

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S และแบบจำลอง SWAT ในการคาดการณ์การใช้
ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน
อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

Application of SWAT and CLUE-S Models in Streamflow and Land Use
Prediction in the Upper Khwae-Noi Subwatershed,
Nakhon Thai District, Phitsanulok Province

พิมพ์นิภา ไบกุ

Pimnipa Baiku

ปิยพงษ์ ทองดีนอก*

Piyapong Tongdeenok*

นฤมล แก้วจำปา

Naruemol Kaewjampa

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

*Corresponding author E-mail: fforppt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 6 พฤษภาคม 2564

รับแก้ไข 20 มิถุนายน 2564

รับลงพิมพ์ 6 กรกฎาคม 2564

ABSTRACT

The application of SWAT and CLUE-S models in streamflow and land use prediction in the upper Khwae-Noi subwatershed, Nakhon Thai district, Phitsanulok province, aims to study and forecast the land use change and estimate the streamflow in the subwatershed. The CLUE-S land-use change and SWAT hydrological models were used to forecast the future land-use and streamflow changes in 2013, 2018, and 2023.

The results were found that in 2023 most land-use types would tend to increase from 2018, including agricultural areas, water bodies area, and constructed areas with 42.16%, 6.44%, and 1.39%, respectively, while the forest area and miscellaneous area would decline by 45.16% and 4.83%, respectively. The streamflow results indicated that the SWAT model used to estimate the streamflow had an adequate efficiency in estimating the streamflow with R^2 more than 80 percent. The streamflow measurements from the hydrological station (N.36) for calibrating and validating the model during 2000 – 2018, as indicated by the statistical parameters R^2 , NSE, and PBIAS of 0.80, 0.74, and 27.10, respectively. The estimated average yearly streamflow during 2013 and 2018 were 107.37 and 70.23 mcm, respectively. The forecasted streamflow in the future (2023) was slightly higher than in 2018, with an increase of 12.06%. The study of hydrological characteristics during 2013, 2018, and

2023, under future land use conditions with the percentage of the rainfall-runoff ratio, found that the rainfall-runoff was the highest in 2013, followed by 2023 and 2018, at 14.87 %, 13.59 %, and 12.17 %, respectively. The results indicate that deforestation and the expansion of the agriculture area significantly increased the streamflow during the initial transition stage. However, the streamflow could decrease considerably in the upper Khwae Noi subwatershed in the long term due to an unbalanced structure of the watershed ecosystem.

Keywords: Streamflow, Upper Khwae-Noi Subwatershed, SWAT Model, Land Use, CLUE-S Model

บทคัดย่อ

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S และแบบจำลอง SWAT ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และประมาณค่าปริมาณน้ำท่า จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตปี พ.ศ. 2556, พ.ศ. 2561 และปี พ.ศ. 2566 โดยใช้แบบจำลอง CLUE-S และแบบจำลอง SWAT

ผลการศึกษา พบว่า การคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2566 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ร้อยละ 42.16, 6.44 และ 1.39 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ลดลง ร้อยละ 45.16 และ 4.83 การประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการประมาณค่าปริมาณน้ำท่าพบว่า แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพระดับดี โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าสถานี N.36 ในการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อน และสอบเทียบค่าความถูกต้องในช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2561 โดยพิจารณาจากค่าสถิติ R^2 , NSE และ PBIAS มีค่า 0.80, 0.74 และ 27.10 ตามลำดับ การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปี พ.ศ. 2561 ร้อยละ 12.06 ส่วนการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยา บางประการในปี พ.ศ. 2556, 2561 และ พ.ศ. 2566 โดยใช้ร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนพบว่า มีค่าสูงสุดในปี พ.ศ. 2556 รองลงมาคือปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2561 โดยมีค่าร้อยละ 14.87, 13.59 และ 12.17 ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

คำสำคัญ: น้ำท่า ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน แบบจำลอง SWAT การใช้ประโยชน์ที่ดิน แบบจำลอง CLUE-S

คำนำ

น้ำท่า (runoff) เป็นน้ำบนผิวดินที่ไหลมารวมกันสู่ลำน้ำ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากความชื้นในบรรยากาศที่ตกลงมาเป็นฝน ซึ่งในที่สุด จะไปปรากฏที่ลำน้ำที่จุดออก (outlet) ของลุ่มน้ำ โดยปริมาณ

น้ำท่ามีศักยภาพที่มีผลต่อระบบโครงสร้างและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการเกิดน้ำท่ามีทั้งปริมาณและอัตราแปรผันได้มากน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของลุ่มน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำท่ามากจะทำให้เกิดน้ำท่วมและปริมาณน้ำท่าน้อยจะทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำได้ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่มี

ความแปรผันจะส่งผลกระทบต่อการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ การประยุกต์แบบจำลองทางอุทกวิทยาในการประมาณปริมาณน้ำท่ามีความสำคัญต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งเรื่องการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในช่วงฤดูฝน และการวางแผนรับมือภัยแล้งขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในช่วงฤดูแล้ง การนำแบบจำลอง SWAT (soil and water assessment tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถจำลองลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ โดยการกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพกายภาพของพื้นที่จริง (Neitsch *et al.*, 2009) สามารถใช้คาดการณ์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และสารเคมีจากเกษตรกรรม โดยมีกระบวนการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายเป็นที่ยอมรับทั้งในระดับสากลและในระดับภูมิภาคของประเทศไทย มาประยุกต์ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า

การให้น้ำท่าขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์โดยน้ำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ เพื่อตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ทำให้การใช้ทรัพยากรธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเป็นทวีคูณ แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องย่อมส่งผลกระทบต่อทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งแบบจำลอง CLUE-S ถูกพัฒนาขึ้นเป็นฟรีแวร์ (freeware) ที่มีขนาดเล็ก ทำงานเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ตามขนาดจุดภาพที่กำหนดและสามารถจัดสรรพื้นที่ตามความเหมาะสม โดยอาศัยการกำหนดเงื่อนไขเชิงนโยบาย เช่น พื้นที่หวงห้าม พื้นที่อนุรักษ์ เป็นต้น การกำหนดเงื่อนไขเฉพาะของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ตามปัจจัยขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการนำ

แบบจำลอง CLUE-S มาใช้ในการจำแนกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท และศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตซึ่งการนำแบบจำลองมาใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตนั้น เพื่อช่วยให้เกิดความตระหนักรู้ การปรับตัว และนำไปวางแผนให้ครอบคลุมรอบด้านในพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีความเหมาะสม เพื่อให้เกิดความมั่นคง ยั่งยืน ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต ดังนั้นการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและนำผลการประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เป็นพื้นที่ประสบปัญหาการเกิดน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี และในช่วงฤดูแล้งจะประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนมีสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภท ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากรูปแบบของกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพื้นที่การเกษตร รูปแบบพื้นที่การตั้งถิ่นฐานชุมชนต่าง ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าตลอดจนความต้องการใช้น้ำของชุมชนและภาคส่วนต่าง ๆ ในบริเวณลุ่มน้ำ การนำแบบจำลอง CLUE-S มาช่วยในการทำนายการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในอนาคตเพื่อประกอบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยประยุกต์แบบจำลอง SWAT เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ ในการเตรียมการ รับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในอนาคตให้มีความเหมาะสมกับ

สภาพพื้นที่ลุ่มน้ำและคุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำน่าน ตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก มีเนื้อที่ประมาณ 1,290,668.29 ไร่ หรือ 2,065.10 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนเป็นลุ่มน้ำสาขาทางฝั่งซ้ายของลุ่มน้ำน่าน โดยลำน้ำสายหลักมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาภูขัดซึ่งสันปันน้ำเป็นเส้นแบ่ง

เขตกับอำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นภูเขาและที่ราบเล็กน้อย ตามแนวลำน้ำสายหลักมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 149 – 1,679 เมตร ความลาดชันโดยเฉลี่ยของพื้นที่ร้อยละ 12 - 35 ทิศด้านลาดของพื้นที่ลาดเทไปทางด้านทิศตะวันตก พื้นที่ตอนล่างเป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำระหว่างหุบเขา มีความยาวลำน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ 251.58 กิโลเมตร (Institute of Water and Agricultural Resources Information (Public Organization), 2012) (Figure 1)

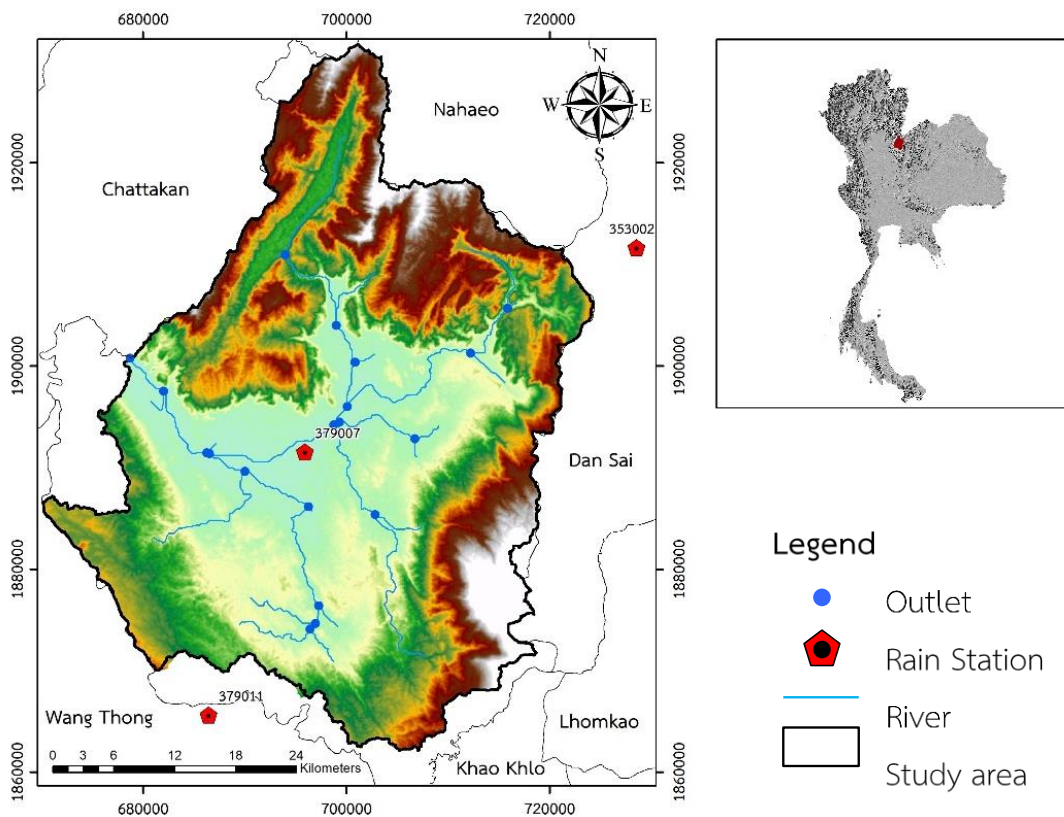


Figure 1 The boundary of upper Khwae-Noi subwatershed, Nakhon Thai district, Phitsanulok province.

Modified from the Royal Irrigation Department and Meteorological Department of Thailand.

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ด้วยแบบจำลอง CLUE-S 2) การประเมินค่าปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT และ 3) การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีวิธีการวิจัยดังนี้

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CLUE-S

1. รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 โดยจำแนกประเภทตามแบบระดับที่ 1 ออกเป็น 5 ประเภท คือ ป่าไม้ (forest) เกษตรกรรม (agriculture) ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (urban) แหล่งน้ำ (water) และเบ็ดเตล็ด (miscellaneous) และข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินตามการศึกษาของ Khotapun (2012) และ Kiriwongwattana (2007) ได้แก่ ความสูง ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ความลาดชัน การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากเส้นลำนํ้า ระยะห่างจากตำแหน่งหมู่บ้าน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลแอสกี (american standard code for information interchange: ASCII)

2. วิเคราะห์สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกำหนดความต้องการในการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท โดยคำนวณจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยขับเคลื่อน โดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก (logistic regression) กำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรต้น และ

ปัจจัยขับเคลื่อนเป็นตัวแปรอิสระ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยขับเคลื่อนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท

4. กำหนดค่าความยืดหยุ่น (elasticity) ของการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยกำหนดให้ 0 หมายถึง ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นได้ และ 1 หมายถึง ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นได้

5. คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2566 โดยแบบจำลอง CLUE-S นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย แควน้อยตอนบน อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ปี พ.ศ. 2561 ข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์จากการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก และข้อมูลความยืดหยุ่นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเป็นรูปแบบเชิงพื้นที่ และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2566

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT

1. รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่า ที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (digital elevation model: DEM) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) และชุดดิน (soil series) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (climatic data) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดจากสถานีอุทกวิทยา

1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม ได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาดความละเอียด 30×30 เมตร จากผลการเปรียบเทียบตำแหน่งทางกายภาพของ สภาพลุ่มน้ำ กับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความสูงอยู่ในช่วง 148 - 1,679 ม.รทก. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้อมูลที่ใช้การสำรวจในช่วงปี พ.ศ. 2561 โดยจำแนกให้อยู่ในรูปแบบ SWAT เป็น 18 กลุ่ม และชุดดินซึ่งเป็นหน่วยจำแนกดินที่ละเอียดที่สุด ที่ได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยกรมพัฒนาที่ดินของ ประเทศไทย จากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่า ในพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน ประกอบด้วยชุดดิน ทั้งหมด 18 ชุดดิน ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศ ภูมิศาสตร์

1.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลที่ต้อง จัดเตรียม ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิ สูงสุด - ต่ำสุดรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน แสงแดดรายวัน และความเร็วลมรายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2561 พร้อมตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัด อากาศและสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจากกรม อุตุนิยมวิทยา มี 3 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยานคร ไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก รหัสสถานี 378004 สถานีอุตุนิยมวิทยาหล่มสัก อำเภอลหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ รหัสสถานี 379002 และสถานี อุตุนิยมวิทยาด่านซ้าย อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย รหัสสถานี 353002 โดยทำการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ ไฟล์อักขระ (.txt)

1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด จากสถานีอุทกวิทยา (observed) รวบรวมเป็นข้อมูล รายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2561 จากกรม ชลประทาน ซึ่งในพื้นที่ศึกษามี 1 สถานี คือ สถานี N.36 ณ บ้านหนองกระท้าว ตำบลหนองกระท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก พร้อมตำแหน่งที่ตั้ง

สถานีตรวจวัดน้ำท่า ใช้มาเปรียบเทียบกับผลของ ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT

2. การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อย แควน้อยตอนบน โดยใช้แบบจำลอง SWAT นำเข้า ข้อมูล DEM ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุด ดิน ในกรณีกลุ่มชุดดิน 62 ซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน จะใช้คุณสมบัติของดินจากการรวบรวมข้อมูลของกรม พัฒนาที่ดิน กำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทก วิทยาวิทยา (hydrological response units: HRUs) ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชัน ของดิน ให้มีค่าแต่ละ HRUs ไม่เกินร้อยละ 10 นำเข้า ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ทำการประเมินปริมาณน้ำท่า และใช้โปรแกรม SWAT-CUP (SWAT calibration and uncertainty pocedures) ในการวิเคราะห์ ความอ่อนไหวของตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า ซึ่งแสดงผลในรูปแบบของ Global Sensitivity Analysis โดยแสดงผลในรูปแบบตาราง T-stat และ P-value ว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Objective Function

3. เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง วิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย การใช้ รูปแบบของกราฟในการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ การกำหนด R^2 (coefficient), ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และ PBIAS (percent bias) แสดง ดังสมการต่อไปนี้

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right]^2 \quad (1)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \times 100}{\sum_{i=1}^n (O_i)} \quad (3)$$

โดยที่ n = จำนวนขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณแบบจำลอง

O_i = ค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริง

P_i = ค่าพยากรณ์จากแบบจำลอง SWAT

$\bar{P}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลอง

$\bar{O}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัดทั้งหมด

การพยากรณ์การประเมิณน้ำท่าภายใต้เงื่อนไข

การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

ทำการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT ดังนี้ ปริมาณน้ำฝนและข้อมูลอุทกนิยามวิทยาบางประการ ได้แก่ ข้อมูลการระเหยน้ำ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศสูงสุด - ต่ำสุดรายวัน โดยการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 30 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2523 - 2561 ในสถานีที่ตั้งและโดยรอบ ได้แก่ สถานี 378004, 379002 และ 353002 ข้อมูลลักษณะกายภาพของกลุ่มน้ำประกอบด้วย DEM ขนาดความละเอียด 30×30 เมตร ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากแบบจำลอง CLUE-S โดยการทำประเมิณปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้แบบจำลอง SWAT

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ในลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกจากการประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S ร่วมกับแบบจำลอง SWAT โดยวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าและคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองในแต่ละปี จากนั้นทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า

ในปีฐานและปีอนาคต สามารถอธิบายผลการศึกษาได้ดังนี้

การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 - 2561

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 ตามการจำแนกของกรมพัฒนาที่ดิน แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงปริมาณตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 - 2561 ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ 695,224.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 53.87 รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ 527,458.27 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.87 พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ 36,226.73 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.80 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ 25,414.14 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.97 และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 6,344.93 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.49

2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ 671,798.30 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.05 รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ 560,584.33 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.43 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ 26,510.61 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.05 พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ 25,280.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.97 และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 6,494.83 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.50

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่ง

ปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลงจากพื้นที่เดิม ร้อยละ 1.82 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่เกษตรเพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด ร้อยละ 2.56 ส่วนการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่ป่าไม้ เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 22,953.10, 369.02, 199.26 และ 34.19 ไร่ ตามลำดับ และยังคงสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้ 671,668.65 ไร่ เนื่องนโยบายและมาตรการการส่งเสริมของรัฐ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการขยายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชเชิงพาณิชย์อย่างรวดเร็ว เช่น โครงการส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อทดแทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยว (ยางพารา) และโครงการรับจำนำสินค้าการเกษตร ทำให้เกิดการขยายพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ประกอบกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนเป็นลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน โดยมีสัดส่วนพื้นที่ราบในพื้นที่ลุ่มน้ำน้อยกระจายตัวอยู่บริเวณตอนล่างและระหว่างหุบเขาของพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงมีพื้นที่ใช้ทำการเกษตรกรรมจำกัด เมื่อมีความต้องการเพิ่มผลผลิตจึงเป็นเหตุให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ที่ปรากฏอยู่บริเวณที่ลาดเชิงเขา สันเขา หรือพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ใกล้แนวชุมชนมากขึ้น รวมทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัย ขยายพื้นที่เพื่อทำการเกษตร และสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ เพิ่มสูงตาม จึงมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ทำให้โครงสร้างของพื้นที่ลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Table 1)

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากข้อมูลสถิติการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตสองช่วง ปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตอีก 5 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2566) โดยใช้แบบจำลอง CLUE-S พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ 665,347.30 ไร่ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ 566,607.08 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ 26,709.50 ไร่ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ 24,589.03 ไร่ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 7,415.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.55, 43.90, 2.07, 1.91 และ 0.57 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปี พ.ศ. 2561 พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด 14,284.11 ไร่ โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 6,022.75, 920.55 และ 198.89 ไร่ หรือร้อยละ 42.16, 6.44 และ 1.39 ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลงจากปี พ.ศ. 2561 มีเนื้อที่ลดลง 6,451.00 และ 690.92 ไร่ หรือร้อยละ 45.16 และ 4.85 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kiriwongwattana (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้จะลดลงอย่างต่อเนื่อง พื้นที่เกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นเพิ่มขึ้น

Table 1 Land utilization during 2013, 2018, and 2023 at the Khwae-Noi Sub-Watershed, Phitsanulok Province.

Land use type	2013		2018		2023	
	Area (rai)	%	Area (rai)	%	Area (rai)	%
Agriculture	527,458.27	40.87	560,584.33	43.43	566,607.08	43.90
Forest	695,224.22	53.87	671,798.30	52.05	665,347.30	51.55
Urban	25,414.14	1.97	26,510.61	2.05	26,709.50	2.07
Water	6,344.93	0.49	6,494.83	0.50	7,415.38	0.57
Miscellaneous	36,226.73	2.80	25,280.22	1.97	24,589.03	1.91
Total	1,290,668.29	100.00	1,290,668.29	100.00	1,290,668.29	100.00

การประมาณค่าปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT

การประมาณค่าปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน โดยใช้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน ปริมาณน้ำฝนรายวัน และสภาพภูมิอากาศรายวัน ทำการประมวลผลปริมาณน้ำท่าระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2561 จากนั้นทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2543 - 2560 และทำการสอบเทียบค่าความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2561 จากนั้นทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละพารามิเตอร์มาทำการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2566 ที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลอง CLUE-S สามารถอธิบายผลการศึกษาดังนี้

1. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร

จากการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า จำนวน 9 ตัว

แปร ได้แก่ CH_K2 (Effective hydraulic conductivity the main channel), CN2 (the Curve number), SOL_AWC (the Available water capacity of the soil layer (mm H₂O/mm Soil)), CANMX (Maximum canopy storage), CH_N2 (Manning's N value for the main chanel), ALPHA_BF (the Baseflow alpha factor. (days), SOL_K (the saturated hydraulic conductivity), GWQMN (Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur (mm)) และ GW_DELAY (the Groundwater delay (days)) โดยพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีอ่อนไหวสูงกว่าตัวแปรอื่นจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ CH_K2 คือ ค่าตัวแปรของการไหลในทางน้ำสายหลัก CN2 คือ ค่า Curve Number ค่าสัมประสิทธิ์น้ำไหลบ่าบนผิวดินโดยตรง และ SOL_AWC คือ ปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งพิจารณาจากแนวโน้มของค่า NSE ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 ตามทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร ค่า NSE จะมีค่ามากขึ้นเมื่อ CN2 ลดลง ในขณะที่ CH_K2 และ SOL_AWC เพิ่มมากขึ้น โดยเป็นผลให้ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้

จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดจริง ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับการศึกษาของ

Wongsakhiri (2011) และ Wuttichatkitcharoen (2016) (Table 2)

Table 2 Sensitivity analysis of the parameters in the SWAT model.

Parameters	Definition	Default
8:R_CH_K2.rte	Effective hydraulic conductivity the main channel	-1.00-0.90
1:R_CN2.mgt	the Curve number	1.00-1.50
9:R_SOL_AWC(..).sol	the Available water capacity of the soil layer. (mm H ₂ O/mm Soil)	-0.60-0.50
5:R_CANMX.hru	Maximum canopy storage	1,460.00-1,700.00
7:R_CH_N2.rte	Manning's N value for the main chanel	0.45-0.70
2:V_ALPHA_BF.gw	the Baseflow alpha factor. (days)	5.00-10.00
6:R_SOL_K(..).sol	the saturated hydraulic conductivity	-0.40-0.25
4:A_GWQMN.gw	Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur. (mm)	0.40-0.10
3:R_GW_DELAY.gw	the Groundwater delay. (days)	5.00-7.00

2. การสอบเทียบและการตรวจสอบแบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลอง โดยใช้แบบจำลอง SWAT-CUP จากการคำนวณซ้ำ โดยแปรผันชุดตัวแปรจำนวน 500 ครั้งในช่วงชุดตัวแปรที่พิจารณา สำหรับสถานี N.36 ได้ผลการคำนวณค่า p-Factor และ r-Factor เท่ากับ 0.17 และ 0.04 ตามลำดับ และให้ค่า NSE ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.74 โดยเมื่อพิจารณาจากค่า r-Factor ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.5 แสดงให้เห็นว่าช่วงความกว้างเฉลี่ยของ 95PPU จากการใช้ชุดตัวแปรในช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดอยู่

ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่เมื่อพิจารณาค่า p-Factor ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.70 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองในช่วง 95PPU มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ตรวจวัดได้จริงอยู่ค่อนข้างมาก สอดคล้องกับ Abbaspour *et al.*, (2015) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่า NSE ที่มีค่ามากกว่า 0.50 ซึ่งคำนวณได้จากชุดตัวแปรที่ดีที่สุด พบว่าให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Moriasi *et al.*, (2007) โดยได้เลือกชุดตัวแปรที่ดีที่สุดนี้ สำหรับการตรวจสอบแบบจำลองในลำดับต่อไป (Figure 2)

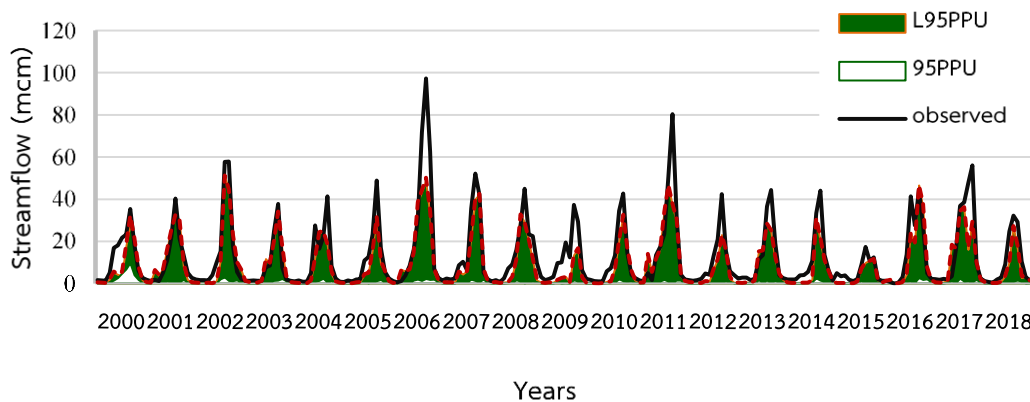


Figure 2 Comparison of streamflow variations between that estimated by the SWAT model and measured data during the calibration (2000 - 2017) and validation (2018) period.

จากค่าชุดตัวแปรที่ดีที่สุดดังกล่าวเมื่อนำมาทดสอบในช่วงตรวจสอบแบบจำลอง (พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2560) ของสถานี N.36 จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SWAT ให้ค่า R^2 และ NSE มีค่ามากกว่า 0.50 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Versuri (2005), Wongsakhi (2011) และ Moriasi *et al.*, (2007) แต่เมื่อพิจารณาผลต่างของปริมาณน้ำท่าโดยรวมจากค่า PBIAS พบว่าบางช่วงที่แตกต่าง มีค่าเกิน ร้อยละ 25 ทั้งนี้ผลที่เกิด

จากการแปรผันของปริมาณน้ำท่าที่ค่อนข้างมาก เช่น เหตุการณ์น้ำท่วม ซึ่งเป็นผลให้แบบจำลองคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าได้ต่ำกว่าที่เกิดขึ้นจริง ทำให้ค่า PBIAS ไม่เกินร้อยละ 25 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และเมื่อพิจารณาเส้นกราฟ 1:1 ในภาพรวมของสถานีตรวจวัดจะเห็นว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริง (Table 3, Figure 3 และ Figure 4)

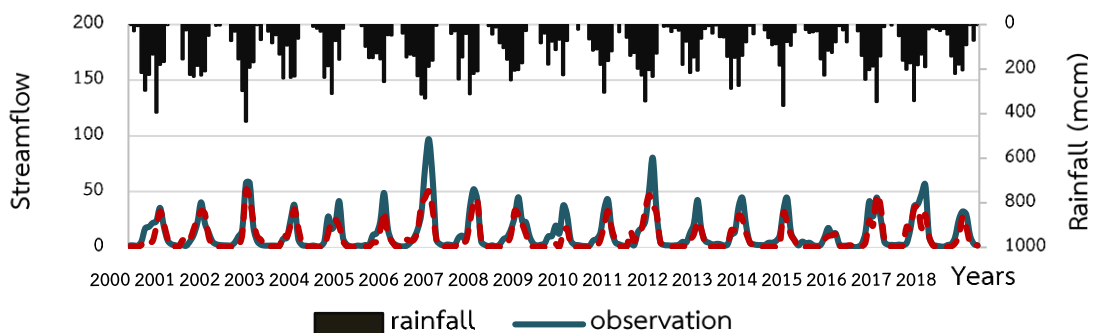
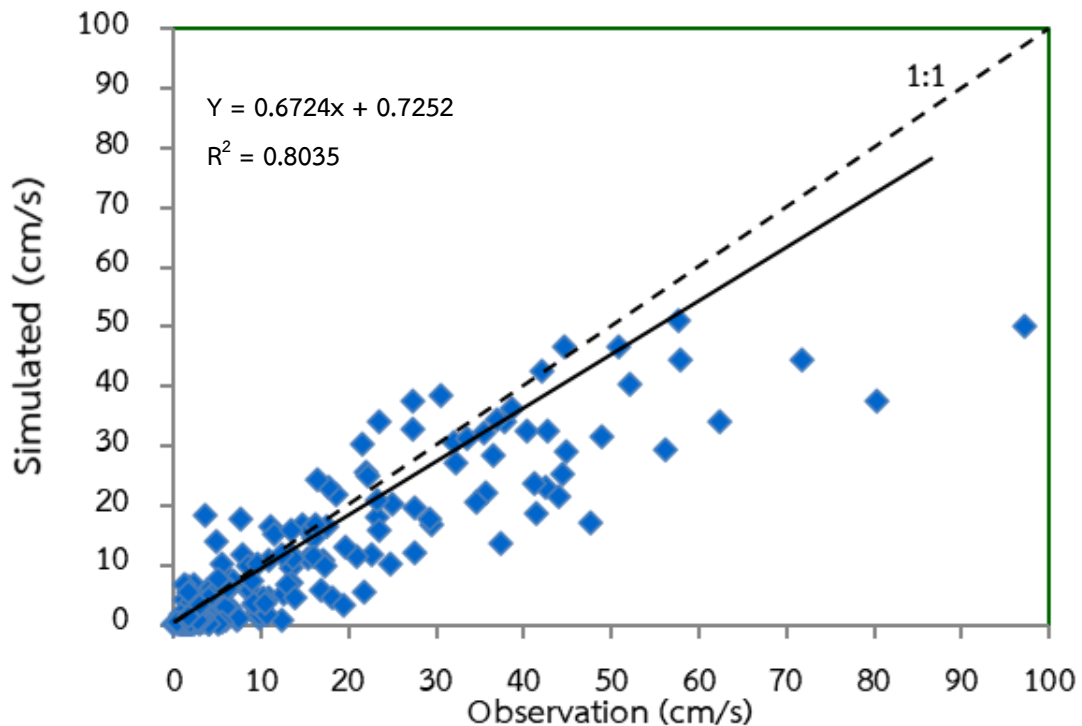


Figure 3 Streamflow and rainfall amount variation during calibration and validation period using swat-cup model.

Table 3 Statistical parameters for calibration and validation of the SWAT model using SWAT-CUP.

Statistic Parameters	Calibrated (2000 - 2017)	Validated (2018)	Total (2000 - 2018)
R ²	0.80	0.71	0.80
NSE	0.74	0.71	0.74
PBIAS	26.20	70.00	27.10

**Figure 4** Relationship between the streamflow simulated using the SWAT model and measured data. The dashed line is the 45° linear regression line, while the solid line is the best fit line between the data and modeled values.

3. ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อย
ตอนบนปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561

การศึกษาปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ. 2556
และ พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง
(simulated) โดยรวมทั้งปีเท่ากับ 107.34 และ 70.23
ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณ

น้ำท่าจากการตรวจวัดจริง (observation) พบว่า ในปี
พ.ศ. 2556 มีค่าน้อยกว่าการตรวจวัดจริงเท่ากับ
36.48 ล้านลูกบาศก์เมตร และในปี พ.ศ. 2561 มีค่า
น้อยกว่าการตรวจวัดจริงเท่ากับ 47.21 ล้านลูกบาศก์
เมตร โดยในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดใน
เดือนสิงหาคมเท่ากับ 28.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และ

ต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 0.25 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 27.26 ล้านลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.34 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อแบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าฤดูน้ำหลาก (wet period) (พ.ค. – ต.ค.) พบว่า ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมากที่สุดเท่ากับ 63.56 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำท่าฤดูน้ำหลาก เท่ากับ 99.31 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำแล้ง (dry period) (พ.ย. – เม.ย.) ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่ากับ 8.03 และ 6.67 ล้านลูกบาศก์ (Table 4)

ทั้งนี้อธิบายได้ว่าปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำท่ามากกว่าปี พ.ศ. 2561 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2556 เป็นปีที่มีปริมาณฝนตกสูงกว่าค่าปกติ โดยเฉพาะช่วงเดือนเมษายนที่เป็นช่วงฤดูแล้ง นอกจากนั้นในปียังมีพายุไต้ฝุ่น (หวู่ตี้บ) ที่ก่อตัวบริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลางและอ่อนกำลังลงเป็นพายุโซนร้อน เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยบริเวณรอยต่อของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้ฝนตกหนักช่วงเดือนสิงหาคม ปริมาณน้ำท่าค่อย ๆ สะสมเพิ่มสูงในเดือนนี้ ซึ่งส่วนใหญ่แนวโน้มปริมาณน้ำท่าจะแปรผันตามปริมาณน้ำฝนแต่ละเดือนที่ตกลงมาแต่เนื่องจากฝนตกลงมาในปริมาณที่มากกว่าการแทรกซึมลงสู่ดิน

4. การพยากรณ์การประเมินปริมาณน้ำท่าภายใต้เงื่อนไขการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

พบว่า ในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองรวมตลอดปี พ.ศ. 2566 มีค่าเท่ากับ 78.44 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 16.72 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.29 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูน้ำหลากเท่ากับ 66.48 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ

84.75 ต่อปริมาณน้ำท่ารายปี และมีปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูน้ำแล้งเท่ากับ 11.96 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 15.24 ต่อปริมาณน้ำท่ารายปี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 พบว่า ในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณน้ำท่ามากกว่าปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 8.21 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าเล็กน้อย แต่สามารถอธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าได้ว่า เมื่อพื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ ทำให้กระบวนการอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงโดยปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา มีการซึมลงดินน้อยลง เนื่องจากการทำการเกษตรกรรมทำให้ดินแน่น จึงมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จึงสูงขึ้นเล็กน้อย จากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าวที่ส่งผลต่อลักษณะทางอุทกวิทยา (Witthawatchutikul *et al.*, 2011) และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Tangtham and Yuwananont (1996) ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและลักษณะการไหลของปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก โดยการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มสูงขึ้น (Table 4)

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการในปี พ.ศ. 2556, 2561 และ พ.ศ. 2566 ภายใต้เงื่อนไขการใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนโดยใช้ดัชนีบ่งชี้ลักษณะทางอุทกวิทยาจำนวน 2 ดัชนี ได้แก่ ร้อยละปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งต่อปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน (percentang of dry period wet period (Year) ratio) และร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน (percentang of rainfall runoff ratio) พบว่า ร้อยละปริมาณน้ำท่า

ในช่วงฤดูแล้งต่อปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน มีค่าสูงสุดในปี พ.ศ. 2561 รองลงมาคือปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2566 มีค่าร้อยละ 10.49, 8.07 และ 5.66 ตามลำดับ และร้อยละของการเกิดน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน มีค่าสูงสุดในปี พ.ศ. 2556 รองลงมาคือปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2561 มีค่าร้อยละ 14.87, 13.59 และ 12.17 ตามลำดับ ซึ่งร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม - กันยายน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีร่องความกดอากาศต่ำ จากมหาสมุทรอินเดียผ่านบริเวณประเทศไทย ทำให้มีฝนตกชุกต่อเนื่อง และมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคม (Meteorological Department, 2018) และมีร้อยละของน้ำท่าต่อน้ำฝนต่ำสุดในช่วงเดือนเมษายน และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนของกลุ่มน้ำแควน้อยตอนบนกับพื้นที่ป่าต้นน้ำธรรมชาติบริเวณภาคเหนือ

ตอนล่างที่มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกัน พบว่า กลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนมีความสามารถในการให้น้ำท่าเมื่อเทียบกับฝนตกลงมาได้น้อยกว่าร้อยละ 8.04 ของพื้นที่ป่าต้นน้ำธรรมชาติซึ่งให้น้ำไหลในลำธารเฉลี่ยร้อยละ 22.91 ของปริมาณน้ำฝน (Witthawatchutikul *et al*, 2011) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณต้นน้ำลำธารของกลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้น ทำให้ลักษณะทางอุทกวิทยาป่าไม้เปลี่ยนแปลง โดยไม่มีสังคมพืชช่วยชะลอการไหลของน้ำและเพิ่มปริมาณการซึมผ่านผิวดินในช่วงฤดูฝนทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่เกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน มีส่วนน้อยมากที่เก็บกักลงในดิน จึงไม่มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งฝน สอดคล้องตามการลดลงของพื้นที่ป่าต้นน้ำของกลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน

Table 4 Comparison of the streamflow in the upper Khwae-Noi watershed between the years 2013, 2018, and 2023.

Months	2013			2018			2023
	streamflow (mcm)		Rainfall among (mm)	streamflow (mcm)		Rainfall among (mm)	streamflow (mcm)
	observation	simulated		observation	simulated		
January	2.41	0.44	39.20	1.26	0.71	18.90	1.62
February	2.91	0.25	3.00	0.75	0.55	27.10	0.55
March	2.77	0.59	56.00	0.41	0.34	18.90	0.47
April	1.60	0.37	57.40	1.95	0.37	44.00	0.29
May	2.24	1.48	143.40	2.78	0.89	141.80	4.10
June	11.46	15.35	287.80	9.11	3.71	219.90	14.39
July	13.51	15.80	148.50	24.78	10.22	178.10	8.50
August	36.54	28.53	274.70	32.14	27.26	204.20	16.72
September	44.34	25.25	138.90	29.25	17.91	90.90	14.91
October	19.53	12.90	78.90	10.46	3.57	2.20	7.86

Table 4 (Continued)

Months	2013			2018			2023
	streamflow (mcm)		Rainfall among (mm)	streamflow (mcm)		Rainfall among (mm)	Streamflow (mcm)
	observation	simulated		observation	simulated		
November	3.93	4.66	4.50	2.96	3.18	71.10	8.09
December	2.58	1.72	42.50	1.59	1.52	2.00	0.94
Total Runoff	143.82	107.34	1,274.80	117.44	70.23	1,019.10	78.44
wet period	127.62	99.31	1,072.20	108.52	63.56	837.10	66.48
dry period	16.20	8.03	202.60	8.92	6.67	182.00	11.96
(%) dry period/wet period (Year)	12.69	8.07	18.90	3.86	10.49	21.74	5.66
(%) streamflow/R ainfall	18.93	14.87	-	20.36	12.17	-	13.59

สรุป

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่เท่ากับ 695,224.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 53.87 รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่เท่ากับ 527,458.27 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.87 พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่เท่ากับ 36,226.73 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.80 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่เท่ากับ 25,414.14 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.97 และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่เท่ากับ 6,344.93 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.49

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่เท่ากับ 671,798.30 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.05 รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่

เท่ากับ 560,584.33 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.43 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่เท่ากับ 26,510.61 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.05 พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่เท่ากับ 25,280.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.97 และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่เท่ากับ 6,494.83 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.50

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566 วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CLUE-S พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบน มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ประมาณ 665,347.30 ไร่ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ประมาณ 566,607.80 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ประมาณ 26,709.50 ไร่ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ประมาณ 24,589.03 ไร่ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 7,415.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.55, 43.90, 2.07, 1.91 และ 0.57 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT

ปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 107.34 และ 70.23 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดจริง (observation) พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 มีค่าน้อยกว่าการตรวจวัดจริงเท่ากับ 36.48 ล้านลูกบาศก์เมตร และในปี พ.ศ. 2561 มีค่าน้อยกว่าการตรวจวัดจริงเท่ากับ 47.21 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 28.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 0.25 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 27.26 ล้านลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.34 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อแบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าฤดูน้ำหลาก พบว่า ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมากที่สุดเท่ากับ 63.56 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำท่าฤดูน้ำหลาก เท่ากับ 99.31 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำแล้งต่างกันเพียงเล็กน้อย เท่ากับ 8.03 และ 6.67 ล้านลูกบาศก์เมตร

การคาดการณ์น้ำท่าในปี พ.ศ. 2566

การประเมินปริมาณน้ำท่า ในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้แบบจำลอง SWAT พบว่า มีปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองรวมตลอดปี เท่ากับ 78.44 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 16.72 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.29 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูน้ำหลาก เท่ากับ 66.48 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 84.75 ต่อปริมาณน้ำท่ารายปี และมีปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูน้ำแล้ง เท่ากับ 11.96 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 15.24 ต่อ

ปริมาณน้ำท่ารายปี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 พบว่า ในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณน้ำท่ามากกว่าปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 8.21 ล้านลูกบาศก์เมตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเกิดฝน และควรมีการพยากรณ์ที่ยาวนานมากขึ้นเพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษามีผลต่อปริมาณน้ำท่า โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 1.08 ทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.56 ดังนั้นควรมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้ ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศและสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำให้อยู่ในระดับสมดุลธรรมชาติ

REFERENCES

- Abbaspour K.C., E. Rouholahnejada, S. Vaghefi, R. Srinivasanb, H. Yanga and B. Klöve. 2015. A Continental - scale hydrology and water quality model for Europe: calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *J. Hydrol.* 524: 733-752.

- Institute of Water and Agricultural Resources Information (Public Organization). 2012. **Data Collection and Analysis Data Project of 25 Basin and Flood Drought Model, Nan River Basins.** Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Kiriwongwattana, K. 2007. **Application of Clue-s Model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem District, Ching Mai Province.** M.S. Thesis , Kasetsart University. (in Thai)
- Khotapun, C. 2012. **Application of Clue-s Model for Predicting Land Use Changes in Si Sa Ket Province Between A.D. 2010-2017.** Kasetsart University. (in Thai)
- Meteorological Department. 2018. **Meteorology** Available source: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23>, February 20, 2021. (in Thai)
- Moriasi, D.N., J.G. Arnold, M.W.V. Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel and T.L. Veith. 2007. Model evaluation guideline for systematic quantification of accuracy in watershed simulation. **Transaction of the ASABE** 50(3): 885-900.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2009. **Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation (Version 2009).** Available source: <https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>, February 20, 2021.
- Tangtham, N. and S. Yuwananont. 1996. Impact of land use change on streamflow and flow characteristics of Pasak basin. **Thai J. For.** 15(2): 98-110.
- Versuri, O. 2005. **The Impacts of Land Use Changes on Runoff in the Upper Nan Basin Using SWAT Hydrologic Model.** M.S. Thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)
- Witthawatcutikul, P., S. Pan-uthai and B. Deesaeng. 2011. Forested watershed runoff model. **Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN): Research Result Relationship.** January 26-27, 2011. Thailand, Bangkok.
- Wongsakhiri, S. 2011. **Water Quantity and Quality Assessment for Lower Pong Basin by SWAT Model.** M.S. Thesis, Khon Kaen University. (in Thai)
- Wuttichatkitcharoen, P. 2016. Study of runoff simulation in Huai Luang watershed using SWAT. **CRMA Journal** 14: 145-158. (in Thai)