

## การประเมินความผันแปรของประสิทธิภาพการไหลของน้ำท่าผิวดินในช่วงสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลัน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำเลย

### Evaluating Variation in the SCS Runoff Curve Number 2 (CN2) Efficiency during Flash Flood and Land Use Change Situations using SWAT Model in Loei Basin

โยธี พิมพ์พูน<sup>1</sup> และ หริส ประสารจำ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

\*Corresponding author; E-mail address: myothee65@gmail.com

#### บทคัดย่อ

น้ำท่วมฉับพลันเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยครั้งในฤดูน้ำหลาก ซึ่งสร้างความเสียหายต่อเขตที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรมในที่ราบ โดยมีสาเหตุจากฝนตกหนักในพื้นที่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินความผันแปรของประสิทธิภาพการไหลของปริมาณน้ำท่าผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเลย (ลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าใน 3 ช่วงเวลาที่เกิดสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลันคือ พ.ศ.2545 พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 ซึ่งคาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เทียบกับปี พ.ศ.2552 ซึ่งเป็นปีที่มีค่าเฉลี่ยปกติ ผลการศึกษาพบว่าการจำลองสภาพน้ำท่าระดับรายวันที่ได้จาก SWAT เปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัด KH.58A ในปี พ.ศ.2552 มีความน่าเชื่อถือ โดยแสดงจากค่า  $R^2$  NSE และ PBIAS อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเปรียบเทียบจาก 3 ช่วงเวลา พบว่ามีการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนเมือง สวนอ้อย และสวนยางพารา โดยเฉพาะสวนยางพาราเพิ่มสูงขึ้นแทนที่พื้นที่เกษตรกรรมแบบดั้งเดิม ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดินในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มสูงขึ้นอยู่ที่ 30% ขึ้นไป โดยสัมพันธ์กับค่า CN2 ที่แสดงค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่เป็นจุดรวมปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำย่อยและมีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ชุมชน ผลที่ได้จากการศึกษาจึงคาดว่าจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินและทรัพยากรน้ำสำหรับประชาชนและหน่วยงานของรัฐ เมื่อเผชิญกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบฉับพลัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลาก

คำสำคัญ: น้ำท่วมฉับพลัน, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, ประสิทธิภาพการไหลของปริมาณน้ำท่าผิวดิน, SWAT, ลุ่มน้ำเลย

#### Abstract

The flash flood was common problem in immerse flood season. It destroyed shelters and agricultural plain area. The causes were heavy rain from river source to river mouth and changing of land used. The purposes of this study were 1.) To apply "SWAT" model to evaluate the effective of water flowing at Loei basin, Loei province. (Khong river of Northeastern river region, Thailand) 2.) To compare water quality of flash flood occurred in year 2002, 2011 and 2017 with year 2009 effected with land used. The results were as conditional water level in daily from "SWAT" modal compared with measurement station was at KH.58A in year 2009. The reliability was at  $R^2$  NES and PBIAS was at concessive level. The changing of soil used tendency compared with three periods of time that amplified to country side, sugar cane gardens and also rubber gardens. Especially in rubber gardens, price was increased instead of old agriculture. The water of land surface level was increased in rainy season at 30 percentage and related with CN2 increased. The minor river was water collected point and agricultural area was changed to city. This study could apply to make data decision, set land used administration, set water resource for people and for government agencies that could face with hydrology flash changed in immerse flood season.

Keywords: Flash Flood, Land Use Change, SCS runoff Curve Number 2, SWAT, Loei Basin

## 1. บทนำ

น้ำท่วมฉับพลัน คือ ภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วขณะฝนตกหรือหลังฝนตก สาเหตุเกิดจากมีปริมาณความเข้มฝนตกมากเกินไปจนขีดความสามารถของการรองรับน้ำหรือระบายน้ำของพื้นที่ พื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกิดน้ำท่วมฉับพลันมักเป็นพื้นที่ลาดชันสูง อยู่บริเวณต้นน้ำหรือเชิงเขารวมถึงพื้นที่เมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของประชากรสร้างที่อยู่อาศัยและสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ทำให้ระบบระบายน้ำเดิมไม่เพียงพอกับสภาพพื้นที่ปัจจุบัน ส่งผลให้ความสามารถการระบายน้ำลดลง ปัญหาน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่เมืองเป็นปัญหาหนึ่งที่พบได้บ่อยครั้งในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชากร เหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันของกลุ่มน้ำเลยที่เป็นกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขงและมีแม่น้ำเลยเป็นแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดเลย มักเกิดขึ้นรวดเร็วและประสบปัญหาน้ำท่วมฉับพลันซ้ำซาก ซึ่งมีความรุนแรงและรับมือได้ยาก เนื่องจากได้รับผลกระทบจากฝนตกหนักบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน อีกทั้งกลุ่มน้ำเลยมีสภาพภูมิประเทศที่มีภูเขาเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่ราบลุ่มมีเพียงเขตเมืองและเขตที่อยู่อาศัย ส่งผลให้น้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมตัวเมืองอย่างรวดเร็ว ทำให้พื้นที่ได้รับความเสียหายอยู่เสมอในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมาเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันครั้งใหญ่ของกลุ่มน้ำเลยมาแล้ว 3 ช่วงเวลา คือ พ.ศ.2545 พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2545 ได้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในลุ่มน้ำเลยเนื่องจากหย่อมความกดอากาศต่ำปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำและครอบคลุมทั่วพื้นที่จังหวัดเลย จึงมีฝนตกหนักถึงหนักมาก กระจายทั่วทุกพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเลยมีปริมาณฝนตกหนักที่อำเภอภูหลวง ซึ่งครอบคลุมลุ่มน้ำเลยตอนบนวัดได้ 240 มม. ทำให้ระดับน้ำในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่การเกษตรและบ้านเรือนราษฎรในเขตอำเภอวังสะพุง อำเภอเมือง และอำเภอเชียงคาน ปริมาณน้ำในแม่น้ำเลยที่สถานีบ้านปากนา (KH.58A) มีอัตราการไหล 1,404 ลบ.ม./วินาที สูงกว่าความจุลำน้ำถึง 2.5 เท่า ทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อชีวิตทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ รวมไปถึงความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจ จากสภาวะน้ำท่วมฉับพลันดังกล่าว ข้อมูลน้ำท่าเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการในลุ่มน้ำ

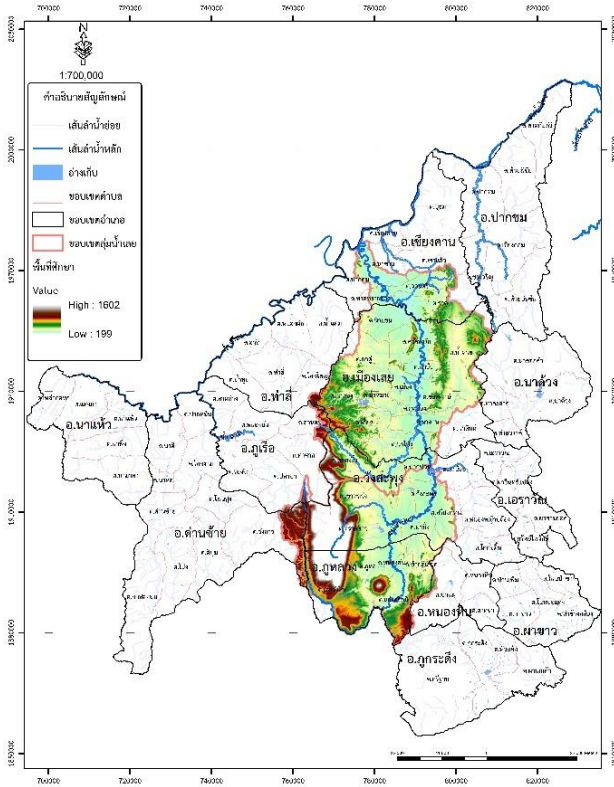
จากเหตุการณ์ดังกล่าว การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดิน จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้ถึงปริมาณน้ำในลุ่มน้ำอย่างแท้จริง ปริมาณน้ำท่าเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญทางอุทกวิทยา สำหรับใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ในการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำในปัจจุบันมีแบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าหลายแบบจำลอง ส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาในกลุ่มของประเภท Lumped-Parameter Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีลักษณะของการรวมและเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ทั้งลุ่มน้ำ แต่มีแบบจำลองอีกกลุ่มหนึ่งได้แก่แบบจำลองอุทกวิทยาประเภทการกระจายพารามิเตอร์ หรือ Distributed-Parameter Model ซึ่งเป็นประเภทกลุ่มของแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าในสภาพลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อนทางอุทก

วิทยาได้เป็นอย่างดี โดยแบบจำลอง Soil And Water Assessment Tool หรือแบบจำลอง SWAT เป็นหนึ่งในแบบจำลองประเภทนี้เช่นกัน [1]

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ การประเมินประสิทธิภาพการไหลของน้ำท่าผิวดินในช่วงสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลันและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อปริมาณท่าเปรียบเทียบกับ 3 ช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะผลต่อการตอบสนองต่อระบบอุทกวิทยา เช่น การซึมลงสู่ผิวดิน น้ำท่าผิวดิน การไหลใต้ผิวดิน การไหลพื้นฐาน การซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษามาใช้สำหรับสนับสนุนวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพในงานด้านการเกษตรและชลประทาน และใช้เป็นเครื่องมือประเมินทรัพยากรน้ำและศักยภาพลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเลย สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาช่วยคาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดินได้ เป็นแนวทางการบรรเทาอุทกภัยและวิฤตความเสียหายจากน้ำท่วม อีกทั้งยังสามารถนำวิธีการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นได้

## 2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำเลย มีแม่น้ำเลยเป็นลำน้ำสายหลัก สภาพภูมิประเทศประกอบด้วยแนวเขาสูงชันทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตกของพื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำและก่อให้เกิดลำน้ำสาขาสำคัญหลายสาย ได้แก่ ห้วยน้ำปวน ห้วยน้ำคู้ ห้วยน้ำทบ ห้วยน้ำฮวย ห้วยน้ำลาย และห้วยน้ำหมาน โดยแนวเขาที่มีระดับสูงอยู่ทางทิศใต้ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำเลยมีระดับความสูงประมาณ 1,500 ม.รทก. และค่อย ๆ ลดหลั่นลงมาทางทิศเหนือ สภาพพื้นที่สองฝั่งลำน้ำเลยตอนบนก่อนถึงอำเภอวังสะพุงเป็นพื้นที่สูงและลาดชันหลังจากนั้นจะมีลักษณะเป็นที่ราบระหว่างแนวเขามีความกว้างรวม 2 ฝั่งลำน้ำประมาณ 5 กิโลเมตร ส่วนพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำจะเป็นพื้นที่ราบและที่ลาดชันใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 1 ลุ่มน้ำเลยเป็นสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำโขง มีความสำคัญเปรียบเสมือนหัวใจของจังหวัดเลย โดยมีที่ราบลุ่มซึ่งใช้เป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญที่สุด มีพื้นที่การเกษตร 2.614 ล้านไร่ และมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น แม่น้ำเลยมีต้นกำเนิดจากเขากอกษา ซึ่งเป็นเทือกเขาภูหลวง ในตอนต้นลำน้ำชาวบ้านเรียกว่า “เลยวังไสย” มีทิศทางไหลลงมาทางทิศใต้ถึงบ้านห้วยกระเปาะ จากนั้นก็จะไหลขึ้นไปทางทิศเหนือผ่านอำเภอภูหลวง อำเภอวังสะพุง เข้าสู่อำเภอเมืองเลย และไหลไปบรรจบแม่น้ำโขงที่บ้านปากเลย ตำบลนาข้าว อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย มีความยาวประมาณ 231 กิโลเมตร ลุ่มน้ำเลยอยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมจะมีลมมรสุมหรือแนวปะทะโซนร้อน (Inter Tropical Convergence Zone: ITCZ) พาดผ่านทำให้มีฝนตกติดต่อกันหลายวัน และบางครั้งจะมีพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cycloen) เคลื่อนเข้ามาผ่านเป็นครั้งคราวซึ่งจะมีฝนตกหนัก อุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 43.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ -1.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,235 มม./ปี



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

### 3. วิธีการศึกษา

การประเมินความผันแปรของประสิทธิภาพการไหลของน้ำท่าผิวดิน ในช่วงสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลันและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำเลย เป็นการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการประมาณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT และนำพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปใช้ในการประมาณปริมาณน้ำท่าโดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพในอดีตและปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

#### 3.1 การรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมเพื่อประกอบการศึกษา ซึ่งรวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model : DEM), ขอบเขตลุ่มน้ำ (Watershed Boundary), เส้นลำน้ำ (Stream Line), ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use), และข้อมูลชุดดิน (Soil Group) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data and Hydrological Data) เพื่อใช้สำหรับนำเข้าแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน, ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด, ความชื้นสัมพัทธ์, ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และความเร็วลมเฉลี่ย และข้อมูลสำหรับสอบเทียบแบบจำลอง และการตรวจสอบแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลวัดปริมาณน้ำท่า เป็นต้น

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบบจำลอง SWAT

ชั้นข้อมูล	ช่วงเวลา (พ.ศ.)	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM)	2558	กรมพัฒนาที่ดิน
2.ข้อมูล GIS ขอบเขตลุ่มน้ำและเส้นลำน้ำ	2563	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
3.ข้อมูลชนิดดิน	2558	กรมพัฒนาที่ดิน
4.ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2545, 2552, 2560	กรมพัฒนาที่ดิน
5.ข้อมูลอากาศ (สถานี KH.58A จ.เลย)	2545,2552, 2554, 2560	กรมอุตุนิยมวิทยา
6.ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดฝนภาคพื้นดิน 6 สถานี	2545, 2552, 2554, 2560	
7.ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน สถานี KH.58A	2545, 2552, 2554, 2560	กรมชลประทาน

ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ขนาด 30 ม. X 30 ม. ของกรมพัฒนาที่ดิน เนื่องจากผลการเปรียบเทียบตำแหน่งทางกายภาพของสภาพลุ่มน้ำกับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับผลการสำรวจภาคสนามให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

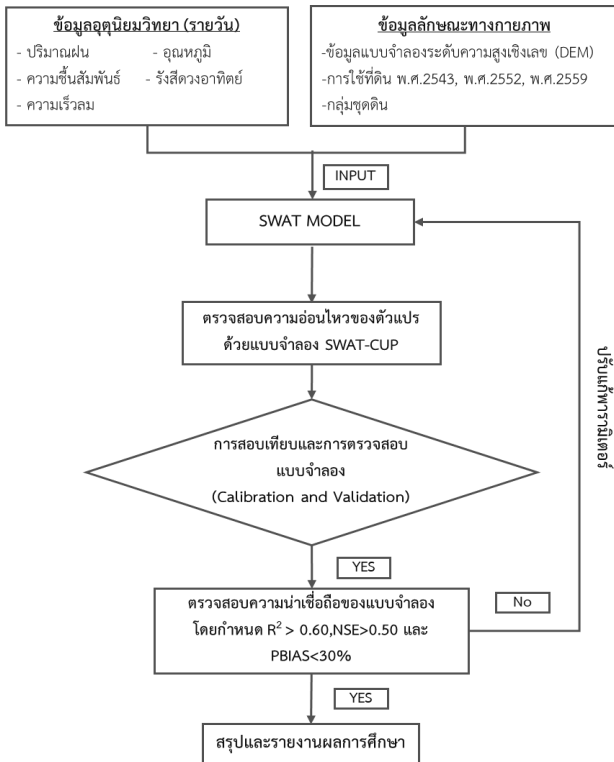
ข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำและเส้นลำน้ำ จากการรวบรวมข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำและเส้นลำน้ำ พบว่า ลุ่มเลยมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,998 ตร.กม. ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเลย (ประมาณ 3,891 ตร.กม.) และมีบางส่วนอยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ (ประมาณ 107 ตร.กม.)

ข้อมูลชนิดดินที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ข้อมูลชุดดิน (Soil Series) ซึ่งเป็นหน่วยจำแนกดินที่ละเอียดที่สุด ที่ได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยกรมพัฒนาที่ดิน จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเลย ประกอบด้วยชุดดินทั้งหมดจำนวน 15 ชุดดิน

ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ใช้ในการศึกษานี้ ถูกจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ทั้งสิ้น 10 กลุ่ม ซึ่งข้อมูลการใช้ที่ดินที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ข้อมูล ปี พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2560 โดยกรมพัฒนาที่ดิน

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ปี พ.ศ.2545, ปี พ.ศ.2552, ปี พ.ศ.2554 และ ปี พ.ศ.2560 จากกรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลน้ำฝนรายวัน และข้อมูลน้ำท่าถูกคัดเลือกเพื่อให้อยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับข้อมูลการใช้ที่ดิน เพื่อให้การคำนวณเป็นไปอย่างน่าเชื่อถือมากที่สุด ข้อมูลน้ำฝนรวบรวมได้ทั้งสิ้น 6 สถานีกระจายทั่วทั้งลุ่มน้ำที่ศึกษา ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจะทำการสอบเทียบแบบจำลอง จากข้อมูลผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน จำนวน 1 สถานี คือ สถานีวัดน้ำท่า KH.58A (แม่น้ำเลย : บ้านปากเลย อ.เมือง จ.เลย)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

### 3.2 การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT

ในการประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed Delineation) การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit: HRUS) และการสร้างไฟล์นำเข้าข้อมูลแบบจำลอง SWAT สำหรับการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาเพื่อกำหนดความละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีลักษณะทางอุทกวิทยาที่หลากหลายตามลักษณะประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินลักษณะของกลุ่มชุดดิน ความลาดชัน เพื่อจำลองพื้นที่ให้มีสภาพใกล้เคียงสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด [2-3]

การศึกษานี้ใช้ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำต่ำสุดในการสร้างเส้นลำน้ำเท่ากับ 100 ตร.กม. ใช้เกณฑ์ในการแบ่ง HRUs ตามพื้นที่ที่ครอบคลุมของ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชันของผิวดินที่มีค่าเกิน 10% ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ถ้าครอบคลุมพื้นที่ไม่ถึง 10% ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จะไม่นำมาพิจารณาในการแบ่งกลุ่มHRUs) เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้มีจำนวน HRUs มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะทำให้ใช้เวลามากในการคำนวณ โดยที่ได้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างไปมากโดยคู่มือการใช้แบบจำลอง SWAT แนะนำค่าไว้ที่ประมาณ 5-20% [4] ขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษานี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 2

### 3.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร

เมื่อนำเข้าข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว ต่อไปเป็นการสั่งให้มีการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่ารายวัน ซึ่งจะแปรผันไปตามตัวแปรต่าง ๆ ที่มี

ของความสัมพันธ์กับกระบวนการเกิดน้ำท่า เนื่องจากใน แบบจำลอง SWAT มีการใช้ตัวแปรจำนวนมาก ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ ดังนั้น จึงต้องมีการวิเคราะห์ว่าตัวแปรใดที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณน้ำท่า ขั้นตอนนี้เรียกว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร (Sensitivity Analysis) ซึ่งหลังจากขั้นตอนนี้ จะทำให้ทราบว่าควรปรับ ค่าตัวแปรใดบ้างเพื่อให้แบบจำลอง ทำการคำนวณปริมาณน้ำท่า ให้ได้ค่า ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรโดยใช้ แบบ จ้ า ล อ ง SWAT-CUP (SWAT Calibration and Uncertainty Procedures) โดยทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่มีผลต่อ ปริมาณน้ำท่า ณ สถานี Kh.58A ใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวันในช่วงปี พ.ศ.2545, ปี พ.ศ.2552, ปี พ.ศ.2554 และ ปี พ.ศ.2560 และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นข้อมูลทดสอบทำการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อศึกษาความอ่อนไหวของตัวแปรที่มี ความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า 10 ตัวแปร [4-5] จำนวน 500 ครั้ง

### 3.4 การสอบเทียบและการตรวจสอบแบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลอง สามารถใช้ผลการศึกษาจาก แบบจำลอง SWAT-CUP โดยใช้เทคนิค Sequential Uncertainty Fitting version 2 (SUFI2) ในการคำนวณ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร จากข้อมูลที่มีการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาชุดตัวแปรที่เหมาะสมกับการ ประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน ณ สถานี KH.58A

เมื่อกำหนดปริมาณน้ำท่าได้แล้ว ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของ แบบจำลองโดยการนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง เรียกว่าการ ปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ถ้าแตกต่างกันมากจะต้องปรับ ค่าตัวแปร จนกว่าผลลัพธ์ที่คำนวณออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลจริง หรือเป็น ค่าที่ยอมรับได้ โดยใช้สถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองที่เป็นที่ นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานอุทกวิทยา [5-6] จำนวน 3 ตัว ได้แก่ R<sup>2</sup> (Coefficient of Determination), NSE (Nash-Sutcliffe Model Efficiency Coefficient) และ PBIAS (Percent Bias) แสดงดังสมการ ต่อไปนี้

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

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

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

เมื่อ  $i$  คือ ลำดับที่ของข้อมูล,  $n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด,  $O_i$  คือ ค่าจากการตรวจวัด,  $\bar{O}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัดทั้งหมด,  $P_i$  คือ ค่าจากแบบจำลองและ  $\bar{P}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลองทั้งหมด SWAT-CUP ให้ผลการสอบเทียบแบบจำลองในรูปแบบของช่วงของตัวแปรที่เหมาะสมพร้อมกับการแสดงค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของการใช้ชุดตัวแปรดังกล่าว โดยแสดงผลการจำลองเป็นช่วง 95% ของความไม่แน่นอนจากการทำนาย (95% Prediction Uncertainty, 95PPU)

ในการสอบเทียบและการตรวจสอบแบบจำลอง กำหนดเกณฑ์การยอมรับและประสิทธิภาพของแบบจำลอง กำหนดให้ค่า  $R^2 > 0.60$   $NSE > 0.5$  และค่า  $PBIAS < 30\%$  [7] ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลตรวจวัดจากสถานีวัดน้ำท่า การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกช่วงในการสอบเทียบแบบจำลองและการทวนสอบแบบจำลอง ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีวัดน้ำในลุ่มเลย จำนวน 1 สถานี ได้แก่ KH.58A โดยกำหนดช่วงเวลาในการสอบเทียบแบบจำลองเป็นเวลา 365 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม และกำหนดช่วงเวลาในการทวนสอบแบบจำลองเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเป็นเวลา 365 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม

#### 4. ผลการศึกษา

##### 4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดินแบ่งออกเป็น 10 ประเภท ดังรายละเอียดตารางที่ 2 โดยรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบด้วย AGRL, CASS, PAST, RICE, SUGC, FRSE, URBN, WATER, RUBR และ EUCA การใช้ประโยชน์ที่ดินจะวิเคราะห์ ปี พ.ศ.2545 พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560

การใช้ประโยชน์ที่ดินตามรหัสของแบบจำลอง SWAT ใน พ.ศ. 2545 รูป พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก 3 ลำดับแรก ได้แก่ ป่าไม้ (FRSE) พืชไร่ (AGRL) และข้าว (RICE) มีเนื้อที่ประมาณ 1,440, 847 และ 450.2 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 36.03, 21.18 และ 11.26 ตามลำดับ ปี

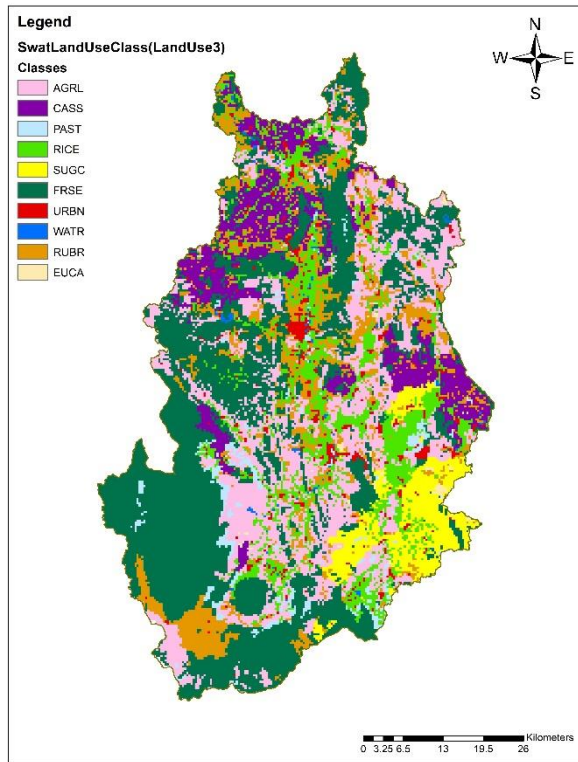
พ.ศ. 2552 พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก 3 ลำดับแรก ได้แก่ ป่าไม้ (FRSE) พืชไร่ (AGRL) และข้าว (RICE) มีเนื้อที่ประมาณ 1,632 779.6 และ 474.6 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 40.82 19.50 และ 11.87 ตามลำดับ และการกระจายของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2560 พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก 3 ลำดับแรก ได้แก่ ป่าไม้ (FRSE) ยางพารา (RUBR) และข้าว (RICE) มีเนื้อที่ประมาณ 1,376.5, 1,031.9 และ 450.2 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 34.43, 25.81 และ 11.26 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 และการกระจายของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใน รูปที่ 3 ถึง รูปที่ 5

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2552 กับ พ.ศ. 2545 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่พืชไร่ และนาข้าว ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่นาข้าวเพิ่มขึ้นจากพื้นที่เดิมร้อยละ 13.29 และ 5.42 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่พืชไร่ลดลงจากพื้นที่เดิมร้อยละ 7.93 ในทางกลับกันพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ยูคาลิปตัส และพื้นที่มันสำปะหลัง ลดลงจากพื้นที่เดิมร้อยละ 99.15, 74.29 และ 21.02 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปที่ 3 กับ รูปที่ 4 ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2560 กับ พ.ศ.2545 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ยางพารา และนาข้าว ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่นาข้าวลดลงจากพื้นที่เดิมร้อยละ 15.65 และ 5.14 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ยางพาราเพิ่มขึ้นจากพื้นที่เดิมร้อยละ 124.63 ดังรายละเอียดในแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปที่ 4 กับ รูปที่ 5

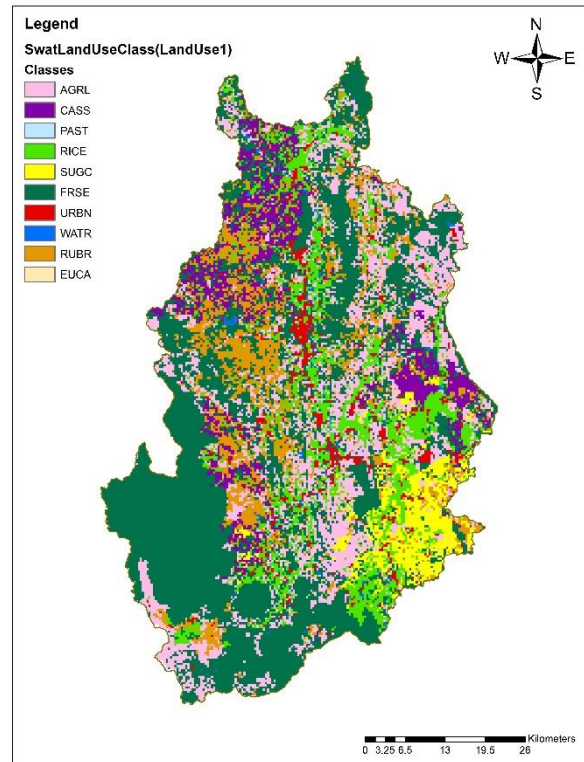
จากข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2545 และ พ.ศ.2560 กับ พ.ศ.2552 พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ยางพารา พื้นที่อ้อย และพื้นที่ชุมชน มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 593.70, 162.72 และ 77.96 ตร.กม. หรือร้อยละ 135.49, 73.59 และ 79.27 ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้, พื้นที่พืชไร่, พื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่มันสำปะหลัง มีแนวโน้มที่จะลดลง

ตารางที่ 2 ผลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ช่วงเวลา

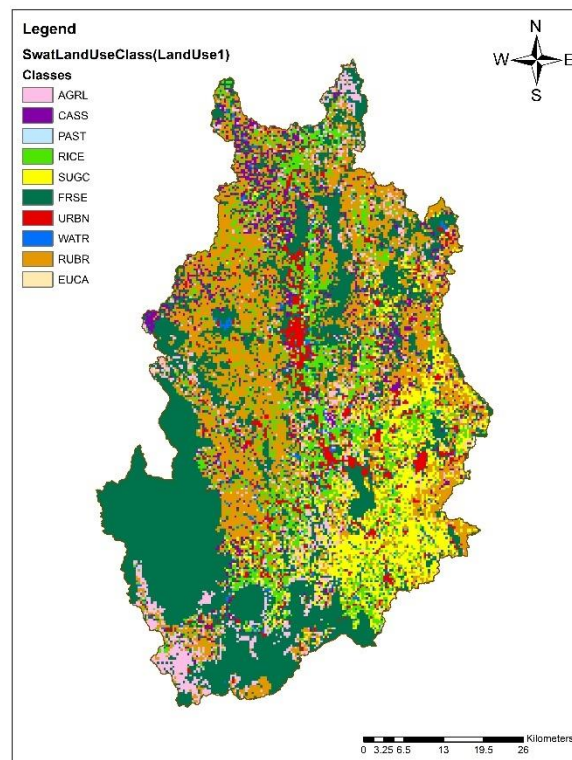
ลำดับ	การใช้ที่ดิน	พ.ศ.2545		พ.ศ.2552		พ.ศ.2560	
		ร้อยละของพื้นที่	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่	พื้นที่ (ตร.กม.)
1	พืชไร่ (AGRL)	21.18	846.80	19.50	779.61	7.16	286.26
2	มันสำปะหลัง (CASS)	9.42	376.60	7.44	297.45	5.47	218.69
3	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (PAST)	2.36	94.40	0.02	0.80	0.02	0.80
4	ข้าว (RICE)	11.26	450.20	11.87	474.56	11.26	450.17
5	อ้อย (SUGC)	5.53	221.10	4.75	189.91	9.60	383.81
6	ป่าไม้ (FRSE)	36.03	1,440.50	40.82	1,631.98	34.43	1,376.51
7	ชุมชน (URBN)	2.46	98.40	3.32	132.73	4.41	176.31
8	แหล่งน้ำ (WATER)	0.46	18.40	0.70	27.99	1.63	65.17
9	ยางพารา (RUBR)	10.96	438.20	11.49	459.37	25.81	1,031.88
10	ยูคาลิปตัส (EUCA)	0.35	14.00	0.09	3.60	0.23	9.20



รูปที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2545



รูปที่ 4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2552



รูปที่ 5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2560

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SWAT CUP แสดงค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งได้จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยจะแสดงค่า t-stat และ P-value จากการทดสอบสมมติฐานว่าพารามิเตอร์ที่พิจารณามีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำท่าหรือไม่ โดยการสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ให้ค่า t-stat มาก (ไม่พิจารณาเครื่องหมายบวกและลบ) หมายความว่าค่าพารามิเตอร์นั้นมีผลต่อการคำนวณปริมาณน้ำท่าสูง และค่า P-value เข้าใกล้ 0 หมายถึงพารามิเตอร์ดังกล่าวมีผลต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าอย่างมีระดับนัยสำคัญสูง ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าสูงที่ระดับนัยสำคัญ จำนวน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ CN2.mgt, SOL\_K.sol และ SOL\_AWC.sol ตามลำดับ ซึ่งจะต้องปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวเพื่อให้แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับสภาพจริงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด และมีผลการสอบเทียบและการตรวจสอบแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของ 10 พารามิเตอร์

ลำดับ	พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าที่ดีที่สุด
1	CN2.mgt	-20.786	0.000	-0.022
2	SOL_K(..).sol	-14.714	0.000	22.000
3	SOL_AWC(..).sol	5.336	0.000	0.283
4	GW_DELAY.gw	-1.614	0.107	0.105
5	ESCO.bsn	-1.115	0.265	0.081
6	ALPHA_BF.gw	-1.100	0.271	0.103
7	RCHRG_DP.gw	-0.880	0.379	45.772
8	GWQMN.gw	0.424	0.671	0.821
9	CH_N2.rte	0.398	0.690	122.200
10	GW_REVAP.gw	0.010	0.992	2,395.000

จากการใช้แบบจำลอง SWAT CUP ทำการวิเคราะห์ซ้ำจำนวน 500 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่คัดเลือกไว้จำนวน 10 ตัวแปรในช่วงที่พิจารณา ได้ผลการศึกษารูป Dot Plot โดยจะเห็นได้ว่าค่า CN2, SOL\_K และ SOL\_AWC เป็นตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อค่า NSE (Objective Function) สูงกว่าตัวแปร อื่น ๆ ซึ่งพิจารณาได้จากแนวโน้มที่ชัดเจนของค่า NSE ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากยิ่งขึ้น ตามทิศทางการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรในช่วงที่พิจารณา โดยค่า NSE จะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่า CN2 ลดลง ในขณะที่ SOL\_K และ SOL\_AWC มีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงตัวแปรที่พิจารณานั้น ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าจริง การลดปริมาณน้ำท่าลงจึงทำให้ NSE มีค่าเพิ่มมากขึ้นโดยตัวแปรอื่น ๆ ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน กล่าวคือค่า NSE มีทั้งค่ามากและน้อยเมื่อปรับค่าตัวแปรให้มีค่ามากขึ้นและลดลง โดย CN2 คือค่า SCS Runoff curve Number ที่ความชื้นในดินระดับที่สอง

(Moisture Condition II) SOL\_K คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นได้ของดินในสภาพอิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivity) และ SOL\_AWC คือ ปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ (Soil Available Water Capacity) ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ค่าการซึม (Infiltration) เป็นกระบวนการที่มีผลกระทบต่อการปริมาณน้ำท่าผิวดินมากที่สุด โดยทั้งสามตัวแปรดังกล่าวเกี่ยวข้องกับค่าการซึม ซึ่งค่าการซึมจะมีปริมาณมากขึ้น (น้ำท่าผิวดินจะลดลง) เมื่อลดค่า CN2 และเพิ่มค่า SOL\_K และ SOL\_AWC ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับคำแนะนำและการศึกษาที่ผ่านมาของนักวิจัยหลายท่าน [6, 8, 9, 10, 11]

#### 4.3 ผลการสอบเทียบและการตรวจสอบแบบจำลอง

จากการใช้แบบจำลอง SWAT-CUP ทำการคำนวณซ้ำโดยแปรผันชุดตัวแปรจำนวน 500 ครั้ง ซึ่งเป็นชุดตัวแปรที่ให้ค่า Objective Function สูงที่สุด ดังตารางที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า สถานีวัดน้ำท่า KH.58A ในช่วง พ.ศ.2545, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 กับ พ.ศ.2552 (ปีฐาน) ดังแสดงในรูปที่ 6 ถึง รูปที่ 9 โดยผลการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดของสถานีวัดน้ำท่า KH.58A ระหว่าง พ.ศ.2552 (ปีฐาน) กับ พ.ศ.2545, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4 และผลการใช้ประโยชน์ที่ดินดังรูปที่ 3 ถึง รูปที่ 5 เมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำท่าสถานีวัดน้ำท่า KH.58A ปี พ.ศ.2545, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 มีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 55.36, 80.57 และ 60.69 ล้าน ลบ.ม. โดยมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมากกว่าปี พ.ศ.2552 (35.96 ล้าน ลบ.ม.) 19.67, 44.88 และ 25.00 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็นร้อยละ 35.53, 125.75 และ 31.03 ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ามีค่ามากกว่าปีฐาน อย่างน้อยร้อยละ 30 ขึ้นไป อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม สวนยางพารา อ้อย และพื้นที่ชุมชนตัวเมืองเพิ่มสูงขึ้น แทนที่พื้นที่เกษตรกรรมแบบดั้งเดิม ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัย ขยายพื้นที่เพื่อทำการเกษตร และสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ รวมไปถึงพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับที่ราบ ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดินในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มสูงขึ้น

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน สถานีวัดน้ำท่า KH.58A (หน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม.)

ลำดับ	ช่วงเวลา (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง	ปริมาณน้ำท่าที่วัดได้	ร้อยละความแตกต่าง	R <sup>2</sup>
1	2545	55.36	59.21	6.95	0.84
2	2552 (ปีฐาน)	35.69	31.34	13.88	0.53
3	2554	80.57	68.96	16.83	0.45
4	2560	60.69	71.24	17.38	0.61

ตารางที่ 5 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สถานีวัดน้ำท่า  
รายวัน KH.58A (ปี พ.ศ. 2545)

สถิติทดสอบ	สอบเทียบ (1-240)	ตรวจสอบ (241-365)	ทั้งหมด (1-365)
R <sup>2</sup>	0.47	0.86	0.84
NSE	0.83	0.72	0.85
PBIAS	-26.79%	13.69%	6.51%

ตารางที่ 7 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สถานีวัดน้ำท่า  
รายวัน KH.58A (ปี พ.ศ. 2554)

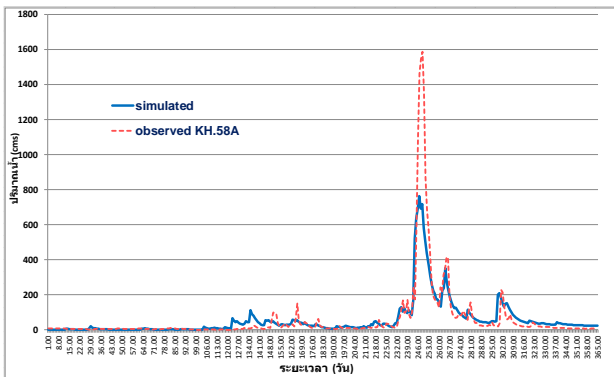
สถิติทดสอบ	สอบเทียบ (1-240)	ตรวจสอบ (241-365)	ทั้งหมด (1-365)
R <sup>2</sup>	0.46	0.41	0.45
NSE	0.33	0.34	0.42
PBIAS	-45.60%	0.65%	-16.84%

ตารางที่ 6 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สถานีวัดน้ำท่า  
รายวัน KH.58A (ปี พ.ศ. 2552)

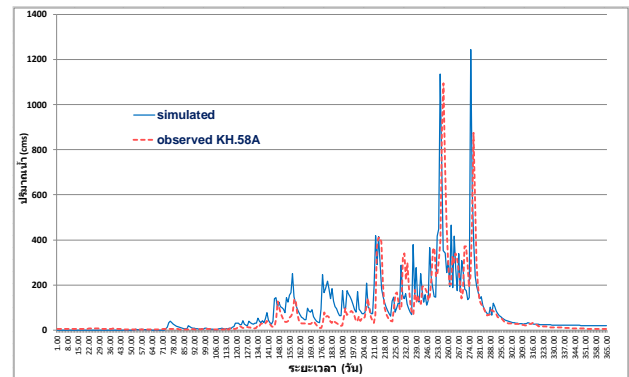
สถิติทดสอบ	สอบเทียบ (1-240)	ตรวจสอบ (241-365)	ทั้งหมด (1-365)
R <sup>2</sup>	0.45	0.54	0.53
NSE	0.31	0.56	0.52
PBIAS	-44.80%	7.72%	-13.87%

ตารางที่ 8 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สถานีวัดน้ำท่า  
รายวัน KH.58A (ปี พ.ศ. 2560)

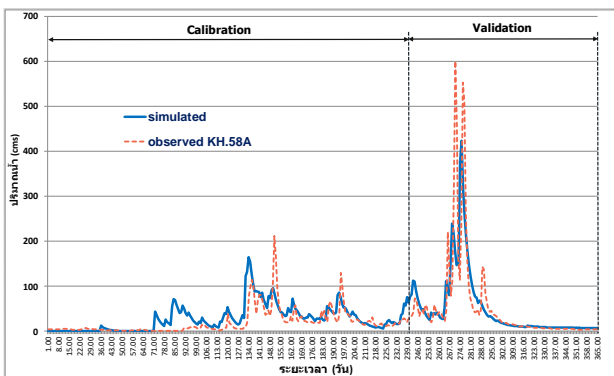
สถิติทดสอบ	สอบเทียบ (1-240)	ตรวจสอบ (241-365)	ทั้งหมด (1-365)
R <sup>2</sup>	0.53	0.69	0.61
NSE	0.50	0.63	0.49
PBIAS	17.08%	11.40%	14.44%



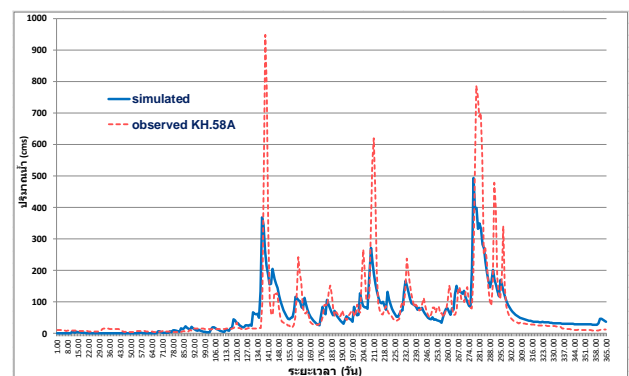
รูปที่ 6 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับปริมาณน้ำท่า  
สถานี KH.58A (ปี พ.ศ. 2545)



รูปที่ 8 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับปริมาณน้ำท่า  
สถานี KH.58A (ปี พ.ศ. 2554)



รูปที่ 7 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับปริมาณน้ำท่า  
สถานี KH.58A (ปี พ.ศ. 2552)



รูปที่ 9 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับปริมาณน้ำท่า  
สถานี KH.58A (ปี พ.ศ. 2560)



## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (พ.ศ.2545, พ.ศ.2552, พ.ศ.2554, และ พ.ศ. 2560) จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำเลย 3,988 ตร.กม. การใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2552 กับ พ.ศ. 2545 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมาได้แก่ พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่นาข้าว ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่นาข้าวเพิ่มขึ้นจากพื้นที่เดิมร้อยละ 13.29 และ 5.42 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่พืชไร้อลดลงจากพื้นที่เดิมร้อยละ 7.93 ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2560 กับ พ.ศ.2545 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ยางพารา และพื้นที่นาข้าว ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่นาข้าวลดลงจากพื้นที่เดิมร้อยละ 15.65 และ 5.14 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ยางพาราเพิ่มขึ้นจากพื้นที่เดิมร้อยละ 124.63 จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ.2560 กับ ปี พ.ศ.2552 พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ยางพารา พื้นที่สวนอ้อย และพื้นที่ชุมชน มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 593.70, 162.72 และ 77.96 ตร.กม. หรือร้อยละ 135.49, 73.59 และ 79.27 ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้, พื้นที่พืชไร่, พื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่มันสำปะหลัง มีแนวโน้มของพื้นที่ลดลง

การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลน้ำท่า ณ สถานี KH.58A ในช่วง (พ.ศ.2545, พ.ศ.2552, พ.ศ.2554, และ พ.ศ.2560) พบว่า CN2, SOL\_K และ SOL\_AWC คือ ตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อการจำลองน้ำท่ามากที่สุด ตามลำดับ และ จากผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (พ.ศ.2545, พ.ศ.2552, พ.ศ.2554, และ พ.ศ.2560) ณ สถานี KH.58A สรุปได้ว่า พ.ศ.2552 (ปีฐาน) ได้ค่า  $R^2$ , NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.45 0.31 และ -44.80 และจากตรวจสอบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากตรวจวัดของสถานีวัดน้ำท่า KH.58A พ.ศ.2552 (ปีฐาน) ได้ค่า  $R^2$ , NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.54 0.56 และ 7.72 ทั้งนี้ ค่า  $R^2$ , NSE และ PBIAS เมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำท่า สถานีวัดน้ำท่า KH.58A ในช่วง พ.ศ.2545, พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2560 กับ พ.ศ.2552 (ปีฐาน) พบว่า ทั้ง 3 ช่วงเวลา มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมากกว่าปีฐาน ทั้งไม่ผ่านเกณฑ์ และผ่านเกณฑ์ จะเห็นได้ว่า พ.ศ.2545 และ พ.ศ.2560 ให้ค่า  $R^2$  ที่ผ่านเกณฑ์ คือ 0.84 และ 0.61 แต่ พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2554 ให้ค่า  $R^2$  ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ 0.53 และ 0.45 ส่วนค่า PBIAS ในช่วงการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่ประมาณได้จากแบบจำลอง SWAT แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาผลในภาพรวมทั้งหมดของทั้งช่วงสอบเทียบและตรวจสอบพบว่าได้ค่า PBIAS ไม่เกิน  $\pm 30\%$  ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [7]

การประเมินปริมาณน้ำท่าปี ระหว่าง พ.ศ.2552 (ปีฐาน) กับ พ.ศ. 2545, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 โดยใช้แบบจำลอง SWAT พบว่า มีปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง เท่ากับ 55.36, 80.57 และ 60.69 ล้าน ลบ.ม. โดยมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมากกว่า ปี พ.ศ.2552 (35.96 ล้าน ลบ.ม.) 19.67, 44.88 และ 25.00 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็นร้อยละ 35.53, 125.75 และ 31.03 ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ

น้ำท่ามีค่ามากกว่าปีฐาน อย่างน้อยร้อยละ 30 ขึ้นไป อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพารา สวนอ้อย และพื้นที่ชุมชนตัวเมืองเพิ่มสูงขึ้นแทนที่พื้นที่เกษตรกรรมแบบดั้งเดิม ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัย ขยายพื้นที่เพื่อทำการเกษตร และสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ รวมไปถึงพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับที่ราบส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดินในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มสูงขึ้น

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองเชิงกระบวนการ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ และยังสามารถ ประยุกต์แบบจำลองดังกล่าวใช้ในการวิเคราะห์ลุ่มน้ำที่มีสถานการณ์เปลี่ยนแปลงรูปแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยในการจัดการลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาปริมาณน้ำท่า ซึ่งมีความสำคัญในการบริหารจัดการน้ำ ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินและทรัพยากรน้ำสำหรับประชาชนและหน่วยงานของรัฐ เมื่อเผชิญกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบฉบับพลันโดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลาก

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย รวมทั้งหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมชลประทานกรมสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ อุทยานวิทยุ และกรมพัฒนาที่ดินที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่างๆ เพื่อการดำเนินงานวิจัย และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน ที่ทำให้บทความนี้มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติพงษ์ ตุมกุล, เกศวรา สิทธิโชค และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ (2560). การเปรียบเทียบเทคนิคการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินน้ำท่าล่องอ่างเก็บน้ำเขื่อนควนน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 6, ฉบับที่ 3, หน้า 2.
- [2] Arnold J.G., J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R. Williams, E.B. Haney and S.L. Neitsch. (2015). Soil and Water Assessment Tool : SWAT 2012 Input/Output. Texas Water Resource Institute TR-439
- [3] กรมพัฒนาที่ดิน. (2547). เกณฑ์การจัดชั้นความลาดชันเพื่อการพัฒนาที่ดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ
- [4] Arnold J. G., Kiniry J.R., Srinivasan R., Williams J.R., Haney E.B., Neitsch S.L., 2011. Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation Version 2009, Texas Water Resources Institute Technical Report No. 365. Texas A&M University System College Station, Texas

- [5] Shrestha B., Babel M. S., Maskey S., van Griensven A., Uhlenbrook S., Green A., & Akkharath I, 2013. Impact of Climate Change on Sediment Yield in The Mekong River Basin: A case Study of The Nam Ou Basin, Lao PDR. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17(1), 1-20
- [6] Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L., 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations, *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, ISSN 0001-2351, 50(3), 885-900
- [7] Nash, J.E. and J.V.Sutcliffe. (1970). River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part 1 : A Discussion of Principles, *Journal of Hydrology* 10(3), pp. 282-290.
- [8] Abbaspour, K. C., 2014. SWAT- CUP 2012 : SWAT Calibration and Uncertainty Programs- A User Manual, Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Switzerland.
- [9] Babel M.S., Shrestha B.m Perret S.R., 2011. Hydrological Impact of biofuel Production : A case study of the Khlong Phlo watershed in Thailand. *Agricultural Water Management*, 101, 8-26.
- [10] ปิยะวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ และ เจริญ สารตัน, 2556. การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่มโดยใช้แบบจำลอง SWAT, *เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 5*, บทความที่ 128.
- [11] Abbaspour, K.C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., & Kløve, B., 2015. A continental-scale hydrology and water quality model for Europe : Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model *Journal of Hydrology*, 524, 733-752