551.13
ส 384อ
1 3

อิทธิพลของน้ำฝน น้ำท่า และการเปลี่ยนสภาพป่าที่มีต่อตะกอนแขวนลอย ของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุริทย์ กังสดาล

ก.ค. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2525

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178583

อิทธิพลของน้ำฝน น้ำท่า และการเปลี่ยนสภาพป่าที่มีต่อตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

บทคัดย่อ

ของ

สุวิทย์ กังสดาล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2525

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำฝน น้ำท่า และการเปลี่ยนสภาพป่าที่มีต่อตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยอาศัยข้อมูลสถิติรายปีของน้ำฝน น้ำท่า และตะกอนแขวนลอยระหว่างปี พ.ศ. 2511-2522 ร่วมกับรูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่การใช้ที่ดินในช่วงเวลาเดียวกัน นำมาศึกษาเพื่อสร้างสมการถดถอยพหุคูณ ผลปรากฏว่าตะกอนแขวนลอยแปรผันในทางตรงกับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม่มีผลต่อตะกอนแขวนลอยแต่อย่างใด จึงได้สมการพยากรณ์ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน คือ

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 667.3652$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย

X_1 = ปริมาณน้ำท่า

X_2 = ปริมาณน้ำฝน

INFLUENCE OF RAINFALL RUNOFF AND FOREST CONVERSION ON SUSPENDED SEDIMENT OF HUAI MAE NAI BASIN AMPHOE MAE RIM CHANGWAT CHIANG MAI

AN ABSTRACT

BY

SUWIT KUNGSADAN

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

April 1982

The purpose of this thesis is to investigate the influence of rainfall, runoff and forest conversion on suspended sediment of Huai Mae Nai Watershed, Amphoe Mae Rim, Changwat Chiang Mai. Historical data of annual rainfall, runoff and suspended sediment recorded during 1968-1979, together with aerial photographs, land sattlelite image, and land use map in the same period were employed to formulate multiple regression equations for this study. Results indicated that annual suspended sediment varies directly to the amount of annual rainfall, annual runoff discharge and the forest area. Correlation analysis also showed that forest conversion has insignificant effect on annual suspended sediment. The recommended equation for predicting annual suspended sediment for this watershed is

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 667.3652$$

where Y = annual suspended sediment

X_1 = annual runoff discharge

X_2 = annual rainfall

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ประธาน

กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

ประธาน

กรรมการ

กรรมการ

ส่วนหนึ่งของทุนในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากบริษัท จันทบุรีทำไม้ จำกัด บริษัทจันทบุรีไม้ขีดไฟ จำกัด และคุณสวัสดิ์ ศุภพิพัฒน์ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ. โอกาสนี้ด้วย

สุวิทย์ กังสดาล

สารบาญ

บทที่		หน้า
1.	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษา	6
	สมมติฐานของการศึกษา	6
	ความสำคัญของการศึกษา	6
	ขอบเขตของการศึกษา	6
	ข้อตกลงเบื้องต้น	7
	เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา	7
	นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2.	ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
	ระเบียบและวิธีการศึกษาตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ	11
	กัยการที่เกิดจากน้ำเป็นตัวการ	14
	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ	21
	ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน	41
3.	วิธีดำเนินการศึกษา	44
	แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ	44
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
	การจัดกระทำกับข้อมูล	45
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	46
4.	การวิเคราะห์ข้อมูล	47
	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย	47

บทที่ หน้า

วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์พหุคูณของตัวแปร 57

จัดลำดับความสำคัญของสมการพยากรณ์ที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย 60

สร้างสมการพยากรณ์ 64

5. อภิปรายผล สรุป ข้อเสนอแนะ 65

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย 65

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย 69

การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย 70

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า 72

ข้อบกพร่องในการศึกษาค้นคว้า 73

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 73

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก 80

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงชนิดของกษัยการกับปริมาณตะกอน	2
2	แสดงกษัยการของทวีปต่าง ๆ ของโลก	17
3	แสดงค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำในประเทศไทย	29
4	แสดงตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำเจ้าพระยา	30
5	แสดงตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำสายต่าง ๆ ของโลก	31
6	แสดงความรุนแรงของกษัยการของดินที่เกิดจากสภาพการใช้ที่ดิน	36
7	แสดงอัตรากษัยการของลุ่มน้ำสำคัญในภาคเหนือ	39
8	แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน	50
9	แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน	53
10	แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน	56
11	แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยกับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ..	58
12	แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่าพื้นที่ป่าไม้ กับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน	60
13	เปรียบเทียบค่าทางสถิติของสมการชุดต่าง ๆ.....	62
14	แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยดอกม้า ดอยปุย	83
15	แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอำเภอแม่ริม	84
16	แสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน	85
17	แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน	86

ตาราง หน้า

12 แสดงปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า พื้นที่ป่าไม้ และตะกอนแขวนลอยรายปี ของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน 87

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงบริเวณที่มีกษัยการของดินรุนแรง	4
2	แสดงลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ	9
3	แสดงลุ่มน้ำห้วยแม่ใน	10
4	แสดงรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำและตะกอน	13
5	แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยบริเวณต่าง ๆ ของโลก	18
6	แสดงวิธีหาปริมาณน้ำฝนโดยวิธีไทเสน	24
7	แสดงวิธีหาปริมาณน้ำฝนโดยวิธีเส้นชั้นน้ำฝน	24
8	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับตะกอนแขวนลอยจากการศึกษาของโฟร์เนียร์	26
9	แสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยกับปริมาณน้ำฝนในสหรัฐอเมริกา	27
10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยและปริมาณน้ำฝนในสหรัฐอเมริกา	28
11	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและตะกอนแขวนลอย	33
12	แสดงบริเวณต้นน้ำห้วยแม่ใน	40
13	แสดงลุ่มน้ำห้วยแม่ในตอนล่าง	40
14	แสดงด้านข้างของหุบเขาลุ่มน้ำห้วยแม่ใน	42
15	แสดงป่าที่ถูกทำลายเนื่องจากการใช้ที่ดินผิดวิธีบริเวณต้นน้ำห้วยแม่ใน	43
16	แสดงหมู่บ้านแม้วแม่ใน	43
17	แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอย	49

ภาพประกอบ หน้า

18 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ถดถอยระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอย 52

19 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอย 55

20 แสดงความสัมพันธ์ของการก่อสร้างกับตะกอนแขวนลอยจากการศึกษาของ โวลแมน 61

21 แสดงวิธีหาปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำห้วยแม่ในโดยวิธีไทเสน 81

22 แสดงปริมาณพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน 82

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำที่ไหลอยู่บนพื้นผิวโลกนับได้ว่าเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศโดยการสลักเสลา (sculpture) เป็นกระบวนการกษัยการ (erosion processes) อันสลับซับซ้อน ซึ่งมีตัวการสำคัญใหญ่ ๆ อยู่ร่วมกัน การกระทำของน้ำถือว่าเป็นตัวการสากลที่มีความสำคัญที่สุดทางธรณีสัณฐาน ซึ่งเดวิส ได้กล่าวเอาไว้ว่า พื้นฐานของวัฏจักรทางธรณีสัณฐาน (geomorphic cycle) ที่ยอมรับกันนั้นส่วนใหญ่ของการสลักเสลาพื้นผิวเป็นกระบวนการของฝนและแม่น้ำ ของกาลอากาศและน้ำ (Bloom. 1973 : 198 citing W.M. Davis. 1954) น้ำในร่องน้ำลำธารจึงเป็นลักษณะเด่นของกษัยการในแต่ละบริเวณ เรื่องของลำน้ำจึงเป็นที่สนใจของนักธรณีสัณฐาน (geomorphologist) ผู้ซึ่งศึกษาการเกิดของลักษณะภูมิประเทศ นับตั้งแต่ ค.ศ. 1945 เป็นต้นมา ปัญหาสลับซับซ้อนซึ่งเกิดจากกรพัฒนาเปลี่ยนแปลงของระบบลำน้ำจึงกลายเป็นที่สนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง

เหตุผลที่ลำน้ำมีความสำคัญต่อการศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์นั้น เกรกอรี่ ได้ให้ไว้สามประการ คือ ประการแรกลักษณะภูมิประเทศทางด้านกายภาพที่มีอยู่เกิดจากการกระทำของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (significance) ประการที่สองเพราะว่าลำน้ำมีความสำคัญโดยตรงในด้านความสัมพันธ์ต่อกระบวนการทางธรณีสัณฐาน และประการที่สามเพราะว่านัยสำคัญต่าง ๆ ของลำน้ำมีผลต่อมนุษย์ (Gregory and Walling. 1973 3)

ผลของกระบวนการกษัยการอันเกิดจากการกระทำของลำน้ำในบริเวณลุ่มน้ำอาจศึกษาได้จากวัสดุต่าง ๆ ที่ถูกพัดพามากับลำน้ำในรูปของตะกอนลำน้ำ (loads) ทั้งนี้เพราะว่าลำน้ำจะเป็นตัวการพัดพาอนุภาคของดิน (soil particle) พื้นผิวที่ผุกร่อน (surface weathering) มวลเลื่อน (mass wasting) และลานเศษหิน (rock debris) ลง

สู่ลุ่มน้ำลำธารไปยังจุดที่น้ำไหลออกจากลุ่มน้ำ (outlet) จากการศึกษาของแจคกสี พบว่า ลำน้ำจะพัดพาตะกอนได้มากกว่าตัวการอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ดังนี้

ตาราง 1 แสดงชนิดของกษัยการกับปริมาณตะกอน

ชนิดของกษัยการ	ตะกอนที่ถูกพัดพา 10^6 ตัน/ปี
การเคลื่อนที่ของดินและหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Solifluction)	0.75
ธารน้ำไหล (running water)	5,930
แผ่นดินถล่ม (earth slides)	274
หิมะถล่ม (avalanches)	45
ธารน้ำแข็ง (glaciers)	27

ที่มา : Kukal, 1971 : 25

ผลจากการศึกษานี้จะไปสอดคล้องกับการ์เรลส์ และแมคเคนซี ซึ่งพบว่าร้อยละ 85-90 ของตะกอนทั้งหมดที่พัดพาลงสู่ทะเลเกิดจากลำน้ำเป็นตัวการ (Kukal, 1971 : 25 citing Jacklt, 1958 และ Bloom, 1978 : 197 citing Garrels and Mackenzie, 1971)

ตะกอนของลำน้ำจะถูกพัดพาไป (transportation) ในสามรูปแบบ คือในรูปของสารละลาย (solution) ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางเคมี ในรูปของตะกอนแขวนลอย (suspension) อนุภาคจะเป็นพวกดินเหนียว (clay) และดินซิลท์ (silt) และในรูปของตะกอนท้องน้ำ (bed load) อนุภาคจะเป็นพวกทราย (sand) กรวดทราย (gravel) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าสองแบบแรก ในจำนวนตะกอนทั้งสามรูปแบบที่กล่าวมาจะปรากฏว่าตะกอนแขวนลอยมีอยู่มากที่สุดในลำน้ำหนึ่ง ๆ เนื่องจากว่าส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนซึ่งเกิดจากกษัยการโดยน้ำหลากแผ่ซ่าน (sheet erosion) ทำให้มีเนื้อละเอียดเป็นพวก

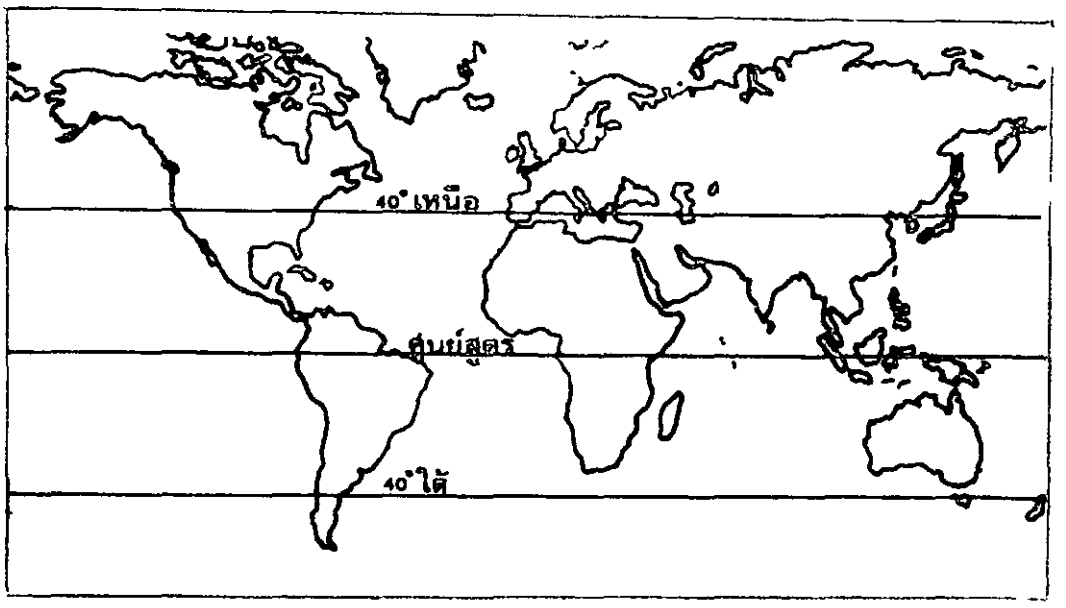
ตะกอนแขวนลอย จากการวัดตะกอนของลำน้ำในตะวันออกกลางพบว่าร้อยละ 90 หรือมากกว่าของตะกอนที่พัดพามาจะเป็นตะกอนแขวนลอย และจากแม่น้ำมิสซิสซิปปี้ (Missisippi) พบว่าตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกพัดพาลงสู่ทะเลในแต่ละปีจะเป็นตะกอนสารละลาย 136 ล้านตัน ตะกอนแขวนลอย 340 ล้านตัน และตะกอนท้องน้ำ 40 ล้านตัน (Strahler, 1965 : 287-288 และ USDA. 1955 : 137 และ Selby. 1967 : 89) ซึ่งดูกัลได้สนับสนุนว่าจำนวนของตะกอนแขวนลอยที่มีจำนานมากกว่าตะกอนอื่น ๆ ในการพัดพาของลำน้ำจะเห็นได้จากปริมาณตะกอนที่ลำน้ำพัดพาลงสู่ทะเลทั่วโลกเป็นอัตราส่วนดังนี้คือ

ตะกอนแขวนลอย	$12,695 \times 10^6$	ของตะกอน
ตะกอนท้องน้ำ	$1,000 \times 10^6$	ของตะกอน
ตะกอนสารละลาย	$3,600 \times 10^6$	ของตะกอน

นอกจากนั้นเขายังได้กล่าวอีกว่าตะกอนแขวนลอยจะมีอยู่มากที่สุดในส่วนที่เป็นแอ่งต่ำของโลกทั้งในอดีตและปัจจุบัน (Kukal. 1971 : 35 citing Lopatin. 1952) ซอว์คินส์ จึงได้กล่าวสรุปในเรื่องนี้ไว้ว่าตะกอนแขวนลอยจะเป็นตะกอนที่มีมากที่สุดในตะกอนของลำน้ำ (Sawkins and others. 1978 : 401) การศึกษาที่เกี่ยวกับตะกอนของลำน้ำจึงควรศึกษาที่ตะกอนแขวนลอย ซึ่งอาจถือเป็นตัวแทนของตะกอนทั้งหมดได้ บลูม ได้กล่าวไว้ว่าตะกอนของแม่น้ำนั้นโดยปกติจะวัดจากจำนวนตะกอนแขวนลอยคิดเป็นน้ำหนักของตะกอนที่แห้งต่อปริมาณน้ำ หรือวัดเป็นหน่วยตัน/วัน กับปริมาณน้ำในร่องน้ำ (Bloom. 1978 : 215-216)

น้ำในร่องน้ำลำธารที่ไหลอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ (drainage basin) แต่ละแห่งจะเป็นผลมาจากกระบวนการน้ำท่า (runoff processes) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรของน้ำ (hydrologic cycle) นับตั้งแต่เมื่อเวลาฝนตกน้ำบางส่วนจะระเหย (evaporation) กลับไปในบรรยากาศก่อนที่จะตกลงถึงพื้นดิน ส่วนที่ตกลงมาจะถูกต้นไม้ อาคารบ้านเรือนรองรับไว้ (interception) บางส่วนจะซึมผ่านผิวดิน (infiltration) บางส่วนจะเหลือบนผิวดินสะสมมากขึ้นแล้วไหลรวมไปอยู่ที่ต่ำ เช่น หลุม บ่อ บึง (surface storage) ส่วนที่เหลือจะไหลลงสู่ร่องน้ำลำธารเป็นน้ำท่า (runoff) ไหลต่อไป การทำงานของลำน้ำก็จะเริ่มขึ้น

กระบวนการน้ำท่าดังกล่าวจะมีผลโดยตรงต่อกษัยการของดิน (soil erosion) ซึ่งปกคลุมเป็นชั้นบาง ๆ บนพื้นผิวโลกเป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ กษัยการของดินจะเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคของดินแตกกระจายจากกัน (detachment) ด้วยตัวการหลายอย่างด้วยกัน เช่น เม็ดฝนที่ตกลงมา น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน วัตถุต่าง ๆ ที่น้ำพัดพามา การเปียกและแห้งของดินตามธรรมชาติ ฯลฯ (พัฒนาที่ดิน 2523 : 21) ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่ก่อให้เกิดกษัยการของดินโดยมีน้ำเป็นตัวการได้แก่ปริมาณเฉลี่ยของน้ำฝนประจำปี บริเวณที่มีฝนเฉลี่ยประจำปีเกิน 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งตามปกติจะเป็นบริเวณป่าไม้ที่มีพืชพรรณขึ้นปกคลุมผิวดินอยู่หนาแน่นเป็นตัวลดกษัยการของดิน บริเวณที่เกิดกษัยการของดินที่รุนแรงที่สุดมักจะอยู่ภายใต้บริเวณที่ฝนตกเฉลี่ยประจำปีมาก และพืชพรรณที่ปกคลุมดินถูกทำลาย นอกจากนั้นแล้วยังขึ้นอยู่กับชนิดของฝนด้วย ฝนในแถบร้อนมักจะตกปริมาณที่มากกว่าในแถบอบอุ่น ทั้งนี้เพราะเม็ดฝนใหญ่กว่าและตกด้วยความหนาแน่นสูงกว่า กษัยการของดินจะมีมากกว่า จึงอาจกล่าวได้ว่ากษัยการของดินอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 40 องศาเหนือและใต้ (สมเจตน์ จันทวัฒน์ 2522 · 18 อ้างจาก Hudson, 1971)



ภาพประกอบ 1 แสดงบริเวณที่มีกษัยการของดินรุนแรง

ที่มา : สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2522 : 31

เนื่องจากประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ภายใต้อากาศร้อนและชุ่มชื้น คืออยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 40 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดกษัยการของดินอย่างรุนแรง อีกทั้งยังอยู่ในเขตมรสุมซึ่งมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยมากกว่า 1,550 มิลลิเมตรต่อปี สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่ม ๆ ตอน ๆ มีความลาดเทซึ่งเอื้ออำนวยต่อกษัยการของดิน (พัฒนาที่ดิน 2524 : 6-12)) นอกจากนี้จากผลการสำรวจสภาพป่าไม้ทั่วประเทศไทยโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 เป็นต้นมาป่าไม้ถูกทำลายอย่างมากมายโดยเฉพาะภาคเหนือซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารรวมทั้งผลที่ได้จากการวิเคราะห์รูปถ่ายทางอากาศของสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำธารดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่ถ่ายทำในช่วงเวลาต่าง ๆ กันในปี 2497, 2509, 2511, 2515 และ 2516 พบว่าเนื้อที่ป่าแห่งนี้ถูกแผ้วถางลดลงไปเรื่อย ๆ จากเนื้อที่ป่าเมื่อปี 2497 ซึ่งมีอยู่ 234.51 ตารางกิโลเมตร เหลือเพียง 148.52 ตารางกิโลเมตร ในปี 2515 คิดเป็นเนื้อที่ป่าที่ถูกแผ้วถางทำไร่เลื่อนลอยไปร้อยละ 37 ของเนื้อที่ป่าเดิม (เทอด สุปรีชากร 2522 : 1 และอำนวย คอวนิช 2518 : 251-253) ประกอบกับการวิเคราะห์ค่ากษัยการของดินของกรมพัฒนาที่ดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากลในภาคเหนือพบว่าทางด้านตะวันตกและตะวันออก แถบอำเภอแม่ริม อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมือง อำเภอตรอน และอำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่ากษัยการของดินสูงมาก เนื่องจากการบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้บริเวณที่ลาดเชิงเขาและบนภูเขาเพื่อทำการเกษตรกรรม ทั้งพืชไร่และข้าวไร่ ซึ่งก่อให้เกิดกษัยการของดินสูงมากระหว่าง 111-179 ตัน/ไร่/ปี ค่ากษัยการของดินจะลดลงตามลำดับตามสภาพความลาดเทของพื้นที่และสภาพป่าไม้ที่ยังมิได้ถูกบุกรุกแผ้วถาง รวมทั้งที่ราบที่ใช้ทำนาอย่างถาวรจะมีค่าระหว่าง 0.51-3.64 ตัน/ไร่/ปี (พัฒนาที่ดิน 2523 :14) จากสภาพการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวจึงน่าจะได้ศึกษาว่าอิทธิพลของฝน ปริมาณน้ำ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของระวางที่ (spatial change) อันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) ซึ่งมีผลทำให้สภาพป่าเปลี่ยนไปของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่จะมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยในลำน้ำซึ่งเกิดจากกษัยการของพื้นที่ลุ่มน้ำหรือไม่อย่างไร

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อทดสอบทางด้านสถิติดูว่าปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และการเปลี่ยนสภาพป่ามีผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยเพียงไร
2. เพื่อจัดลำดับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำมาศึกษา
3. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน

สมมติฐานในการศึกษา

1. พื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำน่าจะมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกันกับตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ
2 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำในลำน้ำจะมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ
3 ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และการเปลี่ยนสภาพป่าน่าจะมีความสัมพันธ์ร่วมกันในการส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย

ความสำคัญของการศึกษา

1. เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำขนาดเล็กและการป้องกันการสูญเสียดิน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณหาอัตรากษัยการของพื้นที่ลุ่มน้ำ
3. เพื่อให้เห็นคุณค่าและความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ
4 เพื่อเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยกระบวนการทางกายภาพ (physical processes)
5. สามารถพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ในได้

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ปรากฏ

อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L 7017 ระวาง 4746 I

2. ระยะเวลาของข้อมูลที่นำมาศึกษาอยู่ในระหว่างปี 2511 ถึง 2522 รวม 12 ปี

ข้อตกลงเบื้องต้น

1 ตัวแปรที่นำมาศึกษาถือว่าเป็นอิสระต่อกัน

2. ตัวแปรอื่นนอกเหนือจากที่นำมาศึกษาถือว่าไม่มีผลต่อการศึกษาครั้งนี้

3. บริเวณที่ทำการศึกษาถือว่าอยู่ภายใต้ภูมิอากาศและกระบวนการทางธรณีสัณฐานที่ไม่แตกต่างกัน

4. ความหนักเบาของฝนที่ตกในบริเวณที่ศึกษาถือว่าไม่แตกต่างกัน

5 ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ ภาพถ่ายดาวเทียม รูปถ่ายทางอากาศ และจากหน่วยงานต่าง ๆ ถือว่าถูกต้องเชื่อถือได้

6. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ถือเป็นผลการศึกษาของลุ่มน้ำห้วยแม่ในเท่านั้น

เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา

1 เป็นบริเวณแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของประเทศไทยที่มีการบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำการเกษตรและไร่เลื่อนลอยจากชาวเขาในอัตราที่สูง

2 เป็นบริเวณที่ไม่ใหญ่เกินไป คือ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 18 ตารางกิโลเมตร จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นลุ่มน้ำตัวอย่าง (pilot watershed) ศึกษา เพื่อความถูกต้องในการศึกษาวิเคราะห์

3. เป็นบริเวณที่มีข้อมูลเพียงพอที่จะทำการศึกษา

4 เป็นบริเวณที่สามารถเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำทางภาคเหนือได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึงบริเวณที่ที่มีสันปันน้ำล้อมรอบ เวลาฝนตกน้ำฝนจะระบายลงสู่ลำน้ำสายหลักในพื้นที่นั้น แล้วไหลไปตามความลาดเทของพื้นที่ลุ่มน้ำ จุดที่อยู่ต่ำสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่น้ำไหลออกจะเรียก outlet

ห้วยแม่ใน หมายถึงลำห้วยที่อยู่ในเขตอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 50,000 จากกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L 7017 ระวาง 4746 I

น้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) คือส่วนหนึ่งของน้ำฟ้า เช่น ฝน ฯลฯ ที่เหลือจากการซาบซึมของดินแล้วไหลไปตามความลาดเทของพื้นผิว

น้ำท่า (runoff) คือปริมาณน้ำที่ถูกกักขังอยู่ตามพื้นผิวโลก เช่น หนอง บึง ลำธาร แม่น้ำ เป็นต้น

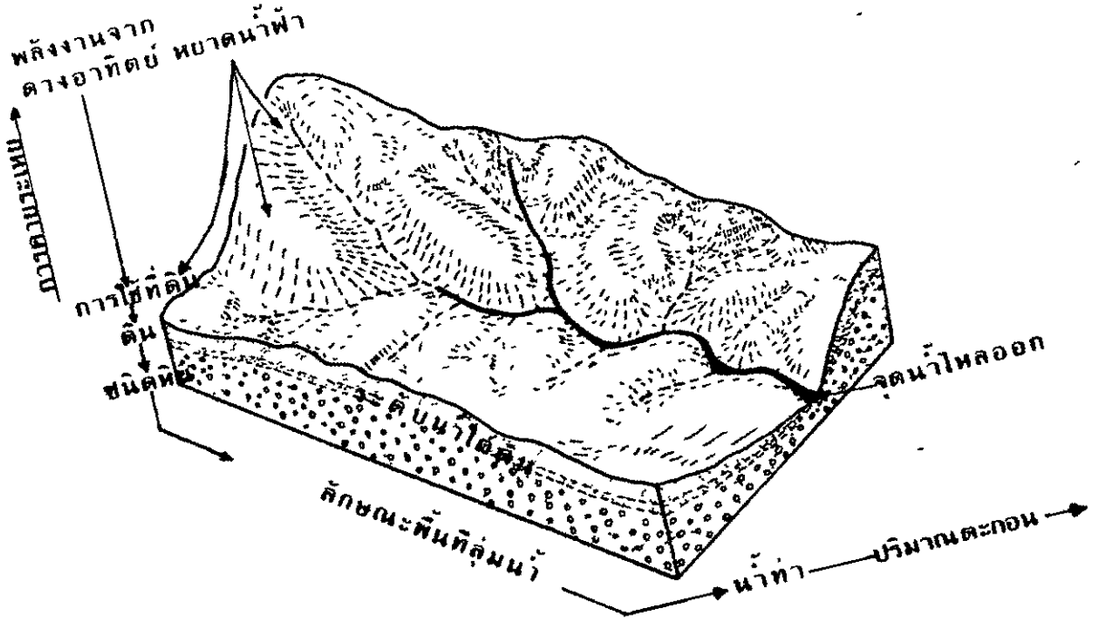
ปริมาณน้ำฝน หมายถึงปริมาณของฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ปริมาณน้ำท่า (discharge) คือปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง ส่วนมากจะวัดเป็นลูกบาศก์ฟุต ต่อวินาที

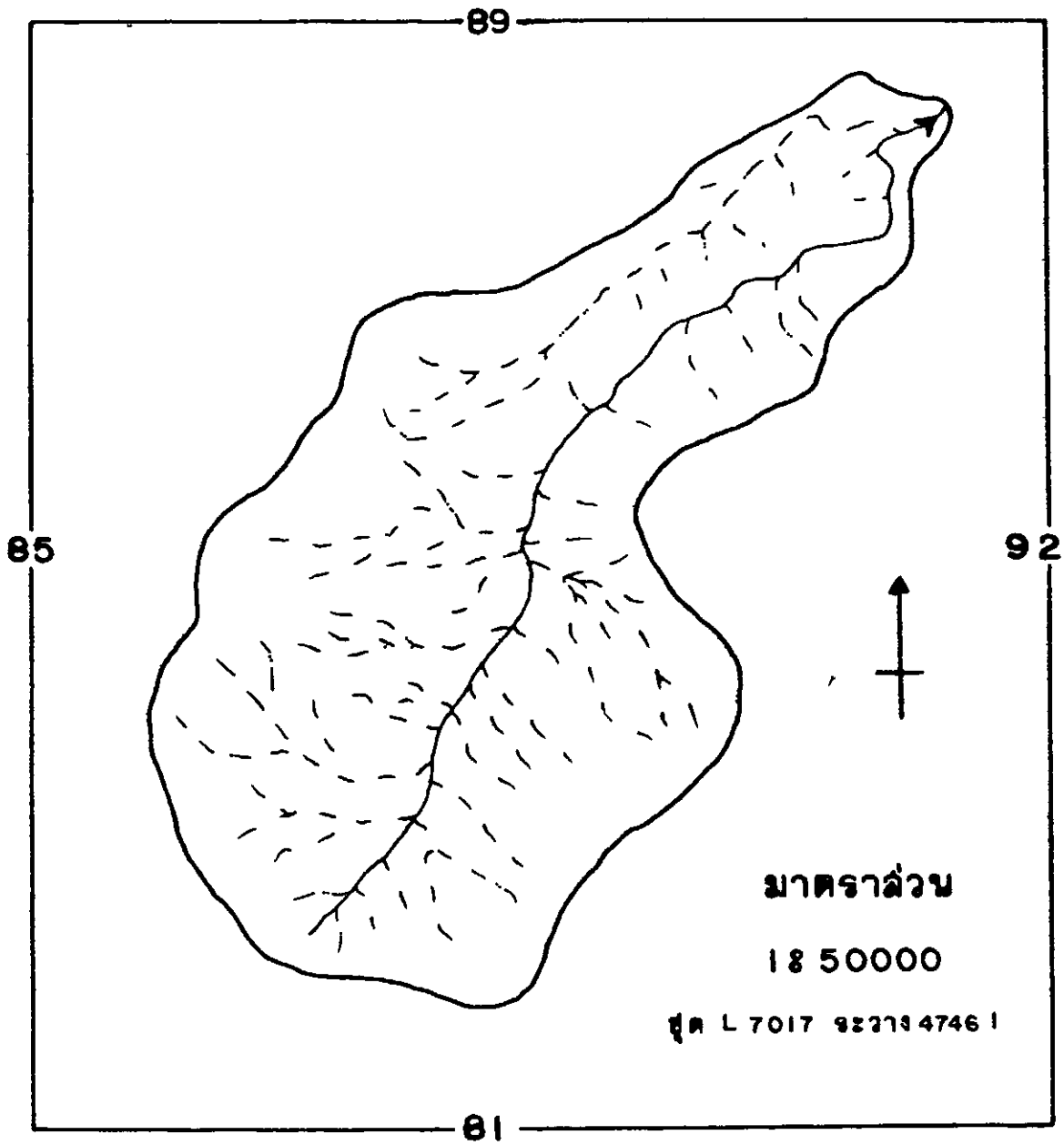
พื้นที่ป่าไม้ หมายถึงพืชพันธุ์ธรรมชาติ หรือคือป่าไม้ตามความหมายของนิเวศนวิทยา

กษัยการ (erosion) คือการแตกกระจายและการพัดพาวัสดุนานาชนิดที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่หรือโดยมีตัวการมากระทำ

ตะกอนแขวนลอย (suspended) คือตะกอนที่มีขนาดเล็กซึ่งได้แก่อนุภาคขนาดเล็กของซิลต์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002-0.05 มิลลิเมตร และอนุภาคขนาดของดินเหนียวซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 0.002 มิลลิเมตร ขนาดของอนุภาคทั้งสองดังกล่าวนี้น้ำสามารถพัดพาไปในรูปของการแขวนลอยได้



ภาพประกอบ 2 แสดงลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพประกอบ 3 แสดงลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อ แม่ริม จ. เชียงใหม่

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ระเบียบและวิธีการศึกษาตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐาน เป็นศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างพื้นผิวโลก การศึกษาวิชานี้จึงต้องเกี่ยวข้องกับโลกเป็นเบื้องต้น ในการศึกษาจำเป็นต้องรู้สัณฐานของโลกซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศ ความรู้ที่ได้อาจหาได้จาก 3 แหล่งใหญ่ คือ

1.1 จากแผนที่ โดยการวัดจากรูปแบบการกระจายของภูมิประเทศในพื้นที่นั้น

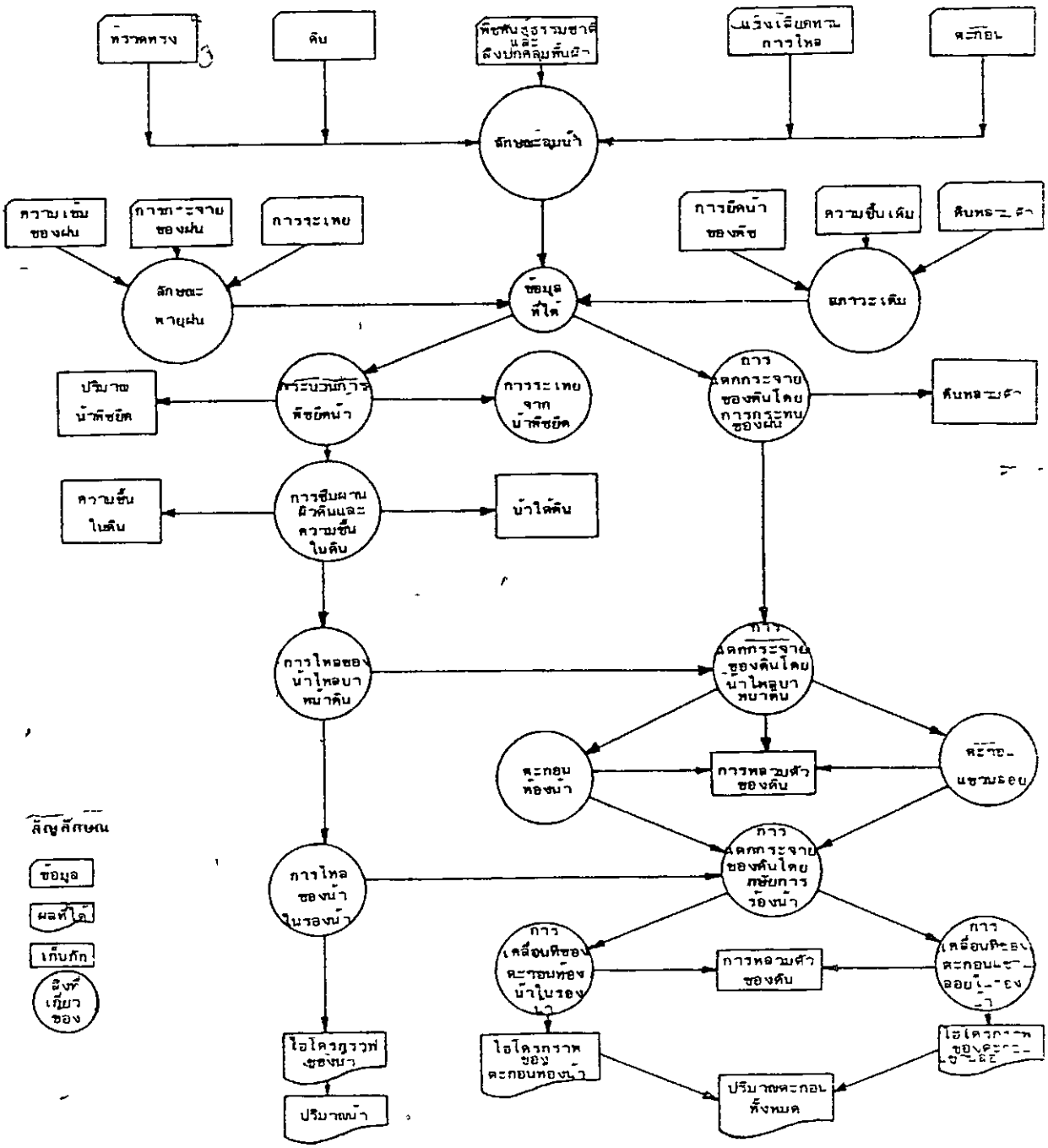
1.2 จากการรวบรวมกระบวนการที่สลักเสลาพื้นผิวโลกในปัจจุบัน เพราะกระบวนการจะก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศแบบต่าง ๆ

1.3 การวิเคราะห์ตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถม ซึ่งจะบอกถึงลำดับของกระบวนการในอดีตได้

ความรู้จากทั้งสามสิ่งนี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาธรณีสัณฐาน แต่ไม่ได้หมายความว่าทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กันอย่างง่ายเสมอไป เพราะที่ปรากฏส่วนใหญ่ระหว่างกระบวนการและรูปแบบในหลายพื้นที่ ไม่ใช่กระบวนการเพียงอย่างเดียวที่ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่นั้น (Gregory. 1976 : 1)

ธอร์นเบอรี กล่าวว่ากระบวนการต่าง ๆ ที่กระทำต่อผิวโลกนี้จะกระทำมาตลอดเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ไม่จำเป็นต้องมีความรุนแรงเท่ากัน การวิวัฒนาการของพื้นที่หนึ่ง ๆ ส่วนมากจะเกิดขึ้นเนื่องจากความซับซ้อนของกระบวนการต่าง ๆ มากกว่ากระบวนการธรรมดาหรือกระบวนการเพียงกระบวนการเดียว (Thornbury. 1969 : 16-23) จะเห็นได้ว่าลักษณะภูมิประเทศจะมีการเปลี่ยนแปลง (dynamic) อยู่ตลอดเวลา ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางธรณีสัณฐานที่มากระทำ การศึกษาวิจัยจึงต้องเข้าใจถึงกระบวนการทำงานต่าง ๆ ดังกล่าวโดยการบันทึกในสนาม ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากการสังเกตกระบวนการของตัวการที่ทำให้เกิดกษัยการและการทับถมอย่างต่อเนื่อง (King. 1971 : 81)

ถึงแม้ว่าลักษณะภูมิประเทศจะเป็นสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็สามารถที่จะศึกษาเพื่อหาคำตอบมาอธิบายได้จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ ลี กล่าวว่าในการศึกษานั้นข้อมูลทางด้านสถิติที่ได้จากการสังเกตจะช่วยให้เรามองเห็นความสัมพันธ์ของปัญหา ข้อมูลที่เป็นเชิงปริมาณ (quantities) ทางกายภาพของลุ่มน้ำจะช่วยอธิบายถึงปริมาณน้ำ ปริมาณตะกอน และธรณีสัณฐานที่เป็นผลจากลำน้ำ การศึกษาที่ใช้กันส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบจำลอง (model) ในรูปสมการ (equations) เช่นการเคลื่อนที่ของน้ำ และตะกอนสู่ลำน้ำ กระบวนการรองรับและซาบซึมน้ำฝน การเกิดตะกอนจากแรงกระทบของเม็ดฝน กษัยการจากน้ำไหลบ่า กษัยการของลำน้ำ ฯลฯ เพื่อที่จะนำมาอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำ หรือการพัฒนาของดินที่เกิดจากน้ำและตะกอนจากลุ่มน้ำ ถึงแม้ว่าจะเป็นการยากที่จะพยากรณ์ก็ตาม เพราะว่าการศึกษาจะต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าสิ่งที่เรานำมาศึกษาจะต้องอยู่ในช่วงเวลาและระวางที่ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณน้ำและตะกอนในลำน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจะเป็นผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Li. 1976 193-195) การที่ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ก็เพื่อที่จะอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการสร้างรูปแบบจำลองในรูปของสมการจากตัวแปรต่าง ๆ ที่นำมาศึกษาไว้สำหรับการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน



ภาพประกอบ 4 แสดงรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำและตะกอน

ที่มา Li. 1976 195

2. กษัยการที่เกิดจากน้ำเป็นตัวการ

น้ำเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดกษัยการที่มีอำนาจมากที่สุดทั้งนี้เพราะน้ำเป็นตัวการที่ทำให้อนุภาคของดินแตกกระจายออกจากกันหรือจากกินก้อนใหญ่กลายเป็นดินก้อนเล็ก กล่าวคือน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินและน้ำที่ไหลบาบนผิวดินจะเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการพัดพาเศษหิน แร่ และดินจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง (สมเจตน์ จันทรัตน์. 2522 94) กระบวนการกษัยการจะเริ่มตั้งแต่ฝนที่ตกลงมาระทบพื้นผิวโลกสามารถที่จะทำให้เม็ดกินแตกแยกได้ด้วยกำลังแรงของฝน ลิโอโปล กล่าวว่ากำลังแรงของฝนที่ตกหนัก 1 นิ้ว/ชั่วโมง ในพื้นที่ 1 เอเคอร์ แรงตกกระทบจะเท่ากับกำลังของเครื่องยนต์ 100 แรงม้า ที่ใช้ความเร็วสูงสุด และถ้าตก 2 นิ้ว/ชั่วโมง แรงตกกระทบจะมีค่าประมาณ 250 แรงม้า (Leopold. 1969 . 30) ซึ่งกษัยการของดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. หยาดน้ำฟ้า (precipitation) หมายถึงการตกลงมาของน้ำในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ตาม เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ หมอก หรือน้ำค้าง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วถือว่าฝนเป็นตัวการใหญ่ที่ทำให้เกิดกษัยการซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน ความมากน้อยที่ตกครั้งหนึ่ง ๆ ระยะเวลาจำนวนน้ำฝนทั้งหมด ขนาด ความเร็ว รูปร่างของเม็ดฝน และการแพร่กระจายของฝนในแต่ละฤดู

2. ความสูงต่ำของภูมิประเทศ (topography) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับน้ำไหลบ่า จะมีอิทธิพลแค่ไหนขึ้นอยู่กับความชันของความลาดเท ความยาวของความลาดเท ความไม่สม่ำเสมอของความลาดเท

3. คุณสมบัติของดิน (soil properties) กษัยการของดินจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

3.1 ความสามารถในการทนทานต่อการกัดกร่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ชนิดของประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณของเม็ดดินที่เสถียร ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณความชุ่มชื้นในดิน

3.2 ความสามารถในการทนทานต่อการพัดพา ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดินและขนาดของอนุภาคดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

3.3 ความสามารถในการทนทานต่อน้ำไหลบ่าขึ้นอยู่กับเนื้อดินและขนาดอนุภาค

ของดิน ปริมาณช่องอากาศ ปริมาณความชื้นในดิน

3.4 สิ่งปกคลุมผิวดิน การใช้ประโยชน์จากดิน และวิธีปฏิบัติทางการเพาะปลูก (ภาคปฐพีวิทยา. 2519 : 371-372)

อนุภาคของดินที่กระเด็นหลุดออกจากกันจะถูกน้ำพัดพาไปในที่สุด จากการศึกษาพบว่าแรงกระทบของเม็ดฝนทำให้สูญเสียดินมากกว่าการถูกกษัยการโดยน้ำที่ไหลไปตามหน้าดินประมาณ 50-90 เท่า อนุภาคของดินเหล่านี้จะกระจายไปอุดรูดิน เป็นเหตุให้อัตราการซึมของดินลดลงไป จะทำให้เกิดน้ำหลากแผ่ซ่าน (sheetwash or rain-wash) เป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งจำนวนของมันจะขึ้นอยู่กับ

1. ความเข้มของฝน
2. ความชันของความลาดเท
3. ความสามารถในการซึมของดิน
4. พืชพันธุ์ธรรมชาติที่ปกคลุมดิน

น้ำไหลบ่าหน้าดินจะเป็นตัวการที่ทำให้ดินแตกกระจายและถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำ (นิวัต เรืองพานิช 2521 : 140-143 และ Small. 1972 35) ลักษณะของน้ำที่ไหลบ่าอาจแสดงในรูปสมการอย่างง่าย ได้ดังนี้ คือ

น้ำไหลบ่า = ปริมาณน้ำฝน - ปริมาณการดูดซึม

ฮอร์ตัน กล่าวถึงน้ำไหลบ่าว่า จะปรากฏเมื่อน้ำฝนมากเกินกว่าที่ดินจะดูดซึมได้หมด ความสามารถในการดูดซึมของดินจะขึ้นอยู่กับความพรุนซึ่งเกี่ยวข้องกับความลึก ความละเอียด รอยแตก และความชื้นเดิมของดิน ส่วนพลังกษัยการของน้ำไหลบ่านี้จะขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาณของการไหลที่จะถูกควบคุมโดยธรรมชาติของฝน การซึมและความยาวของน้ำไหลบ่า
2. ความลาดเท
3. ความขรุขระของพื้นผิว
4. ความเสียดทานของน้ำ

(Sparks, 1972 95 citing Horton 1945)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะต่าง ๆ ของน้ำไหลบ่าทั้งสมเจตน์ จันทวัฒน์และไวส เลอร์ ได้กล่าวไว้จะมีอยู่หลายปัจจัย แต่หากพิจารณาดูแล้วจะพบว่ามีทั้งปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ กายภาพและวัฒนธรรม ซึ่งพอจะจำแนกได้ดังนี้ คือ

1. ด้านภูมิอากาศ มี
   - 1.1 ชนิดของฝน
   - 1.2 ความหนักเบาของฝน
   - 1.3 ช่วงเวลาที่ฝนตก
   - 1.4 การกระจายของฝนบนพื้นที่ลุ่มน้ำ
   - 1.5 ทิศทางที่พายุฝนเคลื่อนที่
   - 1.6 ความชื้นเต็มในดิน
   - 1.7 สภาวะอากาศอื่น ๆ ที่มีผลต่อการระเหยและการคายน้ำของพืช
2. ด้านกายภาพ
   - 2.1 ชนิดของดิน
   - 2.2 ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ
   - 2.3 รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ
   - 2.4 ความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ
   - 2.5 การวางตัวของพื้นที่ลุ่มน้ำ
   - 2.6 ชนิดของระบบการระบายน้ำ
   - 2.7 ความมากน้อยของการระบายน้ำทางอ้อม
3. ด้านวัฒนธรรม
   - 3.1 ลักษณะการใช้ที่ดิน
   - 3.2 การสร้างสิ่งระบายน้ำ
   - 3.3 กิจกรรมของมนุษย์

(สมเจตน์ จันทวิวัฒน์ 2522 . 146-147 และ Wisler. 1955 . 31-32)

น้ำไหลบ่าจะไหลไปตามความลาดเทของพื้นที่ไปรวมกันอยู่ในลำน้ำที่เรียกว่าน้ำท่า ซึ่ง

จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะอากาศกับปริมาณน้ำฝน และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอากาศจะสัมพันธ์กันกับน้ำไหลบ่า กษัยการ การเปลี่ยนแปลงน้ำท่าและตะกอน ซึ่งจะเห็นได้จากกษัยการของทวีปต่าง ๆ ดังนี้ คือ

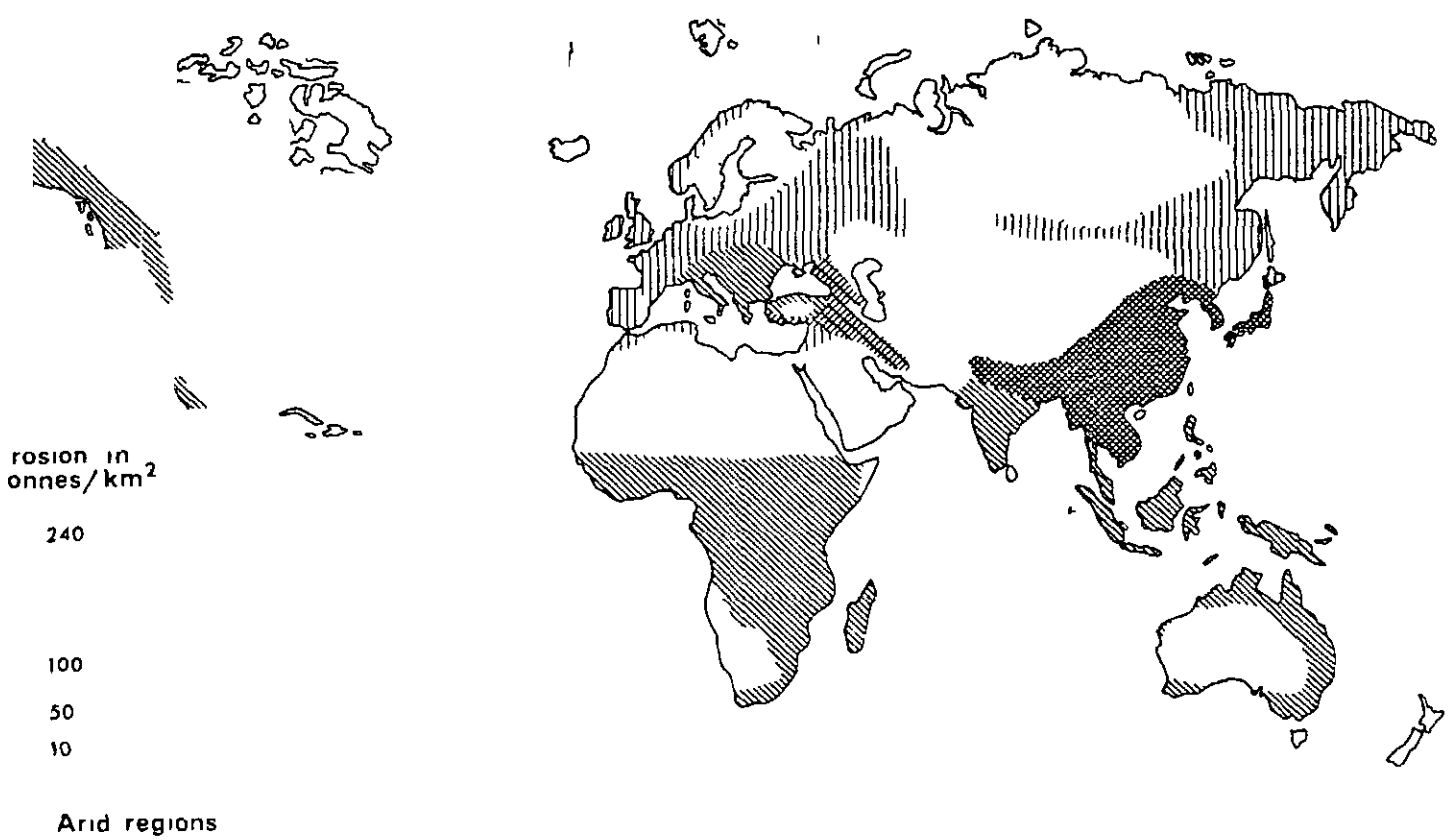
ตาราง 2 แสดงกษัยการของทวีปต่าง ๆ ของโลก

ทวีป	พื้นที่ (กม^2 X 10^6)	ตะกอนแขวนลอย (ตัน X 10^6)
ยุโรป	9.67	420
เอเชีย	44.89	7,445
แอฟริกา	29.81	1,395
อเมริกาเหนือ-กลาง	20.44	1,503
อเมริกาใต้	17 98	1,676
ออสเตรเลีย	7.96	257

ที่มา · Chorley. 1969 46

ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศที่มีผลต่อลักษณะภูมิประเทศนี้ ชอร์เลย์ จึงยืนยันว่าสามารถที่จะวัดค่าได้ (Chorley. 1969 · 46)

จากการศึกษาของชอร์เลย์ ในครั้งนี้จะมีส่วนสนับสนุนซึ่งกันและกันกับการศึกษาของ สตราคอฟ ซึ่งศึกษาพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยจะมีจำนวนแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของโลก และปรากฏว่าจำนวนตะกอนแขวนลอยจะอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเขาเน้นว่าเกิดจากการกระทำของมนุษย์เป็นสำคัญ (Gregory. 1976 7 citing Strakhov. 1967)



ภาพประกอบ 5 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยบริเวณต่าง ๆ ของโลก

ที่มา Gregory 1976 8

น้ำท่าที่ไหลอยู่ในลำน้ำจะมีการทำงาน (works of stream) อยู่หลายหน้าที่ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็นสามหน้าที่ด้วยกัน คือ กษัยการ การพัดพา และการทับถมซึ่งทั้งสามหน้าที่นี้จะเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน (Beckinsale. 1956 · 239) เอมมอนส์ กล่าวว่า อัตรากษัยการของลำน้ำจะขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบด้วยกัน เช่น ความเร็วของน้ำ ปริมาณของน้ำ ธรรมชาติและปริมาณของตะกอน ลักษณะของหินหรือดินที่น้ำไหลผ่าน (Emmons. 1955 171-173)

สำหรับกระบวนการกษัยการของลำน้ำแบ่งได้เป็น 4 วิธีด้วยกัน คือ

1. แรงปะทะของน้ำไหล (hydraulic action) ได้แก่การที่หินแตกหักหลุดออกมาจากแหล่งเดิมโดยพลังของน้ำ แรงนี้จะทำให้กรวดทรายพลิกตัวพร้อมที่จะถูกพัดพาไป

2 การละลาย (corrosion หรือ solution) ได้แก่กระบวนการที่เมื่อน้ำไหลผ่านสิ่งต่าง ๆ ก็ละลายสิ่งนั้นปะปนมากับน้ำด้วย

3. การขัดข่วน (corrasion) เป็นกระบวนการที่ทำให้กรวดทรายและเศษหินถูกกระแสน้ำพัดพาไปครูดไปตามลำน้ำทำให้ร่องน้ำลึกและกว้าง

4. การแตกป่น (attrition) เป็นการทำให้หินก้อนใหญ่แตกหักออกเป็นก้อนเล็ก ๆ ทำให้มีการพัดพาได้มากขึ้น

ส่วนกระบวนการพัดพาของลำน้ำ แบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. โดยการละลาย (solution) เป็นสารละลายที่อยู่ในน้ำ ซึ่งจะถูกพัดพาออกไปไกลที่สุด แม่น้ำส่วนมากมักมีตะกอนสารละลายน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนต่าง ๆ ที่แม่น้ำพัดพามาทั้งหมด (total load) ยกเว้นลำธารหรือแม่น้ำที่ไหลช้า

2. โดยการแขวนลอย (suspension) เป็นกระบวนการที่อนุภาคเล็ก ๆ แขวนลอยไปในลำน้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคของดินเหนียว และดินซิลท์

3. โดยการกระดอน (saltation) ได้แก่การที่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถจะถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยได้จะกระดอนไปตามความลาดเทของพื้นลำธาร

4. โดยการกลิ้งไป (rolling) เป็นการเคลื่อนที่ไปตามผิวของท้องลำธาร (channel bottom) โดยไม่มีการกระเด้ง หรือกระดอน วัตถุที่พัดพามาในลักษณะนี้เรียกตะกอนท้องน้ำ (bed load) (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2516 . 152 และ Monkhouse. 1964 . 109-113)

ฮาดเลย์ กล่าวว่าตะกอนจะขึ้นอยู่กับผลจากกษัยการและการพัดพาในลุ่มน้ำของโครงข่ายลำน้ำ (stream networks) ลักษณะลุ่มน้ำภูมิประเทศแบบต่าง ๆ และการพัฒนาทั้งหมดของที่ราบน้ำท่วม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการนำตะกอนมาสู่ลุ่มน้ำตอนล่าง (Hadley. 1976 · 132) ซึ่งบลูม ได้กล่าวไว้เช่นกันว่าจากการวัดที่สถานีวัดน้ำจะพบว่าตะกอนแขวนลอยส่วนมากจะมาจากลุ่มน้ำตอนบน และยังได้ย้ำว่าข้อมูลของตะกอนแขวนลอยที่ได้จากสถานีวัดน้ำถือเป็นข้อมูลที่ดีที่สุดที่จะหาได้ (Bloom. 1978 . 213-217) ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดเอาสถานีวัดน้ำของกรมชลประทาน เป็นจุดที่น้ำไหลออกของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน ซึ่งวัดระหว่างปี พ.ศ. 2511-2522 โดยนัยนี้จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้ก็ด้วยเหตุผลดังกล่าว

ห้องสมุดบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ

3.1 ฝน

เนื่องจากฝนเป็นตัวการสำคัญในการทำให้อนุภาคดินแตกกระจาย อันเป็นเหตุเริ่มแรกของการเกิดกษัยการ น้ำไหลบ่าจึงเป็นตัวการพัดพาอนุภาคดิน ทั้งนี้เพราะว่าแรงตกกระทบของเม็ดฝนจะอยู่ในรูปลักษณะของพลังงานจลน์ (kinetic energy)* คือ มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2} mv^2$ เมื่อ

m = น้ำหนักของเม็ดฝน

v = ความเร็วของเม็ดฝน

ซึ่งอาจพิจารณาจากสมการพลังงานจลน์ได้ดังนี้

$$Ke = \frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2$$

Ke = พลังงานจลน์

W = น้ำหนักของน้ำ

g = อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วง

V = ความเร็ว

สมมุติว่ามีฝนตกหนักลงบนพื้นที่ว่างเปล่าซึ่งมีเนื้อที่ 1 ตารางฟุต โดยไม่มีการไหลซึมลงดินแต่อย่างใด ปรากฏว่าวัดได้สูงจากพื้นดิน 1 นิ้ว และน้ำจำนวนนี้ไหลไปตามผิวหน้าดินมีความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 0.5 ฟุตต่อวินาที อาจคำนวณหาพลังงานจลน์ของฝนได้ดังนี้

เนื้อที่ที่ฝนตก = 1 ฟุต^2

ฝนตกวัดได้ = $\frac{1}{12}$ ฟุต^2

ปริมาณน้ำฝน = $\frac{1}{12}$ ฟุต^3

* พลังงานของวัตถุในขณะที่วัตถุมีความเร็ว

178583

น้ำหนักของฝน $= \frac{1}{12} \times 62.4 = 5.2$ ปอนด์

พลังงานจลน์ของฝน $= \frac{1}{2} \frac{5.2 \text{ ปอนด์}}{32.2 \text{ ฟุต/วินาที}^2} (25 \text{ ฟุต/วินาที})^2$

$= 50.47$ ฟุต - ปอนด์

พลังงานจลน์ของน้ำไหลบ่า $= \frac{1}{2} \frac{5.2 \text{ ปอนด์}}{32.2 \text{ ฟุต/วินาที}^2} (0\ 5 \text{ ฟุต/วินาที})^2$

$= 0.02$ ฟุต - ปอนด์

จะเห็นได้ว่าพลังงานจลน์ของฝนที่ตกกระทบดินมีแรงมากกว่าน้ำที่ไหลบ่าไปตามหน้าดิน 2,500 เท่า ในขนาดความลึกเท่ากันคือ 1 นิ้ว เป็นการอธิบายให้เห็นได้อย่างดีว่าเม็ดฝนเป็นตัวการสำคัญในการทำให้ดินกษัยการ (เกษม จันทร์แก้ว 2515 : 194 และนิวัติ เรืองพานิช 2521 : 144-145)

สำหรับการศึกษาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีวิธีการศึกษาได้หลายวิธีที่นักอุทกวิทยาได้พยายามหาวิธีศึกษา เพื่อที่จะให้มีความถูกต้องมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายของฝนจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการเกิดของฝน และความสูงต่ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ วิธีที่นิยมใช้กันอยู่อาจสรุปได้ดังนี้ คือ

1. วิธีเฉลี่ยโดยเลขคณิต (arithmetic mean method) เป็นการหาโดยเอาค่าน้ำฝนของทุกสถานีในลุ่มน้ำรวมกันแล้วหารด้วยจำนวนสถานี วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ราบเรียบการกระจายของน้ำฝนกระจายอย่างสม่ำเสมอ

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 \ldots\ldots R_n)$$

เมื่อ

$\bar{R}$ = ปริมาณฝนในพื้นที่ที่ลุ่มน้ำที่ต้องการ

n = จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด

$R_1, R_2, R_3 \ldots R_n$ = จำนวนปริมาณฝนของทุกสถานีทั้งในพื้นที่และข้างเคียงที่นำมาใช้

2. วิธีไทเสน (thiessen method) เป็นการคำนวณหาค่าของปริมาณฝนเฉลี่ย

โดยคำนึงถึงปริมาณฝนของสถานีที่ตรวจวัดได้ต่อพื้นที่ของสถานีที่ครอบคลุมใช้กับพื้นที่และการกระจายของเครื่องวัดน้ำฝนไม่สม่ำเสมอ คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \ldots\ldots\ldots A_nR_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots A_n}$$

$$= \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \ldots\ldots\ldots A_nR_n}{A}$$

$$= W_1R_1 + W_2R_2 + \ldots\ldots\ldots W_nR_n$$

เมื่อ

$\bar{R}$ = ปริมาณฝนในพื้นที่ที่ต้องการทราบ

$R_1, R_2 \ldots R_n$ = ปริมาณฝนของแต่ละสถานีสำรวจในบริเวณ และ n คือสถานีทั้งหมด

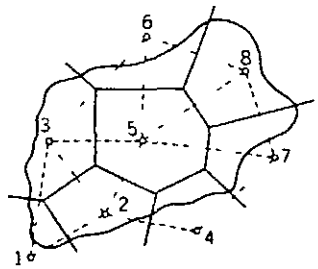
$A_1, A_2 \ldots A_n$ = พื้นที่ที่สถานีวัดปริมาณน้ำฝนได้ครอบคลุม

$W_1, W_2 \ldots W_n$ = $\frac{A_1}{A}, \frac{A_2}{A} \ldots \frac{A_n}{A}$ สัมประสิทธิ์ของไทเสน

พื้นที่ $A_1, A_2 \ldots\ldots A_n$ คำนวณหาได้โดยวิธีต่อไปนี้

1. สถานีวัดปริมาณฝนที่ได้สำรวจไว้ในพื้นที่และสถานีใกล้เคียงกับพื้นที่นำมาเขียนลงในแผนที่ภูมิประเทศ 1 : 50,000 แล้วเขียนรูปสามเหลี่ยมครอบคลุมพื้นที่โดยโยงกับสถานีสำรวจทุกสถานี

2. พื้นที่ที่จะต้องการหาปริมาณฝนจะต้องแบ่งเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygon) โดยการลากเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากของแต่ละข้างของสถานีฝนของรูปสามเหลี่ยมจะเป็นค่าของฝนภายในรูปหลายเหลี่ยมที่ทำการสำรวจได้



ภาพประกอบ 6 แสดงวิธีหาปริมาณฝนโดยวิธีไทเสน

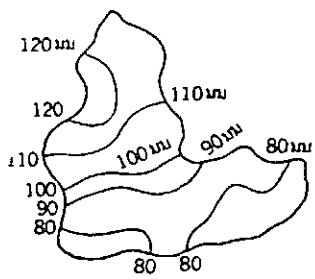
3. วิธีเขียนเส้นชั้นน้ำฝน (isohyetal line method) เป็นวิธีการที่ถูกต้องที่สุด เหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่โดยทั่วไป และผู้ดำเนินการต้องมีความสามารถในการลากเส้นรวมทั้งความชำนาญพื้นที่ด้วย หาได้ด้วยสูตรดังนี้

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 \cdots\cdots A_nR_n}{A_1 + A_2 + \cdots\cdots A_n}$$

$\bar{R}$ = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่รับน้ำฝน

$A_1, A_2 \ldots A_n$ = พื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน

$R_1, R_2 \ldots R_n$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนระหว่าง $A_1, A_2 \ldots\ldots A_n$



ภาพประกอบ 7 แสดงวิธีหาปริมาณฝนโดยวิธีเส้นชั้นน้ำฝน

(สุเทพ ติงศภัทิย์ และเดนชาญ ทาเคดะ 2521 . 25-27

และเกษม จันทร์แก้ว 2515 71-74)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้เลือกใช้วิธีไทเสน เนื่องจากเหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ในบริเวณที่ศึกษา ตลอดจนข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากสถานีต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมได้

โฟร์เนียร์ ได้ศึกษาตะกอนแขวนลอยกับความสัมพันธ์ของลักษณะอากาศใน 96 ลุ่มน้ำ ซึ่งเขาคาดว่าการเพิ่มของตะกอนแขวนลอย น้ำฝนต้องเพิ่มขึ้นด้วย เขาได้แยกกลุ่มที่ศึกษาออกตามความต่างระดับ (relief) ของพื้นที่โดยใช้สมการดังนี้

$$\log E(\text{ตัน}/\text{กม}^2/\text{ปี}) = 2.65 \log (p^2/Pg\ (\text{ม.ม}) + 0.46 \log \bar{H}. \tan \emptyset - 1\ 56$$

E = ตะกอนแขวนลอย

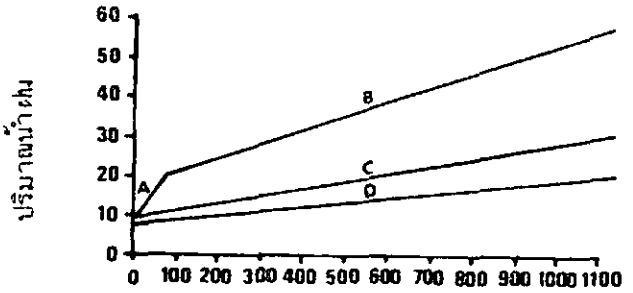
$\bar{H}$ = ความสูงเฉลี่ยของความต่างระดับ (เมตร)

$\emptyset$ = ความลาดเทเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ (องศา)

p^2 = น้ำฝนประจำเดือน (มิลลิเมตร)

P_g = น้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร)

เขาสรุปว่าเขตร้อนกับวัตราฝนตกในที่สูงต่อพื้นที่สูงของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีตะกอนแขวนลอย 390 ตัน/กม^2/ปี เนื่องจากการผุพังทางเคมีมีมากทำให้กัษยการเร็วขึ้น (Thornes. 1977 : 108 และ Chorley. 1969 . 44-47 citing Fournier. 1960)



ตะกอนแขวนลอย (ตัน/กม^2/ปี)

A = ความต่างระดับต่ำ เขตอบอุ่น

B = ความต่างระดับต่ำ เขตร้อน

C = ความต่างระดับสูง เขตร้อนชื้น

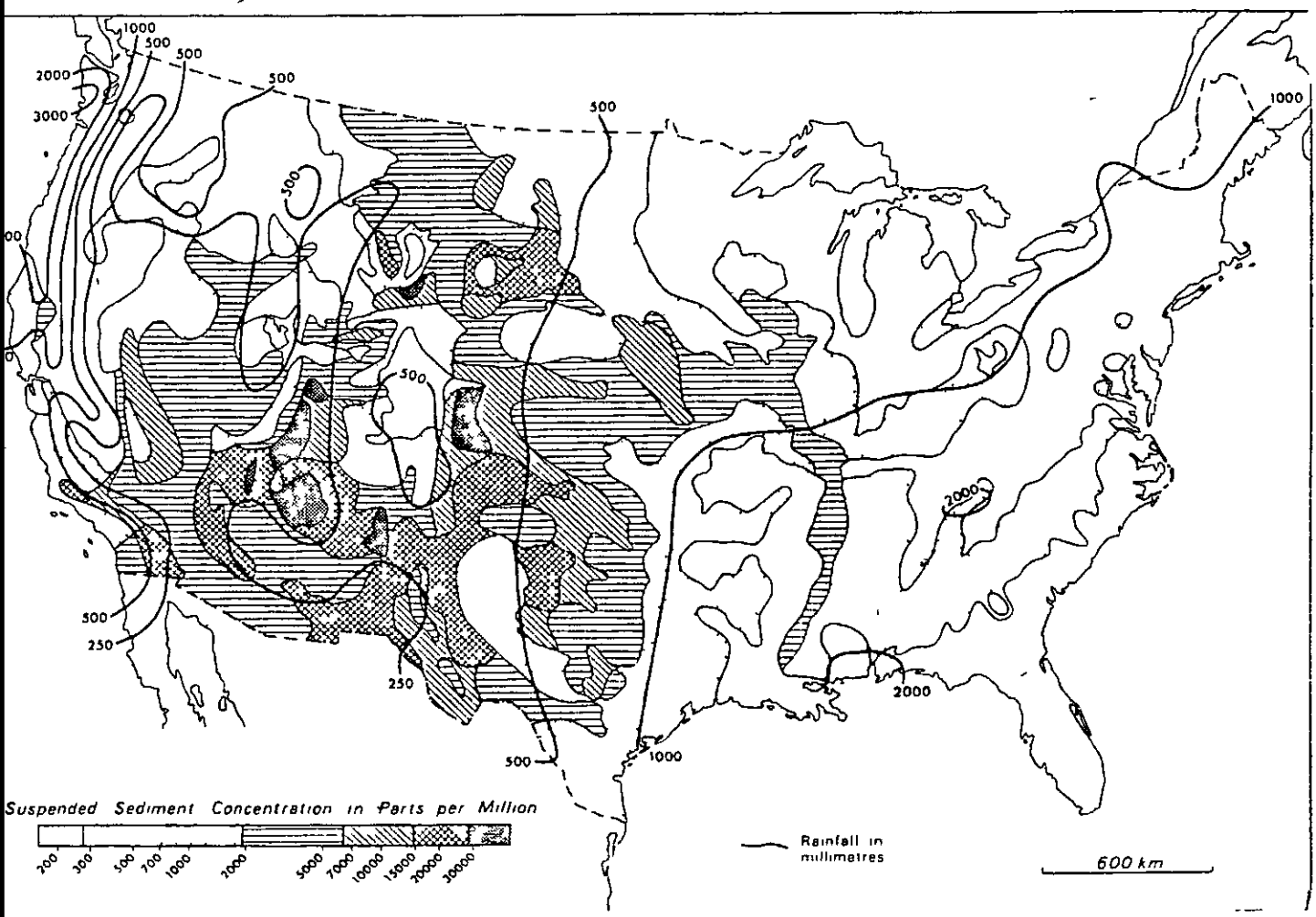
D = ความต่างระดับสูงที่งแห้งแล้ง

ภาพประกอบ 8 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับตะกอนแขวนลอยจากการศึกษาของโฟร์เนียร์ ที่มา Thornes. 1977 : 109

ส่วนชัมม์ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยและฝนทางตะวันตกของอเมริกาพบว่า ตะกอนเปลี่ยนแปลงตามอัตรากษัยการมีปริมาณตะกอน 1 ตัน = 4.34×10^{-7} ฟุต/ปี (Chorley. 1969 · 47 citing Schumm. 1963)

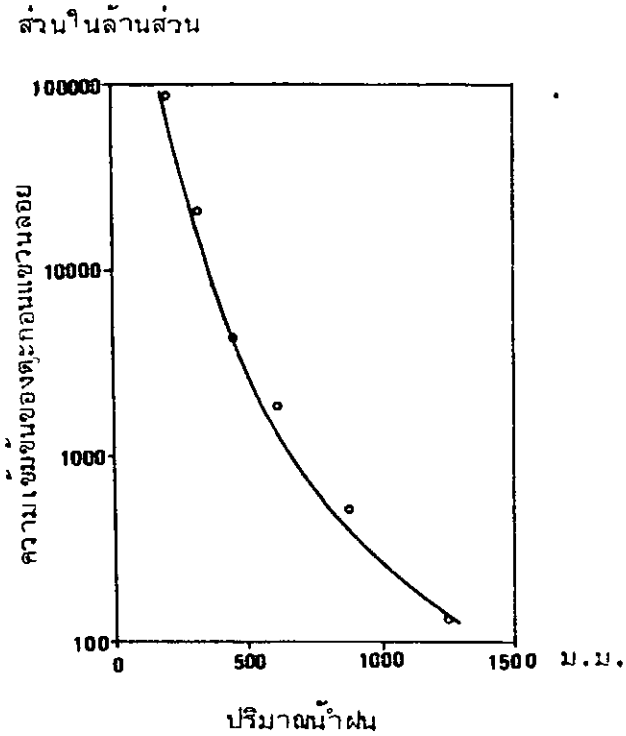
ลิ ได้ศึกษาตะกอนแขวนลอยในสหรัฐอเมริกาจากลุ่มน้ำประมาณ 100 ลุ่มน้ำพบว่าปริมาณน้ำไหลกับกษัยการมีความสัมพันธ์กันเป็นช่วง ๆ และพบว่าภูมิอากาศเป็นตัวการสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอน โดยเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและสถานที่ (สุรภี เปลี่ยนอนุกูล 2518 . 9 อ้างจาก Lee. 1972 และจากการศึกษาของแลงเบนและชัมม์ ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณตะกอนแขวนลอยกับปริมาณน้ำฝน โดยการใช้ข้อมูลจากพื้นที่ลุ่มน้ำเล็ก ๆ ในสหรัฐอเมริกา ผลกลับปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงผกผัน ซึ่งเขาสรุปว่าค่าความเข้มข้นของตะกอนนั้นจะมีหลายองค์ประกอบ หลายสภาวะที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับลักษณะอากาศประจำถิ่น จึงเป็น

การยากที่จะชี้ให้เห็นแนวโน้มโดยทั่ว ๆ ไป (Gregory 1973 331 citing Longbein and Schumm 1958)



ภาพประกอบ 9 แสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยกับปริมาณน้ำฝนในทสรัฐอเมริกา

ที่มา Gregory. 1976 330



ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยและปริมาณน้ำฝน ในสหรัฐอเมริกา

ที่มา : Gregory. 1976 : 332

โคบายาชิ (Kobayashi. 1959 เป็นผู้ศึกษาคนแรกที่ได้ศึกษาแม่น้ำหลายสายในประเทศไทย ดังแสดงได้ดังนี้

ตาราง 3 แสดงค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำในประเทศไทย

แม่น้ำ	จังหวัด	ปริมาณตะกอน (ppm)
สายบุรี	นราธิวาส	31.1
ตาปี	สุราษฎร์ธานี	57.9
ชุมพร	ชุมพร	19.0
แม่กลอง	ราชบุรี (บ้านโป่ง)	56.9
แควน้อย	กาญจนบุรี	39.5
สุพรรณ	สุพรรณบุรี	128.6
เจ้าพระยา	นนทบุรี	93.5
ป่าสัก	เพชรบูรณ์	217.3
ปิง	ตาก	128.1
วัง	ลำปาง	12ง.8
ยม	สุโขทัย	296.8
น่าน	พิษณุโลก	330.3
บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	86.5
จันทบุรี	จันทบุรี	27.8
มูล	อุบลราชธานี	46.6
ชี	ขอนแก่น	60.5
ลำปาว	กาฬสินธุ์	91.6
แม่โขง	หนองคาย	174.1

ที่มา : สมเจตน์ จันทวัฒน์ 2522 : 22

ผลจากการศึกษาพบว่าแม่น้ำน่านมีตะกอนมากที่สุดค่าเฉลี่ย 330.3 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และแม่น้ำชุมพรมีตะกอนน้อยที่สุดค่อ 19.0 ส่วนในล้านส่วน ส่วนสมเจตน์ จันทวัฒน์ ศึกษาตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี 2514 ได้ผลออกมาดังนี้ คือ

ตาราง 4 แสดงตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำเจ้าพระยา

เดือน	ปทุมธานี (ppm)	กรุงเทพฯ (ppm)
มกราคม	176	160
กุมภาพันธ์	258	152
มีนาคม	308	304
เมษายน	192	388
พฤษภาคม	312	352
มิถุนายน	608	736
กรกฎาคม	564	744
สิงหาคม	492	488
กันยายน	428	476
ตุลาคม	340	312
พฤศจิกายน	576	564
ธันวาคม	520	496
เฉลี่ย	397.8	424.3

ที่มา : สมเจตน์ จันทวัฒน์ 2522 : 23

ทั้งสองได้สรุปตรงกันว่าช่วงเวลาของการเกิดกษัยการของดินนั้นจะเกิดมากที่สุดในระยะต้นฤดูฝน ทั้งนี้เพราะว่าพื้นดินส่วนใหญ่ไม่มีพืชปกคลุม เนื่องจากเป็นฤดูแล้งมาก่อน ทำ

ให้พืชที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติตาย และยังถูกเผาอีกด้วย เมื่อฤดูฝนมาถึงฝนก็จะ เริ่มตกด้วยลักษณะพายุฝนคือมีความหนาแน่นสูงและขนาดของ เม็ดฝนค่อนข้างใหญ่ ทำให้ดินได้รับแรงกระทบจากเม็ดฝนแตกกระจายและถูกพัดพาไปสู่ลำน้ำ จะสังเกตได้จากการขุ่นข้นของน้ำในแม่น้ำต่าง ๆ ระยะต้น ๆ ฤดูฝน (สมเจตน์ จันทวัฒน์ 2522 : 21-23)

โฮลแมน ได้ทำการศึกษาแม่น้ำสายใหญ่ทั่วโลก 12 สาย และได้นำพื้นที่ลุ่มน้ำมาพิจารณาด้วย ซึ่งทำให้เห็นอย่างชัดเจนว่าตะกอนแขวนลอยในลำน้ำจะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศประจำถิ่น รวมทั้งความแตกต่างทางด้านกายภาพของลุ่มน้ำด้วย (Rice. 1977 · 198-199 citing Holeman. 1968) ดังปรากฏในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำสายต่าง ๆ ของโลก

แม่น้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (10^3 กม^2)	ตะกอนแขวนลอย (10^6 ตัน/ปี)
เหลือง	672	1820
คงคา	956	1450
พรหมบุตร	666	725
แยงซี	1942	500
อเมซอน	5775	500
สินธุ	969	435
อิรวดี	430	300
มิสซิสซิปปี้	3269	300
แมกดาเลนา	240	250
แม่โขง	795	170
โคโลราโด	357	129
แดง	119	120

ที่มา · Rice, 1977 198-199

3.2 ปริมาณน้ำท่า

ฝนที่ตกลงมาสู่พื้นผิวโลกทั้งหมด ขั้นสุดท้ายจะกลายเป็นน้ำท่า ฉะนั้นฝนจึงนับได้ว่ามีอิทธิพลมากต่อปริมาณน้ำในลำน้ำ ปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น

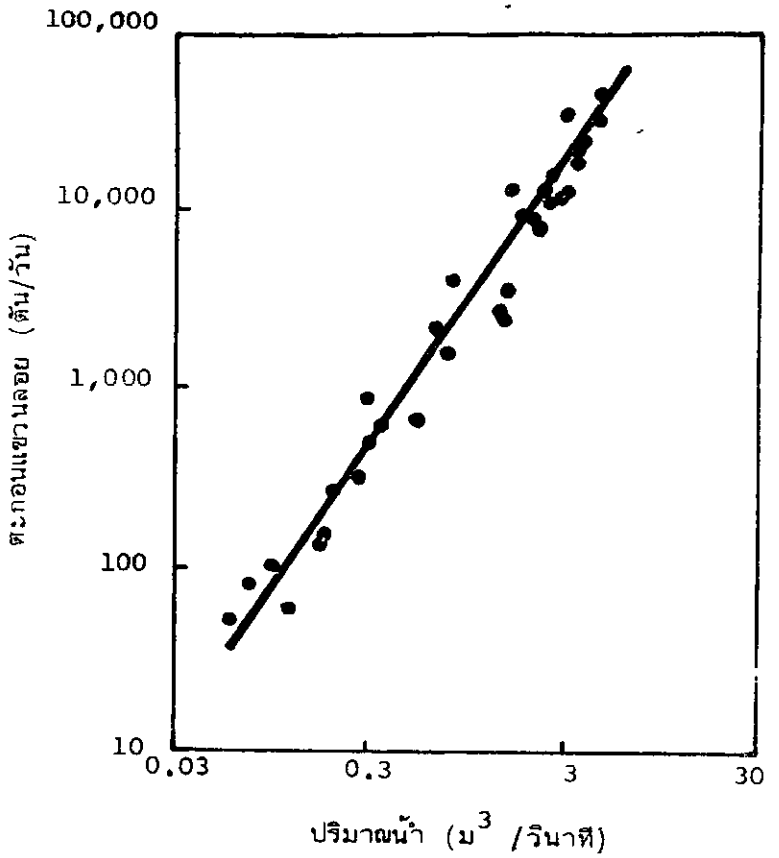
1. ความลาดเทของพื้นที่
2. การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินบริเวณนั้น
3. ลักษณะและจำนวนของพืชพันธุ์ธรรมชาติ
4. อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ
5. จำนวนและการกระจายของฝนทั้งปี

(Longwell. 1956 : 72 & Monnett. 1950 100)

ปิแอร์ (Pierre. 1611-1680) นักอุทกวิทยาชาวฝรั่งเศสได้วัดลุ่มน้ำตอนบนของแม่น้ำเซน (Seine) โดยสะสมข้อมูลปริมาณน้ำฝน ขณะเดียวกันก็เก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่าตอนล่าง ซึ่งผลปรากฏว่าน้ำที่ไหลในแม่น้ำจะเปลี่ยนไปตามจำนวนน้ำฝน ส่วนเอดเม (Edme. 1620-1684) ได้ศึกษาปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำเซนพบว่าปริมาณน้ำจะเพิ่มในฤดูใบไม้ผลิและจะลดลงในระหว่างฤดูแล้ง (Leet 1978. 256-257) ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วของน้ำเพิ่มขึ้นด้วย อำนาจของกษัยการก็จะเพิ่มตามไปด้วย

จากการทดลองพบว่าความสามารถของอนุภาคที่เคลื่อนที่โดยน้ำ (competence) ในลำน้ำจะแปรเปลี่ยนเป็นกำลัง 6 ของความเร็วของลำน้ำ หรือ competence = cv^6 ซึ่งหมายความว่าถ้าเพิ่มความเร็วกระแสน้ำในลำธารขึ้นอีกเท่าตัวจะสามารถพัดพาอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นถึง 64 เท่าให้เคลื่อนที่ไปได้ แต่ถ้าแสดงออกในรูปของอนุภาคที่แขวนลอยเรียก carrying power ความสัมพันธ์จะเป็น carrying power = cv^5 หมายความว่าถ้าความเร็วกระแสน้ำเพิ่มขึ้นเท่าตัวจะเพิ่ม carrying power ได้ถึง 32 เท่า (นิวัติ เรืองพานิช 2521 : 145)

บลูม กล่าวว่าตะกอนแขวนลอยจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า ความกว้าง ความลึก และความเร็ว ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนน้ำท่วม (Bloom. 1978 : 216-217)



ภาพประกอบ 11 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและตะกอนแขวนลอย

ที่มา : Bloom. 1978 · 216

สุรภี เปลี่ยนอนุกูล ได้ศึกษาการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยาจากบางไทรถึงปากน้ำเจ้าพระยา พบว่าที่บางไทรช่วงที่มีตะกอนแขวนลอยไหลผ่านในอัตราสูงของทุกปีจะอยู่ในระหว่าง เดือนกรกฎาคมถึง เดือนตุลาคม ซึ่ง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับตะกอนแล้วพบว่าตะกอนแขวนลอยจะ เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำ เพิ่มขึ้น ส่วนที่ปากน้ำ เจ้าพระยาก็มีความสัมพันธ์ใกล้ เคียงกัน ซึ่งสรุปได้ว่า เนื่องจากตะกอนแขวนลอยต้องไหลมากับน้ำ ดังนั้น เมื่อปริมาณน้ำมากหรือน้อยย่อมมีผลต่อตะกอนแขวนลอยด้วย ไม่ว่าที่ปากน้ำหรือบางไทร (สุรภี เปลี่ยนอนุกูล 2513 : 36-37) และศักลาส ได้กล่าวสอดคล้องกันว่าตะกอนแขวนลอยจะ เปลี่ยนไปตามฤดูกาล และพายุฝน ซึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายของน้ำฝนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำและแควใกล้ เคียงที่ไหลพัดพาตะกอนแขวนลอยมารวมกัน (Douglas. 1977 . 115)

คาร์สัน ศึกษาลุ่มน้ำในแคนาดา พบว่าวัสดุของตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตลิ่ง (bank) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขัดถู (scour) และพังทลาย (collapse) ของปริมาณน้ำในลำน้ำกับตลิ่งจนกลายเป็นตะกอน และถ้าปรากฏว่ามีน้ำไหลบ่าขึ้นก็จะปรากฏว่ามีตะกอนเกิดขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดของตะกอนกับลักษณะทางอุทกวิทยา (hydrology) นอกจากนั้นยังพบอีกว่าร้อยละ 70 ของตะกอนลำน้ำจะมาจากลำน้ำสายหลักและร้อยละ 19 มาจากสาขาทั้งหมด กษัยการจะมีมากในลำน้ำสายหลัก เพราะว่าน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นในลำน้ำสายหลักจะเพิ่มความสามารถในการกษัยการด้วย จะเห็นได้ว่าตะกอนลำน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า (Statham. 1977 · 136-137 citing Carson. 1973)

3 3 การใช้ที่ดิน

ผลจากการขยายตัวทาง เศรษฐกิจและอัตราการขยายตัวของพล เมืองที่ค่อนข้างสูงในระยะที่ผ่านมาทำให้การใช้ที่ดินของประ เทศมีความ เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก มีความจำ เป็นต้องขยายพื้นที่ เป็นที่อยู่อาศัย ถนนหนทางย่านอุตสาหกรรม ตัว เมือง ยกตัวอย่าง เช่น พ.ศ. 2492 ประ เทศไทยมีถนนทั้งหมดคิด เป็นความยาว เพียง 5,030 กิโล เมตร แต่ในปี 2521 มีถนนทั้งหมดคิด เป็นความยาวกว่า 80,000 กิโล เมตร หรือกรุง เทพมหานคร เมื่อ พ.ศ. 2490 มี เนื้อที่ประมาณ 400 ตาราง กิโล เมตร แต่ในปี 2518 มี เนื้อที่ 1,558.4 ตาราง กิโล เมตร จะ เห็นได้ว่าพื้นที่ที่ เคยใช้ปลูกข้าวได้กลาย เป็นที่อยู่อาศัย ร้านค้า และโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้นทุกปี พื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวลดลง และ เนื่องจากการ เพิ่มของประชากรอยู่ในอัตราที่สูงทำให้ความต้องการที่ดินทวีความรุนแรงขึ้นซึ่ง เป็นที่ทราบกันดีว่า การขยาย เนื้อที่ เพาะปลูก เป็นการทำลายทรัพยากรป่าไม้โดยตรง โดยกรมป่าไม้ได้ประมาณว่า เนื้อที่ป่าซึ่งถูกทำลาย เพื่อทำไร่ เลื่อนลอยมีปีละตั้งแต่ 0.19-0.25 ล้านไร่ ผลจากการใช้ที่ดินในรูปแบบนี้ก่อให้ เกิดการสูญ เสียป่าไม้ซึ่ง เป็นต้นน้ำลำธารทำให้ เกิดการไหลบ่าของน้ำพัดพาดินลงสู่ เบื้องล่าง เกิดตะกอนทับถมตามแหล่งน้ำต่าง ๆ (พัฒนาที่ดิน 2524 1-3)

การใช้ที่ดินจะมีผลต่อตะกอนในลำน้ำมาก เพราะการใช้ที่ดินจะ เป็นตัว เร่งที่ก่อให้ เกิดกษัยการของดิน โดย เฉพาะอย่างยิ่งการใช้ที่ดินที่ผิดวิธี การอนุรักษ์ จากผลการวิจัยที่สถานีวิจัย เพื่อรักษาต้นน้ำลำธารดอย เชียงดาว จังหวัด เชียงใหม่ พบว่าการทำ เกษตรกรรมในพื้นที่ลาด เทร้อยละ 30 โดยไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำทำให้ เกิดการสูญ เสียหน้าดิน 6-20 เท่าของหน้าดินซึ่งสูญ เสียจากป่าธรรมชาติ คือสูญ เสียหน้าดินโดย เฉลี่ยประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ไร่/ปี จากพื้นที่ เกษตรกรรม แต่ในป่าดิบ เขาธรรมชาติสูญ เสียหน้าดิน เฉลี่ยประมาณ 88 กิโลกรัม/ไร่/ปี เท่านั้น (อุทัย จันผกา 2523 6) การใช้ที่ดินนับได้ว่า เป็นผลที่ เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรงซึ่งมีอิทธิพล เป็นอย่างมากต่อกษัยการของดินในการที่จะก่อให้ เกิดการพัฒนาภูมิประ เทศจนมีผู้กล่าวว่ามนุษย์ เป็นตัวการที่สำคัญที่สุดตัวการหนึ่งในทางธรณีสัณฐาน ผลจากการศึกษากษัยการของดินที่ เกิดจากลภาพการใช้ที่ดิน และสภาพที่ปรากฏให้ เห็นอย่าง เด่นชัดในท้องที่ตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประ เทศไทยประกอบกันของกรมพัฒนาที่ดิน สามารถแบ่งความรุนแรงกษัยการของดินออกได้ เป็น 5 กลุ่มดังปรากฏในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงความรุนแรงของกษัยการของดินที่เกิดจากสภาพการใช้ที่ดิน

กลุ่ม	ดินที่สูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่ (ไร่)	สภาพการใช้ที่ดิน
น้อยมาก (very slight)	0.01-1 00	118,721,990	ป่าไม้ ข้าว
น้อย (slight)	1.01-5.00	90,276,175	ป่าไม้ สวนยาง สวนผลไม้ ข้าว
ปานกลาง (moderate)	5.01-20 00	25,912,308	สวนยาง สวนผลไม้ พืชไร่ ป่า และพืชไร่
รุนแรง (severe)	20.01-100 00	42,620,676	สวนยาง สวนผลไม้ พืชไร่ ป่า และพืชไร่ ไร่เลื่อนลอย
รุนแรงมาก (very severe)	100.01-966.65	39,157,090	พืชไร่ ป่า ไร่เลื่อนลอยและพืชไร่
อื่น ๆ	-		เป็นพืชที่ซึ่งไม่มีนัยสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ค่ากษัยการของดิน เช่น นากุ้ง ป่าชายเลน หาดทราย ฯลฯ
รวม	-	321,250,000	

(พัฒนาที่ดิน 2523 · (ข))

ผลจากการใช้ที่ดินที่จะทำให้อนุภาคของดินมีความยากง่ายต่อกษัยการและถูกน้ำไหลบ่าพัดพาลงสู่ลำน้ำ แตกต่างกันออกไป มัทชเลอร์ ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ที่ดินที่มีต่อตะกอนจากสองลุ่มน้ำย่อยของ Pigeon Roost Creek ทางตะวันออกเฉียงเหนือของแม่น้ำมิสซิสซิปปี้ ในช่วงระยะเวลา 15 ปีพบว่า อัตราของตะกอนจะมาจากน้ำท่า เนื่องจากกษัยการแบบร่องธาร (gully) และแบบน้ำหลากแผ่ซ่าน (sheet) เป็นส่วนใหญ่ (Mutchler. 1976 : 11)

ตามปกติลักษณะกษัยการของดินตามสาเหตุที่เกิดอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. กษัยการแบบธรรมดา หรือกษัยการทางธรณีวิทยา (normal erosion or geologic erosion) เป็นกษัยการของดินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ตัวการสำคัญจะเป็นปัจจัยตามธรรมชาติ เช่น น้ำ ลม แรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) เป็นต้น ชนิดนี้จะไม่ค่อยมีความรุนแรง

2. กษัยการแบบเร่ง หรือบางทีเรียก กษัยการที่เกิดจากคน (accelerated erosion or man induced erosion) เป็นกษัยการของดินอันเนื่องจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การสร้างอาคารและถนน การเกษตรกรรม การเลี้ยงสัตว์ การจุดไฟเผาป่า การแผ้วถางป่า เป็นต้น

(เกษม จันทร์แก้ว 2515 : 193)

เหตุที่การใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ มีผลทำให้กษัยการของดินมากน้อยแตกต่างกันนั้นสม เจตน์ จันทวัฒน์ กล่าวว่าอาจอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. เมื่อมีการใช้ที่ดินแล้วจะเป็นการสร้างสิ่งปกคลุมดินหรือทำลายสิ่งปกคลุมดินมากน้อยเพียงไรและระยะเวลาที่มีสิ่งปกคลุมดินนั้นยาวนานเพียงไร และเกิดขึ้นในขณะที่ตัวการที่ทำให้เกิด กษัยการของดินกำลังมีความสามารถ (active) หรือไม่ เช่น ในต้นฤดูฝนซึ่งมีฝนเริ่มตกด้วยความหนาแน่นสูงเป็นต้น

2. การใช้ที่ดินนั้น เป็นการรบกวนดินหรือไม่ และถ้าเป็นการรบกวนดินจะเป็นการรบกวนดนเมื่อไร ถ้าหากว่าเป็นการรบกวนดินในขณะที่ตัวการก่อให้เกิดกษัยการกำลังมีความสามารถก็จะเร่งให้เกิดกษัยการของดินมากยิ่งขึ้น เพราะว่าการรบกวนดินเป็นการทำให้อนุภาคของดินแตกออกจากกันและถูกพัดพาไปที่อื่น

(สม เจตน์ จันทวัฒน์ 2522 . 83)

การบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย หรือเพื่อการเกษตรกรรมก็ตาม นับได้ว่าเป็นทั้งการทำลายสิ่งปกคลุมดินและการรบกวนดินไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งฮิบเบิร์ท ได้สรุปผลการทดลองลุ่มน้ำในสหรัฐอเมริกาจำนวน 39 แห่งในเขตอบอุ่น สรุปได้ดังนี้

1. ลดเนื้อที่ป่าไม้ลง จะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำไหลบ่าในฤดูฝน

2. เมื่อมีการลดปริมาณเนื้อที่ป่าไม้ พื้นดินก็จะถูกกระทบกระเทือนตามไปด้วย อันจะเป็นสาเหตุให้ดินเกิดกษัยการ เกิดตะกอน และสันดอนขึ้นในลำน้ำ

3. เมื่อปลูกป่าขึ้นใหม่ ก็จะเป็นการลดปริมาณน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำในฤดูฝนได้

และเรย์ กล่าวว่าการถางป่าทำไร่เลื่อนลอยบนไหล่เขาที่ลาดชันและขาดการอนุรักษ์ดินอย่างถูกวิธี เป็นสาเหตุทำให้ดินเกิดกษัยการได้ง่าย ลำน้ำจะมีตะกอนอันเกิดจากน้ำไหลบ่าพื้นผิวมาทับถมเป็นจำนวนมาก ๆ ดัง เช่น แม่น้ำ Tosta, Jaldakla, Lish, Torsa, Murti และ Mahanadi (สุเทพ พร้อมมูล 2519 : 188-189)

การ์เนอร์ กล่าวว่าสภาวะทั่ว ๆ ไปในเขตร้อนชื้น ต้นไม้จะมีส่วนช่วยได้คือ

1 รองรับพลังความแรงของน้ำฝนที่ตกลงมาจะช่วยในการป้องกันกษัยการจากการแตกกระจายของเนื้อดินที่ฝนตกกระทบ

2. ต้านทานแรงเสียดทานน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน คือ ป้องกันหรือลดอัตราความเร็วของการการไหลบ่าหน้าดินนั่นเอง

3. ช่วยในการดูดซึมของน้ำลงใต้ดิน

(Garner. 1974 : 263)

ไวส์เลอร์ และ บาร์เทอร์ อธิบายไว้ว่า เมื่อฝนตกลงสู่ลุ่มน้ำป่าไม้นั้นบางส่วนจะถูกรองรับไว้ด้วยเรือนยอด หลังจากที่เรือนยอดอิ่มตัวแล้วน้ำที่เรือนยอดรองรับไว้นั้นจะไหลลงสู่พื้นดินสองลักษณะ คือ ไหลลงตามต้นไม้ (stem flow) และอีกส่วนหนึ่งจะหล่นลงสู่พื้นดินโดยตรง (throughfall) หลังจากที่น้ำฝนหล่นลงสู่ผิวดินแล้ว น้ำจะซึมผ่านผิวดินลงสู่เบื้องล่างด้วยกระบวนการซึม (เกษม จันทร์แก้ว และคณะ 2515 2 อ้างจาก Linsley.1960) เมื่อฝนตกลงมาเรือนยอดของต้นไม้จะช่วยสกัดกั้นและลดความรุนแรงของน้ำฝนไว้ได้โดยเฉลี่ย

ประมาณร้อยละ 30-35 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (อุทัย จันผกา 2517 31) ซึ่งจะทำให้ลดแรงของเม็ดฝนที่จะมากระทบผิวหน้าดินได้โดยตรง

เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนกับการทำลายป่า ปริมาณน้ำไหลบ่าและกษัยการของดิน กรมชลประทาน (2508) ได้เคยศึกษาเรื่องนี้ในท้องที่ภาคเหนือบริเวณที่ลาดเทซึ่งมีการทำลายป่ามาก พบว่าลุ่มน้ำน่านมีการทำลายป่าสูงสุด รองลงไปได้แก่ลุ่มน้ำปิง ยม และวัง ตามลำดับ เมื่อวัดปริมาณตะกอนและอัตรากษัยการของดินพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีการแปรผันกันโดยตรง (ศุภจิตร ศิริภูกโชติ 2519 121-122 อ้างจาก กรมชลประทาน, 2503) ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงอัตรากษัยการของลุ่มน้ำสำคัญในภาคเหนือ

ลุ่มน้ำ	อัตรากษัยการของดิน (ม.ม.)	ตะกอนทั้งหมด (ล้านตัน/ปี)
ปิง (ยันฮี)	0.21	5.5
วัง (วังไคร้)	0.21	2.1
ยม (แก่งหลวง)	0.23	3.0
น่าน (ท่าปลา)	0.43	5.6

ที่มา ศุภจิตร ศิริภูกโชติ 2519 122

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบได้ว่ากษัยการของลุ่มน้ำต่าง ๆ ดังกล่าวอยู่ในอัตราที่รุนแรงทุกลุ่มน้ำ เพราะนักอุทกวิทยาทั่วโลกได้ยึดเป็นหลักปฏิบัติว่าพื้นที่ใดมีอัตรากษัยการเกิน 0.2 มิลลิเมตรแล้ว จัดอยู่ในขั้นที่รุนแรง (เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม 2517 · 182)

ภาพประกอบ 12 แสดงบริเวณต้นน้ำห้วยแม่ใน

ภาพประกอบ 13 แสดงลุ่มน้ำห้วยแม่ในตอนล่าง (บริเวณบ้านทุ่งป่าม่วง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่)

4. <u>ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน</u>

ลุ่มน้ำห้วยแม่ใน เป็นลุ่มน้ำแห่งหนึ่งในเทือกเขาสูงซันซ่ง เป็นส่วนของอุทยานแห่งชาติดอยปุย อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของตัวจังหวัดเชียงใหม่ มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 18 ตารางกิโลเมตรพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ใน เขตอำเภอเมือง มีเพียงส่วนน้อยโดยเฉพาะตอนปลายสุดของลำห้วยอยู่ใน เขตอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะของลุ่มน้ำแห่งนี้มีรูปร่างคล้ายใบยอ ลำห้วยไหลจากต้นน้ำในแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ก่อนจะถึงหมู่บ้านป่าม่วงจะมีลำห้วยอีกสายหนึ่งไหลมาบรรจบกับห้วยแม่ในซึ่งอยู่ใต้บ้านป่าม่วงประมาณสองกิโลเมตร จากนั้นจึงไหลไปบรรจบกับน้ำแม่สาซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำปิงที่บ้านท่าวะโอ บริเวณลุ่มน้ำแห่งนี้มีส่วนลาดจากด้านทิศใต้ ทิศตะวันตก และด้านทิศตะวันออกเข้าหากัน โดยอยู่ระหว่างสันเขาดอยปุยกับสันเขาด้านบ้านแม่ลาแม่สา มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 450 เมตร ถึง 1,685 เมตร โดยประมาณ

บริเวณต้นน้ำมีความลาดเทสูงมากและค่อย ๆ ลดหลั่นเป็นลักษณะขั้นบันไดสู่บริเวณจุดน้ำไหลออก ลุ่มน้ำแห่งนี้มีศักยภาพในการให้น้ำเฉลี่ยประมาณ 32.28 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ฝนที่ตกในลุ่มน้ำเฉลี่ยตลอดปี 1614.7 มิลลิเมตร หรือประมาณ 52.5 นิ้ว (จิตติ ปิ่นทอง และปุญญะ เผ่าศรีทองคำ 2511 6 และภาควิชาอนุรักษ์วิทยา 2511 28) ซึ่งนับว่าเป็นลุ่มน้ำที่มีฝนตกอยู่ในเกณฑ์สูงส่วนใหญ่จะเป็นฝนชนิดปะทะภูเขาทางตอนบนของลุ่มน้ำ เนื่องจากความสูงของภูมิประเทศ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางด้านกายภาพ เช่น ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนจะมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการที่จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยทางตอนล่างของลุ่มน้ำ ซึ่งอยู่ที่บริเวณหมู่บ้านป่าม่วง และถือเป็นจุดน้ำไหลออกของบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ในในการศึกษาครั้งนี้

จากเอกสารอ้างอิงและผลงานการวิจัยที่กล่าวอ้างมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าตะกอนแขวนลอยของลำน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กันกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางด้านกายภาพของบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษาถึงวิทยิพลของปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ที่มีต่อตะกอนแขวนลอยทางตอนล่างของลุ่มน้ำห้วยแม่ในเป็นอย่างมาก

ภาพประกอบ 15 แสดงป่าที่ถูกทำลายเนื่องจากการใช้ที่ดินผิดวิธี บริเวณต้นน้ำห้วยแม่ใน

ภาพประกอบ 16 แสดงหมู่บ้านแม้วแม่ใน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

<u>การศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้</u>

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ

   1.1 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 250,000 NE 47-6 ลำดับชุด 1501 ระวางจังหวัดเชียงใหม่ ของกรมแผนที่ทหาร

   1.2 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 . 50,000 ลำดับชุด L 7017 ระวาง 4746 I, 4746 IV ของกรมแผนที่ทหาร

   1.3 แผนที่แสดงชนิดของป่ามาตราส่วน 1 . 50,000 ลำดับชุด L 708 ระวางชุด 4767 I ปี 2512 ของกรมแผนที่ทหารปรับปรุงโดยกรมป่าไม้

   1.4 รูปถ่ายทางอากาศปี 2511, 2520 จากกรมแผนที่ทหาร

   1.5 ภาพถ่ายดาวเทียม THAILAND ID 6-3, 721028, 730126, 750407, 760102, 781102, 791115 มาตราส่วน 250,000 แบนด์ 5 จากกรมป่าไม้และจากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

   1.6 สถิติปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน และตะกอนแขวนลอยรายเดือน จากกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน

   1.7 สถิติปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา และจากสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

   1.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลรูปถ่ายทางอากาศ

   1.9 เครื่องมือวัดพื้นที่ (Dot Planimeter)

   1.10 เอกสารงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาพประกอบ 14 แสดงด้านข้างของหุบเขาลุ่มน้ำห้วยแม่ใน (มองจากดอยปุย)

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ศึกษาขอบเขตลุ่มน้ำห้วยแม่ใน และที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้งของกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยดอกม้า ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำและบริเวณใกล้เคียง

2.2 รวบรวมสถิติปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีที่ต้องการตามที่กำหนดจากข้อ 2.1

2.3 รวบรวมสถิติปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยรายเดือนจากสถานีวัดน้ำที่บ้านแม่ใน (P.27 A) ของกรมชลประทานซึ่งถือเป็นจุดน้ำไหลออกของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน

2.4 ศึกษาและรวบรวมพื้นที่ป่าไม้จากรูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่แสดงชนิดของป่า ที่ได้จากกรมแผนที่ทหาร กรมป่าไม้และจากกองสำรวจทรัพยากรแห่งชาติด้วยดาวเทียม

2.5 สำรวจสภาพภูมิประเทศบริเวณที่ศึกษา

3. การจัดกระทำกับข้อมูล

3.1 หาปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.2 มาหาโดยวิธีไทเสน (สุเทพ ติงศภัทิย์ และ เคนซากุ ทาเคดะ 2521 25-26)

3.2 คำนวณหาพื้นที่ป่าไม้ของปีที่ขาดข้อมูลด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.4 มาพลอตลงในกราฟแล้วคำนวณหาพื้นที่ด้วยวิธีการทางแคลคูลัส (calculus)

นั่นคืออัตราพื้นที่ป่าที่ลดลง $= \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ ในเมื่อ

ΔY = พื้นที่ป่าที่เปลี่ยนไป $= Y_1 - Y_2$

ΔX = ช่วงเวลาที่ใช้ในการประเมินการเปลี่ยนสภาพป่า $= X_2 - X_1$

3.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอยในลักษณะสมการเส้นตรง (linear equation)

3.4 คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation coefficient)

3.5 จัดลำดับความสำคัญของสมการพยากรณ์

3.6 สร้างสมการพยากรณ์

4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ของ Pearson Product Moment

4.2 หาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณโดยวิธี Doolittle

4.3 วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise Multiple Regression

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ คือ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย
2. วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์พหุคูณของตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย
3. จัดลำดับความสำคัญของสมการพยากรณ์ที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย
4. สร้างสมการพยากรณ์

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย

แบ่งการวิเคราะห์ออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1 1 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอย

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าไม้ (จากภาคผนวกตาราง 18) แล้วจะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงเป็นลำดับซึ่งในช่วงแรก ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2511-2515 อาจไม่ค่อยชัดเจนนัก แต่จากปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมาจะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างชัดเจนในแต่ละปี แสดงให้เห็นว่านับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 อัตราของการทำลายป่ามีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบุญชนะ กลั่นกำสอน และ ธงชัย จารุพพัฒน์ จากการศึกษาหาสภาพความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ในท้องที่ภาคเหนือโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและพบว่าอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ภาคเหนือมีความรุนแรงมากตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมา (บุญชนะ กลั่นกำสอน และ ธงชัย จารุพพัฒน์ 2524 : 49)

เมื่อนำพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอย (จากภาคผนวกตาราง 18) มาหาความสัมพันธ์กันโดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์เพียง 0.3653 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยค่อนข้างต่ำ และเนื่องจากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าบวกแสดงว่าถึงแม้จะมีความสัมพันธ์กัน

ต่ำก็จริง แต่ก็เป็นไปในลักษณะแปรผันตามกัน หมายความว่าถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นด้วย จึงไม่เป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1. หากพิจารณาจากภาพประกอบ 17 จะเห็นได้ว่าถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น โดยที่ตะกอนแขวนลอยจะเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นต่อเมื่อพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณตั้งแต่ประมาณ 2.5 ตารางกิโลเมตรขึ้นไป

จากการนำค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้มาสร้างสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงในรูปของคะแนนดิบจะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$Y = 50.8143\ X - 119.1219 \qquad ...(1)$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)

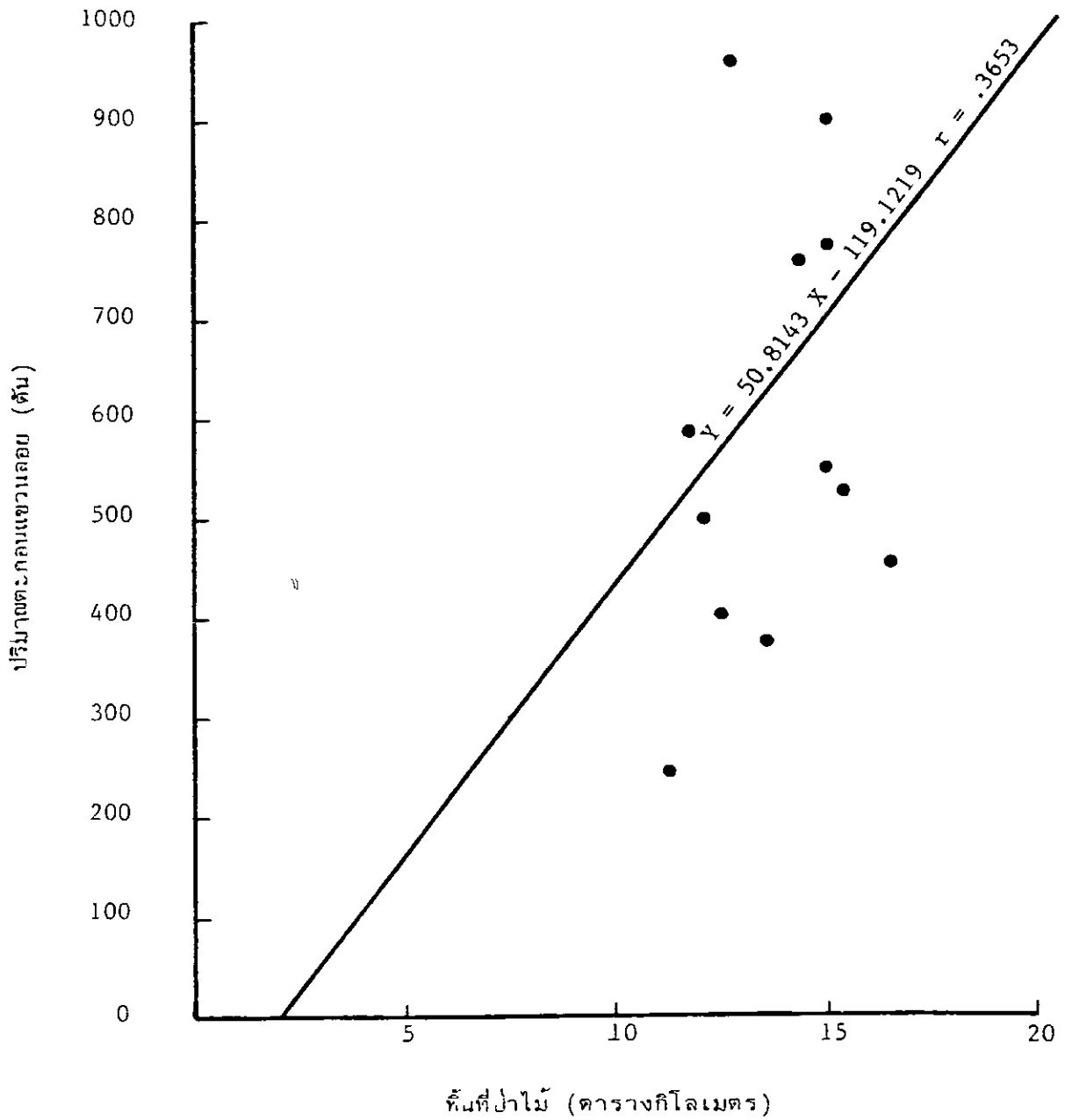
X = พื้นที่ป่าไม้ (ตารางกิโลเมตร)

จากสมการชุดนี้แสดงว่าถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้น 50.8143 ตัน

เมื่อพิจารณาตามนัยนี้แล้วจะเห็นได้ว่าค้านกันกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้กล่าวอ้างมาแล้วแต่ต้นตลอดจนผิดค้านกับลักษณะสภาพภูมิประเทศตามความเป็นจริง ทั้งนี้เพราะว่าเป็นการพิจารณาจากค่าทางสถิติแต่เพียงอย่างเดียวคือ ค่าของสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอยซึ่งมีค่าบวก จึงทำให้การแปลผลซึ่งแปลตามค่าสถิติออกมาในลักษณะดังกล่าว

อย่างไรก็ตามในการศึกษาทางภูมิศาสตร์นั้นมิได้มุ่งพิจารณาแต่ค่าทางสถิติเท่านั้น ยังต้องมีการพิจารณาสภาพทั่ว ๆ ไปที่มีอิทธิพลเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการจะศึกษามาประกอบกันด้วย จึงจะทำให้การแปลผลแปลออกมาได้เที่ยงตรง ถูกต้อง และใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

จากการศึกษาของนิวัติ เรืองพานิช เกี่ยวกับความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้ป่าดิบเขาดอยปุย เชียงใหม่ ที่มีผลต่อน้ำไหลบ่าหน้าดินและกษัยการของดิน พบว่าทั้งน้ำไหลบ่าหน้าดินและกษัยการของดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อเรือนยอดป่าไม้ปกคลุมต่ำกว่าร้อยละ 70 และถ้าหากเรือนยอดป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 70 หรือมากกว่าแล้วอัตราของน้ำไหลบ่าหน้าดินและกษัยการเกือบจะคงที่ (Ruangpanit. 1971 : 55) ผลของการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของตะกอนแขวนลอยในลำน้ำจะเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นต่อเมื่อพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำถูกทำลายจนเหลือพื้นที่ป่าไม้ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพประกอบ 17 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอย

จากภาพประกอบ 22 ในภาคผนวกจะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำห้วยแม่ในที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีอัตราลดลงในแต่ละปีไม่มากนัก และในปีสุดท้ายที่ทำการศึกษาคือในปี พ.ศ. 2522 ยังเหลือพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 64 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งถ้าหากพิจารณาโดยนัยนี้แล้วจะเห็นได้ว่าการที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงความผกผันของความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอย แต่เหตุที่ปริมาณตะกอนแขวนลอยยังเพิ่มขึ้นไม่มากจนถึงกับทำให้ค่าทางสถิติเป็นค่าลบได้นั้น เนื่องจากว่าพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำห้วยแม่ในยังมีปริมาณเรือนยอดป่าไม้หนาแน่นอยู่มากคือต่ำกว่าร้อยละ 70 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นถึงแม้พื้นที่ป่าไม้และปริมาณตะกอนแขวนลอยจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงผกผันก็ตาม แต่ก็ยังไม่มากพอที่จะแสดงออกมาทางค่าสถิติได้คือ เป็นค่าลบเพียงแต่ทำให้ค่าทางสถิติออกมาในลักษณะที่มีการแปรผันตามกันคือมีความสัมพันธ์กันในทางบวกเพียงแต่น้อยเท่านั้น อย่างไรก็ดีหากสภาพป่าของลุ่มน้ำห้วยแม่ในยังคงถูกทำลายต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่งจะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอยซึ่งมีความสัมพันธ์ผกผันซึ่งกันและกันอยู่แล้วแสดงออกทางค่าสถิติโดยเป็นค่าลบได้

เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าค่าสหสัมพันธ์ที่ได้นั้นเป็นค่าทางสถิติที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือไม่ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นโดยทำการทดสอบสหสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของสมการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

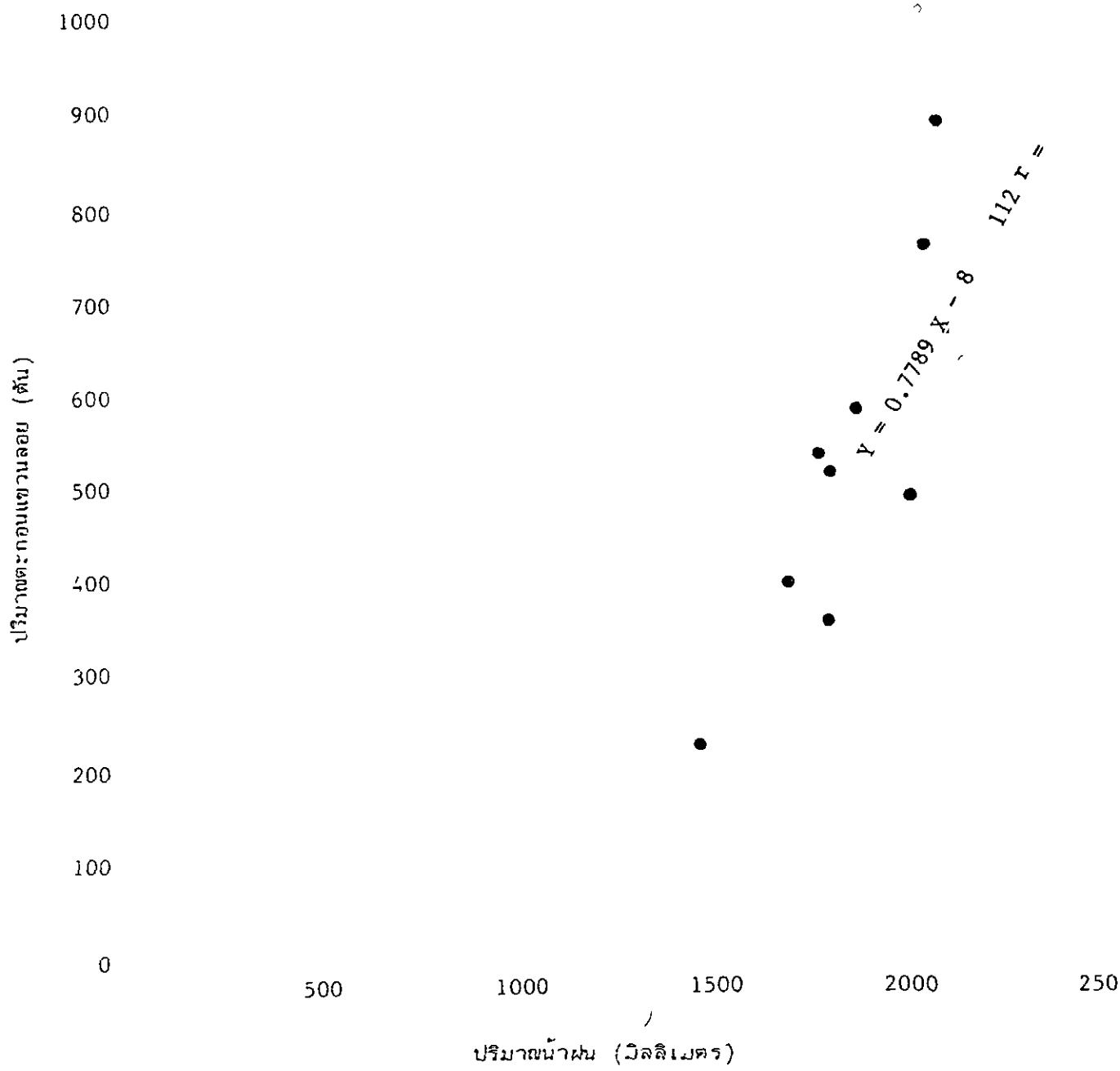
แหล่งความแปรปรวน	df	ผลรวมกำลังสอง	มัชฌิมกำลังสอง	F
การถดถอย (regression)	1	70,774.37	70,774.37	1.54
ส่วนที่เหลือ (residual)	10	459,554.53	45,955.45	
รวม	11	530,328.90		

ผลจากการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการพยากรณ์จากตาราง 8 พบว่าพื้นที่ป่าไม้และปริมาณตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอยู่ในเกณฑ์ต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าถึงแม้เส้นสมการถดถอยซึ่งเป็นเส้นที่ให้ค่ากำลังสองต่ำสุด (least squares) ที่มีความแปรปรวนรอบ ๆ เส้นต่ำกว่าเส้นอื่น ๆ ก็ตาม แต่ก็ยังมีความแปรปรวนสูงอยู่โดยอาจพิจารณาได้จากส่วนที่เหลือจากการถดถอย ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าของการถดถอยที่ปรับแล้วอยู่มาก ฉะนั้นจึงอาจกล่าวสรุปได้ว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้เป็นเพียงความบังเอิญทางด้านสถิติเท่านั้น ดังนั้นการที่จะพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยด้วยพื้นที่ป่าไม้จะไม่ให้ผลที่ดี สาเหตุที่ทำให้ค่าสหสัมพันธ์ของพื้นที่ป่าไม้และตะกอนแขวนลอยออกมาในลักษณะแปรผันตามกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทำให้การแปลผลที่ได้ขัดแย้งกับทางทฤษฎีและสภาพตามความเป็นจริงที่เป็นอยู่ของลักษณะภูมิประเทศมีอยู่หลายสาเหตุจะได้อภิปรายอย่างกว้างขวางในบทต่อไป

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอย

เมื่อนำสถานีวัดน้ำฝนที่ได้มาจากหน่วยงานต่าง ๆ พลอตลงในแผนที่ 1 : 50,000 และทำการหาปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยวิธีไทเสนแล้ว ปรากฏว่ามีสถานีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้เพียงสองสถานี ก่อ สถานีวัดน้ำฝนของสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุยของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งอยู่ตอนบนของลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณร้อยละ 80 และสถานีวัดน้ำฝนอำเภอแม่ริม ของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งอยู่ตอนล่างของลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณร้อยละ 20 ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ภาพประกอบ 21 และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนของแต่ละสถานีจากภาคผนวกตาราง 14 และ 15 แล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุยมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนอำเภอแม่ริมได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำห้วยแม่ในจะได้จากตอนบนของลุ่มน้ำเป็นส่วนใหญ่

จากภาคผนวกตาราง 18 เมื่อนำปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำมาหาความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยโดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏว่ามีค่าสหสัมพันธ์ 0.9030 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าบวก ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในลักษณะคล้อยตามกันกับตะกอนแขวนลอยสูง ดังนั้นจึงเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2. ที่ว่าปริมาณน้ำฝนจะมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ และเมื่อพิจารณา



ภาพประกอบ 18 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอย

จากภาพประกอบ 18 แล้วยังทำให้ทราบอีกว่าปริมาณน้ำฝนที่จะมีอิทธิพลต่อการที่จะ เพิ่มปริมาณตะกอนแขวนลอยได้นั้นจะต้องมีปริมาณน้ำฝนประมาณ 1200 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย ซึ่ง เป็นปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากดินในบริเวณลุ่มน้ำมีอัตราการซึมที่ดีมาก ดังนั้นการ เกิดน้ำไหลบ่าซึ่งจะมีผลต่อตะกอนแขวนลอยจึงต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างสูงด้วย

และ เมื่อนำค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยที่ได้สร้างสมการพยากรณ์เชิง เส้นตรงในรูปของคะแนนดิบ ปรากฏผลดังแสดงในภาพประกอบ 18 ได้สมการพยากรณ์ดังนี้คือ

$$Y = 0.7789\ X - 895.7112 \qquad ...(2)$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)

X = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

จากสมการชุดนี้แสดงว่าถ้าปริมาณน้ำฝน เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตรจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอย เพิ่มขึ้น 0.7789 ตัน

ผลจากการทดสอบความสัมพันธ์เชิง เส้นตรงของสมการด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตาราง 9 พบว่าสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยที่ เกิดจากปริมาณน้ำฝนมีค่าสหสัมพันธ์ถดถอยอยู่ใน เกณฑ์สูง

ตาราง 9 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิง เส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	df	ผลรวมกำลังสอง	มัชฌิมกำลังสอง	F
การถดถอย (regression)	1	432,443 21	432,443.21	44.17**
ส่วนที่เหลือ (residual)	10	98,885.70	9,788.57	
รวม	11	530,328.91		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 เป็นผลที่แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยอยู่ในเกณฑ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยจะพิจารณาได้จากค่าความแปรปรวนของส่วนที่เหลือจากการถดถอยรอบ ๆ เส้นสมการถดถอยต่ำ ในขณะที่เส้นถดถอยกลับมีค่าสูงซึ่งแสดงถึงว่าความแปรปรวนรอบเส้นมีน้อย ดังนั้นเส้นสมการที่ได้จึงสามารถที่จะใช้พยากรณ์ได้ดี นั่นก็คือปริมาณน้ำฝนจะเป็นตัวพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาเหตุที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยค่อนข้างสูง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในลุ่มน้ำห้วยแม่ในตลอดปีจะมีถึง 1614.7 มิลลิเมตร และส่วนใหญ่จะเป็นฝนที่ตกทางตอนบนของลุ่มน้ำคือบริเวณดอยปุย เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศเอื้ออำนวยให้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การที่ปริมาณน้ำฝนมีมากทางตอนบนของลุ่มน้ำจึงเป็นสาเหตุทำให้การชะล้างพังทลายสู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำ อันเป็นเหตุให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยทางตอนล่างของลำน้ำเพิ่มขึ้นด้วยดังกล่าว

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอย

จากการนำปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยในภาคผนวกตาราง 18 มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏว่ามีค่าสหสัมพันธ์ถึง 0.9587 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าบวก แสดงว่าปริมาณน้ำท่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะคล้อยตามกันหรือแปรผันตามกันกับตะกอนแขวนลอย คือ เมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และเมื่อนำค่าสหสัมพันธ์ที่ได้มาสร้างสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงในรูปของคะแนนดิบดังแสดงในภาพประกอบ 19 ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

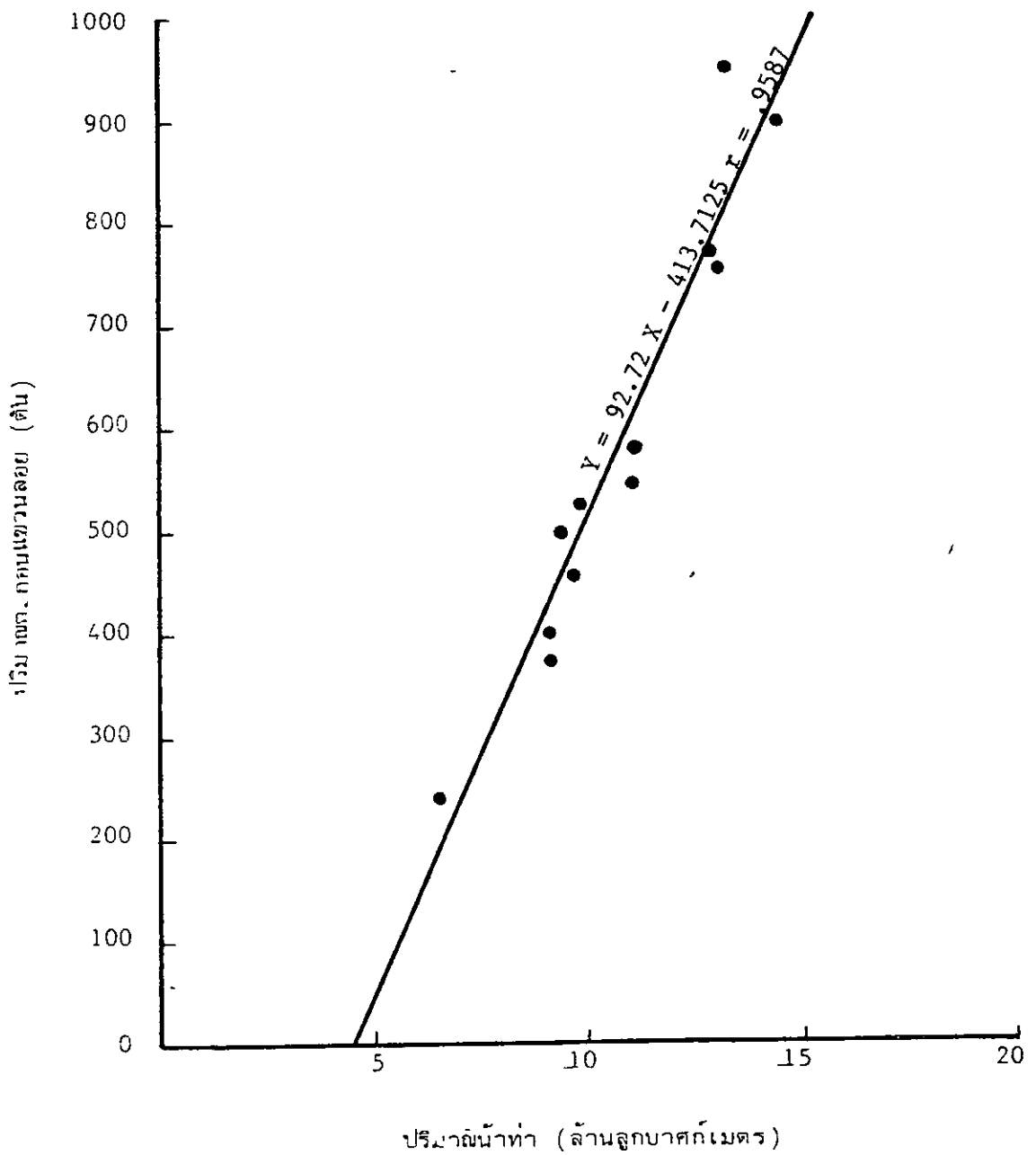
$$Y = 92.72\ X - 413.7125 \qquad ...(3)$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)

X = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)

จากสมการชุดนี้แสดงว่าถ้าปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 1 ล้านลูกบาศก์เมตรจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น 92.72 ตัน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอยจากภาพประกอบ 19 จะพบว่าค่าสหสัมพันธ์ที่มีอยู่สูงก็จริง แต่การที่น้ำท่าจะทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยได้จะต้องมี



ภาพประกอบ 19 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอย

ปริมาณน้ำท่าประมาณ 4.5 ล้านลูกบาศก์เมตรขึ้นไป หมายความว่าอำนาจจำแนกของปริมาณน้ำท่าที่จะทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยได้นั้นจะต้องมีปริมาณน้ำท่าประมาณ 4.5 ล้านลูกบาศก์เมตรเป็นอย่างน้อย

ผลจากการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากปริมาณน้ำท่ามีค่าสหสัมพันธ์กดดอยอยู่ในเกณฑ์สูง ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	df	ผลรวมกำลังสอง	มัชฌิมกำลังสอง	F
การถดถอย (regression)	1	487,513.87	487,513.87	113.86**
ส่วนที่เหลือ (residual)	10	42,815.03	4,281.50	
รวม	11	530,328.90		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 10 เป็นผลจากการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการพยากรณ์ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะเห็นได้ว่าความแปรปรวนของส่วนที่เหลือจากการถดถอยรอบ ๆ เส้นสมการถดถอยนั้นต่ำมาก โดยที่ค่าของการถดถอยซึ่งเป็นสัดส่วนที่อธิบายมีค่าสูง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าของมัชฌิมกำลังสองและค่า F ประกอบกัน แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละช่วงเวลาที่นำมาหาความสัมพันธ์กันนั้นเกือบจะอยู่ในแนวเดียวกันกับเส้นของสมการถดถอย (พิจารณาได้จากภาพประกอบ 19) ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ค่าสหสัมพันธ์สูงอย่างมีความเชื่อมั่นในทางสถิติจากการทดสอบดังกล่าว ดังนั้น การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยด้วยปริมาณน้ำท่าจึงสามารถที่จะนำไปใช้ได้ดีเป็นอย่างยิ่ง

เหตุที่ปริมาณน้ำท่ามีค่าสหสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยสูง เนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับตลิ่งและท้องลำธารซึ่งจะมีกษัยการเกิดขึ้นตลอดเวลา นอกจากนี้หากมีน้ำไหลบ่าเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น อำนาจกษัยการของปริมาณน้ำท่าก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ตะกอนแขวนลอยซึ่งเป็นผลที่เกิดจากกษัยการจึงเพิ่มตามไปด้วยเช่นเดียวกัน

2. วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยแบบ stepwise multiple regression ซึ่งเป็นการคัดเลือกหาตัวแปรที่เป็นตัวพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยที่ดีที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยสหสัมพันธ์พหุคูณในรูปของกะแนนดิบ จากตัวแปรที่นำมาศึกษาสามตัวแปร คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ ปรากฏว่าตัวแปรที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่สมการถดถอยก่อนหลังตามลำดับความสำคัญ ดังนี้ คือ ปริมาณน้ำท่า ($r = .9587$) ปริมาณน้ำฝน ($r = .9030$) และพื้นที่ป่าไม้ ($r = .3653$) ดังได้แสดงและวิเคราะห์ให้ปรากฏไว้แล้วในข้อ 1. ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอยเพียงทีละตัวเท่านั้น และจากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ซึ่งออกมาในเชิงสถิติจะเห็นได้ว่าทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยทั้งหมด เพียงแต่มีความมากน้อยแตกต่างกันออกไป จึงถือได้ว่าตัวแปรทุกตัวมีอิทธิพลที่จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยทุกตัวแปร ในขั้นนี้จึงจะได้นำเอาตัวแปรทั้งสามตัวที่นำมาศึกษาคือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ มาร่วมกันในการหาความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าในเมื่อแต่ละตัวแปรต่างก็มีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยแล้ว และเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกันจะทำให้อิทธิพลที่จะส่งผลต่อตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ และจะได้คัดเลือกสมการพยากรณ์ชุดที่สามารถพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพไว้ใช้ในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ในต่อไป อันเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยแบบ stepwise multiple regression ปรากฏว่าปริมาณน้ำท่า ได้รับการคัดเลือกให้เข้าสู่สมการถดถอยก่อนเป็นตัวแรกในการที่จะเป็นตัวพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย เนื่องจากมีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ดังได้แสดงไว้แล้วในสมการที่ (3) ของข้อ 1.

ตัวแปรที่ได้รับคัดเลือกเป็นตัวพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยตัวต่อมาคือ ปริมาณน้ำฝนโดยพยากรณ์ร่วมกับปริมาณน้ำท่า ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ 0.9754 อยู่ในรูปของสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 667.3652 \quad ..(4)$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน

X_1 = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)

X_2 = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนร่วมกับปริมาณน้ำท่าจะทำให้มีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณสูงขึ้น แสดงว่าประสิทธิภาพของการพยากรณ์ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนต่างก็มีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยอยู่ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งคู่ ครั้นเมื่อมาร่วมกันในการพยากรณ์จึงทำให้ได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณสูงตามไปด้วย

จากการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน กับตะกอนแขวนลอย ปรากฏว่ามีค่าสหสัมพันธ์ถดถอยอยู่ในเกณฑ์สูง ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	df	ผลรวมกำลังสอง	มัชฌิมกำลังสอง	F
การถดถอย (regression)	2	504,651.82	252,325.91	88.44**
ส่วนที่เหลือ (residual)	9	25,677.09	2,853.01	
รวม	11	530,328.91		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 11 เป็นผลจากการทดสอบสหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอย ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูง จะเห็นได้ว่าสัดส่วนที่อธิบายคือค่าของการถดถอยสูงกว่าค่าของส่วนที่เหลือจากการถดถอยมาก แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน กับปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละช่วงเวลาที่นำมาหาความสัมพันธ์กันนั้นอยู่ในแนวเดียวกันกับเส้นถดถอยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนจึงสามารถที่จะเป็นตัวพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยได้ดี

ตัวแปรตัวสุดท้ายที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าร่วมในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยคือพื้นที่ป่าไม้ จึงเป็นการพยากรณ์ร่วมกันระหว่างปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอย ซึ่งได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ 0.9782 นับได้ว่าเป็นค่าสหสัมพันธ์ที่สูงที่สุดของการศึกษาที่ผ่านมาทุกสมการ

จากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้หมายความว่า ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยในลักษณะแปรผันตามกัน แสดงว่าตัวแปรทั้งสามมีความสัมพันธ์ร่วมกันในการที่จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย จึงเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ว่าปริมาณตะกอนแขวนลอย ค่าของความสัมพันธ์ที่ได้อยู่ในรูปของสมการพยากรณ์ดังนี้ คือ

$$Y = 73.9484\ X_1 + 0.2448\ X_2 + 12.3984\ X_3 - 504\ 7513 \quad \ldots(5)$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)

X_1 = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)

X_2 = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

X_3 = พื้นที่ป่าไม้ (ตารางกิโลเมตร)

และผลจากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอย ปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กันสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า พื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	df	ผลรวมกำลังสอง	มัชฌิมกำลังสอง	F
การถดถอย (regression)	3	507,469 09	169,156.36	59.19**
ส่วนที่เหลือ (residual)	8	22,859.82	2,857.47	
รวม	11	530,328.91		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 01

จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่าค่าของการถดถอย ซึ่งเป็นสัดส่วนที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของทั้งสางตัวแปรมีค่าสูงกว่าส่วนที่เหลือจากการถดถอย ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ไม่ได้อธิบายมาก ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้อยู่ในแนวของเส้นถดถอยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นสมการนี้จึงมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้อย่างมีความเชื่อมั่น และสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้เป็นอย่างดี

3. จัดลำดับความสำคัญของสมการพยากรณ์ที่มีผลต่อการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย

การศึกษาในครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะสร้างสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย ซึ่งถือเป็นตัวเกณฑ์ (criteria) จากตัวแปรที่เป็นตัวพยากรณ์ (predictor) สามตัวคือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ จากการวิเคราะห์ถดถอยแบบ stepwise multiple regression เพื่อคัดเลือกสมการพยากรณ์ชุดที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์

ตะกอนแขวนลอยที่ดีที่สุดไว้ใช้ในการพยากรณ์ ปรากฏว่าปริมาณน้ำท่าได้รับเข้าสู่สมการถดถอยเป็นอันดับแรก รองลงมาได้แก่ปริมาณน้ำฝน และลำดับสุดท้ายคือพื้นที่ป่าไม้ ตลอดจนการพยากรณ์ร่วมกันของตัวแปร ดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าสมการที่สร้างขึ้นเพื่อพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกสมการ ยกเว้นเพียงสมการเดียวคือสมการที่ (1) เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากสมการที่ (1) แล้วสามารถที่จะนำสมการพยากรณ์ทั้งหมดไปพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยได้เป็นอย่างดีทุกสมการ

อย่างไรก็ตามในการวิจัยศึกษานั้นนอกจากต้องการผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดแล้วยังต้องคำนึงถึงเวลาและงบประมาณด้วย

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ว่าค่าของสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำมาศึกษาที่อยู่ในรูปของสมการนั้น สมการใดจะมีความเหมาะสมมากที่สุดในการพยากรณ์ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยค่อนข้างต่ำ ดังได้วิเคราะห์ไว้ในข้อ 1 นั้น แต่เมื่อนำไปร่วมพยากรณ์กับตัวแปรตัวอื่น ๆ ก็ทำให้ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้สูงขึ้น ซึ่งในการคัดเลือกสมการที่ใช้เป็นตัวแทนของการศึกษาครั้งนี้นั้นจะนำสมการที่สร้างขึ้นมาทุกชุดมาพิจารณาร่วมกันโดยพิจารณาจากค่าทางสถิติต่าง ๆ คือ ค่า beta weight (β) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่บอกให้ทราบว่า ตัวพยากรณ์แต่ละตัวมีน้ำหนักส่งผลต่อตัวเกณฑ์มากน้อยเพียงใด ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ (R^2) ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่เปลี่ยนไป (R^2 change) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (SE_{est}) ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน (F) ดังได้แสดงเปรียบเทียบไว้ในตาราง 13 ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นตัวสุดท้ายที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าสู่สมการพยากรณ์ จะมีผลต่อการพยากรณ์น้อยมาก และเมื่อตัดออกไปจากสมการพยากรณ์จะทำให้สัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ลดลงน้อยมาก ดังนั้นจึงเหลือตัวแปรที่จะมีส่วนในการพยากรณ์เพียงสองตัวคือ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า ซึ่งจะเป็นตัวแปรที่ให้สัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูงสุดในการร่วมกันพยากรณ์

ตัวพยากรณ์ในที่นี้ D = ปริมาณน้ำท่า

Ra = ปริมาณน้ำฝน

Fo = พื้นที่ป่าไม้

ตาราง 13 ตารางเปรียบเทียบค่าทางสถิติของสมการชุดต่าง ๆ

ตัวพยากรณ์	B	R	R^2	R^2 (change)	SE_{est}	F
D	92.7219	0.9587	0.9192	0.9192	± 65.4334	113.86**
Ra	0.7789	0.9030	0.8154	0.8154	± 98.9372	44.17**
Fo	50.8143	0.3053	0.1334	0.1334	± 214.3722	1.54
D	65.7932	0.9574	0.9515	0.0323	± 53.4135	88.44**
Pa	0.2859					
D	72.9432	0.9782	0.9569	0.0054	± 53.4553	59.19**
Ra	0.2448					
Fo	-12.3984					

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 13 จะเห็นได้ว่าจากการทดสอบสมการเส้นตรงของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งเป็นตัวพยากรณ์กับตะกอนแขวนลอย ซึ่งเป็นตัวเกณฑ์ปรากฏว่าปริมาณน้ำท่าจะมีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ซึ่งพิจารณาได้จากค่าของน้ำหนักของตัวพยากรณ์ (92.7219) กับค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน (113.86) ค่าสหสัมพันธ์ (0.9587) ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ (0.9192) ในขณะที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีน้อยที่สุด ยิ่งแสดงว่าปริมาณน้ำท่าจะให้ความเที่ยงตรงมากที่สุดในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย

แต่ที่น่าสังเกตเป็นอย่างยิ่งก็คือค่าน้ำหนักของตัวพยากรณ์ของพื้นที่ป่าไม้จะสูงกว่าค่าน้ำหนักตัวพยากรณ์ของปริมาณน้ำฝนในการที่จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย แสดงว่าพื้นที่รับน้ำฝนมีความสำคัญต่อตะกอนแขวนลอยเป็นอย่างมาก แต่จากผลของการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของพื้นที่ป่าไม้ที่มีต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยดังที่วิเคราะห์ไว้ในข้อ 1 กลับปรากฏว่าพื้นที่ป่าไม้ไม่มีอิทธิพลแต่อย่างใดในการที่จะส่งผลต่อตะกอนแขวนลอย ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้ที่ยังอยู่อย่างหนาแน่นของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ ดังกล่าวแล้วยังมีอีกหลายสาเหตุซึ่งจะได้นำมา

อภิปรายต่อไป

ครั้นเมื่อปริมาณน้ำท่าร่วมกับปริมาณน้ำฝนในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยจะพบว่าน้ำหนักของการพยากรณ์จะมาอยู่ที่ปริมาณน้ำท่า คือ 65.7932 ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่มีอยู่เพียง 0.2859 แสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยส่วนใหญ่ยังมาจากอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า อย่างไรก็ตาม เมื่อร่วมกันพยากรณ์แล้วยังทำให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณสูงขึ้น คือ เป็น 0.9754 และสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูงขึ้นด้วย คือเป็น 0 9515 ซึ่งทำให้สัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เพิ่มขึ้นจากเดิม 0.0323 นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนยังลดลงด้วยคือเป็น $\pm$ 53.4135 แสดงว่าโอกาสในการที่จะผิดพลาดซึ่งเกิดจากการร่วมกันพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนมีน้อยลง ถึงแม้จะมีความแปรปรวนรอบเส้นถดถอยเพิ่มขึ้น คือมีค่า F น้อยลงก็ตาม แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่มีความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ที่ได้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่สูง

ขั้นสุดท้ายเป็นการร่วมกันพยากรณ์พร้อมกันหมดทั้งสามตัวแปรที่นำมาศึกษา คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ ยังเห็นได้ว่าอิทธิพลของปริมาณน้ำท่าที่มีต่อตะกอนแขวนลอยยังมีอยู่สูงกว่าทุกตัวแปรคือ 73.9484 รองลงมาได้แก่ปริมาณน้ำฝน 0.2448 และที่มีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยน้อยที่สุดคือพื้นที่ป่าไม้ - 12 3984 เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อนำพื้นที่ป่าไม้มาร่วมในการพยากรณ์ด้วยทำให้ค่าน้ำหนักในการพยากรณ์ของปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจากการร่วมกันพยากรณ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนเพียงสองตัวแปร ทั้งนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ของพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอยอยู่ในลักษณะแปรผันตามกันคือมีค่าบวกนั่นเอง ดังนั้นเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกันกับปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝน จึงทำให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเพิ่มตามไปด้วย แต่เนื่องจากอิทธิพลของพื้นที่ป่าไม้ที่จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยมีน้อยดังกล่าวแล้วในข้อ 1. ซึ่งอาจพิจารณาได้จากค่าน้ำหนักของตัวพยากรณ์เมื่อนำมาร่วมกันพยากรณ์แล้วมีค่าลบ จึงทำให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณที่ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ของสมการชุดนี้เกิดจากอิทธิพลของพื้นที่ป่าไม้น้อยมาก โดยอาจพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณที่เพิ่มขึ้น คือ จากเดิม 0.9754 เป็น 0.9782 ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เพิ่มขึ้นจาก 0.9515 เป็น 0.9569 มีผลให้ประสิทธิภาพของการพยากรณ์เพิ่มขึ้นเพียง 0.0054 เท่านั้น ในขณะที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเพิ่มขึ้นจากเดิม คือ จาก $\pm$ 53 4135 เป็น $\pm$ 53.4553

ถึงแม้ว่าจะ เพิ่มขึ้นไม่มากก็ตาม แต่ก็แสดงว่า เมื่อนำพื้นที่ป่าไม้มาร่วมในการพยากรณ์ด้วยโอกาสที่จะผิดพลาดจากการพยากรณ์จะมีมากขึ้น เนื่องจากว่าความแปรปรวนรอบ เส้นถดถอยมีมากขึ้น พิจารณาได้จากค่า F ซึ่งลดน้อยลง ดังนั้นจึง เห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้มีผลต่อประสิทธิภาพของการพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้อยมากจนสามารถที่จะตัดออกจากสมการพยากรณ์ได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของการพยากรณ์ลดลงมากนัก คือลดลง เพียง 0.0054

4. สร้างสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสำคัญของสมการพยากรณ์โดยการพิจารณาจากค่าสถิติที่ผ่านมาในข้อ 3 จึงอาจสรุปได้ว่า สมการที่จะให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยที่ดีที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้คือสมการชุดที่ (4) ซึ่ง เป็นการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยด้วยปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนร่วมกัน ซึ่งอยู่ในรูปของสมการพยากรณ์ดังนี้ คือ

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 667.3652$$

โดยที่สมการชุดนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ $\pm$ 53.4135

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุป ข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาวิเคราะห์ในครั้งนี้ สามารถที่จะแบ่งขั้นตอนการอภิปรายได้ดังนี้ คือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย
3. การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตะกอนแขวนลอย

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอย

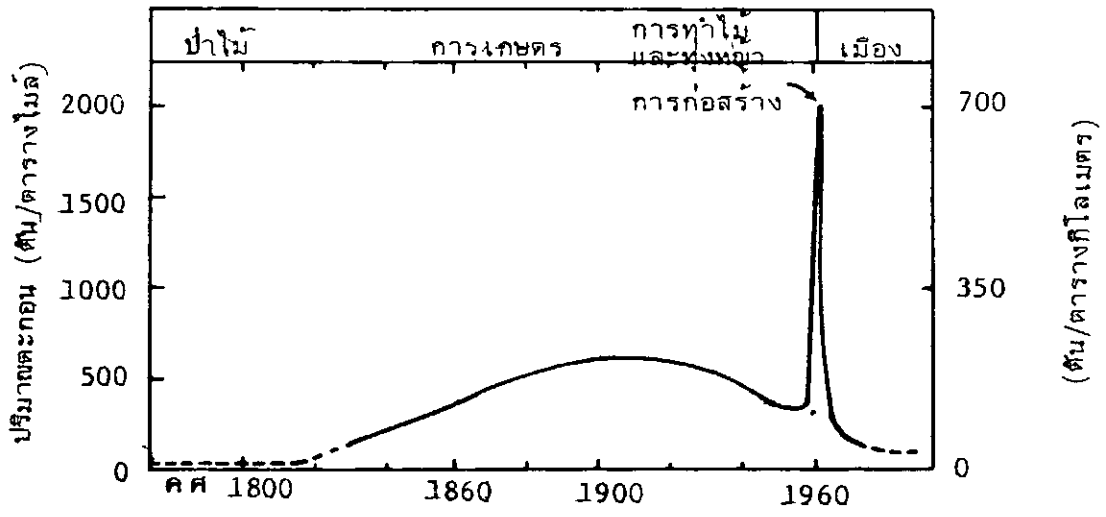
ผลจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับตะกอนแขวนลอยพบว่า ค่าสหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือมีค่าเพียง 0.3653 อีกทั้งยังไม่มีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย นอกจากนี้ค่าสหสัมพันธ์ยังเป็นค่าบวก ซึ่งแสดงว่ามีการแปรผันตามกันหมายถึงว่า แม้พื้นที่ป่าไม้จะลดลงก็มิได้ส่งผลให้ตะกอนเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ทั้งนี้นอกจากจะเป็นเพราะเรือนยอดป่าไม้ของพื้นที่ลุ่มน้ำยังปกคลุมอยู่อย่างหนาแน่นในอัตราที่สูง ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ยังอาจเป็นเพราะว่า

1.1.1 การศึกษาครั้งนี้ใช้ช่วงระยะเวลา 12 ปี และการหาอัตราพื้นที่ป่าที่ถูกทำลายในปีแรก ๆ ก็นำมาคิดรวมกับพื้นที่ป่าที่ถูกทำลายในปีต่อมาด้วย ถ้าหากนำพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายในแต่ละปีมาหาความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยในช่วงเวลาเดียวกัน อาจจะเป็นไปตามสมมติฐานก็ได้ เพราะเมื่อพื้นที่ป่าถูกทำลายลงไปใหม่ ๆ หน้าดินจะถูกรบกวน ซึ่งง่ายต่อการชะล้าง แต่เมื่อนานไปคือในปีต่อ ๆ มาหน้าดินจะเริ่มแน่นขึ้นเนื่องจากส่วนที่ง่ายต่อการชะล้างได้ถูกชะล้างไปหมดแล้วจึงเหลือแต่ส่วนที่มีความคงทน นอกจากนี้พื้นที่ป่าที่ถูกทำลายลงแต่แรกจะกลายเป็นไร่ร้าง มีหญ้าคา และลูกไม้ต่าง ๆ ขึ้นทดแทน จึงเป็นการป้องกันการตกกระทบของเม็ดฝนอีกด้วย จากการศึกษาของนิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะในการหาปริมาณตะกอนจากป่าดิบเขา

และพื้นที่ไร่ร้าง ก็ปรากฏว่าปริมาณตะกอนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสรุปว่าเป็นเพราะบริเวณไร่ร้างจะมีหญ้าคา หญ้าข้าง และลูกไม้ขึ้นทดแทนกันอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการกระจายของรากหญ้าคาจะประสานรวมตัวกันแน่นอยู่หน้าผิวดิน ซึ่งป้องกันการตกกระทบของเม็ดฝนและต้านทานแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นอย่างดี (นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ, 2515.3) และจากการออกภาคสนามก็พบว่าบริเวณด้านดอยปุยซึ่งเป็นบริเวณต้นน้ำจะมีหญ้าคาและลูกไม้ที่กำลังโตอยู่มากมาย โดยเฉพาะพวกพืชตระกูลสนจะมีขึ้นอยู่โดยทั่วไปตามบริเวณหุบเขาด้านข้างของลำธาร ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าคาเป็นหญ้าที่ใช้ระยะเวลาในการเติบโตสั้นเพียง 1-3 เดือนเท่านั้น ประกอบกับบริเวณนี้เป็นด้านรับลม โอกาสที่ลูกไม้ตามยอดเขาจะปลิวตามลมมาตกแพร่กระจายพันธุ์จึงมีมากด้วย

1.1.2 เนื่องจากลุ่มน้ำห้วยแม่ในเป็นสาขาลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็ก คือมีพื้นที่ลุ่มน้ำเพียงประมาณ 18 ตารางกิโลเมตรดังนั้นจะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำ จึงมีน้อยด้วย น้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่จะไหลลงสู่ลำน้ำ จึงมีจำนวนไม่มากนัก ความสามารถในการพัดพาอนุภาคต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลงสู่ลำน้ำ ก็น้อยไปด้วย ดังนั้นถึงแม้ว่าพื้นที่ป่าไม้จะลดน้อยลงไป แต่เมื่อขาดตัวการในการที่จะชะล้างพัดพาอนุภาคต่าง ๆ ลงสู่ลำน้ำ จึงไม่เป็นการเพิ่มตะกอนในลำน้ำเท่าที่ควร

1.1.3 เนื่องจากลุ่มน้ำห้วยแม่ในเป็นสาขาลุ่มน้ำหนึ่งของลุ่มน้ำแม่สา ซึ่งอยู่ในโครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สาของกองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ เพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำ ที่สำคัญคือการตัดถนนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งลุ่มน้ำห้วยแม่ในด้วย ย่อมเป็นที่ทราบกันดีว่าการตัดถนนนั้นทำให้ดินง่ายต่อการถูกชะล้างทำลาย จากการศึกษาของโวลแมน (Wolman.1967) ในเขตฟิเอดมองต์ รัฐแมรีแลนด์ (Maryland Piedmont Region) สรุปว่าตะกอนจะมีความสัมพันธ์กับการก่อสร้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีการพัฒนาเพราะจะต้องมีการตัดถนน ขุดท่อ เป็นต้น (Butzer.1976 117 citing Wolman.1967) ดังนั้นถึงแม้พื้นที่ป่าจะถูกทำลายไปไม่มากก็ตาม แต่ตะกอนแขวนลอยก็สามารถที่จะเพิ่มขึ้นได้



ภาพประกอบ 20 แสดงความสัมพันธ์ของการก่อสร้างกับตะกอนแขวนลอยจากการศึกษาของโวลแมน

1.1.4 นอกจากนี้พื้นที่ป่าที่เป็นที่ไร่ร้างและมีหญ้าคาขึ้นปกคลุมแล้วนั้นย่อมมีโอกาสที่จะเกิดไฟป่าขึ้นได้ง่าย เนื่องจากในหน้าแล้งหญ้าคาจะแห้งและง่ายต่อการติดไฟ ซึ่งถ้าหากเกิดไฟป่าขึ้นแล้ว พอถึงหน้าฝนก็จะถูกชะล้างลงสู่ลำน้ำเป็นตะกอนแขวนลอย โดยพื้นที่ป่าไม้อาจจะไม่ถูกทำลาย หรือจะถูกทำลายบ้างก็ไม่มากนัก เนื่องจากการติดไฟของต้นไม้ที่ยากกว่าหญ้าคา

จากเหตุผลต่าง ๆ ดังกล่าว เมื่อนำพื้นที่ป่าไม้มาหาความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย จึงให้ค่าสหสัมพันธ์ต่ำและไม่เป็นไปตามสมมติฐาน

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ได้ค่าสหสัมพันธ์ 0.9030 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์เป็นบวก แสดงว่ามีการแปรผันตามกันนั่นคือถ้าหากปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ค่าสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งแสดงว่ามีความสัมพันธ์กันจริง ดังนั้นจึงเป็นไปตามสมมติฐาน เหตุที่เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มตามด้วย อาจกล่าวได้ว่าเป็นเพราะฝนเป็นปัจจัยแรกของกษัยการพื้นที่ เป็นตัวการแรกที่ทำให้อนุภาคดินแตกแยกออกจากกัน หรือจากก้อนใหญ่เป็นก้อนเล็กแล้วถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่ลำน้ำในสภาพของการแขวนลอยในที่สุด ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำฝนมากจะทำให้น้ำไหลบ่ามากขึ้น ความรุนแรงที่เกิดจากกษัยการจะมีมากขึ้น ตะกอนแขวนลอยจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังกล่าว ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงสอดคล้องกับการศึกษาของโฟร์เนียร์

ซึ่งศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นด้วย (Thornes. 1977 : 108 citing Fournier. 1960) ซึ่งความจริงในข้อนี้อาจสังเกตได้โดยทั่วไปจะเห็นได้ว่าในฤดูฝนน้ำในแม่น้ำลำคลองโดยทั่วไปจะมีความขุ่นข้นมากกว่าในฤดูอื่น ๆ อย่างไรก็ตามจากการออกภาคสนามของผู้วิจัยซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนพอดี คือเดือนสิงหาคม ได้ทำการสำรวจบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำบริเวณหมู่บ้านป่าม่วง พบว่าน้ำในลำห้วยไม่ได้มีความขุ่นข้นมากนัก ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะว่าดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ในเป็นดินที่เกิดจากหินแกรนิต จึงมักให้ดินทรายเป็นส่วนใหญ่ทำให้มีอัตราการซึมสูง จากการศึกษาของเกษม จันทร์แก้ว และจรินทร์ นาคศิริ พบว่าดินป่าดิบเขาดอยปุยจะเป็นดินที่มีโปรไฟล์ลึก ความอุดมสมบูรณ์ของดินดีมาก เพราะมีอินทรีย์วัตถุสูง เป็นดินที่ร่วนซุย เกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ การอุ้มน้ำดี เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย (sandy loam) การซึมของน้ำจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ (เกษม จันทร์แก้ว และ จรินทร์ นาคศิริ 2519 . 20) จากการที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ในมีอัตราการซึมสูงจึงเป็นการลดน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งเป็นตัวการในการชะล้างพัดพาตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำลงสู่ลำน้ำ ตะกอนแขวนลอยส่วนใหญ่จึงมาจากการขัดถูของน้ำในลำธารมากกว่า ประกอบกับหินที่รองรับท้องลำธารเป็นหินแกรนิตและควอทซไซท์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นหินที่สลายตัวทางเคมีค่อนข้างยาก ดังนั้นน้ำในลำห้วยจึงไม่ขุ่นมากนัก ทั้ง ๆ ที่อยู่ในช่วงฤดูฝน การพิจารณาในแง่นี้เป็นเพียงการพิจารณาในแง่ของปริมาตรเท่านั้น ส่วนทางด้านปริมาณก็นับว่าเป็นช่วงที่มีตะกอนสูงสุดของห้วยแม่ในคือ ประมาณเดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นฤดูฝน

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจะมีความสัมพันธ์กันสูงมาก ดังนั้นเมื่อนำเอาปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยมาหาความสัมพันธ์กัน จึงทำให้ค่าสหสัมพันธ์สูงตามไปด้วย ทั้ง ๆ ที่ในพื้นที่นี้ตะกอนแขวนลอยอาจไม่ได้มาจากกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินมากนักก็ได้

นอกจากนี้ยังเป็นเพราะว่าลุ่มน้ำห้วยแม่ในอยู่ในบริเวณป่าดิบเขา ซึ่งมีอัตราการระเหยน้อย ประกอบกับพื้นที่ลุ่มน้ำเล็ก ดังนั้นเมื่อมีฝนตกลงในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงทำให้สูญเสียปริมาณน้ำน้อย และเมื่อตกลงมาแล้วก็จะไหลลงสู่ลำน้ำอย่างรวดเร็ว ส่วนความยาวของลำห้วยจากต้นน้ำจนถึงจุดน้ำไหลออกมีความยาวเพียง 8 กิโลเมตรเท่านั้น โอกาสที่จะเกิดการตกตะกอนของลำน้ำจึงมีน้อย การเดินทางของตะกอนจากต้นน้ำสู่จุดน้ำไหลออกจะใช้ระยะเวลาไม่มากนัก ดังนั้น

เมื่อปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นจึงสัมพันธ์กันกับปริมาณตะกอนทางตอนล่างของลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้นด้วย

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับตะกอนแขวนลอย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่ามีความแปรผันกันในทางตรง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ในอัตราที่สูง คือ มีค่าสหสัมพันธ์ถึง 0.9587 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะสังเกตเห็นว่าค่าสหสัมพันธ์ที่ได้สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยด้วยแสดงว่าปริมาณน้ำท่ามีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยสูงกว่าทุกตัวแปรที่นำมาหาความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย ทั้งนี้เพราะว่าโดยทั่วไปแล้วปริมาณน้ำฝนจะเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกที่จะให้ปริมาณน้ำท่าโดยตรง (นิพนธ์ ตั้งธรรม และประเดิมชัย แสงคู่วงษ์ 2524 . 1) ดังนั้นตะกอนแขวนลอยที่ได้จากกษัยการของปริมาณน้ำฝนจึงถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้น้ำท่าที่ไหลอยู่ในลำน้ำก็ยังมีกษัยการอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้โอกาสที่จะเกิดตะกอนแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นด้วย . โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากลำน้ำนั้นมีสาขาหลายสาขาก็จะยิ่งเพิ่มตะกอนแขวนลอยให้มากขึ้นไปอีก เนื่องจากตะกอนแขวนลอยจะขึ้นอยู่กับผลจากกษัยการและการพัดพาในลุ่มน้ำของโครงข่ายลำน้ำ (Hadley 1976 132) ลุ่มน้ำห้วยแม่ในประกอบด้วยห้วยสาขาประมาณ 56 สาขา โอกาสที่จะเกิดตะกอนแขวนลอยจากน้ำท่าจึงมากกว่า ปริมาณน้ำฝนซึ่งเกิดจากกษัยการของพื้นที่ลุ่มน้ำแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำปริมาณน้ำท่ามาหาความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยจึงให้ค่าสหสัมพันธ์ที่สูง และมากกว่าค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณน้ำฝนกับตะกอนแขวนลอยดังกล่าว

ข้อที่น่าสังเกตเป็นอย่างยิ่งก็คือในเดือนใดที่ไม่มีฝนตกเลย แต่ตะกอนแขวนลอยที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำคงวัดได้อยู่ ถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณน้อยก็ตาม แสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยที่วัดได้นั้นเกิดจากกษัยการของน้ำท่าแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งนับเป็นข้อยืนยันถึงผลของกษัยการที่เกิดจากปริมาณน้ำท่าได้เป็นอย่างดี

2. <u>การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณกับตะกอนแขวนลอย</u>

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีตัวแปรอยู่สามตัวที่ใช้ในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้เพื่อที่จะหาคำตอบว่าตัวแปรใดจะให้ความเที่ยง

ตรงมากที่สุดในการพยากรณ์ และถ้าหากตัวแปรต่าง ๆ เหล่านั้นร่วมกันในการพยากรณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เพิ่มขึ้นหรือไม่ เพื่อที่จะเลือกเอาตัวแปรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาสร้างเป็นสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ จากการศึกษาซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยแบบ stepwise multiple regression ก็พบว่าตัวแปรแรกที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าสู่สมการพยากรณ์ คือปริมาณน้ำท่า ($r = 0.9587$) ตัวต่อมาคือปริมาณน้ำฝน ($r = 0.9030$) อย่างมีนัยสำคัญ และตัวสุดท้ายคือ พื้นที่ป่าไม้ ($r = 0.3653$) ผลของการวิเคราะห์ก็พบว่าการร่วมกันพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูงที่สุด ซึ่งกล่าวไว้แล้วในบทที่ 4

สาเหตุที่ปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูง อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนเป็นตัวการของกษัยการอย่างแท้จริง ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดตะกอนแขวนลอยโดยตรง ส่วนพื้นที่ป่าไม้นั้นเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่จะเป็นตัวเร่ง หรือตัวลดพลังงานของกษัยการเท่านั้น กล่าวคือ หากพื้นที่ลุ่มน้ำมีสภาพความเป็นป่ามากก็จะเป็นการลดพลังงานกษัยการหน้าดิน และหากพื้นที่ป่าถูกทำลายมากก็จะเป็นการเปิดหน้าดินทำให้ง่ายต่อกษัยการที่เกิดจากฝนได้มากขึ้น จะเห็นได้ว่าโดยสภาพที่แท้จริงแล้วพื้นที่ป่าไม้ไม่ได้เป็นตัวการของกษัยการ ดังนั้นจึงมีผลต่อตะกอนแขวนลอยต่ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนแล้วจึงพบว่า มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงระดับเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพื้นที่ป่าไม้มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำอยู่เพียงตัวเดียว เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และเมื่อนำปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวเป็นตัวกษัยการมาร่วมกันพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูงขึ้นดังกล่าว

3. <u>การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย</u>

การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยในการศึกษาครั้งนี้ มีตัวพยากรณ์อยู่สามตัวแปร คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยเพื่อคัดเลือกตัวแปรที่ดีที่สุดเป็นตัวพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด คือ การร่วมกันพยากรณ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน ซึ่งอยู่ในรูปของสมการดังนี้ คือ

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 667.3652$$

เมื่อ Y = ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)

X_1 = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)

X_2 = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

โดยสมการชุดนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ $\pm$ 53.4135

จากประสบการณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ทราบข้อเท็จจริงหลายประการที่ต้องตระหนักถึงก็คือ ลุ่มน้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการวัดปริมาณน้ำท่ากันมากนัก และลักษณะของการวัดไม่ได้กระทำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน ๆ แต่ทำเพียงโครงการเฉพาะกิจเท่านั้น ดังนั้นโอกาสหน้าถ้าหากไม่มีการวัด หรือหากมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในลุ่มน้ำที่ไม่ได้ทำการวัดปริมาณน้ำท่าไว้ การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยจากค่าของปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียวจะมีความจำเป็นมาก ปัญหาต่าง ๆ จึงอาจแก้ไขได้เพราะข้อมูลปริมาณน้ำฝนจะมีการวัดอยู่โดยทั่วไป และมีอยู่หลายหน่วยงานด้วยกันจึงสามารถที่จะเก็บรวบรวมนำมาศึกษาได้ โดยนำมาประกอบกับผลของการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งอาจกล่าวได้เป็นสองประเด็น คือ

1. สร้างสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย โดยใช้ค่าปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียว จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอยสูงถึง 0.9030 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสามารถใช้ในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยได้ดี นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนยังสามารถที่จะใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำท่าได้เป็นอย่างดี เนื่องจากทั้งสองมีความสัมพันธ์กันสูง คือ 0.8401 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นในกรณีที่เราขาดข้อมูลของปริมาณน้ำท่า จึงสามารถที่จะนำเอาปริมาณน้ำฝนมาใช้แทนกันได้

2. สร้างสมการพยากรณ์ค่าของปริมาณน้ำท่าจากค่าของปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากการศึกษาครั้งนี้ในรูปของสมการเส้นตรง คือ

$$Y = a + bX$$

เมื่อ Y = ปริมาณน้ำท่า

X = ปริมาณน้ำฝน

a, b = ค่าคงที่

แล้วนำค่าปริมาณน้ำท่าที่พยากรณ์ได้และค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนไปใช้กับสมการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน ซึ่งจะทำให้ได้ประโยชน์มากขึ้นในการที่จะพยากรณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าของตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ใน

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการทดสอบทางด้านสถิติเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่นำมาศึกษา คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่ป่าไม้ที่มีต่อตะกอนแขวนลอย ปรากฏผลดังนี้ คือ

1.1 ปริมาณน้ำท่ามีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย 0.9587 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยรองลงมาเป็นอันดับที่สอง โดยมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย 0.9030 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3 พื้นที่ป่าไม้มีอิทธิพลต่อตะกอนแขวนลอยน้อยที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กับตะกอนแขวนลอย 0.3653 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. เมื่อนำตัวแปรที่ศึกษาทั้งสามตัวมาร่วมกันในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยปรากฏว่ามีความสัมพันธ์ร่วมกันในการที่จะส่งผลต่อตะกอนแขวนลอย โดยที่มีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณสูงขึ้นดังนี้ คือ

2.1 ปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝนร่วมกันพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ 0.9754 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน และพื้นที่ป่าไม้ร่วมกันพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ 0.9782 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. การพยากรณ์ตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน จากการนำสมการพยากรณ์ทุกชุดที่ทำการศึกษาได้มาวิเคราะห์หาสมการพยากรณ์ชุดที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ตะกอนแขวนลอย (Y) ปรากฏว่าได้แก่การพยากรณ์ร่วมกันระหว่างปริมาณน้ำท่า (X_1) และปริมาณน้ำฝน (X_2) ซึ่งสามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้คือ

$$Y = 65.7932\ X_1 + 0.2859\ X_2 - 607.3052$$

ข้อบกพร่องของการศึกษา

1. เนื่องจากบริเวณที่ศึกษามีขนาดเล็ก ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมจึงอาจให้รายละเอียดได้ไม่ดีเท่าที่ควร

2. เนื่องจากข้อมูลของพื้นที่ป่าไม้ขาด ต้องอาศัยวิธีการทางแคลคูลัสมาช่วยประเมินค่าที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนต่อความเป็นจริง

3. ข้อมูลที่ใช้ศึกษาโดยเฉพาะเกี่ยวกับพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากรูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และแผนที่แสดงชนิดของป่าไม้นั้น จะมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาซึ่งอาจไม่สมบูรณ์พอ

4. ตัวแปรที่นำมาศึกษามีเพียงสามตัวเท่านั้น ผลที่ได้จึงไม่สามารถอธิบายรายละเอียดได้เพียงพอ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรศึกษากับลุ่มน้ำอื่นเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

2. ควรเพิ่มตัวแปรให้มากขึ้น เช่น ความเข้มของฝน (intensity), ความชื้นเดิมในดิน ระยะทางของถนนในลุ่มน้ำ ฯลฯ หรืออาจใช้สมการการสูญเสียดินสากล (universal soil loss equation) เป็นต้น อาจจะให้คำตอบที่ชัดเจนและให้ประโยชน์ในการพยากรณ์ผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อกษัยการและตะกอนแขวนลอยได้มากขึ้น

3. น่าจะได้ทำการศึกษาเป็นช่วงฤดู เพราะผลที่ได้จะให้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกษม จันทร์แก้ว อุทกวิทยาลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2515, 140 หน้า

เกษม จันทร์แก้ว และคณะ "อัตราการไหลน้ำในลำธารบริเวณป่าดิบเขา อันเนื่องมาจากฝนที่ตกหนักมากเกินไป ณ ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย เชียงใหม่" บันทึกวิจัยฉบับที่ 8 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กุมภาพันธ์ 2515, 8 หน้า

เกษม จันทร์แก้ว และ จรินทร์ นาคศิริ "สมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินของป่าดิบเขาธรรมชาติ ดอยปุย เชียงใหม่" การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 29 ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2519, 41 หน้า

เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2517, 272 หน้า

จิตติ ปิ่นทอง และ ปุญญะ เผ่าศรีทองคำ รายงานการสำรวจดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ในดอยปุย เชียงใหม่ ฉบับที่ 80 กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2511, 11 หน้า

เทอด สุปรีชากร การคุ้มครองป่าไม้ของชาติ กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้ 2522, 38 หน้า

นิวัติ เรืองพานิช การจัดการลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2521, 173 หน้า

นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ "น้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนจากป่าเขาธรรมชาติและไร่ร้างในบริเวณลุ่มน้ำบนภูเขา" บันทึกวิจัยฉบับที่ 10 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กุมภาพันธ์ 2515, 6 หน้า

นิพนธ์ ตั้งธรรม และ ประเดิมชัย แสงคู่วงษ์ "โมเดลคณิตศาสตร์สำหรับประเมินขั้นคุณภาพของลุ่มน้ำ เอกสารทางวิชาการบริษัทป่าไม้ สถาบันวิจัยธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2524, 20 หน้า

บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพพัฒน์ การวิจัยและศึกษาหาสภาพความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ในท้องที่ภาคเหนือโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้ 2524, 71 หน้า

พัฒนาที่ดิน, กรม การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย กองบริรักษ์ที่ดิน 2523, 27 หน้า

_____ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก 2524, 49 หน้า

_____ โครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ กองบริรักษ์ที่ดิน 2524,86 หน้า

ภาคปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยาเบื้องต้น คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2519, 628 หน้า

ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา "การสำรวจและวิเคราะห์ลุ่มน้ำห้วยแม่ใน" รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 2 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2511, 93 หน้า

ศุภจิตร ศิริคุณโชติ การวางแผนการใช้ที่ดิน : การศึกษาเฉพาะกรณี สำหรับภาคเหนือของประเทศไทย วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยมหิดล 2519, 168 หน้า อัดสำเนา

สมเจตน์ จันทวัฒน์ การอนุรักษ์ดินและน้ำ ภาคปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2522, 203 หน้า

สุเทพ ติงศภัทิย์ และ เคนซากุ ทาเคดะ คู่มืออุทกวิทยา สำหรับงานชลประทาน สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ 2521, 221 หน้า

สุเทพ พร้อมมูล "อุทกภัยจากไร่เลื่อนลอย" วนสาร 33 : 187-282 เมษายน-มิถุนายน 2518

สุรภี เปลี่ยนอนุกูล การศึกษาการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา จากบางไทรถึงสันดอน โดยพิจารณาจากตะกอนน้ำพา อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และความเค็มจากน้ำทะเล ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2518, 80 หน้า อัดสำเนา

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ ธรณีวิทยา ไทยวัฒนาพานิช 2516, 278 หน้า

อำนวย คอวนิช "ป่าไม้เมืองไทยกับสภาวะแวดล้อม" รายงานการสัมนาภูมิศาสตร์แห่งชาติครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 21-27 ธันวาคม 2518, หน้า 251-264

อุทัย จันผกา การจัดการลุ่มน้ำในประเทศไทย สามเจริญพานิช กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ 2523, 13 หน้า

อุทัย จันผกา "อิทธิพลของป่าไม้และการจัดการลุ่มน้ำ" พัฒนาที่ดิน 11 (111) 29-34 สิงหาคม 2517

Beckinsale, Robert P. Land, Air and Ocean London, The Camelot Press Ltd., 1956. 370 p

Bloom, Arthur L. Geomorphology. New Jursey, Prentice Hall Inc., 1978. 510 p.

Butzer, Karl W. Geomorphology for the Earth New York, Harper & Row Publishers., 1976 463 p

Chorley, Richard J. Water, Earth and Man London, Methuen Co., Ltd., 1969. 588 p

Douglas, Ian. Humid Landform Canbera, Australian National University Press, 1977 288 p

Emmons, W H Geology New York, Mc Graw-Hill Inc , 1955. 638 p.

Garner, H F The Origin of Landscape a Synthesis of Geomorphology Oxford University Press, 1974 734 p

Gregory, K J and D E Walling Drainage Basin From and Process : A Geomorphological Approach London, Edward Arnold Ltd , 1976. 458 p.

Hadley, R F and L M Shown "Relation of Erosion to Sediment Yield" in Proceedings of the third Federal inter-agency Sedimentation Conference 1976 Prepared by Sediment Committee Water Resource Council p. 132-139

King, Cuchline A M Techniques in Geomorphology London, Edward Arnold Ltd , 1971 342 p

Kukal, Z Deneck. Geology of Recent Sediments Academic Press Inc., 1971. 490 p.

Leet, Don L Physical Geology. Prentice Hall, Inc., 1978. 490 p

Leopold, Lunar B. Fluvial Processes in Geomorphology New Delhi, Urasian Publishing House Ltd., 1964. 522 p

Leopold, Lunar B. Water. Canada, Time Inc., 1969. 200 p

Li, Ruh-Ming and others. "Water and Sediment Routing form Small Watersheds" in Proceedings of the third Federal inter-agency Sedimentation Conference 1976. Prepared by Sediment Committee water Resource Council. p. 193-204.

Longwell, Chester R Physical Geology New York, John Wiley & Sons, Inc., 1956. 602 p

Monkhouse, F J Principle of Physical Geography. Hazell Watson and Viney Ltd , 1964 510 p.

Monnett, Victor E. The Principles of Physical Geology. Ginn & Company, 1950 450 p.

Mutchler, Lalvin K. and Andrew J. Bowie. "Effect of Land Use on Sediment Delivery Rations" in Proceedings of the third Federal inter-agency Sedimentation Conference 1976. Prepared by Sediment Committee water Resource Council. p.11-21

Ramsey, William L and Raymond Burckley Modern Earth Science New York, Holt, Rinehart & Winston, Inc., 1965 664 p

Rice, R J Fundamentals of Geomorphology London, Longman Inc., 1977. 387 p

Ruangpanit, N Effects of Grown Cover on Surface Runoff and Soil Erosion in Hill Evergreen Forest. Master's Thesis, Kasetsart University, 1971. 83 p mimeographed

Selby, M.J The Surface of the Earth Vol I London, Cassell & Co, Ltd , 1967 272 p

Sawkins, Frederick J and others The Evolving Earth New York, Macmillion Publishing Co , Inc , 1978 588 p

Small, R J The Study of Landforms New York, Cambridge University Press, 1972 486 p.

Sparks, B.W. Geomorphology Hong Kong, Wah Tong Printing Press, 1976. 530 p.

Statham, Ian. Earth Surface Sediment Transport London, Oxford University Press 1977. 184 p

Strahler, Arthur H Introduction to Physical Geography London, John Wiley & Sons, Inc., 1965. 455 p.

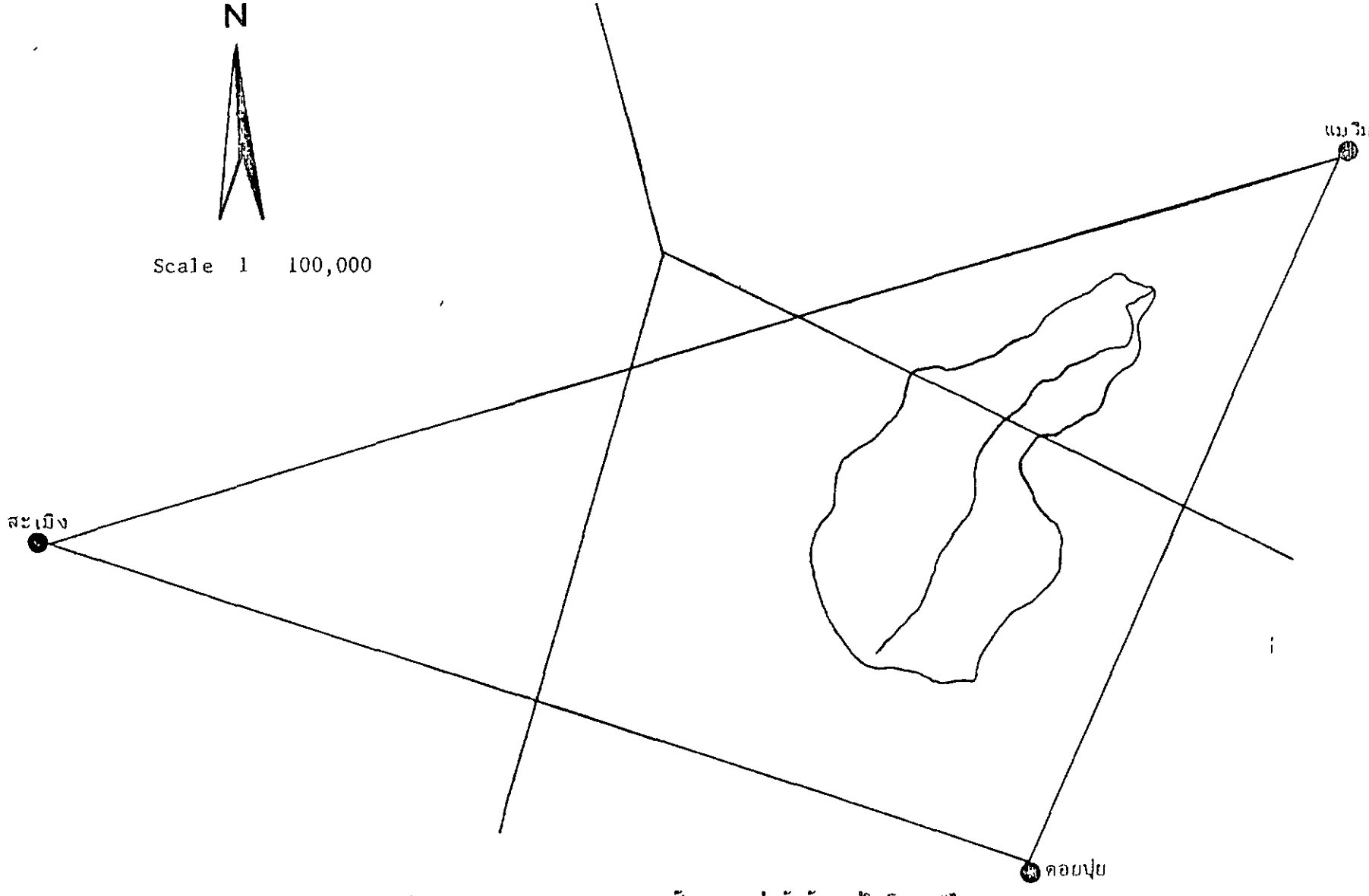
Thornbury, William D. Principle of Geomorphology. New York, John Wiley & Sons Inc , 1969. 594 p.

Thornes, J.B Geomorphology and Time London, Rethuen & Co, Ltd., 1977 208 p

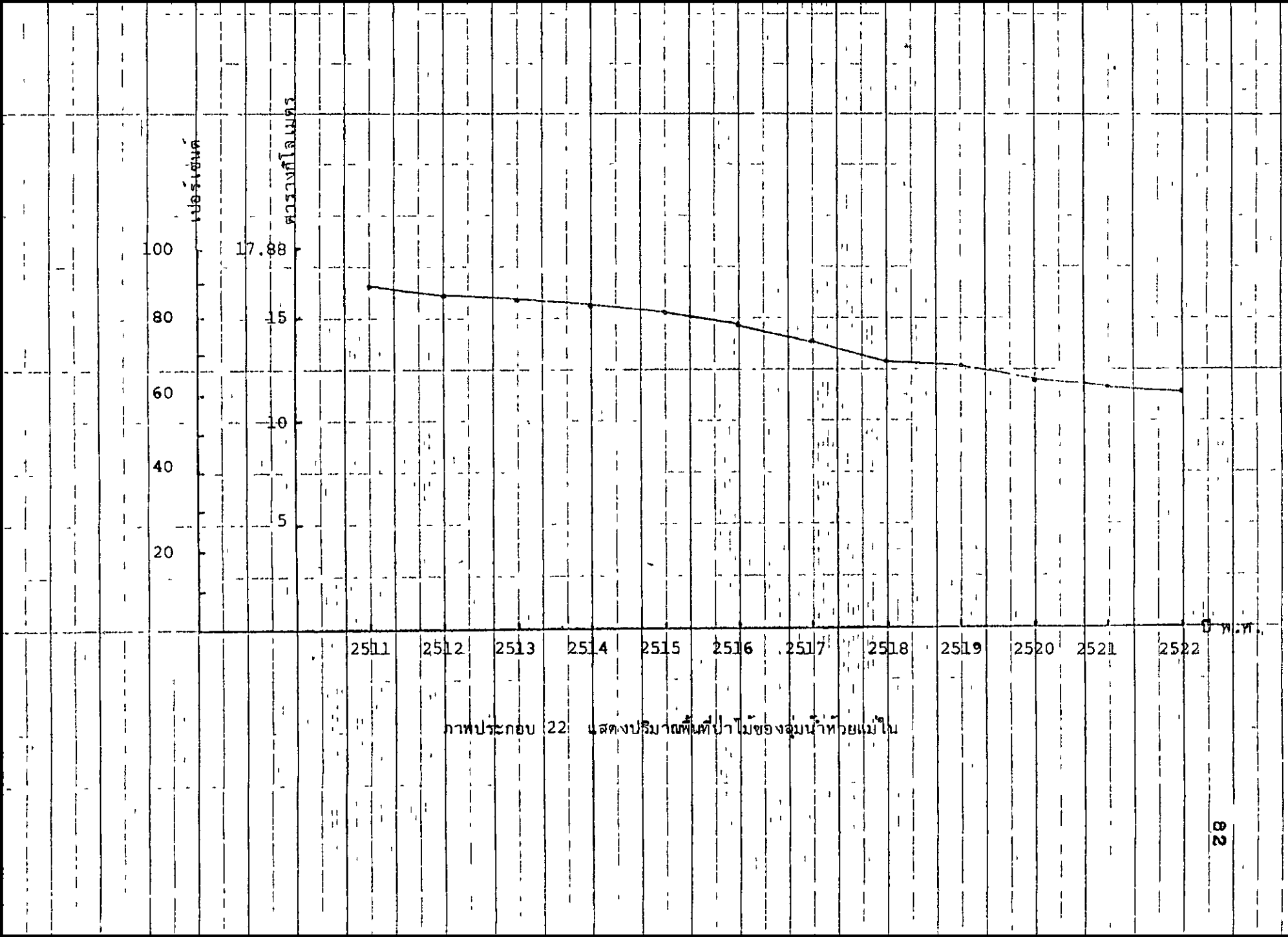
USDA Water The Yearbook of Aggriculture, Wash, D.C. The Government Printing Office, 1955. 751 p

Wisler, C.O Hydrology. New York, John Wiley & Sons Inc., 1959. 408 p.

ภาคผนวก



ภาพประกอบ 21แสดงวิธีหาปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำห้วยแม่ในโดยวิธีไทเสน



ภาพประกอบ 22 แสดงปริมาณพื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน

ตาราง 14 แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย (มิลลิเมตร)

ปี	ม ค	ก พ	มี ค	เม ย	พ ค	มิ ย	ก ค.	ส ค	ก ย	ต ค	พ ย	ธ ค	รวม
2511	5 97	0 00	8 42	200 72	202 86	352 10	246 70	360.20	381 50	243 60	38 45	0 00	2040 50
2512	8 50	0 00	0 00	3 30	367 40	177 60	288.20	572 20	337 70	134 50	76 70	1 50	1967.60
2513	0 00	0 00	72 00	75 20	483 00	264 60	272.60	420 50	366.00	79 70	81 60	104 90	2220 10
2514	5 00	0 00	27 30	52 30	302 70	325 40	422 10	517 20	264 80	240 50	75.30	48 10	2280.70
2515	3 50	0 00	16 30	171 00	114 50	260 80	126.10	443.70	338 60	176 30	206 70	55 90	1913 40
2516	0 00	0 00	186 30	24 80	269.00	368.70	435 60	462 60	464 50	151 90	56 40	0 00	2419 80
2517	0 00	0 00	18 40	79 50	228 90	129 10	247.60	364 80	414.10	244 00	272 80	0 00	1999 20
2518	160 40	0 00	3 20	59 10	187 00	333 10	388 80	509.70	560 00	286 90	60 40	104 00	2652 60
2519	0 00	19 50	7.50	46 60	300 40	186 00	242.90	363 50	386 70	293 80	44 60	3 30	1894 80
2520	89 80	3 40	19 80	148 70	234 30	281 70	175 70	341 80	592 50	291 40	40 60	59.80	2279 50
2521	68 20	9 20	0 00	29 30	316 10	189 10	700 10	346 20	277.00	184 10	20 70	27 10	2167 10
2522	0 00	0 00	11 50	54 20	353 60	224 00	168.60	260 40	318.70	209.80	0 00	0 00	1600 80

ตาราง 15 แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอำเภอแม่วิม (มิลลิเมตร)

ปี	ม ค	ก พ	มี ค	เม ย	พ ค	มิ.ย.	ก.ค	ส.ค.	ก ย	ต ค	พ.ย	ธ ค	รวม
2511	0 00	0 00	0 00	120 00	140 50	144 50	99 20	229 60	110 80	139 10	3 40	0 00	987.10
2512	0 00	0 00	0 00	35 20	295 70	87.20	107 80	225 70	121.20	32 00	10 80	0 50	916 10
2513	5 70	0 00	44.90	68 40	372 10	172 50	132 10	278.60	257.20	57 30	19 80	32.80	1441 40
2514	0 00	0.00	9 40	77 80	164 30	174 90	267 20	275.60	152 50	135 20	17 60	18 10	1292 60
2515	0 00	0.00	21 30	160 70	93 90	67 30	112 80	228 00	245 20	93 20	158.40	13.30	1194 10
2516	0 00	0 00	53 40	4 60	176 20	163 30	253 40	352 20	267 20	42 70	37 00	0 00	1350 00
2517	0 00	0.00	17 90	71 80	133 00	92 00	106.10	267 70	169 00	151 50	81 60	0 00	1090 60
2518	112 90	*	*	21 30	206.10	127 30	215.60	217 80	181 70	120 10	31 80	*	1234 60
2519	0 00	0 00	12 30	0 00	85 40	63 50	87 50	187 90	110.50	135 90	0.00	0.00	683 00
2520	0 00	0 00	3 60	93 40	153 10	73 60	69 70	189 80	161.50	99 50	0 00	36 40	880 60
2521	0 00	0 00	0 00	0 00	82.70	42.60	262 10	170 60	70 20	65 90	0 00	0 00	694 10
2522	0 00	0 00	18 30	27 40	235 90	16 00	92 30	133 80	113 10	126 90	0 00	0 00	763 70

* ข้อมูลขาด

ตาราง 16 แสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน (ล้านลูกบาศก์เมตร)

ปีน้ำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย	ต.ค	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ	มี.ค.	รวม
2511	0.73	0 61	0.46	0.50	1.54	1 29	1 72	1.00	0.75	0.49	0 34	0.28	9.71
2512	0.22	0.59	0.50	0 51	1.88	1.81	1.39	1.04	0.73	0.58	0.42	0.35	10.02
2513	0.22	0.95	0.93	0 67	1.90	2.47	1.78	1.19	1.05	0.64	0.49	0.49	12.78
2514	0.41	0.52	0.77	1 96	2.23	2.36	2.16	1.32	1.05	0.66	0 52	0.49	14.45
2515	0.51	0.48	0.55	0.53	0 96	1 62	1 85	1.52	1.19	0.84	0.56	0.64	11.25
2516	0 46	0.53	0.93	1.17	2.21	2.77	1.50	0.99	0.82	0 62	0.49	0.51	13.00
2517	0.40	0 59	0.58	0.64	1 04	1.17	1.05	1 32	0 74	0.86	0 40	0 34	9.13
2518	0 31	0.39	0.54	1.13	1.53	2 66	2.16	1.45	1.16	0 82	0 57	0 49	13.21
2519	0.36	0 48	0.53	0.47	0.97	1.44	1.41	1.35	0 68	0.65	0.38	0.33	9 05
2520	0 32	0 38	0 59	0.43	0 86	2.60	1.73	0.81	0.52	0 44	0.33	0 28	9.29
2521	0 48	0 65	0.60	1.92	1.77	1.48	1.40	0.84	0.68	0.53	0.42	0.47	11.24
2522	0.32	0 52	0.56	0.54	0 63	0 91	1 25	0.55	0.47	0.37	0.23	0 15	6 50

ตาราง 17 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน (ตัน)

ปีน้ำ	เม.ย	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย	ต ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก พ	มี.ค.	รวม
2511	43	24	12	14	100	67	106	44	26	13	8	6	463
2512	5	34	14	15	146	129	76	46	25	17	11	8	526
2513	5	104	47	23	128	199	112	58	47	20	14	13	770
2514	10	15	33	156	184	185	157	68	46	23	15	13	905
2515	18	13	17	15	42	112	120	87	56	32	17	21	550
2516	12	15	43	57	163	268	84	43	30	19	14	14	762
2517	10	19	18	22	48	57	47	70	26	38	10	7	372
2518	6	10	18	83	99	364	183	81	57	30	18	13	962
2519	8	14	17	13	51	83	85	79	23	22	9	7	411
2520	11	14	25	17	43	206	94	35	22	17	13	10	507
2521	13	22	19	160	119	88	80	34	22	15	12	3	587
2522	7	17	17	16	22	44	72	16	13	8	5	3	240

ตาราง 18 แสดงปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า พื้นที่ป่าไม้ และตะกอนแขวนลอยรายปีของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน

ปี	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)	พื้นที่ป่าไม้ (ตารางกิโลเมตร)	ตะกอนแขวนลอย (ตัน)
2511	1829 83	9 71	15.68	463
2512	1757.30	10 02	15.55	526
2513	2064.36	12.78	15 42	770
2514	2083 08	14 45	15.29	905
2515	1769 54	11.25	15.13	550
2516	2205.84	13 00	14 63	762
2517	1817.48	9 13	13.88	372
2518	2369 00	13 21	13 13	962
2519	1652.44	9 05	12 88	411
2520	1999 72	9 29	12 12	507
2521	1872.50	11 24	11 88	587
2522	1433.38	6.50	11.38	240