หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

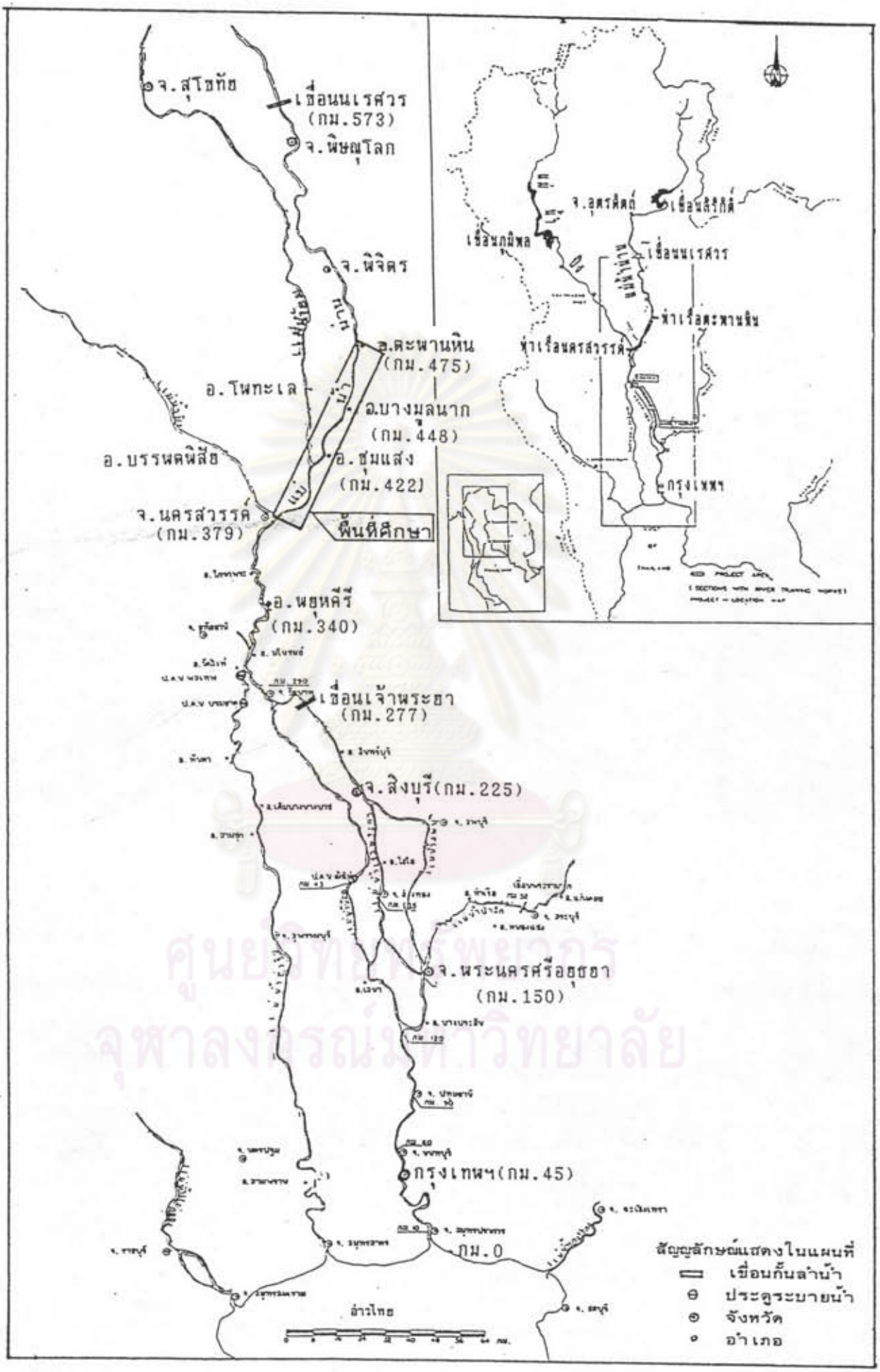
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แม่น้ำน่านเป็นแม่น้ำสาขาที่สำคัญที่สุดสาขาหนึ่งของแม่น้ำเจ้าพระยา มีที่ตั้งดังแสดงในรูป 1-1 พื้นที่สองฝั่งแม่น้ำน่านมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งผลิตผลทางเกษตรกรรม ป่าไม้ และสินแร่ จึงนับได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญสูงมากพื้นที่หนึ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย การใช้ประโยชน์จากแม่น้ำน่านจึงเป็นไปในลักษณะเอนกประสงค์ กล่าวคือเพื่อการชลประทาน การผลิตกระแสไฟฟ้า การป้องกันน้ำท่วม เพื่อการอุปโภค-บริโภค และการขนส่งทางน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำน่านได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2510 เพื่อแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ โดยมุ่งหวังที่จะใช้แม่น้ำน่านให้ได้รับประโยชน์มากที่สุด แต่แม่น้ำน่านในปัจจุบัน (พ.ศ.2537) ยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับความไม่มีเสถียรภาพของลำน้ำอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ทั้งสองฝั่งของโค้งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงสูงในฤดูฝน เนื่องจากมีน้ำหลากมามากในลำน้ำประกอบกับแม่น้ำน่านมีลักษณะเป็นแม่น้ำตะกอน-ทราย (alluvial stream) ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายตะกอนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดและระดับท้องน้ำของลำน้ำ เป็นผลจากการเกิดขบวนการกัดเซาะและตกตะกอนในลำน้ำอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดปัญหาการตื้นเขินในบางช่วงของลำน้ำในฤดูแล้งอันเป็นอุปสรรคที่ไม่สามารถเดินเรือได้สะดวกตลอดทั้งปี

ผลจากการศึกษาของกรมเจ้าท่า [9] เปรียบเทียบค่าขนส่งทางน้ำ รถบรรทุก และรถไฟเพื่อนำผลผลิตต่าง ๆ สู่ตลาดในกรุงเทพฯเมื่อปี 2518 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านนั้นค่าขนส่งทางน้ำจะมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งทางบก โดยรถไฟและรถบรรทุก ดังแสดงในตาราง 1-1 โดยค่าขนส่งทางน้ำหมายถึงค่าขนส่งรวมทั้งหมดของ การขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตสู่ท่าเรือ ค่าขนส่งทางเรือจากท่าเรือสู่ท่าเรือในกรุงเทพฯ และค่าขนส่งจากท่าเรือในกรุงเทพฯสู่ตลาด จากเหตุผลดังกล่าวในปี 2531



รูป 1-1 แผนที่แสดงที่ตั้งของแม่น้ำน่าน

ตาราง 1-1 ค่าขนส่งเศรษฐกิจของสินค้าระหว่างท่าเรือหลัก และกรุงเทพฯ (บาท/ตัน)

เส้นทางเดินเรือ	ท่าเรือของแหล่งผลิต	ขนส่งทางน้ำ			รถไฟ	รถบรรทุก
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย		
ภาคกลาง	ปทุมธานี	40.0	40.0	40.0	74.8	33.8
	อยุธยา	50.2	50.2	50.2	86.0	56.6
	อ่างทอง	57.7	57.7	57.7	-	67.3
	ไชโย(อ่างทอง)	59.9	59.9	59.9	-	70.0
	สิงห์บุรี	62.6	72.4	68.3	-	81.1
	ชัยนาท-บ้านหมาครี	66.1	76.9	72.4	113.7	100.8
ภาคเหนือ	อุตรดิตถ์	66.8	77.8	73.2	-	110.6
	พยุหคีรี(นครสวรรค์)	68.2	79.6	74.9	121.6	105.7
	ชุมแสง(นครสวรรค์)	74.3	92.2	84.7	132.7	135.5
	บางมูลนาก(พิจิตร)	77.0	95.8	88.0	134.5	144.3
	ตะพานหิน(พิจิตร)	81.0	101.0	92.7	140.1	158.8
	พิจิตร	84.9	106.1	97.3	143.8	177.4
	พิษณุโลก	95.4	170.0	109.8	151.2	163.5
	ทางลัดงาม	99.9	125.9	115.1	155.9	216.4
	พิชัย	106.3	134.3	122.6	160.3	232.0
	อุตรดิตถ์	112.5	142.5	130.0	166.1	240.9
	เพชรบูรณ์	-	-	-	-	162.2
	สุโขทัย	155.1*	167.4*	162.3*	-	198.1
	เด่นชัย(แพร่)	222.4*	234.7*	229.6*	173.3	265.4
	ลำปาง	219.3	231.6*	226.5*	190.4	262.3
	เชียงใหม่	256.7*	269.0*	263.9*	214.4	299.7

เส้นทางเดินเรือ	ท่าเรือของแหล่งผลิต	ขนส่งทางน้ำ			รถไฟ	รถบรรทุก
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย		
	ท่าขุน	247.7*	260.0*	254.9*	201.6	290.7
	เชียงราย	308.0*	320.3*	315.2*	-	351.0
	น่าน	279.9*	292.2*	287.1*	-	322.9
ภาคเหนือ	กำแพงเพชร	85.7	132.3*	112.9*	-	163.0
ฝั่งตะวันตก	ตาก	94.5	157.9*	131.5*	-	188.6
	แม่ต้องสอน	-	-	-	-	-
ภาคกลาง	ท่าเรือ(อยุธยา)	48.8	48.8	48.8	95.3	75.4
ฝั่งตะวันออก	สระบุรี	-	-	-	97.6	67.8
	ลพบุรี	59.6	58.5	54.8	102.2	83.8
	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	109.9	75.4
ภาคกลาง	สุพรรณบุรี	61.2	61.2	61.2	106.8	102.2
ฝั่งตะวันตก						
ภาคตะวันตก	นครปฐม	47.4	47.4	47.4	83.2	52.3
	ราชบุรี	56.3	56.3	56.3	97.6	78.4
	กาญจนบุรี	76.1	-	-	102.2	86.0
	สมุทรสาคร	42.9	42.9	42.9	77.6	38.1
	สมุทรสงคราม	50.9	50.9	50.9	87.4	56.1
ภาคตะวันออก	ฉะเชิงเทรา	51.4	51.4	51.4	83.2	45.2
	นครนายก	60.3	60.3	60.3	-	51.8
	ปราจีนบุรี	62.6	62.6	62.6	99.9	63.5
ภาคใต้	สมุทรปราการ	38.9	38.9	38.9	-	30.1

* ค่าขนส่งนี้รวมค่าขนส่งทางรถบรรทุกในเขตสวรรค์และค่าขนของเรือ

ที่มา Kingdom of Thailand. Ministry of Communications. Harbour department Study of Inland Waterways Phase One Report. Bangkok: 1975

กรมเจ้าท่าได้ขยายการเดินเรือจากแม่น้ำเจ้าพระยาขึ้นไปในแม่น้ำน่านตอนล่างคือ จากนครสวรรค์ถึง อ.ตะพานหิน จังหวัดพิจิตร แต่ประสบปัญหาที่ไม่สามารถเดินเรือได้สะดวกตลอดทั้งปีเนื่องจากความตื้นเขินของท้องน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

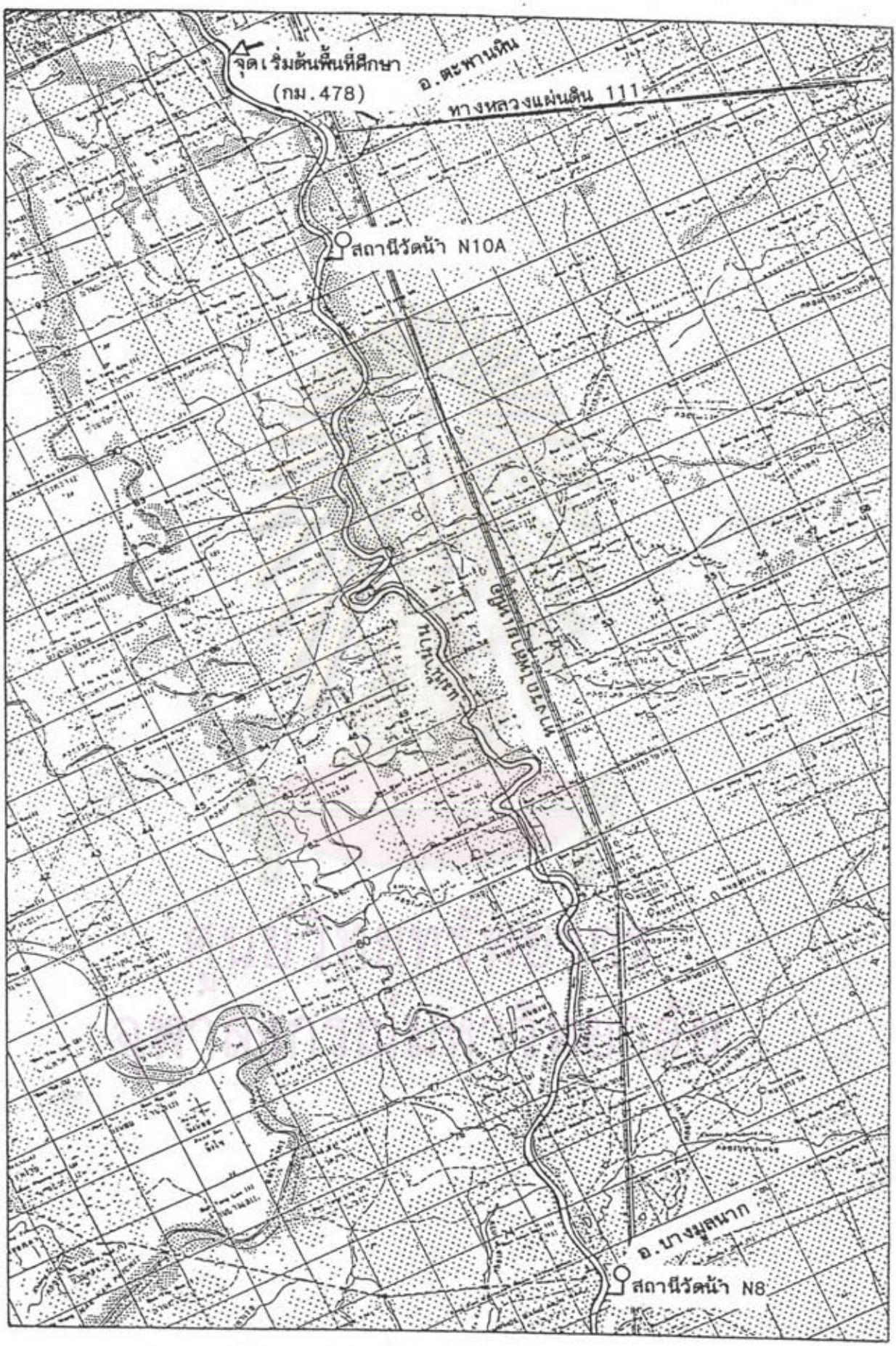
การศึกษามีวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอน และปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง เนื่องจากการเคลื่อนตัวและการตกของตะกอน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือในช่วงลำน้ำดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาตื้นเขินในร่องเดินเรือ (navigation channel) ระหว่างช่วงฤดูแล้ง ปัญหาส่วนใหญ่มีผลมาจากการเคลื่อนย้ายของตะกอนในแม่น้ำน่านตอนล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นแม่น้ำตะกอนทรายที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่ตลอดเวลา และยังขาดการศึกษาขบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพลำน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนกันอย่างจริงจัง เพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1) ศึกษาพฤติกรรมในเชิงชลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ (ท้องน้ำและหน้าตัด) ของแม่น้ำน่านตอนล่างเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอน
2) ศึกษาปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง ที่ทำให้การพัฒนาโครงการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตื้นเขินของร่องเดินเรือ
3) เสนอแนะแนวทางการศึกษาและออกแบบแก้ไขปัญหาการเดินเรือ ที่เกี่ยวข้องกับการตื้นเขินและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอน

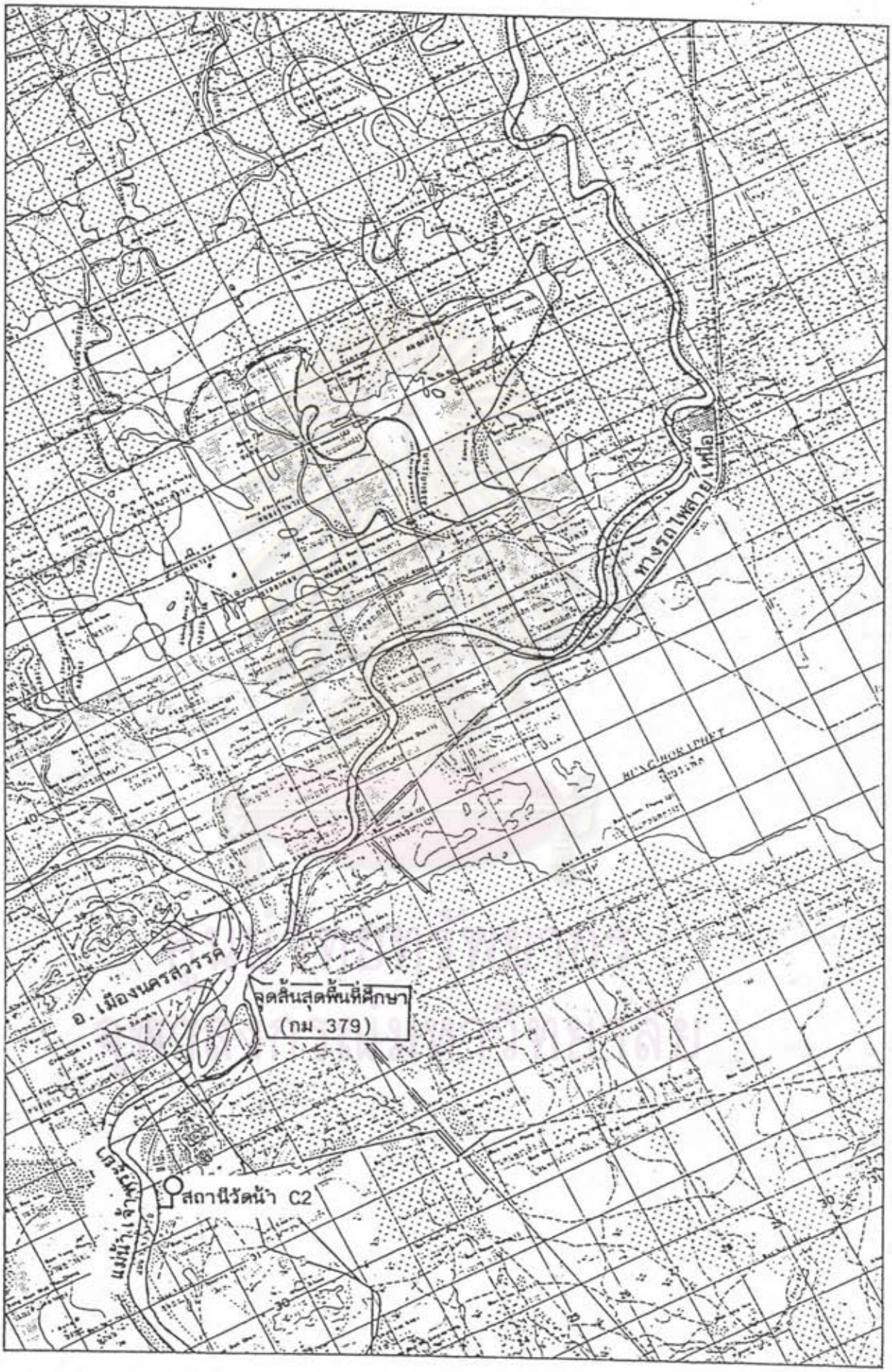
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา

ขอบข่ายของการศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอน และปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาขบวนการของการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือในร่องเดินเรือของแม่น้ำน่านตอนล่าง และปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีขอบข่ายของการศึกษาดังนี้

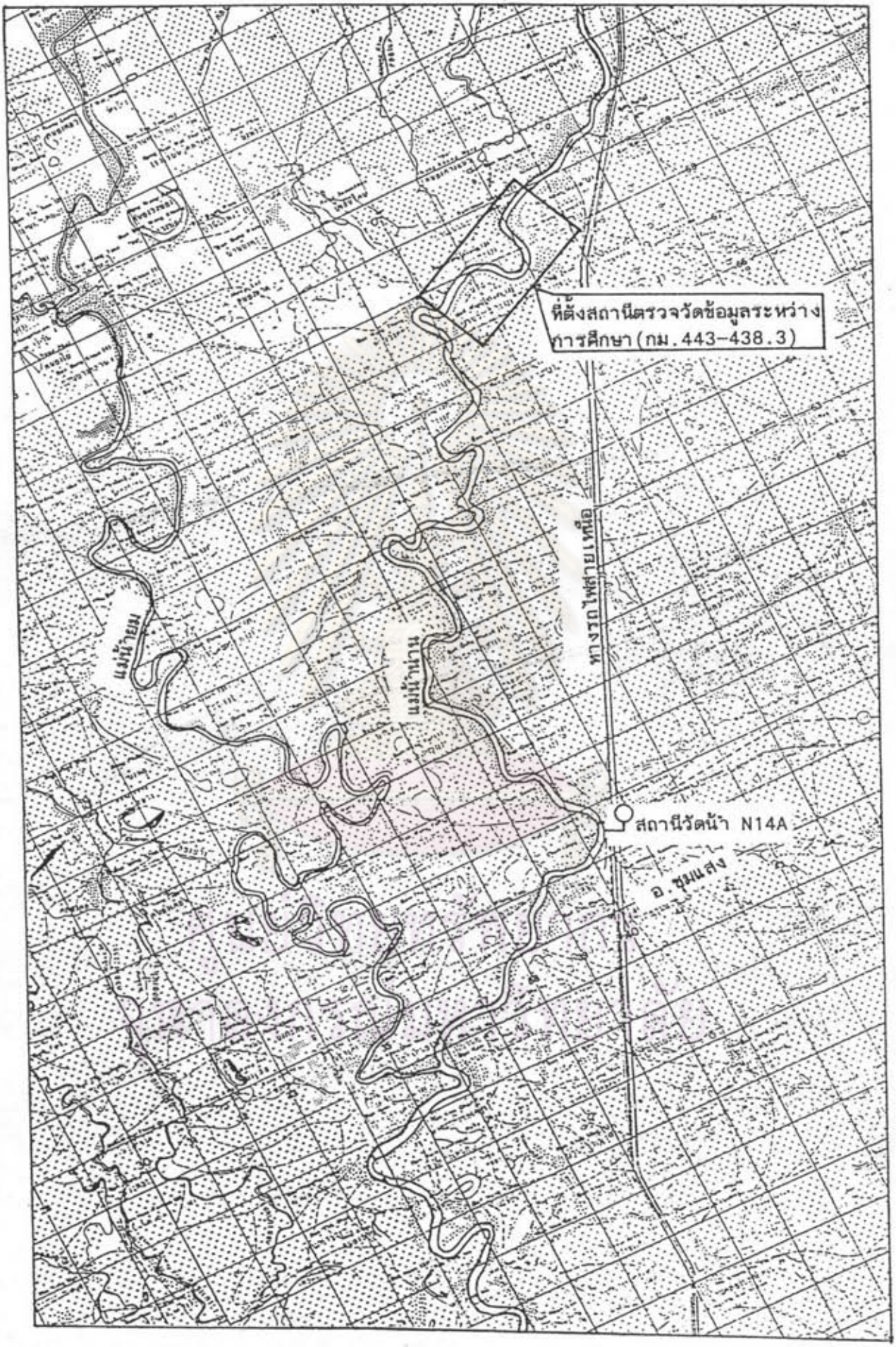
1) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน คุณสมบัติเชิงชลศาสตร์การไหลของน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุท้องน้ำในแม่น่านตอนล่าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของแนวเหตุผลทางทฤษฎีและวิธีการต่าง ๆ ที่ได้มีผู้เสนอไว้กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในสนาม เพื่อสรุปเป็นแนวทางการศึกษาในขั้นตอนต่อไป
2) ปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างที่จะศึกษาในครั้งนี้ จะเน้นการศึกษาปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือที่เกี่ยวข้องกับการตื้นเขินของร่องการเดินเรือ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ประสบอยู่
3) พื้นที่ศึกษาแม่น้ำน่านตอนล่างอยู่ในช่วงระหว่าง อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร (กม.478) ถึงปากน้ำโพ จ.เมืองนครสวรรค์ (กม.379) รวมความยาวลำน้ำ 99 กม. ดังแสดงใน รูป 1-2 ซึ่งมีการปรับปรุงร่องน้ำและก่อสร้างท่าเรือ เพื่อให้สามารถทำการขนส่งทางน้ำได้ตลอดทั้งปี แต่ปัจจุบันยังประสบปัญหาไม่สามารถเดินเรือในฤดูแล้งได้สะดวก ตามที่คาดหวังไว้
4) ข้อมูลสถิติน้ำท่าจะใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวันที่ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ซึ่งเป็นเพียงหน่วยงานเดียวที่ได้มีการตรวจวัดในแม่น้ำน่านตอนล่าง
5) ข้อมูลการขุดลอก และแผนที่ร่องน้ำรวบรวมจากกรมเจ้าท่า ซึ่งมีการจัดทำขึ้นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2531 และมีการสำรวจอีกครั้งในปี 2534
6) ข้อมูลการเคลื่อนที่ตะกอน และการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในร่องการเดินเรือของแม่น้ำน่านตอนล่าง (ซึ่งยังไม่มีการตรวจวัด) ทำการตรวจวัดภาคสนามในระหว่างการศึกษา



รูป 1-2 แผนที่บริเวณพื้นที่ศึกษาแม่น้ำน่านตอนล่าง



รูป 1-2 แผนที่บริเวณพื้นที่ศึกษาแม่น้ำน่านตอนล่าง (ต่อ)



รูป 1-2 แผนที่บริเวณพื้นที่ศึกษาแม่น้ำน่านตอนล่าง (ต่อ)

7) วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการ และวิธีการที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรมของแนวความคิด และทฤษฎีซึ่งมีอยู่ในปัจจุบัน

8) ศึกษาความเหมาะสมและข้อจำกัดของแบบจำลอง HEC-6 ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอน

9) จำลองสภาพเหตุการณ์ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-6 เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในร่องการเดินเรือ ของแม่น้ำน่านตอนล่าง เมื่อมีการจัดการที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอน และปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำ ขบวนการการเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำตะกอนทราย ปัญหาของการเดินเรือของแม่น้ำน่านตอนล่าง และการจำลองสภาพเหตุการณ์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-6 เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในร่องการเดินเรือของแม่น้ำน่านตอนล่าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาทั้งการเดินเรือ และปัญหาทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ศึกษาปัญหาของการเคลื่อนที่ของตะกอน ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำของแม่น้ำตะกอนทรายในพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งได้มีการศึกษามาแล้วทั้งในและต่างประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้

2) ศึกษาปัญหาของการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง ที่เกี่ยวข้องกับการตื้นเขินของร่องการเดินเรือ เนื่องจากการเคลื่อนที่ตะกอน

3) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากหน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) สำรวจภาคสนาม เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลสภาพลำน้ำ และปัญหาการเดินเรือตลอดช่วงลำน้ำที่ศึกษาของแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยรถยนต์ในวันที่ 28 มีนาคม 2535

5) สำรวจทางน้ำโดยเรือเร็วจากนครสวรรค์ (กม.379) ถึง อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร (กม.478) ระหว่างวันที่ 2-3 พฤษภาคม 2535 เพื่อศึกษาปัญหาการเดินเรือ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำเพิ่มเติมจากข้อ 4) เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกสถานที่ตั้ง สถานีตรวจวัดปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอน การไหลของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำทั้งด้านข้างและท้องน้ำ

6) เลือกช่วงลำน้ำระหว่าง กม.443 - กม.438.3 เป็นที่ตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน การไหลของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำทั้งด้านข้างและท้องน้ำ โดยก่อสร้างเกจวัดระดับน้ำ (staff gauge) เพิ่มเติมที่หน้าตัด กม.443 กม.442 กม.440 และ กม.439.1 ระหว่างวันที่ 5-14 มิถุนายน 2535

7) สำรวจหน้าตัดลำน้ำของร่องเดินเรือระหว่าง กม.443-กม.438.3 ที่ทุก ๆ หน้าตัดห่างกัน 30 เมตร ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน 2535

8) สำรวจระดับท้องน้ำของร่องเดินเรือจากนครสวรรค์ (กม.379) ถึงตะพานหิน (กม.478) ระหว่างวันที่ 22-23 มิถุนายน 2535

9) สำรวจทำแผนที่เส้นชั้นของลำน้ำจาก กม.443 ถึง กม.438.3 ระหว่างวันที่ 8-11 สิงหาคม 2535

10) สำรวจ ตรวจวัดเก็บข้อมูลปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน การไหลของน้ำและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดทั้งด้านข้าง และท้องน้ำ ณ สถานีที่กำหนดไว้ในข้อ 6 ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงธันวาคม 2535

11) สำรวจเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างในวันที่ 10 ธค.2535

12) ศึกษาหาทฤษฎี และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของตะกอน และการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-6

13) ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาการเคลื่อนที่ตะกอน และปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการกัดเซาะและตกตะกอนในแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำ HEC-6 ในการจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

14) สรุปผลการศึกษา และเขียนรายงานผลการศึกษา

1.5 <u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

การศึกษาการเคลื่อนที่ตะกอนและปัญหาการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับคาดคะเนการเคลื่อนที่ของตะกอน การเปลี่ยนแปลงลำน้ำ (ท้องน้ำและหน้าตัด) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนสำหรับแม่น้ำน่านตอนล่าง และนำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-6 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาแก้ปัญหาการเดินเรือ และปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการศึกษาดังนี้

1) ทราบพฤติกรรมในเชิงชลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ (ท้องน้ำและหน้าตัด) ของแม่น้ำน่านตอนล่าง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำตะกอนทราย

2) ทราบปัญหาทางกายภาพ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอน คุณสมบัติการไหลของน้ำในลำน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตื้นเขินของร่องเดินเรือ เป็นต้น

3) แนวทางในการศึกษาและออกแบบแก้ไขปัญหาการเดินเรือ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอน การตื้นเขิน และการศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมโยธาและแหล่งน้ำที่

เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ตะกอน ทั้งในแม่น้ำน่านตอนล่างและในแม่น้ำตะกอนทรายอื่น ๆ

1.6 การศึกษาที่ผ่านมา

1.6.1 การศึกษาภายในประเทศ

กรมเจ้าท่า (2518) ได้ศึกษาแผนแม่บทโครงการเดินเรือภายในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางน้ำ ประเมินผลหาแบบแผนและรูปแบบของการขนส่งทางน้ำที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำ และสภาพธรรมชาติของลำน้ำ โดยแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำหลักสู่ภาคกลาง และครอบคลุมถึงแม่น้ำแม่กลองสู่ทิศภาคตะวันตก แม่น้ำบางปะกงสู่ภาคตะวันออก และแม่น้ำน่านสู่ภาคเหนือถึงจังหวัดอุตรดิตถ์ และสรุปผลให้ปรับปรุงร่องน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนใต้ ให้มีความลึก 1.4 และ 2.0 เมตร ที่อัตราการไหล 75 และ 150 $ม^3$/วินาที ตามลำดับ เขื่อนเจ้าพระยาโดยการขุดลอกสันดอน และติดตั้งแผ่นคอนกรีตในบริเวณแอ่งน้ำวนเพื่อป้องกันการกัดเซาะ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการตกตะกอนท้ายน้ำ ติดตั้งรอ (groynes) บีบร่องน้ำที่กว้างให้แคบลง เพื่อให้มีความเร็วกระแสน้ำในร่องน้ำสูงขึ้น เป็นการเพิ่มความสามารถในการพัดพาตะกอนและป้องกันการตกตะกอน รวมทั้งในระหว่างการดำเนินการของโครงการต้องมีการสำรวจและขุดลอกเพื่อรักษาความลึกของร่องน้ำให้สามารถเดินเรือได้สะดวกตลอดทั้งปี

กรมเจ้าท่า (2520) ได้ศึกษาโครงการพัฒนาการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและเส้นทางน้ำในภาคเหนือ ประกอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยาจากปากแม่น้ำถึงนครสวรรค์ เป็นระยะทางประมาณ 365 กิโลเมตร และเส้นทางน้ำเชื่อมต่อในภาคเหนือ คือ แม่น้ำน่านจากนครสวรรค์ ถึงจังหวัดอุตรดิตถ์ใต้เขื่อนสิริกิติ์ ระยะทางประมาณ 370 กิโลเมตร แม่น้ำป่าสักจากอยุธยาถึงเขื่อนพระราม 6 ระยะทาง 45 กิโลเมตร รวมทั้งแม่น้ำสุพรรณและแม่น้ำน้อย

จากผลการศึกษาพบว่า ในแม่น้ำเจ้าพระยาและทางน้ำเชื่อมต่อในภาคเหนือ คือแม่น้ำน่าน ค่าขนส่งเชิงเศรษฐกิจรวมต่อตันของสินค้าแปรผันกับความลึกของการเดินเรือ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบเรือบรรทุกสินค้า คือ 67.30 50.70 และ 22.90 บาทต่อตัน เมื่อร่องเดินเรือมีความลึก 1.4, 2.0 และ 3.0 เมตร ตามลำดับ และได้สรุปใช้ความลึกในร่องเดินเรือต่ำสุดที่ 2.0 เมตร โดยการก่อสร้างปรับปรุงร่องเดินเรือ ตามผลการศึกษาในปี 2518 ประกอบกับจัดการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ โดยเขื่อนต่าง ๆ ในแม่น้ำน่านและแม่น้ำเจ้าพระยา คือให้มีอัตราการไหล 100 ม.^{3}/วินาที จากเขื่อนสิริกิติ์ 80 ม.^{3}/วินาที จากเขื่อนนเรศวร และ 300 ม.^{3}/วินาที ที่เขื่อนเจ้าพระยา

<u>กรมเจ้าท่า</u> (2522) ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเดินเรือแม่น้ำเจ้าพระยาโดยการสร้างเขื่อนและประตูน้ำ เพื่อการเดินเรือบริเวณตัวเมืองจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งคาดว่าจะมีการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยขนส่งผลิตผลการเกษตรและอุตสาหกรรม ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง น้ำตาล สินแร่ ยิบซัม ส้งกระสี ปูนซีเมนต์ วัสดุก่อสร้างและผลผลิตปิโตเลี่ยม เป็นต้น 606,000 ตัน และ 648,000 ตัน ในปี 2528 และ 2543 ตามลำดับ หากมีการพัฒนาโครงการเดินเรือ คาดหวังว่าจะมีการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มเป็น 2,121,000 และ 4,970,000 ตัน ในปี 2528 และ 2543 ตามลำดับ ผลการศึกษาคาดว่าจะมีอัตราผลตอบแทนของโครงการ (internal rate of return) 25.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่กำหนดไว้ที่ 10-12 เปอร์เซ็นต์ และได้เสนอแนะให้มีการก่อสร้างโครงการเดินเรือดังกล่าว

<u>กรมเจ้าท่า</u> (2531) ได้เสนอรายงานการออกแบบก่อสร้างปรับปรุงร่องน้ำเพื่อการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างระหว่างนครสวรรค์และตะพานหิน จ.พิจิตร ซึ่งได้ก่อสร้างท่าเรือที่นครสวรรค์และที่ตะพานหิน ขุดลอกร่องน้ำ ก่อสร้างรอ และโครงสร้างป้องกันตลิ่ง รวมทั้งการติดตั้งสัญญานการเดินเรือ โดยคาดหวังว่าจะสามารถเดินเรือได้ตลอดทั้งปี ที่ความลึกต่ำสุดในร่องเดินเรือไม่น้อยกว่า 1.7 เมตร เมื่อกำหนดให้มีอัตราการไหลของน้ำต่ำสุด 70 ม.^{3}/วินาที ในแม่น้ำน่านตอนล่างที่ท่าเรือตะพานหิน ซึ่งโครงการดังกล่าวได้เริ่มก่อสร้างตั้งแต่ปี 2529 และแล้วเสร็จในปี 2531

Chung-Yin Lin (1975) ได้ศึกษาเรื่อง "Equation of Sediment Transport in Chao Phya River Below Chainat Dam" เพื่อหาสมการที่เหมาะสมสำหรับอธิบายปรากฏการณ์ของการเคลื่อนที่ของตะกอน ในแม่น้ำเจ้าพระยาช่วงระหว่างเขื่อนเจ้าพระยาและอ่างทอง โดยอาศัยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำที่ 2 หน้าตัด คือ กม.3 และ กม.5 ท้ายน้ำเขื่อนเจ้าพระยา โดยแบบจำลองซึ่งมีลักษณะที่สำคัญคือ

1. การวิเคราะห์ระดับน้ำ และชลภาพการไหลของน้ำที่แต่ละหน้าตัดด้วยวิธี one-dimensional fully dynamic wave routing
2. การวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนโดยวิธีของ Enstein-Brown
3. การวิเคราะห์การกัดเซาะและตกตะกอนที่ 2 หน้าตัด โดยอาศัยสมการความต่อเนื่องของการเคลื่อนที่ตะกอนคือ

$$\partial q_s / \partial x + (1-p)\, \partial a / \partial t = 0$$

เมื่อ q_s = ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนต่อหน่วยความกว้าง

p = ความพรุนของตะกอน

โดยเสนอวิธีการประมาณค่า p ตามวิธีของ "Komura" จากสมการ

$$p = 0.245 + 0.0864/d_s^{0.21}$$

เมื่อ d_s = ขนาดของเม็ดทราย

ผลการศึกษาพบว่าค่า Manning's n = 0.028 จะให้ผลการคำนวนรูปตัดการไหลที่ดีเมื่ออัตราการไหลมากกว่า 3,000 ม.^{3}/วินาที และวิธีการคำนวนปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนของ Enstein-Brown ใช้ได้ดีสำหรับลำน้ำช่วงนี้

1.6.2 การศึกษาในต่างประเทศ

Thomas,William A. (1970) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ตะกอนของแม่น้ำ Ozark ซึ่งเป็นช่วงลำน้ำช่วงหนึ่งของแม่น้ำ Arkansas บริเวณใกล้เมือง Ozark รัฐ Arkansas สหรัฐอเมริกา มีความยาวของช่วงลำน้ำที่ศึกษาประมาณ 36 ไมล์ เหนือน้ำเขื่อน Ozark ซึ่งเป็น runoff-river reservoir ซึ่งในฤดูแล้งต้องปล่อยน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในการเดินเรือ ของลำน้ำท้ายเขื่อน นอกเหนือจากการผลิตกระแสไฟฟ้า และในฤดูฝนเมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำบริเวณเขื่อนมีค่าเข้าใกล้ 475,000 ฟุต^3/วินาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลที่รอบปี 45 ปี ประตูเขื่อนจะต้องเปิดเต็มที่ทุกบาน ซึ่งจะทำให้การไหลในช่วงลำน้ำตอนต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนเป็นการไหลในสภาวะต่อเนื่อง

การศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ผู้ศึกษาจึงได้สร้างแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ตะกอนในแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำ มีลักษณะเป็นแบบจำลองการไหลทิศทางเดียว โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดการคำนวนดังนี้

1) การคำนวนรูปตัดตามยาวของการไหลในลำน้ำ วิเคราะห์เป็นการไหลทิศทางเดียวแบบคงที่ไม่สม่ำเสมอในแม่น้ำธรรมชาติ โดยวิธีขั้นตอนมาตรฐาน และใช้สมการการไหลสม่ำเสมอของ Manning โดยมีสมมุติฐานว่าค่า สปส. คือความขรุขระ Manning n ของแต่ละหน้าตัดมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
2) การคำนวนปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนวิเคราะห์โดยวิธีของ Laursen
3) ปริมาณการตกตะกอน และการกัดเซาะในช่วงลำน้ำ ที่แต่ละช่วงเวลาคำนวนจากความแตกต่างของปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน ระหว่างหน้าตัดท้ายน้ำ และต้นน้ำของแต่ละช่วงลำน้ำย่อย ๆ นั้น
4) การคำนวนการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ของแต่ละช่วงลำน้ำย่อย ๆ

วิเคราะห์ โดยสมการการเคลื่อนที่ต่อเนื่องของตะกอนคือ

$Q_s/ x + B (z/ t) = 0$ เมื่อ Q_s = ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน, x = ระยะทางตามแนวราบ, B = ความกว้างเฉลี่ยของช่วงลำน้ำย่อยแต่ละช่วง, z = ระดับท้องน้ำ และ t = ช่วงเวลา

โดยมีสมมุติฐานว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของหน้าตัดต้นน้ำของช่วงลำน้ำย่อยในการคำนวนแต่ละครั้ง กล่าวคือระดับท้องน้ำของหน้าตัดด้านท้ายน้ำของช่วงลำน้ำย่อยที่กำลังคำนวนได้ จะมีค่าเท่ากับระดับท้องน้ำของหน้าตัดต้นน้ำของช่วงลำน้ำย่อยที่อยู่ถัดไป ทั้งนี้เพื่อให้มีความต่อเนื่องของระดับท้องน้ำตลอดช่วงที่ทำการศึกษา

การจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำ Ozark ครั้งนี้ สามารถคาดคะเนปริมาตรของตะกอนที่เกิดจากการกัดเซาะและการตกตะกอน เป็นที่ยอมรับได้สำหรับการศึกษาในลักษณะแนวโน้มระยะยาว แต่ยังได้ผลไม่ดีสำหรับการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ

U.S. Army Corps of Engineers (1977) ได้พัฒนาแบบจำลอง HEC-6 ซึ่งเป็นแบบจำลองการกัดเซาะและตกตะกอนในแม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ โดย Thomas, William A. ซึ่งมีลักษณะของแบบจำลอง เช่นเดียวกับแบบจำลองวิเคราะห์การกัดเซาะและตกตะกอนในแม่น้ำ Ozark เมื่อปี ค.ศ.1970 โดยได้ปรับปรุงวิธีการคำนวนปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน ซึ่งได้เพิ่มวิธีการคำนวนของ Toffaleti เพิ่มขึ้นอีก 1วิธี และปรับปรุงการคำนวนการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำ

ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-6 ให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับการคาดคะเนแนวโน้มระยะยาว ของการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ เนื่องจากการกัดเซาะและตกตะกอนในแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำ

Nakato, Tatsuaki and Vadnal, John L. (1981) ได้ตรวจวัดข้อมูลภาคสนามการเคลื่อนที่ของตะกอน การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำ และคุณสมบัติเชิง

ชลศาสตร์การไหลของน้ำ เพื่อทดสอบเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC-6, UUWSR, SUSR, และ CHAR2 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการตรวจวัดภาคสนามในแม่น้ำ Mississippi ในปี 1978 ช่วงลำน้ำบริเวณ Buzzard Island ระหว่าง river mile RM. 354.89 ถึง RM.346.97

ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลอง HEC-6 ให้ผลการคาดคะเนแนวโน้มระยะยาวที่ดีสำหรับสภาพการเปลี่ยนแปลงโดยภาพรวม แต่ให้ผลการคาดคะเนปัญหาการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของลำน้ำในแอ่งน้ำลึก (deep pool) ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง รวมถึงไม่สามารถคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงทางด้านข้างของลำน้ำได้ เนื่องจากเป็นแบบจำลองชนิดทิศทางเดียว

Karim M.F. and Kennedy John F. (1982) ได้พัฒนาแบบจำลอง "IAL" หรือ "IALLUVIAL" สำหรับการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำตะกอนทรายที่ถูกดัดแปลง ก่อสร้างปรับปรุงเพื่อการเดินเรือ มีลักษณะสำคัญของแบบจำลอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแม่น้ำไม่คงที่กำหนดให้เป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่สัมพันธ์กับปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน และแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์การไหลต่อเนื่อง พลังงานการไหล ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแม่น้ำ ส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ความต่อเนื่องของการเคลื่อนที่ของตะกอน เพื่อคำนวนการกัดเซาะและตกตะกอน

การวิเคราะห์การไหลต่อเนื่องและพลังงานการไหลจะพิจารณาเป็น แบบทิศทางเดียว (One-dimensional) และกึ่งคงที่ (quasi-steady) โดยมีสมการคำนวนปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอน และสมการคำนวนสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแม่น้ำดังแสดงในสมการ

$$\text{Log}V_7 = -2.2786+2.9719\text{Log}V_1+1.0600\text{Log}V_6+0.2989\text{Log}V_2\text{Log}V_6$$

$$\text{Log}[u/(g\,D_{50})^{1/2}] = 0.9045+0.1665\text{Log}V_7+0.083\text{Log}V_4\text{Log}V_5\text{Log}V_7$$
$$+0.2166\text{Log}V_4\text{Log}V_5-0.0411\text{Log}V_2\text{Log}V_3\text{Log}V_4$$

การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำสามารถคำนวนการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ z ในเวลา t ได้ โดยสมการ

$$\Delta z = \frac{\Delta t}{\Delta x(1-p)}(q_{si} - q_{si+1})$$

เมื่อ p = ความพรุนของตะกอน q_{si} และ q_{si+1} คือค่าปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนต่อหน่วยความกว้างที่ท้ายน้ำ (downstream) และต้นน้ำ (upstream) ของช่วงลำน้ำย่อย ๆ ตามลำดับ ค่า z ที่มีค่าเป็นบวก หมายถึง ความลึกของการกัดเซาะ และ ค่าลบ หมายถึง การตกตะกอนทับถมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำน้ำย่อยที่เวลาต่าง ๆ

$V_1 = u/(g\Delta D_{50})^{1/2}$; $V_2 = d/D_{50}$; $V_3 = S_f x10^3$

$V_4 = u_*/w$; $V_5 = wD_{50}/v$

$V_6 = (u_*-u_{*c})/(g\Delta D_{50})^{1/2}$; $V_7 = q_s/(g\Delta D_{50})^{1/2}$

u = ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในแม่น้ำ

d = ความลึกการไหลของแม้น้ำในแม่น้ำ

D_{50} = median grain size ของวัสดุท้องน้ำ

S_f = ความลาดพลังงาน

w = fall velocity ของอนุภาคตะกอน

v = ความหนืดของน้ำในแม่น้ำ

$\Delta = (\rho_s-\rho)/\rho$

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำ

ρ = ความหนาแน่นของน้ำในแม่น้ำ

u_* = ความเร็วแรงเฉือนบนผิวท้องน้ำ(bed shears velocity)
$= (g.d.S_f)^{1/2}$

u_{*c} = ความเร็วแรงเฉือนวิกฤติจากแผนภาพ Shield

z = ระดับท้องน้ำของแม่น้ำ

p = ความพรุนของตะกอนท้องน้ำ

ผลจากการทดสอบแบบจำลอง ในการจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ และระดับผิวน้ำของรูปตัดการไหลในแม่น้ำ Missouri ช่วงลำน้ำระหว่างใต้เขื่อน Gavins Point มีความยาวประมาณ 200 ไมล์ ได้ผลการคำนวนที่สอดคล้องกับค่าจากการตรวจวัด และได้สรุปว่าแบบจำลอง "IALLUVIAL" ให้ผลที่ดีในการคาดคะเนแนวโน้มระยะยาว ของการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ และระดับผิวน้ำของรูปตัดการไหลในแม่น้ำ ตะกอนทรายที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อการเดินเรือ

Holly Jr. F.M., Yang J.C. & Karim M.F. (1984) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำ Missouri เหนือเมือง Omaha ซึ่งมีปัญหาการกัดเซาะท้องน้ำ เนื่องจากการขุดตัดโค้งน้ำและก่อสร้างโครงสร้างป้องกันตลิ่งเพื่อการเดินเรือ การป้องกันน้ำท่วมและการชลประทาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำถูกกัดเซาะทำให้ระดับท้องน้ำลดลงถึง 7 ฟุต ในระยะเวลา 25 ปี ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการสูญพันธุ์ของสัตว์น้ำ รวมทั้งเสถียรภาพของโครงสร้างป้องกันตลิ่งดังกล่าว และฐานรากสะพาน ประสิทธิภาพของการสูบน้ำ และถิ่นที่อยู่ของสัตว์น้ำในช่วงลำน้ำดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการหากฎเกณฑ์ที่เหมาะสมในการดำเนินการโครงการต่าง ๆ ให้ได้ผลประโยชน์สูงสุด ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแบบจำลองการเคลื่อนที่ตะกอน "IALLUVIAL" โดยได้ปรับปรุงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากสมการการต่อเนื่อง ของการเคลื่อนที่ตะกอนคือ

$$\Delta z = [\Delta t/\Delta x(1-p)]\{\theta[q^{n+1}_{s_i} - q^{n+1}_{s_{i+1}}]+(1-\theta)[q^{n}_{s_i} - q^{n}_{s_{i+1}}]\}$$

เมื่อ θ คือ weighting factor มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และ $\Delta z > 0$ หมายถึงการตกตะกอนทับถมและ$\Delta z < 0$ หมายถึงการกัดเซาะ และสัญญาลักษณ์ i, i+1 หมายถึงท้ายน้ำ (downstream), ต้นน้ำ (upstream) ตามลำดับ และ n, n+1 หมายถึงเวลาเริ่มต้นและช่วงเวลาถัดไปห่างกันΔt ตามลำดับ

ผลการทดสอบแบบจำลองยังให้ผลการคาดคะเนการกัดเซาะ ที่สูงเกินความเป็นจริง เนื่องจากแบบจำลอง "IALLUVIAL" เป็นแบบจำลองชนิดทิศทางเดียว ซึ่งไม่สอดคล้องกับปัญหาเฉพาะที่มีผลกระทบค่อนข้างสูงจากการเปลี่ยนแปลงด้านข้าง

Klaassen,G.J., Ogink,H.J.M & Riin,L.C.van (1986) ศึกษาการเกิดและคุณสมบัติของรูปร่างของท้องทางน้ำในเชิงความหยาบชลศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อการไหลของกระแสน้ำและปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนของแม่น้ำ Rhine ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งมีความกว้าง 100-400 เมตร อัตราการไหล 50-10,000 ม.^{3}/วินาที ความลาดชันท้องน้ำ 0.0002-0.0005 มีความลึกการไหลสูงสุด 15 ม. และมีขนาดของตะกอน 0.4-6.0 มม. ผลการศึกษาได้เสนอวิธีการคำนวน ความสูงสัมพัทธ์ (relative height) และความชัน (steepness) ของเนินทรายท้องน้ำ (dune) ไว้คือ

$$H/h = 0.11[D_{50}/h]^{0.3}[1-e^{-0.5T}][25-T]$$

$$H/L = 0.15[D_{50}/h]^{0.3}[1-e^{-0.5T}][25-T]$$

$$T = (u_*^2 - u_{*c}^2)/u_{*c}^2$$

$$u_* = (g^{0.5}/C')u$$

$$C' = 18\log(12R/3D_{90})$$

ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy ของลำน้ำคือ

$$C' = 18\log(12R/k_s)$$

$$k_s/H = 3D_{90}/H + 1.1(1-e^{-25H/L})$$

สำหรับปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนได้เสนอสมการไว้ คือ

$$q_s/ g\Delta D_{50} = 0.053T^{2.1}/D_{gr}^{0.3}$$

$$D_{gr} = D_{50}(g\Delta/v^2)^{1/3}$$

u = ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในแม่น้ำ

h = ความลึกการไหลของแม้น้ำในแม่น้ำ

D_{50} = median grain size ของวัสดุท้องน้ำ

S_f = ความลาดพลังงาน

w = fall velocity ของอนุภาคตะกอน

v = ความหนืดของน้ำในแม่น้ำ

$\Delta = (\rho_s-\rho)/\rho$

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำ

ρ = ความหนาแน่นของน้ำในแม่น้ำ

u_* = ความเร็วแรงเฉือนท้องน้ำ (bed shears velocity)

u_{*c} = ความเร็วแรงเฉือนวิกฤติจากแผนภาพของ Shield

k_s = ความหยาบเชิงชลศาสตร์ของวัสดุท้องน้ำ

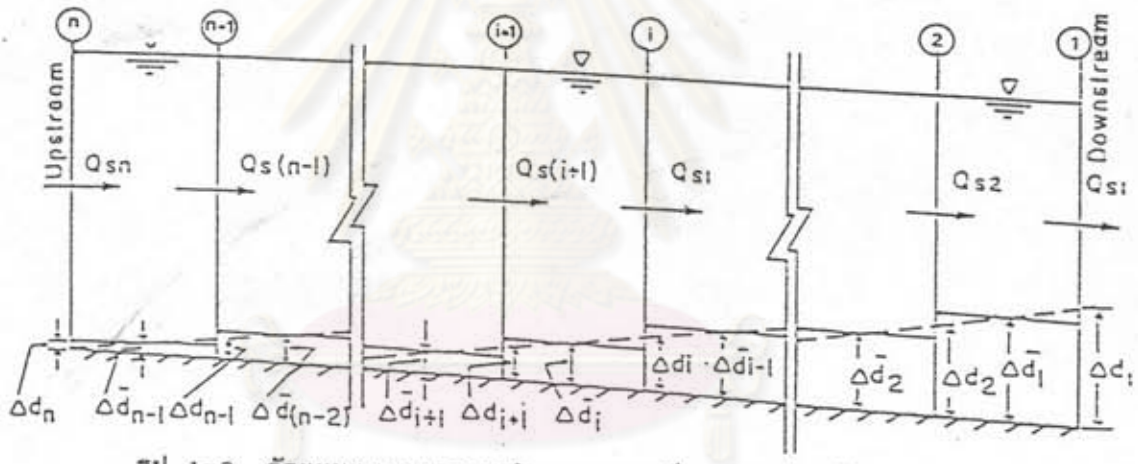
Laursen,E.M., Petersen,M.S., Chanyotha,S. & Cooke,S.M. (1988) ได้ศึกษาการดำเนินการอ่างเก็บน้ำ เพื่อการเดินเรือในแม่น้ำของโครงการ Red River Waterway วัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการดำเนินการอ่างเก็บน้ำที่จะรักษาระดับน้ำให้เพียงพอแก่การเดินเรือ และเกิดการตื้นเขินของท้องน้ำน้อยที่สุด โดยได้พัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่ตะกอน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดของการคำนวนคือ

1) การคำนวนรูปตัดตามยาวการไหล วิเคราะห์โดยวิธีขั้นตอนมาตรฐาน และ

สมการการไหลคำนวนโดยสมการของ Manning โดยสมมุติฐานว่าค่า สปส. n ของ Manning มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ

2) การคำนวนปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนคำนวนโดยวิธีของ Laursen

3) การคำนวนความลึกการกัดเซาะ หรือตกตะกอนในแต่ละช่วงลำน้ำย่อย ๆ ที่แต่ละช่วงเวลา พิจารณาจากความแตกต่างของปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนระหว่างหน้าตัดต้นน้ำ และหน้าตัดท้ายน้ำดังแสดงในรูป 1-3 ซึ่งแสดงรูปตัดตามยาวของลำน้ำ โดยเส้นประหมายถึงเส้นระดับท้องน้ำหลังการเปลี่ยนแปลง



รูป 1-3 ตัวแทนแบบแผนการคำนวณการเปลี่ยนระดับท้องน้ำ [___]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย