

ผลงานวิชาการ
เรื่อง การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
(soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE)
พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

โดย
นางสาวฐนชนก คำขจร

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรง
ตำแหน่งนักสำรวจดินชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 386
กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน

ผลงานวิชาการ

เรื่อง การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
(soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE)
พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

โดย

นางสาวฐนชนก คำขจร

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรง
ตำแหน่งนักสำรวจดินชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 386

กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

กรมพัฒนาที่ดิน

คำนำ

การชะล้างพังทลายของดิน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินของประเทศไทย ส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียดิน ธาตุอาหารในดิน ตะกอนดินที่สูญเสียไปนั้นจะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ตะกอนดินทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลาก ส่วนผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์นั้น เป็นมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดินและงบประมาณในการขุดลอกตะกอนดินในอ่างเก็บน้ำ ฝาย คูคลอง เป็นต้น ตลอดจนการบำบัดน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค

กรมพัฒนาที่ดินเป็นหน่วยงานหลักในการศึกษา วิจัย และพัฒนาด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับการวางแผนการใช้ที่ดิน รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางการเกษตรและอื่น ๆ ดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลสถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE) ปัจจุบันค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor : K-factor) ได้จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน ตั้งแต่ปี 2526 จากแผนภาพ Nomograph โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ ต่อมาในปี 2545 ได้มีการประเมินค่า K-factor ของกลุ่มชุดดินและหน่วยธรณีวิทยา

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (1301) อยู่ในลุ่มน้ำท่าจีน (13) ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุทัยธานี จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดชัยนาท และจังหวัดกาญจนบุรี เนื้อที่ประมาณ 1,904 ตารางกิโลเมตร เป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญในหลายมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ การเกษตร และระบบนิเวศในพื้นที่ ซึ่งปัจจุบันกำลังเผชิญความท้าทายกับปัญหาด้านการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลาดชัน การสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ และความผันผวนของปริมาณน้ำท่า จึงจำเป็นต้องศึกษาและแก้ไขปัญหาในส่วนที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้นการศึกษานี้ เป็นการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว และทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ทั้ง 4 วิธี คือ วิธีที่1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยใช้วิธี Digital Soil Mapping (DSM) ผลการศึกษานี้เป็นฐานข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการใช้ที่ดิน การกำหนดมาตรการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ใช้สำหรับงานวิจัย การประเมินความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของพื้นที่

ฐนชนก คำขจร
พฤศจิกายน 2567

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
แบบการเสนอผลงาน (ระดับชำนาญการพิเศษ)	1
ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง	1
ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน	2
1. เรื่องการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	2
2. ระยะเวลาการดำเนินการ	2
3. ความรู้ความชำนาญงานหรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2
4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน	5
4.1 บทคัดย่อ	5
4.2 บทนำ	6
4.2.1 หลักการและเหตุผล	6
4.2.2 วัตถุประสงค์	7
4.2.3 ขอบเขตการศึกษา	7
4.2.4 เป้าหมายของงาน	8
4.3 การตรวจเอกสาร	8
4.3.1 ประเมินการสูญเสียดิน โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE)	8
4.3.2 ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Soil erodibility Index : K-factor)	22
4.3.3 การสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM)	25
4.3.4 แบบจำลอง	31
4.3.5 สถิติ	31
4.3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33

สารบัญ

	หน้า
4.4 ข้อมูลทั่วไป	39
4.4.1 พื้นที่ศึกษา	39
4.4.2 สภาพภูมิอากาศ	41
4.4.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา	47
4.4.4 ธรณีสัณฐาน	53
4.4.5 ทรัพยากรดิน	54
4.5 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	67
4.5.1 อุปกรณ์	67
4.5.2 วิธีการศึกษา	68
4.5.3 กรอบแนวคิดการศึกษา	72
4.6 ผลการศึกษาและวิจารณ์	74
4.6.1 สมบัติดิน	74
4.6.2 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)	82
4.6.3 ปริมาณการสูญเสียดิน	100
4.7 สรุปผลการศึกษา	109
5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)	112
6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ	113
7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ	113
8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ	113
9. ข้อเสนอแนะ	114
10. การเผยแพร่ผลงาน	114
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	114
เอกสารอ้างอิง	116
ภาคผนวก	120

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ดัชนีที่ใช้แทนค่าลักษณะโครงสร้างของดิน	11
2	ระดับอัตราการซาบซึมน้ำของดิน (Permeability classes)	11
3	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย	14
4	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินตามกลุ่มชุดดิน จำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย	15
5	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน ของหน่วยธรณีวิทยา จำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย	16
6	ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C-factor) กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค	20
7	ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) ตามรูปแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	21
8	ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) ตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน	21
9	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุทัยธานี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)	41
10	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุ่งทอง คาบ 16 ปี (พ.ศ. 2549-2564)	42
11	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรจังหวัดชัยนาท คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)	43
12	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)	44
13	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอทองผาภูมิ คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)	45
14	ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)	46
15	ธรณีวิทยา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	49
16	ทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	57
17	สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	62
18	สมบัติของดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	75
19	สมบัติทางเคมีของดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	76
20	สมบัติทางกายภาพของดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	79
21	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	84
22	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) จำแนกตามเนื้อดินบน	87
23	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	93
24	ค่าทางสถิติของค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)	98
25	ปริมาณการสูญเสียดิน ตามสมการ USLE ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	100
26	ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K ตามวิธี Digital Soil Mapping (DSM)	104

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนภาพโนโมกราฟสำหรับการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน	12
2 ขั้นตอนการสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM)	27
3 ผังการทำงาน K-Fold Cross Validation	29
4 แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	40
5 แผนที่ธรณีวิทยา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	48
6 ทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	56
7 สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	61
8 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษา ค่า K-factor	69
9 กรอบการดำเนินการศึกษา	73
10 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978)	89
11 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990)	90
12 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)	91
13 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)	92
14 แผนที่ของค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	94
15 แผนที่ของค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	95
16 แผนที่ของค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	96
17 แผนที่ของค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	97
18 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Residual Plot) ทั้ง 4 วิธี	99
19 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor สมการของ Wischmeier and Smith (1978) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	101
20 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว	102

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
21	แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor สมการของ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว	105
22	แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว	106
23	แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว	107
24	แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว	108

แบบการเสนอผลงาน
(ระดับชำนาญการพิเศษ)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง

ชื่อผู้ขอประเมิน นางสาวฐนชนก คำขจร

ตำแหน่งปัจจุบัน นักสำรวจดินชำนาญการ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งปัจจุบัน

1. ปฏิบัติงานการสำรวจดินอย่างละเอียดโดยอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงาน และประสบการณ์สูงมาก เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของทรัพยากรดินในพื้นที่ต่างๆ มีความเหมาะสมของดินและปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการใช้ที่ดินทางการเกษตร

2. ปฏิบัติงานการสำรวจดินสภาพการใช้ที่ดินโดยอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงาน และประสบการณ์สูงมาก เพื่อให้ทราบถึงปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินและสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการบริหารทรัพยากรดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. จัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศของหน่วยงานในพื้นที่ตลอดจนวิเคราะห์สนับสนุนผลิตและให้บริการข้อมูลสารสนเทศด้านการพัฒนาที่ดินเพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง นักสำรวจดินชำนาญการพิเศษ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง

1. ปฏิบัติงานการสำรวจดินอย่างละเอียดโดยอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงาน และประสบการณ์สูงมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของทรัพยากรดินในพื้นที่ต่างๆ มีความเหมาะสมของดินและปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการใช้ที่ดินทางการเกษตร

2. ปฏิบัติงานสำรวจดินสภาพการใช้ที่ดินโดยอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงาน และประสบการณ์สูงมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินและสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการบริหารทรัพยากรดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. จัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศของหน่วยงานในพื้นที่ตลอดจนวิเคราะห์สนับสนุนผลิตและให้บริการข้อมูลสารสนเทศด้านการพัฒนาที่ดินเพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

2. ระยะเวลาการดำเนินการ ดำเนินการ ตุลาคม 2565 - กันยายน 2567

3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.1 ความรู้ด้านปฐพีวิทยา (soil science) ความรู้ด้านปฐพีวิทยา ประกอบไปด้วย การกำเนิดดิน และปัจจัยการสร้างตัวของดิน องค์ประกอบดิน ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและหน้าตัดดิน สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีดิน สมบัติทางชีวภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และด้านสิ่งแวดล้อมของดิน

3.2 ความรู้ด้านการสำรวจและจำแนกดินตามระบบ USDA Soil Taxonomy ตามหลักการสำรวจดิน โดยมีขั้นตอน ตั้งแต่การวางแผนการสำรวจดิน ตามวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลไปใช้งาน เพื่อกำหนดระดับการสำรวจดิน การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เช่น แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ข้อมูลภูมิอากาศ ภาพถ่ายทางอากาศ/ดาวเทียม รายงานการสำรวจดินเดิม เพื่อกำหนดหน่วยแผนที่เบื้องต้น (Preliminary Map Units) การปฏิบัติงานภาคสนาม การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ การจัดทำแผนที่ดินและการจัดทำรายงานการสำรวจดิน

3.3 ความรู้ด้านธรณีวิทยา (Geology) และธรณีสัณฐานวิทยา (Geomorphology) เพื่อศึกษาชนิดของหินและแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน รวมถึงลักษณะภูมิประเทศ (Landforms) และกระบวนการทางธรณีวิทยา ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการกระจายตัวของดิน

3.4 การประเมินการสูญเสียดินและน้ำด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สามารถจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแสดงในรูปของแผนที่ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์สถานการณ์จำลองได้

3.5 ความรู้ทางด้านสถิติ การใช้โปรแกรม R Statistic ในการสร้างแผนที่และการแปลผลทางสถิติ ใช้ความรู้ในการวางแผน ออกแบบการทดลองให้รัดกุมและตรงโจทย์วิจัยที่ศึกษา สามารถเก็บข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดี ช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานภาคสนาม ผสานกับองค์ความรู้ทางด้านสถิติเพื่อใช้ประเมินว่างานวิจัยสามารถเลือกใช้สถิติได้เหมาะสมกับชนิดของข้อมูลและสมมุติฐาน ช่วยในการตอบคำถามงานวิจัยได้โดยมีหลักการทางสถิติเป็นตัวช่วยอ้างอิง นำมาประเมินการทดสอบค่าต่าง ๆ ความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล นอกจากนี้ยังเป็นการประเมินความน่าเชื่อถือของผลจากการวิจัย มีรายละเอียดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

3.5.1 สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) คือ ค่าที่ใช้อธิบายลักษณะสำคัญ หรือสรุปลักษณะของชุดข้อมูลที่สนใจ เพื่อให้เห็นภาพรวมของข้อมูลชุดนั้นๆ ดังนี้

- 1) ค่าสูงสุด (max)
- 2) ค่าต่ำสุด (min)
- 3) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean)
- 4) ค่ามัธยฐาน (median)
- 5) พิสัย (range)
- 6) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation - SD หรือ S.D.)
- 7) สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation - CV)

3.5.2 การทดสอบความแม่นยำของแผนที่ (accuracy assessment) จากการทำนายค่าทั้ง 4 สมการ ด้วยการเก็บตัวอย่างชุดข้อมูลภาคสนาม (ground truth data) มาเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการที่มีความแม่นยำสูงที่สุด โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำ ได้แก่ ค่า ME MAE RMSE และ R^2 ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด (Mean Error :ME) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าจากการประมาณค่าและค่าจริง หาก ME มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้ต่ำกว่าค่าจริง แต่ถ้าหาก ME มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้สูงกว่าค่าจริง

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)$$

โดย x_i = ค่าจริง

x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error : MAE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจากการประมาณค่า และค่าจริง หาก MAE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |x_i - x|$$

โดย x_i = ค่าจริง

x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3) รากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด (Root Mean Squared Error : RMSE) เป็นการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณที่จากการประมาณค่าแต่ละวิธี หากค่า RMSE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

4.1 บทคัดย่อ

ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำชุดข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว และทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ทั้ง 4 วิธี คือ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยใช้วิธี Digital Soil Mapping (DSM) ใช้แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) และ แบบจำลอง Random Forest (RF) ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาพบว่า ดินบนพื้นที่ลุ่ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.82 - 3.76 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวมของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 1.28 - 1.73 g/cm³ เป็นดินร่วนถึงดินเหนียว ดินบนพื้นที่ดอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.13 - 8.64 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวมของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 1.19-1.93 g/cm³ เป็นดินร่วนเหนียวถึงดินทรายปนดินร่วน มีค่า K-factor อยู่ในช่วง 0.08 - 0.55 ค่าเฉลี่ย 0.36 และปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลกับค่า K-factor คือปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปัจจัยด้านภูมิประเทศ และการสร้างแผนที่ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ค่า K-factor เฉลี่ยจากสมการ Wischmeier and Smith (1978) อยู่ในช่วง 0.18 - 0.66 ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด 0.38 รองลงมา เป็น ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน และค่า K-factor จากสมการ Sharply and Williams (1990) น้อยที่สุด 0.26 ปริมาณการสูญเสียดิน ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี DSM พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 574,827 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 47.65 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 403,689 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 33.47 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ผลการศึกษานี้เป็นการพัฒนาในการนำเทคนิค วิธีการ DSM มาประยุกต์ใช้ในการประเมิน ค่า K-factor ในเชิงนโยบายจะช่วยลดงบประมาณและระยะเวลาในการดำเนินการสำรวจ ตลอดจนเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำสูง สามารถนำมาประเมินการสูญเสียดินได้ เป็นแนวทางให้กรมพัฒนาที่ดินนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต ทั้งนี้การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาตามวัตถุประสงค์ สภาพพื้นที่ศึกษา ข้อมูลสมบัติดินที่มีอยู่ ซึ่งอาจต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของคุณสมบัติดิน หรือปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือตามสภาพพื้นที่ศึกษา เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ความลาดชัน ข้อมูลภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.2 บทนำ

4.2.1 หลักการและเหตุผล

การชะล้างพังทลายของดิน เป็นปรากฏการณ์ซึ่งที่ดินถูกชะล้างกัดเซาะพังทลาย ซึ่งเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ การชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติที่มีน้ำและลมเป็นตัวการ และการชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่ง ซึ่งมีมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่งให้การชะล้างพังทลายเพิ่มมากขึ้น (พิทยากร, 2557) ส่งผลให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม สูญเสียดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งการชะล้างพังทลายของดินนี้ เป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินของประเทศไทย จากรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อดินเกิดการชะล้างพังทลายจะทำให้เกิดการสูญเสียของหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เพราะเป็นส่วนที่มีธาตุอาหารพืชและอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำท่าจีน ปัจจุบันกำลังประสบปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากปัญหาการบุกรุกป่าในพื้นที่ต้นน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชัน เพื่อใช้เป็นพื้นที่เกษตร ส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่ลงสู่อ่างเก็บน้ำ มีการปนเปื้อนสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร และตะกอนดินยังส่งผลโดยตรงต่อการตื่นเงินของลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ ภาครัฐจำเป็นต้องใช้งบประมาณสูงในการขุดลอกลำน้ำ จากข้อมูลระบบติดตามและประเมินผลแห่งชาติ (eMENSCR) พบว่า ในปี 2564 และปี 2565 มีโครงการขุดลอกอ่างเก็บน้ำกระเสียว โชน C2 โดยงบประมาณสูงถึง 30 ล้านบาท และหน่วยงานส่วนท้องถิ่นได้ดำเนินการขุดลอกตะกอนดินในทุกๆ ปี และยังเผชิญปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้ง

การสูญเสียดินสามารถประเมินได้โดยการวัดโดยตรงในภาคสนามและประเมินได้ทางอ้อม โดยการใช้สมการการสูญเสียดินสากล การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการประเมินทางอ้อมเป็นวิธีที่นิยมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายน้อย ระยะเวลาการศึกษาไม่นาน กรมพัฒนาที่ดินนิยมประเมินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และปัจจุบันค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor : K-factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ของประเทศไทย โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ ทำการประเมินโดยแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนคือพื้นที่ราบและพื้นที่สูง กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ต่อมาในปี 2545 ได้มีการประเมินค่า K ของกลุ่มชุดดินและหน่วยธรณีวิทยา ซึ่งยังไม่มีเฉพาะเจาะจงของพื้นที่ และฐานข้อมูลดินมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว และทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูก

ชะล้างพังทลายของดินทั้ง 4 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยใช้วิธี Digital Soil Mapping (DSM) ใช้แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) โดยนำปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental variables) จำนวน 6 กลุ่ม 71 ปัจจัย เพื่อสร้างแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ผลการศึกษานี้ จะเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวางแผนการใช้ที่ดิน การกำหนดมาตรการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ใช้สำหรับงานวิจัย และการประเมินความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของพื้นที่

4.2.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อจัดทำชุดข้อมูล (Data Set) ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว
- 2) เพื่อทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
- 3) เพื่อประเมินการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

4.2.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาภายใต้หัวข้อการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษา เช่น แผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1:25,000 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2564 มาตรฐาน 1:25,000 ข้อมูล DEM ข้อมูลภูมิอากาศ เป็นต้น

การเก็บตัวอย่างดินสำหรับประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน กำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามหน่วยแผนที่ดิน จากแผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1:25,000 จำนวนทั้งสิ้น 121 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างและแบบรบกวนโครงสร้าง เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ สำหรับประเมินค่า K-factor ตามรูปแบบสมการ ดังนี้ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) และวิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

การสร้างแผนที่ค่า K-factor ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ใช้แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทั้ง 4 วิธีและทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

ประเมินการสูญเสียดินด้วยสมการการสูญเสียดินสากล USLE โดยการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่าปัจจัยการความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละวิธี

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว อยู่ในลุ่มน้ำท่าจีน ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุทัยธานี จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดชัยนาท จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ประมาณ 1,904 ตารางกิโลเมตร

ระยะเวลาการศึกษา สิงหาคม 2564 - กันยายน 2565

4.2.4 เป้าหมายของงาน

- 1) สำรวจการใช้ที่ดิน สำรวจดิน พื้นที่ในลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว เนื้อที่ประมาณ 1,904 ตารางกิโลเมตร
- 2) ได้ชุดข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว
- 3) ได้พัฒนาศักยภาพของบุคลากรในด้านการใช้เทคโนโลยี Digital Soil Mapping (DSM) ในการสร้างแผนที่ดินที่มีรายละเอียดสูง โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และข้อมูลเชิงพื้นที่
- 4) สนับสนุนการวางแผนการใช้ที่ดิน การกำหนดมาตรการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ใช้สำหรับงานวิจัย และการประเมินความเสี่ยงการชะล้างพังทลายของพื้นที่

4.3 การตรวจเอกสาร

4.3.1 ประเมินการสูญเสียดิน โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE)

ประเมินการสูญเสียดินของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล จากข้อมูลหัตถ์ภูมิเพื่อทราบอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา และใช้เป็นค่าเป้าหมายพื้นฐาน (Baseline) โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินการสูญเสียดินของสภาพพื้นที่ดิน

การสูญเสียดินมีความหมายครอบคลุมถึงความเสื่อมโทรมของดินซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถในการปลูกพืช ทั้งนี้การสูญเสียดินในพื้นที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงการสูญเสียธาตุอาหารในดิน และส่งผลถึงรายได้ของเกษตรกร การประเมินการสูญเสียดินมีวัตถุประสงค์ของเพื่อศึกษาถึงสภาพและความรุนแรงของสภาพพื้นที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการ

ดำเนินงานในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน รวมถึงการจัดทำข้อมูลและแผนที่แสดงการสูญเสียดินให้อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับเป็นมาตรฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แนวทางของสมการการสูญเสียดินสากล (Wischmeier and Smith, 1978) ประยุกต์ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินเชิงพื้นที่ค่าการสูญเสียดินในพื้นที่ที่สามารถประมาณได้จากผลคูณของปัจจัยดังกล่าวโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังสมการที่ (1)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots(1)$$

โดยที่

A = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)

R = ผลของความรุนแรงของฝน ประมาณจากสมการสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลของความรุนแรงของฝนที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

K = ความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย กำหนดจากข้อมูลชุดดินประกอบการตรวจเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

LS = ผลของระยะทางลาดและความลาดชัน

C = ผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ ได้จากกำหนดจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

P = ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กำหนดค่าให้เท่ากับ 1.0 ตามสมมติฐานที่ว่ายังไม่มีระบบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่

การหาค่าตัวเลขปัจจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้ คือ

1) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝน (R-factor)

ค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝนเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในเขตรมรสุม ซึ่งการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอทำให้ความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ มีความแตกต่างกันไป เป็นผลให้ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินมีมากน้อยต่างกันไปด้วย การศึกษาครั้งนี้ รวบรวมปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ห้วยกระเสียวและพื้นที่ใกล้เคียงในการหาค่าปัจจัยน้ำฝน สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาสมการเพื่อใช้ประเมินค่า R-factor โดยสมการที่ 2 ของ Hyper (1998) Shrestha and Giri (1995) และ Navanugraha and Pattanakiat (2000) (อ้างจากชาญชัย และคณะ, 2545) ได้ศึกษา R-factor จากสมการ

$$R = 38.5 + 0.35[P] \dots\dots\dots(2)$$

โดย P คือ ปริมาณน้ำฝน

2) ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Soil erodibility Index : K-factor)

ในการศึกษาครั้งนี้ ประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน จำนวน 4 วิธี ดังนี้ วิธีที่1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่3 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดินจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยได้จากการศึกษาคุณสมบัติของชุดดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการ จากการสำรวจภาคสนาม และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน แล้วนำมาประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K factor)

(1) วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

จากการเก็บตัวอย่างดินตามการศึกษาครั้งนี้ โดยการเก็บตามหน่วยแผนที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ แล้วนำมาประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินจากแผนภาพโนโมกราฟ (ภาพที่ 1) ทำให้ง่ายและสะดวกเมื่อทราบสมบัติของดินก็สามารถทราบค่า K ได้ทันที ประยุกต์จาก Wischmeier et al. (1971) ที่มีวิธีการหาค่า K ที่สะดวกและไม่ซับซ้อนขึ้น ด้วยการใช้สมบัติของดินที่สำคัญ 5 ชนิด คือ

- (1) ผลรวมเปอร์เซ็นต์ทรายแป้ง (silt) กับทรายละเอียดมาก (very fine sand)
- (2) เปอร์เซ็นต์ดินทราย (sand)
- (3) เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (organic matter)
- (4) โครงสร้างดิน (soil structure)
- (5) การซาบซึมน้ำในดิน (soil permeability)

การประเมินค่า K-Factor จากแผนภาพโนโมกราฟ ได้อาศัยสมการดังนี้

$$100K = [(2.1M^{1.14} \times 10^{-4}) \times (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)] \dots\dots\dots(3)$$

โดย M: (เปอร์เซ็นต์ silt + เปอร์เซ็นต์ very fine sand) x (100 - เปอร์เซ็นต์ clay)

a: เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)

b: ดัชนีที่ใช้เป็นค่าแทนลักษณะโครงสร้างของดิน (ตารางที่ 1)

c: ระดับอัตราการซาบซึมน้ำของดิน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ดัชนีที่ใช้แทนค่าลักษณะโครงสร้างของดิน

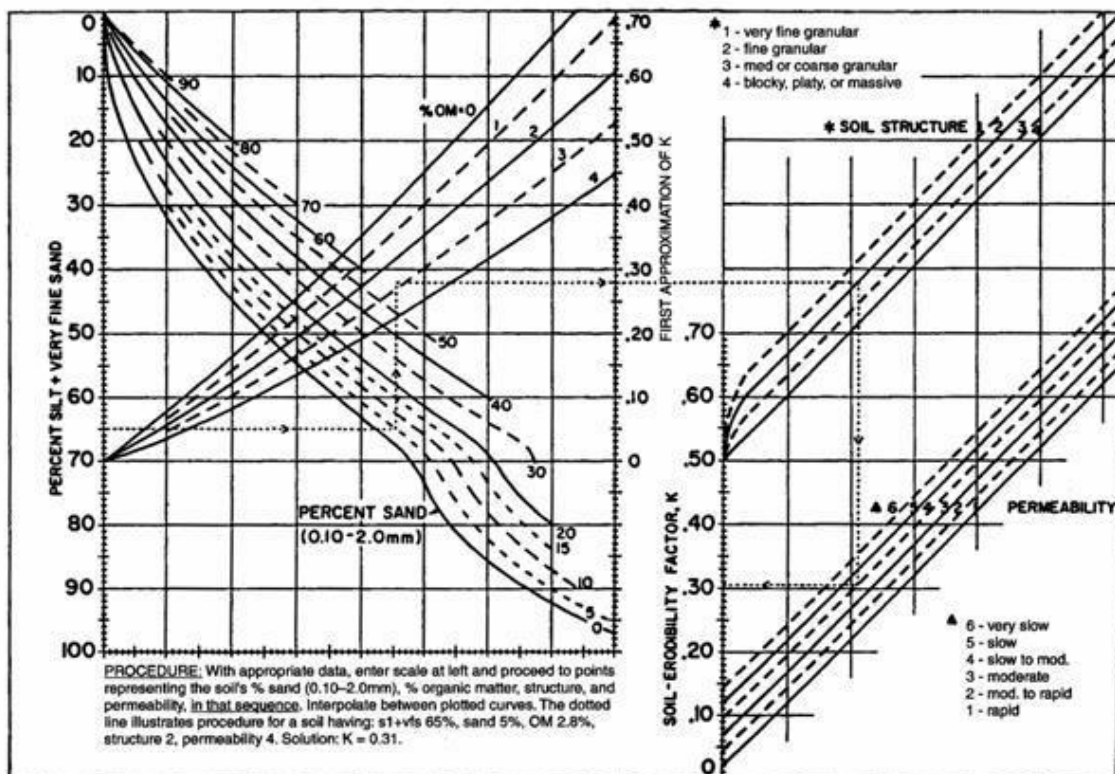
ลักษณะโครงสร้างดิน	รหัสโครงสร้างดิน
แบบก้อนกลมละเอียดมาก (very fine granular)	1
แบบก้อนกลมละเอียด (fine granular)	2
แบบก้อนกลมปานกลาง (medium granular)	3
แบบก้อนกลมหยาบ (coarse granular)	3
แบบก้อนเหลี่ยม (blocky)	4
แบบแผ่น (platy)	4
แบบก้อนทึบ (massive)	4

ที่มา : ดัดแปลงจาก Wischmeier et al. (1971)

ตารางที่ 2 ระดับอัตราการซาบซึมน้ำของดิน (Permeability classes)

ระดับชั้น	ค่าสัมประสิทธิ์การนำ น้ำของดินที่อิ่มตัว ด้วยน้ำ (cm/hr)	ความซาบซึมน้ำได้ ของดิน ($\text{cm}^2 \times 10^{-10}$)	ค่าเกณฑ์ ความซาบ ซึมน้ำได้ ของดิน
ช้ามาก (very slow)	< 0.125	<3	6
ช้า (slow)	0.125-0.50	3-15	5
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.50-2.00	15-60	4
ปานกลาง (moderately)	2.00-6.25	60-170	3
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.25-12.50	170-350	2
เร็ว (rapid)	12.50-25.00	350-700	1
เร็วมาก (very rapid)	>25.00	>700	1

ที่มา : Wischmeier et al. (1971)



ภาพที่ 1 แผนภาพโนโมกราฟสำหรับการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
ที่มา : Wischmeier and Smith (1978)

(2) วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990)

ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย ตามสมการของ Sharply and Williams (1990) ดังนี้

$$K = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \dots\dots\dots(4)$$

โดย $K1 = 0.2 + 0.3 \exp [-0.0256 \text{ Sand} (1 - \text{Silt}/100)]$

$$K2 = [\text{Silt} / (\text{Silt} + \text{Clay})]^{0.3}$$

$$K3 = 1 - [0.25C / \{C + \exp (3.72 - 2.95C)\}]$$

$$K4 = 1 - [0.75SN1 / \{SN1 + \exp (-5.51 + 22.9SN1)\}]$$

- โดย : Sand = เปอร์เซ็นต์ ของอนุภาคดินทราย
- : Silt = เปอร์เซ็นต์ ของอนุภาคดินทรายแป้ง
- : Clay = เปอร์เซ็นต์ ของอนุภาคดินเหนียว
- : C = เปอร์เซ็นต์ ของอินทรีย์คาร์บอน
- : SN1 = $1 - \text{Sand}/100$

(3) วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

กรมพัฒนาที่ดิน ได้ประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ตามข้อมูลสมบัติ 5 ประการ ของตัวแทนชุดดิน (Soil series) ที่มีการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาแนะนำให้ใช้สำหรับประเมินค่าปัจจัย K อย่างง่าย โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ ทำการประเมินโดยแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนคือพื้นที่ราบและพื้นที่สูง โดยพื้นที่ราบ หมายถึงที่ราบลุ่มน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา มีความลาดชันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่สูง ครอบคลุมพื้นที่ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจำแนกเป็นที่ลาดชันเชิงซ้อน (slope complex : SC) แสดงได้ดังตารางที่

ตารางที่ 3 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย

เนื้อดินบน	ค่า K-Factor									
	บริเวณที่สูง (ความลาดชัน > 35 เปอร์เซ็นต์)					บริเวณที่ราบ (ความลาดชัน < 35 เปอร์เซ็นต์)				
	ตอ./น.	เหนือ	กลาง	ตต.	ใต้	ตอ./น.	เหนือ	กลาง	ตต.	ใต้
sand	-	-	-	0.05	0.04	-	-	-	0.05	0.04
Loamy sand	0.04	0.05	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
Sandy loam	0.29	0.27	0.30	0.19	0.20	0.26	0.30	0.26	0.34	0.30
Loam	0.29	0.33	0.33	0.30	0.33	0.35	0.35	0.43	0.33	0.34
Silt loam	0.37	0.49	0.56	0.21	0.40	0.34	0.34	0.47	0.44	0.39
Silt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57
Sandy clay loam	0.24	0.21	0.20	0.25	0.19	0.20	0.22	0.21	0.23	0.21
Clay loam	0.25	0.24	0.28	0.30	0.29	0.36	0.27	0.19	0.25	0.31
Silty clay loam	0.46	0.35	0.38	0.37	0.31	0.43	0.42	0.29	0.38	0.21
Sandy clay	-	-	0.15	-	-	-	0.17	0.17	0.18	0.18
Silty clay	0.23	0.21	0.26	0.19	0.22	0.27	0.27	0.23	0.29	0.29
Clay	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11	0.15	0.18	0.18	0.14	0.14

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

หมายเหตุ : ตอ./น. : ตะวันออกเฉียงเหนือ, ตต. : ตะวันตก

(4) วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

จากผลการศึกษาการประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ในการประเมินค่า K ของกลุ่มชุดดินและหน่วยธรณีวิทยา พบว่าค่า K ในประเทศไทย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.04 - 0.56 กลุ่มชุดดินที่มีค่า K ต่ำสุด อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.08 ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 22, 23, 24, 41, 42 และ 43 ซึ่งเนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วน กลุ่มชุดดินที่มีค่า K สูงสุด อยู่ระหว่าง 0.37 - 0.56 ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33 ซึ่งเนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง หน่วยธรณีวิทยาที่มีค่า K ต่ำสุด อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.08 คือ พวกหินทราย หน่วยธรณีวิทยาที่มีค่า K ค่อนข้างสูง อยู่ระหว่าง 0.24 - 0.30 คือ พวกหินดินดานและหินอัคนี ดังแสดงในตารางที่ 4 และค่า K ของหน่วยธรณีวิทยา แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินตามกลุ่มชุดดิน จำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย

กลุ่มชุดดิน	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ตะวันตก
1-5	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
6-7	0.31	0.27	0.36	0.35	0.29
8	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
9	0.21	0.27	0.21	0.14	0.29
10-14	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
15	0.31	0.27	0.36	0.35	0.29
16	0.34	0.34	0.34	0.44	0.47
17-20	0.30	0.30	0.26	0.34	0.26
21	0.34	0.35	0.35	0.33	0.43
22	0.04	0.06	0.05	0.08	0.07
23	0.04	0.06	0.16	0.05	0.07
24	0.04	0.06	0.05	0.08	0.07
25	0.30	0.30	0.26	0.34	0.26
26	0.33	0.30	0.18	0.25	0.29
27	0.22	0.18	0.18	0.27	0.18
28	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
29-31	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
32	0.33	0.30	0.26	0.30	0.36
33	0.40	0.49	0.37	0.44	0.56
34	0.20	0.19	0.26	0.19	0.21
35-40	0.20	0.27	0.24	0.19	0.34
41	0.04	0.05	0.04	0.07	0.08
42	0.04	0.05	0.14	0.05	0.04
43	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
44	0.07	0.05	0.04	0.05	0.08
45	0.33	0.30	0.18	0.30	0.30

ตารางที่ 4 (ต่อ)

กลุ่มชุดดิน	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ตะวันตก
46	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
47	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
48-49	0.20	0.27	0.24	0.34	0.34
50	0.20	0.19	0.26	0.19	0.23
51	0.20	0.15	0.26	0.19	0.25
52	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
53	0.33	0.30	0.18	0.30	0.30
54-55	0.29	0.24	0.25	0.14	0.28
56	0.20	0.27	0.24	0.34	0.34
57-58	0.35	0.35	0.30	0.35	0.35
59	0.34	0.35	0.35	0.33	0.43
60	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
61	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
62	พิจารณาตามหน่วยธรณีวิทยา				

ตารางที่ 5 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย

หน่วยธรณีวิทยา	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันตก
Qa	sil, sl, l, sicl,	0.40	0.19	0.37	0.21	0.56
Qt	sl, scl, cl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
T, K	sl, scl, cl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
J, P	c, cl	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_	cl	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
C	sl, scl, c (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
D	cl, c	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
S	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
O	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20

ตารางที่ 5 (ต่อ)

หน่วยธรณีวิทยา	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันตก
E	cl, scl (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
PE, PE?	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
JK	sl, ls, scl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_J	scl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
P_R	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
DC	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
CP	scl, sc, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
SD	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
EO, P3	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
P1-2, P2	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P1	c, scl (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P2-3	c, sc	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPk	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
C2-3	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
C1-2, C2	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Cl	cl, scl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Kms	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
Kkk	ls, sl	0.07	0.05	0.04	0.07	0.08
Kpp	sl, ls	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jsk	l, sl	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
Jpw	sl, ls, l	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jpk	l, cl, c	0.33	0.05	0.29	0.30	0.33
R_hl	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
R_np	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
C1-2?	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Cki	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

ตารางที่ 5 (ต่อ)

หน่วย ธรณีวิทยา	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันตก
Cih	scl, sl, sc (g)	0.19	0.21	0.25	0.25	0.20
Ckk	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Sd?	gscl, gcl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
K, ?	l, cl, c	0.33	0.33	0.25	0.30	0.33
J?	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_pd	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_d	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
R_h	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
R_p	cl, c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_pt	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_?	sl, ls	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_i	cl, scl, sc (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Bs	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_Jgr	scl, sl, cl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
R_gn@P+Rgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Cgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
u	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
KTrgn@Kgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Mzv	scl, l, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
PR_v	c (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPv	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

หมายเหตุ ¹ เนื้อดินบน

c คือ clay cl คือ clay loam l คือ loam ;
g คือ gravelly ls คือ loamy sand scl คือ sandy clay loam.
sil คือ silt loam; silcl คือ silty clay loam sl คือ sandy loam

3) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ (Slope length and slope steepness

factor: LS-factor)

ค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศประกอบด้วย ความยาวของความลาดชัน และระดับของความลาดชัน (Slope length and slope steepness factor : LS-factor) การศึกษาครั้งนี้ ประเมินค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศด้วยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ของกรมพัฒนาที่ดิน (Digital Elevation Model : DEM) แบบกริดขนาด 10*10 เมตร ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาร้อยละของความลาดชัน และความยาวของความลาดชันจากทิศทางการไหล โดยใช้สมการของ Wischmeier and Smith (1957) ที่แนะนำโดยกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างจากกรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

$$LS = [(L/22.13)^m] \times [0.065+0.0456(S) + 0.00654(S)^2] \dots\dots\dots(5)$$

เมื่อ LS = ค่าปัจจัยความชันและความยาวของความลาดเท

L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเทในสมการสูญเสียดินสากล (เมตร)

S = ค่าปัจจัยความชัน

m = ตัวเลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดเท

m = 0.2 ถ้า S เท่ากับ 0 – 1.0 เปอร์เซนต์

m = 0.3 ถ้า S เท่ากับ 1.1 – 3.0 เปอร์เซนต์

m = 0.4 ถ้า S เท่ากับ 3.1 – 5.0 เปอร์เซนต์

m = 0.5 ถ้า S เท่ากับ 5.1 – 21.0 เปอร์เซนต์

m = 0.7 ถ้า S มากกว่า 21.0 เปอร์เซนต์

4) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (Cropping management factor: C-factor)

ในการศึกษาครั้งนี้ ประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช อาศัยแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตรฐาน 1:25,000 ซึ่งค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืชเป็นดัชนีที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่มีการปลูกพืชและการจัดการพืชชนิดใดชนิดหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินที่ถูกชะล้างมาจากแปลงทดลองที่ปล่อยให้ว่างเปล่า และไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท ซึ่งค่าปัจจัยการจัดการพืชเป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นถึง

ประสิทธิภาพของพืช พื้นที่ดินที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณสามารถป้องกันและลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถสกัดกั้นการตกกระแทกของฝนได้แตกต่างกัน และช่วงเวลาในการเจริญเติบโตหรืออายุก็มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

ลักษณะการปกคลุมเรือนยอดของพืชแต่ละชนิดว่าสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวดินได้มากน้อยเพียงใด ร่วมกับพืชพรรณที่ขึ้นอยู่เหนือผิวดินและเศษซากเหลือของพืช วิธีการปฏิบัติในการปลูกพืชหรือระบบการปลูกพืช ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช C-factor หาได้จากตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C-factor) กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค

กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C-factor)				
	กลาง/ตะวันตก	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	ภาคใต้
นาข้าว	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
พืชไร่	0.485	0.474	0.525	0.485	0.322
ไม้ยืนต้น	0.150	0.150	0.150	0.150	0.160
ไม้ผล	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
พืชสวน	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
ไร่มวนเวียน	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
ทุ่งหญ้า	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
เกษตรผสมผสาน	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
ป่าไม่ผลัดใบ	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001
ป่าผลัดใบ	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
สวนป่า	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088
วนเกษตร	0.088	0.008	0.088	0.088	0.088
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015

ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

5) ปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Conservation practice factor: P-factor)

ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช อาศัยแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน การทำนาในกรณีที่มีคันนาก็นับว่าเป็นระบบการทำคันดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 แต่ระบบการอนุรักษ์อื่น ๆ ไม่สามารถแสดงได้ในแผนที่ระดับลุ่มน้ำ จึงถือว่าพื้นที่นั้น ๆ ไม่มีระบบการอนุรักษ์ จึงมีค่า P เท่ากับ 1 ดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) ตามรูปแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

รูปแบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ	ปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor)
Up & down slope	1.00
Cross slope	0.75
Contour farming	0.50
Strip cropping, cross slope	0.37
Strip cropping, contour	0.25

ตารางที่ 8 ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) ตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน

กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor)	
	มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
นาข้าว	0.50	0.10
พืชไร่	0.75	1.00
ไม้ยืนต้น	1.00	1.00
ไม้ผล	0.75	1.00
พืชสวน	0.25	1.00
ไร่มุขเวียน	0.75	1.00
ทุ่งหญ้า	1.00	1.00
เกษตรผสมผสาน	0.37	1.00
ป่าไม้ผลัดใบ	1.00	1.00
ป่าผลัดใบ	1.00	1.00
สวนป่า	0.75	1.00
วนเกษตร	0.75	1.00
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	1.00	1.00

ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

4.3.2 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility Index : K-factor)

ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Soil erodibility Index : K-factor) เป็นปัจจัยที่ควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาแนวทางการจัดการที่ยั่งยืน ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย หรือที่เรียกว่าค่า K-factor เป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่สำคัญซึ่งแสดงถึงคงทนของดินต่อการถูกชะล้างโดยน้ำฝนและน้ำไหลบ่า โดยค่านี้ส่งผลถึงความง่ายที่อนุภาคดินจะถูกชะล้างและเคลื่อนย้าย นอกจากนี้ยังรวมถึงอิทธิพลของดินต่อปริมาณและอัตราการไหลบ่าภายใต้สภาวะมาตรฐาน ลักษณะสองประการนี้คือความคงทนต่อการถูกชะล้างและการมีอิทธิพลต่อการไหลบ่า ทำให้ค่า K-factor เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการประเมินการชะล้างพังทลาย ในบริบทของแบบจำลอง USLE และ RUSLE ค่า K-factor ถูกกำหนดให้เป็นอัตราเฉลี่ยรายปีของการสูญเสียดินต่อหน่วยดัชนีความรุนแรงของฝน โดยวัดบนแปลงทดลองที่ไถพรวนอย่างต่อเนื่องในสภาพไร่พืชคลุม มีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ และความยาวลาดชัน 22.13 เมตร ค่าจำกัดความที่เป็นมาตรฐานนี้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบสำหรับประเมินความคงทนของดินชนิดต่างๆ ต่อการถูกชะล้างพังทลาย ค่า K-factor โดยทั่วไปแสดงในหน่วยเมตริก SI เป็น $(t \cdot ha \cdot h) (ha \cdot MJ \cdot mm)^{-1}$ หรือ $mg \times h \times (MJ \times mm)^{-1}$ ค่า K-factor ที่รายงานในงานวิจัยต่างๆ ช่วงค่า K-factor โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 0.69 (Goldman et al, 1986; Mitchell & Bubbenzer, 1980)

1) วิธีการประเมินค่า K-factor

วิธีการประเมินค่า K-factor ในปัจจุบันสามารถ รวบรวมได้ดังนี้

(1) การวัดโดยตรงในภาคสนาม โดยการวัดการสูญเสียดินจากแปลงทดลองมาตรฐาน ยาว 22.1 เมตร ลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ไถพรวนอย่างต่อเนื่องในสภาพไร่พืชคลุม ภายใต้สภาวะฝนตกตามธรรมชาติ และหาความสัมพันธ์กับการชะล้างของฝน (R-factor) ค่า K-factor จะถูกคำนวณเป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินต่อการชะล้างของฝน ($K = A/R$) (Wischmeier & Smith, 1978) วิธีนี้ถือว่ามีความแม่นยำที่สุด แต่มีข้อจำกัดด้านเวลา มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องเก็บข้อมูลในระยะยาว ในกรณีที่พารามิเตอร์แปลงทดลองแตกต่างจากมาตรฐาน ทั้งความลาดชัน พืชปกคลุม จำเป็นต้องใช้การคำนวณย้อนกลับโดยใช้สมการแบบจำลองการชะล้างเพื่อประมาณค่า K-factor

(2) การประมาณค่าโดยทางอ้อม โดยอาศัยคุณสมบัติของดินที่สามารถวัดได้ จึงเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางทั่วโลก วิธีการเหล่านี้มักเรียกว่า "Pedotransfer Functions (PTFs)" สำหรับค่า K-factor โดยมีวิธีการที่ได้รับการยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลายดังนี้

(2.1) สมการ Wischmeier and Smith's Nomograph Equation

สมการ Wischmeier and Smith's Nomograph Equation เป็นสมการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด พัฒนาขึ้นในปี 1971 และปรับปรุงในปี 1978 โดย Wischmeier

และ Smith สมการนี้ประมาณค่า K โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของดิน 5 ประการ คือเปอร์เซ็นต์อนุภาคทรายแป้ง (Silt) และทรายละเอียดมาก (Very Fine Sand) เปอร์เซ็นต์อนุภาคทราย (Sand) เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดิน และโครงสร้างของดิน และความซึมผ่านได้ของน้ำในดิน

ข้อจำกัดการใช้งาน พัฒนาขึ้นจากข้อมูลดินในสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก การนำไปใช้ในพื้นที่อื่นอาจต้องมีการปรับเทียบ

(2.2) สมการของ EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) Sharpley and Williams (1990)

เป็นการปรับปรุงสมการของ Wischmeier and Smith โดยลดจำนวนตัวแปรที่ต้องใช้ มุ่งเน้นไปที่คุณสมบัติของดินที่หาได้ง่ายกว่าและมีความสัมพันธ์กับความคงทนของดินโดยตรง โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของดิน 4 ประการ คือ เปอร์เซ็นต์อนุภาคทราย เปอร์เซ็นต์อนุภาคทรายแป้ง เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียว และเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์

(2.3) สมการที่พัฒนาขึ้นในระดับภูมิภาคหรือท้องถิ่น (Regionally or Locally Developed Equations)

ปัจจุบันนักวิจัยในหลายภูมิภาคทั่วโลกได้พัฒนาสมการ PTFs ของพื้นที่ขึ้นมาใหม่ หรือปรับปรุงสมการที่มีอยู่เดิม เช่น จากสมการ Wischmeier หรือ EPIC ให้เหมาะสมกับสภาพดินและปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่มากขึ้น โดยอาจมีการเพิ่มหรือลดตัวแปรบางตัว เช่น ปริมาณหินกรวด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณเหล็กออกไซด์ ความคงทนของเม็ดดิน (Soil Aggregate Stability) หรือดัชนีความไม่เสถียรของเม็ดดิน (Aggregate Instability Index)

(2.4) วิธีการที่ใช้ข้อมูลสเปกตรัมของดิน (Soil Spectroscopy)

เป็นเทคนิคที่ค่อนข้างใหม่ โดยการใช้การสะท้อนแสงของดินในช่วงคลื่นต่างๆ เช่น Visible Near-Infrared, Vis-NIR เพื่อทำนายคุณสมบัติของดินหลายชนิด รวมถึงองค์ประกอบของดินและอินทรีย์วัตถุ ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมโยงกับค่า K ได้ มีศักยภาพในการประเมินค่า K ในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่ยังคงต้องการการพัฒนาแบบจำลองการทำนาย (calibration models) ที่แม่นยำและครอบคลุมชนิดดินที่หลากหลาย

(2.5) การใช้ฐานข้อมูลดินและแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Soil Databases and Spatial Modeling)

เป็นวิธีนำข้อมูลคุณสมบัติดินที่มีอยู่ เช่น จากการสำรวจดินระดับประเทศหรือภูมิภาค ค่าวิเคราะห์ดิน มาประยุกต์ใช้กับสมการ PTFs ที่เลือกไว้ข้างต้นผ่านระบบ GIS เพื่อสร้างแผนที่ค่า K เชิงพื้นที่ และวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิน ณ จุดสำรวจกับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น ภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา พืชพรรณ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เพื่อคาดการณ์การกระจายของคุณสมบัติดินและค่า K ในพื้นที่ที่ไม่มีการสำรวจ

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วิธีการทางอ้อม ดังนี้คือพิจารณาความพร้อมของข้อมูล (Data Availability) เลือกวิธีที่ใช้ตัวแปรที่คุณสมบัติของดินที่มีข้อมูลหรือสามารถจัดหาได้ พิจารณาความแม่นยำที่ต้องการ (Desired Accuracy) วิธีการที่ซับซ้อนกว่าหรือพัฒนาขึ้นเฉพาะพื้นที่อาจให้ความแม่นยำสูงกว่า และตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และที่สำคัญคือการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้อง (Calibration and Validation) หากเป็นไปได้ ควรมีการปรับเทียบสมการให้เข้ากับ ข้อมูลจริงตามสภาพท้องถิ่น และตรวจสอบความถูกต้องของค่า K ที่ประมาณได้กับข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ

2) การปรับปรุงค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility Index : K-factor)

ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย (K-factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) แสดงถึงการถูกกัดเซาะของดิน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดว่าดินนั้นโอกาสถูกกัดเซาะโดยน้ำได้ง่าย การปรับปรุงค่า K-factor เพื่อลดโอกาสการเกิดการกัดเซาะของดินนั้นสามารถทำได้โดยการจัดการดินให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น เพิ่มอินทรีย์วัตถุและเพิ่มการคลุมดิน ซึ่งจะช่วยให้ดินสามารถต้านทานต่อแรงกัดเซาะได้มากขึ้น ดังนี้

(1) เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เช่น การเติมปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือเศษซากพืชลงไปดินจะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้โครงสร้างทางกายภาพดินดีขึ้นและช่วยให้ดินจับตัวได้ดีขึ้น ส่งผลให้ดินต้านทานการกัดเซาะได้มากขึ้น การปลูกพืชคลุมดิน คือการปลูกพืชคลุมในช่วงเวลาที่ไม่ได้เพาะปลูกพืชหลัก ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและป้องกันผิวหน้าดินจากการกระแทกของฝน (detachment) ลดโอกาสการถูกกัดเซาะ

(2) ปรับปรุงโครงสร้างและความเสถียรของดิน การลดการไถพรวนหรือไม่ไถพรวน การลดการไถพรวนช่วยรักษาโครงสร้างของดิน ลดการรบกวนดิน ทำให้ดินมีความต้านทานต่อการกัดเซาะได้ดี และการใช้สารยึดเกาะและสารปรับปรุงดิน สารปรับปรุงดินบางชนิด เช่น ไบโอดีท ลิเมอร์ หรือปูนขาว สามารถช่วยให้อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดีขึ้น ส่งผลให้ดินทนทานต่อการกัดเซาะได้ดีขึ้น

(3) เพิ่มการคลุมดินด้วยพืช เป็นการสร้างแถบพืชเพื่อป้องกันการกัดเซาะ การปลูกพืชเป็นแนวป้องกันตามเส้นคอนทัวร์หรือริมขอบเขตแปลงจะช่วยชะลอการไหลของน้ำและดักจับตะกอนที่อาจทำให้ดินถูกกัดเซาะ การปลูกพืชแบบวนเกษตรและการปลูกหญ้าตามแนวท่อน้ำ การปลูกต้นไม้ พุ่มไม้ และหญ้าตามแนวท่อน้ำหรือบนพื้นที่ลาดเอียงช่วยลดความเร็วของน้ำ ลดการกระแทกของฝนบนผิวดิน และลดการสูญเสียดิน

(4) เพิ่มการซึมผ่านของน้ำและการกักเก็บน้ำในดิน การเติมอากาศให้กับดิน และปรับปรุงการระบายน้ำ วิธีการที่ช่วยให้ดินมีการระบายอากาศและระบายน้ำได้ดีขึ้นสามารถลดการไหลบ่าบนผิวดิน ช่วยให้ น้ำซึมเข้าสู่ดินได้มากขึ้น ลดโอกาสการกัดเซาะ การเติมอินทรีย์วัตถุในดินบางประเภท สำหรับดินที่มีโครงสร้างไม่ดีหรือมีโซเดียมสูง การใช้ปุ๋ยสามารถช่วยปรับปรุงการซึมผ่านของน้ำในดินได้ ทำให้ลดการกัดเซาะได้โดยอ้อม

(5) ปรับความชื้นของที่ดินและเพิ่มความหยابของผิวดิน การไถตามแนวความลาดชันและการทำขั้นบันได จะช่วยชะลอการไหลของน้ำ ลดความเร็วในการเคลื่อนที่ของดินบนพื้นที่ลาดชัน การคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดิน การคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดินจะช่วยเพิ่มความหยابของผิวดิน ลดการไหลบ่าของน้ำ และป้องกันผิวดินจากการกระแทกของฝน

(6) ปรับปรุงการจัดการให้เหมาะสมกับประเภทดินและความเสี่ยงในการกัดเซาะ การทดสอบดินและการติดตามผลเป็นประจำ การประเมินเนื้อดิน อินทรีย์วัตถุ และระดับการอัดแน่นของดินช่วยให้สามารถจัดการดินให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของการกัดเซาะในแต่ละพื้นที่ได้ การใช้แบบจำลองการควบคุมการกัดเซาะ การใช้แบบจำลอง เช่น RUSLE (Revised USLE) ช่วยให้เข้าใจผลกระทบของวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมการกัดเซาะและค่า K-factor ช่วยให้สามารถตัดสินใจในการจัดการดินเพื่อการอนุรักษ์ระยะยาว

โดยรวมแล้ว การปรับปรุงค่า K-factor มักต้องอาศัยการผสมผสานระหว่างการลดการรบกวนดิน การรักษาพื้นผิวดินให้มีการคลุม และการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความทนทานของดินต่อการกัดเซาะตามธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้ดินมีคุณภาพและความอุดมสมบูรณ์คงอยู่อย่างยั่งยืน

4.3.3 การสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

การสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ดำเนินการตามคู่มือ Country guidelines and technical specifications for Global Soil Nutrient and Nutrient Budget Maps GSNmap – Phase I ของ Food and Agriculture Organization of the United Nations (Rome, 2022) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 2)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูล ทำ data cleansing ของชุดข้อมูล ประกอบไปด้วย การแจกแจงข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การจัดข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกัน และการตัดชุดข้อมูลที่ซ้ำซ้อน

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental variables)

การศึกษาในครั้งนี้มีปัจจัยสิ่งแวดล้อม มีบทบาทสำคัญในการสร้างแบบจำลอง Quantile regression forests ประกอบไปด้วย 6 กลุ่ม 71 ปัจจัย ดังตารางที่ 15 รายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปัจจัยด้านภูมิอากาศ มีทั้งสิ้น 16 ปัจจัย ประกอบไปด้วย ข้อมูลการคายระเหยของน้ำ ข้อมูลลม สภาพภูมิอากาศในรูปแบบที่เชื่อมโยงกับกระบวนการทางชีวภาพ (Bioclimatic variable) เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลจาก WorldClim <https://www.worldclim.org/>

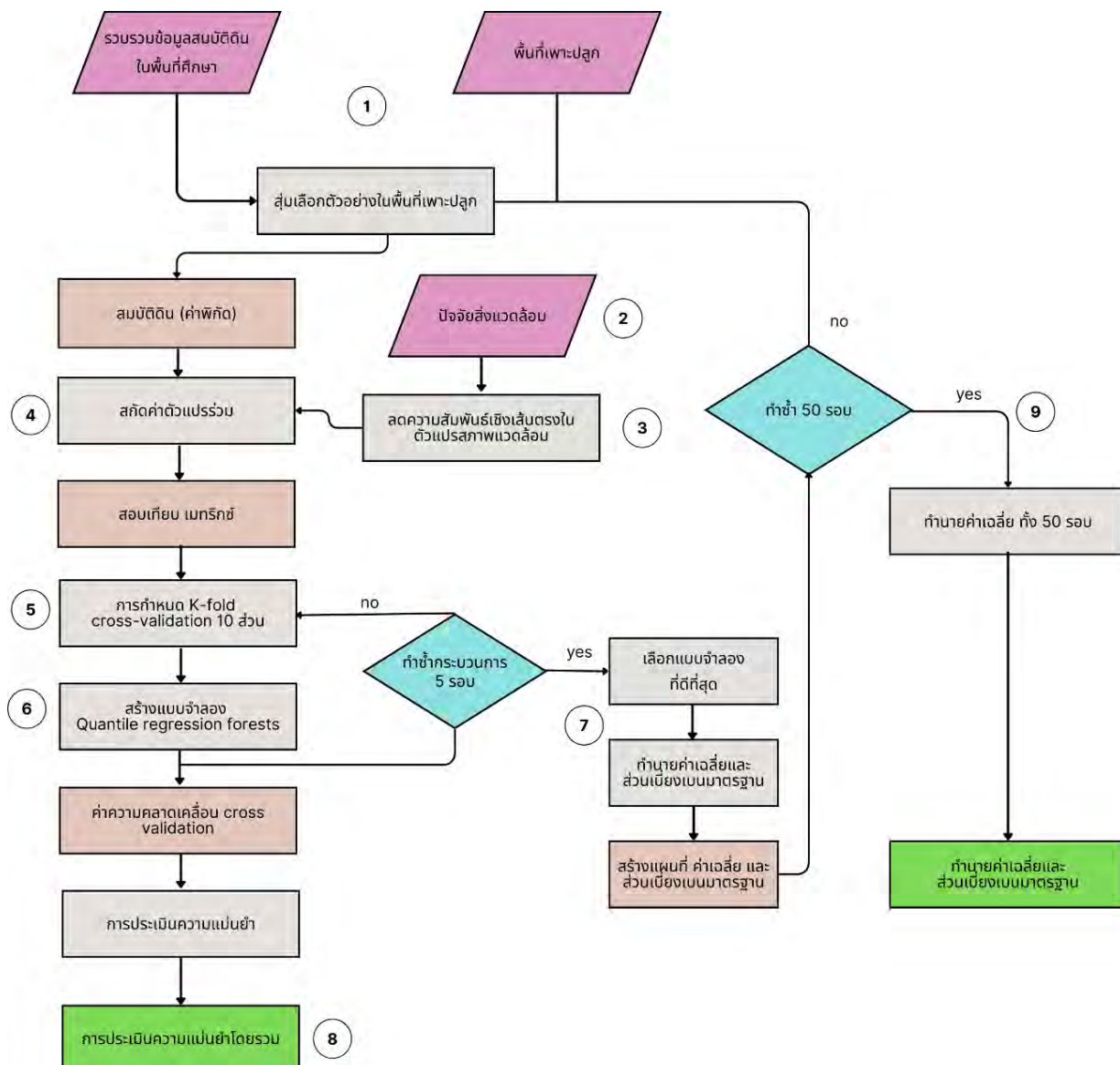
กลุ่มที่ 2 ปัจจัยด้านพืชพรรณ มีทั้งสิ้น 14 ปัจจัย ประกอบด้วย ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) พืชปกคลุม เช่น พืชไร่ หญ้า พืชน้ำ ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 ปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ ทั้งสิ้น 13 ปัจจัย ประกอบด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลขที่แสดงความสูงของพื้นผิวโลก (digital terrain model : DTM)

กลุ่มที่ 4 ปัจจัยด้านสังคม ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ประกอบด้วย ข้อมูลดัชนีรอยเท้ามนุษย์ ข้อมูลความหนาแน่นของประชากร เป็นต้น

กลุ่มที่ 5 ปัจจัยด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก ทั้งสิ้น 16 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิพื้นผิวโลกช่วงกลางวัน ในแต่ละช่วงเดือน และอุณหภูมิพื้นผิวโลกช่วงกลางคืน ในแต่ละช่วงเดือน เป็นต้น

กลุ่มที่ 6 ปัจจัยด้านสเปกตรัม (Spectrum) ทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ประกอบด้วย Photosynthetically Active Radiation Shortwave Infrared radiation เป็นต้น



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

หมายเหตุ : ตัวเลขกำกับตามขั้นตอนการทำงาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก FAO (2022)

ขั้นตอนที่ 3 : ลดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในตัวแปรสภาพแวดล้อม (Reduce collinearity in environmental covariates)

Multicollinearity เป็นปัญหาที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันสูง ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ตัวแปรสำหรับพิจารณาผลการทำนาย เช่น Supervised methods เช่น recursive feature elimination (RFE) และ Unsupervised methods เป็นการลดมิติของข้อมูลโดยไม่พิจารณาตัวแปรเป้าหมาย เช่น Principal component analysis (PCA)

ขั้นตอนที่ 4 : การรวมข้อมูลดินและตัวแปรสภาพแวดล้อม (Merging soil data and environmental covariates)

การรวมข้อมูลดินและตัวแปรสภาพแวดล้อมอย่างถูกต้อง เป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างแบบจำลอง DSM ที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ รวมข้อมูลดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม เข้ากับข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม เช่น ตรวจสอบระบบพิกัด การจัดหมวดหมู่ตัวแปร

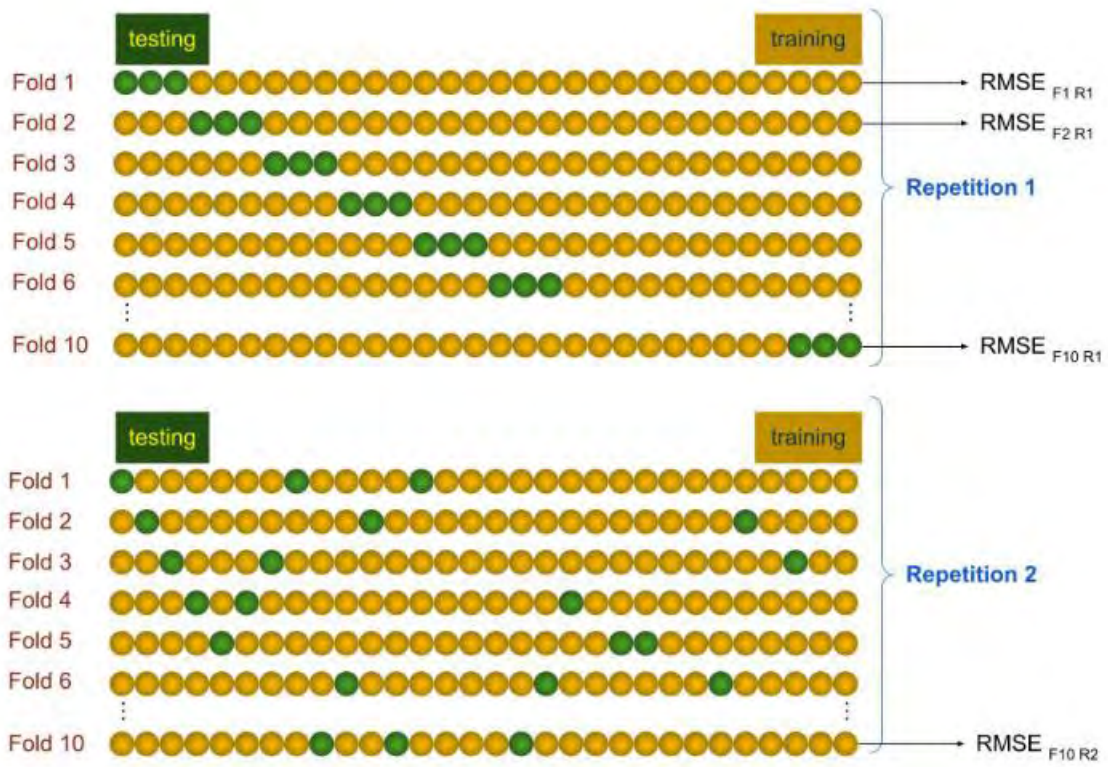
ขั้นตอนที่ 5 : การกำหนด K-fold cross-validation (Setting up repeated k-fold cross-validation)

K-Fold Cross Validation คือการแบ่งข้อมูลเป็นจำนวน K ส่วนโดยการในแต่ละส่วนจะต้องมาจากสุ่มเพื่อที่จะให้ข้อมูลของเรากระจายเท่าๆ กัน โดยจะดำเนินการควบคู่ไปกับขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลอง ได้แก่ การแบ่งข้อมูล สุ่มแบ่งข้อมูลออกเป็น K ส่วน (fold) ที่มีขนาดเท่าๆ กัน $K=10$ ก็จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน การฝึกฝนและทดสอบ ทำซ้ำ K ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะเลือก 1 Fold เป็นชุดข้อมูลทดสอบ (testing set) และใช้ K-1 Fold ที่เหลือเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน (training set) และการประเมินผล หลังจากทำซ้ำครบ K ครั้ง จะได้ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจาก K-Fold นำผลลัพธ์จากทุก Fold มารวมกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของแบบจำลอง (ภาพที่ 3)

ขั้นตอนที่ 6 : การสร้างแบบจำลอง (model calibration)

การใช้แบบจำลองทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดินและตัวแปรสภาพแวดล้อม หนึ่งในแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน DSM คือ Random Forest (RF) (Breiman, 2001) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ใช้ Quantile regression forests (QRF; Meinshausen, 2006) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาต่อยอดจาก random forest โดยมีความสามารถในการทำนายไม่เพียงแต่ค่าเฉลี่ยแบบมีเงื่อนไข (conditional mean) แต่ยังสามารถทำนายฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (conditional probability density function) ได้อีกด้วย ซึ่งทำให้ QRF สามารถประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำนาย รวมถึงความน่าจะเป็นที่ตัวแปรเป้าหมาย

จะต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แพ็คเกจ caret ใน R (<https://topepo.github.io/caret/available-models.html#>)



ภาพที่ 3 ผังการทำงาน K-Fold Cross Validation

ขั้นตอนที่ 7 : การทำนายค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของดิน (Predicting soil attributes mean and standard deviation)

ขั้นตอนที่ 8: การประเมินความแม่นยำโดยรวม (Overall accuracy assessment)

ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อน (residuals) ที่สร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องข้ามแบบ K-fold ซ้ำ โดยใช้สถิติความแม่นยำ ดังนี้

(1) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (mean prediction error : ME): ประเมินความเอนเอียงของการทำนาย (prediction bias)

ME = 0 หมายถึงไม่มีความเอนเอียง

ME > 0 หมายถึงแบบจำลองมีแนวโน้มทำนายสูงกว่าค่าจริง

$ME < 0$ หมายถึงแบบจำลองมีแนวโน้มทำนายต่ำกว่าค่าจริง

(2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (mean absolute prediction error : MAE): ประเมินขนาดของความคลาดเคลื่อน

MAE มีค่าต่ำ หมายถึงความคลาดเคลื่อนน้อย

(3) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (root mean squared prediction error : RMSE): ประเมินขนาดของความคลาดเคลื่อน โดยให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนที่มีค่ามาก

RMSE มีค่าต่ำ หมายถึงความคลาดเคลื่อนน้อย

(4) สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพแบบจำลอง (model efficiency coefficient :MEC): ประเมินสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้โดยแบบจำลอง (Janssen and Heuberger, 1995) MEC มีค่าใกล้เคียง 1 หมายถึงแบบจำลองอธิบายความแปรปรวนได้ดี

ขั้นตอนที่ 9: การทำซ้ำกระบวนการและการทำนายขั้นสุดท้าย (Process repetition and final predictions)

การทำซ้ำกระบวนการและการทำนายขั้นสุดท้าย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและเสถียร จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง การทำนาย และการประเมินความแม่นยำ จะถูกทำซ้ำหลายครั้ง โดยขึ้นอยู่กับความสามารถในการคำนวณ จำนวนครั้งที่เหมาะสมคือมากกว่า 50 ครั้ง

เพื่อให้ได้ ค่าเฉลี่ยที่เสถียร การทำซ้ำหลายครั้ง ช่วยให้ได้ค่าเฉลี่ยของการทำนายที่เสถียรสำหรับแต่ละพิกเซลในพื้นที่ศึกษา ซึ่งช่วยลดความผันแปร และเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์เป็นการลดอิทธิพลของการสุ่ม ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง มีองค์ประกอบของการสุ่ม เช่น การแบ่งข้อมูลแบบ k-fold cross-validation การสุ่มเลือกตัวแปรใน Random Forest การทำซ้ำหลายครั้ง ช่วยลดอิทธิพลของการสุ่ม และทำให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

แผนที่ขั้นสุดท้าย

ค่าเฉลี่ยแบบมีเงื่อนไข แผนที่ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะของดิน คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการทำนายจากทุกครั้งที่ทำซ้ำ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบมีเงื่อนไข แผนที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของดิน คำนวณจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำนายจากทุกครั้งที่ทำซ้ำ

โดยแผนที่ขั้นสุดท้ายจะมีความแม่นยำสูงกว่า เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำนายหลายครั้ง จะมีความเสถียร และไม่ขึ้นอยู่กับวิธีการสุ่มในการสร้างแบบจำลอง และมีความน่าเชื่อถือแผนที่จะมีความน่าเชื่อถือสูง และสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจ และการวางแผนได้อย่างมั่นใจ

4.3.4 แบบจำลอง

Quantile Regression Forest (QRF) เป็นแบบจำลองแบบ ensemble learning ประเภทหนึ่ง que พัฒนาต่อยอดมาจาก Random Forest โดย QRF จะทำนายค่า quantile ของตัวแปรเป้าหมาย แทนที่จะทำนายค่าเฉลี่ยเหมือน Random Forest ทำให้ QRF เหมาะกับงานที่ต้องการทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูล หรือต้องการทำนายช่วงค่าความเชื่อมั่น

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง QRF มีดังนี้

(1) สร้างต้นไม้ตัดสินใจ การสร้างต้นไม้ตัดสินใจจำนวนมาก (เช่น 100 ต้น) โดยแต่ละต้นจะสุ่มตัวอย่างข้อมูลจากชุดข้อมูลเดิมแบบใส่กลับ (bootstrap sampling) และสุ่มเลือกตัวแปรที่จะใช้ในการแบ่ง node ในแต่ละชั้น ในการแบ่ง node ของแต่ละต้นไม้ QRF จะใช้เกณฑ์ที่แตกต่างจาก Random Forest เล็กน้อย โดย QRF จะพยายามแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ ที่มีค่า quantile ใกล้เคียงกันมากที่สุด

(2) เก็บข้อมูล quantile เมื่อสร้างต้นไม้ตัดสินใจเสร็จแล้ว แต่ละต้นไม้จะถูกใช้ทำนายค่า quantile ของตัวแปรเป้าหมายสำหรับข้อมูลแต่ละตัวอย่าง ค่า quantile ที่ได้จากทุกต้นไม้จะถูกเก็บรวบรวมไว้

(3) รวบรวมผลลัพธ์ สำหรับข้อมูลแต่ละตัวอย่าง QRF จะนำค่า quantile ที่ได้จากทุกต้นไม้มาหาค่าเฉลี่ย

ข้อดีของ QRF สามารถทำนายค่า quantile ได้ ทำให้ทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูลมีความยืดหยุ่นสูง สามารถใช้กับข้อมูลประเภทต่างๆ ได้ และไม่จำเป็นต้องมีสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายตัวของข้อมูล

4.3.5 สถิติ

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

1) ทดสอบความแม่นยำของแผนที่ (accuracy assessment) จากการสร้างแผนที่ค่า K erodibility factor ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ด้วยแบบจำลองป่าสุ่ม (Random Forest) จากค่า K-factor ที่ได้จาก 4 วิธี คือ 1) ค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) 2) ค่า K-factor ตามสมการของ Sharply and Williams (1990) 3) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบนกรมพัฒนาที่ดิน (2526) 4) ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) มาเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการที่มีความแม่นยำสูงสุด โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำ ได้แก่ ค่า ME, MAE, RMSE และ R^2

2) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด (Mean Error :ME) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าจากการประมาณค่าและค่าจริงหาก ME มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้ต่ำกว่าค่าจริง แต่ถ้าหาก ME มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้สูงกว่าค่าจริง

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)$$

โดย x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error : MAE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจากการประมาณค่า และค่าจริง หาก MAE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |x_i - x|$$

โดย x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4) รากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด (Root Mean Squared Error : RMSE) เป็นการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณที่ได้จากการประมาณค่าแต่ละวิธี หากค่า RMSE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (x_i - x)^2}$$

โดย x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) การสูญเสียดินและธาตุอาหารพืช

จำรุณ และคณะ (2545) วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินเพื่อประเมินสัดส่วน ตะกอนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำที่สำคัญ และศึกษาอิทธิพลการจัดการพืชในพื้นที่การเกษตรต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้หลักเกณฑ์ SDR (Sediment Delivery Ratio : SDR) ของทางน้ำออก (outlet) ซึ่งมี ผลการศึกษาสอดคล้องไปในทางเดียวกัน คือ อัตราที่ดินถูกพัดพาสู่ออกของพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวสูงกว่าพื้นที่เกษตรแบบผสมผสาน และการเปลี่ยนพื้นที่ป่ามาเป็นพื้นที่เกษตรบริเวณพื้นที่สูง ทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และปริมาณน้ำฝนมีผลกระทบต่อปริมาณตะกอนในพื้นที่ที่มีลักษณะเหมือนกันแต่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันการชะล้างพังทลายของดินก็แตกต่างกันด้วย ในพื้นที่สูงที่เปลี่ยนมาปลูกพืชเศรษฐกิจมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่อื่น ที่มีการประกอบ กิจกรรมน้อยกว่า โดยกิจกรรมที่มีการปรับเปลี่ยนหน้าดินและที่ทำให้พืชคลุมดินลดลงอย่างมากส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของดินจะมีผลกระทบต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดินทำให้ดินเกิดอัตราการชะล้างพังทลายมาก และสภาพรุนแรงขึ้น

นิตยา และคณะ (2543) การศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำด้วยแปลงตะกอนขนาด 4 x 20 เมตร ในบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณธรรมชาติ พื้นที่ปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง พื้นที่ไร่ร้าง และสวนสัก ดำเนินการที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่า เม็ดฝนขนาดเล็กที่รวมตัวกันบนเรือนยอดกลายเป็นหยดน้ำขนาดใหญ่ตกลงสู่พื้นดินที่ปราศจากพืชปกคลุม มีผลทำให้การสูญเสียดินและน้ำในป่าธรรมชาติมีค่าสูงมากกว่าในพื้นที่ทำการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่ปลูก ข้าวไร่ ข้าวโพด และถั่วเหลือง

รัชฎาพรรณ (2555) ได้ประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำริด จังหวัดอุดรธานี โดยใช้การรับรู้ระยะไกลร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองสูญเสียดินสากล พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งได้เป็น 10 ประเภท ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าดิบเขา ไร่ร้าง สวนป่าสัก สวนกล้วย นาข้าว แหล่งชุมชน และแหล่งน้ำ ส่วนการชะล้างพังทลายของดินโดยรวมอยู่ในระดับน้อยมาก (0.02 ตันต่อไร่ต่อปี โดยไร่ร้างมีความรุนแรงมาก ร้อยละ 25.76 ของพื้นที่ เนื่องจากมีการบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำการเกษตรกรรม ในขณะที่พื้นที่นาข้าวมีอัตราที่น้อย เนื่องจากมีความลาดชันต่ำและเป็นที่ราบ ด้วยระยะเวลาที่เปลี่ยน ทำให้การใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงไปทั้งในดิน ขนาดของพื้นที่ ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นในลุ่มน้ำ มีการบุกรุกพื้นที่เพื่อทำการเกษตร มีสิ่งปลูกสร้างกระจายอยู่ในพื้นที่โดยทั่วไป

สาธิต และคณะ (2562) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรธานี โดยใช้ erosion stake วัดปริมาณการสูญเสียดิน พบความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้เกิดการสูญเสียดินเท่ากับ 26.84 ตันต่อไร่ต่อปี และสูญเสียธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จากการกร่อนดิน 55.14 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 1,428.91 บาทต่อปี

เสาวลักษณ์ (2559) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการการสูญเสียดินสากลเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2556 บริเวณลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำน่าน ซึ่งถือเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญของภาคเหนือ มีการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตร เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าว พบว่า ศักยภาพการชะล้างพังทลายของดินโดยการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ในปี พ.ศ. 2552 ช่วงระดับรุนแรงมากมีพื้นที่ 426.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงมีพื้นที่ 3,944.41 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงปานกลาง มีพื้นที่ 27,184.43 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.08 ของพื้นที่ ส่วนในปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ 1,172.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงพื้นที่ช่วงระดับรุนแรงมากมีพื้นที่ 6,283.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.25 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงปานกลาง มีพื้นที่ 36,992.15 ไร่คิดเป็นร้อยละ 1.47 ของพื้นที่ จากการใช้ประโยชน์ที่ดินของทั้งสองปี จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ.2552 มีพื้นที่ป่าไม้เป็นจำนวนมากจึงมีการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับที่น้อยต่างจาก ปี พ.ศ. 2556

สมยศ และคณะ (2535) ได้ศึกษาการสูญเสียธาตุอาหาร การสูญเสียโดยการชะล้างพังทลายที่ถูกนำออกไปพร้อมกับผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวและมันสำปะหลังตัดใบ ข้าวโพด ข้าว จากแปลงปลูกมันสำปะหลังเพื่อเก็บเกี่ยวหัว เปรียบเทียบกับลาดเท 7 เปอร์เซ็นต์ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และสับปะรด การสูญเสียธาตุอาหารโดยการชะล้างพังทลายจะมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียดิน และในแปลงมันสำปะหลังมีการสูญเสียดินมากที่สุด จึงทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารมากตามไปด้วยทั้งธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่เป็นธาตุอาหารหลัก หรือธาตุอาหารหลัก หรือธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นธาตุอาหารรอง

สุนีย์รัตน์ (2557) ได้ศึกษาผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการสูญเสีย ดินบนพื้นที่ดอน ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบว่า การปลูกข้าวโพด โดยไม่ไถพรวนดินร่วมกับระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (แถบหญ้าแฝก) ใช้ระยะห่างระหว่างแถว 15 เมตร ระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร) เป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากวิธีการอื่น ลดต้นทุนในการไถเตรียมพื้นที่ มีปริมาณการสูญเสียดินน้อยที่สุด วิธีการนี้จึงเหมาะสมในการแก้ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ความลาดชัน

Berhanu G.Sinshaw et al. (2021) ศึกษาอัตราส่วนการสูญเสียดินและอัตราส่วนของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ Rib ประเทศเอธิโอเปีย โดยใช้แบบจำลองสมการการสูญเสียดิน

สากลที่ปรับปรุง (Revised Universal Soil Loss Equation: RUSLE) และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล พบว่าการสูญเสียดินเฉลี่ยต่อปีโดยประมาณ คือ 25.53 ตันต่อปี อัตราส่วนการสูญเสียดินและอัตราส่วนของตะกอนอยู่ระหว่าง 0-0.82 และได้จัดทำแผนที่ดินขึ้นเพื่อจัดทำระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำให้เหมาะสมเพื่อลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

Hong Jiang et al. (2016) วิเคราะห์พื้นที่ของการชะล้างพังทลายของดิน การกัดเซาะของ น้ำฝน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง 2010 ในลุ่มน้ำ Lushi พบว่า ดินที่อยู่ใกล้แม่น้ำมีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายสูง ปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่อยู่ที่ร้อยละ 46 ของปริมาณตะกอนทั้งหมด และปริมาณตะกอนอยู่ที่ร้อยละ 73 ของปริมาณตะกอนทั้งหมดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง 2010 มีพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะพื้นที่ปลายน้ำการเพาะปลูกที่เพิ่มขึ้นสะท้อนให้เห็นปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงพืชพรรณให้ครอบคลุมพื้นที่ เช่น การ เปลี่ยนจากพืชเชิงเดี่ยวไปเป็นพืชผสมผสานสามารถลดปริมาณตะกอนลงสู่ลุ่มน้ำได้

Lafien et al. (1997) ได้ใช้แบบจำลอง WEPP ในการประเมินค่าการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่ในสหรัฐอเมริกา จำนวน 9 แห่ง โดยใช้แปลงทดลองตามขนาดสำหรับประเมินโดย USLE จำนวนข้อมูล 544 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณการสูญเสียดินที่ตรวจวัดจริง เท่ากับ 28 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ในขณะที่ใช้แบบจำลอง WEPP ประเมินค่าการสูญเสียดินได้เท่ากับ 31 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมการ USLE (Risse et al., 1993) และ RUSLE (Rapp et al., 1994) ในบริเวณพื้นที่เดียวกัน จำนวนข้อมูล 1,638 ตัวอย่าง ประเมินค่าการสูญเสียดินได้เท่ากับ 32 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี เท่ากัน ต่ำกว่าปริมาณที่ตรวจวัดจริงซึ่งวัดได้เท่ากับ 35 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี

Lima et al. (2018) ศึกษาการสูญเสียดินโดยการพังทลายของน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดกับถั่วพรี และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบเชิงเดี่ยว การทดลองได้ดำเนินการที่ มหาวิทยาลัยแห่งสหพันธรัฐ Lavras (UFLA) ในเมือง Lavras รัฐ Minas Gerais ประเทศบราซิล ทำการทดลองโดยใช้วิธีการจัดการแบบผสมผสาน 4 ระบบคือแบบพันธุ์ลูกผสม AS1598PRO ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Zea mays L.) (MZ); ถั่วพรี (Canavalia ensiformis (L.) DC) (JB); การปลูกพืชแซม (intercropped) และเป็นแปลงควบคุมดินเปล่า (BS) พบว่า การเพาะปลูกพืชแซมระหว่างชนิด มีศักยภาพในการควบคุมการพังทลายของดิน มากกว่าการปลูกพืชแบบเดี่ยวและการปล่อยพื้นที่เป็นดินเปล่าเนื่องจากการเพาะปลูกพืชแซมระหว่างชนิดจะทำให้ดินสูญเสียน้อยกว่าการเพาะปลูกพืชแบบเดี่ยว

Pimentel et al. (1995) ประเมินต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมและทางเศรษฐกิจ จากการชะล้างพังทลายของดิน ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าการชะล้างพังทลายของดินก่อให้เกิดต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจอย่างมาก ทั้งในพื้นที่ที่เกิดการชะล้างโดยตรง (On-site costs) และในพื้นที่อื่นที่ได้รับผลกระทบ (Off-site costs) เช่น ตะกอนทับถมในแหล่งน้ำ ความเสียหายต่อระบบนิเวศ

ในน้ำ ต้นทุนในการบำบัดน้ำประปาสูงขึ้น เพิ่มความเสียหายจากอุทกภัย ความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการผลิตอาหาร การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่าในระยะยาว การเกษตรแบบยั่งยืนสามารถปกป้องทรัพยากรดิน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการรักษาผลิตภาพและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

Girmay et al. (2009) เปรียบเทียบการสูญเสียดิน ธาตุอาหารพืชจากระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและระบบการไถพรวนที่แตกต่างกัน บนพื้นที่ลาดชันภายใต้สภาพแวดล้อมทางการเกษตรและนิเวศวิทยาเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ Maybar ทางตอนเหนือของประเทศเอธิโอเปีย พบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียตะกอนดินมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ในแปลงไถพรวนตามแบบดั้งเดิม (Conventional Tillage) พื้นที่ทุ่งหญ้า หรือพื้นที่รกร้าง (Fallow) มีปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียตะกอนดินที่ต่ำกว่าพื้นที่เพาะปลูก การสูญเสียธาตุอาหารพืชมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการสูญเสียตะกอนดิน ซึ่งบ่งชี้ว่าการชะล้างพังทลายเป็นช่องทางหลักในการสูญเสียธาตุอาหาร โดยการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมและปรับให้เข้ากับพื้นที่ เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับเกษตรและปกป้องสิ่งแวดล้อมในภูมิภาคที่เปราะบาง และการจัดการกับการสูญเสียธาตุอาหารเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาผลิตภาพของดินในระยะยาว

Plangoen et al. (2013) จำลองและประเมินผลกระทบรวมที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ต่อการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพา และปริมาณธาตุอาหาร ที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ส่งผลกระทบบ้างอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินและการปนเปื้อนธาตุอาหารในลุ่มน้ำชี รุนแรงขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงร้ายแรงต่อคุณภาพน้ำ จึงควรมีแผนจัดการลุ่มน้ำเชิงรุกและเชิงบูรณาการ มีมาตรการจัดการที่ดินอย่างยั่งยืนและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ตรงจุดมาปรับใช้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ถูกระบุว่าเป็นจุดเสี่ยง ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายควรมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมการฟื้นฟูพื้นที่ป่า การเกษตรที่ยั่งยืน เช่น ลดการไถพรวน ปลูกพืชคลุมดิน จัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อสร้างความสามารถในการปรับตัวและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในอนาคตของลุ่มน้ำชี

2) การศึกษาค่า Soil erodibility Index : K-factor

Shiun Lin et al. (2019) ได้ทำการศึกษาค่า K-factor บริเวณลุ่มน้ำสาขาอ่างเก็บน้ำ Shihmen ประกอบด้วย 12 ลุ่มน้ำย่อยในไต้หวัน เนื่องจากข้อมูลเดิมมีการศึกษาน้อยมาก การประเมิน soil erosion มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงมีการศึกษาโดยวิธีการเก็บตัวอย่างภาคสนามด้วยอุปกรณ์ double rings เพื่อหาอัตราการซาบซึมน้ำของดิน ตลอดจนศึกษาสมบัติทางเคมีและ

กายภาพบางประการ เพื่อให้แผนที่ค่า K บริเวณศึกษามีความแม่นยำมากขึ้น ผลจากการศึกษาสามารถนำข้อมูลดังกล่าวจากภาคสนามมาเป็นชุดข้อมูลทดสอบความแม่นยำ (validate) สำหรับการประเมินค่าการสูญเสียดิน ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลที่น่ามาปรับปรุงแทนข้อมูลเดิมที่มีอย่างจำกัดได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

Auerswald et al. (2014) ประเมินความน่าเชื่อถือและโอกาสในการนำไปใช้อย่างไม่เหมาะสม (Misuse) ของสมการปัจจัย K-factor ของ RUSLE2 กับการวัดโดยตรงของความเสถียรของเม็ดดิน พบว่า มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ระหว่างค่า K-factor ของ RUSLE2 กับค่าความง่ายในการถูกชะล้างที่บ่งชี้โดยค่าความเสถียรของเม็ดดินที่วัดได้โดยตรง ส่งผลให้การใช้สมการ K-factor เพียงอย่างเดียวโดยไม่พิจารณาข้อมูลอื่น อาจนำไปสู่การประเมินความง่ายในการถูกชะล้างของดินที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงอย่างมีนัยสำคัญ ควรมีการนำข้อมูลความเสถียรของเม็ดดินที่วัดได้โดยตรงมาพิจารณาร่วมด้วย

Wang et al. (2014) ได้ทำการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ถ่ายโอนคุณสมบัติดิน (Pedotransfer Functions - PTFs) ในการประมาณค่าปัจจัยความง่ายต่อการถูกชะล้างของดิน (K-factor) ภูมิภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน โดยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) ซึ่งสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรทำนาย (คุณสมบัติของดิน) และตัวแปรเป้าหมาย (K-factor) และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า K-factor อย่างไรก็ดีตามความสัมพันธ์นี้อาจซับซ้อนและขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น โครงสร้างของดินและความเสถียรของเม็ดดิน และการศึกษา PTFs ที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมได้ เช่น การใช้ PTFs ร่วมกับข้อมูลระยะไกลสามารถปรับปรุงความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยงของการชะล้างของดิน ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นในดินและพืชปกคลุมดิน ได้ดีกว่าการใช้ค่า K-factor ตามสมการ

Phaijulla (2014) ศึกษาปัจจัยความง่ายต่อการถูกชะล้างของดิน (Soil Erodibility Factor: K-factor) โดยใช้วิธีการทดลองโดยตรงในดินประเภทต่างๆ ที่พบในภูมิภาคคอนกัน (Konkan region) ของรัฐมหาราษฏระ (Maharashtra) ประเทศอินเดีย ดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะฝนจำลอง (Simulated rainfall conditions) ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่า K-factor ที่ได้จากการทดลองแตกต่างจาก ค่าในโนโมกราฟของ USLE หรือสมการอื่นๆ

Ostovari et al. (2013) พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ถ่ายโอนคุณสมบัติดิน (Pedotransfer Functions - PTFs) ในการทำนายค่าปัจจัยความง่ายต่อการกร่อนของดิน (K-factor) บนดินเนื้อปูน (Calcareous Soils) ในพื้นที่กึ่งแห้งแล้งของประเทศอิหร่าน เปรียบเทียบกับสมการ

USLE RUSLE และ PTFs ใหม่ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคทางสถิติ คือการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression - MLR) การสร้างแผนภูมิต้นไม้การถดถอย (Regression Trees - RT) พบว่า วิธีการทำนายค่า K-factor มาตรฐาน (USLE/RUSLE) อาจไม่เหมาะสมหรือไม่แม่นยำสำหรับดินที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งพบได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมกึ่งแห้งแล้งเช่นในประเทศอิหร่าน และจากการศึกษา PTFs ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมีอิทธิพลกับค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) สรุปได้ว่าวิธี PTFs ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยใช้ MLR และ RT มีความแม่นยำที่สูงขึ้นในการทำนาย K-factor

Wang et al. (2013) ศึกษาเปรียบเทียบค่า K-factor คำนวณด้วยสมการ USLE, RUSLE2, EPIC และ DG-OM อ้างอิงจากฐานข้อมูลค่า K-factor ของประเทศจีน ผลการศึกษาทั้ง 4 สมการ พบว่า ประเมินค่า K-factor สูงกว่าค่า K-factor จากฐานข้อมูลเดิมในทุกสมการ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสมการ พบว่า สมการ DG-OM ให้ผลการคาดการณ์ที่อยู่ในระดับดี เมื่อเปรียบเทียบกับสมการทั้งหมด สมการดังกล่าวให้ค่าความแม่นยำของค่า K-factor สูงที่สุดและเหมาะสมจะใช้ในการคาดการณ์ค่า K ในประเทศจีน

Borrelli et al. (2013) ประเมินและคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Change - LUC) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 (ช่วงปี ค.ศ. 2015-2070) ต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำในระดับโลก พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการสูญเสียดินทั่วโลกในศตวรรษที่ 21 โดยคาดการณ์ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของการสูญเสียดินในภูมิภาคที่มีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม (Cropland Expansion) ในพื้นที่ทางใต้ของทะเลทรายซาฮารา (Sub-Saharan Africa), อเมริกาใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และคาดการณ์ว่าจะมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของการสูญเสียดินในภูมิภาคที่มีการฟื้นตัวของพื้นที่ป่าไม้ หรือการเปลี่ยนไปสู่การใช้ที่ดินที่มีความเข้มข้นน้อยลง เช่นในบางส่วนของอเมริกาเหนือและยุโรป นโยบายการจัดการที่ดินอย่างยั่งยืนมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในภูมิภาคที่เปราะบาง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการบูรณาการผลกระทบด้านารชะล้างพังทลายเข้าไปในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและกลยุทธ์การลดผลกระทบและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Bouwman et al. (2009) ศึกษาผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อสมดุลของธาตุไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในดินทั่วโลก ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 ถึง 2000 โดยการสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของกริด (Grid-based) เพื่อคำนวณสมดุล (Balance) ของไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสในดิน ที่ใช้ทำการเกษตรทั่วโลก พบว่า ปัจจัยนำเข้าถูกควบคุมโดยมนุษย์ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยคอก เป็นปัจจัยนำเข้าหลักของทั้ง N และ P ในระบบเกษตรทั่ว

โลก ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปัจจัยนำเข้าตามธรรมชาติอย่างมาก สมดุลของไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส มีปริมาณนำเข้าสูงกว่าปริมาณนำออกไปกับผลผลิตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกและยุโรปตะวันตก ในขณะที่บางภูมิภาคแอฟริกา แสดงแนวโน้มการขาดดุลไนโตรเจน ซึ่งการมีธาตุอาหารส่วนเกินในปริมาณมาก บ่งชี้ถึงความเสี่ยงสูงที่จะก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาน้ำเน่าเสียจากการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Eutrophication) เนื่องมาจากการชะล้างธาตุอาหารสู่แหล่งน้ำ มลพิษทางอากาศจากการปล่อยก๊าซไนโตรเจน และยังสะท้อนถึงการมีธาตุอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ที่มีส่วนเกินสูง และการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนธาตุอาหารในพื้นที่ที่มีภาวะขาดดุล ถือเป็นความท้าทายที่สำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นคงทางอาหารของโลกและการปกป้องสิ่งแวดล้อมในศตวรรษที่ 21

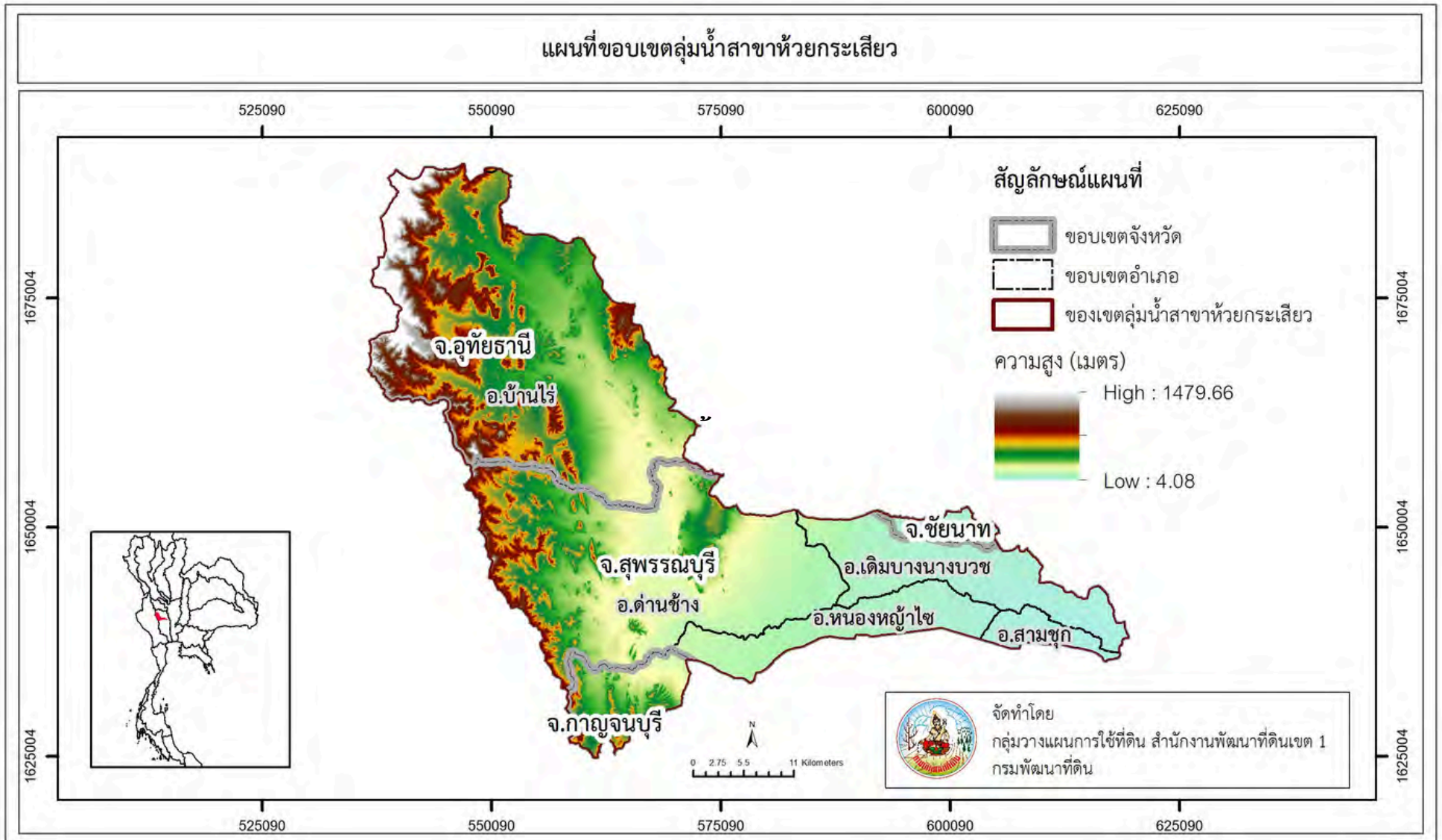
Radziuk and Switoniak (2021) ศึกษาปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (K) ในดินที่มีระดับการกร่อนแตกต่างกัน ทางตอนเหนือของประเทศโปแลนด์ โดยระดับสูญเสียดินแบ่งเป็น สูญเสียดินสมบูรณ์ สูญเสียดินรุนแรง สูญเสียดินเล็กน้อย ดินเพาะปลูกที่ไม่มีการสูญเสียดิน และดินป่าไม้ที่ไม่มีการสูญเสียดิน (ใช้เป็นแปลงอ้างอิง) คำนวณค่า K factor โดยใช้สูตรจากแบบจำลอง EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) พบว่า ดินที่สูญเสียดินสมบูรณ์ (completely eroded) มีค่า K factor สูงที่สุด โดยมีแนวโน้มที่จะถูกชะล้างได้ง่ายกว่าดินที่สูญเสียดินรุนแรงประมาณร้อยละ 6 ง่ายกว่าดินที่สูญเสียดินเล็กน้อยร้อยละ 12 และง่ายกว่าดินป่าไม้ ที่ไม่มีการสูญเสียดินถึงร้อยละ 48 โดยปัจจัยหลักที่ทำให้ดินง่ายต่อการถูกสูญเสียดิน คือ การลดลงของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และสัดส่วนของอนุภาคทรายในชั้นดินบน

4.4 ข้อมูลทั่วไป

4.4.1 สภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำท่าจีน มีต้นน้ำจากภูเขาในเขตอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ไหลไปทาง ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ลงสู่จังหวัดสุพรรณบุรี ในเขตอำเภอด่านช้าง แล้วไหลไปทางทิศใต้จนเกือบถึงบ้านนาตาป็น อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี จึงเริ่มออกสู่ที่ราบแล้วไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียง ลงสู่แม่น้ำสุพรรณบุรี ที่บ้านบึง อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14° 41 ถึง เส้นรุ้ง 15° - 16 และเส้นแวงที่ 90° 20 ถึงเส้นแวง ที่ 106' เหนือครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดสุพรรณบุรี อุทัยธานี กาญจนบุรี และชัยนาท มีเนื้อที่ประมาณ 1,929.85 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,206,250 ไร่

ลักษณะภูมิประเทศลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ตอนบนด้านทิศตะวันตกเป็นที่เชิงเขา แต่มีระดับไม่สูงมากนัก สูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 1,400 เมตร ส่วนตอนกลางและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม สูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 4 เมตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

4.4.2 สภาพภูมิอากาศ

จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว จำนวน 4 สถานีตรวจอากาศ ประกอบด้วยสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทัยธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทอง สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท สถานีอุตุนิยมวิทยากาญจนบุรี สถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอทองผาภูมิ และสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี ดังตารางที่ 9 ถึง ตารางที่ 14

ตารางที่ 9 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุทัยธานี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (mm.)	จำนวนวันฝนตก	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				สูงสุดเฉลี่ย	ต่ำสุดเฉลี่ย	เฉลี่ย	
มกราคม	12.9	3.0	16.5	32.6	20.4	26.2	66
กุมภาพันธ์	22.2	3.8	56.3	34.1	21.4	27.7	67
มีนาคม	29.9	2.8	60.1	37.1	24.6	30.5	67
เมษายน	60.4	4.8	61.5	37.9	25.8	31.3	67
พฤษภาคม	131.1	12.6	97.2	36.9	26.2	31.1	72
มิถุนายน	132.5	12.8	65.7	35.6	25.8	30.4	73
กรกฎาคม	168.1	17.3	73.2	34.8	25.5	30.0	74
สิงหาคม	169.3	19.0	107.2	34.4	25.3	29.3	78
กันยายน	222.8	17.6	94.8	33.6	25.2	28.7	83
ตุลาคม	174.5	14.8	120.2	33.0	24.8	28.3	81
พฤศจิกายน	43.2	4.5	57.9	33.0	23.4	28.2	73
ธันวาคม	20.1	3.0	16.5	32.0	20.9	26.1	66
เฉลี่ย	1,187.0	116.0	827.1	34.6	24.1	29.0	72

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทัยธานี พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 1,187.0 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 222.8 มิลลิเมตร และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 12.9 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 29.0 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 20.4 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 37.9 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 10 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทอง คาบ 16 ปี (พ.ศ. 2549-2564)

เดือน	ปริมาณ น้ำฝน (mm.)	จำนวนวัน ฝนตก	ปริมาณน้ำฝน สูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้น สัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				สูงสุด เฉลี่ย	ต่ำสุด เฉลี่ย	เฉลี่ย	
มกราคม	6.6	1.2	54.0	31.5	19.1	25.0	73
กุมภาพันธ์	11.2	1.5	57.1	33.9	21.1	27.2	72
มีนาคม	27.8	3.1	86.6	36.0	23.5	29.2	70
เมษายน	51.5	5.0	115.6	37.0	24.9	30.4	69
พฤษภาคม	110.6	11.6	132.2	35.9	25.3	30.0	73
มิถุนายน	94.8	13.6	92.2	34.7	24.9	29.3	75
กรกฎาคม	96.0	15.1	60.8	33.9	24.5	28.7	75
สิงหาคม	105.9	15.3	107.1	34.0	24.5	28.6	76
กันยายน	207.6	17.8	161.9	33.6	24.2	28.3	80
ตุลาคม	199.2	14.0	122.5	32.6	23.7	27.7	82
พฤศจิกายน	37.9	4.1	91.7	32.0	22.3	26.8	77
ธันวาคม	8.6	1.3	39.1	31.0	19.8	25.1	73
เฉลี่ย	957.7	103.6	161.9	33.8	23.1	28.0	74.7

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง 16 ปี (พ.ศ. 2549-2564) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทอง พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 957.7 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 207.6 มิลลิเมตร และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 6.6 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 28 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 19.1 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 37 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 11 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรจังหวัดชัยนาท คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (mm.)	จำนวนวัน ฝนตก	ปริมาณน้ำฝน สูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้น สัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				สูงสุด เฉลี่ย	ต่ำสุด เฉลี่ย	เฉลี่ย	
มกราคม	4.6	1.2	33.2	31.8	20.3	25.3	70
กุมภาพันธ์	12.3	1.7	61.4	33.6	22.3	27.1	71
มีนาคม	29.8	3.0	107.8	35.7	24.4	29.1	70
เมษายน	71.4	4.4	130.1	30.4	25.6	30.4	69
พฤษภาคม	133.3	12.4	101.9	30.0	26.0	30.0	73
มิถุนายน	117.1	12.8	62.9	29.3	25.6	29.3	76
กรกฎาคม	114.6	14.9	87.7	28.7	25.3	28.7	77
สิงหาคม	130.8	15.9	104.2	28.4	25.1	28.4	78
กันยายน	238.3	17.7	96.3	28.2	23.6	28.2	82
ตุลาคม	137.3	12.4	87.9	28.0	23.4	28.0	80
พฤศจิกายน	31.6	3.3	95.4	27.3	23.4	27.3	74
ธันวาคม	6.8	1.1	45.0	25.5	20.8	25.5	70
เฉลี่ย	1,027.90	100.8	1,043.80	28.1	23.8	28.1	74

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 1,027.9 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 238.3 มิลลิเมตร และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 4.6 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 28.1 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 20.3 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 36.9 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 12 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (mm.)	จำนวนวัน ฝนตก	ปริมาณน้ำฝน สูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้น สัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				สูงสุด เฉลี่ย	ต่ำสุด เฉลี่ย	เฉลี่ย	
มกราคม	8.3	1.4	32.0	33.0	20.3	26.3	64
กุมภาพันธ์	28.2	2.0	124.7	35.2	22.1	28.2	63
มีนาคม	43.4	3.7	100.5	36.8	24.1	29.9	63
เมษายน	68.0	6.0	89.8	37.8	25.4	31.0	64
พฤษภาคม	142.9	13.4	93.9	36.1	25.4	30.1	71
มิถุนายน	101.3	13.4	73.5	34.8	25.1	29.5	72
กรกฎาคม	112.6	16.2	112.7	33.9	24.8	28.9	73
สิงหาคม	102.9	16.5	108.7	33.9	24.7	28.7	74
กันยายน	218.6	18.5	119.0	33.6	24.4	28.4	77
ตุลาคม	212.8	14.4	132.4	32.5	23.7	27.8	79
พฤศจิกายน	47.7	5.3	84.1	32.1	22.4	27.1	73
ธันวาคม	6.5	1.4	25.7	31.7	20.4	25.9	66
เฉลี่ย	1,093.2	112.2	1097.0	34.3	23.6	28.5	69.9

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง 30 ปี 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยากาญจนบุรี พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 1,093.2 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 218.6 มิลลิเมตร และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 8.3 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 28.5 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 20.3 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 37.8 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 13 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอทองผาภูมิ คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)

เดือน	ปริมาณ น้ำฝน (mm.)	จำนวน วันฝน ตก	ปริมาณน้ำฝน สูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้น สัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				สูงสุด เฉลี่ย	ต่ำสุด เฉลี่ย	เฉลี่ย	
มกราคม	8.0	1.0	32.0	33.7	17.6	24.9	71
กุมภาพันธ์	15.2	2.2	51.2	35.8	19.3	27.0	65
มีนาคม	60.1	5.4	84.0	37.4	21.6	29.0	64
เมษายน	96.3	8.7	83.9	37.7	23.3	29.8	69
พฤษภาคม	206.4	18.4	107.8	34.8	24.1	28.5	79
มิถุนายน	234.5	24.2	78.8	32.5	23.8	27.4	85
กรกฎาคม	350.6	26.3	142.5	31.4	23.5	26.8	87
สิงหาคม	329.4	26.2	109.8	31.3	23.4	26.6	87
กันยายน	265.9	23.7	100.3	32.3	23.4	26.9	86
ตุลาคม	176.6	15.5	103.5	33.1	22.7	26.9	84
พฤศจิกายน	23.3	3.6	53.0	33.1	20.6	26.0	79
ธันวาคม	5.0	1.0	25.6	32.5	18.0	24.5	75
เฉลี่ย	1,771.3	156.2	142.5	33.8	21.8	27.0	77.6

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอทองผาภูมิ พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 1,771.3 มิลลิเมตร โดยเดือนกรกฎาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 350.6 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 5 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 17.6 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 37.7 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 14 ข้อมูลภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (mm.)	จำนวนวันฝนตก	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดต่อวัน (mm.)	อุณหภูมิ (C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)
				เฉลี่ย	สูงสุดเฉลี่ย	ต่ำสุดเฉลี่ย	
มกราคม	5.5	1.3	48.1	32.1	21.0	26.1	71
กุมภาพันธ์	8.7	1.3	49.4	34.1	22.9	27.8	72
มีนาคม	29.7	3.2	84.4	36.0	24.6	29.4	72
เมษายน	62.2	5.2	146.0	37.3	25.9	30.7	71
พฤษภาคม	121.0	12.4	103.4	36.2	26.1	30.3	74
มิถุนายน	93.2	12.7	77.9	35.2	25.8	29.6	75
กรกฎาคม	104.0	14.7	82.7	34.4	25.4	29.0	76
สิงหาคม	118.5	15.7	108.6	34.4	25.2	28.9	76
กันยายน	229.4	18.3	190.4	33.8	25.0	28.6	80
ตุลาคม	172.3	14.2	109.7	32.9	24.7	28.4	80
พฤศจิกายน	49.2	4.6	75.1	32.3	23.3	27.5	74
ธันวาคม	6.8	1.3	17.5	31.3	21.0	25.8	70
เฉลี่ย	1,000.5	104.9	1,093.2	34.2	24.2	28.5	74

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศในช่วง คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2537-2566) ที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาสุพรรณบุรี พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดทั้งปี 1,000.5 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 229.4 มิลลิเมตร และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด 5.5 มิลลิเมตร ส่วนของอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 28.5 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 21.0 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 37.3 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 14)

4.4.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

จากการรวบรวมและทบทวนข้อมูลด้านธรณีวิทยาจากรายงานการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดสุพรรณบุรี กรมทรัพยากรธรณี (2557) แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1:250,000 และแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 4839 (I, II), 4939 III, 4938 (I, III, IV), 5038 IV กรมทรัพยากรธรณี (2549-2555) พบว่าธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกระเสียว ประกอบด้วย 8 ประเภท (ภาพที่ 5) สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 15 รายละเอียดดังนี้

1) ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary, Q) พบรองรับพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นส่วนใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ 674,529 ไร่ หรือคิดเป็น 55.91 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตะกอนยุคควอเทอร์นารี ประกอบไปด้วย ตะกอนน้ำพารูปพัด (Qaf) ตะกอนธารน้ำพา (Qa) ตะกอนตะพักลำน้ำ (Qt) มีอายุ 0.01-1.8 ล้านปี การสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารี พบตามแนวลุ่มน้ำ แม่น้ำ และที่ราบทั่วไป ตะกอนเหล่านี้ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและถมที่ดินได้ ประกอบด้วยหน่วยตะกอนย่อยดังนี้

(1) ตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial fan delta deposits, Qaf)

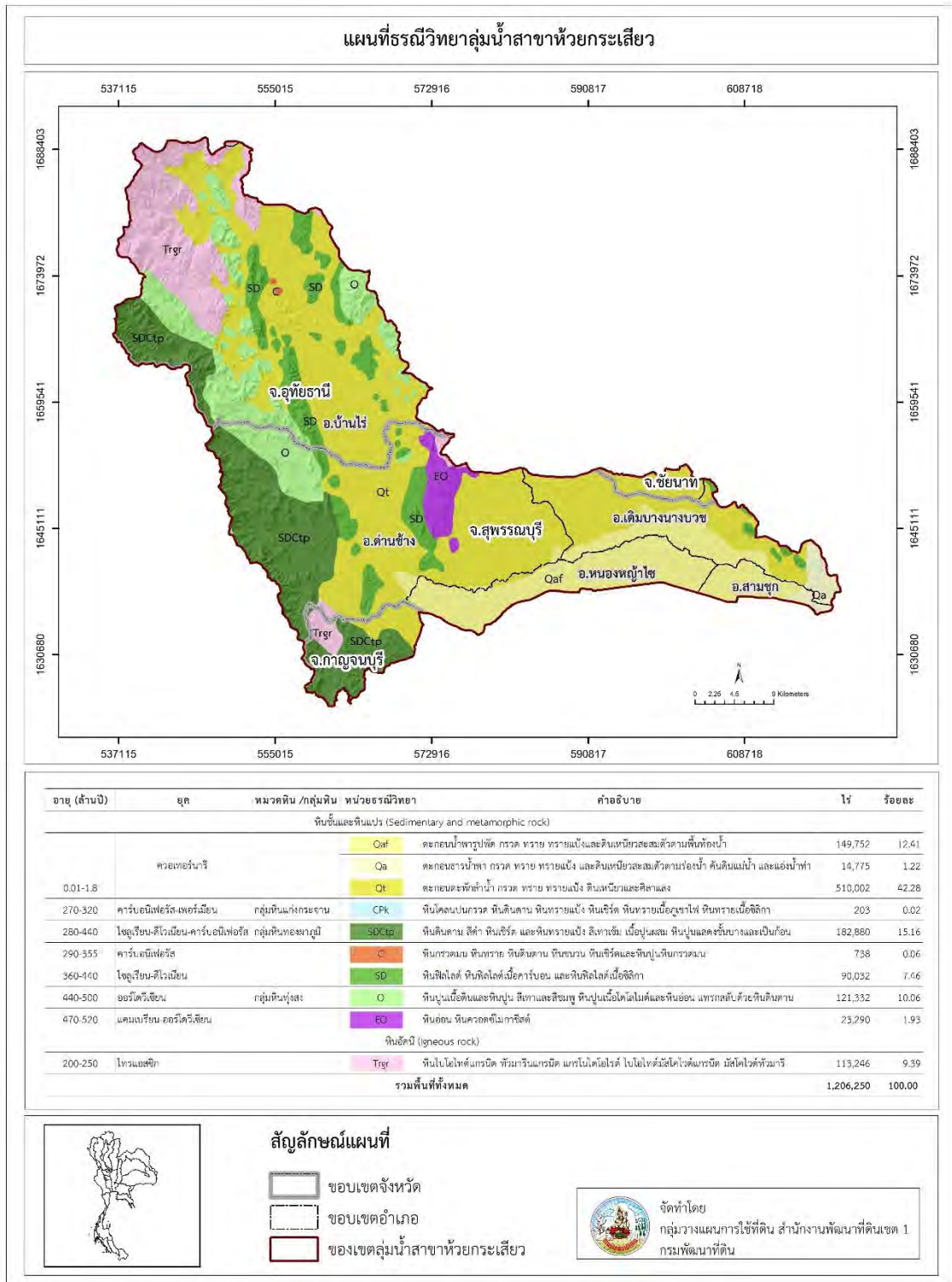
ตะกอนน้ำพารูปพัดเป็นตะกอนสะสมตัวรูปพัดบนดินดอนสามเหลี่ยม ประกอบด้วย ตะกอนโคลนแป้งเหนียว สีเทาอ่อนหรือสีเทา เหนียวมาก มีจุดประสีน้ำตาลอมเหลืองสดหรือสีน้ำตาลแดง มีเม็ดปูน หนา 1-9 เมตร สลับชั้นกับทรายแป้ง และกรวดปนทรายสีส้มอมเหลืองถึงเหลืองหม่น ร่วน เนื้อปานกลางถึงหยาบ เม็ดกรวดขนาดใหญ่สุด 4.5 เซนติเมตร หนา 2-13 เมตร พบแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของลุ่มน้ำ ตะกอนเหล่านี้มีอายุโฮโลซีน มีอายุจาก 10,000 ปีมาจนถึงปัจจุบัน พบครอบคลุมพื้นที่ 149,752 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 12.41 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

(2) ตะกอนน้ำพา (alluvial deposits, Qa)

ตะกอนน้ำพาเป็นตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำผิวดิน มีอิทธิพลของความลาดชันบ้าง มาสะสมตัวตามที่ราบพัดพามาไกลจากแหล่งกำเนิดพอสมควร ภูมิสัณฐานเป็นที่แบนราบ ความลาดชันน้อย มักมีแม่น้ำสายเล็ก ๆ หรือทางน้ำไหลผ่าน จึงได้ตะกอนหลายชนิดปนกัน ประกอบด้วย ชั้นทรายปนดินเคลย์สลับกับชั้นดินเคลย์ปนทรายสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงตะกอนรวดเร็ว การกัดเซาะไม่ดี มักพบเม็ดเหล็กและเม็ดปูนปน มีจุดประสีน้ำตาลเหลืองหรือน้ำตาลแดง พบแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของลุ่มน้ำ ตะกอนเหล่านี้มีอายุโฮโลซีน มีอายุจาก 10,000 ปีมาจนถึงปัจจุบัน พบครอบคลุมพื้นที่ 14,775 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.22 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

(3) ตะกอนตะพักลำน้ำ (terrace deposits, Qt)

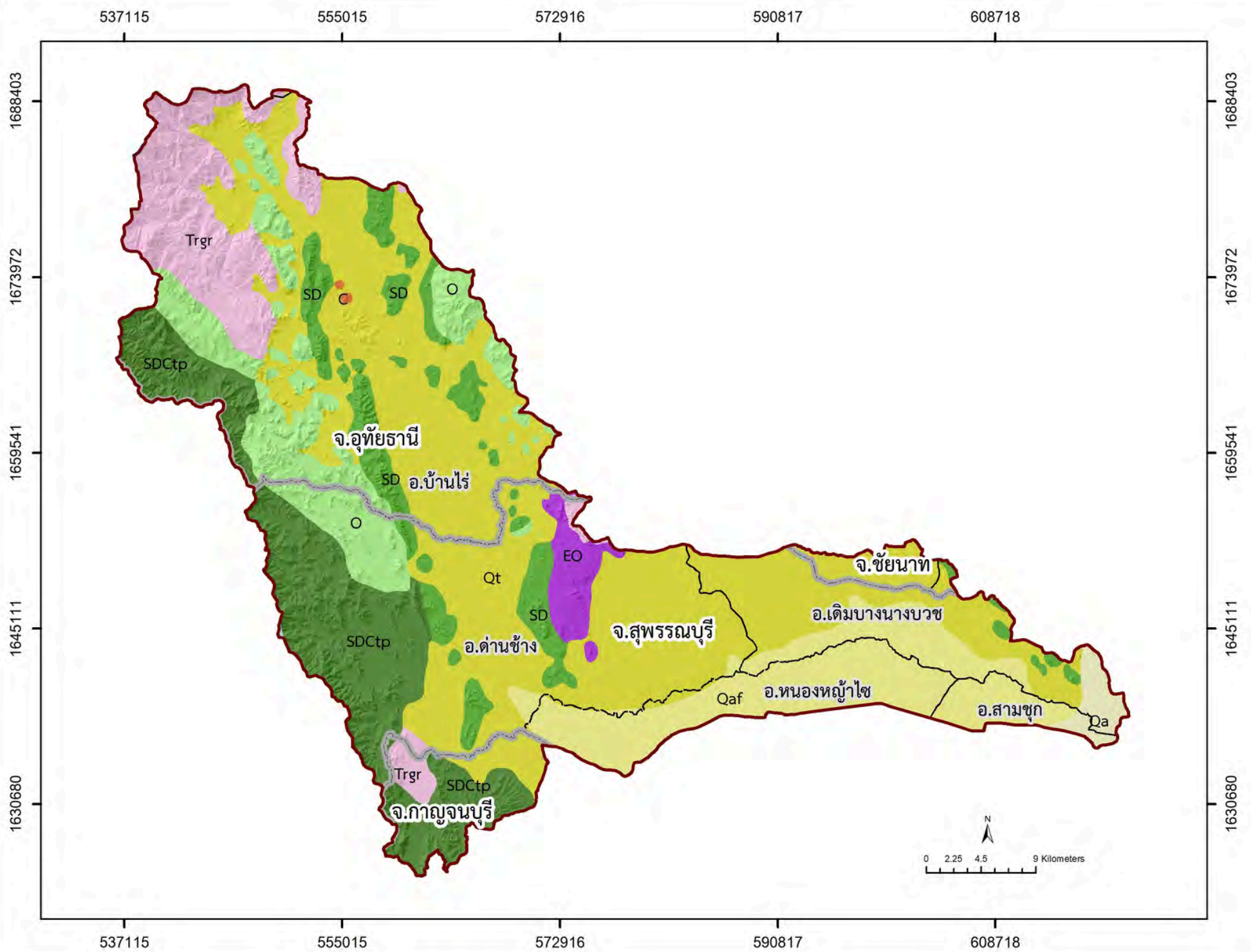
ตะกอนตะพักลำน้ำเกิดจากการผุพังของหินเดิม มีการพัดพาไปไม่ไกลจากแหล่งกำเนิด โดยมีความลาดเอียงและแรงดึงดูดของโลกช่วยพาตะกอนขนาดใหญ่ ๆ มาสะสมตัว



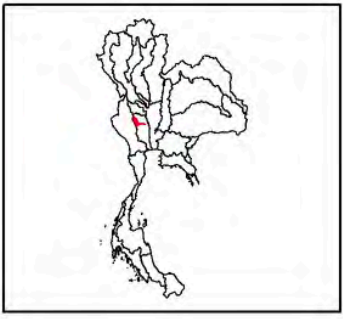
ภาพที่ 5 แผนที่ธรณีวิทยา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ที่มา : ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:50,000 ราวาง 4839 I, 4839 II, 4939 III, 4938 I, 4938 IV, 5038 IV และแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานี (2551) และจังหวัดสุพรรณบุรี (2557) มาตรฐาน 1:250,000 กรมทรัพยากรธรณี

แผนที่ธรณีวิทยาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



อายุ (ล้านปี)	ยุค	หมวดหิน / กลุ่มหิน หน่วยธรณีวิทยา	คำอธิบาย	ไร่	ร้อยละ
หินชั้นและหินแปร (Sedimentary and metamorphic rock)					
0.01-1.8	ควอเทอร์นารี	Qaf	ตะกอนน้ำพารูปพัด กรวด ทราย ทรายแป้งและดินเหนียวสะสมตัวตามพื้นที่ร่องน้ำ	149,752	12.41
		Qa	ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ ค้นดินแม่น้ำ และแอ่งน้ำท่า	14,775	1.22
		Qt	ตะกอนตะกั่วน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและโคลนเลน	510,002	42.28
270-320	คาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน	กลุ่มหินแก่งกระเจาน	หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกา	203	0.02
280-440	ไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส	กลุ่มหินทองผาภูมิ	หินดินดาน สีดำ หินเชิร์ต และหินทรายแป้ง สีเทาเข้ม เนื้อปูนผสม หินปูนแสดงชั้นบางและเป็นก้อน	182,880	15.16
290-355	คาร์บอนิเฟอรัส	C	หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินชนวน หินเชิร์ตและหินปูนหินกรวดมน	738	0.06
360-440	ไซลูเรียน-ดีโวเนียน	SD	หินฟิลโลสไลต์ หินฟิลโลสไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลโลสไลต์เนื้อซิลิกา	90,032	7.46
440-500	ออร์โดวิเซียน	กลุ่มหินทุ่งสง	หินปูนเนื้อดินและหินปูน สีเทาและสีชมพู หินปูนเนื้อโตไลไมต์และหินอ่อน แทรกสลับด้วยหินดินดาน	121,332	10.06
470-520	แคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน	EO	หินอ่อน หินควอตซ์ไมกาชีสต์	23,290	1.93
หินอัคนี (Igneous rock)					
200-250	ไทรแอสซิก	Trgr	หินไบโอไทต์แกรนิต หัวมารินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์หัทมารี	113,246	9.39
รวมพื้นที่ทั้งหมด				1,206,250	100.00



สัญลักษณ์แผนที่

- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- ของเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



จัดทำโดย
กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน

ภาพที่ 5 แผนที่ธรณีวิทยา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว
ที่มา : ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ราว 4839 I, 4839 II, 4939 III, 4938 I, 4938 IV, 5038 IV และแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานี (2551) และจังหวัดสุพรรณบุรี (2557) มาตราส่วน 1:250,000 กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 15 ธรณีวิทยา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

อายุ (ล้านปี)	ยุค	หน่วยธรณีวิทยา	คำอธิบาย	เนื้อที่	
				ไร่	ร้อยละ
หินชั้นและหินแปร (Sedimentary and metamorphic rock)					
0.01-1.8	ควอเทอร์นารี	Qaf	ตะกอนน้ำพารูปพัด กรวด ทราย ทรายแป้งและดินเหนียวสะสมตัวตามพื้นที่องน้ำ	149,752	12.41
		Qa	ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำคันดินแม่น้ำ และแอ่งน้ำ	14,775	1.22
		Qt	ตะกอนตะกัปลำน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและศิลาแลง	510,002	42.28
270-320	คาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน	CPk	หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกา	203	0.02
280-440	ไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส	SDCtp	หินดินดาน สีดำ หินเชิร์ต และหินทรายแป้ง สีเทาเข้ม เนื้อปูนผสม หินปูนแสดงชั้นบางและเป็นก้อน	182,880	15.16
290-355	คาร์บอนิเฟอรัส	C	หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินชนวน หินเชิร์ตและหินปูนหินกรวดมน	738	0.06
360-440	ไซลูเรียน-ดีโวเนียน	SD	หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา	90,032	7.46
440-500	ออร์โดวิเชียน	O	หินปูนเนื้อดินและหินปูน สีเทาและสีชมพู หินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินอ่อนแทรกสลับด้วยหินดินดาน	121,332	10.06
470-520	แคมเบรียน-ออร์โดวิเชียน	EO	หินอ่อน หินควอตซ์ไมกาชีสต์	23,290	1.93

ตารางที่ 15 (ต่อ)

อายุ (ล้านปี)	ยุค	หน่วย ธรณีวิทยา	คำอธิบาย	เนื้อที่	
				ไร่	ร้อยละ
หินอัคนี (Igneous rock)					
200-250	ไทรแอสซิก	Trgr	หินไบโอไทต์แกรนิต ทิวมารีน แกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอ ไทต์มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์ ทิวมารี	113,246	9.39
รวมพื้นที่ทั้งหมด				1,206,250	100.00

และบริเวณใกล้เคียงตามเชิงเขา มักมีสัณฐานแบบที่ราบสูงลอนลาด ประกอบด้วยเศษหินขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่กรวดขนาดเล็กจนถึงหินก้อนใหญ่ ดินเคลย์ปนทรายละเอียด สีแดง สีนํ้าตาลแดง และสีนํ้าตาลอมเหลือง เนื้อค่อนข้างร่วน การคัดขนาดไม่ดี เนื่องจากการผุพัง ตะกอนดินหินผุ เกิดจากการที่หินเดิมมีการผุพังเป็นตะกอนอยู่กับที่โดยที่ตะกอนนั้นไม่ได้ถูกพัดพามาสะสมตัวจากที่อื่น เป็นตะกอนที่พบตามเชิงเขา มีระดับค่อนข้างสูง มักมีสัณฐานแบบกว้างลาดต่ำออกจากเนินสูง ประกอบด้วยดินเคลย์ปนทราย เนื้อแน่นสีนํ้าตาลแดง แดงเข้ม และเทาเข้ม มักมีเศษหินปนมาก วางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินเดิม ตะกอนเหล่านี้อายุโพลสโตซีน มีอายุ 0.01-1.8 ล้านปี พบเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำ ในบริเวณตั้งแต่ที่ราบเชิงเขาลงมา ทั้งในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี และจังหวัดสุพรรณบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 510,002 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 42.28 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

2) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (Carboniferous-Permian, CPK)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน ในพื้นที่ลุ่มน้ำ อยู่ในกลุ่มหินแก่กระเจาน หินยุคนี้ประกอบด้วย หินเชิร์ตสีนํ้าเงินอมเทา สีเทาถึงเทาดำ มีชั้นความหนาของหินเชิร์ตในแต่ละช่วงไม่มากนัก หินดินดาน มี 2 ประเภท คือ เป็นชั้นบาง ๆ และชั้นหนา สลับกับหินทรายแป้งและหินทราย หินดินดานประเภทนี้จะมีสีเทาแกมเขียว สำหรับหินดินดานที่เป็นชั้นหนานั้นมีสีม่วงแดง สีเทา และสีเทาแกมเขียว หินทรายสีเทาถึงสีเทาขาว เม็ดหยาบถึงหยาบมาก มีชั้นหนาจนถึงหนามาก เป็นหินทรายที่มีปริมาณแร่ควอตซ์สูง มีความกลมมนสูงมาก และเนื้อหินค่อนข้างแข็งหินทรายสีเทาสลับหินดินดานสีเทาดำชั้นหินหนาปานกลางถึงชั้นบาง ชั้นหินชัดเจนบางบริเวณพบชั้นหินทรายเนื้อปูนเป็นเลนส์ หินทรายมีเม็ดตะกอนละเอียดถึงหยาบมาก บางบริเวณเป็นหินปูนสีเทาแทรกเป็นเลนส์ขนาดใหญ่ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 270-320 ล้านปี พบกระจายตัวบริเวณเทือกเขาทางด้านตะวันออกของตำบลวังยาว อำเภอด่านช้าง พบครอบคลุมพื้นที่เพียง 203 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

3) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian-Devonian-Carboniferous rocks, SDCTp)

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส เป็นหินที่มีอายุประมาณ 280-440 ล้านปี เรียกว่า กลุ่มหินทองผาภูมิ ในพื้นที่ศึกษานี้พบว่าชั้นหินดังกล่าวแผ่กระจายตามแนวเทือกเขาด้านทิศตะวันตกของอำเภอบ้านไร่ โดยชั้นหินนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และเหนือ-ใต้ ลักษณะหินประกอบด้วย หินทรายแทรกสลับหินปูนเนื้อดิน และหินปูนเลนส์ ถัดขึ้นมาเป็นหินดินดานสลับหินเชิร์ต และหินดินดานเนื้อซิลิกา สีเทาดำ-น้ำตาลอ่อน ชั้นหินบาง บางบริเวณมีการแปรสภาพระดับต่ำ ชั้นหินประกอบด้วย หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อดิน สีน้ำตาล เทา และน้ำตาลแกมแดงเม็ดละเอียดถึงหยาบ เม็ดค่อนข้างมน การคัดขนาดดี แทรกสลับด้วยหินดินดานและหินทรายแป้ง บางแห่งถูกแปรสภาพเป็นหินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ และหินชนวน พบชั้นหินเชิร์ต และซากดึกดำบรรพ์จำพวกเทเนตควิลด์ พบแผ่กระจายตัวตามแนวเทือกเขาทางด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้าง บริเวณขอบอ่างเก็บน้ำกระเสี้ยว พบครอบคลุมพื้นที่ 182,880 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 15.16 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

4) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous rocks, C)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสในพื้นที่ลุ่มน้ำ พบกระจายตัวทางตะวันตกของอำเภอบ้านไร่ ที่ตำบลแก่นมะกรูดและตำบลบ่อไร่ ลักษณะธรณีวิทยา ประกอบด้วย หินทรายเนื้อปนถ้ำภูเขาไฟและเฟลด์สปาร์ สีขาว สีเทาแกมเขียว เม็ดตะกอนขนาดหยาบ ชั้นหินหนา มีแร่ซิลิกาเป็นสารเชื่อมประสาน บางชั้นมีเศษหินภูเขาไฟปน ส่วนที่พบทางตอนเหนือของอำเภอบ้านไร่ จากการลำดับชั้นหินพบว่าชั้นหินนี้ควรจะมีอายุคาร์บอนิเฟอรัส (อายุประมาณ 290-355 ล้านปี) โดยพบครอบคลุมพื้นที่ 738 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

5) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian rocks, SD)

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน เป็นหินที่มีอายุประมาณ 360-440 ล้านปี ในพื้นที่ศึกษานี้พบว่าชั้นหินดังกล่าวแผ่กระจายตัวค่อนข้างกว้างเกือบทุกตำบลในอำเภอบ้านไร่ โดยชั้นหินนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และเหนือ-ใต้ ลักษณะหินประกอบด้วย หินทรายแทรกสลับหินปูนเนื้อดิน และหินปูนเลนส์ ถัดขึ้นมาเป็นหินดินดานสลับหินเชิร์ต และหินดินดานเนื้อซิลิกา สีเทาดำ-น้ำตาลอ่อน ชั้นหินบาง บางบริเวณมีการแปรสภาพระดับต่ำ ส่วนหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนที่พบจังหวัดสุพรรณบุรี ชั้นหินประกอบด้วย หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อดิน สีน้ำตาล เทา และน้ำตาลแกมแดงเม็ดละเอียดถึงหยาบ เม็ดค่อนข้างมน การคัดขนาดดี แทรกสลับด้วยหินดินดานและหินทรายแป้ง บางแห่งถูกแปรสภาพเป็นหินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ และหินชนวน พบชั้นหินเชิร์ต และซากดึกดำบรรพ์จำพวกเทเนตควิลด์ พบแผ่กระจายตัวตามแนวเทือกเขาทางด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้าง บริเวณขอบอ่างเก็บน้ำกระเสี้ยว หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนพบครอบคลุมพื้นที่ 90,032 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.46 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

6) หินยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician rocks, O)

หินยุคออร์โดวิเซียนเป็นหินที่มีอายุประมาณ 440-500 ล้านปี จัดอยู่ใน *กลุ่มหินทุ่งสง* พบชั้นหินนี้กระจายตัวทางทิศใต้และทิศตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี บริเวณอำเภอบ้านไร่ ระบายชั้นหินวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ลักษณะธรณีวิทยา ประกอบด้วย ตอนล่างเป็นหินหินโคลนและหินปูนเนื้อดินวางตัวต่อเนื่องอยู่บนหิน ควอร์ตไซต์ จากนั้นค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินปูนชั้นหนาที่เป็นหน้าผา มีหินเชิร์ตก้อนกลมในชั้นหิน ถัดมาตอนบนเป็นหินปูนชั้นบางสีเทาที่มีการตกผลึกใหม่ บางส่วนมีการแปรสภาพเป็นหินอ่อน หินแคล์ซิลิเกต มีหินทรายชั้นบางแทรกสลับแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินปูนชั้นหนา และพบหินควอร์ตไซต์ และหินฟิลโลไลต์แทรกสลับ

ส่วนในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบไปด้วยหินปูน หินปูนเนื้อดิน สีเทาเข้ม สีเทาชั้นหนาถึงไม่แสดงชั้น มีชั้นดินบาง ๆ แทรก หินปูนเหล่านี้มักจะถูกแปรสภาพกลายเป็นหินอ่อน และหินแคล์ซิลิเกตที่สีเทาอมเขียว ในเนื้อหินมักเห็นรูขุขนาน และลายแถบชั้นสีอ่อนสลับสีเข้ม จึงมักพบว่าปะปนกันอยู่ระหว่างเนื้อหินตะกอนและเนื้อหินแปร หินยุคออร์โดวิเซียน พบเห็นทั่วไปบริเวณภูเขาในบริเวณอำเภอด่านช้าง บริเวณขอบอ่างเก็บน้ำกระเสียว หินยุคออร์โดวิเซียนในพื้นที่ลุ่มน้ำ พบครอบคลุมพื้นที่ 121,332 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 10.06 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

7) หินยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน (Cambrian-Ordovician, EO)

หินยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน ในพื้นที่อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี มักจะพบว่าหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกแทรกดันเข้ามาทำให้ชั้นหินยุคแคมเบรียน วางตัวอยู่บนหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องเป็นหย่อมๆ และแนวชั้นหินวางตัวในทิศทางเหนือ-ใต้ ประกอบด้วย หินแปรเกรดต่ำ ได้แก่ หินควอร์ตไซต์ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ และหินชีสต์ เนื้อค่อนข้างละเอียดเมื่อเปรียบเทียบกับหินมหายุคพรีแคมเบรียน สีเข้มของไปโอไทต์ไมกาชีสต์ จากการเรียงตัวของแร่ไมกา สังเกตเห็นผิวหินมันวาวเป็นประกาย อายุเป็นหินตะกอนแปรสภาพเกรดต่ำในช่วงยุคแคมเบรียน หรือประมาณ 470-520 ล้านปี พบครอบคลุมพื้นที่ 23,290 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.93 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

8) หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (Trgr)

หินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่พบในตอนบนด้านทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำ ในจังหวัดอุทัยธานี มีอายุประมาณ 200-250 ล้านปี ประกอบด้วย หินไปโอไทต์แกรนิต มีเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง ส่วนใหญ่เป็นแร่แอลคาไล-เฟลด์สปาร์ พบแร่แอลลาไนต์และสฟีนอยู่ในเนื้อหิน หินไปโอไทต์-มัสโคไวต์ แกรนิต เป็นหินแกรนิตเนื้อขนาดเดียวกันและขนาดละเอียด ครอบคลุมพื้นที่ 113,246 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 9.39 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

4.4.4 ธรณีสัณฐาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิประเทศและข้อมูลธรณีวิทยา ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว สามารถจำแนกสภาพธรณีสัณฐาน รายละเอียดดังนี้

1) ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain) มีลักษณะเป็นที่ราบเรียบ มีความลาดชันน้อยมาก ความสูงโดยทั่วไปประมาณ 1-5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางในบริเวณปากแม่น้ำ และจะค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อลี้กเข้ามาในแผ่นดิน เกิดจากการทับถมของตะกอนที่น้ำพัดพามาในช่วงที่น้ำล้นตลิ่ง (น้ำท่วม) ตะกอนเหล่านี้มักประกอบด้วย ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ทำให้พื้นที่บริเวณนี้มีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะแก่การเกษตรกรรม พบในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ ในอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

2) เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Coalescing Fan) เนินตะกอนน้ำพารูปพัด คือ ภูมิประเทศที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนบริเวณเชิงเขาหรือปากหุบเขา เมื่อทางน้ำไหลลงมาจากที่สูงชันแล้วแผ่ออกสู่ที่ราบ ทำให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลงอย่างกะทันหัน ตะกอนที่ถูกพัดพามาจึงตกสะสมตัวแผ่ออกไปในลักษณะคล้ายพัด เมื่อลำธารไหลจากหุบเขาแคบๆ ออกสู่ที่ราบ ความกว้างของลำธารจะเพิ่มขึ้นและความลาดชันลดลง ทำให้พลังงานในการพัดพาตะกอนลดลง ตะกอนขนาดใหญ่ เช่น กรวด ทราย จะตกทับถมบริเวณยอดพัด (Apex) ซึ่งอยู่ใกล้กับปากหุบเขา ส่วนตะกอนขนาดเล็กกว่า เช่น ทรายแป้ง ดินเหนียว จะถูกพัดพาไปสะสมตัวไกลออกไปบริเวณปลายพัด (Toe) พบในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ บริเวณอำเภอนองหญ้าไซ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

3) สันดินริมน้ำของที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain Levee) เป็นสันดินริมน้ำ หรือ สันดินธรรมชาติ เป็นเนินดินลักษณะยาวขนานไปกับริมฝั่งแม่น้ำ เกิดขึ้นในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง โดยในช่วงที่เกิดน้ำท่วมและน้ำล้นตลิ่ง ความเร็วของกระแสน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็วบริเวณริมฝั่ง ทำให้ตะกอนที่พัดพามาโดยเฉพาะตะกอนที่มีขนาดหยาบกว่า เช่น ทรายและทรายแป้ง ตกทับถมบริเวณใกล้กับขอบตลิ่งก่อน ส่วนตะกอนขนาดเล็กจะเอียงตกกว่าจะถูกพัดพาไปทับถมในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงที่อยู่ไกลออกไป เมื่อเกิดน้ำท่วมซ้ำหลายครั้ง ตะกอนจะสะสมตัวพอกพูนจนกลายเป็นสันดินสูงขึ้น มีลักษณะเป็นแนวดินนูนสูงกว่าพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงโดยรอบที่อยู่ถัดเข้าไปด้านใน มีความลาดชันด้านที่ติดกับแม่น้ำจะชันกว่าด้านที่ลาดลงสู่ที่ราบน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยตะกอนที่ค่อนข้างหยาบกว่าตะกอนในที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงส่วนใหญ่ พบบริเวณแนวลำน้ำกระเสียว

4) ตะพักลำน้ำระดับต่ำ (Lower Terrace) ตะพักลำน้ำ หรือ ลานตะพักลำน้ำ เป็นพื้นที่ราบขั้นบันไดที่ปรากฏอยู่สูงกว่าระดับท้องน้ำหรือที่ราบน้ำท่วมถึงในปัจจุบัน แสดงถึงอดีตท้องน้ำหรือที่ราบน้ำท่วมถึงเดิม ก่อนที่แม่น้ำจะกัดเซาะร่องน้ำให้ลึกลงไป หรือเกิดการยกตัวของแผ่นดิน เป็นตะพักที่อยู่ใกล้กับที่ราบน้ำท่วมถึงปัจจุบันที่สุด มีอายุน้อยกว่า และอาจยังคงได้รับอิทธิพลจากน้ำท่วมในบางครั้งที่มีปริมาณน้ำหลากมากเป็นพิเศษ เป็นตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาสะสมตัว เช่น กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

5) ตะพักลำน้ำ (Terrace) ตะพักลำน้ำ หรือ ลานตะพักลำน้ำ เป็นพื้นที่ราบขั้นบันไดที่ปรากฏอยู่สูงกว่าระดับท้องน้ำหรือที่ราบน้ำท่วมถึงในปัจจุบัน แสดงถึงอดีตท้องน้ำหรือที่ราบน้ำท่วมถึงเดิม ก่อนที่แม่น้ำจะกัดเซาะร่องน้ำให้ลึกลงไป หรือเกิดการยกตัวของแผ่นดิน มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบหรือค่อนข้าง

ราบเป็นช่วงๆ คล้ายขั้นบันได วางตัวขนานหรือเกือบขนานไปกับลำน้ำสายปัจจุบัน แต่ระดับของตะพักลำน้ำแสดงถึงช่วงเวลาการสะสมตัวและเสถียรภาพของท้องน้ำในอดีต ตะพักลำน้ำที่อยู่สูงกว่าจะมีอายุเก่าแก่กว่าตะพักลำน้ำที่อยู่ต่ำกว่า พบเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตั้งแต่จังหวัดอุทัยธานี ถึงจังหวัดสุพรรณบุรี

6) พื้นที่เหลือค้ำจากการกัดกร่อน (Upper Erosional Terrain) เป็นลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากการผุพังและการกัดกร่อนของหินเดิมเป็นระยะเวลาานาน ทำให้ส่วนที่ทนทานต่อการกัดกร่อนน้อยกว่าจะถูกเคลื่อนย้ายออกไป เหลือไว้ซึ่งภูมิประเทศที่สูงกว่าบริเวณโดยรอบ ลักษณะเป็นเขาโดด (Monadnock/Inselberg) หย่อมเขา (Hills and Mountains) พื้นผิวที่ผ่านการกัดกร่อน (Erosion Surface) และบางส่วนเป็นภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst topography) ในบริเวณที่มีหินปูนเป็นหินพื้นฐาน ภูมิประเทศแบบคาสต์เกิดจากการกระทำของน้ำฝนและน้ำใต้ดินที่ทำปฏิกิริยาละลายหินปูน ทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่จำเพาะ เช่น ถ้ำ หลุมยุบ หน้าผาชัน และธารน้ำใต้ดิน

4.4.5 ทรัพยากรดิน

จากข้อมูลแผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1: 25,000 ของกองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) พบว่า ทรัพยากรดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว มีจำนวน 102 หน่วยแผนที่ดิน โดยพบชุดดินทั้งสิ้น 25 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินบ้านไร่ ชุดดินเชียงใหม่ ชุดดินชัยนาท ชุดดินจันทิก ชุดดินเดิมบาง ชุดดินดอนเจดีย์ ชุดดินดอนไร่ ชุดดินกลางดง ชุดดินเขาพลอง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินลพบุรี ชุดดินลี ชุดดินวังสะพุง ชุดดินลานสัก ชุดดินลาดหญ้า ชุดดินท่ายาง ชุดดินมวกเหล็ก ชุดดินมโนรมย์ ชุดดินแม่ริม ชุดดินนครปฐม ชุดดินปากช่อง ชุดดินไทรงาม ชุดดินทับเสลา ชุดดินตาคลี และชุดดินอุทัย ทรัพยากรดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอน เป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ ทรัพยากรดินส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ ดินเขาพลองที่มีความอึดตัวเบสสูง มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Kpg-hb-sl) ชุดดินเขาพลอง มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Kpg-sl) ดินเดิมบางที่เป็นดินร่วนละเอียด มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Db-fl-scl) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 17 (ภาพที่ 6)

จากการวิเคราะห์สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยใช้ข้อมูลแผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1: 25,000 ของกองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) สามารถจำแนกได้ รายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 17 และภาพที่ 7)

1) ดินที่มีปัญหาทางการเกษตร คือ ดินที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับปลูกพืช ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตและได้ผลผลิตตามปกติได้ พบว่า มีเนื้อที่ 120,904 ไร่ หรือร้อยละ 10.01 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

1.1) ดินทรายจัด ซึ่งเป็นดินทรายจัดในพื้นที่ดอน มีเนื้อที่ 7,414 ไร่ หรือร้อยละ 0.62 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นกลุ่มชุดดินที่ 44 พบหน่วยแผนที่ดิน Cu-lcosB มากที่สุด รองลงมาคือ Cu-lcosC

1.2) ดินตื้น มีเนื้อที่ 113,490 ไร่ หรือร้อยละ 9.39 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนี้

(1) ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวด หรือเศษหิน มีเนื้อที่ 72,535 ไร่ หรือร้อยละ 6.00 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 48 พบหน่วยแผนที่ Ty-slC มากที่สุด รองลงมาคือ Ty-gslC

(2) ดินตื้นในพื้นที่จนถึงชั้นหินพื้น มีเนื้อที่ 25,467 ไร่ หรือร้อยละ 2.10 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 47 พบหน่วยแผนที่ Ml-gclC มากที่สุด รองลงมาคือ Ml-cal-clB

(3) ดินตื้นในพื้นที่จนถึงชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน มีเนื้อที่ 15,164 ไร่ หรือร้อยละ 1.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 52 พบหน่วยแผนที่ Tk-clB มากที่สุด รองลงมาคือ Tk-br-clB

(4) ดินในพื้นที่ตอนที่มีหินโผล่ มีเนื้อที่ 324 ไร่ หรือร้อยละ 0.03 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

2) ดินที่ไม่มีปัญหาทางการเกษตร เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีเนื้อที่ 704,360 ไร่ หรือร้อยละ 58.40 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1) ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีเนื้อที่ 492,096 ไร่ หรือร้อยละ 40.80 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รายละเอียดดังนี้

(1) ดินในพื้นที่ลุ่มที่ไม่เป็นกรด มีเนื้อที่ 63,436 ไร่ หรือร้อยละ 5.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 18 พบหน่วยแผนที่ Db-fl-sclA

(2) ดินในพื้นที่ตอนที่เป็นกรด มีเนื้อที่ 354,901 ไร่ หรือร้อยละ 29.43 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 40, 56, และ 60 พบหน่วยแผนที่ Kpg-slB มากที่สุด รองลงมาเป็น Kpg-mw,fl-slA

(3) ดินในพื้นที่ตอนที่ไม่เป็นกรด มีเนื้อที่ 73,759 ไร่ หรือร้อยละ 6.11 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 36 พบหน่วยแผนที่ Kpg-hb,fl-slA มากที่สุด รองลงมาเป็น Kpg-hb,mw,fl-slB

2.2) ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีเนื้อที่ 212,264 ไร่ หรือร้อยละ 17.60 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รายละเอียดดังนี้

(1) ดินในพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ 83,703 ไร่ หรือร้อยละ 6.94 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 4, 5, และ 7 พบหน่วยแผนที่ Np-sicA มากที่สุด รองลงมาเป็น Cn-siclA

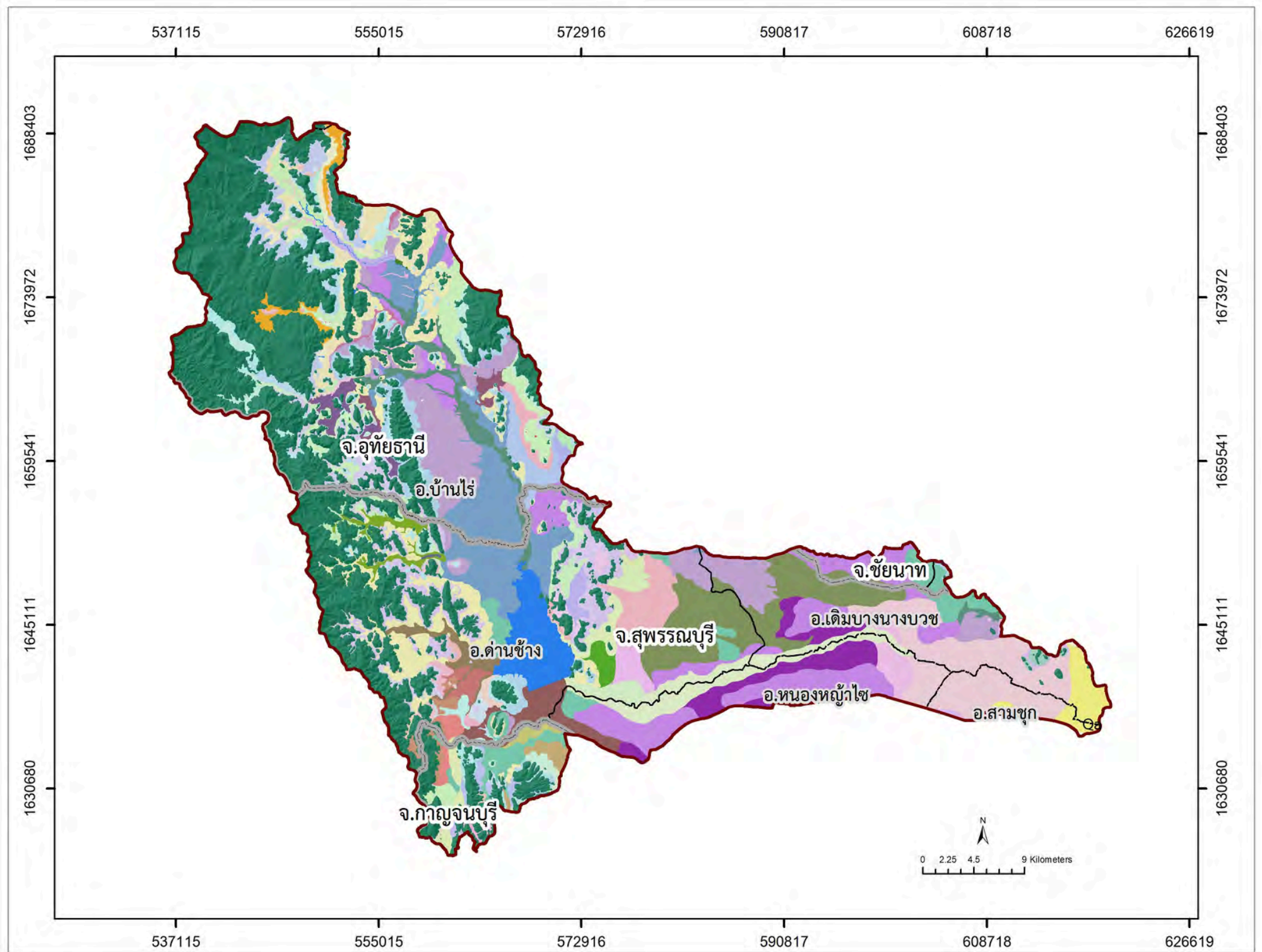
(2) ดินในพื้นที่ตอน มีเนื้อที่ 128,561 ไร่ หรือร้อยละ 10.66 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กลุ่มชุดดินที่ 28, 31, 33, 54 และ 55 พบหน่วยแผนที่ Sg-tks-lsB มากที่สุด รองลงมาเป็น Kld-clB

3) พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน มีเนื้อที่ 354,499 ไร่ หรือร้อยละ 29.39 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

4) พื้นที่น้ำ มีเนื้อที่ 29,152 ไร่ หรือร้อยละ 2.17 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ 335 ไร่ หรือร้อยละ 0.03 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

แผนที่ทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



AC-mw,col-sIA	Db-fl-sclA	Kpg-fl-sclB	Kpg-hb-Kpg-hb.rd-sIB	Ks-siA	Ly-hb,col-sIC	MI-clD	Tas-gslB	Tk-md-clB	Ty-sIC-RL
AC-wd,col-sIA	Db-sclA	Kpg-fl-sIB	Kpg-hb-sIA	Lb-br-clB	Ly-hb,col-sID	MI-gclB	Tas-gslC	Ty-gclB	Ty-sID
Bar-sIB	Dc-fl-sIA	Kpg-gm,fl-sIA	Kpg-hb-sIB	Li-Ws-clB	Ly-sIB	MI-gclC	Tas-gslD	Ty-gclC	Uti-gm-sIA/b
Bar-sIC	Dc-sIA	Kpg-gm-sIA/b	Kpg-mw,fl-sIA	Li-gclD	Ly-sIB/d3c	MI-gclD	Tas-gslE	Ty-gclD	Uti-mw,fl-sIA
Bar-sID	Don-fl-sIA	Kpg-hb,fl-sIA	Kpg-mw-sIA	Lsk-sIB	Ly-sIC	Mn-sicIA	Tk-br-clB	Ty-gslC	Uti-mw-sIA
Cm-fsi-siIA	Don-siA	Kpg-hb,gm,fl-sIA/b	Kpg-mw-sIB	Ly-Ty-sIC	MI-cal-clB	Mr-gslB	Tk-clA	Ty-gslD	Uti-mw-sIB
Cn-sicIA	Don-siB	Kpg-hb,gm-sIA/b	Kpg-sIA	Ly-col-sIB	MI-cal-clB-RC	Mr-gslC	Tk-clB	Ty-gslD-RC	Uti-sIA
Cu-lcosB	Kld-clB	Kpg-hb,mw,fl-sIB	Kpg-sIB	Ly-col-sIC	MI-cal-clC	Np-sicA	Tk-glA	Ty-gslE	Uti-sIB
Cu-lcosC	Kld-clC	Kpg-hb,mw-sIA	Kpg-tks-lsB	Ly-d-sIC	MI-clB	Pc-clB	Tk-glB	Ty-sIB	Ws-Wi-clB
Cu-lsB	Kpg-fl-sclA	Kpg-hb,mw-sIB	Kpg-vtks-lsB	Ly-hb,col-sIB	MI-clC	Sg-tks-lsB	Tk-md-clA	Ty-sIC	Ws-clB
Ws-clC	Ws-clD	Ws-d-clB	Ws-d-clC	ML	P	RL	SC	W	

สัญลักษณ์แผนที่

- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- ของเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

จัดทำโดย
กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน

ภาพที่ 6 แผนที่ทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 ของกองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

ตารางที่ 16 ทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ภูมิลักษณะ	วัตถุต้นกำเนิด	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
ที่ราบระหว่างเนินเขา (Alluvial Valley Plain)	ตะกอนน้ำพาใหม่ (alluvium)	AC-mw,col-slA	1,163	0.10
		AC-wd,col-slA	1,662	0.14
ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain)	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Cn-sicLA	13,375	1.11
เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Coalescing Fan)	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Ks-silA	757	0.06
สันดินริมน้ำของที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain Levee)	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Cm-fsi-silA	746	0.06
ตะพักลำน้ำระดับต่ำ (Lower Terrace)	ตะกอนน้ำพา ส่วนใหญ่เป็นตะกอนของหินแกรนิต (alluvium mainly from granite)	Uti-mw-slA	576	0.05
		Uti-mw-slB	1,782	0.15
		Uti-slA	8,056	0.67
		Uti-gm-slA/b	2,775	0.23
		Uti-mw,fl-slA	698	0.06
	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Uti-slB	9,435	0.78
		Db-fl-sclA	63,437	5.26
		Db-sclA	1,126	0.09
		Np-sicA	59,951	4.97
ตะพักลำน้ำ (Terrace)	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Mn-sicLA	9,254	0.77
		Dc-fl-slA	780	0.06
		Dc-slA	26,758	2.22
		Don-slA	3,800	0.32
		Don-silB	6,138	0.51
		Don-fl-clA	6,392	0.53
		Kpg-fl-sclA	4,027	0.33
		Kpg-mw,fl-slA	39,135	3.24
		Kpg-gm,fl-slA	18,573	1.54
		Kpg-fl-sclB	7,193	0.6
		Kpg-fl-slB	235	0.02
		Kpg-hb,fl-slA	55,396	4.59
		Kpg-hb,gm,fl-slA/b	2,717	0.23
Kpg-hb,mw,fl-slB	14,867	1.23		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ภูมิลักษณะ	วัตถุต้นกำเนิด	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
ตะพักลำน้ำ (Terrace)	ตะกอนน้ำพา (alluvium)	Kpg-hb,mw-slA	4,129	0.34
		Kpg-mw-slA	21,335	1.77
		Kpg-slA	18,400	1.53
		Kpg-gm-slA/b	184	0.02
		Kpg-hb,gm-slA/b	7,625	0.63
		Kpg-hb-slA	6,515	0.54
		Kpg-hb-slB	31,647	2.62
		Kpg-hb,mw-slB	1,805	0.15
		Kpg-mw-slB	190	0.02
		Kpg-slB	62,537	5.17
		Kpg-tks-lsB	21	0.01
		Kpg-vtks-lsB	1,441	0.12
		Lb-br-clB	4,611	0.38
		Mr-gslB	583	0.05
		Mr-gslC	251	0.02
Sg-tks-lsB	25,504	2.11		
ตะกอนน้ำพาที่ทับถมอยู่บน ลานตะพักปูนมาร์ล (transported material over marl terrain)		Tk-clA	1,782	0.15
		Tk-glA	1,565	0.13
		Tk-br-clB	4,813	0.40
		Tk-clB	6,025	0.50
		Tk-glB	979	0.08
		Tk-md-clA	9,474	0.79
		Tk-md-clB	21,251	1.76
พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (ภูมิประเทศแบบคาสต์) (Upper Erosional Terrain (karst topography))	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของ หินปูน หรือหินปูนร่วมกับ หินดินดาน (residuum from limestone associated with shale)	Pc-clB	446	0.04
พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (Upper Erosional Terrain)	วัสดุตกค้างจากหินแกรนิต (residuum and coluvium derived from granite)	Bar-slB	1,111	0.09
		Bar-slC	6,141	0.51

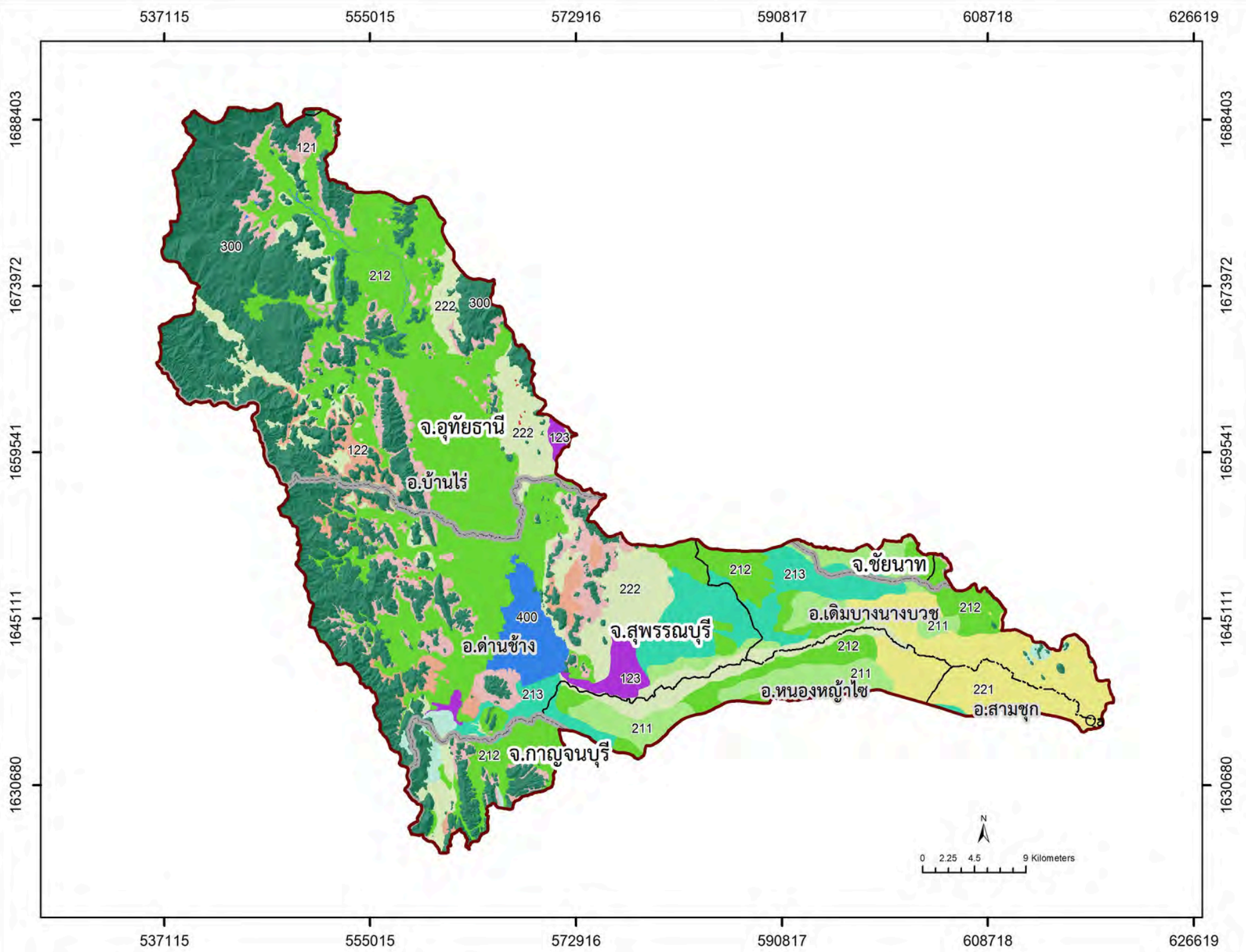
ตารางที่ 16 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัตถุต้นกำเนิด	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เหลือค้ำจากการกัดกร่อน (Upper Erosional Terrain)	วัสดุตกค้างจากหินแกรนิต (residuum and coluvium derived from granite)	Bar-slD	441	0.04
		Cu-lcosB	3,566	0.30
		Cu-lsB	387	0.03
		Cu-lcosC	1,998	0.17
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็น ระยะทางไม่ไกลนักของหิน ตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินใน กลุ่ม(residuum and colluvium derived from fine grained clastic rocks)	Lsk-slB	6,060	0.50
		Kld-clB	24,180	2.01
		Kld-clC	8,154	0.68
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็น ระยะทางไม่ไกลนักของหิน ทรายและหินควอร์ตไซต์โดยมี หินดินดานและหินฟิลโลไลท์เป็น หินพื้น (residuum and local colluvium derived from sandstone and quartzite interceded with phyllite and shale or equivalent rocks)	Li-gclD	482	0.04
		Li-Ws-clB	123	0.01
		Ly-d-slC	397	0.03
		Ly-col-slB	2,036	0.17
		Ly-hb,col-slB	983	0.08
		Ly-slB	39,285	3.26
		Ly-col-slC	506	0.04
		Ly-hb,col-slC	2,950	0.24
การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็น ระยะทางไม่ไกลนักของหิน ตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินใน กลุ่มและหินที่แปรสภาพ (residuum and colluvium from fine grained clastic rocks)	Ly-slC	617	0.05	
	Ly-hb,col-slD	483	0.04	
	Ly-Ty-slC	10,611	0.88	
	MI-cal-clB	3,424	0.28	
	MI-clB	1,411	0.12	
	MI-gclB	1,547	0.13	
	MI-cal-clC	1,386	0.11	
MI-clC	2,452	0.20		
	MI-gclC	13,159	1.09	
	MI-clD	115	0.01	
MI-gclD	110	0.01		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัตถุต้นกำเนิด	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เหลือค้ำจากการกัดกร่อน (Upper Erosional Terrain)	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่	MI-cal-clB-RC	1,257	0.10
	และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็น	Ws-d-clB	6,746	0.56
	ระยะทางไม่ไกลนักของหิน	Ws-d-clC	938	0.08
	ตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินใน	Ws-clB	1,059	0.09
	กลุ่มและหินที่แปรสภาพ	Ws-clC	6,540	0.54
	(residuum and colluvium	Ws-clD	3,338	0.28
	from fine grained clastic	Ws-Wi-clB	5,326	0.44
	rocks)			
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่	Tas-gslB	543	0.05
	และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็น	Tas-gslC	12,678	1.05
	ระยะทาง ไม่ไกลนัก ของ	Tas-gslD	1,497	0.12
	หินแกรนิต และหินไนส์	Tas-gslE	94	0.01
	(residuum and coluvium			
	derived from gneiss and			
granite)				
พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope Complex)	การสลายตัวผุพังอยู่กับที่	Ty-gclB	1,462	0.12
	และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาใน	Ty-slB	780	0.06
	ระยะทางไม่ไกลนักของหิน	Ty-gclC	232	0.02
	ตะกอนหรือหินแปรเนื้อหยาบ	Ty-gslC	17,057	1.40
	พวกหินทรายและหินควอร์ต	Ty-slC	27,461	2.27
	ไซด์ โดยรองรับด้วย	Ty-gclD	56	0.01
	หินดินดานและหินฟิลไลต์	Ty-gslD	7,926	0.66
	(residuum and local	Ty-slD	26	0.01
	colluvium derived from	Ty-gslE	1,179	0.10
	sandstone and quartzite	Ty-slC-RL	294	0.02
	interbedded with phyllite	Ty-gslD-RC	421	0.03
and shale or equivalent				
rocks)				
พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope Complex)			354,497	29.39
พื้นที่อื่นๆ			26,811	2.22
รวมทั้งหมด			1,206,250	100

แผนที่สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



สัญลักษณ์	ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
1. ดินที่มีปัญหาทางการเกษตร			120,904	10.01
	1.1 ดินทรายจัด		7,414	0.62
111	1.1.1 ดินทรายจัดในพื้นที่ดอน	44	7,414	0.62
	1.2 ดินตื้น		113,490	9.39
121	1.2.1 ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงขั้นลูกรัง ก้อนกรวด หรือเศษหิน	48	72,535	6.00
122	1.2.2 ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงขั้นหินพื้น	47	25,467	2.10
123	1.2.3 ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงขั้นมาร์ลหรือก้อนปูน	52	15,164	1.26
123	1.2.4 ดินในพื้นที่ดอนที่มีหินโผล่		324	0.03
2. ดินที่ไม่มีปัญหาทางการเกษตร			704,360	58.40
	2.1 ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ		492,096	40.80
211	2.1.1 ดินในพื้นที่ลุ่มที่เป็นกรด	18	63,436	5.26
212	2.1.2 ดินในพื้นที่ดอนที่เป็นกรด	29,35,40,56,60	354,901	29.43
213	2.1.3 ดินในพื้นที่ดอนที่ไม่เป็นกรด	36	73,759	6.11
	2.2 ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง		212,264	17.60
221	2.2.1 ดินในพื้นที่ลุ่ม	4,5,7	83,703	6.94
222	2.2.2 ดินในพื้นที่ดอน	28,31,33,28,54,55	128,561	10.66
300	3. พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน		354,499	29.39
400	4. พื้นที่น้ำ		26,152	2.17
500	5. พื้นที่เบ็ดเตล็ด		335	0.03
รวมทั้งสิ้น			1,206,250	100



สัญลักษณ์แผนที่

- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

จัดทำโดย
 กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
 กรมพัฒนาที่ดิน

ภาพที่ 7 แผนที่สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ตารางที่ 17 สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
1.ดินที่มีปัญหาทางการเกษตร			120,904	10.01
1.1 ดินทรายจัด			7,414	0.62
1.1.1 ดินทรายจัดในพื้นที่ดอน			7,414	0.62
	44	Cu-lcosB	3,566	0.3
		Cu-lcosC	1,999	0.17
		Cu-lsB	387	0.03
1.2 ดินตื้น			113,490	9.39
1.2.1 ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวด หรือเศษหิน			72,535	6.00
	48	Mr-gslB	582	0.05
		Mr-gslC	250	0.02
		Tas-gslB	543	0.05
		Tas-gslC	12,677	1.05
		Tas-gslD	1,497	0.12
		Tas-gslE	94	0.01
		Ty-gclB	1,462	0.12
		Ty-gclC	232	0.02
		Ty-gclD	55	0.00
		Ty-gslC	17,056	1.41
		Ty-gslD	7,924	0.66
		Ty-gslD-RC	421	0.03
		Ty-gslE	1,179	0.10
		Ty-slB	780	0.06
		Ty-slC	27,463	2.28
		Ty-slC-RL	294	0.02
		Ty-slD	26	0.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
1.2.2 ดินต้นในพื้นที่ตอนถึงชั้นหินพื้น			25,467	2.10
	47	Li-gclD	482	0.04
		Li-Ws-clB	123	0.01
		Ml-cal-clB	3,424	0.28
		Ml-cal-clB-RC	1,257	0.10
		Ml-cal-clC	1,387	0.11
		Ml-clB	1,411	0.12
		Ml-clC	2,451	0.20
		Ml-clD	116	0.01
		Ml-gclB	1,547	0.13
		Ml-gclC	13,159	1.09
		Ml-gclD	110	0.01
1.2.3 ดินต้นในพื้นที่ตอนถึงชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน			15,164	1.26
	52	Tk-br-clB	4,813	0.40
		Tk-clA	1,782	0.15
		Tk-clB	6,025	0.50
		Tk-glA	1,565	0.13
		Tk-glB	979	0.08
1.2.4 ดินในพื้นที่ตอนที่มีหินโผล่			324	0.03
2. ดินที่ไม่มีปัญหาทางการเกษตร			704,360	58.40
2.1 ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ			492,096	40.80
2.1.1 ดินในพื้นที่ลุ่มที่ไม่เป็นกรด			63,436	5.26
	18	Db-fl-sclA	63,436	5.26
2.1.2 ดินในพื้นที่ตอนที่เป็นกรด			354,901	29.43
	29	Pc-clB	446	0.04
	35	Don-fl-sIA	6,392	0.53
		Kpg-fl-sclA	4,027	0.33
		Kpg-fl-sclB	7,193	0.60

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
		Kpg-fl-slB	235	0.02
		Kpg-gm,fl-slA	18,574	1.54
		Kpg-mw,fl-slA	39,136	3.24
		Ly-d-slC	397	0.03
		Uti-mw,fl-slA	698	0.06
	40	Dc-slA	26,759	2.22
		Kpg-gm-slA/b	183	0.02
		Kpg-hb-Kpg-hb,rd-slB	3,361	0.28
		Kpg-hb-slA	3,153	0.26
		Kpg-hb-slB	31,649	2.62
		Kpg-hb,gm-slA/b	7,625	0.63
		Kpg-hb,mw-slA	4,129	0.34
		Kpg-hb,mw-slB	1,805	0.15
		Kpg-mw-slA	21,335	1.77
		Kpg-mw-slB	190	0.02
		Kpg-slA	18,399	1.53
		Kpg-slB	62,540	5.18
		Lsk-slB	6,060	0.50
		Uti-gm-slA/b	2,775	0.23
		Uti-mw-slA	576	0.05
		Uti-mw-slB	1,782	0.15
		Uti-slA	8,055	0.67
		Uti-slB	9,436	0.78
	41	Kpg-tks-lsB	21	0.01
		Kpg-vtks-lsB	1,441	0.11
	56	Bar-slB	1,111	0.09
		Bar-slC	6,141	0.51
		Bar-slD	441	0.04

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
		Ly-col-slB	2,036	0.17
		Ly-col-slC	506	0.04
		Ly-hb,col-slB	983	0.08
		Ly-hb,col-slC	2,950	0.24
		Ly-hb,col-slD	483	0.04
		Ly-slB	38,694	3.21
		Ly-slB/d3c	593	0.05
		Ly-slC	617	0.05
		Ly-Ty-slC	10,611	0.88
	60	AC-mw,col-slA	1,163	0.10
		AC-wd,col-slA	1,662	0.14
2.1.3		ดินในพื้นที่ดอนที่ไม่เป็นกรด	73,759	6.11
	36	Dc-fl-slA	780	0.06
		Kpg-hb,fl-slA	55,396	4.59
		Kpg-hb,gm,fl-slA/b	2,717	0.23
		Kpg-hb,mw,fl-slB	14,866	1.23
2.2		ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง	212,264	17.60
2.2.1		ดินในพื้นที่ลุ่ม	83,703	6.94
	4	Cn-sic1A	13,374	1.11
	5	Mn-sic1A	9,253	0.77
	7	Db-sclA	1,125	0.09
		Np-sicA	59,951	4.97
2.2.2		ดินในพื้นที่ดอน	128,561	10.66
	28	Lb-br-clB	4,611	0.38
	31	Kld-clB	24,178	2.00
		Kld-clC	8,154	0.68
		Ws-d-clB	6,747	0.56
		Ws-d-clC	938	0.08

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ประเภทของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
	33	Cm-fsi-silA	746	0.06
		Don-silA	3,800	0.32
		Don-silB	6,139	0.51
		Ks-silA	758	0.06
	38	Sg-tks-lsB	25,504	2.11
	54	Tk-md-clA	9,474	0.79
		Tk-md-clB	21,251	1.76
	55	Ws-clB	1,059	0.09
		Ws-clC	6,540	0.54
		Ws-clD	3,337	0.28
		Ws-Wi-clB	5,325	0.44
3. พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน			354,499	29.39
4. พื้นที่น้ำ			26,152	2.17
5. พื้นที่เบ็ดเตล็ด			335	0.03
รวมทั้งสิ้น			1,206,250	100

4.5 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

4.5.1 อุปกรณ์

- 1) ข้อมูลแผนที่และข้อมูลพื้นฐาน
 - (1) แผนที่ชุดดิน (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2563)
 - (2) แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2543)
 - (3) แผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)
 - (4) แผนที่ขอบเขตการปกครอง (กรมการปกครอง, 2553)
 - (5) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2562)
 - (6) แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) เส้นชั้นความสูง
- 2) อุปกรณ์ปฏิบัติงานในสำนักงานและห้องปฏิบัติการ
 - (1) คอมพิวเตอร์
 - (2) โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS Pro
 - (3) โปรแกรม R รุ่น (version) 4.4.0
- 3) อุปกรณ์ปฏิบัติงานในภาคสนาม
 - (1) ส่วนเจาะดิน (soil auger)
 - (2) เครื่องรับสัญญาณระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (global positioning systems)
 - (3) กระจกเก็บตัวอย่างดิน (soil core)
 - (4) ชุดทดสอบความเป็นกรด-ด่าง (pH test kit)
 - (5) ค้อนยาง (Rubber mallet)
 - (6) ตลับเมตร (Measuring tape)
 - (7) สมุดเทียบสีดิน (Munsell Soil Color Charts)
 - (8) พลั่วสนาม (Field shovel)
 - (9) สมุดบันทึก (Notebook)
 - (10) ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่าง (Sample collection plastic bags)
 - (11) กล้องถ่ายรูป (Camera)

4.5.2 วิธีการศึกษา

1) การเตรียมข้อมูลดิน

(1) วิเคราะห์พื้นที่สำหรับการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน โดยการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน แผนที่พื้นฐาน ได้แก่ แผนที่ชุดดิน แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 แผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:250,000 แผนที่ขอบเขตการปกครอง แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน และแผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

(2) การเก็บตัวอย่างดิน โดยการศึกษาครั้งนี้ เก็บตัวอย่างดิน สำหรับประเมินค่า K-factor ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ตามขอบเขตชุดดิน มาตรฐาน 1:25,000 กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 45 หน่วยแผนที่ดิน จำนวน 3 ชั่ว รวม 135 ตัวอย่าง โดยเลือกจุดตามการใช้ที่ดิน สภาพภูมิประเทศ ส่วนใหญ่ของแต่ละหน่วยแผนที่ดิน (ภาพที่ 8) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจการสภาพใช้ประโยชน์ที่ดินในตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างดิน

ขั้นตอนที่ 2 สำรวจดินและจำแนกดิน โดยใช้ระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy) โดยหน่วยจำแนกดินที่ใช้เป็นหน่วยแผนที่ดินจะเป็นประเภทของชุดดิน และดินคล้ายเพื่อตรวจสอบชุดดินตามหน่วยแผนที่ดิน

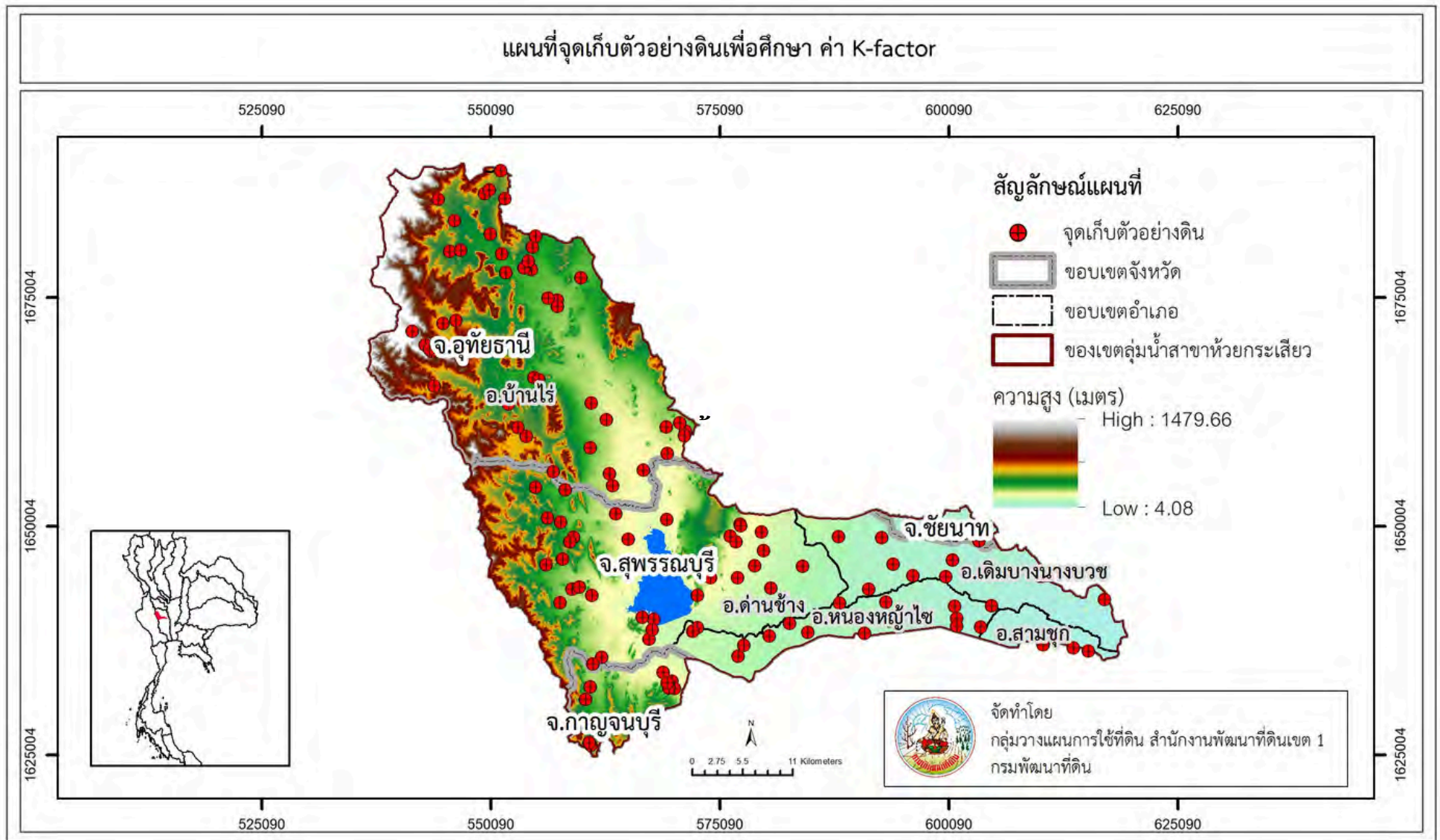
ขั้นตอนที่ 3 เก็บตัวอย่างดิน 2 รูปแบบ เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- การเก็บตัวอย่างแบบไม่รบกวนโครงสร้าง หรือ การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) คือตัวอย่างดินที่ถูกเก็บขึ้นมาโดยมีสภาพใกล้เคียงสภาพธรรมชาติ โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างขนาดเล็ก (soil core sample) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน และการซึมน้ำในดิน (soil permeability) ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน

- การเก็บตัวอย่างแบบรบกวนโครงสร้าง (Disturbed Sample) เพื่อนำไปวิเคราะห์ ขนาดอนุภาคดิน (particle size analysis) อนุภาคทราย (sand fractions) ด้วยวิธี pipette method (Kilmer and Alexander, 1949) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ด้วยวิธี Wet oxidation (Walkley and Black, 1946) ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน

ขั้นตอนที่ 4 ส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดดังนี้

- วิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) จากขนาดอนุภาคดิน ด้วยวิธีปิเปต (Kilmer and Alexander, 1949)
- วิเคราะห์อนุภาคทราย (sand fractions)
- วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ด้วยวิธี wet oxidation
- การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity : Ksat) การซึมน้ำในดิน (soil permeability)



ภาพที่ 8 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษา ค่า K-factor

2) การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน

การศึกษาคั้งนี้ทำการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) จากการเก็บตัวอย่างตามขอบเขตหน่วยแผนที่ดิน ของแผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 โดยใช้ข้อมูลผลวิเคราะห์สมบัติของดินในการประเมินค่า K-factor ในแต่ละรูปแบบ ของสมการ ดังนี้

- (1) สมการของ Wischmeier and Smith (1978)
- (2) สมการของ Sharply and Williams (1990)
- (3) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)
- (4) ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

จากนั้นนำข้อมูลค่า K-factor ทั้ง 4 รูปแบบสมการ มาประเมินด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) โดยใช้แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) ตามคู่มือ Country guidelines and technical specifications for Global Soil Nutrient and Nutrient Budget Maps GSNmap – Phase I ของ Food and Agriculture Organization of the United Nations (Rome, 2022) เป็น นำปัจจัยสิ่งแวดล้อม จำนวน 6 กลุ่ม 71 ปัจจัย เพื่อสร้างแผนที่ค่า K-factor

ทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในแต่ละรูปแบบของสมการ โดยใช้ค่าทางสถิติ ดังนี้

- (1) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (mean prediction error : ME): ประเมินความเอนเอียงของการทำนาย (prediction bias)
- (2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (mean absolute prediction error : MAE): ประเมินขนาดของความคลาดเคลื่อน
- (3) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (root mean squared prediction error : RMSE): ประเมินขนาดของความคลาดเคลื่อน โดยให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนที่มีค่ามาก

3) การประเมินการสูญเสียดินด้วยสมการ USLE

การศึกษาคั้งนี้มีการประเมินการสูญเสียดินด้วยสมการ USLE ตามสมการ

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

โดยที่

$$A = \text{ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)}$$

R = ผลของความรุนแรงของฝน ประมาณจากสมการสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลของความรุนแรงของฝนที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

K = ความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย กำหนดจากข้อมูลชุดดินประกอบกับการตรวจเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

$$LS = \text{ผลของระยะทางลาดและความลาดชัน}$$

C = ผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ ได้จากกำหนดจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

P = ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กำหนดค่าให้เท่ากับ 1.0 ตามสมมติฐานที่ว่ายังไม่มีระบบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่

รายละเอียดดังนี้

(1) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝน (R-factor) จากการรวบรวมข้อมูลสถิติภูมิอากาศ คาบ 30 ปี บริเวณลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว จำนวน 6 สถานีตรวจอากาศ คือ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุทัยธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทัยธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรจังหวัดชัยนาท สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี สถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอทองผาภูมิ และสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี ประเมินค่า R-factor ตามสมการ

$$R = 38.5 + 0.35[P]$$

โดย P คือ ปริมาณน้ำฝน

(2) ค่าปัจจัยความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Soil erodibility Index : K-factor) ในการศึกษาครั้งนี้ ประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน จำนวน 4 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) วิธีที่ 3 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดินจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยได้จากการศึกษาคุณสมบัติของชุดดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการ จากการสำรวจภาคสนาม และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และนำข้อมูลค่า K-factor ทั้ง 4 รูปแบบสมการ มาประเมินด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) โดยใช้แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) ตามคู่มือ Country guidelines and technical specifications for Global Soil Nutrient and Nutrient Budget Maps GSNmap – Phase I ของ Food and Agriculture Organization of the United Nations

(3) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ (Slope length and slope steepness factor: LS-factor) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศประกอบด้วย ความยาวของความลาดชัน และระดับของความลาดชัน การศึกษาครั้งนี้ประเมินค่าปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศด้วยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ของกรมพัฒนาที่ดิน (Digital Elevation Model : DEM) แบบกริดขนาด 10*10 เมตร ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาร้อยละของความลาดชัน และความยาวของความลาดชันจากทิศทางทางไหล โดยใช้สมการของ Wischmeier and Smith (1957) ที่แนะนำโดยกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างจากกรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

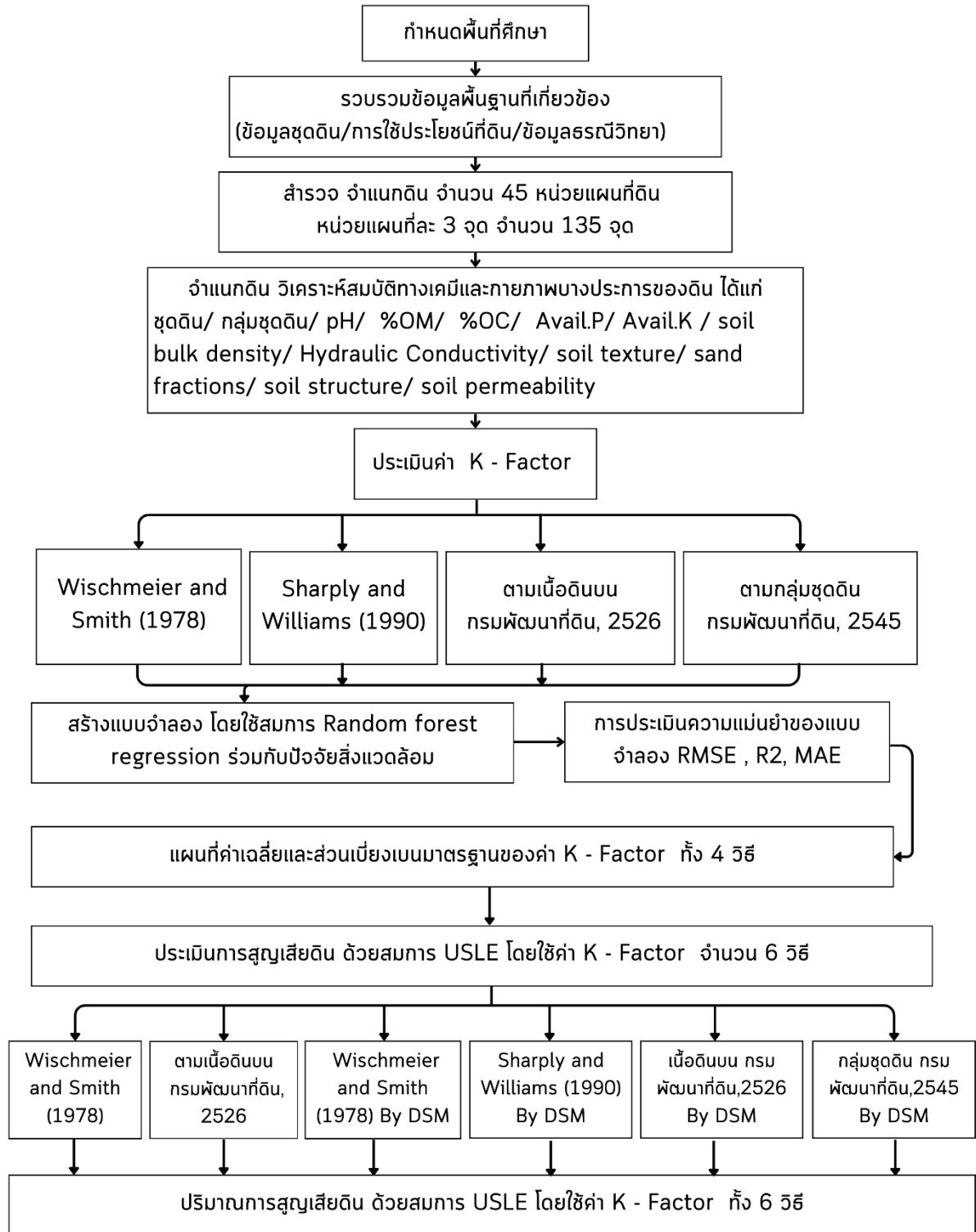
$$LS = [(L/22.13)^m] \times [0.065+0.0456(S) + 0.00654(S)^2] \dots\dots\dots(5)$$

(4) ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (Cropping management factor: C-factor) ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1:25,000 ช่วงปี 2565 -2566 โดยใช้ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C-factor) กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

(5) ปัจจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Conservation practice factor: P-factor) ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช ใช้แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตรฐาน 1:25,000 ช่วงปี 2565-2566 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน การทำนาในกรณีที่มีค่าน่าก็นับว่าเป็นระบบการทำคันดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 แต่ระบบการอนุรักษ์อื่น ๆ ไม่สามารถแสดงได้ในแผนที่ระดับลุ่มน้ำ จึงถือว่าพื้นที่นั้น ๆ ไม่มีระบบการอนุรักษ์ จึงมีค่า P เท่ากับ 1

4.5.3 กรอบแนวคิดการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินประเมินค่า K-factor โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ โดยแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนคือพื้นที่ราบและพื้นที่สูง โดยยังไม่มีเฉพาะเจาะจงของพื้นที่ ดังนั้นการศึกษานี้ เป็นการประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำชุดข้อมูล ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และทดสอบความแม่นยำของแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในแต่ละรูปแบบของสมการ คือ 1) Wischmeier and Smith (1978) 2) สมการของ Sharply and Williams (1990) 3) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) 4) ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) โดยใช้วิธี Digital Soil Mapping (DSM) แบบจำลอง Quantile Regression Forest (QRF) โดยนำปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental variables) จำนวน 6 กลุ่ม 71 ปัจจัย เพื่อสร้างแผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน และประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ผลการศึกษานี้ จะเป็นชุดข้อมูลของค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว สำหรับการวางแผนการใช้ที่ดิน การกำหนดมาตรการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ใช้สำหรับงานวิจัย และการประเมินความเสี่ยงการชะล้างพังทลายของพื้นที่ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 กรอบการดำเนินการศึกษา

4.6 ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.6.1 สมบัติดิน

สมบัติดินทางเคมีและกายภาพของดิน (ตารางที่ 19 และตารางที่ 20) ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพตามลักษณะของดินแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือดินบนพื้นที่ลุ่ม และดินบนพื้นที่ดอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ดินบนพื้นที่ลุ่ม ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ซึ่งพบในบริเวณตั้งแต่ที่ราบน้ำท่วมถึงถึงตะพักลำน้ำ สมบัติทางเคมี พบว่า ค่าพีเอช (pH) มีพิสัยตั้งแต่ 3.5-6.5 อยู่ในช่วง กรดรุนแรงมาก-กรดเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ : 1:5) มีพิสัยตั้งแต่ 0.04-0.19 dS/m อยู่ในช่วง ไม่เค็ม-เค็มเล็กน้อย สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.82-3.76 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำมาก-สูงมาก) อยู่ในช่วงต่ำ-สูง ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.48-2.18 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วงต่ำ-สูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีพิสัยตั้งแต่ 4-52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงต่ำ-สูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีพิสัยตั้งแต่ 21-186 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงต่ำมาก-สูงมาก สำหรับสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 1.28-1.73 g/cm³ อยู่ในช่วงต่ำ-สูง สภาพน้ำขังขณะอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.01-9.21 cm/hr อยู่ในช่วงช้ามาก-เร็วปานกลาง และเนื้อดิน พบตั้งแต่ ดินร่วนถึงดินเหนียว

ดินบนพื้นที่ดอน ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาตะกอนน้ำพาใหม่ วัสดุตกค้างจากหินแกรนิต การสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลนักของหินตะกอนหรือหินแปรเนื้อหยาบ พวกหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยรองรับด้วยหินดินดานและหินฟิลโลไลท์ แกรนิตและหินไนส์ ซึ่งพบในบริเวณตั้งแต่ตะพักลำน้ำต่ำ ตะพักลำน้ำ พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน และที่ราบระหว่างเนินเขา ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่า ค่าพีเอช (pH) มีพิสัยตั้งแต่ 3.9-8.2 อยู่ในช่วง กรดรุนแรงมาก-กรดเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ : 1:5) มีพิสัยตั้งแต่ 0.01-0.4 dS/m อยู่ในช่วง ไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.13-8.64 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำมาก-สูงมาก) อยู่ในช่วงต่ำมาก-สูงมาก ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.08-5.01 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วงต่ำมาก-สูงมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีพิสัยตั้งแต่ 3-390 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงต่ำ-สูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีพิสัยตั้งแต่ 19-710 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงต่ำมาก-สูงมาก สำหรับสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 1.19-1.93 g/cm³ อยู่ในช่วงต่ำ-สูงมาก สภาพน้ำขังขณะอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน มีพิสัยตั้งแต่ 0.01-55 cm/hr อยู่ในช่วงช้ามาก-เร็วมาก และเนื้อดิน พบตั้งแต่ ดินร่วนเหนียวถึงดินทรายปนดินร่วน

ตารางที่ 18 สมบัติของดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

สมบัติดิน	พิสัย (Range)	มัธยฐาน (Median)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	สัมประสิทธิ์ การ แปรปรวน (CV)
pH (1:1)	3.5-8.2	6.1	6.1	1.0	0.2
OM (เปอร์เซ็นต์)	0.1-8.6	1.6	1.7	1.1	0.6
SOC (เปอร์เซ็นต์)	0.07-5.0	0.9	1.0	0.6	0.6
Avail.P (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2-390	15.5	39.8	60.3	1.51
Extr.K (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	14-710	81.5	106	88.7	0.8
EC 1:5 (dS/m)	0.01-0.4	0.1	0.1	0.1	0.9
ความหนาแน่นรวมของดิน (g/cm)	0.9-1.9	1.5	1.5	0.2	0.1
สภาพนำน้ำขณะอิ่มตัวด้วยน้ำของ ดิน (cm/hr)	0.01-88.3	1.5	5.4	12.3	2.3
อนุภาคดินทราย (เปอร์เซ็นต์)	10.8-88.0	51.8	51.3	19.8	0.4
อนุภาคทรายแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	3.3-78.5	32.3	32.8	12.5	0.4
อนุภาคดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์)	0.3-51.9	15.3	16.0	9.9	0.6

ตารางที่ 19 สมบัติทางเคมีของดิน กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ภูมิลักษณะ	วัตถุต้นกำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางเคมีของดิน						จำนวน ตัวอย่าง
			pH (1:1)	EC 1:5 (dS/m)	OM (%)	SOC (%)	Avail.P (mg/kg)	Avail.K (mg/kg)	
ที่ราบระหว่างเนิน เขา	ตะกอนน้ำพาใหม่	ดินบนพื้นที่ดอน	6.5-7.6	0.02-0.08	0.83-0.90	0.48-0.52	40-51	28-48	6
ที่ราบน้ำท่วมถึง	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	5.9-6.5	0.04-0.19	2.76-3.76	1.60-2.18	10-33	96-144	6
ตะพักลำน้ำระดับต่ำ	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	3.5-5.6	0.01-0.05	0.82-1.60	0.48-0.93	4-30	21-137	4
	ตะกอนน้ำพา ส่วนใหญ่เป็น ตะกอนของหินแกรนิต	ดินบนพื้นที่ดอน	5.4-8.2	0.04-0.18	0.69-3.27	0.40-1.90	8-163	35-144	8
ตะพักลำน้ำ	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	4.6-5.3	0.06-0.12	2.04-2.96	1.18-1.72	6-52	114-186	6
		ดินบนพื้นที่ดอน	4.8-7.8	0.01-0.22	0.13-3.26	0.08-1.89	5-246	24-328	34
	ตะกอนน้ำพาที่บวมอยู่บนลาน ตะพักปูนมาร์ล	ดินบนพื้นที่ดอน	6.8-7.9	0.04-0.11	1.56-3.21	0.90-1.86	13-140	19-241	4
พื้นที่เหลือค้ำจาก การกัดกร่อน (ภูมิ ประเทศแบบคาสต์)	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของ หินปูน หรือหินปูนร่วมกับ หินดินดาน	ดินบนพื้นที่ดอน	5.6-6.9	0.02-0.40	1.03-8.64	0.60-5.01	3-8	180-252	4
พื้นที่เหลือค้ำจาก การกัดกร่อน	วัสดุตกค้ำจากหินแกรนิต	ดินบนพื้นที่ดอน	4.5-6.5	0.01-0.18	0.76-3.03	0.44-1.76	8-390	27-149	10

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัตถุประสงค์กำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางเคมีของดิน						จำนวนตัวอย่าง
			pH (1:1)	EC 1:5 (dS/m)	OM (%)	SOC (%)	Avail.P (mg/kg)	Avail.K (mg/kg)	
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่กี่กิโลเมตรของหินตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินในกลุ่มและหินที่แปรสภาพ	ดินบนพื้นที่ดอน	4.8-7.5	0.02-0.05	0.98-3.08	0.57-1.79	4-20	65-233	8
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่กี่กิโลเมตรของหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยมีหินดินดานและหินฟิลไลต์เป็นหินพื้น	ดินบนพื้นที่ดอน	5.4-6.8	0.01-0.12	0.28-2.11	0.16-1.22	3-103	24-77	8
พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่กี่กิโลเมตรของหินตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินในกลุ่มและหินที่แปรสภาพ	ดินบนพื้นที่ดอน	5.1-6.0	0.03-0.09	0.79-5.54	0.46-3.21	4-26	80-710	6

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัสดุต้นกำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางเคมีของดิน						จำนวนตัวอย่าง
			pH (1:1)	EC 1:5 (dS/m)	OM (%)	SOC (%)	Avail.P (mg/kg)	Avail.K (mg/kg)	
พื้นที่เหลือค้างจากการ กัดกร่อน	การฝังสลายตัวอยู่กับที่ และ/ หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทาง ไม่กี่ไมล์ของหินตะกอนเนื้อ ละเอียดหรือหินในกลุ่มและหินที่ แปรสภาพ	ดินบนพื้นที่ดอน	5.1-6.0	0.03-0.09	0.79-5.54	0.46-3.21	4-26	80-710	6
	การฝังสลายตัวอยู่กับที่ และ/ หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทาง ไม่กี่ไมล์ของหินแกรนิตและหิน ไนส์	ดินบนพื้นที่ดอน	4.5-4.8	0.02-0.02	1.21-2.24	0.70-1.30	6-10	65-82	8
พื้นที่เหลือค้างจากการ กัดกร่อน	การสลายตัวฝังอยู่กับที่ และ/ หรือ เคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ ไกลนักของหินตะกอนหรือหินแปร เนื้อหยาบ พวกหินทรายและหินค วอร์ตไซต์ โดยรองรับด้วย หินดินดานและหินฟิลไลต์	ดินบนพื้นที่ดอน	3.9-6.5	0.01-0.04	0.46-1.95	0.27-1.13	3-26	26-119	8
รวมจำนวนตัวอย่าง									120

ตารางที่ 20 สมบัติทางกายภาพของดิน กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว

ภูมิภาค	วัตถุต้นกำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางกายภาพของดิน						จำนวนตัวอย่าง
			Bulk Density	Hydraulic Conductivity	Class ¹	sand	silt	clay	
			(g/cm ³)	(cm/hr)		(%)	(%)	(%)	
ที่ราบระหว่างเนินเขา	ตะกอนน้ำพาใหม่	ดินบนพื้นที่ดอน	1.45-1.84	0.33-8.84	S-MR	61.5-75.7	17.9-28.6	6.4-10.9	6
ที่ราบน้ำท่วมถึง	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	1.28-1.5	0.75-2.43	MS-MR	15.9-28.4	32.2-37.9	33.7-51.9	6
ตะพักลำน้ำระดับต่ำ	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	1.35-1.48	0.41-9.21	MS-MR	31-68.5	22.6-48.5	6.4-20.5	4
	ตะกอนน้ำพา ส่วนใหญ่เป็นตะกอนของหินแกรนิต	ดินบนพื้นที่ดอน	1.22-1.93	0.1-25.59	S-VR	16.1-76.1	23.1-49.9	0.8-45.7	8
ตะพักลำน้ำ	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ลุ่ม	1.5-1.73	0.01-1.1	VS-MS	26.3-34	43.4-49.3	2.6-24.4	6
	ตะกอนน้ำพา	ดินบนพื้นที่ดอน	1.27-1.74	0.05-8.73	VS-MS	26.6-88	8.5-52.1	0.3-25.5	34
	ตะกอนน้ำพาที่บดอยู่บนลานตะพักปูนมาร์ล	ดินบนพื้นที่ดอน	1.3-1.62	0.01-4.64	MS-M	14.5-31	44-58.1	24.7-27.4	4
พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (ภูมิภาคแบบคาสต์)	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของหินปูน หรือหินปูนร่วมกับหินดินดาน	ดินบนพื้นที่ดอน	1.19-1.41	0.71-9.45	MS-MR	10.8-32.4	36.8-65.2	23.5-30.9	4

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัสดุต้นกำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางกายภาพของดิน						จำนวนตัวอย่าง
			Bulk Density (g/cm ³)	Hydraulic Conductivity (cm/hr)	Class ¹	sand (%)	silt (%)	clay (%)	
พื้นที่เหลือค้างจากการกีดกร่อน	วัสดุตกค้างจากหินแกรนิต	ดินบนพื้นที่ดอน	1.19-1.64	0.1-33.9	MS-VR	54.1-86.9	12.8-34.9	0.3-11.0	9
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไมล์ไกลน้กของหินตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินในกลุ่มและหินที่แปรสภาพ	ดินบนพื้นที่ดอน	1.29-1.78	0.02-6.59	VS-MR	22.7-56.3	29.5-56.1	14.2-28.4	8
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไมล์ไกลน้กของหินทรายและหินควอร์ตไซต์โดยมีหินดินดานและหินฟิลไลต์เป็นหินพื้น	ดินบนพื้นที่ดอน	1.36-1.62	0.34-8.58	S-MR	36.4-87.3	10.9-42.6	1.8-21	8
	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไมล์ไกลน้กของหินตะกอนเนื้อละเอียดหรือหินในกลุ่มและหินที่แปรสภาพ	ดินบนพื้นที่ดอน	1.37-1.41	1.03-11.84	MS-MR	17.3-66.9	21.2-46	11.9-38.9	6

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ภูมิภาค	วัสดุต้นกำเนิด	สภาพพื้นที่	สมบัติทางกายภาพของดิน						จำนวนตัวอย่าง
			Bulk Density	Hydraulic Conductivity	Class ¹	sand	silt	clay	
			(g/cm ³)	(cm/hr)		(%)	(%)	(%)	
พื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน	การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไมไกลนักของ หินแกรนิตและหินไนส์	ดินบน พื้นที่ดอน	1.51-1.57	1.02-1.2	MS	59.4-67.1	21.5-25.5	11.4-15.1	8
	การสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาในระยะทางไมไกลนักของหิน ตะกอนหรือหินแปรเนื้อหยาบ พวกหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยรองรับด้วย หินดินดานและหินฟิลไลต์	ดินบน พื้นที่ดอน	1.2-1.76	0.88-55	MS-VR	40.1-81.7	14.4-34.8	3.5-25.1	8
รวมจำนวนตัวอย่าง									120

หมายเหตุ : ¹

VS : ช้ามาก (very slow)	S : ช้า (slow)	MS : ช้าปานกลาง (moderately slow)
M : ปานกลาง (moderately)	MR : เร็วปานกลาง (moderately rapid)	R : เร็ว (rapid) VR : เร็วมาก (very rapid)

4.6.2 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)

1) ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ทั้ง 4 วิธี

จากการศึกษาค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) โดยการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม ตามหน่วยแผนที่ดิน จำนวน 122 จุด แล้วนำมาประเมินค่า K-factor ทั้ง 4 วิธี คือ ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) สมการของ Sharply and Williams (1990) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) สามารถจำแนกได้ตามชุดดินแบ่งตามเนื้อดินบน (ตารางที่ 21) และค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ในสมการของ Wischmeier and Smith (1978) จำแนกตามเนื้อดินบน (ตารางที่ 22) สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการศึกษา พบว่าเนื้อดินบนที่เป็นทราย (sand) และดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.31 และ 0.39 ตามสมการ Sharply and Williams มีค่าเฉลี่ย 0.21 และ 0.18 ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.34 และ 0.33 แต่ไม่สอดคล้องกับค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ที่มีค่าต่ำ คือ 0.05 และ 0.07 และค่า K-factor ที่จำแนกตามเนื้อดินบน แบ่งตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่า 0.03 และ 0.05 เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Stone & Hilborn, 2012)

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งพบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาจำนวน 44 ตัวอย่าง พบในชุดดินเขาพลอง จันทิก ทับเสลา ท่ายาง บ้านไร่ ลาดหญ้า และตะกอนน้ำพาเชิงซ้อน มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.40 ตามสมการ Sharply and Williams มีค่าเฉลี่ย 0.24 ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 แต่ไม่สอดคล้องกับค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ที่มีค่า K-factor เท่ากับ 0.26

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) จำนวน 9 ตัวอย่าง พบในชุดดิน กลางดง ตอนไร่ และชุดดินตาคลี มีค่า K-factor เฉลี่ย ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) สูงที่สุด คือ 0.42 ตามสมการ Sharply and Williams มีค่าเฉลี่ย 0.34 ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ที่มีค่า K-factor เท่ากับ 0.43 และค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 และยังสอดคล้องกับค่า K-factor ที่จำแนกตามเนื้อดินบน แบ่งตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่า 0.41 เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Stone & Hilborn, 2012) พบว่า ดินเนื้อปานกลาง (Medium-textured) เช่น ดินร่วน (loam) หรือดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) มักจะมีค่า K สูงที่สุด เนื่องจากมีการผสมผสานของขนาดอนุภาคที่ทำให้ดินง่ายต่อการแตกกระจายและถูกพัดพา แต่ก็ยังมีการซึมผ่านของน้ำได้ในระดับหนึ่งซึ่งไม่สูงเท่าดินทราย

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) จำนวน 11 และ 3 ตัวอย่าง พบในชุดดินชัยนาท มโนรมย์ นครปฐม ปากช่อง และชุดดินวังสะพุง มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.29

และ 0.32 ซึ่งสอดคล้องกับค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams มีค่าเฉลี่ย 0.27 และ 0.31 และค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) มีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.29 ซึ่งสอดคล้องกับค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 และ 0.30 และค่า K-factor ที่จำแนกตามเนื้อดินบน แบ่งตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่า 0.33 และ 0.35 เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Stone & Hilborn, 2012)

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว (clay) จำนวน 2 ตัวอย่าง พบในชุดดิน ชัยนาท และชุดดินนครปฐม มีค่า K ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.16 ซึ่งไม่สอดคล้องกับค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams มีค่าเฉลี่ย 0.25 และค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) มีค่าเท่ากับ 0.23 และค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 และค่า K-factor ที่จำแนกตามเนื้อดินบน แบ่งตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่า 0.24 เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Stone & Hilborn, 2012) ซึ่งพบว่า ดินเนื้อละเอียดมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียว (clay) สูง มักจะมีค่า K-factor ที่ค่อนข้างสูง แสดงถึงความอ่อนไหวต่อการถูกกัดเซาะได้ง่ายกว่า ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กเหล่านี้แม้จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน แต่เมื่อโครงสร้างดินถูกทำลายก็ง่ายต่อการถูกพัดพาไปกับน้ำ อย่างไรก็ตาม ดินเหนียวบางชนิดที่มีโครงสร้างดีมากอาจมีค่า K-factor ต่ำกว่าที่คาดการณ์ได้ และยังพบว่าอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุโดยทั่วไปดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมักจะมีค่า K-factor ที่ลดลงเมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ค่าลดลงประมาณ 0.05 เนื่องจากอินทรีย์วัตถุช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มความคงทนของเม็ดดิน และเพิ่มการแทรกซึมของน้ำ

ตารางที่ 21 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อดินบน	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)			
			วิธีที่1 ¹ วิธีที่2 ² วิธีที่ 3 ³ วิธีที่4 ⁴			
			วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
4	ชัยนาท (Cn)	clay loam (cl)	0.23	0.25	0.19	0.18
		clay (c)	0.18	0.26	0.23	0.18
		ค่าเฉลี่ย	0.21	0.25	0.20	0.18
5	มโนรมย์ (Mn)	loam (l)	0.40	0.29	0.43	0.29
		clay loam (cl)	0.28	0.26	0.19	0.31
7	นครปฐม (Np)	clay loam (cl)	0.33	0.31	0.19	0.29
		silty clay loam (sicl)	0.35	0.32	0.29	0.29
		clay (c)	0.13	0.24	0.23	0.29
		ค่าเฉลี่ย	0.27	0.29	0.24	0.29
18	เดิมบาง (Db)	sandy loam (sl)	0.51	0.25	0.26	0.29
		loam (l)	0.49	0.28	0.43	0.29
		ค่าเฉลี่ย	0.50	0.26	0.35	0.29
28	ลพบุรี (Lb)	loam (l)	0.39	0.23	0.43	0.14
29	ปากช่อง (Pc)	silt loam (sil)	0.33	0.33	0.47	0.28
		clay loam (cl)	0.31	0.32	0.19	0.28
		ค่าเฉลี่ย	0.32	0.33	0.33	0.28
31	กลางดง (Kld)	loam (l)	0.44	0.33	0.43	0.28
		silt loam (sil)	0.51	0.36	0.47	0.28
		ค่าเฉลี่ย	0.46	0.34	0.44	0.28
33	ดอนไร่ (Don)	sandy loam (sl)	0.44	0.27	0.26	0.56
		loam (l)	0.41	0.31	0.43	0.56
		silt loam (sil)	0.52	0.35	0.47	0.56
		ค่าเฉลี่ย	0.44	0.29	0.34	0.56

ตารางที่ 21 (ต่อ)

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อดินบน	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้าง พังทลายของดิน (K-factor)			
			วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
36	ดอนเจดีย์ (Dc)	sandy loam (sl)	0.45	0.25	0.26	0.34
		loam (l)	0.41	0.27	0.43	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.43	0.26	0.35	0.34
38	ไทรงาม (Sg)	loam (l)	0.51	0.30	0.43	0.34
40	เขาพลอง (Kpg)	sand (s)	0.26	0.11	0.05	0.34
		loamy sand (ls)	0.55	0.20	0.07	0.34
		sandy loam (sl)	0.46	0.25	0.26	0.34
		loam (l)	0.44	0.29	0.43	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.46	0.24	0.26	0.34
	อุทัย (Uti)	sandy loam (sl)	0.42	0.24	0.26	0.34
		loam (l)	0.49	0.35	0.43	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.44	0.27	0.30	0.34
	จันทิก (Cu)	loamy sand (ls)	0.30	0.19	0.07	0.18
		sandy loam (sl)	0.44	0.24	0.26	0.18
ค่าเฉลี่ย		0.39	0.22	0.20	0.18	
ลานสัก (Lsk)	sand (s)	0.34	0.13	0.05	0.34	
	loamy sand (ls)	0.35	0.23	0.07	0.34	
	sandy loam (sl)	0.44	0.25	0.26	0.34	
	ค่าเฉลี่ย	0.39	0.21	0.16	0.34	
47	ลี (Li)	sandy loam (sl)	0.28	0.25	0.26	0.33
		loam (l)	0.32	0.27	0.43	0.33
		clay loam (cl)	0.20	0.24	0.19	0.33
		ค่าเฉลี่ย	0.28	0.26	0.33	0.33

ตารางที่ 21 (ต่อ)

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อดินบน	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้าง พังทลายของดิน (K-factor)			
			วิธีที่1 ^{1/1}	วิธีที่2 ^{2/2}	วิธีที่ 3 ^{3/3}	วิธีที่4 ^{4/4}
47	มวกเหล็ก (ML)	sandy loam (sl)	0.49	0.23	0.26	0.33
		clay loam (cl)	0.37	0.28	0.19	0.33
		silty clay loam(sicl)	0.18	0.27	0.29	0.33
		ค่าเฉลี่ย	0.35	0.26	0.25	0.33
48	ทับเสลา (Tas)	loamy sand (ls)	0.08	0.08	0.07	0.34
		sandy loam (sl)	0.26	0.20	0.26	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.22	0.17	0.21	0.34
	ท่ายาง (Ty)	loamy sand (ls)	0.35	0.18	0.07	0.34
		sandy loam (sl)	0.32	0.22	0.26	0.34
		loam (l)	0.32	0.27	0.43	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.33	0.22	0.25	0.34
52	ตาคลี (Tk)	loam (l)	0.44	0.29	0.43	0.28
		silt loam (sil)	0.40	0.35	0.47	0.28
		clay loam (cl)	0.34	0.29	0.19	0.28
		silty clay loam (sicl)	0.44	0.35	0.29	0.28
		ค่าเฉลี่ย	0.41	0.32	0.35	0.28
55	วังสะพุง (Ws)	loam (l)	0.29	0.26	0.43	0.28
		clay loam (cl)	0.34	0.26	0.19	0.28
		ค่าเฉลี่ย	0.30	0.26	0.35	0.28
56	บ้านไร่ (Bar)	loamy sand (ls)	0.26	0.16	0.07	0.34
		sandy loam (sl)	0.32	0.22	0.26	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.30	0.20	0.20	0.34

ตารางที่ 21 (ต่อ)

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อดินบน	ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้าง พังทลายของดิน (K-factor)			
			วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
			56	ลาดหญ้า (Ly)	sand (s)	0.33
		loamy sand (ls)	0.53	0.22	0.07	0.34
		sandy loam (sl)	0.44	0.26	0.26	0.34
		loam (l)	0.37	0.28	0.43	0.34
		ค่าเฉลี่ย	0.41	0.25	0.27	0.34
60	ตะกอนน้ำพาเชิงซ้อน (AC)	loamy sand (ls)	0.30	0.12	0.07	0.33
		sandy loam (sl)	0.32	0.24	0.26	0.33
		ค่าเฉลี่ย	0.31	0.21	0.21	0.33

ตารางที่ 22 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) จำแนกตามเนื้อดินบน

เนื้อดินบน	ค่า K-factor				จำนวนตัวอย่าง
	วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴	
s : sand	0.31	0.12	0.05	0.34	3
ls : loamy sand	0.39	0.18	0.07	0.33	13
sl : sandy loam	0.40	0.24	0.26	0.35	44
l : loam	0.41	0.29	0.43	0.32	36
sil : silt loam	0.42	0.34	0.47	0.34	9
cl : clay loam	0.29	0.27	0.19	0.28	11
sicl : silty clay loam	0.32	0.31	0.29	0.30	3
c : clay	0.16	0.25	0.23	0.24	2

หมายเหตุ : ¹ ค่าเฉลี่ย วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

² ค่าเฉลี่ย วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990)

³ ค่าเฉลี่ย วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

⁴ ค่าเฉลี่ย วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

2) ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ตามวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

(1) ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

จากการหาค่าความสำคัญของตัวแปรปัจจัยสิ่งแวดล้อม มีบทบาทสำคัญในการสร้างแบบจำลอง Quantile regression forests ประกอบไปด้วย 6 กลุ่ม 71 ปัจจัย ได้แก่ ด้านภูมิอากาศ ด้านพืชพรรณ ด้านสังคม ด้านภูมิประเทศ ด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก และด้านสเปกตรัม (Spectrum) ด้วยค่า Increase in mean square error (เปอร์เซ็นต์IncMSE) มีความสำคัญของตัวแปร รายละเอียดดังนี้

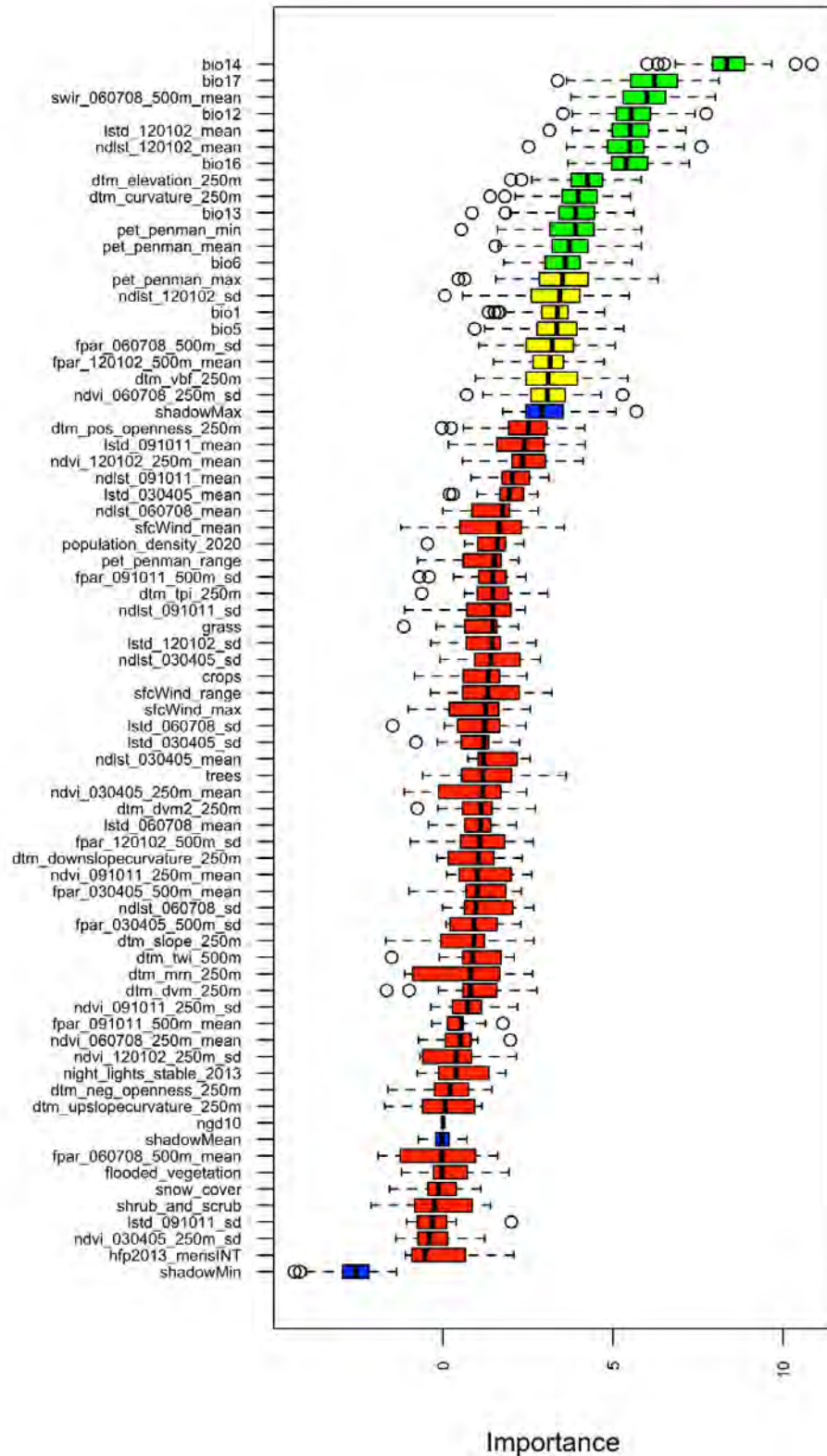
วิธีที่ 1 ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญคือ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนที่แล้งที่สุด (bio14) ปริมาณน้ำฝนในช่วงไตรมาส ที่แล้งที่สุด (bio17) และปริมาณน้ำฝนรายปี (bio12) รองลงมาเป็นปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ คือ ระดับความสูง และด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก เนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวโลกสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของความร้อนที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน ซึ่งส่งผลกับค่า K-factor (ภาพที่ 10)

วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญคือ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนที่แล้งที่สุด (bio14) ค่าพิสัยการคายระเหยน้ำ (PET) ปริมาณน้ำฝนในช่วงไตรมาสที่แล้งที่สุด (bio17) และปริมาณน้ำฝนรายปี (bio12) รองลงมาเป็นปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ คือ ความลาดชัน (ภาพที่ 11)

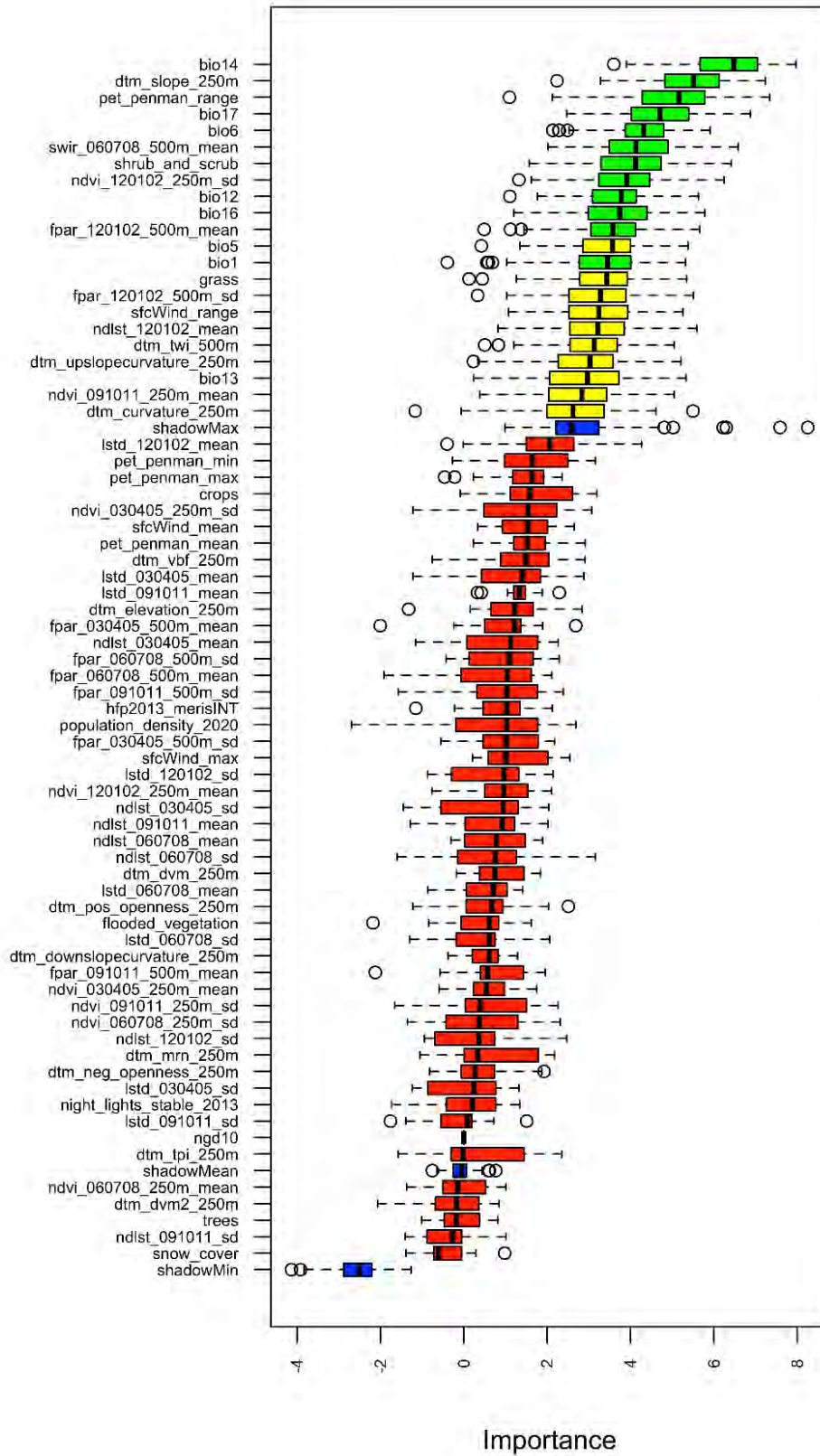
วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญคือ ปัจจัยด้านพืชพรรณ ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) รองลงมาเป็นปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ คือ ความลาดชัน และปัจจัยด้านสเปกตรัม คือ PAR ช่วงคลื่นแสงที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร (ภาพที่ 12)

วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญคือ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม รองลงมาเป็นปัจจัยด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก (LST) สภาพภูมิประเทศ คือระดับความสูง (ภาพที่ 13)

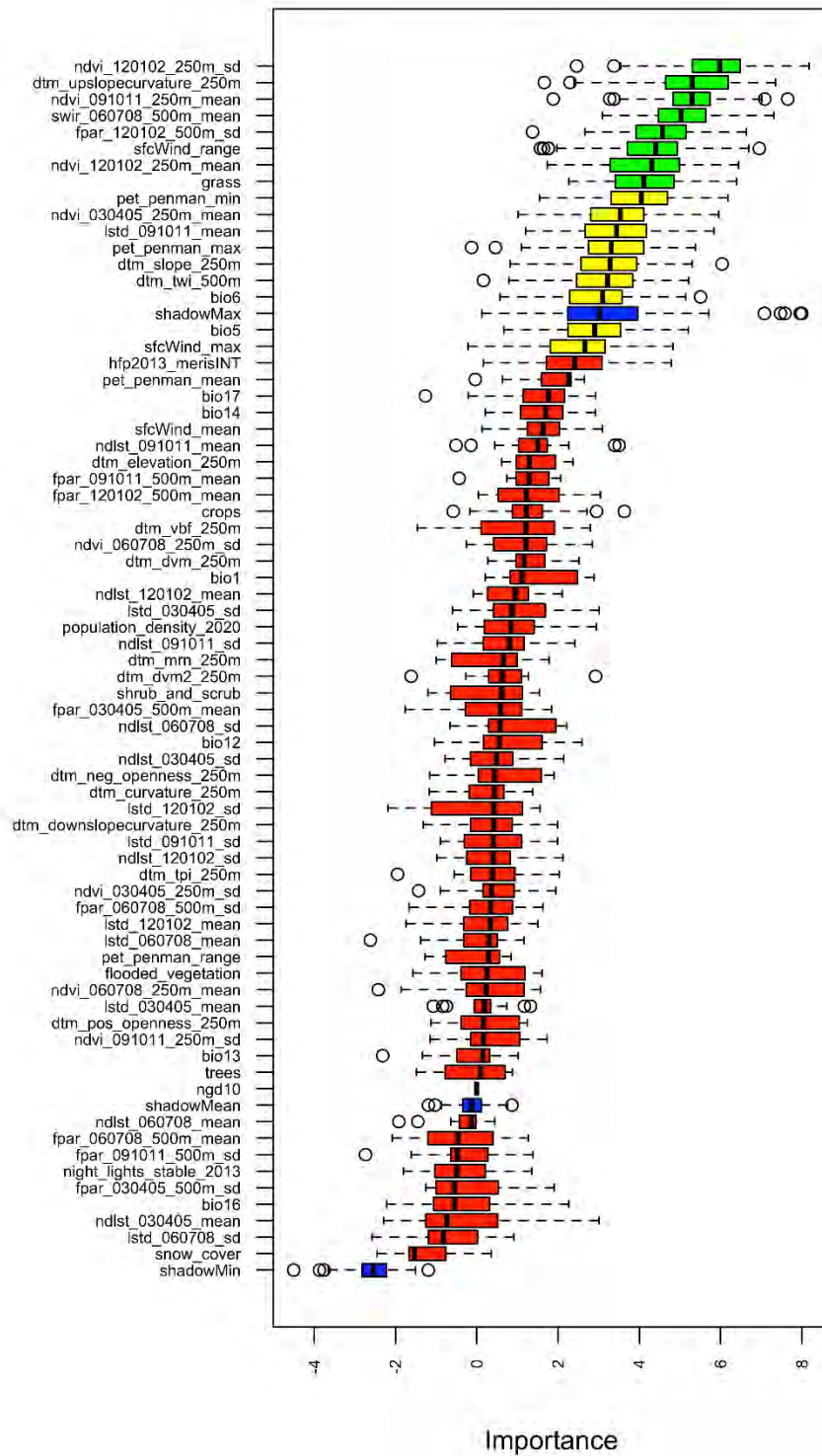
จากผลการศึกษาพบว่าปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญ เป็นปัจจัยด้านภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงต่างๆ ซึ่งข้อมูลด้านภูมิอากาศเป็นตัวแปรที่บ่งชี้ถึง ความชื้นดิน ความแห้งแล้ง และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณธรรมชาติ หรือการย่อยสลายของพืชพรรณ สิ่งมีชีวิต ส่งผลโดยตรงกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน อย่างไรก็ตาม ค่า K-factor กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม มีความซับซ้อน และขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ชนิดของดิน ภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tian et al. (2024) พบว่าปัจจัยของวัตถุต้นกำเนิดดิน (parent rock) เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือปัจจัยด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ รวมไปถึงความแปรปรวนตามฤดูกาลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนสูงสุด และปัจจัยด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก (LST) ที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื้อดิน และปัจจัยด้านพืชพรรณ ที่มีความสัมพันธ์บ่งชี้ถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินอย่างมาก



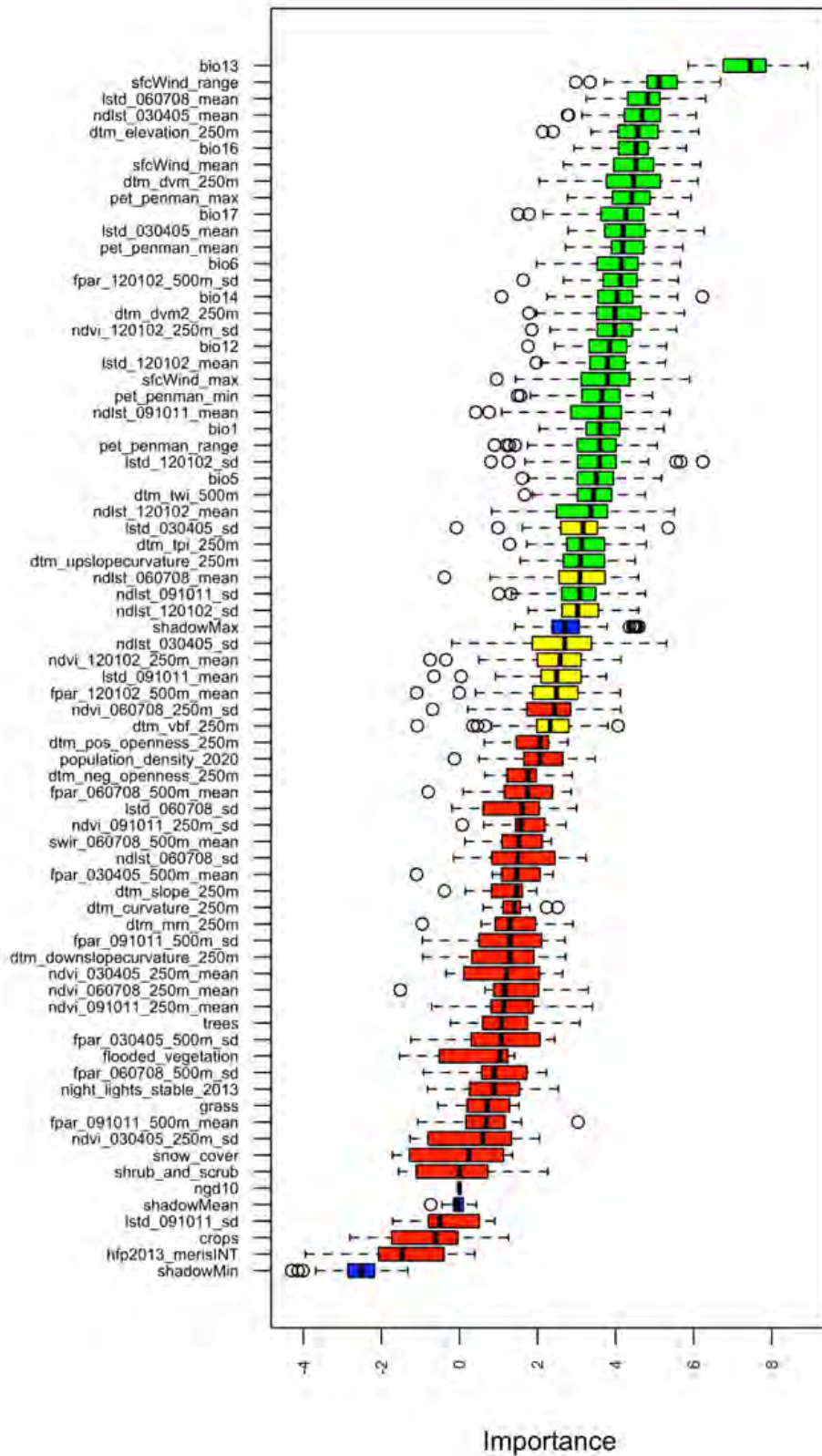
ภาพที่ 10 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978)



ภาพที่ 11 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990)



ภาพที่ 12 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)



ภาพที่ 13 ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ของค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

(2) การประเมินค่า K-factor ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

จากการสร้างแผนที่ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ดำเนินการตามคู่มือ Country guidelines and technical specifications for Global Soil Nutrient and Nutrient Budget Maps GSNmap – Phase I ของ Food and Agriculture Organization of the United Nations โดยใช้แบบจำลอง Quantile regression forests (ตารางที่ 23) พบว่า

- 1) ค่า K-factor จากสมการ Wischmeier & Smith, 1978 อยู่ระหว่าง 0.18 - 0.66 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.38 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 14)
- 2) ค่า K-factor จากสมการ Sharply and Williams (1990) อยู่ระหว่าง 0.16 - 0.32 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.26 (ภาพที่ 15)
- 3) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) อยู่ระหว่าง 0.13 - 0.40 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.28 (ภาพที่ 16)
- 4) ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) อยู่ระหว่าง 0.18 - 0.46 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.32 (ภาพที่ 17)

ตารางที่ 23 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสี้ยว

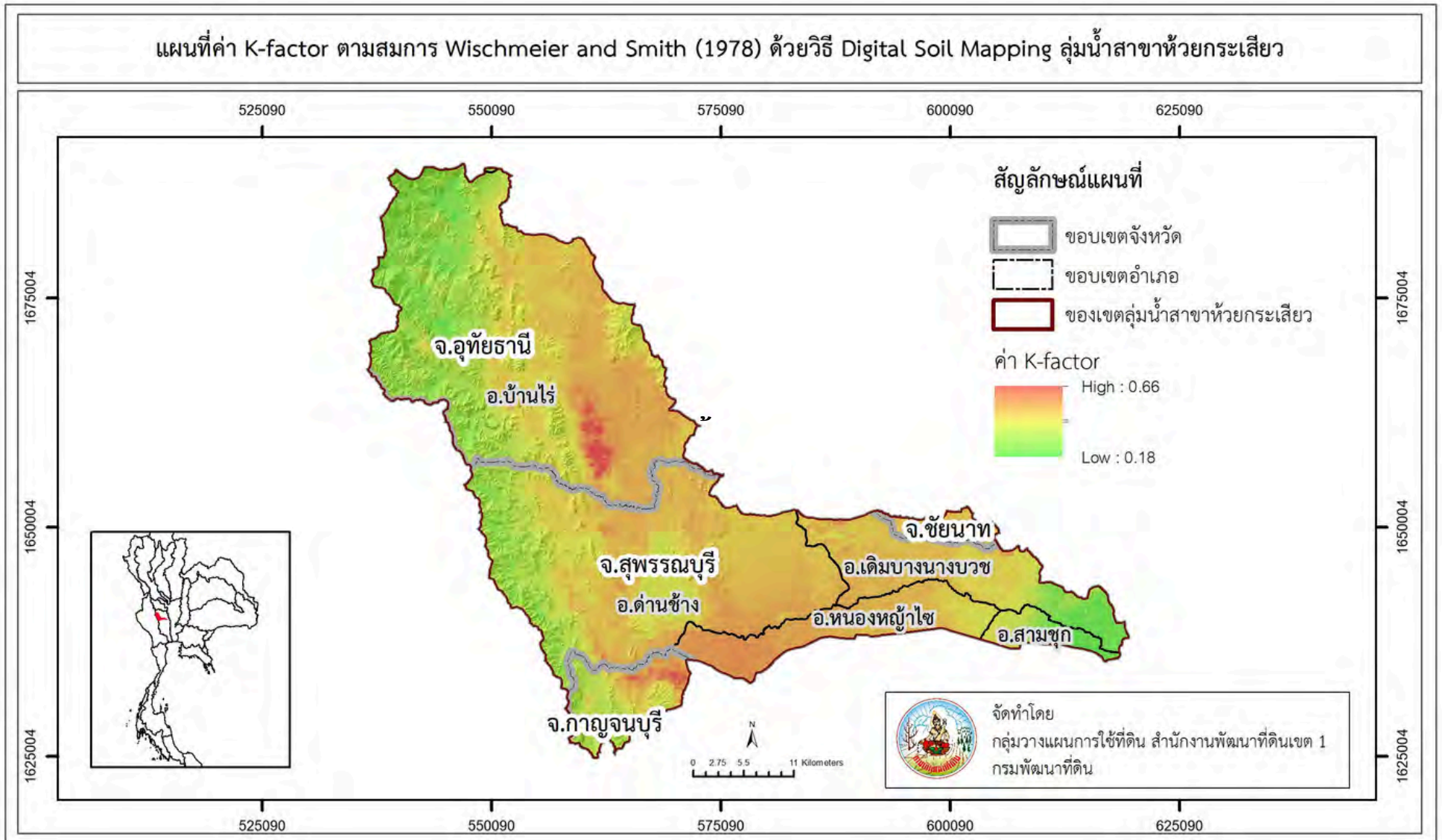
K-factor	ต่ำสุด	สูงสุด	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่า K วิธีที่ 1 ¹	0.18	0.66	0.47	0.38	0.07
ค่า K วิธีที่ 2 ²	0.16	0.32	0.16	0.26	0.02
ค่า K วิธีที่ 3 ³	0.13	0.40	0.28	0.28	0.04
ค่า K วิธีที่ 4 ⁴	0.18	0.46	0.28	0.32	0.03

หมายเหตุ : ¹ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

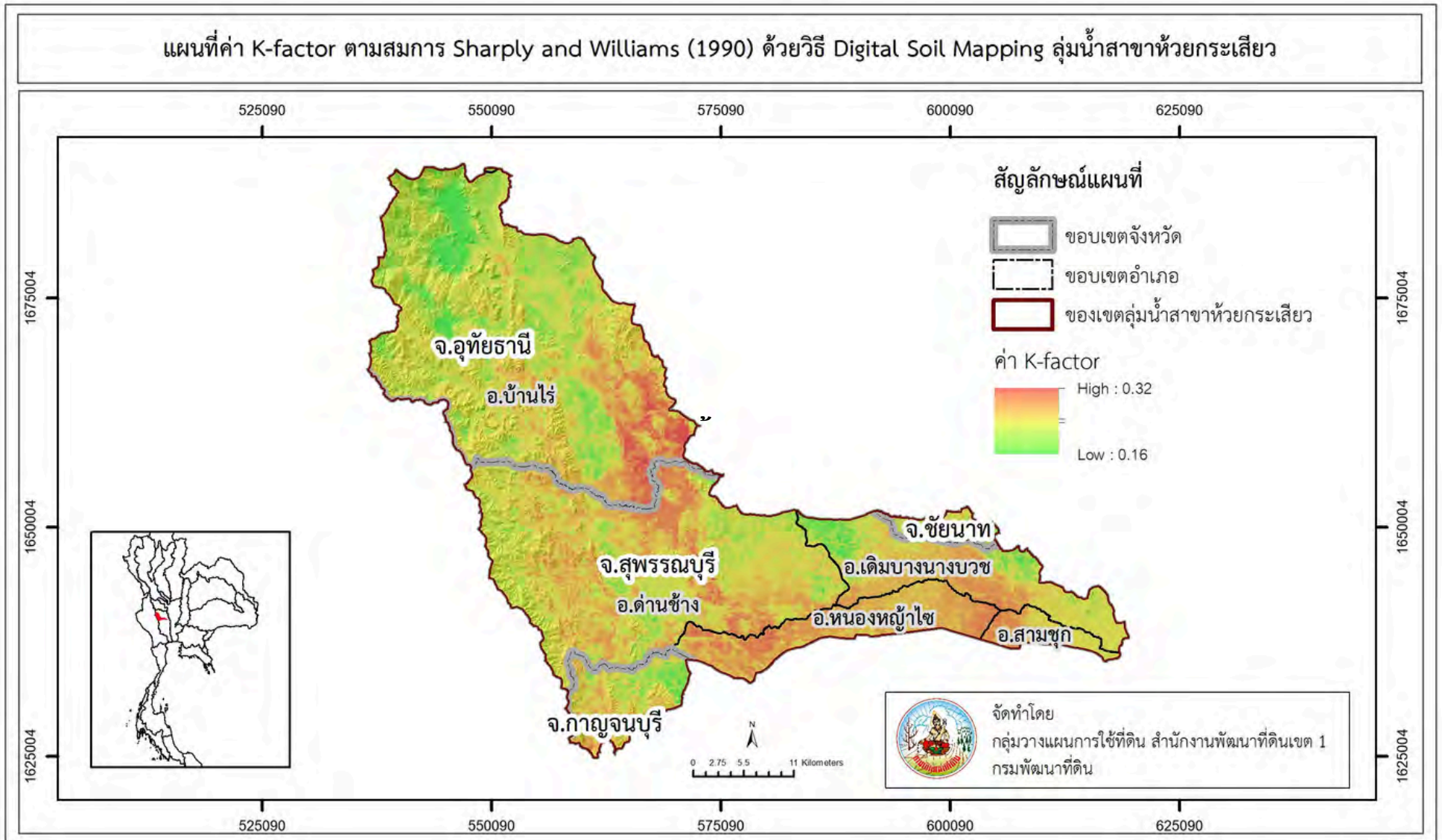
² วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990)

³ วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

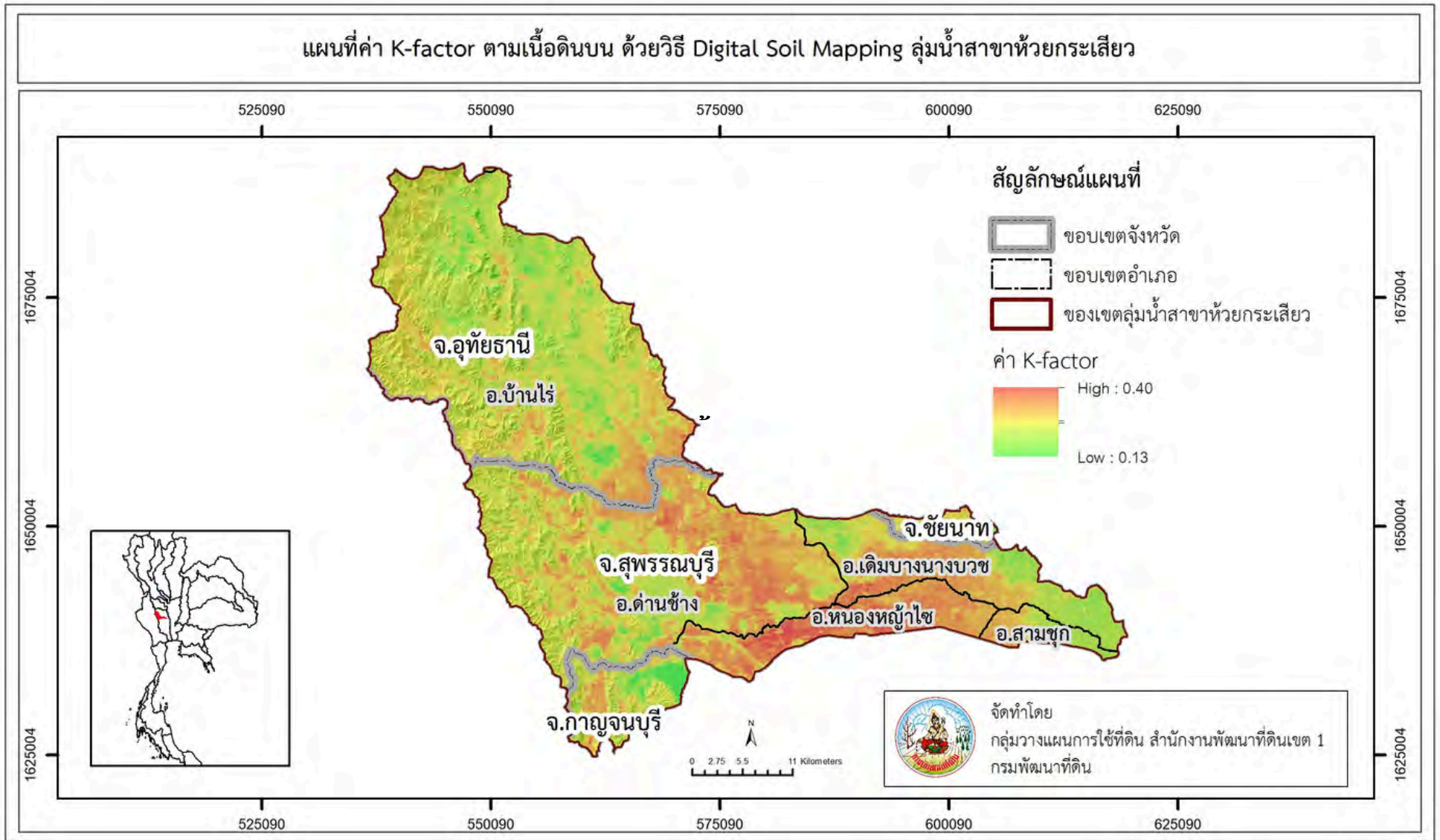
⁴ วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)



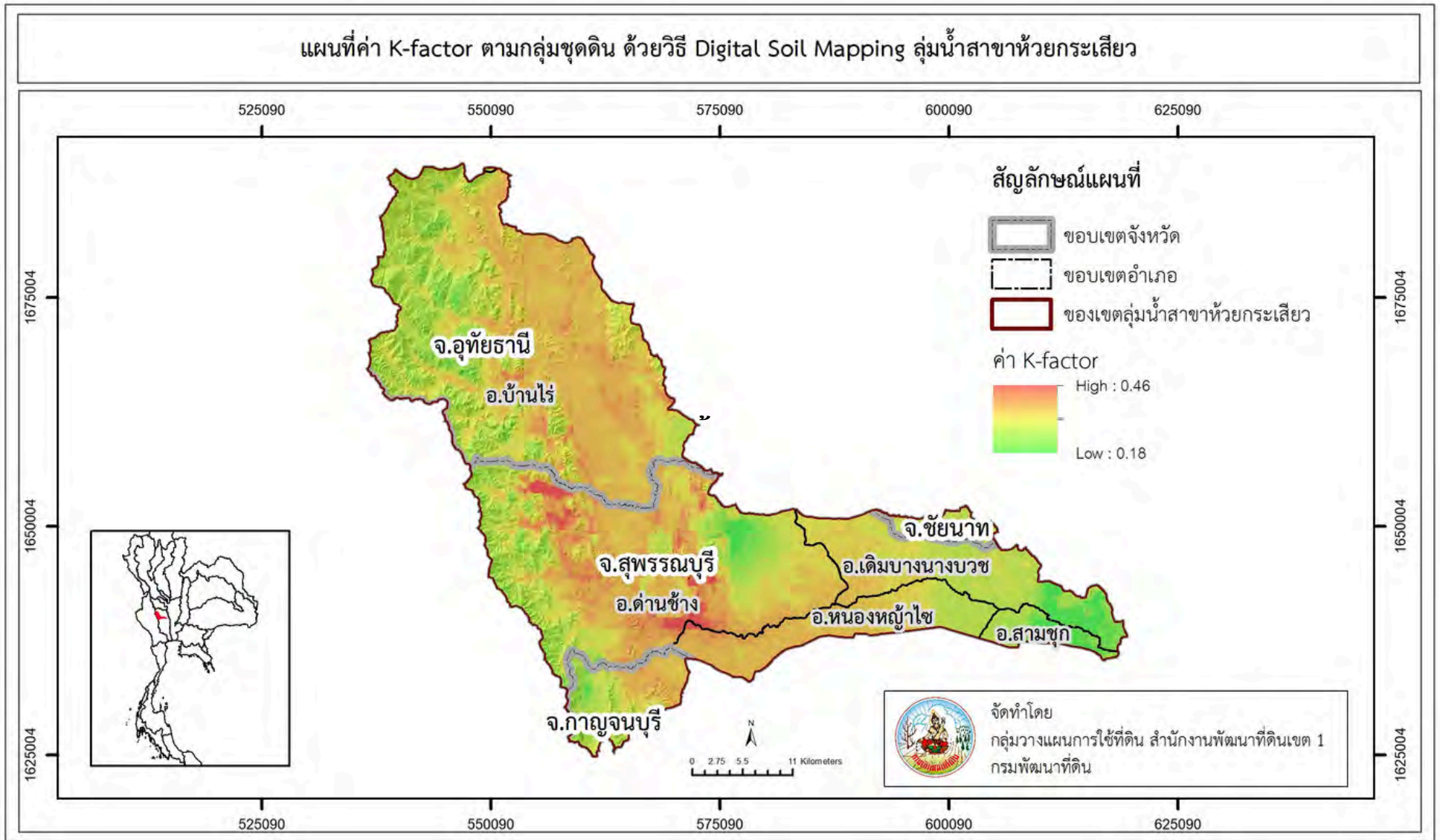
ภาพที่ 14 แผนที่ของค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 15 แผนที่ของค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 16 แผนที่ของค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 17 แผนที่ของค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

(3) ทดสอบความแม่นยำของแผนที่

จากการทดสอบความแม่นยำของแผนที่ ด้วยค่า Mean Absolute Error (MAE) Root Mean Square Error (RMSE) และ R-Squared (R^2) พบว่า ค่า K-Factor รูปแบบที่ 2 ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด คือ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาค่าความผันแปรของตัวแปรตามสมการเส้นตรง พบว่า ค่า K-factor วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูงที่สุด คือ 0.42 (ตารางที่ 24)

เมื่อนำค่า K-factor ตามหน่วยแผนที่ดิน มาพิจารณาตามชุดดินในสมการ วิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 พบว่ามีชุดดินจำนวน 25 ชุดดิน ค่า K-factor สมการ วิธีที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.21-0.65 ส่วนสมการวิธีที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.17-0.34 สำหรับค่าเฉลี่ย วิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า วิธีที่ 2 คือ 0.38 และ 0.26 ตามลำดับ

การใช้แบบจำลอง Quantile regression forests ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทำให้มีความแม่นยำ และมีรายละเอียดของแผนที่มากขึ้น ใกล้เคียงตามสภาพพื้นที่จริง และการนำค่า K-factor รูปแบบวิธีที่ 4 (ตามกลุ่มชุดดิน) มาใช้แบบจำลอง Random Forest ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในการสร้างแผนที่ที่มีแนวโน้มที่มีความถูกต้องแม่นยำ และยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายลดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE)

ตารางที่ 24 ค่าทางสถิติของค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)

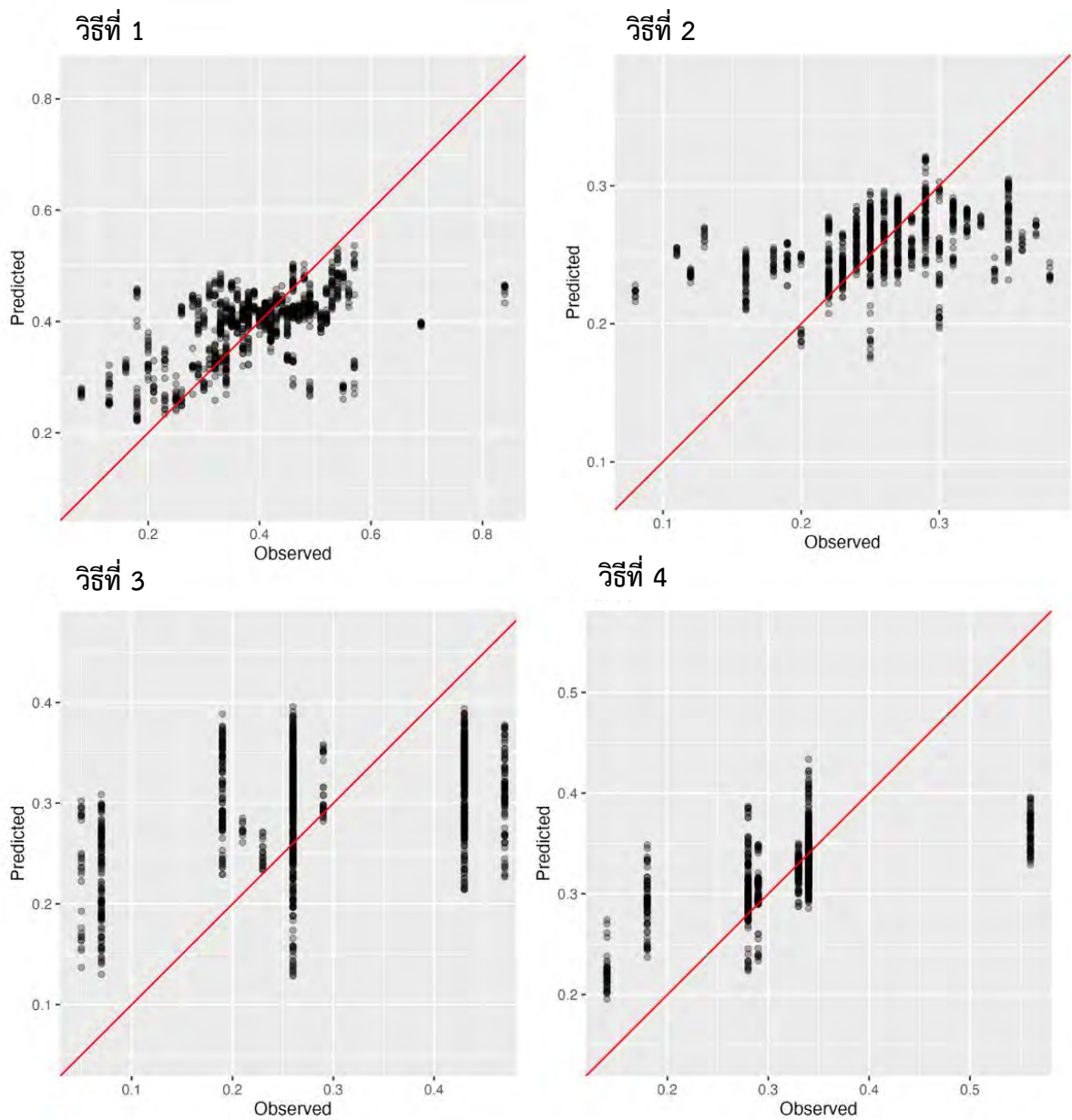
K-Factor	MAE	RMSE	R^2
ค่า K วิธีที่ 1 ¹	0.07	0.09	0.32
ค่า K วิธีที่ 2 ²	0.04	0.05	0.20
ค่า K วิธีที่ 3 ³	0.10	0.11	0.20
ค่า K วิธีที่ 4 ⁴	0.03	0.06	0.42

หมายเหตุ : ¹ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

² วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990)

³ วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

⁴ วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)



ภาพที่ 18 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Residual Plot) ทั้ง 4 วิธี

วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990)

วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

4.6.3 ปริมาณการสูญเสียดิน

1) ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor จากสมบัตินดิน

การประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล USLE ของพื้นที่ศึกษา โดยการใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) จากการเก็บตัวอย่างดินภาคสนามและนำผลการประเมินเนื้อดินจากตัวอย่างดินที่เก็บจากภาคสนาม ทั้ง 122 ตัวอย่าง มาประเมินค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) (ตารางที่ 25) พบว่า ปริมาณการสูญเสียดินจากการใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรุนแรงน้อย มีเนื้อที่ 513,569 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 42.57 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง ระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรง ตามลำดับ (ภาพที่ 19) ซึ่งสอดคล้องกับ ปริมาณการสูญเสียดินจากการใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรุนแรงน้อย มีเนื้อที่ 612,800 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 50.80 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง ระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรง ตามลำดับ (ภาพที่ 20)

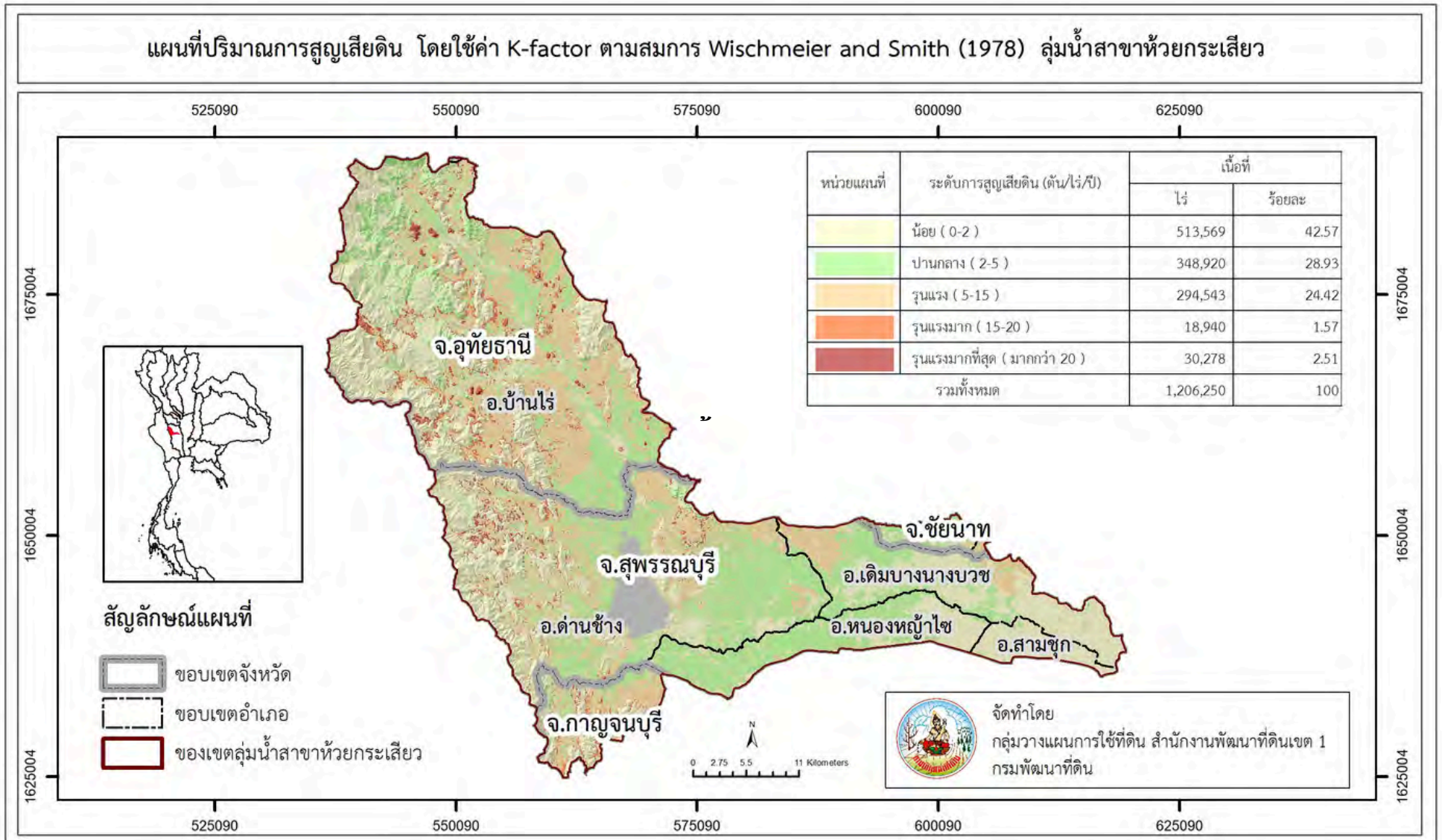
ตารางที่ 25 ปริมาณการสูญเสียดิน ตามสมการ USLE ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ระดับการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่			
	วิธีที่1 ¹		วิธีที่2 ²	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
น้อย (0-2)	513,569	42.57	612,800	50.80
ปานกลาง (2-5)	348,920	28.93	439,993	36.48
รุนแรง (5-15)	294,543	24.42	124,020	10.28
รุนแรงมาก (15-20)	18,940	1.57	2,184	0.18
รุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20)	30,278	2.51	27,253	2.26
รวมทั้งหมด	1,206,250	100	1,206,250	100

หมายเหตุ :

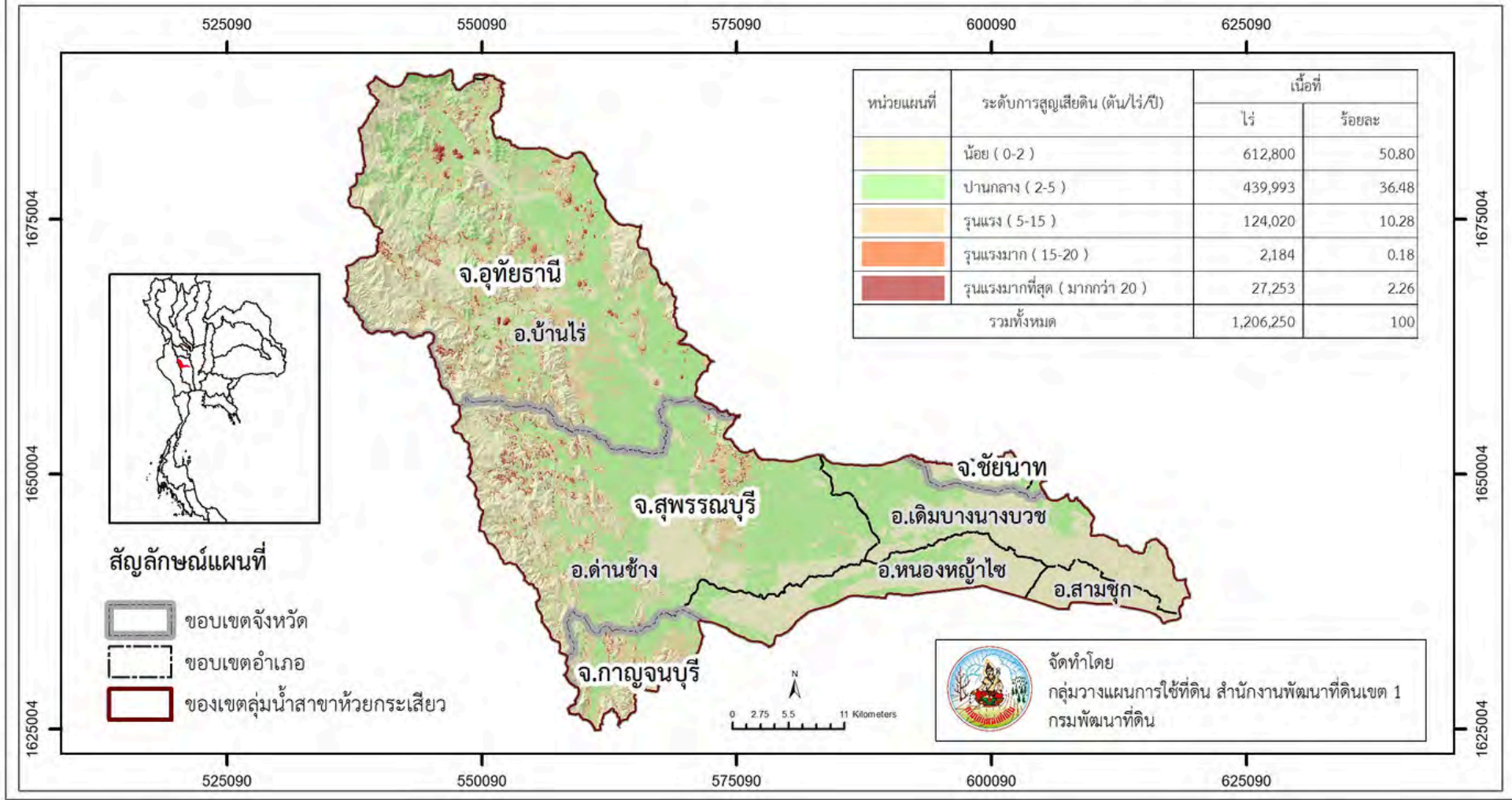
¹ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978)

² วิธีที่ 2 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526)



ภาพที่ 19 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor สมการของ Wischmeier and Smith (1978) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 20 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

2) ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

การประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล USLE ของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ค่า K-factor ปรับปรุงด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) แบบจำลอง Quantile regression forests ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยประเมินค่า K-factor จากทั้ง 4 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) วิธีที่ 2 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) วิธีที่ 3 ใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) และวิธีที่ 4 ใช้ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) รายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 26)

ปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่า K-factor ตามวิธีที่ 1 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 574,827 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 47.65 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 403,689 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 33.47 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ (ภาพที่ 21)

ปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่า K-factor ตามวิธีที่ 2 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 558,688 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.32 รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 542,003 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 44.93 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ (ภาพที่ 22)

ปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่า K-factor ตามวิธีที่ 3 เป็นค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 623,249 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.67 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 449,934 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 37.30 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ (ภาพที่ 23)

ปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่า K-factor ตามวิธีที่ 4 เป็นค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 619,005 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.32 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 421,713 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 34.96 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ (ภาพที่ 24)

ตารางที่ 26 ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามวิธี Digital Soil Mapping (DSM)

ระดับการสูญเสีย ดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่							
	วิธีที่1 ¹		วิธีที่2 ²		วิธีที่3 ³		วิธีที่4 ⁴	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
น้อย (0-2)	403,689	33.47	558,688	46.32	449,934	37.30	421,713	34.96
ปานกลาง (2-5)	574,827	47.65	542,003	44.93	623,249	51.67	619,005	51.32
รุนแรง (5-15)	192,174	15.93	74,444	6.17	101,576	8.42	131,252	10.88
รุนแรงมาก (15-20)	2,860	0.24	7,854	0.65	5,336	0.44	1,693	0.14
รุนแรงมากที่สุด (>20)	32,700	2.71	23,261	1.93	26,155	2.17	32,587	2.70
รวมทั้งหมด	1,206,250				100			

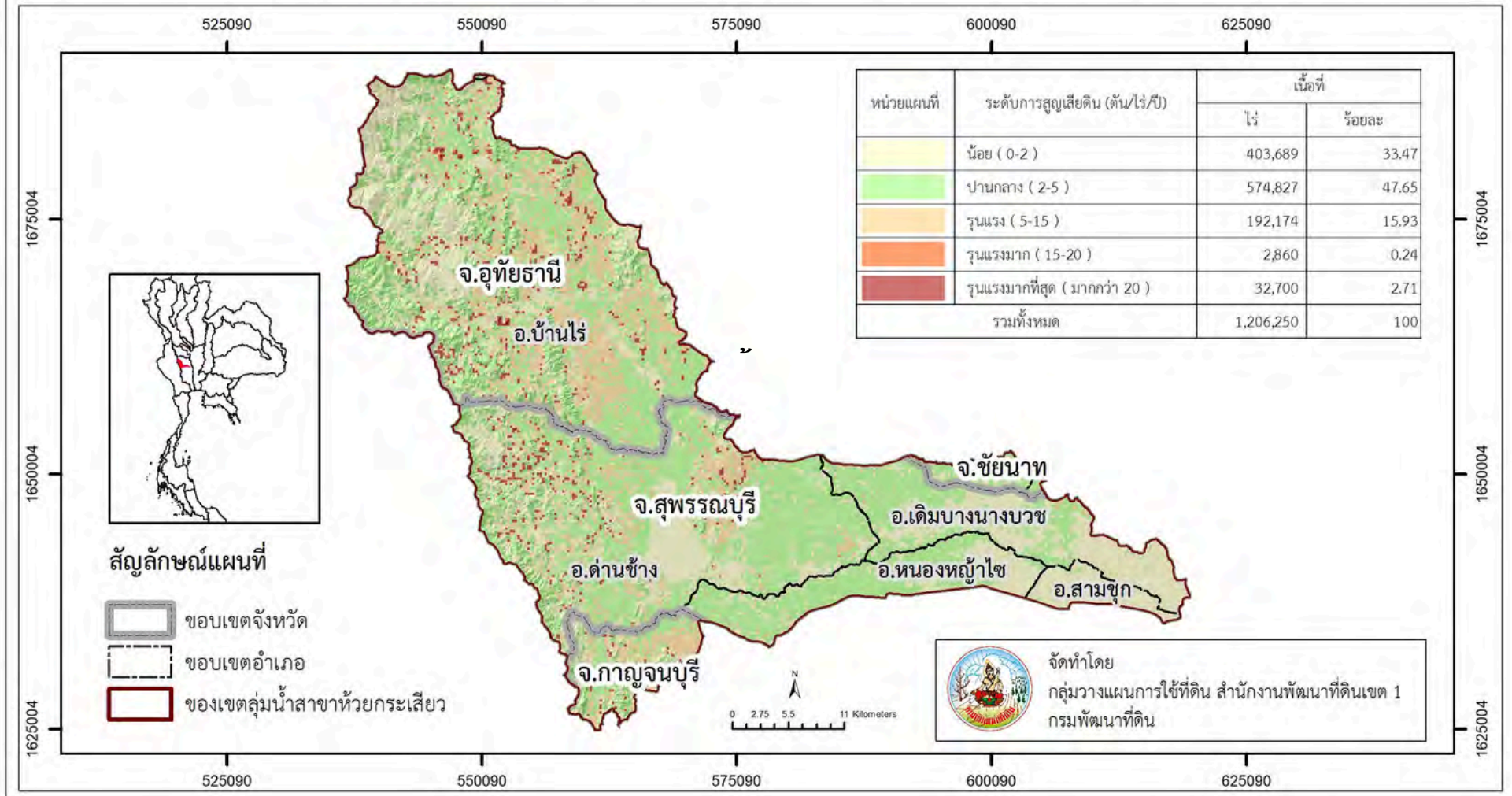
หมายเหตุ : ¹ วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

² วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

³ วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

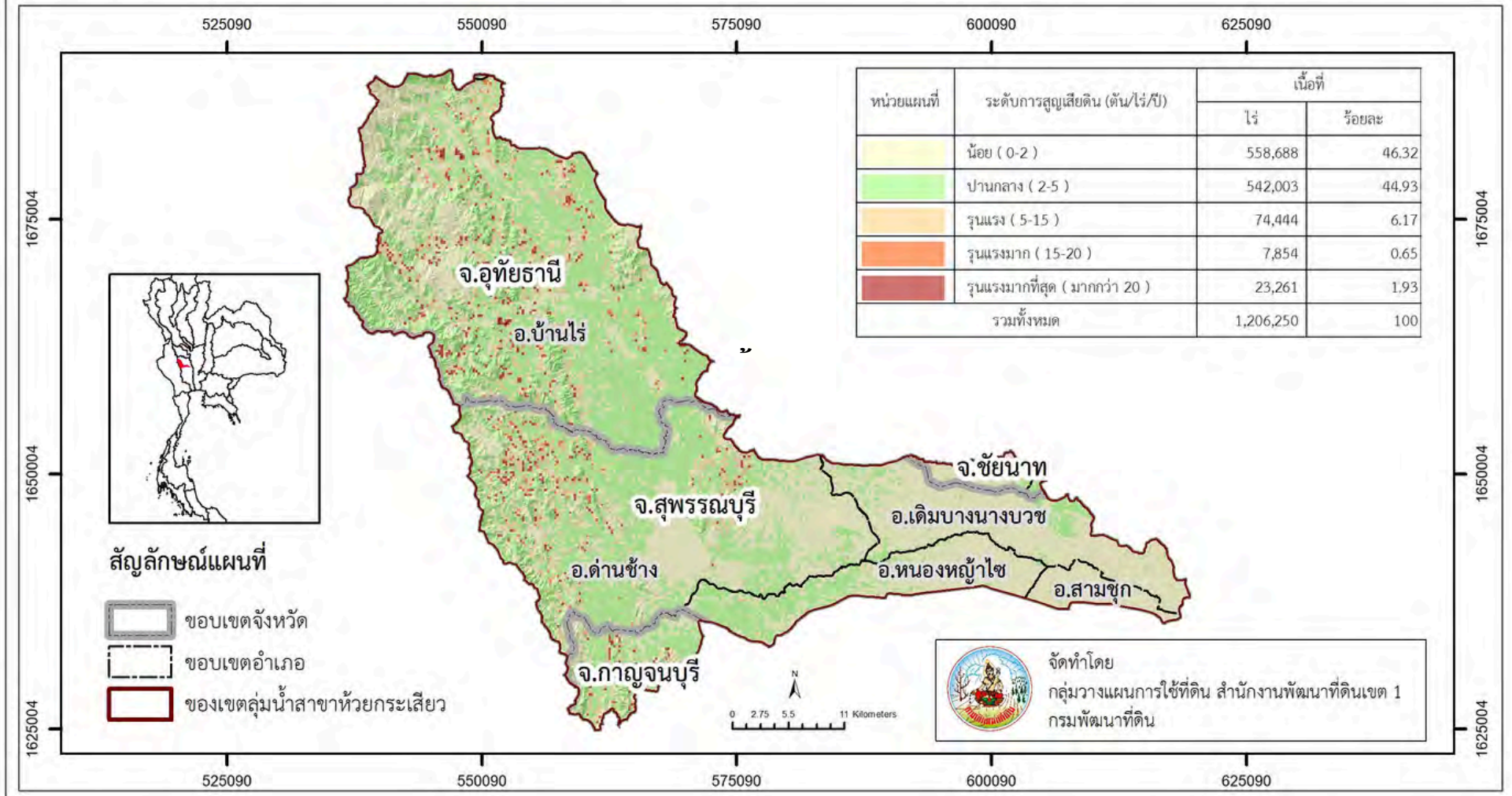
⁴ วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

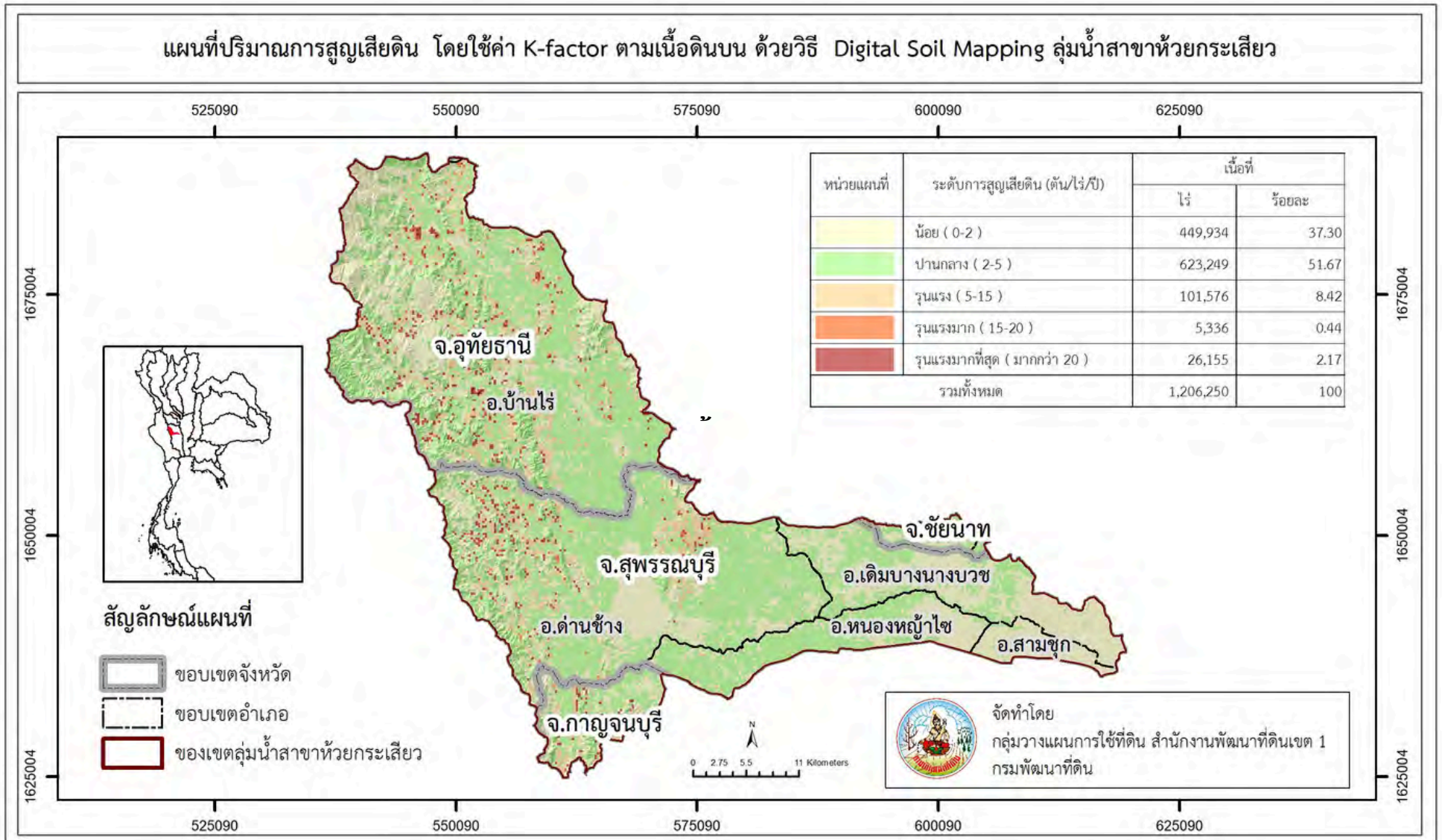


ภาพที่ 21 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor สมการของ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

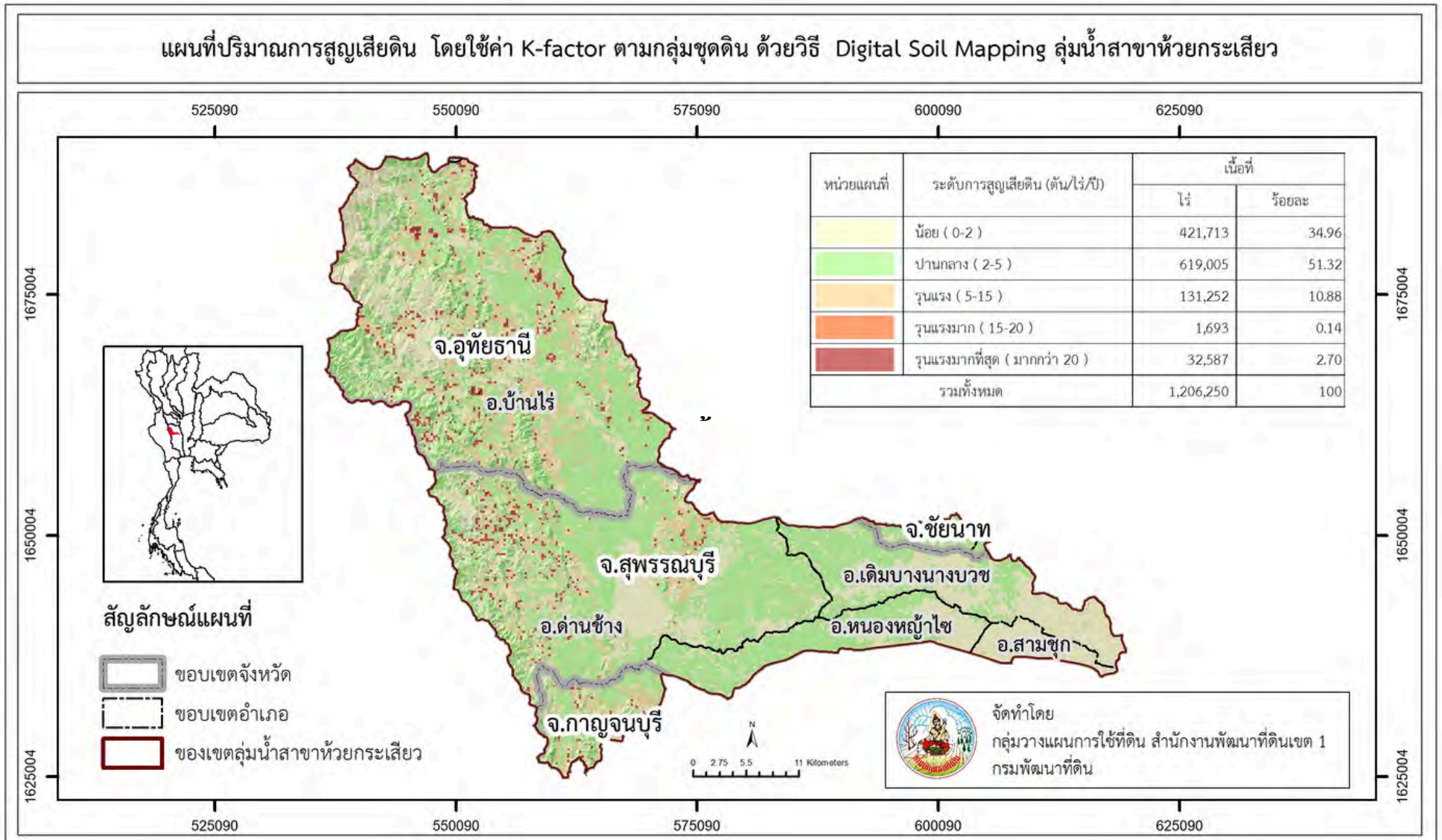
แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 22 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 23 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพที่ 24 แผนที่ปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

4.7 สรุปผลการศึกษา

ธรณีวิทยาของพื้นที่โครงการ ประกอบด้วย หินยุคแคมเบรียน (อายุประมาณ 505-570 ล้านปี) หินยุคออร์โดวิเซียน (อายุประมาณ 438-505 ล้านปี) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (อายุประมาณ 360-438 ล้านปี) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (อายุประมาณ 286-360 ล้านปี) หินตะกอนยุคเพอร์เมียน (อายุประมาณ 245-286 ล้านปี) หินอัคนีแทรกซอนยุคไทรแอสซิก (อายุประมาณ 210-245 ล้านปี) ส่วนพื้นที่ที่ราบลุ่มส่วนใหญ่ ถูกปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเตอร์นารี (อายุประมาณ 0.01-1.6 ล้านปี) ประกอบไปด้วย ตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ตะกอนดินหินผุ (Qr) ตะกอนน้ำพา/ตะกอนสะสมตัวรูปพัดบนดินดอนสามเหลี่ยม (Qa) และตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง (Qff) การสะสมตัวของตะกอนยุคควอเตอร์นารีพบตามแนวลุ่มน้ำ แม่น้ำ และที่ราบทั่วไป

จากข้อมูลแผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 ของกองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) พบว่า ทรัพยากรดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว มีจำนวน 102 หน่วยแผนที่ดิน โดยพบชุดดินทั้งสิ้น 25 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินบ้านไร่ ชุดดินเชียงใหม่ ชุดดินชัชวาล ชุดดินจันทิก ชุดดินเดิมบาง ชุดดินดอนเจดีย์ ชุดดินดอนไร่ ชุดดินกลางดง ชุดดินเขาพลอง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินลพบุรี ชุดดินลี่ ชุดดินวังสะพุง ชุดดินลานสัก ชุดดินลาดหญ้า ชุดดินท่ายาง ชุดดินมวกเหล็ก ชุดดินมโนรมณ์ ชุดดินแมริม ชุดดินนครปฐม ชุดดินปากช่อง ชุดดินไทรงาม ชุดดินทับเสลา ชุดดินตาคลี และชุดดินอุทัย ทรัพยากรดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอน เป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ ทรัพยากรดินส่วนใหญ่ที่พบได้แก่ ดินเขาพลองที่มีความอึดตัวเบสสูง มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Kpg-hb-sl) ชุดดินเขาพลอง มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Kpg-sl) ดินเดิมบางที่เป็นดินร่วนละเอียด มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Db-fl-scl) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์สถานภาพทรัพยากรดิน ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว พบว่า

- 1) ดินที่มีปัญหาทางการเกษตร มีเนื้อที่ 120,904 ไร่ หรือร้อยละ 10.01 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
 - (1) เป็นดินทรายจัด ในพื้นที่ดอน มีเนื้อที่ 7,414 ไร่ หรือร้อยละ 0.62 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบในกลุ่มชุดดินที่ 44
 - (2) ดินตื้น มีเนื้อที่ 113,490 ไร่ หรือร้อยละ 9.39 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบไปด้วย ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวด หรือเศษหิน ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงชั้นหินพื้น ดินตื้นในพื้นที่ดอนถึงชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน และดินในพื้นที่ดอนที่มีหินโผล่
- 2) ดินที่ไม่มีปัญหาทางการเกษตร ประกอบไปด้วยดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีเนื้อที่ 704,360 ไร่ หรือร้อยละ 58.40 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) โดยการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม ตามหน่วยแผนที่ดิน จำนวน 122 จุด พบว่า

เนื้อดินบนที่เป็นทราย (sand) และดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.31 และ 0.39 ค่า K-factor ตามสมการ

Sharply and Williams (1990) มีค่าเฉลี่ย 0.21 และ 0.18 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.34 และ 0.33 และ ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ที่มีค่าต่ำคือ 0.05 และ 0.07

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งพบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาจำนวน 44 ตัวอย่าง มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.40 ตามสมการ Sharply and Williams (1990) มีค่าเฉลี่ย 0.24 K-factor ตามกลุ่มชุดดิน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 และค่า K-factor ตามเนื้อดินบน ค่า K เท่ากับ 0.26

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) มีค่า K-factor เฉลี่ยตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) สูงที่สุด คือ 0.42 ตามสมการ Sharply and Williams (1990) มีค่าเฉลี่ย 0.34 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน เท่ากับ 0.43 และค่า K ตามกลุ่มชุดดินจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.34

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) มีค่า K ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.29 และ 0.32 ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) มีค่าเฉลี่ย 0.27 และ 0.31 และค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน มีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.29

ค่า K-factor ของเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว (clay) มีค่า K-factor ตามสมการของ Wischmeier and Smith (1978) มีค่าเฉลี่ย 0.16 ค่า K ตามสมการ Sharply and Williams (1990) มีค่าเฉลี่ย 0.25 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน มีค่าเท่ากับ 0.23 และ K-factor ตามกลุ่มชุดดิน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24

ความสำคัญของตัวแปรปัจจัยสิ่งแวดล้อม พบว่าปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญ เป็นปัจจัยด้านภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงต่างๆ ซึ่งข้อมูลด้านภูมิอากาศเป็นตัวแปรที่บ่งชี้ถึง ความชื้นดิน ความแห้งแล้ง และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณธรรมชาติ หรือการย่อยสลายของพืชพรรณ สิ่งมีชีวิต ส่งผลโดยตรงกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน อย่างไรก็ตาม ค่า K-factor กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม มีความซับซ้อน และขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ชนิดของดิน ภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การประเมินค่า K-factor ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ดำเนินการตามคู่มือ Country guidelines and technical specifications for Global Soil Nutrient and Nutrient Budget Maps GSNmap – Phase I ของ Food and Agriculture Organization of the United Nations โดยใช้แบบจำลอง Quantile regression forests พบว่า

1) ค่า K-factor จากสมการ Wischmeier & Smith, 1978 อยู่ระหว่าง 0.18 - 0.66 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.38 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด

2) ค่า K-factor จากสมการ Sharply and Williams (1990) อยู่ระหว่าง 0.16 - 0.32 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.26

3) ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) อยู่ระหว่าง 0.13 - 0.40 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.28

4) ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) อยู่ระหว่าง 0.18 - 0.46 มีค่า K-factor เฉลี่ย 0.32

การทดสอบความแม่นยำของแผนที่ ด้วยค่า Mean Absolute Error (MAE) Root Mean Square Error (RMSE) และ R-Squared (R^2) พบว่า ค่า K-factor วิธีที่ 2 ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด คือ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาค่าความผันแปรของตัวแปร ตามสมการเส้นตรง พบว่า ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ในวิธีที่ 4 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูงที่สุด คือ 0.42 เมื่อนำค่า K-factor ตามหน่วยแผนที่ดิน มาพิจารณาตามชุดดินในสมการ วิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 พบว่ามีชุดดินจำนวน 25 ชุดดิน ค่า K-factor วิธีที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.21-0.65 ส่วนวิธีที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.17-0.34 สำหรับค่าเฉลี่ย วิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า วิธีที่ 2 คือ 0.38 และ 0.26 ตามลำดับ

การใช้แบบจำลอง Quantile regression forests ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทำให้มีความแม่นยำ และมีรายละเอียดของแผนที่มากขึ้น ใกล้เคียงตามสภาพพื้นที่จริง และการนำค่า K-factor วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) สร้างแผนที่ มีแนวโน้มที่มีความถูกต้องแม่นยำ และยังเป็น การลดค่าใช้จ่ายลดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ซึ่งวิธีการประเมินค่า K-factor ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพล เป็นวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยการนำข้อมูลสมบัติดินที่มีอยู่ พัฒนาเป็นแบบจำลอง โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลมากคือ วัตถุต้นกำเนิดดิน (parent rock) เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือปัจจัยด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ รวมไปถึงความแปรปรวนตามฤดูกาลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนสูงสุด และปัจจัยด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก (LST) ที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื้อดิน และปัจจัยด้านพืชพรรณ ที่มีความสัมพันธ์บ่งชี้ถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินอย่างมาก

การประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล USLE ของพื้นที่ศึกษา โดยการใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) จากการเก็บตัวอย่างดินภาคสนามและนำผลการประเมินเนื้อดินจากตัวอย่างดินที่เก็บจากภาคสนาม ทั้ง 122 ตัวอย่าง มาประเมินค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) พบว่า ปริมาณการสูญเสียดิน จากการใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) (วิธีที่1) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรุนแรงน้อย มีเนื้อที่ 513,569 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 42.57 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง ระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรง ตามลำดับ จากการใช้ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) (วิธีที่2) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรุนแรงน้อย มีเนื้อที่ 612,800 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 50.80 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง ระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรง ตามลำดับ

การประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล USLE ของพื้นที่ศึกษาโดยการใช้ค่า K-factor ตามวิธี Digital Soil Mapping (DSM) แบบจำลอง Quantile regression forests ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยประเมินค่า K-factor จากทั้ง 4 วิธี พบว่า

วิธีที่ 1 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 574,827 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 47.65 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 403,689 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 33.47 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ

วิธีที่ 2 ใช้ค่า K-factor ตามสมการ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 558,688 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.32 รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 542,003 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 44.93 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ

วิธีที่ 3 เป็นค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 623,249 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.67 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 449,934 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 37.30 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ

วิธีที่ 4 เป็นค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีเนื้อที่ 619,005 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.32 รองลงมาอยู่ในระดับน้อย มีเนื้อที่ 421,713 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 34.96 และอยู่ในระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

5.1 เชิงปริมาณ

5.1.1 ได้ชุดข้อมูลค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

5.1.2 ได้ชุดข้อมูลปริมาณการสูญเสียดิน ด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

5.2 เชิงคุณภาพ

5.2.1 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน ได้รับการอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพทรัพยากรดินที่เสื่อมโทรมให้เกิดความสมดุลและยั่งยืน

5.2.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องบูรณาการในการป้องกัน อนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพทรัพยากรดินที่เสื่อมโทรมจากปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

6.1 ได้ชุดข้อมูลค่าความคงทนต่อการพังทลายของดิน (K-factor) ตามชุดดิน ในลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

6.2 ได้แผนที่ค่าความคงทนต่อการพังทลายของดิน (K-factor) ที่มีความแม่นยำเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ จากการนำปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อค่า K-factor มาร่วมในการประเมิน

6.3 การประเมินการสูญเสียดินในลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดินและกำหนดมาตรการของการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อการกำหนดมาตรการให้สอดคล้องกับสภาพปัญหา

6.4 นักวิชาการและนักวิจัยสามารถนำแผนที่ค่าความคงทนต่อการพังทลายของดิน (K-factor) ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่และชุดดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

7.1 ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ดินบางจุดอยู่บริเวณที่เข้าถึงได้ยาก จึงต้องพิจารณาเปลี่ยนจุดเก็บตัวอย่างใหม่

7.2 การจัดทำแผนที่ ต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการใช้โปรแกรม R Statistic และโปรแกรม ArcGIS ซึ่งมีขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อน และอาศัยระยะเวลาในการดำเนินการ ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การ cleansing data การทดสอบแบบจำลอง การวิเคราะห์ความแม่นยำด้วยค่าทางสถิติ และการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์ (validate)

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ มีการสำรวจจำแนกดิน เก็บตัวอย่างดิน พร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ซึ่งต้องใช้งบประมาณสูง จึงจำเป็นต้องมีการปรับลดจำนวนตัวอย่าง จากที่ได้วางแผนก่อนการดำเนินงาน

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 การนำผลการศึกษาคำนี้ไปใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาตามวัตถุประสงค์ สภาพพื้นที่ศึกษา ข้อมูลสมบัติดินที่มีอยู่ ซึ่งอาจต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของคุณสมบัติดิน หรือปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือตามสภาพพื้นที่ศึกษา เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ความลาดชัน ข้อมูลภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

9.2 ควรมีการปรับปรุง ค่าความคงทนต่อการพังทลายของดิน (K-factor) ของชุดดินหลักทั้งประเทศ ด้วยวิธี Digital Soil Mapping (DSM) ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อค่า K-factor โดยรวบรวมข้อมูลสมบัติดิน พัฒนาเป็นแบบจำลองร่วมกับปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ด้านภูมิอากาศ ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ปัจจัยด้านอุณหภูมิพื้นผิวโลก (LST) ปัจจัยด้านพืชพรรณ ตลอดจนปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า K-factor ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่มากยิ่งขึ้น

9.3 ควรจัดทำแปลงมาตรฐานทดสอบปริมาณการสูญเสียดิน ให้ครอบคลุมทุกกลุ่มน้ำสำคัญของประเทศไทย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องตรวจวัดอากาศ เพื่อศึกษาทุกค่าปัจจัย เพื่อปรับปรุงค่าปัจจัยให้เหมาะสมแต่ละภูมิภาค อีกทั้งในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปริมาณและรูปแบบการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ปริมาณการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน หรือแม้แต่ข้อมูลที่มีความทันสมัยในปัจจุบัน จะทำให้การศึกษามีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

9.4 ข้อมูลค่าปัจจัยการสูญเสียดิน ควรอยู่ในรูปของแผนที่ดิจิทัล เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินการสูญเสียดิน เพื่อให้สะดวกแก่เจ้าหน้าที่ นักวิชาการ นักวิจัย

9.5 ควรมีการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่บุคลากรของกรมพัฒนาที่ดิน ในด้านการจัดทำข้อมูลด้วย Digital Soil Mapping (DSM) และการใช้งาน R Statistic และด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

10. การเผยแพร่ผลงาน

เป็นส่วนหนึ่งของรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการเลขที่ PRP6605031070 โครงการย่อยที่ 2 เรื่อง การประเมินอัตราการสูญเสียดินและสัดส่วนการตกตะกอนที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำกรณีศึกษากลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ภายใต้แผนงานวิจัย แผนการจัดการทรัพยากรดินและน้ำในพื้นที่รับน้ำและอ่างเก็บน้ำให้เกิดประโยชน์ด้านสุขภาพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน กรณีศึกษากลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ.2566

11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน

11.1 นางสาวฐนชนก คำขจร ตำแหน่งนักสำรวจดินชำนาญการ เป็นหัวหน้าโครงการ มีหน้าที่ วางแผนการดำเนินงาน เก็บข้อมูลภาคสนาม วิเคราะห์ข้อมูล แปลผลการศึกษา และจัดทำรายงาน สัดส่วนผลงาน ร้อยละ 90

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

(นางสาวฐนชนก คำขจร)

ผู้ขอประเมิน

วันที่...../...../.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นางสาวนัทธรา ทักษิรัตน์	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายพิชิต ราชแบน)

ตำแหน่งผู้อำนวยการกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน

วันที่...../...../.....

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

ลงชื่อ.....

(นางมัทธนา ชัยมหาวัน)

ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน

รักษาราชการแทนผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

วันที่...../...../.....

หมายเหตุ คำรับรองจากผู้บังคับบัญชาอย่างน้อยสองระดับ คือ ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล และผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไปอีกหนึ่งระดับ เว้นแต่ในกรณีที่ผู้บังคับบัญชาดังกล่าวเป็นบุคคลคนเดียวกัน ก็ให้มีคำรับรองหนึ่งระดับได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2551. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัด **อุทัยธานี**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมทรัพยากรธรณี. 2557. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัด **สุพรรณบุรี**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2526. การใช้สมการการสูญเสียดินสากลและมาตรการอนุรักษ์ดิน. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2563. สถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. 2565. แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ปี 2565 (ไฟล์ข้อมูล). กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2563. แผนที่ทรัพยากรดิน (ไฟล์ข้อมูล). กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- จำรูญ ศรีชัยชนะ. 2545. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินการชะล้างพังทลาย **ของดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่** [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ภาควิชาอนุรักษ์ วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรัช จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและ **พืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตยา ภูรีวีโรจน์กุล และ สุพจน์ เจริญสุข. 2543. การสูญเสียดินและน้ำภายหลังการทำลายป่าเบญจพรรณ เพื่อเพาะปลูกพืชเกษตรและสร้างสวนสักปรับปรุงพื้นที่ บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำน่าน จ.น่าน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 8(1).
- พิทยากร ลีมทอง. 2557. การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- รัชฎาพรรณ ผลเกิด. 2555. การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเมินค่าปริมาณการชะล้างพังทลาย **ของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำริด จังหวัดอุดรธานี** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. ThaiLIS. <http://tdc.thailis.or.th/tdc/basic.php>
- สมยศ พุทธิเจริญ, วิจารย์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล และ สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2535. การสูญเสียธาตุอาหารใน **แปลงมันสำปะหลัง โดยเปรียบเทียบกับพืชไร่**. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 30: **สาขาพืช** (น. 25-34). กรุงเทพฯ.

- สาธิต กาละพวง, พัฒน์พงษ์ เกิดหล้า, ชุติมา จันทร์เจริญ, ทรายแก้ว อนาคต, เทอดศักดิ์ อนาคต และ พิลาสถักษณ์ ลีรุ่งเจริญ. 2562. รายงานผลการวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการ ก่อรอนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัด อุดรดิตถ์. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่าง ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า: เล่ม 1.** กรมพัฒนาที่ดิน.
- สุนีย์รัตน์ โลหะโชติ. 2557. ผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการ สูญเสียดินบนพื้นที่ดอน ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. ใน **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน ปี 2557** (น. 45-54). กรุงเทพฯ: กรม พัฒนาที่ดิน.
- เสาวลักษณ์ สระทองเทียน. 2559. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการการสูญเสียดิน สาภลเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก** [วิทยานิพนธ์ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร, ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- Adimassu, Z., L. Tamene and D. T. Degeffie. 2020. The influence of grazing and cultivation on runoff, soil erosion, and soil nutrient export in the central highlands of Ethiopia. **Ecological Processes**. 9 (1): Article 26. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00230-5>
- Alewel, C., P. Borrelli, K. Meusburger and P. Panagos. 2019. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. **International Soil and Water Conservation Research**. 7 (3): 203-225. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>
- Auerswald, K., P. Fiener, W. Martin and D. Elhaus. 2014. Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: An evaluation using measured soil aggregate stability data. **Catena**. 118: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.01.008>
- Berhanu G. Sinshaw., A. M. Belete and B. M. Mekonen. 2021. **Watershed-based soil erosion and sediment yield modeling in the Rib watershed of the Upper Blue Nile Basin.** Ethiopia.
- Borrelli, P., D. A. Robinson, L. R. Fleischer, E. Lugato, C. Ballabio, C. Alewell, K. Meusburger, S. Modugno, B. Schütt, V. Ferro, V. Bagarello, K. Van Oost, L. Montanarella and P. Panagos. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**. 8 (1): Article 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>

- Bouwman, A. F., A. H. W. Beusen and G. Billen. 2009. Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. **Global Biogeochemical Cycles**. 23 (4): GB0A04. <https://doi.org/10.1029/2009GB003576>
- Girmay, G., B. R. Singh, T. Nytroen and T. Borresen. 2009. Runoff and sediment-associated nutrient losses from sloping lands in northern Ethiopia. **Soil and Tillage Research**. 105 (2): 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.003>
- Goldman, S. J., K. Jackson and T. A. Bursztynsky. 1986. **Erosion and sediment control handbook**. McGraw-Hill.
- Hseu, Z.-Y. 2002. Digestion methods for total heavy metals in sediment and soil. **Water, Air, & Soil Pollution**. 141 (1/4): 189-205. <https://doi.org/10.1023/A:1021315410159>
- International Institute for Tropical Agriculture (IITA). 1979. **Laboratory manual for soil and plant analysis** (Manual Series 7). IITA.
- Jiang, H., J. Yu, W. Sun, X. Yao and Z. Li. 2016. Roles of soil erodibility, rainfall erosivity and land use in affecting soil erosion at the basin scale. **Agricultural Water Management**. 174: 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.015>
- Laflen, J. M., W. J. Elliot, D. C. Flanagan, C. R. Meyer and M. A. Nearing. 1997. WEPP predicting water erosion using a process-based model. **Journal of Soil and Water Conservation**. 52 (2): 96-102.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil survey laboratory method manual** (Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 3.0). U.S. Department of Agriculture, National Resources Conservation Service.
- Ostovari, Y., S. Ghorbani-Dashtaki, H.-A. Bahrami, M. Naderi, J. A. M. Dematte and R. Kerry. 2017. Towards prediction of soil erodibility factor (K) on calcareous soils in Iran. **Soil Science Society of America Journal**. 81 (4): 787-796.
- Phaijulla, A., A. Chakrawal and V. N. Sharda. 2014. Determination of soil erodibility factor (K) under simulated rainfall conditions for soils of Konkan region of Maharashtra. **Indian Journal of Soil Conservation**. 42 (1): 18-23.
- Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri and R. Blair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**. 267 (5201): 1117-1123. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>
- Plangoen, P., M. S. Babel, R. S. Clemente, S. Shrestha and N. K. Tripathi. 2013. Simulating the impact of future land use and climate change on soil erosion and nutrient loading in

- the Chi river basin, Thailand. **Sustainability**. 5 (8): 3244-3274.
<https://doi.org/10.3390/su5083244>
- Radziuk, H. and M. Switoniak. 2021. Soil erodibility factor (K) in soils under varying stages of truncation. **Soil Science Annual**. 72 (1). <https://doi.org/10.37501/soilsa/134621>
- Sharply, A. N. and J. R. Williams (Eds.). 1990. **EPIC—Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model documentation** (U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1768). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Stone, R. P. and D. Hilborn. 2012. **Universal soil loss equation (USLE) (Fact Sheet, Agricultural Engineering)**. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-051.pdf>
- Tian, Z., Y. Zhao, L. Cao, Y. Zhao and Y. Liang. 2024. Assessing the declining trend in soil erodibility across China: A comparison of conventional and digital K-factor maps. **International Soil and Water Conservation Research**.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2024.05.005>.
- Wang, B., G.-L. Zhang, R.-M. Yang, F. Yang, Y.-G. Zhao and D.-C. Li. 2014. Developing and validating pedotransfer functions to estimate soil erodibility (K-factor) in southwestern China. **Soil and Tillage Research**. 142: 36-45.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2014.04.008>
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1957. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions, **American Geophysical Union**. 39 (2): 285-291.
<https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning** (Agriculture Handbook No. 537). U.S. Department of Agriculture.
- Wischmeier, W. H., C. B. Johnson and B. V. Cross. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**. 26 (5): 189-193.
- Zhang, Y., M. Zhang, J. Niu, H. Li, R. Xiao, H. Zheng and J. Bech. 2016. Rock fragments and soil hydrological processes: Significance and progress. **Catena**. 147: 153-166.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.019>

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental variables)

ลำดับ	ประเภท	ตัวแปร	คำอธิบาย
1	Climate	Pet penman max	Max potential evapotranspiration (PET) calculated using the Penman-Monteith equation
2		Pet penman mean	Mean potential evapotranspiration (PET) calculated using the Penman-Monteith equation
3		Pet penman min	Min potential evapotranspiration (PET) calculated using the Penman-Monteith equation
4		Pet penman range	Range potential evapotranspiration (PET) calculated using the Penman-Monteith equation
5		sfcWind max	Max of surface wind
6		sfcWind mean	Mean of surface wind
7		sfcWind range	Range of surface wind
8		bio1	Bioclimatic variable Annual Mean Temperature in the WorldClim scheme from CHELSA
9		bio5	Bioclimatic variable Maximum Temperature of the Warmest Month in the WorldClim scheme from CHELSA
10		bio6	Bioclimatic variable Minimum Temperature of the Coldest Month in the WorldClim scheme from CHELSA
11		bio12	Bioclimatic variable Annual Precipitation in the WorldClim scheme from CHELSA
12		bio13	Bioclimatic variable Precipitation of the Wettest Month in the WorldClim scheme from CHELSA
13		bio14	Bioclimatic variable Precipitation of the Driest Month in the WorldClim scheme from CHELSA
14		bio16	Bioclimatic variable Precipitation of the Wettest Quarter in the WorldClim scheme from CHELSA

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ประเภท	ตัวแปร	คำอธิบาย
15		bio17	Bioclimatic variable Precipitation of the Driest Quarter in the WorldClim scheme from CHELSA
16		ngd10	Number of growing degree days above 10°C from CHELSA
17	Vegetation	ndvi_030405_250m_mean	Mean Normalized Difference Vegetation Index of March April May from Modis
18		ndvi_030405_250m_sd	SD Normalized Difference Vegetation Index of March April May from Modis
19		ndvi_060708_250m_mean	Mean Normalized Difference Vegetation Index of June July August from Modis
20		ndvi_060708_250m_sd	SD Normalized Difference Vegetation Index of June July August from Modis
21		ndvi_091011_250m_mean	Mean Normalized Difference Vegetation Index of Sep. Oct. Nov. from Modis
22		ndvi_091011_250m_sd	SD Normalized Difference Vegetation Index of Sep. Oct. Nov. from Modis
23		ndvi_120102_250m_mean	Mean Normalized Difference Vegetation Index of Dec. Jan. Feb. from Modis
24		ndvi_120102_250m_sd	SD Normalized Difference Vegetation Index of Dec. Jan. Feb. from Modis
25		crops	crops
26		flooded vegetation	flooded vegetation
27		grass	grass
28		Shrub and scrub	shrub and scrub
29		trees	trees
30		snow cover	snow cover

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ประเภท	ตัวแปร	คำอธิบาย
31	topography	dtm_curvature_250m	digital terrain model (DTM) with curvature calculated at a 250-meter resolution
32		dtm_downslopecurvature_250m	digital terrain model (DTM) where the downslope curvature calculated at a 250-meter resolution
33		dtm_dvm_250m	digital terrain model (DTM) with derivative of elevation variance (DVM) calculated at a 250-meter resolution
34		dtm_dvm2_250m	digital terrain model (DTM) with a second derivative of elevation variance (DVM2) calculated at a 250-meter resolution
35		dtm_elevation_250m	digital terrain model (DTM) that provides elevation data at a 250-meter resolution
36		dtm_mrn_250m	digital terrain model (DTM) with Multiresolution Index of Ridge Top Flatness (MRN)
37		dtm_neg_openness_250m	digital terrain model (DTM) with negative openness
38		dtm_pos_openness_250m	digital terrain model (DTM) with positive openness
39		dtm_slope_250m	digital terrain model (DTM) with the slope
40		dtm_tpi_250m	digital terrain model (DTM) with Topographic Position Index (TPI)
41		dtm_twi_500m	digital terrain model (DTM) with the Topographic Wetness Index (TWI)
42		dtm_upslopecurvature_250m	digital terrain model (DTM) with the upslope curvature
43		dtm_vbf_250m	digital terrain model (DTM) with Vector Ruggedness Measure (VRM)
44	Social	hfp2013_merisINT	Human Footprint (HFP) Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) for the year 2013
45		night_lights_stable_2013	Stable night-time lights for the year 2013

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ประเภท	ตัวแปร	คำอธิบาย
46		population_density_2020	population density in 2020
47	land surface temperature(LST)	lstd_030405_mean	Mean day land surface temperature (LST) of March, April, and May
48		lstd_030405_sd	SD day land surface temperature (LST) of March, April, and May
49		lstd_060708_mean	Mean day land surface temperature (LST) of June, July, and August
50		lstd_060708_sd	SD day land surface temperature (LST) of June, July, and August
51		lstd_091011_mean	Mean day land surface temperature (LST) of September, October, and November
52		lstd_091011_sd	SD day land surface temperature (LST) of September, October, and November
53		lstd_120102_mean	Mean day land surface temperature (LST) of December, January, and February
54		lstd_120102_sd	SD day land surface temperature (LST) of December, January, and February
55		ndlst_030405_mean	Mean nighttime land surface temperature (LST) of March, April, and May
56		ndlst_030405_sd	SD nighttime land surface temperature (LST) of March, April, and May
57		ndlst_060708_mean	Mean nighttime land surface temperature (LST) of June, July, and August
58		ndlst_060708_sd	SD nighttime land surface temperature (LST) of June, July, and August
59		ndlst_091011_mean	Mean nighttime land surface temperature (LST) of September, October, and November

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ประเภท	ตัวแปร	คำอธิบาย
60		ndlst_091011_sd	SD nighttime land surface temperature (LST) of September, October, and November
61		ndlst_120102_mean	Mean nighttime land surface temperature (LST) of December, January, and February
62		ndlst_120102_sd	SD nighttime land surface temperature (LST) of December, January, and February
63	Optical spectrum	fpar_030405_500m_mean	Mean Fraction of Photosynthetically Active Radiation of March April May from Modis
64		fpar_030405_500m_sd	SD Fraction of Photosynthetically Active Radiation of March April May from Modis
65		fpar_060708_500m_mean	Mean Fraction of Photosynthetically Active Radiation of June July August from Modis
66		fpar_060708_500m_sd	SD Fraction of Photosynthetically Active Radiation of June July August from Modis
67		fpar_091011_500m_mean	Mean Fraction of Photosynthetically Active Radiation of Sep. Oct. Nov. from Modis
68		fpar_091011_500m_sd	SD Fraction of Photosynthetically Active Radiation of Sep. Oct. Nov. from Modis
69		fpar_120102_500m_mean	Mean Fraction of Photosynthetically Active Radiation of Dec. Jan. Feb. from Modis
70		fpar_120102_500m_sd	SD Fraction of Photosynthetically Active Radiation of Dec. Jan. Feb. from Modis
71		swir_060708_500m_mean	Mean Shortwave Infrared radiation of June July August from Modis

ที่มา : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Rome, 2022)

ตารางภาคผนวกที่ 2 สมบัติดินทางกายภาพ

หน่วยแผนที่ดิน	กลุ่ม ชุดดิน	สมบัติดินทางกายภาพ											
		Bulk Density (g/cm ³)	Hydraulic Conductivity (cm/hr)	Class ¹	sand	silt	clay	sand fractions					Texture
								----- (เปอร์เซ็นต์) -----					
Very coarse	Coarse	Medium	Fine	Very fine									
AC-mw,col-sIA	60	1.60	4.66	M	67.83	23.10	9.07	8.98	11.82	20.17	12.48	14.43	sandy loam
Bar-slC	56	1.49	2.03	M	70.03	22.40	7.57	7.26	11.24	22.31	12.75	16.53	sandy loam
Bg-cl	29	1.30	2.35	M	31.65	38.65	29.70	4.36	4.61	5.32	4.18	13.10	clay loam
Cn-sicIA	4	1.43	1.33	MS	23.23	35.73	41.03	8.33	1.60	4.03	3.67	5.60	clay
Cu-lcosB	44	1.54	4.15	M	72.73	23.00	4.27	6.26	10.04	20.39	12.72	23.33	sandy loam
Db-fl-sclA	18	1.75	0.31	S	58.40	32.75	8.85	1.57	4.34	19.91	8.87	23.70	sandy loam
Dc-sIA	40	1.52	1.69	MS	56.38	29.38	14.25	1.55	3.95	17.70	7.65	25.53	fine sandy loam
Don-fl-sIA	35	1.54	1.10	MS	51.88	32.40	15.73	0.80	2.80	20.25	8.63	19.40	loam
Don-silB	33	1.45	3.77	M	41.37	42.17	16.47	0.66	1.85	10.73	5.05	23.10	loam
Kld-clB	31	1.50	1.32	MS	31.43	47.93	20.65	1.93	2.99	8.53	4.83	13.10	loam
Kpg-hb,fl-sIA	36	1.67	0.39	S	53.98	29.25	16.78	1.25	4.23	16.58	7.90	24.03	fine sandy loam
Kpg-hb-slB	40	1.56	1.41	MS	63.47	27.30	9.23	1.14	3.51	23.18	9.23	26.40	sandy loam
Kpg-mw,fl-sIA	35	1.54	1.53	MS	46.90	37.77	15.33	0.73	2.43	18.10	7.63	18.00	loam

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

หน่วยแผนที่ดิน	กลุ่ม ชุดดิน	สมบัติดินทางกายภาพ											Texture	
		Bulk Density (g/cm ³)	Hydraulic Conductivity (cm/hr)	Class ¹	sand fractions									
					sand	silt	clay	Very coarse	Coarse	Medium	Fine	Very fine		
----- เปอร์เซ็นต์ -----														
Kpg-mw-sIA	40	1.59	1.38	MS	61.43	32.13	6.43	2.23	7.02	19.15	11.10	21.90	sandy loam	
Kpg-slB	40	1.37	5.13	M	80.85	14.90	4.25	1.25	4.05	20.88	7.98	46.70	loamy sand	
Lb-br-clB	28	1.57	1.46	MS	48.03	30.60	21.37	2.17	3.80	9.77	5.57	26.73	loam	
Li-gclD	47	1.53	3.59	M	45.88	32.63	21.50	12.00	10.70	7.73	8.23	7.23	loam	
Lsk-slB	40	1.40	10.51	MR	70.95	24.68	4.38	1.23	4.51	28.44	12.22	24.53	sandy loam	
Ly-col-slB	56	1.54	3.33	M	73.25	21.93	4.83	2.20	6.63	24.78	12.68	26.98	sandy loam	
Ly-slB	56	1.44	2.62	M	49.68	34.70	15.63	3.08	4.58	16.75	9.63	15.65	loam	
MI-gclC	47	1.38	4.12	M	36.93	37.00	26.07	1.72	1.85	9.11	2.59	21.67	loam	
Mn-sicIA	5	1.61	0.62	MS	30.73	45.80	23.47	1.90	3.73	8.17	4.67	12.27	loam	
Np-sicA	7	1.38	9.21	MR	20.10	43.50	36.40	1.00	3.30	5.10	4.20	6.50	clay loam	
Pc-clB	29	1.31	3.75	M	21.90	50.80	27.30	2.70	2.98	4.55	3.13	8.55	clay loam	
Sg-tks-lsB	38	1.53	0.61	MS	43.00	42.20	14.80	1.20	2.27	11.87	4.63	23.03	loam	
Tas-gslC	48	1.54	1.11	MS	63.25	23.50	13.25	4.96	11.34	16.34	13.03	17.60	sandy loam	

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

หน่วยแผนที่ดิน	กลุ่ม ชุดดิน	สมบัติดินทางกายภาพ											Texture
		Bulk Density (g/cm ³)	Hydraulic Conductivity (cm/hr)	Class ¹	sand fractions					Very fine			
					sand	silt	clay	Very coarse	Coarse		Medium	Fine	
----- (เปอร์เซ็นต์) -----													
Tk-gIA	54	1.42	2.01	M	20.77	52.80	26.43	1.97	2.37	4.57	3.03	8.83	silt loam
Tk-md-clB	54	1.62	0.01	VS	31.00	44.00	25.00	1.10	2.50	7.90	4.40	15.10	loam
Ty-gsIC	48	1.51	17.43	R	76.15	16.33	7.53	5.65	6.54	26.26	12.34	25.38	sandy loam
Ty-slC	48	1.45	2.75	M	50.90	30.77	18.33	4.67	7.57	14.43	11.27	12.97	loam
Uti-slB	40	1.40	4.21	M	56.88	30.90	12.23	0.29	1.61	24.05	5.16	25.78	sandy loam
Ws-clC	55	1.41	11.84	MR	33.10	41.20	25.70	6.79	7.67	6.85	6.68	5.00	loam

หมายเหตุ : ¹ VS : ช้ามาก (very slow)

S : ช้า (slow)

MS : ช้าปานกลาง (moderately slow)

M : ปานกลาง (moderately)

MR : เร็วปานกลาง (moderately rapid)

R : เร็ว (rapid)

VR : เร็วมาก (very rapid)

ตารางภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินทางเคมี

หน่วยแผนที่ดิน	กลุ่มชุดดิน	สมบัติดินทางเคมี					
		pH (1:1)	OM (%)	SOC (%)	Avail.P ------(mg/kg)-----	Avail.K	EC 1:5 (dS/m)
AC-mw,col-sIA	60	7.03	0.86	0.50	47	36	0.06
Bar-slC	56	5.43	1.93	1.12	90	78	0.02
Bg-cl	29	5.00	3.69	2.14	14	239	0.04
Cn-sicIA	4	6.23	3.30	1.91	21	124	0.11
Cu-lcosB	44	5.97	1.31	0.76	149	93	0.09
Db-fl-sclA	18	6.93	1.38	0.80	71	83	0.10
Dc-sIA	40	6.63	1.47	0.85	174	180	0.10
Don-fl-sIA	35	6.80	1.17	0.68	47	116	0.03
Don-silB	33	7.37	1.35	0.78	53	93	0.05
Kld-clB	31	6.13	1.44	0.83	8	154	0.03
Kpg-hb,fl-sIA	36	7.35	1.32	0.76	96	173	0.10
Kpg-hb-slB	40	6.13	0.82	0.48	17	100	0.06
Kpg-mw,fl-sIA	35	6.73	1.80	1.04	23	77	0.05
Kpg-mw-sIA	40	6.17	1.33	0.77	36	50	0.02
Kpg-slB	40	6.55	0.37	0.21	14	29	0.05
Lb-br-clB	28	6.63	2.59	1.50	77	139	0.10
Li-gclD	47	5.05	2.06	1.19	10	105	0.03
Lsk-slB	40	5.03	1.57	0.91	11	41	0.02
Ly-col-slB	56	5.75	0.34	0.20	13	38	0.04
Ly-slB	56	6.20	1.58	0.92	42	60	0.03
Ml-gclC	47	5.63	3.00	1.74	13	335	0.05
Mn-sicIA	5	4.97	2.39	1.38	31	138	0.09
Np-sicA	7	5.83	2.63	1.53	16	94	0.10
Pc-clB	29	6.05	3.41	1.98	5	224	0.16
Sg-tks-lsB	38	7.20	1.64	0.95	149	144	0.08
Tas-gslC	48	4.65	1.73	1.00	8	74	0.02

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

หน่วยแผนที่ดิน	กลุ่มชุดดิน	สมบัติดินทางเคมี					
		pH (1:1)	OM (%)	SOC (%)	Avail.P ----- (mg/kg) -----	Avail.K	EC 1:5 (dS/m)
Tk-glA	54	7.10	2.32	1.34	77	120	0.07
Tk-md-clB	54	7.90	2.19	1.27	15	140	0.11
Ty-gslC	48	5.40	0.94	0.55	16	42	0.02
Ty-slC	48	6.13	1.51	0.88	4	72	0.03
Uti-slB	40	4.43	1.26	0.73	16	54	0.03
Ws-clC	55	5.10	2.62	1.52	4	227	0.03

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่า K – Factor ตามสมการ

ลำดับ	หน่วยแผนที่ดิน	พิกัด		ค่า K-Factor			
		lat	long	วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
1	AC-mw,col-sIA	1680139	545638	0.23	0.20	0.26	0.33
2	AC-mw,col-sIA	1680280	546820	0.16	0.12	0.07	0.33
3	AC-mw,col-sIA	1674827	557372	0.42	0.27	0.26	0.33
4	AC-mw,col-sIA	1674147	557390	0.32	0.24	0.26	0.33
5	Bar-slC	1672279	544872	0.18	0.16	0.26	0.34
6	Bar-slC	1672586	546291	0.26	0.16	0.07	0.34
7	Bar-slC	1685878	551674	0.45	0.28	0.26	0.34
8	Bar-slC	1688948	551214	0.33	0.26	0.19	0.34
9	Bg-cl	1671408	541556	0.23	0.25	0.19	0.28
10	Cn-sicIA	1636466	615352	0.18	0.26	0.23	0.18
11	Cn-sicIA	1642078	617114	0.21	0.25	0.19	0.18
12	Cn-sicIA	1637156	610401	0.25	0.24	0.19	0.18
13	Cu-lcosB	1635762	562196	0.69	0.38	0.47	0.18
14	Cu-lcosB	1635054	561267	0.30	0.19	0.07	0.18
15	Cu-lcosB	1632554	560978	0.31	0.22	0.26	0.18
16	Cu-lcosB	1631190	560470	0.57	0.25	0.26	0.18
17	Db-fl-sclA	1649158	600927	0.48	0.22	0.26	0.29
18	Db-fl-sclA	1645955	594024	0.52	0.29	0.43	0.29
19	Db-fl-sclA	1639775	593592	0.46	0.27	0.43	0.29
20	Db-fl-sclA	1635904	577130	0.54	0.27	0.26	0.29
21	Dc-sIA	1641803	593279	0.50	0.25	0.26	0.34
22	Dc-sIA	1644715	596226	0.39	0.25	0.26	0.34
23	Dc-sIA	1638389	590946	0.35	0.26	0.43	0.34
24	Dc-sIA	1638523	584712	0.46	0.27	0.43	0.34
25	Don-silB	1642512	572696	0.42	0.31	0.43	0.56

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยแผนที่ดิน	พิกัด		ค่า K-Factor			
		lat	long	วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
26	Don-silB	1639000	572670	0.47	0.27	0.26	0.56
27	Don-silB	1644452	574084	0.52	0.35	0.47	0.56
28	Don-Fl-slA	1654057	558230	0.4	0.31	0.43	0.56
29	Don-Fl-slA	1650572	557731	0.45	0.26	0.26	0.56
30	Don-Fl-slA	1650993	556318	0.42	0.27	0.26	0.56
31	Don-Fl-slA	1654336	555018	0.42	0.27	0.26	0.56
32	Kld-clB	1660956	569263	0.48	0.32	0.43	0.28
33	Kld-clB	1656049	556942	0.41	0.33	0.43	0.28
34	Kld-clB	1663454	552078	0.51	0.36	0.47	0.28
35	Kld-clB	1666368	554838	0.42	0.34	0.43	0.28
36	Kpg-slB	1648971	588068	0.26	0.11	0.05	0.34
37	Kpf-slB	1658694	560984	0.84	0.16	0.07	0.34
38	Kpf-slB	1663554	561059	0.57	0.22	0.26	0.34
39	Kpf-slB	1661755	562721	0.54	0.18	0.07	0.34
40	Kpg-hb,fl-slA	1643316	580707	0.48	0.28	0.43	0.34
41	Kpg-hb,fl-slA	1645716	584156	0.47	0.24	0.26	0.34
42	Kpg-hb,fl-slA	1648835	592796	0.38	0.26	0.26	0.34
43	Kpg-hb,fl-slA	1643222	591351	0.38	0.26	0.43	0.34
44	Kpg-hb-slB	1648479	603441	0.37	0.23	0.26	0.34
45	Kpg-hb-slB	1634108	568940	0.54	0.25	0.07	0.34
46	Kpg-hb-slB	1637745	567371	0.49	0.22	0.07	0.34
47	Kpg-hb-slB	1638624	572163	0.53	0.3	0.43	0.34
48	Kpg-mw,fl-slA	1656238	566777	0.49	0.35	0.47	0.34
49	Kpg-mw,fl-slA	1650820	569350	0.36	0.29	0.43	0.34
50	Kpg-mw,fl-slA	1651433	563780	0.49	0.31	0.43	0.34

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยแผนที่ดิน	พิกัด		ค่า K-Factor			
		lat	long	วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
51	Kpg-mw,fl-sLA	1648662	565101	0.43	0.24	0.26	0.34
52	Kpg-mw-sLA	1655847	563095	0.52	0.29	0.26	0.34
53	Kpg-mw-sLA	1654531	563412	0.31	0.27	0.43	0.34
54	Kpg-mw-sLA	1677261	559939	0.51	0.3	0.43	0.34
55	Kpg-mw-sLA	1675033	556389	0.33	0.2	0.07	0.34
56	Lb-br-clB	1649014	576288	0.38	0.23	0.43	0.34
57	Lb-br-clB	1650320	577327	0.4	0.23	0.43	0.14
58	Lb-br-clB	1648371	576880	0.4	0.22	0.43	0.14
59	Lb-br-clB	1650141	577392	0.41	0.23	0.26	0.14
60	Li-gclD	1628308	561679	0.28	0.25	0.26	0.14
61	Li-gclD	1628109	561553	0.2	0.24	0.19	0.33
62	Li-gclD	1628324	561732	0.34	0.27	0.43	0.33
63	Li-gclD	1628351	561789	0.3	0.27	0.43	0.33
64	Lsk-slB	1678191	554543	0.35	0.23	0.07	0.33
65	Lsk-slB	1678334	553779	0.34	0.13	0.05	0.34
66	Lsk-slB	1679859	551340	0.45	0.25	0.26	0.34
67	Lsk-slB	1682029	550052	0.43	0.24	0.26	0.34
68	Ly-slB	1641765	557703	0.38	0.25	0.26	0.34
69	Ly-slB	1643244	558997	0.43	0.29	0.43	0.34
70	Ly-slB	1646531	557951	0.35	0.29	0.43	0.34
71	Ly-slB	1648899	559164	0.33	0.27	0.43	0.34
72	Ly-col-slB	1633149	569910	0.56	0.3	0.26	0.34
73	Ly-col-slB	1632380	570190	0.53	0.22	0.07	0.34
74	Ly-col-slB	1632416	569569	0.37	0.22	0.26	0.34
75	Ly-col-slB	1633000	569383	0.33	0.12	0.05	0.34

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยแผนที่ดิน	พิกัด		ค่า K-Factor			
		lat	long	วิธีที่1 ¹	วิธีที่2 ²	วิธีที่ 3 ³	วิธีที่4 ⁴
76	Ml-gslC	1659935	553987	0.18	0.27	0.29	0.33
77	Ml-gslC	1659935	553987	0.49	0.23	0.26	0.33
78	Ml-gslC	1660903	553084	0.37	0.28	0.19	0.33
79	Mn-sicLA	1644573	599780	0.46	0.32	0.43	0.29
80	Mn-sicLA	1641371	600775	0.36	0.3	0.43	0.29
81	Mn-sicLA	1640030	600995	0.38	0.26	0.43	0.29
82	Mn-sicLA	1639207	600988	0.43	0.25	0.26	0.29
83	Np-sicA	1639045	603623	0.33	0.31	0.19	0.29
84	Np-sicA	1641425	604786	0.35	0.32	0.29	0.29
85	Np-sicA	1636804	613707	0.13	0.24	0.23	0.29
86	Np-sicA	1646400	600546	0.40	0.28	0.43	0.29
87	Pc-clB	1628360	560492	0.32	0.35	0.19	0.28
88	Pc-clB	1628131	561056	0.46	0.37	0.47	0.28
89	Pc-clB	1626148	561023	0.29	0.29	0.19	0.28
90	Pc-clB	1626477	560883	0.20	0.29	0.47	0.28
91	Sg-tks-lsB	1637064	577736	0.55	0.29	0.43	0.34
92	Sg-tks-lsB	1638118	580524	0.46	0.35	0.47	0.34
93	Sg-tks-lsB	1639495	582739	0.46	0.31	0.43	0.34
94	Sg-tks-lsB	1641666	588180	0.53	0.31	0.43	0.34
95	Tas-gslC	1686457	549412	0.32	0.23	0.26	0.34
96	Tas-gslC	1686876	549976	0.34	0.22	0.26	0.34
97	Tas-gslC	1685851	544352	0.13	0.16	0.26	0.34
98	Tas-gslC	1683503	546116	0.08	0.08	0.07	0.34
99	Tk-gLA	1660521	571378	0.34	0.29	0.19	0.28
100	Tk-gLA	1661386	570726	0.44	0.35	0.29	0.28

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยแผนที่ดิน	พิกัด		ค่า K-Factor			
		lat	long	วิธีที่1 ^{1/1}	วิธีที่2 ^{2/2}	วิธีที่3 ^{3/3}	วิธีที่4 ^{4/4}
101	Tk-glA	1658049	569375	0.38	0.25	0.26	0.28
102	Tk-glA	1659986	571266	0.4	0.35	0.47	0.28
103	Tk-md-clB	1649489	579681	0.39	0.19	0.26	0.28
104	Tk-md-clB	1647442	579882	0.42	0.26	0.26	0.28
105	Tk-md-clB	1645764	578939	0.44	0.29	0.43	0.28
106	Tk-md-clB	1644452	577043	0.41	0.25	0.26	0.28
107	Ty-slC	1648371	558736	0.29	0.27	0.43	0.34
108	Ty-slC	1645919	556120	0.34	0.26	0.43	0.34
109	Ty-slC	1642514	561130	0.29	0.25	0.21	0.34
110	Ty-slC	1643451	559784	0.36	0.26	0.26	0.34
111	Ty-gslC	1666152	555368	0.33	0.18	0.26	0.34
112	Ty-gslC	1639929	567930	0.37	0.16	0.07	0.34
113	Ty-gslC	1640169	566666	0.33	0.19	0.07	0.34
114	Ty-gslC	1638803	567737	0.28	0.22	0.26	0.34
115	Uti-slB	1679071	554213	0.45	0.25	0.26	0.34
116	Uti-slB	1680639	554676	0.41	0.23	0.26	0.34
117	Uti-slB	1681835	555020	0.41	0.24	0.26	0.34
118	Uti-slB	1677834	551779	0.49	0.35	0.43	0.34
119	Ws-clC	1669928	542948	0.55	0.3	0.47	0.28
120	Ws-clC	1665444	543896	0.25	0.27	0.43	0.28
121	Ws-clC	1669247	543616	0.34	0.26	0.19	0.28
122	Ws-clC	1669481	543397	0.32	0.25	0.43	0.28

หมายเหตุ : ^{1/1} วิธีที่ 1 สมการของ Wischmeier and Smith (1978) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

^{2/2} วิธีที่ 2 สมการของ Sharply and Williams (1990) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

^{3/3} วิธีที่ 3 ค่า K-factor ตามเนื้อดินบน กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

^{4/4} วิธีที่ 4 ค่า K-factor ตามกลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ด้วยวิธี Digital Soil Mapping

ภาพการปฏิบัติงาน



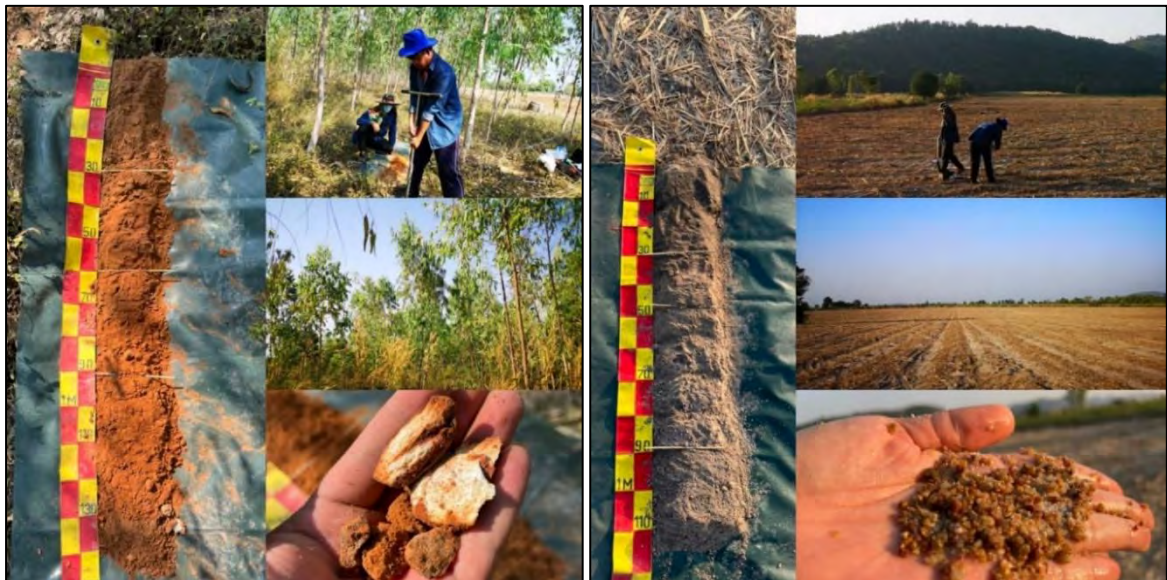
ภาพภาคผนวกที่ 1 สํารวจสภาพพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน



ภาพภาคผนวกที่ 2 สํารวจและจําแนกดินตามหน่วยแผนที่ดิน เพื่อเก็บตัวอย่างดินสำหรับประเมินค่า K-Factor



ภาพภาคผนวกที่ 3 เก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างด้วย soil core และเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีเพื่อประเมินค่า K-Factor ในห้องปฏิบัติการ



ภาพภาคผนวกที่ 4 สํารวจและจําแนกดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



ภาพภาคผนวกที่ 5 สภาพการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว