

631.62

๗ ๙๙๘๖

๖๖๖

ระบบการระบายนํ้าบนหินฐานแกรนิต และกษัยการดิน
ในบางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

ปริญญานิพนธ์

ของ

กฤษนันท์ พฤกษ์พงษ์

๕1 พ.ศ. 253๖

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าอิสระ

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2528

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

177950

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปฏิญานพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....
.....
..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
..... กรรมการ
..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อภิสิทธิ์ เอี่ยมมโน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวี วรกวิน ซึ่งได้กรุณาเป็นประธานและกรรมการ และให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อคิดเห็นทางวิชาการ รวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัช บุรีรักษ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบ

ขอขอบคุณ คุณชูชาติ พุ่มเรือง ที่ให้ความช่วยเหลือในการคำนวณทางสถิติ การเก็บข้อมูลภาคสนาม และความช่วยเหลืออื่น ๆ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอุทัย ขุนทรัพย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแผนที่ และเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ อาจารย์วัฒนา หุตจันทร์ ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และขอขอบคุณ คุณกฤษดา อัมระนันท์ คุณวิมล ปรีชญ์ คุณสุนิสา สานศิริบูลย์ คุณเสถียร สีทอง คุณบำเพ็ญ อุทโท คุณจิระศักดิ์ เคชเกิก นื่องกอบกุล พงกษพงษ์ นื่องวรชาติ พงกษพงษ์ ค.ช. หศพล หวีทรัพย์ และ ค.ญ. ชูติมา หวีทรัพย์ ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ พี่ชัยนธ์ พงกษพงษ์ ที่อำนวยความสะดวกด้านพาหนะไปเก็บข้อมูลภาคสนามทุกครั้ง

ขอขอบพระคุณ พี่นิติ สุวรรณศิริ ที่ช่วยเหลือในการชักเงาสำนวนภาษาอังกฤษ

ขอกราบขอบพระคุณ หลวงน้ำพระมหาธาเทธร ที่อำนวยความสะดวกในการพักที่จิตตภาวันวิทยาลัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่กัญชัว พงกษพงษ์ คุณพี่สุนทร พงกษพงษ์ คุณพี่สุจรรยา สุวรรณศิริ คุณพี่สมพิศ หวีทรัพย์ ที่ให้ทุนในการศึกษา และการวิจัย ตลอดจนเป็นกำลังใจผู้วิจัยตลอดมา

ที่สุดนี้ ประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขออุทิศส่วนกุศลแก่ คุณพ่อสุทุม พงกษพงษ์ ผู้ล่วงลับไปแล้ว

กฤษนันท์ พงกษพงษ์

ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ส่วนหนึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษา	9
	สมมุติฐานในการศึกษา	9
	ขอบเขตของการศึกษา	10
	เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ทำการศึกษา	10
	ความสำคัญของการศึกษา	10
	ข้อตกลงเบื้องต้น	12
	นิยามศัพท์	12
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
	ระบบการระบายน้ำ	14
	กัมัยการดินที่เกิดจากน้ำ	21
	พื้นฐานของดินที่เกิดจากหินแกรนิต	34
	สภาพโดยทั่วไปของบริเวณที่ศึกษา	38
3	วิธีดำเนินการศึกษา	48
	ข้อมูลและเครื่องมือ	48
	การรวบรวมข้อมูล	49
	การจัดกระทำกับข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้	49
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล	52
	ลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินแกรนิตของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ	
	พ.ศ. 2524	52

ลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ	53
ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ	59
ลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ	61
เปรียบเทียบความหนาแน่นการระบายน้ำของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 กับ	
พ.ศ. 2524	71
ลักษณะของดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน	85
เนื้อดิน	87
สีดิน	94
ค่าปฏิกิริยาดิน	96
ความหนาแน่นรวมของดิน	96
ลักษณะวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกบริเวณที่เกิดภัยการ	98
ปริมาณภัยการดินโดยประมาณที่เกิดจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ	
ตลอดระยะเวลา 28 ปี	103
5 บทย่อ สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	114
บทย่อ	114
สรุปผลการศึกษา	114
อภิปรายผลการศึกษา	117
ตอนที่ 1 การทดสอบกฎของดินเกี่ยวกับลักษณะระบบการระบายน้ำ	
บทพื้นฐานแกรนิต	117
ตอนที่ 2 การพัฒนาระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิตในระยะ	
เวลา 28 ปี ที่มีผลต่อภัยการดิน และปริมาณภัยการดินโดย	
ประมาณ	125
ข้อบกพร่องในการศึกษา	131
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	131

บทที่ ๑

หน้า

บรรณานุกรม 133

ภาคผนวก 139

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	อิทธิพลของฝนที่มีต่อปริมาณน้ำท่า	4
2	เนื้อที่ป่าไม้ที่เหลือของภาคตะวันออก	5
3	การสูญเสียดินในสภาพความลาดต่างระดับ จากการปลูกพืชเกษตร	24
4	การสูญเสียดินเนื่องจากการไถพรวนบนความลาดต่าง ๆ	25
5	ข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ที่มีความลาดต่าง ๆ กัน	26
6	ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง จังหวัดระยองตอนล่าง	28
7	ค่าเฉลี่ยการลดลงของอัตราการซึมผ่านผิวดินหลังฝนตก ภายใต้การใช้ ประโยชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง จังหวัดระยองตอนล่าง	29
8	การจัดชั้นการสูญเสียดินในประเทศไทย	32
9	การจัดชั้นการสูญเสียดินในจังหวัดชลบุรีและระยอง	33
10	ความหนาแน่นรวมและปริมาณดินเหนียวที่ถูกชะล้างในหน้าตัดดิน	37
11	ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของ อ.เมือง จ.ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี (2494 - 2520)	42
12	ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี (2494 - 2520)	44
13	ฤดูกาลเพาะปลูก และระยะที่ฝนตกชุก	46
14	ระยะเวลาที่ดินชุ่มชื้นในระดับต่าง ๆ กัน	46
15	จำนวนลำน้ำและอัตราส่วนไบเฟอร์เกนซ์ของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	53
16	เปรียบเทียบจำนวนลำน้ำที่ปรากฏจริงกับในอุทกภาคของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	57

17	อัตราส่วนความยาวและความยาวเฉลี่ยสะสมของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 ..	60
18	อัตราส่วนความยาวและความยาวเฉลี่ยสะสมของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524 ..	60
19	ความยาวรวม และความยาวเฉลี่ยที่ปรากฏจริงและในอุดมคติของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496	62
20	ความยาวรวมและความยาวเฉลี่ยที่ปรากฏจริงและในอุดมคติของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524	65
21	ความลาดเฉลี่ยและอัตราส่วนความลาดของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	66
22	ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำที่ปรากฏจริงและในอุดมคติของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	68
23	ความหนาแน่นของการระบายน้ำและความถี่ของลำน้ำของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	72
24	พื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524	75
25	การพัฒนาลำน้ำต่อระยะเวลา 28 ปี (พ.ศ. 2496 - 2524)	80
26	ระดับกั้นการโดยประมาณ	85
27	เปรียบเทียบความถี่ของลำน้ำและความหนาแน่นของการระบายน้ำ ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน พ.ศ. 2524	87
28	ค่ามัธยเทศกิตติของเนื้อดิน และประเภทของเนื้อดิน	8'
29	ฐานนิยมของสีดิน	
30	ฐานนิยมของค่าปฏิกริยาดิน	
31	ค่ามัธยเทศกิตติของความหนาแน่นรวมของดิน	
32	วิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดกับระดับกั้นการ	
33	ปริมาณกั้นการดินที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 28 ปี (พ.ศ. 2496 2524)	

บัญชีภาพประกอบและกราฟ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ	2
2 ปริมาณน้ำฝนการคืนในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก	3
3 รูปถ่ายทางอากาศ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496 เนินแกรนิตเหล่านี้ ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ที่สมบูรณ์	7
4 รูปถ่ายทางอากาศ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 เนินแกรนิตที่เคย เป็นป่าไม้อันอุดมสมบูรณ์ แปรสภาพเป็นเนินที่กำลังถูกก่อกวนอย่าง รุนแรง	8
5 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีของฮอว์กิน	16
6 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีของสตรัทเลอร์	16
7 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีของเชรฟ	17
8 สมมุติฐานการพัฒนาคาข่ายของลำน้ำต่อระยะเวลา โดยอันดับ 3 เปลี่ยน เป็นอันดับ 4	18
9 รูปแบบการระบายน้ำหมายเลข 1 - 6	19
10 สัณฐานภูเขหินแกรนิตที่มีหินโผล่	39
11 สัณฐานลูกคลื่นลอนลาดตามทางหลวงหมายเลข 36	40
12 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และ การแพร่กระจายของฝน ในรอบปีของ อ.เมือง จ.ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี (พ.ศ. 2494 - 2520)	43
13 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสัมพันธ์ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิและ การแพร่กระจายของฝนในรอบปี ของ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี (พ.ศ. 2494 - พ.ศ. 2520)	45

14	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนและค่าการระเหย และค่าการคายน้ำ จากพืช (Potential Evapotranspiration) อ.สีหีบ	
	จ.ชลบุรี	47
15	พื้นที่ป่าไม้ในบริเวณที่ศึกษา ที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2496	76
16	พื้นที่ป่าไม้ในบริเวณเดียวกันที่เหลืออยู่ในปี พ.ศ. 2524	77
17	ลำน้ำในบริเวณที่ศึกษา แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ หมายเลข 2973 แถว 22 วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496	81
18	ลำน้ำในบริเวณเดียวกัน แสดงการพัฒาลำน้ำ โดยการเปลี่ยนอันดับ แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ หมายเลข 203 แถว 30 วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524	82
19	ลำน้ำในบริเวณที่ศึกษา แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ หมายเลข 2898 แถว 22 วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496	83
20	ลำน้ำในบริเวณเดียวกัน แสดงการพัฒาลำน้ำโดยการเปลี่ยนอันดับที่เบา บางกว่า แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ หมายเลข 201 แถว 30 วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524	84
21	เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียวตามระดับความลึกของบริเวณที่มี ความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน	89
22	การกระจายอนุภาคดิน ในระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร ของ บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน	91
23	การกระจายอนุภาคดิน ในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร ของ บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน	92
24	การกระจายอนุภาคดิน ในระดับความลึก 40 - 100 เซนติเมตร ของ บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน	93

25	มันสำปะหลังปลูกยกร่องตามแนวลาดเนิน ที่บ้านคลองใหญ่ ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527	101
26	สับปะรดปลูกตามแนวระดับ ที่บ้านหนองบอน 2 ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527	101
27	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 1	104
28	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 2	105
29	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 3	106
30	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 4	107
31	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 5	108
32	ภาพถ่ายวางร่องธารตัวแทนที่ 6	109
33	ร่องธารที่ถูกกั้นการตามแนวลาดเนิน ที่บ้านคลองใหญ่ ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527	110
34	บางร่องธารวัดความลึกบริเวณตอนกลางถึงครึ่งค่อน ที่บ้านคลองใหญ่ ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527	111
35	ความลึกและความกว้างของร่องธารที่บ้านเขาไม้แก้ว ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527	112
36	ลักษณะร่องธารที่ถูกกั้นการ ที่บ้านคลองใหญ่ ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527	112
37	ภาพถ่ายวางแนวตะวันตก - ตะวันออก (ตอนบน)	119
38	ภาพถ่ายวางแนวตะวันตก - ตะวันออก (ตอนกลาง)	119
39	ภาพถ่ายวางแนวตะวันตก - ตะวันออก (ตอนล่าง)	120
40	ภาพถ่ายวางแนวตะวันตก/เหนือ - ตะวันออก/ใต้ ตามทางหลวงหมายเลข 36	120

41	ภาพตัดขวางแนวเหนือ - ใต้ ตามทางหลวง หมายเลข 331	121
42	ร่องธารที่ถูกกั้นการตามทางหลวงหมายเลข 331 ที่บ้านหัวหอยใหญ่	128
43	ร่องธารที่ถูกกั้นการลึกกว่า 2 เมตร ที่บ้านเขาไม้แก้ว ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527	129
44	ลักษณะกั้นการทางหัว ที่บ้านเขาไม้แก้ว ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527	130

กราฟ

1	ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับจำนวนลำน้ำ	58
2	ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ	63
3	ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ	69

บัญชีแผนที่

แผนที่	หน้า
1 แผนที่ขอบเขตและที่ตั้งบริเวณที่ศึกษา	11
2 แผนที่ลำนํ้าบนโครงสร้างพื้นฐานแกรนิต พ.ศ. 2496	54
3 แผนที่ลำนํ้าบนโครงสร้างพื้นฐานแกรนิต พ.ศ. 2524	55
4 แผนที่ป่าไม้ พ.ศ. 2496	73
5 แผนที่ป่าไม้ พ.ศ. 2524	74
6 แผนที่ระบับกษัยการโดยประมาณ	86
7 แผนที่ภูมิประเทศ	118

บทนำ

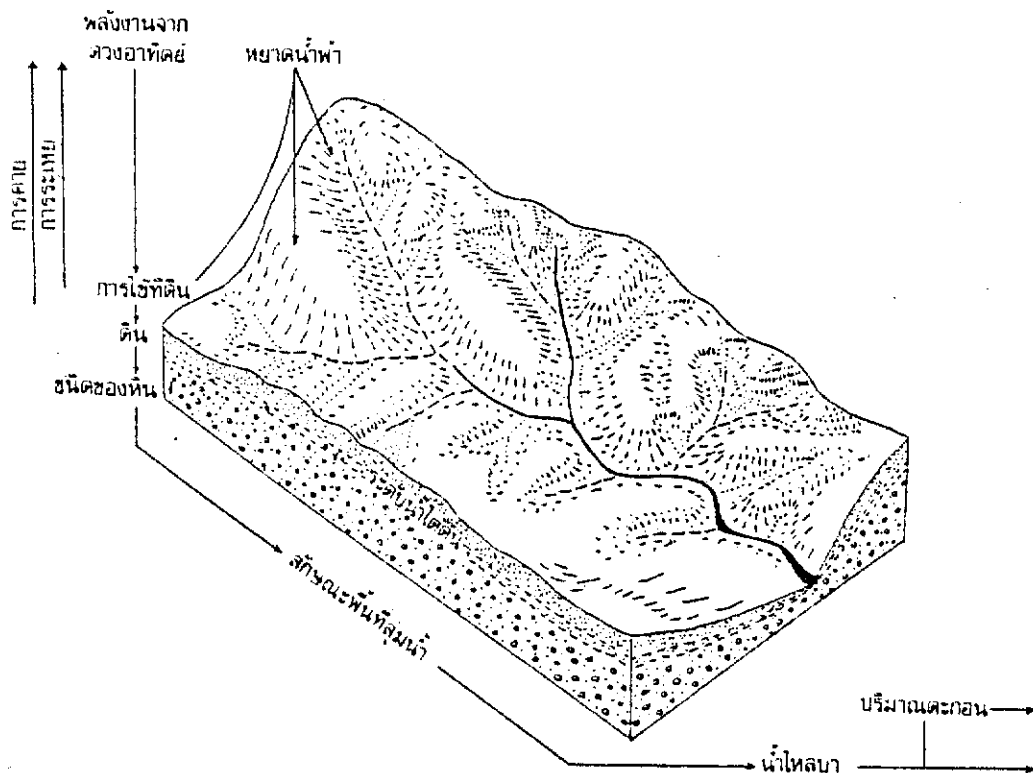
ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานที่ปรากฏบนผิวเปลือกโลกในปัจจุบัน เป็นผลมาจากกระบวนการทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาทางธรณี โดยมีทั้งกระบวนการทำลาย (degradation) และกระบวนการทับถม (aggradation) ที่มีตัวการ (agents) ต่าง ๆ มากระทำร่วมกัน อาทิ น้ำแข็ง คลื่น ลม และน้ำ เป็นต้น ในเขตร้อนชื้น น้ำเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการสลักเสลา (sculpture) ลักษณะสัณฐาน โดยกระบวนการกัดกร่อน (erosion processes) และการทับถมที่สลับซับซ้อน ดังที่ เดวิส (Davis) ได้กล่าวไว้ในตอนหนึ่งว่า "แม่น้ำและหุบเขา มีความสำคัญมากในการพัฒนาลักษณะสัณฐาน หรือมีความสำคัญมากในการอธิบายรูปทรงที่ปรากฏในลักษณะเป็นเหตุเป็นผล โดยมีหุบเขาที่เหลือนจากกัดกร่อนของแม่น้ำปรากฏเป็นหลักฐาน" (Gregory and Walling 1973 : 1, citting W.M. Davis, 1900)

วิวัฒนาการของลำน้ำเริ่มจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ราบเรียบ และมีความลาดตมสม่ำเสมอ เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดิน น้ำบางส่วนจะซึมลงดิน บางส่วนระเหยกลับคืนไปสู่บรรยากาศ ส่วนที่เหลือกลายเป็นน้ำไหลบ่า ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบแผ่น (sheet erosion) ดินจะถูกพัดพาไปตามผิวหน้าดิน เนื่องจากสมบัติของดินหรือหินมีความทนทานแตกต่างกัน จึงทำให้การกัดกร่อนไม่เท่ากัน ในตอนแรกนั้นจะเป็นร่องเล็ก ๆ ตามผิวหน้าดินเรียกว่า ร่องธาร (rills) ซึ่งจะขยายตัวมากขึ้นและบรรจบเป็นร่องน้ำใหญ่เรียกว่า ร่องธาร (gully) นักอุทกวิทยากล่าวว่า ร่องธารเป็นลำน้ำอันดับที่ 1 (first stream order) หมายถึงจุดกำเนิดแรกของระบบการระบายน้ำ ร่องธารจะไหลลงสู่ที่ต่ำเรื่อยไป และจะขยายตัวมากขึ้น ทิศทางจะเปลี่ยนไป ซึ่งแล้วแต่ความอ่อนหรือแข็งของหิน แล้วกลายเป็นลำน้ำใหญ่จนเป็นห้วย ลำธาร หรือแม่น้ำ มีข้อสังเกตว่า ขั้นตอนท้ายของวิวัฒนาการลำน้ำ ลักษณะทางเดินของลำน้ำมักจะเป็นรูปโค้งคอคับ ซึ่งพบในพื้นที่ที่มีความราบเรียบ ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดมากทางเดินของลำน้ำมักจะเป็น

เป็นเส้นตรงเป็นระยะทางหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ลำน้ำย่อยของกลุ่มน้ำจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง (เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม 2525 : 218 - 219)

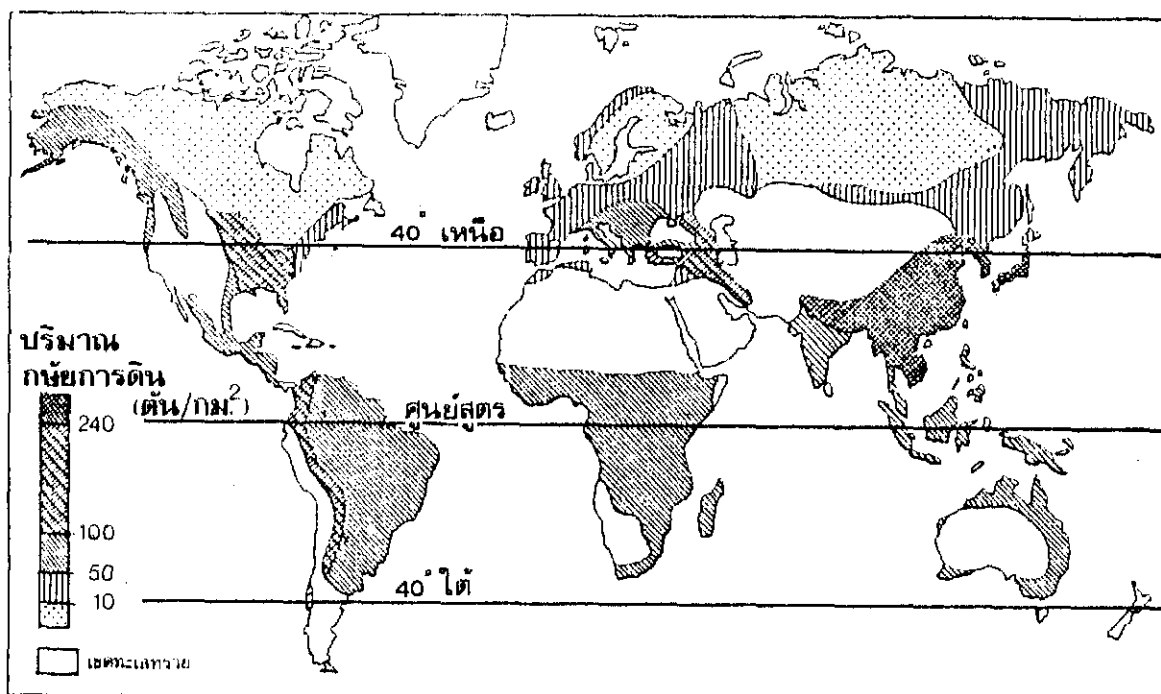
เนื่องจากน้ำในร่องน้ำลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ เป็นผลมาจากกระบวนการน้ำไหล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรของน้ำ มีผลโดยตรงต่อการกัดเซาะดินที่ปกคลุมเป็นชั้นบาง ๆ บนผิวโลก เป็นส่วนใหญ่ กัดเซาะดินจะเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคของดินแตกกระจายออกจากกัน (detachment) ด้วยตัวการหลายอย่าง เช่น เม็ดฝนที่ตกลงมา น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน วัสดุต่าง ๆ ที่น้ำพัดพา และการเปื่อยหรือแข็งของดินตามธรรมชาติ ฯลฯ (พัฒนาที่ดิน 2523 : 21)



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ที่มา : Drainage Basin Form and Process by K.J. Gregory
and D.E. Walling, 1973

ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่ก่อให้เกิดกษัยการดินโดยน้ำเป็นตัวการคือ ปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปี กล่าวคือ บริเวณที่เกิดกษัยการดินรุนแรง มักจะเป็นบริเวณที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีเกิน 1,000 มิลลิเมตร และพืชพรรณที่ปกคลุมดินถูกทำลาย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของฝนด้วย ฝนเขตร้อนซึ่งมีฝนมีขนาดใหญ่มาก และตกด้วยความหนาแน่นสูง จึงมีความรุนแรงกว่าฝนเขตอบอุ่น กษัยการดินในเขตร้อนจึงมีมากกว่า อาจกล่าวได้ว่ากษัยการดินมีมากระหว่างละติจูดที่ 40 องศาเหนือและใต้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2 (Hudson 1971 : 29)



ภาพประกอบ 2 ปริมาณกษัยการดินในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก

ที่มา : Drainage Basin Form and Process by K.J. Gregory

and D.E. Walling, 1973 based upon Strakhov (1976),

Soil Conservation by N.W. Hudson, 1971

จากภาพประกอบ 2 จะเห็นว่าทวีปเอเชียเป็นบริเวณที่มีปริมาณกษัยการดินมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนักอุทกวิทยาหลายประเทศ ในปี พ.ศ. 2511 ได้สรุปว่า ประเทศในทวีปเอเชียสูญเสียดินเนื่องจากกษัยการมากที่สุด สำหรับเขตทะเลทราย เนื่องจากเป็นเขต

ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีต่ำ แต่ฝนจะมีลักษณะการตกที่รุนแรงในระยะเวลาสั้น ๆ จึงทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดิน ส่วนใหญ่แล้วเขตทะเลทรายจะปรากฏลักษณะการที่เกิดจากลมร่วมกับภัยการที่เกิดจากน้ำ

จากการศึกษาของโฟร์เนียร์ (Fournier) พบว่า ปริมาณฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่า ซึ่งส่งผลต่อการกัดเซาะดินเป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นตามตาราง 1

ตาราง 1 อิทธิพลของฝนที่มีต่อปริมาณน้ำท่า

วันที่	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณน้ำท่า (% ของฝนที่ตก)	ภัยการ (กรัม/เมตร ²)
9 มิถุนายน	19.3	25	1.5
10 มิถุนายน	13.7	66	4.0
11 มิถุนายน	23.8	69	8.9
15 มิถุนายน	14.0	65	4.2
17-18 มิถุนายน	13.0	50	4.6

ที่มา : "Soil Erosion" Topics in Applied Geography by R.P.C.

Morgan, 1979 : 16 - 17, Citing Fournier, 1972.

จากตารางดังกล่าว เป็นข้อมูลของเมืองแซนสวิลล์ รัฐโอไฮโอ ซึ่งแสดงผลจากพายุฝนตกติดต่อกัน 5 ครั้ง ในพื้นที่ 20 ตารางเมตร พบว่า เมื่อฝนตกครั้งแรกพื้นดินยังแห้งอยู่ปริมาณการกัดเซาะดินมีน้อย หลังจากพายุฝนตกครั้งต่อ ๆ มา ดินอุ้มน้ำมากขึ้น ทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้ปริมาณการกัดเซาะดินเพิ่มขึ้นด้วย จากสมการการกัดเซาะของโลก (world soil loss equation) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณตะกอนที่สูญเสียขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายของฝน นอกจากนั้นสมการการกัดเซาะของโลกยังขึ้นอยู่กับความลาด ความยาวของความลาด และการจัดการดินและพืช (อภิสัทธ์ เอี่ยมหม่น 2526 : 352)

ปัจจุบันภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นอีกบริเวณหนึ่งที่มีภัยการดินสูง พิสูจน์
และคณะ กล่าวว่าตะกอนที่ถูกกักการออกไป ประมาณปีละ 12.5 ถึง 62.5 ล้านตันต่อเฮกตาร์
เนื้อที่ถูกกักการประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อที่ภาค (Pisoot and others 1982 :
49 - 51) เนื่องจากภาคตะวันออกมีพื้นฐานเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชันประกอบลักษณะ
ดินที่ง่ายต่อการกัดกร่อน พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกพืชไร่ ทั้งยังมีการทำลายป่าในอัตราที่สูงมาก
ดังตาราง 2

ตาราง 2 เนื้อที่ป่าไม้ที่เหลือของภาคตะวันออก

ปี	เนื้อที่ป่าที่ยังคงเหลือ (ตารางกิโลเมตร)	เนื้อที่ป่าที่ยังคงเหลือ (ไร่)	ร้อยละ เนื้อที่ภาค
พ.ศ. 2504	21,163	13,226,875	57.98
พ.ศ. 2516	15,036	9,397,500	41.19
พ.ศ. 2519	12,631	7,894,375	34.60
พ.ศ. 2521	11,037	6,898,125	30.24
พ.ศ. 2525	8,000	5,000,000	21.92

ที่มา : "การบุกรุกทำลายป่าในท้องที่ภาคตะวันออก" วารสารภูมิศาสตร์

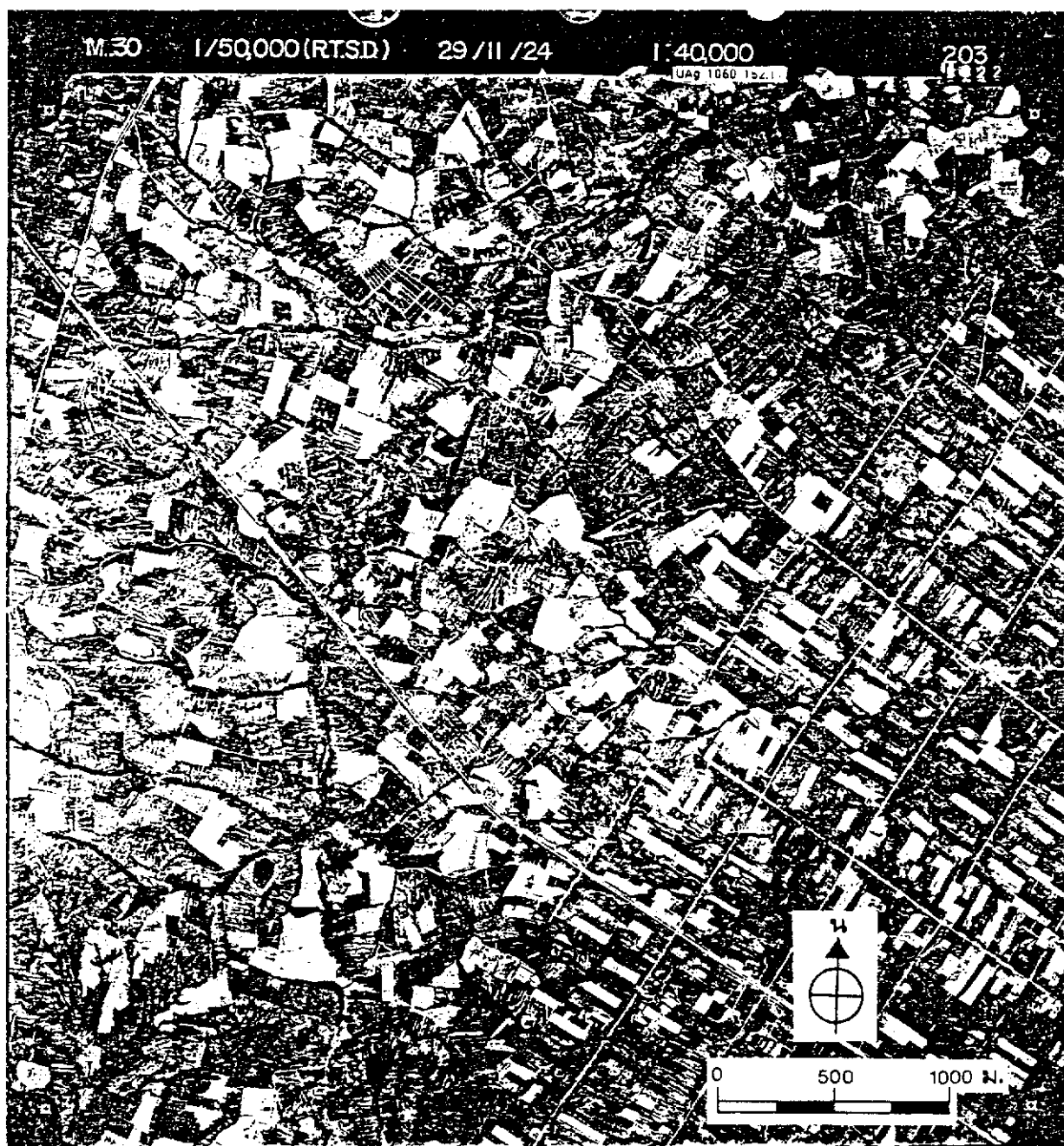
พฤศจิกายน 2526 โดยบุญชนะ กลั่นคำสอน

จากการศึกษาการบุกรุกทำลายป่าไม้ในภาคตะวันออกของ บุญชนะ และ ธงชัย
พบว่า อัตราการบุกรุกทำลายป่าเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2504 - 2516 อัตราเฉลี่ย
ปีละ 510.83 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้นปีละ 759.25 ตารางกิโลเมตร ในช่วง พ.ศ.
2521 - 2525 และประมาณว่าในปี พ.ศ. 2525 - 2530 จะมีอัตราการทำลายป่าปีละ
760 ตารางกิโลเมตร การทำลายป่าของภาคตะวันออกที่ปรากฏในปัจจุบันเป็นอัตราที่สูงมาก
โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2525 จังหวัดชลบุรียังเหลือเนื้อที่ป่าเพียง 259 ตารางกิโลเมตร
หรือร้อยละ 5.93 ของเนื้อที่จังหวัด (บุญชนะ กลั่นคำสอน และธงชัย จารุพพัฒน์
2526 : 8 - 17)

อนึ่ง ในเขตอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เป็นบริเวณที่มีภัยการดิน ดังจะสังเกตได้จากการพัฒนาร่องธารเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อผ่านไปตามทางหลวงหมายเลข 331 และหมายเลข 36 จะพบร่องธารที่พัฒนาอย่างหนาแน่นในบริเวณเนินดินแกรนิตที่มีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่ในการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออก นอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีมากกว่า 1,300 มิลลิเมตร จากการศึกษาของ รัตนา พบว่าบริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีภัยการรุนแรงมาก สามารถมองเห็นได้ชัดเจน จากรูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2524 มาตราส่วน 1 : 40,000 ดังภาพประกอบ 4 ซึ่งมีทั้งภัยการแบบร่องธารและร่องธาร ตลอดจนพัฒนาเป็นร่องน้ำขนาดใหญ่ตามรอยแตกของหินแกรนิต ที่มีการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ คือไผ่รวนไปตามแนวลาด ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้ภัยการทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น (รัตนา พูลจันทร์ 2526 : 52 - 59)

เมื่อนำรูปถ่ายทางอากาศใน พ.ศ. 2496 ของบริเวณเดียวกันนี้มาเปรียบเทียบ ดังภาพประกอบ 3 ปรากฏว่า เนินหินแกรนิตเหล่านี้ยังมีสภาพเปิดโล่งอย่างสมบูรณ์ และร่องรอยภัยการปรากฏน้อยมาก

จากสภาพการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระบบการระบายน้ำและภัยการดินที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยศึกษาเปรียบเทียบจากรูปถ่ายทางอากาศในปี พ.ศ. 2496 และปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีการขยายกิจกรรมของมนุษย์เข้าไปในพื้นที่แตกต่างกันร่วมกับเครื่องมืออื่น ๆ เพื่ออธิบายถึงสาเหตุและผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เพื่อผู้สนใจจะได้นำเอาผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประกอบในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ และเป็นแนวทางในการศึกษาบริเวณอื่นต่อไป



ภาพประกอบ 4 รูปถ่ายทางอากาศ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 เนินหินแกรนิตที่โดย
เป็นป่าไผ่อันอุดมสมบูรณ์ แปรสภาพเป็นเนินที่กำลังเกิดการย่อยอย่างรุนแรง
ที่มา : โครงการแก้ไขแผนที่ พ.ศ. 2524 กรมแผนที่ทหาร กระทรวงกลาโหม

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของระบบการระบายน้ำที่พัฒนามาบนหินแกรนิต จากรูปถ่ายทางอากาศที่มีมาตราส่วนเดียวกัน ปี พ.ศ. 2496 กับปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีการใช้พื้นที่แตกต่างกัน
2. เพื่อหาปริมาณก้นการดินที่เกิดจากหินแกรนิต ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ
3. เพื่อสรุปลักษณะสัณฐานของดินในพื้นที่ทำการศึกษา

สมมติฐานในการศึกษา

1. ลักษณะของระบบการระบายน้ำในปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ไม่แตกต่างกันไปจากกฎของฮอว์ตัน
 - 1.1 การเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต จำนวนลำน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนคงที่
 - 1.2 การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า เพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต และความยาวลำน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนคงที่
 - 1.3 ความลาดเฉลี่ยในแต่ละอันดับของลำน้ำ ลดลงเป็นปฏิภาคกลับกับอนุกรมเรขาคณิต เมื่ออันดับของลำน้ำสูงขึ้น และความลาดลำน้ำลดลงในอัตราส่วนคงที่
2. ระบบการระบายน้ำปี พ.ศ. 2524 มีความหนาแน่นมากกว่าปี พ.ศ. 2496 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่งผลสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
3. หลังจากที่มีการทำลายป่า พื้นที่ที่มีก้นการดินไม่เท่ากัน จะมีสัณฐานของดินแตกต่างกัน
4. บริเวณที่มีการเกิดก้นการดินรุนแรง เป็นบริเวณที่มีการปฏิบัติในการเพาะปลูกผิดวิธี

ขอบเขตของการศึกษา

1. บริเวณที่ทำการศึกษาคือพิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูดที่ $12^{\circ} 46' 41''$ ถึง $13^{\circ} 01' 13''$ เหนือ ลองจิจูดที่ $100^{\circ} 57' 58''$ ถึง $101^{\circ} 06' 50''$ ตะวันออก ปรากฏในแผนที่ภูมิศาสตร์ L 7017 มาตราส่วน 1 : 50,000 ระบาย 5134I, 5234II, 5235III รูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 มาตราส่วน 1 : 40,000 แถวที่ 17 หมายเลข 2277 - 2278 แถวที่ 18 หมายเลข 2291 - 2293, 2381 - 2384 แถวที่ 22 หมายเลข 2897 - 2900, 2972 - 2975, 2994 - 2997 แถวที่ 23 หมายเลข 3142 - 3144 และรูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2524 มาตราส่วนเดียวกัน แถวที่ 30 หมายเลข 112 - 121, 198 - 205, 224 - 226 กรอบคลุมพื้นที่ตำบลเขาไม้แก้ว บางส่วนของตำบลตะเคียนเตี้ย ตำบลโป่ง และตำบลห้วยใหญ่ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ดังแสดงในแผนที่ 1 ซึ่งมีขอบเขตตามโครงสร้างทางธรณีวิทยา คือแนวขอบเขตหินฐานแกรนิต ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ระบายระยอง ของกรมทรัพยากรธรณี

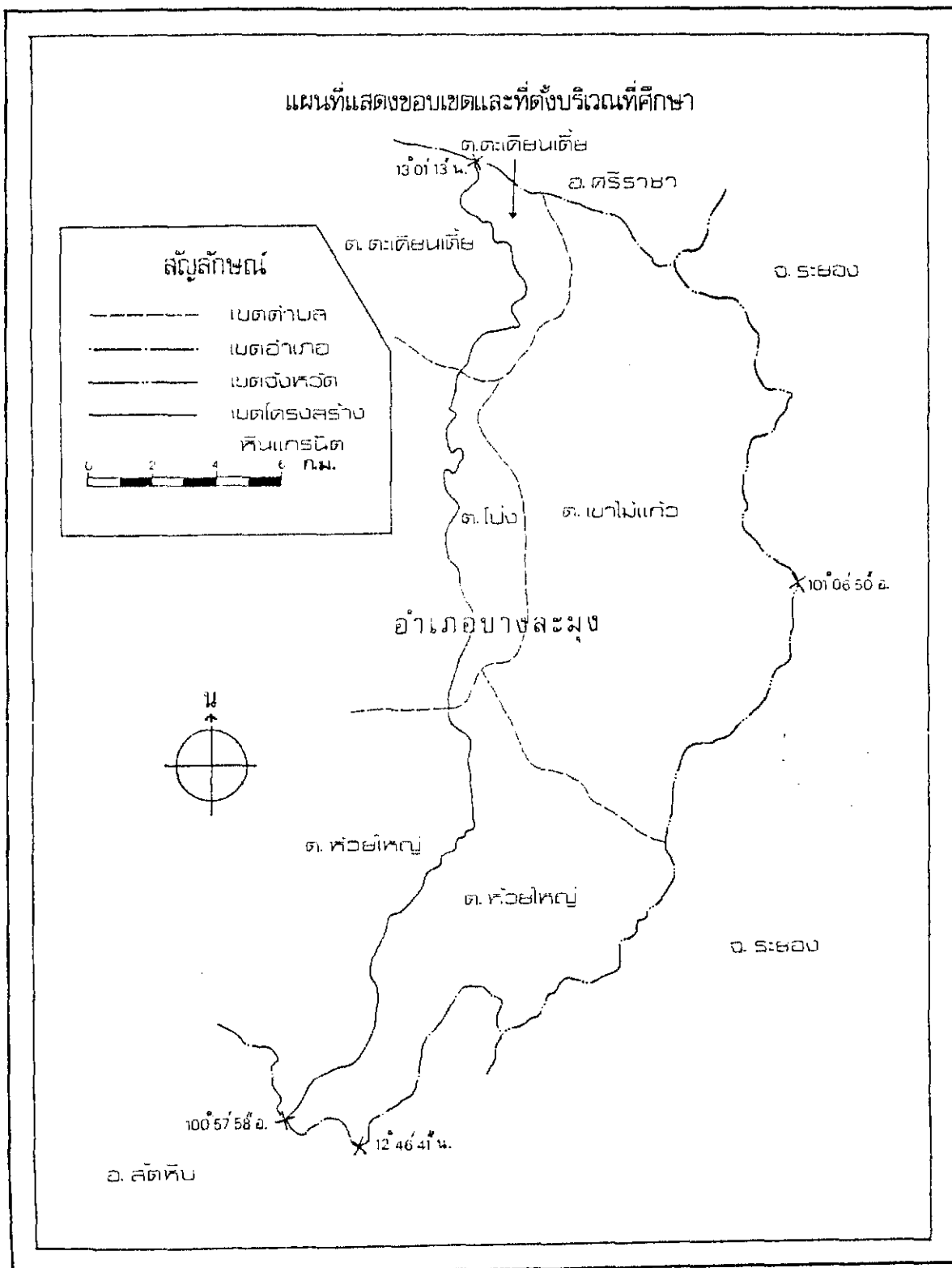
2. ลักษณะทางธรณีฐานที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ ฐานของพื้นที่ เนือหิน สีของหิน ค่าปฏิกิริยาหิน (pH) ความหนาแน่นรวมของหิน และวัสดุต้นกำเนิดหิน

เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ทำการศึกษา

1. เป็นบริเวณที่มีการพัฒนาร่องธารอย่างชัดเจนจากรูปถ่ายทางอากาศ
2. หินพื้นฐานชนิดเดียวกัน และมีโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน
3. เป็นบริเวณที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบเดียวกัน
4. ลักษณะการระบายน้ำเป็นแบบรูปพัดไม้ ซึ่งมีอิสระในการพัฒนาลำน้ำ โดยหินพื้นฐานไม่เป็นตัวบังคับทิศทางทางไหลของน้ำ
5. เป็นบริเวณที่มีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอในการศึกษา

ความสำคัญของการศึกษา

1. ทำให้ทราบการพัฒนาระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต
2. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา จะเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ในการวางแผนพัฒนา



ធម្មបទ ១

พื้นที่ให้เหมาะสมกับสภาวะที่จะเปลี่ยนแปลงต่อไป

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ลักษณะทางธรณีสัณฐานที่ทำการศึกษาค้นแต่ละลักษณะเป็นอิสระต่อกัน
2. ลักษณะทางธรณีสัณฐานนอกเหนือจากที่กำหนด ถือว่าไม่มีผลต่อการศึกษา
3. ข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษา ถือว่าถูกต้องและเชื่อถือได้

นิยามศัพท์

พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึง บริเวณที่มีสันปันน้ำล้อมรอบ เวลาฝนตกน้ำฝนจะรวมตัวและไหลไปตามความลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น

ร่องธาร หมายถึง การกัดเซาะผิวดินเป็นร่องลึกและกว้าง เกิดขึ้นตามพื้นที่ที่มีความลาดสูง

น้ำไหลบ่าผิวดิน หมายถึง ส่วนหนึ่งของหยาดน้ำฟ้าจากบรรยากาศ เช่น ฝนที่เหลือจากการดูดซึมของดินแล้วไหลไปตามความลาด

กัมัยการดิน หมายถึง กระบวนการของดินที่ถูกเม็ดฝนที่ตกลงมา และน้ำไหลบ่าผิวดินเซาะกร่อนและพัดพาไปเป็นแบบแผ่นรื้อธาร หรือร่องธารก็ได้ โดยจะมีอัตราการกัดกร่อนหรือขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฟ้า ความสูงต่ำของภูมิประเทศ สมบัติของดิน และสิ่งปกคลุมดิน

ความยากง่ายในการเกิดกัมัยการดิน หมายถึง สมรรถภาพของดินที่มีผลต่อการเกิดกัมัยการ ทวนคุมโดยสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การปกคลุมดินโดยพืช หมายถึง เปอร์เซนต์การปกคลุมดินโดยพืชที่ทำการเพาะปลูกตั้งแต่เริ่มทำการเพาะปลูกถึงเก็บเกี่ยวผล

สมรรถนะของดิน หมายถึง ความเหมาะสมของดินในการใช้ดินให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

สัณฐานของดิน หมายถึง ลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสร้างดิน ทั้งที่เป็นลักษณะที่เกิดจากหินต้นกำเนิด และลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง สัณฐานของดินที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ เนื้อดิน สีดิน ค่าปฏิกิริยาดิน และความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของดินขณะที่ดินแห้งกับ ปริมาตรทั้งหมด (ผลรวมของปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งกับปริมาตรของส่วนที่ไม่เป็น ของแข็ง) ของดิน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบการระบายน้ำ

เพลย์แฟร์ (Playfair) ได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของลำน้ำ ซึ่งเรียกกันว่า "กฎของเพลย์แฟร์" (Playfair's law) ไว้สามประการดังนี้

1. ขนาดหุบเขา (valley) ย่อมได้สัดส่วนกับขนาดลำน้ำในหุบเขานั้น
2. สาขาของแม่น้ำที่ไหลมารวมกันต้องอยู่ในระดับเดียวกัน
3. หุบเขาเกิดจากการสลับเสถาของลำน้ำที่ไหลอยู่ในหุบเขานั้น (Strahler.

1975 : 442)

กฎของเพลย์แฟร์ดังกล่าว นับได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการศึกษาระบบการระบายน้ำ นอกจากนี้ ฮอร์ติน (Horton) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบการระบายน้ำ และได้ตั้งกฎฮอร์ติน (Horton's law) ขึ้นอธิบายระบบการระบายน้ำ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ลักษณะการระบายน้ำที่จะเป็นไปตามกฎนี้ จะต้องไหลอยู่บนดินฐานชนิดเดียวกัน โครงสร้างของหินจะต้องเป็นแบบเดียวกัน และจะต้องอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบเดียวกัน (Strahler.

1975 : 442)

กฎของ ฮอร์ติน มี 3 ข้อ ดังนี้

1. กฎเกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำ (The law of stream numbers) มีสาระสำคัญดังนี้ "จำนวนสาขาของลำน้ำในอันดับที่ต่ำกว่าในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดยเริ่มจากอันดับที่สูงสุดที่มีเพียงสายเดียว และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน (bifurcation ratio)"

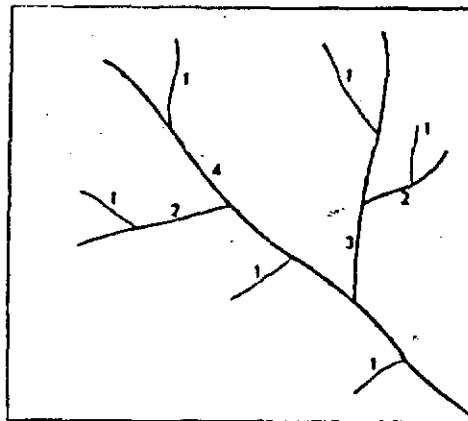
2. กฎเกี่ยวกับความยาวของลำน้ำ (The law of stream length) มีสาระสำคัญดังนี้ "ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดยเริ่มจากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1 และมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ตามอัตราส่วนของความยาว (length ratio)"

3. กฎเกี่ยวกับความลาดของลำน้ำ (The law of stream gradient or the law of stream slope) มีสาระสำคัญดังนี้ "ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำแห่งใดแห่งหนึ่ง มีแนวโน้มที่จะลดลงเป็นปฏิกิริยากลับกับอนุกรมเรขาคณิต เมื่ออันดับลำน้ำนั้นสูงขึ้น และความลาดจะลดลงอย่างคงที่ตามอัตราส่วนความลาด" (Horton. 1945 : 291 - 295, Strahler. 1975 : 456 - 464)

กฎของ ชอร์ตัน ทั้ง 3 ข้อนี้ ได้มีนักภูมิศาสตร์หลายคนทำการตรวจสอบ เช่น สตราห์เลอร์ (Strahler) และชัมม์ (Schumm) ทั้งที่ชัมม์ทำการตรวจสอบที่เพิร์ธแอมบอย (Perth Amboy) ผลปรากฏว่า สอดคล้องกับกฎของชอร์ตัน (Shue Tuck Wang. 1969 : 355) กฎชอร์ตันเป็นกฎที่ตั้งขึ้นจากการสังเกตและตรวจสอบในบริเวณที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบอบอุ่นชื้น (humid mesothermal climate) (Leopold. 1964 : 138) ซึ่งแตกต่างไปจากเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ผลจากความแตกต่างในเรื่องภูมิอากาศนี้จะมีอิทธิพลต่อพืชคลุมดิน ปริมาณฝน และการกระจายของฝน ลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวจะมีผลต่อน้ำที่กักการบนผิวดิน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาระบบระบายน้ำ จากสาเหตุดังกล่าว บพิตร (บพิตร โกมลตรี 2517) จึงทำการทดสอบกฎของชอร์ตันใช้อธิบายระบบการระบายน้ำในเขตร้อนชื้น บริเวณลำเซ ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของลำน้ำมูลที่ไหลอยู่บนหินทราย และปรากฏว่าลักษณะการระบายน้ำของลำเซ ไม่แตกต่างไปจากกฎของชอร์ตัน แสดงว่าลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน มิได้มีอิทธิพลต่อการพัฒนาระบบการระบายน้ำ

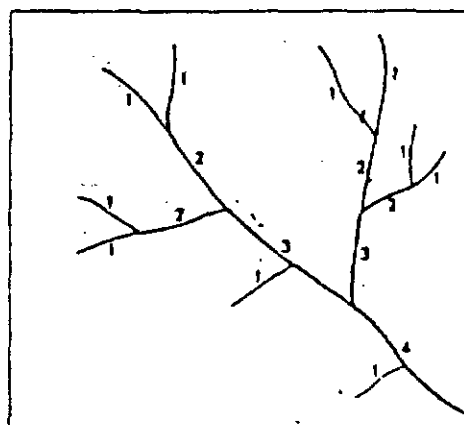
ในการแบ่งอันดับลำน้ำนั้น ชอร์ตันจัดอันดับของลำน้ำ โดยมีลำน้ำที่เป็นสายหลักอยู่สายหนึ่ง และสาขาอื่น ๆ ไหลมารวมกันประกอบขึ้นเป็นระบบระบายน้ำ ดังภาพประกอบ 5 โดยมีหลักในการพิจารณาดังนี้

1. ลำน้ำสาขาที่ไหลไปรวมกับลำน้ำใหญ่ จะต้องมีขนาดกว้างกว่าลำน้ำเดิม
2. ลำน้ำที่ไหลมารวมกัน โดยทำมุมเท่ากัน สายที่สั้นกว่าคือสาขาลำน้ำ



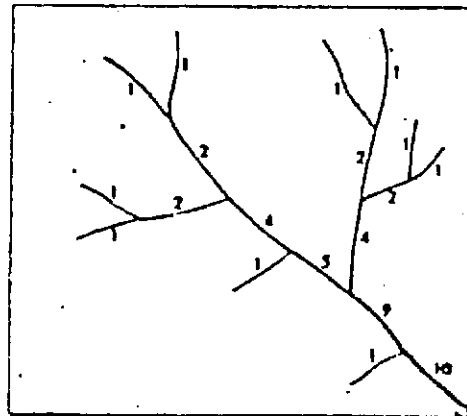
ภาพประกอบ 5 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีของชอร์ตัน

เนื่องจากการแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีของชอร์ตัน มีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ รวมทั้งมีความเป็นระบบน้อย ดังนั้น สตราห์เลอร์ จึงปรับปรุงวิธีการแบ่งอันดับลำน้ำเสียใหม่ เพื่อให้ง่ายและเป็นระบบมากขึ้น โดยถือว่าลำน้ำที่ไม่มีสาขาทั้งหมดเป็นอันดับที่ 1 ลำน้ำอันดับที่ 2 เกิดจากการรวมของลำน้ำอันดับที่ 1 อันดับที่ 3 เกิดจากลำน้ำอันดับที่ 2 ไหลมารวมกัน ต่อไปเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงลำน้ำสายหลัก ดังภาพประกอบ 6 จากการศึกษาทดสอบกฎของชอร์ตัน โดยแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีการของสตราห์เลอร์ ผลปรากฏว่าเป็นไปตามกฎของชอร์ตัน



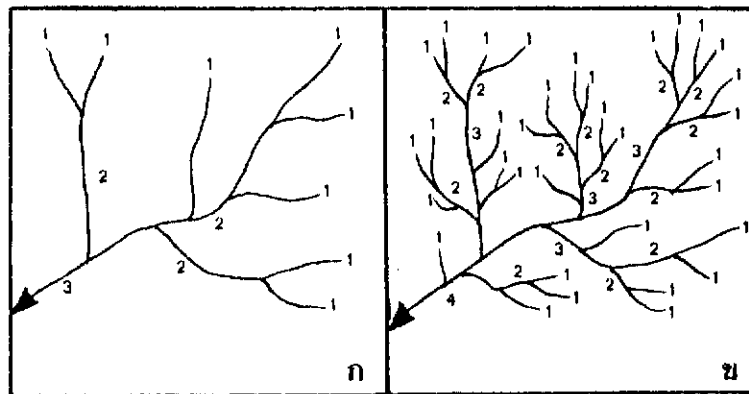
ภาพประกอบ 6 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีการของสตราห์เลอร์

นอกจากนี้เชรฟ (Shreve) ได้ตรวจสอบกฎของฮอว์ธิตน์ที่เกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำ โดยแบ่งอันดับลำน้ำแตกต่างไปจากวิธีการของฮอว์ธิตน์ และสตรัทเลอร์ โดยถือว่าสาขาของลำน้ำที่ไหลมารวมกันมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอันดับลำน้ำ กล่าวคือ อันดับที่ 1 ของระบบลำน้ำ คือ ลำน้ำที่ไม่มีสาขา อันดับที่ 2 เกิดจากลำน้ำอันดับที่ 1 ไหลมารวมกัน 2 สาย ในกรณีที่ลำน้ำอันดับที่ 1 ไหลมารวมกับลำน้ำอันดับที่ 2 ถือเป็นอันดับที่ 3 อันดับต่อ ๆ ไปของลำน้ำ เกิดจากผลรวมของอันดับลำน้ำ ในกรณีเช่นนี้จะมีบางอันดับหายไป ดังภาพประกอบ 7 (Chorley and Hagett. 1969 : 80)



ภาพประกอบ 7 การแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีการของเชรฟ

นอกจากนี้ระบบการระบายน้ำจะพัฒนาและขยายตัวเป็นตาข่ายไปตามกาลเวลา การขยายตัวจะช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญที่ควบคุม คือ โครงสร้าง กระบวนการสภาวะแวดล้อม และระยะเวลา ร่องธารใหม่ ๆ จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีอำนาจกัดเซาะการรุนแรงกว่าความทนทานของพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมของความลาดและความยาวของความลาดด้วย ในกรณีที่ลำน้ำเก่าการขยายตัวตามความยาวโดยกัดเซาะจะเกิดขึ้นทางตอนบนของพื้นที่ที่เรียกว่า กัดเซาะทางหัว (headward erosion) และเมื่อเกิดกัดเซาะตามความลึก การขยายตัวจะเร็วขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการขยายตัวของลำน้ำตามความยาวจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการขยายตัวตามความกว้าง ดังภาพประกอบ 8 แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาตาข่ายของลำน้ำ โดยการเปลี่ยนอันดับลำน้ำจากอันดับที่ 3 เป็นอันดับที่ 4 (อกิลลิตี เอี่ยมหน่อ 2525 : 310 - 314)



ภาพประกอบ 8 สมมุติฐานการพัฒนาทิวเขาของลำน้ำต่อระยะเวลา โดยลำน้ำอันดับ 3
(ภาพประกอบ ก) เปลี่ยนเป็นลำน้ำอันดับ 4 (ภาพประกอบ ข)

รูปแบบการระบายน้ำ (drainage pattern) เป็นลักษณะแสดงทิศทางการไหลของลำน้ำในแนวระนาบ แสดงให้เห็นผลสะท้อนของความลาดของพื้นที่ โครงสร้างของหิน กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงวิวัฒนาการของพื้นที่ได้ (อภิสิทธิ์ 2525 : 330) รูปแบบพื้นฐานของการระบายน้ำ แบ่งเป็น 6 แบบ ดังภาพประกอบ 9

1. แบบทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic pattern) เป็นรูปแบบที่มีการจัดเรียงตัวในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ การไหลไม่มีทิศทางที่แน่นอน เกิดในพื้นที่ที่เป็นหินฐานชนิดเดียวกัน และโครงสร้างของหินไม่ควบคุมการไหลของน้ำ ส่วนมากเกิดบนหินดินดาน หินแกรนิต หรือ หินตะกอนที่วางตัวในแนวระนาบ รูปแบบนี้จะพัฒนามันที่ราบ และที่ราบสูง

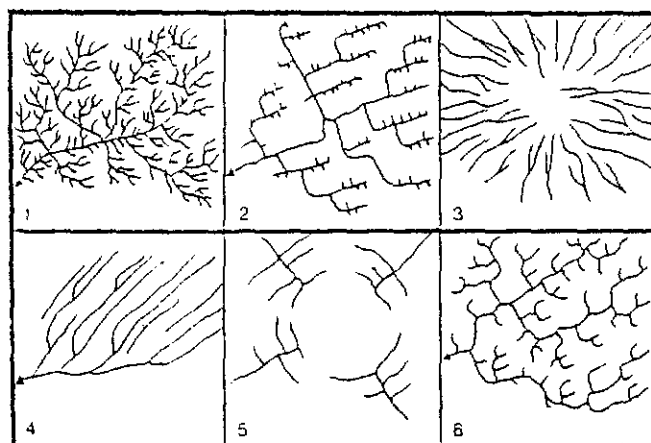
2. แบบทางน้ำกึ่งขนาน (trellis pattern) เป็นรูปแบบที่มีการไหลขนานกันระหว่างแม่น้ำสายใหญ่ และสายรอง โดยสายรองจะหักทำมุมฉากไปรวมกับสายใหญ่ คล้ายแบบตารางสี่เหลี่ยม ส่วนมากเกิดบนหินที่มีการเอียงตามแนวสัณฐาน และถูกควบคุมโดยโครงสร้างของหิน เช่น เกิดบนหินที่มีการคดโค้ง

3. แบบทางน้ำรัศมี (radial pattern) เป็นรูปแบบที่มีการไหลของลำน้ำออกจากจุดศูนย์กลางเดียวกัน (centrifugal) หรือไหลลงสู่จุดศูนย์กลางเดียวกัน (centripetal) พบกับโครงสร้างแบบโคมต่าง ๆ กรวยภูเขาไฟ และปล่องภูเขาไฟ

4. แบบทางน้ำขนาน (parallel pattern) เป็นรูปแบบที่สาขาของลำน้ำไหลขนานกันไป ส่วนมากเกิดตามริมฝั่งทะเลที่มีความลาดสม่ำเสมอ บางบริเวณถูกควบคุมโดยโครงสร้างของหิน

5. แบบทางน้ำวงแหวน (annular pattern) เป็นรูปแบบที่มีลักษณะคล้ายวงแหวนเรียงซ้อนกัน ถูกควบคุมโดยโครงสร้างของหินแบบโค้งงอ

6. แบบทางน้ำตารางสี่เหลี่ยม (rectangular pattern) เป็นรูปแบบที่สาขาของลำน้ำไหลมารวมกันเป็นมุมฉาก หรือเกือบเป็นมุมฉาก เป็นลักษณะที่ถูกโครงสร้างของหินบังคับ เช่น หินที่มีรอยแตก (joint sets) หินที่มีรอยเลื่อนเป็นระบบ (fault systems) (Campbell 1978 : 68 - 70 และ อภิสิทธิ์ เลี่ยมหล่อ 2525 : 330 - 333)



ภาพประกอบ 9 รูปแบบการระบายน้ำหมายเลข 1 - 6

ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (drainage density)

สตราห์เลอร์ ได้แบ่งความหนาแน่นของการระบายน้ำ 4 แบบ ดังนี้

1. ความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ (low drainage density) มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 2.0 - 2.5 กิโลเมตรต่อ 1 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่บนหินฐานที่เป็นหินทรายแข็ง

2. ความหนาแน่นของการระบายน้ำปานกลาง (medium drainage density) มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 7.5 - 10.0 กิโลเมตรต่อ 1 ตารางกิโลเมตร ลักษณะความหนาแน่น ดังกล่าวจะปรากฏอยู่บนหินฐานที่เป็นหินทรายหนา ๆ หินดินดานที่ถูกกษัยการได้ง่าย

3. ความหนาแน่นของการระบายน้ำสูง (high drainage density) ส่วนใหญ่จะปรากฏอยู่บนหินฐานที่เป็นหินตะกอน ที่ถูกกษัยการได้ง่าย ค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 19 - 25 กิโลเมตรต่อ 1 ตารางกิโลเมตร

4. ความหนาแน่นของการระบายน้ำสูงมาก (badland) ค่าความหนาแน่นสูงกว่า 25 กิโลเมตรต่อ 1 ตารางกิโลเมตร

นอกจากนี้ สตราห์เลอร์ ยังให้ความเห็นว่า ปัจจัยที่ควบคุมความหนาแน่นของลำน้ำ คือ ชนิดของหินฐาน ความสามารถในการซึมผ่าน (infiltration) และปริมาณของพืชคลุมดิน (Strahler. 1975 : 462 - 464) ส่วน โรสแมรี่ (Rosemary) ได้กล่าวถึงการศึกษาของฮอร์ตัน เกี่ยวกับความสามารถในการซึมผ่านของน้ำว่า เป็นผลเนื่องมาจากเวลา ส่วนประกอบของดิน สภาพความชื้นในดิน และพืชคลุมดิน จากการทดลองของฮอร์ตันได้ชี้ให้เห็นถึงการซึมผ่านของน้ำลงไปดินจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในระยะแรกที่ฝนตก อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของดินยังมีส่วนทำให้การซึมผ่านเป็นไปได้ช้าหรือเร็ว กล่าวคือ ดินร่วนปนทราย (sandy loam) จะมีการซึมผ่านสูงกว่าดินร่วน (loam) ลักษณะเช่นนี้จะมีผลถึงน้ำที่ไหลบนผิวดิน หากบริเวณใดมีการซึมผ่านน้อยจะทำให้ น้ำไหลบนผิวดินมีปริมาณมาก ลักษณะดังกล่าวจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาลักษณะผืนดิน (Rosemary. 1967 : 145 - 179) นอกจากนี้ ลองเวลล์ และคนอื่น ๆ (Longwell and others) กล่าวถึงกัมัยการของน้ำที่มีต่อผิวดินว่าจะกัมัยการเป็นร่องลึก ตัวการที่ทำให้ร่องน้ำกว้างออก คือ กัมัยการแบบแผ่น (sheet erosion) และการเคลื่อนที่ตามความลาด (mass wasting) (Longwell and others. 1969 : 218)

การศึกษาในครั้งนี้ ให้น้ำภูมิของฮอร์ตันมาทำการศึกษาระบบการระบายน้ำที่พัฒนาบนหินฐานแกรนิต ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาการพัฒนาระบบการระบายน้ำบนหินทรายของ บพิตร ในเขตภูมิอากาศแบบเดียวกัน เนื่องจากหินฐานต่างชนิดกัน จึงน่าจะมีอิทธิพลต่อระบบการระบายน้ำ อาทิ รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน อัตราส่วนความยาวของลำน้ำ อัตราส่วนความลาดของลำน้ำ และความหนาแน่นของการระบายน้ำ ควรจะมีความแตกต่างกัน

อนึ่ง เนื่องจากวิธีการแบ่งอันดับลำน้ำของฮอร์ตัน และเชรฟ ยุ่งยากในทางปฏิบัติ เพื่อให้มีความเป็นระบบ ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้วิธีการแบ่งอันดับลำน้ำตามวิธีการของสตราห์เลอร์

2. กัมัยการดินที่เกิดจากน้ำ

กัมัยการดิน หมายถึง การแตกกระจาย และการพัดพา เป็นกระบวนการที่ผิวโลก โดยมีตัวการทางธรณีสิ่งแวดล้อมมากระทำ ตัวการที่สำคัญที่มีอำนาจก่อให้เกิดกัมัยการดินอย่างรุนแรงคือ "น้ำ" กัมัยการเริ่มตั้งแต่ฝนตกลงมากระทบผิวโลก ทำให้น้ำดินแตกแยกได้ ด้วยกำลังฝน ดังที่ กูก (Cook) และออสบอร์น (Osborn) ให้อธิบายว่า การกระทำของน้ำประกอบด้วยกระบวนการทางตั้ง เกิดจากเม็ดฝนตกกระแทกผิวดิน ทำให้อนุภาคดินแตกกระจาย และกระบวนการในแนวระนาบเกิดจากการไหลบ่าของน้ำทำให้เกิดกัมัยการแบบขี้ดผิวดิน (scour erosion) (Smith and Wischmeier, 1967 : 889 & Osborn, 1955 : 126) ซึ่งสอดคล้องกับที่ อภิสิทธิ์ ได้กล่าวว่า กัมัยการมี 4 แบบด้วยกันคือ การทำให้วัสดุร่วงด้วยตัวการโดยตรง การแตกหักจากการกระแทกกันเองในขณะพัดพา การกระแทกพื้นด้วยวัสดุที่พัดพา และการพัดพา (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2525 : 150)

นอกจากนี้ ออสบอร์น ให้อธิบายถึงความซับซ้อนของกัมัยการของดินที่เกิดจากน้ำที่เกิดได้ทุกพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ

1. การแตกกระจายของอนุภาค เป็นกระบวนการขั้นแรกที่เม็ดดินแตกกระจาย ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ

1.1 แรงที่กระทำต่อเม็ดดิน

1.2 ความสามารถในการแตกกระจาย เป็นลักษณะความง่ายต่อการถูกกระทำให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับสมบัติดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน แร่ธาตุประกอบในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ฯลฯ

2. การพัดพาอนุภาคดิน เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการแรก กล่าวคือ เมื่อเม็ดดินแตกกระจายทำให้เกิดการหลุดร่อนช่องว่างระหว่างเม็ดดินของผิวดิน ทำให้การไหลซึมลดลงเป็นผลทำให้เกิดการไหลบ่าผิวดินมากขึ้น ซึ่งจะมีอัตราความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความลาดและความยาวของความลาด และปริมาณน้ำที่ไหลบ่าผิวดิน กระบวนการนี้นอกจากจะพัดพาอนุภาคดินแล้ว ยังทำให้เกิดกัมัยการแบบขี้ดผิวดินอีกด้วย กระบวนการในชั้นนี้อนุภาคดินที่ถูกพัดพาจะเคลื่อนย้ายไปตามน้ำ อนุภาคเหล่านี้จะหยุดเคลื่อนที่เมื่อน้ำหยุดไหลบ่า ซึ่งเข้าสู่กระบวนการสุดท้าย

3. การตกตะกอนทับถม เป็นกระบวนการชั้นสุดท้ายเกิดขึ้นจากกัมัยการของดิน จากสองกระบวนการแรก สาเหตุที่มีการตกตะกอนเนื่องจากอัตราความเร็วของน้ำไหลลดลง ทำให้อนุภาคของดินตกตะกอนลงด้วยแรงดึงดูดของโลก (ไพทอร์ย์ ปิยะปกรณ 2524 : 12 - 24)

ฮอร์ตัน ยังได้กล่าวถึงน้ำไหลบ่าว่าเกิดขึ้นเมื่อหยาดน้ำฟ้ามีปริมาณมากเกินไปที่ดิน จะดูดซับไม่ได้หมด ซึ่งพลังของน้ำไหลบ่าขึ้นอยู่กับปริมาณของการไหลที่จะถูกควบคุมโดยธรรมชาติ ของฝน การซึม และความยาวของน้ำไหลบ่า ความลาด ความขรุขระของพื้นผิว และความ เขียวของน้ำ (sparks, 1976 : 95 citing Horton. 1945)

นอกจากนี้ สมเจตน์ และ ไวสลอร์ (wisler) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะต่าง ๆ ของน้ำไหลบ่า ซึ่งพอจำแนกได้ดังนี้คือ

1. ลักษณะทางภูมิอากาศ ได้แก่ ชนิดของฝน ความหนักเบาของฝน ช่วงเวลาที่ ฝนตก การกระจายของฝนบนพื้นที่ลุ่มน้ำ ทิศทางที่พายุฝนเคลื่อนที่ ความชื้นเดิมในดิน และภาวะ อากาศอื่น ๆ ที่มีผลต่อการระเหยและการคายน้ำของพืช

2. ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ชนิดของดิน ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างของพื้นที่ ลุ่มน้ำ ความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ การวางตัวของพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของระบบการระบายน้ำ และ ความมากน้อยของการระบายน้ำทางอื่น

3. ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ ได้แก่ ลักษณะการใช้ที่ดิน การสร้างสิ่งระบายน้ำ และกิจกรรมของมนุษย์

(สมเจตน์ จันทรวิทย์ 2522 : 146 - 147 และ wisler. 1955 : 32)

จะเห็นได้ว่าน้ำไหลบ่าเป็นเหตุการณ์สำคัญทำให้เกิดกัมัยการดิน ดังนั้น กัมัยการดิน จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. หยาดน้ำฟ้า (precipitation) หมายถึง การตกลงมาของน้ำในรูปของ ของแข็งหรือของเหลว เช่น หิมะ ลูกเห็บ หมอก น้ำค้าง หรือฝนโดยทั่ว ๆ ไปแล้วถือว่าฝน เป็นตัวการใหญ่ที่ทำให้เกิดกัมัยการ ซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน ความ มากน้อยที่ตกครั้งหนึ่ง ๆ ระยะเวลาจำนวนน้ำฝนทั้งหมด ขนาด ความเร็ว รูปร่างของเมฆฝน และการกระจายของฝนในแต่ละฤดู

2. ความสูงต่ำของภูมิประเทศมีความสัมพันธ์อย่างมากกับน้ำไหลบ่า จะมีอิทธิพล
แต่ไหนขึ้นอยู่กับความลาด ความยาวของความลาด และความไม่สม่ำเสมอของผิวความลาด

ในแต่ละสภาพความลาด ทั้งความยาวและเปอร์เซ็นต์ก่อให้เกิดภัยการที่แตกต่าง
กันออกไปในแต่ละพื้นที่ โดยมีสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันเป็นปัจจัยควบคุม ความลาดของพื้นที่
FAO ได้แบ่งไว้ 6 ชั้น ตามลักษณะทางธรณีสัณฐานดังนี้

ที่ราบ (flat ถึง almost flat)	ความลาด ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์
ที่ลูกคลื่นลอนลาด (undulating)	ความลาด ไม่เกิน 2-8 เปอร์เซ็นต์
ที่ลูกคลื่นลอนชัน (rolling)	ความลาด ไม่เกิน 8-16 เปอร์เซ็นต์
ที่เนินเขาเล็ก (hilly)	ความลาด ไม่เกิน 16-30 เปอร์เซ็นต์
ที่เนินเขาสูงชัน (steeply dissected)	ความลาด มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์
ที่ภูเขาสูง (mountain)	ภูมิประเทศมีระดับความสูงที่มี- ความแตกต่างกันมาก

(มญ ศรีขจร และคณะ 2526 : 13)

จากการศึกษาของ บรรเจิด พบว่า ภัยการดินบนพื้นที่ซึ่งมีความลาด 3 - 12 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีความรุนแรง น้ำไหลบ่ามีความรุนแรงทำให้สูญเสียชั้นดินบนประมาณ 5 ตัน/ไร่ (บรรเจิด
พลางกูร 2523 : 1 - 4) นอกจากนี้ รูส (Roose) ได้ศึกษาผลการสูญเสียดินภายใต้
การปลูกพืชบนความลาดชันระดับต่าง ๆ ที่ประเทศไนจีเรีย ดังตาราง 3

ตาราง 3 การสูญเสียดินในสภาพความลาดต่างระดับจากการปลูกพืชเกษตร

ความลาด (%)	การสูญเสียดิน (เมตริกตัน/เฮกแตร์/ปี)	
	ปลูกมันสำปะหลัง	ปลูกมันสำปะหลังผสมข้าวโพด
1	3	3
5	87	50
10	125	86
15	221	137

ที่มา : การใช้สมการสูญเสียดินสากลและมาตรการอนุรักษ์ดิน โดย มนู ศรีจักร
และคณะ อ้างถึง Roose (1976)

จะเห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว มีปริมาณการสูญเสียดินที่มากกว่า
การปลูกมันสำปะหลังร่วมกับข้าวโพด ถึงแม้ว่าจะอยู่บนความลาดที่เท่ากัน

การไถพรวนพื้นที่เกษตร นับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากในการทำเกษตรโดยเฉพาะ
เพื่อการปลูกพืชไร่ ความเสียหายจากการไถพรวนนั้น บุเชล (Buehle) ได้รายงาน
การศึกษาทดลองโดยการปลูกพืชบนพื้นที่ลาดระดับต่าง ๆ กัน โดยเปรียบเทียบให้เห็นถึง
การสูญเสียดินที่เกิดขึ้นจากนัยการ ดังตาราง 4

ตาราง 4 การสูญเสียดินเนื่องจากการไถพรวนบนความลาดต่าง ๆ กัน

ความลาด (%)	การสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)	
	ไม่มีการไถพรวน	มีการไถพรวน
1	0	0.04
5	0	22
10	0	66
15	0	68

ที่มา : การใช้สมการสูญเสียดินสากล และมาตรการอนุรักษ์ดิน โดย มนุ ศรีขจร
และคณะ อ้างถึง Buchele (1979)

เนื่องจากปริมาณการดินเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงได้มีการวาง
กฎเกณฑ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ที่มีความลาดต่าง ๆ กัน ขวลิศ รายงานการ
กำหนดการใช้ที่ดินโดยอาศัยความลาดของพื้นที่ในโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่ส่า ของ
กรมป่าไม้ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ที่มีความลาดต่าง ๆ กัน

ความลาด (%)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
0 - 5	ใช้ทำนาหรือการเกษตรอื่น ๆ สามารถให้น้ำชลประทานได้ โดยไม่ต้องใช้วิธีอนุรักษ์ดิน
5 - 15	ใช้เป็นที่อยู่อาศัย ทำการเกษตรอื่น ๆ มีการอนุรักษ์ดินและน้ำบ้าง
16 - 35	ใช้ทำการเกษตรอาศัยน้ำฝน จำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำ หรือใช้เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
36 - 85	ใช้ปลูกไม้ผล ไม้เศรษฐกิจ หรือปลูกป่าใช้สอยของหมู่บ้าน
สูงกว่า 85	จัดให้เป็นป่าต้นน้ำลำธารเท่านั้น

(ชวลิต ชโลธร 2525 : 31 - 32)

3. สมบัติของดิน ความรุนแรงของภัยการดินจะมากขึ้นอยู่กับ

3.1 ความสามารถทนทานต่อการกัดเซาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ชนิดของประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณเม็ดดินที่เสถียร ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณความชุ่มชื้นในดิน

3.2 ความทนทานต่อการพังทลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ขนาดอนุภาคดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุ

3.3 ความทนทานต่อน้ำไหลบ่า ขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ขนาดอนุภาคของดิน ปริมาณช่องอากาศ ปริมาณความชื้นในดิน

จากผลการศึกษาค้นคว้าง่ายต่อการกัดเซาะดินในบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ที่ระดับความสูงต่าง ๆ บริเวณตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าดินที่ตอนบนในระดับความสูงต่าง ๆ ทั้งชั้นดิน เอ และ บี เป็นดินที่ง่ายต่อการกัดเซาะ เพราะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งประกอบ

ด้วยทรายเป็นจำนวนมาก และมีดินเหนียวที่เป็นตัวเชื่อมให้เม็ดดินแข็งแรงมีน้อย เนื่องจากเป็นดินที่เกิดจากหินแกรนิตและควอร์ตไซต์ เป็นวัสดุต้นกำเนิด ซึ่งเมื่อผุพังแล้วจะให้ดินประเภททรายค่อนข้างหยาบ นอกจากนั้นปริมาณอินทรีย์วัตถุมีน้อย ด้วยสาเหตุจากลักษณะสัณฐานของดินจากอินทรีย์วัตถุเน่าเปื่อยแล้ว ทำให้มีการชะล้างได้สูง จึงทำให้ดินง่ายต่อการกักน้ำ (เกษม จันทรแก้ว นิพนธ์ ตั้งธรรม และทวี แก้วละเอียต 2521 : 5 - 7 และ นิพนธ์ ตั้งธรรม และเกษม จันทรแก้ว 2513 : 10 - 14)

จากรายงานการประชุมทางวิชาที่ประเทศไนจีเรีย ออเยอร์บันด์ (Oyebande) พบว่า ดินทรายเฟอร์ราลติก (ferralitic sandy soils) และดินลูกรัง (laterlitic soils) เป็นดินที่มีกักน้ำโดยน้ำไหล โดยเฉพาะในรูปร่องธารได้สูงมาก (มนู ศรีขจร และคณะ 2526 : 12)

4. สิ่งปกคลุมผิวดิน การใช้ประโยชน์จากที่ดิน และวิธีปฏิบัติทางการเพาะปลูก ซึ่งมีอิทธิพลดังนี้

4.1 สิ่งปกคลุมผิวดิน ถ้าดินมีพืชและเศษเหลือของพืชปกคลุมอยู่ กักน้ำของดินก็มีน้อย

4.2 การใช้ประโยชน์จากที่ดิน ได้เหมาะสมตามสมรรถนะของที่ดินก็จะลดการกักน้ำได้

4.3 วิธีปฏิบัติทางการเพาะปลูก เช่น การไถพรวน โดยปกติจะเพิ่มการกักน้ำ แต่ถ้าทำให้ถูกวิธีที่เหมาะสม จะช่วยลดการกักน้ำของดิน วิธีการปลูกพืชจะมีอิทธิพลต่อการกักน้ำดินเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก จำนวนพืชต่อเนื้อที่ ระยะระหว่างต้นและระหว่างแถว ทิศทางของแถวกับความลาด ถ้ามีพืชหนาแน่นและปลูกตามแนวระดับหรือขึ้นบันไดจะลดการกักน้ำเป็นอย่างมาก ถ้าไร่ปล่อยให้พืชโตเร็ว สามารถคลุมพื้นที่ได้เร็วจะลดการกักน้ำและพัฒนาโดยการลดการระเหยของเมล็ดพันธุ์และการกักน้ำของน้ำไหลบ่า วิธีการเก็บเกี่ยว ถ้าเก็บเกี่ยวหมดทั้งต้นไม่เหลือเศษพืชให้คลุมดินจะทำให้มีการกักน้ำเพิ่มขึ้น (ภาคปฐพีวิทยา 2523 : 613 - 615)

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบการไหลของน้ำระหว่างร่องธารที่มีหญ้าขึ้นปกคลุมกับร่องธารที่ปราศจากหญ้าปกคลุมที่บริเวณลุ่มน้ำ ห้วยหินคาคตอนล่าง ต.ตะพง อ.เมือง จ.ระยอง ในช่วงเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นฤดูฝน พบว่า หญ้าที่ขึ้นในร่องธารสามารถลดการไหลของน้ำ

ได้ถึงร้อยละ 8.56 และช่วยลดการไหลของน้ำจากพื้นที่ได้ถึงร้อยละ 15.76 เมื่อเปรียบเทียบกับร่องธารที่ไม่มีหญ้าปกคลุม ความสามารถในการลดความเร็วและลดอัตราการระบายน้ำออกจากพื้นที่นี้จะช่วยลดปริมาณการสูญเสียดิน และส่งเสริมให้น้ำซึมลงดินมากขึ้น (วิจัยพรังวัฒนา และคณะ 2526 : 6 - 7)

นอกจากนี้การศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ และสมาน พบว่า สภาพที่เปิดโล่งบริเวณที่เป็นไรมันสำปะหลังผิวดินมักจะถูกอัดแน่น และดูดซับน้ำได้น้อยกว่าบริเวณที่มีพืชปกคลุมตลอดปีในสวนยางพารา และสวนผลไม้อื่น ๆ ดังตาราง 6

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่ภายใต้การใช้น้ำประโชชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง จังหวัดระยองตอนล่าง

บริเวณ	ค่าเฉลี่ยการซึมผ่านที่ของดิน (ม.ม./จ.ม.)			
	สวนเงาะ	สวนทุเรียน	สวนยางพารา	ไรมันสำปะหลัง
เขาไผ่	60	900	600	400
คลองทุเรียน	200	200	700	100
ยายคา	800	200	400	200
ชวีก	300	300	100	100
วังหว่า	800	600	400	-
หนองกลับ	300	300	500	300
เฉลี่ย	410	416.67	450	220

ที่มา : การซึมผ่านของดินภายใต้การใช้น้ำประโชชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ จังหวัดระยอง โดย พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และคณะ 2525

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาถึงสภาพการเปลี่ยนแปลงดินภายหลังแผ้วถางป่าดิบเขาธรรมชาติเป็นพื้นที่ไร่เลื่อนลอย เช่น เกษม พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

บนพื้นที่ที่ถูกแผ้วถางมากกว่า 5 ปีขึ้นไป (เกษม จันทร์แก้ว และคณะ 2521 : 225 - 227) ส่วนการขีมน้ำของดินลดลงหลังฝนตกพบว่า พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จะมีความชื้นน้อยที่สุด และการดูดซับน้ำของดินต่ำมากไม่ว่าดินจะอยู่ในสภาพเปียกหรือชื้น เนื่องจากการเปิดโล่งของผิวดินทำให้ได้รับแรงปะทะของเม็ดฝนโดยตรง เป็นผลให้เกิดการอัดแน่นของชั้นดินบนอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยของการลดลงของอัตราการขีมน้ำผ่านผิวดินหลังฝนตกภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง จังหวัดระยองตอนล่าง

ท้องที่	การลดลงของอัตราขีมน้ำผ่านผิวดินหลัง			
	สวนเงาะ	สวนทุเรียน	สวนยางพารา	ไร่มันสำปะหลัง
เขาไม้	0.350	0.839	0.502	0.045
คลองทุเรียน	0.171	0.203	0.125	0.113
ยายดา	0.178	0.224	0.072	0.101
วังห้วย	0.870	0.509	0.536	—
หนองกลับ	0.276	0.316	0.436	0.340
เฉลี่ย	0.440	0.380	0.350	0.150

ที่มา : การขีมน้ำของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ จังหวัดระยอง โดย พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และคณะ 2525

นอกจากนี้ ฃญ ได้ชี้ให้เห็นสภาพการณ์ของลุ่มน้ำว่า ปัญหาความเสื่อมโทรมของพื้นที่ลุ่มน้ำในหนึ่งถึงสองทศวรรษที่ผ่านมา ก่อให้เกิดการสูญเสียหน้าดินในรูปตะกอนและธาตุอาหารที่ถูกชะล้างจากแหล่งเดิม ปัจจัยที่ทำให้เกิดภัยการดิน คือการบุกรุกทำลายป่า การทำไร่เลื่อนลอย และการใช้ที่ดินโดยขาดการอนุรักษ์ดิน และน้ำ (ฃญ ศรีขจร 2525 : 4 - 6) เช่นเดียวกับที่ เบนเนตต์ (Bennett) ได้ศึกษาในอเมริกา พบว่า การที่จะทำให้หน้าดิน

หนา 7 นิ้ว บนความลาด 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเนื้อดินร่วนปนโคลนหมดไป โดยไม่มีพืชปกคลุม ดินใช้เวลาเพียง 5 ปี แต่ถ้าหากมีพืชรากคลุมจะใช้เวลาจนถึง 10,000 ปี เมื่อมี ปริมาณฝนเท่ากัน (อภิสสิทธิ์ เอี่ยมพล 2525 : 356)

กษัยการดินยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ กษัยการดินโดยธรรมชาติ และ กษัยการดินที่มีตัวเร่ง

กษัยการดินโดยธรรมชาติ คือการกัดกร่อนที่เกิดโดยตัวการธรรมชาติ กษัยการแบบนี้ป้องกันไม่ได้ แต่เป็นการเกิดแบบค่อยเป็นค่อยไป ถ้าเกิดกษัยการแบบนี้ในเวลา 10,000 ปี ผิวดินบนจะสูญเสียไปเพียง 1 นิ้ว

กษัยการที่มีตัวเร่ง คือ กษัยการที่มนุษย์ หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่งให้มีการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น จากกษัยการโดยธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การทำลายป่าเพื่อทำการเพาะปลูกอย่างขาดหลักวิชา ทำให้พื้นดินปราศจากสิ่งปกคลุม มีผลให้กษัยการเพิ่มมาก และพัฒนาได้มากขึ้น การสูญเสียดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ทำการกลีกรรม

บราวน์ (Brown) ได้กล่าวถึงกษัยการดินที่เกิดจากน้ำในพื้นที่ที่มีมนุษย์อาศัยอยู่ กับพื้นที่ที่ไม่มีมนุษย์เกี่ยวข้องว่า กระบวนการและอัตราการกษัยการดินที่เกิดขึ้นนั้นแตกต่างกัน ทางสถิติ คือในพื้นที่ที่มีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดิน อัตราการกษัยการดินจะผันแปรอยู่ระหว่าง 15,000 ถึง 85,000 $\text{ม}^3/\text{กม}^2/\text{ปี}$ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีมนุษย์ไม่เข้าไปเกี่ยวข้อง อัตราการกษัยการของดินจะมีเพียง 12 - 1,500 $\text{ม}^3/\text{กม}^2/\text{ปี}$ เท่านั้น (Jantawat. 1977 : 11, อ้างจาก Brown. 1970)

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเร่งที่ทำให้เกิดกษัยการดินอย่างรุนแรง ได้แก่ ปริมาณฝนที่ตกผิดปกติ การบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย การไถพรวนขึ้นลงตามความลาดและการก่อสร้าง ซึ่งทำให้สมดุลย์ธรรมชาติของภูมิประเทศเปลี่ยนไป (มณู ศรีนิจระ และคณะ 2526 : 19 - 22)

ภาคปฐพีวิทยา ได้จำแนกชนิดของกษัยการโดยน้ำดังต่อไปนี้

1. กษัยการแบบเป็นแผ่น (sheet erosion) เกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝน ทำให้ผิวดินแตกกระจาย และพัดพาไปเป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งสังเกตเห็นได้ยาก จะเกิดเป็นบริเวณกว้างบนพื้นที่ที่มีความลาดสม่ำเสมอ

2. การกัดกร่อนแบบไม่ผ่าน (internal erosion) เกิดจากแรงกระทบของเม็ดฝน ทำให้ดินแตกกระจาย อนุภาคที่ขนาดเล็กจะไหลปะปนกับน้ำลงไปตามรอยร้าว หรือช่องว่างของดินลงดินชั้นล่าง ทำให้ดินแน่นตัว

3. การกัดกร่อนแบบร่อง (channel erosion) เกิดขึ้นเมื่อมีน้ำในปริมาณมาก ๆ รวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำ ทำให้เกิดเป็นร่องชั้น แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

3.1 การกัดกร่อนแบบริ้วธาร เป็นการกัดกร่อนที่เกิดร่องเล็ก ๆ มากมายมักเกิดจากน้ำไหลตามร่องพืชที่ปลูกตามแนวลาด หรือบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความลาดเล็กน้อยไม่สม่ำเสมอ ความลึกของริ้วมีขอบเขตจำกัด คือไม่เกิน 5 - 6 เซนติเมตร การกัดกร่อนนี้อาจป้องกันได้ด้วยเครื่องมือไถพรวนธรรมดา

3.2 การกัดกร่อนแบบร่องธาร เป็นการกัดกร่อนที่กว้างกว่าแบบริ้ว เกิดขึ้นเนื่องจากการปลูกพืชช้า ๆ ตามแนวลาด หรือเกิดขึ้นบนพื้นที่ที่มีความลาดสูง และระยะของความลาดยาวมาก อำนาจการชะล้างจึงมีมาก ทำให้ดินถูกพัดพาไปเป็นจำนวนมาก

3.3 การกัดกร่อนในธารน้ำ เป็นการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตามธารน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีน้ำตลอดปี เช่น แม่น้ำ ลำธาร โดยการทำให้ดินแตกกระจาย และชะล้างแร่ธาตุจากสองฝั่งไปเนื่องจากกำลังแรงของกระแสน้ำ (ภาคปฐพีวิทยา 2523 : 512 - 513)

การจำแนกชั้นการกัดกร่อนดินยังมิได้มีการจำแนกเป็นระบบสากล ส่วนมากจะจำแนกถึงความลาด น้ำไหลบ่า ลักษณะดินทั้งทางเคมีและกายภาพ รวมถึงมาตรการในการจัดการ ดังที่ ฮักกินส์ (Huggins) ได้แบ่งการกัดกร่อนดินโดยน้ำไว้ 4 ชั้น คือ 1. ระยะการกัดกร่อนเบาบาง 2. ระยะการกัดกร่อนปานกลาง 3. ระยะการกัดกร่อนรุนแรง และ 4. ระยะการกัดกร่อนในรูปร่องธาร

นอกจากนี้ ฮัดสัน (Hudson) ยังจำแนกการกัดกร่อนดินโดยน้ำในประเทศโรดีเชีย และประเทศฟิลิปปินส์ ดังนี้ สำหรับประเทศโรดีเชีย แบ่งเป็น 4 ชั้น คือ 1. ไม่ปรากฏร่องรอยหรือมีการพังทลายของดินน้อยมาก 2. มีการสูญเสียดินปานกลางในดินชั้นบนและเกิดเป็นร่อง 3. การกัดกร่อนเกิดขึ้นรุนแรงและสูญเสียดินบนมาก มีร่องรอยทั่วไป และ 4. ปรากฏดินชั้นบนขึ้นมาและร่องธารขยายตัวรุนแรง

ส่วนในประเทศฟิลิปปินส์ แบ่งเป็น 9 ชั้น คือ ชั้น 0 ไม่รบกวนภัยการดิน ชั้นที่ 1 หน้าดินสูญเสียน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏร่องร้าวบ้าง ชั้นที่ 2 หน้าดินสูญเสีย 25 - 75 เปอร์เซ็นต์ ร่องร้าวเล็ก ๆ จะเกิดขึ้น ชั้นที่ 3 หน้าดินสูญเสียมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ร่องร้าวใหญ่ เริ่มมีขึ้น ชั้นที่ 4 หน้าดินบนหายไปหมด ชั้นที่ 5 มีดินถูกทำลายหมด ชั้นที่ 6 ดินชั้นเล็กปรากฏขึ้นบนที่ลาดชัน ชั้นที่ 7 เกิดร่องร้าวช่วงห่างเกิน 30 เมตร และชั้นที่ 8 เกิดร่องร้าวช่วงห่างน้อยกว่า 30 เมตร

ในประเทศมาเลเซีย มอร์แกน (Morgan) ได้นำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการระบายน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ พลังงานฝน และแนวการวิเคราะห์การสูญเสียดินจากปริมาณตะกอนแขวนลอยของโพร์เนียร์ เมื่อปี ค.ศ. 1960 โดยจำแนกออกเป็น 4 ชั้น คือ 1. รุนแรง 2. สูงในลักษณะของร่องร้าว 3. สูงในลักษณะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน และ 4. ปานกลาง สำหรับประเทศไทยนั้น กรมพัฒนาที่ดินได้แบ่งความรุนแรงของภัยการดินออกเป็น 5 กลุ่ม ดังตาราง 8

ตาราง 8 การจัดชั้นการสูญเสียดินในประเทศไทย

กลุ่ม	ปริมาณการสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)
น้อยมาก (very slight)	0.01 - 1
น้อย (slight)	1.01 - 5.00
ปานกลาง (moderate)	5.01 - 20.00
รุนแรง (severe)	20.01 - 100.00
รุนแรงมาก (very severe)	100.01 - 966.65

(มณู ศรีขจร และคณะ 2526 : 24 - 28)

นอกจากนี้ มนัส ได้ศึกษาเกี่ยวกับภัยการดินบริเวณจังหวัดชลบุรี และระยอง โดยใช้สมการสูญเสียดินสากลจัดกลุ่มการสูญเสียดินได้ 6 กลุ่ม ดังตาราง 9

ตาราง 9 การจัดชั้นการสูญเสียดินในจังหวัดชลบุรีและระยอง

กลุ่ม	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกเตอร์/ปี)	สภาพภูมิประเทศ	พืชพรรณ
น้อยมาก	0.12 - 0.34	ที่ราบ	ป่าไม้
น้อย	0.38 - 17.62	(1) ที่ราบ (2) ภูเขา	(1) นาข้าว ไม้ยืนต้น (2) ป่าไม้
ปานกลาง	17.64 - 162.94	ลาดตะพักและ ลูกคลื่นลอนขึ้น	มันสำปะหลัง อ้อย
รุนแรง	169.91 - 3,042.41	ลาดตะพัก ลูกคลื่นลอนขึ้นและ ภูเขาลาดชันปานกลาง	มันสำปะหลัง อ้อย
รุนแรงมาก	3,493.32 - 6,127.77	ภูเขาลาดชันมาก	มันสำปะหลัง อ้อย

(มณีส วัฒนาศักดิ์ 2520 : 137)

สำหรับพื้นที่ทำการศึกษานั้น ตามระดับการจัดชั้นการสูญเสียดินของมณีส อยู่ในกลุ่ม
ปานกลางถึงรุนแรง (มณีส 2520 : แผนที่ 1)

จะเห็นได้ว่าการจำแนกชั้นความรุนแรงของภัยการดินโดยน้ำนั้นเป็นระบบที่เสนอแนะ
จากหลายบุคคลในวงการที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ โดยอาศัยเทคนิคและพื้นฐานของความเหมาะสม
ในแต่ละประเทศหรือความเป็นไปได้ในแต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนของนานา
ประเทศ สำหรับประเทศไทย จากการศึกษางานของกรมพัฒนาที่ดินก็เป็นเพียงจุดเริ่มต้น ที่เสนอแนว
ทางในการแบ่งชั้นความรุนแรงของภัยการดิน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์ความเหมาะสม
และความเป็นไปได้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในด้านความเสื่อมโทรมของดินต่อไป ในการศึกษา
ครั้งนี้จะแบ่งชั้นความรุนแรงของภัยการดินที่เกิดจากดินฐานแกรนิต โดยใช้จำนวนร่องธาร
เป็นเกณฑ์

3. สัจฐานของดินที่กำเนิดจากหินแกรนิต

ดินเป็นวัฏธรรมาชาติที่ปกคลุมพื้นผิวโลก ถือกำเนิดมาจากการผุพังของหินและแร่ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกโลก การกำเนิดดินขึ้นอยู่กับปัจจัยควบคุมที่สำคัญ 5 ประการ คือ ภูมิอากาศรวมทั้งอุทกวิทยา วัสดุต้นกำเนิด สภาพภูมิประเทศ สิ่งมีชีวิตรวมทั้งพืชและสัตว์ และระยะเวลาในการสร้างตัว วัสดุต้นกำเนิดนี้อาจจะอยู่กับที่หรืออาจเคลื่อนย้ายไปทับถมในที่อื่น ๆ ก็ได้

การวินิจฉัยชนิดของวัสดุต้นกำเนิดดินมักไม่ค่อยมีปัญหามากนัก ในกรณีที่เกิดจากหินแข็งโดยตรง หากหินและแร่นั้นผ่านกระบวนการผุพังมานานแล้วจะทำให้การวินิจฉัยลำบาก และผิดพลาดได้ง่าย ในกรณีหลังอาจใช้ลักษณะบางประการเข้าช่วย เช่น ถ้าเป็นหินแกรนิต อาจสังเกตได้จากเม็ดแร่ควอร์ตซ์ ซึ่งมีขนาดเท่า ๆ กัน (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหล่อ 2524 : 24)

วัสดุต้นกำเนิดดินจำแนกได้เป็น 2 พวกใหญ่ คือ วัสดุต้นกำเนิดดินอินทรีย์ และวัสดุต้นกำเนิดดินอนินทรีย์ ในส่วนที่เป็นวัสดุต้นกำเนิดอนินทรีย์ ยังแบ่งออกได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ

1. พวกที่เกิดอยู่กับที่ของหินและแร่ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพจากวัตถุแข็งแน่นหีบมาเป็นวัตถุร่วน และมีอนุภาคเล็กลง ความหนาของชั้นวัสดุต้นกำเนิดดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดหิน เช่น หินแกรนิตมีอัตราการผุพังเร็วกว่าอัตราการสร้างดิน จึงทำให้ชั้นดินหนา ส่วนหินปูนจะมีชั้นดินบาง เพราะมีวัสดุต้นกำเนิดดินตกค้างน้อย

2. พวกที่เกิดจากการทับถมบริเวณเชิงเขาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก

3. พวกที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่มีต้นน้ำพา เช่น การทับถมโดยน้ำจืด น้ำกร่อย ทะเลสาบ ชายหาด เป็นต้น ซึ่งการทับถมแต่ละประเภทจะทำให้เกิดดินในลักษณะที่ต่างกันไป (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหล่อ 2524 : 27 - 35)

หินแกรนิตเป็นวัสดุต้นกำเนิดดินที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยผ่านกระบวนการผุพัง และกระบวนการสร้างดิน ภายใต้อิทธิพลของปัจจัยควบคุมทั้งที่ได้กล่าวข้างต้น ทำให้ดินมีลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและความรุนแรงของปัจจัยที่กระทำต่อพื้นที่นั้น ๆ

หินแกรนิตเป็นหินสีจาง ที่มีการเย็นตัวอย่างช้า ๆ ภายในเปลือกโลก ซึ่งประกอบไปด้วยแร่ควอร์ตซ์ โปแทส-เฟลด์สปาร์ (potash feldspar) โซดิก แพลจิโอเคลส (sodic plagioclase) และแร่สีเข้ม (mafic minerals) ในประเทศไทยพบว่าหินแกรนิตเกิดขึ้นทั้งหมด 3 ยุคด้วยกัน ได้แก่ ยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ไทรแอสสิก-จูแรสสิก (Triassic - Jurassic) และครีเตเชียส-เทอร์เชียรี (Cretaceous - Tertiary) แกรนิตที่พบในบริเวณอำเภอบางละมุง เป็นแกรนิตที่เกิดในไทรแอสสิกตอนปลาย-จูแรสสิกตอนต้น มีอายุทางกัมมันตภาพรังสีประมาณ 220 ± 13 ล้านปี โดยแทรกตัวในระดับต้นในหินตะกอนยุคไทรแอสสิกที่สะสมตัวในทะเล โดยวางตัวอยู่ในแนวประมาณเหนือ - ใต้

โดยทั่วไปหินแกรนิตหุ้ทางเคมีได้ง่าย โดยการทำปฏิกิริยาไฮโดรชันและไฮโดรซิสของเฟลด์สปาร์กับน้ำและผลที่ได้คือ แร่ดินเหนียวโดยเฉพาะคือ แร่ดินขาว ส่วนเม็ดแร่ควอร์ตซ์ซึ่งทนทานต่อการผุพัง จะพบตลอดหน้าตัดหิน แร่สีเข้มอื่น ๆ เช่น ฮอร์นเบลนด์ ไบโอไทท์ ออกไซด์ จะผุพังหมด และได้เหล็กออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ดินมีสีแดง น้ำตาลแดง หรือสีเหลือง

การผุพังของหินในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแร่เป็นสำคัญ หากมีแร่สีเข้มที่มีเหล็ก และแมกเนเซียมเป็นองค์ประกอบมาก และมีแร่เฟลด์สปาร์อยู่ด้วย อัตราการผุพังจะเร็วมาก ส่วนแร่ควอร์ตซ์จะเหลือตกค้างอยู่ เนื่องจากความทนต่อการผุพังมีมาก ลักษณะภูมิอากาศเป็นตัวเร่งการผุพังด้วย (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหล่อ 2523 : 137)

เอสวาราน (Eswaran) และบิน (Bin) ได้ศึกษาการผุพังของหินแกรนิตในมาเลเซีย พบว่า ชั้นการผุพังลึกถึง 19 เมตร ดินชั้นบนหนาสุด 2 เมตร ลึกลงไปถึง 16 เมตร จะเป็นชั้นวัสดุต้นกำเนิดดิน ใต้ลงไปเป็นดินแข็งกำลังผุพัง ซึ่งปริมาณดินเหนียวลดลง แต่ปริมาณของทรายจะเพิ่มขึ้นตามความลึก (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหล่อ 2523 : 83)

ดินที่เกิดจากหินแกรนิตโดยทั่ว ๆ ไปจะเป็นดินเนื้อหยาบที่มีส่วนประกอบเป็นทรายมาก เป็นดินกรด และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในประเทศไทยมีหลายชุดด้วยกัน เช่น บริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกของไทย ได้แก่ ดินชุดภูเก็ต ดินชุดพังงา ดินชุดทุ่งหว้า ดินชุดโคกกลอย และดินชุดมาบบอน ในเขตจังหวัดชลบุรี มักพบดินที่เกิดจากหินแกรนิตในบริเวณลาน

ตะกอนชั้นสูง ใช้ในการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย สับปะรด และมันสำปะหลัง จากการศึกษาสมรรถนะของดินปลูกมันสำปะหลังในอำเภอสรีราชา พบว่า บริเวณนี้เป็นดินที่เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต ดินมีสีน้ำตาล การระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นทรายร่วน ให้ชั้นดินบนอนุภาคของดินที่โตกว่า 2 มิลลิเมตร มีมากขึ้นได้แก่ ดินชุดห้วยโป่ง ส่วนดินชุดพญาเป็นทรายจัด การระบายน้ำดี ถ้าอยู่ในที่ต่ำช่วงฤดูฝนจะปลูกมันสำปะหลังไม่ได้ ดินเหนียวที่เกิดจากหินแกรนิต ส่วนใหญ่จะเกิดจากแร่เฟลด์สปาร์ ประมาณร้อยละ 40 - 60 โดยปริมาตรจึงมีปริมาณดินเหนียวสูง แต่ดินบนจะมีทรายมาก เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวถูกชะล้างไปได้ผิวดิน และถูกกักขังการไหลจากพื้นผิวดิน ดินล่างยังมีแร่เฟลด์สปาร์ที่ยังผุพังไม่หมด ขนาดเม็ดทรายปนอยู่ด้วย (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหนอง 2525 : 14 - 15)

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติขั้นมูลฐานที่ไม่สามารถจะทดแทนได้ (irreplaceable resource) สัตว์ของดินจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งต่อความยากง่ายในการเกิดกษัยการดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปฏิกริยาของดิน และแร่ธาตุประกอบในดิน สัตว์ของดินเหล่านี้ยังส่งผลต่อพืชที่ขึ้นปกคลุมดิน ถ้ามีวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกที่ถูกต้องและเหมาะสมตามหลักการอนุรักษ์จะสามารถลดกษัยการดินลงได้

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการของกษัยการดิน คือดินชั้นดาน (pan) ซึ่งน้ำไม่สามารถไหลซึมผ่าน หากดินบนไม่มีพืชคลุมหรือมีเนื้อดินร่วนแล้ว กษัยการจะเกิดได้ง่ายขึ้น ปัญหาดินชั้นดานนี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากในบริเวณจังหวัดชลบุรี ชั้นดานเป็นชั้นที่เกิดจากการไหลร่วนติดต่อกันเป็นระยะเวลาาน ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง และมีการชะล้างอนุภาคดินเหนียวลงไปจับตัวกันแน่น ซึ่งอาจอยู่ได้ชั้น เอ หรือชั้น บี หรือชั้น ซี ชั้นดานเหล่านี้อาจเป็นชั้นดานดินเหนียว (claypan) ชั้นดานเปราะ (fragipan) และชั้นดานแข็ง (hardpan)

ลักษณะของชั้นดานเปราะ ส่วนบนจะต้องพบที่ระดับความลึกไม่เกิน 100 ซม. ชั้นนี้เนื้อดินร่วน มีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าชั้นดินบน แข็งถึงแข็งมาก เหมือนมีสารเชื่อมเนื้อแข็ง เวลาขึ้นจะเปราะ เวลาบดจะแตก่วนทันที ก้อนแข็งแข็งจะละลายน้ำ หรือแตกเมื่อเปียก ชั้นดานเปราะมีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก น้ำซึมผ่านได้ยาก และมักมีร่องรอยการชะล้าง อาจพบคราบวัสดุดินเหนียวเป็นแห้ว ๆ ที่ผิวก้อนดินหรือในก้อนดิน มักพบในระดับความลึกประมาณ 15-200 ซม.

จากผิวหน้าดินมีชั้นดินชัดเจน ส่วนดินล่างลงไปจะมีขอบเขตของชั้นดินไม่ชัดเจน

ส่วนชั้นดินแข็ง พบที่ระดับความลึกเช่นเดียวกับชั้นดินเบรอะ ชั้นดินที่แข็งผาก
เชื่อมด้วยสารซิลิกา เมื่อแห้งจึงแข็งมากและไม่ละลายน้ำเมื่อเปียก ไม่ละลายในกรดเกลือ
ปริมาณการเชื่อมตัวของมันแตกต่างกันไป และมักจะมีสารเชื่อมอื่นปะปนมาบ้าง ส่วนมากเป็น
เหล็กออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ชั้นนี้หากมีรอยแตกแล้วมันจะห่างกันโดยเฉลี่ย 10 ซม.
(อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2523 : 207 - 256)

การศึกษาชั้นดินในหน้าตัดดินนั้น ตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ ค่าความหนาแน่นรวมของดิน
โดยใช้อธิบายการอัดตัวภายในสัณฐานของดิน ทั้งยังใช้อธิบายวิวัฒนาการของชั้นดินได้ ดังแสดง
ในตาราง 10

ตาราง 10 ความหนาแน่นรวมและปริมาณดินเหนียวที่ถูกชะล้างในหน้าตัดดิน

ชั้นดิน	ความหนา ของชั้นดิน (ซม.)	ความหนา แน่นรวม กรัม/มิลลิลิตร	น้ำหนักของ ดินที่อบแห้ง กรัม	ปริมาณสุทธิ ของแร่ดินเหนียว ที่ถูกชะล้าง (กรัม)
A	20	1.0	20	-20
B _{2t}	20	1.5	30	+15
B _{3t}	20	1.25	25	+5
C	20	1.25	25	0

ที่มา : กำเนิดและจำแนกดิน โดย อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ อ้างถึง Buol และคณะ
(1973)

จากตารางวิวัฒนาการของหน้าตัดดิน โดยการคำนวณการโยกย้ายของดินเหนียว
จะเห็นว่าชั้นดินบนสูญเสียดินเหนียวไปสะสมในชั้นล่าง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นรวมของดิน
จะเห็นว่าชั้น B_{2t} ซึ่งมีการสะสมดินเหนียวมากที่สุด เพิ่มขึ้น 15 มีค่าความหนาแน่นรวม
มากที่สุดคือ 1.5 กรัม/มิลลิลิตร. ซึ่งแสดงว่าการสะสมของดินเหนียวจากชั้น A ลงไป

ยังขึ้น B_{2t} ทำให้ชั้นนี้เกิดการอัดตัวแน่น

ความหนาแน่นรวมของดินจะมีความสัมพันธ์ส่วนกลับกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่า การใช้ที่ดินทำการเพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินมากขึ้น ในขณะที่ความพรุน และสัดส่วนของช่องว่างของดินลดลง เนื่องจากการใช้ดินในการเพาะปลูก ทำให้สูญเสียปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน รวมทั้งน้ำหนักของเครื่องมือและการเหยียบย่ำดิน โดยมนุษย์และสัตว์ ขณะที่ทำการเพาะปลูก และประการสุดท้ายการที่ผิวดินปราศจากสิ่งปกคลุมทำให้เมื่อดินปะทะผิวน้ำฝนโดยตรง เป็นผลให้อนุภาคดินแตก และอัดตัวกันแน่นทับมากขึ้น

ความหนาแน่นรวมของดินที่ยังไม่ได้ทำการเพาะปลูกโดยปกติจะอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.6 กรัม/มิลลิลิตร ดินที่มีเนื้อดินประเภทเหนียว ส่วนมากจะมีค่าความหนาแน่นรวมประมาณ 1.0 - 1.3 กรัม/มิลลิลิตร เนื้อดินประเภทร่วนเหนียว และร่วนปนโคลต จะมีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.0 - 1.4 กรัม/มิลลิลิตร และเนื้อดินประเภทร่วน ร่วนปนทราย และทราย จะมีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.2 - 1.6 กรัม/มิลลิลิตร ค่าเหล่านี้เป็นตัวเลขโดยประมาณ ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการเสื่อมยัก และจัดเรียงของอนุภาคดิน สำหรับเนื้อดินปานกลางที่ใช้ในการเพาะปลูก ส่วนมากมีค่าความหนาแน่นรวมโดยเฉลี่ยประมาณ 1.3 กรัม/มิลลิลิตร (ภาคปฐพีวิทยา 2523 : 134 - 135)

นอกเหนือจากลักษณะพื้นฐานของดินตามธรรมชาติแล้ว ความยากง่ายต่อการจัดการดินยังขึ้นอยู่กับการจัดการ และการใช้พื้นที่ดินในอดีตที่ผ่านมา ดังนั้นในการศึกษารังนี้จึงศึกษาลักษณะพื้นฐานของดิน เพื่อสามารถอธิบายถึงเหตุผลในกษัยการของดินในบริเวณที่ศึกษาด้วย

4. สภาพโดยทั่วไปของบริเวณที่ศึกษา

4.1 ที่ตั้ง

เป็นบริเวณที่อยู่ทางด้านตะวันออกของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ตามพิกัดภูมิศาสตร์ดังนี้ ละติจูดที่ $12^{\circ} 46' 41''$ ถึง $13^{\circ} 01' 13''$ เหนือ ลองจิจูดที่ $100^{\circ} 57' 58''$ ถึง $101^{\circ} 06' 50''$ ตะวันออก ทราบกลุ่มพื้นที่ 4 ตำบล ได้แก่ ตำบลเขาไม้แก้ว บางส่วนของตำบลตะเคียนเตี้ย ตำบลโป่ง และตำบลห้วยใหญ่ มีเนื้อที่ประมาณ 205 ตารางกิโลเมตร ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอนนทบุรี ทิศใต้และทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดระยอง ทิศตะวันตก

ติดต่อกันบางส่วนของตำบลตะเคียนเตี้ย ตำบลโป่ง และตำบลห้วยใหญ่ อำเภอบางละมุง

4.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

โครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นหินอัคนีเป็นตัวยาวใน คือ หินแกรนิตที่เกิดในยุค ไทรแอสสิกตอนปลาย-จูแรสสิกตอนต้น เป็นส่วนหนึ่งของปื้นใหญ่จากอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ไปจนถึงอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตของพื้นที่จากแนว ขอบหินฐานแกรนิตที่ปรากฏใน อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โดยกำหนดจากขอบเขตโครงสร้างของหินแกรนิต ตามแผนที่ธรณีวิทยา

4.3 ลักษณะทางธรณีสัณฐาน

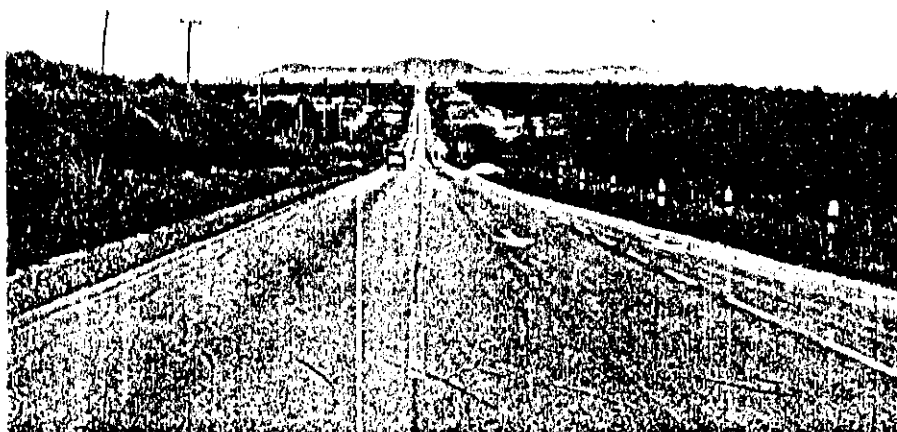
ลักษณะทางธรณีสัณฐานที่ปรากฏในปัจจุบันเป็นผลมาจากกระบวนการที่เกิดขึ้นทั้งจาก อิทธิพลของกระบวนการภายในเปลือกโลกและกระบวนการบริเวณพื้นผิวโลก ซึ่งสามารถจำแนก ได้ดังนี้ คือ

1. สัณฐานที่เป็นภูเขา ได้แก่ กลุ่มเขาสองพี่น้อง เขาไม้แก้ว เขาไผ่ เขาตะแบก ฯลฯ เป็นภูเขาที่มองเห็นสภาพหินโผล่ ทั่วภาพประกอบ 10 ลักษณะเป็นท่อนอกกว้างอย่างชัดเจน มีความลาดตั้งแต่ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ จนถึงมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีการขยาย กิจกรรมทางการเกษตรเข้าไปมากจนเหลือป่าไม้ปกคลุมอยู่น้อย จึงปรากฏร่องรอยการ ที่พัฒนาให้เห็นตามบริเวณเชิงเขาอย่างชัดเจน



ภาพประกอบ 10 สัณฐานภูเขาแกรนิตที่มีหินโผล่

2. สัณฐานที่เหลืตกค้างจากการผุพังของหินแกรนิต ปัจจุบันเป็นเนินแกรนิตที่ปรากฏเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีสัณฐานเป็นลูกคลื่นลอนลาดที่มีความลาดอย่างสม่ำเสมอประมาณ 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพประกอบ 11 ลูกคลื่นเหล่านี้เกิดจากรอยแตกธรรมชาติเป็นตารางของหินแกรนิตพร้อม ๆ กับกัษัยการพังผืดส่วนบนทางน้ำธรรมชาติพัฒนาไปตามรอยแตกดังกล่าว ในปัจจุบันเป็นบริเวณที่มีปัญหาการกัดเซาะมากกว่าบริเวณภูเขา ดังปรากฏร่องธารจำนวนมากบนเนินแกรนิต เนื่องจากมนุษย์ได้บุกรุกทำลายป่าเพื่อขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้าไป ลักษณะดินที่ปกคลุมเป็นดินที่เกิดจากหินแกรนิต ชั้นดินบนเป็นดินร่วนปนทราย และดินทราย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียว ดินเหนียวปนทราย หรือดินร่วนปนทราย บางแห่งมีกรวดปนในชั้นล่าง จัดอยู่ในชุดดินสะตึก ชุดดินมาบบอน หรือกลุ่มดิน Loamy Paleustults ตามระบบการจำแนกดินของสหรัฐอเมริกา (พัฒนาที่ดิน 2526)



ภาพประกอบ 11 สัณฐานลูกคลื่นลอนลาดตามทางหลวง หมายเลข 36

4.4 ลักษณะภูมิอากาศ

พื้นที่ทำการศึกษามีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon climate : Am) ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของคอปเปน (Koppen) มีปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีมากกว่า 1,300 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28 องศาเซลเซียส ดังตาราง 11, 12 และภาพประกอบ 12, 13 จากข้อมูลปริมาณฝนของสถานี อำเภอเมือง และอำเภอสังขะ จังหวัด ชลบุรี จะเห็นว่าฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตก-

เฉียงใต้ จะปรากฏฝนทั้งช่วงประมาณเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม หลังจากนั้นปริมาณฝนจะเพิ่มมากขึ้นในเดือนกันยายน - ตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อน และดีเปรสชันในทะเลจีน เป็นที่น่าสังเกตว่าทุกเดือนจะมีฝนตก ทำให้มีภูมิอากาศแบบความสมบูรณ์ได้ เนื่องจากสถานีตรวจวัด ตั้งอยู่ชายฝั่ง แต่ไม่เป็นจริงในบริเวณที่ศึกษา เนื่องจากมีที่ตั้งเข้ามาทางด้านตะวันออก และยังไม่ถึงสถานีตรวจวัด จึงใช้ข้อมูลจากสถานีใกล้เคียงดังกล่าว คาดคะเนได้ว่ามีช่วงระยะเวลา เดือนที่ชุ่มชื้นประมาณ 6.1 - 8.7 เดือนในรอบปี แต่พอจะกล่าวได้ว่า ปริมาณการแพร่กระจาย ของฝนในรอบปีอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง นอกจากนี้ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีอากาศแห้งแล้ง

ตาราง 11 ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของ อ.เมือง จ.ชลบุรี เดือน 27 ปี

(พ.ศ. 2494 - 2520)

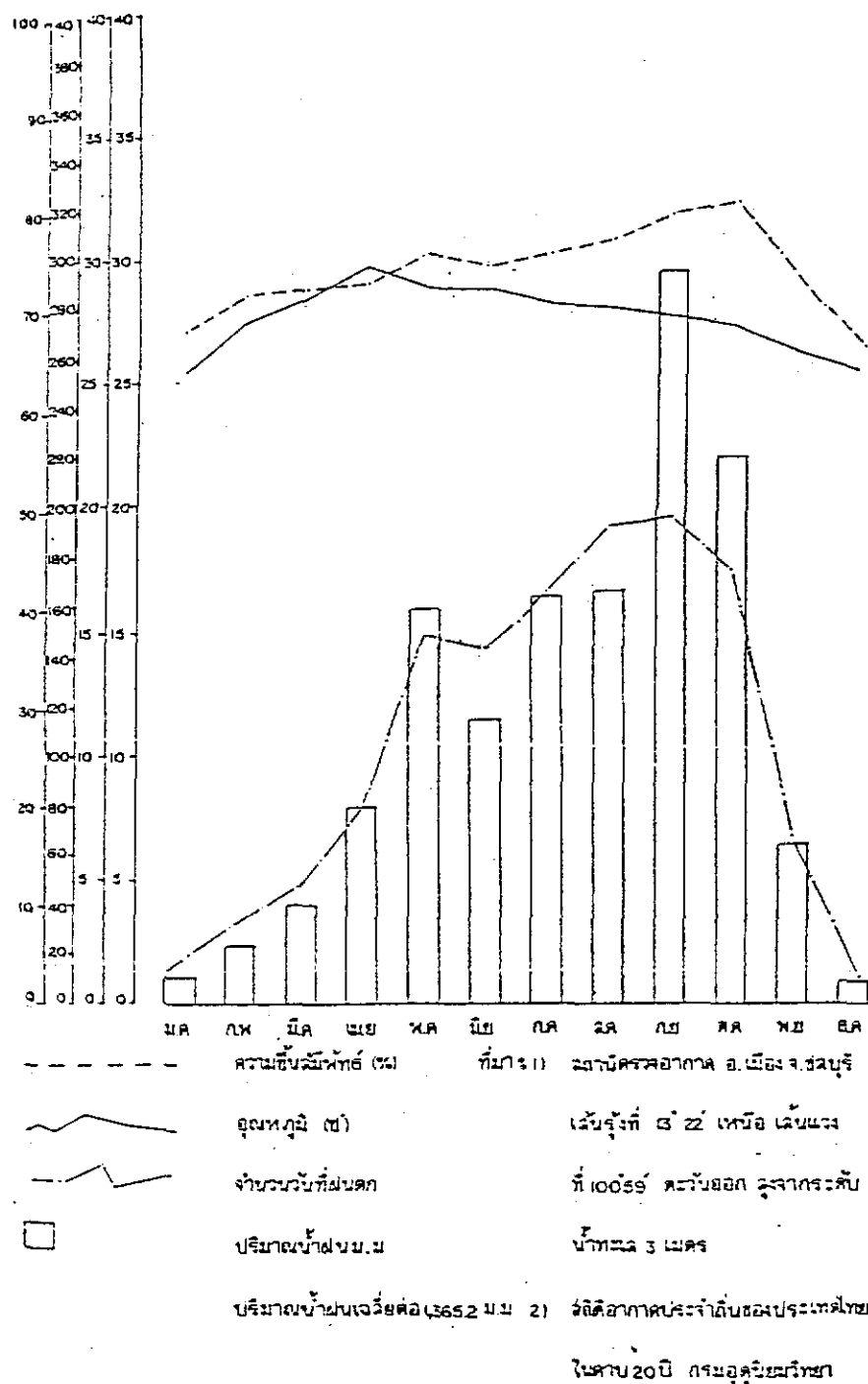
ที่ตั้ง เส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 22'$ เหนือ เส้นแวงที่ $100^{\circ} 59'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล

3 เมตร

เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มม.)	จำนวนวันที่ ฝนตก	ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
มกราคม	11.6	1.7	68.1	25.7
กุมภาพันธ์	24.2	3.4	71.8	27.6
มีนาคม	40.2	4.8	72.4	28.7
เมษายน	80.5	8.0	72.7	29.8
พฤษภาคม	160.9	15.0	76.0	29.0
มิถุนายน	116.5	14.5	74.6	29.0
กรกฎาคม	166.7	16.8	76.1	28.5
สิงหาคม	168.6	19.5	77.5	28.3
กันยายน	298.2	19.9	80.5	28.0
ตุลาคม	223.3	17.7	81.3	27.6
พฤศจิกายน	65.1	6.3	74.2	26.7
ธันวาคม	9.4	1.6	68.0	25.8
เฉลี่ย	1,365.2	129.7	74.4	27.9

ที่มา : 1. สถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.ชลบุรี

2. สถิติอากาศประจำถิ่นของประเทศไทยในคาบ 20 ปี กรมอุตุนิยมวิทยา



ภาพประกอบ 12 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และ
การแพร่กระจายของฝนในรอบปีของ อ. เมือง จ. ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี
(พ.ศ. 2494 - 2520)

ตาราง 12 ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ของ อ.สัทีบ จ.ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี
(พ.ศ. 2494 - 2520)

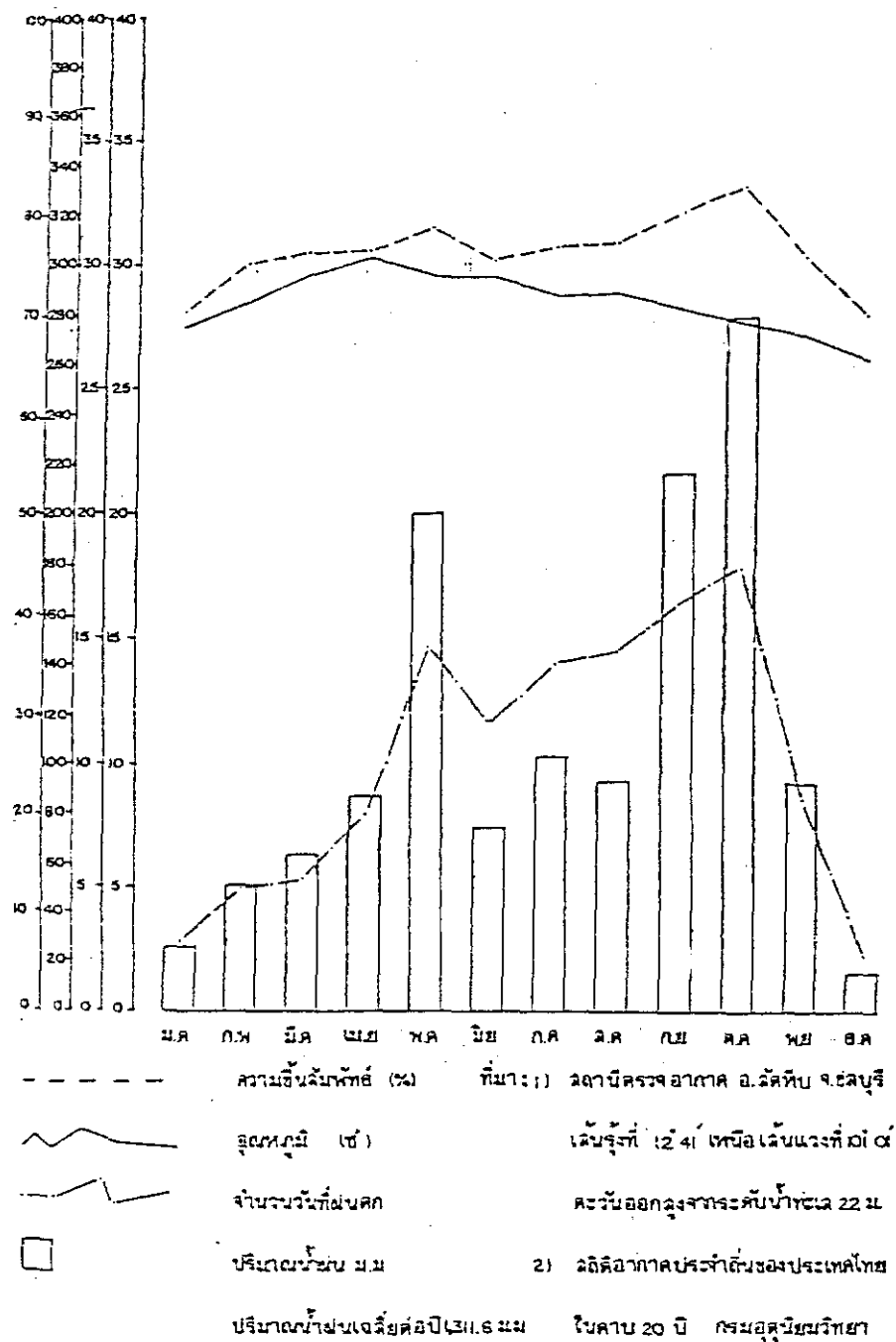
ที่ตั้ง เส้นรุ้งที่ $12^{\circ} 41'$ เหนือ เส้นแวงที่ $101^{\circ} 01'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล

22 เมตร

เดือน	ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย (มม.)	จำนวนวัน ที่ฝนตก	ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
มกราคม	26.3	2.8	70.3	27.5
กุมภาพันธ์	51.7	5.0	75.1	28.5
มีนาคม	63.3	5.3	76.4	29.7
เมษายน	87.5	8.0	76.6	30.3
พฤษภาคม	200.8	14.9	79.0	29.7
มิถุนายน	74.6	11.7	75.9	29.6
กรกฎาคม	103.6	14.2	77.4	28.9
สิงหาคม	93.7	14.7	77.6	29.0
กันยายน	217.8	16.5	80.8	28.4
ตุลาคม	281.4	18.0	83.5	27.9
พฤศจิกายน	93.2	8.6	76.3	27.3
ธันวาคม	16.5	2.3	70.6	26.7
เฉลี่ย	1,311.6	122.0	76.6	28.6

ที่มา : 1. สถานีตรวจอากาศ อ.สัทีบ จ.ชลบุรี

2. สถิติอากาศประจำปีของประเทศไทยในคาบ 20 ปี กรมอุตุนิยมวิทยา



ภาพประกอบ 13 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน อุณหภูมิ และ
 การแพร่กระจายของฝนในรอบปีของ อ. สัตหีบ จ. ชลบุรี เฉลี่ย 27 ปี
 (ท.ศ. 2494 - 2520)

ภูมิอากาศการเกษตรโดยทั่ว ๆ ไปมีช่วงระยะเวลาเดือนที่ชุ่มชื้น 6.1 - 8.7 เดือนในรอบปี และช่วงระยะเวลาที่แห้งแล้ง 3.0 - 3.1 เดือนในรอบปี โดยมีช่วงระยะเวลาเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ 1.0 - 3.6 เดือน คือช่วงระยะเวลา 1 - 25 มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการปลูกพืชทั่ว ๆ ไป ดังตาราง 13, 14 และภาพประกอบ 14

ตาราง 13 ฤดูกาลเพาะปลูกและระยะที่ฝนตกชุก

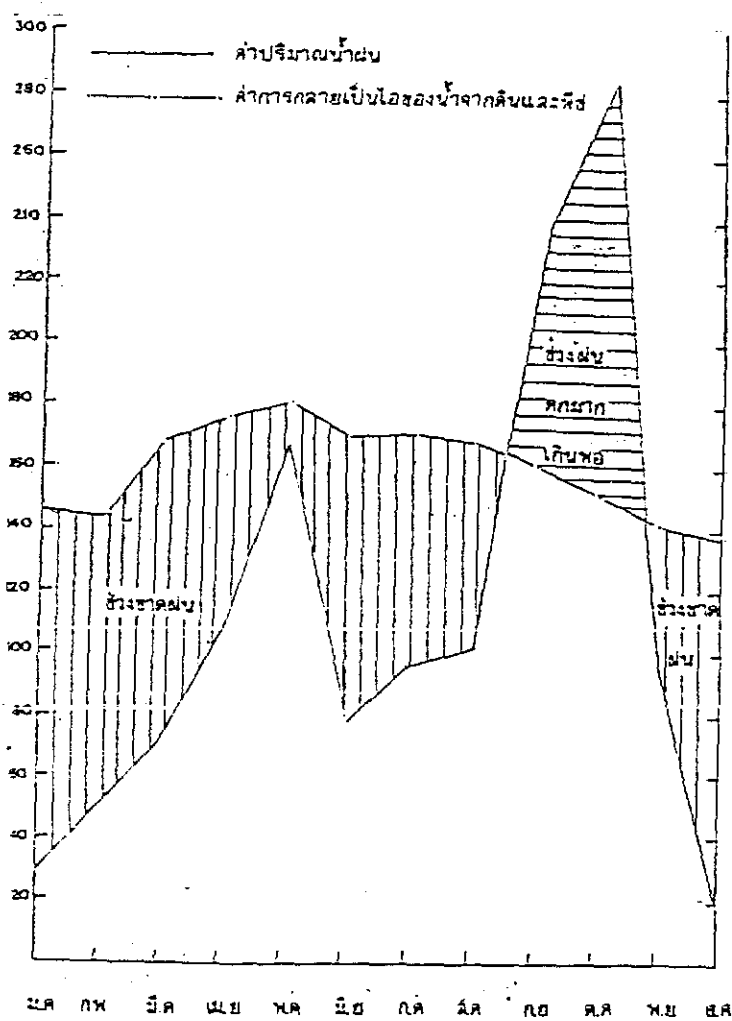
เขต	ฤดูกาลเพาะปลูก	ระยะที่ฝนตกชุก	ระยะที่ฝนตกชุกมาก
จังหวัดชลบุรี	1 มีค. - 20 ธค.	20 เมย. - 1 ธค.	ธค. - พค.

ที่มา : รายงานการทดสอบวินิจฉัยคุณภาพของดินจังหวัดชลบุรี

ตาราง 14 ระยะเวลาที่ดินมีความชุ่มชื้นในระดับต่าง ๆ

เขต	ระยะที่ดินมีความชุ่มชื้นสูง (เดือน)	ระยะที่ดินมีความชุ่มชื้นปานกลาง (เดือน)	ระยะที่ดินขาดแคลนน้ำ (เดือน)	จำนวนน้ำฝนที่มากเกินไป ความต้องการในฤดูกาลเพาะปลูก (มม.)
จังหวัดชลบุรี	6.1 - 8.7	1.0 - 3.6	2.3	460 - 700

ที่มา : รายงานการทดสอบการวินิจฉัยคุณภาพของดิน จังหวัดชลบุรี



หมายเหตุ : ค่าน้ำฝนปี 2474-2503 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 4312.2 มม.
: ค่าการคายน้ำจากดินและพืชปี 2474-2503 เฉลี่ยตลอดทั้งปี 1902.5 มม.

ภาพประกอบ 14 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนและค่าการระเหยและคายน้ำจากพืช

(Potential Evapotranspiration) อ. สัตติ์ จ. ชลบุรี

ที่มา : รายงานการทดสอบการวินิจฉัยคุณภาพของดิน จังหวัดชลบุรี

วิธีดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษา

1. ข้อมูลและเครื่องมือ

- 1.1 รูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 มาตรฐาน 1 : 40,000 แถวที่ 17 หมายเลข 2277 - 2278 แถวที่ 18 หมายเลข 2291 - 2293, 2381 - 2384 แถวที่ 22 หมายเลข 2897 - 2900, 2972 - 2975, 2994 - 2997 แถวที่ 23 หมายเลข 3142 - 3144
- 1.2 รูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2524 มาตรฐาน 1 : 40,000 แถวที่ 30 หมายเลข 112 - 121, 198 - 205, 224 - 226
- 1.3 แผนที่ภูมิประเทศมาตรฐาน 1 : 50,000 ระวัง 5134I, 5234IV และ 5235III
- 1.4 แผนที่ภูมิประเทศมาตรฐาน 1 : 250,000 ระวัง ND 47 - 12 และ ND 47 - 16
- 1.5 แผนที่ดินมาตรฐาน 1 : 100,000 จังหวัดชลบุรี ระวัง 1/3 และระวัง 3/3
- 1.6 แผนที่การใช้ที่ดิน มาตรฐาน 1 : 40,000 บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี
- 1.7 แผนที่ธรณีสัณฐานวิทยา มาตรฐาน 1 : 40,000 บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี
- 1.8 แผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1 : 250,000
- 1.9 เอกสารและงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 1.10 เครื่องมือแปลรูปถ่ายทางอากาศ
- 1.11 เครื่องมือวัดระยะบนแผนที่ (map measure)
- 1.12 เครื่องมือวัดพื้นที่บนแผนที่ (panimeter)
- 1.13 เครื่องมือเก็บข้อมูลภาคสนาม

2. การรวบรวมข้อมูล

2.1 รวบรวมข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

- 2.1.1 สร้างแผนที่ลุ่มน้ำจากภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 และปี พ.ศ. 2524
- 2.1.2 วัดพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 2.1.3 วัดความยาวของลำน้ำทั้งหมด
- 2.1.4 วัดความยาวของลำน้ำแต่ละอันดับ
- 2.1.5 วัดความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 2.1.6 วัดพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2496 และปี พ.ศ. 2524 จากภาพถ่ายทางอากาศ

2.2 รวบรวมข้อมูลในภาคสนาม

- 2.2.1 เตรียมแผนที่ธรณีสัณฐาน แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ดิน และแผนที่การใช้ที่ดินเพื่อประกอบการศึกษาภาคสนาม
- 2.2.2 กำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบมีจุดมุ่งหมายเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ
- ก. บริเวณที่มีความหนาแน่นระบบการระบายน้ำสูง
 - ข. บริเวณที่มีความหนาแน่นระบบการระบายน้ำต่ำ
- 2.2.3 จากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มใหญ่นำมาสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสุ่มเพื่อทำการวัดร่องน้ำ และเก็บตัวอย่างดิน โดยเลือกตัวแทนให้กลุ่มพื้นที่แล้วกำหนดจุดลงบนแผนที่ภูมิประเทศ
- 2.2.4 แต่ละกลุ่มตัวอย่าง จะทำการวัดสมบัติทางกายภาพของร่องน้ำ และเก็บตัวอย่างดิน ร่องละ 4 จุด
- 2.2.5 สังเกตและบันทึกประกอบสิ่งที่พบในสนามดังนี้ วัสดุหินก่อกำเนิด พืชพรรณ การใช้ที่ดิน การตั้งถิ่นฐาน เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์

3. การจัดกระทำกับข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้

- 3.1 ศึกษาองค์ประกอบของระบบการระบายน้ำ จากภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 และปี พ.ศ. 2524

3.1.1 กฎขององค์ประกอบของการระบายน้ำ (Law of Drainage Composition) ดังต่อไปนี้

กฎของจำนวนลำน้ำ	$N_u = R_b^{s-u}$
(Law of stream numbers)	
กฎของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ	$\bar{L}_u = \bar{L}_1 R_L^{u-1}$
(Law of mean stream lengths)	
กฎของความยาวรวมของลำน้ำ	$\Sigma L_u = L_1 R_b^{s-u} R_L^{u-1}$
(Law of total stream lengths)	
กฎของความลาดของลำน้ำ	$\bar{S}_u = \bar{S}_1 R_s^{u-1}$
(Law of stream gradients)	

เมื่อ	N_u	แทน	จำนวนของลำน้ำในอันดับ u
	R_b	แทน	อัตราส่วนไบเฟอร์เกนซ์
	s	แทน	อันดับที่สูงที่สุดในลุ่มน้ำ (highest order)
	$\bar{L}_u$	แทน	ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ u
	R_L	แทน	อัตราส่วนความยาวของลำน้ำ
	L_u	แทน	ความยาวรวมของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำของอันดับ u
	$\bar{S}_u$	แทน	ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ u
	R_s	แทน	อัตราส่วนความลาดของลำน้ำ

3.1.2 ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (Drainage Density)

$$D_d = \frac{\Sigma L_k}{A_k}$$

เมื่อ	ΣL_k	แทน	ความยาวรวมของลำน้ำทุกอันดับ
	A_k	แทน	พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด
	D_d	แทน	ความหนาแน่นของการระบายน้ำ

3.1.3 ความถี่ของลำน้ำ (Stream Frequency)

$$F_s = \frac{\sum N_k}{Ak}$$

เมื่อ $\sum N_k$ แทน จำนวนของลำน้ำทุกอันดับ

Ak แทน พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

F_s แทน ความถี่ของลำน้ำ

3.2 ตรวจสอบ และจำแนกข้อมูลจากภาคสนามที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์

3.2.1 ข้อมูลวิเคราะห์หาการกระจายของเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) ข้อมูลวิเคราะห์ค่าปฏิกริยาดิน ข้อมูลสีของดิน และข้อมูลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน โดยใช้สารพาราฟินหุ้ม

3.2.2 ข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ ข้อมูลบันทึกภาคสนาม ตลอดจนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.3 หาปริมาณกษัยการของดิน จากสูตร

$$\text{ปริมาตร} = \text{พื้นที่} (\Delta A + \Delta B \times L_1) + (\Delta B + \Delta C \times L_2) + \dots (\Delta N_1 + \Delta N_2 \times L_N)$$

$$\text{พื้นที่ } \Delta = \frac{1}{2} x \times y \quad , \quad L = \text{ความยาวร่องธาร}$$

3.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์

3.3.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

3.3.2 สมการพหุคูณ

3.3.3 t - test

3.3.4 Chi - square (χ^2)

3.3.5 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ลักษณะระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิตของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี
 - 1.1 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่า ไปยังอันดับที่ต่ำกว่า
 - 1.2 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า
 - 1.3 ลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า
2. เปรียบเทียบความหนาแน่นของการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิตของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 กับ พ.ศ. 2524 ในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี
3. สัณฐานของดินของบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำไม่เท่ากัน
4. ลักษณะวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกในบริเวณที่เกิดภัยการ
5. ปริมาณภัยการดินโคลนประมาณที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำตลอดระยะเวลา 28 ปี

1. ลักษณะระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิต ของลุ่มน้ำ ปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ในพื้นที่บางบริเวณของ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

จากการสร้างแผนที่ลำน้ำตามทฤษฎีภูมิศาสตร์ ละติจูดที่ $12^{\circ} 46' 41''$ ถึง $13^{\circ} 01' 13''$ เหนือ ลองจิจูดที่ $100^{\circ} 57' 58''$ ถึง $101^{\circ} 06' 50''$ ตะวันออก โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตามโครงสร้างทางธรณีวิทยา คือ แนวขอบทางด้านตะวันตกของหินฐานแกรนิตที่ปรากฏในอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เป็นพื้นที่บังคับ ดังนั้นแผนที่จึงมีรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่สามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามแนวสันน้ำได้ด้วยเหตุผลดังกล่าว แผนที่ลำน้ำของ

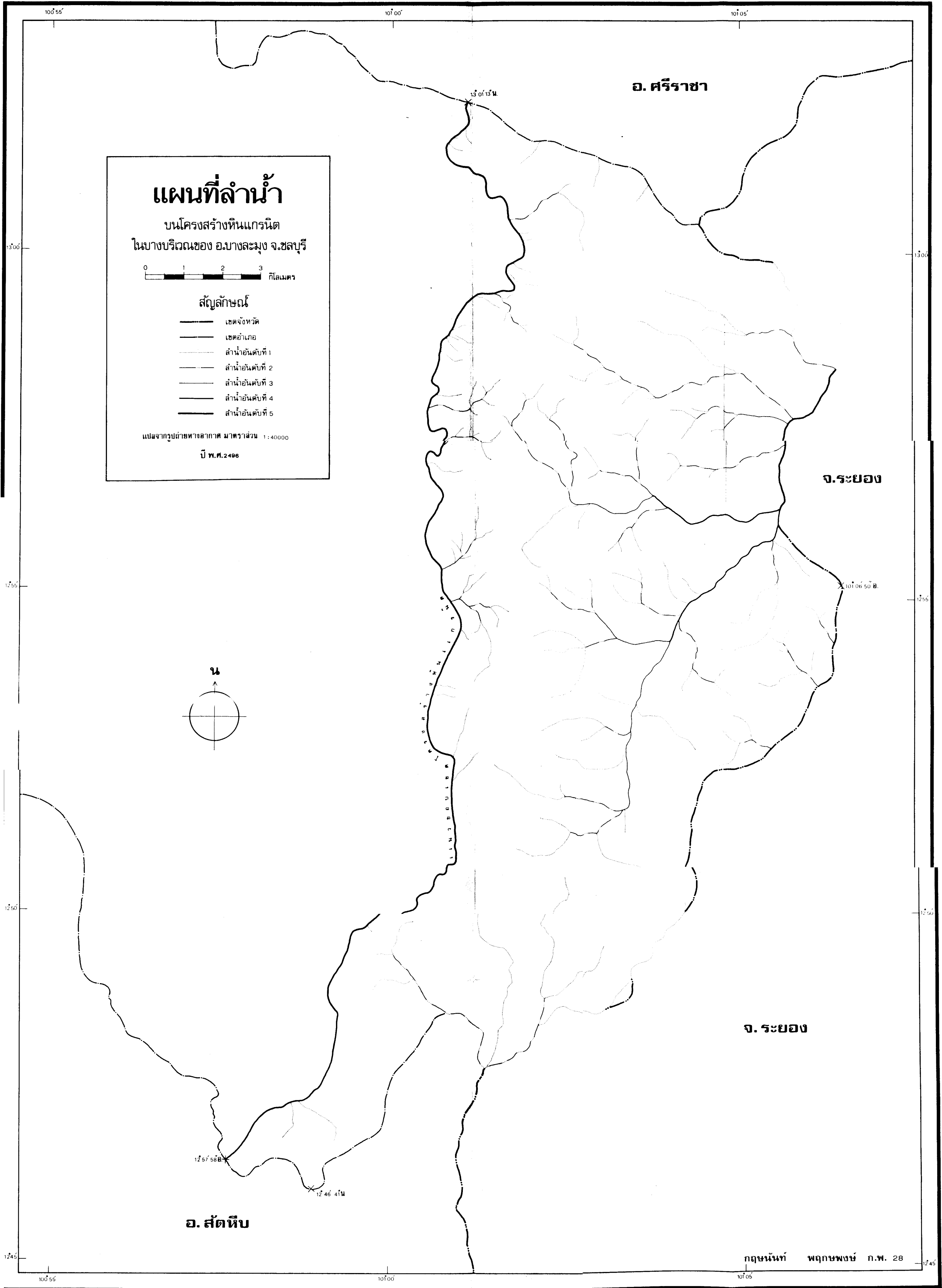
บริเวณที่ศึกษานี้ แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ โครงการเวสต์ไวด์เซอร์เวย์ ของกรมแผนที่ทหารกระทรวงกลาโหม มาตรฐาน 1 : 40,000 ถ่ายเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496 (ค.ศ. 1953) และรูปถ่ายทางอากาศ โครงการแก้ไขแผนที่ มาตรฐานเดียวกัน ถ่ายเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2524 เพื่อศึกษาลักษณะของระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่นั้น โดยจะวิเคราะห์ตามลำดับดังนี้

1.1 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่า ไปยังอันดับที่ต่ำกว่า

จากแผนที่ลำน้ำที่สร้างขึ้นของปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 พบว่ามีอันดับลำน้ำเท่ากัน 5 อันดับ แต่จำนวนลำน้ำของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 ของแต่ละอันดับน้อยกว่ากลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 จากแผนที่ 2 และแผนที่ 3 นับจำนวนลำน้ำของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ของแต่ละอันดับได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ปี พ.ศ. 2496 มี 139 สาย ปี พ.ศ. 2524 มี 1,976 สาย อันดับที่ 2 มี 32 สาย และ 258 สาย อันดับที่ 3 มี 5 สาย และ 60 สาย อันดับที่ 4 มี 2 สาย และ 16 สาย อันดับที่ 5 มี 1 สาย และ 2 สาย ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 จำนวนลำน้ำและอัตราส่วนไบเฟอร์เก้นของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524

อันดับลำน้ำ	กลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496		กลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524	
	จำนวนลำน้ำ	อัตราส่วนไบเฟอร์เก้น	จำนวนลำน้ำ	อัตราส่วนไบเฟอร์เก้น
1	139	4.344	1,976	7.659
2	32	6.4	258	4.3
3	5	2.5	60	3.75
4	2	2	16	8.00
5	1		2	



จากตารางพบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ (อัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่น) จากอันดับที่สูงที่สุด คืออันดับที่ 5 ไปยังอันดับที่ 4 ของปี พ.ศ. 2496 มีอัตราส่วนเท่ากับ 2 ปี พ.ศ. 2524 มีอัตราส่วนเท่ากับ 8 อันดับที่ 4 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำไปยังอันดับที่ 3 เท่ากับ 2.5 และ 3.75 อันดับที่ 3 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ ไปยังอันดับที่ 2 เท่ากับ 6.4 และ 4.3 อันดับที่ 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำไปยังอันดับที่ 1 เท่ากับ 4.344 และ 7.659 อัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่นของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีค่าระหว่าง 2 - 6.4 และ 3.75 - 8 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.811 และ 5.927 ตามลำดับ แสดงว่าจำนวนลำน้ำพัฒนาเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2496 จนถึง พ.ศ. 2524 จึงทำให้อัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่นเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2524 มีค่ามากกว่า พ.ศ. 2496 เมื่อพิจารณาในแต่ละอันดับของปี พ.ศ. 2496 พบว่า อัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่นจากอันดับที่ 3 ไปยังอันดับที่ 2 และจากอันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 1 มีค่าสูง แสดงถึงลำน้ำส่วนใหญ่พัฒนามากในอันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของบริเวณที่ศึกษา มีแนวสันปันน้ำอยู่ทางตอนกลางก่อนไปทางด้านตะวันตก จึงแบ่งการไหลของน้ำลงทางด้านตะวันตก ซึ่งเป็นพื้นที่ราบ ๗ และทางด้านตะวันออก ซึ่งมีพื้นที่ที่กว้างขวางกว่า (ดูแผนที่ 7 ประกอบ) ดังนั้นทำให้ทางด้านตะวันตกมีการพัฒนามีลำน้ำเฉพาะอันดับที่ 1 และ 2 เท่านั้น ส่วนทางด้านตะวันออกพัฒนามาได้จนถึงอันดับที่ 5 ทำให้อันดับที่ 3, 4 และ 5 มีสัดส่วนที่น้อยกว่าอันดับ 1 และ 2 มาก ส่วนปี พ.ศ. 2524 พบว่า อัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่นมีค่าสูงมาก จากอันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 1 และจากอันดับที่ 5 ไปยังอันดับที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาเป็นจำนวนมากในอันดับที่ 1 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลำน้ำเกิดขึ้นใหม่เกือบทั้งหมด ส่วนอันดับ 2, 3 และ 4 มีลำน้ำที่พัฒนามาจากอันดับที่ 1, 2, 3 และ 4 ของกลุ่มน้ำเดียวกัน ปี พ.ศ. 2496 (ดูตาราง 25 ประกอบ) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอันดับที่ 4 ในปี 2524 พัฒนามาจากอันดับที่ 1 จนถึงอันดับที่ 4 ของปี พ.ศ. 2496 ทำให้ความแตกต่างของจำนวนลำน้ำระหว่างอันดับที่ 4 และอันดับที่ 5 มีมาก ดังนั้นค่าอัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่นของกลุ่มน้ำ ปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 แสดงถึงภัยการคืนโดยน้ำที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง หลังจากเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้จำนวนลำน้ำขยายตัวมากขึ้น และมีลักษณะการเพิ่มเป็นแบบอนุกรมเรขาคณิต

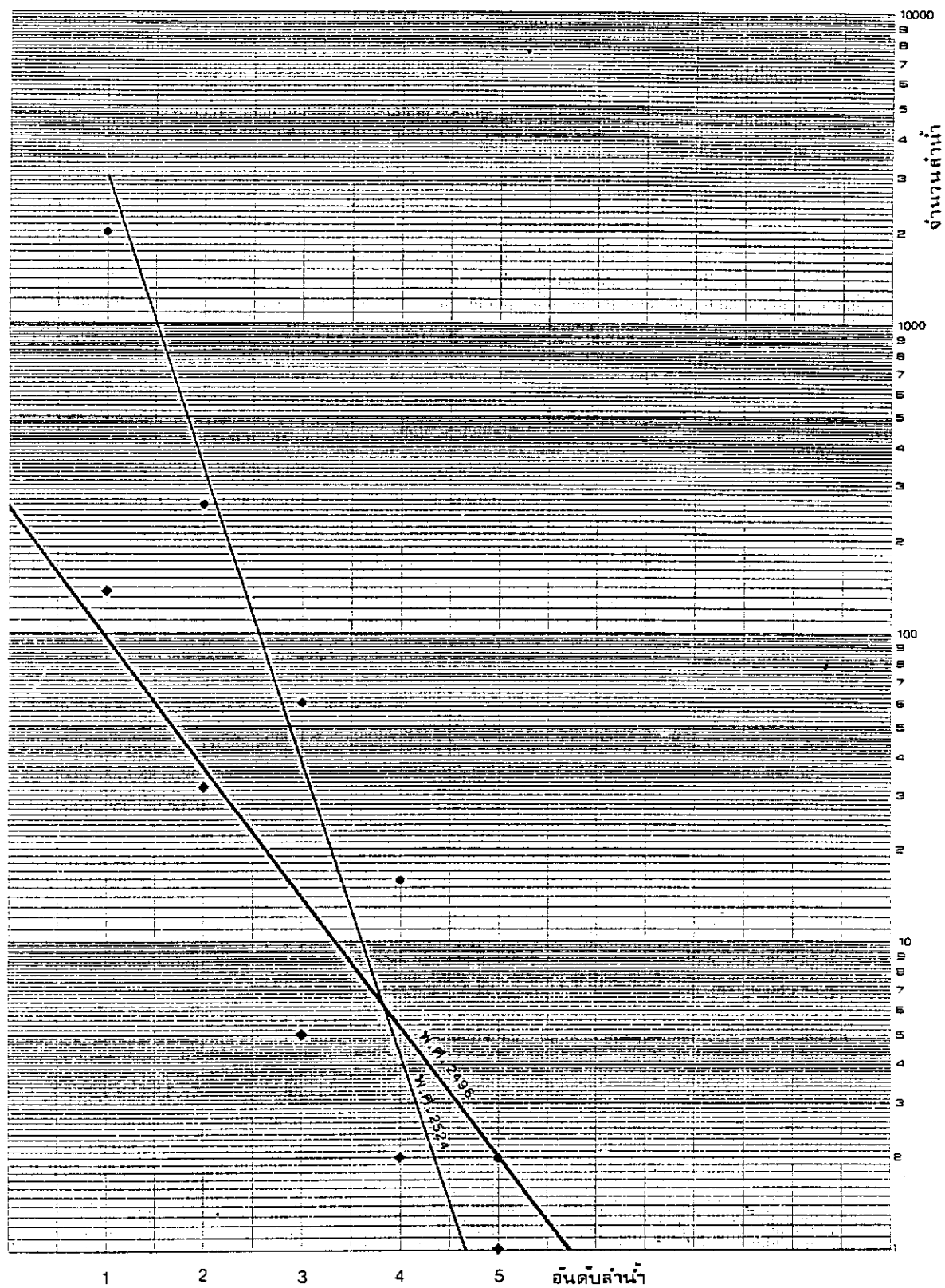
เพื่อสนับสนุนการศึกษาถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในอันดับที่สูงกว่า ไปยังอันดับที่ต่ำกว่า จึงนำอันดับลำน้ำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับจำนวนลำน้ำ พบว่า ลำน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีความสัมพันธ์สูงทางลบ (แสดงลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำหันแปรส่วนกลับกับอันดับลำน้ำ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.819^* และ -0.777^* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 (90%) ลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่า ไปยังอันดับที่ต่ำกว่ามีลักษณะทงที่ ดังค่าสมการพยากรณ์ $y = 127.6 + (-30.6)x$ และ $y = 1,719.4 + (-419)x$ ตามลำดับดังแสดงในกราฟ 1

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ มาเข้ากฎจำนวนลำน้ำของฮอว์กิน โดยสมมติว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับมีค่าเท่า ๆ กัน จะได้จำนวนลำน้ำตามกฎหรือจำนวนลำน้ำในอุดมคติ ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 เปรียบเทียบจำนวนลำน้ำที่ปรากฏจริงกับจำนวนลำน้ำในอุดมคติของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524

อันดับลำน้ำ	จำนวนลำน้ำในลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496			จำนวนลำน้ำในลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524		
	ที่ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง	ที่ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง
1	139	211	-72	1,976	1,234	+742
2	32	55	-23	258	208	+50
3	5	15	-10	60	35	+25
4	2	4	-2	16	6	+10
5	1	1	0	2	1	+1

จากตาราง จำนวนลำน้ำในอุดมคติ ซึ่งฮอว์กินได้สมมุติจากอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กัน ในที่นี้ได้นำอัตราส่วนไบเฟอร์เค้นเฉลี่ยของ



กราฟ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับจำนวนลำน้ำ

ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 มีค่าเท่ากับ 3.811 และของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 มีค่าเท่ากับ 5.927 มาหาจำนวนลำนํ้าในอุทกคติ พบว่าลำนํ้าในอุทกคติมีจำนวนต่างจากลำนํ้าที่ปรากฏจริง ถึงแม้ว่าบริเวณที่ศึกษามีโครงสร้างหินชนิดเดียวกันที่อยู่ภายใต้ลักษณะภูมิอากาศแบบเดียวกัน แต่เนื่องจากลักษณะทางธรณีสัณฐาน กระบวนการที่กระทำไม่พร้อมกัน ระยะเวลา ลักษณะดิน ชนิดและปริมาณพืชคลุมดิน ตลอดจนการจำกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา โดยไม่คำนึงถึงรูปร่าง และขนาดของลุ่มน้ำ เป็นปัจจัยทำให้การพัฒาลำนํ้าไม่เป็นไปตามอุทกคติ ดังปรากฏว่า ลำนํ้าที่ปรากฏจริงในปี พ.ศ. 2496 มีจำนวนน้อยกว่าในอุทกคติ เนื่องจากมีป่าไม้ปกคลุมหนาแน่น น้ำฝนจึงไม่ตกกระทบผิวดินโดยตรง นอกจากนี้ใบที่เน่าเปื่อยสะสมเป็นอินทรีย์วัตถุ และรากพืช ทำให้ดินมีความพรุนสูง น้ำไหลซึมลงดินได้ดีและรวดเร็ว อินทรีย์วัตถุยังช่วยซับน้ำไว้ด้วย ทำให้กักการลดลง ลำนํ้าจึงมีจำนวนน้อยและพัฒนาช้า ส่วนปี พ.ศ. 2524 ลำนํ้าที่ปรากฏจริงกลับมีจำนวนมากกว่าในอุทกคติ เนื่องจากปริมาณป่าไม้ที่ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเปลี่ยนมาปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกมันสำปะหลัง ในระยะแรกประมาณ 1 - 3 เดือน ยังไม่มีใบคลุมดิน ผ่นตกกระทบผิวดินได้โดยตรง ทำให้อนุภาคนดินเหนียวถูกชะล้างลงไปตามช่องว่างในชั้นดิน เกิดการอัดเรียงตัวที่แน่นของอนุภาคนดิน ความพรุนของดินจึงลดลง น้ำซึมผ่านได้ช้า ทำให้น้ำไหลบ่าผิวดินมีปริมาณที่มากกว่าซึมลงไปในดิน กักการดินจึงมีมาก ลำนํ้าจึงปรับจำนวนเพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ให้ทันกับปริมาณน้ำที่ได้รับ จำนวนลำนํ้าที่ปรากฏจริงจึงมีค่ามากกว่าในอุทกคติ

อย่างไรก็ตามจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนลำนํ้ากับอันดับลำนํ้า ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นได้ว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำนํ้าจากอันดับที่สูงกว่า ไปยังอันดับที่ต่ำกว่าของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 เป็นแบบอนุกรมเรขาคณิต ที่มีอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1.1

1.2 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำนํ้า จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า

เพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำนํ้าในแต่ละอันดับ ว่ามีลักษณะการเพิ่มอย่างไร หองเอาข้อมูลความยาวของลำนํ้าในแต่ละอันดับของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มาเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าความยาวเฉลี่ยมาหาค่าความยาวเฉลี่ยสะสมของแต่ละ

อันดับ ทั้งแสดงในตาราง 17 และ 18

ตาราง 17 อัตราส่วนความยาว และความยาวเฉลี่ยสะสมของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496

อันดับลุ่มน้ำ	ความยาวเฉลี่ย	อัตราส่วนความยาวเฉลี่ย	ความยาวเฉลี่ยสะสม	อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสม
1	0.879	1.848	0.879	2.848
2	1.624	1.488	2.503	1.965
3	2.416	1.755	4.919	1.862
4	4.240	1.028	9.159	1.476
5	4.360		13.519	

ตาราง 18 อัตราส่วนความยาวเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยสะสมของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524

อันดับลุ่มน้ำ	ความยาวเฉลี่ย	อัตราส่วนความยาวเฉลี่ย	ความยาวเฉลี่ยสะสม	อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสม
1	0.213	2.779	0.213	3.485
2	0.592	2.046	0.805	2.504
3	1.211	1.775	2.016	2.066
4	2.149	4.905	4.165	3.531
5	10.540		14.705	

จากตาราง 17 และ 18 พบว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยสะสมของลุ่มน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่าของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ปรากฏดังนี้ ปี พ.ศ. 2496 อันดับที่ 1 ไปยังอันดับที่ 2 อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยมีค่า

เท่ากับ 1.848 อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสมมีค่าเท่ากับ 2.848 อันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.488 และ 1.965 อันดับที่ 3 ไปยังอันดับที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.755 และ 1.862 อันดับที่ 4 ไปยังอันดับที่ 5 มีค่าเท่ากับ 1.028 และ 1.476 ตามลำดับ ส่วนปี พ.ศ. 2524 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ ปรากฏดังนี้ อันดับที่ 1 ไปยังอันดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.779 และ 3.485 อันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 2.046 และ 2.504 อันดับที่ 3 ไปยังอันดับที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.775 และ 2.066 อันดับที่ 4 ไปยังอันดับที่ 5 มีค่าเท่ากับ 4.905 และ 3.531 ตามลำดับ โดยมีอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 ระหว่าง 1.028 - 1.848 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.530 และมีอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสมระหว่าง 1.476 - 2.848 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.04 ส่วนกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 มีอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยระหว่าง 1.775 - 4.905 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.673 และมีอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสมระหว่าง 2.066 - 3.531 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.897 เมื่อพิจารณาความยาวเฉลี่ยในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำทั้งสองปี พบว่า ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำเกือบทุกอันดับยกเว้นอันดับที่ 5 ในปี พ.ศ. 2496 มีค่าสูงกว่า พ.ศ. 2524 แสดงถึงลักษณะของลำน้ำ ขณะที่สมมุติฐานธรรมชาติยังไม่เปลี่ยนแปลง โดยจะพัฒนาไปตามรอยแตกของหินแกรนิต ส่วนใหญ่เป็นลำน้ำประเภทมีน้ำไหลเกือบตลอดปีและน้ำไหลตลอดปี จึงมีความยาวลำน้ำมากกว่าปี พ.ศ. 2524 ซึ่งเป็นลำน้ำที่เกิดใหม่เป็นจำนวนมากจากการเปลี่ยนแปลงสมมุติฐานธรรมชาติ โดยการขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้าไปกั้นการดินที่เกิดบนเนินหินแกรนิต ทำให้ลำน้ำไม่สามารถขยายตัวได้ยาวเกินกว่าความยาวของความลาดของเนินแกรนิต จึงมีลักษณะเป็นลำน้ำสายสั้น ๆ ที่มีน้ำไหลขณะที่ฝนตกเท่านั้น เรียกว่า ร่องธาร ส่วนอันดับที่ 5 ในปี พ.ศ. 2524 ที่มีความยาวเฉลี่ยของลำน้ำมากกว่าปี พ.ศ. 2496 นั้น เนื่องจากเป็นลำน้ำสายหลักที่มีความยาวเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนอันดับลำน้ำ โดยเฉพาะจากลำน้ำอันดับที่ 4 ที่ปรากฏในแผนที่ลำน้ำ ปี พ.ศ. 2496 จึงทำให้ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 5 ของปี พ.ศ. 2524 มีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2496 นอกจากนี้อัตราส่วนความยาวเฉลี่ย และอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยสะสมของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 มีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2496 เนื่องจากจำนวนลำน้ำที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละอันดับในปี พ.ศ. 2524 ภายใต้อสมมุติฐานธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ความยาวเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำแต่ละอันดับ มีค่าอัตราส่วนความยาวมากกว่ากลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496

ซึ่งลำน้ำพัฒนาภายใต้สมมุติฐานชาติ

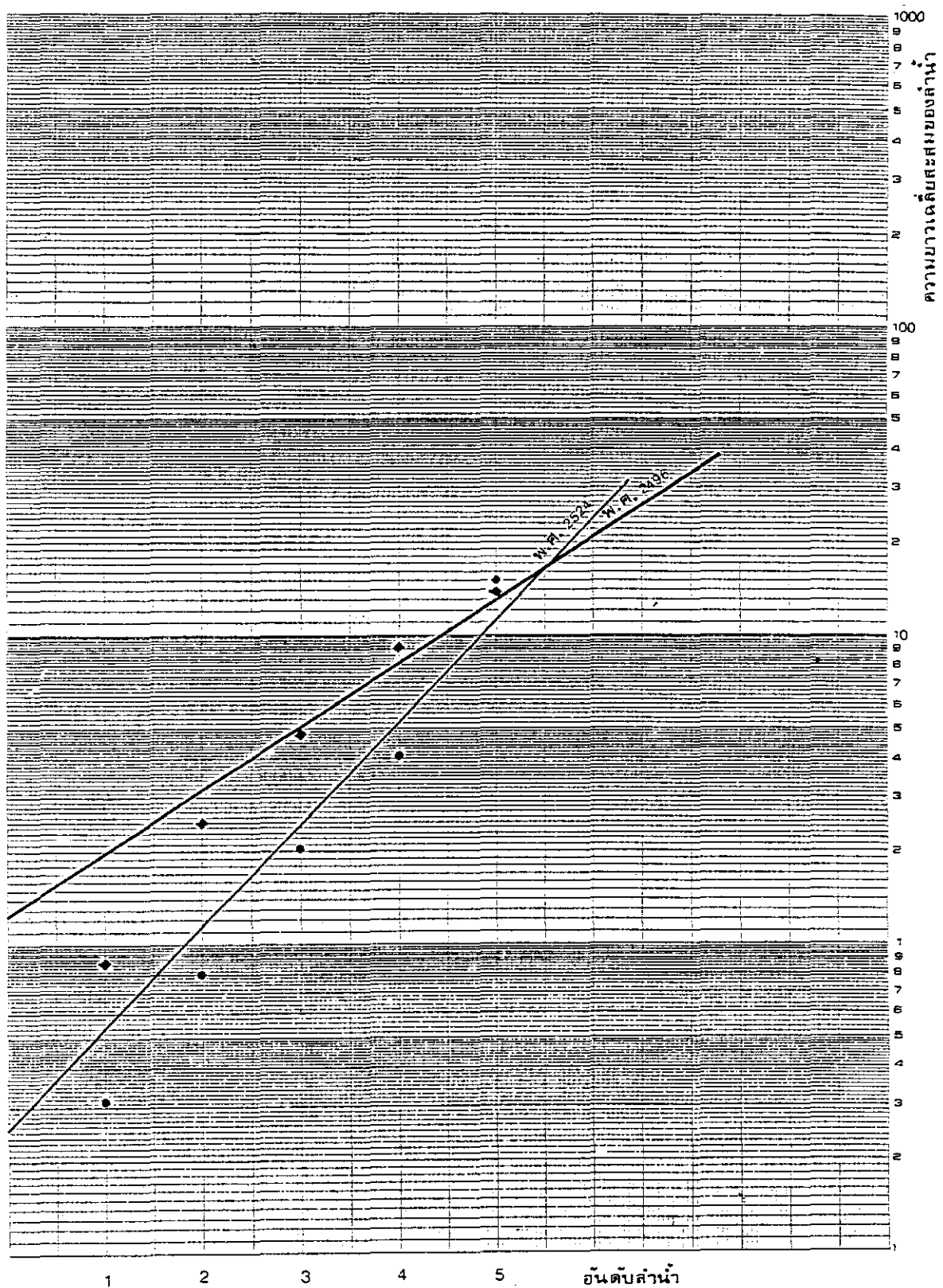
เพื่อสนับสนุนการศึกษาถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า จึงนำอันดับลำน้ำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ พบว่า ลำน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีค่าความสัมพันธ์สูงทางบวก (แสดงลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสม ผันแปรส่วนตรงกับอันดับลำน้ำ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.981^* และ 0.857^* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 (90%) มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า มีลักษณะคงที่ ดังค่าสมการพยากรณ์ $y = (-3.386) + 3.194x$ และ $y = (-5.321) + 3.234x$ ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟ 2

เมื่อนำไปเข้ากฎความยาวรวม และความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ ของฮอว์ตัน โดยสมมุติว่า การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ มีอัตราการเพิ่มที่เท่า ๆ กัน ให้ค่าความยาวรวม และความยาวเฉลี่ยในอุดมคติในแต่ละอันดับตามกฎ ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 ความยาวรวม และความยาวเฉลี่ยที่ปรากฏจริงและในอุดมคติของลำน้ำ พ.ศ.

2496

อันดับลำน้ำ	ความยาวรวมของลำน้ำ			ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ		
	ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง	ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง
1	122.200	185.415	-63.215	0.879	0.879	0
2	51.980	73.892	-21.912	1.624	1.335	+0.285
3	12.080	29.890	-17.81	2.416	2.058	+0.358
4	8.480	11.997	-3.517	4.240	3.148	+1.092
5	4.360	4.817	-0.457	4.360	4.817	-0.457



กราฟ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ

จากตาราง 19 ความยาวรวมและความยาวเฉลี่ยในอุคมคติของลำน้ำ ซึ่งสะท้อน
 ได้สมมุติจากการที่ลำน้ำทุกอันคับมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยเท่า ๆ กัน โดยนำอัตรา
 การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของอันคับที่ 1 ไปเข้ากฎ พบว่า ความยาวรวมในอุคมคติของ
 ลำน้ำปี พ.ศ. 2496 มีค่ามากกว่าที่ปรากฏจริง ส่วนความยาวเฉลี่ยในอุคมคติของลำน้ำมีค่า
 ใกล้เคียงกับค่าที่ปรากฏจริง เนื่องจากป่าไม้ที่ปกคลุมหนาแน่น ช่วยรักษาสมดุลธรรมชาติ
 โดยเรือนยอดที่ช่วยรับน้ำฝนทำให้ดินไม่ถูกน้ำฝนตกกระทบโดยตรง นอกจากนี้ระบบรากลึก
 ประกอบกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีเป็นจำนวนมากทำให้ดินมีความพรุนสูง น้ำไหลซึมลงดินได้ดี
 ลำน้ำจึงขยายตัวตามความยาวช้า เนื่องจากมีกัมัยการเกิดขึ้นน้อย ทำให้ความยาวรวมของ
 ลำน้ำมีค่าน้อยกว่าในอุคมคติ ส่วนลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 ป่าไม้ที่รักษาสมดุลธรรมชาติถูกทำลาย
 เพื่อใช้ในการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น มันสำปะหลัง ทำให้ลักษณะดินที่มีความพรุนเปลี่ยนไป
 โดยมีการอัดเรียงตัวแน่นของอนุภาคดิน เนื่องจากผิวดินถูกฝนตกกระทบโดยตรง ประกอบกับ
 ไถพรวนเป็นเวลานาน กัมัยการผิวหน้าดินจึงมีมากขึ้น การไหลซึมลงในดินลดลง ลำน้ำจึงขยาย
 ตัวมากขึ้น ให้อรับกับปริมาณของน้ำที่ได้รับเพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ให้ทันความยาวรวมของ
 ลำน้ำ จึงเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนลำน้ำที่เกิดมากขึ้น ทำให้ความยาวรวมที่ปรากฏจริง มีค่า
 มากกว่าในอุคมคติ ดังแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ความยาวรวมและความยาวเฉลี่ยของลำน้ำที่ปรากฏจริง และในอุดมคติของ
ลุ่มน้ำ ปี พ.ศ. 2524

อันดับ	ความยาวรวมของลำน้ำ			ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ		
	ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง	ปรากฏจริง	ในอุดมคติ	เพิ่มขึ้น ลดลง
1	420.060	262.857	+157.203	0.213	0.213	0
2	152.640	118.473	+34.167	0.592	0.569	+0.023
3	72.640	53.466	+19.174	1.211	1.522	-0.311
4	34.380	24.111	+10.269	2.149	4.068	-1.919
5	21.080	10.874	+10.206	10.540	10.874	-0.334

จากค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ และค่า
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำที่ได้จากการศึกษาลุ่มน้ำ
พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ในบริเวณเดียวกันแสดงถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาว
เฉลี่ยสะสมของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบอนุกรม-
เลขาคณิต และมีอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1.2

1.3 ลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยัง
อันดับที่สูงกว่า

เพื่อศึกษาลักษณะความลาดเฉลี่ยของลำน้ำที่ลดลงจากอันดับที่ต่ำกว่า (ต้นน้ำ) ไปยัง
อันดับที่สูงกว่า (ปลายน้ำ) จะต้องหาความลาดเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับเสียก่อน โดยหา
จากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำแต่ละอันดับกับความสูงเฉลี่ยของลำน้ำอันดับนั้น ๆ ลุ่มน้ำปี พ.ศ.
2496 และ พ.ศ. 2524 ให้ค่าความลาดเฉลี่ย ดังแสดงในตาราง 21

ตาราง 21 ความลาดเฉลี่ย และอัตราส่วนความลาดของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ.

2524

อันดับ	ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496		ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524		ความลาดเฉลี่ย อันดับที่สูงกว่า พ.ศ.2524 ลบด้วยอันดับต่ำกว่า พ.ศ. 2496
	ความลาดเฉลี่ย (%)	อัตราส่วน ความลาด	ความลาดเฉลี่ย (%)	อัตราส่วน ความลาด	
1	2.947		5.263		-
2	1.035	0.351	2.544	0.483	0.403
3	0.555	0.536	1.519	0.579	0.484
4	0.259	0.467	0.973	0.641	0.418
5	0.229	0.884	0.361	0.371	0.102

จากตาราง 21 พบว่า ค่าความลาดเฉลี่ยของลุ่มน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า คืออันดับ
ที่ 1 ของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีค่า 2.947 เปอร์เซ็นต์ และ 5.263
เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 0.229 เปอร์เซ็นต์ และ 0.361 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถึงอันดับที่ 5
โดยมีอัตราการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลุ่มน้ำในปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ดังนี้
อันดับที่ 2 ลดลง จากอันดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.351 และ 0.483 อันดับที่ 3 ลดลงจากอันดับ
ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.536 และ 0.579 อันดับที่ 4 ลดลงจากอันดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.467
และ 0.641 และอันดับที่ 5 ลดลงจากอันดับที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.884 และ 0.371 ตามลำดับ
มีค่าเฉลี่ยของอัตราการลดของความลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.560 และ 0.516 เมื่อพิจารณาจาก
ค่าความลาดเฉลี่ยของลุ่มน้ำ แสดงถึงการลดลงของความลาด จากอันดับที่ 1 ซึ่งพัฒนาในพื้นที่
ต้นน้ำที่มีความลาดมากและลดลงเมื่อถึงอันดับที่ 5 ซึ่งเป็นปลายน้ำที่พัฒนาในพื้นที่ที่มีความลาด
น้อยกว่า เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าความลาดเฉลี่ยของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524
มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ค่าความลาดเฉลี่ยของลุ่มน้ำอันดับที่ 1 ปี พ.ศ. 2524 แสดงถึง

ลำน้ำที่เกิดใหม่เกือบทั้งสิ้น ส่วนความลาดเฉลี่ยของลำน้ำอันดับที่ 2 ปี พ.ศ. 2524 มีค่าใกล้เคียงกับลำน้ำอันดับที่ 1 ปี พ.ศ. 2496 อันดับที่ 3 ปี พ.ศ. 2524 มีค่าใกล้เคียงกับลำน้ำอันดับที่ 2 ปี พ.ศ. 2496 ต่อไปจนถึงลำน้ำอันดับที่ 5 ของปี พ.ศ. 2524 ใกล้เคียงกับอันดับที่ 4 และอันดับที่ 5 ของปี 2496 ค่าความลาดเฉลี่ยของลำน้ำที่สอดคล้องกันของกลุ่มน้ำเดียวกันที่ต่างระยะเวลาดังกล่าว แสดงถึงการพัฒนาลำน้ำโดยการเปลี่ยนอันดับลำน้ำ เนื่องจากมีลำน้ำที่เกิดใหม่ นอกจากนี้ค่าอัตราส่วนการลดลงของความลาดจากต้นน้ำ (อันดับที่ 1) ไปยังปลายน้ำ (อันดับที่ 5) แสดงความแตกต่างของความลาดในแต่ละอันดับลำน้ำ โดยลำน้ำใน ปี พ.ศ. 2496 จากอันดับที่ 1 ถึง 4 ความลาดของลำน้ำแต่ละอันดับมีความแตกต่างกัน ส่วนอันดับที่ 4 กับอันดับที่ 5 อัตราส่วนความลาดแสดงถึงความลาดทั้งสองอันดับมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (อัตราส่วนความลาดประมาณ 0.3 - 0.6 แสดงถึงแต่ละอันดับลำน้ำมีความลาดแตกต่างกัน ; Strahler 1975 : 464 - 465) ส่วนปี พ.ศ. 2524 ความลาดของลำน้ำแต่ละอันดับแตกต่างกัน โดยเฉพาะอันดับที่ 4 กับอันดับที่ 5 แสดงถึงการเปลี่ยนอันดับลำน้ำจากอันดับที่ 4 มารวมกับอันดับที่ 5 ของปี พ.ศ. 2496 ทำให้ความยาวของอันดับที่ 5 ปี พ.ศ. 2524 เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีการพัฒนาอันดับที่ 4 ด้วย ความลาดของลำน้ำของทั้งสองอันดับดังกล่าวจึงแตกต่างกัน นอกจากนี้เมื่อนำค่าความลาดเฉลี่ยของลำน้ำอันดับที่สูงกว่าของปี พ.ศ. 2524 ลบด้วยอันดับที่ต่ำกว่าถัดไปของปี พ.ศ. 2496 โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนอันดับลำน้ำ แสดงลักษณะของความลาดเฉลี่ยที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละอันดับ ยกเว้นอันดับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2524 ซึ่งเป็นลำน้ำที่เกิดใหม่เกือบทั้งหมดจึงมีค่าความลาดเฉลี่ยมาก เพราะขยายตัวในพื้นที่สูงจึงมีกษัยการมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2524 ป่าไม้ถูกทำลาย จึงไม่มีต้นไม้ช่วยยึดดิน ทำให้น้ำไหลบ่าผิวหน้าดินในฤดูฝนไหลแรง ส่วนปลายของอันดับลำน้ำจึงเป็นที่รวมปริมาณน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่สูงกว่า กษัยการคั่นที่ส่วนปลายของอันดับลำน้ำจึงเกิดขึ้นมาก ทำให้ความลาดเพิ่มขึ้น ส่วนอันดับที่ต่ำลงมาเริ่มมีการทับถม ความลาดจึงไม่เปลี่ยน

เพื่อสนับสนุนการศึกษาถึงลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า จึงนำอันดับลำน้ำมาวิเคราะห์ของความสัมพันธ์กับความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ พบว่า กลุ่มปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีค่าความสัมพันธ์สูงทางลบ (แสดงลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำผันแปรส่วนกลับกับอันดับลำน้ำ) ทั้งค่า

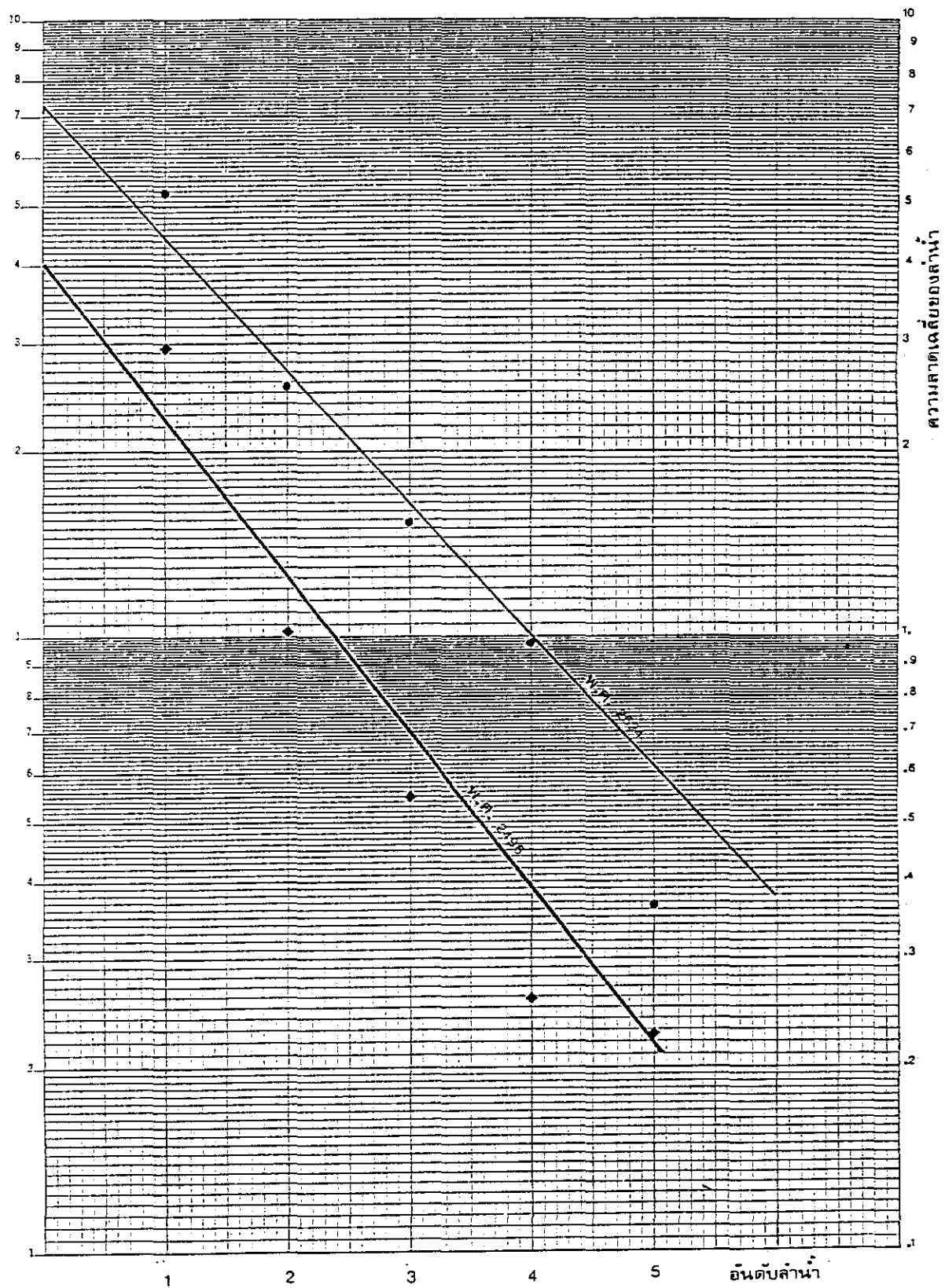
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.860^* และ -0.934^* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 (90%) ลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง แสดงว่าการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่า ไปยังอันดับที่สูงกว่า มีลักษณะคงที่ ดังค่าสมการพยากรณ์ $Y = 2.868 + (-.621)X$ และ $Y = 5.546 + (-1.138)X$ ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟ 3

เมื่อนำไปเข้ากฎความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ ของฮอร์ตัน โดยสมมติว่า ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำมีอัตราการลดลงที่เท่า ๆ กัน ในทุกอันดับ ให้ค่าความลาดเฉลี่ยในแต่ละอันดับ ดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำที่ปรากฏจริง และในอุดมคติของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524

อันดับลำน้ำ	ความลาดเฉลี่ยลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496			ความลาดเฉลี่ยลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524		
	ปรากฏจริง (%)	ในอุดมคติ (%)	เพิ่มขึ้น/ลดลง	ปรากฏจริง (%)	ในอุดมคติ (%)	เพิ่มขึ้น/ลดลง
1	2.947	2.947	0	5.263	5.263	0
2	1.035	1.650	-0.615	2.544	2.753	-0.209
3	0.555	0.924	-0.369	1.519	1.440	+0.079
4	0.259	0.518	-0.259	0.973	0.753	+0.220
5	0.229	0.290	-0.061	0.361	0.394	-0.033

จากตารางความลาดเฉลี่ยในอุดมคติของลำน้ำ ซึ่งฮอร์ตัน ได้สมมติจากภาพที่ลำน้ำ ทุกอันดับมีอัตราการลดลงของความลาดเฉลี่ยเท่า ๆ กัน โดยนำความลาดเฉลี่ยของลำน้ำอันดับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 คือ 2.947 และ 5.263 ไปเข้ากฎความลาดเฉลี่ย พบว่า ความลาดเฉลี่ยที่ปรากฏจริงในปี พ.ศ. 2496 มีค่าน้อยกว่าในอุดมคติ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุมมีรากต้นไม้ช่วยยึดดิน กั้นการบนเนินแกรนิตเกิดขึ้นน้อย เนื่องจาก



กราฟ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ

น้ำที่ไหลซึมลงดินมีมาก ลำน้ำจึงพัฒนาไปตามรอยแตกของหินแกรนิต ซึ่งเป็นน้ำไหลตลอดปี ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำที่ปรากฏจริงจึงน้อยกว่าในอุดมคติ ส่วนความลาดเฉลี่ยที่ปรากฏจริง ในปี พ.ศ. 2524 มีค่าที่ใกล้เคียงกับในอุดมคติ โดยบางอันดับมีค่าน้อยกว่า บางอันดับมีค่ามากกว่า เนื่องจากป่าไม้ถูกทำลายเกือบหมด กษัยการบนเนินแกรนิตเกิดขึ้นมาก เพราะไม่มีต้นไม้ช่วยยึดดิน ดินที่ถูกกษัยการจึงมาทับถมในอันดับที่ต่ำกว่า ทำให้ความลาดเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับในอุดมคติ

จากค่าอัตราการลดลงของความลาด และค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำ กับความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ ที่ได้จากการศึกษาลุ่มน้ำบริเวณเดียวกัน ในปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 แสดงถึงลักษณะการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า มีแนวโน้มการลดลงเป็นแบบอนุกรมเรขาคณิตที่มีอัตราส่วนคงที่ และเป็นปฏิภาคกลับกับอันดับลำน้ำ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1.3

ลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ของลุ่มน้ำบริเวณเดียวกันในปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 แสดงถึงการพัฒnalำน้ำที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลา 28 ปี โดยในปี พ.ศ. 2496 มีป่าไม้ปกคลุมหนาแน่น เรือนยอดของต้นไม้ช่วยรับน้ำฝน ทำให้ผิวดินไม่ถูกแรงกระแทกน้ำฝนโดยตรง รากต้นไม้นอกจากจะช่วยยึดดินแล้วยังทำให้ดินมีความพรุนสูง น้ำจึงไหลซึมลงดินได้ดีและเร็ว อินทรีย์วัตถุยังช่วยดูดซับน้ำไว้ ทำให้น้ำไหลพบน้ำดินน้อย กษัยการดินจึงเกิดไม่มาก ลำน้ำจึงพัฒนาจำนวน และความยาวไปอย่างช้า ๆ ตามรอยแตกของหินแกรนิต ลำน้ำเหล่านี้จึงเป็นประเภทที่มีน้ำไหลเกือบตลอดปี และน้ำไหลตลอดปี เพราะมีป่าไม้ที่รักษาความชุ่มชื้น ความลาดเฉลี่ยจึงมีค่าไม่มากนัก ส่วนปี พ.ศ. 2524 ป่าไม้ที่เคยปกคลุมพื้นที่อย่างหนาแน่น ถูกทำลายเพื่อขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้าไปโดยการปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจ เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งปลูกเป็นบริเวณกว้าง ผลจากการใช้พื้นที่ในการปลูกพืชไร่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ จากการที่ผิวดินเปิดโล่งในระยะแรกของฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งตรงกับต้นฤดูฝน นอกจากนั้นมันสำปะหลังยังเป็นพืชที่มีความสามารถในการคลุมดินต่ำ ฝนจึงตกกระทบผิวดินโดยตรง อนุภาคดินเหนียวถูกชะล้างลงไปตามช่องว่างของดิน ประกอบกับน้ำหนักของเครื่องจักรที่ใช้ในการไถพรวน ทำให้อนุภาคดินเกิดการอัดตัวแน่น ความพรุนของดินลดลง น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย

จึงเกิดน้ำไหลบ่าพื้นดิน ที่มีปริมาณมากและรวดเร็วเนื่องจากไม่มีดินไผ่ช่วยชะลอความเร็วของน้ำ กษัยการดินจึงรุนแรง ทำให้ลำน้ำเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก มีน้ำไหลเฉพาะเวลาฝนตก และเป็นสายสั้น ๆ เนื่องจากเกิดบนเนินแกรนิต หรือ ๑ กับลำน้ำที่พัฒนาไปตามรอยแตกของปื้นแกรนิต ขยายตัวตามความยาวมากขึ้น ทำให้ความลาดเฉลี่ยมากขึ้น จากการศึกษาพัฒนาลำน้ำตลอดระยะเวลา 28 ปี ภายใต้อิทธิพลของธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน ปรากฏผลการศึกษา ซึ่งสรุปได้ว่า ลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินแกรนิต ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน เป็นไปตามกฎฮอร์ทัน ซึ่งตรงกับสมมติฐานข้อ 1

2. เปรียบเทียบความหนาแน่นการระบายน้ำของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 กับ พ.ศ.

2524

เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นการระบายน้ำ ได้วิเคราะห์จากความหนาแน่นและเนื้อของลำน้ำร่วมกัน ความหนาแน่นของลำน้ำหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างความยาวรวมของลำน้ำทุกอันดับ ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่วนเนื้อของลำน้ำ หรือความถี่ทางของลำน้ำเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนลำน้ำของทุกอันดับต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่ออธิบายถึงลักษณะความหนาแน่นการระบายน้ำที่ปรากฏ ในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันว่ามีการพัฒนาไปเพียงไรในระยะเวลาจากปี พ.ศ. 2496 ถึง พ.ศ. 2524 รวมระยะเวลา 28 ปี

พื้นที่ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีอันดับลำน้ำเท่ากัน 5 อันดับ มีพื้นที่ 204.576 ตารางกิโลเมตรเท่ากัน แต่มีจำนวนลำน้ำ และความยาวรวมของลำน้ำไม่เท่ากัน ปี พ.ศ. 2496 มีจำนวนลำน้ำ 179 สาย ความยาวรวมของลำน้ำ 199.100 กิโลเมตร ส่วนปี พ.ศ. 2524 มีจำนวนลำน้ำ 2,312 สาย และความยาวรวมของลำน้ำ 700.800 กิโลเมตร ดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 ความหนาแน่นของการระบายน้ำและความถี่ต่ำของลำน้ำของกลุ่มน้ำ พ.ศ.

2496 และ พ.ศ. 2524

	กลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496	กลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524
พื้นที่ลุ่มน้ำ (กม ²)	204.576	204.576
จำนวนลำน้ำ (สาย)	179	2,312
ความยาวรวมลำน้ำ (กม)	199.100	700.800
ความถี่ต่ำของลำน้ำ (สาย/กม ²)	0.875	11.301
ความหนาแน่นของลำน้ำ (กม/กม ²)	0.973	3.426

จากตาราง 23 พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 ความหนาแน่นและเนื้อของลำน้ำมีค่าต่ำ คือ ในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร มีความยาวของลำน้ำ 0.973 กิโลเมตร มีลำน้ำ 1 (.875) สาย ซึ่งเป็นค่าน้อยกว่าปี พ.ศ. 2524 มีความยาวลำน้ำถึง 3.426 กิโลเมตร และลำน้ำ 11 (11.301) สาย ในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร แสดงว่า ความหนาแน่นการระบายน้ำของกลุ่มน้ำบริเวณเดียวกันปี พ.ศ. 2496 ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2524

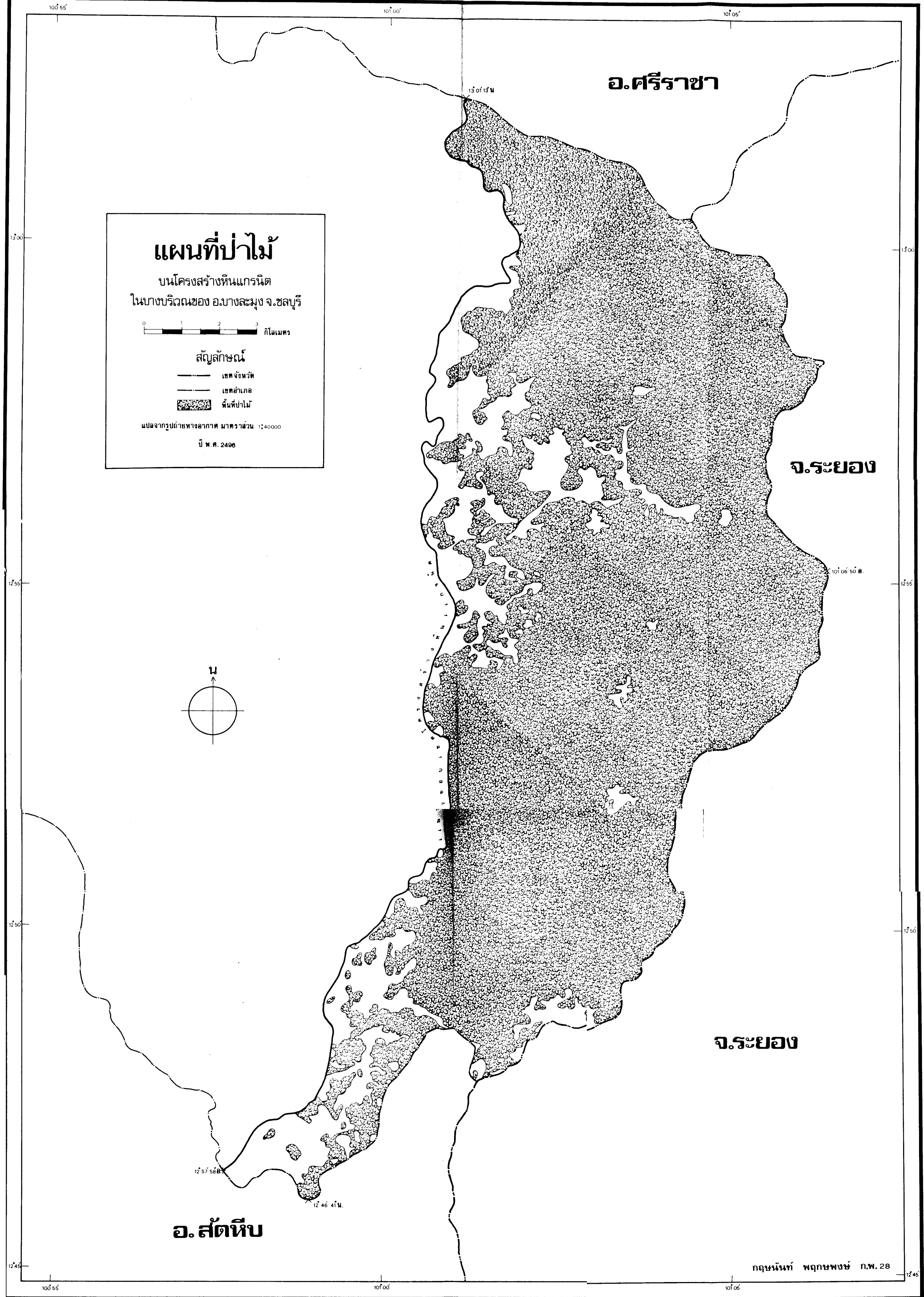
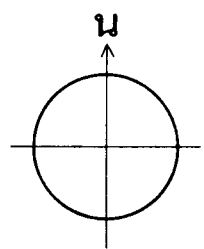
เมื่อพิจารณาสภาพการใช้ที่ดินที่ปรากฏในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันดังกล่าว พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 ตั้งแผนที่ 4 มีเนื้อที่ 171.488 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 83.83 ของเนื้อที่ลุ่มน้ำ แต่ในปี พ.ศ. 2524 ตั้งแผนที่ 5 พื้นที่ป่าไม้ที่ปกคลุมหนาแน่นใน พ.ศ. 2496 ถูกบุกรุกทำลายเพื่อขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจ เหลือเนื้อที่ป่าเพียง 30.176 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 14.75 ของเนื้อที่ลุ่มน้ำ โดยลดลงถึงร้อยละ 82.40 หรือ 141.312 ตารางกิโลเมตร ในระยะเวลา 28 ปี แสดงถึงการบุกรุกทำลายป่าไม้ที่รุนแรงมาก ดังแสดงในตาราง 24 และภาพประกอบ 15,16

แผนที่ป่าไม้
บนโครงสร้างหินแกรนิต
ในบางบริเวณของ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี

0 1 2 3 กิโลเมตร

สัญลักษณ์
เขตจังหวัด
เขตอำเภอ
พื้นที่ป่าไม้

แปลจากภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:40000
ปี พ.ศ. 2496



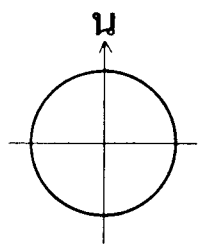
แผนที่ป่าไม้
บนโครงสร้างหินแกรนิต
ในบางบริเวณของอ.บางละมุง จ.ชลบุรี

0 1 2 3 กิโลเมตร

สัญลักษณ์

เขตจังหวัด
เขตอำเภอ
พื้นที่ป่าไม้

แปลจากภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:240000
ปี พ.ศ. 2524



อ.ศรีราชา

จ.ระยอง

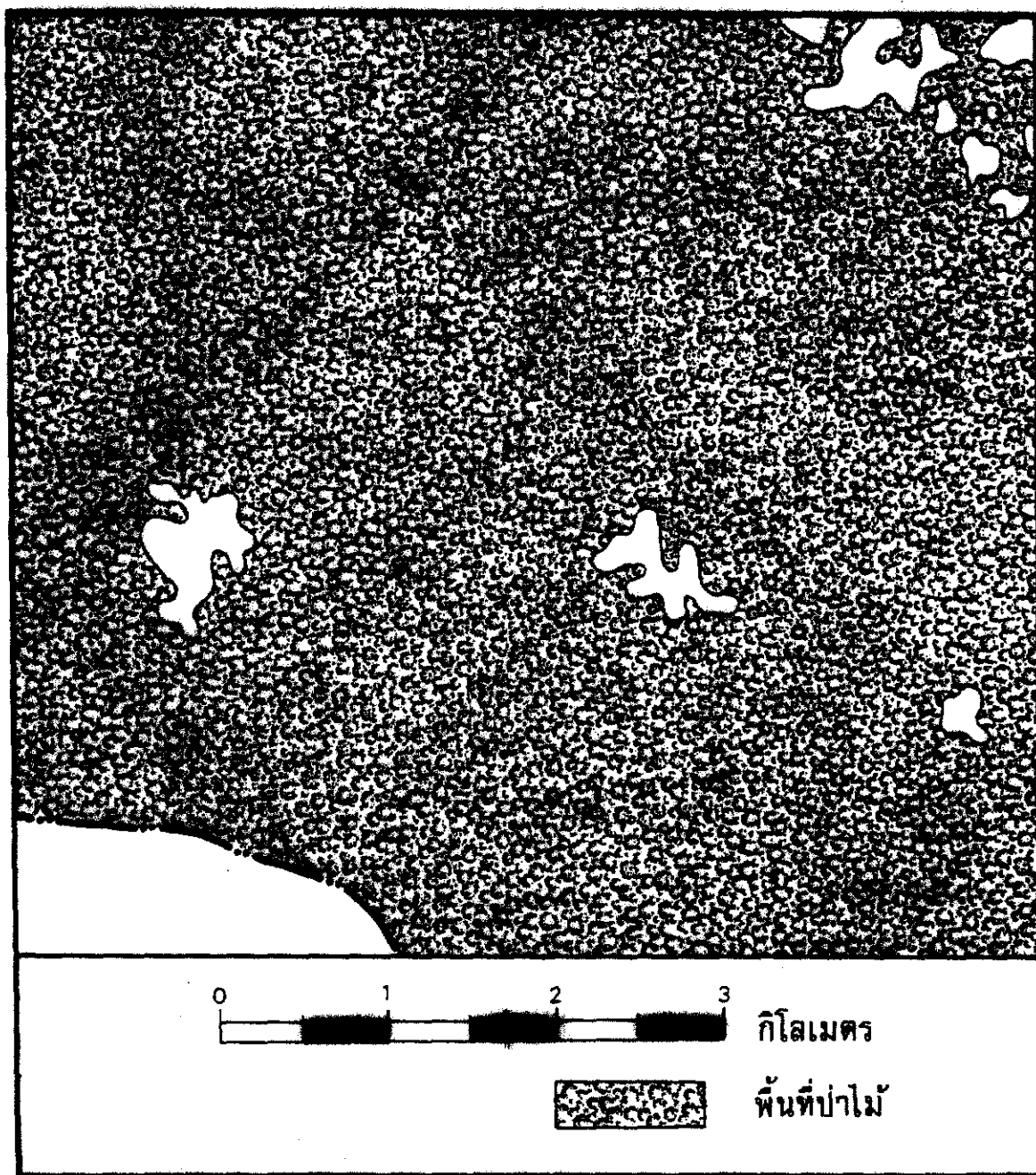
จ.ระยอง

อ.สัตหีบ

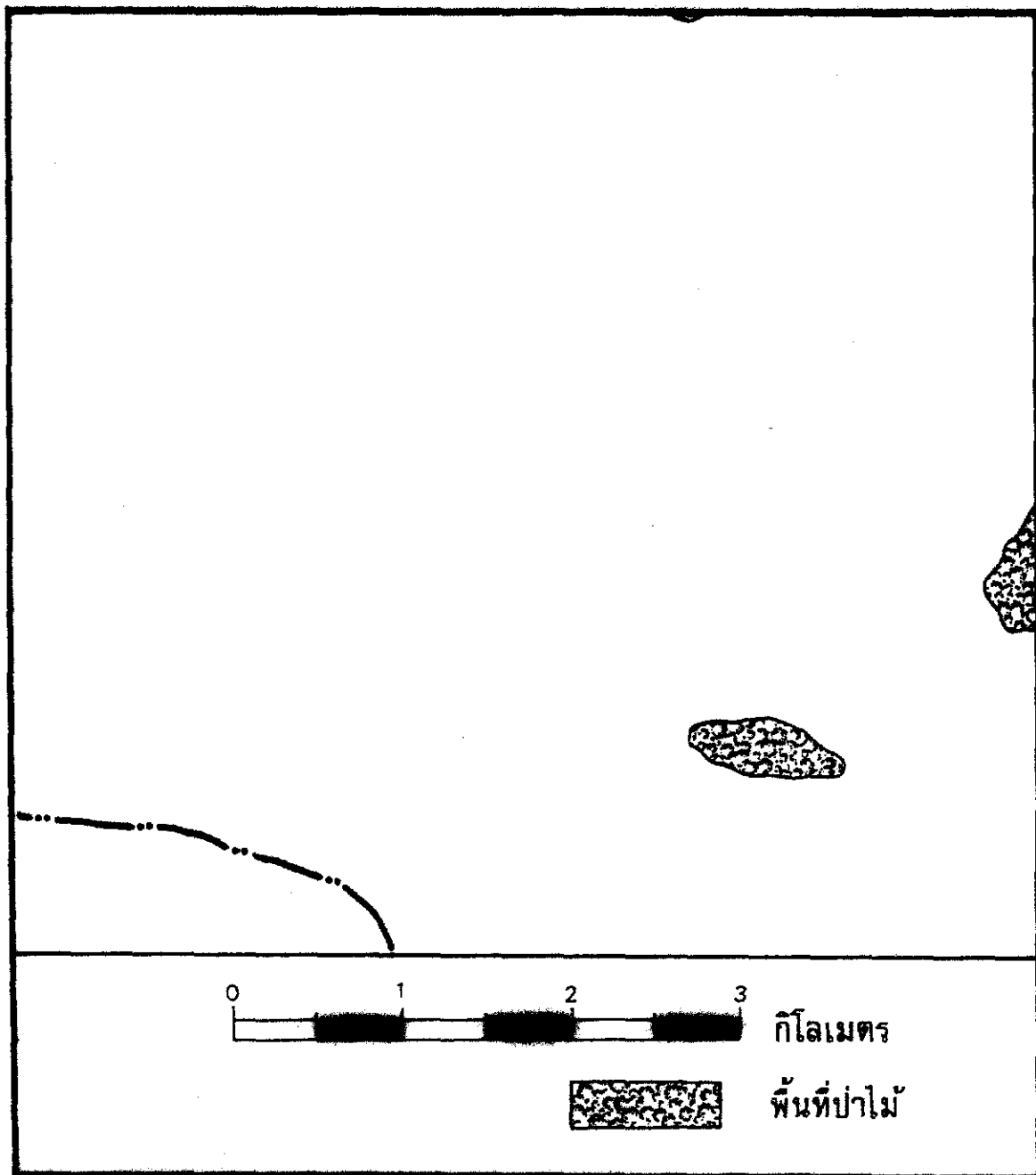
ตาราง 24 พื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524

พื้นที่	ลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496	ลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524
พื้นที่ลุ่มน้ำ (กม ²)	204.576	204.576
พื้นที่ป่าไม้ (กม ²)	171.488	30.176
% พื้นที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ	83.83	14.75
พื้นที่ป่าไม้ลดลง (กม ²)		-141.312
%พื้นที่ป่าไม้ลดลงในระยะเวลา 28 ปี (พ.ศ. 2496 - 2524)		-82.40

สำหรับค่าความหนาแน่นของลำน้ำปี พ.ศ. 2496 มีค่าเท่ากับ 0.973 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร ใกล้เคียงกับที่บันทึกศึกษาบนหินทราย มีค่าเท่ากับ 0.738 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร (บันทึก 2517 : 44 - 45) เมื่อเทียบกับระดับความหนาแน่นการระบายน้ำของสตราทเลเจอร์ พบว่า เป็นค่าที่ต่ำกว่าระดับความหนาแน่นการระบายน้ำค่า ซึ่งมีค่าระหว่าง 2 - 2.5 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร เนื่องจากมีป่าไม้ปกคลุมอย่างหนาแน่น ฝนจึงไม่ตกกระทบผิวดินโดยตรง นอกจากนั้นรากไม้และอินทรีย์วัตถุในดิน ยังทำให้ดินมีความพรุนสูง น้ำไหลซึมลงดินได้ดีและรวดเร็ว ทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินลดลง กักเก็บน้ำจึงเกิดได้น้อย ลำน้ำจึงพัฒนาความยาวไปอย่างช้า ๆ ตามรอยแตกของหินแกรนิต ทำให้ความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ ส่วนปี พ.ศ. 2524 มีค่าความหนาแน่นลำน้ำเท่ากับ 3.426 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร เป็นค่าที่ขอรัด ถือว่ามีการระบายน้ำดีกว่าที่กำหนดไว้เท่ากับ 2.74 (Horton 1945 : 283) เมื่อเทียบกับระดับการระบายน้ำของสตราทเลเจอร์ พบว่า เป็นค่าที่อยู่ระหว่างระดับความหนาแน่นการระบายน้ำค่ากับปานกลาง แสดงถึงการระบายน้ำปี พ.ศ. 2524 มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2496 ทั้ง ๆ ที่หินแกรนิตเป็นวัสดุต้นกำเนิดดินหลักเหมือนกัน แต่เนื่องจากในปี พ.ศ. 2524 ป่าไม้ที่เคยปกคลุมพื้นที่อย่างหนาแน่นถูกทำลาย โดยเปลี่ยนมาปลูกพืชไร่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์



ภาพประกอบ 15 พื้นที่ป่าไม้ในบริเวณที่ศึกษา ที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2496



ภาพประกอบ 16 พื้นที่ป่าไม้ในบริเวณศึกษาที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2524

นอกจากนี้เมื่อฝนยังตกกระหน่ำผิวดินโดยตรง เพราะไม่มีเรือนยอดของต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูมกันส่าปะหลัง ผิวดินเปิดโล่งในคันฤดูกาลเพาะปลูก เมื่อฝนตกกระหน่ำผิวดินทำให้อนุภาค ดินเหนียวถูกชะล้างลงไปในชั้นดิน ประกอบการไถพรวนดินต่อกันหลายปี ดินจึงอัดตัวแน่น ทำให้ ความพรุนดินลดลง น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมากและรวดเร็ว เพราะ ไม่มีต้นไม้ช่วยชะลอความเร็ว และไม่มีระบบรากลึกช่วยยึดดิน กษัยการคินจึงเกิดขึ้นทั่วไปและ รุนแรง ดังปรากฏว่า บนเนินแกรนิตมีร่องธารเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ลำน้ำขยายตัวตาม ความยาวมากขึ้น ความหนาแน่นการระบายน้ำจึงเพิ่มมากขึ้น

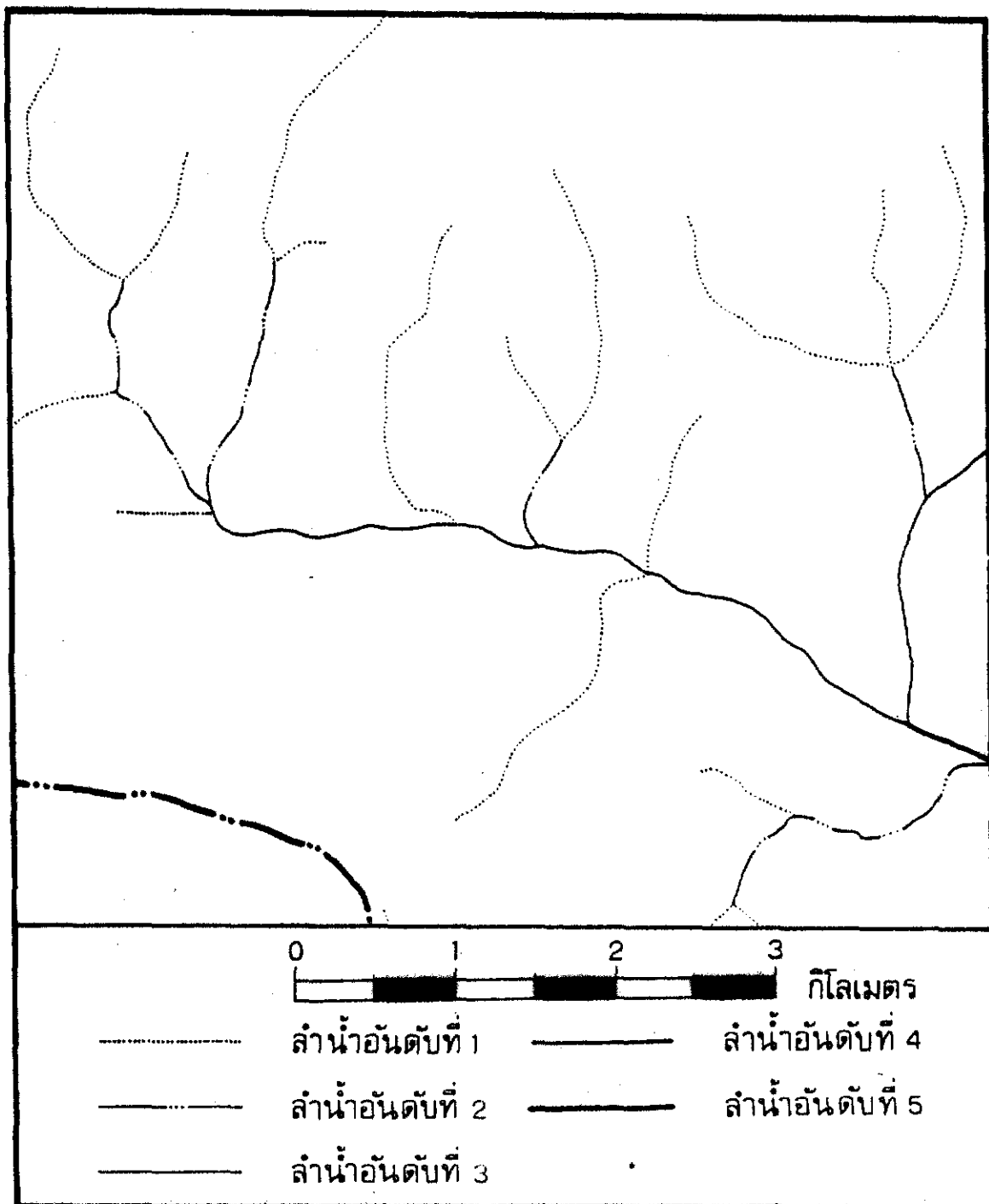
สภาพพื้นที่ที่เปลี่ยนไป จากป่าไม้ที่ปกคลุมอย่างหนาแน่น ดังปรากฏในแผนที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2496 ถูกบุกรุกทำลายเพื่อเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินมาปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น มันสำปะหลัง ดังปรากฏว่า ในปี พ.ศ. 2524 มีเนื้อที่ป่าเหลือเพียงร้อยละ 14.75 การ เปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ดังกล่าวผันแปรส่วนกลับกับลักษณะความหนาแน่นการระบายน้ำ กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2496 ซึ่งมีป่าไม้หนาแน่นมาก มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำกว่าปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีเนื้อที่ป่าน้อย เพราะถูกบุกรุกทำลายป่า เป็นสาเหตุให้กษัยการคินขยายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อนำข้อมูลของความหนาแน่นลำน้ำ และเนื้อลำน้ำของกลุ่มน้ำบริเวณเดียวกันมาเปรียบเทียบ ระหว่าง พ.ศ. 2496 กับ พ.ศ. 2524 โดยวิธีการทางสถิติ $t - test$ สำหรับข้อมูล ความยาวของลำน้ำ ได้ค่าจากการคำนวณ เท่ากับ 1.946 ซึ่งมากกว่าค่าจากตารางที่ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ 0.10 และใช้ χ^2 สำหรับข้อมูลจำนวนลำน้ำ ได้ค่าจากการคำนวณเท่ากับ 11.145 ซึ่งมากกว่าค่าจากตารางที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 หมายความว่า การระบาย น้ำของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 มีความหนาแน่นกว่ากลุ่มน้ำบริเวณเดียวกับปี พ.ศ. 2496 อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงกษัยการคินโดยน้ำขยายตัวมากขึ้นหลังจากที่สภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อ 2

นอกจากนี้เพื่อให้ทราบถึงการพัฒนากระบวนการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ในระยะ เวลา 28 ปี คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496 ถึง พ.ศ. 2524 โดยศึกษาจากการเปลี่ยนอันดับ ลำน้ำที่ปรากฏในแผนที่ลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 สรุปได้ดังตาราง 25 และ ภาพประกอบ 17 - 20 พบว่า ในระยะเวลา 28 ปี มีลำน้ำที่คงอันดับเดิม 52 สาย ลำน้ำ ที่เปลี่ยนอันดับไปถึง 113 สาย และมีลำน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่ถึง 2,147 สาย ส่วนใหญ่ของลำน้ำ

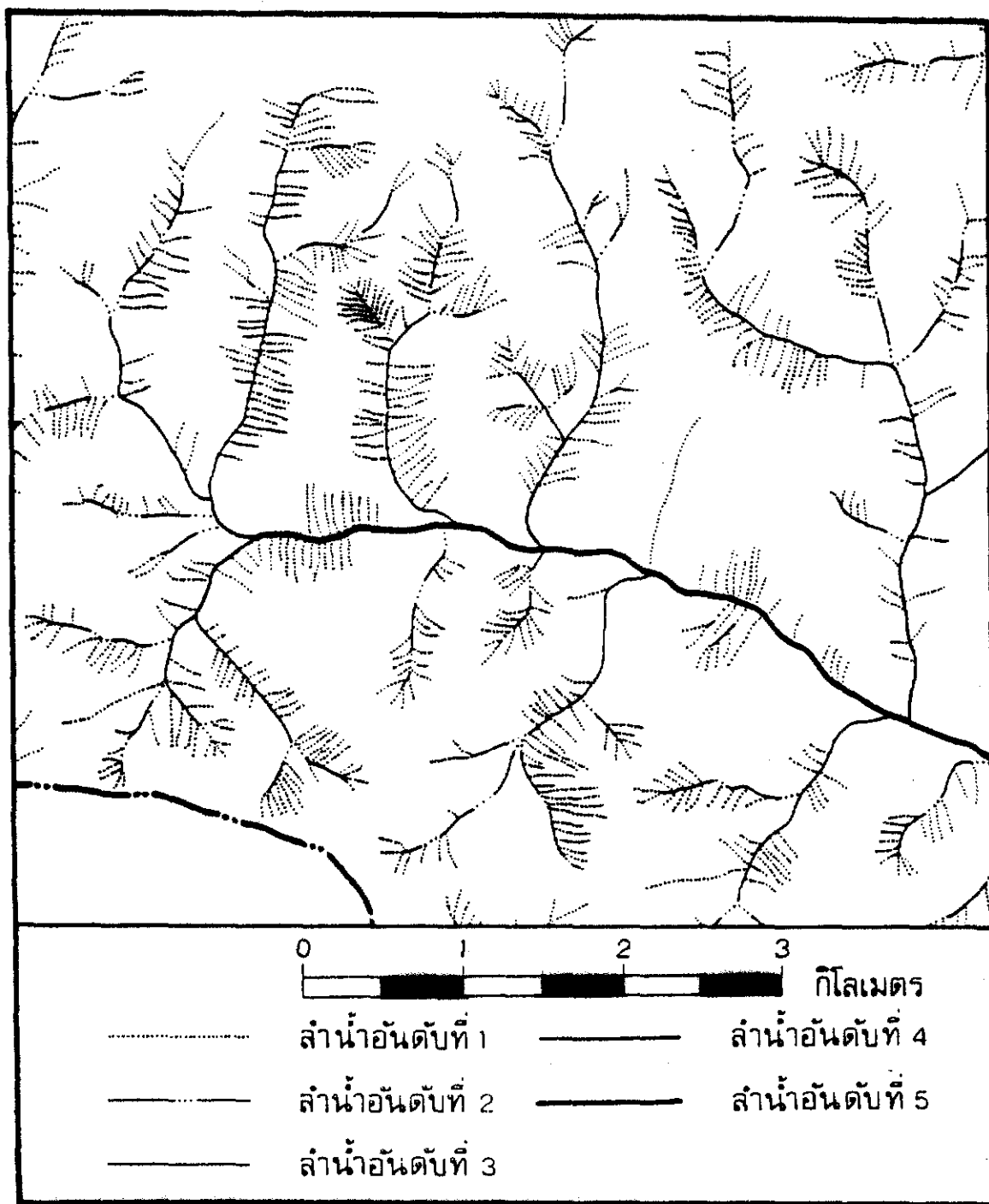
ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะเป็นลำน้ำอันดับที่ 1 หรือที่เรียกว่าร่องธาร นอกจากนี้เมื่อศึกษารูปแบบการระบายน้ำที่ปรากฏในแผนที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีโครงสร้างหินฐานแกรนิต พบว่า การระบายน้ำเป็นรูปแบบคันไม้ผสมกับรูปแบบตารางสี่เหลี่ยม กล่าวคือมีสาขาของลำน้ำที่ไหลมารวมกันเป็นมุมฉากในบริเวณที่เป็นรอยแตกของโครงสร้างหินแกรนิต จึงมีรูปแบบตารางสี่เหลี่ยม ส่วนบริเวณที่โครงสร้างของหินมิได้เป็นตัวบังคับการไหล เช่น มีได้ไหลไปตามรอยแตก ลำน้ำจึงมีอิสระในการไหล จึงมีรูปแบบทางน้ำกึ่งไม้

ตาราง 25 การพัฒนาอันดับลำน้ำต่อระยะเวลา 28 ปี (พ.ศ. 2496 - 2524)

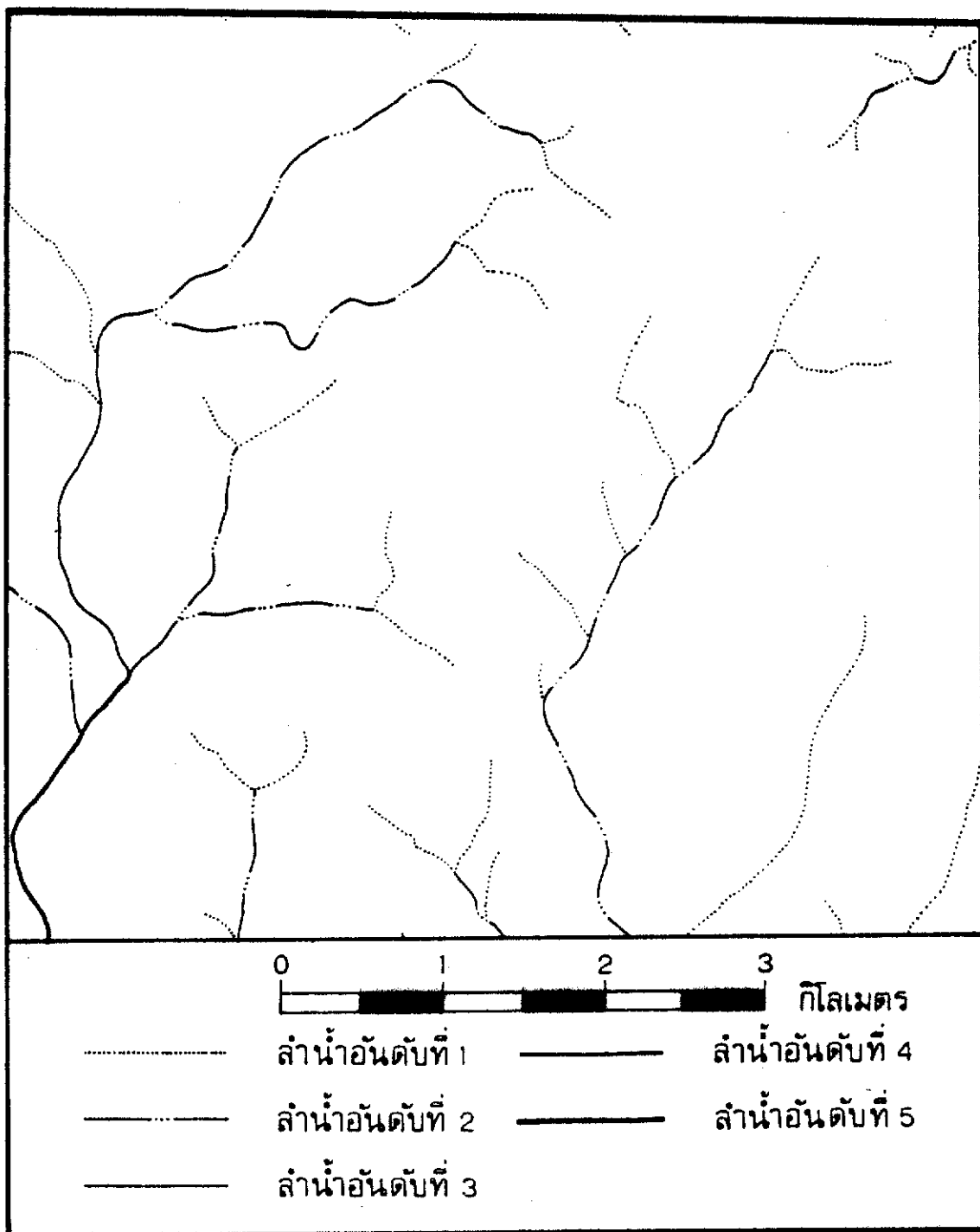
(1) อันดับลำน้ำที่พัฒนา จาก พ.ศ.2496→พ.ศ.2524	(2) พ.ศ. 2496 (สาย)	จำนวน (สาย)		
		คงอันดับเดิม (3)	เปลี่ยนอันดับ (4)	หายไป (2)-((3)+(4))
1 → 1		44	-	
1 → 2		-	+63	
1 → 3		-	+21	
1 → 4		-	+1	
รวมลำน้ำอันดับที่ 1	139	44	+85	-10
2 → 2		5	-	
2 → 3		-	+20	
2 → 4		-	+4	
2 → 5		-	+1	
รวมลำน้ำอันดับที่ 2	32	5	+25	-2
3 → 3		1	-	
3 → 4		-	+2	
รวมลำน้ำอันดับที่ 3	5	1	+2	-2
4 → 4		1	-	
4 → 5		-	+1	
รวมลำน้ำอันดับที่ 4	2	1	+1	
5 → 5		1	-	
รวมลำน้ำอันดับที่ 5	1	1	-	-
รวมทุกอันดับ	179	52	113	-14



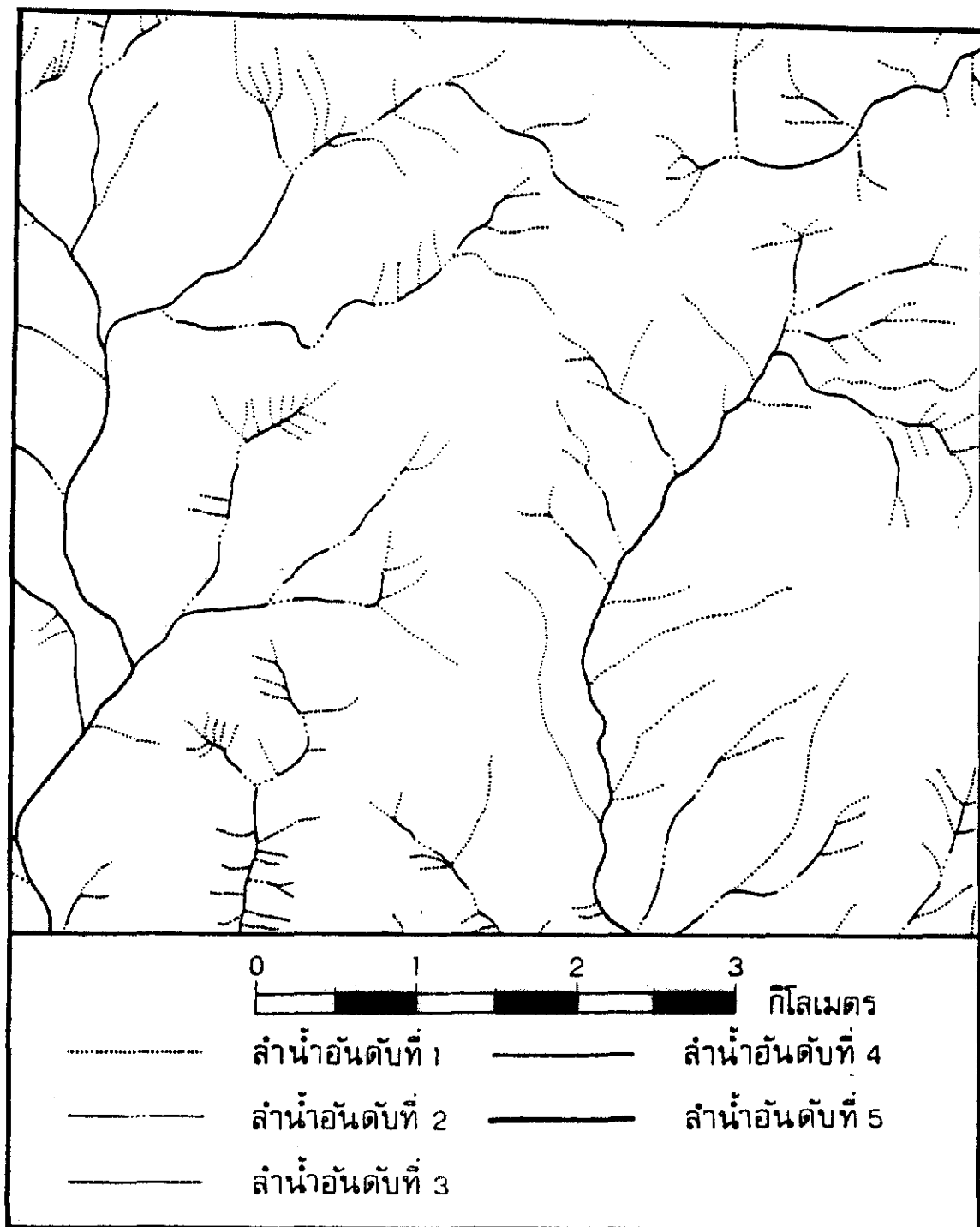
ภาพประกอบ 17 ลำน้ำบริเวณที่ศึกษา เปรียบจากภาพถ่ายทางอากาศ หมายเลข 2973 แถว 22
ถ่ายเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496



ภาพประกอบ ๑๘ ลำน้ำบริเวณที่ขาดัน แสดงการพัฒนาลำน้ำโดยการเปลี่ยนอันดับอย่างหนาแน่น
 แปลจากรูปถ่ายหมายเลข 203 แนว 30
 ถ่ายเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524



ภาพประกอบ 19 ลำน้ำบริเวณที่ศึกษา แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ หมายเลข 2898 แถว 22
 ถ่ายเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2496



ภาพประกอบ 20 ลำน้ำในบริเวณเดียวกัน แสดงการพัฒนาลำน้ำ โดยดาร์เบิ้ลสันสันต์เอนางกว่า
 เปรื่องจากรูปถ่าย หมายเลข 201 แนว 30
 ถ่ายเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524

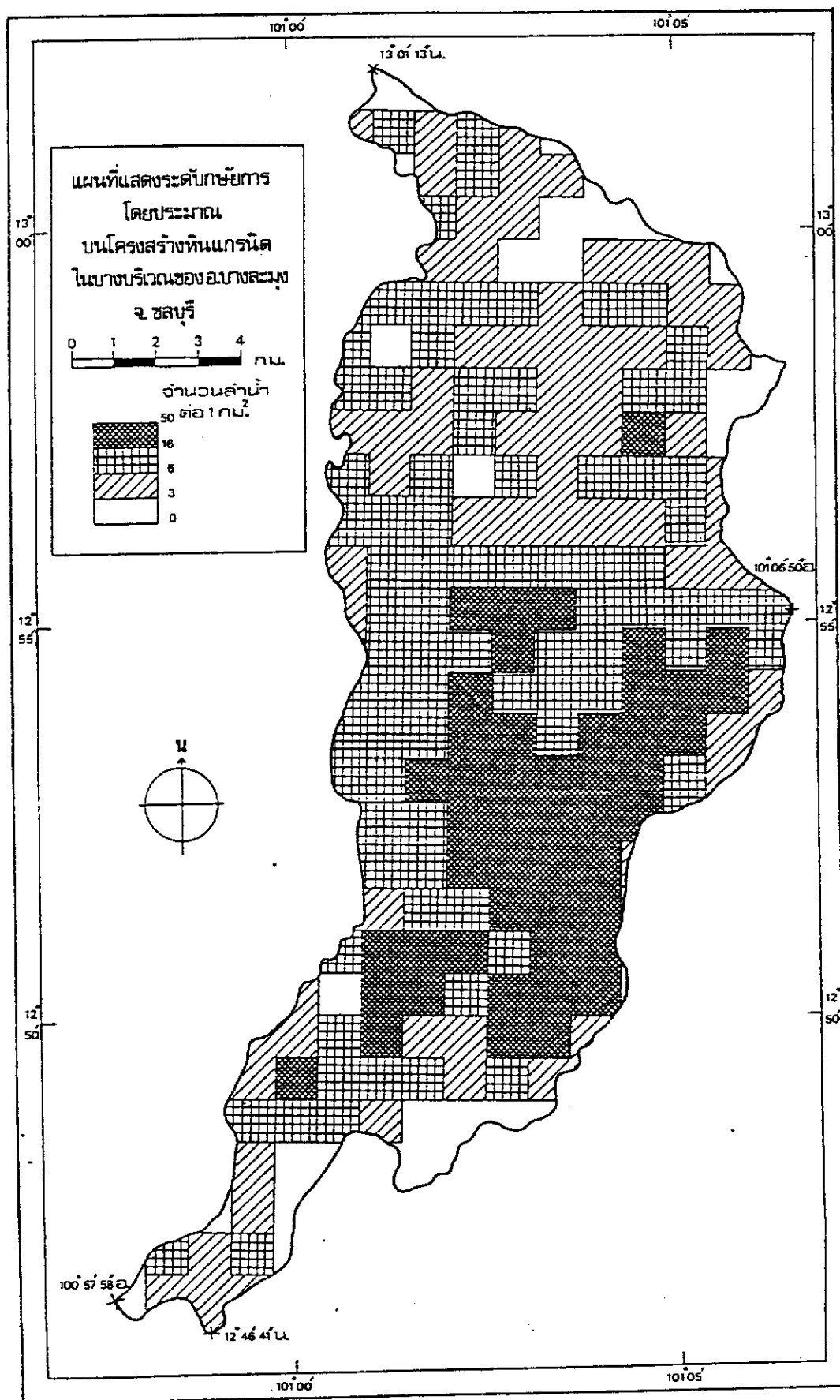
3. สัณฐานของดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน

จากการสร้างแผนที่แสดงระดับชั้นการโดยประมาณ โดยคำนวณจากจำนวนลำน้ำ
อันดับที่ 1 ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ที่ปรากฏในพื้นที่ลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524 ของบางบริเวณ
ในอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี สามารถแบ่งระดับชั้นการได้เป็น 4 ชั้น ดังตาราง 26
และแผนที่ 6

ตาราง 26 ระดับชั้นการโดยประมาณ

ระดับชั้นการ	ลักษณะ	จำนวน ร่องธาร/กม ²	เนื้อที่ (กม ²)
ชั้นที่ 1 น้อยมาก	ไม่ปรากฏร่องธารหรือปรากฏน้อยมาก	0 - 2	21.096
ชั้นที่ 2 น้อย	ปรากฏร่องธารเล็กน้อย	3 - 5	56.680
ชั้นที่ 3 ปานกลาง	ปรากฏร่องธารหนาแน่นปานกลาง	6 - 15	79.160
ชั้นที่ 4 รุนแรง	ปรากฏร่องธารหนาแน่นสูงมาก	16 - 50	47.640

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดบริเวณที่เป็นตัวแทน 2 บริเวณ คือลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่น
การระบายน้ำสูง ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับชั้นการชั้นที่ 4 มีความยาวลำน้ำ 12.356 กิโลเมตร
และลำน้ำ 51 สาย ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ส่วนลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำ
ต่ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับชั้นการชั้นที่ 3 และชั้นที่ 2 มีความยาวลำน้ำ 2.906 ตารางกิโลเมตร
และลำน้ำ 7 สาย ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในตาราง 27 เพื่อศึกษาสัณฐานของดิน
ได้แก่ เนื้อดิน สีดิน ค่าปฏิกิริยาดิน และความหนาแน่นรวมของดิน ในระดับความลึกโดยประมาณ
0 - 20 เซนติเมตร 20 - 40 เซนติเมตร และ 40 - 100 เซนติเมตร



แผนที่ 6

ตาราง 27 เปรียบเทียบความถี่ต่างของลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำระหว่างลุ่มน้ำ
ที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน พ.ศ. 2524

ลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (กม ²)	จำนวนลำน้ำ (สาย)	ความยาวลำน้ำ (กม)	ความถี่ต่าง ของลำน้ำ (สาย/1กม ²)	ความหนาแน่น การระบายน้ำ (กม/1กม ²)
ความหนาแน่น การระบายน้ำสูง	18.432	932	227.74	51 (50.56)	12.356
ความหนาแน่น การระบายน้ำต่ำ	22.048	150	64.08	7 (6.80)	2.906

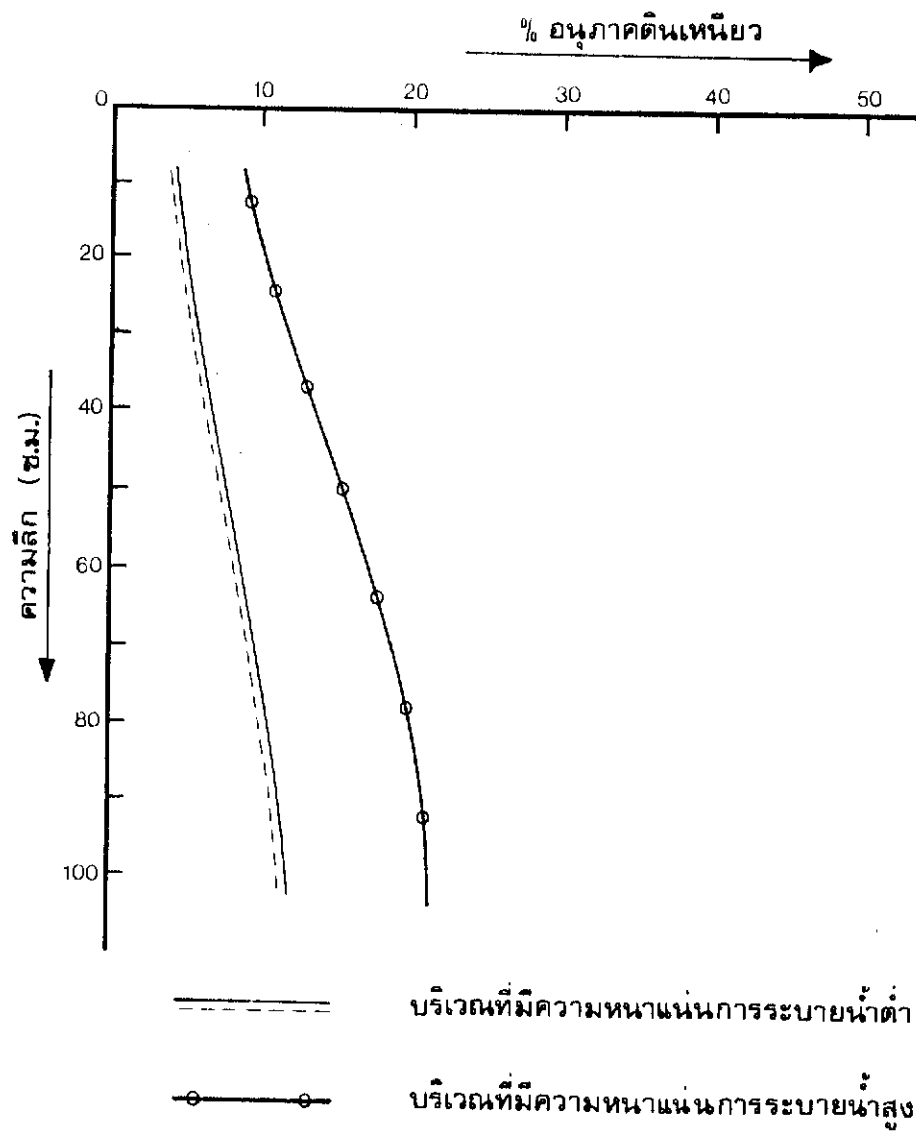
3.1 เนื้อดิน

จากการวิเคราะห์เนื้อดินในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีไฮโครมิเตอร์ โดยวัดความหนาแน่น
ของสารแขวนลอยดินที่ 40 วินาที และที่ 2 ชั่วโมง ตามแบบปฏิบัติการดินเชิงปริมาณ แล้ว
คำนวณหาร้อยละของอนุภาคดินขนาดต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อดินทราย ขนาดอนุภาคตั้งแต่ .05 - 2
มิลลิเมตร เนื้อดินทรายแป้ง ขนาดอนุภาคตั้งแต่ .002 - .05 มิลลิเมตร เนื้อดินเหนียว
ขนาดของอนุภาคเล็กกว่า .002 มิลลิเมตร ปรากฏผลจากการวิเคราะห์ แล้วนำมาหา
ค่ามีนมิได้ ดังตาราง 28

ตาราง 28 ค่ามัชฌิมเลขคณิตของเนื้อดิน และประเภทของเนื้อดิน

	ค่ามัชฌิมเลขคณิตของเนื้อดิน	
	บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำสูง	บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำต่ำ
ความลึก 0 - 20 ซม.		
ดินทราย	81.00	86.44
ดินทรายแป้ง	8.91	8.32
ดินเหนียว	10.09	5.23
ประเภทเนื้อดิน	ดินทรายปนดินร่วน	ดินทรายปนดินร่วน
ความลึก 20 - 40 ซม.		
ดินทราย	75.91	82.70
ดินทรายแป้ง	10.55	10.81
ดินเหนียว	13.54	6.49
ประเภทเนื้อดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินทรายปนดินร่วน
ความลึก 40 - 100 ซม.		
ดินทราย	68.88	79.43
ดินทรายแป้ง	9.89	9.01
ดินเหนียว	21.24	11.56
ประเภทเนื้อดิน	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย

จากตาราง 28 และภาพประกอบ 21 พบว่าดินในระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร
ของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง และบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

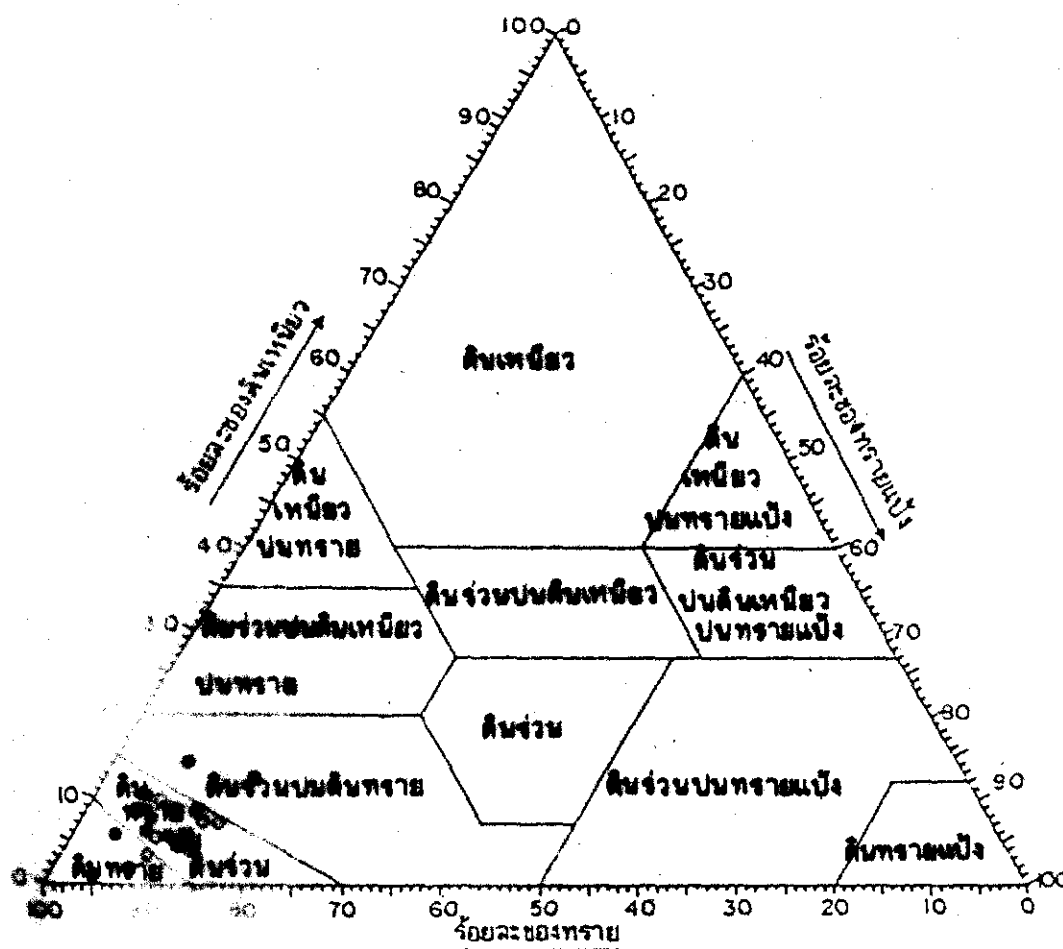


ภาพประกอบ 21 เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียวตามระดับความลึก ของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน

เป็นเนื้อดินประเภทดินทรายปนดินร่วนเหมือนกัน ซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูงมีร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่มากกว่า ในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร ของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ เป็นเนื้อดินทรายปนดินร่วนเหมือนกันดินบน ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง เป็นเนื้อดินร่วนปนทราย ซึ่งมีเนื้อดินละเอียดขึ้น เนื่องจากการสะสมปริมาณอนุภาคดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น สำหรับดินชั้นล่างในระดับความลึก 40 - 100 เซนติเมตร เนื้อดินจะละเอียดขึ้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ เป็นดินร่วนปนทราย เนื่องจากการสะสมอนุภาคดินเหนียวมากขึ้นในชั้นนี้ ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย เพราะมีอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น อนุภาคดินเหนียวที่มีปริมาณมากในดินชั้นล่างนี้ สันนิษฐานได้ว่า ส่วนหนึ่งได้มาจากการชะล้างอนุภาคที่ละเอียดจากชั้นดินบน และอีกส่วนหนึ่งเป็นอนุภาคดินเหนียวที่สลายตัวมาจากแร่เฟลด์สปาร์จากเนินแกรนิตผุ เมื่อพิจารณาจากร้อยละของอนุภาคดินเหนียวในแต่ละระดับความลึก พบว่า ทุกระดับความลึก บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากกว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับความลึกที่ 20 - 40 เซนติเมตร เป็นชั้นที่แสดงการสะสมอนุภาคดินเหนียวที่ถูกชะล้างจากชั้นบนลงไป อุณหภูมิช่องว่างในหน้าตัดดิน อนุภาคของดินเกิดการอัดตัวแน่น ทำให้เป็นชั้นดานเปราะ ซึ่งจำกัดการไหลซึมของน้ำ เมื่อฝนตกมากขึ้นดินบนเกิดการอัดตัวมากขึ้นการซึมจึงเกิดได้ง่าย บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง ซึ่งมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวในชั้นดินบนมาก ทำให้การซึมการซึมสูงกว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ ซึ่งมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวในชั้นดินบนน้อยกว่า

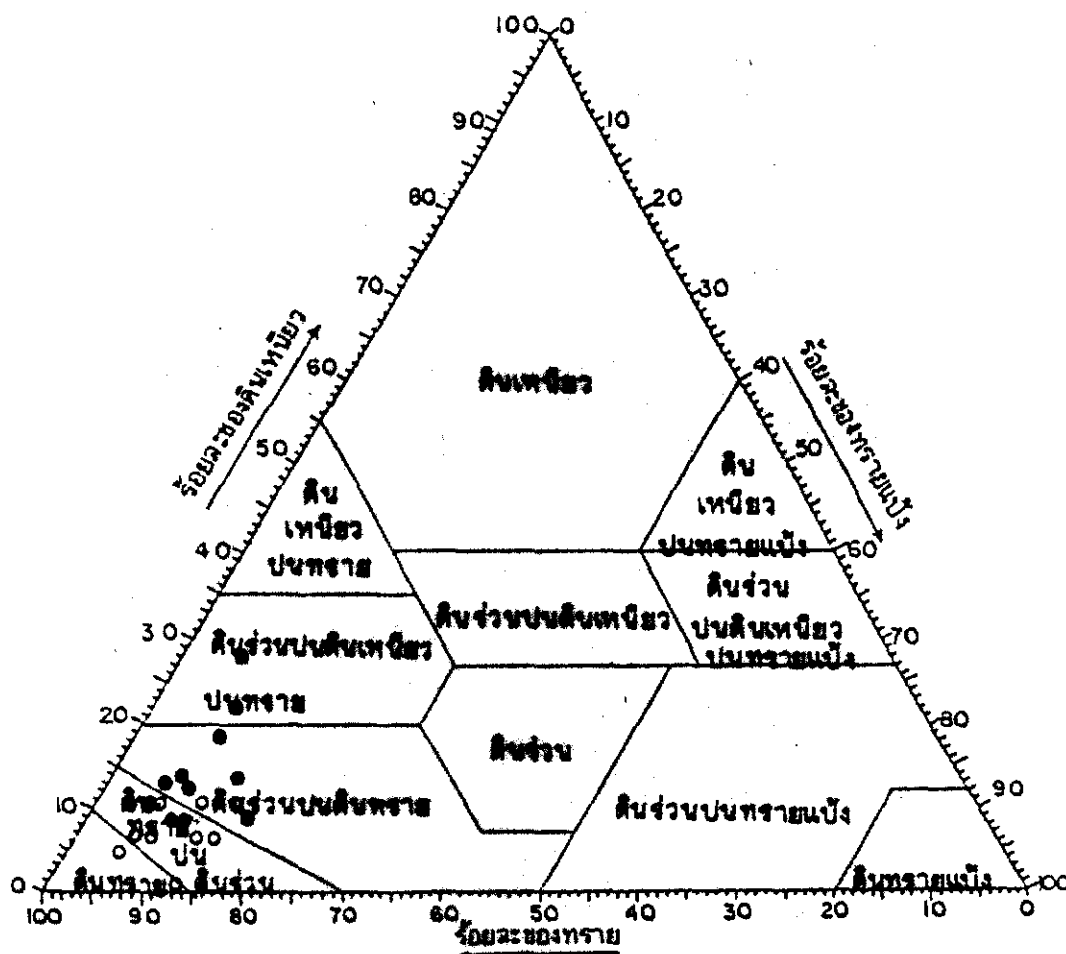
เพื่อศึกษาการกระจายของเนื้อดินทุกระดับความลึกในบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน โดยพิจารณาจากรายตัวอย่างที่ได้จำแนกเนื้อดินตามตารางสามเหลี่ยมเนื้อดิน ปรากฏการกระจายของเนื้อดิน ดังภาพประกอบ 22 - 24

จากภาพประกอบ 22 แสดงถึงการกระจายของปริมาณของประเภทเนื้อดินรายตัวอย่างในระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง จำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ร้อยละ 9.09 เป็นดินทราย ร้อยละ 63.64 เป็นดินทรายปนดินร่วน ร้อยละ 18.18 เป็นดินร่วนปนทราย และร้อยละ 9.09 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย



- เนื้อดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง
- เนื้อดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

ประกอบ 22 กราฟอนุภาคดินในระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร ของบริเวณที่มี
 * ความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน



- เนื้อดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง
- เนื้อดินบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

ภาพประกอบ 23 การกระจายอนุภาคดินในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร ของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน

ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ จำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ ร้อยละ 27.27 เป็น ดินทราย และร้อยละ 72.73 เป็นดินทรายปนดินร่วน

จากภาพประกอบ 23 แสดงถึงการกระจายปริมาณของประเภทเนื้อดินรายตัวอย่าง ในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร ในบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง จำแนก ได้ 3 กลุ่ม คือ ร้อยละ 27.27 เป็นดินทรายปนดินร่วน ร้อยละ 54.55 เป็นดินร่วนปนทราย และร้อยละ 18.18 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ จำแนกได้ 3 กลุ่ม คือ ร้อยละ 18.18 เป็นดินทราย ร้อยละ 63.64 เป็นดินทรายปนดินร่วน และร้อยละ 18.18 เป็นดินร่วนปนทราย

จากภาพประกอบ 24 แสดงถึงการกระจายปริมาณของประเภทเนื้อดินรายตัวอย่าง ในระดับความลึก 40 - 100 เซนติเมตร ในบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง จำแนก ได้ 3 กลุ่มคือ ร้อยละ 12.5 เป็นดินทรายปนดินร่วน ร้อยละ 12.5 เป็นดินร่วนปนทรายและ ร้อยละ 75 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ จำแนก ได้ 2 กลุ่มคือ ร้อยละ 40 เป็นดินทรายปนดินร่วน และร้อยละ 60 เป็นดินร่วนปนทราย

เมื่อพิจารณาจากค่ามัธยฐานและพิสัยของเนื้อดินและปริมาณของประเภทเนื้อดิน พบว่า ทั้งสองบริเวณเนื้อดินทุกระดับความลึกจัดอยู่ในกลุ่มของดินร่วนปนทราย ซึ่งมีขนาดอนุภาคใน แต่ละระดับที่ไม่เท่ากัน จึงสรุปได้ว่าเนื้อดินทั้งสองบริเวณไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่ตรงตาม สมมุติฐานที่วางไว้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากทั้งสองบริเวณมีวัสดุต้นกำเนิดดิน คือหินแกรนิตที่ให้อนุภาค ดินหลักที่เหมือนกัน

3.2 สีดิน

สีของดินเป็นสีที่วัดในสนาม ขณะดินชื้น โดยใช้สมุดเทียบสีมันเซลล์ โดยวัดเป็นค่า hue value/chroma เช่น 10 YR 3/5 ซึ่ง 10 YR เป็นค่าของ hue 3 เป็นค่า ของ value และ 5 เป็นค่าของ chroma ปรากฏผลจากการวัดแสดงเป็นค่าฐานนิยม ดังแสดงในตาราง 29

ตาราง 29 ฐานนิยมของสีดิน

	ระดับความลึก 0-20 ซม.		ระดับความลึก 20-40 ซม.		ระดับความลึก 40-100 ซม.	
	สีดิน	ชื่อสีดิน	สีดิน	ชื่อสีดิน	สีดิน	ชื่อสีดิน
บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำสูง	7.5YR6/6	Reddish Yellow	10YR7/6	Yellow	7.5YR6/6	Reddish Yellow
	7.5YR7/6	Reddish Yellow				
บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำต่ำ	10YR5/4	Yellowish brown	10YR5/4 10YR7/6	Yellowish brown Yellow	7.5YR6/6	Reddish Yellow

จากตาราง 29 พบว่า สีของดินทั้งสองบริเวณทุกระดับความลึกอยู่ในกลุ่ม hue เดียวกัน คือ 7.5YR - 10YR บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง ในระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร พบกลุ่มสีแดงอมเหลืองมากที่สุด ส่วนระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร พบกลุ่มสีเหลืองมากที่สุด สำหรับดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 40 - 100 เซนติเมตร พบกลุ่มสีแดงอมเหลือง ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ ชั้นดินบนที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร พบกลุ่มดินสีเหลืองอมน้ำตาล ระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร พบกลุ่มดินสีเหลืองอมน้ำตาล และกลุ่มดินสีเหลือง สำหรับดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 40 - 100 เซนติเมตร พบกลุ่มสีแดงอมเหลือง จากค่าฐานนิยมดังกล่าว แสดงว่าสีของชั้นดินของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำมีสีเหลืองอมน้ำตาล ซึ่งเข้มกว่าสีแดงอมเหลืองของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง ส่วนดินชั้นล่างของทั้งสองบริเวณเป็นสีเหลือง และสีแดงอมเหลืองเหมือนกัน เพราะเป็นดินในเขตร้อนจึงมีเหล็กออกไซด์ในชั้นดิน และยังเป็นดินที่เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดหินแกรนิตเหมือนกัน

เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างดิน โดยกำหนดตามระดับความลึก และมีได้ค่าหนึ่งถึง
 ขึ้นก่าเบ็ดดิน ทำให้ได้สัณฐาน ดังนั้นสัณฐานของบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง และ
 บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำจึงไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่ตรงตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3.3 ค่าปฏิกริยาดิน

ค่าปฏิกริยาดิน เป็นค่าที่แสดงระดับความเป็นกรดเป็นด่าง หรือเป็นกลางของดิน
 โดยวัดในสนามด้วยน้ำยาเปลี่ยนสี จากการวัดแสดงเป็นฐานนิยม ดังตาราง 30

ตาราง 30 ฐานนิยมของค่าปฏิกริยาดิน

	ความลึก (เซนติเมตร)		
	0 - 20	20 - 40	40 - 100
บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง	7.0	5.5	5.5
บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ	6.5	6.0	6.0

จากตาราง 30 แสดงว่าระดับความรุนแรงของปฏิกริยาดิน บริเวณที่มีความหนาแน่น
 การระบายน้ำสูง จำแนกได้ 2 กลุ่ม (ตามการแบ่งระดับปฏิกริยาของ เจลลิว แง้งไพ
 2522 : 18 - 19) คือระดับปฏิกริยาเป็นกลาง (6.6 - 7.3) ในชั้นดินบน ส่วนดิน
 ชั้นล่างมีระดับปฏิกริยาเป็นกรดแก่ (5.1 - 5.5) ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบาย
 น้ำต่ำ ระดับปฏิกริยาดิน จำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ ชั้นดินบนมีระดับปฏิกริยาเป็นกรดเล็กน้อย
 (6.1 - 6.5) ส่วนดินชั้นล่างมีระดับปฏิกริยาเป็นกรดปานกลาง (5.6 - 6.0) ระดับ
 ปฏิกริยาดินทั้งสองบริเวณอยู่ระหว่าง 5.5 - 7.0 (เป็นกรดแก่ → เป็นกลาง) ดังนั้น
 ปฏิกริยาดินของทั้งสองบริเวณไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่ตรงตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3.4 ความหนาแน่นรวมของดิน

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน เป็นค่าที่แสดงถึงลักษณะการอัดตัวของอนุภาคดิน โดย
 หาค่าความหนาแน่นรวมของดิน จากตัวอย่างดินก่อนที่เก็บตัวอย่างแล้วในระดับความลึก 20 - 40
 เซนติเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีใช้สารพาราฟีนัม ปรากฏผลจาก

การวิเคราะห์เป็นค่ามัธยเทศกณิก แสดงในตาราง 31

ตาราง 31 ค่ามัธยเทศกณิกของความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/มิลลิลิตร)

ระดับความลึก	บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำสูง	บริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำต่ำ
20 - 40 ซม.	1.87	1.77

จากตาราง 31 พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงมีค่าเท่ากับ 1.87 กรัม/มิลลิลิตร ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่น การระบายน้ำต่ำมีค่าเท่ากับ 1.77 กรัม/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นรวมของเนื้อดินประเภท ดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินทราย ซึ่งปกติ มีค่าระหว่าง 1.2 - 1.6 กรัม/มิลลิลิตร แสดงถึงลักษณะดินของทั้งสองบริเวณที่ระดับ ความลึก 20 - 40 เซนติเมตร มีการอัดตัวของอนุภาคดินที่แน่นมากจนเป็นชั้นดานเปราะ ที่จำกัดการไหลซึมลงดิน ทำให้กักน้ำการดินเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ผลจากการศึกษาพบว่า บริเวณ ที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง และบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ มีค่าความ หนาแน่นรวมของดินไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

จากการศึกษาชั้นฐานของดินในบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน แสดงถึงลักษณะดินที่เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดดินแกรนิต โดยอยู่ในกลุ่มเนื้อดินร่วนปนทรายมีสีแสด อมเหลือง ที่มีค่าปฏิกิริยาดินตั้งแต่เป็นกลางจนถึงกรดแก่ ผลจากการทำลายป่าเพื่อปลูกพืชไร่ ติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินมีลักษณะเปลี่ยนไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ศึกษามี การปลูกมันสำปะหลังเป็นบริเวณกว้าง ผิวดินจึงโล่งในห้วงฤดูการเพาะปลูก และต้นมันสำปะหลัง มีสมรรถภาพในการคลุมดินต่ำ ทำให้ส่วนทกกระทบผิวดินได้โดยตรง อนุภาคดินเหนียวในชั้นดินบน ถูกชะล้างลงไปสะสมในชั้นล่าง เกิดการอัดตัวแน่นเป็นชั้นดานเปราะ ความพรุนของดินลดลง จากที่เคยมีมากเมื่อป่ายังปกคลุมหนาแน่น ทำให้น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย น้ำจึงไหลบ่าหน้าดินใน

ปริมาณมากและรวดเร็ว เพราะไม่มีลำต้นช่วยชลความเร็ว กษัยการดินจึงมีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง ชั้นดินบนมีดินที่มีอนุภาคละเอียด ซึ่งง่ายต่อการกษัยการมากกว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

อย่างไรก็ตามผลจากการวิเคราะห์เนื้อดิน สีดิน ค่าปฏิกริยาดิน และความหนาแน่นรวมของดิน ปรากฏว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำไม่เท่ากัน มีสัณฐานดินที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

4. ลักษณะวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกในบริเวณที่เกิดกษัยการ

จากการที่พื้นที่ป่าไม้ที่รักษาสมุศลธรรมชาติ ถูกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปทำการเกษตร โดยการปลูกพืชไร่แบบต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดกษัยการดินอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ทำการศึกษาที่มีสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปรากฏในรูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2524 ในการปลูกพืชไร่ทั้งสิ้น ยกเว้นบริเวณที่เป็นเนินเขาหรือภูเขาที่ยังมีป่าไม้ปกคลุมอยู่ (รัตน 2526 : 86) โดยมีนสำปะหลังเป็นพืชหลัก เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกในหนึ่งถึงสองทศวรรษที่ผ่านมา ดังนั้นในการศึกษาวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูก ใ้วางเงื่อนไขประกอบการศึกษา 3 ประการ คือ

1. สัณฐานของดินและความลาดของพื้นที่ จากการวิเคราะห์สัณฐานของดิน สรุปได้ดังนี้ เนื้อดินประเภทดินร่วนปนทรายมีสีแดงอมเหลือง โดยมีระดับปฏิกริยาดินเป็นกลางไปจนถึงกรดแก่ และมีค่าความหนาแน่นรวมของดินในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร อยู่ระหว่าง 1.48 - 2.05 กรัม/มิลลิลิตร แสดงถึงลักษณะของดินมีการอัดเรียงตัวของอนุภาคดินเป็นชั้นดานเปราะ ซึ่งเป็นตัวจำกัดการซอนไชของรากพืช และการไหลซึมของน้ำ มีระดับความลาดของพื้นที่ประมาณ 3 - 5 เปอร์เซ็นต์

2. สภาพกษัยการที่เกิดขึ้น บริเวณที่ทำการศึกษานี้จัดเป็นบริเวณหนึ่งที่มีกษัยการดินสูงเนื่องจากมีร่องธารเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการสูญเสียดินในปริมาณมากเช่นกัน จากการแบ่งระดับกษัยการโดยประมาณที่เกิดขึ้นในพื้นที่ แบ่งให้เป็น 4 ชั้น (ดูแผนที่ 6 และ ตาราง 26 ประกอบ)

3. สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร เกษตรกรส่วนใหญ่ยังยากจน ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการจำกัดต้นทุนการผลิต จึงไม่มีทุนเพียงพอที่จะทำการเกษตรแบบ ประณีต เช่น จ้างไถพรวนตามแนวระดับ เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าและเสียเวลามากกว่า การไถขึ้นลง หรือการทำคันดิน ซึ่งต้องเสียเงินและเสียเนื้อที่ในการเพาะปลูก ดังนั้นจึงไม่มีการใช้พื้นที่อย่างประณีต และไม่ระมัดระวังต่อภัยการดิน ทั้งยังต้องจำกัดเงินทุนเพื่อให้อยู่ รอดไปได้แต่ละปี นอกจากนี้สังคมเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจถึงผลเสียของ ภัยการดิน จึงขาดการอนุรักษ์ดิน ตลอดจนไม่นิยมเทคนิควิธีการใหม่ ๆ จนกว่าสามารถพิสูจน์ ให้เห็นได้ว่าได้ประโยชน์คุ้มค่ากับการลงทุน

การใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งตามชนิดของพืชและวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูก บริเวณที่ทำ การศึกษาใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ทั้งสิ้น ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งมีความเหมาะสม กับสมรรถนะความลาดของพื้นที่ จากการสำรวจภาคสนาม สามารถจำแนกประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดินตามชนิดของพืชได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ปลูกมันสำปะหลังเพียงชนิดเดียว พบเป็นบริเวณกว้างติดต่อกันทางตอนใต้ของ บริเวณที่ศึกษา มีพื้นที่ระหว่างทางหลวงหมายเลข 331 ทางตอนใต้กับทางตะวันออกเฉียงใต้ ของทางหลวงหมายเลข 36 ตั้งแต่บริเวณบ้านหนองบอน 2 ลงไปทางใต้จนถึงบ้านเขากำแพง และบ้านป่ากล้วยตึกจังหวัดระยอง บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีระดับภัยการขึ้นที่ 4 มีสัณฐานเป็น ลูกคลื่นปรากฏเป็นเนินทรงกลมที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีความลาดสม่ำเสมอ นอกจากนี้ ยังพบเป็นหย่อม ๆ ทางตอนเหนือซึ่งเป็นบริเวณที่มีระดับภัยการขึ้นที่ 3 และชั้นที่ 4 ซึ่งมี ลักษณะสัณฐานเป็นลูกคลื่นที่มีลักษณะของเนินขนาดใหญ่ที่มียอดเนินยาว

วิธีการปฏิบัติในการปลูกมันสำปะหลังเหล่านี้ โดยการยกร่องตามแนวลาดเนิน ดังภาพประกอบ 25 ระยะระหว่างคันและระหว่างแถวประมาณ 1×1 เมตร การปลูกยกร่อง โดยไม่มีพืชคลุมในระยะต้นฤดูการเพาะปลูก ทำให้ผิวดินเปิดโล่ง เพราะทรงพุ่มของใบมันสำปะหลัง ยังเล็ก จากการทดลองที่สถานีพืชไร่ห้วยโป่ง จังหวัดระยอง พบว่า มันอายุ 3 เดือน มี เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม 104 เซนติเมตร มีความสามารถปกคลุมดินเพียงร้อยละ 10.10 เมื่อถึงเดือนที่ 4 ทรงพุ่มของต้นมันจะชนกันพอดี ความสามารถในการปกคลุมดินเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 23.50 จนมันสำปะหลังมีอายุ 10 เดือน ความสามารถในการปกคลุมดินเพิ่มขึ้นเป็น

ร้อยละ 63.60 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสามารถคลุมดินต่ำ โดยเฉพาะในระยะต้นฤดูการเพาะปลูก ซึ่งตรงกับฤดูฝนพอดี ผิวดินที่เปิดโล่งจึงถูกแรงกระแทกจากเม็ดฝนโดยตรง ทำให้เกิดการชะล้างอนุภาคดินเหนียวลงไปกับดินชั้นล่างในดิน นอกจากนี้การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ช่วยดูดซับน้ำที่ไหลซึมลดลง ดินจึงขาดความอุดมสมบูรณ์ ประกอบกับในบริเวณที่ศึกษามีการใช้เครื่องจักรไถพรวนดิน น้ำหนักเครื่องจักรที่ตกลงไปส่งเสริมการอัดตัวแน่นของดินมากยิ่งขึ้น จนกลายเป็นชั้นดานเปราะ ซึ่งจำกัดการไหลซึมลงดิน กษัยการผิวหน้าดินมีมากโดยขยายตัวไปตามร่องมัน ดังนั้นสังเกตได้จากทางตอนใต้ของบริเวณที่ศึกษา ร่องธารที่ถูกกษัยการจะขยายตัวจากยอดเนินลงไปเป็นแบบรัศมี

2. ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชแซมในสวนมะพร้าวเก่า เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูก เกษตรกรจึงขยายพื้นที่เพาะปลูกเข้าไปในที่ว่างของสวนมะพร้าวที่ปลูกอยู่แล้ว พบเป็นหย่อม ๆ ทางตอนเหนือไปตามทางหลวงหมายเลข 331 ตั้งแต่บริเวณบ้านมาข่าหวานไปจนถึงบ้านมาบเสม็ดแดง มีลักษณะเป็นลูกคลื่นไปจนถึงภูเขา ลูกคลื่นเหล่านี้มีลักษณะเป็นเนินขนาดใหญ่มียอดเนินที่กว้างและยาวมากไม่เป็นทรงกลมที่มีขนาดใกล้เคียงกันเหมือนทางตอนใต้ บริเวณนี้มีระดับกษัยการชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3

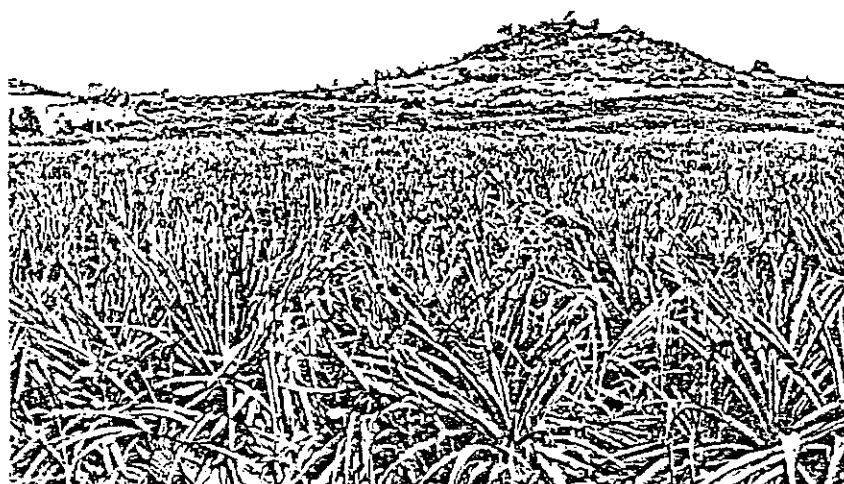
วิธีปฏิบัติในการปลูกมันสำปะหลังแซมในสวนมะพร้าว โดยการยกร่องตามแนวลาดเชิงเนิน มีระยะระหว่างต้นและระหว่างแถว 1×1 เมตร เนื่องจากบางเนินมีขนาดใหญ่ ไม่เป็นทรงกลม ร่องที่ยกตามแนวลาดจึงวางตัวเฉียงจากยอดเนิน ร่องธารที่ถูกกษัยการจึงขยายตัวตัดร่องมันสำปะหลังลงตามแนวลาดของเนิน บริเวณนี้มีมะพร้าวซึ่งเป็นพืชยืนต้นที่มีระบบรากช่วยยึดดินได้ดีกว่ารากของมันสำปะหลัง และเรือนต้นของมะพร้าวช่วยชลอฝนไม่ให้ตกกระแทกดินได้ ถึงแม้จะไม่มากนักก็ตาม บริเวณนี้จึงเกิดกษัยการดินน้อยกว่าบริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว

3. ปลูกสับปะรดเพียงชนิดเดียว พบเป็นบริเวณเล็ก ๆ ปรากฏทางหลวงหมายเลข 36 ทางตะวันตกเฉียงเหนือ บริเวณบ้านหนองบอน 1 ซึ่งมีลักษณะสัณฐานเป็นลูกคลื่นที่มีความลาดสม่ำเสมอเช่นกัน บริเวณนี้มีระดับกษัยการชั้นที่ 2 ดังภาพประกอบ 26

วิธีปฏิบัติในการปลูกสับปะรด ก่อนปลูกจะเตรียมดิน โดยการปรับระดับพื้นที่เพื่อทำแนวระดับ ร่องธารและร่องธารจึงถูกไถกลบหมด หลังจากนั้นปลูกสับปะรดตามแนวระดับดังกล่าว



ภาพประกอบ 25 มันสำปะหลังยกร่องตามแนวลาดเนินที่บ้านคลองใหญ่
ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527



ภาพประกอบ 26 สับปะรดปลูกตามแนวระดับที่บ้านหนองบอน 2
ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527

โดยมีระยะห่างระหว่างแนวประมาณ 50 เซนติเมตร เมื่อสับปรดโตเต็มที่ ใบจะเบียดกันแน่นมาก ทำให้มีความสามารถในการตรึงดินได้ดี เนื่องจากการปลูกสับปรดเป็นการเกษตรแบบประณีตที่มีการจัดการไร่ที่ดี เจ้าของไร่มักเป็นบริษัทขนาดใหญ่ มีใช้เกษตรกรรายย่อย เช่น มัณฑะแพะหลัง ดังนั้นในฤดูกาลเพาะปลูกสับปรดสามารถป้องกันดินมิได้รับแรงปะทะจากฝนโดยตรง กษัยการบริเวณนี้จึงเกิดขึ้นน้อยกว่าบริเวณที่ปลูกมัณฑะแพะหลัง

จากวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกที่ต่างกันบนพื้นที่ที่มีความลาดเท่า ๆ กัน แต่มีระดับกษัยการไม่เท่ากัน สรุปได้ดังตาราง 32

ตาราง 32 วิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดกับระดับกษัยการ

ชนิดของพืช	วิธีปฏิบัติในการเพาะปลูก	ระดับกษัยการ
มัณฑะแพะหลัง	ยกร่องตามแนวลาดเขาจากยอดเนิน	ชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3
มัณฑะแพะหลังแซมใน-	ยกร่องตามแนวลาดเขาที่มีลักษณะ	ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 2
สวนมะพร้าว	หะแยงมุมกับยอดเนิน	
สับปรด	ตามแนวระดับ	ชั้นที่ 2

จากตาราง 32 สรุปได้ว่าการปฏิบัติในการเพาะปลูกมัณฑะแพะหลัง โดยการยกร่องตามแนวลาด ทำให้เกิดกษัยการรุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองปลูกมัณฑะแพะหลังบนดินร่วนปนทรายของหน่วยอนุรักษ์ดินและน้ำอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยการปลูกตามแนวลาด มีปริมาณน้ำไหลบ่า 463.531 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีปริมาณการสูญเสียดิน 7.204 ตัน/ไร่ ในขณะที่ปลูกตามแนวระดับปริมาณน้ำไหลบ่าลดลงเหลือ 92.779 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ โดยมีปริมาณการสูญเสียดินลดลง 0.066 ตัน/ไร่ (มณู ศรีขจร และคณะ 2526 : 161) ดังนั้นการปฏิบัติในการเพาะปลูกที่ผิดวิธี เช่น การปลูกมัณฑะแพะหลังตามแนวลาด เป็นปัจจัยส่งเสริมให้กษัยการดินรุนแรง ซึ่งตรงตามสมมุติฐานข้อ 4

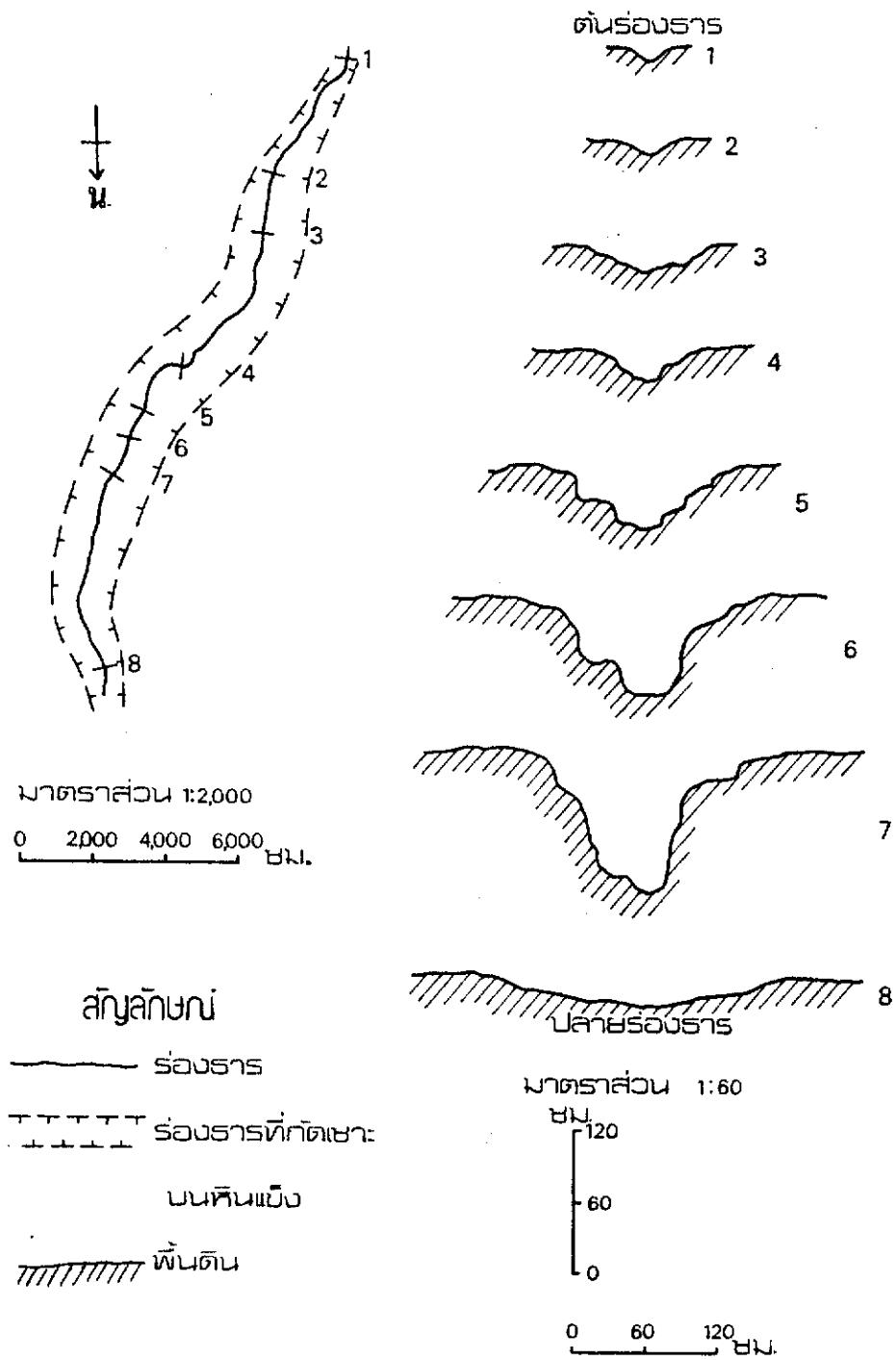
5. ปริมาณน้ำการคืนโดยประมาณ ที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ

ตลอดระยะเวลา 28 ปี

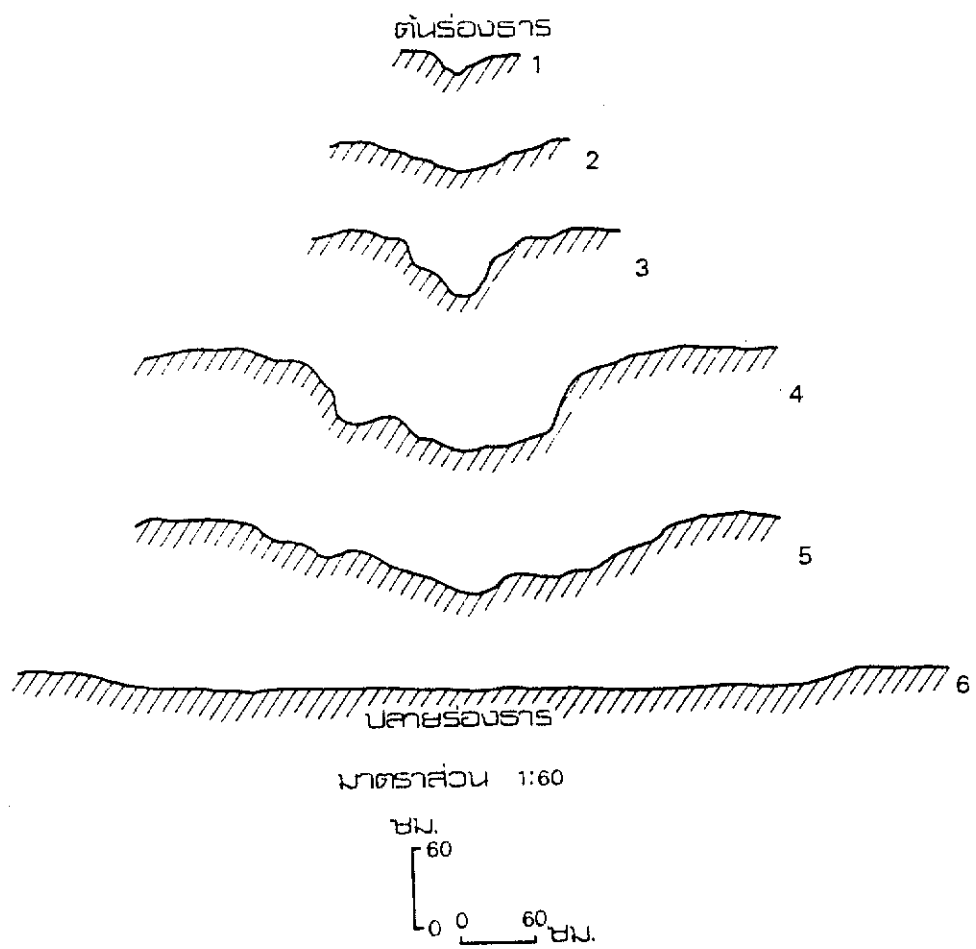
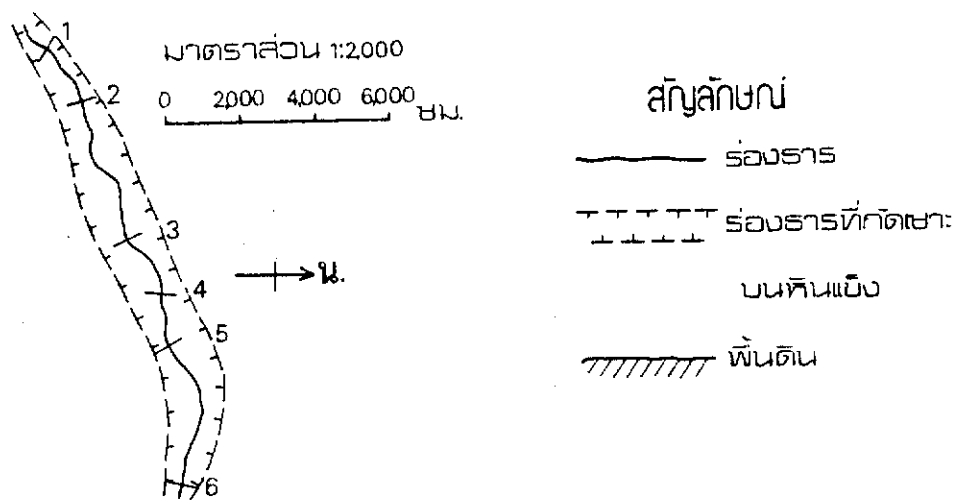
ผลจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิตของบริเวณที่ทำการศึกษา ในระยะเวลา 28 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2496 มาจนถึง พ.ศ. 2524 ดังปรากฏจากแผนที่ลุ่มน้ำ ที่แปลจากรูปถ่ายทางอากาศของทั้ง 2 ช่วงปี (ดูแผนที่ 2 - 5 ประกอบ) แสดงถึงการ บุกรุกทำลายป่าไม้ที่เคยรักษาสมดุลธรรมชาติ โดยการขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้าไป ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ ทำให้สภาพของดินทั้งทางด้าน ภาวภาพและเคมีเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้กักเก็บน้ำโดยการพัฒนาของร่องธารเกิดขึ้นมากมาย ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าจึงต้องการหาปริมาณน้ำการคืนที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 28 ปี โดยการ วัดลักษณะทางกายภาพของร่องน้ำตัวแทน ดังภาพประกอบ 27 - 36 เพื่อหาปริมาณของดิน ที่สูญเสียไป แล้วคูณด้วยลำน้ำที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งปรากฏในแผนที่ลำน้ำปี พ.ศ. 2524 โดยหัก ลำน้ำที่ยังคงเป็นอันคืบเดิมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496 ด้วย ดังแสดงในตาราง 33

ตาราง 33 ปริมาณน้ำการคืนที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 28 ปี (พ.ศ. 2496 - 2524)

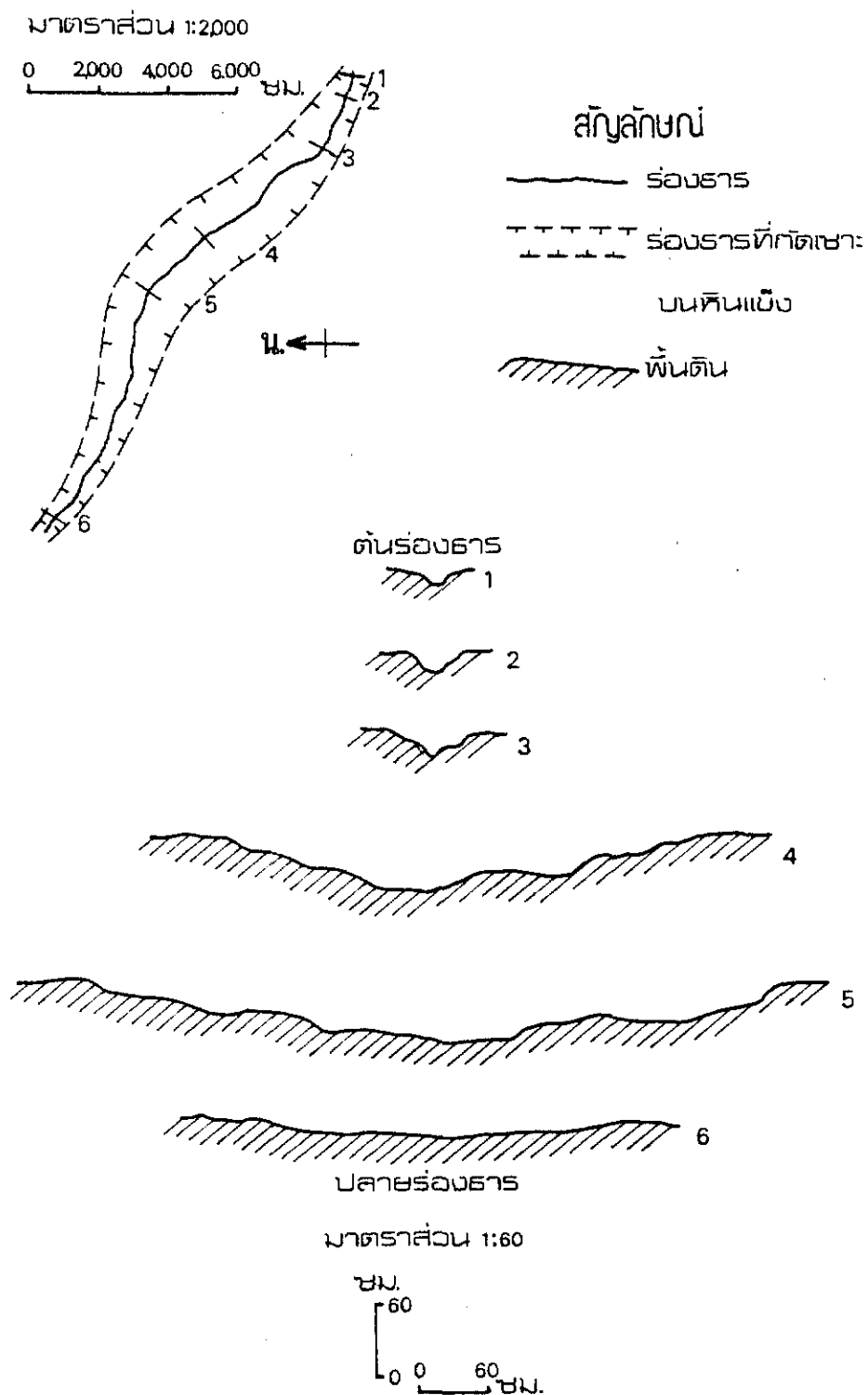
ลำน้ำที่เกิดขึ้นใหม่ ในระยะเวลา 28 ปี (สาย)	ร่องน้ำตัวอย่าง	ปริมาณน้ำการคืน (ม ³)	ปริมาณน้ำการคืน ในระยะเวลา 28 ปี (ม ³)
	ร่องที่ 1	44.52	
	ร่องที่ 2	44.43	
	ร่องที่ 3	42.74	
	ร่องที่ 4	131.65	
	ร่องที่ 5	5.55	
	ร่องที่ 6	4.57	
2,487		45.58	97,860.26



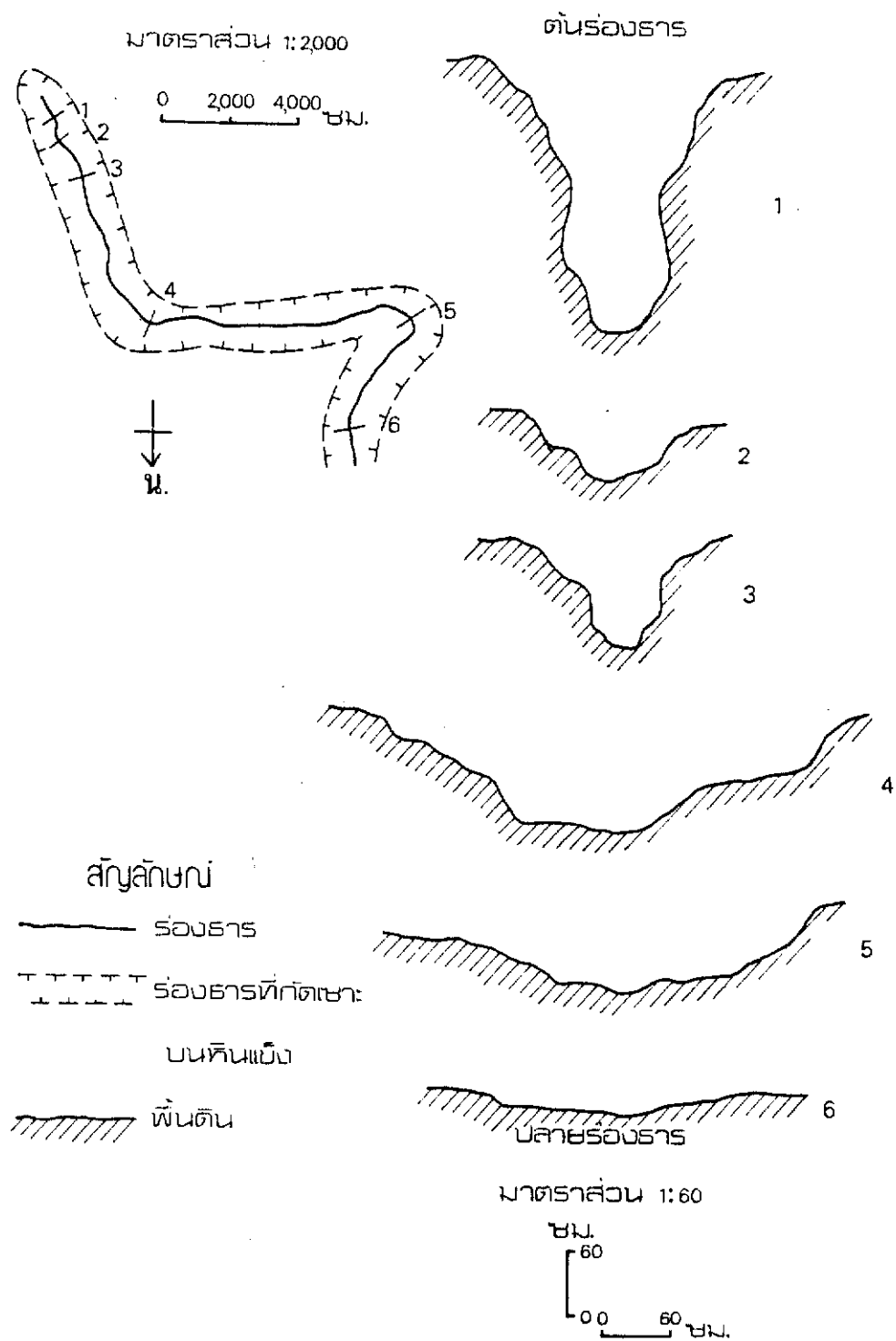
ภาพประกอบ 27 ภาพตัดขวางของร่องธารตัวแทนที่ 1



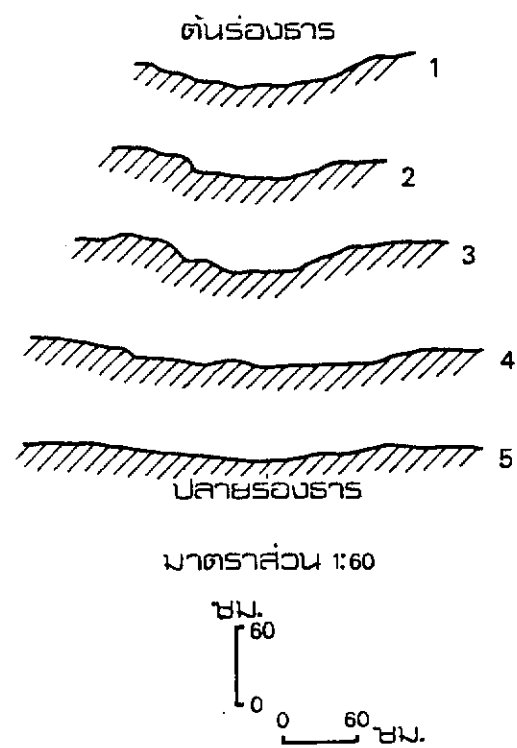
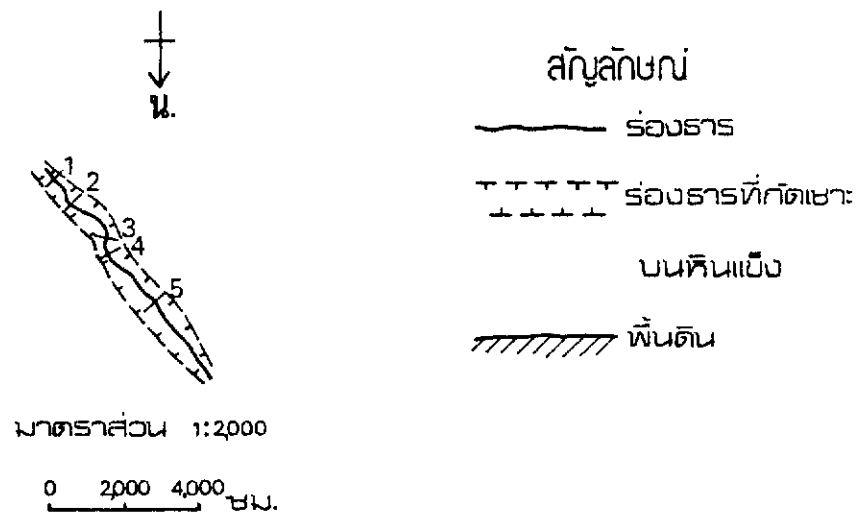
ภาพประกอบ 28 ภาพตัดขวางร่องธารตัวแทนที่ 2



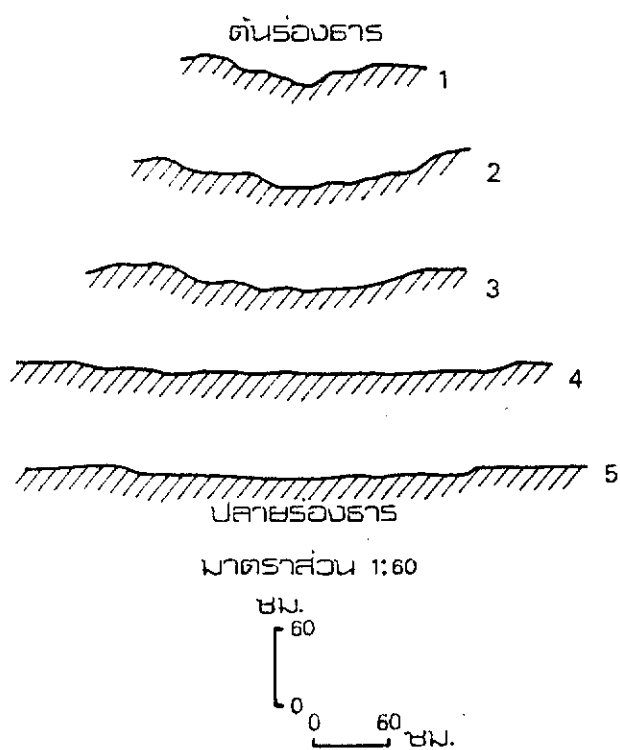
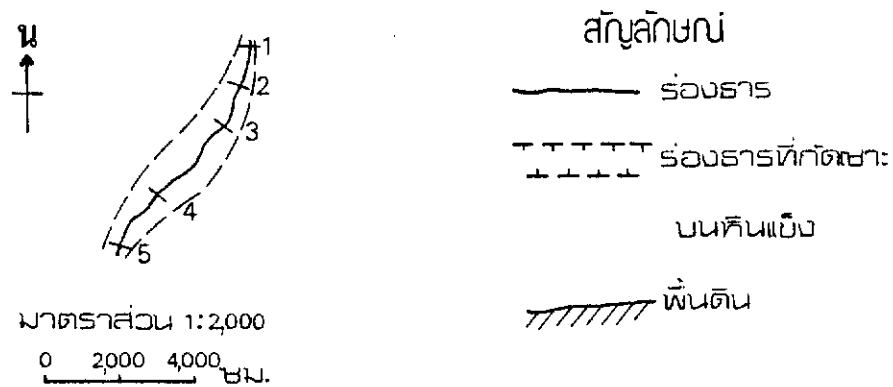
ภาพประกอบ 29 ภาพตัดขวางของร่องธารตัวแทนที่ 3



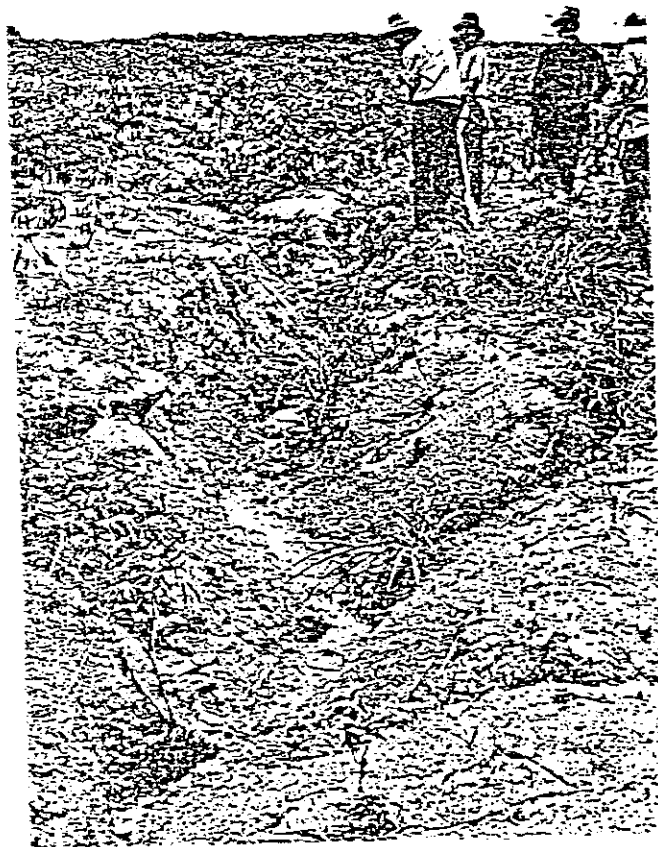
ภาพประกอบ 30 ภาพตัดขวางของร่องธารตัวแทนที่ 4



ภาพประกอบ 31 ภาพตัดขวางของร่องธารตัวแทนที่ 5



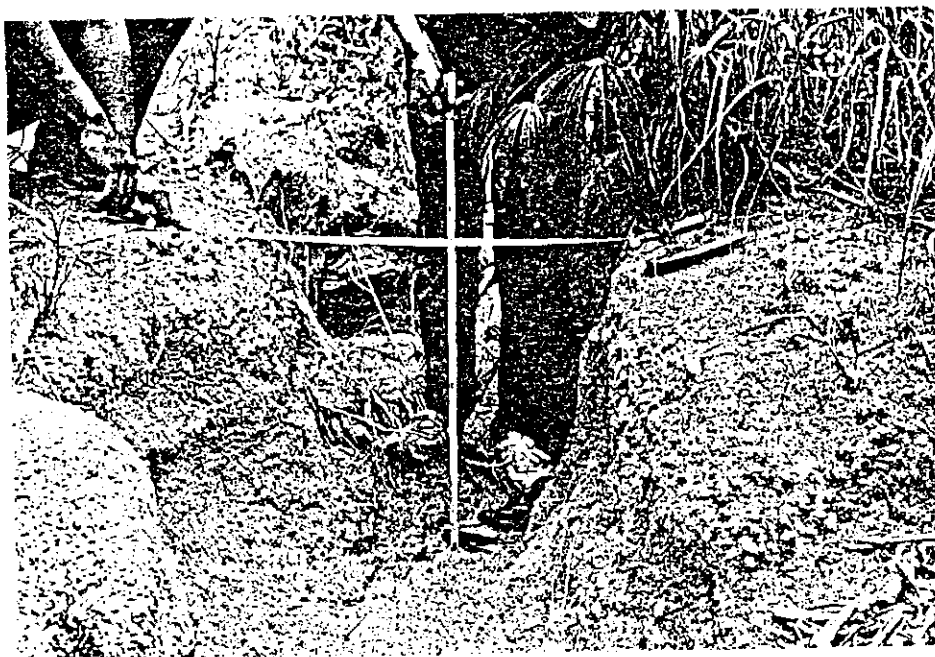
ภาพประกอบ 32 ภาพตัดขวางของร่องธารตัวแทนที่ 6



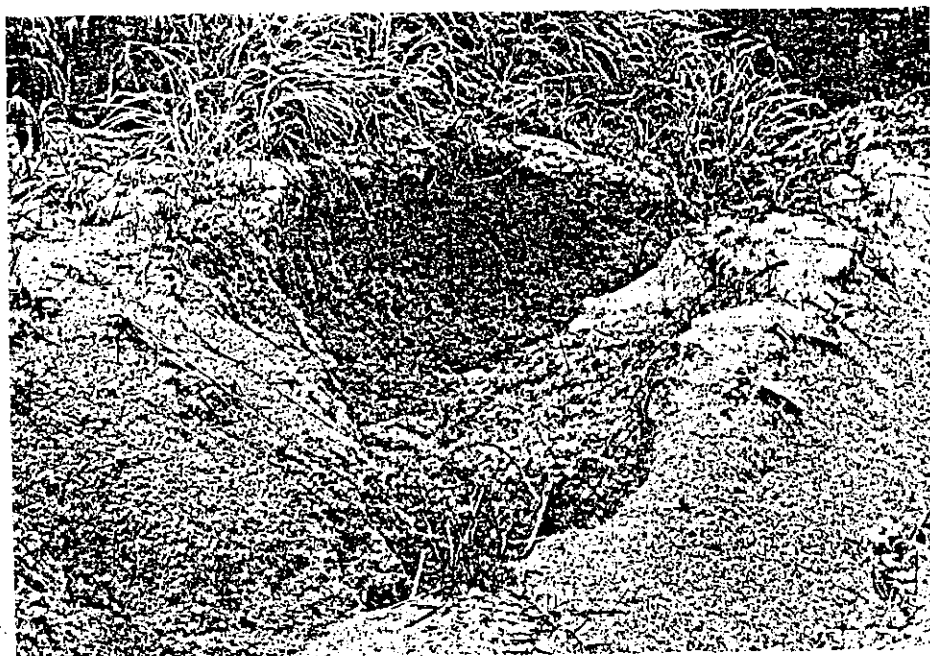
ภาพประกอบ 33 ร่องธารที่ถูกกษัยการตามแนวลาดเนินที่บ้านคลองใหญ่
ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527



ภาพประกอบ 34 บางร่องการวัดความลึกบริเวณตอนกลางถึงครึ่งตัวคน ที่บ้านคลองใหญ่
ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527



ภาพประกอบ 35 ความลึกและความกว้างของร่องธารที่บ้านเขาไม้แก้ว
ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527



ภาพประกอบ 36 ลักษณะของร่องธารที่ถูกกษัยการที่บ้านคลองใหญ่
ถ่ายเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2527

จากตารางแสดงปริมาณกัญการของดินที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 28 ปี ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
 ในบางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีเนื้อที่ 204.576 ตารางกิโลเมตร
 มีปริมาณกัญการดินที่เกิดจากการพัฒนาด้านน้ำทั้งสิ้น 97,860.26 ม³ หรือ 178,105.67 ตัน
 แสดงถึงปริมาณการสูญเสียดินโดยประมาณที่เกิดจากกัญการ เนื่องจากมนุษย์เข้ามาเร่งโดย
 การทำลายป่าไม้เพื่อทำการปลูกพืชไร่ที่ขาดการอนุรักษ์ดิน ซึ่งเป็นอันตรายแรงที่ต่อการ
 การแก้ไขอย่างรีบด่วน

บทย่อ สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

บทย่อ

ในการศึกษานี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ระหว่างปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน และหาปริมาณน้ำที่คายการดินที่เกิดจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำตลอดระยะเวลา 28 ปี โดยสร้างแผนที่ลำน้ำ และแผนที่ป่าไม้จากรูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 เพื่อทดสอบกฎของริตตัน โดยการศึกษาองค์ประกอบระบบการระบายน้ำ ศึกษาความหนาแน่นของการระบายน้ำด้วยวิธีการทางสถิติ และเก็บตัวอย่างดินแล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่ออธิบายสัณฐานของดินที่มีผลต่อการคายการดิน ตลอดจนร่องธารตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณน้ำที่คายการดินโดยประมาณที่เกิดจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ แล้วนำข้อมูลจากลำน้ำมาจัดระดับการคายการดินในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งผลจากการศึกษาร่วมกันทางปริมาณและคุณภาพ สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในแง่ภูมิศาสตร์อย่างมีหลักการและเหตุผล

สรุปผลการศึกษา

1. ผลจากการสร้างแผนที่ลำน้ำ จาการูปถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 เพื่อศึกษาลักษณะของระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี พบว่า ลักษณะของระบบการระบายน้ำไม่แตกต่างไปจากกฎของริตตัน

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังค่าสมการพยากรณ์ $Y = 127.6 + (-30.6)X$ และ $Y = -1,719.4 + (-419)X$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระดับ $\alpha .10$ เท่ากับ $-.819^*$ และ $-.777^*$ แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวน

ลำน้ำในแต่ละอันดับ จากอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิตที่มีอัตราส่วนคงที่ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.811 และ 5.927

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังค่าสมการพยากรณ์ $y = (-3.386) + 3.194x$ และ $y = (-5.321) + 3.234x$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ระดับ $\alpha .10$ เท่ากับ .981* และ .857* แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมในแต่ละอันดับ จากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต ที่มีอัตราส่วนคงที่ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 2.04 และ 2.897

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับลำน้ำกับความลาดเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ดังค่าสมการพยากรณ์ $y = 2.868 + (-.621)x$ และ $y = 5.546 + (-1.138)x$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ระดับ $\alpha .10$ เท่ากับ -.934* และ -.860* แสดงถึงการลดลงของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ จากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า มีแนวโน้มการลดลงแบบอนุกรมเรขาคณิตที่มีอัตราส่วนคงที่ โดยมีอัตราการลดลงของความลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.560 และ 0.518

2. ความหนาแน่นการระบายน้ำของกลุ่มน้ำ พ.ศ. 2496 ที่มีเนื้อที่ป่าไม้ร้อยละ 83.83 มีค่าความยาวของลำน้ำ .973 กิโลเมตร และลำน้ำจำนวน 1 (.875) สาย ในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นการระบายน้ำที่ต่ำกว่ากลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524 ที่ระดับ $\alpha .10$ ที่มีเนื้อที่ป่าเหลือเพียงร้อยละ 14.75 แต่มีค่าความยาวของลำน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 3.426 กิโลเมตร และลำน้ำจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 11 (11.301) สาย ในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร แสดงถึงการพัฒนาระบบการระบายที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 28 ปี โดยมีลำน้ำที่คงอันดับเดิม 52 สาย ลำน้ำที่เปลี่ยนอันดับไป 113 สาย และลำน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลำน้ำอันดับที่ 1 หรือร่องธาร 2,147 สาย โดยมีรูปแบบทางน้ำเป็นแบบคันไผ่ผสมกับรูปแบบทางน้ำตารางสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะของรูปแบบทางน้ำที่ไหลบนหินฐานแกรนิต

9. สัณฐานของดินในบริเวณที่มีความแน่นของการระบายน้ำไม่เท่ากัน

3.1 เนื้อดิน พบว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ เป็นดิน เนื้อหยาบประเภทดินทรายปนดินร่วน ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำสูง เป็นดินเนื้อละเอียดกว่าประเภทดินร่วนปนทราย และมีการสะสมอนุภาคดินเหนียวตามระดับความลึก อย่างไรก็ตามจัดได้ว่าเนื้อดินของบริเวณที่มีความหนาแน่นของระบบการระบายน้ำไม่เท่ากัน เป็นประเภทเดียวกัน เนื่องจากเกิดจากหินแกรนิตที่เป็นวัสดุต้นกำเนิดทำให้อนุภาคดินหลักเหมือนกัน

3.2 สีดิน เป็นสีดินที่วัดขณะชื้น ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกัน ชั้นดินบนบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำจะมีสีเข้มกว่าบริเวณที่มีการระบายน้ำสูงเล็กน้อย ตั้งแต่สีเหลืองอมน้ำตาลไปจนถึงสีแดงอมเหลือง ส่วนดินชั้นล่างของทั้งสองบริเวณ เป็นสีแดงอมเหลืองเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นสีที่แสดงลักษณะของดินในเขตร้อน

3.3 ค่าปฏิกริยาดิน ระดับปฏิกริยาของบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำไม่เท่ากัน อยู่ระหว่าง 5.5 - 7.0 (เป็นกรดแก่ - เป็นกลาง) จัดว่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นระดับปฏิกริยาที่เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดจากหินแกรนิตเหมือนกัน

3.4 ความหนาแน่นรวมของดิน บริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำสูง มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของดิน 1.87 กรัม/มิลลิลิตร ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำมีค่าความหนาแน่นรวม 1.77 กรัม/มิลลิลิตร ในระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่สูงใกล้เคียงกัน แสดงถึงลักษณะการอัดเรียงตัวของอนุภาคดินที่แน่นมากจนทำให้เกิดเป็นชั้นแข็ง เรียกว่า ชั้นดานเปราะ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดกักขังการดินผิวหน้าได้มากขึ้น

4. ลักษณะวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกมันสำปะหลังแบบยกร่องตามแนวลาด ทำให้เกิดกักขังการดินรุนแรงตามการแบ่งระดับกักขังการในชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3 ส่วนการปลูกมันสำปะหลังตามแนวระดับจะเกิดกักขังการดินที่รุนแรงน้อยกว่า

5. จากการพัฒนาระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ตลอดระยะเวลา 28 ปี ของพื้นที่ลุ่มน้ำ 204.576 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณการสูญเสียดินทั้งสิ้น 97,860.26 ม³ หรือ 178,105.67 ตัน

อภิปรายผลการศึกษา

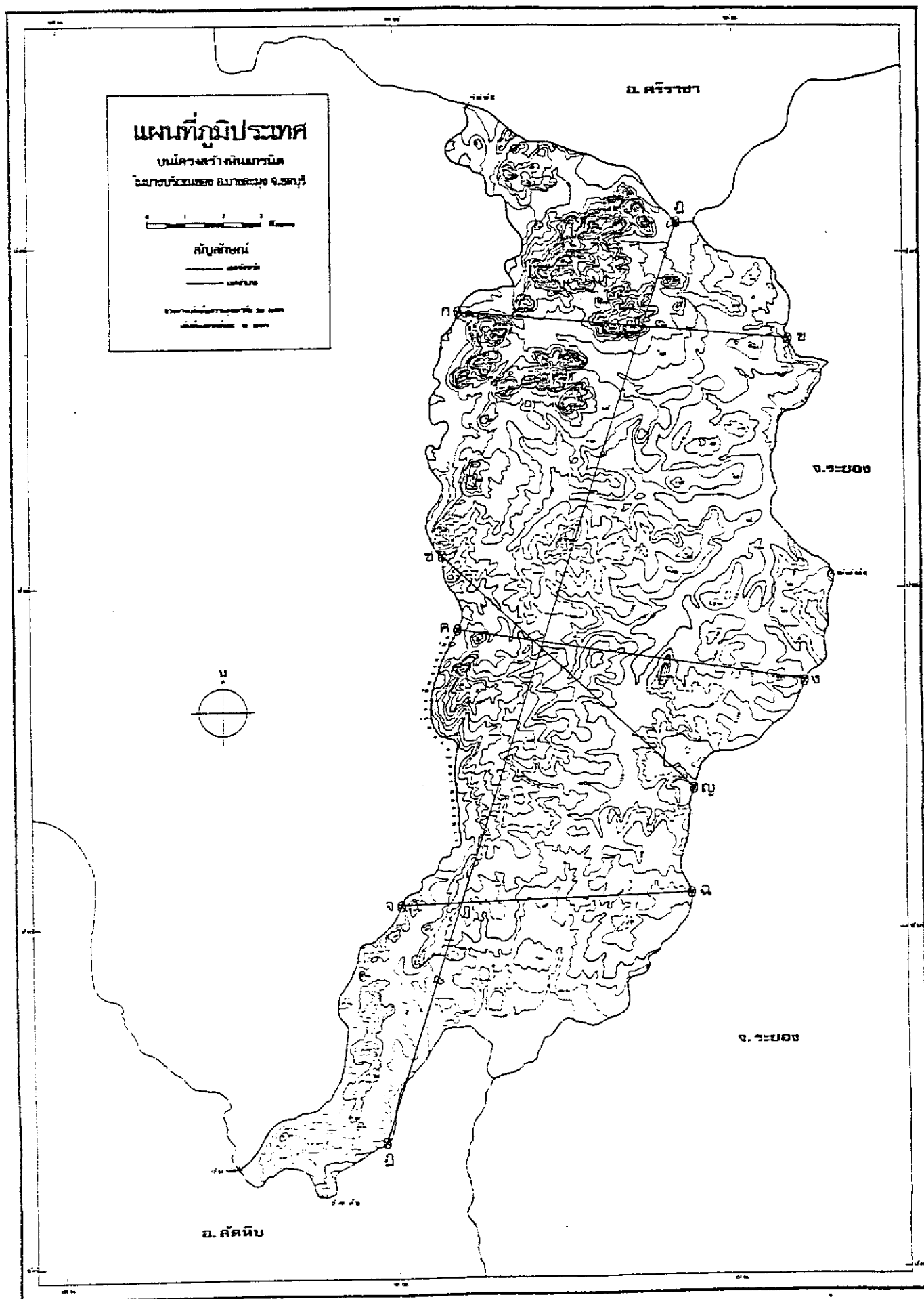
ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถนำมาอภิปรายเพิ่มเติมโดยแบ่งการอภิปราย เป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบกฎของฮอริสัน เกี่ยวกับลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นแบบมรสุม (Am.) ของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

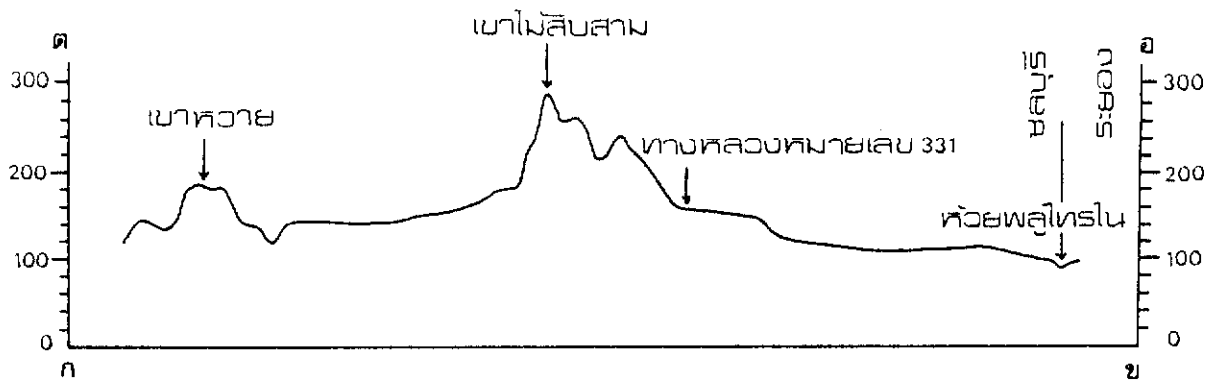
ตอนที่ 2 การพัฒนาระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิตในระยะเวลา 28 ปี ที่มีผลต่อภัยการดิน และปริมาณของภัยการดินโดยประมาณ

ตอนที่ 1 การทดสอบกฎของฮอริสัน เกี่ยวกับลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นแบบมรสุมของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 ในพื้นที่บางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

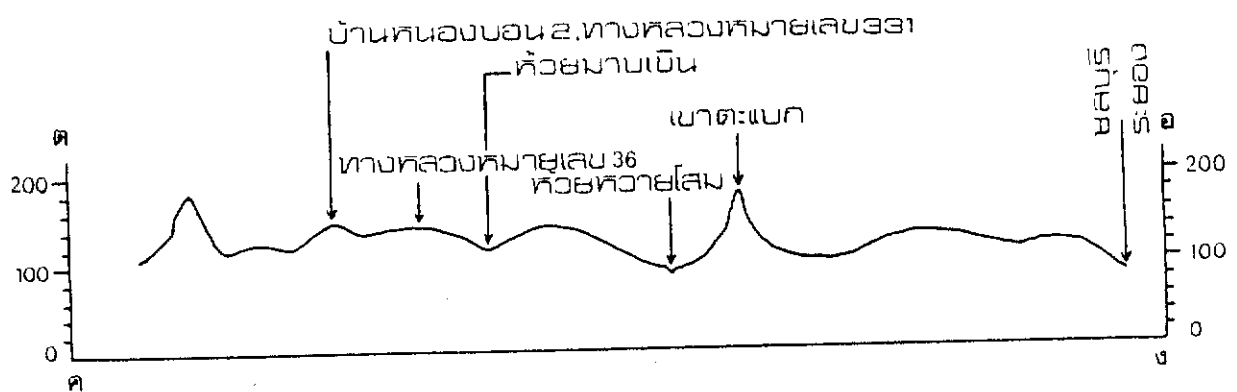
จากแผนที่ 7 ซึ่งแสดงลักษณะภูมิประเทศของบริเวณที่ศึกษา เป็นที่น่าสังเกตว่า เส้นชั้นความสูงวางตัวขนานเป็นแนวยาวกับชายฝั่งทะเล โดยมีลักษณะสูงขึ้นทางด้านตะวันตก (ด้านที่หันออกสู่ทะเล) และค่อย ๆ ลาดลงโดยมีลักษณะเป็นลูกคลื่นทางด้านตะวันออก ดังภาพประกอบที่ 37 - 41 ซึ่งเป็นภาพตัดขวางของพื้นที่ตามแนวตะวันตก ตะวันออก และ แนวเหนือใต้ ลักษณะน้ำจึงอยู่ทางตอนกลางก่อนไปทางด้านตะวันตก จึงแบ่งการไหลของน้ำ ลงทางด้านตะวันตก ซึ่งเป็นพื้นที่แคบ ๆ และทางด้านตะวันออก ซึ่งมีพื้นที่กว้างขวางกว่า ลำน้ำส่วนใหญ่จึงพัฒนาได้มากกว่าทางตะวันตก โดยประกอบด้วยลุ่มน้ำใหญ่ ๆ 2 ลุ่มน้ำคือ ลุ่มน้ำห้วยมาบหวายโสม ซึ่งเป็นลุ่มน้ำใหญ่ในพื้นที่ไหลในแนวใต้ → เหนือ และลุ่มน้ำคลองลึก ไหลในแนวเหนือ → ใต้ ไปบรรจบกับคลองบางไผ่ในจังหวัดระยอง ส่วนทางด้านตะวันตกเป็น ลำน้ำสาขาย่อยที่ไหลในแนวตะวันออก → ตะวันตก เพื่อไหลไปบรรจบสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลด้าน อ่าวไทย ดังนั้นในการทดสอบกฎของฮอริสัน ในเรื่องลักษณะระบบการระบายน้ำเกี่ยวกับจำนวน ลำน้ำ ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ และความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ โดยศึกษาลุ่มน้ำหลาย ลุ่มน้ำในพื้นที่กำหนด และจากผลการศึกษา พบว่า ลักษณะระบบการระบายน้ำบนหินฐานแกรนิต



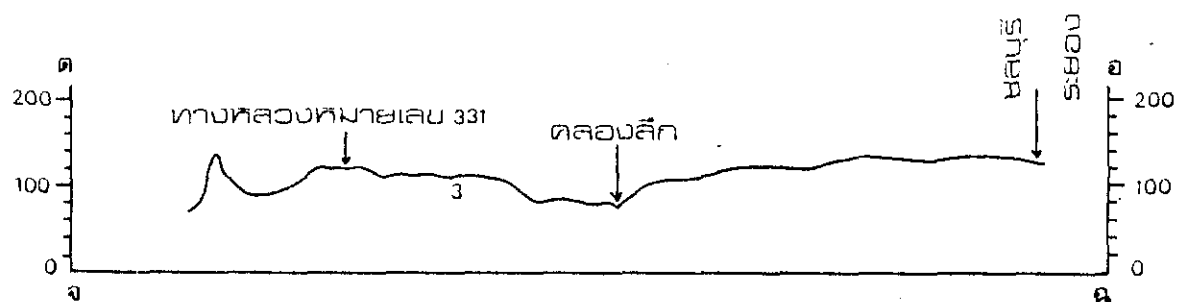
แผนกที่ 7



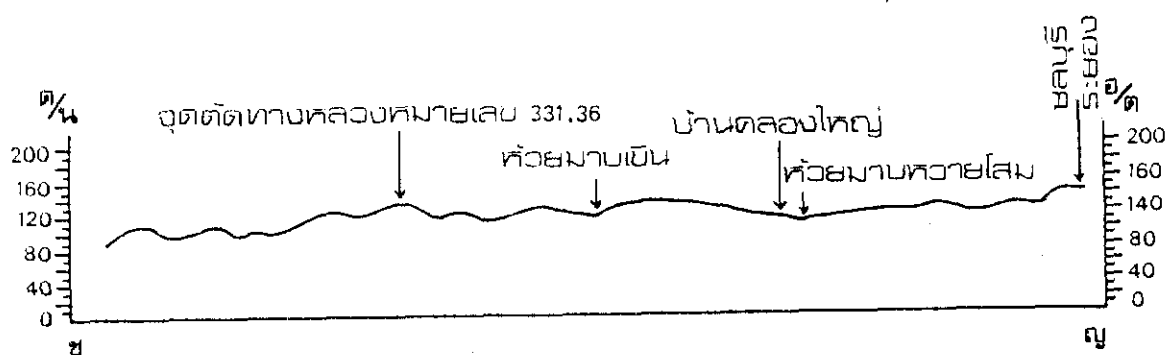
ภาพประกอบ 37 ภาพตัดขวางแนวตะวันตก → ตะวันออก (ตอนบน)



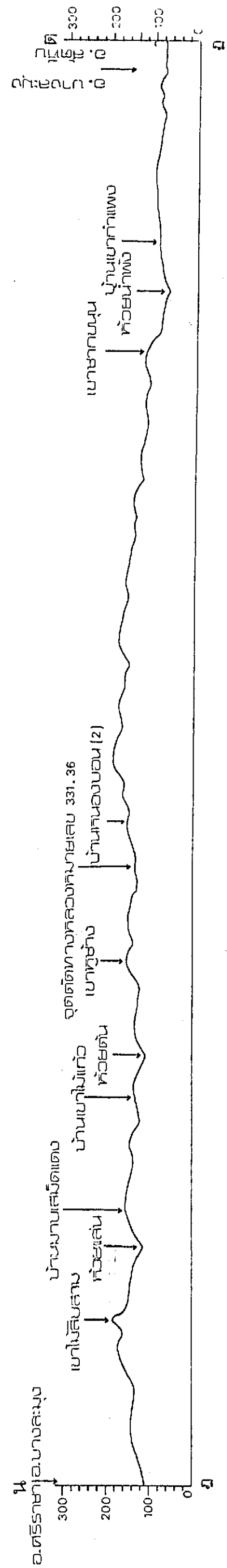
ภาพประกอบ 38 ภาพตัดขวางแนวตะวันตก → ตะวันออก (ตอนกลาง)



ภาพประกอบ 39 ภาพตัดขวางแนวตะวันตก → ตะวันออก (ตอนล่าง)



ภาพประกอบ 40 ภาพตัดขวางแนวตะวันตก/เหนือ → ตะวันออก/ใต้ ตามทาง
หมายเลข 36



ภาพประกอบ 41 ภาพถ่ายทางอากาศ - 15 ภาพถ่ายทางอากาศ 331

ปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 เป็นไปตามกฎชลประทาน โดยลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524 มีอัตราส่วนใบเฟอร์เคชั่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.811 และ 5.927 จะเห็นว่าอัตราส่วนใบเฟอร์เคชั่นเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2524 มีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2496 แสดงถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของลำน้ำตลอดระยะเวลา 28 ปี ทำให้จำนวนลำน้ำที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2524 มีความหนาแน่นมากกว่าปี พ.ศ. 2496 เนื่องจากป่าไม้ปกคลุมหนาแน่นในปี พ.ศ. 2496 ถูกทำลายเพื่อขยายพื้นที่ในการปลูกพืชไร่ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานนับทศวรรษ เช่น มันสำปะหลัง ระยะเวลาของฤดูเพาะปลูกมันสำปะหลังมีความสามารถในการคลุมดินน้อยมาก ทำให้ฝนตกกระทบผิวดินโดยตรง อนุภาคดินเหนียวจึงถูกชะล้างลงไปตามช่องว่างในดิน หลังจากใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ช่วยเพิ่มความพรุนในดินและช่วยดูดซับน้ำลดลง น้ำหนักเครื่องจักรที่ใช้ไถพรวน ประกอบกับมันสำปะหลังมีระบบรากตื้น ซึ่งไม่ช่วยเพิ่มความพรุน อนุภาคดินเหนียวที่ถูกชะล้างลงมาสะสมกันเวลานาน เกิดการอัดตัวกันแน่นจนเป็นชั้นแข็ง ที่จำกัดการไหลซึมลงดิน ทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินมีปริมาณมาก และไหลอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่มีต้นไม้มากช่วยชะลอความเร็ว ทำให้กษัยการดินมีมากขึ้น ลำน้ำจึงปรับจำนวนเพื่อให้ทันกับปริมาณน้ำที่จะต้องระบายออกจากพื้นที่ ทำให้ลำน้ำที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2524 เกิดขึ้นใหม่จากกษัยการดินเป็นจำนวนมาก และค่าอัตราส่วนใบเฟอร์เคชั่นยังขึ้นอยู่กับรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งถ้าไหลอยู่บนหินฐานชนิดเดียวกันจะมีรูปใบพาย จากการศึกษาในอเมริกาพบว่า อัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำที่ไหลอยู่บนหินฐานชนิดเดียวกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 3 - 5 ในกรณีที่รูปร่างพื้นที่ลุ่มน้ำที่หินฐานยังกับ มีลักษณะยาวขึ้น ค่าจะมากกว่า 5 (Chorley 1969 : 81) เกี่ยวกับเรื่องของรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำที่ศึกษาไม่สามารถนำมาอธิบายได้ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้จากการศึกษาลุ่มน้ำหลายลุ่มน้ำที่ไม่สมบูรณ์ในพื้นที่กำหนด ดังนั้นค่าที่ได้จากการศึกษาที่ไม่เท่ากันนี้ใช้อธิบายได้เฉพาะจำนวนลำน้ำในพื้นที่ที่ไหลบนหินฐานแกรนิตที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นหลังจากเวลาที่เปลี่ยนไป 28 ปี

เกี่ยวกับความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ เป็นที่น่าสังเกตว่า อันดับที่ 1 ถึง 4 ของ พ.ศ. 2496 มีค่ามากกว่า พ.ศ. 2524 ในแต่ละอันดับ เนื่องจาก พ.ศ. 2496 แต่ละอันดับมีลำน้ำจำนวนไม่มาก เพราะมีป่าไม้ปกคลุมหนาแน่น โดยเรือนยอดและลำต้นช่วยรับน้ำฝนและ

ไหลไปตามลำต้นช่วยลดความรุนแรงลง ทำให้ดินผิวไม่ได้รับแรงปะทะโดยตรง รากต้นไม้ทำให้ดินมีความพรุนสูง นอกจากนี้อินทรีย์วัตถุในดินยังช่วยกักเก็บน้ำ น้ำจึงไหลซึมลงไปในดินได้มากและรวดเร็ว ทำให้น้ำไหลบ่าพน้ำดินมีน้อย กษัยการดินบนเนินแกรนิตจึงเกิดขึ้นไม่มาก ส่วนใหญ่น้ำจะพัฒนาไปตามรอยแตกของหินแกรนิตเป็นลำน้ำประเภทมีน้ำไหลเกือบตลอดปี และน้ำไหลตลอดปี เนื่องจากสภาพพื้นที่มีป่าไม้ปกคลุมยังความชุ่มชื้นให้แก่ลำน้ำได้เพียงพอ ลำน้ำจึงมีความยาวโดยเฉลี่ย มากกว่าปี พ.ศ. 2524 ที่สภาพสมดุลของป่าไม้เปลี่ยนไป โดยการขยายพื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งจะพบชั้นดินที่อัดตัวแน่นอยู่ทั่วไปในบริเวณที่ศึกษา ทำให้น้ำไหลบ่าพน้ำดินมากขึ้นกว่าการไหลซึมลงดิน กษัยการดินจึงเกิดอย่างรุนแรงบนเนินแกรนิตที่หมดสภาพป่าไม้ ลำน้ำที่เกิดขึ้นใหม่เป็นจำนวนมาก จากกษัยการดินนี้เป็นสายสั้น ๆ ที่มีน้ำไหลเฉพาะเวลาที่ฝนตกเท่านั้น เหตุที่ลำน้ำเหล่านี้มีสายสั้น ๆ เพราะขยายตัวไปบนเนินแกรนิตที่มีข้อจำกัดของความยาวของความลาด ลำน้ำเหล่านี้หรือที่เรียกว่าร่องธารทำความเสียหายให้แก่พื้นที่เพาะปลูกเป็นอย่างมาก นอกจากจะสูญเสียเนื้อที่ในการเพาะปลูกแล้ว ยังทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น เนื่องจากพืชน้ำดินถูกกษัยการไปหมด บางบริเวณร่องธารเหล่านี้มีความลึกมากกว่า 2 เมตร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำพบว่า มีลักษณะสอดคล้องกับจำนวนลำน้ำ คืออัตราความยาวเฉลี่ยสะสมจากอันดับที่ 1 ไปยังอันดับ 2 ของปี พ.ศ. 2496 มีค่า 2.848 และลดลงเป็น 1.476 จากอันดับที่ 4 ไปยังอันดับที่ 5 ซึ่งสอดคล้องตามกับค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ จากอันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 1 เท่ากับ 4.344 และอันดับที่ 5 ไปยังอันดับที่ 4 ลดลงเป็น 2 ส่วน พ.ศ. 2524 มีค่าอัตราความยาวเฉลี่ยสะสมจากอันดับที่ 1 ไปยังอันดับที่ 2 เท่ากับ 3.485 และอันดับที่ 4 ไปยังอันดับที่ 5 เท่ากับ 3.531 ส่วนค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำจากอันดับที่ 2 ไปยังอันดับที่ 1 เท่ากับ 7.659 และอันดับที่ 5 ไปยังอันดับที่ 4 เท่ากับ 8 หมายถึงลักษณะความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำเพิ่มขึ้นตามจำนวนลำน้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอันดับเป็นสัดส่วนที่มีลักษณะเหมือนกัน

เนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษานี้ใช้ข้อมูลระดับความสูงพื้นฐานอันเดียวกัน แต่จะสังเกตได้ว่า ค่าความลาดเฉลี่ยของแต่ละอันดับใน 2 ปี แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาแต่ละอันดับร่วมกัน จะพบว่ามีความสอดคล้องที่เป็นไปได้คือ อันดับที่ 1 ใน พ.ศ. 2524 จะเป็นลำน้ำที่

เกิดขึ้นใหม่เกือบทั้งหมด อันดับที่ 2 ใน พ.ศ. 2524 พัฒนามาจากอันดับที่ 1 ใน พ.ศ. 2496 โดยมีค่าความลาดเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันคือ 2.544 และ 2.947 จนถึงอันดับที่ 5 ใน พ.ศ. 2524 พัฒนามาจากอันดับที่ 4 ใน พ.ศ. 2496 โดยมีค่าความลาดเฉลี่ยคือ .361 และ .259 (ดูตาราง 20 ประกอบ) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากความลาดเฉลี่ยดังกล่าว น่าจะสันนิษฐานได้ว่ามีความเป็นไปได้ในกรณีการพัฒนาลำน้ำโดยการเปลี่ยนอันดับลำน้ำตลอดระยะเวลา 28 ปี แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวที่เกิดขึ้นในทางยาวของลำน้ำไปตามกาลเวลา และอันดับของลำน้ำจะเปลี่ยนไป (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2525 : 314) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความแตกต่างของความลาดเฉลี่ยโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนอันดับลำน้ำ พบว่า ความลาดเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2524 ในแต่ละอันดับมีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2496 แสดงถึงความลาดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอันดับ เนื่องจากป่าไม้ถูกทำลาย ลักษณะดินที่เปลี่ยนไปเป็นผลจากการการใช้พื้นที่เพาะปลูกเป็นเวลานาน ทำให้ภัยการเกิดมากขึ้น น้ำที่ไหลบ่าผิวหน้าดินในฤดูฝนไหลอย่างรุนแรง ภัยการส่วปลายของอันดับลำน้ำมีมาก เพราะเป็นพื้นที่รวมปริมาณน้ำไหลที่มาจากพื้นที่สูงกว่า ทำให้ความลาดเพิ่ม และเป็นลักษณะภัยการที่ถดถอยไปทางต้นน้ำ ส่วนอันดับที่ 1 ในปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีค่าความลาดเฉลี่ยสูง เพราะเป็นลำน้ำที่เกิดขึ้นใหม่เกือบทั้งหมด และขยายตัวบนพื้นที่สูง จึงมีความลาดเฉลี่ยมาก ส่วนอันดับอยู่ในพื้นที่ต่ำมีความลาดที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการทับถมของตะกอนที่ถูกภัยการ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณารูปแบบการไหลของลำน้ำ ปรากฏว่ามีลักษณะการไหลในรูปแบบผสมผสานกันระหว่างรูปแบบทางน้ำตารางสี่เหลี่ยมกับรูปแบบทางน้ำคันไผ่ โดยโครงสร้างหินแกรนิตที่มีระบบรอยแตกธรรมชาติเป็นตัวบังคับการไหลรูปแบบทางน้ำตารางสี่เหลี่ยม ส่วนบริเวณที่ไม่ถูกโครงสร้างหินแกรนิตบังคับ จะมีการไหลอิสระเป็นแบบทางน้ำคันไผ่

ผลจากการศึกษาลักษณะของระบบการระบายน้ำบนดินฐานแกรนิตในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน พบว่า มีลักษณะการระบายน้ำที่ไม่แตกต่างไปจากภูสอร์ตัน ดังนั้นภูสอร์ตัน น่าจะเป็นภูสาลที่ใช้อธิบายลักษณะของระบบการระบายน้ำได้

ตอนที่ 2 การพัฒนาระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิตในระยะเวลา 28 ปี
ที่มีผลต่อการกัดเซาะดิน และปริมาณของน้ำที่กัดเซาะดินโดยประมาณ

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นการระบายน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2496 กับ พ.ศ. 2524 ที่มีสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกันนั้น ปรากฏว่า ลุ่มน้ำ พ.ศ. 2524 มีความหนาแน่นกว่า พ.ศ. 2496 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งความยาวของลำน้ำต่อพื้นที่ และความถี่ห่างของลำน้ำต่อพื้นที่ แสดงถึงการทำลายสมดุลทางธรรมชาติของป่าไม้ ทำให้การกัดเซาะดินโดยน้ำขยายตัวมากขึ้น ลำน้ำจึงพัฒนาขึ้นอย่างมากมาย ประกอบกับบริเวณที่ศึกษานี้เป็นบริเวณที่มีฝนตกชุก ซึ่งส่งเสริมการกัดเซาะดินโดยน้ำได้มากขึ้น ลำน้ำใหม่ ๆ จึงเกิดขึ้นมากมาย เมื่อไหลมาบรรจบกับลำน้ำเดิมทำให้เกิดการเปลี่ยนอันดับลำน้ำไปเรื่อย ๆ ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นการพัฒนาระบบเครือข่ายลำน้ำต่อระยะเวลาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ การพัฒนาระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิต โดยมีความหนาแน่นการระบายน้ำเพิ่มมากขึ้น หลังจากการทำลายป่า มีผลต่อการขยายตัวของกัดเซาะดิน แต่ละบริเวณมีระดับการกัดเซาะที่ปรากฏในปัจจุบันไม่เท่ากัน จึงได้จัดระดับการกัดเซาะดินโดยน้ำขึ้นเป็น 4 ชั้น (ดูตาราง 26 และแผนที่ 6 ประกอบ) ดังนั้นการอภิปรายการกัดเซาะดินที่เป็นผลมาจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิต แบ่งหัวข้อการอภิปรายดังนี้

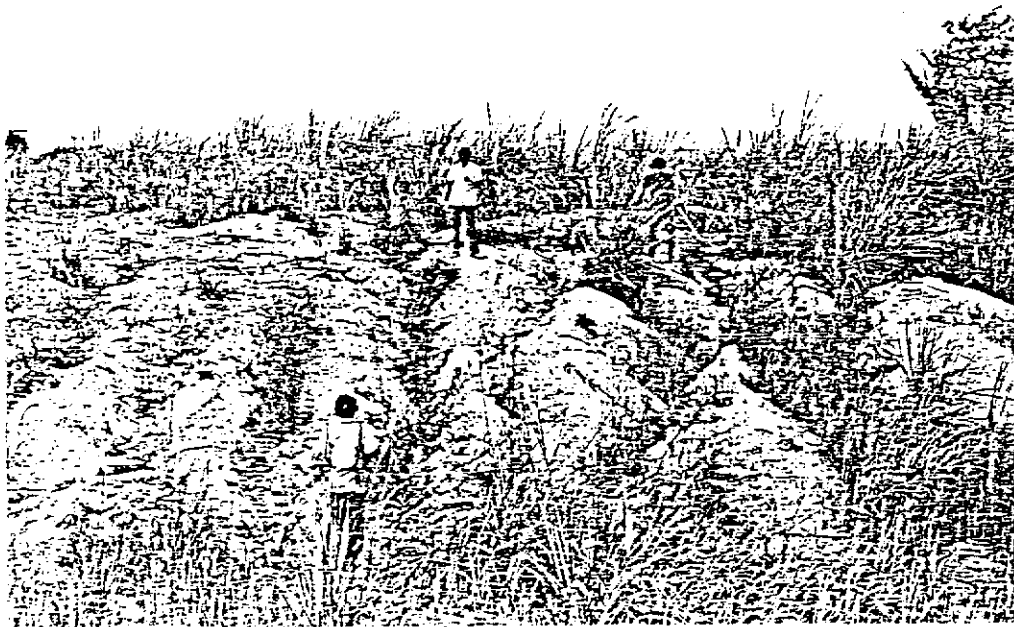
1. ลักษณะภูมิอากาศ เป็นปัจจัยสำคัญในการก่อให้เกิดการกัดเซาะดิน จากข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีชลบุรี และสถานีสีตหีบ บริเวณที่ศึกษานี้มีปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีมากกว่า 1,300 มิลลิเมตร จักอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ที่มีช่วงฝนตกหนักตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมไปจนถึงกลางเดือนตุลาคม การกัดเซาะดินจะเกิดมากในช่วงต้นฤดูฝนขณะที่ดินนั้นยังเปียกชื้นอยู่

2. การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีความต้องการที่ดินทำกินเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน จึงเกิดการบุกรุกทำลายป่าในอัตราที่สูง ดังปรากฏอย่างเด่นชัดในพื้นที่ศึกษา จากสภาพป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2496 มีเนื้อที่ป่าประมาณ 171 ตารางกิโลเมตร ลดลงเหลือประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร ใน พ.ศ. 2524 โดยเนื้อที่ป่าลดลงประมาณร้อยละ 82 ใช้เวลาเพียง 28 ปี ทำให้ป่าไม้ที่มีศักยภาพ

ในการปะทะและรับน้ำโดยช่วยลดความรุนแรงของน้ำไหลไปตามลำพัน นอกจากนี้ระบบใบที่หนาแน่นของเรือนยอด เมื่อเน่าเปื่อยกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน ที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะของดิน โดยช่วยเพิ่มความพรุน ทำให้น้ำไหลซึมลงดินได้มาก และรวดเร็ว ต้องเปลี่ยนไปเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากคือ มันสำปะหลัง ดินจึงเสื่อมคุณภาพเมื่อใช้เพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน นอกจากนี้วิถีปฏิบัติในการเพาะปลูกที่เป็นที่นิยมของมันสำปะหลัง เป็นวิธีที่ส่งเสริมกัมัยการดินให้เกิดขึ้น โดยเกษตรกรนิยมปลูกโดยวิธียกร่อง หรือปลูกตามแนวลาของพื้นที่ มีระยะห่างระหว่างต้นและแถว 1 เมตร จากการศึกษาคอลงปลูกมันสำปะหลังกับร้อยละการปกคลุมดิน ที่สถานีห้วยโป่ง จังหวัดระยอง พบว่า การเจริญเติบโตทางตั้งในเคื่อนที่ 2 ประมาณ 41.50 เซนติเมตร การเจริญเติบโตทางกว้างของพุ่มประมาณ 65 เซนติเมตร มีความสามารถในการปกคลุมดินร้อยละ 10.10 เนื่องจากทรงพุ่มยังไม่ชันกัน ทำให้มีบริเวณดินเปิดโล่งอยู่มาก จนเคื่อนที่ 4 มีการเจริญเติบโตทางตั้งเป็น 127.40 เซนติเมตร และทางกว้าง 138 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่พุ่มจะชันกันพอดี มีความสามารถในการปกคลุมดินเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 23.50 ช่วงระยะการปลูกเคื่อนแรก ๆ ดินผิวจะโล่ง และมีโอกาสรับการปะทะจากเม็ดฝนโดยตรง และจะตรงกับช่วงฝนแรกคือ เคื่อนมิถุนายนจนถึงกันยายน โดยมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการปกคลุมดินในช่วงฝนเพียงร้อยละ 23.50 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศูนย์พัฒนาที่ดิน จังหวัดชลบุรี โดยทำการศึกษาค้นชุดสัปดาห์บนความลาด 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบวิธีปลูกยกร่องมันสำปะหลังตามแนวลาถ เกิดปริมาณน้ำไหลบ่า 937.461 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ดินจะสูญเสีย 26.822 ตัน/ไร่ แต่ถ้าใช้การกักอัยคลุมดินด้วยน้ำไหลบ่าจะลดปริมาณลงเหลือ 396.791 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และดินสูญเสียลดลงเหลือ 4.25 ตัน/ไร่ (มยุ ศรีขจร และคณะ 2526 : 169) ผลจากการศึกษาพบว่า การปลูกพืชไร่ประเภทมันสำปะหลังเพียงชนิดเดียว ทำให้เกิดกัมัยการในระดับที่ 4 และระดับที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกสลับประคตามแนวระดับ กัมัยการลดลงเหลือขึ้นที่ 2

3. สัณฐานของดิน ลักษณะดินแต่ละประเภทมีสมรรถนะที่จะก่อให้เกิดกัมัยการแตกต่างกันออกไป ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน และความหนาแน่นต่อกัมัยการ ผลจากการศึกษาเนื้อดิน พบว่า บริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง ซึ่งมีระดับกัมัยการขึ้นที่ 4 เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ที่มีการสะสมปริมาณดินเหนียว

ตามระดับความลึก เป็นดินที่เกิดจากการพังทลายของหินแกรนิต พบเม็ดแร่ควอร์ตซ์ที่เป็นเหลี่ยม แสดงลักษณะที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้าย และอนุภาคดินเหนียวที่พังจากแร่เฟลด์สปาร์ สีดินบนและดินล่างใกล้เคียงกันเป็นสีแดงอมเหลือง ซึ่งแสดงลักษณะดินในเขตร้อนที่ถูกกระบวนการออกซิเดชันบริเวณขอบเนินพบชั้นคล้ายวัสดุต้นกำเนิดดินที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร นอกจากนี้บริเวณด้านข้างร่องธารของเนินพบก้อนหินที่มีสารเหล็กเคลื่อนขนานประมาณ 2 - 5 เซนติเมตรอยู่ทั่วไป สันนิษฐานว่าก้อนดินเหล่านี้เกิดจากน้ำที่ซึมลงไปในชั้นดินในช่วงฤดูฝน และไหลบ่าตามความลาดในชั้นดินออกมาตามด้านข้างร่องธาร ดินที่อยู่ข้างร่องธารจึงถูกกระบวนการออกซิเดชัน ทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน โดยมีแร่เหล็กเป็นสารเชื่อม ผลการวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึกประมาณ 20 - 40 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 1.68 - 2.05 กรัมต่อมิลลิกรัม เนื่องจากบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำสูง (กษัยการชั้นที่ 4) เป็นบริเวณที่ปลูกพืชไร่มีน้ำปะหลังเพียงชนิดเดียว โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ประกอบกับวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกที่เป็นที่นิยม และการไถพรวน ทำให้ดินผิวมีโอกาสได้รับแรงปะทะจากฝนโดยตรงเป็นเวลานาน เพราะมีน้ำปะหลังมีประสิทธิภาพในการคลุมดินต่ำ ทำให้อนุภาคดินเกิดการอัดเรียงตัว และจับตัวกันแน่นเป็นชั้นดานเปราะในระดับความลึกโดยประมาณ 20 - 40 เซนติเมตร ชั้นดานเปราะนี้เป็นชั้นที่จำกัดการซึมผ่านของน้ำ ทำให้ชั้นดินบนอัดตัวด้วยน้ำ เมื่อมีพายุฝนกษัยการดินจึงเกิดขึ้นได้ง่าย จึงปรากฏกษัยการแบบรื้อธาร และร่องธารเป็นจำนวนมาก ดังภาพประกอบ 42



ภาพประกอบ 42 ร่องธารที่ถูกกักขังการตามทางหลวงหมายเลข 331 ที่บ้านห้วยใหญ่

ที่มา : การสร้างแผนที่ธรณีสัณฐานวิทยา จากรูปถ่ายทางอากาศ เพื่อประเมินค่า

ที่ดินบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี โดย รัตนา พูลจันทร์ 2526

ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ ซึ่งมีระดับกักขังการขึ้นที่ 2 - 3 ลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน ที่มีการสะสมปริมาณดินเหนียวตามระดับความลึกน้อยกว่าบริเวณกักขังการขึ้นที่ 4 ชั้นดินบนจะมีสีน้ำตาลอมเหลือง ส่วนดินล่างมีสีแดงอมเหลือง ไม่พบชั้นคล้ายวัสดุต้นกำเนิดดินในระดับความลึกไม่เกิน 100 เซนติเมตร ผลจากการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินในบริเวณนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.48 - 1.95 กรัมต่อมิลลิเมตร ที่ระดับความลึกประมาณ 20 - 40 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าในระดับปกติจนถึงสูงของดินร่วนปนทราย เนื่องจากบริเวณนี้มีการปลูกมันสำปะหลังในช่วงระยะหว่าว ซึ่งมีระบบรากที่ทำให้ดินมีความพรุน ทำให้การซึมผ่านของน้ำดีกว่า และปลูกสับปะรด ซึ่งมีวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกช่วยลดความรุนแรงของน้ำไหลบ่า กักขังการคืบคลานน้อยกว่า บางบริเวณพบกักขังการดินเป็นร่องธารที่ลึกมากกว่า 2 เมตร ดังภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 43 ร่องธารที่ถูกกั้นการลึกกว่า 2 เมตร ที่บ้านเขาไผ่แก้ว
ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527

ดังนั้นลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่มีฝนตกชุก ประกอบกับชนิดของพืชไร่ และวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูก ตลอดจนสัณฐานของดินในพื้นที่ที่ศึกษา ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการกัดเซาะดินที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ซึ่งเป็นผลเสียอย่างมหาศาล

4. ปริมาณการกัดเซาะดินโดยประมาณ จากการวัดร่องธาร ตัวแทนเพื่อหาปริมาณการสูญเสียดินต่อร่อง พบว่าร่องธารเหล่านี้มีการขยายตัวของก้นการส่วนหัว (headward erosion) ทำให้ร่องธารขยายตัวยาวขึ้น ดังภาพประกอบ 44



ภาพประกอบ 44 ลักษณะก้นการทางหัว ของร่องธารที่บ้านเขาไม้แก้ว
ถ่ายเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2527

พบว่า ปริมาณน้ำที่เกิดจากการพัฒนาลำนํ้าบนพื้นฐานแกรนิตโดยประมาณ 97.860 m^3 หรือประมาณ 178,105 ตัน แสดงถึงความเสื่อมโทรมของพื้นที่ที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและควรได้รับเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในแง่ของการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งภาคเอกชนและภาครัฐบาล ปัจจัยหลักที่ทำให้พื้นที่บริเวณนี้มีความรุนแรงของก้นการกิน คือ ความรุนแรงของฝน ความทนทานต่อก้นการของดิน ความลาดของพื้นที่ ชนิดของพืชที่ปกคลุมผิวดิน และมาตรการอนุรักษ์ที่ยังปฏิบัติไม่เพียงพอ

การพัฒนาระบบการระบายน้ำที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลา 28 ปี บนโครงสร้างพื้นฐานแกรนิต โดยมีสภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนไป เนื่องจากมนุษย์ขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

เข้าไปจนทำลายสมดุลธรรมชาติ ทำให้เกิดภัยการคืนที่ย้ายตัวอย่างหนาแน่น และเกิดความเสื่อมโทรมของดิน ซึ่งเป็นปัญหาต่อเนื่องในแง่เศรษฐกิจ เนื่องจากผลผลิตต่อไร่ลดลง จึงต้องมีการร่วมมือกันเพื่อแก้ปัญหาอย่างรีบด่วน

ข้อบกพร่องในการศึกษา

ในการศึกษานี้มีข้อบกพร่องอยู่หลายประการพอสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

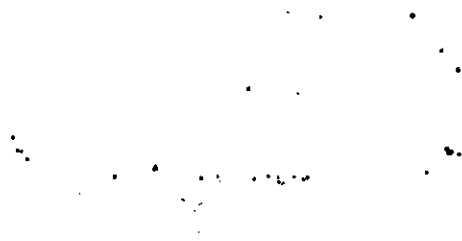
1. รูปถ่ายทางอากาศมีมาตราส่วนไม่คงที่ ทำให้ต้องปรับมาตราส่วน ประกอบกับการย่อแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 เป็น 1 : 40,000 ด้วยเครื่องถ่ายภาพเอกสาร เพื่อใช้เป็นแผนที่ฐานประกอบกับแผนที่ลำน้ำที่แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1 : 40,000 การปรับมาตราส่วนดังกล่าวทำให้รายละเอียดคลาดเคลื่อน
2. ความต่างระดับที่ลำน้ำไหลผ่านใช้จากจุดกำหนดสูงบนแผนที่ภูมิประเทศ อาจจะทำให้คลาดเคลื่อนจากความสูงจริงในภูมิประเทศที่ลำน้ำไหลผ่าน ทำให้ผลการคำนวณความลาดชันคลาดเคลื่อนไปด้วย
3. การวัดความยาวลำน้ำที่ปรากฏในแผนที่ลำน้ำด้วยเครื่องมือวัดระยะบนแผนที่มีค่าทาบ ทำให้ลำน้ำมีความยาวคลาดเคลื่อนจากในภูมิประเทศจริง
4. ปริมาณภัยการคืนเกิดขึ้นเป็นค่าที่คิดจากร่องธาร ซึ่งเป็นลำน้ำเกิดใหม่ที่ปรากฏในแผนที่ลำน้ำปี พ.ศ. 2524 แต่ในภูมิประเทศจริงนั้น ภัยการมีทั้งเป็นแบบแผ่นริวธาร และแผ่นดินถล่ม ซึ่งมีได้นำมาหาปริมาณการสูญเสียดิน ดังนั้นค่าที่ได้จากการศึกษานี้น่าจะน้อยกว่าที่เป็นจริง นอกจากนี้ไม่มีข้อมูลชี้แจงว่าภัยการแบบร่องธารเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ปีใด ทำให้ไม่สามารถหาอัตราภัยการต่อปีที่เป็นค่าถูกต้องได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการศึกษาพบลักษณะของภัยการทางหัวของแต่ละร่องธารที่แตกต่างกัน ควรจะมีการศึกษาอัตราภัยการที่พัฒนาร่องธารดังกล่าว
2. จากการหาปริมาณการสูญเสียดินโดยประมาณตลอดระยะเวลา 28 ปี พบว่าเป็นค่าประมาณที่ทาบเกินไป ควรจะศึกษาปริมาณการสูญเสียดินจากภัยการโดยน้ำเป็นรายเดือน

เพราะผลที่ได้จะถูกห่อหุ้มมากขึ้น

3. น่าจะศึกษาลักษณะของระบบการระบายน้ำที่พัฒนาบนพื้นฐานชนิดอื่น ๆ ภายใต้ภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบกฎฮอว์ตัน



ဘဏ္ဍာရေး

บรรณานุกรม

- เกษม จันทรแก้ว นิพนธ์ ตั้งธรรม และทวี แก้วละอัยค "การหาความคงทน
ของดินในระดับความสูงต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงลุ่มน้ำบนภูเขา" การวิจัยลุ่มน้ำ
ห้วยคอกม้า เล่ม 2 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2512, 12 หน้า
- เกษม จันทรแก้ว อุทกวิทยาลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2525, 250 หน้า
- เกษม จันทรแก้ว และคณะ "ผลจากการทำไร่เลื่อนลอยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติ
ทางฟิสิกส์บางประการบนป่าดิบเขา" ผลงานศึกษาและวิจัยสาขาวนศาสตร์ พ.ศ.
2509 - 2520 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2521, 379 หน้า
- เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525, 272 หน้า
- เจลิยว แจ้งไพร "การใช้ประโยชน์แผนที่และรายงานสำรวจดิน" วารสารพัฒนาที่ดิน
ฉบับที่ 175 กรมพัฒนาที่ดิน 2522
- ชวลิต ชโลธร การอนุรักษ์ดินบนพื้นที่สูง วารสารพัฒนาที่ดิน ฉบับที่ 211 2525, หน้า
31 - 32
- นิพนธ์ ตั้งธรรม และเกษม จันทรแก้ว "การหาความคงทนของดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า
โดยอาศัย Dispersion Ratio," การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่ม 3 คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2513, 36 หน้า
- บพิตร โกมลตรี ปริมาณวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ และผลที่มีต่อลักษณะภูมิอากาศ
ของลำเขาในลุ่มน้ำมูล ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
2517, 95 หน้า อัครสำเนา
- บรรเจิด พลาญกูร "ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรที่ดิน ด้านการใช้ประโยชน์" วารสารพัฒนา
ที่ดิน ฉบับที่ 183 กรมพัฒนาที่ดิน 2523, 4 หน้า
- บุญชนะ กลั่นคำสอน และธงชัย จารุพัฒน์ "การบุกรุกทำลายป่าไม้ในท้องที่ภาคตะวันออก"
วารสารภูมิศาสตร์ 2(2) ชมรมภูมิศาสตร์ และธรรมชาติศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร-
วิโรฒ ประสานมิตร 2526, 48 หน้า

บุญชู กล้าผลปลูก และ ทนงจิต สารานุกิตต์ รายงานการทดสอบวินิจฉัยคุณภาพ
ของดิน จังหวัดชลบุรี กองจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ม.ม.ป., 64 หน้า

บุญยะ เผ่าศรีทองคำ และคณะ การจำแนกและกำหนดลักษณะดินในภาคใต้และภาค
ตะวันออกของประเทศไทย เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 36 กองสำรวจดิน
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2526, 25 หน้า

พงษ์ศักดิ์ วิหะสุตกุล และสมาน รวยสูงเนิน "การขมิ้นของดินภายใต้การใช้
ประโยชน์ที่ดินชนิดต่าง ๆ จังหวัดระยอง" บันทึกการวิจัย เล่มที่ 27
ฝ่ายวิจัยกองอนุรักษ์ดินน้ำ กรมป่าไม้ 2525, 13 หน้า

พัฒนาที่ดิน, กรม การกักกรองของดิน เอกสารอัคราณา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ม.ม.ป., 7 หน้า

_____ การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย กองบริหารที่ดิน กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์ 2523, 27 หน้า

_____ "การศึกษาปัญหาและแนวทางเพื่อวางมาตรการด้านกฎหมายเกี่ยวกับการอนุรักษ์
ดินและน้ำ จังหวัดเชียงราย ตาก นครพนม นครราชสีมา ระยอง ชลบุรี สงขลา และยะลา
พ.ศ. 2523 - 2524" เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 323 กองนโยบายที่ดินและแผน
งาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 29 หน้า

_____ คู่มือนักอนุรักษ์ดิน กองบริหารที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2525, 92
หน้า

_____ ดินในประเทศไทย เอกสารอัคราณา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ม.ม.ป.,
29 หน้า

_____ เนื้อดิน เอกสารอัคราณา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ม.ม.ป., 3 หน้า
ไพฑูรย์ ปิยะกรณ์ การวิเคราะห์เชิงปริมาณการพังทลายของดินในจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้
สมการสากลของการสูญเสียดิน ปรินญาพันธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร 2524, 183 หน้า อัคราณา

ภาคปฐพี คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้นระบบไฮดรอลิก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2525, 139 หน้า

_____ ปฐพีวิทยาเบื้องต้น คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2523, 673 หน้า

มนู ศรีขจร "สภาวะปัจจุบันของกลุ่มน้ำในประเทศไทย" จดหมายข่าวสิ่งแวดล้อมสำนักงาน
1(2) คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2525, หน้า 4 - 6

มนู ศรีขจร และคณะ การใช้สมการสูญเสียดินสากล และมาตรการอนุรักษ์ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2526, 266 หน้า

รัตนา พูลจันทร์ การวางแผนที่ดินฐานวิทยา จากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประเมิน
ค่าที่ดิน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปรินุญานพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526, 173 หน้า อัครสำเนา

วิชัย หรงวัฒนา หงษ์ศักดิ์ วิหวัศสุกิจ และสมาน รวยสูงเนิน "เกี่ยวกับการชลอ
การไหลของน้ำในร่องน้ำ" บันทึกการวิจัย เล่มที่ 30 ฝ่ายวิจัยกองอนุรักษ์ดินน้ำ
กรมป่าไม้ 2526, 12 หน้า

สมเจตน์ จันทวัฒน์ การอนุรักษ์ดินและน้ำ ภาคปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2522, 203 หน้า

สุวิทย์ กังสกาล อิทธิพลของน้ำฝน น้ำท่า และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อตะกอนแขวนลอย
ของกลุ่มน้ำห้วยแม่ใน อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ปรินุญานพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2525, 86 หน้า อัครสำเนา

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหม้อ การกำเนิดและจำแนกดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2523,
419 หน้า

_____ ดิน สมรรถนะดิน และธรณีสัณฐานวิทยาของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่
คัดเลือก จังหวัดชลบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525, 44 หน้า

_____ ธรณีวิทยา ไทยวัฒนาพานิช 2522, 278 หน้า

_____ ธรณีสัณฐานวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525, 560 หน้า

_____ ลักษณะและการจำแนกดินที่ใช้ปลูกไม้ผลในบางจังหวัดทางภาคตะวันออกของ
ประเทศไทย วารสารภูมิศาสตร์ 5(2) สมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย 2523
79 หน้า

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหนอง วัตถุต้นกำเนิด วารสารภูมิศาสตร์ 6(3) สมาคมภูมิศาสตร์
แห่งประเทศไทย 2524, 64 หน้า

Chorley, R.J., Introduction to Fluvial Processes, Methuen & Co Ltd., 1973, 218 p.

Chorley, R.J., "The Drainage Basin and the Fundamental Geomorphologic Unit," Water Earth and Man, Methuen & Co Ltd., 1969, pp. 76 - 78.

Donald, R. Luader., Aerial Photographic Interpretation McGraw-Hill 1959, 462 p.

Gardiner, V., "Drainage Basin Morphology," Technical Bulletin of the Geomorphological Research Group, Geo Abstracts Ltd., 47 p.

Gardiner, V. and Dackombe., Geomorphological Field Manual, George Allen & Unwin, 1983, 254 p.

Goudie, A. and Others, Geomorphological Techniques, British Geomorphological Research Group, London George Allen & Unwin, 1981, 395 p.

Gregory, K.J. and Walling, D.E. Drainage Basin Form and Process, Fletcher & Son Ltd., 1973, 455 p.

Haggett, Peter, "Net - Work Model in Geography," Model in Geography, Methues & Co. Ltd., 1968, pp. 609 - 664.

Hudson, N.W., Soil conservation, London, Batford & Connell University press, New York, 1971, 320 p.

Jantawat, S., Erodibility of Some Michigan Soils, Doctor's Thesis, Michigan State University, 1977, 186 p. Mimeographed.

King, C.A.M., Techniques in Geomorphology, London, Edward Arnald Ltd., 1975, 342 p.

Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. Fluvial Precesses in Geomorphology, W.H. Freman and Co., 1964, 522 p.

Longwell, C.R., Flint, R.F., and Sanders L., Physical Geology, John Wiley and Son, Inc., 1969, 685 p.

Morgan, R.P.C., "Soil Erosion," Topics in Applied Geography, Longman Group Ltd., 1979, 112 p.

Morisawa, M., "Drainage Basin Analysis," Laboratory Mannual with Report Forms, John Wiley & Son, Inc., 1976, 253 p.

- Osborn, B., "How Rainfall and Runoff Erode Soil in Water," The Yearbook of Agriculture, pp. 126 - 135, Washington, D.C., by US. DA. Government Printing office, 1955.
- Patrick McCullagh., Modern Concepts in Geomorphology, Oxford University Press, 1978, 128 p.
- Pisoot Vijarnsorn and others., "Quaternary and Landuse of the Coastal Area South - Eastern Thailand," Guidebook for Landplan I Symposium 1982, Bangkok Thailand
- Pitty, Alistair F., Introduction to Geomorphology, Flectcher and Son, Ltd., 1973, 526 p.
- Robert, E. Horton., "Erosional Development of Streams and thier Drainage Basins," Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Bulletin of the Geological Society of America, March 1945, 370 p.
- Rosemary, J. More., "Hydrological Models and Geography," Model in Geography, Methuen & Co. Ltd., 1968, pp. 145 - 179.
- Smith, D.D. and W.H. Wischmeier, "Factors Affecting Sheet and Rill Erosion," Transactions America Geophysical Union. 38, 889 - 896 December, 1957.
- Sparks, B.W., Geomorphology Hong Kong, Wah Tong Printing Press, 1976, 530 p.
- Strahler, Arthur N., Physical Geography, John Wiley & Son, Inc., 1975, 643 p.
- The National Soil Erosion Soil Productivity Research Planning Committee, Science and Education Administration Soil Erosion Effects on Soil Productivity : A Research Perspective, Journal of Soil and Water Conservation, March - April 1981, 82 - 90 p.
- Vincent, K. Campbell., Air Photo Interpretation Laboratory Manual, Division of Geotechnical and Transportation Engineering Asian Institue of Technology, 1978, 134 p.
- Watanasak, M., A Preliminary Study on the Evaluation of Soil Erosion Status Using Universal Soil Loss Equation and Lansat Imagery Techiques in Chonburi and Rayong Provinces, Master's Thesis, Mahidol University, 1977, 231 p.
- Wisler, C.O., Hydrology, New York, John Wiley & Son Inc., 1959, 408 p.

ကာကွယ်

1. จำนวน ความยาว และความสูงของลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำ (ตาราง 34 และตาราง 35)
2. ร้อยละของปริมาณอุทกภัยดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว (ตาราง 36 และตาราง 37)
3. สัตว์ชนิดที่ขึ้น (ตาราง 38 และตาราง 39)
4. ค่าปฏิกริยาหิน (ตาราง 40)
5. ความหนาแน่นรวมของหิน ที่ระดับความลึกโดยประมาณ 20 - 40 เซนติเมตร (ตาราง 41)
6. ความยาว ความกว้าง และความลึกของร่องธารตัวแทน (ตาราง 42)

ตาราง 34 จำนวนความยาว และความสูงของลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2496

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1	1.720	20	21	.760	23	41	.800	15
2	.880	26	22	.240	11	42	.400	7
3	2.040	37	23	.280	10	43	.120	3
4	.280	3	24	.800	28	44	.720	22
5	2.000	26	25	2.760	23	45	.400	20
6	.760	25	26	.400	11	46	1.120	95
7	1.640	24	27	.160	13	47	.480	8
8	1.000	20	28	.760	58	48	.800	20
9	1.640	18	29	.720	21	49	3.200	133
10	1.040	19	30	.800	51	50	1.520	18
11	1.560	19	31	.360	7	51	2.480	40
12	.320	19	32	.760	14	52	1.320	19
13	.360	11	33	.800	17	53	2.200	25
14	1.200	15	34	.640	13	54	1.960	35
15	.440	10	35	.200	9	55	.560	10
16	.520	6	36	.400	6	56	.240	5
17	.760	7	37	.400	3	57	.640	10
18	.400	4	38	.320	11	58	2.320	15
19	1.240	23	39	.320	6	59	.600	3
20	.640	21	40	.720	5	60	2.040	22

ตาราง 34 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
61	2.280	20	81	.800	44	101	.440	39
62	1.440	32	82	.720	44	102	.240	21
63	.360	12	83	.280	12	103	.400	7
64	1.200	16	84	.280	7	104	.160	6
65	5.160	60.5	85	.400	20	105	.720	44
66	5.160	62	86	.800	27	106	.680	17
67	2.000	43	87	.400	24	107	.720	31
68	5.200	63	88	.320	20	108	.480	10
69	1.200	23	89	.400	40	109	.280	6
70	1.560	33	90	.200	10	110	.480	24
71	.160	11	91	.200	24	111	.560	19
72	.840	40	92	.302	30	112	.280	16
73	1.400	131	93	.200	20	113	.760	41
74	.600	137	94	1.200	36	114	.560	21
75	.440	120	95	.400	22	115	.160	19
76	.380	20	96	.760	29	116	.760	20
77	.360	21	97	.200	7	117	.320	25
78	1.800	54	98	.200	6	118	.200	10
79	.600	21	99	.200	4	119	.160	12
80	.480	22	100	.400	12	120	.400	16

ตาราง 34 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
121	1.160	110	1	1.960	3	21	2.560	17.5
122	.640	90	2	1.600	18	22	.640	4
123	.220	21	3	.720	5	23	.760	4
124	.360	9	4	.820	3	24	.200	2
125	2.000	131	5	1.240	12	25	.480	13
126	.640	11	6	.400	5	26	.920	18
127	.800	34	7	1.600	20	27	1.720	31
128	.840	21	8	1.680	22	28	1.180	32
129	.520	25	9	3.160	52	29	1.200	16
130	.640	13	10	2.080	24	30	.720	17
131	.760	15	11	1.200	10	31	1.600	17
132	1.240	30.5	12	1.200	10	32	.800	14
133	.200	8	13	2.840	19			
134	.360	2.5	14	.520	3			
135	.400	25.5	15	1.280	9			
136	.480	18	16	6.800	61			
137	.800	6	17	2.800	20			
138	.480	3	18	1.160	2			
139	1.040	21	19	1.640	13			
			20	4.360	38.5			

ตาราง 34 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 3	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 4	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 5	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1	4.960	19	1	4.920	7	1	4.360	10
2	2.400	18	2	3.560	15			
3	2.680	10						
4	.440	3						
5	1.600	17						

ตาราง 35 จำนวนความยาว และความสูงของลำน้ำในแต่ละอันดับของกลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2524

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1	3.200	27	21	.240	9	41	.240	5
2	.360	5	22	.240	11	42	1.520	67
3	1.280	65	23	.160	11	43	.440	12
4	.800	17	24	.240	5	44	.760	53
5	.600	9	25	.200	4	45	.360	7
6	.480	4	26	.200	15	46	1.120	26.5
7	.240	12	27	.200	17	47	1.520	42
8	.240	15	28	.240	7	48	.560	8
9	.240	10	29	.200	6	49	.400	16
10	.440	11	30	.280	8	50	.200	35
11	.280	41	31	.320	10	51	.160	20
12	.240	38	32	.200	7	52	.200	14
13	.320	18	33	.240	6	53	.200	13
14	.360	21	34	.240	4.5	54	.480	46
15	.400	24	35	.240	4	55	.200	46
16	.240	65	36	.200	2	56	.320	16
17	.160	1	37	.240	1	57	.160	3
18	.680	15	38	.880	3	58	.200	3
19	.160	1	39	.240	14	59	1.680	50
20	.240	2	40	.200	3	60	.200	4

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
61	.200	5	81	.200	1	101	.200	3
62	.480	22	82	.160	2.5	102	.160	1
63	.240	4	83	.280	3	103	.160	1
64	.240	30	84	.200	3.5	104	.120	1
65	.200	8	85	.160	2	105	.160	3
66	.160	5	86	.240	6	106	.160	3.5
67	.120	5	87	.160	4	107	.160	1.5
68	.160	5	88	.280	5	108	.160	2
69	.360	12	89	.160	1.5	109	.160	2
70	.800	73.5	90	.160	2	110	.200	1
71	.160	25	91	.160	2	111	.120	18
72	.600	71	92	.200	2.5	112	.080	1
73	.280	22	93	.280	12	113	.160	1
74	.160	52	94	.400	11	114	.160	2
75	.120	50	95	.800	13	115	.160	6
76	.400	10	96	.200	5	116	.160	7
77	.160	60	97	.240	3	117	.120	8
78	.200	7	98	.200	5	118	.120	7.5
79	.240	6	99	.200	5	119	.320	8
80	1.840	28	100	.160	2	120	.200	11

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
121	.240	9	141	.160	10	161	.200	7
122	.200	6	142	.160	9.5	162	.240	8.5
123	.240	5.5	143	.200	9.5	163	.200	8
124	.200	5	144	.200	6	164	.280	13.5
125	.360	6	145	.160	5.5	165	.160	12
126	.200	10	146	.160	4.5	166	.160	10
127	.280	11	147	.320	12	167	.160	14
128	.080	5	148	.240	14.5	168	.280	16
129	.120	4	149	.240	16	169	.480	18
130	.120	5	150	.160	7	170	.640	12
131	.160	6.5	151	.120	8	171	.400	15.5
132	.480	5	152	.160	9	172	.280	10
133	.120	1	153	.240	19.5	173	.240	7
134	.440	7	154	.280	21	174	.400	12
135	.120	10	155	.200	8	175	.280	11
136	.160	10	156	.240	8	176	.160	11
137	.240	5	157	.320	6	177	.160	11
138	.240	5	158	.200	4	178	.120	10.5
139	.280	13	159	.200	4	179	.320	12
140	.200	12	160	.360	4	180	.120	9

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
181	.160	9.5	201	.520	81	221	.400	15
182	.180	9	202	.480	19	222	.240	12
183	.200	10.5	203	.240	5	223	.140	6
184	.200	11.5	204	.160	3.5	224	.240	10.5
185	.240	11.5	205	.720	28.5	225	.480	16
186	.280	2.5	206	.520	29	226	.200	4
187	.200	5	207	.360	19	227	.240	5.5
188	.240	15	208	.320	18	228	.280	5.5
189	.800	59	209	.280	17.5	229	.160	8.5
190	.400	42	210	.760	23	230	.320	10
191	.240	18	211	.800	20	231	.120	6
192	.200	18	212	.160	4	232	.120	6
193	.280	24	213	.120	2.5	233	.080	5
194	.280	26	214	.120	1.5	234	.280	7.5
195	.240	28.5	215	.120	2	235	.200	2
196	.280	26	216	.120	2.5	236	.160	5.5
197	.760	28	217	.200	1.5	237	.120	5
198	.520	24	218	.160	1	238	.100	5.5
199	.360	80	219	.160	2	239	.160	11
200	.280	81	220	.120	2	240	.400	14

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
241	.200	5	261	.120	10	281	.360	6
242	.160	6	262	.160	12	282	.240	9
243	.160	7	263	.240	11.5	283	.240	9.5
244	.160	6	264	.120	5	284	.200	12
245	.160	4	265	.120	15	285	.200	12
246	.080	2	266	.120	15	286	.280	12.5
247	.080	2	267	.120	13	287	.200	6
248	.080	3	268	.120	13.5	288	.240	13
249	.880	21	269	.120	10.5	289	.320	16
250	.200	12.5	270	.120	10	290	.140	7
251	.200	11	271	.060	5	291	.120	3
252	.200	10	272	.100	5.5	292	.160	6
253	.240	16	273	.100	8	293	.240	16
254	.260	22	274	.120	6	294	.200	4
255	.160	9	275	.200	12	295	.240	3
256	.400	11	276	.160	12	296	.120	5
257	.180	6.5	277	.140	10	297	.120	6
258	.320	12	278	.160	7	298	.160	6
259	.240	11	279	.120	8	299	.160	3
260.	.360	13	280	.120	7.5	300	.160	8

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
301	.240	8	321	.160	7	341	.200	9.5
302	.400	10	322	.160	3	342	.160	7
303	.120	3	323	.160	7.5	343	.220	10.5
304	.160	3.5	324	.200	11	344	.200	12
305	.160	11	325	.160	9	345	.200	11
306	.140	11	326	.280	10	346	.220	11
307	.200	10	327	.140	7	347	.200	10
308	.180	9	328	.220	12	348	.160	9
309	.180	12	329	.120	8	349	.240	11
310	.120	11.5	330	.160	9	350	.280	13
311	.160	12	331	.160	2.5	351	.160	11.5
312	.200	12.5	332	.280	11	352	.240	12
313	.180	12	333	.220	14	353	.220	10
314	.240	10.5	334	.180	11	354	.180	8
315	.240	10	335	.160	10.5	355	.200	8
316	.160	3.75	336	.120	9	356	.480	8
317	.160	4	337	.140	10	357	.100	2
318	.140	4	338	.160	11	358	.120	2
319	.200	6	339	.200	11	359	.400	7
320	.160	7	340	.160	10	360	.200	7

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
361	.120	9	381	.110	10.5	401	.240	9
362	.100	4	382	.200	11	402	.260	13
363	.100	4	383	.300	19	403	.280	11
364	.120	3	384	.200	17.5	404	.240	9
365	.160	2	385	.100	9.5	405	.240	13
366	.100	2	386	.100	10	406	.200	11.5
367	.160	5	387	.030	6	407	.160	11
368	.140	6.5	388	.100	5	408	.280	16
369	.100	6.5	389	.150	6	409	.240	14
370	.120	5	390	.200	6	410	.320	16.5
371	.080	0.5	391	.440	8.5	411	.240	14
372	.120	10	392	.240	2.5	412	.100	11
373	.240	11	393	.100	0.5	413	.060	9
374	.160	7	394	.100	2	414	.140	12
375	.120	22	395	.140	2	415	.200	16
376	.140	13.5	396	.20	3	416	.240	19
377	.140	13	397	.100	8	417	.220	21
378	.160	7	398	.120	5.5	418	.260	21.5
379	.160	10	399	.160	5	419	.200	21
380	.160	10.5	400	.120	3	420	.160	11.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
421	.120	12.5	441	.160	9.5	461	.160	11
422	.140	12.5	442	.180	9	462	.140	10
423	.120	10	443	.140	3	463	.200	13.5
424	.320	23	444	.160	2	464	.240	15.5
425	.280	21.5	445	.140	2	465	.260	18.5
426	.160	9	446	.180	3	466	.280	24
427	.120	6	447	.080	1	467	.300	26.5
428	.160	5	448	.100	1	468	.200	18.5
429	.160	5	449	.140	1	469	.280	27.5
430	.160	8	450	.140	1	470	.200	18
431	.140	10.5	451	.140	4	471	.160	15.5
432	.160	10	452	.080	4	472	.120	10
433	.080	10	453	.200	5	473	.220	17.5
434	.200	5	454	.180	7	474	.160	15
435	.220	25	455	.180	10	475	.200	15.5
436	.220	26	456	.180	11	476	.140	7.5
437	.120	20	457	.200	12	477	.140	3
438	.160	9.5	458	.120	6.5	478	.080	1
439	.400	32	459	.220	11	479	.140	3
440	.160	9	460	.140	7.5	480	.120	3

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
481	.120	4	501	1.080	19	521	.120	5
482	.200	9	502	.240	5.5	522	.120	5
483	.180	7	503	.220	4.5	523	.160	2
484	.180	7.5	504	.160	3.5	524	.200	1
485	.120	3	505	.280	9	525	.200	1
486	.140	2.5	506	.240	12	526	.200	2
487	.160	7	507	.200	13	527	.160	11.5
488	.200	8	508	.200	13.5	528	.180	11
489	.220	7.5	509	.160	15	529	.160	8
490	.160	5.5	510	.160	11	530	.120	6
491	.160	4	511	.280	14	531	.100	3
492	.140	2	512	.140	10	532	.100	7
493	.200	2	513	.140	10.5	533	.120	6
494	.320	13	514	.160	12.5	534	.120	6
495	.360	15.5	515	.360	10	535	.080	2
496	.240	11.5	516	.140	3	536	.100	1.5
497	.300	17	517	.120	10	537	.160	6
498	.300	17	518	.100	9	538	.160	10
499	.180	14.5	519	.120	5	539	.160	8
500	.180	14.5	520	.120	7	540	.120	5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
541	.240	20.5	561	.200	13	581	.260	8
542	.320	12	562	.120	5	582	.240	7
543	.280	4.5	563	.120	4	583	.320	9
544	.240	4.5	564	.160	9	584	.240	6.5
545	.240	11	565	.120	4	585	.220	6
546	.160	13	566	.120	3.5	586	.260	12
547	.240	15	567	.140	3	587	.280	14
548	.260	15	568	.160	3.5	588	.320	16
549	.260	16	569	.140	3	589	.260	15
550	.140	15	570	.160	3.5	590	.280	18.5
551	.200	7	571	.160	4.5	591	.180	7
552	.200	10	572	.160	4.5	592	.200	10
553	.200	9	573	.160	4	593	.320	12
554	.160	8	574	.200	4.5	594	.340	12
555	.080	3	575	.160	3	595	.220	7
556	.120	4	576	.200	3	596	.200	7
557	.160	13	577	.280	5.5	597	.080	2
558	.100	9	578	.200	3.5	598	.200	6.5
559	.120	12	579	.260	7.5	599	.120	4
560	.120	15	580	.320	9	600	.240	11

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
601	.200	7.5	621	.180	9	641	.260	22
602	.160	1	622	.200	10	642	.260	22
603	.120	0.5	623	.160	6	643	.240	22.5
604	.080	6	624	.120	6	644	.220	23
605	.120	10	625	.120	5	645	.120	4
606	.160	9.5	626	.100	4	646	.180	6
607	.260	12	627	.120	2	647	.200	6
608	.320	20.75	628	.140	2	648	.240	7.5
609	.160	5.25	629	.200	2	649	.280	8
610	.200	6.75	630	.200	5	650	.280	9
611	.320	13	631	.240	7.5	651	.320	10.5
612	.180	9	632	.220	8	652	.400	12.5
613	.220	13	633	.220	6	653	.340	14
614	.240	13	634	.180	12	654	.160	5.5
615	.240	13.5	635	.200	17	655	.200	7.5
616	.180	6	636	.160	19.5	656	.140	6
617	.160	7.5	637	.200	20	657	.300	22
618	.180	6	638	.180	21	658	.220	20
619	.180	5	639	.220	21	659	.280	22.5
620	.180	8	640	.200	20	660	.240	21.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
661	.260	21	681	.220	12	701	.280	12
662	.240	22	682	.180	11.5	702	.240	12.5
663	.260	23	683	.160	7	703	.120	3
664	.180	20.5	684	.240	9	704	.400	22.5
665	.180	20.5	685	.160	13	705	.380	20.5
666	.180	19	686	.160	16	706	.100	5
667	.160	19	687	.200	12	707	.220	22
668	.240	21	688	.180	11	707	.200	21.5
669	.340	24	689	.200	12	709	.080	3
670	.280	21	690	.200	12	710	.160	12.5
671	.320	21	691	.200	7.5	711	.200	14
672	.280	19	692	.240	13.5	712	.160	18.5
673	.300	15	693	.240	14	713	.120	11
674	.220	12	694	.240	15.5	714	.120	11.5
675	.120	7	695	.200	17	715	.300	16
676	.120	6.5	696	.200	19	716	.220	14
677	.160	8	697	.220	21.5	717	.260	18.5
678	.180	14	698	.160	20	718	.160	15
679	.160	12.5	699	.120	15	719	.200	15.5
680	.240	13	700	.240	6.5	720	.220	15.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
721	.160	10	741	.160	10	761	.180	5
722	.160	8	742	.200	12	762	.260	8
723	.280	20	743	.100	2	763	.160	5
724	.220	18	744	.200	6	764	.120	4.5
725	.160	13	745	.180	10	765	.120	6.5
726	.100	4	746	.140	8	766	.100	6
727	.260	7	747	.180	11	767	.120	7
728	.160	5.5	748	.160	15	768	.120	7.5
729	.220	4	749	.160	17	769	.120	7
730	.140	3	750	.120	3	770	.120	7
731	.200	6	751	.140	2	771	.100	5
732	.300	22	752	.160	4	772	.140	7
733	.300	23	753	.160	18	773	.140	7
734	.240	23.5	754	.160	12	774	.160	8
735	.180	20.5	755	.140	11.5	775	.120	13
736	.260	20	756	.120	13	776	.140	15.5
737	.180	17	757	.120	8	777	.160	16.5
738	.200	13	758	.120	9	778	.160	17
739	.220	15	759	.160	3	779	.180	19.5
740	.480	20	760	.120	3	780	.200	21

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
781	.220	21	801	.120	6	821	.120	9
782	.280	23.5	802	.080	3.5	822	.280	23
783	.160	3	803	.120	9.5	823	.360	19
784	.140	3.5	804	.120	11.5	824	.240	11
785	.140	4.5	805	.160	14.5	825	.200	13
786	.080	2	806	.180	1	826	.200	13
787	.060	1.5	807	.240	21	827	.060	4
788	.080	1.5	808	.180	20.5	828	.120	10
789	.080	4	809	.220	22	829	.080	9
790	.120	8.5	810	.280	21	830	.080	9
791	.140	10	811	.140	12.5	831	.080	9
792	.160	9	812	.240	14	832	.120	9.5
793	.280	11	813	.220	12	833	.120	8.5
794	.240	9	814	.840	21	834	.180	5
795	.200	3.5	815	.160	7	835	.260	7
796	.200	3.5	816	.060	4	836	.240	7
797	.280	6	817	.160	10	837	.120	4
798	.260	2	818	.200	11	838	.160	5.5
799	.240	2.5	819	.160	10	839	.160	7
800	.080	10	820	.120	9	840	.120	5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
841	.160	11.5	861	.200	13	881	.320	7.2
842	.100	6	862	.200	14.5	882	.160	2.4
843	.080	10.5	863	.220	14	883	.180	3.5
844	.160	10	864	.200	15	884	.280	6.6
845	.200	12	865	.180	16.5	885	.160	5.7
846	.200	14	866	.180	15	886	.160	5.8
847	.220	15.5	867	.200	13	887	.200	5.9
848	.260	18	868	.120	8	888	.200	6
849	.280	10.5	869	.120	8.5	889	.160	8
850	.140	2.5	870	.080	6	890	.160	6
851	.200	15	871	.080	6	891	.120	5
852	.200	15	872	.080	4.5	892	.100	5
853	.100	2	873	.080	3.4	893	.200	5
854	.120	3	874	.280	4.5	894	.140	6.5
855	.120	2	875	.160	2.5	895	.120	7
856	.100	2	876	.140	2.2	896	.160	7
857	.200	2	877	.120	1.3	897	.120	15
858	.200	3	878	.240	4.5	898	.100	6
859	.100	5	879	.100	1.7	899	.080	6
860	.240	13	880	.300	6.8	900	.140	8.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
901	.120	6	921	.160	2.5	941	.180	3
902	.220	11	922	.280	3	942	.160	4
903	.080	3	923	.240	9	943	.200	4
904	.080	4	924	.080	6.5	944	.240	6
905	.120	8	925	.160	9	945	.280	6
906	.160	4	926	.180	9	946	.200	6
907	.180	4	927	.200	9	947	.380	13
908	.240	4.5	928	.140	6.5	948	.360	14
909	.160	3	929	.160	8	949	.400	15
910	.280	5.5	930	.160	9.5	950	.440	15.5
911	.200	3.5	931	.200	18	951	.120	8
912	.220	4	932	.280	23	952	.280	13.5
913	.200	12	933	.080	18	953	.120	8
914	.080	1.5	934	.220	3	954	.200	12.5
915	.200	1	935	.140	2	955	.360	17.5
916	.140	2	936	.140	2	956	.460	20
917	.160	2	937	.140	3	957	.240	16.5
918	.160	3	938	.100	10	958	.200	16
919	.160	3	939	.120	4	959	.160	14.5
920	.100	2.5	940	.240	9	960	.140	11

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำต้นลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
961	.160	10	981	.200	11.5	1001	.180	7
962	.200	11	982	.160	10.5	1002	.340	10.5
963	.200	11	983	.140	3	1003	.240	8
964	.060	6	984	.140	6.5	1004	.180	6
965	.260	12	985	.120	3	1005	.180	7.5
966	.200	9	986	.200	5.5	1006	.260	12
967	.220	16	987	.180	4	1007	.120	11
968	.240	6.5	988	.120	4	1008	.080	12
969	.160	10	989	.200	5.5	1009	.080	11
970	.160	10	990	.100	4	1010	.160	8.5
971	.180	10	991	.140	6	1011	.240	9
972	.160	19	992	.160	6	1012	.100	6.5
973	.440	25	993	.260	7	1013	.260	10
974	.120	16	994	.680	13.5	1014	.260	10.5
975	.160	14	995	.140	3	1015	.280	11
976	.200	13	996	.160	6	1016	.200	8.5
977	.200	10.5	997	.080	1.5	1017	.200	9
978	.200	10	998	.100	3	1018	.180	3
979	.180	8.5	999	.200	5	1019	.200	4
980	.160	9	1000	.200	8	1020	.200	5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1021	.200	6	1041	.120	7.5	1061	.180	4.8
1022	.200	10	1042	.160	6.5	1062	.100	1.2
1023	.200	11	1043	.160	5	1063	.520	8
1024	.200	10	1044	.160	3	1064	.120	7
1025	.180	12	1045	.160	3	1065	.120	6
1026	.200	12	1046	.180	3	1066	.140	2
1027	.160	12	1047	.200	13	1067	.160	3
1028	.120	15.5	1048	.220	8.8	1068	.120	3
1029	.140	16	1049	.160	4	1069	.100	3
1030	.160	15	1050	.120	3	1070	.120	5
1031	.100	3	1051	.240	7	1071	.180	9
1032	.200	5	1052	.240	6.5	1072	.180	21
1033	.180	5	1053	.260	9	1073	.120	12
1034	.200	6	1054	.240	8	1074	.140	5
1035	.200	4	1055	.160	10	1075	.160	23
1036	.240	6	1056	.160	10	1076	.120	22
1037	.160	8	1057	.120	5	1077	.160	18
1038	.120	7.2	1058	.200	4.5	1078	.120	13
1039	.180	7.9	1059	.280	8	1079	.140	9
1040	.120	7.1	1060	.160	5.5	1080	.100	8

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1081	.120	6	1101	.120	4.5	1121	.320	3.5
1082	.160	8	1102	.080	4	1122	.120	2
1083	.160	8	1103	.140	9	1123	.140	1.5
1084	.180	10	1104	.160	17	1124	.240	3
1085	.340	11	1105	.160	15.5	1125	.400	8
1086	.180	12	1106	.120	2	1126	.200	5
1087	.200	12.5	1107	.120	6.5	1127	.200	4
1088	.140	10	1108	.100	7	1128	.220	3.5
1089	.120	9.5	1109	.160	24	1129	.140	2
1090	.120	8	1110	.080	2	1130	.140	12
1091	.160	1	1111	.280	2	1131	.140	12
1092	.120	8	1112	.120	8	1132	.200	14
1093	.160	10	1113	.160	6	1133	.200	10.5
1094	.120	3.5	1114	.120	8	1134	.440	44.5
1095	.280	12.5	1115	.120	12	1135	.240	10
1096	.280	13	1116	.120	10	1136	.260	8
1097	.100	5	1117	.100	6.5	1137	.220	9
1098	.080	5.5	1118	.100	6	1138	.200	8
1099	.080	7.5	1119	.140	15	1139	.140	4
1100	.120	8.5	1120	.160	19	1140	.120	12

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1141	.200	15	1161	.160	5	1181	.600	18
1142	.120	5	1162	.180	6	1182	.420	12
1143	.180	8	1163	.180	15	1183	.240	9
1144	.180	11	1164	.200	14	1184	.160	12
1145	.140	7	1165	.120	23	1185	.120	15
1146	.080	6	1166	.080	22	1186	.240	19.5
1147	.160	11.5	1167	.100	24	1187	.280	14.5
1148	.120	7	1168	.160	24.5	1188	.300	6.5
1149	.140	8.5	1169	.140	10	1189	.420	5.5
1150	.140	6	1170	.120	8.5	1190	.160	23
1151	.140	6	1171	.180	12	1191	.240	23
1152	.140	6	1172	.240	7	1192	.160	22
1153	.160	6	1173	.200	6.5	1193	.200	20
1154	.140	7	1174	.280	8.5	1194	.120	5
1155	.120	2	1175	.260	23	1195	.120	7
1156	.100	24	1176	.240	22.5	1196	.140	11
1157	.140	27	1177	.200	21.5	1197	.180	3
1158	.240	22	1178	.240	21	1198	.160	3
1159	.240	23	1179	.220	5	1199	.160	3
1160	.220	9	1180	.100	2	1200	.100	7

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1201	.080	7	1221	.240	8	1241	.240	6
1202	.080	8	1222	.140	5	1242	.200	5
1203	.120	11	1223	.140	5.5	1243	.200	4
1204	.100	7	1224	.240	6	1244	.200	4
1205	.160	13	1225	.100	5	1245	.100	2
1206	.160	6	1226	.080	5	1246	.100	3
1207	.180	9	1227	.080	5	1247	.100	3
1208	.200	12	1228	.120	4.5	1248	.120	3
1209	.300	14	1229	.120	3	1249	.240	5.5
1210	.140	11	1230	.120	2	1250	.600	9.5
1211	.240	15	1231	.140	2	1251	.160	2
1212	.200	15	1232	.160	10.5	1252	.160	2
1213	.160	10	1233	.160	11	1253	.160	1.5
1214	.120	12	1234	.180	7	1254	.160	2
1215	.140	15	1235	.220	7.5	1255	.120	20.5
1216	.180	12.5	1236	.120	7.5	1256	.120	17
1217	.120	12.5	1237	.080	4	1257	.080	13
1218	.100	2	1238	.080	4	1258	.220	9
1219	.160	12	1239	.120	1.5	1259	.240	10
1220	.160	10.5	1240	.180	3	1260	.240	8

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1261	.260	8	1281	.160	5	1301	.120	8
1262	.260	6	1282	.200	7	1302	.140	4
1263	.280	3.5	1283	.140	4.5	1303	.760	22
1264	.260	3.5	1284	.200	4	1304	.480	18
1265	.180	3	1285	.120	2.5	1305	.240	15
1266	.120	2	1286	.160	2	1306	.320	9
1267	.120	2	1287	.120	2	1307	.280	10
1268	.140	1	1288	.160	6	1308	.120	13
1269	.100	2	1289	.200	7	1309	.200	17
1270	.160	3.5	1290	.160	5	1310	.280	20
1271	.360	2	1291	.140	6	1311	.320	21
1272	.480	13	1292	.140	5	1312	.160	9
1273	.140	6	1293	.120	13	1313	.100	1
1274	.120	5	1294	.160	16	1314	.080	2
1275	.100	7	1295	.140	13	1315	.100	2.5
1276	.100	4	1296	.180	5	1316	.080	2
1277	.100	2	1297	.160	16	1317	.080	2
1278	.120	6	1298	.120	14	1318	.240	15.5
1279	.080	2	1299	.120	16	1319	.280	11
1280	.100	6	1300	.120	13	1320	.140	6

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1321	.140	7	1341	.180	5.5	1361	.100	1
1322	.160	9	1342	.200	5.5	1362	.120	2
1323	.640	1343	.260	7.7	1363	.280	14	
1324	.200	13	1344	.280	19	1364	.320	13
1325	.080	2	1345	.180	17	1365	.160	7.5
1326	.160	11	1346	.280	15	1366	.180	10
1327	.160	11	1347	.200	9	1367	.200	12
1328	.120	5	1348	.220	9.5	1368	.180	12
1329	.060	5	1349	.180	5	1369	.180	12.5
1330	.160	3	1350	.280	11	1370	.240	13
1331	.160	4	1351	.160	9	1371	.100	2
1332	.280	6	1352	.160	9	1372	.080	2
1333	.260	21	1353	.400	13	1373	.080	2
1334	.480	25	1354	.340	14	1374	.080	2
1335	.320	19	1355	.300	12	1375	.120	1.5
1336	.140	6	1356	.140	19	1376	.520	12
1337	.120	6	1357	.200	20	1377	.120	7
1338	.180	8	1358	.160	24	1378	.120	8
1339	.160	3	1359	.160	21	1379	.120	10
1340	.080	3.5	1360	.100	3	1380	.140	12

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1381	.120	13	1401	.120	17	1421	.180	5
1382	.160	17	1402	.180	11	1422	.160	5
1383	.100	3	1403	.180	11	1423	.160	4
1384	.100	4	1404	.120	6	1424	.160	4
1385	.100	6	1405	.140	5	1425	.260	5
1386	.100	7.5	1406	.120	4	1426	.200	10
1387	.200	15	1407	.140	5	1427	.240	12
1388	.100	12	1408	.200	7	1428	.280	12
1389	.140	11	1409	.240	8	1429	.240	8
1390	.160	9	1410	.200	8	1430	.240	7
1391	.160	7.5	1411	.120	4	1431	.280	9.5
1392	.160	8	1412	.080	4	1432	.300	12
1393	.100	2.5	1413	.080	4	1433	.280	12
1394	.080	4	1414	.080	4	1434	.360	9
1395	.160	9	1415	.120	5	1435	.400	11.5
1396	.160	9	1416	.060	1	1436	.160	9
1397	.260	13	1417	.060	2	1437	.120	9
1398	.260	11	1418	.100	2	1438	.120	11
1399	.320	22	1419	.200	3	1439	.200	13
1400	.480	21	1420	.120	6	1440	.280	16

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1441	.200	12	1461	.160	5	1481	.200	11
1442	.100	6	1462	.260	4	1482	.200	11
1443	.100	6	1463	.240	3	1483	.200	12
1444	.100	5	1464	.240	14	1484	.480	36
1445	.200	11.5	1465	.240	17	1485	.460	36
1446	.280	15	1466	.240	18	1486	.240	8
1447	.240	2	1467	.200	18	1487	.200	9
1448	.120	11	1468	.100	8	1488	.240	12
1449	.280	15	1469	.300	16	1489	.240	11
1450	.240	4	1470	.200	10.5	1490	.200	12
1451	.360	19	1471	.200	8	1491	.200	10
1452	.240	10	1472	.160	7	1492	.280	11
1453	.360	15	1473	.160	8	1493	.120	6
1454	.320	16	1474	.120	12	1494	.280	10
1455	.240	9	1475	.220	19	1495	.300	9
1456	.200	5	1476	.200	19	1496	.380	6
1457	.180	5	1477	.280	21	1497	.200	4
1458	.240	11	1478	.280	16	1498	.140	2
1459	.200	10	1479	.320	17	1499	.160	8
1460	.180	4	1480	.280	11	1500	.140	11

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1501	.140	12	1521	.200	2	1541	.120	5
1502	.160	13	1522	.160	2	1542	.120	4.5
1503	.220	12	1523	.120	1.5	1543	.120	5
1504	.240	13	1524	.160	1.5	1544	.140	4.5
1505	.200	12	1525	.160	3.5	1545	.100	3
1506	.260	13	1526	.140	3	1546	.120	3
1507	.100	1.5	1527	.140	3.5	1547	.100	3
1508	.120	2	1528	.140	4	1548	.220	5
1509	.120	2.5	1529	.040	0.5	1549	.140	3
1510	.120	3	1530	.160	2	1550	.220	6
1511	.120	3	1531	.240	6	1551	.120	6
1512	.200	4	1532	.240	9	1552	.180	6
1513	.220	5	1533	.080	3.5	1553	.200	5
1514	.240	5.5	1534	.260	9	1554	.260	5
1515	.160	4	1535	.320	13	1555	.260	5
1516	.200	4.5	1536	.200	4	1556	.120	3
1517	.200	4	1537	.120	3	1557	.160	5.5
1518	.200	3	1538	.160	3	1558	.200	6
1519	.240	2.5	1539	.120	2	1559	.160	5
1520	.240	2.5	1540	.120	2	1560	.160	2.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1561	.760	81	1581	.240	12	1601	.120	4
1562	.140	23	1582	.160	8	1602	.160	20
1563	.160	25	1583	.140	8	1603	.160	3
1564	.140	22	1584	.200	9	1604	.280	11
1565	.480	31	1585	.600	24	1605	.440	30
1566	.280	10	1586	.240	12	1606	.120	15
1567	.240	8	1587	.080	5	1607	.140	16
1568	.240	6	1588	.080	8	1608	.200	10.5
1569	.220	19	1589	1.320	52	1609	.120	9
1570	.200	17	1590	.120	9	1610	.520	30
1571	.160	13	1591	.120	6	1611	.280	10
1572	.220	15	1592	.140	9	1612	.320	24
1573	.180	15	1593	.120	12	1613	.240	39
1574	.180	19	1594	.120	5	1614	.280	41
1575	.160	18	1595	.080	2	1615	.280	40
1576	.160	15	1596	.120	4	1616	.240	40
1577	.160	11	1597	.240	4	1617	.240	42
1578	.120	3	1598	.160	9	1618	.300	42
1579	.100	3	1599	.180	4	1619	.140	58
1580	.680	20	1600	.160	4	1620	.360	5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1621	.120	10	1641	.200	5	1661	.380	71
1622	.340	7	1642	.120	3	1662	.320	101
1623	.120	8	1643	.120	2	1663	.720	9
1624	.100	10	1644	.100	38	1664	.280	31
1625	.080	3	1645	1.000	14	1665	.520	5
1626	.120	1	1646	.160	13	1666	.120	4
1627	.140	3	1647	.140	18	1667	.080	5
1628	.380	40.5	1648	.240	80	1668	.100	79
1629	.240	35	1649	1.240	42	1669	.600	20
1630	.160	20	1650	.280	5	1670	.200	19
1631	.160	60	1651	.120	4	1671	.280	18
1632	.920	45	1652	.080	27	1672	.260	21
1633	.640	5	1653	.400	10	1673	.140	21
1634	.160	9	1654	.200	10	1674	.380	10
1635	.160	11	1655	.120	20	1675	.200	6
1636	.200	25	1656	.120	28	1676	.140	4
1637	.380	14	1657	.420	14	1677	.160	5
1638	.160	10	1658	.140	49	1678	.140	4
1639	.140	12	1659	.360	30	1679	.080	16
1640	.140	10	1660	.120	55	1680	.080	8.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำนำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1681	.280	12	1701	.160	17.5	1721	.120	14
1682	.300	10	1702	.140	16	1722	.260	10
1683	.080	10	1703	.180	12	1723	.240	10
1684	.060	10	1704	.100	5	1724	.220	5
1685	.100	9	1705	.100	4	1725	.080	17
1686	.100	8	1706	.100	9	1726	.360	16.5
1687	.160	30	1707	.120	15	1727	.320	5
1688	.120	40	1708	.280	15	1728	.280	7
1689	.160	33	1709	.240	14	1729	.440	5
1690	.160	19	1710	.180	20	1730	.320	7
1691	.160	9	1711	.200	15	1731	.400	22
1692	.120	13	1712	.120	19	1732	.600	5
1693	.140	10	1713	.120	14	1733	.120	7
1694	.120	10	1714	.080	17	1734	.200	6
1695	.160	4	1715	.120	10.5	1735	.180	8
1696	.200	68	1716	.140	14	1736	.220	8
1697	.560	10	1717	.380	4	1737	.160	10
1698	.120	11	1718	.080	7.5	1738	.400	2
1699	.120	8	1719	.080	10	1739	.140	2
1700	.360	18.5	1720	.100	10	1740	.120	3

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1741	.200	2	1761	.320	15	1781	.360	5
1742	.220	5	1762	.240	14	1782	.280	2.5
1743	.200	10	1763	.240	5	1783	.080	8
1744	.240	11	1764	.160	4	1784	.280	22
1745	.240	11	1765	.120	2	1785	.440	21
1746	.240	12	1766	.120	2	1786	.400	30
1747	.200	13	1767	.100	13	1787	.380	15
1748	.200	23	1768	.400	15	1788	.120	25
1749	.240	28	1769	.360	10	1789	.160	25
1750	.240	23	1770	.360	13	1790	.720	20
1751	.160	9	1771	.360	5	1791	.300	40
1752	.160	8	1772	.160	11	1792	.320	13
1753	.140	20	1773	.280	20	1793	.320	10
1754	.400	10	1774	.420	20	1794	.280	12
1755	.120	10	1775	.440	18	1795	.180	11
1756	.120	14	1776	.360	33	1796	.260	27
1757	.280	7	1777	.920	19	1797	.200	24
1758	.120	24	1778	.280	39	1798	.160	5
1759	.400	12	1779	.480	48	1799	.160	5
1760	.260	10	1780	.800	13	1800	.200	10

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1801	.260	21	1821	.180	28	1841	.200	3
1802	.220	14	1822	.360	25	1842	.160	1
1803	.200	8	1823	.240	25	1843	.600	11
1804	.160	20	1824	.280	10	1844	.800	45
1805	.320	38	1825	.220	11	1845	.800	141
1806	.360	38	1826	.120	10	1846	.200	21
1807	.400	7	1827	.240	40	1847	.280	8
1808	.120	44	1828	.300	56	1848	.560	30
1809	.200	5	1829	.220	18	1849	.160	10
1810	.080	2	1830	.280	20	1850	.300	30
1811	.100	3	1831	.140	10	1851	.140	5
1812	.100	3	1832	.200	15	1852	.160	150
1813	.080	13	1833	.160	14	1853	.320	30
1814	.320	10	1834	.120	6	1854	.920	27
1815	.240	4	1835	.280	17	1855	.240	6
1816	.100	4	1836	.740	21	1856	.320	12
1817	.120	18	1837	.160	61	1857	.600	14
1818	.560	25	1838	.200	70	1858	.160	7
1819	.720	80	1839	.400	18	1859	.160	5
1820	.360	20	1840	.180	30	1860	.160	10

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1861	.260	16	1881	.800	11	1901	.100	4
1862	.240	15	1882	.600	26	1902	.080	1
1863	.200	30	1883	.440	3	1903	.140	3
1864	.800	76	1884	.100	2	1904	.060	1
1865	.200	4	1885	.120	0.5	1905	.080	2
1866	.240	7	1886	.180	3.5	1906	.080	4
1867	.840	34	1887	.180	4	1907	.120	3
1868	.800	21	1888	.200	5	1908	.440	3.5
1869	.420	25	1889	.160	8	1909	.160	2
1870	.280	20	1890	.340	10	1910	.140	5
1871	.160	10	1891	.320	10	1911	.120	2
1872	.160	11	1892	.160	3	1912	.120	3
1873	.200	13	1893	.160	3	1913	.080	1
1874	.280	20	1894	.200	15	1914	.120	2
1875	.180	9	1895	.220	16	1915	.100	1
1876	.160	6	1896	.200	3.5	1916	.160	17
1877	.180	11	1897	.100	11	1917	.140	13.5
1878	.180	11	1898	.080	5.5	1918	.160	14
1879	.340	19	1898	.120	7	1919	.200	16.5
1880	.920	21	1900	.120	5	1920	.140	12.5

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1921	.120	12.5	1941	.160	3	1961	.400	11
1922	.320	15	1942	.240	5	1962	.340	6
1923	.200	11	1943	.160	1	1963	.800	58
1924	.120	10	1944	.100	4	1964	.360	29.5
1925	.100	10	1945	.200	11	1965	.120	10.5
1926	.120	9	1946	.160	6	1966	.120	11
1927	.280	5	1947	.220	4	1967	.100	9
1928	.240	5.5	1948	.160	4	1968	.100	9
1929	.200	3	1949	.140	3	1969	.060	6
1930	.280	4.5	1950	.100	2	1970	.060	4
1931	.120	4	1951	.160	3	1971	.060	3
1932	.060	3	1952	.220	9	1972	.240	16
1933	.120	4	1953	.200	6	1973	.200	18
1934	.160	3	1954	.140	6	1974	.200	21
1935	.160	2	1955	.120	8	1975	.180	24
1936	.160	4	1956	.200	3	1976	.120	4
1937	.160	2	1957	.140	2			
1938	.200	3	1958	.120	2			
1939	.200	3	1959	.120	2			
1940	.240	5	1960	.160	4			

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
1	2.740	29	21	1.680	10	41	.800	5
2	.400	8	22	.320	4	42	.720	13
3	.520	4	23	.440	10	43	.540	14
4	1.520	16	24	.160	4	44	.520	20
5	.480	2.5	25	1.140	12.5	45	1.600	35
6	.440	19	26	.480	1.5	46	1.100	18
7	.140	7	27	.160	12	47	.700	13
8	2.400	28	28	.560	22	48	.560	3
9	1.580	28	29	.320	9	49	.440	3
10	1.280	24	30	.780	4	50	.800	19
11	.560	22	31	.320	2.5	51	.360	8.5
12	.560	9	32	.920	12	52	.720	19.5
13	.760	20	33	1.240	24	53	.320	16
14	.940	31	34	1.600	13	54	.120	4
15	.520	8	35	2.600	43.5	55	.260	5
16	.040	28	36	2.400	54	56	.280	7
17	.640	30	37	.480	17	57	.360	8
18	.560	23	38	.680	19	58	.540	4.5
19	.240	5	39	.480	18	59	.720	4.5
20	.200	4.5	40	.920	20.5	60	.600	14

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
61	.120	3	81	.320	7	101	.600	5
62	.360	13	82	1.120	25	102	.340	4
63	1.200	24.5	83	.380	23	103	1.160	26
64	1.160	18	84	.960	27	104	.800	14
65	.880	12	85	.420	3	105	.240	11
66	1.560	18	86	.400	2.5	106	.200	10
67	1.600	30.5	87	.160	4.5	107	.380	21.5
68	1.520	26	88	1.160	21	108	.960	9.5
69	.640	12	89	.280	16	109	.640	4
70	.140	4.5	90	2.120	22	110	.440	1.5
71	.480	23	91	.840	3.5	111	.880	10
72	.080	11.5	92	.440	3	112	1.240	26.5
73	.300	15.5	93	.880	13	113	.400	25
74	.160	5	94	.700	12	114	.480	17.5
75	.980	35	95	.140	3	115	1.600	20
76	.520	25	96	.040	1.5	116	2.520	22
77	.220	1	97	.340	2	117	.320	18.5
78	.160	10	98	.380	17	118	1.480	14
79	.120	18	99	1.200	20	119	.160	1
80	.200	4	100	.100	1	120	.920	2

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
121	.120	3.5	141	.580	3	161	.240	7
122	.160	6	142	.600	9.5	162	.720	20
123	.400	12.5	143	.400	9	163	.400	16
124	.280	5	144	.320	11	164	1.200	38
125	1.280	16	145	.200	7	165	.280	9
126	1.160	28.5	146	1.200	55.5	166	.160	11
127	.400	12	147	.760	27.5	167	.280	8
128	.480	10	148	.560	12	168	.680	30.5
129	.120	3	149	.520	8	169	.360	26
130	.100	21	150	.700	27	170	.620	16
131	.180	3	151	.320	5	171	1.120	11
132	.220	6.5	152	.340	5	172	.160	2.5
133	.320	6.5	153	1.080	23	173	.280	4
134	1.160	25	154	.280	7	174	.560	13
135	.340	12	155	.480	4	175	.320	7
136	.480	12	156	.240	7	176	.160	4
137	.160	4	157	.280	3	177	.840	41
138	.240	9	158	.680	26	178	.160	5
139	.240	2	159	1.720	43.5	179	1.120	17
140	.320	4	160	.260	9	180	.800	21

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำค้ำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำค้ำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำค้ำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
181	.360	20	201	.160	12	221	.400	7
182	.160	3	202	.640	20	222	.340	15
183	.480	13	203	.880	15	223	.480	20
184	.320	12	204	.480	10	224	.120	2
185	.560	56	205	.880	31	225	.200	9
186	.480	47	206	.440	14	226	.320	8
187	.640	38	207	.920	23	227	.400	32
188	.420	8	208	.780	23	228	.580	15
189	.080	8	209	.520	22	229	.480	27
190	.720	40	210	.640	181	230	.200	12
191	.160	15	211	.840	20	231	.120	1
192	1.280	73	212	.320	12	232	.360	10
193	.580	63	213	.320	18	233	.120	2
194	.560	20	214	.120	4	234	.840	39
195	.060	4	215	1.440	13	235	.800	26
196	.600	25	216	.780	34	236	.800	18.5
197	.400	16	217	.240	4	237	.260	20
198	.520	11	218	1.480	22	238	.260	15
199	.240	10	219	.780	17.5	239	.280	4
200	.640	62	220	.420	22.5	240	.720	13

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 2	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 3	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับน้ำ ในอันดับที่ 3	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
241	.560	11.5	1	3.560	31	21	2.180	21
242	.640	5	2	.800	21	22	1.360	3
243	.280	6	3	.280	2	23	.840	11.5
244	.440	24	4	1.960	19	24	1.040	11.5
245	.440	27	5	2.800	21.5	25	.120	1
246	.420	14	6	.960	8	26	1.560	6
247	.280	8	7	1.640	17	27	1.640	21
248	.880	9	8	1.200	24.5	28	1.240	1
249	.600	11	9	1.400	2.5	29	1.180	15
250	.640	9	10	1.200	8	30	.760	14
251	.200	2	11	.760	11	31	.800	8
252	.240	2	12	.400	14	32	1.880	21
253	.140	3	13	1.120	20.5	33	.880	20.5
254	.120	13	14	.500	9.5	34	1.800	30
255	.320	6	15	.520	3	35	2.000	32.5
256	.660	15	16	1.280	11	36	.400	51
257	1.320	18	17	2.240	23	37	1.120	21
258	.160	5	18	1.880	23	38	.280	6
			19	.560	3	39	.800	23
			20	1.600	18	40	1.280	26

ตาราง 35 (ต่อ)

ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 3	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 4	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)	ลำดับลำน้ำ ในอันดับที่ 5	ความยาว (กม.)	ความสูง (ม.)
41	2.720	51	1	6.760	59	1	13.520	35
42	2.000	37	2	6.400	21.5	2	7.560	41
43	.920	11	3	1.120	10			
44	.600	10	4	1.560	9			
45	2.080	28	5	.760	4			
46	.960	10	6	.400	1			
47	.600	25	7	.580	1.5			
48	.760	36	8	3.480	28.5			
49	1.680	100	9	3.640	38.5			
50	2.320	46	10	.720	1			
51	1.080	15	11	.840	29			
52	.480	4	12	.320	12			
53	1.220	9	13	5.880	69			
54	1.200	20.5	14	.840	7.5			
55	.560	15	15	.560	33			
56	1.120	28	16	.520	10			
57	.760	9						
58	.400	4						
59	.800	5						
60	.480	6						

ตาราง 36 ร้อยละของปริมาณอนุภาคดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว บริเวณที่มี
ความหนาแน่นการระบายน้ำสูง

ตัวอย่าง	ทราย (%)	ทรายแป้ง (%)	ดินเหนียว (%)	ตัวอย่าง	ทราย (%)	ทรายแป้ง (%)	ดินเหนียว (%)
1	84.66	11.64	3.7	16	68.66	9.64	21.7
2	74.66	17.64	7.7	17	80.66	11.64	7.7
3	86.66	7.64	5.7	18	80.66	7.64	11.7
4	72.66	15.64	11.7	19	68.66	9.64	21.7
5	72.66	15.64	11.7	20	82.66	9.64	7.7
6	64.66	9.64	25.7	21	80.66	11.64	7.7
7	60.66	9.64	29.7	22	64.66	7.64	27.7
8	72.66	9.64	17.7	23	84.66	5.64	9.7
9	64.66	15.64	19.7	24	78.66	7.64	13.7
10	86.66	7.64	5.7	25	68.52	9.64	21.84
11	68.66	9.64	21.7	26	86.52	7.64	5.84
12	84.66	5.64	9.7	27	80.52	11.64	7.84
13	82.66	7.64	9.7	28	64.52	9.64	25.84
14	88.66	5.64	5.7	29	78.52	7.64	13.84
15	78.66	9.64	11.7	30	64.52	7.64	28.84

ตาราง 37 ร้อยละของปริมาณอนุภาคดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว บริเวณที่มี
ความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

ตัวอย่าง	ทราย (%)	ทรายแป้ง (%)	ดินเหนียว (%)	ตัวอย่าง	ทราย (%)	ทรายแป้ง (%)	ดินเหนียว (%)
1	86.52	5.64	7.84	18	84.24	10.00	5.76
2	84.52	5.64	9.84	19	84.66	9.64	5.70
3	78.52	9.64	11.84	20	84.66	5.64	9.70
4	82.52	7.64	9.84	21	96.66	3.34	0
5	88.52	7.64	3.84	22	86.66	7.64	5.70
6	80.52	11.64	7.84	23	80.66	9.64	9.76
7	86.24	8.00	5.76	24	84.66	11.64	3.70
8	74.24	16.00	9.76	25	80.66	13.64	5.70
9	78.24	14.00	7.76	26	84.66	5.64	9.70
10	80.24	12.00	7.76	27	82.66	7.64	9.70
11	82.66	7.64	9.70	28	86.66	9.64	3.70
12	92.24	6.00	1.76	29	78.66	15.64	5.70
13	86.24	13.76	0	30	80.66	7.64	11.70
14	74.24	8.00	17.76	31	82.66	9.64	7.70
15	88.24	8.00	3.76	32	84.66	9.64	5.70
16	78.24	12.00	9.76	33	68.66	13.64	17.70
17	80.24	6.00	13.76				

ตาราง 38 สัตินักตะขอยืน บริเวณความหนาแน่นการระบายน้ำสูง

ตัวอย่าง	สัณ	ตัวอย่าง	สัณ
1	10 YR 7/6	16	7.5 YR 6/6
2	7.5 YR 7/6	17	7.5 YR 6/6
3	7.5 YR 6/4	18	10 YR 7/6
4	7.5 YR 7/6	19	7.5 YR 6/6
5	7.5 YR 7/6	20	7.5 YR 6/6
6	7.5 YR 6/8	21	10 YR 6/6
7	7.5 YR 6/6	22	7.5 YR 6/6
8	7.5 YR 7/6	23	7.5 YR 7/8
9	7.5 YR 5/6	24	7.5 YR 6/8
10	7.5 YR 7/6	25	7.5 YR 5/8
11	5 YR 7/8	26	7.5 YR 7/6
12	7.5 YR 7/6	27	7.5 YR 6/6
13	7.5 YR 6/6	28	5 YR 5/8
14	7.5 YR 6/6	29	10 YR 6/6
15	10 YR 7/6	30	7.5 YR 5/6

ตาราง 39 สัตินักตะขบในบริเวณความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ

ตัวอย่าง	สัณ	ตัวอย่าง	สัณ
1	10 YR 5/4	18	10 YR 5/4
2	10 YR 4/3	19	10 YR 7/6
3	7.5 YR 7/4	20	7.5 YR 6/6
4	10 YR 6/4	21	10 YR 5/6
5	10 YR 6/6	22	10 YR 5/6
6	10 YR 6/6	23	7.5 YR 5/6
7	10 YR 5/4	24	10 YR 3/3
8	10 YR 5/4	25	10 YR 5/6
9	10 YR 6/4	26	7.5 YR 5/6
10	10 YR 5/4	27	10 YR 5/4
11	10 YR 6/6	28	10 YR 3/3
12	10 YR 6/4	29	10 YR 4/4
13	10 YR 7/6	30	7.5 YR 5/8
14	7.5 YR 6/6	31	10 YR 4/3
15	7.5 YR 6/6	32	10 YR 5/4
16	10 YR 7/6	33	7.5 YR 6/8
17	7.5 YR 6/6		

ตาราง 40 ค่าปฏิกิริยาดิน (pH)

ความหนาแน่นการระบายน้ำสูง				ความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ			
ตัวอย่าง	pH	ตัวอย่าง	pH	ตัวอย่าง	pH	ตัวอย่าง	pH
1	7.0	16	5.5	1	7.0	18	6.5
2	7.0	17	7.0	2	5.5	19	6.0
3	7.0	18	7.5	3	7.5	20	6.0
4	7.0	19	7.5	4	6.5	21	6.5
5	7.0	20	6.0	5	7.0	22	6.5
6	5.5	21	6.0	6	7.5	23	6.0
7	7.0	22	7.0	7	6.0	24	6.5
8	5.5	23	6.0	8	6.5	25	7.0
9	5.5	24	5.5	9	6.5	26	6.5
10	7.0	25	5.0	10	7.0	27	6.0
11	6.0	26	6.5	11	7.0	28	6.0
12	7.5	27	6.5	12	8.0	29	6.0
13	7.0	28	5.0	13	7.0	30	6.0
14	6.5	29	8.0	14	6.5	31	6.0
15	5.5	30	8.0	15	7.0	32	6.0
				16	6.0	33	5.5
				17	6.0		

ตาราง 41 ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/มิลลิตร) ที่ระดับความลึกโดยประมาณ
20 - 40 เซนติเมตร

ความหนาแน่นการระบายน้ำสูง		ความหนาแน่นการระบายน้ำต่ำ	
ตัวอย่าง	ความหนาแน่นรวม ของดิน	ตัวอย่าง	ความหนาแน่นรวม ของดิน
2	1.92	2	1.63
5	2.01	5	1.95
8	1.98	8	1.88
11	2.05	9	1.59
13	1.89	13	1.83
15	1.73	16	1.88
18	1.81	19	1.84
21	1.90	22	1.66
24	1.68	25	1.91
27	1.74	27	1.90
30	1.88	29	1.74
		32	1.48

ตาราง 42 ความยาว ความกว้างและร่องความลึกของร่องตัวแทน

จุดวัด	ร่องที่ 1			จุดวัด	ร่องที่ 2		
	ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)		ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)
1	0	0.23	0.07	1	0	5.71	0.08
2	+14.30	0.20	0.03	2	+27.50	6.80	0.18
3	+8.03	0.27	0.05	3	+13.55	3.17	0.39
4	+15.10	0.41	0.04	4	+14.00	2.65	0.71
5	+2.07	0.39	0.12	5	+5.12	1.40	0.67
6	+9.63	0.80	0.10	6	+11.90	0.87	0.46
7	+6.20	0.83	0.07	7	+23.50	0.66	0.22
8	+17.90	0.76	0.09	8	+16.10	1.07	0.13
9	+3.89	0.68	0.13	9	+15.89	0.42	0.17
10	+23.90	0.54	0.17	10	+6.94	0.32	0.07
11	+11.59	1.73	0.30	รวม	134.50		
12	+9.40	1.20	0.41				
13	+1.50	0.96	0.48				
14	+6.31	1.39	0.70				
15	+1.09	0.76	0.77				
16	+11.08	1.49	1.07				
17	+12.34	1.58	0.61				
18	+9.77	1.20	0.66				
19	+17.28	1.92	0.51				
20	+16.71						
รวม	198.09						

ตาราง 42 (ต่อ)

จุดวัด	ร่องที่ 3			จุดวัด	ร่องที่ 4		
	ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)		ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)
1	0	0.22	0.07	1	0	26.85	0
2	+ 3.20	0.20	0.16	2	+10.62	2.40	0.21
3	+ 2.90	0.37	0.13	3	+34.96	2.69	0.56
4	+ 2.90	0.50	0.13	4	+ 4.20	3.30	0.60
5	+ 9.50	0.80	0.19	5	+14.92	3.44	0.61
6	+18.50	0.84	0.19	6	+58.80	2.50	0.21
7	+ 4.89	1.70	0.25	7	+ 5.82	3.97	0.90
8	+19.70	3.82	0.38	8	+19.89	2.20	0.22
9	+ 9.00	2.93	0.37	9	+19.86	1.80	0.94
10	+12.79	5.77	0.37	10	+ 6.50	1.52	0.92
11	+15.77	3.53	0.08	11	+ 5.49	0.53	0.41
12	+20.46	8.17	0.02	12	+ 7.46	1.41	0.53
13	+33.90	2.78	0.06	13	+ 4.05	1.63	2.17
รวม	155.31			14	+ 2.57	2.17	0.99
				รวม	195.14		

ตาราง 42 (ต่อ)

จุดวัด	ร่องที่ 5			จุดวัด	ร่องที่ 6		
	ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)		ยาว(ม.)	กว้าง(ม.)	ลึก(ม.)
1	0	1.80	0	1	0	1.10	0.09
2	+22.36	2.08	0.13	2	+10.00	1.90	0.11
3	+18.80	2.10	0.09	3	+11.90	1.84	0.10
4	+ 3.09	1.40	0.16	4	+24.18	3.50	0.03
5	+13.90	1.10	0.09	5	+16.70	2.80	0.05
6	+ 8.08	1.32	0.08	รวม	62.78		
รวม	66.23						

**ระบบการระบายน้ำบนพื้นฐานแกรนิต และกัษัยการดิน
ในบางบริเวณของอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี**

**บทคัดย่อ
ของ
กฤษณ์นัทธ์ พฤกษพงษ์**

**เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
กุมภาพันธ์ 2526**

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ลักษณะระบบการระบายน้ำที่พัฒนาบน
หินฐานแกรนิต ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Am.) ปี พ.ศ. 2496 และ พ.ศ. 2524
เพื่อทดสอบกฎของริตตัน และหาปริมาณกักเก็บการคืนที่เกิดจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำใน
พื้นที่บางบริเวณของ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โดยศึกษาจากข้อมูลระบบการระบาย
น้ำที่แปลจากรูปถ่ายทางอากาศ ข้อมูลความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L7017 และ
การศึกษาลักษณะการวัดสมบัติทางกายภาพของร่องธารประกอบกับการเก็บตัวอย่าง
ดินมาวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนการใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์

ผลการศึกษาพบว่า

1. การเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำ ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ และการลดลง
ของความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ มีแนวโน้มเป็นแบบอนุกรมเรขาคณิตที่มีอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเป็นไป
ตามกฎของริตตัน

2. การระบายน้ำปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีเนื้อที่ป่าไม้เพียงร้อยละ 14.75 มีความ
หนาแน่นกว่า ปี พ.ศ. 2496 ที่มีป่าไม้ปกคลุมหนาแน่น

3. สมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตเป็นวัสดุต้นกำเนิด มีเนื้อดินประเภทดินร่วน
ปนทราย ที่มีสีแกมอมเหลืองและมีค่าปฏิกิริยาดินตั้งแต่ 5.5 - 7.0 หลังจากมีการเปลี่ยน
สมคุณุญธรรมชาติจากป่าไม้มาเป็นพืชไร่มันสำปะหลัง ทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของอนุภาคดิน
ที่ระดับความลึก 20 - 40 เซนติเมตร จากผิวดินเป็นชั้นดานเปราะ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญใน
การจำกัดอัตราการไหลซึมลงดิน ทำให้กักเก็บการคืนรุนแรง หลังจากที่มีการทำลายป่าไม้

4. กักเก็บการคืนที่เกิดจากการพัฒนาระบบการระบายน้ำ ตลอดระยะเวลา 28 ปี
ในพื้นที่ศึกษาโดยมีเนื้อที่ประมาณ 205 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณการสูญเสียดินประมาณ
178,106 ตัน โดยแบ่งระดับกักเก็บการคืนประมาณ 4 ชั้น ดังนี้

ระดับกษัยการ	ลักษณะ	จำนวน ร่องธาร/(กม ²)	เนื้อที่ (กม ²)
ชั้นที่ 1 น้อยมาก	ไม่ปรากฏร่องธารหรือปรากฏน้อย มาก	0 - 2	21.096
ชั้นที่ 2 น้อย	ปรากฏร่องธารเล็กน้อย	3 - 5	56.680
ชั้นที่ 3 ปานกลาง	ปรากฏร่องธารหนาแน่นปานกลาง	6 - 15	79.160
ชั้นที่ 4 รุนแรง	ปรากฏร่องธารหนาแน่นสูง	16 - 50	47.640

DRAINAGE SYSTEM ON GRANITIC BEDROCK AND SOIL EROSION
IN SOME PART OF AMPHOE BANG LAMUNG
CHANGWAT CHON BURI

AN ABSTRACT
BY
KRISANAN PHRUKSAPHONG

Presented in partial fulfillment of requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
February 1985

The purposes of this study are to analyse drainage system characteristics on granitic bedrock in the tropical monsoon climate (Am.) between the year 1953 and 1981 inclusive with the intention to test Horton's law, and evaluate soil erosion which occurred due to the development of drainage system in some part of Amphoe Bang Lamung, Changwat Chon Buri. The findings were obtained by the drainage system interpreted from the aerial - photographs, relief from the topographic map series L7017 ; and field work to measure physical properties of gullies, and analyse the properties of soil samples in the laboratory as well as statistic analysis.

The results of the study are as follow :

1. The increasing of stream numbers, the cumulative mean stream lengths, and the decreasing of mean stream slopes tend to conform to the geometric series, with the constant ratio. These results support the Horton's law.
2. Drainage density in 1981 when the area was covered by the forest only 14.75% is higher than drainage density in 1953 which was covered by heavy forest
3. The granitic - derived soil properties which consist of the following characteristics : sandy loam, reddish yellow ; and pH vary from 5.5 to 7.0. After changing the balance of the forest to the cassava cultivation, soil particles were compacted to form a fragipan layer at about 20 - 40 cm. from the surface, that is important limiting factor of infiltration rates. Therefore soil erosion is more severe after deforestation.
4. Soil erosion has been developed by the drainage system for 28 years. The loss of soil which in 205 km^2 was estimated as

178,106 tons. Four classes of the estimated soil erosion are depicted in the table below.

Erosion classes	Characteristics	Amount of gullies /(km ²)	Area (km ²)
1. very slight	Non gully or a few apparent gullies	0 - 2	21.09
2. slight	Low apparent gullies	3 - 5	56.68
3. moderate	Medium apparent gullies	6 - 15	79.16
4. severe	High apparent gullies	16 - 50	47.64