

การจำลองสภาพการไหลบนผิวดินที่ได้รับอิทธิพลการไหลเสริมจากเครือข่ายลำน้ำ กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4

Simulation of Surface Flow Conditions Influenced by Additional Flow from Stream Networks: A Case Study of the Chi River Basin Part 4

หริส ประสารฉ่ำ^{1*} วินัย เขาวนวิวัฒน์² อนุศักดิ์³ แข็งแรง³ รัตนา หอมวิเชียร³ สมพิณิจ เหมืองทอง⁴
จิรวัดณ์ ศุภโกศล⁵ โกวิท บุญรอด⁵ กฤษณ์ ศรีวีรมาศ⁶ และ เกวรี พลเกิน⁷

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น

² สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) จ.กรุงเทพมหานคร

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ.มหาสารคาม

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา จ.นครราชสีมา

⁵ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร

⁶ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี

⁷ สถาบันทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

*Corresponding author; E-mail address: haris.pr@muthi.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือการใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT วิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำผิวดินในลำน้ำชีที่ไหลผ่านพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำชี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพิจารณาถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำที่ไหลเติมเข้าสู่ลำน้ำชี ได้แก่ ลำน้ำพองซึ่งอยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ และลำน้ำลำปาวในต้นท้ายน้ำ ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการประเมินปริมาณน้ำท่าเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีทางสถิติ R² NS และ PBIAS ตามลำดับ ภายหลังจากเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดจำนวน 4 สถานี สำหรับการจำลองสภาพปริมาณน้ำท่าที่ไหลเสริมสู่ลำน้ำชีนั้น พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตตามช่วงระยะเวลาที่ศึกษาระหว่าง พ.ศ. 2535 - 2564 (30 ปี) โดยปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ณ จุดออกของลุ่มน้ำย่อยที่รับน้ำจากลำน้ำพอง ลำน้ำชี และลำน้ำปาว มีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,630, 288 และ 853 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ซึ่งมีค่ารวมใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าที่ตำแหน่งจุดออกของลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำแยกเป็นช่วงฤดูฝน พบว่ามีปริมาณน้ำท่าไหลเติมเข้าสู่ลำน้ำหลักประมาณร้อยละ 68 - 70 ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งจะลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 29 - 31 ด้วยเหตุนี้ ระเบียบวิธีศึกษาและผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้ จึงคาดว่าสามารถนำไปใช้เพื่อสื่อสาร และทำความเข้าใจกับผู้มีส่วนได้เสีย รวมถึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการตัดสินใจในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำโดยหน่วยงานรับผิดชอบในพื้นที่ลุ่มน้ำชีส่วนที่ 4 และพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: การไหลเสริม, ปริมาณน้ำท่าผิวดิน, แบบจำลอง SWAT, ลุ่มน้ำชี, ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4

Abstract

The purpose of this study is to apply the SWAT hydrological model to analyze surface water flow conditions in the Chi River that flows through the Chi River Basin Part 4, which is a sub-basin of the Chi River Basin in the Northeast. In the implementation, the additional flow from the river network that flows into the Chi River is taken into account, namely the Phong River in the upstream area and the Lam Pao River in the downstream area, respectively. The results indicate that the SWAT model has a reasonable performance in estimating runoff when considering the statistical indices R², NS, and PBIAS, respectively, after comparison with data from four monitoring stations. For the simulation of the amount of runoff that flows into the Chi River, it was found that there was a dynamic change during the study period between 1992 - 2021 (30 years). The simulated results of annual average runoff at the exit point of the sub-basin receiving runoff from Phong River, Chi River and Lam Pao River were 1,630, 288 and 853 cubic meters per second, respectively. The overall results are close to the runoff at the outlet point of the study area. In analyzing the volume of runoff received from the stream network during the rainy season, it was found that the volume of runoff added to the main river was about 68 - 70 percent, while during the dry season it decreased between 29 - 31 percent. Consequently, the methodology and results obtained from this study are expected to be used to communicate and understand stakeholders as well as provide important information for decision-making in water management planning in the Chi River Basin Part 4 and other basin areas with similar physical characteristics.

Keywords: Additional flow, Surface runoff, the SWAT model, Chi River Basin Part 4, Chi River Basin

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพนั้น ถือเป็นส่วนที่สำคัญในการนำข้อมูลที่ได้รับนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการบริหารจัดการให้เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่มีความเป็นพลวัตมากขึ้น โดยเฉพาะปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของลุ่มน้ำทั่วโลก ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญของระบบลุ่มน้ำตามกระบวนการทางอุทกวิทยา คือสภาพการไหลของน้ำบนผิวดิน ซึ่งมีความหมายรวมถึงการไหลในลำน้ำโดยตรง [1] โดยทั่วไป การประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำน้ำสายหลักนั้น เป็นการวิเคราะห์จากปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำไหลรวมลงสู่จุดออกที่ต่ำที่สุด ไหลเชื่อมต่อไปยังลำน้ำของลุ่มน้ำอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำที่ได้รับมาจากลำน้ำเครือข่ายภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเอง ซึ่งในบางพื้นที่อาจจะมีแหล่งน้ำต้นทุนจากลำน้ำสายอื่น ๆ หรือถูกควบคุมโดยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่นอกพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วนทั้งในส่วนของการทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำหลักที่มีสถานีตรวจวัดอยู่แล้ว และจากลำน้ำสาขาที่มีข้อจำกัดของข้อมูล โดยอาศัยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งคาดว่าจะช่วยทำให้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำมีความสมบูรณ์ ถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ [2]

ในปัจจุบัน การนำแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่มีศักยภาพเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ ได้รับความนิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินปริมาณน้ำท่าอย่างแพร่หลาย แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ถือเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาแบบกึ่งกระจาย (Semi-distributed hydrological model) ที่ได้รับการยอมรับจากนักวิจัย และวิศวกรในศาสตร์ด้านอุทกวิทยาทั่วโลกมาเป็นระยะเวลา มากกว่า 10 ปี [3] จุดเด่นของ SWAT คือความสามารถในการประเมินปริมาณน้ำท่าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในเชิงอนุกรมเวลาที่ยาวนานตั้งแต่สภาพอดีต ปัจจุบัน และอนาคต โดยอาศัยพื้นฐานจากข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณฝน สภาพอากาศ ความลาดชันของพื้นที่ สภาพลำน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดของดิน เป็นต้น รวมถึงขั้นตอนในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรทางอุทกวิทยา ซึ่งแยกเป็นทั้งในส่วนของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และองค์ประกอบอื่น ๆ ส่งผลทำให้ผลการจำลองจาก SWAT มีความน่าเชื่อถือ สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในมิติของการผันแปรของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำ ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วโลก [4-5]

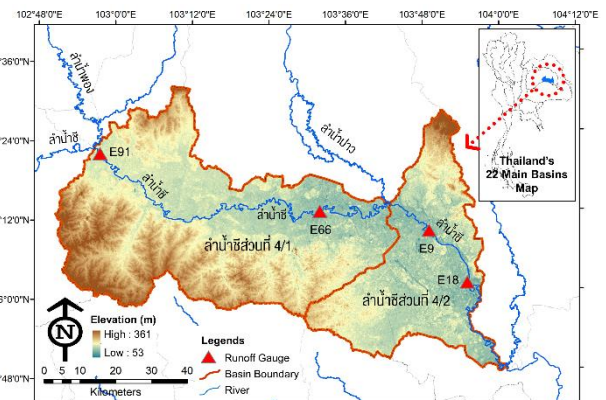
ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 เป็นหนึ่งในจำนวน 20 ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำชี ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ลำน้ำหลักที่ไหลผ่านลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 คือลำน้ำชี ซึ่งได้รับปริมาณน้ำท่าหลักจากพื้นที่ต้นน้ำบริเวณจังหวัดชัยภูมิ นอกจากนี้ยังได้รับปริมาณน้ำท่าที่ไหลเติมจากลำน้ำพอง และปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำป่าไหลเติมเข้าสู่บริเวณท้ายน้ำ โดยปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำทั้งสองแหล่งมีการควบคุมจากเขื่อนอุบลรัตน์ และเขื่อนลำพาว ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม โดยส่วนใหญ่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชี ในอดีตจนถึงปัจจุบันประสบปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับลำน้ำสายหลักนั้น มีสาเหตุเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อจำกัดในการพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำเพิ่มเติม รวมถึงความสามารถในการระบายน้ำของลำน้ำมีจำกัด เนื่องจากการบุกรุกและการตื้นเขินเนื่องจากการตกตะกอน โดยสาเหตุ

เหล่านี้ ล้วนทำให้ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าของลำน้ำเครือข่ายที่ไหลเติมเข้าสู่ลำน้ำสายหลัก เกิดความผันแปรซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องถึงการวิเคราะห์และประเมินปริมาณน้ำท่าในลำน้ำระดับต่าง ๆ ที่อาจได้รับผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกับสภาพความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นพลวัต [6]

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ เป็นการนำแบบจำลอง SWAT มาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำในจุดที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำชีในพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 ซึ่งได้แก่ ลำน้ำพอง และลำน้ำป่าในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ. 2535-2564 (30 ปี) โดยนำข้อมูลจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่าง ๆ ผลลัพธ์สภาพปริมาณน้ำท่าของลำน้ำเครือข่ายและลำน้ำชีที่ได้จากการศึกษานี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.) นำไปประยุกต์ใช้เพื่อการสื่อสาร และประกอบการตัดสินใจระหว่างหน่วยงานควบคุมการบริหารจัดการน้ำ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 ให้เกิดการบูรณาการระหว่างทุกภาคส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสถานการณ์ความผันแปรครอบคลุมทุกมิติของโลกในอนาคต

2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การจัดแบ่งพื้นที่แยกออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4/1 และ ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4/2 มีพื้นที่ 3,407.74 และ 1,676.32 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ [7] ดังแสดงในรูปที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำลำน้ำชีสายหลัก โดยนำไหลจากลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 3 และมีลำน้ำพองไหลเชื่อมเข้ามายังพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4/1 จากนั้นจึงไหลต่อเนื่องไปยังพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีตอนล่าง อีกทั้งยังมีปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำลำน้ำพองไหลมาบรรจบลำน้ำชีบริเวณตอนต้นของลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4/2 โดยนำไหลจากทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ตามความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำอยู่ในเขตจังหวัดมหาสารคามตอนบน และร้อยเอ็ดตอนบนเกือบทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 50.1 และ ร้อยละ 42.9 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามลำดับ มีบางส่วนที่อยู่ในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์และขอนแก่น คิดเป็น ร้อยละ 6.7 และร้อยละ 0.3 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศรายเดือน และรายอำเภอ ระหว่างปี พ.ศ. 2535-2564 พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสะสม 1,167.70 มิลลิเมตร การกระจายตัวของฝนจะเกิดในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดใน

เดือนกันยายน 254.89 มิลลิเมตร สำหรับสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ พบว่ามี อุณหภูมิสูงสุด 32.8 °C อุณหภูมิต่ำสุด 22.6 °C การระเหย 143.64 มิลลิเมตร การคายระเหย 128.41 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 78.32 ความเร็วลม 11.16 น็อต และจำนวนชั่วโมงแสงแดด 6.94 ชั่วโมง

3. ระเบียบวิธีศึกษา

3.1 แบบจำลอง SWAT

SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องภายใต้ความร่วมมือระหว่าง Blackland Research Center, TAES กับ United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDA-ARS) [8] ซึ่งได้มีการนำข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากแบบจำลองด้าน GIS ประยุกต์ใช้กับร่วมกับ SWAT โดยมีวัตถุประสงค์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งได้แก่ น้ำท่า ตะกอน และสารเคมีจากการเกษตรกรรม ของพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ และมีระบบที่สลับซับซ้อน (Large-complex watershed) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพดินและการใช้ที่ดิน ซึ่งใช้สมการสมดุลน้ำมาพิจารณากระบวนการทางอุทกวิทยาดังในสมการที่ (1)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

เมื่อ SW_t คือปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มม.) SW_0 คือปริมาณน้ำในดินเริ่มต้น (มม.) t คือเวลา (วัน) R_{day} คือปริมาณฝนในวันที่ i (มม.) Q_{surf} คือปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (มม.) E_a คือปริมาณการคายระเหยในวันที่ i (มม.) W_{seep} คือปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i (มม.) Q_{gw} คือปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i (มม.)

3.2 การรวบรวมข้อมูล

SWAT เป็นแบบจำลองที่ใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรมทางด้าน GIS ซึ่งมีการเตรียมและนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอุทกวิทยาในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ข้อมูลสรุปดังตารางที่ 1)

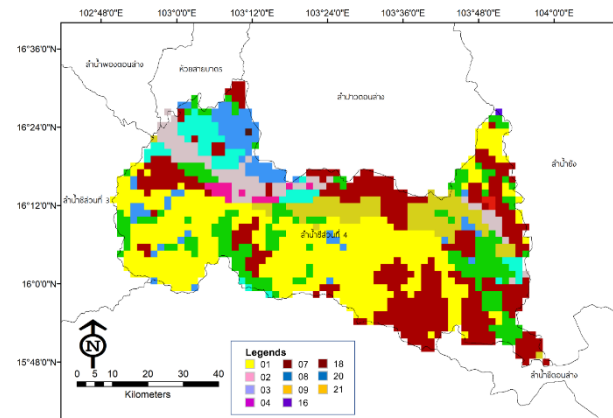
- 1) แผนที่ระดับความสูงเชิงเลข ข้อมูลแผนที่เส้นชั้นระดับความสูงเชิงเลขหรือ Digital Elevation Model (DEM) เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลที่บอกถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีความสูงแตกต่างกันระหว่าง 53-360 ม. (รทก.) ดังแสดงในรูปที่ 1
- 2) แผนที่ชนิดดิน (Soil type map) ข้อมูลแผนที่ชนิดดิน แสดงถึงชนิดและคุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาจะใช้แผนที่ชนิดดินบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พ.ศ. 2558 จากกรมพัฒนาที่ดิน ชนิดดินที่กระจายตัวส่วนใหญ่คือประเภทที่ 1 และ 17 คือกลุ่มดินเหนียวสีดำ และกลุ่มดินร่วนละเอียด ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2
- 3) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use map) ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน การศึกษาครั้งนี้ใช้ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2560-2562 จากกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่แสดงถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา โดยได้ทำการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินและแบ่งออกเป็น 10 ประเภท ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่การทำนา และปลูกอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 3
- 4) แผนที่เส้นลำน้ำ การศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลเส้นลำน้ำ (Streamline) พ.ศ. 2558 จากกรมชลประทาน ดังแสดงในรูปที่ 1
- 5) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นข้อมูล Shape file ของลุ่มน้ำมูท พ.ศ. 2563 จากสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
- 6) สภาพภูมิอากาศ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันระหว่าง พ.ศ. 2535-2564 (30 ปี) ประกอบด้วยข้อมูล ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-

ต่ำสุด ความเร็วลม ความยาวนานของแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ได้ จากสถานีตรวจอากาศรายอำเภอ และรายจังหวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา

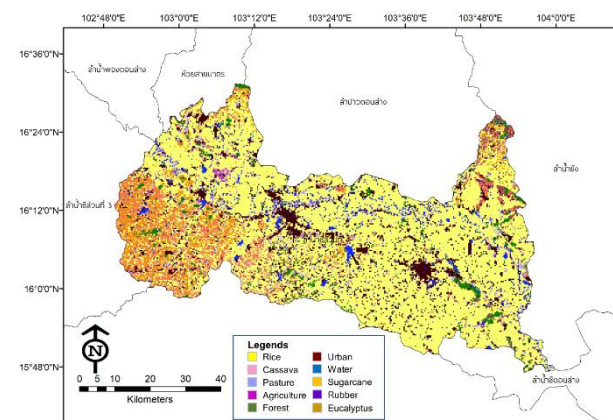
7) ปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างช่วง พ.ศ. 2533-2564 (32 ปี) จากกรมชลประทาน นำมาใช้ในการเปรียบเทียบผลการคำนวณจาก SWAT จำนวน 4 สถานี ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สถานี E18 E66 E91 และ E95 ดังแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสำหรับใช้ในการนำเข้า SWAT

ชนิดข้อมูล	เวลา (พ.ศ.)	มาตราส่วน	แหล่งข้อมูล
ภาพความสูงดิจิทัล (DEM)	2558	30x30 ม.	กรมแผนที่ทหาร กรมพัฒนาที่ดิน
แผนที่ลำน้ำ	2558	1:50,000	
แผนที่ชนิดดิน	2562	1:50,000	
แผนที่การใช้ที่ดิน	2560-2562	30x30 m	กรมอุตุนิยมวิทยา
ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความเข้มแสงอาทิตย์	2535-2564 (30 ปี)	รายวัน	
ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด E18 E66 E91 และ E95 จำนวน 4 สถานี	2535-2564 (30 ปี)	รายเดือน	กรมชลประทาน



รูปที่ 2 แผนที่ชนิดดิน พ.ศ. 2558



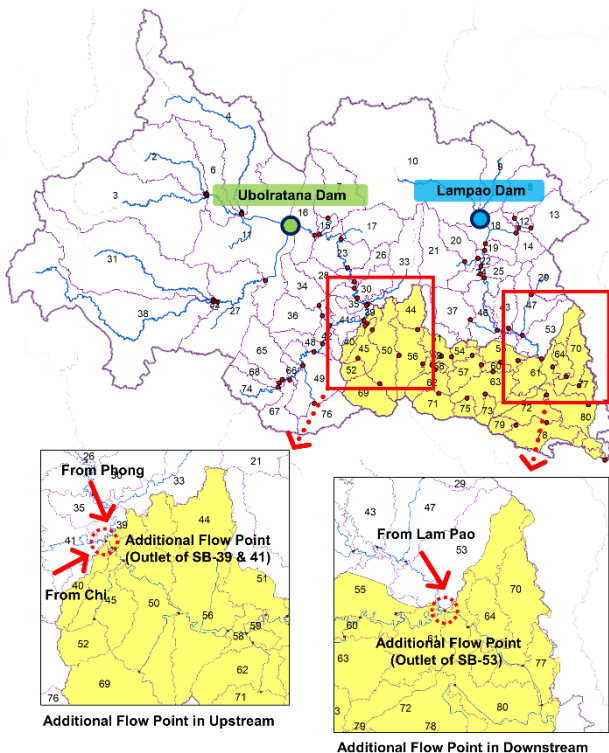
รูปที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2562

3.3 ปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำ

การประยุกต์ใช้ SWAT คำนวณปริมาณน้ำท่าในลำน้ำสายหลัก (ลำน้ำชี) และเครือข่ายลำน้ำ (ลำน้ำพอง และลำน้ำปาว) ที่ไหลเติมเข้าสู่ลำน้ำชี จากพื้นที่ภายนอกกลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำจากกลุ่มน้ำข้างเคียง รวมถึงพื้นที่ต้นน้ำของเขื่อนต่าง ๆ (พื้นที่สีเทา ประมาณ 16,340 ตารางกิโลเมตร) พื้นที่กลุ่มน้ำที่ศึกษา (พื้นที่สีเหลือง ประมาณ 5,084 ตารางกิโลเมตร) รวมปริมาณพื้นที่ทั้งหมดคือ 21,474 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 การดำเนินงานอาศัยเทคนิค Watershed delineation [9] เพื่อแบ่งพื้นที่ทั้งหมดเป็นกลุ่มน้ำย่อย โดยสามารถแบ่งได้จำนวน 80 กลุ่มน้ำย่อย รวมถึงการสร้างลำน้ำจำลอง (เส้นสีน้ำเงิน) โดยแต่ละกลุ่มน้ำย่อยจะมีจุดออก (Outlet) ของปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ตนเอง

จากหลักการข้างต้น การคำนวณปริมาณน้ำท่าจาก SWAT นั้น เป็นการรวมปริมาณน้ำจากกลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ ที่คำนวณได้จากพื้นที่ต้นน้ำ และถูกรวมมายังจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ต่ำกว่า (หรืออยู่ท้ายน้ำ) หรือในบางกรณีปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ในกลุ่มน้ำย่อยนั้น จะเกิดขึ้นในพื้นที่ตัวเอง (Individual runoff) เท่านั้น ซึ่งจะไหลไปรวม ณ กลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ ที่มีตำแหน่งอยู่ต่ำกว่าต่อไป [10] สำหรับการระบุตำแหน่งที่ลำน้ำเครือข่ายไหลเข้าสู่ลำน้ำชี SWAT แบ่งได้เป็น 2 จุดหลัก คือ

- 1) ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำชีเอง และพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำพอง ด้านทิศเหนือถูกควบคุมโดยเขื่อนอุบลรัตน์ ตำแหน่งที่ลำน้ำเครือข่ายไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำชีในพื้นที่ศึกษาคือกลุ่มน้ำย่อยที่ 39 (Subbasin 39) และ 41 (Subbasin 41) ตามลำดับ
- 2) ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำปาว ด้านทิศเหนือถูกควบคุมโดยเขื่อนลำปาว ตำแหน่งที่ลำน้ำเครือข่ายไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำชีในพื้นที่ศึกษาคือกลุ่มน้ำย่อยที่ 53 (Subbasin 53)



รูปที่ 4 การจำลองขอบเขตกลุ่มน้ำย่อย และจุดเชื่อมต่อของเครือข่ายลำน้ำจากนอกพื้นที่ศึกษา

3.4 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพผลการจำลองปริมาณน้ำท่าจาก SWAT เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัด ในการศึกษาครั้งนี้ระบุใช้ดัชนีทางสถิติสำหรับการประเมินแบบจำลองทางอุทกวิทยา [11] จำนวน 3 ดัชนี คือ

- 1) ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0-1 โดยค่ามากกว่า 0.5 นั้นแสดงถึงข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับที่มีความน่าเชื่อถือ (สมการที่ (2))

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{oa})(Q_{si} - Q_{sa})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{oa})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{sa})^2}} \right]^2 \quad (2)$$

- 2) ค่าสัมประสิทธิ์ของ Nash Sutcliffe (Nash-Sutcliffe efficiency, NS) มีค่าระหว่าง $-\infty$ ถึง 1 โดย NS เท่ากับ 1 คือค่าที่ได้จากแบบจำลองตรงกับค่าที่ได้จากการวัด NS เท่ากับ 0 คือค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการวัด และ $NS < 0$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการวัดดีกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง (สมการที่ (3))

$$NS = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_{sa})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_{sa})^2} \right) \quad (3)$$

- 3) ค่าร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (PBIAS) มีค่าเกณฑ์ความเอนเอียงที่ยอมรับได้ต่ำสุดคือไม่เกินร้อยละ 25 (สมการที่ (4))

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})}{Q_{obs}} \times 100 \quad (4)$$

จากสมการที่ (2) – (4) เมื่อ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด Q_{oi} คือค่าจากการตรวจวัดลำดับที่ i Q_{oa} คือค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดทั้งหมด Q_{si} คือค่าจากแบบจำลองลำดับที่ i และ Q_{sa} คือค่าเฉลี่ยจากแบบจำลองทั้งหมด Q_o คือค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และ Q_s คือ ค่าจากการตรวจวัด

4. ผลการศึกษา

4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลอง

เมื่อนำเข้าข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเข้าสู่ SWAT ผลการวิเคราะห์ที่ได้เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของกลุ่มน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน ซึ่งจะแปรผันตามค่าตัวแปรทางอุทกวิทยาต่าง ๆ ภายในแบบจำลองที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ ตัวแปรแต่ละตัวจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางอุทกวิทยา และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่แตกต่างกัน การศึกษาทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SWAT Calibration and Uncertainty Programs (SWAT-CUP) โดยใช้เทคนิคการค้นหาค่าตอบแบบ SUFI-2 [12] โดยกำหนดรอบคำนวณ 300 รอบ มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการปรับแก้และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำจำนวน 15 ค่า ดังตารางที่ 2

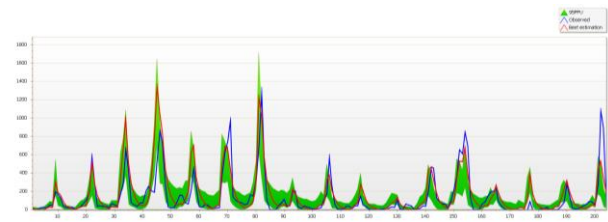
ผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจาก SWAT ที่ทำให้ค่าใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดมากที่สุดทั้ง 4 สถานี แสดงดังตารางที่ 3 โดยในการปรับเทียบได้ระบุให้ SWAT-CUP กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาค่าตอบที่ทำให้ค่า R^2 มีค่าที่ดีที่สุด (เข้าใกล้ 1) ผลการเปรียบเทียบพบว่าค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.53 – 0.72 (เฉลี่ย 0.64) NS อยู่ระหว่าง 0.32 – 0.71 (เฉลี่ย 0.52) และ PBIAS อยู่ระหว่างร้อยละ 2.5 – 18.2 (เฉลี่ยร้อยละ 10.25) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าถึงความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series) จากสถานีตรวจวัดและ SWAT-CUP ดังแสดงในรูปที่ 5-8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ตัวแปรความอ่อนไหวที่ใช้ในการปรับเทียบใน SWAT-CUP

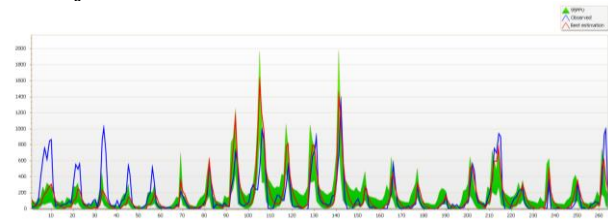
ตัวแปร	รายละเอียด	ช่วงปรับ	ค่าเหมาะสม
CN2	Curve Number (CN)	0.0-0.2	-0.142000
SOL_AWC	ปริมาณความชื้นที่ดินสามารถเก็บไว้ได้	0.20-1	0.748000
ALPHA_BF	ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการไหลพื้นฐานในชั้นให้น้ำใต้ดิน	0.5-1	0.315000
GW_DELAY	ค่าการหน่วงเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน	0-500	49.166664
GW_REVAP	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำใต้ดินที่ไหลออกจากชั้น Shallow aquifer ไปสู่ชั้นเขตรากพืช	0.02-0.2	0.092300
GW_SPLYD	ค่าการให้น้ำของชั้นให้น้ำใต้ดินระดับตื้น	0.0-0.4	0.000667
GWHT	ระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้น	0-25	7.375000
GWQMN	ค่าระดับความลึกเริ่มต้นในการไหลของชั้นให้น้ำใต้ดินระดับตื้นในการไหลสู่ลำน้ำ	0-200	37.666668
RCHRG_DP	ค่าสัดส่วนของปริมาณการซึมของน้ำจากเขตรากพืชไปเป็นน้ำใต้ดินระดับตื้น	0.0-0.5	0.109167
REVAPMN	สัดส่วนของปริมาณการซึมของน้ำจากเขตรากพืชไปเป็นน้ำใต้ดินระดับตื้น	200-500	392.500000
EVRCH	เขตรากพืชไปเป็นน้ำใต้ดินระดับตื้น	0.5-1	0.744167
SURLAG	ระดับความลึกเริ่มต้นในการไหลของชั้นให้น้ำใต้ดินระดับตื้นในการระเหย	0.05-24	5.039584
CANMX	ค่าปรับแก้การระเหยในลำน้ำ	0-100	16.500000
EPCO	สัมประสิทธิ์ความล่าช้าในการไหล	0-1	0.775000
ESCO	ค่าการเก็บกักน้ำสูงสุดบนผิวใบ	0-1	0.965000

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีทางสถิติจาก SWAT-CUP

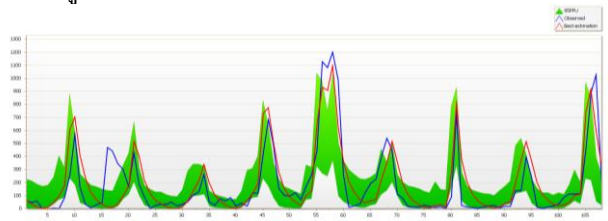
สถานี	ช่วงเวลา (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (CMS/days)		ดัชนีชี้วัด		
		ตรวจวัด	SWAT	R ²	NS	PBIAS
E91	2548-2564	144.64	170.91	0.66	0.59	-18.2%
E66	2543-2564	177.39	172.89	0.53	0.46	2.5%
E95	2556-2564	190.18	212.64	0.72	0.71	-11.8%
E18	2535-2564	216.74	235.18	0.53	0.32	-8.5%



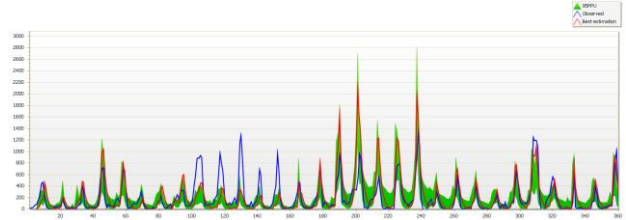
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจำลองที่สถานี E91



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจำลองที่สถานี E66



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจำลองที่สถานี E95



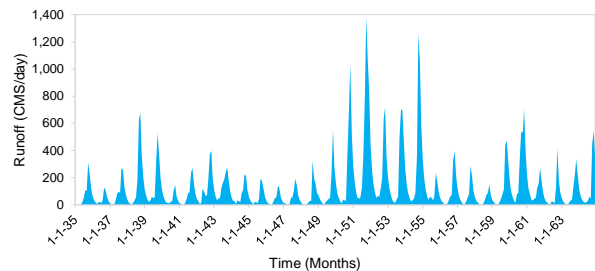
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจำลองที่สถานี E18

4.2 ปริมาณน้ำท่าไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำชี

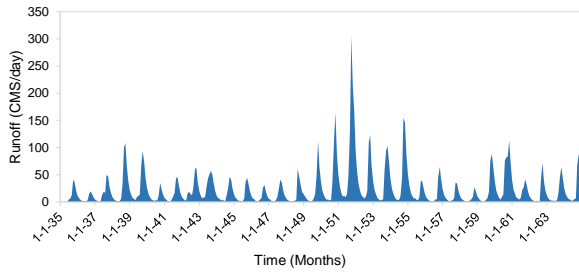
4.2.1 ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา

ผลการจำลองปริมาณน้ำท่ารายเดือนด้วย SWAT ที่ผ่านการปรับเทียบในรูปแบบของอนุกรมเวลา ณ ตำแหน่งจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยซึ่งเป็นจุดเชื่อมระหว่างลำน้ำชี และลำน้ำศรีอภัยทั้ง 3 จุด และได้แก่ กลุ่มน้ำย่อยที่ 39 41 และ 53 แสดงดังรูปที่ 9 - 11 โดยในการแสดงผลพิธีนี้สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าครอบคลุมทุกจุด ตั้งแต่ช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. 2535 - 2564 หรือเป็นระยะเวลา 30 ปี ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของ SWAT เนื่องจากผลการคำนวณขึ้นอยู่กับความยาวนานของข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้ามาแบบจำลอง สภาพปริมาณน้ำท่าของทั้ง 3 กลุ่มน้ำย่อยที่ 39 41 และ 53 แสดงค่าสูงสุดเกิดขึ้นใน พ.ศ. 2554 คือ 3,965.98, 547.08 และ 1,945.83 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อไป ตามลำดับ ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นใน พ.ศ. 2536 คือ 531.28, 86.70 และ 336.39 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อไป ตามลำดับ โดยตารางที่ 4 แสดงถึงค่าปริมาณน้ำท่ารายปีของ 3 กลุ่มน้ำที่พิจารณาระหว่าง พ.ศ. 2535 - 2564

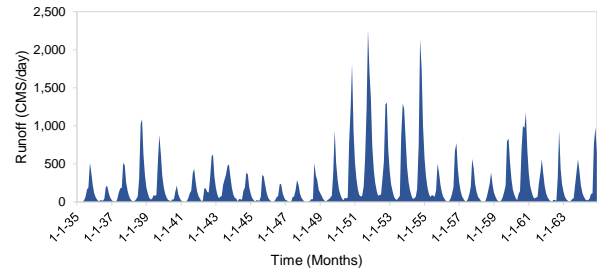
รูปที่ 12 เป็นการแสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยที่ 80 (Subbasin 80) ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดออกของกลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่จุดนี้ พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลรวมปริมาณน้ำท่าจาก 3 กลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 13 จากการพิจารณา ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าจากกลุ่มน้ำย่อยที่ 39 (ปริมาณน้ำจากลำน้ำพอง) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มน้ำย่อยที่ 53 (ปริมาณน้ำจากลำน้ำป่า) และลำดับสุดท้ายคือปริมาณน้ำท่าจากกลุ่มน้ำย่อยที่ 41 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ไหลมาจากลำน้ำชีเอง ตัวอย่างการวิเคราะห์เช่น พ.ศ. 2554 ปริมาณน้ำท่ารวมจาก 3 กลุ่มน้ำย่อย เท่ากับ 6,458.89 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อปี ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าที่กลุ่มน้ำย่อยที่ 80 คำนวณได้ 6,945.39 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อปี มีค่าที่แตกต่างคือ 487 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 7.08 และเมื่อพิจารณาผลความแตกต่างในภาพรวมแล้วนั้นพบว่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.36 - 14.05 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 5.55



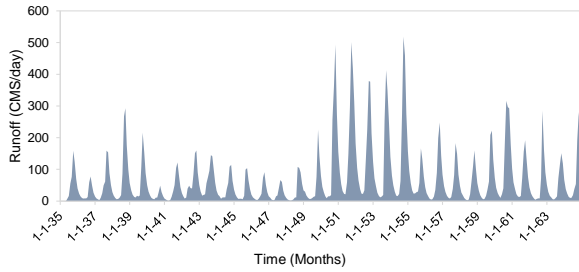
รูปที่ 9 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยที่ 39



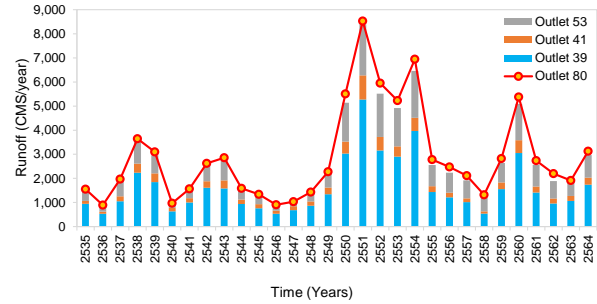
รูปที่ 10 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยที่ 41



รูปที่ 12 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยที่ 80



รูปที่ 11 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยที่ 53



รูปที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารายปีจาก 3 กลุ่มน้ำย่อย เทียบกับปริมาณน้ำท่ารายปีของกลุ่มน้ำย่อยที่ 80 (จุดออกกลุ่มน้ำ)

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำท่ารายปีของกลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา
(หน่วย: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อปี)

ปี พ.ศ.	SB 39	SB 41	SB 53	SB 80
2535	945.70	120.86	509.49	1,548.71
2536	531.28	86.70	336.39	888.66
2537	1,054.09	200.55	628.21	1,972.79
2538	2,238.02	371.97	1,019.12	3,642.37
2539	1,848.74	361.24	751.99	3,099.14
2540	630.89	145.17	262.33	970.62
2541	998.42	181.42	463.62	1,567.66
2542	1,610.39	268.83	711.55	2,623.99
2543	1,580.20	338.20	810.57	2,855.31
2544	934.52	184.45	491.40	1,585.71
2545	758.97	172.45	419.55	1,341.08
2546	533.42	125.17	334.98	908.05
2547	685.05	160.13	289.16	1,031.95
2548	867.25	177.38	406.79	1,428.30
2549	1,341.97	279.97	586.26	2,276.93
2550	3,031.01	494.56	1,612.89	5,509.05
2551	5,274.25	1,000.26	2,113.58	8,528.36
2552	3,156.51	561.73	1,798.90	5,956.14
2553	2,903.78	427.49	1,588.64	5,227.82
2554	3,965.98	547.08	1,945.83	6,945.39
2555	1,437.04	239.48	881.13	2,778.54
2556	1,214.51	189.89	833.29	2,476.09
2557	1,015.77	154.61	744.19	2,109.11
2558	543.02	88.22	566.02	1,316.03
2559	1,553.22	280.53	805.53	2,822.82
2560	3,053.32	531.81	1,503.19	5,377.08
2561	1,412.88	246.26	896.97	2,738.77
2562	961.30	200.76	728.65	2,199.75
2563	1,067.11	201.68	602.18	1,911.68
2564	1,739.90	291.61	938.00	3,128.25
สูงสุด	5,274.25	1,000.26	2,113.58	8,528.36
ต่ำสุด	531.28	86.70	262.33	888.66
เฉลี่ย 30 ปี	1,629.62	287.68	852.68	2,892.20

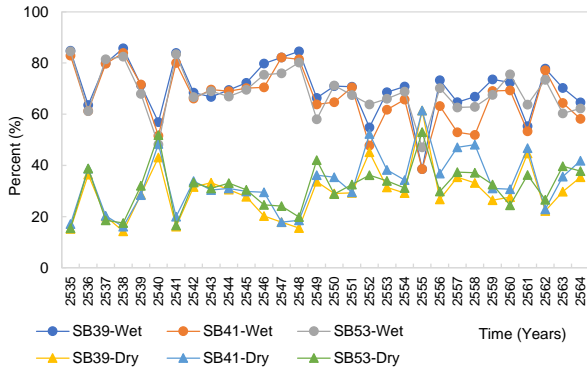
4.2.2 ปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำรายฤดู

ในส่วนของการพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำซีในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน และช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนนั้น มีความผันแปรตามปริมาณน้ำท่ารวมที่เกิดขึ้นในปีนั้น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเป็นหลัก ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าโดยแยกช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนเป็นค่าเฉลี่ยรายฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 5 ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม - พฤศจิกายน กลุ่มน้ำย่อยที่ 39 41 และ 53 มีปริมาณน้ำท่าที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำซี (เฉลี่ย 30 ปี) ที่ร้อยละ 70.3 66.4 และ 68.5 ตามลำดับ สำหรับในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนธันวาคม - มิถุนายน จะลดลงเหลือเฉลี่ยร้อยละ 29.7 33.6 และ 31.54 ตามลำดับ

รูปที่ 14 แสดงปริมาณร้อยละของปริมาณน้ำท่าเป็นรายฤดูฝน และฤดูแล้งที่เปลี่ยนแปลงตามอนุกรมเวลาระหว่าง พ.ศ. 2535 - 2564 ในการอภิปรายผลสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือปีที่มีสภาพปริมาณน้ำท่าไม่สูงมากนักและสภาพปกติ ตัวอย่างเช่น พ.ศ. 2542 - 2547 จะมีปริมาณร้อยละที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำหลักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่แสดงข้อมูลที่วิเคราะห์จากข้างต้นหรือแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 - 15 ส่วนที่ 2 เกิดสภาพในทางตรงกันข้าม ซึ่งอธิบายได้ว่า ในปีที่มีปริมาณน้ำท่าสูง ตัวอย่างเช่น พ.ศ. 2538 - 2539 หรือ พ.ศ. 2550 - 2555 ร้อยละของปริมาณน้ำท่าที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำหลักจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันในระหว่างร้อยละ 40 - 60 หรือในบางปี เช่น พ.ศ. 2555 นั้น ปริมาณน้ำท่าทั้ง 3 กลุ่มน้ำย่อยในช่วงฤดูฝนมีค่าระหว่างร้อยละ 38 - 47 ในขณะที่ในช่วงฤดูแล้งมีค่าระหว่างร้อยละ 53 - 61 ในกรณีนี้อธิบายได้ว่าในช่วงฤดูฝนมีระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่าปกติครอบคลุมมาถึงช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป จึงส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำท่าที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำซีมีปริมาณสูงต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ในบางปีที่มีค่าปริมาณน้ำท่าสูง ตัวอย่างเช่น พ.ศ. 2560 นั้น ปริมาณร้อยละแสดงเกณฑ์ในช่วงของค่าเฉลี่ยปกติ ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้งที่ไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำซีจากเครือข่ายลำน้ำต่าง ๆ อยู่ในสภาพปกติทั่วไป

ตารางที่ 5 ร้อยละของปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยแยกตามรายฤดูกาล (%)

ช่วง	ฤดูฝน (กรกฎาคม-พฤศจิกายน)			ฤดูแล้ง (ธันวาคม-มิถุนายน)		
	SB 39	SB 41	SB 53	SB 39	SB 41	SB 53
สูงสุด	85.71	83.92	84.58	61.41	61.47	52.98
ต่ำสุด	38.59	38.53	47.02	14.29	16.08	15.42
เฉลี่ย	70.31	66.41	68.46	29.69	33.59	31.54



รูปที่ 14 ร้อยละของปริมาณน้ำท่ารายฤดูที่เปลี่ยนแปลงตามอนุกรมเวลา

5. บทสรุป

ผลการจำลองปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำที่ไหลเติมเข้าสู่ลำน้ำชีในพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 จากลำน้ำ 2 สายหลัก ได้แก่ ลำน้ำพอง และลำน้ำป่าว โดยประยุกต์แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT บูรณาการร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ต่าง ๆ และใช้เทคนิคการแยกประเมินตามการจำลองขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มน้ำย่อยจำนวน 80 กลุ่มน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ข้างเคียง โดยเฉพาะด้านต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาและการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงการจำลองปริมาณน้ำท่าผิวดินแบบรายเดือนและรายปีที่ไหลเข้าสู่ลำน้ำชีด้วย SWAT นั้น สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตตามช่วงระยะเวลาที่ศึกษาระหว่าง พ.ศ. 2535 – 2564 (30 ปี) โดยผลการจำลองปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ประเมิน ณ จุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่รับน้ำจากลำน้ำพอง ลำน้ำชี และลำน้ำป่าว มีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,630, 288 และ 853 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ รวมถึงปริมาณน้ำท่าที่ตำแหน่งจุดออกของกลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 เท่ากับ 2,892 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าจากเครือข่ายลำน้ำแยกเป็นรายฤดูกาล คือ ฤดูฝนและฤดูแล้งแล้วนั้น พบว่า ในช่วงฤดูฝน ลำน้ำเครือข่ายจะให้ปริมาณน้ำท่าเติมเข้าสู่ลำน้ำหลักประมาณร้อยละ 68 - 70 ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งจะลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 29 - 31 นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้อีกยังสามารถนำไปแสดงให้เห็นถึงร้อยละของความผันแปรของปริมาณน้ำท่าแยกตามรายฤดูและอนุกรมเวลาได้อีกเช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ SWAT ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การพิจารณาเพียงปริมาณน้ำท่าผิวดินเป็นหลักเท่านั้น ดังนั้น การศึกษาในลำดับถัดไป จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำจากส่วนอื่นประกอบ ได้แก่ การไหลใต้ผิวดิน การไหลของน้ำใต้ดิน การซึม ระบายระเหย เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำจากส่วนประกอบของวัฏจักรอุทกวิทยาเหล่านี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควบคู่ไปกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากช่วงอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ด้วยแบบจำลองต่าง ๆ ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังรวมถึงการศึกษาถึงการควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในต้นน้ำ ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการ

พิจารณาควบคุมการจัดสรรน้ำ และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลำน้ำหลัก คณะผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ระเบียบวิธีและผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้คาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจ และสื่อสารกับผู้มีส่วนได้เสียทุกระดับ รวมถึงการนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการตัดสินใจในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำโดยหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำชีส่วนที่ 4 และพื้นที่ลุ่มน้ำระดับภูมิภาคอื่น ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน เพื่อให้เกิดการบูรณาการในการใช้ทรัพยากรน้ำที่เกิดประโยชน์สูงสุดและยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นการนำผลการศึกษาร่วมหนึ่งจากโครงการวิจัย “การพัฒนาดัชนีความยั่งยืนของลุ่มน้ำสำหรับวางแผนการจัดการน้ำรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน: กรณีศึกษาลุ่มน้ำชีส่วนที่ 4” ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 สัญญาเลขที่ PRP6505030870

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณองค์กรและหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำคัญในการจัดทำงานวิจัย ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน กรมแผนที่ทหาร รวมไปถึงข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจาก สวก. และเครือข่ายนักวิจัยจากสถาบันต่าง ๆ สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงผลการศึกษาให้มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และได้รับประโยชน์สูงสุด ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น และสถาบันการศึกษาต้นสังกัดของสมาชิกนักวิจัยเครือข่าย ที่ได้ให้การสนับสนุนการดำเนินงานในทุกมิติ ซึ่งคณะผู้ศึกษาขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sánchez-Gómez, A., Martínez-Pérez, S., Pérez-Chavero, F.M. and Molina-Navarro, E. (2022). Optimization of a SWAT model by incorporating geological information through calibration strategies. *Optimization and Engineering*, 23, pp. 2203–2233. <https://doi.org/10.1007/s11081-022-09744-1>.
- [2] Aawar, T. and Khare, D. (2020). Assessment of climate change impacts on streamflow through hydrological model using SWAT model: a case study of Afghanistan. *Modeling Earth Systems and Environment*. 6, pp. 1427–1437. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00759-0>.
- [3] Dhama, B., Himanshu, S.K., Pandey, A. and Gautam, A.K. (2018), Evaluation of the SWAT model for water balance study of a mountainous snowfed river basin of Nepal. *Environmental Earth Sciences*. 77, 21 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7210-8>.
- [4] Samavati, A., Babamiri, O., Rezai, Y. and Heidarimozaffar M. (2023). Investigating the effects of climate change on future hydrological drought in mountainous basins using SWAT model based on CMIP5 model. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 37, pp. 849–875. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02319-7>.
- [5] Prasanchum, H., Kangrang, A. and Hormwichian, R. (2020). Change in Inflow and Hydrologic Response Due to Proactive

- Agriculture Land Use Policy in Northeast of Thailand. *International Review of Civil Engineering*, 11(3), pp. 141-151.
- [6] Ji, G., Lai, Z., Xia, H., Liu, H. and Wang, Z. (2021). Future runoff variation and flood disaster prediction of the Yellow River Basin based on CA-Markov and SWAT. *Land*. 10(4), 421. <https://doi.org/10.3390/land1004042>.
- [7] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (2565). ข้อมูลลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำชี. สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, หน้า 1-7.
- [8] Arnold, A.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. and Williams, J.R. (1998), Large area hydrological modeling and assessment part I: model development. *Journal of American Water Resource Association*. 34 (1), 73–89.
- [9] Chen, M., Cui, Y., Gassman, P.W. and Srinivasan, R. (2021) Effect of watershed delineation and climate datasets density on runoff predictions for the Upper Mississippi River Basin using SWAT within HAWQS. *Water*. 13(4), 422. <https://doi.org/10.3390/w13040422>
- [10] Tufa, F.G. and Sime, C.H. (2021). Stream flow modeling using SWAT model and the model performance evaluation in Toba sub-watershed, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*. 7, pp. 2653–2665. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-01039-7>.
- [11] Mengistu, A.G., van Rensburg, L.D., Yali, E. and Woyessa, Y.E. (2019). Techniques for calibration and validation of SWAT model in data scarce arid and semi-arid catchments in South Africa. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 25, October 2019, DOI: 10.1016/j.ejrh.2019.100621.
- [12] Malik, M.A., Dar, A.Q., and Jain, M.K. (2021), Modelling streamflow using the SWAT model and multi-site calibration utilizing SUFI-2 of SWAT-CUP model for high altitude catchments, NW Himalaya's. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8, pp. 1203–1213.