วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 25 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2563
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 25 (No.3) September – December 2020 บทความวิจัย

การประเมินช่วงเวลาการไหลของน้ำลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนด้วยแบบจำลอง SWAT

Assessment of Flow Timing in the Upper Prachin Buri Watershed by Using SWAT Model

ประภัสสร ยอดสง่า[1*], สุรัตน์ บัวเลิศ[1] และ นิพนธ์ ตั้งธรรม[2]
Prapatsorn Yodsa-nga[1*], Surat Bualert[1] and Nipon Tangtham[2]
[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1]Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University
[2]Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University

Received : 3 February 2020
Revised : 24 February 2020
Accepted : 26 March 2020

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำท่า (flow regime) ซึ่งวิเคราะห์จากวันเวลา (flow date) ของน้ำในจำนวนที่กำหนดให้ไหลผ่านจุดตรวจวัด และช่วงเวลาที่กำหนดให้ปริมาณน้ำจำนวนหนึ่งที่ใช้เวลาในการไหลผ่าน (flow interval) จุดดังกล่าว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) วิเคราะห์จากปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำในลำน้ำตลอดทั้งปีที่ไหลผ่านจุดตรวจวัด เพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำในช่วงเดือนมกราคม 2551-มีนาคม 2557 (Existing) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ 1 โดยพิจารณาความถูกต้องของแบบจำลองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (Coefficient of Determination, R^2) จากนั้นประเมินสถานการณ์จำลองอีก 2 รูปแบบคือ กรณีที่ 1 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (Scenario 1) หรือสถานการณ์ที่ 2 และกรณีที่ 2 การเพิ่มพื้นที่ป่าโดยนำมาตรการควบคุมพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าสงวนทั้งหมด (Scenario 2) สถานการณ์ที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนมีพื้นที่ 7,456.25 km^2 แบ่งออกเป็น 13 ลุ่มน้ำย่อย (sub-basin) และ 135 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา(HRUs) ผลการประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในทั้ง 3 สถานการณ์ แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าสะสมของ Existing Scenario1 และScenario 2 เมื่อเทียบช่วงเวลาการไหลของน้ำจาก Flow interval พบว่าช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุดของน้ำท่าปริมาณ 25%ในช่วงน้ำหลาก ของ Existing Scenario 1 และScenario 2 คือ 21 26 และ 28 วัน ตามลำดับ ส่วนในช่วงน้ำแล้งมีช่วงการไหลยาวที่สุดของน้ำท่ามีปริมาณ 1% สุดท้าย คือ 72 18 และ 38 วันตามลำดับ เมื่อเทียบ Scenario 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าการรักษาพื้นป่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้ลำน้ำมีน้ำท่าสะสมช่วยชะลอการไหลของน้ำโดยในช่วงน้ำหลากมีปริมาณน้ำท่าอยู่ในลำน้ำยาวนาน และในช่วงแล้งก็ยังคงมีน้ำที่ช่วงปลายฤดูแล้งยาวนานมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ช่วงเวลาการไหลของน้ำ ; แบบจำลองทางอุทกวิทยา ; ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน

*Corresponding author. E-mail : prapatsorn@g.swu.ac.th

Abstract

This study aimed to analyze the effect of land use changes on flow regime in the Upper Prachin Buri Watershed (UPBW). The analysis was assessed by using the flow date (an amount of water passing through the measurement point) and the flow interval (the duration of the given amouth of water passing through the measurement point) data. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied to analyze the amount of runoff and the amount of water flowing through the measurement point for evaluating effects of land used on runoff during January 2008- March 2014 (Existing situation). Accuracy of model was determined by consideration of the Coefficient of Determination (R^2). Then, two scenarios of situations were initiated, (1) converting all forest areas to agricultural areas (Scenario 1), and (2) increasing forest areas by using the strategies of protecting the conservation and reserved forests (Scenario 2). Results obtained from the SWAT model showed that the UPBW area was 7,456.25 km^2 with 13 sub-watersheds and 135 hydrological response units (HRUs). Application of the SWAT model to Existing, Scenario 1, and Scenario 2 situation indicated the accumulated runoff compared with the flow timing from the flow interval by showing the shortest of flow timing at 25% of runoff volume during the flooding time was 21, 26 and 28 days respectively. During the dry season, the longest flow of water at 1% the last of Existing, Scenario 1, and Scenario 2 was 72, 18 and 38 days, respectively. The results from Scenario 1 and Scenario 2 can implied that forest conservation is one of the factors helping the flow timing, slow down the stream flow and regulating the amount of water during the flooding period, and keeping longer duration of water flow until the end of the dry season.

Keywords : flow timing ; SWAT model ; Upper Prachin Buri watershed

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อระบบสิ่งแวดล้อม เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต โดยเฉพาะกิจกรรมของมนุษย์มีบทบาทสำคัญต่อการคงอยู่ของทรัพยากรน้ำไม่ว่าจะเป็นทางตรงและทางอ้อม อาทิ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการเกษตร และการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางอุทกวิทยา โดยสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่มักเป็นผลมาจากปริมาณน้ำ ทั้งปัญหาภัยแล้งและปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากมากน้อยต่างกันในแต่ละพื้นที่และแต่ละปี ซึ่งปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าและช่วงเวลาการไหลของน้ำมี 3 องค์ประกอบได้แก่ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะอากาศที่สำคัญ ได้แก่ น้ำฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการระเหยน้ำ ความเร็วลม ฯลฯ 2) ปัจจัยของลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่และลำธาร ทิศทางการไหลในลำธาร ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชนิดของดิน ชนิดของลำธาร และความกว้างหรือขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ และ 3) กิจกรรมการใช้ที่ดิน ซึ่งการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมตามสมรรถนะของพื้นที่มักจะทำให้เกิดปัญหาการพังทลายของดิน และประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำและการชะลอการไหลของน้ำลดน้อยลง(Niyom, 1992) ทั้งนี้การใช้ที่ดินเพื่อก่อให้เกิดความสมดุลของธรรมชาติให้พื้นที่ลุ่มน้ำสามารถเอื้ออำนวยทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่าง

เพียงพอตลอดทั้งปีจำเป็นต้องอาศัยหลักการทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเข้ามาช่วยในการดำเนินการตามหลักการจัดการลุ่มน้ำ ซึ่งหากพิจารณาจากองค์ประกอบที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำและช่วงเวลาการไหลของน้ำที่มนุษย์สามารถเข้าไปจัดการได้นั้นคือ การควบคุมกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการให้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ แบบจำลองทางอุทกวิทยา (SWAT Model) (Arnold *et al*., 1995) เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการประเมินสถานการณ์ลักษณะทางอุทกวิทยา เพื่อนำไปสู่การวางแผนการจัดการการใช้ที่ดินได้อย่างเหมาะสมและก่อให้เกิดความยั่งยืนจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำที่ต้องเผชิญอยู่เสมอคือ ปริมาณและความสม่ำเสมอของการมีน้ำใช้ในแต่ละฤดูกาล โดยพบว่าในช่วงฤดูแล้งหลายพื้นที่ในเขตจังหวัดสระแก้วมักประสบกับปัญหาภัยแล้ง ส่วนในฤดูฝนหลายอำเภอในพื้นที่ของจังหวัดปราจีนบุรีมักต้องประสบกับปัญหาน้ำหลากน้ำท่วม ดังนั้นการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำ ช่วงเวลาการไหล และการคาดการณ์ปริมาณน้ำและช่วงเวลาการไหลของน้ำจะสามารถนำมาเป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

<u>แหล่งที่มาของข้อมูล</u>

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 1) แผนที่ภูมิศาสตร์ในรูปตัวเลขหรือ Digital Elevation Model (DEM) ใช้เป็นฐานข้อมูลที่บอกถึงลักษณะของพื้นผิวของพื้นที่ลุ่มน้ำ 2)ข้อมูลแผนที่ดิน (Soil Map) 3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use/Land Cover Map) ปี พ.ศ. 2556 จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยนำมาใช้สำหรับการแบ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง SWAT และ 4)ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological data) แบบรายวันซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลอุณหภูมิ ส่วนข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ได้จากการ simulate ด้วยแบบจำลอง

<u>การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล</u>

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การประเมินปริมาณน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT และการวิเคราะห์ช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. การประเมินปริมาณน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT มีขั้นตอนในการนำเข้าข้อมูลและประมวลผลดังนี้

(1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM ซึ่งจะใช้ในการประเมินสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา โดยกำหนด DEM มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 30x30 เมตร ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดจุดออกของน้ำ (outlet) ทำให้สามารถกำหนดจุด outlet ได้จำนวน 13 จุด หรือได้พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 13 ลุ่มน้ำย่อย

(2) กำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Development, 2013) สู่แบบจำลอง SWAT สำหรับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวอักษรหลัก 4 ตัว เช่น พื้นที่เกษตร คือ AGRL พื้นที่ป่าไม้ คือ FRSE พื้นที่แหล่งน้ำ คือ WATR เป็นต้น โดยกำหนดให้แต่ละประเภทของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ อ้างอิงตามฐานข้อมูล (data base) การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักของแบบจำลอง SWAT

(3) กำหนดลักษณะกลุ่มของชุดดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่ลักษณะของกลุ่มชุดดิน (Land Development, 2010) สู่แบบจำลอง SWAT พร้อมทั้งสร้างตารางเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลดิน

ของแบบจำลองให้ตรงกัน เพื่อนำเข้าสู่ฐานข้อมูลการประเมินของแบบจำลอง SWAT ในลักษณะเดียวกับการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

(4) กำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units; HRUs) เป็นการกำหนดความละเอียดของหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยให้พื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะ HRUs ที่หลากหลายหรือใกล้เคียงกับพื้นที่จริงให้มากที่สุด

(5) นำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน เพื่อใช้ในการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ (สูงสุด-ต่ำสุด)ของกรมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Department, 2013) ส่วนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์ใช้ข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลอง SWAT

(6) การปรับเทียบ (Calibration) และการสอบเทียบ (Verification) การปรับเทียบแบบจำลองเป็นการปรับแปรค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดของแบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่าตรงหรือใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงหรือที่ควรจะเป็นให้มากที่สุด ทำการสอบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน (Royal Irrigation Department, 2014) จำนวน 2 สถานีคือ สถานี kgt.34 และสถานี kgt.13Aในช่วงปี โดยทำการปรับเทียบจากข้อมูลรายวันตั้งแต่ 1 มกราคม 2551-31 ธันวาคม 2555 และสอบเทียบในช่วง 1 มกราคม 2556-31 ธันวาคม 2556

(7) การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง ผลที่ได้จากการสอบเทียบสามารถทำนายคุณลักษณะของลุ่มน้ำถูกต้องมากน้อยเพียงใดนั้นจะพิจารณาจากความสอดคล้องกัน (Closeness หรือ Goodness of Fit) ของค่าจากผลการจำลอง (Simulated Result) และค่าที่เกิดขึ้นจริง (Observations) จากค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (Coefficient of Determination, R^2) โดยค่า R^2 ต้องมากกว่า 0.5 จึงถือว่ายอมรับได้

2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการให้น้ำท่า โดยการนำผลจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2556) เป็นฐาน และวิเคราะห์คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน โดยกำหนดสถานการณ์สมมติ (Scenarios) สำหรับกรณีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงออกเป็นสองรูปแบบคือ แบบที่ 1 กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดไปเป็นพื้นที่การเกษตร (Scenarios 1) และแบบที่ 2 กำหนดให้มีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้ตามการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าสงวนแห่งชาติโดยปรับเปลี่ยนพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ประเภทต่างๆ ให้กลับมาเป็นพื้นที่ป่าตามที่กฎหมายกำหนดไว้เป็นป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ (Scenarios 2) จากนั้นนำผลการคำนวณของกรณีสมมติทั้ง 2 รูปแบบไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากฐานข้อมูลการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่ปี 2556 (Existing)

3. การวิเคราะห์ช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบการไหลของน้ำท่า (flow timing) อ้างอิงจาก Sutterlund (1972) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ วันเวลา ที่น้ำจำนวนที่กำหนดให้ไหลผ่านจุดตรวจวัด (flow date) และช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งใช้ในการไหลผ่าน (flow interval หรือ flow duration) โดยวิเคราะห์ข้อมูลสำคัญ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาน้ำหลาก (high flow) และช่วงเวลาน้ำแล้ง (low flow) มีขั้นตอนดังนี้

(1) วิเคราะห์วันเวลา (flow date) ที่น้ำท่าจำนวนหนึ่งไหลผ่านจุดที่กำหนด (outlet) ทั้งช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง โดยช่วงน้ำหลาก (high flow) แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) First Quartile Flow Date (1QFD) คือวันเวลา (date) ที่น้ำท่า 1/4 ของน้ำท่าทั้งปีไหลผ่านจุดที่กำหนด (outlet) ในฤดูน้ำหลาก 2) Second Quartile Flow Date (2QFD) คือ

วันเวลาที่น้ำจำนวนครึ่งหนึ่งของน้ำทั้งปีไหลผ่านจุดที่กำหนดในฤดูน้ำหลาก และ 3) Third Quartile Flow Date (3QFD) คือ วันเวลาที่น้ำท่า 3/4 ของน้ำท่าทั้งปีไหลผ่านจุดที่กำหนดในฤดูน้ำหลาก และช่วงน้ำแล้ง (low flow) แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ 1) 95% Flow Date (95%FD) คือ วันเวลาที่น้ำท่า 95% ของน้ำท่าทั้งปีไหลผ่านจุดที่กำหนดซึ่งเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง และ 2) 99% Flow Date (99%FD) คือ วันเวลาที่น้ำท่า 99% ของน้ำท่าทั้งปีไหลผ่านจุดที่กำหนดซึ่งเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง

(2) วิเคราะห์ช่วงเวลา (flow interval) ที่น้ำท่าจำนวนหนึ่งไหลผ่านจุดที่กำหนดทั้งช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง โดยช่วงน้ำหลาก ประกอบด้วย Quarter Flow Interval (QFI) หมายถึง ช่วงเวลา (time interval) ที่สั้นที่สุดในฤดูฝนที่น้ำท่าปริมาณ 1 ใน 4 ของน้ำทั้งปีใช้ไหลผ่านจุดที่กำหนด และ Half Flow Interval (HFI) หมายถึง ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดในฤดูฝนที่น้ำท่าปริมาณครึ่งหนึ่งของน้ำท่าทั้งปีใช้ในการไหลผ่านจุดที่กำหนด สำหรับช่วงน้ำแล้ง ประกอบด้วย Five Percent-Flow Interval (5%FI) หมายถึง ช่วงเวลาที่ยาวที่สุดในฤดูแล้งที่น้ำ 5% สุดท้ายจะไหลผ่านจุดที่กำหนด และ One Percent-Flow Interval (1%FI) หมายถึง ช่วงเวลาที่ยาวที่สุดในฤดูแล้งที่น้ำ 1% สุดท้ายจะไหลผ่านจุดที่กำหนดวิธีการหาวันเวลา (flow date) และช่วงเวลาการไหล (flow interval)

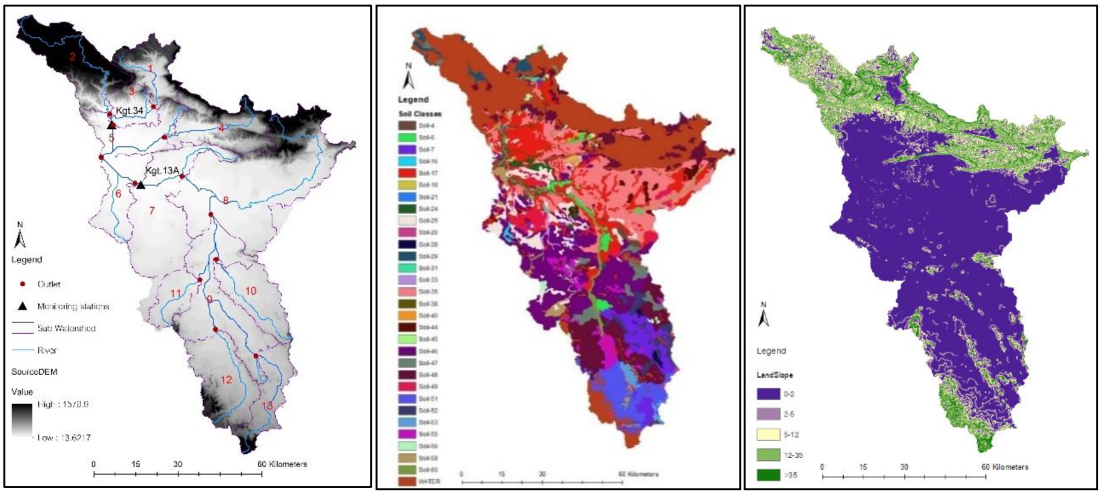
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง SWAT และการนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณน้ำ และวิเคราะห์ช่วงเวลาการไหลของน้ำเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีของแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง SWAT

ขอบเขตลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนครอบคลุมพื้นที่เป็นจำนวน 7,456.25 km^2 ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้ว ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำมีทั้งส่วนที่เป็นแนวเขาและพื้นที่ราบ ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ถือเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำปราจีนบุรีที่จะไหลออกไปยังลุ่มน้ำบางปะกงต่อไป (ภาพที่ 1)

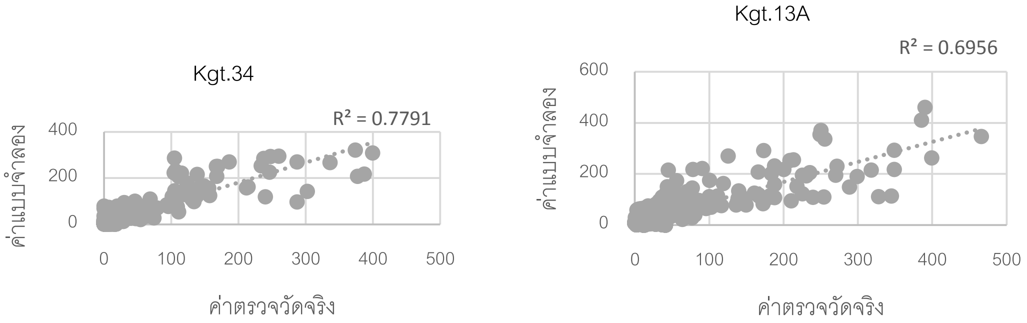
1) หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยกำหนดจุด outlet จำนวน 13 ลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้มีลักษณะทางอุทกวิทยาหลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ภาพที่ 1, a) ซึ่ง ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองสามารถแบ่งหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ได้ 135 หน่วย ลักษณะดินในพื้นที่ศึกษา แบ่งได้ทั้งหมด 31 กลุ่มชุดดิน (ภาพที่ 1, b) และความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (ภาพที่ 1, c) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะความลาดชัน 0-2 % (4,526.48 km^2) รองลงมาคือ ความลาดชัน 12-35 % (1,189.05 km^2) ความลาดชัน 2-5 % (677.55 km^2) ความลาดชัน 5-12 (622.83 km^2) และน้อยที่สุด คือลาดชันมากกว่า 35 % (270.32 km^2) ตามลำดับ



(a) (b) (c)

ภาพที่ 1 แผนที่ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง SWAT a) แผนที่ DEM ซึ่งใช้กำหนดจุด outlet เพื่อแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อย และสถานีที่ทำการตรวจวัดข้อมูลจริง b) กลุ่มชุดดิน และ c)การจัดกลุ่มพื้นที่ความลาดชัน ในลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน

2) ผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่อปริมาณน้ำท่า ผลการสอบเทียบแบบจำลอง SWAT ด้านปริมาณน้ำท่าโดยใช้ค่าตัวแปรที่กำหนดจากค่าเริ่มต้นในแบบจำลอง แสดงการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่า (hydrograph) ณ ตำแหน่งจุดตรวจวัดของสถานีที่ทำการตรวจวัดข้อมูลทั้ง 2 สถานีพบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองให้อัตราการไหลของน้ำท่าสูงเกินกว่าอัตราการไหลจริงที่ตรวจวัดได้ จึงทำการเพิ่มค่าการไหล (curve number;CN2) ในแบบจำลองให้เพิ่มมากขึ้น 20 % ปรับค่าความลึกของดิน (Sol_Z) เพิ่ม 100 มม. และปรับค่าการเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่ผิวใบ(Canmx) มากขึ้น 30 % จากค่าดั้งเดิม (default value) ซึ่งผลการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวทำให้กราฟน้ำท่ามีระดับที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงมากขึ้น โดยพบว่าข้อมูลสถานีตรวจวัดที่ 3 (Kgt.34) มีค่า R^2เท่ากับ 0.77 และสถานีที่ 7 (Kgt.13A) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.69 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผลจากการปรับเทียบข้อมูลปริมาณน้ำท่าของข้อมูลที่ตรวจวัดจริงและแบบจำลองที่ได้จากปรับเทียบแล้ว

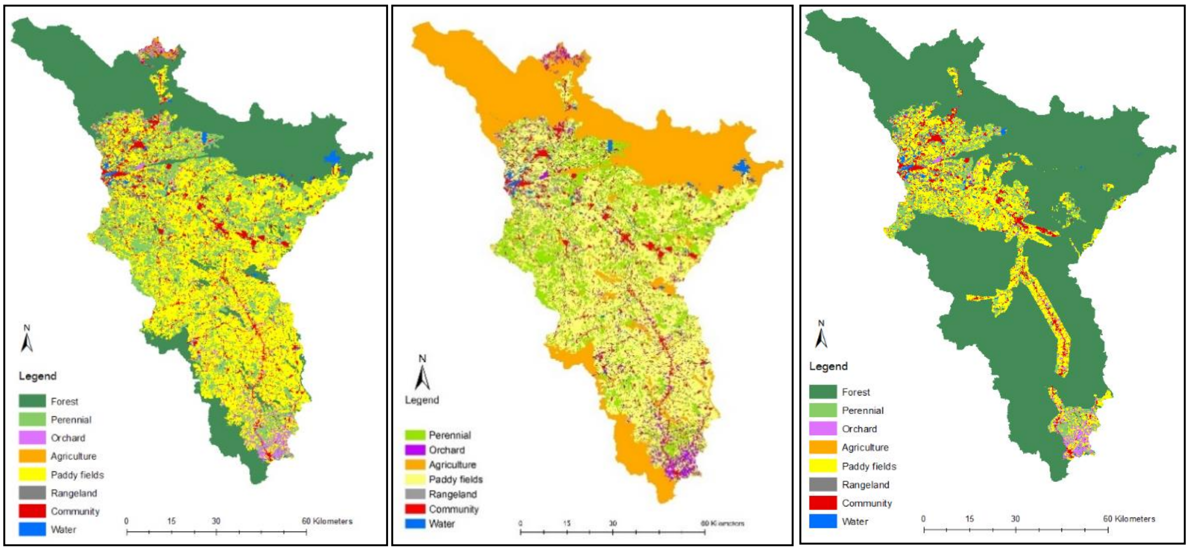
ทั้งนี้ผลการศึกษาการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน ในช่วงระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง มีนาคม พ.ศ.2556 ที่ได้จากการตรวจวัดทั้ง 2 สถานี ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดแบบรายวันผลของการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ตรวจวัดปริมาณน้ำท่าในบางช่วงอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำเข้า เนื่องจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนมีไม่ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งข้อมูลน้ำฝนนั้นมีความสำคัญต่อการประเมินแบบจำลองทางอุทกวิทยาอย่างมีนัยยะสำคัญ (Phongjeena, 2015) จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลทำให้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าซึ่งส่วนใหญ่มาจากปริมาณน้ำฝนมีความคลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลที่ตรวจวัดจริง สำหรับการปรับเทียบข้อมูลในการศึกษานี้ใช้วิธี manual ซึ่งอาศัยหลักการพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำที่จะส่งผลต่ออัตราการไหลของน้ำท่าตามปัจจัยที่กล่าวไปข้างต้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้นสามารถใช้วิธี Auto-calibration โดยใช้แบบจำลอง SWAT-Cup มาใช้ในการปรับเทียบเพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ครอบคลุมและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. ผลการศึกษาการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนทั้ง 3 กรณี (ตารางที่ 1) สามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกได้เป็น 8 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้นหรือสวนป่า เช่น สัก กฤษณา ยางพารา ยูคาลิปตัส พื้นที่ปลูกไม้ผล เช่น มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย มะขาม องุ่น พื้นที่เกษตร เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง พืชผัก พื้นที่นาข้าว พื้นที่ทุ่งหญ้า/ป่าละเมาะ พื้นที่ชุมชนและพื้นที่แหล่งน้ำ โดยในสถานการณ์ปัจจุบัน (Existing) มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่นาข้าวมากที่สุดเท่ากับ 2,836.47 km^2 คิดเป็นร้อยละ 38.04 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 2,478.85 km^2 คิดเป็นร้อยละ 33.25 สำหรับ Scenario 1 การเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดเป็นพื้นที่การเกษตร พบว่านาข้าวยังเป็นพื้นที่ที่พบมากที่สุดเท่ากับรูปแบบของ Existing และมีพื้นที่การเกษตรมากเป็นลำดับ 2 เท่ากับ 2,494.52 km^2 คิดเป็นร้อยละ 33.46 และสุดท้ายใน Scenario 2 การควบคุมพื้นที่ป่าไม้ตามการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนมีพื้นที่ที่ถูกกำหนดให้เป็นเขตป่าทั้งหมด 5,574.59 km^2 คิดเป็นร้อยละ 74.76 ส่งผลให้พื้นที่ประเภทอื่นๆ ลดลงตามลำดับ โดยพื้นที่นาข้าวลดลงเหลือ 946.49 km^2 คิดเป็นร้อยละ 12.69 ของพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบนในแต่ละสถานการณ์ (Scenario)

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	Existing		Scenario 1		Scenario 2	
	km^2	%	km^2	%	km^2	%
พื้นที่ป่าไม้	2,478.85	33.25	-	-	5,574.59	74.76
ไม้ยืนต้น	1,220.40	16.37	1,220.40	16.37	432.54	5.80
พื้นที่ปลูกไม้ผล	213.93	2.87	213.93	2.87	103.32	1.39
พื้นที่เกษตร	15.67	0.21	2,494.52	33.46	15.44	0.21
พื้นที่นาข้าว	2,836.47	38.04	2,836.47	38.04	946.49	12.69
พื้นที่ทุ่งหญ้า/ป่าละเมาะ	205.55	2.76	205.55	2.76	134.33	1.80
พื้นที่ชุมชน	347.17	4.66	347.17	4.66	184.06	2.47
พื้นที่แหล่งน้ำ	138.21	1.85	138.21	1.85	65.48	0.88
รวม	7,456.25	100.00	7,456.25	100.00	7,456.25	100.00



(a) (b) (c)

ภาพที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในสถานการณ์ Existing (a) Scenario 1 (b) และ Scenario 2 (c)

3. <u>ช่วงเวลาการไหล</u>

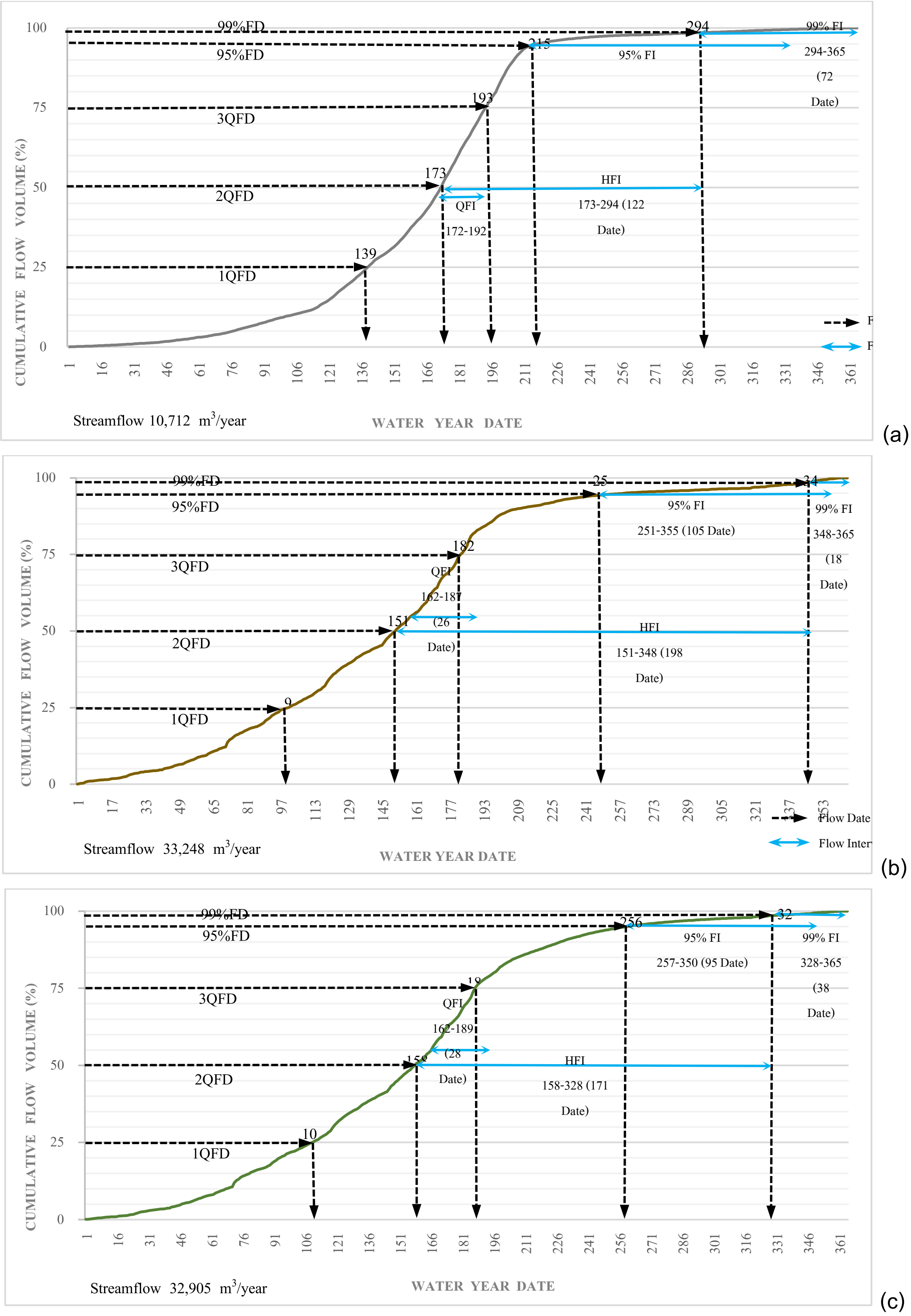
ช่วงเวลาการไหลเป็นข้อมูลที่ใช้บ่งชี้ศักยภาพของลุ่มน้ำในการทำหน้าที่ให้น้ำหรือชะลอการไหลของน้ำโดยวิเคราะห์ได้จากข้อมูลปริมาณน้ำในลำธารตลอดทั้งปี โดยช่วงเวลาปีน้ำของประเทศไทยเริ่มต้นวันที่ 1 เมษายนจนสิ้นสุดวันสุดท้ายของปีน้ำคือ 31 มีนาคมของปีถัดไป ผลการวิเคราะห์ข้อมูลช่วงเวลาการไหลของน้ำโดยการวิเคราะห์จากวันเวลา (flow date) ที่น้ำท่าจำนวนหนึ่งไหลผ่านจุดที่กำหนด (outlet) ซึ่งวันที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำท่าในรอบปีน้ำคือปริมาณน้ำที่จำนวน 25 % 50% 75% 95% และ 99% ของปริมาณน้ำท่าทั้งปี(ตารางที่ 2 และภาพที่ 4) ผลการศึกษาพบว่า flow date ที่น้ำท่าจำนวนหนึ่งไหลผ่านจุด outlet ที่ 25 % (1QFD)ของ Existing Scenario 1 และ Scenario 2 คือวันที่ 139 99 และ 108 ตามลำดับ ที่ 50% (2QFD) คือวันที่ 173 151 และ 158 ตามลำดับ ที่ 75%(3QFD) คือวันที่ 193 182 และ 187 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูน้ำหลากในทุกๆ ช่วงของ flow date คือ 1QFD 2QFD และ 3QFD พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งใน Scenario 1 และ Scenario 2 มีผลทำให้วันเวลาที่น้ำจำนวนที่กำหนดทั้ง 3 ช่วงเวลาไหลผ่านจุดตรวจวัดเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Existing สำหรับในช่วงฤดูแล้งที่จำนวน 95% (95%FD) คือวันที่ 215 251 และ 256 ตามลำดับ และที่จำนวน 99% (99%FD) คือวันที่ 294 348 และ 328 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้งพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งใน Scenario 1 และ Scenario 2 มีผลทำให้วันเวลาที่น้ำ 95%FD และ 99%FD นั่นคือปริมาณน้ำที่ 5% และ 1 % สุดท้ายที่ไหลผ่านจุดตรวจวัดช้าลง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลช่วงวันที่ 1QFD จะเห็นว่า Existing ถึงช้ากว่า Scenario 1 และ Scenario 2 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าในลักษณะพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันส่งผลให้ลำน้ำค่อนข้างแห้งแล้ง ดังนั้นจึงทำให้กว่าที่จะมีปริมาณน้ำในลำน้ำถึง 25 % ต้องใช้เวลานานถึง 4 เดือนเศษ (วันที่ 139) นับตั้งแต่เริ่มปีน้ำดังเช่นที่ Linsley *et al.* (1982) ได้ระบุถึงบทบาทของน้ำฝนก่อนหน้า ซึ่งโดยทั่วไปน้ำฝนมีบทบาทโดยตรงกับการเกิดน้ำท่าไหลในลำธาร แต่ปริมาณน้ำในดินที่เกิดขึ้นจากการตกสะสมของฝนในอดีตที่ผ่านมากับความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน นั้นเป็นปัจจัยเสริมที่สำคัญต่อการเกิดน้ำท่าไหลในลำธาร ส่วนกรณี Scenario 1 ที่มีการเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรมส่งผลทำให้น้ำท่าที่ไหลในลำธารเพิ่มมากขึ้นช่วงวันที่ 1QFD (วันที่ 99) จึงเร็ว

กว่ากรณีอื่น เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะแปรสภาพไปเป็นปริมาณน้ำท่าส่งผลให้ ดังเช่นกรณีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าหลังการทำลายป่าต้นน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรของ Witthawatchutikul *et al.* (2009) ซึ่งพบว่าหลังจากการทำลายป่าต้นน้ำและใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ปี ส่งผลให้น้ำท่าที่ไหลในลำธารเพิ่มมากขึ้น 2.03 เท่า และสำหรับกรณี Scenario 2 ซึ่งมีการเพิ่มพื้นที่ป่าทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีป่าทำหน้าที่ในการดูดซับน้ำฝนได้มากขึ้น โดยต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ป่าจะทำให้น้ำในดินถูกต้นไม้นำไปใช้มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่จึงลดจำนวนลงจึงทำให้น้ำในช่วงวันที่ 1QFD (วันที่ 108) ซึ่งใช้เวลานานกว่า Scenario 1 ดังเช่นในกรณีการศึกษาของ Charoensuk & Witthawatchutikul (2011) ในพื้นที่ต้นน้ำน่านที่ได้รับการฟื้นฟูพบว่า สามารถดูดซับน้ำฝนได้มากขึ้นในช่วงฤดูฝน และปลดปล่อยน้ำท่าให้ไหลในลำธารได้นานขึ้นภายหลังสิ้นฤดูฝน แต่ต้นไม้ที่ปลูกจะทำให้น้ำในดินถูกต้นไม้นำขึ้นไปใช้มากขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าลดต่ำลงเมื่อเทียบกับลุ่มน้ำป่าธรรมชาติ

การศึกษาช่วงเวลาการไหลของน้ำท่า(flow interval) พิจารณาเป็น 2 ช่วงฤดูกาลคือ ช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุดของน้ำท่าปริมาณ 25%(QFI) และ 50% (HFI) ในช่วงน้ำหลาก ส่วนช่วงเวลาการไหลยาวที่สุดของน้ำท่าซึ่งทำการวิเคราะห์ในช่วงน้ำแล้ง คือช่วงการไหลยาวที่สุดของน้ำท่าที่ปริมาณ 5% (5%FI) และ 1% (1%FI) ผลการศึกษาพบว่าสถานการณ์ Existing Scenario 1 และ Scenario 2 ในช่วงน้ำหลากมีช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุดของน้ำท่าปริมาณ 25% เป็นเวลา 21 22 และ 23 วัน ตามลำดับ ช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุดของน้ำท่าปริมาณ 50% เป็นเวลา 122 198 และ 171 วัน ตามลำดับ สำหรับในช่วงน้ำแล้งช่วงการไหลยาวที่สุดของน้ำท่าที่ปริมาณ 5% เป็นเวลา 120 105 และ 95 วัน ตามลำดับ ช่วงการไหลยาวที่สุดของน้ำท่าที่ปริมาณ 1% เป็นเวลา 72 18 และ38 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้ข้อมูลในช่วงเวลาการไหลของน้ำในช่วงน้ำหลากแสดงให้เห็นถึงบทบาทของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สามารถรองรับน้ำหรือชะลอการไหลของน้ำได้มากน้อยต่างกัน เมื่อพิจารณาช่วงน้ำหลากของทั้ง 3 กรณีจะพบว่าสถานการณ์ Existing มีช่วง QFI ที่สั้นที่สุด ในขณะที่กรณี Scenario 1 มีจำนวนวันที่เพิ่มมากขึ้น และ Scenario 2 มี QFI เมื่อเปรียบเทียบกัน แสดงให้เห็นได้ว่ากิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยมากที่สุดโดยที่การเพิ่มพื้นที่ป่าส่งผลให้ข้อมูล QFI มีจำนวนวันที่ยาวขึ้นเป็นการบ่งบอกถึงความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำหลากมีน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้จากกรณีทั้ง 3 รูปแบบจะเห็นได้ว่าในสถานการณ์ปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในฤดูน้ำหลากในขณะที่ในช่วงน้ำแล้งแสดงให้เห็นถึงการเกิดช่วงความแห้งแล้งที่ยาวนาน ทั้งนี้ข้อมูลที่เปรียบเทียบระหว่าง Scenario 1 และ Scenario 2 แม้จะเป็นไปในทิศทางที่เพิ่มพื้นที่ป่าช่วยให้มีช่วง QFI ที่ยาวนานกว่า และมี 5 % FI ที่สั้นกว่า ทั้งนี้ความแตกต่างกันค่อนข้างน้อยอาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากมีการใช้ข้อมูลเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบในช่วงระยะเพียง 5 ปี การแสดงผลของข้อมูลดังกล่าวจึงยังไม่การเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 สรุปลักษณะการกระจายของน้ำในลำธารในช่วงเวลาต่างๆ (Flow Timing) ของแต่ละสถานการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนบน ปีพ.ศ. 2552-2557

การจำลองสถานการณ์	การกระจายของน้ำในลำธารในช่วงเวลาต่างๆ (Flow timing)								
	วันในเวลารอบปี (Flow date)					จำนวนวัน (Flow interval)			
	1QFD	2QFD	3QFD	95%FD	99%FD	QFI	HFI	5%FI	1%FI
Existing	139	173	193	215	294	21	122	120	72
Scenario 1	99	151	182	251	348	26	198	105	18
Scenario 2	108	158	187	256	328	28	171	95	38



ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบช่วงเวลาการไหลของน้ำจากปริมาณน้ำท่าสะสมของสถานการณ์ Existing (a) Scenario 1 (b) และ Scenario 2 (c)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Flow date เมื่อเปรียบเทียบสถานการณ์ Scenario 1 กับ Scenario 2 จะเห็นถึงความแตกต่างของบทบาทของการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นป่าดิบแล้งและพื้นที่เกษตรคือ เมื่อมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้วันที่มีปริมาณน้ำท่าที่จุด 1QFD 2QFD 3 และ QFD มาเร็วกว่า ซึ่งการที่มีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นแสดงถึงหน้าที่ของป่าไม้ที่คอยชะลอควบคุมการไหลและปลดปล่อยน้ำสู่แหล่งน้ำกลายมาเป็นน้ำท่าในลำธาร ดังกรณีการศึกษาสมดุลของน้ำในพื้นที่ป่าต้นน้ำแม่สาครจังหวัดน่าน โดยฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ป่าธรรมชาติจะถูกต้นไม้ในป่านำไปใช้ร้อยละ 52.27 ที่เหลือจะแปรสภาพไปเป็นน้ำท่าที่ไหลในลำธารและเป็นน้ำที่รั่วซึมผ่านชั้นหินที่อยู่ใต้ชั้นดินร้อยละ 12.50 และ 35.24 ตามลำดับ ทั้งนี้ข้อมูลสมดุลของพื้นที่ต้นน้ำจะมีความผันแปรไปในแต่ละท้องที่ และระยะเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ต้นน้ำ โดยเฉพาะเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตร (Charoensuk & Witthawatchutikul, 2011) เช่นเดียวกับการศึกษาสมดุลน้ำในอีกหลายพื้นที่ป่าที่แสดงข้อมูลบทบาทของต้นไม้ในการดึงน้ำไปใช้เป็นส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 50 และที่เหลือจะแปรสภาพไปเป็นน้ำท่าที่ไหลในลำธารและเป็นน้ำที่รั่วซึมอยู่ชั้นใต้ดิน (Pongboon *et al*.,2011; Witthawatchutikul & Jirasuktaveekul, 1999) สำหรับกรณีสถานการณ์ Existing พบว่าสถานการณ์ดังกล่าวมีน้ำที่จุด 1QFD 2QFD 3 QFD มาช้ากว่าทั้ง 2 กรณี ในขณะที่น้ำที่จุด 95%FD และ 99%FD มาเร็วกว่าทุกกรณีทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในกรณี Existing เป็นสถานการณ์ที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดภาวะแล้งน้ำซึ่งจากข้อมูล 95%FD และ 99%FD บ่งบอกถึงช่วงแล้งน้ำที่มาค่อนข้างเร็วและยาวนานก่อให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำ และส่งผลให้น้ำที่เติมเข้ามาในระบบลุ่มน้ำต้องใช้เวลานานกว่าที่ปริมาณน้ำในลำธารจะถึงจุดที่ 1QFD ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของน้ำในชั้นดินในขณะที่ไม่มีฝนตก ปริมาณน้ำในดินจะมีการลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นที่เป็นผลมาจากการระบายน้ำให้กับดินชั้นล่าง การไหลของน้ำใต้ผิวดินและการคายระเหยน้ำ และเมื่อมีน้ำอยู่น้อยอัตราการลดลงจะค่อยเป็นค่อยไป (Witthawatchutikul & Jirasuktaveekul, 2007) ทั้งนี้สามารถใช้อัตราการลดลงของระดับหรืออัตราการไหลของน้ำท่าในลำธารเป็นตัวแทนได้เพราะอัตราการไหลของน้ำในลำธารมีความสัมพันธ์ที่สูงกับปริมาณน้ำในชั้นดิน (Witthawatchutikul, 1981)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Flow interval ในช่วง QFI จะเห็นได้ว่าสถานการณ์ Existing มีช่วงเวลาที่สั้นที่สุด รองลงมาคือ Scenario 1 และ Scenario 2 มีช่วงของ QFI ที่ยาวนานที่สุด ดังนั้นการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่อการไหลของน้ำจากค่า QFI และ 1%FI เช่นเดียวกันกับการศึกษาในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับการใช้ที่ดินโดยพบว่าเมื่อพื้นที่ป่าลดลงปริมาณน้ำท่าฤดูแล้งก็ลดลงตามไปด้วย (Vongsana, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่พูลโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำขนาดเล็กซึ่งพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีป่ามาก จะทำให้น้ำท่านอกช่วงฤดูฝนมีปริมาณเพิ่มขึ้นในขณะที่ในช่วงฤดูฝนลดลง (Suwanlertcharoen, 2011) นั่นคือถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ป่ามากจะทำให้ในช่วงแล้งฝนมีน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่ช่วงน้ำหลากมีน้ำท่าไหลอย่างสม่ำเสมอลดอัตราการหลากของน้ำในฤดูฝน

อย่างไรก็ตามการไหลของน้ำไม่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญจากการปลูกป่า แม้ว่าระบบการไหลของน้ำทั้งช่วงน้ำหลากและน้ำแล้งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญโดยการตัดไม้ทำลายป่าและการฟื้นตัวของการเปลี่ยนแปลงผ่านการปลูกป่าอาจใช้เวลานานกว่าที่คาดไว้ซึ่งอาจเป็นเพราะการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรงและการสูญเสียความสามารถในการแทรกซึมของดินหลังการตัดไม้ทำลายป่า (Liu *et al*.,2015) เช่นเดียวกันกับ Bruijnzeel

(1990) ได้ศึกษาการทำไม้หรือการเปลี่ยนสภาพป่าธรรมชาติในเขตร้อนชื้นทำให้มีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นหลัก การตัดไม้ทำลายป่าจะส่งผลให้เกิดอัตราหลากสูงสุด (peak flow) เพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไปว่าจะเป็นการทำให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้น ส่วนมากจะเป็นการเพิ่มน้ำท่าที่เกิดจากการหลากเร็วในช่วงฤดูฝน เนื่องจากการซึมน้ำลงสู่ดินชั้นลึกลดลง เมื่อหมดฤดูฝนในช่วงฤดูแล้งก็จะทำให้มีน้ำไหลน้อย ปริมาณน้ำหลากที่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนนั้นจะมีตะกอนดินติดมาสูงกว่าปกติที่เคยเป็นมาก

การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลช่วงเวลาการไหลของน้ำที่ประเมินได้จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสะสมเทียบเป็นร้อยละ(100 %) จากน้ำท่าทั้งหมดในปีน้ำนั้นๆ เป็นข้อมูลที่บ่งชี้ลักษณะการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นว่ามีอัตราการไหลอย่างสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใดโดยสามารถประเมินได้จากช่วงเวลาน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งซึ่งช่วงน้ำหลากพิจารณาจากข้อมูล Interflow หรือ flow duration ช่วงเวลาสั้นสุดของน้ำที่ 25 % และ 50 % ไหลผ่านซึ่งหากช่วงเวลาดังกล่าวมีความสั้นมาก คือจำนวนวันที่ปริมาณน้ำท่าสะสมในระดับที่กำหนดคือ 25 % และ 50 % มีช่วงระยะเวลาสั้นแสดงให้เห็นถึงอัตราการหลากของน้ำที่สูงในช่วงน้ำหลากในขณะที่ช่วงการไหลยาวที่สุดของน้ำท่าที่ปริมาณ 5% และ 1% แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ยังคงเหลือในช่วงน้ำแล้งซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีปริมาณน้ำอย่างสม่ำเสมอจะส่งผลให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้ำที่ 5% และ 1% สุดท้ายสั้นลง ทั้งนี้หากมีน้ำที่ 5% และ 1% สุดท้ายเป็นระยะเวลายาวนานก่อนที่น้ำจะหมดไปในปีน้ำนั้นเป็นการบ่งบอกถึงช่วงความยาวนานของความแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำ

นอกจากนี้ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ยังมีส่วนเกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำ เช่น การตกของฝน ความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะของลำน้ำ และสิ่งขวางกั้นลำน้ำ (Jarulchawanapait, 2016) โดยเฉพาะการตกของฝนซึ่งมีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไปของน้ำท่า (Phongjeena, 2015) ดังนั้นช่วงเวลาการไหลของน้ำในแต่ละช่วงเวลาหรือในแต่ละพื้นที่จึงแตกต่างกันไปตามปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา (SWAT) จะเห็นได้ว่าสามารถคาดการณ์สถานการณ์การไหลของน้ำได้ในบางช่วงฤดูกาลเพียงเท่านั้น ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำโดยเฉพาะปัจจัยทางกายภาพภูมิศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความหนาแน่นของการระบายน้ำ ความลาดชันของลำธาร และความคดเคี้ยวของลำธาร ล้วนแต่มีอิทธิพลต่อปริมาณและอัตราการไหลของน้ำ (Poonkasem,1997) ดังนั้นสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคาดการณ์สถานการณ์ การใช้ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพร่วมด้วยจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ผลการศึกษาสะท้อนแนวโน้มนี้ได้ดีกว่าและมีศักยภาพในการทำนายผลอย่างสม่ำเสมอและน่าพอใจ (Chen *et al.*, 2013)

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อช่วงเวลาการไหลของน้ำท่า โดยข้อมูล Flow date แสดงถึงช่วงวันที่มีน้ำในจำนวนที่กำหนด และผลของการเพิ่มพื้นที่ป่าใน Scenario 2 ทำให้ในช่วงน้ำหลากมีน้ำท่ามาช้ากว่าการเพิ่มพื้นที่เกษตรของ Scenario 1 ในขณะที่เมื่อถึงช่วงน้ำแล้งน้ำพบว่า Scenario 1 เริ่มเข้าสู่ช่วงวันที่แล้งน้ำก่อน (95%FD) ทำให้มีช่วงของวันที่แล้งซึ่งยาวนานกว่า ทั้งนี้สำหรับสถานการณ์ Existing ในช่วงเริ่มฤดูน้ำหลาก (1FD) แม้ว่าน้ำจะมาถึงช้าแต่เมื่อเปรียบกับวันที่น้ำแล้งซึ่งมาเร็วกว่าทุกกรณีแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำมีสถานการณ์การที่มีน้ำน้อยหรือภาวะแล้งน้ำที่ยาวนาน เมื่อวิเคราะห์ในรอบปีน้ำจึงอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ภาวะขาดน้ำในพื้นที่ทำให้กว่าน้ำในระบบลุ่มน้ำจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงน้ำหลากต้องใช้เวลานานเพิ่มมากขึ้น

สำหรับข้อมูล Flow interval เป็นการแสดงของมูลช่วงระยะเวลาการคงอยู่ของปริมาณน้ำในลำธาร โดยที่จุด QFI แสดงให้เห็นไว้ว่า Scenario 1 มีระยะเวลาการไหลของน้ำที่ 25 % สั้นกว่า Scenario 2 และในส่วนของข้อมูล 1 % FI หรือน้ำ 1 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายก่อนที่จะหมดไปในปีน้ำนั้น จะเห็นได้ว่า Scenario 2 มีช่วงระยะเวลาที่ยาวนานกว่า Scenario 1 อย่างชัดเจน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยกลไกการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้นับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งมีบทบาทต่อการรักษาสมดุลการไหลของน้ำให้มีอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการแห่งชาติ(วช.) ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย ขอขอบคุณ ดร.วิสุทธิ์พันธ์ มหาอาชา ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

Arnold, J.G., R. Srinivansan, K.W. King & Griggs, R.H. (1995). SWAT Soil and Water Assessment Tool: Draft Users Manual. Retrieved January 24, 2015, from http://ftp.brc.tamus.edu/pub/swat/doc/swat2000theory.pdf.

Bruijnzeel, L.A. (1990). Hydrology of Moist Tropical Forest and Effects of Conversion: A state of Knowledge Review. IHP; UNESCO; Free University. Amsterdam. 224 p.

Charoensuk, S. & Withawatchutikul, P. (2011). Application of rainfall-runoff polygons for study on runoff characteristics conversion due to 29-30 years reforestation at Nan province. Watershed Research, Watershed Conservation and Management Office. Department of Natural Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Chen, L., M. Berli & Chief, K. (2013). Examining Modeling Approaches for the Rainfall-Runoff Process in Wildfire-Affected Watersheds: Using San Dimas Experimental Forest. Retrieved January 1, 2020, from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jawr.12043.

Jarulchawanapait, N. (2016). Estimating wet flow and dry flow as discharge from rugged-Terrain and rain-shadow phusawan watershed area in Phetchaburi Provice Thailand. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Land Development Department. (2010). Soil Resources Survey and Research Division. Ministry of Agriculture and Cooperative, Bangkok. (in Thai)

Land Development Department. (2013). Geographic Information System Soil and Land use. Ministry of Agriculture and Cooperative, Bangkok. (in Thai)

Linsley, R.K., Kohler M.A. & Paulhus, J.L.H. (1982). Hydrology for Engineer. McGRAW-HILL Book Company. Singapore.

Liu, W. ,X. Wei ,H. Fan ,X. Guo ,Y Liu ,M. Zhang & Li, Q. (2015). Response of flow regimes to deforestation and reforestation in a rain-dominated large watershed of subtropical China. Retrieved January 1, 2020, from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.10459.

Meteorological Department. (2013). Meteorological Data. Meteorological Department, Ministry of Information and Communication. (in Thai)

Niyom, V. (1992). Forest hydrology. Department of Conservation, Faculty of Forestry. Kasetsart University. (in Thai)

Phongjeena, R. (2015). Influences of Changes in Rainfall Regime and Human Activities to the Streamflows in Sakaekrang River Basin. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Pongboon, K., Thitirojanawat, P. & Witthawatchutikul, P. (2011). Water Balance of Dry Evergreen Forest at Mun Watershed Research Station, Nakhon Ratchasima Province. Watershed Research, Watershed Conservation and Management Office. Department of Natural Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Poonkasem, T. (1997). Influence of Watershed Physiography on Streamflow Timing. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Royal Irrigation Department. (2014). Runoff data. Regional Irrigation office, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)

Suwanlertcharoen, T. (2011). Application of the SWAT Model to Evaluate Runoff and Suspended Sediment from a Small Watershed: A Case Study of Mae Phun Subwatershed, Laplae District, Uttaradit Province. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Sutterlund, R.D. (1972). Wildland Wetershed Management. The Ronald Press co. New York. 33 p.

Vongsana, K. (2011). Land Use Allocation of Upper Ping River Basin for Increasing Streamflow in Dry Season. Ph.D. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Witthawatchutikul, P. (1981). Streamflow Estimation from Small Watershed of Dry-evergreen Forest after Logging, Rayong. The Regional Workshop on Hydrological Impacts of Forestry practices and Reafforestation. (pp. 12-14). University Pertanian Malaysia. UPM & UNESCO.

Witthawatchutikul, P & Jirasuktaveekul, W. (1999). Simulating Runoff and Hydrological Impacts Resulting from Forest Conversion to Rubber Plantation at Rayong. Watershed Research Subdivision, Forest Environment Research Division, Forest Research office, Royal Forest Department. (in Thai)

Witthawatchutikul, P & Jirasuktaveekul, W. (2007). API Model: Model for Flood - Landslide Warning. Watershed Conservation and Management Office. Department of Natural Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Witthawatchutikul, P., Kaewamphut, T. & Thitirojanawat, P. (2009). Application SCS-CN Methodlology for Runoff Estimation due to Chaging the Forest Watershed into Agricultural land. Watershed Research, Watershed Conservation and Management Office. Department of Natural Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)