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างของน้ำแต่ละชนิดกับตัวแปรทั้ง 6
4. จัดลำดับความสำคัญของตัวแปรทั้ง 6 ที่มีผลต่อการพยากรณ์โครงสร้างของน้ำ
5. สร้างสมการพยากรณ์โครงสร้างของน้ำ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะของน้ำ

แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 6 ตอนดังนี้

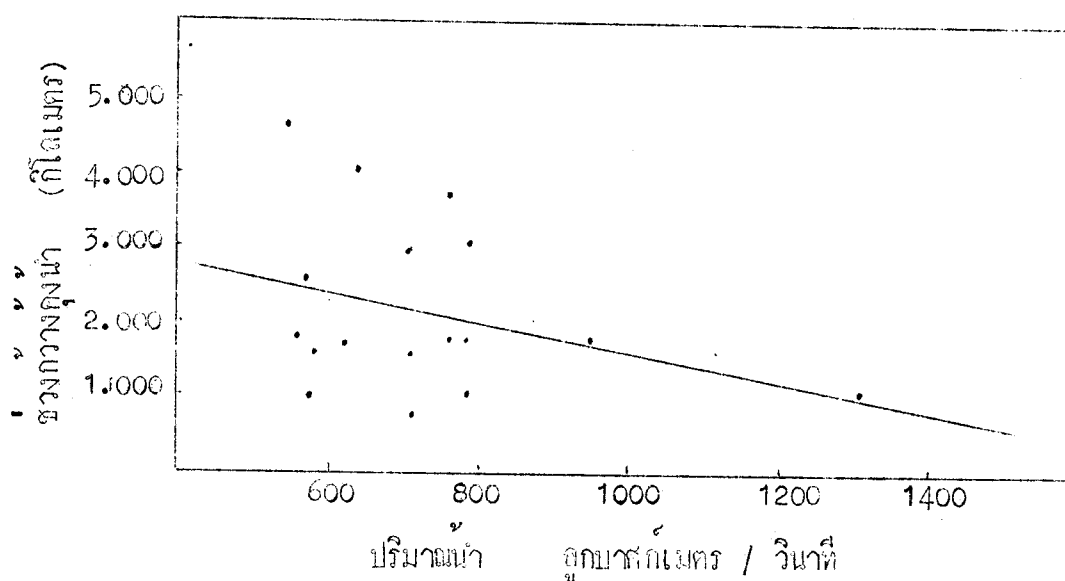
1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับช่วงทางของน้ำ

จากตาราง 1 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำเฉลี่ย ตามสถานที่ต่าง ๆ จากลำนํ้าตอนบนสู่ตอนล่าง ปรากฏว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง ปริมาณน้ำที่มากที่สุดคือ 1,307 ลูกบาศก์เมตร / วินาที ไกล่ก่ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) นับว่าเป็นบริเวณที่ปริมาณน้ำมากที่สุดปกติ เนื่องจากปริมาณน้ำเฉลี่ยอันกับรองไป 892 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ไกล่ก่เกาะกลางแคด ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันถึง 515 ลูกบาศก์เมตร/วินาที บริเวณอื่น ๆ ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันนัก ปริมาณน้ำเฉลี่ยเกินกว่า 700 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีคือ 797, 786, 785, 769, 715 ไกล่ก่ หาดยางขาว หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) วัดบางมะฝ่อ เกาะพญาน เกาะธานี เขื่อนเจ้าพระยา ตามลำดับ บริเวณที่ปริมาณน้ำเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 600 – 700 ลูกบาศก์เมตร/วินาที คือ 646, 625 ไกล่ก่เกาะกลางน้ำและวัดคลองการวม บริเวณที่ปริมาณน้ำเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 600 – 500 ลูกบาศก์เมตร/วินาที คือ 584, 578, 571, 560, 545,

515 ไก่แก้ว วิทยาง โพงเผง บางไทร บางโฉมศรี ป้อมพระจุลฑา และปากบาง

จากตาราง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาช่วงกว้างของคูกน้ำ ปรากฏว่าไม่ค่อยเป็นระบบนัก ช่วงกว้างซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยคือ ระหว่าง 1.000 – 2.000 กิโลเมตร พบบริเวณตอนบนของแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น 1.000, 1.750, 1.850 ไก่แก้วหน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เกาะจุฬา วิทยางมะเฒ่า เกาะกลางแตก ตลอดจนช่วงกว้างของคูกน้ำจะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น การะหว่าง 2.000 – 4.050 กิโลเมตร คือ 2.950, 3.000, 3.700, 4.050 ไก่แก้วเชื่อมเจ้าพระยา หาดขวางขาว เกาะตานิว เกาะกลางน้ำ หลังจากนั้นช่วงกว้างของคูกน้ำจะลดลง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง .750 – 2.000 กิโลเมตร คือ .750, 1.000, 1.019, 1.575, 1.600, 1.750, 1.884 ไก่แก้ว วัชชัยสงคราม โพงเผง หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) ปากบาง วิทยาง วัดคงคาราม บางโฉมศรี ช่วงสุดท้ายใกล้บริเวณปากน้ำ ช่วงกว้างของคูกน้ำเพิ่มขึ้นอีก 2 แห่งคือ บางไทร 2.596 ป้อมพระจุลฑา เป็นบริเวณที่ช่วงกว้างของคูกน้ำมากที่สุดคือ 4.617 กิโลเมตร

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำกับช่วงกว้างของคูกน้ำ มาหาความสัมพันธ์พบว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.1 เนื่องจากความสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่าเมื่อปริมาณน้ำในลำน้ำเจ้าพระยามีน้อย ช่วงกว้างของคูกน้ำจะมาก แต่หาปริมาณน้ำในลำน้ำเจ้าพระยามีมาก ช่วงกว้างของคูกน้ำลดลง นอกจากนั้น สหสัมพันธ์ยังมีค่าต่ำเพียง -0.2630 เท่านั้น อาจกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยากับช่วงกว้างของคูกน้ำ ไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กันนัก สาเหตุที่เป็นดังนี้ เพราะปริมาณน้ำในลำน้ำเจ้าพระยาตอนบนมากกว่าทางตอนล่าง ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของฟลินท์ (Flint) ที่กล่าวว่าปริมาณน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อใกล้ปากน้ำเพราะมีลำน้ำสาขาไหลมารวมด้วย ถึงแม้แม่น้ำเจ้าพระยาจะมีสาขาไหลมารวมด้วย แต่มีลำน้ำและคลองแยกตัวออกไปหลายแห่ง ดังนั้นปริมาณน้ำทางลำน้ำตอนบนจึงมากกว่าทางตอนล่าง เช่น เกาะกลางแตกมีปริมาณน้ำเฉลี่ย 892 ลูกบาศก์เมตร/วินาที แต่ปริมาณน้ำที่ป้อมพระจุลฑา มีปริมาณน้ำเฉลี่ยเพียง 515 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับช่วงกว้างของคูกน้ำ ค่าสหสัมพันธ์ได้จึงเป็นลบ และไม่เป็นตามสมมติฐานข้อ 1.1



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับชวงกว้างน้ำ

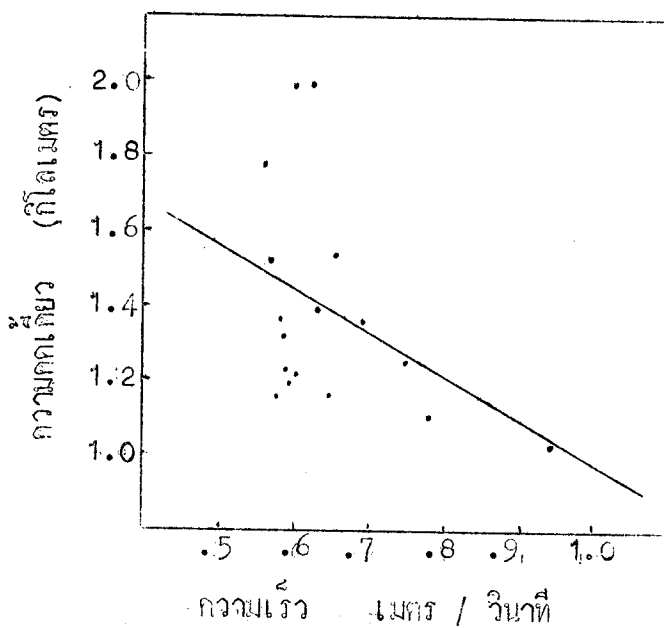
1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความลึก

จากการวาง 2 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาความเร็วเฉลี่ยของแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างเป็นระบบคือ ความเร็วเฉลี่ยของแม่น้ำ ลดลงจากลำน้ำตอนบนสู่ลำน้ำตอนล่าง บริเวณที่มีความเร็วเฉลี่ยเกิน .700 เมตร/วินาที มี 3 แห่งคือ .940, .781, .741 ได้แก่ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เกาะกลางแคด เกาะงู บริเวณที่มีความเร็วเฉลี่ย .600 - .700 เมตร/วินาที คือ .692, .629, .650, .636, .627, .602, .601 ได้แก่ บางมะฝ่อ เกาะกลางน้ำ วัดยาง เขื่อนเจ้าพระยา เกาะตานิว วัดทรงธรรม หาดยางขาว บริเวณที่มีความเร็วเฉลี่ยระหว่าง .500 - .600 คือ .595, .590, .588, .580, .570, .564, .558 ได้แก่ โพงเผง หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) บางโคมศรี วัดไชยสงคราม บางไทร ป้อมพระจุล และที่ปากบาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเร็วเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากการวาง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาความลึกของแม่น้ำเจ้าพระยา ปรากฏว่าไม่เป็นระบบนัก แม้จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.000 เทา ๆ กันก็ตาม ค่าเฉลี่ยของความลึกที่ต่ำกว่าเป็นตื้นน้ำได้ เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยเกิน 1.5 มีเพียง 5 แห่งคือ 1.9941,

1.9831, 1.7778, 1.5387, 1.5198 ไก่แก่ เกาะตานิว หาดบางขาว ป้อมพระจุลฑา
 เกาะกลางน้ำ ปากบาง แควพิง 5 บริเวณนี้มีลักษณะเป็นทุ่งน้ำขนาดเล็ก เพราะความ
 คดเคี้ยวเกิน 1.5 ไม่มากนัก ส่วนบริเวณอื่น ๆ มีลักษณะเป็นแม่น้ำที่เพียงแต่มีความคดเคี้ยว
 เท่านั้น ไม่ถึงกับจัดว่าเป็นทุ่งน้ำ เพราะความคดเคี้ยวไม่ถึง 1.5 บริเวณที่มีความคดเคี้ยว
 ระหว่าง 1.3 - 1.5 คือ 1.3846, 1.3684, 1.3490, 1.3333, 1.3115 ไก่แก่
 เขื่อนเจ้าพระยา วัดไชยสงคราม วัดบางมะป่อ บางไทร บางโพนศรี บริเวณที่มีความ
 คดเคี้ยวระหว่าง 1.0 - 1.3 คือ 1.2500, 1.2338, 1.2146, 1.1976, 1.1570
 1.1011, 1.0384 ไก่แก่เกาะขุน หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) วัดกลาง
 โพนแพง วัดยาง เกาะกลางแดด และหน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) พบว่าเป็น
 บริเวณที่มีความคดเคี้ยวน้อยที่สุด

✓ เมื่อนำความเร็วและความคดเคี้ยวมาหาความสัมพันธ์กัน ค่าสหสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่า
 เมื่อความเร็วของน้ำลดลงแม่น้ำมีความคดเคี้ยวมากขึ้น แต่ถ้ามแม่น้ำมีความเร็วมาก ความคดเคี้ยว
 ลดน้อยลง จึงเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1.2 ✓ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความคดเคี้ยว
 ของแม่น้ำเจ้าพระยาไม่สูงเท่าที่ควรคือ -0.3775 เท่านั้น ถ้าความคดเคี้ยวเป็นระบบอาจ
 ทำให้ค่าสหสัมพันธ์สูงกว่านี้



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์
 ระหว่างความเร็วกับความคดเคี้ยว

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกชั้นกับรัศมีของคุ้งน้ำ

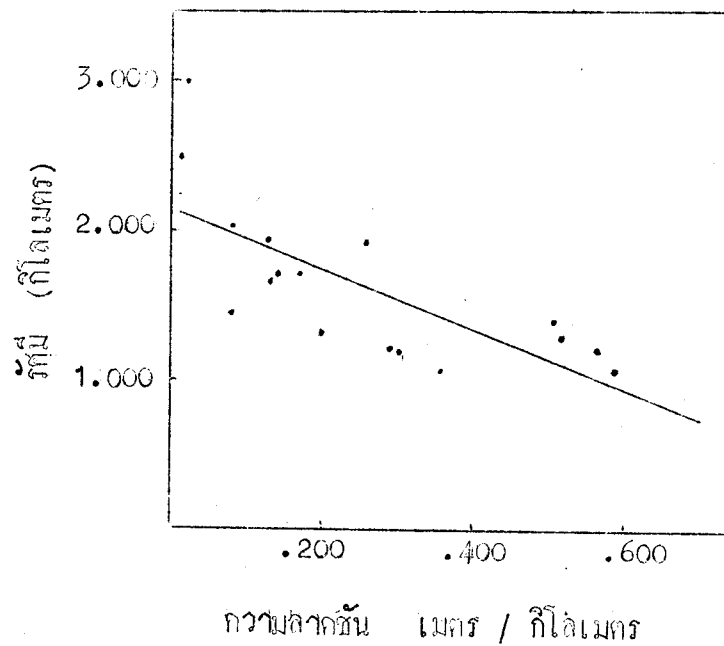
จากตาราง 3 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาความลึกชั้นของน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า ทองน้ำตอย ๆ ลากลงจากตอนบนสู่ตอนล่าง แนวบางแห่งความลึกชั้นตอนล่างมีค่ามากกว่าตอนบน เช่น เกาะกลางน้ำมีความลึกชั้น .591 แต่เกาะขุ่นมีความลึกชั้น .572 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลำน้ำตลอดทั้งสาย ความลึกชั้นจะตอย ๆ ลากลงตามลำดับ บริเวณที่มีความลึกชั้นเกิน .500 คือ .591, .572, .523, .510 ได้แก่ เกาะกลางน้ำ เกาะขุ่น หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เกาะกลางแคว บริเวณที่มีความลึกชั้นระหว่าง .200 - .400 คือ .362, .304, .291, .267, .205 ได้แก่ วัดคงการาม เกาะทานิ เชื่อนเจ้าพระยา วัดบางมะฝ่อ บางโคมศรี บริเวณที่มีความลึกชั้นระหว่าง .100 - .200 คือ .179, .146, .137, .137 ได้แก่ วัดไชยสงคราม วัดยาง หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) หาดยางขาว บริเวณที่มีความลึกชั้นน้อยกว่า .100 คือ .084, .082, .011, .010 ได้แก่ ปากบาง โผงเผง บางไทร และป้อมพระจุลฯ ซึ่งเป็นบริเวณปากน้ำ ความลึกชั้นจึงน้อยมาก

จากตาราง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณารัศมีคุ้งน้ำ พบว่าค่อนข้างเป็นระบบคือรัศมีคุ้งน้ำตอย ๆ เพิ่มขึ้นจากลำน้ำตอนบนสู่ตอนล่าง บริเวณที่รัศมีคุ้งน้ำน้อยกว่า 1.300 คือ 1.250, 1.200, 1.085, 1.050 ได้แก่ เกาะขุ่น เกาะทานิ เชื่อนเจ้าพระยา วัดคงการาม เกาะกลางน้ำ บริเวณที่รัศมีคุ้งน้ำระหว่าง 1.300 - 1.700 คือ 1.300, 1.335, 1.400, 1.440, 1.650 ได้แก่ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) บางโคมศรี เกาะกลางแคว ปากบาง หาดยางขาว บริเวณที่รัศมีคุ้งน้ำระหว่าง 1.700 - 2.000 คือ 1.710, 1.725, 1.900, 1.910 ได้แก่ วัดไชยสงคราม วัดยาง วัดบางมะฝ่อ หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) บริเวณที่รัศมีคุ้งน้ำเกิน 2.000 นับว่า มีรัศมีขนาดใหญ่คือ 2.010, 2.480, 3.000 ได้แก่ โผงเผง บางไทร ป้อมพระจุลฯ

เมื่อนำความลึกชั้นและรัศมีของคุ้งน้ำมาหาความสัมพันธ์กัน ลาสหสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่า เมื่อความลึกชั้นของทองน้ำลดลง รัศมีของคุ้งน้ำกว้างขึ้น แลหาความลึกชั้นของทองน้ำยังสูงรัศมีของคุ้งน้ำแคบลง จึงเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1.3 นอกจากนั้นลาคสหสัมพันธ์มีค่า

คองขวางสูงคือ -0.7271 มีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 99 % แสดงว่า ความลาดชัน
ของน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำคองขวางมาก

กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันของน้ำกับปริมาณน้ำ



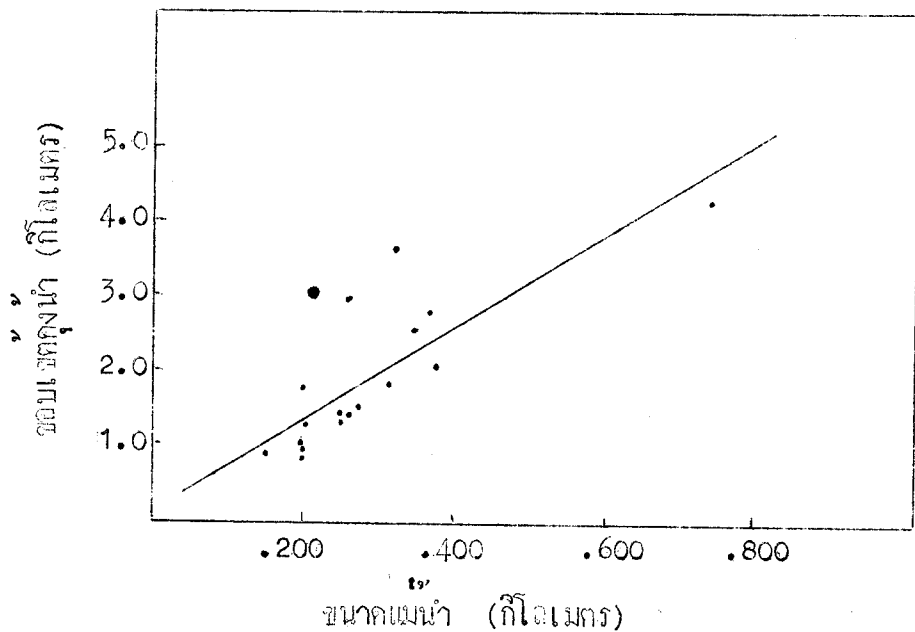
1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่น้ำกับขอบเขตทุ่งน้ำ

จากตาราง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาขนาดของแม่น้ำเจ้าพระยา ปรากฏว่า
ไม่เป็นระบบนัก บริเวณที่แม่น้ำมีขนาดระหว่าง 1.000 – 2.000 กิโลกรัม คือ .1000,
.1500, .2000 ได้แก่วัดไฮยงกราม โขงเผง แต่บริเวณที่แม่น้ำมีขนาด .2000 กิโลกรัม
เท่ากันมี 4 แห่งคือ เกาะฉนวน บางโฉลง ปากบาง หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง)
บริเวณที่แม่น้ำมีขนาดระหว่าง .2001 – .3000 คือ .2063, .2500, .2625, .2667
.2750 ได้แก่ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เขื่อนเจ้าพระยา วัดคงคาราม
หาดยางขาว เกาะกลางแดด วัดยาง บริเวณที่แม่น้ำมีขนาดเกินกว่า .3000 คือ .3188,
3250, .3500, .3667, .7492 ได้แก่ วัดบางมะฝ่อ เกาะตานิว บางไพร

เกาะกลางน้ำ และป้อมพระจุลฑา แขนงน้ำของแม่น้ำบริเวณป้อมพระจุลฑา กว้างมากกว่า บริเวณอื่น คือ .7429 กิโลเมตร เนื่องจากเป็นบริเวณใกล้ปากน้ำจึงทำให้ขนาดของแม่น้ำ มีความกว้างมาก

จากการวาง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาขอบเขตคูกน้ำปรากฏว่า ไม่ค่อยเป็นระบบ เช่นเดียวกับขนาดของแม่น้ำ บริเวณที่ขอบเขตคูกน้ำน้อยกว่า 1.000 กิโลเมตร คือ .730, .850, .880, .900 โค้แก วัดไชยสงคราม เกาะยวน หน้าโครงการฯ (จังหวัด อ่างทอง) โขงแมง บริเวณที่ขอบเขตคูกน้ำระหว่าง 1.000 - 2.000 คือ 1.075, 1.300, 1.335, 1.425, 1.450, 1.545, 1.800 โค้แก ปากบาง หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เขื่อนเจ้าพระยา วัดคงคาราม เกาะกลางแดด วัดยาง วัดบางมะฝ่อ บางโพนศรี บริเวณที่ขอบเขตคูกน้ำมีค่าระหว่าง 2.000 - 4.000 คือ 2.638, 2.800, 3.000, 3.700 โค้แก บางไทร เกาะกลางน้ำ หาดยางขาว เกาะตานิว บริเวณที่ขอบเขตคูกน้ำกว้างมากคือ ป้อมพระจุลฑา ซึ่งมีค่าถึง 4.308 กิโลเมตร ทั้งนี้เนื่องจากเป็นบริเวณปากน้ำซึ่งแม่น้ำมีความตื้นเขินมาก จึงทำให้ขอบเขตคูกน้ำมากกวาย

เมื่อนำขนาดของแม่น้ำและขอบเขตคูกน้ำเจ้าพระยามาหาความสัมพันธ์กัน ปรากฏว่า ค่าสหสัมพันธ์เป็นบวก แสดงว่าเมื่อแม่น้ำมีขนาดใหญ่ ขอบเขตของคูกน้ำจะใหญ่กวาย และเมื่อ แม่น้ำมีขนาดเล็ก ขอบเขตของคูกน้ำจะเล็กกวาย อาจกล่าวได้ว่า ขอบเขตคูกน้ำแปรผันตาม ขนาดของแม่น้ำ จึงเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.4 นอกจากนั้นยังมีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง คือ .8230 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % นั่นคือขนาดของแม่น้ำกับขอบเขตคูกน้ำ มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก



กราฟที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแผ่นน้ำกับรอบเขตของน้ำ

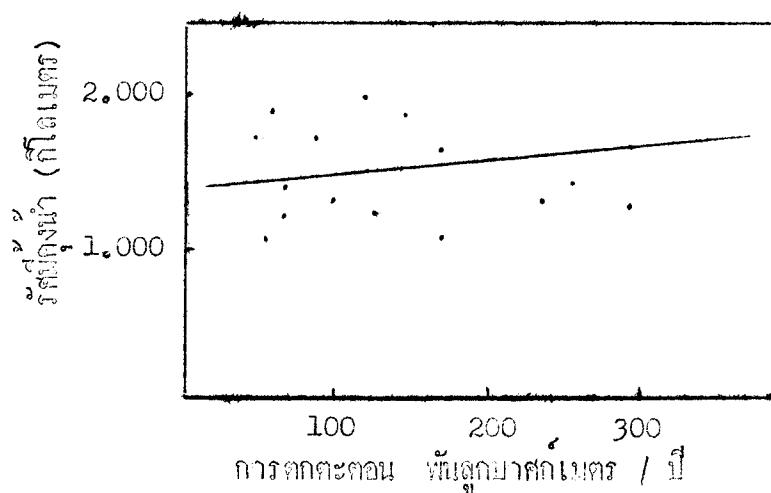
✓ 1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับรั้วมีของน้ำ

จากตาราง 5 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าตะกอนมีปริมาณมากทางตอนบนของลำน้ำ แต่ตอนกลางลำน้ำจะลดลง และเพิ่มมากขึ้นอีกครั้งในช่วงใกล้ปากน้ำ ตะกอนที่มีปริมาณน้อยกว่า 100 พันลูกบาศก์เมตร/ปี คือ 40, 55, 57, 66, 69, 88, 99. ได้แก่บริเวณวัดไชยสงคราม วัดคงคาราม หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) ปากบาง เขื่อนเจ้าพระยา วัดยาง บางโฉดศรี บริเวณที่ตะกอนมีปริมาณระหว่าง 100 - 200 พันลูกบาศก์เมตร/ปี คือ 122, 126, 148, 173, 174 ได้แก่ โขงเผง เกาะตานี วัดบางมะป้อ หาดบางขาว เกาะกลางน้ำ บริเวณที่ตะกอนมีปริมาณระหว่าง 200 - 300 คือ 237, 255, 295 ได้แก่ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เกาะกลางแค เกาะขุน บริเวณที่ตะกอนมีปริมาณมากเป็นพิเศษคือ 1,292, 2555 ได้แก่บางไทร และป้อมพระจุลฑา เพราะอยู่ใกล้ปากน้ำ มีน้ำทะเลหนุนทำให้กระแสน้ำปะทะกัน การตกตะกอนจึงมีมากกว่าบริเวณอื่น ซึ่งสอดคล้องกับที่ สุรภี กล่าวไว้ว่า เมื่อน้ำแก่กับน้ำจืดพบกัน จะมีผลให้ความเร็วของทั้งสองฝ่ายลดลง มีการกลุกเกลวระหว่างน้ำที่มีความหนาแน่นต่างกัน ภาวะเช่นนี้จึงเอื้ออำนวยให้มีการตกตะกอน และเมื่อได้ทำการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับความเค็ม พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก

(สูตรที่, 2518 : 60)

เรขาคณิตของพื้นที่น้ำจืดเข้ามาแล้วใน 1.3 ดังนั้นเมื่อเข้ามาหาความสัมพันธ์กับตะกอน การสัมพันธ์เป็นบวก แสดงว่าเมื่อปริมาณตะกอนเป็นมากขึ้นของพื้นที่น้ำจืดจะกว้าง และเมื่อปริมาณ ตะกอนน้อยพื้นที่ของพื้นที่น้ำจืดจะแคบ จากตารางการวัดพื้นที่น้ำจืดแปรผันตามลักษณะการตกตะกอน จึงเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.5 นอกจากนั้นค่าสหสัมพันธ์ยังค่อนข้างสูงคือ .7941 มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % แสดงว่าการตกตะกอนกับพื้นที่ของพื้นที่น้ำจืดมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก



กราฟที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับพื้นที่ของพื้นที่น้ำ

✓ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินและช่วงยาวของพื้นที่น้ำ

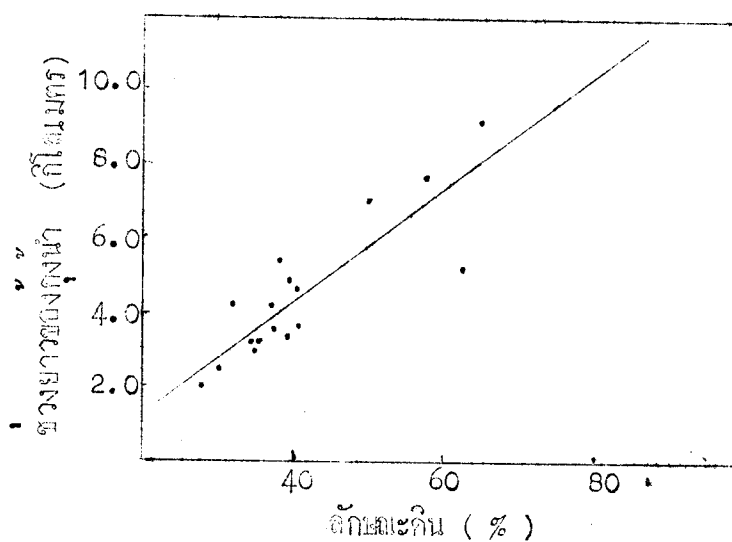
จากตาราง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาถึงลักษณะดินซึ่งมีดินเหนียวผสม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวผสม มากขึ้นจากลำน้ำตอนบนสู่ตอนล่าง บริเวณที่มีดินเหนียวผสมน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงแห่งเดียว คือ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ไร่สังคราม แสดงว่าลักษณะดินในเขตนี้มีส่วนผสมที่เป็นทราย และทรายละเอียดเป็นจำนวนมาก บริเวณที่มีดินเหนียวผสม ระหว่าง 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ คือ 30.427, 32.467, 35.692, 35.917, 36.491, 38.355, 38.410, 39.478 ได้แก่ เกาะงู น เกาะตานิว น้ำโรงการว (จังหวัดนครสวรรค์) บางโคมศรี

โพงเมง หาดบางขาว ปากบาง เกาะกลางน้ำ บริเวณที่มีดินเหนียวผสม ระหว่าง
40 - 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 40.145, 40.592, 41.150, 50.974 ใต้เกาะกลางแตก
วัดยาง เขื่อนเจ้าพระยา วัดบางมะปราง บริเวณที่มีดินเหนียวผสมเกิน 60 เปอร์เซ็นต์ คือ
63.688, 65.250 อยู่ทางตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยา ใต้เกาะ บางโพธิ์และ ป้อมพระจุล

จากตาราง 4 ในภาคผนวก เมื่อพิจารณาช่วงยาวของกึ่งน้ำ ปรากฏว่าไม่กดยเป็น
ระบบนัก บริเวณที่ช่วงยาวของกึ่งน้ำไม่ถึง 3.000 กิโลเมตร คือ 2.061, 2.275, 2.550
2.950 ใต้เกาะ วัดไชยสงคราม โพงเมง เกาะทวน บางโสมศรี บริเวณที่ช่วงยาวของกึ่งน้ำ
ระหว่าง 3.000 - 4.000 กิโลเมตร คือ 3.075, 3.610, 3.638, 3.380 ใต้เกาะ
หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) ปากบาง หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) บริเวณที่
ช่วงยาวของกึ่งน้ำระหว่าง 4.000 - 6.000 คือ 4.2000, 4.250, 4.750, 4.925, 5.317, 5.500
ใต้เกาะ เกาะตานิว หาดบางขาว เขื่อนเจ้าพระยา เกาะกลางแตก บางโพธิ์ เกาะกลางน้ำ
บริเวณที่ช่วงยาวของกึ่งน้ำเกินกว่า 7.000 กิโลเมตร คือ 7.000, 7.700, 9.211 ใต้เกาะ
วัดบางมะปราง วัดคลองการาม และป้อมพระจุล

✓ เมื่อนำลักษณะดินมาหาความสัมพันธ์กับช่วงยาวของกึ่งน้ำ ค่าสหสัมพันธ์ เป็นบวก
แสดงว่าเมื่อลักษณะดินมีดินเหนียวผสมเปอร์เซ็นต์สูง (มีทรายและทรายละเอียดผสมเปอร์เซ็นต์ต่ำ)
ช่วงยาวของกึ่งน้ำจะมาก และเมื่อลักษณะดินมีดินเหนียวผสมเปอร์เซ็นต์ต่ำ (มีทรายและทรายละเอียด
ผสมเปอร์เซ็นต์สูง) ช่วงยาวของกึ่งน้ำจะน้อย นั่นคือช่วงยาวของกึ่งน้ำแปรผันตามลักษณะดิน จึงเป็นไปได้
ตามสมมติฐานข้อ 1.6 นอกจากนี้ยังมีการสหสัมพันธ์สูง คือ .8576 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น
99 % แสดงว่าลักษณะดินกับช่วงยาวของกึ่งน้ำมีความสัมพันธ์กันมาก

กราฟที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับช่วงยาวของทุ่งน้ำ



2. ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6

ตัวแปรทั้ง 6 คือ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด การตกตะกอน ลักษณะดินของแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเล็กน้อยเพียงใด ซึ่งจะทำให้ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างทุ่งน้ำด้วยนั้น พิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ ในตารางแมทริกซ์ดังนี้

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6

	ปริมาณน้ำ	ความเร็ว	ความลึกชั้น	ขนาด	การตกตะกอน	ลักษณะดิน
ปริมาณน้ำ	1	.88**	.57*	-.23	-.24	-.33
ความเร็ว	.88**	1	.75**	-.15	-.20	-.28
ความลึกชั้น	.57*	.75**	1	-.20	-.38	-.36
ขนาด	-.23	-.15	-.20	1	.86**	.69**
การตกตะกอน	-.24	-.20	-.38	.86**	1	.70**
ลักษณะดิน	-.33	-.28	-.36	.69**	.70**	1

** มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6 ปรากฏว่าตัวแปรซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์สูง และมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % มี 5 คู่ คือ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับความเร็ว มีค่าสหสัมพันธ์ .88 แสดงว่าปริมาณน้ำกับความเร็วมีความสัมพันธ์กันมาก นั่นคือเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วจะเพิ่มตามด้วย หรือกล่าวได้ว่าความเร็วแปรผันตามปริมาณน้ำ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความลึกชั้น มีค่าสหสัมพันธ์ .75 แสดงว่าความเร็วกับความลึกชั้นของแม่น้ำมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก นั่นคือถ้าแม่น้ำมีความเร็วมาก ความลึกชั้นของท้องน้ำยังมีมาก และเมื่อแม่น้ำมีความเร็วลดลง ความลึกชั้นของน้ำน้อยลงด้วย

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับขนาดของแม่น้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .86 แสดงว่า การตกตะกอนมีความสัมพันธ์กับขนาดแม่น้ำมาก นั่นคือบริเวณใดที่มีตะกอนที่ท้องน้ำมาก ขนาดของแม่น้ำบริเวณนั้นจะใหญ่ และบริเวณใดที่มีตะกอนที่ท้องน้ำน้อย แม่น้ำยังมีขนาดเล็ก

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับขนาดของแม่น้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .69 แสดงว่าลักษณะดินมีความสัมพันธ์กับขนาดแม่น้ำปานกลาง แม่น้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่มีดินเหนียวผสมในดินมาก

ขนาดของแม่น้ำจะใหญ่ และเมื่อไหลผ่านบริเวณที่มีดินเหนียวผสมในดินน้อย ขนาดแม่น้ำน้อยลง

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับลักษณะดิน มีค่าสหสัมพันธ์ .70 แสดงว่าการตกตะกอนมีความสัมพันธ์กับลักษณะดินด้วย เพราะบริเวณใดมีการตกตะกอนมาก แสดงว่าบริเวณนั้นมีดินเหนียวผสมในดินเปอร์เซ็นต์สูง และบริเวณใดมีการตกตะกอนน้อยย่อมมีดินเหนียวผสมในดินเปอร์เซ็นต์ต่ำ

ตัวแปรซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์กันปานกลาง และมีความเชื่อมั่นได้ 95 % มี 1 ตัวคือ

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับความลาดชันของท้องน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .57 แสดงว่าปริมาณน้ำกับความลาดชันของท้องน้ำแปรผันตามกันพอประมาณ

3. ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างของทุ่งน้ำแต่ละชนิด กับตัวแปรทั้ง 6

ตัวแปรทั้ง 6 มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบโครงสร้างของทุ่งน้ำมากน้อยเพียงใดพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบโครงสร้างของทุ่งน้ำ

	ปริมาณน้ำ	ความเร็ว	ความลาดชัน	ขนาด	การตกตะกอน	ลักษณะดิน
ช่วงกว้างของทุ่งน้ำ	-.26	-.24	-.01	.80**	.58*	.38
ความถกเถียง	-.16	-.38	-.20	.49*	.31	.08
รัศมีทุ่งน้ำ	-.31	-.38	-.73**	.58*	.79**	.61**
ขอบเขตทุ่งน้ำ	-.17	-.23	-.19	.82**	.64**	.45
ช่วงยาวของทุ่งน้ำ	-.23	-.19	-.11	.80**	.61**	.86**

** มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการาง 2 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบโครงสร้าง
 น้ำแต่ละชนิด ปรากฏว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบโครงสร้างน้ำสูง และ
 มีความเชื่อมั่นได้ 99 % มี 9 คู่ คือ

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่น้ำกับช่วงกว้างของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .80
 แสดงว่าขนาดของแม่น้ำมีความสัมพันธ์กับช่วงกว้างของกึ่งน้ำมาก นั่นคือ ขนาดแม่น้ำใหญ่
 ช่วงกว้างของกึ่งน้ำมีมาก และเมื่อแม่น้ำมีขนาดเล็กช่วงกว้างของกึ่งน้ำก็ลดลงตามด้วย

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันกับรัศมีของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ - .73
 แสดงว่าความลาดชันของท้องน้ำเป็นปัจจัยก่อกำเนิดกับรัศมีของกึ่งน้ำ นั่นคือเมื่อความลาดชันของท้องน้ำ
 มีมากรัศมีของกึ่งน้ำมีน้อย แต่ถ้ามความลาดชันของท้องน้ำลดลงรัศมีของกึ่งน้ำก็เพิ่มขึ้น

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับรัศมีของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .79 แสดงว่า
 การตกตะกอนมีความสัมพันธ์กับรัศมีของกึ่งน้ำค่อนข้างมาก บริเวณใดท้องน้ำมีตะกอนมาก
 ช่วงนั้นรัศมีของกึ่งน้ำใหญ่ และบริเวณใดท้องน้ำมีตะกอนน้อยรัศมีของกึ่งน้ำก็ลดลง

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับรัศมีของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .61 แสดงว่า
 ลักษณะดินกับรัศมีของกึ่งน้ำสัมพันธ์กันปานกลาง นั่นคือ แม่น้ำไหลผ่านบริเวณที่มีดินเหนียวผสม
 เปรี้ยวเซตสูงรัศมีของกึ่งน้ำมีขนาดใหญ่ และ ไหลผ่านบริเวณที่มีดินเหนียวผสมเปรี้ยวเซตต่ำ
 รัศมีของกึ่งน้ำมีขนาดเล็ก

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่น้ำกับขอบเขตของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .82
 แสดงว่า ขนาดของแม่น้ำกับขอบเขตของกึ่งน้ำมีความสัมพันธ์กันมาก นั่นคือเมื่อขนาดของแม่น้ำใหญ่
 ขอบเขตของกึ่งน้ำมีมาก และ ขนาดของแม่น้ำเล็กขอบเขตของกึ่งน้ำก็ลดลงตามด้วย

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับขอบเขตของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .64
 แสดงว่า การตกตะกอนกับขอบเขตของกึ่งน้ำมีความสัมพันธ์กันปานกลาง คือเมื่อบริเวณใดท้องน้ำ
 มีตะกอนมากขอบเขตของกึ่งน้ำมีขนาดใหญ่ และ บริเวณใดท้องน้ำมีตะกอนน้อย ขอบเขตของกึ่งน้ำ
 ช่วงนั้นลดลง

3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่น้ำกับช่วงยาวของกึ่งน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .80
 แสดงว่า ขนาดของแม่น้ำกับช่วงยาวของกึ่งน้ำสัมพันธ์กันมาก คือ แม่น้ำมีขนาดใหญ่ช่วงยาว

ของคูลงน้ำมาก และแม่น้ำมีขนาดเล็ก ชวงยาวของคูลงน้ำลดลงตาม

3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับชวงยาวของคูลงน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .61

แสดงว่าการตกตะกอนกับชวงยาวของคูลงน้ำสัมพันธ์กันปานกลาง คือ บริเวณใดที่มีการตกตะกอน
ที่ต่อน้ำมาก ชวงยาวของคูลงน้ำบริเวณนั้นก็มีมาก และบริเวณใดที่มีการตกตะกอนที่ต่อน้ำน้อย
ชวงยาวของคูลงน้ำก็น้อยลง

3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับชวงยาวของคูลงน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .86

แสดงว่าลักษณะดินกับชวงยาวของคูลงน้ำมีความสัมพันธ์กันมาก คือ แม่น้ำไหลผ่านบริเวณที่มี
ดินเหนียวผสมในดินมาก ชวงยาวของคูลงน้ำก็มาก และไหลผ่านบริเวณที่มีดินเหนียวผสม
ในดินน้อย ชวงยาวของคูลงน้ำก็ลดลง

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบโครงสร้างคูลงน้ำปานกลาง และมีความเชื่อมั่น
ได้ 95 % มี 3 ตัวคือ

ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับชวงยาวของคูลงน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .58

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแม่น้ำกับความตกตะกอนของแม่น้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .49

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแม่น้ำกับพื้นที่ของคูลงน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ .58

ส่วนตัวแปรกับองค์ประกอบโครงสร้างคูลงน้ำอื่น ๆ มีค่าสหสัมพันธ์ไม่มาก และไม่มีความสำคัญ
ทางสถิติ เชื่อมั่นไม่ได้เพียงพอ จึงไม่นำมาพิจารณาถึง

4. จิตสำนึกความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์โครงสร้างคูลงน้ำ

การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างคูลงน้ำนี้ มีตัวทำนาย (predictor) 6 ตัว
ได้แก่ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ขนาด การตกตะกอน ลักษณะดิน มีตัวเกณฑ์
(criteria) คือ โครงสร้างคูลงน้ำแยกออกเป็น 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ชวงยาวของคูลงน้ำ
ความตกตะกอน พื้นที่คูลงน้ำ ขอบเขตคูลงน้ำ ชวงยาวของคูลงน้ำ ตัวแปรทั้ง 6 มีผลต่อ
องค์ประกอบโครงสร้างคูลงน้ำแต่ละชนิดอย่างไร ตัวแปรใดมีผลมากน้อยต่างกัน พิจารณาได้จาก
ค่า beta weight ซึ่งเป็นค่าสถิติที่บอกให้ทราบว่า ตัวพยากรณ์แต่ละตัวมีน้ำหนัก ผลต่อ

ตัวแปรตามน้อยเพียงใด โดยคำนวณหาจากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวพยากรณ์ทั้ง 6 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวพยากรณ์แต่ละตัวกับตัวเกณฑ์ เมื่อใช้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ทำให้ทราบความสัมพันธ์รวมกันของตัวแปรทั้ง 6 กับตัวแปรตามน้อยเพียงใด

ตาราง 3 แสดงค่าน้ำหนักของตัวพยากรณ์ ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ และค่าสถิติอื่น ๆ

ตัวแปร	ค่า β และ b ของตัวพยากรณ์						R	C	SE _{est}	F	
	ปริมาณน้ำ X_D	ความเร็ว X_V	ความลาดชัน X_{S1}	ขนาด X_{S2}	การตกตะกอน X_{Se}	ลักษณะดิน X_{So}					
ช่วงกว้างของทุ่งน้ำ $\tilde{A}$	β_1	.33	-.85	.55	.99	.02	-.25	.89	5.186	-.525	6.35*
	b_1	.002	-9.896	3.268	8.011	.000	-.026				
ความคดเคี้ยว $\tilde{S}$	β_2	1.11	-1.61	.35	.99	-.17	-.43	.88	2.776	+.137	5.722*
	b_2	.002	-4.731	.525	2.022	-.000	-.011				
รัศมีทุ่งน้ำ $\tilde{R}$	β_3	.01	.25	-.68	-.05	.61	.02	.93	1.254	+.192	10.672**
	b_3	.000	1.332	-1.849	-.185	.001	.001				
ขอบเขตทุ่งน้ำ $\tilde{M}$	β_4	.54	-.72	.14	1.10	-.14	-.18	.88	6.208	+.504	5.722*
	b_4	.003	-7.795	.741	8.278	-.000	-.093				
ช่วงยาวของทุ่งน้ำ $\tilde{W}$	β_5	.32	-.50	.35	.69	-.41	.77	.97	-.134	+.467	26.539**
	b_5	.003	-9.811	3.506	9.410	-.001	.136				

** หมายถึงค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) มีนัยสำคัญเชื่อมั่นได้ 99 %

* หมายถึงค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) มีนัยสำคัญเชื่อมั่นได้ 95 %

จากการตาราง 3 เมื่อพิจารณาค่า beta weight ของตัวพยากรณ์ส่งผลต่อการทำนายองค์ประกอบโครงสร้างทุ่งน้ำแต่ละชนิด สามารถจัดลำดับความสำคัญของตัวพยากรณ์ได้ดังนี้

ตาราง 4 จักราคับความสำคัญของจำพวกรวมไม่ผลของการทำนายองค์ประกอบ
โครงสร้างผู้นำ

ลำดับที่	ช่วงทางผู้นำ	ความกล้าเดี่ยว	วิธีมีผู้นำ	ขอบเขตผู้นำ	ช่วงยาวของผู้นำ
1	ขนาด	ปริมาณน้ำ	การตกตะกอน	ขนาด	ลักษณะกิน
2	ความลึกชั้น	ขนาด	ความเร็ว	ปริมาณน้ำ	ขนาด
3	ปริมาณน้ำ	ความลึกชั้น	ลักษณะกิน	ความลึกชั้น	ความลึกชั้น
4	การตกตะกอน	การตกตะกอน	ปริมาณน้ำ	การตกตะกอน	ปริมาณน้ำ
5	ลักษณะกิน	ลักษณะกิน	ขนาด	ลักษณะกิน	การตกตะกอน
6	ความเร็ว	ความเร็ว	ความลึกชั้น	ความเร็ว	ความเร็ว

จากการตาราง 4 เมื่อใช้ช่วงทางผู้นำเป็นตัวเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ .89 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 95 % พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อการทำนายมากที่สุดตามลำดับ ดังนี้ ขนาดของแม่น้ำส่งผลต่อการทำนายมากที่สุด ($\beta = .99$) รองลงมาได้แก่ความลึกชั้น ($\beta = .55$) ปริมาณน้ำ ($\beta = .33$) การตกตะกอน ($\beta = .02$) ลักษณะกิน ($\beta = -.25$) ความเร็ว ($\beta = -.85$)

เมื่อใช้ความกล้าเดี่ยวเป็นตัวเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ .88 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 95 % พบว่าปริมาณน้ำส่งผลต่อการทำนายมากที่สุด ($\beta = 1.11$) รองลงมาได้แก่ขนาดของแม่น้ำ ($\beta = .99$) ความลึกชั้น ($\beta = .35$) การตกตะกอน ($\beta = -.17$) ลักษณะกิน ($\beta = -.43$) ความเร็ว ($\beta = -1.61$)

เมื่อใช้วิธีมีผู้นำเป็นตัวเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ .93 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 99 % พบว่า การตกตะกอนส่งผลต่อการทำนายมากที่สุด ($\beta = .61$) รองลงมาได้แก่ความเร็ว ($\beta = .25$) ลักษณะกิน ($\beta = .02$) ปริมาณน้ำ ($\beta = .01$) ขนาด ($\beta = -.05$) ความลึกชั้น ($\beta = -.68$)

เมื่อใช้ขอบเขตของกึ่งน้ำเป็นค่าเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ .88 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 95 % พบว่าขนาดของแม่น้ำส่งผลต่อการทำนายมากที่สุด ($\beta = 1.10$) รองลงมาได้แก่ปริมาณน้ำ ($\beta = .54$) ความลาดชัน ($\beta = .14$) การตกตะกอน ($\beta = -.14$) ลักษณะดิน ($\beta = -.18$) ความเร็ว ($\beta = -.72$)

เมื่อใช้ช่วงยาวของกึ่งน้ำเป็นค่าเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ .97 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 99 % พบว่าลักษณะดินส่งผลต่อการทำนายมากที่สุด ($\beta = .77$) รองลงมาได้แก่ขนาด ($\beta = .69$) ความลาดชัน ($\beta = .35$) ปริมาณน้ำ ($\beta = .32$) การตกตะกอน ($\beta = -.41$) ความเร็ว ($\beta = -.50$)

✓ เป็นที่น่าสังเกตว่าความเร็วเป็นค่าพยากรณ์ที่ส่งผลต่อการทำนายของ ประกอบโครงสร้างกึ่งน้ำเป็นอันดับสุดท้ายถึง 4 ชนิด แสดงว่า ความเร็วของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาไม่ค่อยมีผลต่อโครงสร้างกึ่งน้ำมากนัก

5. สร้างสมการพยากรณ์โครงสร้างกึ่งน้ำ

จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างตัวแปรต่าง ๆ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างกึ่งน้ำ สามารถสร้างสมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบได้ 5 สมการคือ

5.1 สมการพยากรณ์ช่วงกว้างของกึ่งน้ำ

$$\tilde{A} = .002X_D - 9.897X_V + 3.269X_{S1} + 8.011X_{S2} + .000X_{Se} - .026X_{So} + 5.186$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนาย = $\pm .525$

5.2 สมการพยากรณ์ความถี่ของแม่น้ำ

$$\tilde{S} = .002X_D - 4.731X_V + .525X_{S1} + 2.022X_{S2} - .000X_{Se} - .001X_{So} + 2.776$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนาย = $\pm .137$

5.3 สมการพยากรณ์พื้นที่กึ่งน้ำ

$$\tilde{R} = .000X_D + 1.332X_V - 1.849X_{S1} - .185X_{S2} + .000X_{Se} + .001X_{So} + 1.254$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนาย = $\pm .192$

5.4 สมการพยากรณ์ของค่าของน้ำ

$$\tilde{M} = .003X_D - .574X_V + .791X_{Si} + 8.278X_{Si} + .000X_{Se} - .093X_{So} + 6.208$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนาย = $\pm .504$

5.5 สมการพยากรณ์ของค่าของน้ำ

$$\tilde{W} = .003X_D - 9.811X_V + 3.506X_{Si} + 9.410X_{Si} - .001X_{Se} + .136X_{So} - .134$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำนาย = $\pm .467$

อภิปรายผลการตรวจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างกึ่งน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยพิจารณาจากตัวแปร 6 ชนิดคือ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลึกชั้น ขนาด ตะกอนที่ท้องน้ำ ลักษณะของดิน และองค์ประกอบโครงสร้างของกึ่งน้ำ 5 ชนิด คือ ช่วงกว้างกึ่งน้ำ ความลึกกึ่งน้ำ ที่มี ขอบเขตกึ่งน้ำ ช่วงยาวกึ่งน้ำ ในการนำมาอภิปรายผลการตรวจ ได้แบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะกึ่งน้ำ
2. ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6
3. ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างกึ่งน้ำแต่ละชนิดกับตัวแปรทั้ง 6
4. การจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรทั้ง 6 ที่มีผลต่อการพยากรณ์โครงสร้างกึ่งน้ำ
5. สมการพยากรณ์โครงสร้างกึ่งน้ำ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับลักษณะกึ่งน้ำ

แบ่งการอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัวกับลักษณะกึ่งน้ำแต่ละชนิดได้ 6 ตอน

คือ

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับช่วงกว้างกึ่งน้ำ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่าไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน คือค่าสหสัมพันธ์เป็น ลบ และมีค่าต่ำเพียง -0.2630 เท่านั้น ทั้งนี้ไม่มีความสำคัญทางสถิติที่กี่ยวกันที่เห็นดังนี้เพราะข้อมูลของแม่น้ำเจ้าพระยา มีปริมาณน้ำมากทางลำน้ำตอนบน และลำน้ำตอนล่างปริมาณน้ำกลับลดน้อยลง เป็นการขัดแย้งกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีศึกษาไว้ เพราะปริมาณน้ำของแม่น้ำต่าง ๆ ในสภาพที่เป็นธรรมชาติแล้ว ลำน้ำตอนบนจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าทางตอนล่าง เพราะลำน้ำตอนบนของน้ำยังมีลักษณะเป็นรูปตัววี (V - shape) ความกว้างของแม่น้ำมีน้อย เนือที่

รูปทศนิยมขนาดเล็ก แก่ลำนํ้าทอมกลางของนํ้าขวาง เป็นรูปถ้วย (U - shape) แม่นํ้าขนาดใหญ่ รูปทศนิยมใต้นํ้ามาก และมีลำนํ้าสาขาไหลมารวมกันหลายสาขา ปริมาณนํ้าที่วัดได้จึงมาก ทาลำนํ้าคอนบน (Flint, 1974 : 131) สาเหตุที่แม่นํ้าเจ้าพระยามีปริมาณนํ้าชั้กแย้งกัน ทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีผู้ศึกษาไว้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 ตัวอย่างที่ไร้ในการศึกษา ถือแม่นํ้าเจ้าพระยาเป็นเพียงส่วนหนึ่งของแม่นํ้าทั้งสายเท่านั้น เพราะอาจก้ถึงแม่นํ้าทั้งสายแล้วทง เริ่มนับจากต้นแม่นํ้าไปมาตลอดจน ถึงอ่าวไทย แต่ในการศึกษาก้ังนี้แค่เฉพาะส่วนที่เป็นแม่นํ้าเจ้าพระยาจริง ๆ โดยเริ่มตั้งแต่ บริเวณที่แม่นํ้าอิงและแม่นํ้าน่านไหลมารวมกันแล้ว ปริมาณนํ้าที่วัดได้บริเวณ หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) หรือบริเวณเกาะพยุวง เกาะกลางแดด จึงมากกว่าบริเวณอื่น เพราะ เป็นบริเวณที่แม่นํ้าอิงและแม่นํ้าน่าน ซึ่งมีปริมาณนํ้ามากอยู่แล้วทั้งสองสายไหลมารวมกันเป็นแห่งแรก นอกจากนั้นในช่วงนี้ยังไม่มีแม่นํ้าลํ้ากลงแยกออกไป ซึ่งจะทําได้ปริมาณนํ้าลดน้อยลง ทวยเหตุนี้ ลำนํ้าคอนบนของแม่นํ้าเจ้าพระยาจึงมีปริมาณนํ้ามากกว่าลำนํ้าทอมกลาง ถ้าได้ทําการศึกษาแม่นํ้า ตลอดทั้งสายก้คงแตกต้นแม่นํ้าอิงจนกระทั่งถึงอ่าวไทยแล้ว ปริมาณนํ้าทางคอนบนลงนํ้าทอมกลาง ทาสหสัมพันธ์ คงเป็นบวก และเป็นไปตามสมมุติฐานที่วางไว้

1.1.2 แม่นํ้าเจ้าพระยาช่วงตั้งแต่จังหวัดชัยนาทลงมาถึงอ่าวไทย มีแม่นํ้าแยกท้าวออกไปหลายแห่ง เช่น แม่นํ้าทาจันแยกที่ตำบลท้าวแห อําเภอดักสิงห์ จังหวัด ชัยนาท แม่นํ้าลพบุรีแยกที่หน้าศาลากลางจังหวัดสิงห์บุรี แม่นํ้านอยแยกที่ตอนใต้ของจังหวัด สิงห์บุรีเล็กน้อย นอกจากนั้นยังมีคลองธรรมชาติแยกออกจากแม่นํ้าเจ้าพระยาอีกประมาณ 10 ทวาแห่ง จึงทําได้ปริมาณนํ้าทางตอนกลางทงถูกแบ่งไปตามแม่นํ้าและคลองเหล่านี้ ถึงแมจะมี ลำนํ้าสาขา ถือแม่นํ้า สะแกกรังและแม่นํ้าป่าสักไหลมารวมกัน แต่ก็เป็นเพียงส่วนน้อยและไม่มีผล ทําได้ปริมาณนํ้าทางตอนกลาง เพิ่มขึ้นกว่าทอมบนทงอย่างใด

1.1.3 แม่นํ้าเจ้าพระยาไม่อยู่ในสภาพธรรมชาติ จึงขาดความสมดุล หนึ่งนี้เพราะ แม่นํ้าเจ้าพระยาไหลอยู่บนที่ราบภาคกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีประชาชนอาศัยอยู่ อย่างหนาแน่น และส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทาง เกษตรกรรมทงอาศัยนํ้าจากแม่นํ้าเจ้าพระยา เป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิต เช่นสูบนํ้าขึ้นมาใช้ในการบริโภค การอุตสาหกรรม หรือเพื่อใช้ใน

กิจการทาง ๆ นอกจากนั้นยังมีการขุดคลองชลประทานเพื่อระบายน้ำไปในไร่นาอีกเป็นจำนวนมาก

จากสาเหตุทาง ๆ ดังกล่าวนี้นี้จึงมีผลทำให้แม่น้ำเจ้าพระยา มีปริมาณน้ำค่อนข้างมากกว่าตอนล่าง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับช่วงการกักน้ำ ถ้าสัมพันธ์จึงเป็นลบ และไม่เปิดไปตามสมมุติฐานที่วางไว้

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความคล่องตัว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ถ้าสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่าความเร็วเป็นปฏิภาคผกผันกับความคล่องตัวจริงตามสมมุติฐาน นั่นคือเมื่อความเร็วลดลงแม่น้ำจะคล่องตัวมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้ปรากฏชัดระหว่างลำน้ำตอนบนคือบริเวณหน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) มีความเร็ว .940 เมตร / วินาที มีความคล่องตัว 1.0384 แกมบริเวณปากน้ำคือที่ป้อมพระจุล มีความเร็วลดลงเหลือ .564 เมตร / วินาที ความคล่องตัวเพิ่มเป็น 1.7778 ดังนั้นการที่ขยายรั้งนี้จึงเป็นไปตามที่ เสก ทิลิป กล่าวไว้ ทางตอนปลายแม่น้ำเมื่อความเร็วลดลงแม่น้ำมีความคล่องตัวมากขึ้น แต่ความสัมพันธ์ได้เพียง $- .37775$ นี้น่าสนใจ อาจเป็นเพราะความเร็วมีความสัมพันธ์กับความคล่องตัวจริง หรืออาจเป็นเพราะความคล่องตัวของแม่น้ำเจ้าพระยาไม่ถือเป็นระบบนัก เนื่องได้จากความคล่องตัวทาง 4 ในภาคบนทงช่วงแรกซึ่งเป็นตอนต้นน้ำเจ้าพระยาคือตั้งแต่เกาะขุนถึงวัดบางมะป้อ ถ้าความคล่องตัวน้อยจริง เพราะความเร็วยังมีมากอยู่ แต่ในช่วงที่ 2 ระหว่างเกาะกลางน้ำถึงห้วยยางขาว ความเร็วลดลงเพียงเล็กน้อย คือ จาก .692 เมตร / วินาที เป็น .601 เมตร / วินาที แต่ความคล่องตัวเพิ่มขึ้นมาคือ 1.3490 เพิ่มขึ้น 1.9831 ทำให้บริเวณนี้มีลักษณะเป็นทุ่งน้ำมากกว่าบริเวณอื่น (เนื่องจากค่าความคล่องตัวเกิน 1.5 ทั้ง 3 บริเวณคือ เกาะกลางน้ำ เกาะธานี และห้วยยางขาว มีค่าความคล่องตัว 1.5387, 1.9941, 1.9831 ตามลำดับ) หลังจากนี้ค่าความคล่องตัวกลับลดลงว่าช่วงที่ 2 ทั้ง ๆ ที่ความเร็วยังคงลดลงตามปกติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะดินบริเวณเกาะกลางน้ำ เกาะธานี และห้วยยางขาว มีการสีกกรอนงายกว่าบริเวณลำน้ำตอนล่าง เพราะเมื่อพิจารณาถึงลักษณะดิน จากตาราง 4 ในภาคบนทง พบว่าบริเวณที่แม่น้ำมีลักษณะเป็นทุ่งน้ำทั้ง 3 แห่งนั้น มีดินเหนียวผสมอยู่ในดินน้อยก็

39 % 32 % และ 38 % ในขณะที่บริเวณลำน้ำตอนล่างมีหินเหนียวสมอยู่ในหินมากกว่า จึงทำให้ยากต่อการสึกกร่อน ดังนั้นแม้อายุของน้ำ ดกลองจริง แต่ก็มี การสึกกร่อนยากกว่า ความตลิ่งของแม่น้ำจึงไม่สูงเท่าที่ควร นอกจากนี้ปริมาณน้ำทางตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยายังน้อยกว่าตอนบน จึงทำให้การกักเซาะมีอิทธิพลน้อย ความตลิ่งของแม่น้ำทางตอนล่างจึงไม่สูง ทั้งนี้เนื่องมาจากการกัดเซาะมาหาความสัมพันธ์กับความเร็ว ซึ่งแม้จะลดลงอย่างเป็นระบบ การสัมพันธ์จึงไม่สูงเท่าที่ควร

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันกับรัศมีโค้งน้ำ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า การสัมพันธ์เป็นลบ นั่นคือ เมื่อความลาดชันของท้องน้ำลดลง รัศมีโค้งน้ำใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เพราะความลาดชันของท้องน้ำค่อย ๆ ลดลงจากลำน้ำตอนบนสู่ตอนล่าง เช่น บริเวณลำน้ำตอนบน คือ เกาะพูน หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) เกาะกลางน้ำ มีความลาดชัน .572, .523, .510 ส่วนบริเวณลำน้ำตอนล่างคือบริเวณ โขงแฉ บางไทร ป้อมพระจุล มีความลาดชันเพียง .082 .011 .010 เท่านั้น ลักษณะเช่นนี้เป็นไปตามที่ Flint กล่าวว่าความลาดชันของลำน้ำจะค่อย ๆ ลดลงจากลำน้ำตอนบนสู่ตอนล่าง (Flint, 1974 : 131) ส่วนรัศมีโค้งน้ำค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากลำน้ำตอนบนสู่ตอนล่าง เพราะบริเวณตอนล่างของแม่น้ำมีน้ำมีความลาดชันน้อยมีผลทำให้ความเร็วลดลง ปริมาณน้ำสะสมกันมากขึ้นเพราะไหลลงสู่ทะเลไม่ทัน จึงพยายามหาทางออกด้วยการกักเซาะกันขวางมากขึ้น โดยเฉพาะฝั่งด้านขวาและนำไปทับถมยังฝั่งด้านอื่น กว้างใหญ่ ทำให้หัวโค้งของโค้งน้ำใหญ่ขึ้น รัศมีโค้งน้ำจึงใหญ่ตามลวบ แต่ได้จากบริเวณบางไทร และ ป้อมพระจุล ซึ่งเป็นบริเวณใกล้ปากน้ำ มีรัศมีโค้งน้ำ 2.480 3.000 กิโลเมตร แต่ บริเวณคนน้ำก่อ เกาะพูน และหน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) มีรัศมีโค้งน้ำเพียง 1.250 1.300 กิโลเมตร เท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำความลาดชันกับรัศมีโค้งน้ำมาหาความสัมพันธ์กัน จึงได้ การสัมพันธ์ค่อนข้างสูง คือ - .7271 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % แสดงว่าความลาดชันและรัศมีโค้งน้ำมีความสัมพันธ์กันจริง ตามสมมติฐาน

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแม่น้ำกับขอบเขตโค้งน้ำ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขอบเขต

กึ่งน้ำจริงตามสมมุติฐาน และมีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ .8230 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % การที่แม่น้ำที่มีขนาดเล็กมีขอบเขตของน้ำเอากวายนั่น เนื่องจากแม่น้ำขนาดเล็กจะอยู่ตอนต้นน้ำเพราะความลาดชันมีมาก กระแสน้ำจึงไหลเร็ว ทำให้อำนาจการกัดเซาะด้านข้างมีมาก ความคล้อยยอนมีน้อยทำให้ขอบเขตของน้ำน้อยตามยาว แต่แม่น้ำที่มีขนาดใหญ่อาจพบโดยบริเวณใกล้ปากน้ำ เพราะบริเวณนี้ความลาดชันลดลง ความเร็วลดลง อำนาจการกัดเซาะด้านข้างหมดไป แต่การกัดเซาะด้านข้างยังมีอยู่ ทำให้แม่น้ำมีความคล้อยยอนมากขึ้น ขอบเขตของน้ำยอนขยายตามยาว เห็นได้จากตาราง 4 ในภาคผนวกบริเวณตอนปลายลำน้ำก้อบางไทร และป้อมพระจุลฑา แม่น้ำมีขนาดใหญ่ (3500, .7429 กิโลเมตร) และขอบเขตของน้ำใหญ่ (2.636, 4.306 กิโลเมตร) แต่ตอนต้นน้ำคือบริเวณเกาะชววน หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) แม่น้ำมีขนาดเล็ก (.2000, .2063 กิโลเมตร) และขอบเขตของน้ำเล็กกว่า (.850, 1.300 กิโลเมตร) นั่นคือแม่น้ำที่มีขนาดเล็กยอมมีขอบเขตของน้ำเอาก และแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่ยอมมีขอบเขตของน้ำใหญ่กว่า ผลจากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของโตแมค ที่พบว่าขอบเขตของน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของน้ำ)

1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับรัศมีของน้ำ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า การตกตะกอนกับรัศมีของน้ำมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง โค้งสหสัมพันธ์ .7941 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % แสดงว่าเมื่อการตกตะกอนเพิ่มขึ้น รัศมีของน้ำก็เพิ่มขึ้นด้วย บริเวณที่การตกตะกอนมีมากใกล้แก่งตอนปลายลำน้ำ เช่น บางไทร ป้อมพระจุลฑา มีตะกอน 1292, 2555 เป็นลูกบาศก์เมตร/ปี แต่ตอนต้นน้ำ เช่น เกาะชววน หน้าโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) มีตะกอนน้อยกว่าคือ 295, 237 เป็นลูกบาศก์เมตร/ปี ทั้งนี้เพราะตอนต้นน้ำแม่น้ำมีความคล้อยยอนน้อย ความเร็วยังมีความยอมมีพลังในการกัดกร่อนและพัดพาตะกอนไปไกลไกล การตกตะกอนจึงน้อย แต่บริเวณตอนปลายลำน้ำความเร็วลดลง ตะกอนที่แม่น้ำพาไปมีมากเกินไปความสามารถของแม่น้ำจะพาต่อไปได้อีก ก็ตกตะกอนสะสมกันเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะบริเวณฝั่งซ้ายของหัวใจ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ขนาดของหัวใจใหญ่ขึ้นรวมทั้งรัศมีขยายเพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือบริเวณที่มีการตกตะกอนมากยอมทำให้รัศมีของน้ำใหญ่ และบริเวณที่มีการตกตะกอนน้อย รัศมีของน้ำยอมมีเล็กลง

1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับช่วงยาวของขุนน้ำ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ลักษณะดินมีความสัมพันธ์กับช่วงยาวของขุนน้ำมาก เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์สูงคือ .8576 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ลักษณะดินที่นำมาหาความสัมพันธ์กับช่วงยาวของขุนน้ำนี้ ได้จากเปอร์เซ็นต์ที่มีดินเหนียวผสมอยู่ แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านลักษณะดินที่มีเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว ทราย และทรายละเอียดผสมแตกต่างกันไปตามบริเวณต่าง ๆ จากต้นน้ำถึงปากน้ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโครงสร้างทางธรณีวิทยาไม่เหมือนกัน และแม่น้ำน่าจะก่อมาตามบริเวณต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน แม่น้ำแม่น้ำเจ้าพระยาจะไหลอยู่บนดินตะกอนแม่น้ำเช่นกัน บริเวณที่ลักษณะดินมีดินเหนียวผสมในดินมาก แสดงว่ามีทรายและทรายละเอียดผสมอยู่น้อย ผลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นมากมายหมายความว่า บริเวณที่มีดินเหนียวผสมในดินมาก ย่อมมีช่วงยาวของขุนน้ำมากด้วย ทั้งนี้เนื่องจากดินเหนียวมีเนื้อละเอียด การเกาะตัวมีมากจึงทำให้ความทนต่อการสึกกร่อนได้ดีกว่าดินทรายซึ่งการเกาะตัวมีน้อยย่อมง่ายต่อการสึกกร่อน ลักษณะเช่นนี้เห็นได้จากบริเวณต้นน้ำคือ เกาะขุนน้ำโครงการฯ (จังหวัดนครสวรรค์) มีดินเหนียวผสมในดินเพียง 30 % 35 % และมีช่วงยาวของขุนน้ำน้อยคือ 2.550 3.675 กิโลเมตร แต่บริเวณต้นน้ำตอนล่าง เช่น บางไทร ป้อมพระจุลฯ มีดินเหนียวผสมในดินมาก คือ 63 % 65 % และมีช่วงยาวของขุนน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 5.317 9.211 กิโลเมตร เมื่อนำค่าสหสัมพันธ์มาคูณกับความต้านทานสูง ช่วงยาวของขุนน้ำจะยาวกว่าเมื่อไหลผ่านบริเวณที่มีความต้านทานต่ำ ความสมบูรณ์ของ 1.6

2. ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6 ปรากฏว่า จัดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมาก ทั้งมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันน้อยและไม่มีความสำคัญทางสถิติ เห็นได้จากตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของตัวแปรทั้ง 6

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดกลุ่มแรกคือ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับความเร็ว .88 กับความลาดชัน .57 และค่าสหสัมพันธ์

ระหว่างความเร็วกับความลึกชั้น .75 ค่าเฉลี่ยตัวแปรทั้ง 3 มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมาก อาจเนื่องจากตัวแปรเหล่านี้มีอิทธิพลต่อกันและกันด้วย เช่น ถาบริเวณหนึ่งมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ย่อมทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อปริมาณน้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกัดเซาะ ลานลึกคงดำเนินต่อไปอีก นั่นคือมีความลึกชั้นเพิ่มขึ้น เห็นได้จากการเปรียบเทียบบริเวณ หน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) ซึ่งอยู่ตอนล่างของปากบาง มีภาคีทิศทาง ๆ เพิ่มขึ้นคือ บริเวณตอนเหนือหน้าโครงการฯ ขึ้นไป แม้ว่าโดยส่วนหนึ่งวกกลับมาพบกับแม่น้ำเจ้าพระยา ที่บ้านพญู แต่ก็มีส่วนหนึ่งลงไหลต่อไป ดังนั้นปริมาณน้ำบริเวณหน้าโครงการฯ (จังหวัดอ่างทอง) จึงมากกว่าปากบางซึ่งอยู่เหนือขึ้นไป เพราะได้รับปริมาณน้ำเพิ่มจากแม่น้ำน้อย และเมื่อพิจารณา ความเร็วความลึกชั้นปรากฏว่าเพิ่มขึ้นตามด้วย ถัดบริเวณปากบาง มีปริมาณน้ำ 515 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความเร็ว .558 เมตร/วินาที ความลึกชั้น .084 เมตร บริเวณหน้าโครงการฯ มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 786 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความเร็ว .590 เมตร/วินาที ความลึกชั้น .084 เมตร ถัดจากบริเวณหนึ่งมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วและความลึกชั้นเพิ่มขึ้น ตามด้วย ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับที่ สโธโปลพบว่า เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความกว้าง ความลึก ความเร็ว เพิ่มขึ้นเป็นสมการกำลังนี้

$$W = aQ^b, \quad d = cQ^f, \quad v = kQ^m$$

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากกลุ่มที่ 2 คือ ขนาด การตกตะกอน ลักษณะดิน การสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับการตกตะกอน .86 กับลักษณะดิน .69 การสัมพันธ์ระหว่าง การตกตะกอนกับลักษณะดิน .70 แสดงว่าตามแม่น้ำบริเวณหนึ่งมีขนาดใหญ่ย่อมมีการตกตะกอนมาก และบริเวณที่มีดินเหนียวผสมในดินมากด้วย สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะบริเวณที่แม่น้ำมีขนาดใหญ่ มักอยู่ตอนล่างของลำน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำมากและการกัดเซาะลำน้ำข้างยังมีอยู่ แล้วยังนี้ น้ำไหลช้าเพราะความลึกชั้นน้อย การตกตะกอนจึงเพิ่มมากขึ้นและเป็นที่ตะกอนละเอียดที่แม่น้ำ สามารถพัดพาไปไม่ได้ไกลเมื่อตะกอนเหล่านี้ตกสะสมกัน ลักษณะดินบริเวณนี้จึงมีดินเหนียวผสมอยู่มาก เพราะเป็นตะกอนละเอียด เห็นได้ว่าตัวแปรทั้ง 3 มีความเกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน จึงทำให้ ตัวแปรทั้ง 3 นี้มีความสัมพันธ์กันสูง

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันน้อยคือ ปริมาณน้ำ ความเร็ว ความลาดชัน กับ ขนาด การตกตะกอน และลักษณะดิน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดอยู่ระหว่าง $- .38$ ถึง $- .15$ ที่เบ้นังนี้อาจเป็นเพราะ

2.1 ตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ไม่มีอิทธิพลต่อกันและกัน จึงมีผลทำให้ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันน้อย เช่น ระหว่างปริมาณน้ำกับลักษณะดินไม่น่ามีอิทธิพลต่อกัน เพราะเมวปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ไม่ได้ทำให้ลักษณะดินเปลี่ยนแปลง นอกจากเป็นผลของการสึกกร่อนคือร่องน้ำอาจลึกลง หรือกว้างออกซึ่งมีโซมีผลต่อกัน แต่ปริมาณน้ำกับลักษณะดินอาจมีความสัมพันธ์กันก็ได้ เช่น บริเวณลำนํ้าตอนล่างมักมีปริมาณน้ำมาก และบริเวณนี้เป็นช่วงที่มีดินเหนียวผสมในดินมาก นับว่ามีความสัมพันธ์กัน แต่เนื่องจากไม่มีอิทธิพลต่อกัน ค่าสหสัมพันธ์จึงน้อย หรือความลาดชันมิได้มีอิทธิพลทำให้แม่น้ำมีขนาดใหญหรือเล็ก แต่อาจมีความสัมพันธ์ในค่าเป็นปฏิภาคผกผันต่อกัน เช่น บริเวณต้นน้ำมีความลาดชันสูง แต่แม่น้ำมีขนาดเล็ก

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำขัดแย้งกับทฤษฎีคือบริเวณต้นน้ำมีปริมาณน้ำมากกว่าลำน้ำตอนล่าง ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำไปหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ อาจทำให้ผลที่ได้ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร จึงทำให้ค่าสหสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงไป เช่นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับขนาดเป็นลบ หมายความว่าเมื่อปริมาณน้ำมากขนาดของแม่น้ำย่อมเล็กลง ซึ่งเป็นการขัดแย้งกับทฤษฎี เพราะขนาดแม่น้ำย่อมแปรตามปริมาณน้ำ แต่เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำขัดแย้งกับทฤษฎีจึงมีผลลดขนาดของแม่น้ำด้วย

2.3 ตัวแปรบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กันน้อยจริง ค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจึงไม่มาก

3. ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างขุนน้ำแต่ละชนิดกับตัวแปรทั้ง 6

องค์ประกอบโครงสร้างขุนน้ำแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์มากกับตัวแปรต่าง ๆ ไม่เกิน 3 ตัวแปร ส่วนอีก 3 ตัวแปรมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบโครงสร้างขุนน้ำน้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะองค์ประกอบโครงสร้างขุนน้ำลักษณะหนึ่ง ๆ มีผลมาจากตัวแปรหนึ่งตัวแปรใดเพียงชนิดเดียว

หรือบางครั้งอาจทอผ้าด้วยท่อนเดียวกันกระทำให้จึงจะมีแต่ แยกแยะที่ช่วยกันกระทำนั้น
มักไม่เกิน 3 ชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างท่อนแต่ละชนิดกับตัวแปรต่าง ๆ
เห็นได้จากตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบโครงสร้างท่อน

3.1 ขวงวางของท่อน มีความสัมพันธ์และมีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้กับ

2 ตัวแปร คือ ขนาด ($r = .80$) การตกตะกอน ($r = .58$) การที่ขนาดมีความ
สัมพันธ์กับขวงวางของท่อนมาก เพราะขนาดที่ใหญ่เป็นผลของการปักเขาเข้านางมีมาก
ทำให้เมื่อนำกลเคียวมากขึ้น ผลจากการกลเคียวเพิ่มขึ้นยอมทำให้ขวงวางท่อนขยายออก นั่นคือ
เมื่อเมื่อนำขนาดใหญ่ ขวงวางของท่อนเพิ่มขึ้นตามด้วย ส่วนความสัมพันธ์กับการตกตะกอนมี
ปานกลางนั้น อาจเนื่องมาจากการตกตะกอนส่วนใหญ่จะทับถมอยู่บริเวณด้านยื่นของหัวโง
จึงเป็นการขยายลักษณะหัวโงท่อนออก ดังนั้นขวงวางของท่อนขยายตามด้วย

3.2 ความกลเคียวของเม่น้ำ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ไม่มากนัก

ค่าสหสัมพันธ์มากที่สุดเพียง .49 มีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ 99 % และยังมีค่าสหสัมพันธ์กับ
ลักษณะคั่นนอยสุกระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างท่อนด้วยกันกับตัวแปรคือค่าสหสัมพันธ์เพียง .08
เท่านั้น การที่ความกลเคียวของเม่น้ำเขาพระยาที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ เพียงเล็กน้อยนี้
อาจเป็นเพราะเม่น้ำเขาพระยาไม่ได้อยู่ในสภาพธรรมชาติอย่างแท้จริง แทนที่เขานำไปเกี่ยวของ
ด้วยมาก เช่นการป้องกันน้ำถูกทำลายโดยการสร้างเขื่อน หรือปลูกต้นไม้ช่วยยึดดินไว้ นอกจาก
นั้นยังควบคุมปริมาณน้ำ เช่นการสร้างเขื่อนเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ และเพื่อ
การชลประทาน ทำให้ปริมาณน้ำ ความเร็ว หรือตัวแปรอื่น ๆ ไม่เป็นไปตามธรรมชาติ ดังนั้น
เมื่อนำความกลเคียวมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ค่าสหสัมพันธ์จึงน้อย ถ้าได้ศึกษา
เม่น้ำอื่น ๆ ที่อยู่ในสภาพธรรมชาติจริง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างความกลเคียวกับตัวแปรต่าง ๆ
คงสูงกวานี้

3.3 รัศมีของท่อนมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ มากกว่าองค์ประกอบชนิดอื่น
คือ มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติเชื่อมั่นได้ถึง 4 ตัวแปรคือ กับการตกตะกอน
($r = .79$) ความลากัน ($r = -.73$) ลักษณะดิน ($r = .61$) ขนาด
($r = .58$) ทั้งนี้เพราะรัศมีท่อนจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรหลายตัวจริง เพราะรัศมี

ผู้นำเพิ่มขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น มีตะกอนตกทับถมบริเวณปากน้ำเพิ่มขึ้นยอมทำให้
หัวโค้งขยายออก แม่น้ำก็มีผู้นำเพิ่มขึ้น หรือบริเวณที่มีดินเหนียวสมในดินมาก จะมีพื้นที่ผู้นำ
ใหญ่กว่า บริเวณที่มีดินเหนียวสมในดินน้อย (มีทรายและกรวดละเอียดผสมในดินมาก) แม่น้ำ
ที่มีผู้นำมีขนาดใหญ่ แม่น้ำบริเวณที่มีความต้านทานต่อการสึกกร่อนได้ หรือเมื่อแม่น้ำขนาดใหญ่
ยอมทำให้ความตลิ่งถล่มมาก การที่ความตลิ่งถล่มเพิ่มขึ้นยอมทำให้พื้นที่ผู้นำเพิ่มขึ้นด้วย

3.4 ขอบเขตของน้ำมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทาง ๆ มากเพียง 2 ตัวคือ ขนาด (r = .82) การตกตะกอน (r = .64) ขอบเขตของน้ำเป็นส่วนสำคัญโดยตรงกับขนาดเพราะการรองรับน้ำทาง 100 ฟุต จะมีขอบเขตของน้ำทางประมาณ 600 ฟุต แต่ถาลำน้ำทาง 1000 ฟุต จะมีขอบเขตของน้ำประมาณ 12000 ฟุต (Small, 1972 : 45) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากแม่น้ำที่มีขนาดเล็กการกักเข้าน้ำลึกยังคงค้างน้ำน้อย ความคล้อยต่ำมีน้อย ย่อมทำให้ขอบเขตของน้ำน้อยลง แต่แม่น้ำที่มีขนาดใหญ่เป็นผลมาจากการกักเข้าน้ำสูง ความคล้อยต่ำจึงมีมากและทำให้ขอบเขตของน้ำขยายมากขึ้นตามลง ส่วนขอบเขตของน้ำซึ่งเป็นผลมาจากการตกตะกอน อาจเป็นเพราะบริเวณที่ตะกอนทับถมมากคือฝั่งภายในของหัวโค้งในขณะเดียวกัน ฝั่งภายนอกก็เข้าน้ำออกไปเรื่อย ๆ นั่นคือขอบเขตของน้ำขยายเพิ่มขึ้น

3.5 ขววยาวของงูน้ำมีความสัมพันธ์สูงกับตัวแปร 3 ตัว คือ ลักษณะถิ่น
($r = .86$) ขนาด ($r = .80$) การตกตะกอน ($r = .61$) ขววยาว
ของงูน้ำน่าจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทั้ง 3 นี้จริง เพราะบริเวณที่มีคนเดินยวดยานในถิ่นมาก
ขววยาวของงูน้ำย่อมมากด้วยนั้น เนื่องจากลักษณะถิ่นที่มีคนเดินยวดยานมาก มีความทึบตัน
ต่อการสังเกตของนักวิชาการลักษณะถิ่นที่มีคนเดินยวดยานน้อย ดังนั้นขววยาวของงูน้ำจึงมาก และแม่น้ำ
ที่มีขนาดใหญ่มักมีความตื้นเขินมาก ในแถบขววยาวของงูน้ำมากตามด้วย ส่วนการตกตะกอนมี
ความสัมพันธ์กับขววยาวของงูน้ำค่อนข้างมาก เพราะตะกอนมีส่วนช่วยในการทับถมฝังความเย็น
ของหัวโง่จึงมีผลทำให้งูน้ำขยายออก ขววยาวของงูน้ำจึงเป็นความตาย

เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณน้ำ และความเร็ว มีความสัมพันธ์กันของค่าประจวบตรงสร้าง
 คุณภาพของทุเรียน เช่นค่าสหสัมพันธ์สูงสุดเพียง -0.38 ค่าสุด -0.16 และไม่มีนัยสำคัญทาง
 สถิติเสมอมาโดยเฉพะ ทังนี้อาจเป็นเพราะ ขอบเขตเกี่ยวกับปริมาณน้ำ และความเร็วนี้ได้นำจาก

หน่วยงานต่าง ๆ หลายแห่ง และแต่ละหน่วยงานมีระยะเวลาการวัดไม่เหมือนกัน เช่นบางแห่งวัดทุกวันที่ 5 15 25 แตกต่างแห่งเดือนหนึ่งวัดทุกวัน แต่ไม่ได้วัดครบทุกเดือน บางปีวัด 7-8 เดือน แตกต่างปีอาจวัดเพียง 2 - 3 เดือน ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำและความเร็วอาจไม่สมบูรณ์พอ จึงทำให้ความสัมพันธ์มีน้อยและไม่มีความสำคัญทางสถิติ.

4. จัดลำดับความสำคัญของตัวแปรทั้ง 6 ที่มีต่อการพยากรณ์โครงสร้างกุ่มน้ำ

ในการจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรโดยมีผลการพยากรณ์โครงสร้างกุ่มน้ำมากน้อยกว่ากันพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่า β weight ของตัวแปรแต่ละตัวว่ามีน้ำหนักส่งผลต่อองค์ประกอบโครงสร้างกุ่มน้ำแต่ละชนิด ดังนี้

4.1 ช่วงทางของกุ่มน้ำ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ มี 3 ตัวแปรคือ ขนาด ความลาดชัน ปริมาณน้ำ ($\beta = .99, .55, .33$) ดังนั้นเพราะตัวแปรเหล่านี้มีค่าน้ำหนักส่งผลต่อตัวแปรให้ความสัมพันธ์กับช่วงทางกุ่มน้ำ ดังนั้นในการพยากรณ์หากใช้เพียงตัวแปรหนึ่งตัวแปรใด อาจทำให้การพยากรณ์ผิดพลาดได้ ส่วนการตกตะกอน ดิน และความเร็วมิถาค่าน้ำหนักน้อยไม่สามารถส่งผลให้ตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับช่วงทางกุ่มน้ำ จะนำมาพิจารณาหรือไม่ย่อมมีค่าเท่ากัน ดังนั้น ในการพยากรณ์ช่วงทางกุ่มน้ำอาจตัดตัวแปรเกี่ยวกับการตกตะกอน ลักษณะดิน และความเร็วมิทิ้งไปได้ โดยใช้ตัวแปรในการพยากรณ์เพียง 3 ตัวคือ ขนาด ความลาดชัน และปริมาณน้ำ

4.2 ความกดเคี้ยว ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ มี 3 ตัวแปรคือ ปริมาณน้ำ ขนาด ความลาดชัน ($\beta = 1.11, .99, .35$) เพราะมีค่าน้ำหนักส่งผลให้ตัวแปรมีความสัมพันธ์กับความกดเคี้ยวในการพยากรณ์จะตัดตัวแปรหนึ่งตัวแปรใดออกไปไม่ได้ แต่ตัวแปรอื่นมีค่าน้ำหนักน้อยไม่สามารถส่งผลให้ตัวแปรมีความสัมพันธ์กับความกดเคี้ยว ดังนั้นในการพยากรณ์ความกดเคี้ยวอาจตัดทิ้งไปได้ โดยใช้ตัวแปรพยากรณ์เพียง 3 ตัวคือ ปริมาณน้ำ ขนาด ความลาดชัน

4.3 รัศมีกุ่มน้ำ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์มีเพียง 2 ตัวแปรคือ การตกตะกอน

และความเร็ว ($\beta = .61, .25$) ส่วนตัวแปรอื่น ๆ เช่น ลักษณะดิน ปริมาณน้ำ ขนาด และความลาดชัน มีน้ำหนักส่งผลต่อตัวแปรน้อย จะนำมาพิจารณาหรือไม่ ก็ไม่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวที่มีน้ำหนักสูงขึ้น ดังนั้นอาจตัดทิ้งไปได้ โดยใช้ตัวแปรในการพยากรณ์ที่มีน้ำหนักเพียง 2 ตัวแปร คือ การตกตะกอนและความเร็ว

4.4 ขอบเขตของน้ำ ตัวแปรที่ควรใช้ในการพยากรณ์มี 3 ตัวคือ ขนาด ปริมาณน้ำ ความลาดชัน ($\beta = 1.10, .54, .14$) ส่วนตะกอน ลักษณะดิน และความเร็ว มีน้ำหนักส่งผลต่อตัวแปรในการพยากรณ์ไม่เพียงพอ อาจตัดทิ้งได้

4.5 ขวงยาวของกุ่มน้ำ ตัวแปรที่ควรใช้ในการพยากรณ์มี 4 ตัวแปรคือ ลักษณะดิน ขนาด ความลาดชัน ปริมาณน้ำ ($\beta = .77, .69, .35, .32$) จะเห็นได้ว่าขวงยาวของกุ่มน้ำ ต้องใช้ตัวแปรพยากรณ์ถึง 4 ตัว แสดงว่าขวงยาวของกุ่มน้ำเป็นผลมาจากตัวแปรหลายตัว ดังนั้นในการพยากรณ์ หากพิจารณาเพียงตัวแปรหนึ่งตัวแปรใดแล้ว อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการพยากรณ์ได้

เป็นที่น่าสังเกตว่า ขนาดและความลาดชัน เป็นตัวแปรที่ต้องนำมาใช้ในการพยากรณ์ของประกอบโครงสร้างกุ่มน้ำ ถึง 4 ชนิด คือ ขวงกว้างกุ่มน้ำ ความลาดเอียง ขอบเขตกุ่มน้ำ และขวงยาวของกุ่มน้ำ นอกจากที่มีกุ่มน้ำเท่านั้นไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา แสดงว่าขนาดและความลาดชันมีผลต่อโครงสร้างกุ่มน้ำมาก เพราะเป็นตัวแปรที่สามารถชี้ให้เห็นลักษณะกุ่มน้ำได้เร็วกว่าตัวแปรอื่น ๆ ตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างกุ่มน้ำรองลงมาคือ ปริมาณน้ำ เพราะเป็นตัวแปรที่ต้องนำมาใช้ในการพยากรณ์ 3 ชนิดคือ ขวงกว้างกุ่มน้ำ ความลาดเอียง และขอบเขตกุ่มน้ำ ส่วนการตกตะกอน ความเร็ว และลักษณะดิน เป็นตัวแปรที่มีผลต่อองค์ประกอบโครงสร้างกุ่มน้ำเพียงบางชนิดเท่านั้น นับว่ามีผลต่อโครงสร้างกุ่มน้ำน้อย

5. สมการพยากรณ์โครงสร้างกุ่มน้ำ

เนื่องจากโครงสร้างกุ่มน้ำประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ หลายชนิด ไม่สามารถพยากรณ์รวมเป็นโครงสร้างกุ่มน้ำลักษณะเดียวได้ ดังนั้นในการพยากรณ์ต้องแยกพยากรณ์แต่ละองค์ประกอบ โดยใช้สมการต่าง ๆ กันดังนี้

5.1 พยากรณ์ช่วงกว้างของน้ำ

$$\tilde{A} = .002X_D - 9.897X_V + 3.269X_{Si} + 8.011X_{Si} + .000X_{Se} - .026X_{So} + 5.186$$

การพยากรณ์ช่วงเพิ่มการกลากเกลื่อน $\pm .525$

5.2 พยากรณ์ความกลไกของแม่น้ำ

$$\tilde{S} = .002X_D - 4.731X_V + .525X_{Si} + 2.022X_{Si} - .000X_{Se} - .001X_{So} + 2.776$$

การพยากรณ์ช่วงเพิ่มการกลากเกลื่อน $\pm .137$

5.3 พยากรณ์ระดับน้ำ

$$\tilde{R} = .000X_D + 1.332X_V - 1.849X_{Si} - .185X_{Si} + .000X_{Se} + .001X_{So} + 1.254$$

การพยากรณ์ช่วงเพิ่มการกลากเกลื่อน $\pm .192$

5.4 พยากรณ์ขอบเขตของน้ำ

$$\tilde{M} = .003X_D - .574X_V + .741X_{Si} + 8.278X_{Si} + .000X_{Se} - .093X_{So} + 6.208$$

การพยากรณ์ช่วงเพิ่มการกลากเกลื่อน $\pm .504$

5.5 พยากรณ์ช่วงยาวของน้ำ

$$\tilde{W} = .003X_D - 9.811X_V + 3.506X_{Si} + 9.410X_{Si} - .001X_{Se} + .136X_{So} - .134$$

การพยากรณ์ช่วงเพิ่มการกลากเกลื่อน $\pm .467$

สมการทุกสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ อาจตัดตัวพยากรณ์ที่มีความสัมพันธ์กับตัว เกณฑ์ค่า
ออกได้ เนื่องจากไม่ทำให้การพยากรณ์คลาดเคลื่อนไป เพราะตัวพยากรณ์ที่ตัดออกส่งผลต่อ
ตัว เกณฑ์น้อย

ข้อบกพร่องในการศึกษาทฤษฎี

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เป็นข้อมูลที่ได้อาจจากหน่วยงานต่าง ๆ หลายแห่ง และช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันไป โดยเฉพาะเกี่ยวกับปริมาณน้ำและความเร็ว ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่ได้ อาจไม่สมบูรณ์เพียงพอ
2. ข้อมูลที่ใช้เป็นช่วงระยะเวลาเพียง 5 ปี แต่ปรากฏการณ์ธรรมชาติของอาศัยระยะเวลานานผลจึงปรากฏ ดังนั้นการศึกษารังนี้ผลที่ได้ อาจไม่ชัดเจนเท่าที่ควร
3. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือแม่น้ำเจ้าพระยา มีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องและทำกิจกรรมต่าง ๆ มาก ดังนั้นจึงมีผลต่อค่าแปรที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งทำให้ข้อมูลบางอย่างไม่เป็นไปตามทฤษฎี
4. การศึกษารังนี้ ศึกษาจากตัวเลขและวัดจากแผนที่ มิได้ทำการสำรวจจริงในสนาม ดังนั้นการวิเคราะห์และอภิปรายผลจึงอาศัยจากข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ เป็นสำคัญ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ในการศึกษาวิจัยต่อไป อาจศึกษาจากแม่น้ำหลายสายเปรียบเทียบกันแทนที่จะศึกษาจากแม่น้ำสายเดียว
2. ควรศึกษาจากแม่น้ำทั้งสาย คือทั้งตอนต้นจนถึงปากน้ำ และควรศึกษาแม่น้ำที่อยู่ในสภาพธรรมชาติที่แท้จริง หรือมีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องน้อย
3. ควรศึกษาจากแม่น้ำที่ไหลผ่านโครงสร้างทางชนิดกัน มีความลาดชันต่างกันมาก แม่น้ำมีการเปลี่ยนทางเกินหลายแห่ง และมีความคดเคี้ยวสูง เช่นแม่น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

บรรณานุกรม

กรมแผนที่ทหาร แผนที่ L 7017 (มาตราส่วน 1 : 50,000) ราว 5036 I, II
 5037 I, II 5038 I, II 5039 II, III, IV 5136 III, IV 5137 III, IV
 รวม 14 แผ่น

สงกรรม บุญเกียรติ "แม่น้ำสาละวิน - ตะโอง - เจ้าพระยา กับประวัติศาสตร์ไทย"
วิทยาสาร 19(20) : 49 - 50, พฤษภาคม 2511.

สุรภี เปลี่ยนอนุกุล การศึกษาการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา จากบางไทรถึงสันดอน
โดยพิจารณาจากตะกอนน้ำพา อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และความเค็มจากทะเล
 ปริมาณงานพิมพ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2518,
 80 หน้า.

อัครานุกรมภูมิศาสตร์ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน โรงพิมพ์ตาพระจันทร์ 2507, 766 หน้า.

Bethers, Ray, "Why Rivers Meander" The Story of Rivers, Sterling
 Publishing Company, Inc, New York, 1957, 47 pp.

Chorley, Richard J. Water, Earth, and Man, Methnen & CO. LTD.,
 Great Britain, 1969, 588 pp.

Chorley, Richard J. Introduction to Fluvial Processes, Methuen & Co. LTD,
 1969, 281 pp.

Dunbar, Carl Owen, "Environments of Deposition" Principles of
Stratigraphy, John Wiley & Son, Inc, New York, 1957, 356 pp.

Easterbrook, Don J. Principle of Geomorphology, McGraw-Hill Inc.
 New York, 1969, 462 pp.

Fletcher, G.L., "Running Water" Earth Science, D.C. Heath and Company,
 America, 1953, 556 pp.

Flint, Richard F., "Streams and Sculpture of the Land" Physical
Geology, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1974, 497 pp.

- Hood, Peter, "Curious Things that River do" How the Earth is made University Press Oxford, Great Britain, 1954, 64 pp.
- Horrocks, Normank, Physical Geography and Climatology, Longmans, Green and CO. LTD, London, 1964, 370 pp.
- King, Thomson, "To Conserve Water is to Conserve Life" Water, The Macmillan Company, New York, 1959, 238 pp.
- Kuenen, Philip H., Realms of Water, John Wiley & Sons Inc, London, 1955, 327 pp.
- Lake, Philip, "River" Physical Geography, University Printing Honse, Cambridge, Great Brita;n, 1971, 471 pp.
- Leet, Lewis Don, Physical Geology, Prentice - Hall, Inc. New York, 1965, 466 pp.
- Lobeck Armin K., "Mature Stream" Geomorphology, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York 1939, 731 pp.
- Leopold, L.B, Wolman, M.G. and Miller, J.P., Fluvial Process in Geomorphology, W.H. Freeman and Co, San Francisco, 1964, 522 pp.
- Longwell, Chester Ray, "Running Water" Introduction to Physical Geology, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1958, 432 pp.
- Mc Nemar, Quinn, Psychological Statistics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1960, 408 pp.
- Monkhouse, F.J., Principles of Physical Geography, Hazell Watson and Viney Ltd, London, 1963, 511 pp.
- Monnett, Victor E. "The Work of Running Water" The Principles of Physical Geology, Ginn and Company, New York, 1950, 450 pp.
- Namowitz, Samuel N, "Running Water and Landforms" Earth Science the World We Live In., D. Van Nostrand Company, Inc, New York, 1953, 438 pp.
- Peason, Frank A. Statistical Method, John Wiley & Sons Inc, New York, 1951, 443 pp.
- Peel Ronald Francis, "The Forms and Features of River Valley" Physical Geography, Tinling Co, Ltd, London 1955, 290 pp.
- Sawkins, Frederick J. The evolving earth, Macmillan Publishing Co. Inc, New York, 1974, 477 pp.

- Small, R.J., "Weathering, Transport and Erosion" The Study of Landforms, Jarrold & Sons Ltd., Great Britain, 1972, 486 pp.
- Stamp L. Dudley, The Earth's Crust, Crown Publishers, Inc, New York, 1953, 120 pp.
- Strahler, Arthur N. "Runoff and ground water" Physical Geography, Toppan Company, Ltd. Tokyo, 1969, 733 pp.
- Thornbury, William D. Principles of Geomorphology, Toppan Company, Ltd, Tokyo, 1969, 594 pp.
- Ty Tyrrell, George W, "The Work of Rivers" The Earth its Mysteries, The Camelot Press Ltd, London, 1954, 278 pp.
- United Nations, Methods and Problems of Flood Control in Asia and the Far East, Bangkok, 1951, 45 pp.
- United Nation, "Meandering of River" River Training and bank protection.

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ตาราง 1 แสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งปีเป็นลูกบาศก์เมตร/วินาที*

พ.ศ. สถานที่	2513	2514	2515	2516	2517	2518	$\bar{X}$
1. เกาะดอน	—	1269	415	1150	226	—	769
2. หน้าโครงการฯ	—	1533	867	2539	728	867	1307
3. เกาะกลางแยก	—	1003	421	2206	429	400	892
4. วัดบางมะฝ่อ	—	1025	428	1616	426	430	785
5. เกาะกลางน้ำ	—	1118	390	812	355	555	646
6. เกาะตานี	474	1337	590	1404	370	439	769
7. หาดบางขาว	—	1574	590	411	612	—	797
8. เขื่อนเจ้าพระยา	1272	570	223	412	694	1109	715
9. วัดสังกรรม	1056	324	305	561	573	928	625
10. บางโพนศรี	411	735	422	647	309	836	560
11. วัดยาง	359	641	250	737	—	933	584
12. ปากบาง	116	692	316	438	642	841	515
13. หน้าโครงการฯ	270	645	—	995	—	1235	786
14. วัดไชยสงคราม	791	808	395	703	—	879	715
15. โพนแพง	194	741	289	866	355	1023	578
16. บางไทร	1069	536	441	451	357	—	571
17. ป้อมพระจุล	918	519	374	379	536	—	545

2 หน้าโครงการแปรสภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน จังหวัดนครสวรรค์

13 หน้าโครงการแปรสภาพและรักษาลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จังหวัดอ่างทอง

* การวัดปริมาณน้ำแต่ละป้อมของสถานีต่าง ๆ ไม่ครบทั้ง 12 เดือน ยกเว้น บางไทร และป้อมพระจุล

ตาราง 2 แสดงความเร็วของน้ำเฉลี่ยทั้งปี เป็นเมตร/วินาที

พ.ศ. สถานที่	2513	2514	2515	2516	2517	2518	$\bar{x}$
1. เกาะหวน	—	.721	.861	.876	.505	—	.741
2. หน้าโครงการ	—	.910	.757	1.026	.793	1.215	.940
3. เกาะกลางบก	—	.815	.608	1.171	.655	.658	.781
4. วัดบางมะฝ่อ	—	.657	.605	1.011	.575	.610	.692
5. เกาะกลางน้ำ	—	.713	.482	.898	.505	.697	.659
6. เกาะธานี	.412	.679	.669	.720	.640	.672	.627
7. หาดบางขาว	—	.685	.527	.498	.694	—	.601
8. เขื่อนเจ้าพระยา	—	.683	.512	.656	.682	.647	.636
9. วัดคงคาราม	.535	.726	.486	.763	.508	.592	.602
10. บางโพนศรี	.411	.732	.501	.632	.639	.610	.588
11. วัดบาง	.526	.638	.441	.874	—	.773	.650
12. ปากบาง	.480	.695	.348	.495	.694	.635	.558
13. หน้าโครงการ	.498	.715	.552	.297	—	.890	.590
14. วัดไชยสงคราม	.525	.669	.407	.710	.428	.741	.580
15. โพงแดง	.662	.547	.544	.639	—	.583	.595
16. บางไทร	.591	.568	.541	.531	.537	.549	.570
17. ป้อมพระจุล	.582	.565	.570	.539	.529	.601	.564

ตาราง 3 แสดงความลึกของท้องน้ำ หมายเหตุเป็นเมตร/กิโลเมตร

สถานี	ความสูง				รวม	ความสูง	ความ	ความ
	2515	2516	2517	2518		เฉลี่ย (เมตร)	ยาว (ก.ม.)	ลึก ม/ก.ม.
1. เกาะยวน	1.660	1.681	2.414	1.114	6.869	1.717	3.00	.572
2. หนาโครงการ	2.042	3.300	1.687	1.856	8.885	2.221	4.25	.523
3. เกาะกลางแค	2.490	2.232	1.529	1.401	7.652	1.913	3.75	.510
4. วัดบางมะปอ	1.227	0.796	1.006	0.979	4.008	1.002	3.75	.267
5. เกาะกลางน้ำ	2.117	2.380	2.264	3.879	10.640	2.660	4.50	.591
6. เกาะทามัว	1.276	1.678	1.336	1.798	6.088	1.522	5.00	.304
7. หาดบางยาว	1.025	0.363	0.529	0.763	2.680	0.670	5.00	.134
8. เขื่อนเจ้าพระยา	3.062	2.604	2.780	2.044	10.490	2.623	9.00	.291
9. วัดคงคาราม	5.250	4.228	5.107	7.072	21.720	5.430	15.00	.362
10. บางโคมศรี	1.414	1.071	1.368	2.707	6.560	1.640	8.00	.205
11. วัดยาง	2.198	1.152	2.440	2.242	8.032	2.006	13.75	.146
12. ปากบาง	2.371	2.355	1.758	1.970	8.454	2.114	25.25	.084
13. หนาโครงการ	3.073	1.929	2.470	2.932	10.404	2.601	19.00	.137
14. วัดไชยสงคราม	2.067	2.323	3.202	1.712	9.304	2.326	13.00	.179
15. โพงเฒ	8.120	8.596	9.536	6.552	32.804	8.201	10.00	.082
16. บางไทร	—	—	—	—	—	—	—	.011
17. ป้อมพระจุล	—	—	—	—	—	—	—	.010

ตาราง 4 แสดงขนาดแม่น้ำลักษณะดินและองค์ประกอบโครงสร้างของคูน้ำ

สถานที่	ขนาด ก.ม.	ลักษณะ* ดิน %	องค์ประกอบโครงสร้างของคูน้ำ				
			ช่วงกว้าง คูน้ำ	ความลึก คูน้ำ	รัศมี	ขอบเขต คูน้ำ	ช่วงยาว คูน้ำ
1. เกาะชุม	.2000	30.427	1.750	1.250	1.250	0.850	2.550
2. หน้าโครงการ	.2063	35.692	1.000	1.038	1.300	1.300	3.075
3. เกาะกลางแคว	.2667	40.145	1.850	1.101	1.400	1.450	4.925
4. วัดบางมะเเ	.3188	50.974	1.750	1.349	1.900	1.800	7.000
5. เกาะกลางน้ำ	.3667	39.478	4.050	1.539	1.050	2.800	5.500
6. เกาะคานีว	.3250	32.467	3.700	1.994	1.200	3.700	4.200
7. หาดยางขาว	.2625	38.355	3.000	1.983	1.650	3.000	4.250
8. เขื่อนเจ้าพระยา	.2500	41.150	2.950	1.385	1.200	1.335	4.750
9. วัดคงคาราม	.2500	58.500	1.750	1.215	1.085	1.425	7.700
10. บางโคมศรี	.2000	55.917	1.884	1.312	1.335	1.800	2.950
11. วัดยาง	.2750	40.592	1.600	1.157	1.725	1.545	3.380
12. ปากบาง	.2000	38.410	1.575	1.520	1.440	1.075	3.610
13. หน้าโครงการ	.2000	41.050	1.019	1.234	1.910	0.880	3.638
14. วัดไชยสงคราม	.1000	28.500	0.750	1.368	1.710	0.730	2.061
15. โพงแดง	.1500	36.441	1.000	1.198	2.010	0.900	2.275
16. บางไทร	.3500	63.688	2.596	1.333	2.480	2.638	5.317
17. ป้อมพระจุล	.7429	65.250	4.617	1.778	3.000	4.308	9.211

หมายเหตุ องค์ประกอบโครงสร้างของคูน้ำทุกชนิดมีหน่วยเป็น กิโลเมตร

* หมายถึง ลักษณะดินที่มีดินเหนียวผสมอยู่ คือเป็นเปอร์เซ็นต์

ตาราง 5 แสดงการหักกะถอนเฉลี่ยทั้งปี เป็น พันลูกบาศก์เมตร/วินาที

พ.ศ. สถานี	2513	2514	2515	2516	2517	2518	$\bar{x}$
1. เกาะขุน	325	217	313	432	340	146	295
2. หน้าโครงการฯ	237	155	330	364	206	129	237
3. เกาะกลางแตก	173	365	260	280	167	284	255
4. วัดบางมะฝ่อ	130	148	164	184	155	109	148
5. เกาะกลางน้ำ	205	154	106	120	154	307	174
6. เกาะธานี	116	75	147	82	153	183	126
7. หาดบางขาว	160	247	136	203	102	193	173
8. เขื่อนเจ้าพระยา	85	58	64	64	69	70	69
9. วัดทองคาว	109	35	3	8	73	100	55
10. บางโฉดศรี	104	116	16	178	109	70	99
11. วัดบาง	14	80	70	140	87	140	88
12. ปากบาง	21	43	84	74	86	86	66
13. หน้าโครงการฯ	91	53	79	25	36	50	57
14. วัดไชยสงคราม	26	37	50	44	25	56	40
15. โขงแดง	44	69	97	167	182	173	122
16. บางไทร	3,870	128	930	878	963	984	1,292
17. ป้อมพระจุล	2,668	2,671	2,544	2,476	2,219	2,733	2,555

ตาราง 6 แสดงค่าสหสัมพันธ์กันและกันของตัวแปรและสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
แต่ละตัวกับช่วงกว้างของคูกน้ำ

	D	Ve	Sl	Si	Se	So	A
D	1	.88	.57	-.23	-.24	-.23	-.26
Ve		1	.75	-.15	-.20	-.28	-.24
Sl			1	-.20	-.38	-.38	-.01
Si				1	.86	.69	.80
Se					1	.70	.58
So						1	.38
A							1

ตาราง 7 แสดงค่าสหสัมพันธ์กันและกันของตัวแปรและสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
แต่ละตัวกับความคดเคี้ยว

	D	Ve	Sl	Si	Se	So	S
D	1	.88	.57	-.23	-.24	-.23	-.16
Ve		1	.75	-.15	-.20	-.28	-.38
Sl			1	-.20	-.36	-.38	-.20
Si				1	.86	.69	.49
Se					1	.70	.31
So						1	.08
S							1

ตาราง 8 แสดงค่าสหสัมพันธ์กันและกันของตัวแปร และสหสัมพันธ์ระหว่าง
ตัวแปรแต่ละตัวกับปริมาตรน้ำ

	D	Ve	Sl	Si	Se	So	R
D	1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	-.31
Ve		1	.75	-.15	-.20	-.28	-.38
Sl			1	-.20	-.38	-.38	-.73
Si				1	.86	.69	.58
Se					1	.70	.79
So						1	.61
R							1

ตาราง 9 แสดงค่าสหสัมพันธ์กันและกันของตัวแปร และสหสัมพันธ์ระหว่าง
ตัวแปรแต่ละตัวกับขอบเขตน้ำ

	D	Ve	Sl	Si	Se	So	M
D	1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	-.17
Ve		1	.75	-.15	-.20	-.28	-.23
Sl			1	-.20	-.38	-.38	-.19
Si				1	.86	.69	.62
Se					1	.70	.64
So						1	.45
M							1

ตาราง 10 แสดงความสัมพันธ์กันและกันของค่าแปร และสหสัมพันธ์ระหว่าง
ค่าแปรแต่ละตัวกับช่วงยาวของถุงน้ำ

	D	Ve	S1	Si	Se	So	W
D	1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	-.23
Ve		1	.75	-.15	-.20	-.28	-.19
S1			1	-.20	-.38	-.38	-.11
Si				1	.86	.69	.80
Se					1	.70	.61
So						1	.86
W							1

ตาราง 11 การหา B , b และ R โดยวิธีของ คูลิตเกิด ทำให้นาย 6 กับ
กับทางทางลงน้ำ

X_D	X_v	X_{S1}	X_{Si}	X_{Se}	X_{So}	A	OK
1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	.26	1.91
-1	-.88	-.57	.23	.24	.33	-.26	-1.91
	1	.75	-.15	-.20	-.28	.24	1.36
	-.77	-.50	.20	.21	.29	-.23	-.80
	.23	.25	.05	.01	.01	.01	.56
	-1	-1.09	-.22	-.04	-.04	-.04	-2.43
		1	-.20	-.38	-.38	.01	.05
		-.32	.13	.14	.19	-.15	-.01
		-.27	-.05	-.01	-.01	-.01	-.35
		.41	-.12	-.25	-.20	-.15	-.31
		-1	.29	.61	.49	.37	.76
			1	.86	.69	-.80	1.75
			-.05	-.06	-.08	.06	-.13
			-.01	0	0	0	-.01
			-.03	-.07	-.06	-.04	-.20
			.91	.73	.55	-.78	1.41
			-1	-.80	-.60	.86	-.54
				1	.70	-.58	1.12
				-.06	-.08	.06	-.08
				0	0	0	0
				-.15	-.12	-.09	-.36

ตาราง 11 (ต่อ)

X_D	X_V	X_{Sl}	X_{Si}	X_{Se}	X_{So}	A	CK
				-.58	-.44	.62	-.40
				.21	.06	.01	.28
				- 1	-.29	-.05	-1.34
					1	-.38	.62
					-.11	.09	-.02
					0	0	0
					-.10	-.07	-.17
					-.33	.47	.14
					-.02	0	-.02
					.44	.11	.55
					- 1	-.25	-1.25

ตาราง 12 แสดงการหา β , b และ R โดยวิธีของทูลคินเคิล ทำจำนวน 6 ครั้ง
กับตัวแปรต้น ความคลาดเคลื่อนของแม่น้ำเจ้าพระยา

D	Ve	S1	Si	Se	So	S	ck
1	.88	.57	— .23	— .24	— .33	.16	1.81
— 1	— .88	— .57	.23	.24	.33	— .16	—1.81
1	.75	— .15	— .20	— .28	.38		1.50
— .77	— .50	.20	.21	.29	— .14		— .71
.23	.25	.05	.01	.01	.24		.79
— 1	—1.09	— .22	— .04	— .04	—1.04		—3.43
	1	— .20	— .38	— .38	.20		.24
	— .32	.13	.14	.19	— .09		.05
	— .27	— .05	— .01	— .01	— .26		— .60
	.41	— .12	— .25	— .20	— .15		— .31
	— 1	.29	.61	.49	.37		.76
	1	.86	.69	— .49			2.06
	— .05	— .06	— .08	.04			— .15
	— .01	0	0	— .05			— .06
	— .03	— .07	— .06	— .04			— .20
	.91	.73	.55	— .54			1.65
	— 1	— .80	— .60	.59			—1.81
	1	.70	— .31				1.39
	— .06	— .08	.04				— .10
	0	0	.01				— .01
	— .15	— .12	— .09				— .36

ตาราง 12 (ต่อ)

D	Ve	Sl	Si	Se	So	S	ck
				-.56	-.44	.43	-.59
				.21	.06	.06	.33
				- 1	-.29	-.29	-1.58
					1	-.08	.92
					-.11	.05	-.06
					0	-.01	-.01
					-.10	-.07	-.17
					-.33	.32	-.01
					-.02	-.02	-.04
					.44	.19	.63
					- 1	-.43	-1.43

ตาราง 13 แสดงการหา β , b โดยวิธีของดูลิตเติล ทำจำนวน 6 ครั้ง

กับตัวแปร คือ รั้วของทุ่งน้ำมนต์เจ้าพระยา

D	Ve	Sl	Si	Se	So	R	ck
1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	.31	1.96
-1	-.88	-.57	.23	.24	.33	-.31	-1.96
	1	.75	-.15	-.20	-.28	.38	1.50
	-.77	-.50	.20	.21	.29	-.27	-.84
	.23	.25	.05	.01	.01	.11	.66
	-1	-1.09	-.22	-.04	-.04	-.48	-2.87
		1	-.20	-.38	-.38	.73	.77
		-.32	.13	.14	.19	-.18	-.04
		-.27	-.05	-.01	-.01	-.12	-.46
		.41	-.12	-.25	-.20	.43	.27
		-1	.29	.61	.49	-1.05	-.66
			1	.86	.69	-.58	1.97
			-.05	-.06	-.08	.07	-.12
			-.01	0	0	-.02	-.03
			-.03	-.07	-.06	.12	-.04
			.91	.73	.55	-.41	1.78
			-1	-.80	-.60	.45	-1.95
				1	.70	-.79	.91
				-.06	-.08	.70	-.07
				0	0	0	0
				-.15	-.12	.26	-.01

ตาราง 13 (ต่อ)

D	Ve	Sl	Si	Se	So	R	ok
				-.58	-.44	.33	-.69
				.21	.06	-.13	.14
				-1	-.29	.62	-.67
					1	-.61	.39
					-.11	.10	-.01
					0	0	0
					-.10	.21	.11
					-.33	.25	-.08
					-.02	.04	.02
					.44	-.01	.45
					-1	.02	-.98

ตาราง 14 แสดงการวาง β , b โดยวิธีของตุลิกเกิด ทำให้นาย 6 ทับ
กับตัวเกิดคือขอบเขตของน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา

D	Ve	S1	Si	Se	So	M	ok
1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	.17	1.82
-1	-.88	-.57	.23	.24	.33	-.17	-1.82
	1	.75	-.15	-.20	-.28	.23	1.35
	-.77	-.50	.20	.21	.29	-.15	-.72
	.23	.25	.05	.01	.01	.08	.63
	-1	-1.09	-.22	-.04	-.04	-.35	-2.74
		1	-.20	-.38	-.38	.19	.23
		-.32	.13	.14	.19	-.10	.04
		-.27	-.05	-.01	-.01	-.09	-.43
		.41	-.12	-.25	-.20	0	-.16
		-1	.29	.61	.49	0	.39
			1	.86	.69	-.82	1.73
			-.05	-.06	-.08	.04	-.15
			-.01	0	0	-.02	-.03
			-.03	-.07	-.06	0	-.16
			.91	.73	.55	-.80	1.39
			-1	-.80	-.60	.88	-1.52
				1	.70	-.64	1.06
				.06	-.08	.04	-.10
				0	0	0	0
				-.15	-.12	0	-.27

TABLE 14 (cont)

D	Ve	Sl	Si	Se	So	M	ck
				-.58	-.44	.64	-.38
				.21	.06	.04	.31
				- 1	-.29	-.19	-1.48
					1	-.45	.55
					-.11	.06	-.05
					0	0	0
					-.10	0	-.10
					-.33	.48	.15
					-.02	-.01	-.03
					.44	.08	.52
					- 1	-.18	-1.18

ตาราง 15 แสดงการหา β , b โดยวิธีของ กุณิกเทิด ทำให้นาย 6 ทับ
กับหัวเกณฑ์ของวงยาของผู้นำแม่น้ำเจ้าพระยา

D	v	S1	Si	Se	So	W	ck
1	.88	.57	-.23	-.24	-.33	.23	1.88
-1	-.88	-.57	.23	.24	.33	-.23	-1.88
	1	.75	-.15	-.20	-.28	.19	1.51
	-.77	-.50	.20	.21	.29	-.20	-.77
	.23	.25	.05	.01	.01	-.01	.54
	-.1	-1.09	-.22	-.04	-.04	.04	-2.35
		1	-.20	-.38	-.38	.11	.15
		-.32	.13	.14	.19	-.13	.01
		-.27	-.05	-.01	-.01	.01	-.33
		.41	-.12	-.25	-.20	-.01	-.17
		-1	.29	.61	.49	.02	.41
			1	.86	.69	-.08	1.75
			-.05	-.06	-.08	.05	-.14
			-.01	0	0	0	-.01
			-.03	-.07	-.06	0	-.16
			.91	.73	.55	-.75	1.44
			-1	-.80	-.60	.82	-1.58
				1	.70	-.61	1.09
				-.06	-.08	.06	-.08
				0	0	0	0
				-.15	-.12	-.01	-.28

1
 1111 15 (10)

D	v	Sl	Si	Se	So	W	ch
				— .58	— .44	.60	— .42
				.21	.06	.04	.31
				— 1	— .29	— .19	—1.48
					1	— .86	.14
					— .11	.08	— .03
					0	0	0
					— .10	0	— .10
					— .33	.45	.12
					— .02	— .01	— .03
					.44	— .34	.10
					— 1	.77	— .25