ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

The effect of land use changes to runoff discharge of the Lamtakhong Reservoir

พรพิมล แข็งงาน[1], วรรณดี ไทยสยาม[2], เปรม รังสิวณิชพงศ์[3]

[1]นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริเวณต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้มีพื้นที่การเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านอื่นๆ ทำให้มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ SWAT เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า โดยเลือกข้อมูลฝนในปี พ.ศ. 2554 เป็นตัวแทนของปีน้ำมาก และข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2558 เป็นปีน้ำแล้ง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากการศึกษาพบว่าในกรณี ปีน้ำมากปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำในการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 189.74 ล้านลบ.ม.ในเดือนกันยายน มีค่ามากว่าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันซึ่งมีค่าเท่ากับ 167.50 ล้านลบ.ม.ในกรณีปีน้ำแล้งพบว่าปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.-เม.ย.) ของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันมีค่ามากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปี ในขณะที่น้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 42.43 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันทั้งนี้จะเห็นได้ว่าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ชุมชนและเกษตรกรรม ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและรูปแบบของปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคอง

คำสำคัญ : การเปลี่ยนใช้ประโยชน์ที่ดิน, น้ำท่า, แบบจำลอง SWAT, อ่างเก็บน้ำลำตะคอง

Abstract

The land use in upstream area of Lamtakhong reservoir was gradually changed in past ten years due to the growth rate of population. It caused land use changes from forest area to agriculture area, residential area and other purposed areas. By the change of land use, it affected to runoff discharge of Lamtakhong reservoir. The objective of this study is to simulate runoff discharge of Lamtakhong reservoir due to land use changes using hydrological model (SWAT). The simulation model was performed with the present land use map (2015) and the predicted land use change map (2035). The mean monthly runoff discharge was analyzed using rainfall data of flood year (2011) and drought year (2015). The study result showed that the maximum runoff discharge of the predicted land use change map was 189.74 x 106m3in September of flood year. Whereas the maximum discharge of the present land use map was 167.50 x $10^6 m^3$.In the case of drought year, the monthly runoff discharge of dry season (December-April) of the present land use map was greater than the predicted land use change map. Whereas the maximum monthly runoff discharge of the predicted of land use change map was 42.43 x $10^6 m^3$which was greater than the present of land use map. Consequently, the land use changes in upstream area of Lamtakhong reservoir affected to monthly runoff discharge. Moreover, the monthly runoff discharge and monthly runoff pattern of the predicted land use change map was found to be changed from the observed data in case of drought year.

Keywords : Land use change, Runoff, SWAT Model, Lamtakhong Reservoir

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โครงการอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ตั้งอยู่ที่ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา รับผิดชอบส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานและช่วยบรรเทาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้ ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำลำตะคองช่วงฤดูน้ำหลาก กรมชลประทานได้มีการประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำก่อนเข้าฤดูน้ำหลาก และได้วางแผนการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้งถัดไปจากปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน ของทุกปี แต่ทั้งนี้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น และในปี พ.ศ. 2554 ได้เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ทำให้อ่างเก็บน้ำลำตะคลอง

ได้รับผลกระทบจากพายุ "ไห่ถาง" ส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเกินระดับเก็บกัก จึงต้องเร่งระบายน้ำออก ทำให้พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาประสบปัญหาอุทกภัย และปี พ.ศ. 2558 อ่างเก็บน้ำลำตะคองประสบปัญหาฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยมาก ทำให้มีปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง เมษายน พ.ศ. 2559 นั้นมีปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 108 ล้านลบ.ม. คิดเป็น 34% ของความจุที่ระดับน้ำเก็บกัก และมีปริมาณน้ำที่ใช้การได้เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 85 ล้านลบ.ม. คิดเป็น 30% ของปริมาณน้ำใช้การของอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้พื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาประสบปัญหาภัยแล้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ทำให้มีมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้กระทบต่อแผนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

ในปัจจุบันการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำนิยมใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำ (1-3) ศุภชัยและธีระพงษ์ (1) ได้ใช้แบบจำลอง NAM เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำลำแซะ จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) ชุดข้อมูล Global Dataset ECHAM4 เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งของอ่างเก็บน้ำลำแซะในปี พ.ศ. 2558 - 2588 พบว่าปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ารายเดือนมีทั้งสูงขึ้นและลดลงเมื่อเทียบกับปีฐาน โดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะอยู่ในช่วงต้นฤดูฝนซึ่งมีความสำคัญสำหรับพืชมากกว่าปริมาณน้ำที่ลดลงในช่วงปลายฤดูฝน นอกจากนี้ ภัทราพรและปรียาพร (2) ได้ประยุต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน ที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากผลการศึกษาได้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีค่าเกินความจุของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นควรมีแผนการบริหารจัดการปริมาณน้ำส่วนที่เกินความจุเก็บกัก เมื่อไม่นานมานี้ ปิยะวัฒน์ และคณะ (3) ได้ทำการศึกษาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า จากการศึกษาพบว่าค่า CN2 (ค่าสัมประสิทธิ์ในลำน้ำที่ความชื้นในดินระดับที่ 2) SOL__AWC (ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บได้) และ SOIL__K (ค่าความสามาถนำน้ำของดิน) ตามลำดับ นอกจากนั้นผลการศึกษาได้ทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้สถานการณ์เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินในอนาคต เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำห้วยหลวง

ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำได้อย่างดี และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาให้สอดคล้องสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงได้

2. วัตถุประสงค์

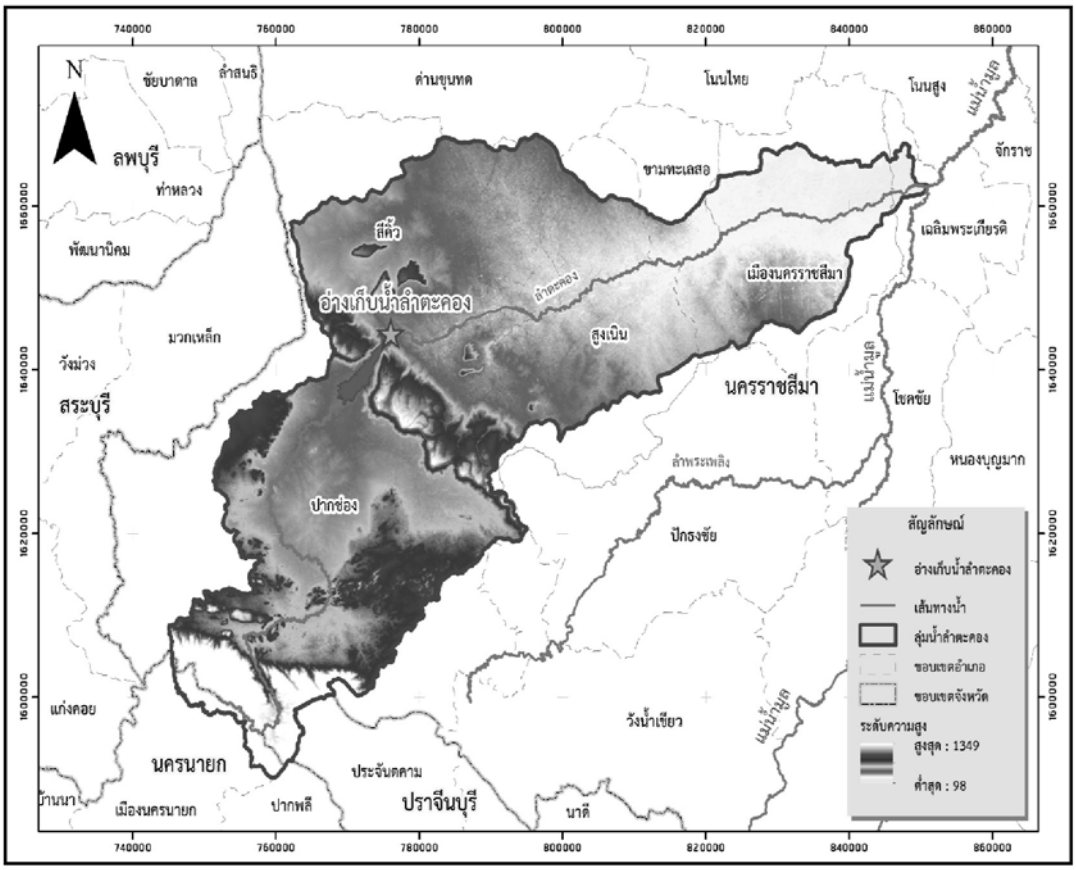
เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง ที่มีต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยใช้แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ SWAT ในกรณีมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ

กรณี วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ. 2558)

กรณี วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า

3. พื้นที่ศึกษา

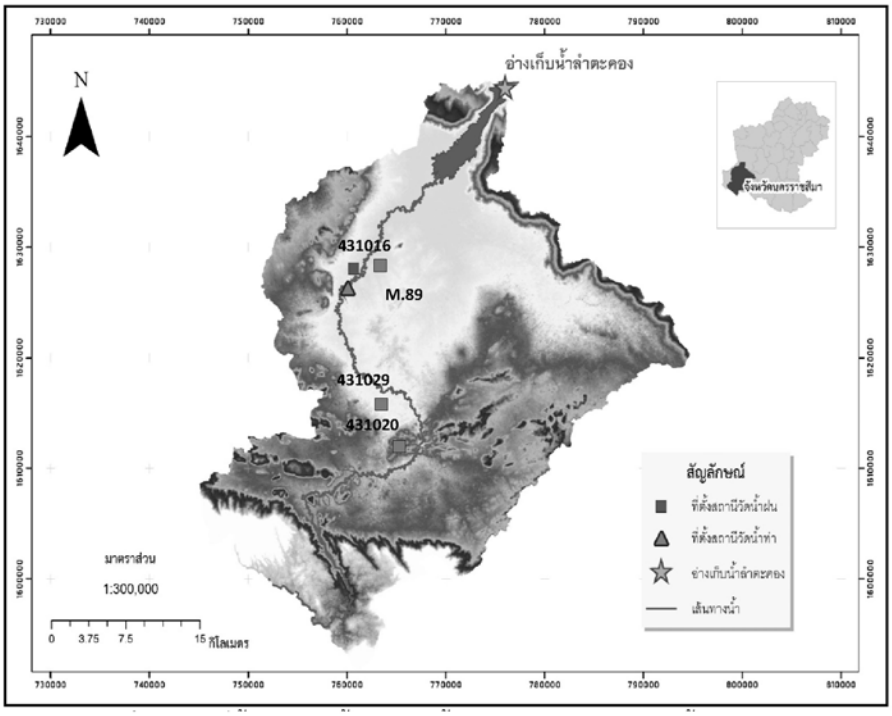
ลุ่มน้ำลำตะคอง อยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมูล โดยตอนต้นน้ำไหลผ่านหุบเขา ชายเขา ที่มีความลาดชันสูง และมีที่ราบแคบๆ บริเวณริมลำน้ำ เมื่อผ่านอำเภอสีคิ้ว แล้วจึงมีที่ราบสองฝั่งลำน้ำต่อเนื่องกันไปตลอด ผ่านอำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ และอำเภอเมืองนครราชสีมา ไหลสู่แม่น้ำมูล ที่ตำบลท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยมีความยาวตลอดสายรวมประมาณ 220 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,318 ตารางกิโลเมตร และมีแหล่งน้ำสาขาที่สำคัญมี 3 สายประกอบด้วย ห้วยซับประดู่ ห้วยบ้านยาง และธารอโศก ดังที่แสดงในรูปที่ 1



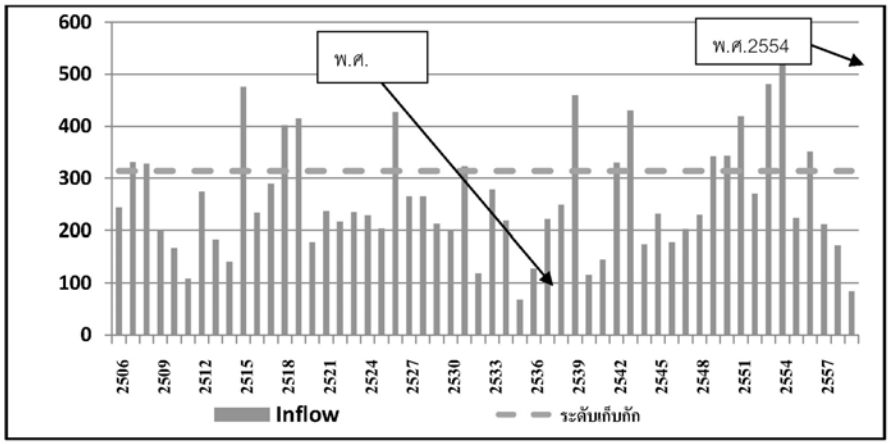
รูปที่ 1 สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำลำตะคอง

3.1 สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำตะคอง มีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีผลต่ออ่างเก็บน้ำ 3 สถานี คือ สถานีสำนักเกษตร ที่อำเภอปากช่อง (รหัสสถานี 431016) สถานีวิจัยผลิตผลของป่า อำเภอปากช่อง (รหัสสถานี 431029) และสถานีสวนป่ากลางดง อ.ปากช่อง (รหัสสถานี 431020) ดังที่แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง กันยายน มีปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่าง 119.9 - 215.5 มิลลิเมตร มีปริมาณฝนเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงเดือน ธันวาคม ถึง มกราคม เฉลี่ยระหว่าง 2.6 - 4.7 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่สถานีวัดน้ำท่า M.89 (บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำในรูปที่ 2) ที่อำเภอปากช่อง เท่ากับ 203.25 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีสูงสุดปี 2554 มีปริมาณน้ำเท่ากับ 396.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่ารายปีต่ำสุดในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำ 74.28 ล้านลบ.ม.ดังที่แสดงในรูปที่ 3



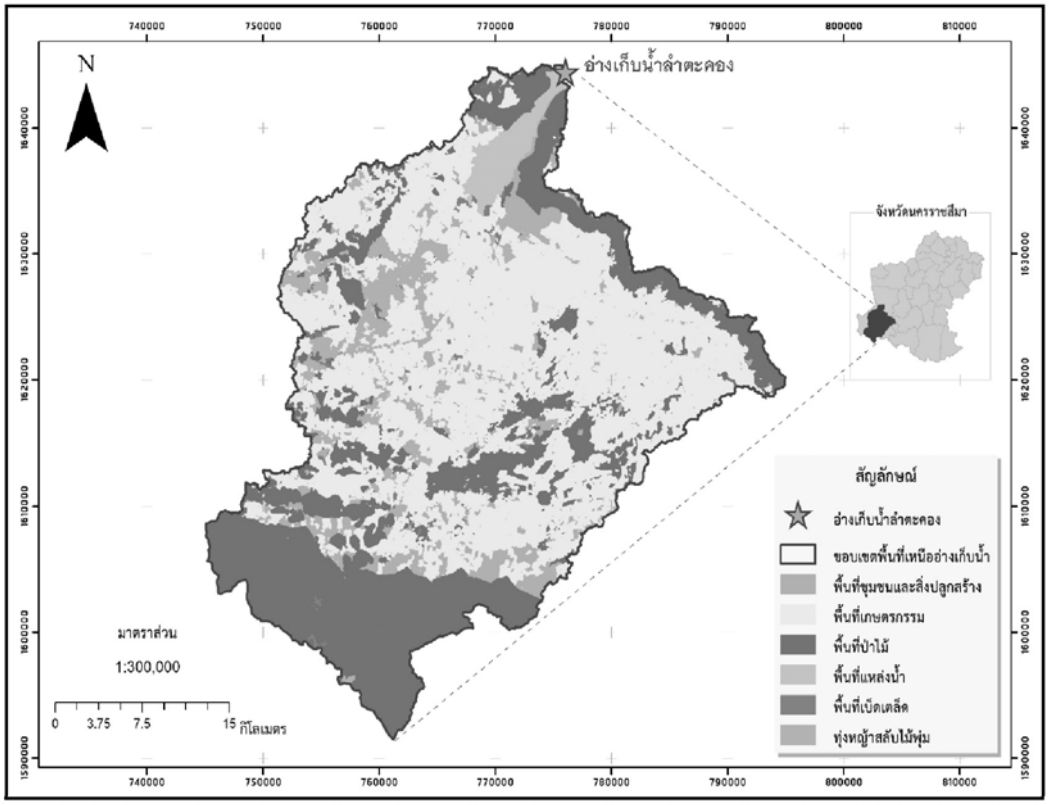
รูปที่ 2 แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน และน้ำท่า บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงของอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ปี พ.ศ. 2506 - 2559

3.2 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 พื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 47% พื้นที่ป่า 34 % พื้นที่อยู่อาศัย 12% และพื้นที่อื่นๆ 7% ดังแสดงตามรูปที่ 4 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และไม้ยืนต้น เป็นต้น



รูปที่ 4 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง (พ.ศ.2558)

4. วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ในการจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคอง แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถประเมินผลกระทบของสภาพใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. รวบรวมข้อมูลส่วนกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2547, 2554 และ 2558 จากกรมพัฒนาที่ดิน รวมถึงข้อมูลแผนที่ภูมิศาสตร์ในรูปตัวเลขหรือ Digital Elevation Model (DEM) จากกรมแผนที่ทหาร

2. รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝนรายวัน จำนวน 3 สถานี กรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงปี พ.ศ. 2542 ถึง ปี พ.ศ. 2559 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดนครราชสีมา เฉลี่ย 30 ปี และข้อมูลน้ำท่ารายเดือน จากสถานี M89 ของกรมชลประทาน

ในขั้นตอนการจัดทำแบบจำลอง ได้นำเข้าข้อมูล DEM จำลองสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ พร้อมกับนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลชุดดิน เพื่อวิเคราะห์สภาพทั่วไปของพื้นที่ ทั้งในผิวดินและใต้ดิน ส่วนข้อมูลด้านอุทกวิทยาจะนำข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี มานำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า แล้วนำข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ตรวจวัดจริงมาใช้เพื่อสอบเทียบกับแบบจำลองและตรวจพิสูจน์ข้อมูลเพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองต่อไป

4.1 หลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง

การศึกษาวงจรอุทกวิทยาในแบบจำลอง SWAT จะคำนวณจากสมการสมดุลน้ำ ดังนี้

$$SW_t = Sw_0 + \sum_i = 1 (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

เมื่อ SW_t คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย

Sw_0 คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i

R_{day} คือ ปริมาณฝนในวันที่ i

Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i

E_a คือ ปริมาณการคายระเหยในวันที่ i

w_{seep} คือ ปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i

Q_{gw} คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i

โดยขั้นตอนการจำลองกระบวนการของวงจรอุทกวิทยา จะกำหนดปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดินถูกพืชกักไว้เป็นบางส่วน ปริมาณฝนส่วนที่เหลือที่ไหลลงสู่ผิวดินก็จะไหลซึมลงดิน หรือขังนองอยู่ตามผิวดินแล้วไหลรวมตัวลงสู่ที่ต่ำ จนกระทั่งอยู่ในแม่น้ำลำธาร กลายเป็นน้ำท่า สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ในเนื้อดินซึ่งต่อมาจะระเหยคืนสู่บรรยากาศ โดยพืช และอีกส่วนหนึ่งก็จะไหลซึมต่อลงไปยังชั้นน้ำใต้ดิน กลายเป็นน้ำใต้ดิน ซึ่งจะไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธาร

4.1.1 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน (Surface Runoff) มีหลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดินด้วยวิธี SCS จะใช้สมการดังนี้

$$Q = \frac{(R-0.2S)^2}{R+0.8S}, \quad R > 0.2S$$

$$Q = 0.0 \qquad , \quad R \leq 0.2S$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (ลบ.ม.วินาที)

R คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)

S คือ Retention Parameter

โดยตัวแปร S มีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ดังสมการ

4.1.2 การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow) SWAT แบ่งการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เขตชั้นน้ำระดับตื้น และเขตชั้นน้ำระดับลึก ซึ่งปริมาณการไหลในเขตชั้นน้ำระดับตื้นเป็นปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณการไหลด้านข้างในเขตรากพืช และปริมาณน้ำไหลกลับ (Return Flow) จากเขต จะมีส่วนหนึ่งที่ไหลซึมลึกลงสู่ดินชั้น โดยจะเป็นน้ำที่สูญเสียไปของระบบจะไม่มีการไหลกลับออกมาในระบบลุ่มน้ำอีกซึ่งสมการสมดุลของน้ำสำหรับเขตชั้นน้ำระดับตื้น แสดงได้ดังนี้

$$a_{qsh,i}=a_{qsh,i-l}+w_{rchrg}-Q_{gw}-w_{revap}-w_{deep}-w_{pump,sh}$$

เมื่อ $aq_{sh,i}$ คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกับอยู่ในชั้นShallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$aqsh_{,i-l}$ คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกับอยู่ในชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)

w_{rchrg} คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

Q_{gw} คือ ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินออกสู่แม่น้ำลำธารในวันที่ i (มม.)

w_{deep} คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow Aquifer ลงสู่ Deep Aquifer ในวันที่ i(มม.)

$w_{pump,sh}$ คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจาก Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

สำหรับสมดุลของน้ำของเขตชั้นน้ำระดับลึก แสดงได้ดังสมการ

$$aqdp,i=aqap,i-l+wdeep-Qgw\ -wpump,dp$$

เมื่อ $aq_{dp,i}$ คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกับอยู่ในชั้น Deep Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$aq_{ap,i-l}$ คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกับอยู่ในชั่นDeep Aquiferในวันที่ i-1 (มม.)

w_{deep} คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow

4.2 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลอง SWAT ได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าในช่วง ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2549 รวมถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547 โดยทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทางลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำผิวดิน (SOL__AWC, ESCO, CH__N2 และCN2) และค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน (GW__DEIAY, ALPHA__BF และSLSUBBSN) ซึ่งจะใช้ค่าทางสถิติเป็นตัวชี้วัดในการประเมินจำนวน 2 ค่าได้แก่

1. ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ R2 (Coefficient of Determination)

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i - \overline{O})(Q_i - \overline{Q}}{\left[\sum_{i=1}^{N}(O_i - \overline{O})^2\right]^{0.5}\left[\sum_{i=1}^{N}(Q_i - \overline{Q})^2\right]^{0.5}} \right\}$$

2. ค่า NSE (Nash - Sutcliffe Simulation Efficiency)

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(O_i - O_i)^2}$$

เมื่อ O_i = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใดๆ

Q_i = ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใดๆ

$\bar{O}$ = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยที่เวลาใดๆ

N = จำนวนข้อมูลน้ำท่าที่พิจารณาความคลาดเคลื่อน

จากนั้นจะตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation) โดยใช้ชุดตัวแปรที่ทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลอง เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2554 เทียบกับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

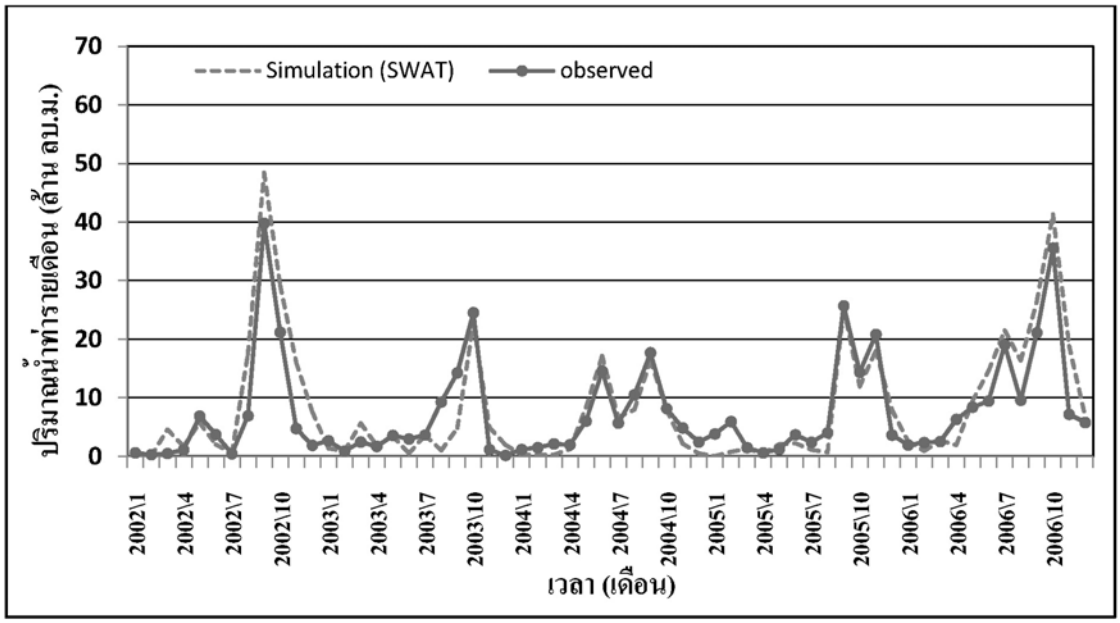
4.3 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา พบว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นการศึกษานี้ได้นำข้อมูลการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 เป็นปีฐานสำหรับศึกษาปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลง 12% และพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น 11% รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านอื่นๆ ดังนั้นคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองในอนาคต 20 ปีข้างหน้า มีแนวโน้มพื้นที่ป่าจะลดลงจากปีฐานอีก 25% ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ 25.60% พื้นที่เกษตรกรรม 46.51% พื้นที่อยู่อาศัย 20.61% และพื้นที่อื่นๆ 7.28% ของพื้นที่ทั้งหมด

5. ผลการศึกษา

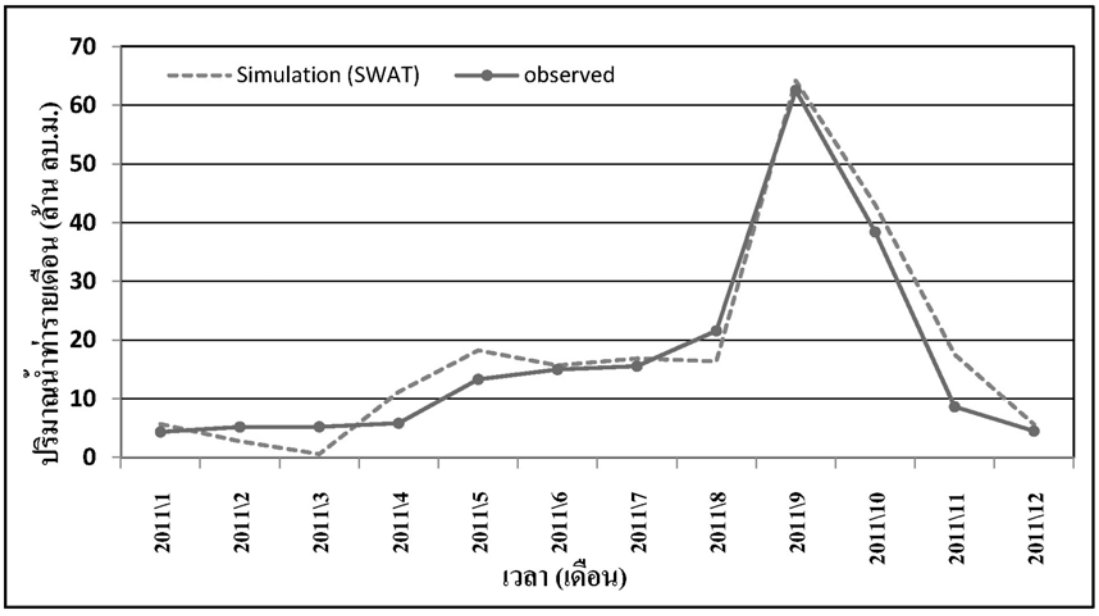
5.1 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ในขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลอง ได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า อันได้แก่ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำผิวดิน (SOL__AWC, ESCO, CH__N2 และCN2) และค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน (GW__DELAY, ALPHA__BF และSLSUBBSN) โดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2549เทียบกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัดของสถานี M.89 ดังแสดงในรูปที่ 5 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.85 และค่า ENS เท่ากับ 0.77 โดยปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 259.29 ล้านลบ.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัดที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 236.64 ล้านลบ.ม.



รูปที่ 5 กราฟแสดงการสอบเทียบข้อมูล (Calibration) ในช่วงปี พ.ศ. 2545 - 2549

ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2554 ได้เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเทียบกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า M.89 ดังแสดงในรูปที่ 6 จากผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่ามีค่า R2 เท่ากับ 0.95 และค่า ENS เท่ากับ 0.94 ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง(Simulation) เท่ากับ 573.05 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่าที่สถานี M.89 มีเท่ากับ 526.30 ล้านลบ.ม. ซึ่งผลของการตรวจพิสูจน์แบบจำลองจะเห็นได้ว่า แบบจำลอง SWAT สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 6 กราฟแสดงการตรวจพิสูจน์ข้อมูล (Validation) ในช่วงปี พ.ศ. 2554

5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

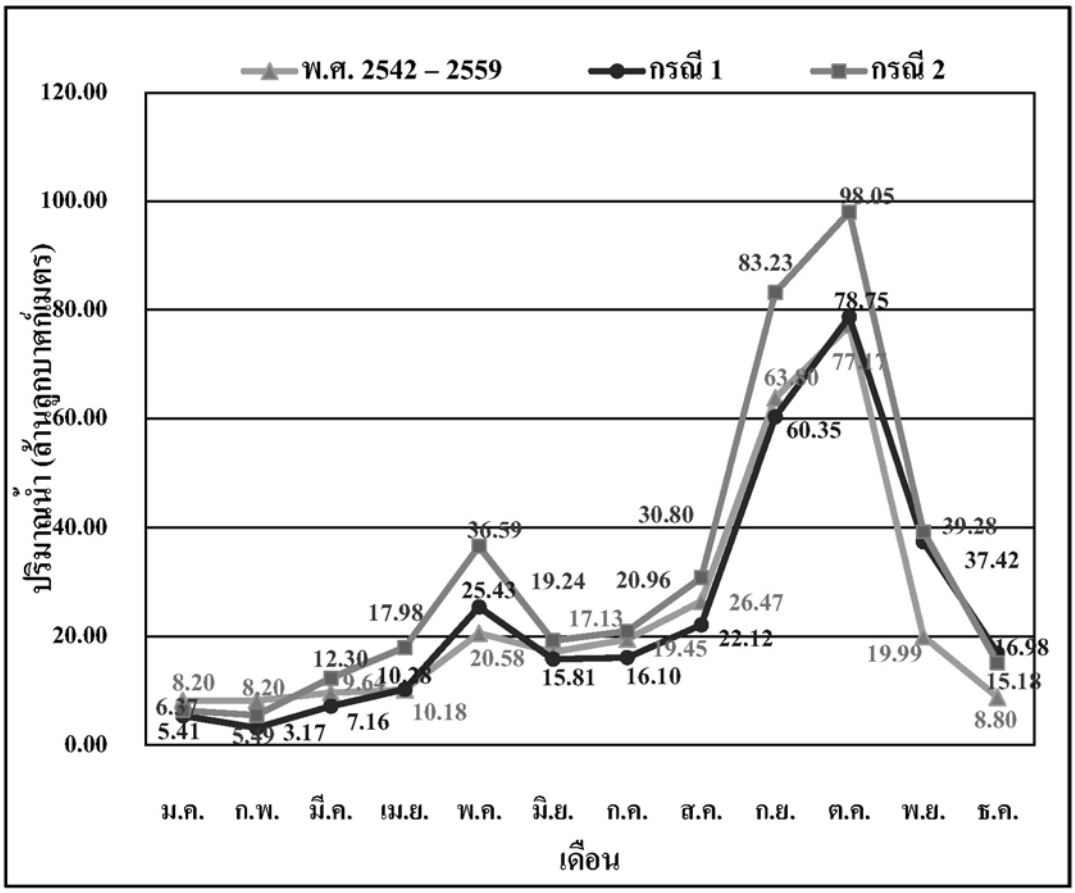
ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองใน 2 กรณีได้แก่ กรณีที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ.2558) โดยใช้ข้อมูลฝนย้อนหลัง 18 ปี (พ.ศ.2542 -พ.ศ.2559) กรณีที่ 2วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า โดยใช้การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน ดังตารางที่ 1 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 0.659 ล้านไร่ คิดเป็น 47% พื้นที่ป่า 0.363 ล้านไร่ คิดเป็น 26% พื้นที่อยู่อาศัย 0.292 ล้านไร่ คิดเป็น 21% และพื้นที่อื่นๆ 0.103 ล้านไร่ คิดเป็น 7%

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีศึกษา

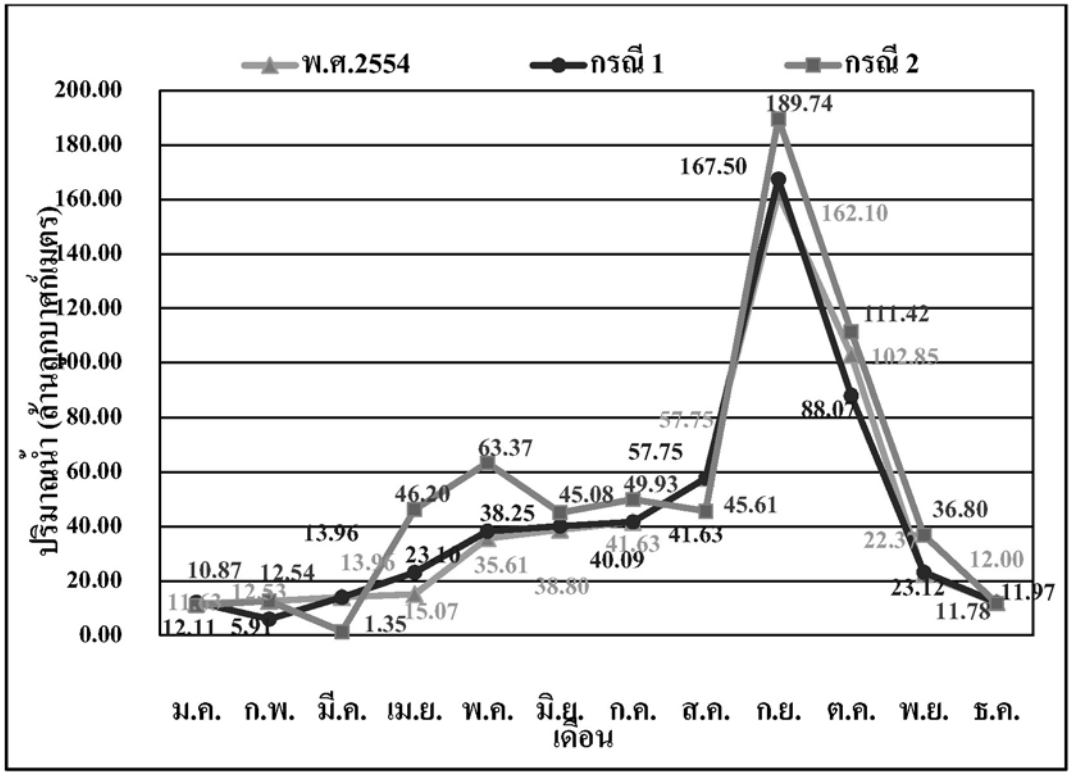
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรณีศึกษา			
	กรณี 1 (พ.ศ. 2558)		กรณี 2	
	ล้านไร่	คิดเป็น %	ล้านไร่	คิดเป็น %
พื้นที่เกษตรกรรม	0.659	46.51	0.659	46.51
พื้นที่ป่า	0.484	34.14	0.363	25.60
พื้นที่อยู่อาศัย	0.171	12.07	0.292	20.61
พื้นที่อื่นๆ	0.103	7.28	0.103	7.28
รวม	1.417	100	1.417	100

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ากรณีที่ 1 พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 218.56 ล้านลบ.ม. และในช่วงฤดูแล้ง 80.41 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 7 เมื่อเทียบกับข้อมูลน้ำท่าตรวจวัด พบว่าในปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 433.30 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 438.74 ล้านลบ.ม. และในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 90.16 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 87.56 ล้านลบ.ม. และในปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) ช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 119.87 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 116.91 ล้านลบ.ม. ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 50.03 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด 54.63 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 9

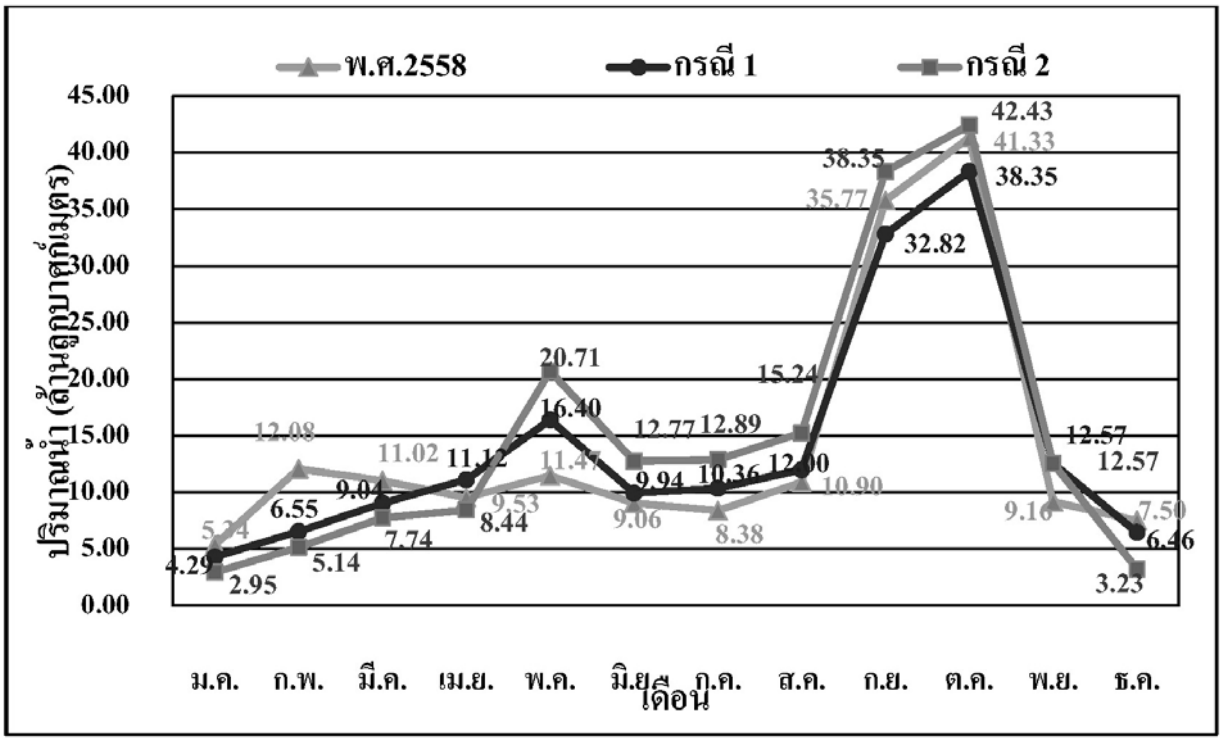
กรณีศึกษาที่ 2. พบว่าปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 505.15 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 66.41 ล้านลบ.ม. ดังรูปที่ 8 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 119.54 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 31.98 ล้านลบ.ม. และในปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 142.39ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 25.48 ล้านลบ.ม. ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 40.07 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 14.56 ล้านลบ.ม.ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 7 กราฟแสดงน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน



รูปที่ 8 กราฟแสดงน้ำท่ารายเดือน ปีน้ำหลาก



รูปที่ 9 กราฟแสดงน้ำท่ารายเดือน ปีน้ำแล้ง

6. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT จำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าเมื่อปรับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า ทำให้เห็นว่าในช่วงปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) มีปริมาณน้ำในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลลงลงอ่างเก็บน้ำเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนเมษายน (สิ้นสุดฤดูแล้ง) จนถึงเดือนกันยายน ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนตุลาคม (สิ้นสุดฤดูฝน) จนถึงเดือนมีนาคม ทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 8 และจากผลวิเคราะห์ช่วงปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) มีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงฤดูฝนสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และมีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน ส่งผลให้บริเวณพื้นที่ศึกษามีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 9

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองจึงมีความจำเป็นและมีประโยชน์ต่อการวางแผนการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองต่อไปในอนาคต

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำที่มีต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยใช้แบบจำลอง SWAT แสดงให้เห็นว่า สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง และเพื่อสร้างความตระหนักถึงความสำคัญการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำหรือพื้นที่ต้นน้ำ จึงมีข้อเสนอแนะว่า ในการพัฒนาพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำ ควรคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอย่างกำจัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเกิดผลกระทบตามมาน้อยที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปปรับใช้ในการพัฒนาพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำให้เหมาะสมต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

(1) ศุภชัย กฤตสุทธาชีวะ และธีระพงษ์. ควรคำนวณผลการกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งของโครงการชลประทานอ่างเก็บน้ำลำแชะ. งานวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

(2) ภัทราพร แสงทอง และ ปรียาพร โกษา. 2557. การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT. กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2.

(3) ปิยะวัฒน์. 2559. การศึกษาการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยใช้แบบจำลอง SWAT.วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ปีที่ 14.

(4) ปิยะวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ และ เจริญ สารตัน. 2556. การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่มโดยใช้แบบจำลอง SWAT. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

(5) Santhi C. Arnold J. Williams J. Dugas W. Srinivasan R. Hack L. Validation of the SWATModel ona Large River Basin with Point and Nonpoint Sources Journal of the American Water Resources Association 2001. 37(5). 1169-1188.

(6) โอฬาร เวชอุไร. 2548. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.