



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั้งลุ่มน้ำปากพนัง”

ส่วน การศึกษาปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง

โดย สุธีระ ทองขาว

กรกฎาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั้งลุ่มน้ำปากพนัง”

ส่วน การศึกษาปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. นายสิทธิ์ ทองขาว	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
2. นางสาวระวีวรรณ พุฒทอง (ผู้ช่วยวิจัย)	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ฝ่าย 4)

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	iv
กิตติกรรมประกาศ	viii
บทที่ 1 คำนำ	1
บทที่ 2 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	4
บทที่ 3 ตรวจสอบเอกสาร	10
บทที่ 4 วิธีดำเนินการศึกษาและอุปกรณ์	15
บทที่ 5 ผลการศึกษา	25
บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	6
รูปที่ 4.1 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน	15
รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างตะกอน จำนวน 18 สถานี	19
รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ จำนวน 17 สถานี	21
รูปที่ 5.1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	27
รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	29
รูปที่ 5.3 แผนที่แสดงการการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการป้องกัน การชะล้างพังทลาย	30
รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงการลดลงของการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการป้องกัน การชะล้างพังทลาย	32
รูปที่ 5.5 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เกิดการการชะล้างพังทลายและทับถมของตะกอนตามสภาพการใช้ที่ดินและ การจัดการป้องกันการชะล้างพังทลาย	34
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงปริมาณตะกอนในมวลน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่าง 18 สถานี (ก) ระหว่างเดือน ธันวาคม 2548 (ข) ระหว่างเดือนเมษายน 2549 (ค) ระหว่างเดือนสิงหาคม 2549 (ง) ระหว่างเดือน มกราคม 2550	37
รูปที่ 5.7 แสดงระดับความลึกจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์	47
รูปที่ 5.8 แสดงพื้นที่หน้าตัดเส้นทางน้ำจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์	47
รูปที่ 5.9 แสดงความกว้างของทางน้ำจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์	47
รูปที่ 5.10 แผนที่แสดงที่ตั้งประตูระบายน้ำในลุ่มน้ำปากพนัง	54

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 รายชื่ออำเภอในพื้นที่ที่ทำการศึกษา	4
ตารางที่ 5.1 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ปี พ.ศ. 2545	25
ตารางที่ 5.2 ระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน	28
ตารางที่ 5.3 แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายของพื้นที่ลุ่มน้ำลุ่มน้ำปากพนัง	28
ตารางที่ 5.4 แสดงพื้นที่ที่มีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย	31
ตารางที่ 5.5 แสดงพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย	31
ตารางที่ 5.6 แสดงพื้นที่ที่มีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการป้องกัน	33
ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณตะกอนในมวลน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่าง 18 สถานี	35
ตารางที่ 5.8 แสดงความลึกของตะกอนได้น้ำและร้อยละของสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์	38
ตารางที่ 5.9 แสดงความลึกของตะกอนและร้อยละของสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำบริเวณอ่าวปากพนัง	39
ตารางที่ 5.10 ข้อมูลลักษณะโครงสร้างของเส้นทางน้ำสายหลักของลุ่มน้ำปากพนัง	40
ตารางที่ 5.11 แสดงปริมาณตะกอนจากการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนแยกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ปี พ.ศ. 2545	48
ตารางที่ 5.12 ปริมาณการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายในแต่ละอำเภอในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	49
ตารางที่ 5.13 ปริมาณการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายในแต่ละตำบลในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	50
ตารางที่ 5.14 แสดงปริมาณการระบายน้ำของประตูระบายน้ำออกจากลุ่มน้ำปากพนัง	53
ตารางที่ 6.1 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช	59
ตารางที่ 6.2 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช	60
ตารางที่ 6.3 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช	61

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การชะล้างพังทลายในลุ่มน้ำปากพนังเกิดจากปัจจัยทางกายภาพและกิจกรรมของมนุษย์ในลุ่มน้ำปากพนัง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายที่สำคัญคือ ฝน ซึ่งเป็นปัจจัยที่เริ่มต้นกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ดินที่ถูกชะล้างจะไหลไปตามลำน้ำสายย่อยรวบรวมสู่เส้นทางน้ำสายหลัก ไหลลงสู่อ่าวปากพนังและอ่าวไทยในที่สุด โดยมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยเร่ง โดยเฉพาะปัจจัยอันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณตะกอนดินที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อถิ่นที่อยู่อาศัยและความอยู่รอดของสัตว์น้ำอันเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรในลุ่มน้ำปากพนัง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชากรในการนำน้ำในแม่น้ำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปากพนัง โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การพัฒนาฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS และ ERDAS ในการจัดทำและพัฒนาฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ สร้างข้อมูลใหม่ ปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย ด้วยภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:25,000 พ.ศ. 2545 ข้อมูลอื่นๆ และแผนที่จากหน่วยงานต่างๆ

การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง

การศึกษากการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ได้ใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS และ ERDAS ในการจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 โดยแปลผลเพิ่มเติมจากการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นโดยวิธีการซ้อนทับ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการชะล้างพังทลายในลุ่มน้ำปากพนัง

ในการศึกษาปริมาณตะกอนสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำการศึกษาโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และแบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) เพื่อศึกษาพื้นที่ที่เสี่ยงและมีโอกาสเกิดการชะล้างพังทลาย และพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายตามลำดับ โดยใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS ในการประมวลผล

การคำนวณปริมาณตะกอนจากระบบคลองต่างๆ หรือจากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนลงสู่แม่น้ำปากพนัง สามารถพิจารณาได้จากวิธีการประเมินการกัดเซาะดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ และวิธีการคำนวณจากข้อมูลตะกอนที่ได้ทำการวัดตามสถานีวัดตะกอน จากนั้นจะนำผลการศึกษามาพิจารณาเปรียบเทียบปรับปรุง และหาข้อสรุปเกี่ยวกับปริมาณตะกอนดินที่สูญออกไปจากลุ่มน้ำปากพนัง

สำหรับวิธีแรกใช้หลักการพิจารณาการกัดเซาะดินในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น การคำนวณปริมาณตะกอนที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ใช้วิธี USLE (Universal Soil Loss Equation) และ USPED (Unit Stream Power-based Erosion Deposition)

การประเมินความเสี่ยงของทรัพยากรที่ดิน สามารถดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความแม่นยำของผลการประเมิน การประมาณการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินระยะยาวที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยได้มีการพัฒนาวิธีการพร้อมนำมาประยุกต์ใช้และปรับปรุง เพื่อให้เหมาะสมกับ

สภาพพื้นที่และปริมาณข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี (Wischmeier and Smith, 1978; Sonneveld and Nearing, 2002; Tran et al., 2002) สมการการสูญเสียดินสากล ได้ใช้กันอย่างกว้างขวางมากในประมาณการชะล้างพังทลายของดินรายปีได้ดี อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สมการดังกล่าวในการกำหนดมาตรการหรือตำแหน่งที่จะต้องทำการป้องกันการพัดพาหรือการเคลื่อนย้ายตะกอน จำเป็นต้องคำนวณปริมาณการสูญเสียดินเป็นครั้งๆ ที่ฝนตก ค่าที่ได้จากการใช้สมการการสูญเสียดินสากล มักผิดไปจากที่วัดได้จริงอยู่มาก

แบบจำลอง USPED เป็นแบบจำลองอย่างง่ายที่พัฒนาจากกรอบทฤษฎีของ Moore and Burch (1986) และ Julien and Simons (1985) เพื่อใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายซึ่งเกิดจากการไหลบ่าของน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อน ดิน และสิ่งปกคลุมดิน โดยน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ใดๆ จะพัดพาเอาตะกอนที่ถูกชะล้างออกจากจุดนั้นๆ ออกไปด้วย ตามเส้นทางและทิศทางการไหลของน้ำ (Mitasova et al 1996, Mitas and Mitasova 1998) ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาตามเส้นทางและทิศทางการไหลจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในสองลักษณะ กล่าวคือเป็นแหล่งรองรับตะกอนหรือถูกชะล้างตะกอน โดยปริมาณตะกอนสุทธิที่ทับถมหรือถูกชะล้าง ณ ตำแหน่งใดๆ จะสัมพันธ์กับระดับความลึกของน้ำและสภาพภูมิประเทศ

จากการศึกษาศักยภาพการชะล้างพังทลายในลุ่มน้ำปากพนัง โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล พบว่า การชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 153.704 ตารางกิโลเมตร รุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 40.70 ตารางกิโลเมตร รุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 278.20 ตารางกิโลเมตร ปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 320.14 ตารางกิโลเมตร และน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 3,201.22 ตารางกิโลเมตร และจากการศึกษาการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยใช้แบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) พบว่ามีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลาย 3,147.15 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่เกิดการทับถมของตะกอน 1,078.38 ตารางกิโลเมตร โดยมีปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำปากพนัง - 9,391,809.90 ตันต่อปี คิดเป็น 3.76 ตันต่อไร่ต่อปี

สภาพพื้นที่ในลุ่มน้ำปากพนังส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบแบน มีความลาดชันน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอลำชะอวดและอำเภอหัวไทร เป็นเสมือนพื้นที่รับน้ำ โดยมีทางน้ำสาขาหลายสายที่ไหลลงสู่คลองชะอวดและแม่น้ำปากพนัง ซึ่งเป็นแหล่งที่รับตะกอน จากการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตะกอนแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินได้แก่ และปริมาณการไหลของน้ำพร้อมพื้นที่หน้าตัดลำคลองในเส้นทางน้ำชะอวด - ปากพนัง เพื่อนำไปประเมินปริมาณตะกอนที่ไหลตามลำน้ำ พบว่า ดินที่ถูกชะล้างจากพื้นดินนอกจากจะถูกดักไว้ระหว่างทาง จะมีบางส่วนไหลลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณตะกอนในแม่น้ำชะอวด-ปากพนัง มีค่าเฉลี่ยทั้งปี 21.558 มก./ล. โดยมีค่าตั้งแต่ 9.625 - 35.835 มก./ล. ปริมาณตะกอนในมวลน้ำในช่วงเดือนธันวาคมและเดือนสิงหาคม มีรูปแบบการแพร่กระจายของตะกอนในมวลน้ำคล้ายคลึงกัน คือ มีปริมาณตะกอนในมวลน้ำมากบริเวณต้นน้ำ และมีปริมาณลดลงบริเวณปลายน้ำ ส่วนในช่วงเดือนเมษายนมีปริมาณตะกอนในมวลน้ำไม่แตกต่างกันมากในแต่ละสถานี แต่ยังคงรูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณตะกอนในมวลน้ำคล้ายกัน คือ มีปริมาณตะกอนในมวลน้ำมากบริเวณต้นน้ำ และมีปริมาณลดลงบริเวณปลายน้ำ ทั้งอาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียปริมาณตะกอนออกจากมวลน้ำ เช่น การตกตะกอน การย่อยสลาย เป็นต้น

จากการศึกษาความกว้างและพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำชะอวด-ปากพนัง พบว่า ความลึกของแม่น้ำมีค่าตั้งแต่ 3.940 - 20.470 ม. โดยบริเวณที่ลึกมากที่สุดจะอยู่บริเวณอำเภอเชียรใหญ่และบริเวณปลายน้ำเหนือประตู

อุทกวิทยาประสิทธิ ส่วนความกว้างของแม่น้ำมีค่าตั้งแต่ 17.44 - 337.91 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดตามขวางแม่น้ำ ตั้งแต่ 84.65 - 2,486.74 ตารางเมตร บริเวณที่มีความกว้างและพื้นที่หน้าตัดขวางของแม่น้ำน้อยจะอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนบริเวณที่มีความกว้างและพื้นที่หน้าตัดขวางของแม่น้ำมากจะอยู่บริเวณปลายน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ การไหลของน้ำจากหน้าตัดหนึ่งสู่อีกหน้าตัดหนึ่งมีเพิ่มและลดสลับกันไป ซึ่งส่งผลต่อการตกตะกอนที่เกิดขึ้นในแม่น้ำ ในบริเวณที่มีปริมาตรการไหลของน้ำลดลงจะมีการตกตะกอนเกิดขึ้นมาก ส่วนบริเวณที่มีปริมาตรการไหลเพิ่มขึ้นจะมีการตกตะกอนน้อย

จากการสำรวจตะกอนดินได้น้ำ พบว่า บริเวณปลายน้ำเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิ จะมี ตะกอนดินได้น้ำค่อนข้างหนา (มากกว่า 2 ม. ในบางบริเวณ) และมีลักษณะเป็นโคลนละเอียด มีความเหนียวมาก ส่วนบริเวณต้นน้ำตั้งแต่อำเภอชะอวดลงมาถึงอำเภอเชียรใหญ่จะมีตะกอนได้น้ำไม่หนามาก (น้อยกว่า 1 เมตร) ลักษณะตะกอนจะมีลักษณะหยาบ มีก้อนกรวดและทรายปนอยู่ ส่วนปริมาณตะกอนดินได้น้ำบริเวณอ่าวปากพนัง จะมีตะกอนดินได้น้ำลึกมากกว่า 1.5 เมตร ลักษณะตะกอนเป็นโคลนละเอียด มีความเหนียวมาก และจากการ วิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินพบว่าตะกอนดินได้น้ำเหนือประตูอุทกวิทยาประสิทธิมีปริมาณ สารอินทรีย์ในตะกอนดินมากกว่าตะกอนดินได้น้ำในอ่าวปากพนัง โดยปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำเหนือ ประตูอุทกวิทยาประสิทธิมีค่าตั้งแต่ 1.70 - 6.26 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 4.12 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ใน ตะกอนดินได้น้ำบริเวณอ่าวปากพนังมีค่าตั้งแต่ 0.76 - 1.54 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 1.26 เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำปากพนัง

ปริมาณการสูญเสียดิน 9,391,809.90 ตันต่อปีจากลุ่มน้ำปากพนังจะไหลออกสู่ทะเลและอ่าวปาก พนัง หากเส้นทางน้ำซึ่งเป็นเส้นทางลำเลียงตะกอนจำนวนนี้ออกสู่ภายนอกลุ่มน้ำถูกปิดกั้นก็จะทำให้ปริมาณตะกอน ดังกล่าวตะกอนในแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเพิ่มมากขึ้น เฉพาะประตูอุทกวิทยาประสิทธิสามารถระบายน้ำได้ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การปิด-เปิดประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเพื่อการระบายน้ำออกจากพื้นที่ลุ่ม น้ำปากพนังเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการจัดสร้างประตูระบายน้ำ ที่ผ่านมาจะมีการเปิดประตูระบายน้ำตามปกติ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีปริมาณตะกอนในมวลน้ำในสถานีเก็บบริเวณประตูระบายน้ำอุทก วิทยาประสิทธิเฉลี่ย 27.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิจะสามารถระบายตะกอน ในมวลน้ำได้ 41,122.50 กิโลกรัมต่อวินาที ปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะล้างพังทลายลงมาจะไหลออกสู่ทั้งอ่าวปาก พนังและชายฝั่งในช่วงหน้าฝนซึ่งมีปริมาณการชะล้างมาก การเปิดประตูระบายน้ำในช่วงหน้าฝนจึงเป็นการช่วย ระบายตะกอนส่วนหนึ่งออกนอกลุ่มน้ำปากพนัง หากปริมาณน้ำส่วนใหญ่ที่ระบายออกไปสู่อ่าวปากพนังจะทำให้เกิด การตื้นเขินของอ่าวปากพนังได้

ชื่อโครงการ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ห้วยน้ำปากพอง :

การศึกษาปริมาณตะกอนในห้วยน้ำปากพอง

ชื่อนักวิจัย : สุธีระ ทองขาว, และระวีวรรณ พุ่มทอง

สำนักวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

E-mail Address : tsuthira@wu.ac.th

บทคัดย่อ

การชะล้างพังทลายในห้วยน้ำปากพองเกิดจากปัจจัยทางกายภาพและกิจกรรมของมนุษย์ในห้วยน้ำปากพอง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายที่สำคัญคือ ฝน ซึ่งเป็นปัจจัยที่เริ่มต้นกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ดินที่ถูกชะล้างจะไหลไปตามลำน้ำสายย่อยรวบรวมสู่เส้นทางน้ำสายหลัก ไหลลงสู่อ่างปากพองและอ่างไทยในที่สุด โดยมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยเร่ง โดยเฉพาะปัจจัยอันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณตะกอนดินที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อถิ่นที่อยู่อาศัยและความอยู่รอดของสัตว์น้ำอันเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรในห้วยน้ำปากพอง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชากรในการนำน้ำในแม่น้ำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค

ในการศึกษาค้นคว้านี้ได้ดำเนินการศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในห้วยน้ำปากพอง โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม สำหรับการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และแบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) เพื่อศึกษาศักยภาพการชะล้างพังทลาย และพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายตามลำดับ โดยใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS และ ERDAS ในการประมวลผล และตรวจสอบโดยการวัดปริมาณตะกอน ความกว้างของทางน้ำ ความลึกของทางน้ำ พื้นที่หน้าตัดของทางน้ำ และปริมาตรน้ำไหลผ่านเส้นทางน้ำสาขาและเส้นทางน้ำสายหลัก

จากการประเมินการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) และแบบจำลอง USPED ในห้วยน้ำปากพอง พบว่า จากการประเมินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล พบว่า ศักยภาพการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 153.704 ตารางกิโลเมตร รุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 40.70 ตารางกิโลเมตร รุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 278.20 ตารางกิโลเมตร ปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 320.14 ตารางกิโลเมตร และน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี) มีพื้นที่ 3,201.22 ตารางกิโลเมตร และจากการศึกษาการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนในพื้นที่ห้วยน้ำปากพอง โดยใช้แบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) พบว่ามีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลาย 3,147.15 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่เกิดการทับถมของตะกอน 1,078.38 ตารางกิโลเมตร โดยมีปริมาณการสูญเสียดินในห้วยน้ำปากพอง 9,391,809.90 ตันต่อปี คิดเป็น 3.76 ตันต่อไร่ต่อปี

จากการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตะกอนแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินใต้ น้ำ และปริมาณการไหลของน้ำพร้อมพื้นที่หน้าตัดลำคลองในเส้นทางน้ำชะวอด - ปากพอง เพื่อนำไปประเมินปริมาณตะกอนที่ไหลตามลำน้ำ พบว่า ดินที่ถูกชะล้างจากพื้นดินนอกจากจะถูกดักไว้ระหว่างทาง ส่วนหนึ่งจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณตะกอนในแม่น้ำชะวอด-ปากพอง มีค่าเฉลี่ยทั้งปี 21.558 มก./ล. โดยมีค่าตั้งแต่ 9.625 - 35.835 มก./ล. โดยความกว้างตลอดแนวแม่น้ำชะวอด-ปากพอง มีค่าตั้งแต่ 17.44 - 337.91 ม. และมีพื้นที่หน้าตัดตามขวางแม่น้ำ

จากต้นน้ำถึงท้ายน้ำมีค่าตั้งแต่ 84.65 - 2,486.74 เมตร บริเวณที่มีความกว้างและพื้นที่หน้าตัดขวางของแม่น้ำน้อย จะอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนบริเวณที่มีความกว้างและพื้นที่หน้าตัดขวางของแม่น้ำมากจะอยู่บริเวณปลายน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาตรการไหลของน้ำจากหน้าตัดหนึ่งสู่อีกหน้าตัดหนึ่งมีเพิ่มและลดสลับกันไป ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากลุ่มน้ำปากพนังผ่านประตูระบายน้ำอุทกวิภาสประสิทธิสามารถระบายได้ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และมีการเปิดเพื่อระบายน้ำตามปกติระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม โดยปริมาณตะกอนในมวลน้ำในสถานีเก็บบริเวณประตูระบายน้ำอุทกวิภาสประสิทธิช่วงที่มีการระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 27.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นประตูระบายน้ำอุทกวิภาสประสิทธิสามารถระบายตะกอนในมวลน้ำได้ 41,122.50 กิโลกรัมต่อวินาที

จากการสำรวจตะกอนดินได้น้ำ พบว่า บริเวณปลายน้ำเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาสประสิทธิ จะมีร้อยละสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนดินได้น้ำในอ่าวปากพนัง โดยปริมาณร้อยละสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำเหนือประตูอุทกวิภาสประสิทธิมีค่าตั้งแต่ 1.70 - 6.26 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 4.12 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำบริเวณอ่าวปากพนังมีค่าตั้งแต่ 0.76 - 1.54 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 1.26 เปอร์เซ็นต์)

ในการจัดการเพื่อป้องกันและลดปริมาณตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำปากพนังสามารถทำได้โดยให้ความรู้และดูแลการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องกับสภาพทางกายภาพของพื้นที่และอาศัยการบริหารการปิด-เปิดประตูระบายน้ำโดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

Project Title : Geographic Information System of Pakphanang Basin :
The study of sediment quantity of Pakphanang Basin
Investigators : Suthira Thongkao and Raviwan Putthong
School of Engineering and Resources Management, Walailak University
E-mail Address : tsuthira@wu.ac.th

Abstract

Physical features and human activities are mainly causes of weathering and erosion of Pakphnang basin. Rain is one major factor of soil weathering and erosion. Soil from erosion will be transported from up streams down to main rivers and finally to Pakphanang bay. Human activities are accelerated factors particularly from land uses. Sediments from erosion will affect animal habitats, living condition and surviving of natural aquatic animals which are main food for Pakphanang communities and direct affect to quantity and quality of water consumption in the same time.

This study applies geographic information system to determine the quantity of sediment deposits in Pakphanang basin with mathematic model and field sample collection. Universal Soil Loss Equation (USLE) and Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) model are applied in this study to determine potentiality of erosion and consequently the location of sediment deposition from erosion. A set of ArcGIS program and ERDAS are used in processing, and measure sediment quantity, river width, river depth, cross section area of the river including volume of water flow in branch streams and main rivers.

From the evaluation of soil loss by using USLE and USPED model at Pakphanang basin indicated that the erosion evaluated from USLE equation shows the severe erosion (over 20 ton/rai/year) covered 153.704 km², very strong erosion (15-20 ton/rai/year) covered 40.70 km², strong erosion (5-15 ton/rai/year) covered 278.20 km², moderate erosion (2-5 ton/rai/year) covered 320.14 km², slightly erosion (0-2 ton/rai/year) covered 3,201.22 km². And, the study of soil erosion and deposition of sediments from USPED model evaluation indicated the weathering and erosion covered 3,147.15 km² and sediment deposition covered 1,078.38 km², The soil loss as high as 9,391,809.90 ton/year or averages 0.084 ton/rai/year.

From field survey, data are collected from rivers including the data of suspension sediment, sediment at bottom of river, water flow rate and cross section areas of Chaouad- Pakphanang cannels to evaluate the quantity of sediment that flow from upstream to downstream. Certain amount of soils will be trapped in between transporting while a part will be transported to natural reservoirs. The sediment in Chaouad – Pakphanang River has yearly quantity average 21.558 mg/l, with rating 9.625-35.835 mg/l. The width along Chaouad- Phakphanang River varies from 17.44-337.91 m. and cross section varies from 84.65-2,486.74 m², where the width and cross section of downstream is wider than the upper stream.

Approximately the volume of water $1,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ can flow through Utokvipathprasit irrigation; usually the dam will be opened during November to January of each year. The mass of sediment was collected at a station during the gate of Utokvipathprasit irrigation is opened, approximately 27.42 kg/m^3 . So, the ability of Utokvipathprasit to let sediment in the mass of water flows up to $41,122.50 \text{ kg/sec}$.

The percentage of organic matters in sediment found downstream backwards of Utokvipathprasit irrigation is higher than in the sediment bottom of Pakphanang Bay. The percentage of organic matters found in sediment at bottom of river varied from 1.70-6.26 % (average 4.2 %) while found in the sediment at the bottom of Pakphanag Bay varied from 0.76-1.54 % (average 1.26 %)

To prevent and decrease the sediment from soils weathering and erosion of Pakphanang Basin can be initiated by introducing correct education and look after purposes of the land use properly conform to physical features of areas, including close and open irrigation gates management with incorporation of every stakeholder.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ได้เห็นความสำคัญของงานวิจัยโครงการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั้งลุ่มน้ำปากพนัง : การศึกษาปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง และอนุมัติเงินทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ก้าน จันท์พรหมมา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ และผู้ประสานงานชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกทุกประการ และขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชาญชัย ธนาวุฒิ ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร.เผด็จศักดิ์ จารยะ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งคอยให้คำปรึกษาและแนะนำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอขอบคุณภรรยาและครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ได้เป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และงานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จมิได้หากปราศจากผู้ช่วยวิจัยและนักศึกษาที่ได้สละเวลาในการร่วมออกภาคสนาม วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ และบันทึกข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้

บทที่ 1 บทนำ

ลุ่มน้ำปากพนัง ครอบคลุมพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร อำเภอชะอวด อำเภอพระพรหม อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภोजุฬาภรณ์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และพื้นที่บางส่วนของอำเภอลานสกา และอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปากพนัง มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบแบน มีความลาดชันน้อย ภายในลุ่มน้ำปากพนังประกอบด้วยลำน้ำสายสำคัญหลายสายที่ไหลลงสู่อ่าวปากพนัง ได้แก่ แม่น้ำปากพนัง คลองชะอวด คลองหัวไทร คลองชะอวดแพรกเมือง คลองเสาชัง คลองชะเมา เป็นต้น โดยมีป่าต้นน้ำครอบคลุมพื้นที่ตามแนวสันปันน้ำของเขาลงในแนวเหนือใต้ด้านตะวันออก

ในอดีตลุ่มน้ำปากพนัง เคยเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ด้วยอาณาเขตของพื้นที่อันกว้างใหญ่ ประกอบกับภูมิอากาศที่เหมาะสม และลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นที่ยอมรับ ทำให้ผืนดินแห่งนี้มีศักยภาพเต็มในการทำเกษตรกรรม จนมีสถานะเป็นแหล่งอยู่อาศัยน้ำสำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้ แต่ปัจจุบันลุ่มน้ำปากพนังได้เสื่อมโทรมลงด้วยสาเหตุสำคัญหลายประการ เช่น การบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำของลุ่มน้ำนี้ ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูฝน ขาดแคลนน้ำจืดเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้พื้นที่ทำนาลดลง ประกอบกับมีน้ำเค็มไหลเข้ามาในแม่น้ำปากพนัง และลำน้ำสาขา ส่งผลให้มีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำกันมากขึ้น มีการถายนํ้าเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ สภาพดินเค็มแพร่กระจายทั่วไป พื้นที่การเกษตร โดยเฉพาะนาข้าวเสียหาย ไม่สามารถปลูกข้าวได้ จากสาเหตุข้างต้น ส่งผลให้ความสมดุลตามธรรมชาติของระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไป พื้นที่ป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดน้ำ รองรับน้ำฝน และเก็บกักน้ำตามธรรมชาติ เมื่อไม่มีป่าสำหรับดูดซับน้ำหรือชะลอฝนที่ตกในปริมาณมากให้ซึมลงไปในดินในช่องว่างของดินแล้วค่อยทยอยปล่อยลงมาเติมในแม่น้ำปากพนัง และลำน้ำสาขาย่อย เป็นสาเหตุที่ทำให้ลำน้ำธรรมชาติต่างๆ ในลุ่มน้ำปากพนังมีปริมาณน้ำลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดวิกฤต เกิดความรุนแรงในการเกิดอุทกภัยเพิ่มขึ้นในแม่น้ำปากพนัง ซึ่งส่งผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายมากขึ้นในลุ่มน้ำปากพนังด้วย ความเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏเด่นชัดในลุ่มน้ำปากพนัง คือ จากเดิมที่แม่น้ำปากพนัง และลำน้ำสาขามีสภาพเป็นน้ำจืด ประมาณปีละ 9 เดือน (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม) แต่จากสาเหตุต่างๆ ข้างต้นทำให้ปริมาณน้ำจืดลดลง และเกิดการรุกตัวของน้ำเค็ม จนทำให้ลุ่มน้ำปากพนัง มีสภาพเป็นน้ำจืด เพียงปีละ 3 เดือนเท่านั้น คือในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2544) ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำจืดในตอนบนเริ่มไหลหลากลงสู่ปากแม่น้ำ และด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงได้เกิดโครงการภายใต้ “โครงการการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ” โดยมีการจัดการระบบชลประทานเพื่อการกักเก็บน้ำจืด ซึ่งได้มีการจัดสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ เป็นหลักของโครงการในอันที่จะปิดกั้นน้ำเค็ม และเก็บกักน้ำจืด ณ บริเวณบ้านบางปี่ ตำบลหูล่อง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีช่องประตูระบายน้ำรวม 10 ช่อง ขนาดกว้างช่องละ 20 เมตร ติดตั้งบานประตูเพื่อปิด - เปิดบังคับน้ำ สามารถระบายน้ำได้ 1,430 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และเริ่มใช้งาน เดือนตุลาคม 2542 (Prabnarong and Kaewrat, 2006)

จากการศึกษาโดยทีมวิจัยจากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2540) พบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่รุนแรงมาก คิดเป็น 42 ตารางกิโลเมตร ระดับรุนแรง 446.98 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลาง 302.92 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อย 480.26 ตารางกิโลเมตร และระดับความรุนแรงน้อยมาก 8,672.77 ตารางกิโลเมตร อันเป็นสาเหตุให้ในปัจจุบันบริเวณอ่าวปากพนังซึ่งมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 27 ของพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการสะสมของตะกอนมากขึ้นเรื่อยๆ จนทำ

ให้ร่องน้ำตื้นเขิน เป็นเหตุให้เรือประมงขนาดใหญ่ ที่เคยเข้าเทียบท่าที่ท่าเรือปากพนังหันไปใช้บริการที่ท่าเทียบเรือ สงขลาแทน ทั้งนี้แหล่งที่มาของตะกอน คือ คลองบางจาก คลองปากนคร และแม่น้ำปากพนังซึ่งเป็นแหล่งของตะกอน ที่สำคัญที่สุด นอกจากนี้ ทิมากร และคณะ (2520) จากสถาบัน A.I.T ได้ทำการประมาณตะกอนที่ไหลลงสู่อ่าวปาก พนังปีละ 1.2 ล้านตัน โดยร้อยละ 70 ของตะกอน จะไหลลงสู่อ่าวปากพนังในฤดูฝนในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม โดยตะกอนมากกว่า 640,000 ตันในแต่ละปีตกทับถมบริเวณ 4 กิโลเมตรแรกจากปากแม่น้ำ ส่วนที่ เหลือจะตกทับถมบริเวณถัดมาจนถึงปากอ่าว

การทับถมของตะกอนในอ่าวปากพนัง มีสาเหตุมาจากการชะล้างพังทลายบนพื้นดินในลำน้ำสายย่อย รวบรวมสู่แม่น้ำหลัก และไหลลงสู่อ่าวปากพนัง โดยมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยเร่ง โดยเฉพาะปัจจัยอัน เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากอดีตที่ผ่านมา เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อเพาะเลี้ยงกุ้ง การ เปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตร เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อถิ่นที่อยู่อาศัยและความอยู่รอดของสัตว์น้ำอันเป็น แหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรในลุ่มน้ำปากพนัง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชากรในการนำน้ำใน แม่น้ำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาวิเคราะห์ การเกิดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากการ เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเพาะเลี้ยงกุ้ง ตลอดจนศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในแม่น้ำสายหลัก และสายย่อยทั้งในปัจจุบันและในอนาคต โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจากการสำรวจ ระยะไกล (remotely sensed data) และการสำรวจในภาคสนาม เพื่อสนับสนุนและหาแนวทางและมาตรการในการ บริหารจัดการผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปากพนัง

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดิน
2. เพื่อประเมินปริมาณตะกอนที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง
3. เพื่อศึกษาผลกระทบจากตะกอนต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในลุ่มน้ำปากพนัง
4. เพื่อเสนอแนะแนวทางแก้ไขเพื่อลดปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำและผลกระทบ
5. เพื่อเสนอแนะแนวทางในการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำอุทกวิชาฯประสิทธิ์

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1. พัฒนาฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่โดยรอบพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลดิน ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน ข้อมูลภูมิศาสตร์ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลเส้นทางคมนาคม และข้อมูลป่าไม้

2. ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนังและพื้นที่รอบข้างโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:25,000 โดยใช้โปรแกรม Arcinfo/ArcGIS และ ERDAS ซึ่งเป็นโปรแกรมเฉพาะทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล ควบคู่กับการสำรวจในภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

3. คำนวณปริมาณตะกอนจากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และพัฒนาโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนังที่จะเกิดขึ้น โดยศึกษาในแม่น้ำหลักและลำน้ำสาขาย่อย ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลมาตราส่วน 1:25,000

4. ศึกษาปริมาณตะกอนและกระแสน้ำในทางน้ำสายหลักและสาขาย่อยตามฤดูกาลในปีปัจจุบัน โดยการวัดกระแสน้ำด้วยเครื่อง ADCP เพื่อศึกษารูปแบบของกระแสน้ำในแม่น้ำสายหลักและสาขาย่อย ติดตั้งอุปกรณ์ดักเก็บตะกอนตามแม่น้ำสายหลักและแม่น้ำสาขาย่อยเพื่อหาอัตราการตกตะกอนและเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่าปริมาณตะกอนในมวลน้ำ

5. ศึกษาปริมาณตะกอนจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ โดยการร่วมมือกับเกษตรกรผู้เลี้ยงในพื้นที่เพื่อการศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงแต่ละรุ่น

บทที่ 2 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด คือ จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วยอำเภอต่างๆ ดังนี้

1) จังหวัดนครศรีธรรมราช 10 อำเภอ ได้แก่ อำเภอปากพนัง หัวไทร เขียวใหญ่ ชะอวด ร่อนพิบูลย์ เจริญพระเกียรติ จุฬาภรณ์ พระพรหม เมือง และลานสกา

2) จังหวัดพัทลุง 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกวนขนุน และป่าพะยอม

มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	อำเภอพรหมคีรีและอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดพัทลุงและจังหวัดสงขลา
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	อ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	อำเภอกงหราและอำเภอยะหา จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาได้ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 10 อำเภอ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และบางส่วนของ 2 อำเภอ ในเขตจังหวัดพัทลุง ดังนี้

ตารางที่ 2.1 รายชื่ออำเภอในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

อำเภอ	จำนวนตำบล	จำนวนหมู่บ้าน
เมืองนครศรีธรรมราช	13	111
เขียวใหญ่	10	97
ปากพนัง	17	137
ชะอวด	11	81
พระพรหม	4	35
เจริญพระเกียรติ	4	35
ร่อนพิบูลย์	6	54
ลานสกา	5	41
หัวไทร	11	98
จุฬาภรณ์	6	25
ป่าพะยอม	1	6
กวนขนุน	1	2

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำปากพอง มีลักษณะพื้นที่เป็นเทือกเขา เนินเขา พื้นที่ดอน และพื้นที่ราบ พื้นที่ที่เป็นที่ราบทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ความลาดชันของบริเวณดังกล่าวจะมีต่ำมาก โดยที่อำเภอปากพอง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพระพรหม และฝั่งตะวันออกของอำเภอชะอวด ไม่มาก พื้นที่ภูเขาทางด้านฝั่งตะวันตกของพื้นที่จะมีความแตกต่างของความลาดชันมาก ในอำเภอลานสกา อำเภออ่อนพิบูลย์ อำเภอจุฬาภรณ์และฝั่งตะวันตกของอำเภอชะอวด

ลักษณะโครงสร้างของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตและมีหินตะกอนที่เป็นหินทราย หินดินดาน และหินปูน เกิดเป็นแนวในบางตอนของพื้นที่ โดยมีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Undulating) ถึงพื้นที่ลอนชัน (Rolling) ถัดจากพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำทางทิศตะวันตก สภาพพื้นที่เปลี่ยนเป็นเป็นควนสลับกับพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและลอนชัน (Undulating terrain and rolling terrain) พื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบ ส่วนพื้นที่ตอนปลายของกลุ่มน้ำ เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล (Coastal plain)

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพองด้านทิศตะวันตกเป็นแนวทิวเขาสูงชันทอดตัวในแนวเหนือใต้ขนานกับชายฝั่ง ถัดจากพื้นที่นี้เข้ามาทางด้านทิศตะวันออกเป็นพื้นที่ควนสลับซับซ้อน และมีพื้นที่ราบสูงแปลงเล็กๆ สลับกันไป ถัดมาอีกเป็นพื้นที่ราบลาดเทลงสู่แม่น้ำปากพอง ส่วนพื้นที่ระหว่างแม่น้ำปากพองกับชายทะเลเป็นพื้นที่ราบลุ่มก่อนที่จะถึงสันทรายริมทะเล

2.4 ลักษณะภูมิอากาศ

กลุ่มน้ำปากพองมีปริมาณฝนโดยเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 2,330 มม. ซึ่งกว่าร้อยละ 70 จะตกในช่วงฤดูฝน อุณหภูมิมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดปี โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส มีฤดูกาลแบ่งออกเป็น 2 ฤดู คือ

1) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ที่พัดพาลมร้อนขึ้นจากแนวเส้นศูนย์สูตร จะมีฝนบ้างในบางช่วงแต่มีปริมาณฝนน้อย อากาศโดยทั่วไปร้อนขึ้น

2) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – มกราคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ ช่วงเดือนพฤษภาคม – กันยายน โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงนี้ปริมาณฝนค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีแนวเทือกเขาบรรทัดปะทะไว้ และช่วงเดือนตุลาคม – มกราคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงนี้ปริมาณฝนค่อนข้างมากและอากาศค่อนข้างเย็นลง แต่ไม่หนาวเหมือนภาคอื่นๆ ของประเทศไทย

2.5 อุทกวิทยา

ปริมาณน้ำท่าในกลุ่มน้ำปากพอง โดยเฉลี่ยตลอดปีมีประมาณ 2,790 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำท่ามากกว่าร้อยละ 70 จะเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน

2.6 สภาพธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำปากพองจะแปรผันไปตามลักษณะทางภูมิประเทศของพื้นที่ โดยที่ราบชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันออกและลูกคลื่นลอนลาดตอนกลาง จะเป็นตะกอนชายหาดและตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมชนิดของหินจะเป็น หินชั้น และหินแปร

สภาพธรณีวิทยาโดยทั่วไปของกลุ่มน้ำปากพ่องทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งเป็นบริเวณภูเขาสูงสลับซับซ้อนประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินควอร์ตไซต์ หินดินดาน หินปูน และหินชนวน นอกจากนี้ยังพบหินแกรนิตกระจายอยู่ทั่วไป ที่ลาดชันเชิงเขาทางด้านตะวันตกจะเป็นหินอัคนีจำพวก หินไบโอไทต์มีสโคไวต์แกรนิต หินแกรนิตเนื้อดอก หินฮอร์น หินเบลนด์ แกรนิตและพองหินเพกมาไทต์ เป็นหินชั้นและหินแปรในยุค ออร์โดวิเซียนและยุคไซลูเรียน – คาร์บอนิเฟอรัส ประกอบด้วยหินทรายหยาบและหินทรายละเอียด หินทรายหยาบจะเป็นหินปูนสีเทาชั้นบางถึงหนามากมีเนื้อดินเป็นชั้นบางๆ แทรกและหินดินดานสีน้ำตาลมีซากแบคทีเรียฟอสซิล ส่วนหินทรายละเอียดจะเป็น หินดินดาน หินทราย หินควอร์ตไซต์ หินโคลนและหินชนวนเป็นชั้นชัดเจนและมีรอยโค้งงอเป็นจำนวนมากมีซากแกรไฟโตไลต์ หินชั้นและหินแปรอีกกลุ่ม มีการวางตัวตามแนวรอยต่อระหว่างลูกคลื่นลอนลาดตอนกลางกับพื้นที่ตอนบนที่เป็นภูเขาจะเป็น หินตะกอนน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง ดิน หินตะกอนตะกั่วและตะกอนเชิงเขา

สำหรับพื้นที่กลุ่มน้ำปากพ่องตอนล่างทั้งหมดเป็นชั้นตะกอนที่ค่อนข้างราบเรียบเกิดจากฝั่งทะเลยกตัวเป็นแนวยาวตั้งแต่สงขลาจนถึงแหลมตะลุมพุก ฝั่งทะเลบริเวณนี้เป็นที่ราบหาดทรายยาวๆ ถัดเข้าไปเป็นสันทรายขนาดไปกับชายทะเล ซึ่งเกิดในลักษณะเป็นสันทรายและแอ่งสลับกัน บริเวณที่เป็นแอ่งจะเป็นชั้นตะกอนดินเหนียว ซึ่งจะเป็นดินเหนียวอ่อนตั้งแต่ระดับผิวดินลงไปจนถึงความลึกประมาณ 16 - 18 ม. ต่อจากชั้นนี้ลงไปจะเป็นดินเหนียวแข็ง

2.7 ดินและการใช้ที่ดิน

ดินในพื้นที่กลุ่มน้ำปากพ่องจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ โดยทางด้านตอนล่างของพื้นที่ หินทรายที่มีเนื้อที่มากที่สุดคือหินทรายบางกอก หินทรายสมุทรปราการ หินทรายตะกอนปากแม่น้ำ หินทรายบาเจาะ และหินทรายท่าชะตามลำดับ ลักษณะจะเป็นดินไร่พบตามสันดินริมน้ำเก่า มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทรายแป้ง สีดินเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง บางแห่งในดินล่างลึกๆ มีจุดประสีเทาและสีน้ำตาล อาจมีแร่ไมกาหรือก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบบนสันดินริมน้ำเก่าและเนินตะกอนรูปพัด มีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดีถึงปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ดินชั้นบนมักมีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-6.5 ส่วนดินล่างมักมีความเป็นกรดน้อยกว่า ถ้ามีก้อนปูนปะปน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะวัดได้ประมาณ 7.5-8.0 ดินในกลุ่มนี้จะมีเนื้อที่ประมาณ 733,104.35 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.27 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ อำเภอปากพ่อง อำเภอหัวไทรและบางส่วนของ อำเภอเมือง อำเภอเชียรใหญ่และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ

ตอนกลางของพื้นที่ ในตอนกลางซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด หินทรายที่พบมีความหลากหลายสูง ที่มีปริมาณเนื้อที่มากที่สุดคือ หินทรายบางนา หินทรายระแงง หินทรายรือเสาะ หน่วยรวมของดินชุดระแงงและดินชุดเชียรใหญ่ หน่วยรวมของดินชุดมูโนะและดินชุดธัญบุรี และหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดคลองเต้ง/ดินชุดนาท่อม จะเป็น ดินนาเปรี้ยวมาก ลักษณะของดิน มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว ดินบนมีสีดำหรือสีเทาแก่ ดินล่างมีสีเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง สีแดง และพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารจาโรไซต์ภายในระดับความลึก 100 ซม. จากผิวดิน พบบริเวณที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากเป็นกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 4.5 มีเนื้อที่ประมาณ 223,379.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.05 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตอนบนทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ ภูมิประเทศจะเป็นลักษณะที่ลาดชันเชิงซ้อน ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาและเทือกเขา ซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ หินทรายที่พบในบริเวณที่ราบในหุบเขา เป็นหินดินโคลนกรวด หินทราย หินทรายหยาบ หินทรายละเอียด และหน่วยรวมของดินชุดคลองนกระทุงและดินชุดทุ่งหว้า มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของ

เนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน ก้อนหินหรือหินพื้นโผล่กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่างๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังหรือป่าดงดิบชื้น

สภาพทั่วไปของดินและการใช้ที่ดินในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยดินแทบทุกชนิดในพื้นที่ตอนจะเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง ดินลึกถึงลึกมาก มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ มีปฏิกิริยาเป็นกรด และในสภาพภูมิประเทศที่ต่อเนื่องกันลงสู่ที่ต่ำ จะเป็นดินที่ลุ่มที่อยู่ในลักษณะของตะกอนน้ำซึ่งอยู่สูงกว่าระดับที่ลุ่มโดยทั่วไปเล็กน้อย และมีสมบัติต่างๆ นอกจากการอุ้มน้ำและการซึมน้ำคล้ายคลึงกันกับดินที่ตอน แต่เหมาะกับสภาพการใช้ทางการเกษตรแบบที่ลุ่มมากกว่า ส่วนในบริเวณที่ลุ่มเป็นดินที่เกิดขึ้นใหม่ในบริเวณที่ราบที่น้ำทะเลเคยขึ้นถึง ซึ่งไม่มีคุณสมบัติโดยทั่วไปแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่จะเป็นดินที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาการเกษตรที่ลุ่ม และต่อเนื่องลงไปจากบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่ลุ่มต่ำซึ่งดินมีพัฒนาการน้อยมาก และยังมีอิทธิพลของตะกอนน้ำกร่อยและตะกอนภาคพื้นสมุทรอยู่มาก ดินอยู่ในสภาพน้ำขังเป็นช่วงเวลานานต่อไป และได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงค่อนข้างสม่ำเสมอ และบางบริเวณเป็นดินอินทรีย์ ดินที่มีศักยภาพเป็นกรดจัด ซึ่งทั้งสภาพภูมิประเทศและสมบัติของดินเองจะไม่เอื้ออำนวยในการพัฒนาและไม่เหมาะสมต่อการใช้ทางการเกษตรในสภาพของเทคโนโลยีปัจจุบัน

บริเวณที่เป็นเขามีสภาพเป็นป่า ถัดมาเป็นเชิงเขาซึ่งมีการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ยางพารา มะพร้าว ปาล์ม และไม้ผล สำหรับพื้นที่ราบเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการทำนาเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีการทำสวนผลไม้ และไร่นาสวนผสมอยู่บ้าง พื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มต่ำมีน้ำท่วมขัง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ตามแนวริมฝั่งแม่น้ำปากพนัง และในพรุจะมีป่าเสม็ด ป่าชายเลน หญ้า และกก ในอดีตที่ผ่านมาพื้นที่ที่เป็นนาข้าวในลุ่มน้ำปากพนังมากกว่า 500,000 ไร่

2.8 เส้นทางน้ำและสภาพฝน

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีแม่น้ำสายหลักๆ ที่ไหลลงสู่แม่น้ำปากพนังประกอบด้วยแม่น้ำหลักๆ 2 สาย คือแม่น้ำปากพนังและคลองปากนคร โดยที่แม่น้ำปากพนังตอนต้นน้ำเรียกคลองชะอวด มีกำเนิดมาจาก พื้นที่ป่าในเขตอุทยานแห่งชาติเขาน้ำ-เขาย่า และอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำใส เขตอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช คลองชะอวดหรือแม่น้ำปากพนังมีลำคลองสาขา คือ คลองฆ้อง คลองบางไทร คลองหัวไทร คลองเชียร คลองสุขุม คลองเสารังหรือคลองชะเมา ลำคลองหลักอีกสายของลุ่มน้ำปากพนังคือคลองปากนครมีต้นกำเนิดมาจากอำเภอลานสกา มีชื่อเรียกเปลี่ยนไปตามพื้นที่ที่ไหลผ่าน คือจากต้นกำเนิดเรียกคลองท่าดี ผ่านอำเภอเมืองแยกเป็น 2 สาย เรียกคลองป่าเหล้าและคลองคูพาย ก่อนไหลออกสู่ทะเลที่ตำบลปากนคร

ฝนที่ตกในลุ่มน้ำปากพนังส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะมีฝนตกชุกในเดือนกันยายนและตุลาคม

2.9 ปริมาณตะกอน

ในการศึกษาที่ผ่านมา การคำนวณปริมาณตะกอนจากระบบคลองต่างๆ หรือจากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนลงสู่แม่น้ำปากพนัง ได้พิจารณาจากวิธีการประเมินการกัดเซาะดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ และวิธีการคำนวณจากข้อมูลตะกอนจากสถานีวัดตะกอน วิธีแรกใช้หลักการพิจารณาการกัดเซาะดินในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น การคำนวณปริมาณตะกอนที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ใช้วิธี USLE (Universal Soil Loss Equation) และ SDR (Soil Delivery Ratio) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนด้วยวิธีที่สองด้วยวิธี Regional Analysis of Record (RAOR) จะใช้ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยจากสถานีวัดตะกอนต่างๆ เป็นพื้นฐาน

จากการวิเคราะห์โดยวิธี RAOR พบว่านครศรีธรรมราชมีปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่จำนวน 0.13 – 0.36 ตัน/ไร่/ปี โดยปริมาณตะกอนรายเดือนเฉลี่ยส่วนใหญ่จะมากในเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม และมากที่สุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม

บทที่ 3 ตรวจสอบเอกสาร

การชะล้างพังทลายของดิน เป็นกระบวนการที่เกิดจากมีตัวปัจจัยเหตุเป็นน้ำฝน แรงแลม และแรงโน้มถ่วงของโลก กระทำให้ดินเกิดการแตกแยกและเคลื่อนย้ายจากที่เดิมไปทับถมที่อื่น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ปัจจัยด้านลมฟ้าอากาศ โดยเฉพาะฝน ปัจจัยทางภูมิประเทศ ปัจจัยการปกคลุมพื้นที่ของพืชพรรณ ปัจจัยเกี่ยวกับตัวของดิน และปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวมนุษย์ผู้ใช้ที่ดิน

การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจากการใช้ที่ดินเพื่อกิจการต่างๆ ในป็นหนึ่งๆ นั้น ได้ก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เช่น การสูญเสียหน้าดินที่เป็นธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุ ตลอดจนโครงสร้างของดินส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมลง เนื่องจากสูญเสียธาตุอาหาร การสะสมของตะกอนในแหล่งน้ำทำให้น้ำตื้นเขิน และเกิดภาวะมลพิษในแม่น้ำลำธาร สารเคมีที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก ยาฆ่าแมลง ตลอดจนปุ๋ยและธาตุอาหาร จะลงสู่ลำน้ำได้มากขึ้น เพราะสารเหล่านี้ติดมากับตะกอนได้มากกว่าละลายมากับน้ำ

การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน สามารถดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของข้อมูล การชะล้างพังทลายของดินซึ่งมีความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินของดินที่เกิดขึ้น โดยความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินสามารถประเมินได้จากวิธีการตรวจวัดจริงในสนามโดยการปักหมุดเพื่อดูและเปรียบเทียบการสูญหายของหน้าดินในระยะเวลาต่างๆ สามารถคำนวณปริมาณการสูญเสียของดินต่อพื้นที่ได้ ในขณะที่เดียวกันก็สามารถคำนวณปริมาณการสูญเสียดิน จากสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE) และสมการสูญเสียดินสากลปรับปรุง (Revised Soil Loss Equation : RUSLE) (Renard et al., 1997a, 1997b) สมการนี้มีปัจจัยต่างๆ ที่ใช้คิดคำนวณค่าการสูญเสียดิน ปัจจัยเหล่านี้มีค่าเป็นตัวเลข ซึ่งคำนวณจากแปลงทดลองโดยหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลก แต่สมการทั้งสองไม่สามารถประเมินการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างหรือแสดงเส้นทางการเคลื่อนย้ายตะกอนได้ จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) โดยเป็นแบบจำลอง 2 มิติ แตกต่างจากแบบจำลอง USLE และ RUSLE ซึ่งเป็นแบบจำลองมิติเดียว แบบจำลอง USPED ใช้ทำนายการชะล้างพังทลายและทับถมภายใต้สภาวะคงที่ของการไหลของน้ำหลากผิวดิน (Mitasova et al., 1996; Mitas and Mitasova, 1998; Mitasova et al. online at <http://skagit.meas.ncsu.edu/~helena/gmslab>) โดยมีการทดสอบในหลายพื้นที่โดยนักวิจัย (Blanco and Nadaoka, 2006; Warren et al., 2005; Pistocchi et al., 2002; Alimohammadi et al., 2006; Zaluski et al., 2003) ซึ่งปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลเชิงพื้นที่ ในการประมวลผลแบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลาย ทำให้ทราบรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมของตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1 สมการการสูญเสียดินสากล

การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน สามารถดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความแม่นยำของผลการประเมิน การประมาณการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินระยะยาวที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยได้มีการพัฒนาวิธีการพร้อมนำมาประยุกต์ใช้และปรับปรุง เพื่อให้เหมาะสมกับ

สภาพพื้นที่และปริมาณข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี (Wischmeier and Smith, 1978; Sonneveld and Nearing, 2002; Tran et al., 2002)

สมการการสูญเสียดินสากลได้พัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 โดยกรมการเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Agriculture : USDA) และในปี ค.ศ. 1978 Wischmeier และ Smith ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่ โดยมีรูปแบบของสมการ ดังนี้

$$A = R * K * LS * C * P$$

โดย A เป็นค่าการสูญเสียดินต่อหน่วยของพื้นที่ (ตัน/เฮกตาร์/ปี) ซึ่งได้จากการคำนวณโดยการคูณค่าปัจจัยต่างๆ 6 ปัจจัย ค่านี้เป็นการประเมินค่าเฉลี่ยรายปีของการชะล้างพังทลายของช่องว่างระหว่างร่องริว (Inter rill) กับ ร่องริว (rill) จากพายุฝน สำหรับพื้นที่ดอน ค่านี้โดยทั่วไปไม่รวมการชะล้างพังทลายจากร่องลึก (gullies) ริมฝั่งน้ำ การละลายของหิมะ หรือ การพังทลายจากลม แต่ค่า A นี้จะรวมตะกอนดินที่ถูกพัดพามาก่อนที่จะถึงตอนล่างของลำน้ำ หรือในอ่างที่เก็บกักน้ำ

R เป็นผลของความรุนแรงของฝน เป็นค่าที่รวมทั้งปัจจัยของน้ำฝนและการไหลบ่า (rainfall and runoff erosivity factor) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะแห่ง ตามปกติค่า R นี้จะเป็นค่าแสดงความหมายถึงค่าเฉลี่ยรายปีต่อหน่วยดัชนีการชะล้างพังทลาย (erosion index units) ในประเทศไทยได้มีการประมาณจากสมการสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลของความรุนแรงของฝนที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2543)

K เป็นค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) เป็นค่าเฉพาะแต่ละชั้นดิน (soil horizon) ค่า K เป็นค่าที่แสดงถึงความหมายถึงการสูญเสียดินต่อหน่วยของพื้นที่ต่อหน่วยแปลงทดลองของ R (หน่วยแปลงทดลอง คือ แปลงทดลองมีขนาดความยาว 72.6 ฟุต ซึ่งมีความลาดเทสม่ำเสมอ 9% ปลอยดินให้วางเปล่าตลอดเวลา และมีการไถพรวนดินเท่าที่จำเป็น) ในประเทศไทยได้มีการกำหนดค่า K จากข้อมูลชุดดินประกอบกับการตรวจเอกสารการชะล้างพังทลายในประเทศไทยโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2543)

L เป็นค่าของปัจจัยความยาวของความลาดเท (slope length factor) เป็นค่าที่ไม่มีขนาดหรือหน่วย (เป็นค่าที่ไม่ได้ใช้ความยาวของความลาดเทที่แท้จริง) L เป็นค่าที่แสดงถึงความหมายถึงอัตราส่วนของการสูญเสียดิน เนื่องจากความยาวของความลาดเทที่แท้จริง กับความยาว 72.6 ฟุต ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะเงื่อนไขอันเดียวกัน

S ปัจจัยความชันของความลาดเท (slope steepness factor) เป็นค่าที่ไม่มีขนาดหรือหน่วย (เป็นค่าที่ไม่ได้ใช้ความชันของความลาดเทที่แท้จริง) เป็นค่าที่แสดงถึงความหมายถึงอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดชันที่แท้จริงกับความชัน 9% ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะเงื่อนไขเดียวกัน

C เป็นปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor) เป็นค่าที่ไม่มีขนาดหรือหน่วย ค่า C เป็นค่าที่แสดงถึงความหมายถึงอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีการปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่ กับพื้นที่ที่ถูกไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน ซึ่งใช้ในการหาความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน .ในประเทศไทยได้จากการกำหนดจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทยโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2543)

P เป็นค่าปัจจัยการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลาย (conservation practice) เป็นค่าที่ไม่มีขนาดหรือหน่วย ค่า P เป็นค่าที่แสดงถึงความหมายถึง อัตราส่วนระหว่างการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีการอนุรักษ์แบบ

ต่างๆ เช่น ทำแนวคันดิน (contouring) การปลูกพืชเป็นแถบ (strip cropping) หรือการทำขั้นบันได (terracing) กับ การเพาะปลูกขึ้นลงตามความลาดเท หากมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงยังไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่

ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นถูกนำมาใช้ในการประมาณค่า โดยคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนที่ออกจาก พื้นที่ลุ่มน้ำ สมการการสูญเสียดินสากล ได้ใช้กันอย่างกว้างขวางมากในประมาณการชะล้างพังทลายของดินรายปีได้ ดี อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สมการดังกล่าวในการกำหนดมาตรการหรือตำแหน่งที่จะต้องทำการป้องกันการพัดพาหรือ การเคลื่อนย้ายตะกอน จำเป็นต้องคำนวณปริมาณการสูญเสียดินเป็นครั้งๆ ที่ฝนตก ค่าที่ได้จากการใช้สมการการ สูญเสียดินสากล มักผิดไปจากที่วัดได้จริงอยู่มาก (นิพนธ์ 2527)

จากการศึกษาโดยทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2540) โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล พบว่า อัตราการชะล้างพังทลายของดินในภาคใต้อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 191 ตันต่อไร่ต่อปี มีดินประมาณ 125,720,000 ตันได้สูญเสียไปจากพื้นที่ทุกปี คิดเป็นปริมาณการสูญเสียดิน 2.86 ตันต่อไร่ต่อปี โดยพื้นที่ที่มีโอกาส สูญเสียดินในระดับ รุนแรงจะพบอยู่ในบริเวณพื้นที่สูงทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ และพบว่าในจังหวัด นครศรีธรรมราชมีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่รุนแรงมาก คิดเป็น 42 ตารางกิโลเมตร ระดับรุนแรง 446.98 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลาง 302.92 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อย 480.26 ตาราง กิโลเมตร และระดับความรุนแรงน้อยมาก 8,672.77 ตารางกิโลเมตร อันเป็นสาเหตุให้ในปัจจุบันบริเวณอ่าวปากพนัง ซึ่งมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 27 ของพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการสะสมของตะกอนมากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ร่องน้ำ ตื้นเขิน ทั้งนี้แหล่งที่มาของตะกอน คือ คลองบางจาก คลองปากนคร และแม่น้ำปากพนังซึ่งเป็นแหล่งของตะกอนที่ สำคัญที่สุด

ผลจากการศึกษาการเกิดกษัยการของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำนาทวี ได้พบปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดกษัยการ ของดินโดยใช้สมการสูญเสียดินสากล คือการบุกรุกพื้นที่ป่าในช่วงปี พ.ศ. 2533 ถึงปี พ.ศ. 2542 เพื่อปลูกยางพารา โดยส่งผลให้อัตราการเกิดกษัยการของดินเพิ่มขึ้น จำนวน 115,294 – 161,529 ตัน/ปี ส่วนปัจจัยหลักที่เป็นตัว ควบคุมและก่อให้เกิดการกษัยการของดินเพิ่มสูงมากขึ้นที่สุด คือ ประเภทการใช้ที่ดิน เนื่องจากพบว่าเมื่อกำหนดให้ ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นป่าไม้จะส่งผลต่ออัตราการเกิดกษัยการของดินในระดับที่สามารถยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 1.702 ตัน/ไร่/ปี¹ และจากการศึกษาปัจจัยด้านลักษณะอุทกวิทยาและการพัดพาตะกอนที่มีการใช้ประโยชน์ ที่ดินแตกต่างกัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำหลังสวน จังหวัดชุมพร พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่มีการ ปลูกยางพารา ปลูกไม้ผสม และปลูกกาแฟ มีการสูญเสียตะกอนเฉลี่ย 177.57 ก.ก./ไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดินทำ เหมืองแร่ (เหมืองสูบและเหมืองแร่) สูญเสียปริมาณตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 1,582.98 ก.ก./ไร่/ปี ซึ่งมากกว่าพื้นที่ลุ่ม น้ำที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ทำการเกษตรปลูกยางพารา ปลูกไม้ผสม และปลูกกาแฟประมาณ 9 เท่า เพราะว่า ขบวนการทำเหมืองแร่มีการทำลายโครงสร้างดินทำให้ดินง่ายต่อการถูกชะล้างและมีการล้างแร่จึงทำให้ ตะกอนถูกพัดพา ออกไปจากพื้นที่ลุ่มน้ำมาก²

3.2 แบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED)

แบบจำลอง USPED เป็นแบบจำลองอย่างง่ายที่พัฒนาจากกรอบทฤษฎีของ Moore and Burch (1986) และ Julien and Simons (1985) เพื่อใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะ

¹ http://www.envi.psu.ac.th/thesis/t_thesis172.pdf

² <http://www.idd.go.th/abs-scd-33-42/abst-scd-th/conserve/watershed07.html>

ล้างพังทลายซึ่งเกิดจากการไหลบ่าของน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อน ดิน และสิ่งปกคลุมดิน โดย น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ใดๆ จะพัดพาเอาตะกอนที่ถูกชะล้างออกจากจุดนั้นๆ ออกไปด้วย ตามเส้นทางและทิศทางการไหล ของน้ำ (Mitasova et al 1996, Mitas and Mitasova 1998) ดังแสดงในรูปของสมการที่ 1

$$|q_s(x,y)| = T(x,y) = K_t(x,y) |q(x,y)|^m \sin(b(x,y))^n \quad (1)$$

โดย q_s คืออัตราการไหลของตะกอน

T คือความสามารถในการพัดพาตะกอนโดยการไหลของน้ำ

K_t คือค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้ายซึ่งขึ้นกับดินและสิ่งปกคลุมดิน

q คืออัตราการไหลของน้ำ

b คือความชันของพื้นที่

m, n คือค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับลักษณะการไหลและคุณสมบัติของดิน สำหรับการไหล บ่าของน้ำผิวดินจะกำหนดให้ $m=1.6, n=1.3$ (Foster 1993)

ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาตามเส้นทางและทิศทางการไหลจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในสองลักษณะ กล่าวคือเป็นแหล่งรองรับตะกอนหรือถูกชะล้างตะกอน โดยปริมาณตะกอนสุทธิที่ทับถมหรือถูกชะล้าง ณ ตำแหน่ง ใดๆจะสัมพันธ์กับระดับความลึกของน้ำและสภาพภูมิประเทศ ดังสมการที่ 2

$$ED(x,y) = \text{div}(T(x,y)) = K_t[\text{grad}(h(x,y)) \cdot s(x,y) \cdot \sin(b(x,y)) - h(x,y) (k_p(x,y) + k_r(x,y))] \quad (2)$$

โดย ED คือปริมาณตะกอนสุทธิที่ทับถมหรือถูกชะล้าง

h คือความลึกของน้ำ

s คือระยะในแนวความลาดชัน

k_p, k_r คือความเคັงของพื้นที่

ค่าปัจจัยต่างๆ สามารถใช้จากสมการ USLE ในการประเมินปริมาณสุทธิที่ทับถมหรือถูกชะล้าง โดย ประเมินจากการไหลของตะกอนที่ความสามารถในการพัดพาตะกอนโดยการไหลของน้ำ ณ จุดใดในพื้นที่ ได้ดัง สมการที่ 3

$$T = R K C P A^m (\sin b)^n \quad (3)$$

โดย $R \sim i^m$

$KCP \sim Kt$

$LS = A^m (\sin b)^n$

m, n เป็นค่าสัมประสิทธิ์ยกกำลัง

ดังนั้นปริมาณการทับถม/ชะล้างตะกอนสุทธิ สามารถประเมินได้จากสมการที่ 4

$$ED = \text{div}(T \cdot s) = d(T \cdot \cos a)/dx + d(T \cdot \sin a)/dy \quad (4)$$

โดย a คือมุมของพื้นที่ (aspect)

dx, dy คือขนาดของพื้นที่

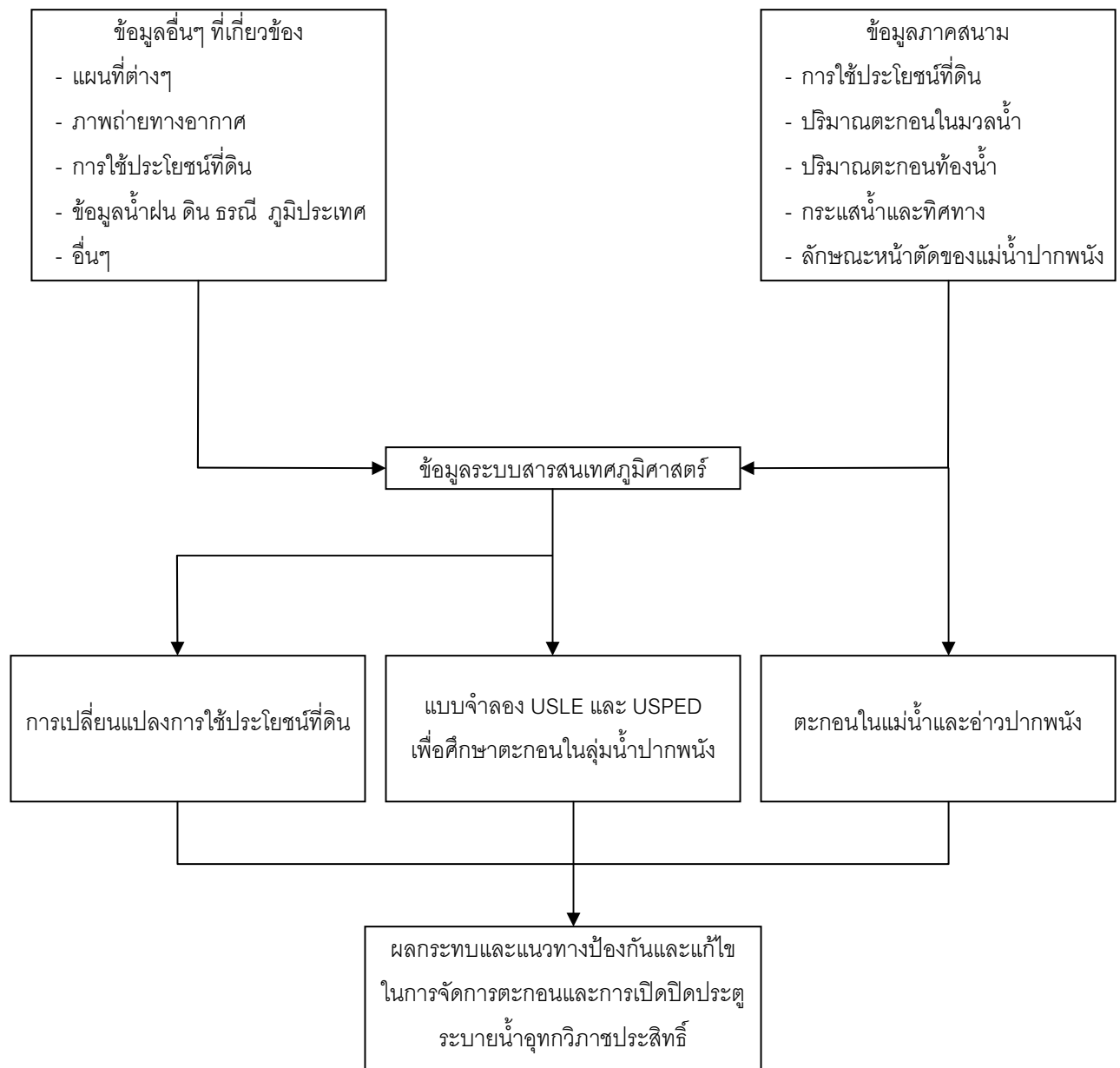
3.3 กระบวนการการชะล้างพังทลาย

ในการศึกษาการชะล้างพังทลายจากฝนซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายเริ่มต้นจากฝนที่ตกลงมากระทบดินในพื้นที่ต่างๆ ทำให้ดินแตกเป็นอนุภาคเล็ก และถูกพัดพาไหลบ่าไปตามลักษณะภูมิประเทศซึ่งมีความลาดชันแตกต่างกันสู่พื้นที่เบื้องล่าง โดยตะกอนจะถูกชะล้างและรวบรวมไปกับมวลน้ำสู่เส้นทางน้ำสาขาและเส้นทางน้ำสายหลักตามลำดับ ในระหว่างทางตะกอนบางส่วนอาจตกตะกอนทับถมในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยจากขนาดตะกอน สภาพภูมิประเทศ สิ่งปกคลุม และความเร็วของกระแส

บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์

4.1 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน

ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปากพนัง โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ซึ่งมีกรอบแนวคิดในการดำเนินงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการศึกษา แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน

4.2 ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การพัฒนาฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้ใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS และ ERDAS ในการจัดทำและพัฒนาฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ สร้างข้อมูลใหม่ ปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย ด้วยภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:25,000 พ.ศ. 2545 ข้อมูลอื่นๆ และแผนที่จากหน่วยงานต่างๆ

4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง

การศึกษากการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ได้ใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS และ ERDAS ในการจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 โดยแปลผลเพิ่มเติมจากการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นโดยวิธีการซ้อนทับ

4.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการชะล้างพังทลายในลุ่มน้ำปากพนัง

ในการศึกษาปริมาณตะกอนสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำการศึกษาโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) และแบบจำลอง Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) เพื่อศึกษาพื้นที่ที่เสี่ยงและมีโอกาสเกิดการชะล้างพังทลาย และพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายตามลำดับ โดยใช้ชุดโปรแกรม ArcGIS ในการประมวลผล

4.4.1 สมการการสูญเสียดินสากล

ศึกษาโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากลซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดย Wischmeier และ Smith (1965) เพื่อประเมินค่าการสูญเสียดินรายปี โดยสมการมีรูปแบบ ดังนี้

$$A = RKLSCP$$

- โดย
- A : ค่าเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียดินต่อปี ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$)
 - R : ตัวแปรน้ำฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย ($MJ\text{-}mm\ h^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$)
 - K : ตัวแปรความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ($t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$)
 - LS : ตัวแปรสภาพภูมิประเทศ (ความยาวและความชันของความลาดเท)
 - C : ตัวแปรการจัดการทางการเกษตร
 - P : ตัวแปรการป้องกันการชะล้างพังทลาย

ค่าตัวแปรในแบบจำลอง มีข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรในแบบจำลอง มีดังนี้

- แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอต่างๆ ในลุ่มน้ำปากพนัง ขนาดมาตราส่วน 1 : 50,000 จัดทำโดยกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย 2546
- แผนที่ดินครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง มาตราส่วน 1 : 50,000 จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน
- แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1 : 50,000 จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2545 และปรับแก้เพิ่มเติมโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1 : 25,000
- แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครศรีธรรมราช มาตราส่วน 1 : 250,000 จัดพิมพ์โดยกรมทรัพยากรธรณี
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ระยะเวลา 25 ปี โดยกรมอุตุนิยมวิทยา
- ข้อมูลความสูงของพื้นที่ (Digital Elevation Model) จังหวัดนครศรีธรรมราช มาตราส่วน 1 : 50,000 โดยกองอำนวยการโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และข้อมูลที่ทำกรปรับปรุงเพิ่มเติมด้วยวิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 ของกรมแผนที่ทหาร

ตัวแปรน้ำฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย (R) ใช้วิธีประมาณการจากข้อมูลน้ำฝนด้วยสมการถดถอยแบบเส้นตรงซึ่งพัฒนาโดย El-Swaify et al. (1987) ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยของ Harper (1988), Shrestha and Giri (1995), Navanugraha and Pattanakoat (2000) มีสมการสำหรับการประมาณค่าตัวแปรน้ำฝนในประเทศไทย (ชาญชัย และคณะ, 2540) ดังนี้

$$R = 38.5 + 0.35P$$

โดย R : ตัวแปรน้ำฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย

P : ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี (มิลลิเมตร)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระยะเวลา 25 ปี จากจุดวัดน้ำฝน 17 สถานี คือ อ.ทุ่งสง อ.หัวไทร อ.ปากพนัง อ.ท่าศาลา อ.สิชล อ.ร่อนพิบูลย์ อ.ทุ่งใหญ่ อ.ชะอวด อ.เชียรใหญ่ อ.ลานสกา อ.บางขัน สถานีทดลองยาง นครศรีธรรมราช สถานีตรวจอากาศนครศรีธรรมราช และสถานีอากาศเกษตรนครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช อ.เมืองและควนขนุน จ.พัทลุง อ.ระโนด จ.สงขลา ดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ 1

ตัวแปรความทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K) ขึ้นกับความสามารถของดินที่สามารถดูดซับน้ำหรือยอมให้น้ำไหลซึมสู่ดินล่างได้เร็วเพียงใด คุณสมบัติของดินที่ใช้ประเมิน ได้แก่ ลักษณะของเนื้อดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2543) ได้เสนอค่า K จากการประเมินด้วยแผนภาพ Nomograph ของ Wischmeier และคณะ (1971) โดยอาศัยข้อมูลสมบัติ 5 ประการของตัวแทนชุดดิน (Soil series) ที่มีการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ค่า K ตามชนิดของเนื้อดิน ดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ 2 นอกจากนี้ชาญชัยและคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาค่า K ของดินในจังหวัดนครศรีธรรมราชตามหน่วยที่ดิน

ตัวแปรสภาพภูมิประเทศ (LS) ใช้วิธีการคำนวณจากค่าความลาดยาว (L) และค่าความชัน (S) โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นชั้นความสูงมาตราส่วน 1:50,000 และข้อมูลความสูงของพื้นที่เพิ่มเติมจากการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน จากนั้นใช้โปรแกรม Erdas และ ArcGIS ในการสร้างข้อมูลความสูงและตัวแปรสภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยใช้สมการของ Simanton (1987) Wilson (1992) และ Mitsova (1993) (ภาคผนวก ข)

ตัวแปรการจัดการทางการเกษตร (C) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่กับการสูญเสียดินจากบริเวณไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน

ตัวแปรการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P) เป็นค่าสัดส่วนของการสูญเสียดินภายใต้วิธีการอนุรักษ์ประเภทใดประเภทหนึ่งกับค่าการสูญเสียดินในสภาพพื้นที่ซึ่งมีการไถขึ้นลงตามแนวความลาดชัน

ในประเทศไทย การศึกษาค่าตัวแปรการจัดการทางการเกษตร (C) และตัวแปรการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P) จากแปลงทดลองมีอยู่น้อยมาก กรมพัฒนาที่ดิน (2543) ได้ประยุกต์ผลการศึกษาค้นคว้าจากต่างประเทศ กับการศึกษาในประเทศสร้างปัจจัยทั้งสองค่านี้ สำหรับประยุกต์ใช้กับการใช้ประเภทที่ดินประเภทต่างๆ ดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ 3

4.4.2 แบบจำลอง USPED

ปริมาณการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ศึกษาโดยใช้แบบจำลอง USPED ด้วยสมการ $T = R K C P A^m (\sin b)^n$ และ $ED = \text{div} (T \cdot s) = d(T \cdot \cos a)/dx + d(T \cdot \sin a)/dy$ (Mitasova et al 1996, Mitas and Mitasova 1998) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS และ Erdas

4.5 การสำรวจข้อมูลในภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตะกอนแขวนลอยในน้ำ ตะกอนใต้น้ำ และปริมาณการไหลของน้ำพร้อมพื้นที่หน้าตัดลำคลองในเส้นทางน้ำชะвод - ปากพนัง เพื่อนำไปประเมินปริมาณตะกอนที่ไหลตามลำน้ำ

4.5.1 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ

สภาพพื้นที่ในลุ่มน้ำปากพนังส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบแบน มีความลาดชันน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอชะอวดและอำเภอหัวไทร เป็นเสมือนพื้นที่รับน้ำ โดยมีทางน้ำสาขาหลายสายที่ไหลลงสู่คลองชะอวดและแม่น้ำปากพนัง ซึ่งเป็นแหล่งที่รับตะกอนได้เป็นอย่างดี จากเหตุผลนี้ โครงการฯ จึงได้กำหนดจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างตะกอนโดยเลือกจากแม่น้ำสายหลักและจุดรวมลำน้ำสาขา โดยเริ่มจากต้นน้ำคลองชะอวด บริเวณตำบลชะอวด อำเภอชะอวด จนถึงบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ รวมทั้งหมด 18 สถานี ดังรูปที่ 4.2

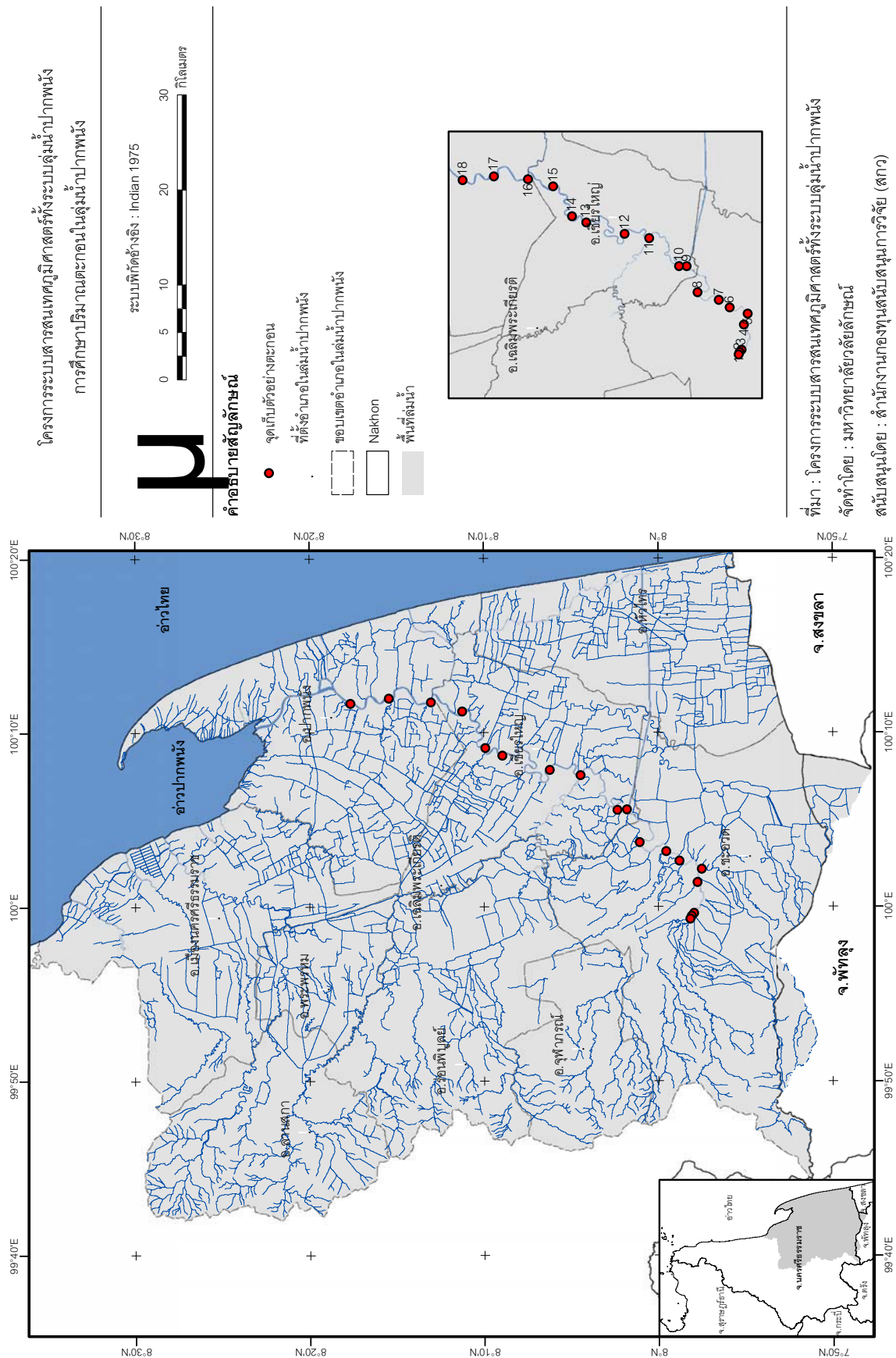
อุปกรณ์ วิธีการเก็บ การรักษา และวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) อุปกรณ์

- กระบอกเก็บน้ำ ขนาด 1 ลิตร
- ขวดเก็บน้ำพลาสติก ขนาด 1 ลิตร
- ลังน้ำแข็ง
- ลูกดิ่ง
- กระดาษกรอง Whatman GF/C 47 mm
- ชุดกรอง
- กระบอกตวง
- ตู้อบความร้อน
- โถดูดความชื้น
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

2) วิธีการเก็บ การรักษา และวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดที่ระดับความลึก 3 ระดับ คือ ผิวน้ำ กลางน้ำ และพื้นน้ำ ด้วยกระบอกเก็บน้ำขนาด 1 ลิตร ใส่ขวดเก็บน้ำพลาสติก ขนาด 1 ลิตร นำขวดตัวอย่างแช่ในลังน้ำแข็ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างตะกอน จำนวน 18 สถานี

- นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ทั้ง 18 จุด มาวิเคราะห์ โดย นำกระดาษกรอง Whatman GF/C 47 mm ไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศา นาน 1 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกค่า ทำซ้ำอีกครั้งตั้งแต่การอบ เพื่อให้ค่าน้ำหนักกระดาษกรองต่างกันไม่เกินร้อยละ 4

- นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้มากรอง 2 ซ้ำๆ ละ 300 ml

- นำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศา นาน 1 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 2 ชม. นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกค่า ทำซ้ำอีกครั้งตั้งแต่การอบ เพื่อให้ค่าน้ำหนักกระดาษกรองต่างกันไม่เกินร้อยละ 4

3) การคิดคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอย

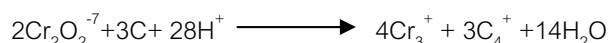
ของแข็งแขวนลอย (mg / L) = [น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (mg) *1000] / ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (cm³)

4.5.2 ดินตะกอนใต้น้ำ

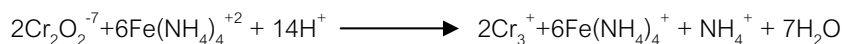
ในการเก็บดินตะกอนใต้น้ำได้ดำเนินการเก็บโดยใช้ท่อเก็บตะกอนใต้น้ำทั้งหมด 17 สถานี (รูปที่ 4.3) และวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในตะกอนและความหนาของชั้นตะกอนที่เก็บได้ และติดตั้งอุปกรณ์เพื่อศึกษาอัตราการตกตะกอน

วิธีการศึกษาหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในตะกอน สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธีวอลกี-แบล็ค (Walkey-Black Method) ซึ่งพัฒนาและปรับปรุงโดย D.H. Loring และ R.T.T. Rantala (Loring and Rantala, 1995) ตั้งแต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะจำเพาะกับคาร์บอนอินทรีย์ประเภทฮิวมัส (humus) แต่จะไม่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอินทรีย์ประเภทที่ออกซิไดซ์ได้ยาก ได้แก่ แกรไฟท์ (graphite) ถ่านหิน (coal) และคาร์บอนอินทรีย์ที่เฉื่อยต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี คาร์บอนอินทรีย์ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์ได้โดยง่าย (readily oxidization organic matter) ซึ่งเป็นรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตย่อยสลายได้ง่ายเช่นกัน

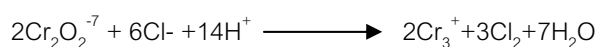
หลักการวิเคราะห์ คือ คาร์บอนอินทรีย์ในตัวอย่างจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กับไดโครเมต (dichromate) ในสภาวะที่เป็นกรด ดังสมการ

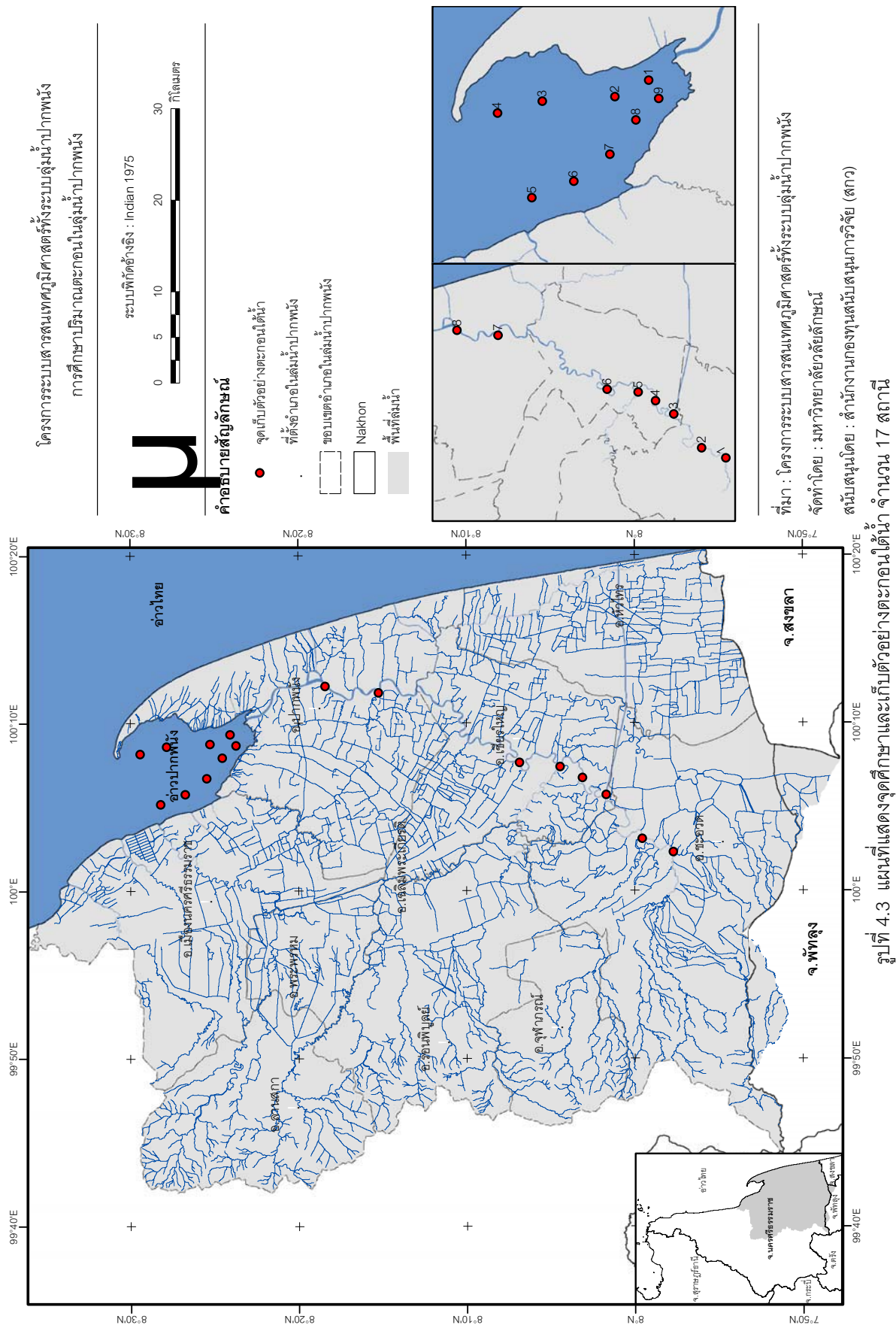


ในการวิเคราะห์จะต้องเติมไดโครเมตให้มีปริมาณที่มากเกินพอที่จะออกซิไดซ์คาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ในตะกอน เมื่อคาร์บอนอินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ไปหมดแล้ว ปริมาณไดโครเมตที่เหลือหาได้จากปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ของไดโครเมตด้วยสารละลายเฟอร์รัส (ferrous solution) โดยใช้ฟีนิลลามีน (diphenylamine) เป็นอินดิเคเตอร์ เติมกรดฟอสฟอริก (H₃PO₄) และโซเดียมฟลูออไรด์ (NaF) เพื่อให้สังเกตจุดยุติได้ง่ายขึ้น และเพื่อให้สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นเสถียร โดยเฉพาะอย่างยิ่งตะกอนจากเอสทูรี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ



เนื่องจากไดโครเมตทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ไอออน (Cl⁻) ดังสมการ เพื่อป้องกันการสูญเสียไดโครเมตไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตะกอนจากทะเลหรือเอสทูรี ดังนั้น จึงเติมซิลเวอร์ซัลเฟต (silver sulfate, Ag₂SO₄) เพื่อกำจัดคลอไรด์ไอออนไม่ให้ไปทำปฏิกิริยากับไดโครเมตตามสมการ





อุปกรณ์ วิธีการเก็บ การรักษา และวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) อุปกรณ์

- ท่อเก็บตะกอนขนาด 1.25 นิ้ว
- ถุงซีป
- ไม้บรรทัด
- ลังโฟม

2) สารเคมี

- กรดฟอสฟอริก(phosphoric acid, H_3PO_4)
- โซเดียมฟลูออไรด์(sodium fluoride, NaF)
- เด็กโทรส (dextrose, $C_6H_{12}O_6$)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (silver sulfate, Ag_2SO_4)
- สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นและซิลเวอร์ซัลเฟต(conc. H_2SO_4 with Ag_2SO_4)
- ละลาย Ag_2SO_4 2.5 กรัม ใน conc. H_2SO_4 1 ลิตร
- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 1N
- สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) เข้มข้น 0.5 N
- ไดฟีนิลามีน (diphenylamine)อินดิเคเตอร์

3) วิธีการเก็บ การรักษา และวิเคราะห์ตัวอย่าง

- เก็บตะกอนด้วยท่อ PVC ในภาคสนามและแบ่งตะกอนออกเป็นท่อน โดยมีความยาวท่อนละ 10 ซม. และผึ่งลมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปบดตะกอนแห้งให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน
- อบตะกอนให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส และทิ้งให้เย็นใน desiccator
- ชั่งตะกอนที่แห้งสนิท 0.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
- เติมสารละลาย 1N $K_2Cr_2O_7$ 10 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต และเติมสารละลาย conc. H_2SO_4 ที่มี Ag_2SO_4 อยู่ 20 มิลลิลิตร ผสมกันโดยแกว่งเบาๆ ประมาณ 1 นาที
- ตั้งของผสมทิ้งไว้ในตู้ดูดควันนาน 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- เมื่อครบ 30 นาที เติมน้ำกลั่นประมาณ 170 มิลลิลิตร ตามด้วย H_3PO_4 10 มิลลิลิตร และเติม NaF 0.2 กรัม
- เติมอินดิเคเตอร์ 15 หยด (ประมาณ 0.5 มิลลิลิตร)
- ไตเตรตด้วยสารละลาย 0.5 N เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส (brilliant green)

Standardization สารละลาย 0.5 N เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

- การทำมาตรฐานดำเนินการโดยใช้ภาชนะเปล่าที่ไม่มีตะกอน
- ดำเนินการตามขั้นตอน เหมือนกับการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน ตั้งแต่ข้อ 4 ถึง ข้อ 8

- ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ซ้ำ

หมายเหตุ : ทำ blank ทุกครั้งที่เตรียม 0.5 N เพอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟต เนื่องจากความเข้มข้นในแต่ละครั้งจะมีการเปลี่ยนแปลง

4) การคำนวณผล

เปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์ในตัวอย่างตะกอน หาได้จากสมการ 1-1 และเทียบเป็นปริมาณสารอินทรีย์โดยคูณด้วย 1.72 ตามสมการ 1-2

$$\% \text{ คาร์บอนอินทรีย์} = 10 \times (1 - (T/S)) \times F \quad 1-1$$

$$\% \text{ สารอินทรีย์} = \% \text{ คาร์บอนอินทรีย์} \times 1.72 \quad 1-2$$

เมื่อ 1.72 คือ ค่า factor สำหรับคูณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนให้เป็นปริมาณสารอินทรีย์

S = ปริมาณสารละลายเพอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรดเบลงค์ (มิลลิลิตร)

T = ปริมาณสารละลายเพอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

F = ค่าที่ได้จากการคำนวณตามสมการ

$$F = (0.1 \text{ N}) \times (12/4000) \times (100 \div \text{น้ำหนักตะกอน})$$

5) การหาความแม่นยำของการวิเคราะห์สารอินทรีย์

ใช้เดกซ์โตรส เป็นมาตรฐาน ในการหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งตามทฤษฎี เดกซ์โตรส 1 กรัม จะมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 39.99% ดำเนินการโดยชั่งเดกซ์โตรส 0.01 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน โดยดำเนินการตามขั้นตอน เหมือนกับการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 ถึง 8 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์คาร์บอนตามสมการ ค่าที่ได้ควรใกล้เคียงกับ 39.99%

$$\% \text{ คาร์บอนในเดกซ์โตรส} = 10 \times (1 - (T/S)) \times F$$

$$\text{เมื่อ } F = (0.1 \text{ N}) \times (12/4000) \times (100 \div \text{น้ำหนักเดกซ์โตรส})$$

4.5.3 ทิศทาง-การไหลของน้ำและพื้นที่หน้าตัดลำคลอง

ในการศึกษาการไหลของน้ำและพื้นที่หน้าตัดลำคลองครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาโดยใช้เครื่อง ADCP ติดตั้งกับเรือและร่องเรือตามเส้นทางน้ำจากอำเภอสระดงจนถึงบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์

อุปกรณ์ วิธีการเก็บ การรักษา และวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) อุปกรณ์

- เรือ
- GPS
- เครื่อง ADCP พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งกับเรือ
- โปรแกรม WinRiver
- คอมพิวเตอร์
- แบตเตอรี่พร้อมอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

2) การเก็บข้อมูล

- ติดตั้งเครื่อง ADCP เข้ากับเรือ
- ต่อสายข้อมูลจากเครื่อง ADCP และ GPS เข้ากับคอมพิวเตอร์
- เรียกใช้งานโปรแกรม WinRiver เพื่อเก็บข้อมูลการไหลของน้ำและพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำ

บทที่ 5 ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลและสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

5.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งศึกษาพื้นที่เพิ่มเติมจากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดินด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ. 2545 มาตราส่วน 1:25,000 ของกรมแผนที่ทหาร i ร่วมกับการสำรวจและตรวจสอบภาคสนาม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง มีพื้นที่ 2,503,692.44 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปากพนัง เป็นนาข้าว (911,617.39 ไร่) อยู่ในบริเวณที่ลุ่ม ส่วนพื้นที่ไม่ย่นต้น (340,323.68 ไร่) และพื้นที่ป่าพรุ (263,977.97 ไร่) เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณมากรองลงมาตามลำดับ

สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากขอบเขตลุ่มน้ำเดิม 7,443.28 ไร่ ส่วนใหญ่เกิดจากการรอกเพิ่มของพื้นที่เข้าไปในอ่าวปากพนัง และมีส่วนน้อยเกิดจากการกัดเซาะและทับถมของชายฝั่ง

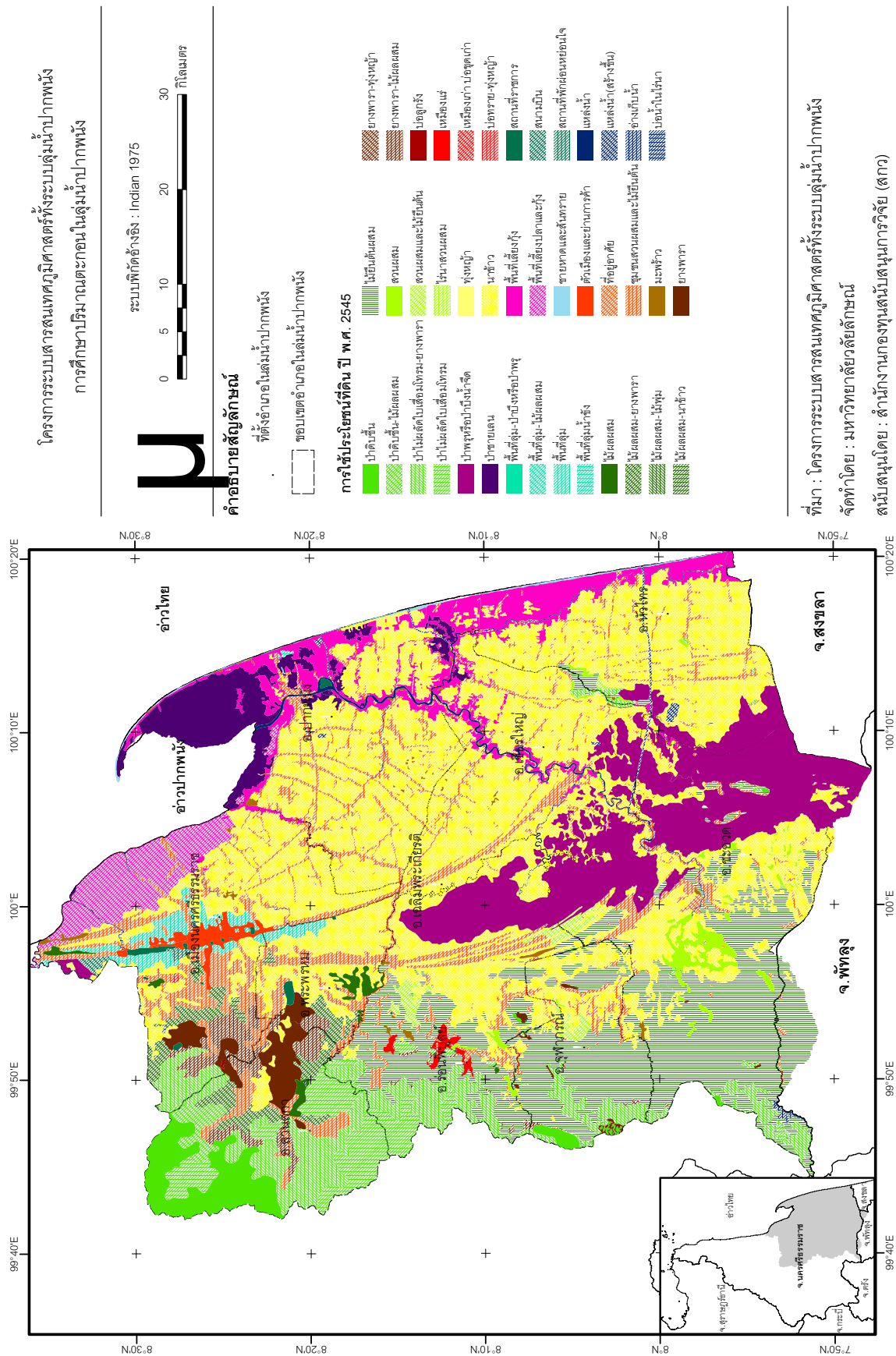
ตารางที่ 5.1 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ปี พ.ศ. 2545

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
ชายหาดและสันทราย	4,913.38	0.196
ชุมชนสวนผสมและไม่ย่นต้น	238,433.59	9.523
ตัวเมืองและย่านการค้า	13,662.83	0.546
ที่อยู่อาศัย	17,019.93	0.680
ทุ่งหญ้า	299.31	0.012
นาข้าว	911,617.39	36.411
บ่อทราย-ทุ่งหญ้า	392.16	0.016
บ่อน้ำในไร่นา	57.36	0.002
บ่อลูกรัง	229.51	0.009
ป่าชายเลน	71,837.90	2.869
ป่าดิบชื้น	53,016.20	2.118
ป่าดิบชื้น-ไม้ผลผสม	10,337.88	0.413
ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด	263,977.87	10.544
ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม	64,798.66	2.588
ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม-ยางพารา	121,875.27	4.868
พื้นที่ลุ่ม	25,378.62	1.014
พื้นที่ลุ่ม-ป่าบึงหรือป่าพรุ	2.09	0.000
พื้นที่ลุ่ม-ไม้ผลผสม	229.37	0.009
พื้นที่ลุ่มน้ำขัง	526.27	0.021
พื้นที่เลี้ยงกุ้ง	110,735.42	4.423

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
พื้นที่เลี้ยงกุ้งและปลา	61,642.49	2.462
มะพร้าว	6,647.68	0.266
ยางพารา	32,765.93	1.309
ยางพารา-ทุ่งหญ้า	441.47	0.018
ยางพารา-ไม้ผลผสม	36,581.49	1.461
สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	1,154.20	0.046
สถานที่ราชการ	4,824.70	0.193
สนามบิน	2,222.03	0.089
สวนผสม	21,926.41	0.876
สวนผสมและไม้ยืนต้น	15,921.10	0.636
อ่างเก็บน้ำ	1,353.86	0.054
เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	141.56	0.006
เหมืองแร่	5,140.88	0.205
แหล่งน้ำ	12,544.85	0.501
แหล่งน้ำ(สร้างขึ้น)	5,844.57	0.233
ไม้ผลผสม	9,549.75	0.381
ไม้ผลผสม-นาข้าว	2,108.00	0.084
ไม้ผลผสม-ยางพารา	33,095.15	1.322
ไม้ผลผสม-ไม้พุ่ม	73.30	0.003
ไม้ยืนต้นผสม	340,323.68	13.593
ไร่นาสวนผสม	48.31	0.002
รวม	2,503,692.44	100.000

ที่มา :ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) และการแปลข้อมูลเพิ่มเติมจากภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 (2545) ร่วมกับการสำรวจในภาคสนาม



รูปที่ 5.1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 ในบริเวณพื้นลุ่มน้ำปากพนัง

5.2 การชะล้างพังทลาย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อศึกษาศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ และใช้แบบจำลอง USPED เพื่อศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายและการตกตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยใช้ขอบเขตลุ่มน้ำเดิมที่กำหนดไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน

5.2.1 การศึกษาโดยใช้แบบจำลองการสูญเสียดินสากล

ในการศึกษาได้จัดทำชั้นข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองจากข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ตัวแปรน้ำฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย (R) ตัวแปรความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K) ตัวแปรสภาพภูมิประเทศ (LS) ตัวแปรการจัดการทางการเกษตรหรือสิ่งปกคลุมดิน (C) และตัวแปรการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P) และจัดชั้นความรุนแรงของปริมาณการสูญเสียดินเป็น 5 ระดับดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน

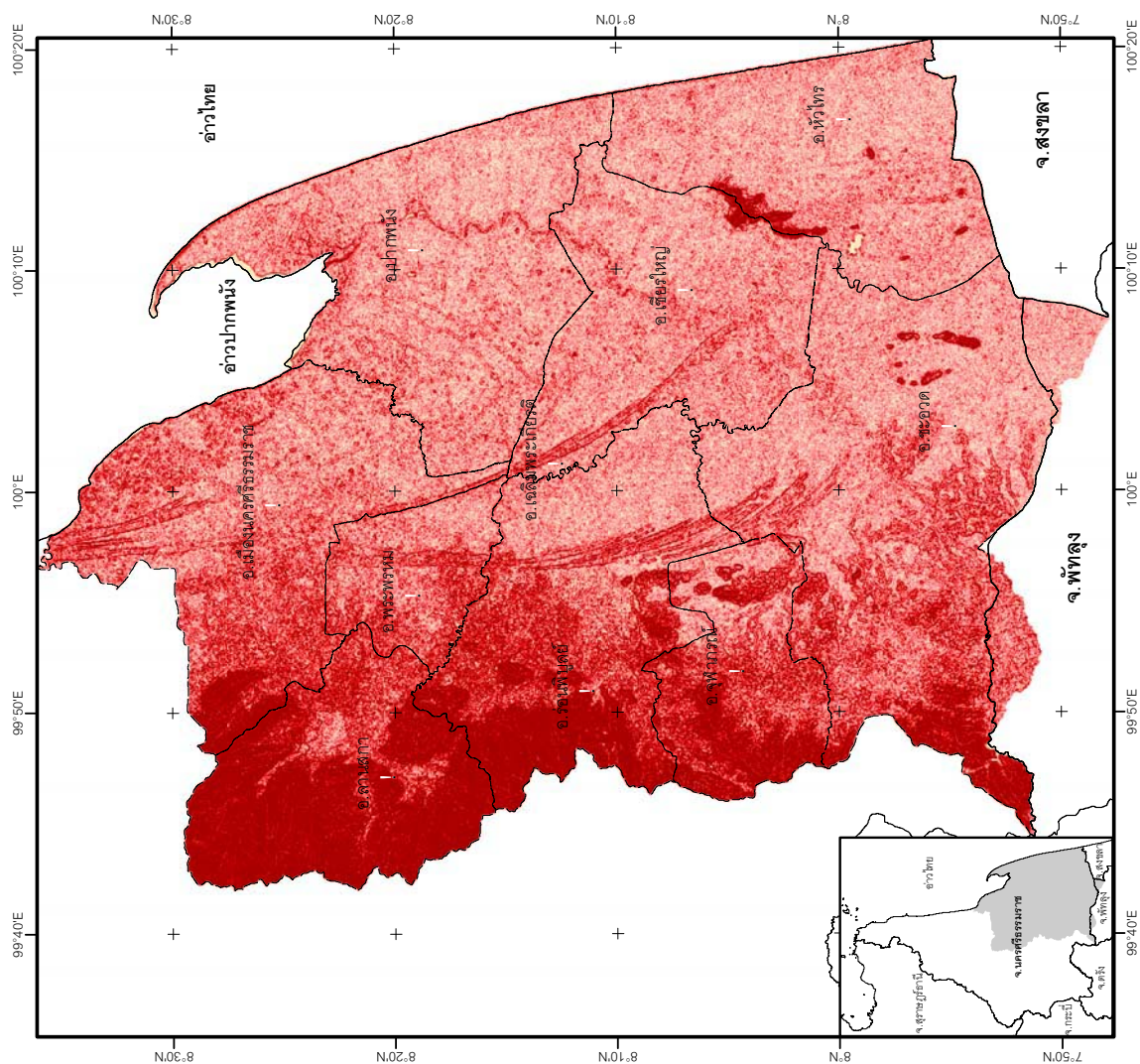
ระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)
1. น้อย	0-2
2. ปานกลาง	2-5
3. รุนแรง	5.15
4. รุนแรงมาก	15.20
5. รุนแรงมากที่สุด	มากกว่า 20

ที่มา กรมพัฒนาที่ดิน (2543)

การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน เกิดขึ้นจากการกระทำของน้ำฝนที่ตกกระทบผิวดินและน้ำไหลบ่าที่ผิวดิน บางพื้นที่ที่มีความลาดชันซึ่งอาจมีหรือไม่มีสิ่งปกคลุมดิน และอาจมีหรือไม่มีการจัดการดินเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย การชะล้างพังทลายของดินจะเกิดได้มากที่สุดเมื่อพื้นที่นั้นไม่มีสิ่งปกคลุมดินและไม่มีการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินหรือศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของการเกิดการชะล้างพังทลายของดินที่สามารถเกิดขึ้นได้ ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.2 ส่วนการชะล้างพังทลายเมื่อคำนึงถึงสิ่งปกคลุมดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายของพื้นที่ลุ่มน้ำลุ่มน้ำปากพนัง

ระดับ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่	ปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)
น้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี)	817,559.55	32.75	84,601.10
ปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี)	169,583.41	6.79	633,690.00
รุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี)	726,076.52	29.09	6,726,140.00
รุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี)	144,006.31	5.77	2,490,680.00
รุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี)	639,023.38	25.60	83,721,900.00
รวม	2,496,249.16	100.00	93,657,011.10



รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงศักยภาพของการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

ที่มา : โครงการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ระบบผู้นำปากพ่อง
จัดทำโดย : มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตารางที่ 5.4 แสดงพื้นที่ที่มีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย

ระดับ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่	ปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)
น้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี)	2,000,762.53	80.15	468,010.00
ปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี)	200,084.92	8.02	648,169.00
รุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี)	173,874.97	6.97	1,483,990.00
รุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี)	25,440.23	1.02	439,090.00
รุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี)	96,086.51	3.85	5,645,050.00
รวม	2,496,249.16	100.00	8,684,309.00

จากตารางที่ 5.2 และ 5.4 พบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและการป้องกัน สามารถช่วงลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย ดังแสดงในตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.5 แสดงพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงตามสภาพการใช้ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย

ระดับ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่	ปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)
ลดลง 0-2 ตัน/ไร่/ปี	821,095.10	32.89	81,206.70
ลดลง 2-5 ตัน/ไร่/ปี	185,920.43	7.45	606,853.00
ลดลง 5-15 ตัน/ไร่/ปี	744,810.87	29.84	6,394,480.00
ลดลง 15-20 ตัน/ไร่/ปี	142,105.29	5.69	2,316,790.00
ลดลง มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี	602,317.47	24.13	75,477,200.00
รวม	2,496,249.16	100.00	84,876,529.70

ปริมาณดินที่สูญเสียเมื่อไม่คำนึงถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย 93,657,011.10 ตันต่อปี หากรวมปัจจัยสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายในการคิดคำนวณจะมีปริมาณดินที่สูญเสียจากลุ่มน้ำปากพนังเพียง 8,684,309.00 ตันต่อปี ซึ่งสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายช่วยลดปริมาณการสูญเสียดินได้ 84,876,529.70 ตันต่อปี

5.2.2 การศึกษาอัตราการชะล้างและอัตราการทับถมโดยใช้แบบ USPED

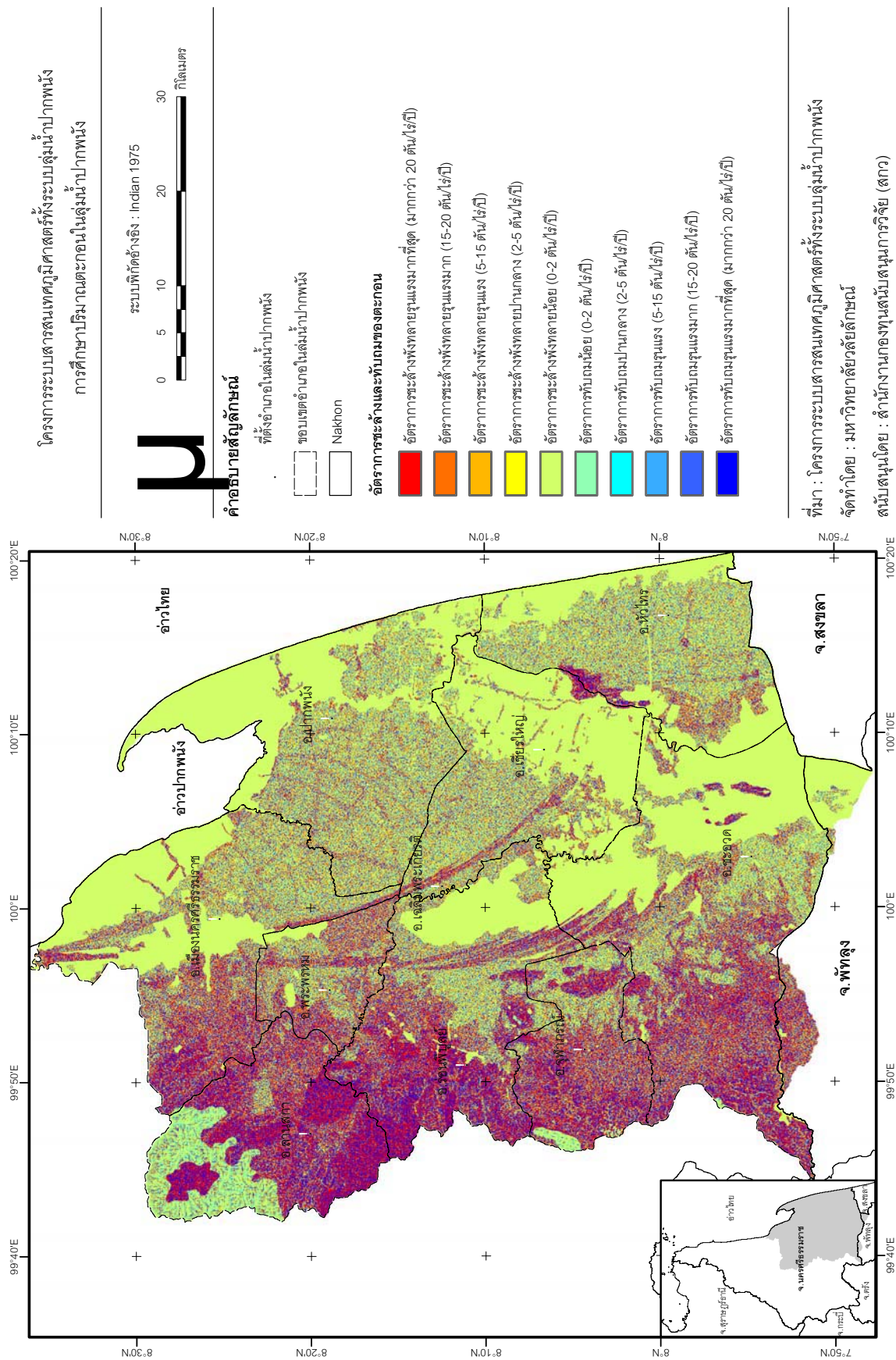
ในขณะที่มีการชะล้างตะกอนไปกับมวลน้ำ จะมีตะกอนบางส่วนตกตะกอนระหว่างการเคลื่อนย้ายตะกอน ซึ่งสามารถศึกษาได้ด้วยแบบจำลอง USPED โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาแบบจำลอง USLE ได้แก่ ตัวแปรน้ำฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย (R) ตัวแปรความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K) ตัวแปรสภาพภูมิประเทศ (LS) ตัวแปรการจัดการทางการเกษตรหรือสิ่งปกคลุมดิน (C) และตัวแปรการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P) ผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลอง USPED ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.5 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีอัตราการชะล้างน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี)

ตารางที่ 5.6 แสดงพื้นที่ที่มีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินตามสภาพการใช้ที่ดินและการป้องกัน

ระดับ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละของพื้นที่	ปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)
อัตราการชะล้างรุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี)	422,842.37	16.94	-125,241,000.00
อัตราการชะล้างรุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี)	47,379.49	1.90	-822,043.00
อัตราการชะล้างรุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี)	179,532.44	7.19	-1,645,460.00
อัตราการชะล้างปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี)	123,126.68	4.93	-410,551.00
อัตราการชะล้างน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี)	1,049,379.74	42.04	-155,619.00
อัตราการทับถมน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี)	144,708.09	5.80	90,089.10
อัตราการทับถมปานกลาง (2-5 ตัน/ไร่/ปี)	69,578.62	2.79	232,899.00
อัตราการทับถมรุนแรง (5-15 ตัน/ไร่/ปี)	107,524.74	4.31	994,118.00
อัตราการทับถมรุนแรงมาก (15-20 ตัน/ไร่/ปี)	30,516.33	1.22	529,757.00
อัตราการทับถมรุนแรงมากที่สุด (มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี)	321,660.65	12.89	117,036,000.00
รวม	2,496,249.16	100.00	-9,391,809.90

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล พบว่ามีปริมาณดินสูญเสียจากการชะล้างพังทลายในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังทั้งหมด 8,684,309.00 ตันต่อปี คิดเป็น 3.48 ตันต่อไร่ต่อปี ไหลออกสู่อ่าวปากพนังและชายฝั่ง โดยมีปริมาณน้อยกว่าลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ชาญชัย และเชาว์, 2549) ซึ่งมีปริมาณดินสูญเสียจากการชะล้างพังทลาย 22,951,339 ตันต่อปี คิดเป็น 4.9 ตันต่อไร่ต่อปี สมการการสูญเสียดินสากลเป็นสมการที่นิยมใช้กันมาก แต่ข้อด้อยสมการสูญเสียดินสากลจะไม่คำนึงถึงการตกตะกอนระหว่างทางในพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากการศึกษาการชะล้างในลุ่มน้ำปากพนังโดยใช้สมการ USPED ซึ่งจะคำนึงถึงการตกตะกอนระหว่างทาง พบว่ามีพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายทั้งหมด 1,822,260.72 ไร่ และมีปริมาณการสูญเสียดินทั้งหมด 128,274,673.00 ตันต่อปี ส่วนพื้นที่ที่เกิดการทับถมของตะกอนดินมีทั้งหมด 673,988.44 ไร่และมีปริมาณการทับถมของตะกอนดินทั้งหมด 118,882,863.10 ตันต่อปี ปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดการชะล้างพังทลายหักจากการตกตะกอนแล้วมีปริมาณการสูญเสียดินออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง 9,391,809.90 ตันต่อปี คิดเป็น 3.76 ตันต่อไร่ต่อปี ไหลไปกับมวลน้ำสู่อ่าวปากพนังและบริเวณชายฝั่งด้านอ่าวไทย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเปิดประตูระบายน้ำ



5.3 ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

5.3.1 ปริมาณตะกอนในมวลน้ำ

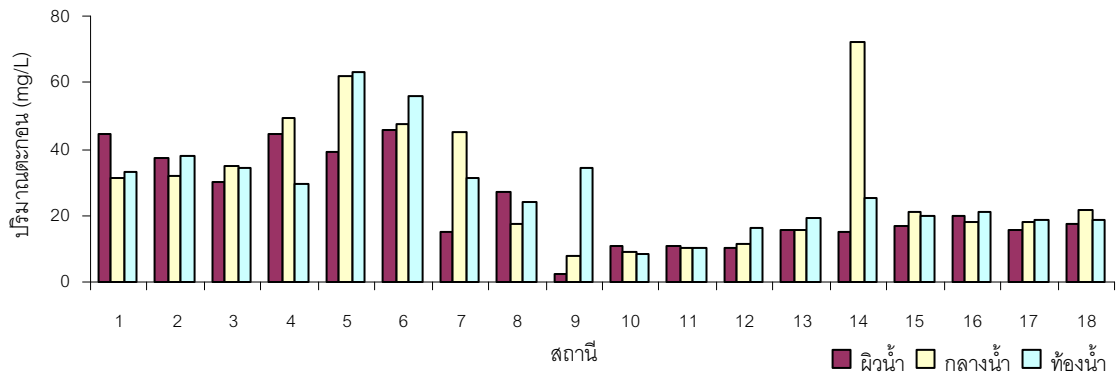
สภาพพื้นที่ในลุ่มน้ำปากพนังส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบแบน มีความลาดชันน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอลำชะอวดและอำเภอหัวไทร เป็นเสมือนพื้นที่รับน้ำ โดยมีทางน้ำสาขาหลายสายที่ไหลลงสู่คลองชะอวดและแม่น้ำปากพนัง ซึ่งเป็นแหล่งที่รับตะกอนได้เป็นอย่างดี จากเหตุผลนี้ โครงการฯ จึงได้กำหนดจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างตะกอนโดยเลือกจากแม่น้ำสายหลักและจุดรวมลำน้ำสาขา โดยเริ่มจากต้นน้ำคลองชะอวด บริเวณตำบลชะอวด อำเภอชะอวด จนถึงบริเวณใต้ประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ แม่น้ำปากพนัง ตำบลแหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง รวมทั้งหมด 18 สถานี ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 5.7 และ รูปที่ 5.6

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณตะกอนในมวลน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่าง 18 สถานี

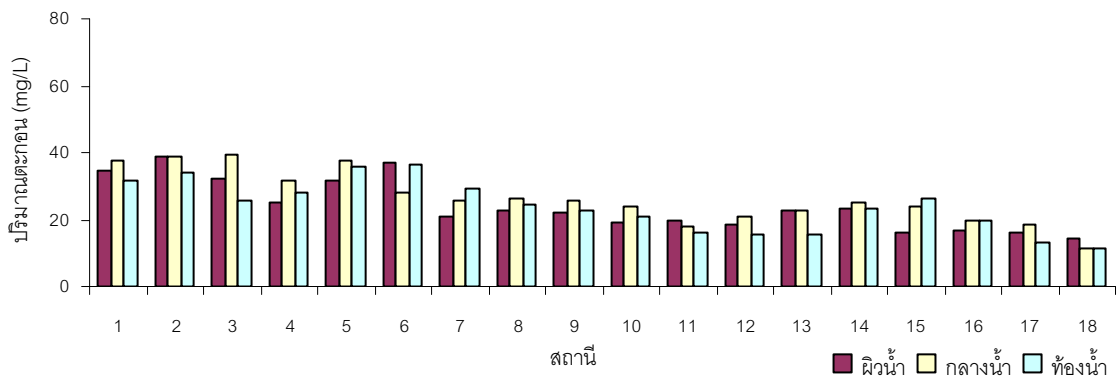
สถานี	ระดับ	ปริมาณของแข็งแขวนลอย(mg/l)			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4
1	ผิวน้ำ	44.33	34.50	23.33	15.67
	กลางน้ำ	31.33	37.33	28.00	12.83
	พื้นน้ำ	33.17	31.67	67.00	11.50
2	ผิวน้ำ	37.33	38.83	25.83	13.50
	กลางน้ำ	31.83	38.83	38.17	17.50
	พื้นน้ำ	38.17	33.83	46.17	18.33
3	ผิวน้ำ	30.17	32.00	38.33	12.00
	กลางน้ำ	35.00	39.33	38.50	16.33
	พื้นน้ำ	34.50	25.67	29.17	16.17
4	ผิวน้ำ	44.67	25.00	22.33	9.67
	กลางน้ำ	49.33	31.83	24.67	12.00
	พื้นน้ำ	29.33	27.83	22.00	16.50
5	ผิวน้ำ	39.17	31.83	26.17	10.33
	กลางน้ำ	61.67	37.33	15.83	18.83
	พื้นน้ำ	63.33	35.83	27.33	13.50
6	ผิวน้ำ	45.50	37.17	22.33	12.83
	กลางน้ำ	47.67	27.83	5.50	14.83
	พื้นน้ำ	56.00	36.50	13.67	16.83
7	ผิวน้ำ	14.83	21.00	25.50	14.50
	กลางน้ำ	44.83	25.67	20.17	16.67
	พื้นน้ำ	31.00	29.33	13.83	13.67
8	ผิวน้ำ	27.17	22.50	6.50	12.67
	กลางน้ำ	17.17	26.50	10.33	14.17
	พื้นน้ำ	23.83	24.67	4.33	13.33

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

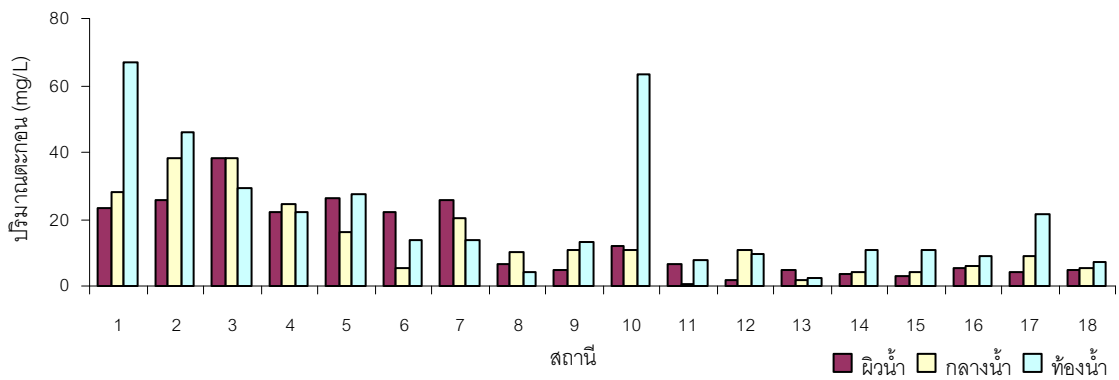
สถานี	ระดับ	ปริมาณของแ้งแขวนลอย(mg/l)			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4
9	ผิวน้ำ	2.17	21.83	4.50	10.00
	กลางน้ำ	8.00	25.50	10.50	11.17
	พื้นน้ำ	34.00	22.83	13.17	9.17
10	ผิวน้ำ	10.83	19.17	11.83	13.33
	กลางน้ำ	8.83	24.17	10.50	14.67
	พื้นน้ำ	8.17	21.00	63.00	21.00
11	ผิวน้ำ	11.00	19.50	6.67	-
	กลางน้ำ	10.50	17.67	0.83	-
	พื้นน้ำ	10.00	16.00	7.83	-
12	ผิวน้ำ	10.17	18.50	2.00	16.00
	กลางน้ำ	11.67	21.00	10.67	17.00
	พื้นน้ำ	16.00	15.67	9.50	28.67
13	ผิวน้ำ	15.50	22.67	4.83	15.50
	กลางน้ำ	15.83	22.67	1.83	17.33
	พื้นน้ำ	19.00	15.50	2.67	19.67
14	ผิวน้ำ	14.83	23.33	3.83	18.50
	กลางน้ำ	72.00	25.00	4.33	22.33
	พื้นน้ำ	25.17	23.33	10.67	39.00
15	ผิวน้ำ	17.00	16.00	3.00	24.83
	กลางน้ำ	21.33	23.83	4.33	31.00
	พื้นน้ำ	19.67	26.33	10.83	36.33
16	ผิวน้ำ	20.00	16.67	5.17	23.67
	กลางน้ำ	18.17	19.50	5.83	26.17
	พื้นน้ำ	21.17	19.50	8.67	31.00
17	ผิวน้ำ	15.50	16.33	4.17	24.50
	กลางน้ำ	18.17	18.50	8.83	28.50
	พื้นน้ำ	18.50	13.33	21.50	31.17
18	ผิวน้ำ	17.67	14.50	5.00	25.83
	กลางน้ำ	21.83	11.50	5.50	33.83
	พื้นน้ำ	18.83	11.33	7.17	46.50



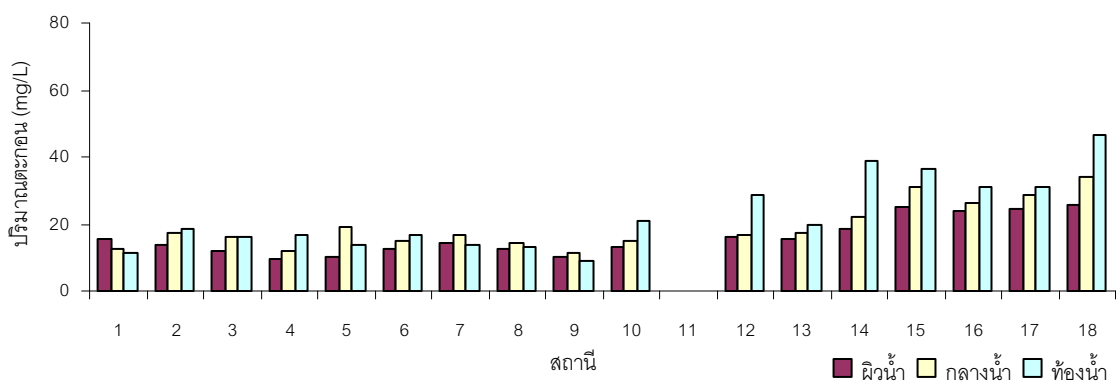
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงปริมาณตะกอนในมวน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่าง 18 สถานี (ก) ระหว่างเดือน ธันวาคม 2548 (ข) ระหว่างเดือนเมษายน 2549 (ค) ระหว่างเดือนสิงหาคม 2549 (ง) ระหว่างเดือน มกราคม 2550

ดินที่ถูกชะล้างจากพื้นดินนอกจากจะถูกดักไว้ระหว่างทาง ส่วนหนึ่งจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ จากการผลการสำรวจเมื่อนำมาสร้างกราฟแสดงปริมาณตะกอนในน้ำ พบว่าปริมาณตะกอนในมวลน้ำในช่วงเดือนธันวาคม และเดือนสิงหาคม มีรูปแบบการแพร่กระจายของตะกอนในมวลน้ำคล้ายคลึงกัน คือ มีปริมาณตะกอนในมวลน้ำมากบริเวณต้นน้ำ (สถานีที่ 1-9) และมีปริมาณลดลงบริเวณปลายน้ำ (สถานีที่ 10-18) ดังแสดงในรูปที่ 5.6 (ก และ ค) ส่วนในช่วงเดือนเมษายนมีปริมาณตะกอนในมวลน้ำไม่แตกต่างกันมากในแต่ละสถานี แต่ยังคงรูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณตะกอนในมวลน้ำคล้ายกัน คือ มีปริมาณตะกอนในมวลน้ำมากบริเวณต้นน้ำ (สถานีที่ 1-9) และมีปริมาณลดลงบริเวณปลายน้ำ (สถานีที่ 10-18) ดังแสดงในรูปที่ 5.6 (ข) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียปริมาณตะกอนออกจากมวลน้ำ เช่น การตกตะกอน การย่อยสลาย เป็นต้น

5.3.2 ชั้นตะกอนดิน

จากการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินน้ำบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ และบริเวณอ่าวปากพองซึ่งเป็นบริเวณใต้ประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ ปริมาณร้อยละสารอินทรีย์บริเวณลุ่มน้ำปากพองเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ในสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี โดยสถานีที่ 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 เป็นตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำในแนวเส้นทางน้ำสายหลักจากต้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ ส่วนสถานีที่ 5 และ 7 เป็นสถานีของเส้นทางน้ำสายสาขาและมีประตูระบายน้ำปิดกั้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลร้อยละสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.8 โดยสถานีที่ 3, 4, 6 และ 8 มีร้อยละสารอินทรีย์สูงกว่าสถานีที่เหลือ

ตารางที่ 5.8 แสดงความลึกของตะกอนดินได้น้ำและร้อยละของสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์

สถานีเก็บตัวอย่าง	ร้อยละสารอินทรีย์ในตะกอนดิน				ความลึกของตะกอนดินได้น้ำ (เมตร)		
	ฝั่งซ้าย	ตรงกลาง	ฝั่งขวา	เฉลี่ย	ฝั่งซ้าย	ตรงกลาง	ฝั่งขวา
1	1.664094	2.218210	1.533937	1.805414	0.50	0.70	0.63
2	2.251195	1.617394	1.237773	1.702120	0.58	0.98	0.40
3	5.829529	3.868532	6.276889	5.324983	0.80	0.70	0.70
4	6.288704	6.791936	5.708625	6.263088	0.40	0.30	0.50
5	2.671550		1.639987	2.155768	0.10		0.10
6	5.696975	0.517662	5.983547	4.066061	0.25	0.10	0.39
7	0.583460	0.349307	0.285114	0.405960	0.10	0.10	0.10
8	3.663397	7.277577	5.813390	5.584788	0.60	0.10	0.40

จากการวางอุปกรณ์ศึกษาอัตราการตกตะกอน สามารถเก็บอุปกรณ์เก็บตัวอย่างคืนได้เพียงจุดเดียวที่สถานีที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงกลางของทางน้ำสายหลัก ส่วนจุดอื่นๆ ไม่สามารถเก็บคืนได้ จากผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราการตกตะกอนในทางน้ำสายหลัก ณ สถานีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.699 เซนติเมตรต่อเดือน

สำหรับปริมาณร้อยละสารอินทรีย์ในอ่าวปากพนัง ได้ทำการเก็บตัวอย่างจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 สถานีโดยสถานีที่ 1 ถึงสถานีที่ 4 เป็นสถานีเก็บตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของอ่าวปากพนัง ส่วนสถานีที่ 5 ถึงสถานีที่ 9 อยู่ทางฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพนัง จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงความลึกของตะกอนและร้อยละของสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้น้ำบริเวณอ่าวปากพนัง

สถานีเก็บตัวอย่าง	ร้อยละสารอินทรีย์ในดินตะกอน	ความลึกของตะกอน (เมตร)
1	1.484251	1.2
2	1.268002	2.8
3	0.760523	1.8
4	0.844991	2.0
5	1.543028	1.6
6	1.294922	4.0
7	1.384699	2.7
8	1.276683	3.0
9	1.438346	2.8

จากการวิเคราะห์ร้อยละสารอินทรีย์ในอ่าวปากพนัง พบว่าบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวปากพนัง มีร้อยละสารอินทรีย์บริเวณก้นอ่าวมากกว่าร้อยละ 1 ซึ่งมากกว่าบริเวณปากอ่าวที่มีร้อยละสารอินทรีย์น้อยกว่าร้อยละ 1 ส่วนร้อยละสารอินทรีย์ฝั่งตะวันตกมีร้อยละสารอินทรีย์สูงกว่าฝั่งตะวันออกโดยมีร้อยละสารอินทรีย์มากกว่าร้อยละ 1 ทุกสถานี ทั้งนี้เนื่องจากฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพนังเป็นฝั่งที่มีแม่น้ำหลายสายไหลลงมาและมีกิจกรรมต่างๆ บริเวณชายฝั่งและเหนือชายฝั่งขึ้นไป โดยเฉพาะบริเวณก้นอ่างทางฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพนัง พื้นที่บริเวณชายฝั่งเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

5.3.3 พื้นที่หน้าตัด ความเร็ว และทิศทางการไหลของน้ำในเส้นทางน้ำสายหลัก

จากการศึกษาศึกษาลักษณะของเส้นทางน้ำสายหลักด้วยเครื่อง ADCP โดยทำการศึกษาดังแต่ต้นน้ำจนถึงบริเวณประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ตามแนวเส้นทางน้ำสายหลักจำนวน 217 จุด ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายที่ทำการสำรวจรวมระยะ 82.142 กิโลเมตร ได้ผลการสำรวจดังแสดงในตารางที่ 5.10

ระดับความลึกตลอดลำน้ำมีค่าตั้งแต่ 3.940 - 20.470 เมตร บริเวณที่ลึกที่สุดอยู่ในเขตอำเภอเชียรใหญ่ บริเวณต้นน้ำในเขตอำเภอชะอวดและบริเวณเหนือประตูระบายน้ำ เป็นบริเวณที่มีความลึกของระดับน้ำน้อยกว่าบริเวณตอนกลางของลำน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 เมื่อพิจารณาพื้นที่หน้าตัดและความกว้างของทางน้ำ พบว่าพื้นที่หน้าตัดและความกว้างของทางน้ำบริเวณต้นน้ำจะมีขนาดเล็ก และเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงบริเวณประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ (รูปที่ 5.8 และรูปที่ 5.9)

สำหรับปริมาตรการไหลของน้ำพบว่า ตลอดเส้นทางน้ำปริมาตรการไหลของน้ำมีการเพิ่มและลดลงตลอดเส้นทางน้ำเป็นระยะๆ โดยช่วงที่มีการเปลี่ยนปริมาตรการไหลสูงและลดลงต่ำทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นช่วงๆ

ตลอดเส้นทางน้ำ ซึ่งพบได้ที่จุดสำรวจ 1, 4, 7, 12, 17, 21, 24, 28, 33, 37, 39, 42, 46, 49, 53, 56, 58, 62, 70, 72, 79, 83, 85, 90, 96, 98, 101, 107, 114, 117, 119, 124, 127, 129, 131, 133, 136, 139, 141, 143, 149, 178, 181, 186, 189, 192, 195, 201, 206, 208, 211 และ 213

บางช่วงของเส้นทางน้ำมีการไหลมาบรรจบกัน ที่จุดสำรวจ 149 โดยเริ่มมีการไหลย้อนทางจากสถานีที่ 174 บริเวณ อ.เชียรใหญ่ และที่จุดสำรวจ 215 บริเวณเหนือประตูระบายน้ำ

ตารางที่ 5.10 ข้อมูลลักษณะโครงสร้างของเส้นทางน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำปากพนัง

จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
1	0.000	5.010	94.180	20.590	170.070	8.640
2	0.055	5.170	84.650	17.440	203.530	6.690
3	0.115	5.210	100.670	20.770	146.670	5.320
4	0.155	6.750	108.590	20.340	154.060	7.990
5	0.214	6.890	147.890	24.980	175.590	5.570
6	0.284	9.030	222.450	30.100	67.100	8.650
7	0.351	4.980	116.430	29.750	93.650	11.400
8	0.433	4.500	127.600	33.580	88.900	4.070
9	0.493	3.940	87.060	25.680	21.790	2.660
10	0.554	5.080	117.770	24.850	127.250	10.150
11	0.684	7.260	171.160	27.090	115.910	10.400
12	0.743	7.580	197.840	29.810	88.140	13.550
13	0.802	6.510	184.140	31.960	113.530	8.390
14	0.881	6.050	185.600	36.260	85.140	8.460
15	0.956	5.910	177.820	33.390	129.450	13.860
16	1.005	6.540	187.720	32.350	129.220	11.550
17	1.078	6.450	175.660	31.200	111.040	14.420
18	1.145	5.700	167.640	32.670	118.570	8.940
19	1.234	7.400	175.880	26.080	114.550	9.880
20	1.282	8.170	210.390	29.830	95.620	9.560
21	1.359	8.830	241.020	35.930	112.010	10.010
22	1.464	6.320	198.760	34.090	40.300	1.630
23	1.540	5.300	166.310	39.500	359.050	2.450
24	1.599	6.550	255.370	44.120	29.910	12.460
25	1.942	7.250	226.580	37.040	36.580	5.500

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
26	2.009	7.100	182.880	31.400	355.880	5.710
27	2.098	6.190	203.530	37.440	63.780	2.280
28	2.161	7.420	289.680	42.090	14.120	22.970
29	2.217	8.710	350.060	51.010	322.340	10.110
30	2.311	9.550	396.970	52.170	95.070	5.610
31	2.386	7.180	215.580	35.230	70.330	6.740
32	2.487	5.930	245.900	51.950	20.500	4.740
33	2.590	8.070	291.320	51.700	31.280	14.790
34	2.660	6.120	261.740	47.890	70.470	11.780
35	2.766	7.370	203.190	37.620	50.690	7.660
36	2.890	10.240	389.720	47.390	352.960	1.590
37	2.993	8.020	247.530	36.780	9.410	15.980
38	3.056	6.000	238.290	43.120	60.960	7.750
39	3.145	6.440	225.670	51.930	24.240	10.670
40	3.218	5.550	192.700	35.260	37.800	10.910
41	3.298	5.840	194.560	36.950	333.760	2.050
42	3.370	5.820	193.090	33.760	50.970	15.480
43	3.448	8.010	255.160	42.550	36.070	7.650
44	3.509	8.110	214.230	31.800	100.670	8.690
45	3.564	6.660	162.280	28.910	55.140	1.350
46	3.716	5.790	161.310	36.340	93.000	8.140
47	3.788	10.090	243.160	28.590	46.570	6.290
48	3.927	5.020	153.860	34.910	12.690	8.110
49	4.003	4.840	175.080	41.980	49.940	10.450
50	4.179	10.980	388.290	43.900	138.840	1.960
51	4.308	5.010	141.270	35.760	178.380	7.800
52	4.394	6.620	183.680	31.250	76.950	6.890
53	4.482	6.450	146.210	28.120	53.760	13.650
54	4.621	4.940	162.860	35.870	109.120	9.090
55	4.666	6.460	150.030	30.170	79.750	11.230
56	4.719	9.680	200.170	25.650	97.340	11.560

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
57	4.794	7.550	187.250	31.110	85.200	3.400
58	4.879	4.700	138.410	32.860	147.770	8.690
59	4.947	5.310	122.720	26.140	166.770	7.270
60	5.038	6.060	141.060	25.500	101.480	3.430
61	5.124	6.730	197.140	34.320	107.590	5.710
62	5.192	6.560	175.210	27.970	112.490	8.510
63	5.275	6.630	163.300	27.040	132.870	4.690
64	5.380	7.640	167.980	25.480	96.010	6.920
65	5.466	6.600	250.010	50.510	22.610	6.960
66	5.669	5.980	156.580	28.690	23.420	4.810
67	5.747	4.680	134.540	29.790	38.440	6.480
68	6.095	6.210	326.240	61.890	11.010	-4.760
69	6.148	6.710	236.520	37.880	346.420	12.750
70	6.193	8.890	211.850	31.210	64.200	14.580
71	6.240	7.940	185.950	27.240	112.600	6.590
72	6.302	5.510	137.840	30.530	76.790	10.500
73	6.363	6.380	148.490	27.750	63.480	6.420
74	6.450	5.310	135.320	26.510	75.810	2.960
75	6.883	5.980	161.590	30.630	76.670	6.330
76	7.237	5.130	106.370	22.740	307.850	9.990
77	7.297	5.290	125.930	24.830	272.680	4.790
78	9.164	5.740	170.370	33.000	88.830	9.880
79	11.480	8.170	201.420	26.460	75.870	14.520
80	11.560	8.230	156.720	22.860	47.900	13.840
81	11.646	6.560	199.180	34.210	47.550	13.060
82	11.730	6.550	177.310	29.660	45.520	15.270
83	13.167	5.850	277.000	55.560	317.590	26.650
84	13.226	6.070	253.440	46.890	282.910	19.940
85	13.353	6.680	278.140	46.290	336.040	24.080
86	13.524	8.300	313.390	47.800	330.550	15.390
87	13.834	7.250	276.750	46.140	357.510	12.120

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
88	14.073	7.140	269.460	40.620	17.210	15.130
89	14.181	7.530	236.270	36.160	60.720	11.600
90	14.309	7.170	252.650	39.070	60.050	18.570
91	15.950	7.340	273.010	45.160	197.740	19.210
92	16.072	7.120	278.490	48.060	163.190	16.720
93	16.235	6.780	315.570	50.670	175.290	15.710
94	16.376	9.320	263.970	35.530	159.600	15.950
95	16.511	9.090	310.360	39.070	140.110	13.760
96	16.622	7.340	280.870	42.080	137.830	24.890
97	16.787	7.510	293.820	42.980	110.480	18.030
98	16.938	8.920	317.850	43.720	136.060	22.160
99	17.059	10.030	314.530	38.840	75.240	17.250
100	17.189	9.110	296.820	37.840	72.220	19.250
101	17.702	7.820	307.180	44.150	66.210	28.260
102	17.845	8.230	351.730	47.700	75.240	21.160
103	18.000	8.840	372.400	52.020	53.720	22.770
104	18.156	8.430	378.840	54.880	29.830	9.760
105	18.481	7.550	366.850	52.060	44.980	9.790
106	18.674	9.500	421.300	59.970	337.240	4.970
107	19.157	8.240	404.050	54.620	23.180	28.890
108	19.285	8.350	410.880	54.040	10.760	18.620
109	19.395	9.410	427.860	52.300	357.160	17.660
110	19.556	10.290	369.670	47.470	14.160	15.220
111	19.699	10.010	457.400	56.150	57.230	18.980
112	19.888	9.390	420.360	56.460	3.670	13.550
113	20.045	9.390	491.960	69.510	54.410	23.360
114	20.247	8.900	483.790	71.430	36.470	23.490
115	20.511	9.160	515.170	68.380	54.530	17.380
116	20.675	10.910	497.100	55.120	355.010	15.640
117	20.826	10.880	589.300	68.410	353.970	22.070
118	21.012	10.570	590.340	64.240	333.210	11.130

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

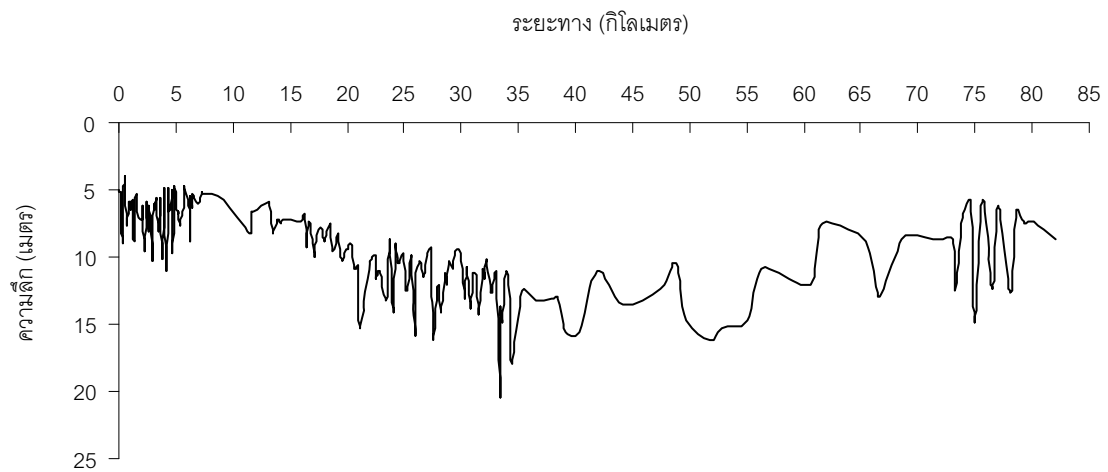
จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
119	21.172	15.230	835.160	72.430	80.230	29.570
120	21.922	10.310	473.800	55.330	15.230	18.810
121	22.089	10.220	507.310	58.820	338.810	16.510
122	22.259	9.890	498.220	57.740	281.560	7.230
123	22.431	10.040	513.190	57.350	222.560	-6.990
124	22.587	11.600	577.700	62.930	12.400	18.970
125	22.755	11.170	530.170	56.900	222.780	-3.140
126	22.923	11.030	515.710	54.200	318.130	1.020
127	23.337	13.180	519.360	52.910	91.450	19.350
128	23.462	12.240	537.590	57.340	58.690	-0.290
129	23.689	8.730	514.110	68.810	185.070	8.280
130	23.869	11.770	695.020	73.610	54.790	-2.450
131	24.067	14.190	798.740	79.390	352.070	15.070
132	24.279	9.110	564.000	76.650	347.870	7.070
133	24.480	10.240	538.010	61.090	327.860	15.140
134	24.631	10.410	540.730	58.440	306.970	3.140
135	24.872	9.740	559.720	63.330	292.450	-0.090
136	25.061	12.470	617.570	60.900	294.730	24.370
137	25.241	12.440	617.160	57.490	207.480	5.690
138	25.457	11.610	540.150	54.300	264.520	5.910
139	25.608	9.820	469.250	51.640	196.890	12.220
140	25.775	13.380	565.050	50.390	244.610	9.740
141	25.885	15.910	709.050	54.370	298.700	19.250
142	26.032	11.660	669.540	71.540	290.610	8.220
143	26.229	10.300	565.100	69.150	24.310	26.960
144	26.581	11.540	459.620	54.270	79.250	19.430
145	26.848	10.560	543.230	65.230	64.560	11.820
146	27.088	9.850	494.210	58.960	38.750	11.530
147	27.357	9.240	626.250	76.670	338.120	-3.270
148	27.550	16.140	918.330	72.650	17.440	11.560
149	27.817	12.210	2486.740	255.610	340.190	22.520
150	27.972	12.020	755.230	74.080	286.270	-17.030
151	28.288	14.080	724.160	61.570	348.600	-33.100
152	28.538	11.190	602.230	65.220	354.010	-66.200
153	28.722	12.090	764.360	79.320	312.750	-48.380
154	28.959	10.240	708.550	78.290	279.410	-52.620

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

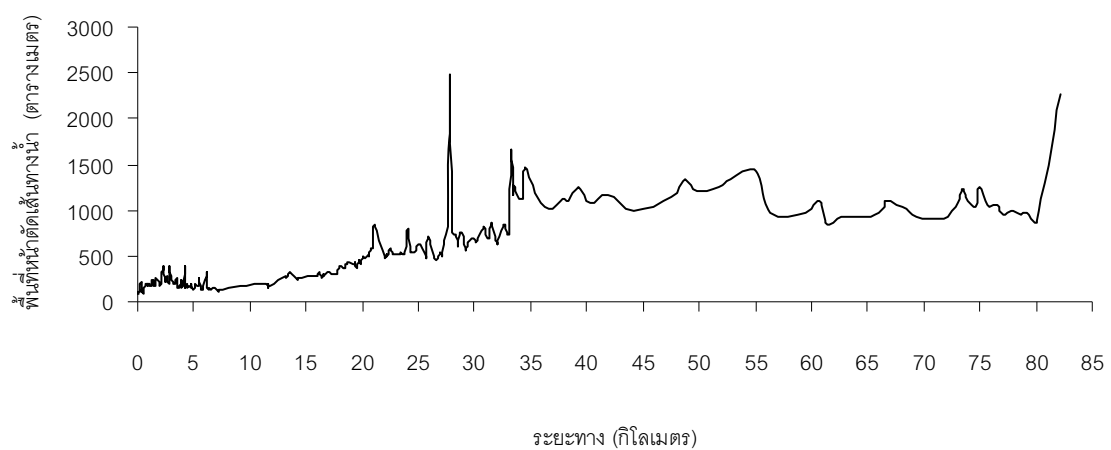
จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
155	29.246	10.920	569.200	56.910	281.860	-56.830
156	29.484	9.520	664.350	76.220	281.690	-71.010
157	29.833	9.460	698.860	86.280	259.430	-74.130
158	30.125	11.370	641.320	63.480	239.310	-62.090
159	30.294	13.130	675.590	57.200	244.800	-60.240
160	30.521	10.800	730.800	84.800	293.350	-66.440
161	30.846	13.790	829.800	80.570	223.890	-67.190
162	31.014	11.180	769.870	87.600	199.010	-69.980
163	31.182	11.160	690.960	72.390	178.040	-82.530
164	31.360	11.320	700.590	69.460	195.110	-58.960
165	31.535	14.210	852.690	75.210	248.400	-82.770
166	31.780	10.910	679.130	70.880	258.000	-82.470
167	31.973	11.590	634.710	60.670	249.530	-58.250
168	32.165	10.190	704.620	79.020	238.520	-72.350
169	32.590	12.590	833.540	80.620	214.900	-56.680
170	32.799	12.400	819.920	84.890	161.430	-76.330
171	32.969	11.680	762.590	83.540	122.510	-87.650
172	33.121	11.040	743.890	85.290	124.330	-81.610
173	33.345	20.470	1660.700	114.660	150.920	-89.170
174	33.426	13.790	1156.350	97.050	164.230	-83.240
175	33.498	14.780	1273.590	108.790	40.160	10.910
176	33.989	11.000	1125.580	120.300	71.320	11.610
177	34.339	14.050	1116.330	103.570	49.190	11.430
178	34.517	17.910	1464.770	99.170	120.350	21.450
179	35.327	12.430	1194.900	124.650	123.250	0.620
180	36.523	13.300	1017.040	86.770	69.550	15.470
181	37.892	13.140	1124.580	103.800	4.460	21.290
182	38.382	12.970	1091.410	101.300	327.730	15.570
183	39.158	15.630	1261.390	97.950	155.970	-1.960
184	40.277	15.590	1084.890	84.520	312.740	3.980
185	41.956	11.070	1172.470	129.650	84.930	0.390
186	44.141	13.500	991.860	89.510	184.420	22.340
187	47.470	12.330	1139.920	113.630	69.070	25.490
188	48.790	10.500	1327.870	154.640	3.660	10.000
189	49.724	14.760	1210.960	101.390	1.540	29.250
190	51.789	16.200	1255.110	100.230	96.300	-0.470

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

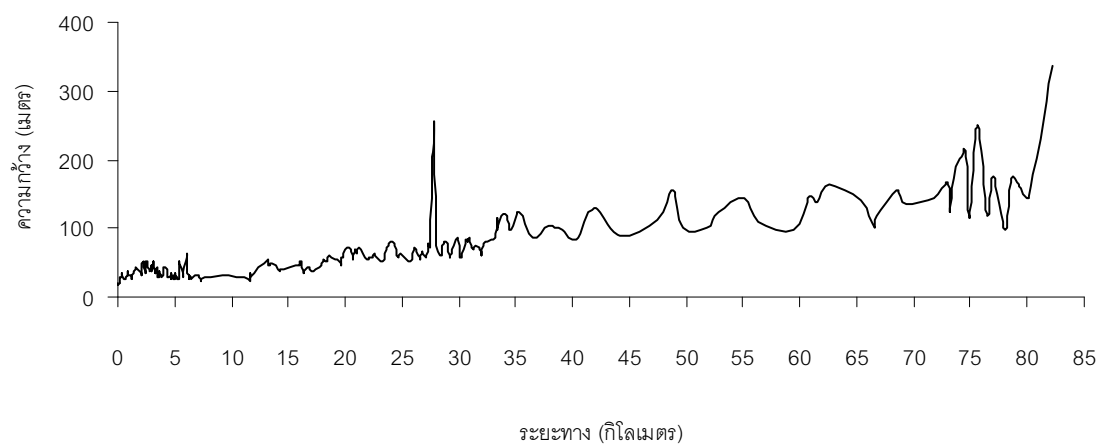
จุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ทิศ (องศา)	ปริมาณน้ำไหลผ่าน (ลบ.เมตร/วินาที)
191	52.784	15.260	1339.530	122.880	34.440	11.020
192	55.072	14.660	1429.790	143.800	48.350	19.900
193	56.269	10.900	961.740	109.340	148.100	17.510
194	59.459	11.920	965.810	97.520	8.440	10.980
195	60.776	11.820	1110.660	147.740	103.240	32.600
196	61.486	7.710	841.040	138.010	51.860	10.670
197	62.574	7.520	922.230	162.740	175.000	-9.640
198	65.365	8.770	922.710	141.700	113.910	7.550
199	66.550	12.920	1033.610	101.410	39.840	2.960
200	66.783	12.680	1108.880	117.160	13.980	-0.220
201	68.532	8.730	1004.680	154.150	43.630	11.670
202	69.416	8.400	936.840	135.440	114.490	13.060
203	71.762	8.690	897.830	142.860	90.440	10.840
204	73.068	8.630	1080.810	167.000	14.980	4.220
205	73.257	12.500	1136.870	124.850	20.520	-1.430
206	73.530	10.390	1227.650	172.550	8.930	15.480
207	73.972	6.820	1095.670	200.710	38.910	12.560
208	74.550	5.860	1042.920	214.280	15.600	21.920
209	74.937	14.810	1241.110	114.960	57.850	12.540
210	75.602	5.730	1067.660	248.980	163.600	-37.710
211	76.471	12.410	1051.320	117.040	313.030	14.760
212	77.018	6.150	946.910	176.910	245.950	7.090
213	78.010	12.680	984.630	98.260	36.060	31.640
214	78.637	6.640	952.030	173.360	40.820	43.760
215	79.263	7.440	964.770	165.100	129.100	-26.300
216	80.097	7.340	882.440	148.070	74.430	-19.260
217	82.142	8.660	2256.350	337.910	97.620	-1.090



รูปที่ 5.7 แสดงระดับความลึกจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์



รูปที่ 5.8 แสดงพื้นที่น้ำตื้นเส้นทางน้ำจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์



รูปที่ 5.9 แสดงความกว้างของทางน้ำจากตื้นน้ำถึงบริเวณเหนือประตูทกวิภาชประสิทธิ์

5.4 ปริมาณการชะล้างพังทลายและทับถมในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังแยกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

หากพิจารณาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังแยกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะมีปริมาณการชะล้างตะกอนและทับถมของตะกอนดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 แสดงปริมาณตะกอนจากการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอนแยกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนัง ปี พ.ศ. 2545

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณตะกอน (ตันต่อปี)
สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	4,913.38	-1.71
ทุ่งหญ้า	238,433.59	-15.00
ป่าชายเลน	13,662.83	-77.51
ชายหาดและสันทราย	17,019.93	-150.80
ไม้ผลผสม-ไม้พุ่ม	299.31	-371.66
ตัวเมืองและย่านการค้า	911,617.39	-498.97
สถานที่ราชการ	392.16	-2,026.26
มะพร้าว	57.36	-2,266.46
เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	229.51	-2,279.47
บ่อลูกรัง	71,837.90	-3,444.19
แหล่งน้ำ	53,016.20	-3,842.15
พื้นที่ลุ่ม-ไม้ผลผสม	10,337.88	-4,628.79
ป่าดิบชื้น-ไม้ผลผสม	263,977.87	-11,214.90
ยางพารา-ทุ่งหญ้า	64,798.66	-12,619.10
ไม้ผลผสม-นาข้าว	121,875.27	-26,304.60
ป่าดิบชื้น	25,378.62	-41,234.70
ไม้ผลผสม	2.09	-73,063.70
สวนผสมและไม้ยืนต้น	229.37	-104,405.00
สวนผสม	526.27	-119,060.00
ยางพารา	110,735.42	-332,166.00
ไม้ผลผสม-ยางพารา	61,642.49	-360,925.00
เหมืองแร่	6,647.68	-447,528.00
ยางพารา-ไม้ผลผสม	32,765.93	-570,241.00
ชุมชนสวนผสมและไม้ยืนต้น	441.47	-810,793.00
ป่าไม้ผลัดใบเสื่อมโทรม-ยางพารา	36,581.49	-990,877.00
ป่าไม้ผลัดใบเสื่อมโทรม	1,154.20	-2,566,950.00
ไม้ยืนต้นผสม	4,824.70	-3,015,480.00
นาข้าว	2,222.03	75,788.40

ตารางที่ 5.11 (ต่อ)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณตะกอน (ตันต่อปี)
พื้นที่ลุ่ม	21,926.41	12,639.50
พื้นที่เลี้ยงกุ้ง	15,921.10	6,133.88
ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด	1,353.86	5,781.94
อ่างเก็บน้ำ	141.56	3,919.56
พื้นที่เลี้ยงปลาและกุ้ง	5,140.88	2,569.78
สนามบิน	12,544.85	1,575.98
ที่อยู่อาศัย	5,844.57	1,287.73
บ่อน้ำในไร่นา	9,549.75	427.18
แหล่งน้ำ(สร้างขึ้น)	2,108.00	363.35
ไร่นาสวนผสม	33,095.15	224.66
พื้นที่ลุ่มน้ำขัง	73.30	129.31
พื้นที่ลุ่ม-ป่าบึงหรือป่าพรุ	340,323.68	6.57
บ่อทราย-ทุ่งหญ้า	48.31	1.90

ที่มา : ข้อมูลการชะล้างพังทลายและทับถม จากแบบจำลอง USPED

หมายเหตุ เครื่องหมายลบหน้าตัวเลขหมายถึงมีการสูญเสียดินออกจากพื้นที่ ไม่มีเครื่องหมายมีการทับถม

5.5 ปริมาณการชะล้างพังทลายและทับถมในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังในแต่ละตำบลและอำเภอ

ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังในแต่ละอำเภอและตำบลมีปริมาณการสูญเสียดิน ดังแสดงในตารางที่ 5.12 และตาราง 5.13 พบว่ามีการสูญเสียดินสูงในอำเภอที่อยู่บริเวณต้นน้ำ ได้แก่ อำเภอลานสกา อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอจุฬาภรณ์ อำเภอชะอวด ส่วนอำเภอที่เหลือซึ่งอยู่ในที่ราบลุ่มจะมีการสูญเสียดินน้อยกว่า

ตารางที่ 5.12 ปริมาณการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายในแต่ละอำเภอในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

นครศรีธรรมราช	ปริมาณตะกอน (ตันต่อปี)
อำเภอลานสกา	3,130,700.00
อำเภอร่อนพิบูลย์	2,553,450.00
อำเภอชะอวด	1,465,560.00
อำเภอจุฬาภรณ์	940,325.00
อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช	714,476.00
อำเภอพระพรหม	193,555.00
อำเภอหัวไทร	96,486.00
อำเภอเฉลิมพระเกียรติ	67,396.80
อำเภอปากพนัง	65,297.20
อำเภอเชียรใหญ่	47,969.60

ตารางที่ 5.12 (ต่อ)

พัสดุ	ปริมาณตะกอน (ตันต่อปี)
อำเภอบำเพ็ญ (บางส่วน)	116,575.00
อำเภอควนขนุน (บางส่วน)	852.60

ที่มา ข้อมูลการชะล้างพังทลายจากแบบจำลอง USPED

ตารางที่ 5.13 ปริมาณการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายในแต่ละตำบลในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ปี)
นครศรีธรรมราช	จุฬาภรณ์	ทุ่งโพธิ์	366,529.00
		สามตำบล	309,464.00
		นาหมอบุญ	192,564.00
		บ้านชะอวด	37,214.00
		ควนหนองควัว	24,493.40
		บ้านควนมุด	10,060.00
นครศรีธรรมราช	เฉลิมพระเกียรติ	ทางพูน	23,177.00
		สวนหลวง	20,764.30
		ดอนตรอ	16,815.10
		เชียรเขา	6,640.46
นครศรีธรรมราช	ชะอวด	วังอ่าง	695,700.00
		เขาพระทอง	286,583.00
		เกาะขันธุ์	103,499.00
		บ้านตุล	96,327.00
		ควนหนองหงษ์	93,624.10
		นางหลง	59,036.70
		เครีง	41,076.80
		ชะอวด	38,219.50
		ท่าประจ๊ะ	28,433.90
		ท่าเสม็ด	12,530.30
		ขอนหาด	10,525.70
นครศรีธรรมราช	เชียรใหญ่	เขาพระบาท	19,589.90
		แม่เจ้าอยู่หัว	17,825.00
		ท้องลำเจียก	3,553.03
		การะเกด	2,378.69
		เสื่อหิง	1,652.28
		เชียรใหญ่	1,096.96

ตารางที่ 5.13 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ปี)
นครศรีธรรมราช	เชียรใหญ่	ท่าขนาน	924.79
		ไสหมาก	462.87
		บ้านกลาง	257.22
		บ้านเนิน	228.95
นครศรีธรรมราช	ปากพนัง	คลองน้อย	11,011.90
		ชะเมา	8,520.39
		เกาะหวด	5,795.88
		ป่าระกำ	4,994.27
		ท่าพญา	4,806.70
		ปากพนังฝั่งฯออก	4,536.76
		คลองกระบือ	4,329.63
		ปากพนังฝั่งฯตก	3,722.27
		ปากแพรก	3,581.71
		บ้านใหม่	2,737.57
		ขนานนก	2,715.32
		บ้านเพิง	2,621.10
		บางศาลา	2,103.01
		หูล่อง	1,982.23
		บางตะพง	1,598.15
		บางพระ	240.24
		แหลมตะลุมพุก	0.00
นครศรีธรรมราช	พระพรหม	ท้ายลำภา	61,132.10
		ช้างซ้าย	58,695.80
		นาพรุ	54,562.30
		นาสาร	19,164.60
นครศรีธรรมราช	เมืองนครศรีธรรมราช	ท่าวี	358,330.00
		กำแพงเซา	118,006.00
		ปากพูน	48,799.80
		โพธิ์เสด็จ	40,811.50
		นาเคียน	35,003.60
		ไชยมนตรี	27,743.40
		ท่าเรือ	25,019.40
		นาทราย	23,269.40

ตารางที่ 5.13 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ปี)
นครศรีธรรมราช	เมืองนครศรีธรรมราช	ปากนคร	12,789.50
		บางจาก	9,232.54
		ท่าไร่	6,839.80
		ท่าซัก	4,812.76
		มะม่วงสองต้น	3,817.58
นครศรีธรรมราช	ร่อนพิบูลย์	ร่อนพิบูลย์	1,231,260.00
		หิณฑก	1,033,660.00
		เสาธง	87,812.90
		ควนเกย	86,480.50
		ควนพัง	81,831.40
		ควนชุม	32,414.80
นครศรีธรรมราช	ลานสกา	ลานสกา	1,256,370.00
		กำโลน	709,594.00
		เขาแก้ว	482,943.00
		ขุนทะเล	434,123.00
		ท่าดี	247,667.00
นครศรีธรรมราช	ห้วยไทร	ทรายขาว	47,020.00
		แหลม	16,526.70
		ควนชะลิ้ง	11,605.90
		บ้านราม	10,408.20
		เขาพังไกร	4,955.12
		ห้วยไทร	2,329.01
		ท่าซอม	1,349.37
		รามแก้ว	1,002.72
		บางนบ	981.10
		เกาะเพชร	486.81
		หน้าสตน	ทับถม 179.00
พัทลุง	ควนขนุน	แหลมโดนด	509.75
		ทะเลน้อย	342.85
พัทลุง	ป่าพะยอม	ลานข่อย	115,848.00
		เกาะเต่า	617.90
		ป่าพะยอม	109.32

ที่มา ข้อมูลการชะล้างพังทลายจากแบบจำลอง USPED

5.6 การปิด-เปิดประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

ปริมาณการสูญเสียดิน 9,391,809.90 ตันต่อปีจากลุ่มน้ำปากพนังจะไหลออกสู่ทะเลและอ่าวปากพนัง หากเส้นทางน้ำซึ่งเป็นเส้นทางลำเลียงตะกอนจำนวนมากนี้ออกสู่ภายนอกลุ่มน้ำถูกปิดกั้นก็จะทำให้ปริมาณตะกอนดังกล่าวตะกอนในแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในลุ่มน้ำปากพนังมีการสร้างประตูระบายน้ำในลำน้ำสาขาดังแสดงในรูปที่ 5.10 ดังนั้นการปิด-เปิดประตูระบายน้ำในลุ่มน้ำปากพนัง จะส่งผลต่อทิศทางและปริมาณน้ำที่ไหลผ่านในเส้นทางน้ำสายหลักและเส้นทางน้ำสาขา ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากลุ่มน้ำปากพนังผ่านคลองต่างมีปริมาตรดังแสดงในตารางที่ 5.14 สำหรับประสิทธิภาพในการระบายน้ำออกจากลุ่มน้ำปากพนัง สามารถระบายน้ำได้ประมาณวันละ 10 ชั่วโมง เฉลี่ยวันละ 100 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยประตูระบายน้ำแต่ละประตูสามารถระบายน้ำได้ในปริมาณแตกต่างกัน เฉพาะประตูอุทกวิทยาประสิทธิภาพสามารถระบายได้ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 5.14 แสดงปริมาณการระบายน้ำของประตูระบายน้ำออกจากลุ่มน้ำปากพนัง

ประตูระบายน้ำ	คลอง	ปริมาณน้ำที่ผ่าน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	บ้านตาล	65.00
1. ประตูระบายน้ำท่าดี	ท่าดี	55.00
	หัวตรุด	250.00
2. ประตูระบายน้ำบางจาก	ชะเมา	100.00
3. ประตูระบายน้ำบางลึก	บางลึก	20.00
4. ประตูระบายน้ำเปี้ยะ	เกาะเพชร	20.00
5. ประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิภาพ	แม่น้ำปากพนัง	1,500.00
6. ประตูระบายน้ำจุกเงิน	จุกเงิน	210.00
7. ประตูระบายน้ำเสื่อหิง	ปากแพรก	250.00
8. ประตูระบายน้ำแพรกเมือง	แพรกเมือง	540.00

ที่มา ศูนย์อำนวยการและประสานการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2552

การปิด-เปิดประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเพื่อการระบายน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการจัดสร้างประตูระบายน้ำ ที่ผ่านมาจะมีการเปิดประตูระบายน้ำตามปกติระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีปริมาณตะกอนในมวลน้ำในสถานีเก็บบริเวณประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิภาพเฉลี่ย 27.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิภาพเปิดหมดทุกบานจะสามารถระบายตะกอนในมวลน้ำได้ 41,122.50 กิโลกรัมต่อวินาที ปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะล้างพังทลายลงมาจะไหลออกสู่ทั้งอ่าวปากพนังและชายฝั่งด้านอ่าวไทย โดยเฉพาะในช่วงหน้าฝนซึ่งมีปริมาณการชะล้างมาก การเปิดประตูระบายน้ำในช่วงหน้าฝนจึงเป็นการช่วยระบายตะกอนส่วนหนึ่งออกนอกลุ่มน้ำปากพนัง หากปริมาณน้ำส่วนใหญ่ที่ระบายออกไปสู่อ่าวปากพนังจะทำให้เกิดการตื้นเขินของอ่าวปากพนังได้ ทั้งนี้ขึ้นกับการบริหารจัดการประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

จากการศึกษาข้อมูลการปิด-เปิดประตูระบายน้ำจากศูนย์อำนวยและประสานการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ระหว่างเดือนมกราคม 2549 - เดือนมิถุนายน 2550 (ไม่รวมข้อมูลเดือนธันวาคม 2549 เนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์) พบว่า มีการระบายน้ำออกสู่อ่าวปากพนังและอ่าวไทยทั้งสิ้น 3,370.36 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีการระบายน้ำออกสู่อ่าวปากพนังร้อยละ 78.23 ผ่านทางประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ 2,108.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ผ่านทางประตูระบายน้ำสุขุม 83.16 ล้านลูกบาศก์เมตร และประตูระบายน้ำบางจาก 445.28 ล้านลูกบาศก์เมตร (สำหรับประตูระบายน้ำเปี้ยะและประตูระบายน้ำบางลึกไม่มีข้อมูล) การระบายน้ำอีกส่วนจะระบายออกสู่อ่าวไทยโดยตรงร้อยละ 21.77 โดยมีการระบายออกสู่อ่าวไทยผ่านประตูระบายน้ำจุจิน 607.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ผ่านประตูระบายน้ำเสื่อหึ่ง 47.37 ล้านลูกบาศก์เมตร และประตูระบายน้ำท่าพระยา 78.65 ล้านลูกบาศก์เมตร (สำหรับประตูระบายน้ำแพรกเมืองไม่มีข้อมูล)

หากใช้ค่าปริมาณตะกอนในมวลน้ำในสถานีเก็บบริเวณประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์เฉลี่ยทั้งปี 18.29 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในแต่ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคิดคำนวณปริมาณตะกอนที่ปล่อยออกทางประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ซึ่งมีการระบายน้ำออกทั้งสิ้น 1708.64 ล้านลูกบาศก์เมตร ระหว่างเดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2549 จะมีปริมาณตะกอนที่ปล่อยออกสู่อ่าวปากพนังทั้งสิ้น 23,849,404.19 ตัน ซึ่งมีค่ามากกว่าที่คำนวณได้จากสมการสูญเสียดินสากลและสมการ USPED

ดังนั้นในการติดตามปริมาณตะกอนที่ปล่อยออกสู่อ่าวปากพนังและอ่าวไทยอย่างต่อเนื่อง จึงควรมีการเก็บข้อมูลควบคู่กับการเก็บปริมาณน้ำที่ปล่อยออกที่แต่ละประตูระบายน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลใกล้เคียงกับสถานการณ์การปล่อยน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำ

บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ

การชะล้างพังทลายของดินและการทับถมของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป ความรุนแรงที่เกิดขึ้นนอกจากปัจจัยจากสภาพพื้นที่ ลักษณะดิน ปริมาณน้ำฝนแล้ว กิจกรรมในพื้นที่ที่เกิดจากมนุษย์เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมของตะกอน สิ่งที่จะตามมาจากการชะล้างพังทลายของดินคือความเสียหายระบบนิเวศและประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอน ซึ่งสามารถที่จะลดหรือป้องกันได้หลายแนวทางด้วยกัน ทั้งนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน

จากผลการศึกษาพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดชะล้างพังทลายในบริเวณลุ่มน้ำปากพนังพบจะมีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติของแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายสูงจะมีสภาพพื้นที่สูงชันและลักษณะดินมีการยึดเกาะกันไม่แน่นหนา หากเป็นพื้นที่เปิดโล่งการชะล้างพังทลายจะมีอัตราเพิ่มขึ้น ลักษณะการใช้ประโยชน์จะมีการปรับเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าดิบชื้นไปเป็นที่สำหรับปลูกพืชเชิงเดี่ยว (ไม้ผล, ยางพารา) โดยในพื้นที่ที่เป็นที่พื้นที่สูงและที่ราบในหุบเขาก็มียุทธศาสตร์ที่จะเกิดการชะล้างพังทลายได้มาก ส่วนพื้นที่ที่ราบลุ่มความชันน้อยจะมีการทับถมของตะกอนและหากมีแอ่งน้ำในพื้นที่ก็จะรองรับการตกตะกอนได้มากขึ้น เป็นต้น ส่วนปริมาณตะกอนที่ไหลไปกับมวลน้ำหากมีการปิดขวางทางน้ำหรือมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่านของน้ำ จะทำให้เกิดการตกตะกอนในเส้นทางที่น้ำไหลผ่าน ในลุ่มน้ำปากพนังได้มีการสร้างประตูระบายน้ำเพื่อการชลประทานหลายแห่ง ดังนั้นในการเปิด - ปิดประตูระบายน้ำในจุดต่างๆ จะส่งผลต่อปริมาณตะกอนในมวลน้ำและการตกตะกอนในเส้นทางน้ำ

การควบคุมชะล้างพังทลายไม่สามารถป้องกันให้หมดไปจากพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังได้ แต่สิ่งที่สามารถทำได้ คือ การลดการชะล้างพังทลายของดินได้โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการในการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และมีกิจกรรมการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์จากที่ดิน และเปิด-ปิดประตูระบายน้ำให้สัมพันธ์กับปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำ ในการนี้จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกๆ ฝ่าย

แนวทางในการป้องกันและลดผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน ที่ควรกระทำโดยเร่งด่วน คือ การป้องกันในการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท และการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่มีการชะล้างของตะกอน

6.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและลักษณะกิจกรรมของมนุษย์ การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตที่ผ่านมา จากผลการศึกษาควมมีการจัดการพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินสูงซึ่งมีอัตราการสูญเสียดินต่อพื้นที่เกิน 0.2 ตันต่อไร่ต่อปีโดยเร่งด่วน ได้แก่ เหมืองแร่ ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า ยางพารา-ทุ้งหญ้า บ่อลูกรัง ยางพารา-ไม้ผลผสม ไม้ผลผสม-นาข้าว ยางพารา และป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม-ยางพารา

สำหรับการใช้ประโยชน์ในพื้นที่สูง เช่น ยางพารา ปาล์หมะพร้าว ไม้ผลผสม แนวทางที่สามารถนำมาใช้เพื่อการชะล้างพังทลาย คือการรักษาสภาพของลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงหรือให้มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เป็นบวกขึ้น สามารถกระทำดังนี้

1. รักษาสภาพของพื้นที่ป่าในพื้นที่ต้นน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตพื้นที่ภูเขาสูงให้คงสภาพความอุดมสมบูรณ์ให้สูงที่สุด

2. รักษาพื้นที่ป่า โดยหน่วยงานเกี่ยวข้องและการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยสร้างความตระหนักให้เกิดแก่ประชาชนในด้านการต่อต้านการทำลายป่าและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ประชาชนต้องไม่ละเมิดกฎหมายและข้อกำหนดของรัฐ ขณะเดียวกันหน่วยงานและเจ้าหน้าที่รัฐที่รับผิดชอบ ต้องปฏิบัติตามหน้าที่ในขอบเขตอย่างเคร่งครัด และสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน เช่น การส่งเสริมอาชีพและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนรอบพื้นที่ป่า โดยไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้ความรู้กับเยาวชนและร่วมทำกิจกรรมในการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำ

3. การปลูกป่าทดแทนในพื้นที่ป่าสมบูรณ์ที่ถูกทำลายไปแล้ว โดยอาจเป็นการปลูกไม้แบบผสมผสาน คือปลูกทั้งไม้โตเร็วและไม่โตเร็วและไม้โตช้าในพื้นที่เดียวกัน และพืชที่เป็นพืชคลุมหน้าดิน

5. การใช้ประโยชน์ที่ดินควบคู่กับการอนุรักษ์ดินให้เกิดการชะล้างพังทลายน้อยที่สุด โดยใช้แนวทางในการมีส่วนร่วมและตระหนักถึงปัญหาของการชะล้างพังทลายของดินทั้งในส่วนของภาครัฐ เอกชน และประชาชน

6. การติดตามและประเมินผลในระยะยาว มาตรการที่ใช้ ทุกภาคส่วนจะต้องร่วมกันติดตามผลกันอย่างต่อเนื่อง รวมถึงหามาตรการเสริมอื่นๆ ร่วมกับการประเมินมูลค่าความในเชิงเศรษฐศาสตร์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนและประกอบการตัดสินใจในการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไปในอนาคต โดยเน้นไปที่การกระทำใดๆ ที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

6.2 การปิด-เปิดประตูระบายน้ำ

ในการบริหารการปิด-เปิดประตูระบายน้ำส่วนใหญ่ มีการระบายน้ำออกสู่อ่าวปากพนังผ่านทางประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ ในการปิด-เปิดประตูระบายน้ำมีส่วนสำคัญในการจัดการน้ำและตะกอนในลุ่มน้ำปากพนัง ในการจัดการระบายน้ำและตะกอนจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในการบริหารจัดการประตูระบายน้ำในรูปแบบต่างๆ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการติดตามตรวจสอบและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบในเชิงลบตามมาและเป็นรูปแบบในการบริหารจัดการประตูระบายน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมโดยรวม อย่างไรก็ตามในการพิจารณาถึงรูปแบบการปิด-เปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่จะนำมาประกอบการพิจารณารูปแบบการเปิดปิดประตูระบายน้ำเท่านั้น ซึ่งควรมีการดำเนินการดังต่อไปนี้ด้วย

1. ให้ความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังถึงแนวทางในการดำเนินการบริหารจัดการประตูระบายน้ำในระดับอำเภอ ตำบล และหมู่บ้าน

2. สร้างเครือข่ายในการติดตามตรวจสอบและประสานงานการปิด-เปิดประตูระบายน้ำ โดยหน้าที่สำคัญของเครือข่าย คือ ติดตามประสานงานและติดตามสถานการณ์จากการปิด-เปิดประตูระบายน้ำ

3. กำหนดแผนปฏิบัติการระดับชุมชนเพื่อการบริหารการปิด-เปิดประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

6.3 แนวทางในการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

การป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากการชะล้างพังทลายในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเป็นไปอย่างสอดคล้องและสนับสนุนซึ่งกันและกัน ควรมีการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เผยแพร่ความรู้เรื่องการชะล้างพังทลายของดินผ่านสื่อต่างๆ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันการศึกษา ผู้ผลิตสื่อต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรที่ดิน (ได้แก่ กรมวิชาการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร การชลประทาน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กรมป่าไม้ การทรัพยากรธรณี เป็นต้น)
2. สาธิตแนวทางป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยการจัดทำแปลงสาธิตในพื้นที่จริงหรือตามหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3. ส่งเสริมให้มีการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน หรือมีกระบวนการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการให้ความรู้เกษตรกรและประชาชนผ่านการฝึกอบรมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ กรมส่งเสริมการเกษตร เป็นต้น
4. กำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและศักยภาพของดิน โดยมีกฎหมายรองรับในการกำหนดเขตต่างๆ ให้มีการประโยชน์และจัดการที่ดินให้เป็นไปตามแนวทางและมาตรการที่ได้วางไว้
5. เร่งฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรมให้มีพืชคลุมดินหรือจัดการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ในความดูแลของรัฐ

6.4 มาตรการและข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การเกิดการชะล้างพังทลายของดินอันเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายหน้าดิน พัดพาเอาตะกอนดินที่อุดมสมบูรณ์ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เกิดการชะล้างพังทลาย ทำให้น้ำมีตะกอนและสิ่งปนเปื้อนสูง แม่น้ำลำคลองตื้นเขินและเกิดอุทกภัย การกำหนดมาตรการเพื่อจัดการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถช่วยบรรเทาปัญหาต่างๆ ได้ ลดอัตราความเสี่ยงจากสาธารณภัยต่างๆ ได้ การนำเสนอมาตรการเพื่อการจัดการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศ โดยใช้ปัจจัยความลาดชันและพื้นที่ที่เป็นที่สูงหรือเป็นพื้นที่ต่ำที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ชาญชัยและคณะ (2540) ได้เสนอแนวทางในการจัดการการชะล้างพังทลายของดินโดยการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำดังนี้

6.4.1 มาตรการและข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำในการเปิดพื้นที่เพื่อการเกษตร

การกำหนดมาตรการและข้อเสนอแนะในการจัดการเพื่อเปิดพื้นที่สำหรับการเกษตร โดยอาศัยความสัมพันธ์ของความลาดชันของพื้นที่กับประเภทของกิจกรรมทางการเกษตร โดยมีมาตรการและข้อเสนอแนะดังตารางที่ 6.1 และวิธีการเปิดพื้นที่ดังนี้

1. ค่อยทำค่อยไป (In manageable stages)
2. เปิดหมดทั้งพื้นที่ (Clean felling)
3. เลือกเปิดเป็นบางแห่ง (Selective felling)
4. ก) โดยวิธีใช้แรงคน ข) ใช้เครื่องจักร ค) ใช้แรงคนและเครื่องจักร
5. กำหนดเขตกันชน (Buffer zone)

6. เปิดพื้นที่ในเวลาที่เหมาะสม (Timeliness)
7. ไม่ทิ้งตอต้นไม้วี (Destumping)
8. เผาโดยการเผาระวัง (light burning)

ตารางที่ 6.1 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ความลาดชันของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)						
	0.3	3 - 12	12 - 20	20 - 35	35 - 45	45 - 60	> 60
พื้นที่ต่ำ (lowland)							
a. พืชล้มลุก	1,2,4ข,6,7						
b. พืชยืนต้น	1,2/3,4ค,5,6,7,8						
c. หญ้า	1,2,4ค,5,6,7,8						
d. พืชอายุปานกลาง	1,2/3,4ค,5,6,7,8						
e. เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1,2,4ค,5,6,7,8						
พื้นที่สูง (highland)							
a. พืชล้มลุก	1,2/3,4ค,5,6,7,8		1, 4ก,5,6				
b. พืชยืนต้น	1,2/3,4ค,5,6,7,8						

ที่มา ชาญชัย และคณะ (2540)

6.4.2 มาตรการและข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินโดยวิธีกล

การกำหนดมาตรการและข้อเสนอแนะในการจัดการเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินโดยวิธีกล กำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ของความลาดชันของพื้นที่กับประเภทของกิจกรรมทางการเกษตร โดยมีมาตรการและข้อเสนอแนะดังตารางที่ 6.2 และมีวิธี ดังนี้

1. ขั้นบันไดแบบม้านั่ง (bench terrace)
2. อ่างเก็บน้ำในที่ราบ (platform/individual basin)
3. ขั้นบันไดฐานกว้างแบบม้านั่ง (plateau/board bench)
4. ทางระบายน้ำ (drain and waterways)
5. บ่อดักตะกอนและร่องน้ำขวางแนวลาดเท (slit pits/traps/contour ditches)
6. คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditches)
7. ดันดินปลูกไม้ผล (orchard terrace)
8. ดันดินทดน้ำ (check dams)
9. ท่อระบายน้ำ (culverts)
10. กำแพงหินกั้นน้ำชนิดต่างๆ (stone/retaining/gabions)

ตารางที่ 6.2 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ความลาดชันของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)						
	0.3	3 - 12	12 - 20	20 - 35	35 - 45	45 - 60	> 60
พื้นที่ต่ำ (lowland)							
f. พืชล้มลุก	4	4,6					
g. พืชยืนต้น	4	4,6	1/2,4,5,6,7,8				
h. หญ้า	4	4,6	4,5,6				
i. พืชอายุปานกลาง	4	4,6	1/2,4,5, 6,8				
j. เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	4	4,5					
พื้นที่สูง (highland)							
c. พืชล้มลุก	4	1,4,5,6	1/3,4,5, 6,8	1/3,4,5, 6,8,9, 10			
d. พืชยืนต้น	4	4,6	1/2,4,5,6,7,8				

ที่มา ชาญชัย และคณะ (2540)

6.4.3 มาตรการและข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การกำหนดมาตรการและข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช กำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันของพื้นที่ และการจัดการวิธีปลูกพืชตามประเภทของการใช้ที่ดินต่างๆ โดยกำหนดวิธีการดำเนินการจัดการดังตารางที่ 6.3 โดยดำเนินการดังนี้

1. คลุมดิน (ground cover) โดยใช้วัสดุต่างๆ คลุมดิน
2. ปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเท (contour planting)
3. เศษพืชคลุมดิน (mulching)
4. ไถพรวนน้อยที่สุด (minimum tillage)
5. ปลูกพืชถี่ (high density planting)
6. ปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation)
7. ปลูกพืชแซมระหว่างแถว (intercropping)
8. แถบพืชอนุรักษ์ดิน (alley cropping)
9. แถบหญ้าอนุรักษ์ดิน (grass strips)
10. แนวพืชมกกันลม (wind breakers)

ตารางที่ 6.3 แสดงมาตรการและแนวทางการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ความลาดชันของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)						
	0.3	3 - 12	12 - 20	20 - 35	35 - 45	45 - 60	> 60
พื้นที่ต่ำ (lowland)							
k. พืชล้มลุก	3,5,6	2-10					
l. นาข้าวบนไหล่เขา	3,4,5	7,8				4	
m. พืชยืนต้น	1,3,4,5	1,2,3,4,5,6,7,8					
n. หญ้า	4						
o. พืชอายุปานกลาง	1,3,4,5,6,7,8						
พื้นที่สูง (highland)							
e. พืชล้มลุก	3,5,6,7,10						
f. พืชยืนต้น	1,2,3,4,5,7,8,9,10						

ที่มา ชาญชัย และคณะ (2540)

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2546. โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 51 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2536. แผนการใช้ที่ดินลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 92 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2542. แผนการใช้ที่ดินเพื่อพัฒนาชนบทลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กองวางแผนการใช้ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 77 หน้า.
- ชาญชัย ธนาวุฒิ, เซาว์ ยงเฉลิมชัย และอับดุลเลาะห์ เบ็ญนุ้ย. 2545. การประยุกต์ใช้ GIS และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมในการกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มและพื้นที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินถล่มในจังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ. 18 (1) : 30-46.
- ชาญชัย ธนาวุฒิ, และอับดุลเลาะห์ เบ็ญนุ้ย. 2547. การใช้ที่ดินและโอกาสในการเกิดแผ่นดินถล่มในลุ่มน้ำปากพนัง. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. 5 (1) : 17-28.
- ชาญชัย ธนาวุฒิ, เซาว์ ยงเฉลิมชัย, วิสูตร หวังวรวิดิ, ปราโมทย์ แก้ววงศ์ศรี, ไพบุลย์ ประโมจน์, ซาลี นาวานุเคราะห์, ทงธรรม สุขสว่าง, อับดุลเลาะห์ เบ็ญนุ้ย และอ้อมทิพย์ สุขบุญ. 2540. การจัดการสาธารณภัยในภาคใต้ของประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- มูลนิธิชัยพัฒนา. 2544. อุทกวิทยาประสิทธิ. วารสารมูลนิธิชัยพัฒนา 3-10
- ศูนย์อำนวยการและประสานการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2552. การบริหารการพัฒนาโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ศูนย์อำนวยการและประสานการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, จังหวัดนครศรีธรรมราช.
- Alimohammadi, A., Sheshangosht, S. and Soltani, M.J. 2006. Evaluation of relations between DEM-Based USPED Model Output and Satellite-based spectral indices. Conference Proceedings of Map India 2006. <http://www.gisdevelopment.net/proceedings/mapindia/2006/index.htm>
- Blanco, A.C. and Nadaoka, K. 2006. A comparative assessment and estimation of potential soil erosion rates and patterns in Laguna Lake watershed using three models: Towards development of an erosion index system for integrated watershed-lake management. Symposium on Infrastructure Development and the Environment, 7-8 December 2006, SEAMEOINNOTECH, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, PHILIPPINES.
- Mitas, L. and Mitsova, H. 1998. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention, Water Resources Research, Vol. 34, 505-516
- Mitsova, H. and Mitas, L. <http://skagit.meas.ncsu.edu/~helena/gmslab/denix/uspded.html>
- Mitsova, H., Hofierka, J., Zlocha, M. and Iverson, L.R. 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of GIS v. 10, no. 5, p.629-641.

- N. S. Bulygina, M. A. Nearing, J. J. Stone and M. H. Nichols. 2007. DWEPP: a dynamic soil erosion model based on WEPP source terms in *Earth Surface Processes and Landforms*. 32 : 998–1012
- Pistocchi A., Cassani, G. and Zani, O. 2002. Use of the USPED model for mapping soil erosion and managing best land conservation practices, In Rizzoli, A. E. and Jakeman, A. J., (eds.), *Integrated Assessment and Decision Support, Proceedings of the First Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, Vol. 1, pp. 163-168. iEMSS, 2002. <http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/>
- Prabnarong P. and Kaewrat J. 2006. The Uthokawiphatprasit Watergate: a man-made change in Pak Phanang River Basin. *Walailak Journal of Science and Technology* 3(2): 131-144.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC. 1997a. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), USDA Agricultural Handbook 703. US Government Printing Office: Washington, DC.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Porter JP. 1997b. RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 49(3): 213–220.
- Zaluski, M.H., Consort, J.J., and Antonioli, S.B. 2003. Soil Erosion and Deposition Modeling in ArcGIS. In *Business and Industry Symposium*, 108-113. The Society for Modeling and Simulation International (SCS).

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณแผ่นเฉลี่ย (มม.) ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังและพื้นที่ใกล้เคียง

พ.ศ.	สถานีวัดน้ำฝน																
	จ. นครศรีธรรมราช																
	ทุ่งสง	หัวไทร	ปากพนัง	ท่าศาลา	สิชล	ร่อนพิบูลย์	ทุ่งใหญ่	ชะอวด	เชียรใหญ่	ลานสกา	บางขัน	สถานีทดลองยางนครฯ	สตอ. นคร	สภ. นครฯ			
															เมือง	ควนขนุน	
จ.พัทลุง	จ.สงขลา																
2524	1,497.15	1,459.05	839.45	1,509.25	1,501.83	660.00	1,336.34	1,752.28	1,473.93	1,311.96	-	1,029.38	1,828.53	-	3,784.83	1,470.92	1,658.30
2525	1,616.86	1,948.92	1,109.00	1,362.33	1,094.20	923.50	1,271.04	1,422.97	1,644.88	697.98	-	1,171.44	1,593.78	-	4,449.33	1,339.75	1,608.35
2526	1,243.51	1,183.10	980.67	1,064.00	523.64	864.50	-	889.53	1,437.80	1,768.44	-	1,118.71	1,642.63	2,322.75	2,329.65	1,360.00	1,316.49
2527	1,718.30	1,539.78	1,354.75	1,837.91	497.25	1,417.86	282.00	1,235.85	1,967.13	2,083.75	-	1,375.43	2,331.97	2,107.83	1,085.66	1,779.42	1,757.03
2528	1,616.54	1,689.65	1,411.08	1,799.11	648.42	1,198.59	2,624.90	1,131.85	2,045.23	1,706.59	1,649.00	1,263.12	1,996.04	1,839.68	998.78	1,151.08	1,665.67
2529	1,938.54	1,205.92	1,932.00	1,768.33	1,257.92	1,363.75	-	1,206.38	2,156.66	1,877.08	1,604.77	1,367.76	1,907.01	1,987.54	641.19	1,276.25	1,501.68
2530	1,623.34	1,150.19	1,774.00	1,814.95	1,319.03	1,618.32	1,154.99	1,261.00	1,581.48	1,920.42	1,927.01	1,177.13	1,981.32	1,959.98	734.08	1,243.43	1,578.52
2531	2,016.29	1,572.08	2,305.75	2,190.39	1,892.63	2,207.00	1,706.83	1,512.41	2,291.24	2,457.58	1,495.92	2,076.00	2,674.34	2,443.94	1,409.40	1,399.92	1,644.77
2532	1,954.85	953.59	943.75	1,215.72	1,033.85	1,015.00	1,234.50	575.17	1,339.73	1,246.42	864.02	1,085.64	1,398.34	1,243.70	699.31	1,203.08	1,207.71
2533	1,101.63	1,108.16	1,346.42	1,405.28	740.34	1,223.00	890.32	924.30	1,460.06	1,403.42	973.90	1,458.25	1,743.37	970.49	770.98	1,062.33	1,162.01
2534	1,443.62	1,023.46	1,060.58	1,443.04	979.43	1,135.64	1,367.79	1,126.28	1,305.27	1,624.08	1,098.27	1,247.25	1,833.80	1,398.67	1,157.92	1,497.18	1,319.70
2535	1,217.93	1,217.19	757.10	1,407.14	843.67	638.08	1,305.90	1,003.72	1,451.97	1,405.58	865.95	936.75	1,603.88	1,363.22	1,033.88	891.42	1,104.37
2536	1,794.44	2,160.46	1,607.25	2,334.27	1,551.67	1,551.67	1,515.11	1,730.90	2,328.27	2,054.33	1,440.70	1,227.00	2,375.85	2,307.17	1,916.31	2,341.25	2,072.68
2537	1,905.01	1,342.61	1,748.33	1,792.38	1,043.33	1,696.50	1,477.33	1,502.00	2,313.19	2,322.17	1,092.12	1,248.58	2,037.71	1,909.83	1,456.82	2,070.25	1,689.23
2538	1,726.92	1,696.23	1,382.75	2,005.47	1,742.75	1,592.58	1,306.73	1,298.00	2,187.00	1,761.08	1,153.79	1,426.33	2,022.43	1,472.08	1,518.43	777.43	1,550.08
2539	1,920.75	1,819.08	1,927.17	1,760.34	2,059.67	482.60	1,558.59	894.84	1,891.08	2,030.92	1,279.10	1,372.92	2,171.80	1,922.08	2,029.82	2,307.75	2,052.50
2540	1,620.85	1,750.55	975.20	1,556.20	1,521.58	1,985.33	1,098.83	1,937.10	1,490.67	2,082.58	1,238.08	499.00	2,022.44	1,951.78	1,407.35	1,988.83	2,050.40
2541	1,334.42	1,266.80	1,643.17	2,065.13	1,352.92	1,276.67	1,028.22	1,436.33	1,103.50	1,703.83	1,143.58	623.75	2,057.89	1,935.00	1,302.33	1,353.00	1,766.23
2542	1,391.00	1,627.53	-	1,499.92	1,930.17	1,503.67	976.28	1,669.00	1,253.92	1,765.25	1,279.42	1,447.75	2,420.23	2,080.92	1,934.05	1,513.00	2,536.02
2543	1,945.33	2,203.79	2,944.00	2,190.50	1,778.00	3,218.92	1,209.52	2,254.58	1,757.50	3,150.92	1,105.75	1,553.83	2,840.51	2,997.59	2,425.99	1,947.58	2,412.76
2544	1,546.38	961.82	1,640.67	1,807.85	1,490.92	1,834.58	970.60	1,097.23	995.08	995.08	886.25	1,723.58	2,110.88	2,201.26	1,626.41	1,343.30	1,686.84
2545	1,294.73	175.35	-	1,378.92	1,514.08	1,859.67	465.49	619.46	874.34	1,927.00	882.08	1,344.92	2,205.28	1,912.50	1,534.90	1,196.33	1,285.03
2546	1,821.03	769.65	-	1,673.08	1,173.64	1,847.50	817.35	816.35	1,413.83	2,088.00	944.00	1,373.58	2,359.69	2,159.50	871.81	998.62	1,070.80
2547	1,374.49	-	-	1,309.48	1,226.58	1,269.92	664.76	680.63	868.08	1,542.25	758.50	1,046.58	-	-	1,431.73	1,307.64	1,430.35
2548	1,364.12	2,420.18	1,491.90	1,272.42	1,887.43	1,962.87	720.75	1,574.10	2,247.75	2,070.75	1,041.50	844.60	-	2,426.50	2,239.69	2,854.29	1,558.09
เฉลี่ย	1,601.12	1,426.88	1,484.52	1,658.54	1,304.20	1,453.91	1,173.22	1,262.09	1,635.18	1,799.90	1,177.32	1,241.57	2,050.42	1,928.08	1,626.66	1,511.87	1,610.65

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 แสดงค่าตัวแปรความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในภาคใต้

เนื้อดิน	บริเวณที่สูง	บริเวณที่ลุ่มต่ำ
ดินทราย (Sand)	0.04	0.04
ดินทรายร่วน (Loamy Sand)	0.07	0.09
ดินร่วนทราย (Sandy Loam)	0.20	0.30
ดินร่วน (Loam)	0.33	0.34
ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam)	0.40	0.34
ดินทรายแป้ง (Silt)	-	0.57
ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay loam)	0.19	0.21
ดินร่วนเหนียว (Clay Loam)	0.29	0.31
ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay Loam)	0.31	0.21
ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay)	-	0.18
ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay)	0.22	0.29
ดินเหนียว (Clay)	0.11	0.14

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2526)

หมายเหตุ บริเวณที่สูง หมายถึง พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

 บริเวณที่ลุ่ม หมายถึง พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 แสดงค่าตัวแปร C และ P

ชนิดของพืชพรรณหรือลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
นาร้าง	0.100	0.100
นาข้าว นาดำ นาหว่าน นาน้ำฝน	0.280	0.100
เกษตรผสมผสาน/ไร่นา	0.225	1.000
พืชไร่ พืชไร่นา พืชไร่อื่นๆ	0.340	1.000
ไม้ยืนต้น ไม้ยืนต้นผสม ยางพารา ยูคาลิปตัส สนประดิพัทธ์	0.150	1.000
ไม้ผล ไม้ผลผสม สวนผลไม้	0.150	1.000
ป่าลุ่มน้ำมัน	0.300	1.000
ไม้ชายเลน	0.000	0.000
หมาก มะพร้าว มะม่วงหิมพานต์ ตาล	0.400	1.000
ป่าดิบชื้น ป่าดงดิบ ป่าไม่ผลัดใบอื่นๆ	0.001	1.000
ป่าดิบเขา	0.003	1.000
ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา	0.019	1.000
ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม ป่าดิบชื้นถูกทำลาย	0.040	1.000
ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม	0.250	1.000
ป่าชายหาด	0.450	1.000
สวนป่า สวนป่าผสม สวนป่าอื่นๆ วนเกษตร	0.088	1.000
พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ลุ่มน้ำขัง พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ	0.000	0.000
ทุ่งหญ้า ทุ่งหญ้าธรรมชาติ ทุ่งหญ้าปรับปรุงแล้ว	0.015	1.000
เหมืองแร่	0.800	1.000
บ่อขุดเก่า บ่อลูกรัง บ่อทราย บ่อดิน พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	0.000	0.000
ตัวเมือง หมู่บ้าน สถานีคมนาคม	0.000	0.000
พื้นที่น้ำ แม่น้ำลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น	0.000	0.000
ป่าบึงน้ำจืดหรือป่าพรุ ป่าชายเลน	0.000	0.000
พื้นที่อื่นๆ	0.800	1.000

ที่มา : กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก ข

ชุดคำสั่ง AML สำหรับคำนวณค่า LS ด้วยโปรแกรม ArcInfo

ชุดคำสั่งในการประมวลค่า LS ประกอบด้วยชุดคำสั่งดังนี้

1. sl.aml เป็นชุดคำสั่งหลัก
2. fil.aml เป็นชุดคำสั่งย่อยในการปรับพื้นที่
3. dn_slope.aml เป็นชุดคำสั่งคำนวณมุมของความชัน
4. high_pts.aml เป็นชุดคำสั่งย่อยในการกำหนดจุดความสูงจากข้อมูลความสูง (DEM)
5. s_length.aml เป็นชุดคำสั่งย่อยคำนวณความยาวสะสมในแนวความลาดชัน
6. ls.aml เป็นชุดคำสั่งย่อยคำนวณค่า LS

รายละเอียดของคำสั่งมีดังนี้

1. คำสั่ง sl.aml

Cumulative Downhill Slope Length AMLs

(Version 1.0)

Index

sl.aml: Core program, calls others as needed.
fil.aml: Fills depressions.
dn_slope.aml: Calculates downhill slope angle
high_pts.aml: Identifies high points from the DEM.
s_length.aml: Calculates cumulative downhill slope length.
ls.aml: Calculates USLE LS factor values.

To run the program, just run sl.aml with the following args:

```
/* Usage: sl <elevation grid> <slope length grid> <LS value grid>  
/* {FEET | METER} {cutoff value} {slope angle grid}
```

where

(elevation grid) is your input DEM

(slope length grid) is the name of the output slope length grid

(LS value grid) is the name of the output LS values grid

(feet/meter) is the measurement unit used in your DEM (an optional input)

(cutoff value) is the slope change required to cause deposition rather than erosion. The default is 0.5

(slope angle grid) an optional output maximum downhill slope angle grid

sl.aml

```
/* sl.aml *****
```

```
/* The input : a grid of elevations.
```

```

/* The elevations must be in the same units as the horizontal distance.

/* The unit of measurement for the elevation grid.

/* The change in slope(as a %) that will cause the slope length
/* calculation to stop and start over.

/* The output: a grid of cumulative slope lengths,
/*: a grid of LS values for the soil loss equation,
/*: an optional grid of down hill slope angle.

/* Usage: sl <elevation grid> <slope length grid> <LS value grid>
/* {FEET | METER} {cutoff value} {slope angle grid}
&args sl_elev sl_out LS_out grd_units cutoff_value sl_angle
/* Convert user input to capital letters *****
&sv .grid_units = [translate %grd_units%]
/* Set default cutoff value if necessary *****
&if [null %cutoff_value%] or [index %cutoff_value% #] eq 1 &then
    &sv .slope_cutoff_value = .5
&else
    &sv .slope_cutoff_value = [calc [value cutoff_value] / 100]
/* Set the grid environment *****
setcell %sl_elev%
setwindow %sl_elev%
&describe %sl_elev%
/* Create a depressionless DEM *****
&run fil.aml %sl_elev% sl_DEM
/* Create an outflow direction grid *****
sl_outflow = flowdirection(sl_DEM)
/* Create a possible inflow grid *****
sl_inflow = focalflow(sl_DEM)
/* Calculate the degree of the down slope for each cell *****
&run dn_slope.aml sl_DEM sl_slope
/* Calculate the slope length for each cell *****
&sv cell_size = [show scalar $$cellsize]
&sv diagonal_length = 1.414216 * %cell_size%
/* Convert to radians for cos--to calculate slope length
if (sl_outflow in {2, 8, 32, 128})
    sl_length = %diagonal_length% div cos(sl_slope div deg)

```

```

else
    sl_length = %cell_size% div cos(sl_slope div deg)
endif

/* Set the window with a one cell buffer to avoid NODATA around the edges **
setwindow [calc [show scalar $$wx0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wx1] + [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy1] + [show scalar $$cellsize]]

/* Create a new flow direction grid with a one cell buffer *****
sl_flow = sl_outflow
kill sl_outflow
sl_outflow = con(isnull(sl_flow), 0, sl_flow)
kill sl_flow

/* Create a grid of the high points and NODATA *****
    /* The high points will have 1/2 their cell slope length for VALUE ***
&run high_pts.aml

/* Create a grid of high points and 0's *****
    /* This will be added back in after the slope lengths for all other ****
    /* cells has been determined for each iteration *****
sl_high_pts = con(isnull(sl_cum_l), 0, sl_cum_l)

/* Calculate the cumulative slope length for every cell *****
&run s_length.aml

/* Calculate the LS value for the soil loss equation *****
&run ls.aml

/* Reset window and mask *****
setwindow %sl_elev%
setmask %sl_elev%
setmask off

/* Kill temporary grids *****
kill sl_(!DEM outflow inflow length high_pts!)

/* Set the output grid names to the user input *****
rename sl_cum_l %sl_out%
rename ls_amount %LS_out%
&if [null %sl_angle%] &then
    kill sl_slope

```

```

&else

    rename sl_slope %sl_angle%

&return

-----

fil.aml

/* fil.aml *****

/* The input : a grid of elevations

/* The output: a depressionless elevation grid.

/* Usage: fil

&args DEM_grid fil_DEM

/* Copy original elevation grid *****

%fil_DEM% = %DEM_grid%

/* Create a depressionless DEM grid *****

finished = scalar(0)

&do &until [show scalar finished] eq 1

    finished = scalar(1)

    rename %fil_DEM% old_DEM

    if (focalflow(old_DEM) eq 255) {

        %fil_DEM% = focalmin(old_DEM, annulus, 1, 1)

        test_grid = 0

    }

    else {

        %fil_DEM% = old_DEM

        test_grid = 1

    }

    endif

    kill old_DEM

    /* Test for no more sinks filled *****

docell

    finished {= test_grid

end

kill test_grid

&end

&return

-----

```

```

dn_slope.aml

/* dn_slope.aml *****

/* The input : a grid of elevations with no depressions

/* The output: a grid of down slopes in degrees.

/* Usage: dn_slope

&args DEM_grid down_slope

/* Compute the outflow direction for each cell *****

dn_outflow = flowdirection(%DEM_grid%)

/* Set the window with a one cell buffer *****

&describe %DEM_grid%

setwindow [calc [show scalar $$wx0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wx1] + [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy1] + [show scalar $$cellsize]]

/* Create a DEM with a one cell buffer *****

/* This prevents NODATA being assigned to the edge cells that flow
/* off the DEM. Cells that flow off the DEM will get 0 slope *****

dn_buff_DEM = con(isnull(%DEM_grid%), focalmin(%DEM_grid%), %DEM_grid%)

/* Calculate the down slope in degrees *****

&sv cell = [show scalar $$cellsize]

/* The () prevent problems that occur with using whole numbers ****

&sv cell_size = (1.00 * %cell%)

&sv diagonal_length = (1.414216 * %cell_size%)

/* find down slope cell and calculate slope *****

if (dn_outflow eq 64)

    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(0, -1)) div ~
        %cell_size%)

else if (dn_outflow eq 128)

    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, -1)) div ~
        %diagonal_length%)

else if (dn_outflow eq 1)

    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, 0)) div ~
        %cell_size%)

else if (dn_outflow eq 2)

    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, 1)) div ~

```

```

        %diagonal_length%)
else if (dn_outflow eq 4)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(0, 1)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 8)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, 1)) div ~
        %diagonal_length%)
else if (dn_outflow eq 16)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, 0)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 32)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, -1)) div ~
        %diagonal_length%)
else
    %down_slope% = 0.00
endif

/* Reset old settings *****
setwindow %DEM_grid%

/* Clip the output grid *****
dn_slope = %down_slope%
kill %down_slope%
rename dn_slope %down_slope%

/* Kill the temporary grids *****
kill dn_buff_DEM
kill dn_outflow

&return

-----

high_pts.aml
/* high_pts.aml *****
/* This is not a stand alone AML *****

/* Grids used from sl.aml:

/* sl_outflow
/* sl_inflow
/* sl_slope

/* Grid produced for sl.aml:

```

```

        /* sl_cum_l
/* Find the high points and set value to half their own slope length *****
/* A high point is a cell that has no points flowing into it or if the only
/* cells flowing in to it are of equal elevation. *****
if ((sl_inflow && 64) and (sl_outflow(0, -1) eq 4))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 128) and (sl_outflow(1, -1) eq 8))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 1) and (sl_outflow(1, 0) eq 16))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 2) and (sl_outflow(1, 1) eq 32))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 4) and (sl_outflow(0, 1) eq 64))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 8) and (sl_outflow(-1, 1) eq 128))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 16) and (sl_outflow(-1, 0) eq 1))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 32) and (sl_outflow(-1, -1) eq 2))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
/* Flat high points get 0 instead of 1/2 slope length *****
else if (sl_slope eq 0)
    sl_cum_l = 0.0
else
    sl_cum_l = 0.5 * sl_length
endif
&return
-----
s_length.aml
/* s_length.aml| *****
/* This is not a stand alone AML *****
/* Grids used from sl.aml:
/* sl_inflow
/* sl_outflow
/* sl_slope

```

```

/* sl_length
/* sl_high_pts
/* sl_DEM
/* Grid produced for sl_aml:
/* sl_cum_l
/* Prevents the testing of the buffer cells *****
setmask sl_DEM
/* Calculate the cumulative slope length for each cell *****
nodata_cell = scalar(1)
&sv finished = .FALSE.
&do &until %finished%
    rename sl_cum_l sl_out_old
    &sv counter = 0
    &do counter = 1 &to 8
        /* Set the variables for the if that follows
        &select %counter%
            &when 1
                &do
                    &sv from_cell_grid      = sl_north_cell
                    &sv from_cell_direction = 4
                    &sv possible_cell_direction = 64
                    &sv column              = 0
                    &sv row                  = -1
                &end
            &when 2
                &do
                    &sv from_cell_grid      = sl_NE_cell
                    &sv from_cell_direction = 8
                    &sv possible_cell_direction = 128
                    &sv column              = 1
                    &sv row                  = -1
                &end
            &when 3
                &do

```

```

&sv from_cell_grid      = sl_east_cell
&sv from_cell_direction = 16
&sv possible_cell_direction = 1
&sv column              = 1
&sv row                 = 0
&end
&when 4
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_SE_cell
    &sv from_cell_direction = 32
    &sv possible_cell_direction = 2
    &sv column              = 1
    &sv row                 = 1
  &end
&when 5
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_south_cell
    &sv from_cell_direction = 64
    &sv possible_cell_direction = 4
    &sv column              = 0
    &sv row                 = 1
  &end
&when 6
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_SW_cell
    &sv from_cell_direction = 128
    &sv possible_cell_direction = 8
    &sv column              = -1
    &sv row                 = 1
  &end
&when 7
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_west_cell
    &sv from_cell_direction = 1
    &sv possible_cell_direction = 16

```

```

        &sv column          = -1
        &sv row             = 0
    &end

    &when 8
        &do
            &sv from_cell_grid      = sl_NW_cell
            &sv from_cell_direction = 2
            &sv possible_cell_direction = 32
            &sv column          = -1
            &sv row             = -1
        &end
    &end

    /* Test for possible flow source cell
if (not(sl_inflow && %possible_cell_direction%))
    %from_cell_grid% = 0
    /* Test for flow source cell
else if (sl_outflow(%column%, %row%) <> %from_cell_direction%)
    %from_cell_grid% = 0
    /* Test flow source cell for nodata
else if (isnull(sl_out_old(%column%, %row%)))
    %from_cell_grid% = setnull(1 eq 1)
    /* Test current cell slope against cutoff value
else if (sl_slope >= (sl_slope(%column%, %row%) * %.slope_cutoff_value%))
    %from_cell_grid% = sl_out_old(%column%, %row%) + ~
        sl_length(%column%, %row%)
else
    %from_cell_grid% = 0
endif
&end

    /* Select the longest slope length
sl_cum_l = max(sl_north_cell, sl_NE_cell, sl_east_cell, sl_SE_cell, ~
    sl_south_cell, sl_SW_cell, sl_west_cell, sl_NW_cell, ~
    sl_high_pts)

    /* Kill the temporary grids
kill (!sl_north_cell sl_NE_cell sl_east_cell sl_SE_cell ~

```

```

        sl_south_cell sl_SW_cell sl_west_cell sl_NW_cell!)
kill sl_out_old

/* Test for the last iteration filling in all cells with data
&sv no_data = [show scalar nodata_cell]

&if %no_data% eq 0 &then

    &sv finished = .TRUE.

/* Test for any nodata cells
if (isnull(sl_cum_l) and not isnull(sl_outflow))

    sl_nodata = 1
else

    sl_nodata = 0
endif

nodata_cell = scalar(0)
docell

    nodata_cell }= sl_nodata
end

kill sl_nodata
&end

/* Reset original window and clip the cumulative slope length grid *****
setwindow sl_DEM
rename sl_cum_l sl_out_old
sl_cum_l = sl_out_old
kill sl_out_old
&return

-----

/* ls.aml *****

/* This is not a stand alone AML *****

/* Grids used from sl.aml:

/* sl_cum_l

/* sl_slope

/* Grid produced for sl.aml:

/* ls_amount

/* Convert meters to feet if necessary *****

&if %grid_units% eq METERS &then

    ls_length = sl_cum_l div 0.3048

```

```

&else

    ls_length = sl_cum_l

/* Calculate LS for the soil loss equation *****

    /* For cells of depostion

if (ls_length eq 0)

    ls_amount = 0

    /* For slopes 5% and over

else if (sl_slope >= 2.862405)

    ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.5) * ~
                (65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
                4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)

    /* For slopes 3% to less than 5%

else if ((sl_slope >= 1.718358) and (sl_slope < 2.862405))

    ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.4) * ~
                (65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
                4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)

    /* For slopes 1% to less than 3%

else if ((sl_slope >= 0.572939) and (sl_slope < 1.718358))

    ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.3) * ~
                (65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
                4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)

    /* For slopes under 1%

else

    ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.2) * ~
                (65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
                4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)

endif

/* kill temporary grids *****

kill ls_length

&return

```

2. fil.aml

```

/* fil.aml *****

/* The input : a grid of elevations

/* The output: a depressionless elevation grid.

```

```

/* Usage: fil
&args DEM_grid fil_DEM
/* Copy original elevation grid *****
%fil_DEM% = %DEM_grid%
/* Create a depressionless DEM grid *****
finished = scalar(0)
&do &until [show scalar finished] eq 1
    finished = scalar(1)
    rename %fil_DEM% old_DEM
    if (focalflow(old_DEM) eq 255) {
        %fil_DEM% = focalmin(old_DEM, annulus, 1, 1)
        test_grid = 0
    }
    else {
        %fil_DEM% = old_DEM
        test_grid = 1
    }
endif
kill old_DEM
/* Test for no more sinks filled *****
docell
    finished {= test_grid
end
kill test_grid
&end
&return

```

3. dn_slope.aml

```

/* dn_slope.aml *****
/* The input : a grid of elevations with no depressions
/* The output: a grid of down slopes in degrees.
/* Usage: dn_slope
&args DEM_grid down_slope
/* Compute the outflow direction for each cell *****
dn_outflow = flowdirection(%DEM_grid%)

```

```

/* Set the window with a one cell buffer *****
&describe %DEM_grid%
setwindow [calc [show scalar $$wx0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wx1] + [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy1] + [show scalar $$cellsize]]
/* Create a DEM with a one cell buffer *****
/* This prevents NODATA being assigned to the edge cells that flow
/* off the DEM. Cells that flow off the DEM will get 0 slope *****
dn_buff_DEM = con(isnull(%DEM_grid%), focalmin(%DEM_grid%), %DEM_grid%)
/* Calculate the down slope in degrees *****
&sv cell = [show scalar $$cellsize]
/* The () prevent problems that occur with using whole numbers ****
&sv cell_size    = (1.00 * %cell%)
&sv diagonal_length = (1.414216 * %cell_size%)
/* find down slope cell and calculate slope *****
if (dn_outflow eq 64)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(0, -1)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 128)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, -1)) div ~
        %diagonal_length%)
else if (dn_outflow eq 1)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, 0)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 2)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(1, 1)) div ~
        %diagonal_length%)
else if (dn_outflow eq 4)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(0, 1)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 8)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, 1)) div ~
        %diagonal_length%)
else if (dn_outflow eq 16)

```

```

    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, 0)) div ~
        %cell_size%)
else if (dn_outflow eq 32)
    %down_slope% = deg * atan((dn_buff_DEM - dn_buff_DEM(-1, -1)) div ~
        %diagonal_length%)
else
    %down_slope% = 0.00
endif

/* Reset old settings *****
setwindow %DEM_grid%

/* Clip the output grid *****
dn_slope = %down_slope%
kill %down_slope%
rename dn_slope %down_slope%

/* Kill the temporary grids *****
kill dn_buff_DEM
kill dn_outflow

&return

```

4. high_pts.aml

```

/* high_pts.aml *****
/* This is not a stand alone AML *****

/* Grids used from sl.aml:
    /* sl_outflow
    /* sl_inflow
    /* sl_slope

/* Grid produced for sl.aml:
    /* sl_cum_l

/* Find the high points and set value to half their own slope length *****
/* A high point is a cell that has no points flowing into it or if the only
/* cells flowing in to it are of equal elevation. *****
if ((sl_inflow && 64) and (sl_outflow(0, -1) eq 4))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 128) and (sl_outflow(1, -1) eq 8))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)

```

```

else if ((sl_inflow && 1) and (sl_outflow(1, 0) eq 16))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 2) and (sl_outflow(1, 1) eq 32))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 4) and (sl_outflow(0, 1) eq 64))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 8) and (sl_outflow(-1, 1) eq 128))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 16) and (sl_outflow(-1, 0) eq 1))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
else if ((sl_inflow && 32) and (sl_outflow(-1, -1) eq 2))
    sl_cum_l = setnull(1 eq 1)
/* Flat high points get 0 instead of 1/2 slope length *****
else if (sl_slope eq 0)
    sl_cum_l = 0.0
else
    sl_cum_l = 0.5 * sl_length
endif
&return

```

5. s_length.aml

```

/* s_length.aml *****
/* This is not a stand alone AML *****
/* Grids used from sl.aml:
/* sl_inflow
/* sl_outflow
/* sl_slope
/* sl_length
/* sl_high_pts
/* sl_DEM
/* Grid produced for sl_aml:
/* sl_cum_l
/* Prevents the testing of the buffer cells *****
setmask sl_DEM
/* Calculate the cumulative slope length for each cell *****

```

```

nodata_cell = scalar(1)

&sv finished = .FALSE.

&do &until %finished%

  rename sl_cum_l sl_out_old

  &sv counter = 0

  &do counter = 1 &to 8

    /* Set the variables for the if that follows

  &select %counter%

    &when 1

      &do

        &sv from_cell_grid      = sl_north_cell

        &sv from_cell_direction = 4

        &sv possible_cell_direction = 64

        &sv column              = 0

        &sv row                  = -1

      &end

    &when 2

      &do

        &sv from_cell_grid      = sl_NE_cell

        &sv from_cell_direction = 8

        &sv possible_cell_direction = 128

        &sv column              = 1

        &sv row                  = -1

      &end

    &when 3

      &do

        &sv from_cell_grid      = sl_east_cell

        &sv from_cell_direction = 16

        &sv possible_cell_direction = 1

        &sv column              = 1

        &sv row                  = 0

      &end

    &when 4

      &do

        &sv from_cell_grid      = sl_SE_cell

```

```

&sv from_cell_direction    = 32
&sv possible_cell_direction = 2
&sv column                 = 1
&sv row                    = 1
&end
&when 5
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_south_cell
    &sv from_cell_direction = 64
    &sv possible_cell_direction = 4
    &sv column              = 0
    &sv row                 = 1
  &end
&when 6
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_SW_cell
    &sv from_cell_direction = 128
    &sv possible_cell_direction = 8
    &sv column              = -1
    &sv row                 = 1
  &end
&when 7
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_west_cell
    &sv from_cell_direction = 1
    &sv possible_cell_direction = 16
    &sv column              = -1
    &sv row                 = 0
  &end
&when 8
  &do
    &sv from_cell_grid      = sl_NW_cell
    &sv from_cell_direction = 2
    &sv possible_cell_direction = 32
    &sv column              = -1

```

```

        &sv row          = -1
    &end

&end

/* Test for possible flow source cell
if (not(sl_inflow && %possible_cell_direction%))
    %from_cell_grid% = 0
/* Test for flow source cell
else if (sl_outflow(%column%, %row%) <> %from_cell_direction%)
    %from_cell_grid% = 0
/* Test flow source cell for nodata
else if (isnull(sl_out_old(%column%, %row%)))
    %from_cell_grid% = setnull(1 eq 1)
/* Test current cell slope against cutoff value
else if (sl_slope >= (sl_slope(%column%, %row%) * %.slope_cutoff_value%))
    %from_cell_grid% = sl_out_old(%column%, %row%) + ~
        sl_length(%column%, %row%)
else
    %from_cell_grid% = 0
endif
&end

/* Select the longest slope length
sl_cum_l = max(sl_north_cell, sl_NE_cell, sl_east_cell, sl_SE_cell, ~
    sl_south_cell, sl_SW_cell, sl_west_cell, sl_NW_cell, ~
    sl_high_pts)

/* Kill the temporary grids
kill (!sl_north_cell sl_NE_cell sl_east_cell sl_SE_cell ~
    sl_south_cell sl_SW_cell sl_west_cell sl_NW_cell!)
kill sl_out_old

/* Test for the last iteration filling in all cells with data
&sv no_data = [show scalar nodata_cell]
&if %no_data% eq 0 &then
    &sv finished = .TRUE.
/* Test for any nodata cells
if (isnull(sl_cum_l) and not isnull(sl_outflow))
    sl_nodata = 1

```

```

else
    sl_nodata = 0
endif
nodata_cell = scalar(0)
docell
    nodata_cell }= sl_nodata
end
kill sl_nodata
&end

/* Reset original window and clip the cumulative slope length grid *****
setwindow sl_DEM
rename sl_cum_l sl_out_old
sl_cum_l = sl_out_old
kill sl_out_old
&return

```

6. ls.aml

```

/* ls.aml *****
/* This is not a stand alone AML *****
/* Grids used from sl.aml:
/* sl_cum_l
/* sl_slope
/* Grid produced for sl.aml:
/* ls_amount
/* Convert meters to feet if necessary *****
&if %.grid_units% eq METERS &then
    ls_length = sl_cum_l div 0.3048
&else
    ls_length = sl_cum_l
/* Calculate LS for the soil loss equation *****
/* For cells of depostion
if (ls_length eq 0)
    ls_amount = 0
/* For slopes 5% and over
else if (sl_slope >= 2.862405)

```

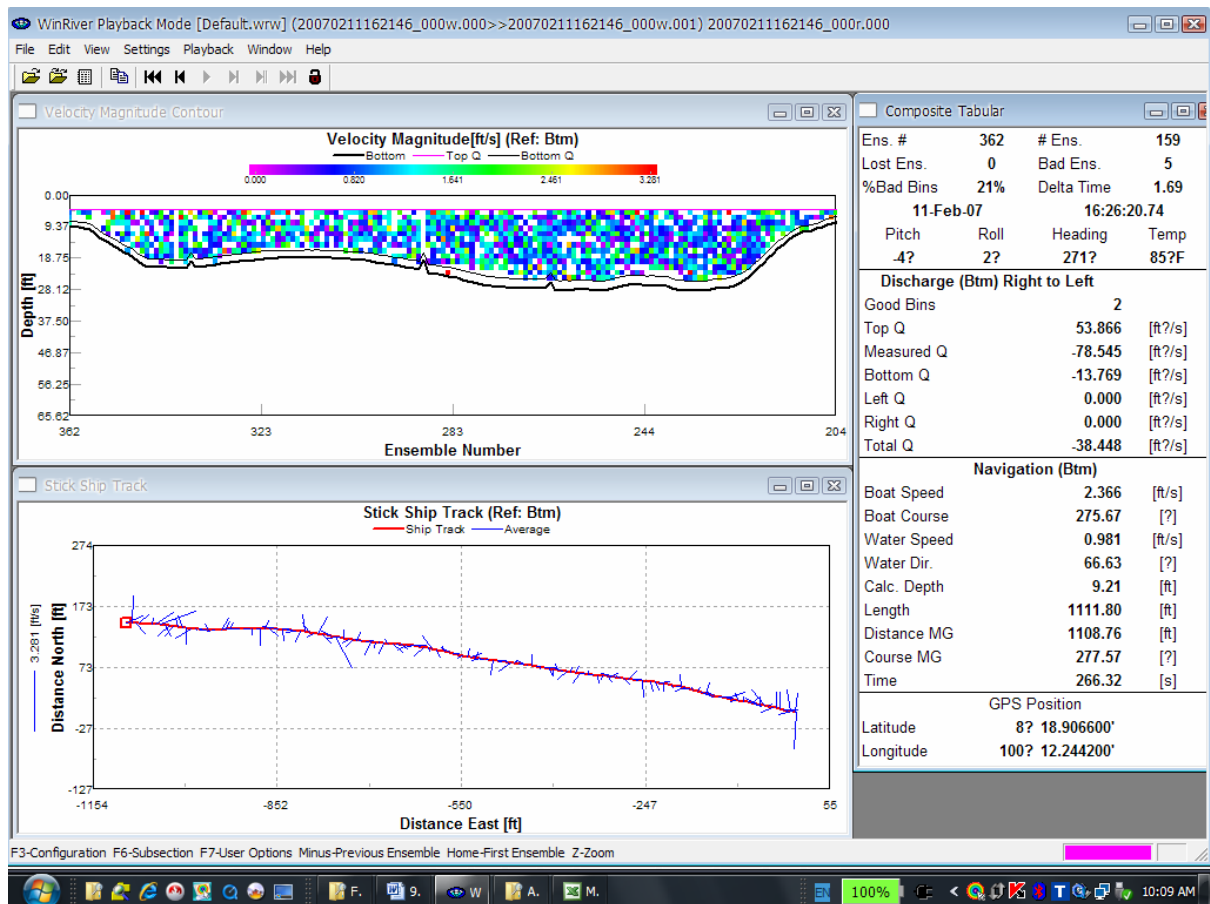
```

ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.5) * ~
(65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)
/* For slopes 3% to less than 5%
else if ((sl_slope >= 1.718358) and (sl_slope < 2.862405))
ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.4) * ~
(65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)
/* For slopes 1% to less than 3%
else if ((sl_slope >= 0.572939) and (sl_slope < 1.718358))
ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.3) * ~
(65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)
/* For slopes under 1%
else
ls_amount = pow((ls_length div 72.6), 0.2) * ~
(65.41 * pow(sin(sl_slope div deg), 2) + ~
4.56 * sin(sl_slope div deg) + 0.065)
endif
/* kill temporary grids *****
kill ls_length
&return

```

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลจากเครื่อง ADCP



ภาพแสดงการประมวลผลข้อมูลการสำรวจเส้นทางน้ำด้วยเครื่อง ADCP

ตัวอย่างข้อมูลจากการประมวลผล

F

File name	=	Measured discharge [ft ³ /s]	= -78.55	Magnetic variation [deg]	= 3.46
K:\ADPC\20070211162146_000r.000		Bottom discharge [ft ³ /s]	= -13.77	Beam 3 misalignment [deg]	= 0.00
Date [yy/mm/dd]	= 07/02/11	Left shore discharge [ft ³ /s]	= 0.00	Compass one cycle K	= 0.0000
First ensemble time	= 16:21:54	Right shore discharge [ft ³ /s]	= 0.00	Compass one cycle offset	= 0.0000
Last ensemble time	= 16:26:20	Begin Shore	= RIGHT	Compass two cycle K	= 0.0000
First ensemble number	= 204	Left shore distance [ft]	= 0.00	Compass two cycle offset	= 0.0000
Last ensemble number	= 362	Right shore distance [ft]	= 0.00	Speed of sound correction type	= 0
Number of ensembles	= 159	Left shore velocity [ft/s]	= 0.98	Projection angle [deg]	= 0.00
Distance made good [ft]	= 1108.76	Right shore velocity [ft/s]	= -2.00	Crosssectional area type	= 2
Length [ft]	= 1111.80	Left shore depth [ft]	= 9.21	Top discharge method	= POWER
Transect time [s]	= 266.32	Right shore depth [ft]	= 7.87	Bottom discharge method	= POWER
Max depth [ft]	= 28.41	Left shore area [ft ²]	= 0.00	Power curve coefficient	= 0.1667
Area [ft ²]	= 24289.52	Right shore area [ft ²]	= 0.00	Cut top bins	= 0
River width [ft]	= 1108.68	WinRiver version	= 1.06.00	Cut bins above sidelobe	= 0
Average boat speed [ft/s]	= 4.17	Firmware version	= 16.28	Left area coefficient	= 0.9100
Average boat course [deg]	= 277.57	Beam angle [deg]	= 20	Right area coefficient	= 0.9100
Flow speed [ft/s]	= 0.02	Bottom mode	= 5	Number of shore pings	= 1
Flow direction [deg]	= 97.62	Water mode	= 1	Velocity reference	= BTM
Total discharge [ft ³ /s]	= -38.45	Bin size [cm]	= 50	Depth reference	= ADCP
Top discharge [ft ³ /s]	= 53.87	ADCP transducer depth [ft]	= 1.31		