ประโยชน์ของนาข้าวรอบอ่างเก็บน้ำในการลดปริมาณการตกทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง จ. มหาสารคาม

โฆสิต ล้อศิริรัตน์ วิชัย สุภาโสด และ อดิศร จำปาทอง
Kosit Lorsirirat[1], Wichai Supasod[2] and Adisorn Champathong[3]
1/ ผู้เชี่ยวชาญด้านที่ปรึกษาอุทกวิทยา กรมชลประทาน, 2/ วิศวกรชลประทานชำนาญการพิเศษ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน, 3/ วิศวกรชลประทานชำนาญการ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน
kositl@mail.rid.go.th, wichai_mo31@yahoo.com, adisorn_eng@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปริมาณของตะกอนในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง ซึ่งมีความจุอ่างเก็บน้ำ 4.126 ล้าน ลูกบาศก์เมตร พื้นที่รับน้ำ 72.50 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ปลูกข้าวรอบขอบอ่างเก็บน้ำ 39.87 ตารางกิโลเมตร หรือ 55 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่อีก 45 เปอร์เซ็นต์ ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง โดยการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ซึ่งใช้สูตร Universal Soil Loss Equation (USLE) พบว่ามีค่าการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยปีละ 339,339 ตัน หรือ 0.267512 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาโดยการสำรวจปริมาณตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำพบว่ามีปริมาณตะกอนเฉลี่ยปีละ 0.006578 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าสัดส่วนตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ 2.46 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการพยากรณ์อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางนั้น เมื่อปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในอ่างเก็บน้ำถึงระดับธรณีท่อที่ระดับ +156.92 ม.รทก. จะมีปริมาตรตะกอนที่ตกสะสม 1.585 ล้านลูกบาศก์เมตร และส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนที่ใช้งานเหลือเพียง 96.384 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้มีอายุการใช้งานอ่างเก็บน้ำ 256 ปี แต่หากประยุกต์ใช้งานโดยการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำจากพื้นที่พืชไร่ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่นาข้าวแล้ว จะทำให้ค่า C-Factor ลดจาก 0.47 เหลือเท่ากับ 0.007 ซึ่งส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียดินในลุ่มน้ำได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ จากผลในการจำลองสถานการณ์ดังกล่าว จึงสามารถกล่าวได้ว่าพื้นที่นาข้าวที่อยู่บริเวณด้านเหนือน้ำรอบขอบอ่างเก็บน้ำเปรียบเสมือนกับฝายหรือสระเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมากที่ช่วยชะลอความเร็วการไหลของน้ำในนาข้าวก่อนที่จะไหลหลากลงสู่อ่างเก็บน้ำทำให้ปริมาณตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำลดลงและส่งผลให้อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางเพิ่มขึ้นต่อไปอีก 74 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงมีหลักประกันว่าสามารถส่งเสริมการปลูกข้าวโดยเฉพาะข้าวเกษตรอินทรีย์ในบริเวณรอบขอบอ่างเก็บน้ำซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำเก็บกักได้ ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประโยชน์ของพื้นที่บริเวณรอบขอบอ่างเก็บน้ำดังกล่าว รวมถึงสามารถลดการตกทับถมของตะกอนลงในอ่างเก็บน้ำและช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำได้อีกด้วย

คำสำคัญ: สมการการสูญเสียดินสากล, ผลผลิตตะกอน,ประสิทธิภาพการเก็บกักตะกอน,อายุการใช้งานอ่างเก็บน้ำ

1. บทนำ

การคาดคะเนการสูญเสียดินโดยใช้สมการสูญเสียดินสากลเป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่ง (สมเจตน์, 2526) ซึ่งสมการนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนการใช้ที่ดินและการคาดคะเนปริมาณตะกอนจากพื้นที่ลาดเท โดยที่ความถูกต้องของผลจากการวิเคราะห์ด้วยสมการดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูล ในปี พ.ศ. 2524 กรมพัฒนา

ที่ดินได้เริ่มนำสมการนี้มาใช้ในการคาดคะเนการสูญเสียดินในประเทศไทยจนเป็นที่ยอมรับในสมการดังกล่าว จึงทำให้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน และได้มีการประยุกต์ใช้สมการนี้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เพื่อคาดคะเนปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง จังหวัดเชียงราย รวมถึงนำไปใช้สำหรับการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน นอกจากนี้ ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการสูญเสียดินสากลเพื่อกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอีกด้วย (จักรชัย, 2542)

สำหรับโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง ซึ่งมีอัตราการกัดเซาะและการพัดพาของตะกอนมาตกทับถมในอ่างเก็บน้ำที่ไม่สูงมาก แต่หากไม่มีมาตรการในเชิงป้องกันแล้ว ในอนาคตก็จะทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำลดลงและส่งผลให้การบริหารน้ำให้แก่พื้นที่รับประโยชน์ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ (Kosit, 2007) ด้วยเหตุนี้ จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องกระบวนการชะล้างพังทลายของดินที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางขึ้น โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษากระบวนการพัดพาของตะกอน และพิจารณาปัจจัยทางธรรมชาติรวมถึงรูปแบบการใช้ที่ดินมาเชื่อมโยงกันอย่างมีระบบและมีขั้นตอน นอกจากนี้ ได้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) กับการสำรวจข้อมูลตะกอนในอ่างเก็บน้ำ เพื่อเป็นเครื่องมือประเมินปริมาณตะกอนที่สะสมในอ่างเก็บน้ำด้วย

ผลการศึกษาและวิจัยครั้งนี้เป็นทางเลือกใหม่ในการเชื่อมโยงและบูรณาการความรู้สาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาพฤติกรรมของตะกอนที่เกิดขึ้นในระบบลุ่มน้ำ ทำให้ทราบถึงสาเหตุหรือแหล่งกำเนิดของตะกอนหลักว่าเกิดมาจากการชะล้างในพื้นที่ปลูกพืชไร่และไหลลงมาตกทับถมในอ่างเก็บน้ำ จึงส่งผลให้ไม่สามารถบริหารน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ นอกจากนี้องค์ความรู้ที่ได้รับยังสามารถนำไปใช้วางแผนกำหนดกลยุทธ์เชิงรุกในการลดปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพามาจากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนที่เป็นแหล่งกำเนิดตะกอนได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รวมถึงยังสามารถควบคุมและป้องกันไม่ให้ตะกอนดังกล่าวไหลลงสู่ระบบลำน้ำและอ่างเก็บน้ำ โดยมีการกำหนดพื้นที่นาข้าวซึ่งอยู่ในบริเวณโดยรอบขอบอ่างเก็บน้ำเพื่อเป็นตัวกรองหรือแหล่งพักตะกอน ทำให้ปริมาณตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลดลง และส่งผลให้ปริมาณน้ำใช้การในอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำได้อีกด้วย

2.วัตถุประสงค์

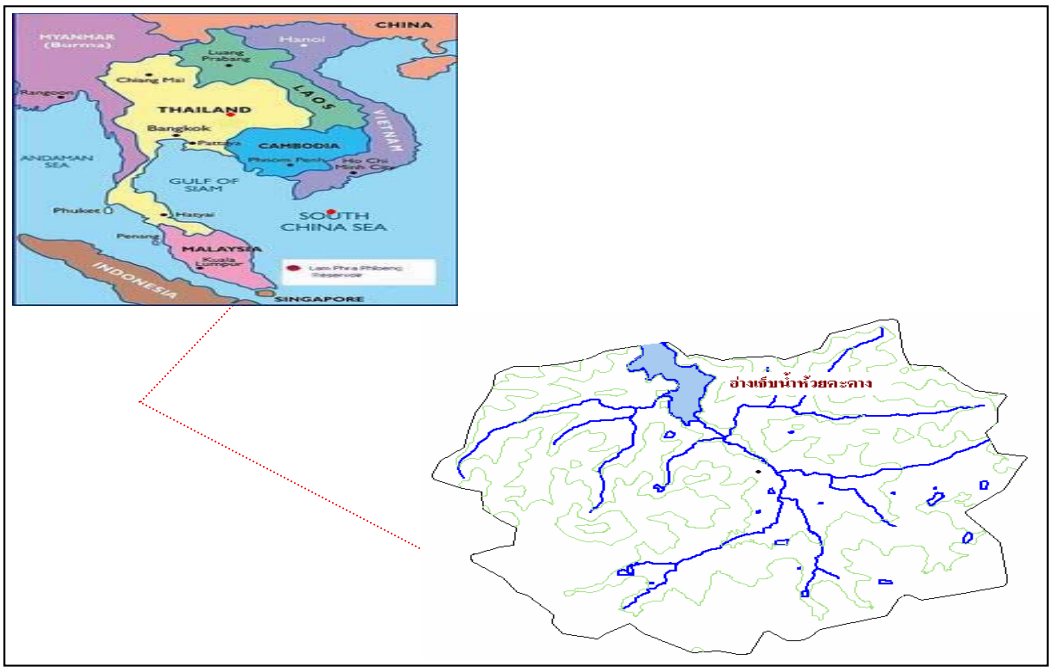
2.1 เพื่อหาค่าสัดส่วนตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำโดยการเปรียบเทียบค่าการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำกับค่าปริมาณตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

2.2 เพื่อพยากรณ์อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางซึ่งเกิดจากการตกทับถมของตะกอนที่ไหลลงมาสู่อ่างเก็บน้ำ

2.3 เพื่อประยุกต์ใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ของนาข้าวรอบอ่างเก็บน้ำเพื่อช่วยลดปริมาณการตกทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครั้งนี้ตั้งอยู่ที่โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางในลุ่มน้ำห้วยคะคางซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยหนึ่ง ในลุ่มน้ำชี มีพิกัดที่ละติจูด 16°02'56" น. และลองติจูด 103°16'27" อ. ห่างจากเขตอำเภอเมืองมหาสารคามด้านทิศใต้ฝั่งตะวันออกประมาณ 20 กิโลเมตร อ่างเก็บน้ำห้วยคะคางมีพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 72.50 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำประมาณ 2.275 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 900-1,100 มม. ในลุ่มน้ำห้วยคะคางมีลำน้ำหลัก 3 สาย ได้แก่ ห้วยคะคาง ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 38.73 ตารางกิโลเมตร ห้วยน้ำโจน ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 12.38 ตารางกิโลเมตร และห้วยวัง ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 19.12 ตารางกิโลเมตร ความยาวของห้วยคะคางจากต้นน้ำถึงทำนบดินของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางประมาณ 6 กิโลเมตร ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยคะคางมีการใช้พื้นที่เพื่อการเพาะปลูกพืชตามฤดูกาล ซึ่งได้แก่ นาข้าว คิดเป็นร้อยละ 55 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น ชนิดดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นประเภทดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) โครงการนี้มีระบบคลองส่งน้ำเพื่อกระจายน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกของโครงการ พื้นที่ศึกษาได้ถูกแสดงดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำห้วยคะคาง

4. วิธีการ

วิธีการศึกษาที่ใช้ในการคำนวณปริมาณตะกอนซึ่งไหลลงมาตกทับถมในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางในครั้งนี้ คือ การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์หาการกัดเซาะของตะกอนดินด้วยวิธี Universal Soil Loss Equation (USLE) และคำนวณสัดส่วนการปล่อยตะกอน (Sediment Delivery Ratio: SDR) (เกษม, 2551) เพื่อนำมาหาค่าปริมาณตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้ ได้พยากรณ์อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำโดยวัดปริมาณตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง

4.1.การวิเคราะห์การกัดเซาะดินและคำนวณปริมาณตะกอนด้วยวิธี USLE

วิธีการนี้เป็นการคำนวณปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะและพัดพาจากพื้นที่ลุ่มน้ำ (On-site Soil Erosion) โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) ซึ่งปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีแสดงอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝน ดัชนีแสดงสภาพถูกกัดเซาะและพัดพาของดิน ดัชนีแสดงอิทธิพลของความลาดและความยาวของพื้นที่ลาดเขา ดัชนีแสดงประสิทธิภาพของพืชคลุมดิน และดัชนีแสดงประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาเทคนิคของวิธีการศึกษาการพังทลายของดินของกระทรวงเกษตรในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Wischmeier and Smith (1978) โดยมีรูปแบบตามสมการ (1) ดังนี้

$$A = RKLSCP \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่ A = การสูญเสียดินหรืออัตราการกัดเซาะดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตัน/เฮกแตร์)

R = ค่าสมรรถนะการกัดชะของน้ำฝน (ตัน/เฮกแตร์ – มม./ปี)

K = ค่าสมรรถภาพการชะล้างพังทลายของดิน (ค่าคงที่ มีค่า 0 – 1.0)

L = ความยาวของความลาดเท (เมตร) ของแต่ละชั้นความลาดชันที่กำหนดเป็นขอบเขตของแต่ละหน่วยแผนที่

S = ความชันเฉลี่ยของแต่ละชั้นความลาดชันที่กำหนดเป็นขอบเขตของแต่ละหน่วยแผนที่ (เปอร์เซ็นต์)

C = ค่าปัจจัยการปกคลุมดินของพืช (ค่าคงที่ มีค่า 0 – 1.0)

P = ค่าปัจจัยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ค่าคงที่ มีค่า 0 – 1.0)

จากการวิเคราะห์หาการกัดเซาะดินและคำนวณปริมาณตะกอนด้วยวิธี USLE ที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้ทราบค่าปริมาณตะกอนในเชิงปริมาณและคุณภาพได้ กล่าวคือ สามารถทราบปริมาณตะกอนรวมและขณะเดียวกันก็สามารถจำแนกอัตราการกัดเซาะหน้าดิน หรือกำหนดขอบเขตของการกัดเซาะหน้าดินบริเวณต่าง ๆ ในลุ่มน้ำที่ศึกษา หลังจากนั้นจึงสามารถนำผลการศึกษาดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการควบคุมและป้องกันการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำได้

4.2. การสำรวจตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ด้วยวิธีจัดทำแผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของอ่างเก็บน้ำ

จากการสำรวจของกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน เพื่อตรวจสอบความจุของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง ใช้วิธีการวางโครงข่ายการสำรวจพิกัดทางราบด้วยวิธีวงรอบ (Traversing) หมุดหลักฐานซึ่งวางครอบคลุมพื้นที่ทั้งอ่างเก็บน้ำบริเวณระดับเก็บกักสูงสุดหรือระดับสันเขื่อนโดยวางหมุดหลักฐานเป็นคู่ขนานกับแนวแกนสันเขื่อนโดยมีเส้นซอยขนานกันทุกระยะ 200 เมตร จากแนวสันเขื่อนไปจรดท้ายอ่างเก็บน้ำหรือจุดที่เหมาะสมตามที่กำหนดรอบอ่างเก็บน้ำ จากนั้นจึงทำการสำรวจระดับชั้นสอง (Second order spirit leveling) โดยโยงค่าระดับจากหมุดหลักฐานอ้างอิงของโครงการเข้าสู่หมุดหลักฐาน (Benchmark) ที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด โดยกำหนดจุดสำรวจระดับความสูง (Elevation) ทุกระยะห่าง 40 เมตร บนทุกเส้นซอย ในการสำรวจส่วนที่เป็นพื้นดินได้ใช้อุปกรณ์ในการสำรวจสำหรับงานสำรวจชั้นสองในการสำรวจ โดยใช้กล้องวัดมุม กล้องระดับ และอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเดียวกับการวัดระดับความสูงตามจุดต่าง ๆ สำหรับในส่วนที่เป็นพื้นน้ำใช้การแล่นเรือสำรวจความลึกของระดับท้องน้ำด้วยเครื่องหยั่งความลึกน้ำ (Echo Sounder) โดยแล่นเรือตามแนวเส้นซอยที่ได้วางแนวไว้ แล้วนำข้อมูล

ทั้งหมดที่ได้จากการสำรวจมาคำนวณหาค่าพิกัดและความสูงจริงของภูมิประเทศ เมื่อได้ค่าพิกัดและระดับความสูงของพื้นที่แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการเขียนแผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour map) ชั้นละ 1 เมตร โดยกำหนดมาตราส่วน 1:4,000 จะทำให้ทราบความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับต่าง ๆ และทำการรวบรวมตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ (Bed Materials) ตามจุดต่าง ๆ ที่คาดว่ามีการตกทับถมของตะกอนด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดและจำนวน (เปอร์เซ็นต์) ของ Clay, Silt, Sand, Coarse Sand, Gravel เพื่อคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักตะกอน (Unit Weight) และการแผ่กระจายของตะกอนต่อไป

4.3 การประเมินหาค่าอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ

การศึกษาเพื่อหาค่าอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางครั้งนี้ ได้กำหนดให้ใช้วิธี Area Increment ซึ่งเป็นวิธีการประเมินการตกทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำแบบง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยยึดถือหลักการที่ว่าปริมาณตะกอนทั้งหมดที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำจะตกเป็นส่วน ๆ ในช่วงความลึกต่าง ๆ กัน ด้วยสัดส่วนที่สัมพันธ์กับความลึกของอ่างเก็บน้ำและแปรผันตรงกับพื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ หรือการตกสะสมของตะกอนจะคงที่ตลอดแนวความลึกของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ (2)

$$Va = A_0(H-H_0) + V_0 \quad \text{.....(2)}$$

โดยที่ Va = Total Sediment Volume (cu.m.)

V_0 = Sediment Volume Below New Zero Elevation (m.MSL.)

A_0 = Area Correction Factor

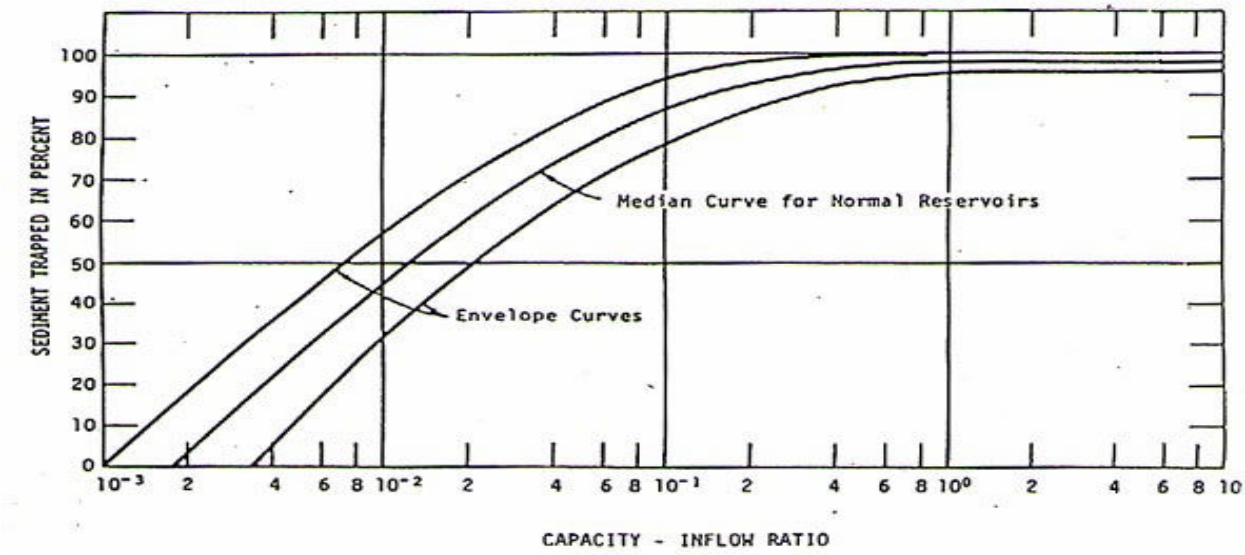
H = Reservoir Depth at Dam (m.)

H_0 = Depth of New Zero Elevation (m.)

ทั้งนี้ ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนตัวและการแผ่กระจายของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ คือ

4.3.1 ประสิทธิภาพการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำ (Trap Efficiency)

ตะกอนที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำบางส่วนจะถูกพัดพาออกไปจากอ่างเก็บน้ำ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการจัดสรรน้ำ หรือปริมาณน้ำที่ล้นออกจากอ่างเก็บน้ำ โดย Brune ได้พัฒนารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Capacity - Inflow กับเปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ตกทับถมในตัวอ่างเก็บน้ำ จากตัวอย่างการตกทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำต่างๆ จำนวน 44 แห่ง แล้วหาประสิทธิภาพการดักตะกอน (Trap Efficiency) จากความสัมพันธ์ระหว่างความจุของอ่างเก็บน้ำ (Capacity) กับปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ (Inflow) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความจุกับปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำของ Brune curve

4.3.2 ชนิดของอ่างเก็บน้ำ (Type of Reservoir)

ชนิดของอ่างเก็บน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ Lake, Floodplain - Foothill, Hill, Gorge ซึ่งอ่างเก็บน้ำแต่ละแบบสามารถจำแนกได้ตามความลาดชัน (Slope) ของตัวอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการตกสะสมของตะกอนที่แตกต่างกัน ในการจำแนกชนิดของอ่างเก็บน้ำดังกล่าวสามารถทำได้โดยการกำหนดจุด´(Plot) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึก (Depth) กับความจุ (Capacity) ของอ่างเก็บน้ำในกระดาษ Logarithmic จากนั้นจึงหาค่าความลาดชันของอ่างเก็บน้ำ Slope (m) เพื่อดูว่าอ่างเก็บน้ำนั้นจะถูกจัดอยู่ในประเภทใด และสามารถกล่าวได้ว่าชนิดของอ่างเก็บน้ำจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำ จากการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางเป็นอ่างเก็บน้ำชนิด Type 1 Lake ซึ่งมีค่า m ประมาณ 4.545 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำ

Type	Reservoir Class	Slope (m=1/n)	Coefficient	Sediment Deposit
1	Lake	3.5-4.5	5.047	Top
2	Floodplain-Foothill	2.5-3.5	2.487	Upper and Middle
3	Hill	1.5-2.5	1.967	Lower and Middle
4	Gorge	1.0-1.5	1.486	Bottom

4.3.3 รูปแบบการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation)

รูปแบบการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำมีส่วนสำคัญต่อการแผ่กระจายของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากเป็นปัจจัยกำหนดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นหากระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีระดับต่ำหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแห้งเสมอ จะทำให้ตะกอนดินเหนียว (Clay) และตะกอนดินร่วน (Silt) ที่ตกทับถมจมอยู่ในอ่างเก็บน้ำก็จะโผล่พ้นผิวน้ำและแห้งตัวซึ่งส่งผลให้ปริมาตรตะกอนลดลงด้วยเช่นกัน รูปแบบการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำแต่ละชนิด มีค่าหน่วยน้ำหนักตะกอน (Unit Weight: W) และค่าคงที่ k สำหรับอนุภาคตะกอนแต่ละชนิดซึ่งแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขนาดอนุภาคของตะกอนแบ่งตามประเภทการจัดสรรน้ำ

Reservoir	Gravel		Coarse Sand		Sand		Silt		Clay	
Operation	W	k	W	k	W	k	W	k	W	k
1	1.76-2.4	0	1.49-1.76	0	1.49	0	1.04	5.7	0.48	16.0
2	1.76-2.4	0	1.49-1.76	0	1.49	0	1.18	2.7	0.74	10.7
3	1.76-2.4	0	1.49-1.76	0	1.49	0	1.27	1.0	0.96	6.0
4	1.76-2.4	0	1.49-1.76	0	1.49	0	1.31	0.0	1.25	0.0

จากค่าหน่วยน้ำหนักตะกอนเริ่มต้น (Initial Unit Weight ,W_0) สามารถนำไปคำนวณหาค่า หน่วยน้ำหนักตะกอนที่ตกสะสมในช่วงหลายปี โดยอาศัยความสัมพันธ์ของสมการ (3) ต่อไป

4.3.4 หน่วยน้ำหนักตะกอน (Unit Weight)

หน่วยน้ำหนักตะกอนจะผันแปรกับเวลาที่ตกทับถม ชนิดและขนาดขององค์ประกอบของตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง สำหรับการคำนวณหาหน่วยน้ำหนักตะกอนเริ่มต้น (Initial Unit Weight ,W_0) หาได้จากความสัมพันธ์ในสมการ (3) ดังต่อไปนี้

$$Wo = WcPc + WsiPsi + WsPs + WcsPcs + WgPg \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่

Wc,Wsi,Ws,Wcs,Wg = Initial Weight ของ Clay, Silt, Sand, Coarse Sand, Gravel

Pc,Psi,Ps,Pcs, Pg = Percentage ของ Clay, Silt, Sand, Coarse Sand, Gravel

ซึ่งการคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักตะกอน (Unit Weight) โดย Lara และPemberton ได้พัฒนารูปแบบการคำนวณจากขนาดและชนิดขององค์ประกอบตะกอน โดยปริมาณตะกอนดินเหนียว (Clay) และ ตะกอนดินร่วน (Silt) ซึ่งเป็นตะกอนเหลว จะผันแปรตามกาลเวลาที่ผ่านไป กล่าวคือ เมื่อเวลายิ่งเพิ่มหรือยาวนานมากขึ้น จะส่งผลให้ตะกอนหดตัวหรือกดทับตัวเองทำให้ปริมาตรตะกอนลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่สำหรับตะกอนทราย (Sand) , ตะกอนทรายหยาบ (Coarse Sand) และ กรวด (Gravel) ซึ่งเป็นตะกอนแข็ง จะไม่ผันแปรตามกาลเวลาที่ผ่านไป นั่นคือ ปริมาตรตะกอนจะคงที่ ดังนั้นหากอ่างเก็บน้ำใดที่มีปริมาณตะกอนดินเหนียว (Clay) และ ตะกอนดินร่วน (Silt) มาก ก็จะทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

5.ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเพื่อหาอัตราการกัดเซาะหน้าดินในลุ่มน้ำห้วยคะคางโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการสูญเสียดินสากล ด้วยการแทนค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในสมการ มีดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยต่อปี (A) จากการศึกษาพบว่ามีค่าปริมาณการพังทลายของดินคิดเป็นค่าเฉลี่ยปีละ 0.267512 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าปัจจัยการค่าชะล้างพังทลายของดินดังนี้

- ค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของฝน (R-Factor) ในลุ่มน้ำห้วยคะคาง มีค่า 131.92 ซึ่งได้จากการพัฒนาสมการเชิงเส้นของกรมพัฒนาที่ดิน คือ R = 0.143 (X-0.0375) โดยกำหนดให้การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน R –Factor ในพื้นที่ศึกษานี้มีค่าที่สม่ำเสมอตลอดทั้งพื้นที่

- ค่าความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน (K-Factor) ในพื้นที่ศึกษาพิจารณาจากลักษณะของเนื้อดิน โครงสร้างดิน ความซึมซับน้ำของดิน ตามชนิดดินที่ได้ถูกระบุไว้ในแผนที่ดินของจังหวัด ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายรองลงมาเป็นดินทราย โดยมีค่าการซึมซับน้ำตั้งแต่การซึมซับน้ำระดับปานกลางถึงค่อนข้างเร็ว สำหรับค่าความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดินตามโนโมกราฟ ซึ่งมีค่าพิสัยต่างกันระหว่าง 0.00219 - 0.0329 นั้น มีค่าความยากง่ายในการพังทลายของดินเท่ากับ 0.0175

- ค่าความยาวและความชันของความลาดเท (LS - Factor) ในพื้นที่ศึกษา มีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 0 - 3.12178 พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ มีค่า LS - Factor เป็น 0.000 และกระจายอยู่ทั่วไปตามพื้นที่ราบ โดยส่วนที่มีค่าความชันของความลาดเทมากที่สุด มีค่า 3.12178 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 8 ของพื้นที่ศึกษา

- ค่าการเพาะปลูกพืชและการจัดการ (C-P Factors) มีพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย เป็นการทำนาข้าวและการปลูกผักเพิ่มขึ้น

5.2 การคำนวณอายุการใช้งานอ่างเก็บน้ำ

ค่าประสิทธิภาพการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำ (Trap Efficiency) จากการเปรียบเทียบระหว่างความจุของอ่างเก็บน้ำกับปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง โดยใช้ค่าการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 72.5 ตารางกิโลเมตรในช่วงเวลาเดียวกัน ได้ค่าปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายปี 11.43 ล้าน ลบ.ม. นำมาหาสัดส่วนกับความจุอ่างเก็บน้ำที่มีค่า 4.126 ล้าน ลบ.ม. จะได้ค่าโดยประมาณเท่ากับ 0.357 และเมื่อเทียบกับ Brune Curve ตามที่แสดงในภาพที่ 2 แล้ว พบว่า จะมีประสิทธิภาพการดักตะกอนเท่ากับ 95% ดังนั้น จึงสามารถอธิบายได้ว่าตะกอนในปริมาณ 95% หรือเกือบทั้งหมดตกในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง โดยค่าหน่วยน้ำหนักของตะกอน (Unit Weight) ได้จากการเก็บตัวอย่างตะกอนในอ่างห้วยคะคาง จำนวน 14 ตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์หาชนิดและขนาดขององค์ประกอบของตะกอน พบว่าตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ (Bed materials) ประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียว (Clay) 14.14 % , ตะกอนดินร่วน (Silt) 38.29 % , ตะกอนทราย

(Sand) 45.36 %, ตะกอนทรายหยาบ (Coarse Sand) 2.14 % และ กรวด (Gravel) 0.07% ซึ่งเมื่อนำมาคิดค่าหน่วยน้ำหนักของตะกอนในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางตามสมการ (3) แล้ว จะได้ค่า W_0 = 1.2685 ตัน/ลูกบาศก์เมตร

6.สรุปผล

ในการศึกษาโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับสมการสูญเสียดินสากลเพื่อวิเคราะห์สภาพการเกิดตะกอนสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง จ.มหาสารคาม โดยสามารถนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำของโครงการ อ่างเก็บน้ำห้วยคะคางได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1.ผลการศึกษาการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำโดยสมการสูญเสียดินสากล พบว่ามีค่าการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยปีละ 339,339 ตัน หรือ 0.267512 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาโดยการสำรวจปริมาณตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำพบว่ามีปริมาณตะกอนเฉลี่ยปีละ 0.006578 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าสัดส่วนตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ 2.46 เปอร์เซ็นต์

2.การพยากรณ์อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคาง พบว่าลักษณะทางกายภาพอ่างเก็บน้ำเป็นแบบทะเลสาบ (Lake) ที่มีค่าความลาดชัน (m) เท่ากับ 4.545 ค่าประสิทธิภาพการเก็บกักตะกอนเท่ากับ 95% ค่าหน่วยน้ำหนักของตะกอนในอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางมีค่า W_0 = 1.2685 ตัน/ลูกบาศก์เมตร และมีการจัดสรรน้ำในอ่างเก็บน้ำแบบมีน้ำปานกลางเกือบตลอดทั้งปี (Normally a moderate reservoir draw down) ซึ่งจากการประเมินอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Area Increment พบว่า เมื่อปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในอ่างเก็บน้ำถึงระดับธรณีท่อที่ระดับ +156.92 ม.รทก. จะมีปริมาตรตะกอนที่ตกสะสม 1.585 ล้านลูกบาศก์เมตร และส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนที่ใช้งานเหลือเพียง 96.384 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้มีอายุการใช้งานอ่างเก็บน้ำ 256 ปี

3.การศึกษาค่าปริมาณการพังทลายของดินในลุ่มน้ำห้วยคะคางพบว่ามีแนวโน้มการพังทลายของดินเฉลี่ยต่อปีลดลง หากทำการบริหารจัดการเฉพาะพื้นที่ดังกล่าวโดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชไร่ซึ่งมีปัญหาการสูญเสียดินรุนแรงมากโดยการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกจากพืชไร่ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่นาข้าวแล้ว จะทำให้ค่า C-Factor ลดจาก 0.47 เหลือเท่ากับ 0.007 ซึ่งส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียดินในลุ่มน้ำได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ จากผลในการจำลองสถานการณ์ดังกล่าว สามารถกล่าวได้ว่าพื้นที่นาข้าวที่อยู่บริเวณด้านเหนือน้ำรอบขอบอ่างเก็บน้ำเปรียบเสมือนกับฝายหรือสระเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมากที่ช่วยชะลอความเร็วการไหลของน้ำในนาข้าวก่อนที่จะไหลหลากลงสู่อ่างเก็บน้ำทำให้ปริมาณตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำลดลงและส่งผลให้อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางเพิ่มขึ้นต่อไปอีก 74 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

[1] เกษม จันทร์แก้ว. (2551). หลักการจัดการลุ่มน้ำ (Principles of Watershed Management). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] จักรชัย ชุ่มจิตต์. (2542). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการสูญเสียดินสากลเพื่อกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเชิญ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

[3] สมเจตน์ จันทวัฒน์. (2526). การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[4] Kosit, L. (2007). Effect of Forest Cover Change on Sedimentation in Lam Phra Phleong Reservoir, Northeastern Thailand, p168-178, Forest Environments in Mekong River Basin, ISBN 978-4-431-46500-3 Springer Tokyo.

[5] Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. (1978). Predicting Rainfall-Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agric. Handb, No.537. Wisler, C.O. and E.F. Brater. 1959. Hydrology. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.