

โครงการวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 8/2563

เรื่อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อ  
น้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT

โดย

|              |              |
|--------------|--------------|
| นายชยุตพงศ์  | มหัทธนนพัทธ์ |
| นายฐิติวัสส์ | บุญชูบ       |
| นายพิชิตชัย  | อ่อนบุญ      |

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ.2564

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อน้ำท่า  
ในกลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT

|                    |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|
| นามผู้จัดทำโครงการ | นายชยุตพงศ์  | มหัทธนนพัทธ์ |
|                    | นายฐิติวัสส์ | บุญชูบ       |
|                    | นายพิชิตชัย  | อ่อนบุญ      |

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ผศ.ดร.วิษุวัตม์กั แต่สมบัติ)

...../...../.....

กรรมการ .....

(ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์)

...../...../.....

กรรมการ .....

(ดร.เกศวรา สิริโชค)

...../...../.....

## บทคัดย่อ

เรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อน้ำท่า  
ในกลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT

โดย นายชยุตพงศ์ มหัทธนะพิทักษ์  
นายฐิติวัศส์ บุญชูบ  
นายพิชิตชัย อ่อนบุญ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

.....  
(ผศ.ดร.วิษณุวัฒน์ แต่สมบัติ)

...../...../.....

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อน้ำท่าในกลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT โดยได้ทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ 3 ชุดของกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้แก่ สถานี B.8A เขื่อนแก่งกระจาน และ เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SWAT ได้แก่ สัมประสิทธิ์การตัดล้นใจ ( $R^2$ ) Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และ Root Mean Square Error (RMSE) โดยสถานี B.8A ทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2555 สถานีเขื่อนแก่งกระจานช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2555 และสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2561 โดยข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง ประกอบด้วย แผนที่ระดับความสูงภูมิประเทศขนาด 30x30 เมตร ข้อมูลชนิดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2552-2562 และปี พ.ศ.2570 และข้อมูลภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และน้ำท่ารายวันช่วงปี พ.ศ. 2550-2562 และช่วงปี พ.ศ.2568-2582 จากนั้นนำแบบจำลองไปคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงน้ำท่าในกลุ่มน้ำเพชรบุรีเนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ผลการศึกษา พบว่า ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของสถานี B8A ให้ค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.70-0.80 ค่า NSE อยู่ระหว่าง 0.66-0.77 และค่า RMSE อยู่ระหว่าง 0.68-0.79 สถานีเขื่อนแก่งกระจาน ให้ค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.64-0.78 ค่า NSE อยู่ระหว่าง 0.56-0.76 และค่า RMSE อยู่ระหว่าง 10.49-12.25 และสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ให้ค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.63-0.88 ค่า NSE อยู่ระหว่าง 0.51-0.84 และค่า RMSE อยู่ระหว่าง 4.47-9.17 และผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ใบเขียวเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 18.98 สัดส่วนน้ำฝนตามฤดูกาลในอนาคต

ปี พ.ศ.2570-2581 ของทั้ง 3 สถานี อยู่ในช่วงร้อยละ -40.35 ถึง 15.83 และสัดส่วนน้ำท่าตามฤดูในอนาคตปี 2570-2581 ของทั้ง 3 สถานี อยู่ในช่วงร้อยละ -92.75 ถึง -9.63

**Abstract**

Title: A Study of Land Use Change and Climate Change Affecting Runoffs in Phetchaburi River Basin by SWAT Model

By: Mr. Chayutphong Mahattanapitak  
 Mr. Thitiwat Boonchoob  
 Mr. Phichitchai Oonbun

Project Advisor: .....  
 (Asst. Prof. Dr.Wisuwat Taesombat)  
 ...../...../.....

The objective of this study is to study land use change and climate change affecting runoffs in Phetchaburi river basin by SWAT Model. There are three sets of parameters for sub-basins of Phetchaburi River Basin namely B.8A station, Kaeng Krachan Reservoir and Hui Mae Prachan Reservoir. The criteria to evaluate the performance of the SWAT model calibration and validation is that coefficient of determination ( $R^2$ ), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) and Root Mean Square Error (RMSE). The durations of model calibration and validation were years 2007 to 2012 for B.8A station sub-basin, while years 2007 to 2012 for Kaeng Krachan Reservoir sub-basin, and years 2015 to 2018 for Hui Mae Prachan Reservoir sub-basin. The input data used in SWAT model comprise of digital elevation model with 30 x 30 meter resolution, soil type data, land use data years 2009 to 2019 and year 2027, and observed daily meteorological data, rainfall and discharge data from years 2005 to 2019 and from years 2025 to 2039. The model was then used to predict runoff change in Phetchaburi river basin due to land use and climate changes. Results reveal that model calibration and validation for B.8A station with  $R^2$  in a range of 0.70-0.80, NSE in a range of 0.66-0.77 and RMSE in a range of 0.68-0.79 while Kaeng Krachan Reservoir with  $R^2$  in a range of 0.64-0.78, NSE in a range of 0.56-0.76 and RMSE in a range of 10.49-12.25 and Hui Mae Prachan Reservoir with  $R^2$  in a range of 0.63-0.88, NSE in a range of 0.51-0.84 and RMSE in a range of 4.47-9.17. The results of model application on land use change and climate change found that the

most increase percent of land use change is Forest-Evergreen type with 18.98%. The percent of the seasonal rainfall in the future period years 2027–2038 of 3 stations with a range of -40.35% to 15.83%. The percent of the seasonal runoff in the future period years 2027–2038 of 3 stations with a range of -92.75% to -9.63%.

## คำนิยม

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จได้เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ.ดร.วิษุวัตม์ แต่สมบัติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินงานตลอดจนได้ตรวจสอบโครงการวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้จนเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ และ ดร.เกศวรา สิทธิโชค อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมชลประทานแก่โครงการนี้

ขอขอบคุณ นายธณัชชัย วิทยานนท์ และ นางสาวแพรววดี หงขวาง ศิษย์เก่าของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง SWAT และการทำเล่มโครงการ จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษา และสนใจเกี่ยวกับการใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อน้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วย หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำ ขออภัยมา ณ โอกาสนี้

นายชยุตพงศ์     มหัทธนพิทักษ์  
นายฐิติวัสส์     บุญชูบ  
นายพิชิตชัย     อ่อนบุญ

พฤษภาคม 2564

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ                                 | ก    |
| Abstract                                 | ค    |
| คำนิยม                                   | จ    |
| สารบัญ                                   | ฉ    |
| สารบัญรูป                                | ฌ    |
| สารบัญตาราง                              | ฎ    |
| บทที่ 1 บทนำ                             | 1    |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ                    | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย              | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย                    | 2    |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร                    | 3    |
| 2.1 กลุ่มน้ำเพชรบุรี                     | 3    |
| 2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ                   | 3    |
| 2.1.2 สภาพภูมิอากาศ                      | 8    |
| 2.1.3 สภาพทางปฐพีวิทยา                   | 12   |
| 2.2 หลักการทำงานของแบบจำลอง SWAT         | 12   |
| 2.3 ผลงานการศึกษาของแบบจำลอง SWAT ในอดีต | 14   |
| บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการ               | 16   |
| 3.1 อุปกรณ์                              | 16   |
| 3.2 วิธีการ                              | 16   |
| 3.2.1 การรวบรวมข้อมูล                    | 18   |
| 3.2.2 การจัดทำแบบจำลอง                   | 23   |
| 3.2.3 การเลือกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง     | 24   |



## สารบัญ (ต่อ)

|         | หน้า  |    |
|---------|---|----|
| 3.2.4   | การปรับเทียบแบบจำลอง และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง  | 25 |
| 3.2.5   | วิธีการนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้ในการหาน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี | 26 |
| บทที่ 4 | ผลการศึกษา  | 27 |
| 4.1     | ผลการวิเคราะห์ข้อมูล  | 27 |
| 4.1.1   | ข้อมูลแผนที่ระดับความสูงแบบดิจิทัล  | 27 |
| 4.1.2   | ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี  | 27 |
| 4.1.3   | ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน  | 30 |
| 4.1.4   | ข้อมูลดิน   | 31 |
| 4.1.5   | ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัด   | 33 |
| 4.1.6   | ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด   | 36 |
| 4.2     | ผลจากแบบจำลอง   | 38 |
| 4.2.1   | ลักษณะทางกายภาพ   | 38 |
| 4.2.2   | ผลการแผ่กระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา   | 39 |
| 4.3     | ผลการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์  | 40 |
| 4.4     | ผลการการปรับเทียบแบบจำลอง และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง   | 41 |
| 4.4.1   | การปรับเทียบแบบจำลอง  | 41 |
| 4.4.2   | การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง  | 43 |
| 4.5     | วิธีการนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้ในการหาน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี | 45 |
| 4.5.1   | การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน  | 45 |
| 4.5.2   | การเปรียบเทียบปริมาณฝน  | 46 |
| 4.5.3   | การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า  | 48 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                        | หน้า |
|------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา | 49   |
| เอกสารอ้างอิง          | 51   |
| ภาคผนวก ก              | 53   |

## สารบัญรูป

|            |  | หน้า |
|------------|--|------|
| รูปที่ 2.1 | แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำเพชรบุรี                                    | 6    |
| รูปที่ 2.2 | ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำ เพชรบุรี   | 7    |
| รูปที่ 2.3 | ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน และ เส้นชั้นน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในลุ่มน้ำเพชรบุรี | 10   |
| รูปที่ 2.4 | ตำแหน่งสถานีวัดวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำเพชรบุรี                           | 11   |
| รูปที่ 3.1 | แผนผังแสดงขั้นตอนงานวิจัย  | 17   |
| รูปที่ 3.2 | ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552                            | 18   |
| รูปที่ 3.3 | ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2558-2559                   | 19   |
| รูปที่ 3.4 | ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2561-2562                   | 19   |
| รูปที่ 3.5 | ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2570                            | 20   |
| รูปที่ 3.6 | แผนที่แสดงลักษณะชั้นดิน  | 20   |
| รูปที่ 3.7 | ตำแหน่งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า       | 22   |
| รูปที่ 4.1 | แผนที่แสดงชั้นความสูงในลุ่มน้ำเพชรบุรี                             | 28   |
| รูปที่ 4.2 | แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ   | 29   |
| รูปที่ 4.3 | แผนที่แสดงลักษณะชั้นดิน  | 30   |
| รูปที่ 4.4 | ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370101                              | 35   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|             |   | หน้า |
|-------------|---|------|
| รูปที่ 4.5  | ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370171   | 35   |
| รูปที่ 4.6  | ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370560   | 36   |
| รูปที่ 4.7  | ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของเขื่อนแก่งกระจาน                                       | 37   |
| รูปที่ 4.8  | ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอท่ายาง (370171)                  | 37   |
| รูปที่ 4.9  | ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของเขื่อนห้วยแม่ประจันต์                                  | 38   |
| รูปที่ 4.10 | ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา   | 39   |
| รูปที่ 4.11 | กราฟแสดงการเปรียบเทียบแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง Observed<br>และ Simulated         | 42   |
| รูปที่ 4.12 | กราฟแสดงการตรวจพิสูจน์แบบจำลองแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง Observed<br>และ Simulated | 44   |

## สารบัญตาราง

|               | หน้า   |    |
|---------------|--|----|
| ตารางที่ 3.1  | แสดงช่วงปีใช้เปรียบเทียบแบบจำลองและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง<br>ของแต่ละสถานที่ศึกษา                                   | 23 |
| ตารางที่ 3.2  | แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษา  | 24 |
| ตารางที่ 4.1  | พื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำเพชรบุรี   | 30 |
| ตารางที่ 4.2  | แสดงชั้นดินในบริเวณกลุ่มน้ำเพชรบุรีมีดินทั้งหมด 6 ประเภท   | 31 |
| ตารางที่ 4.3  | แสดงปริมาณฝนจากสถานีน้ำฝนตรวจวัดจำนวน 10 สถานี   | 34 |
| ตารางที่ 4.4  | แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษา  | 40 |
| ตารางที่ 4.5  | ค่าการเปรียบเทียบแบบจำลอง  | 43 |
| ตารางที่ 4.6  | การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง   | 45 |
| ตารางที่ 4.7  | แสดงร้อยละความแตกต่างของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท<br>ระหว่างปี พ.ศ. 2562 กับ ปี พ.ศ. 2570          | 46 |
| ตารางที่ 4.8  | แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงปีอนาคต<br>เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี    | 47 |
| ตารางที่ 4.9  | แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงเดือนอนาคต<br>เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี | 47 |
| ตารางที่ 4.10 | แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงปีอนาคต<br>เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี    | 48 |
| ตารางที่ 4.11 | แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงเดือนอนาคต<br>เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี | 48 |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ลุ่มน้ำเพชรบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 6,254.45 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม และราชบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 52.96 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ ลำดับถัดไปคือพื้นที่อื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 15.21 ใน พ.ศ. 2552 พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีประสบปัญหาทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ปัญหาการบุกรุกป่าต้นน้ำและการชะล้างพังทลายของดิน

#### 1. ปัญหาการบุกรุกป่าต้นน้ำ

พื้นที่ที่มีการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำในจังหวัดเพชรบุรี เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรที่มีการขยายตัวมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรมีจำกัด นอกจากนี้ ยังมีสาเหตุจากการลักลอบตัดไม้ การล่าสัตว์ป่า พื้นที่ขอบเขตป่าตามกฎหมายไม่ชัดเจน ความเสื่อมโทรมจากการท่องเที่ยว และการขาดบุคคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์

#### 2. ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำโดยเฉพาะบริเวณลาดชันเชิงซ้อน (พื้นที่ภูเขาและเทือกเขา) มีสาเหตุสำคัญจากการบุกรุกทำลายป่า และการทำการเกษตรโดยเฉพาะการปลูกพืชไร่และผลไม้โดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม การชะล้างพังทลายของดินเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำให้หน้าดินสูญเสียธาตุอาหารพืช เช่น ปุ๋ยธรรมชาติ ซึ่งถูกชะล้างออกไปจากดิน ทำให้ตะกอนดินที่ถูกน้ำพัดพามาทับตามแหล่งน้ำต่างๆจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะยาว

ธณชชัย และคณะ (2563) ได้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำเพชรบุรีปี พ.ศ. 2570 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov และสอบเทียบแบบจำลองด้วยวิธี Artificial Neural Network (ANN) และ Logistic Regression (LR) ผลที่ได้พบว่า วิธี ANN และ LR ให้ผลจำลองที่แม่นยำสูง

กรมทรัพยากรน้ำ (2562) ได้วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ซึ่งจำลองภูมิอากาศอนาคตโดยใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM) ECHAM4 และ ECHAM5 โดยคัดเลือกภาพฉายภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) ในอนาคตคือ A2 (ECHAM4) ซึ่งทำการศึกษาโดยสถาบัน Southeast Asia START Regional Center (START) ในการศึกษาโครงการนี้ได้ใช้ข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วงปีฐาน พ.ศ. 2528-2559 และในช่วงปีอนาคต พ.ศ. 2560-2609 ที่ได้จากแบบจำลอง PRECISE (Providing REgional Climates for Impacts Studies)

จากการศึกษาข้างต้น ได้นำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2570 และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตปี 2568-2582 มาใช้ในการประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อทำการศึกษาแบบจำลอง SWAT
- 2) เพื่อเปรียบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SWAT
- 3) เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
- 2) ข้อมูลจากสำนักงานชลประทานที่ 14
- 3) ศักยภาพของแบบจำลอง QGIS และแบบจำลอง SWAT

## บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

### 2.1 กลุ่มน้ำเพชรบุรี

#### 2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

กลุ่มน้ำเพชรบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 6,254.45 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัด เพชรบุรี สมุทรสงคราม และ ราชบุรี ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวตะวันตก - ตะวันออก อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12° 30' เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 13° 30' เหนือ และ อยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 99° 00' ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 100° 15' ตะวันออก มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำ แม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่าทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย

โดยมีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักของกลุ่มน้ำ มีต้นกำเนิดที่เทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกของกลุ่มน้ำ บริเวณอำเภอแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเทือกเขากั้นเขตแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหภาพพม่าพื้นที่จะค่อยๆ ลาดเทลงมาทางทิศตะวันออก บริเวณอำเภอท่ายาง และมีเทือกเขาเป็นแนวเขาเดี่ยวๆ ที่ทำให้เกิดที่ราบระหว่างภูเขาทางด้านตะวันตกของกลุ่มน้ำจะเป็นเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสาขาสายสำคัญของลุ่มน้ำเพชรบุรี ถัดเข้ามาทางตอนกลางของกลุ่มน้ำจะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ซึ่งแม่น้ำเพชรบุรีจะไหลผ่านเขื่อนเขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนเพชร ส่วนพื้นที่ตอนล่างทางด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล มีลำน้ำสายสั้นๆ กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งลำน้ำส่วนใหญ่จะไหลลงสู่แม่น้ำเพชรบุรีและออก ทะเลบริเวณอำเภอบ้านแหลม รวมความยาวลำน้ำ 227 กม. ความจุลำน้ำประมาณ 250-390 ลบ.ม./วินาที และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (Average Slope) ประมาณ 1 : 800 นอกจากนี้ยังมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ 4 สาขา คือ ห้วยแม่ประจันต์ ห้วยผาก ห้วยแม่ประโดน และแม่น้ำบางกลอย

- 1) แม่น้ำบางกลอย มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรีทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของกลุ่มน้ำ และไหลลงมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้บรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บริเวณใกล้บ้านห้วยครก อำเภอแก่งกระจาน
- 2) ห้วยแม่ประโดน มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาทางด้านเหนือของกลุ่มน้ำ ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บ้านประตู่ฝึ อำเภอแก่งกระจาน
- 3) ห้วยแม่ประจันต์ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาทางด้านเหนือของกลุ่มน้ำ ไหลผ่านอำเภอนองห้วยป่าปล้อง มารวมกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บ้านท่าซึก อำเภอท่ายาง



- 4) ห้วยผาก มีต้นกำเนิดจากภูเขาอ่างแก้วและภูเขาน้ำหอยตทางตอนใต้ของกลุ่มน้ำ ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีบริเวณใกล้บ้านวังมะละกอ

ลักษณะของลำน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่กลุ่มน้ำเป็นลำน้ำสายสั้นๆ ไหลสู่ทะเลอ่าวไทย กลุ่มน้ำหลักแม่น้ำ เพชรบุรี แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มน้ำสาขา ได้แก่

### 1. กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน

พื้นที่กลุ่มน้ำของแม่น้ำเพชรบุรีสายหลักเหนือเขื่อนเพชร มีพื้นที่ประมาณ 3,508 ตร.กม. พื้นที่ตอนบนเหนือเขื่อนเขื่อนแก่งกระจานเป็นเขตภูเขาสูง และพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ลาดเทจากทิศตะวันตกมาตะวันออก มีความลาดชันมากกว่า 35% ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 700 ม.รทก. ไม่เหมาะที่จะทำการเกษตรกรรมเพราะเป็นเนินเขาสูง โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ป่าส่วนใหญ่เป็นเขตนอุทยานแห่งชาติ พื้นที่กลุ่มน้ำตอนล่างใต้เขื่อนแก่งกระจานถึงเขื่อนเพชรเป็นเขตที่ลาดเชิงเขาที่มีแม่น้ำสาขาสายสั้นและลำธารหลายสาย ลำน้ำสายสำคัญ ได้แก่ ห้วยสงสัยและห้วยผาก ซึ่งห้วยผากมีความยาวลำน้ำ 32 กม. ความจุลำน้ำประมาณ 120 ลบ.ม./วินาที (ที่สถานี B.8A) และมีความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (Average Slope) ประมาณ 1:600 ทั้งนี้ สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำสาขาเป็นลูกคลื่นลอนลาดและมีที่ราบเชิงเขาสั้นๆ ตามแนวลำน้ำสายหลัก ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 100 ม.รทก. ลักษณะดินเกิดจากตะกอนทับถมมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ จึงเหมาะแก่การเกษตร และพื้นที่ด้านตะวันออกเป็นพื้นที่เขตที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 3 ม.รทก. มีการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมบางส่วนเป็นหาดทรายและสถานที่พักผ่อนเป็นเขตพัฒนาการท่องเที่ยว

### 2. กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำเพชรบุรีตอนล่าง

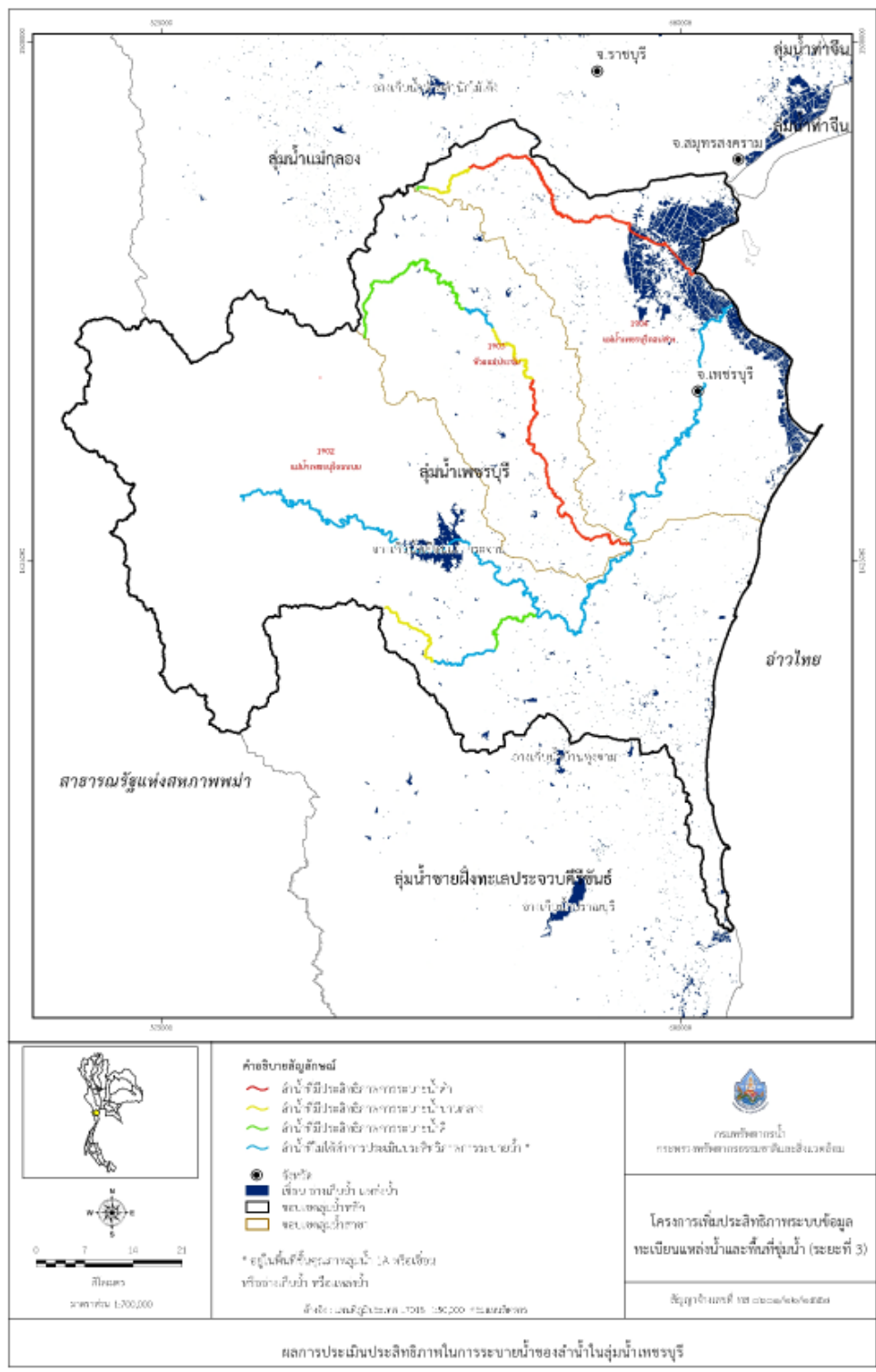
พื้นที่ท้ายเขื่อนเพชร มีพื้นที่ประมาณ 1,593 ตร.กม. เป็นเขตที่ราบลุ่ม ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 100 ม.รทก. เหมาะแก่การเกษตร พื้นที่ปัจจุบัน ได้แก่ พื้นที่เกือบทั้งหมดในเขตชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี โดยพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำมีน้ำทะเลท่วมถึง

### 3. กลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่ประจันต์

มีพื้นที่ประมาณ 1,152 ตร.กม. ลำน้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำห้วยแม่ประจันต์ ซึ่งมีความยาวลำน้ำ 56 กม. ความจุลำน้ำประมาณ 480 ลบ.ม./วินาที (ที่สถานี B.6) และมีความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (Average Slope) ประมาณ 1 : 700 ทั้งนี้ สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำสาขาโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ลาดเชิง

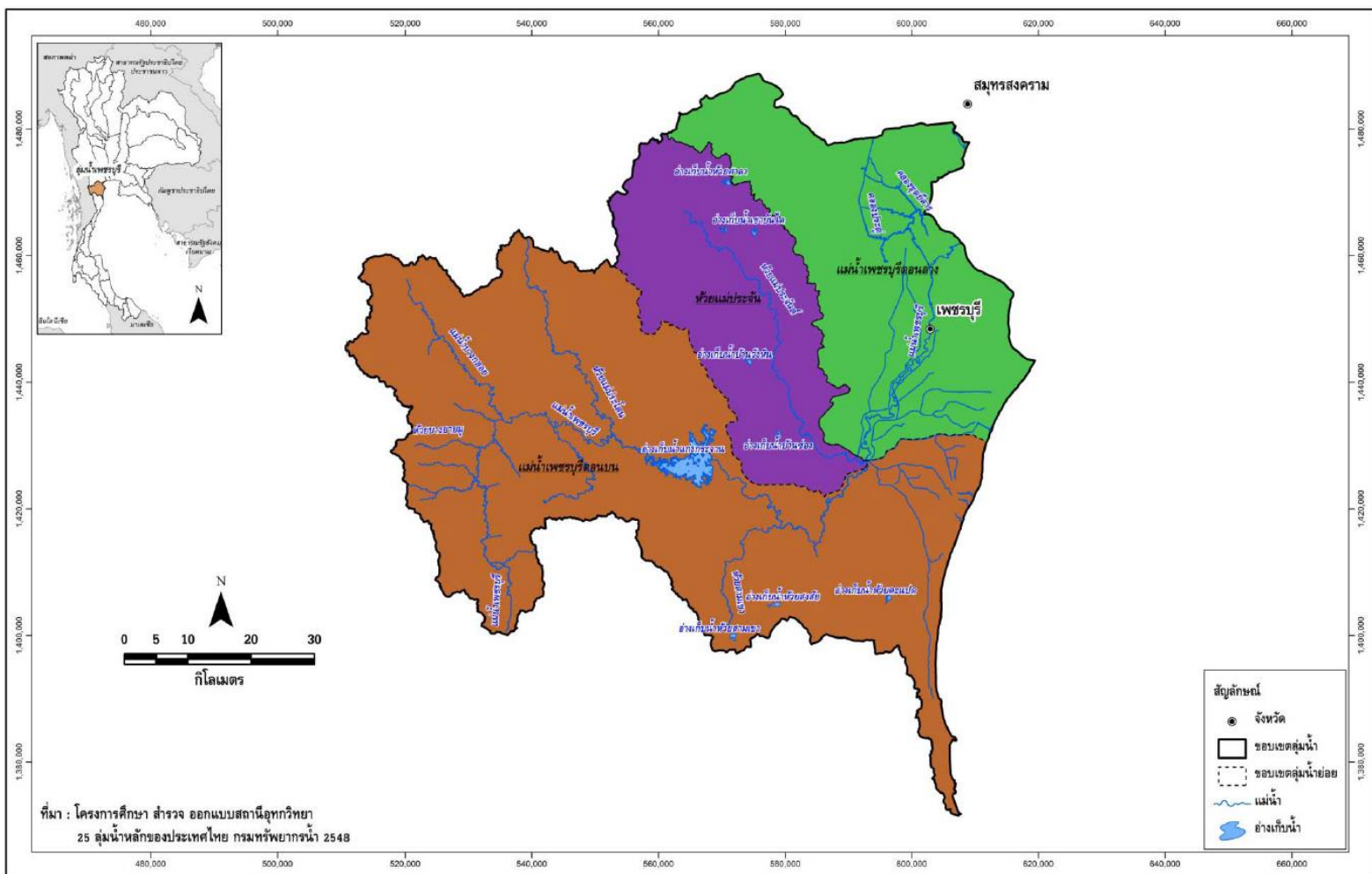
เขามีสที่ราบริมแม่น้ำเล็กน้อย ตอนบนเป็นเขตพื้นที่เขาค่อนข้างสูงชัน ตอนล่างเป็นที่ราบลาดเชิงเขา มีความเหมาะสมต่อการเกษตรไม่มากนัก

การแบ่งลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้กำหนดตามผลการศึกษาของโครงการศึกษาสำรวจ ออกแบบสถานีอุทกวิทยา 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย ของกรมทรัพยากรน้ำ, 2548 โดยพิจารณา หลักเกณฑ์การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำสาขา การเรียกชื่อลุ่มน้ำ ลำน้ำ และการกำหนดรหัสลุ่มน้ำ โดยยึดถือ “มาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขา” ของคณะกรรมการศูนย์ข้อมูลสารสนเทศอุทกวิทยา (น้ำผิวดิน) ภายใต้คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ (ปัจจุบันได้รวมอยู่ในกรมทรัพยากรน้ำ) ซึ่งปรากฏอยู่ในรายงาน ผลการวิจัย เรื่อง ทะเบียนประวัติ และแผนที่แสดงตำแหน่งสถานีอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย (กุมภาพันธ์ 2539) เป็นแนวทางในการดำเนินงาน และได้ทำการปรับเพิ่มเติมหลักเกณฑ์บางประการ ให้ชัดเจนและสมบูรณ์ขึ้น โดยมีการนำข้อมูลจากแหล่งต่างๆ มาพิจารณาร่วม ได้แก่ แผนที่การแบ่ง ขอบเขตลุ่มน้ำของหน่วยงานต่างๆ ในระบบ GIS รายงานการศึกษา แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ชลประทาน แนวคันกั้นน้ำท่วม และการสำรวจสนามในบางพื้นที่ รวมทั้งได้ใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ชุดปัจจุบันจากกรมแผนที่ทหารมาใช้ในการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ ซึ่งแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีออกเป็น 3 ลุ่มน้ำสาขา



รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำเพชรบุรี

(ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2557 )



รูปที่ 2.2 ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำเพชรบุรี  
(ที่มา : สำนักงานทรัพยากรน้ำ ภาค 7 , 2548 )

## 2.1.2 สภาพภูมิอากาศ

### ลักษณะอากาศทั่วไป

จังหวัดเพชรบุรีอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดเวียนเป็นประจำเป็นฤดูกาล 2 ชนิด คือ พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว เรียกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้จังหวัดเพชรบุรีซึ่งอยู่ทางตอนบนของภาคใต้ฝั่งตะวันออกมีฝนน้อยในช่วงฤดูหนาว และมีอากาศเย็นเป็นครั้งคราวคล้ายคลึงกับภาคกลาง แต่ในช่วงต้นฤดูอาจมีฝนตกชุกได้ ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดประจำในฤดูฝน และเป็นลมที่พัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย จึงทำให้ประเทศไทยมีฝนตกมาก แต่เนื่องจากจังหวัดเพชรบุรีอยู่หลังทิวเขาตะนาวศรีซึ่งปิดกั้นทางลมนี้ไว้จึงเป็นที่อับฝน และมีฝนตกน้อยในช่วงฤดูฝน ฝนส่วนใหญ่จะตกมากในช่วงฤดูหนาวคือระหว่างเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน

#### 1) ฤดูกาล

จากการที่จังหวัดเพชรบุรีตั้งอยู่ในภาคใต้ตอนบนและติดกับทะเล ลักษณะอากาศในแต่ละฤดูกาลจึงไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยแล้วสามารถแบ่ง ออกเป็น 3 ฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดู ระยะเวลานี้เป็นช่วงว่างของลมมรสุมหลังจากสิ้นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในเดือนมีนาคมถึงเดือน พฤษภาคม อย่างไรก็ตามจังหวัดเพชรบุรีอยู่ใกล้ทะเลจึงไม่ร้อนมากนัก เพราะได้รับกระแสลมและไอน้ำทำให้อากาศ คลายความร้อนลงไปมาก

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและยังมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้เป็นระยะ ๆ ในช่วงเดือนตุลาคม ต่อจากนั้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นระยะแรกที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย จังหวัดเพชรบุรีจะยังคงมี ฝนต่อเนื่อง จนถึงเดือนธันวาคมฝนจึงเริ่มลดลงอย่างชัดเจน

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไปและมีอากาศหนาวเย็นเป็นครั้งคราว โดยอุณหภูมิลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคมและมกราคม

## 2) อุณหภูมิ

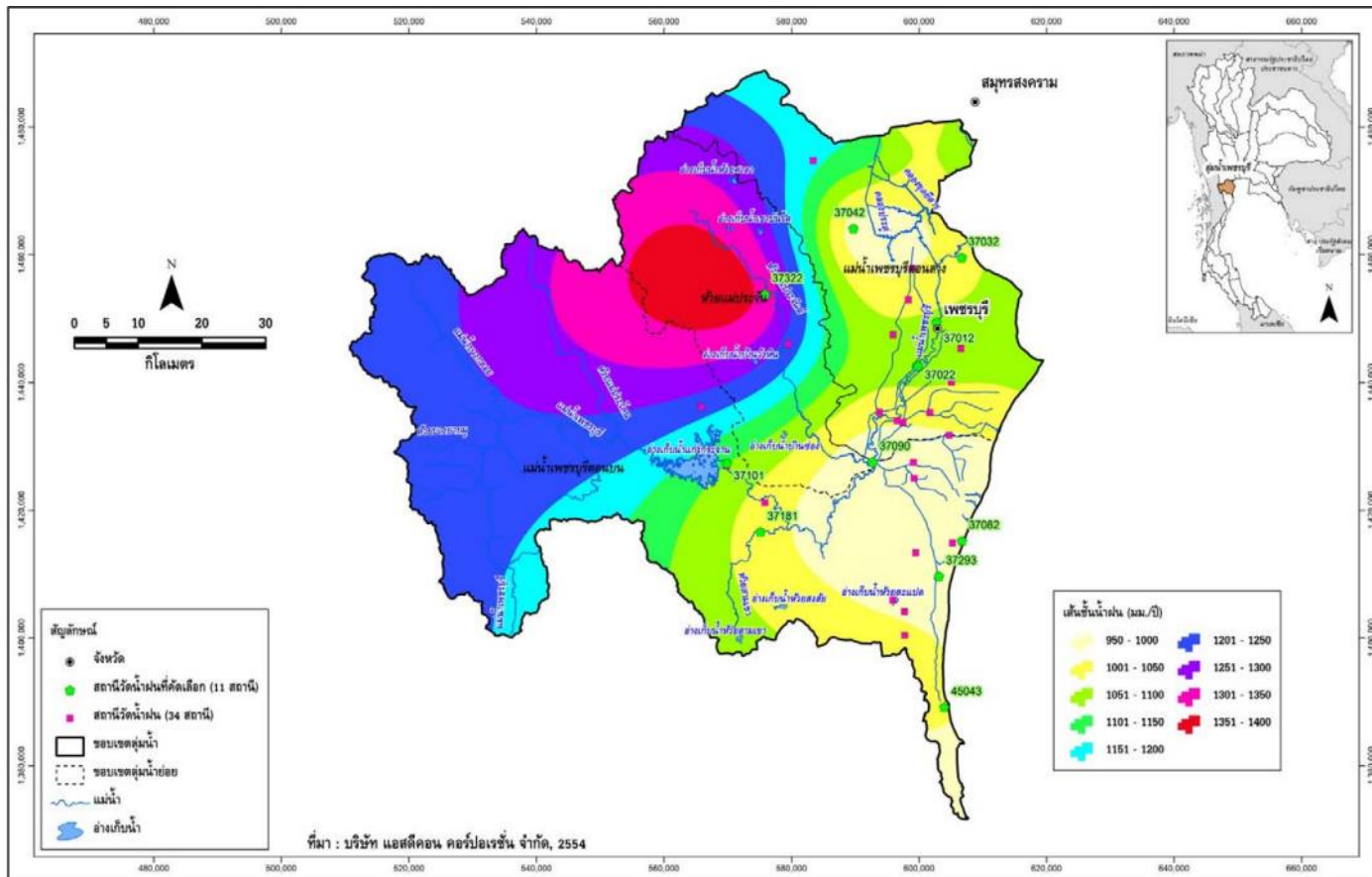
เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของจังหวัดเพชรบุรีที่อยู่ติดกับทะเล อุณหภูมิระหว่างฤดูกาลและกลางวัน กลางคืนจึง ไม่แตกต่างกันมากนัก อุณหภูมิโดยเฉลี่ยจึงไม่สูงมากและอากาศไม่ร้อนจัด ส่วนฤดูหนาวอากาศจะมี อากาศเย็นได้ บางครั้ง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 32.0 องศา เซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 24.3 องศาเซลเซียส เดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าว ที่สุดคือเดือน พฤษภาคม ส่วนอุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้คือ 38.7 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 และ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้คือ 12.4 องศาเซลเซียส

## 3) ฝน

จังหวัดเพชรบุรีเป็นจังหวัดที่มีฝนตกทุกเดือน แต่มีปริมาณน้อยเพราะภูมิประเทศอยู่ในลักษณะอับฝน ฝนที่ตกส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมรสุมนี้พัดผ่านอ่าวไทยแต่เป็น บริเวณแคบ และถูกทิวเขาสูงด้านตะวันออกปิดกั้นไว้ ทำให้มีฝนตกน้อยในฤดูมรสุมนี้ ส่วนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ก็มีเทือกเขา ตะนาวศรีกั้นเอาไว้ทำให้รับความชุ่มชื้นจากมรสุมนี้ไม่เต็มที่ ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 987.3 มิลลิเมตร มีฝนตกประมาณ 104 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนตุลาคม มีฝนเฉลี่ยประมาณ 278.4 มิลลิเมตร และมีฝนตก ประมาณ 17 วัน ปริมาณฝนสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ใน 24 ชั่วโมง 259.6 มิลลิเมตร

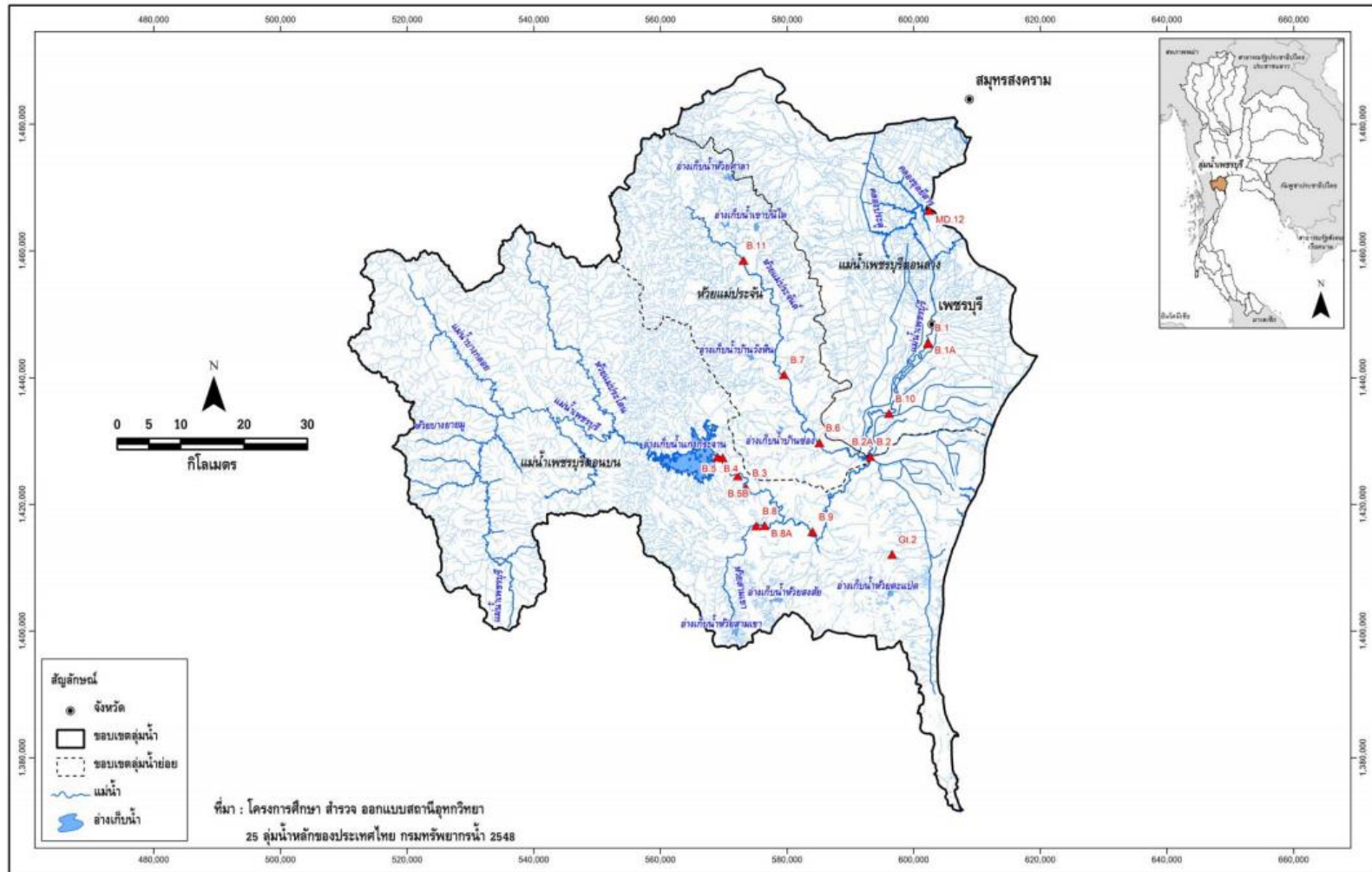
## 4) พายุหมุนเขตร้อน

ตั้งแต่ครั้งหลังของเดือนกันยายนไปจนถึงสิ้นเดือนพฤศจิกายน จังหวัดเพชรบุรีมีโอกาสสูงที่จะได้รับ ผลกระทบจากพายุหมุนเขตร้อน เพราะในช่วงดังกล่าวพายุมีโอกาสที่จะเคลื่อนเข้าสู่จังหวัดนี้และก่อให้เกิด ผลกระทบโดยตรงมากที่สุด จากสถิติในคาบ 69 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2562 ปรากฏว่ามีพายุเคลื่อนจากอ่าวไทย และเคลื่อนผ่านหรือเคลื่อนเข้าใกล้จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 7 ลูก ส่วนใหญ่มีกำลังแรงเป็นพายุดีเปรสชัน โดย เคลื่อนเข้ามาในเดือน ตุลาคม 6 ลูก (2495 (2), 2502, 2507, 2513, 2535) และ เดือนพฤศจิกายน 1 ลูก (2512) และเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่เป็นชายฝั่งทะเลเป็นแนวยาวติดกับอ่าวไทย จังหวัดนี้จึงได้รับผลกระทบโดยตรง จากพายุ และมีความเสียหายอย่างมากทั้งจากกระแสน้ำที่พัดแรงและฝนที่ตกหนักมากจนเกิดอุทกภัย เป็นบริเวณกว้าง



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน และ เส้นชั้นน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

(ที่มา : บริษัท แอสตีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด , 2554)



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งสถานีวัดวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำเพชรบุรี

(ที่มา : บริษัท แอสตีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด , 2554)



### 2.1.3 สภาพทางประพฤติน

#### ทรัพยากรดิน

ลักษณะดินของจังหวัดเพชรบุรีส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและดินเหนียวปนทรายซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณที่ราบตอนกลางของจังหวัด ดินเหนียวถึงดินร่วนปนกรวดและเศษหินในบริเวณที่ราบสูงทางด้านตะวันตก และเป็นลักษณะดินร่วนเหนียวในบริเวณพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลทางด้านตะวันออก แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้สภาพดินส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์แต่ในบางพื้นที่พบว่าสภาพดินมีปัญหา ดังนี้

- ดินตื้น ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 15 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ส่วนใหญ่อยู่ตอนกลางของอำเภอท่ายาง และบางส่วนของอำเภอเขาย้อย
- ดินที่มีสภาพเป็นกรด ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3 ของพื้นที่ทั้งจังหวัดอยู่ในเขตตอนบนของอำเภอชะอำ และตอนบนของอำเภอบ้านลาด
- ดินเค็ม ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งจังหวัดส่วนใหญ่อยู่ชายฝั่งทะเลเขตอำเภอบ้านแหลม และบางส่วนของอำเภอชะอำ

## 2.2 หลักการทำงานของแบบจำลอง SWAT

แบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ใช้คือ Soil and Water Assessment Tool หรือแบบจำลอง SWAT ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และสารเคมีจากการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนเพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจัดการ โดยสามารถจำลองกระบวนการทางกายภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำทั้งนี้ผู้ใช้สามารถแบ่งลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาออกเป็นลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เพื่อให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะการใช้ที่ดินหรือประเภทของดินที่คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันได้ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อย ประกอบด้วย ภูมิอากาศ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Hydrologic Response Units, HRUs) สำหรับในการศึกษาวงจรอุทกวิทยาเพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ของส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำจะคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำตลอดทั้งโครงข่ายระบบลำน้ำของลุ่มน้ำ ซึ่งใช้สมการสมดุลน้ำ (โอหาร, 2548) มาพิจารณากระบวนการทางอุทกวิทยา การศึกษาวงจรอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle) ในการวิเคราะห์ ส่วนพื้นดินใช้สมการสมดุลน้ำ สามารถคำนวณ ได้ตามสมการ (1) ดังต่อไปนี้

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

โดยที่  $SW_i$  คือ ปริมาณน้ำในดินขณะสิ้นสุด

$SW_0$  คือ ปริมาณน้ำในดินขณะเริ่มต้น

$R_{day}$  คือ ปริมาณฝนในรอบวัน

$Q_{surf}$  คือ ปริมาณน้ำผิวดินในรอบวัน

$E_a$  คือ ปริมาณการระเหยในรอบวัน

$W_{seep}$  คือ ปริมาณน้ำซึมลึกลงใต้ดิน

$Q_{gw}$  คือ ปริมาณน้ำใต้ดินไหลกลับสู่ลำน้ำ

โดยน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) ในแบบจำลอง SWAT ผู้ใช้สามารถเลือกคำนวณปริมาณของน้ำท่าผิวดินและค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด ได้ 2 วิธีได้แก่ SCS Curve Number (USDA Soil Conservation Service, 1972) และวิธี Green and Ampt (Green and Ampt, 1911) โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้จัดทำใช้วิธี SCS Curve Number เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินแบบจำลอง SWAT แบ่งการจำลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เขต Shallow Aquifer และเขต Deep Aquifer (Neitsch et al., 2011) ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการ (2) และสมการ (3) ตามลำดับ

$$aq_{sh,i} = aq_{sh,i-1} + W_{rchrg} - Q_{gw} - W_{revap} - W_{deep} - W_{pump,sh} \quad (2)$$

โดยที่  $aq_{sh,i}$  คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$aq_{sh,i-1}$  คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)

$W_{rchrg}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลสู่ชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$Q_{gw}$  คือ ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินออกสู่แม่น้ำลำธารในวันที่ i (มม.)

$W_{revap}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากชั้น Shallow Aquifer กลับสู่เขตรากพืชในวันที่ i (มม.)

$W_{deep}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากชั้น Shallow Aquifer สู่ชั้น Deep Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$W_{pump,sh}$  คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจากชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

$$aq_{dp,i} = aq_{dp,i-1} + W_{deep} - W_{pump,dp} \quad (3)$$

โดยที่  $aq_{dp,i}$  คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep Aquifer ในวันที่  $i$  (มม.)

$aq_{dp,i-1}$  คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep Aquifer ในวันที่  $i-1$  (มม.)

$W_{deep}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากชั้น Shallow Aquifer สู่อัน Deep Aquifer ในวันที่  $i$  (มม.)

$W_{pump,dp}$  คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจากชั้น Deep Aquifer ใน วันที่  $i$  (มม.)

### 2.3 ผลงานการศึกษาของแบบจำลอง SWAT ในอดีต

Boini *et al.* (2013) ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อแหล่งน้ำของกลุ่มแม่น้ำซินด์ตอนบนประเทศอินเดียโดยใช้แบบจำลอง SWAT และอัลกอริธึมการปรับความไม่แน่นอน(SUFI-2) ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่าค่าการตรวจวัดทุกเดือนเข้ากันได้ดีกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

Guangxing Ji *et al.* (2021) ได้ทำการศึกษาความผันแปรของน้ำท่าในอนาคตและการทำนายภัยพิบัติน้ำท่วมของกลุ่มแม่น้ำฮวงโหซึ่งขึ้นอยู่กับ CA-Markov และ SWAT ผลการศึกษาพบว่าการทำนายน้ำท่าในอนาคต (พ.ศ. 2583-2603) จากฐานข้อมูลในอดีต (พ.ศ. 2513-2533) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและความน่าจะเป็นของภัยพิบัติน้ำท่วมก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

กิตติพงษ์ และ คณะ (2560) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินน้ำท่าลงเขื่อนเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลกโดยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการปรับใช้พารามิเตอร์ชุดเดียวกันทั้งลุ่มน้ำ(กรณีที่ 1) และการปรับใช้พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันตามแต่ละลุ่มน้ำย่อย (กรณีที่ 2) ผลการศึกษาพบว่าผลการปรับเทียบและการตรวจพิสูจน์ของการจัดทำแบบจำลอง SWAT ในกรณีที่ 2 มีประสิทธิภาพของผลการปรับเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสูงกว่ากรณีที่ 1 โดยใช้ค่า  $R^2$  และ NSE เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

เกียรติศักดิ์ และ ชุตินพงศ์ (2559) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการใช้ข้อมูลฝนดาวเทียมและฝนตรวจวัดเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าเบื้องต้นโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่าที่แบบจำลองคำนวณออกมามีความใกล้เคียงกันโดยมีค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.972 ซึ่งเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากแสดงให้เห็นว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากฝนดาวเทียมสามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าเบื้องต้นได้

แพรววดี และ คณะ (2559) ได้ทำการศึกษาค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำแม่กลองโดยใช้ข้อมูลข้อมูลความสูงเชิงพื้นที่แผนที่ดิน แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน และลักษณะสภาพอากาศในพื้นที่ศึกษาเข้าสู่แบบจำลองเพื่อตรวจสอบค่าความอ่อนไหวและปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ผลการศึกษาพบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ (GW\_DELAY.gw), (SLSOIL.hru), (LAT\_TTIME.hru), (GWQMN.gw), (HRU\_SLP.hru), ตามลำดับ

## บทที่ 3

### อุปกรณ์ และวิธีการ

#### 3.1 อุปกรณ์

##### 1. อุปกรณ์ในการจัดทำแบบจำลอง SWAT

###### 1.1 คอมพิวเตอร์ Notebook

- CPU: Intel Core i5-8300H
- VGA: NVIDIA GEFORCE GTX 1050
- RAM: 8GB DDR4

##### 2. แบบจำลอง SWAT

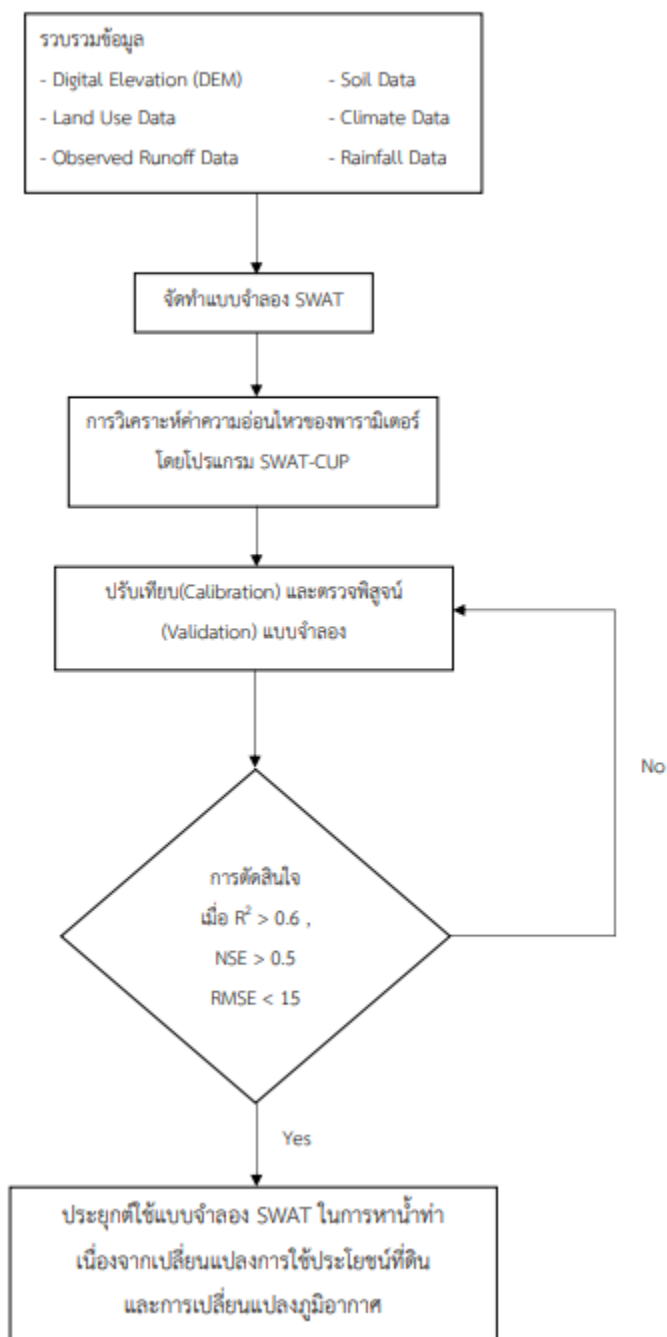
##### 3. โปรแกรมจัดเอกสาร

##### 4. ข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับลุ่มเพชรบุรี เช่น ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลด้านอุทกวิทยา

#### 3.2 วิธีการ

สำหรับในการศึกษาเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่สถานี B.8A เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนแก่งกระจาน สามารถสรุปขั้นตอนในการศึกษาได้ดัง รูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังนี้ต่อไป

1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล
2. การจัดทำแบบจำลอง SWAT
3. การเลือกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง
4. การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation)
5. การนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้ในการหาน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนงานวิจัย

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการศึกษาดังนี้

### 3.2.1 การรวบรวมข้อมูล

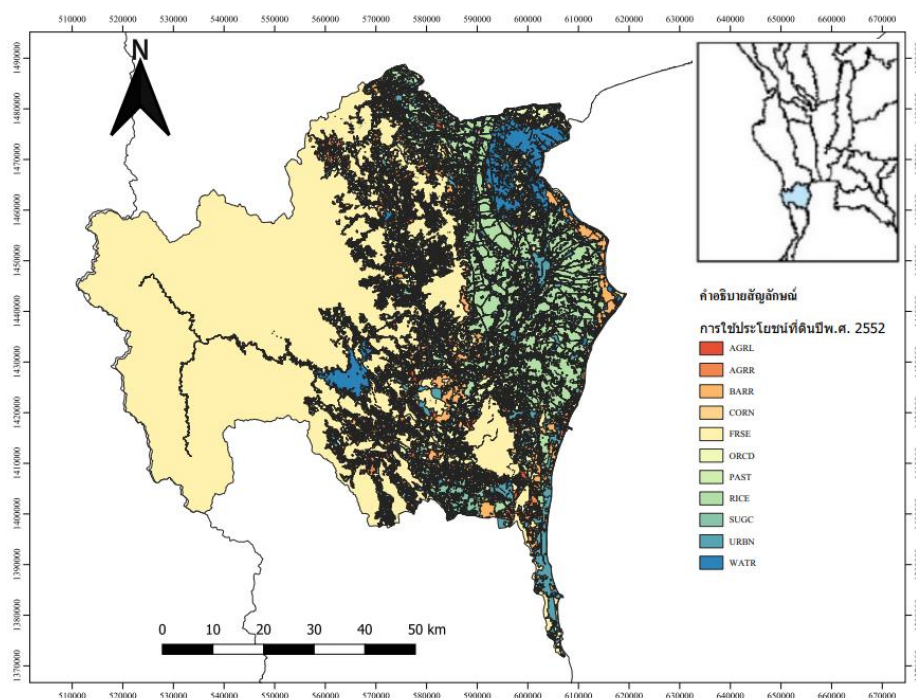
เป็นขั้นตอนแรกที่เราจำเป็นต้องดำเนินการ ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดของการทำแบบจำลอง SWAT มีดังนี้

#### 3.2.1.1 แผนที่ระดับความสูงแบบดิจิทัล (Digital Elevation Map; DEM)

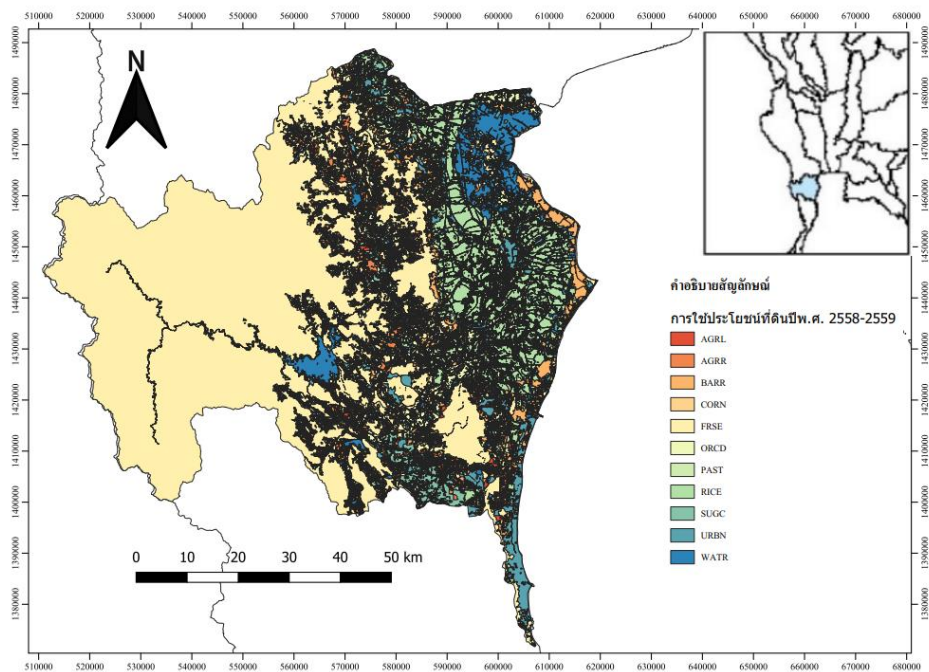
ขนาด 30x30 ม. และระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ คือ WGS 1984 UTM Zone 47N

#### 3.2.1.2 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Data)

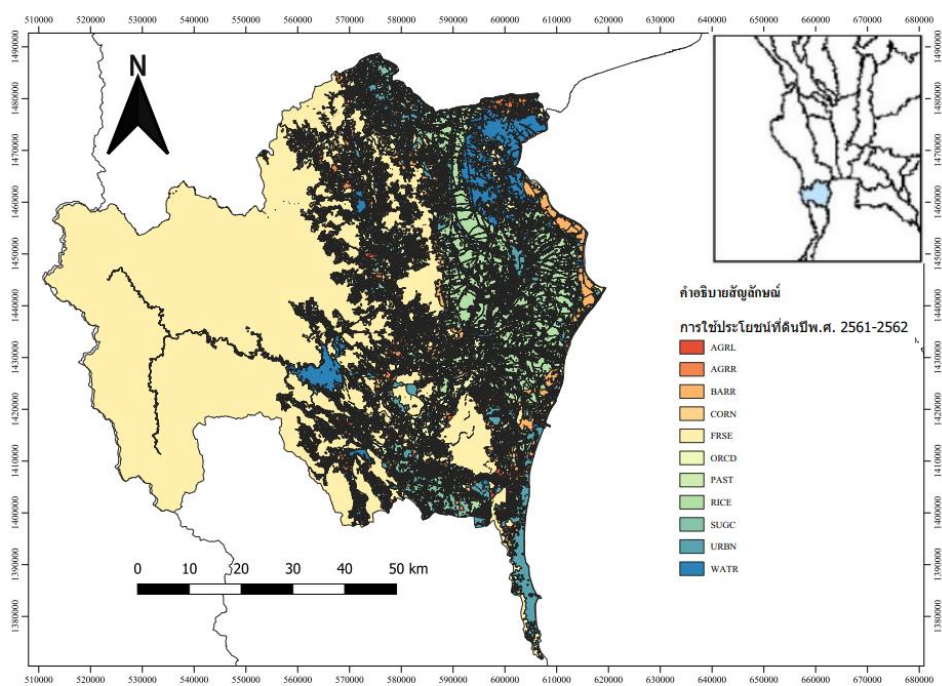
รวบรวมข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 , ช่วงปี พ.ศ. 2558-2559 , ช่วงปี พ.ศ. 2561-2562 และปี พ.ศ. 2570 (ธนัชชัย และคณะ, 2563) แสดงดังรูปที่ 3.2 ,3.3 ,3.4 ,3.5 ตามลำดับ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 11 ประเภท



รูปที่ 3.2 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552

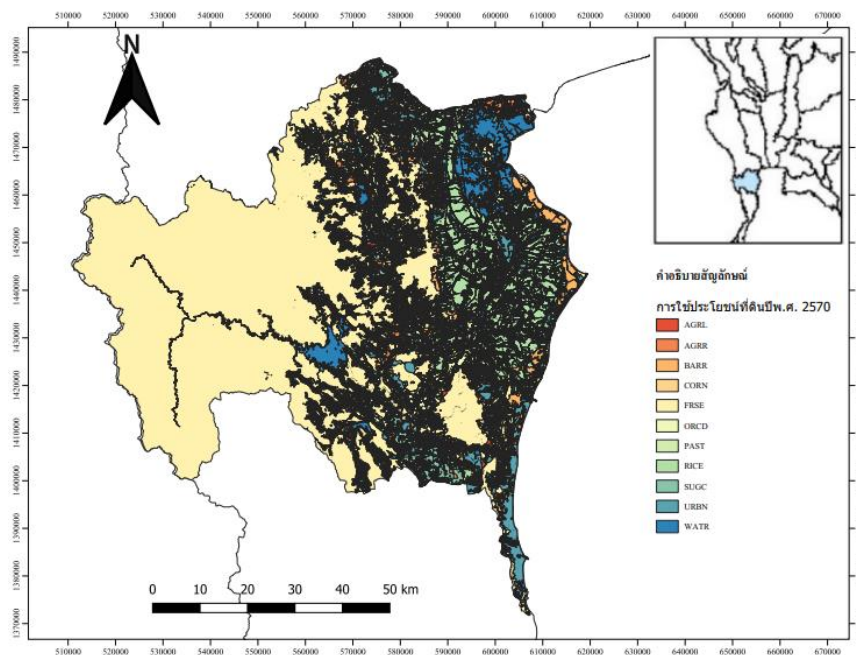


รูปที่ 3.3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2558-2559



รูปที่ 3.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2561-2562

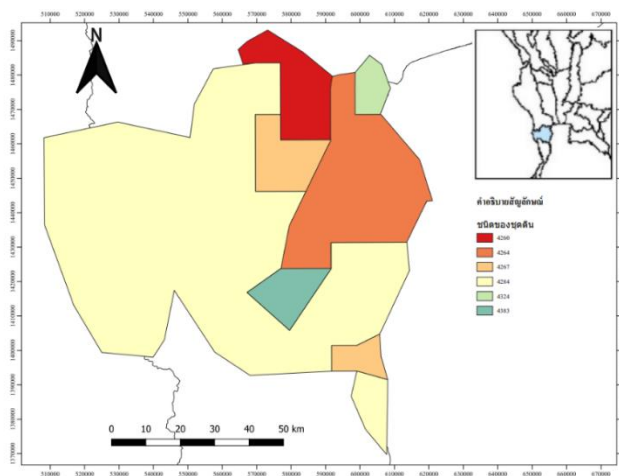




รูปที่ 3.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2570

### 3.2.1.3 ข้อมูลดิน (Soil Data)

ไฟล์ที่ใช้เป็นไฟล์กริดเซลล์หรือรูปทรงพอลีกอน แสดงแผนที่ชนิดดินซึ่งจำเป็นต้องมีคุณลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในการ Reclassify ให้เข้ากับชุดฐานข้อมูลของ ArcSWAT โดยข้อมูลกลุ่มชุดดินที่นำมาใช้เป็นแบบ Global แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนที่แสดงลักษณะชั้นดิน

#### 3.2.1.4 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Climate Data)

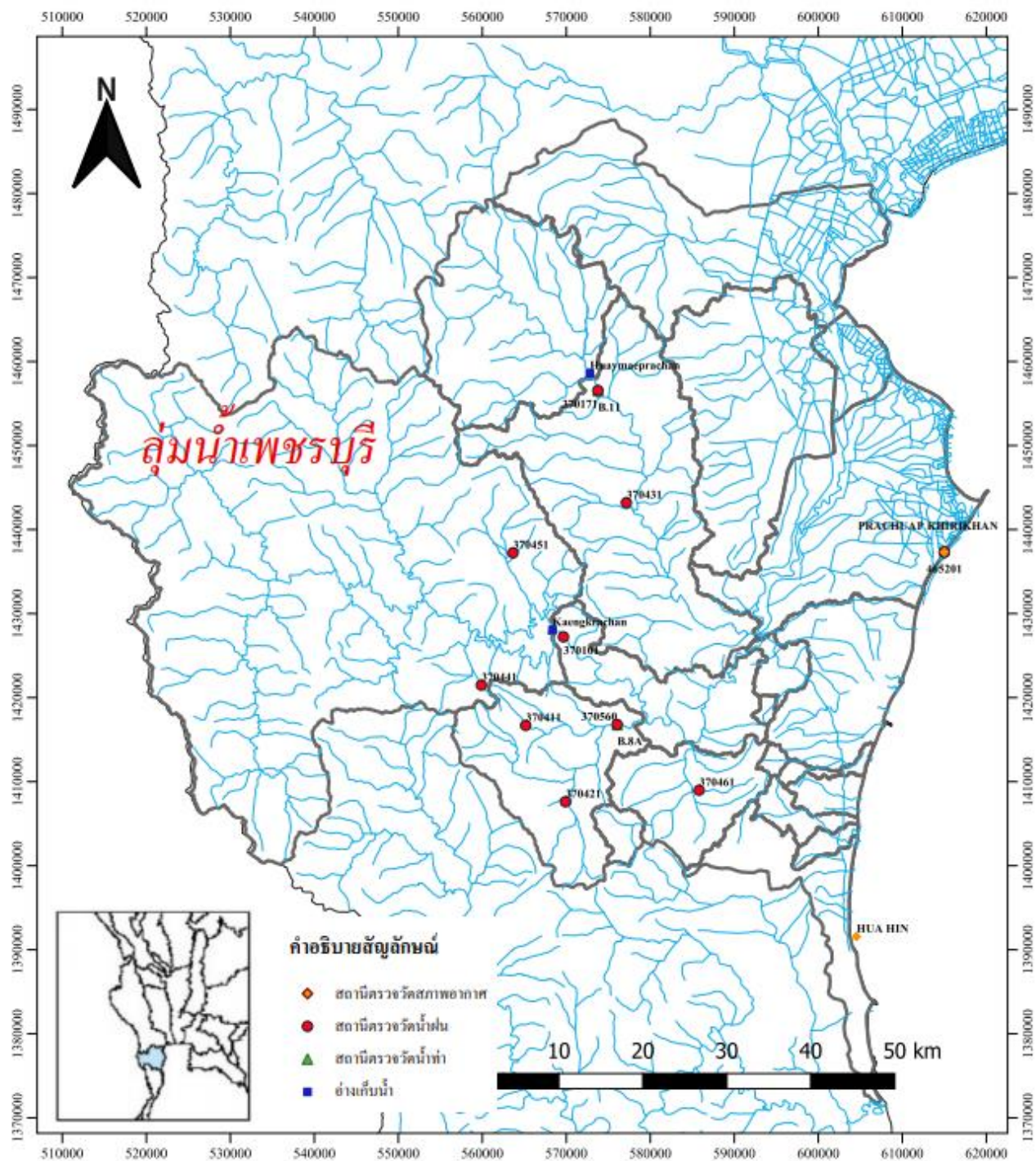
ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นข้อมูลรายวัน ช่วงปี พ.ศ. 2548-2562 โดยรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความเร็วลม การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ จากสถานีอุตุนิยมวิทยา 3 สถานี ได้แก่ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และสถานีอุตุนิยมวิทยา อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรีแสดงดังรูปที่ 3.7

#### 3.2.1.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rainfall Data)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลรายวันช่วงปี พ.ศ. 2548-2562 โดยข้อมูลที่รวบรวมจากกรมชลประทาน 9 สถานี ได้แก่ 370101 370560 370171 370411 370421 370431 370441 370451 และ 370461 ข้อมูลที่รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา 1 สถานี ได้แก่ 465201 และข้อมูลฝนอนาคตรายวัน A2 (ECHAM4) ช่วงปี พ.ศ. 2568-2582 (กรมทรัพยากรน้ำ, 2562) แสดงดังรูปที่ 3.7

#### 3.2.1.6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (Observed Runoff Data)

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเป็นข้อมูลรายเดือนช่วงปี พ.ศ. 2548-2562 โดยเป็นข้อมูลที่รวบรวมจากกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำ โดยข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่รวบรวมจากกรมชลประทานมี 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอหนองหญ้าปล้อง (B.11) และสถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอท่ายาง (B.8A) และข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่รวบรวมจากเขื่อนมี 2 แห่ง ได้แก่ เขื่อนแก่งกระจาน และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า

### 3.2.2 การจัดทำแบบจำลอง

การจัดทำแบบจำลองของการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำเข้าข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ แผนที่ระดับความสูงแบบดิจิทัล ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลปริมาณน้ำฝนสู่แบบจำลอง SWAT และความลาดชันใช้แบบ Single Slope ในการจัดทำแบบจำลอง ซึ่งมีวิธีการกำหนด HRUs ให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมีค่า HRU แบบ Dominant Land Use, Soil, Slope เพื่อให้เป็นไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชัน ของสภาพพื้นที่ศึกษาให้มากที่สุด

สำหรับการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองได้เลือกใช้พารามิเตอร์ทั้งหมด 19 พารามิเตอร์ในแบบจำลองทั้ง 4 ชุด ซึ่งเกณฑ์การแบ่งลุ่มน้ำสำหรับการจัดทำแบบจำลองในการศึกษา ผู้ศึกษาคำนึงถึงสถานีตรวจวัดที่มีในพื้นที่ศึกษาและตามลุ่มน้ำย่อยเป็นหลักเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่มีสำหรับการศึกษา และจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสำหรับการเป็นข้อมูลรายเดือน จึงจำเป็นต้องเลือกการคำนวณในแบบจำลองและนำออกเป็นรายเดือน สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ในการวิจัยเพื่อศึกษาการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่เขื่อนแก่งกระจาน เขื่อนแม่ประจันต์ และสถานี B.8A ได้คัดเลือกปีเพื่อการจัดทำแบบจำลองตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงปี ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงช่วงปีใช้ปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation) ของแต่ละสถานีที่ศึกษา

| สถานี                 | ช่วงปี Calibration | ช่วงปี Validation |
|-----------------------|--------------------|-------------------|
| B8A                   | 2550-2552          | 2553-2555         |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | 2558-2559          | 2560-2561         |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | 2550-2553          | 2554-2556         |

### 3.2.3 การเลือกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่สำคัญต่อปริมาณน้ำท่าเป็นขั้นตอนหลังจากการนำข้อมูลเข้าและคำนวณปริมาณน้ำท่าเสร็จแล้ว ซึ่งแบบจำลองมีพารามิเตอร์จำนวนมาก การศึกษาครั้งนี้จึงได้เลือกพารามิเตอร์ทั้งหมด 19 พารามิเตอร์แสดงดังตาราง ที่ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวของกลุ่มน้ำเพชรบุรี (ปิยะวัฒน์, 2556) โดยหลังการศึกษาได้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุดดังตารางที่ 3.2 วิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของแบบจำลองด้วยโปรแกรม SWAT-CUP ทั้งหมด 19 พารามิเตอร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ของแบบจำลองด้วยโปรแกรม SWAT-CUP ใช้วิธี SUFI2 ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ แม้จะต้องมีการทำซ้ำที่มากกว่าครั้งและมีการเปลี่ยนแปลงช่วงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญด้วยตนเอง (Sittichok, 2016)

ตารางที่ 3.2 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษา

| Parameter     | Definition  | Unit                           | Default range |
|---------------|---|--------------------------------|---------------|
| EVRCH.bsn     | Reach evaporation adjustment factor   | -                              | 0.5–1         |
| SURLAG.bsn    | Surface runoff lag coefficient  | -                              | 0.05–24       |
| ALPHA_BF.gw   | Base flow alpha factor  | -                              | 0-1           |
| GW_DELAY.gw   | Groundwater delay   | day                            | 0–500         |
| GW_REVAP.gw   | Groundwater "revap" coefficient   | -                              | 0.02–0.2      |
| GW_SPYLD.gw   | Special yield of the shallow aquifer  | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | 0–0.4         |
| GWHT.gw       | Initial groundwater height  | m                              | 0–25          |
| GWQMN.gw      | Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur | mm                             | 0–5000        |
| RCHRG_DP.gw   | Deep aquifer percolation fraction   | -                              | 0–1           |
| REVAPMN.gw    | Threshold depth of water in the shallow aquifer required for "revap" to occur     | mm                             | 0–500         |
| CANMX.hru     | Maximum canopy storage  | mm                             | 0–100         |
| EPCO.hru      | Plant uptake compensation factor  | -                              | 0–1           |
| ESCO.hru      | Soil evaporation compensation factor  | -                              | 0–1           |
| HRU_SLP.hru   | Average slope steepness   | 1/mm                           | 0–0.6         |
| LAT_TTIME.hru | Lateral flow travel time  | day                            | 0–180         |
| RSDIN.hru     | Initial residue cover   | Kg/ha                          | 0–10000       |
| SLSOIL.hru    | Slope length for lateral subsurface flow  | m                              | 0–150         |
| CH_K2.rte     | Effective hydraulic conductivity in the main channel alluvium                     | mm/h                           | 0–500         |
| CH_N2.rte     | Manning's <i>N</i> value for the main channel                                     | -                              | 0–0.3         |
| CH_K1.sub     | Effective hydraulic conductivity in the tributary channel alluvium                | mm/h                           | 0–300         |
| CH_N1.sub     | Manning's <i>N</i> value for the tributary channel                                | -                              | 0.01–30       |
| CN2.mgt       | Initial SCS runoff curve number for moisture condition II                         | -                              | 35-98         |
| SOL_AWC.sol   | Available water capacity of the soil layer  | mm H <sub>2</sub> O/mm soil    | 0-1           |

### 3.2.4 การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation)

การประเมินความแม่นยำของแบบจำลองเป็นการพิจารณาความสอดคล้องกันของค่าจากผลการจำลอง (Simulation) และค่าสังเกตที่ได้มีการบันทึกไว้หรือค่าที่เกิดขึ้นจริง (Observations) โดยใช้เกณฑ์การประเมินเชิงประสิทธิภาพ (Efficiency Criteria) ได้แก่ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination,  $R^2$ ) และ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ซึ่งเป็นตรรกะที่นิยมใช้ในการบอกค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Model Accuracy) หรือ ประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Model Performance) ในการคาดคะเนค่าที่ต้องการ (วรารุช, 2553) และ Root Mean Square Error (RMSE) ยังมีค่าน้อยยิ่งดี ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการ (4), (5) และ (6) ดังต่อไปนี้

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right]^2 \quad (4)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (6)$$

โดยที่  $O_i$  คือ ค่าปริมาณน้ำท่าจากการวัด

$\bar{O}$  คือ ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยค่าจากการวัด

$P_i$  คือ ค่าปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง

$\bar{P}$  คือ ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยค่าจากแบบจำลอง

โดย  $R^2$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ถ้าค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้ากันได้มาก ถ้าค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยมากตามนัยของนियามและค่า NSE จะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-\infty$  ถึง 1 ซึ่งค่า  $NSE = 1$  หมายถึงแบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยไม่มีผิดพลาด (Perfect Fit) หากค่า NSE อยู่ระหว่าง 0.36-0.75 หมายถึง แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ (Nash and Sutcliffe, 1970) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้และยอมรับแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองมีประสิทธิภาพที่  $R^2$  มากกว่า 0.70 และ NSE มากกว่า 0.50

### 3.2.5 วิธีการนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้ในการหาน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี

นำค่าพารามิเตอร์ที่ปรับเทียบ และตรวจพิสูจน์แล้วในแบบจำลองทั้ง 3 สถานี โดยใช้ Landuse ปี พ.ศ. 2562 เป็นข้อมูลที่ใช้ในปัจจุบันพร้อมกับข้อมูลฝนช่วงปี พ.ศ. 2550-2562 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่ากับ Landuse ปี พ.ศ. 2570 ที่ใช้เป็นข้อมูลในการทำนายอนาคต พร้อมกับข้อมูลฝนอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2568-2582

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

จากการตั้งค่าแบบจำลองดังที่กล่าวในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงข้อมูลพื้นฐานที่จะนำเข้าสู่แบบจำลองซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จำเป็นต่อการนำมาวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อประเมินหาวิธีการแปลงค่าให้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการปรับแก้ข้อมูลก่อนนำเข้าสู่แบบจำลองต่อไป โดยหลังจากหาวิธีการปรับแก้ข้อมูลและนำข้อมูลที่ทำกรปรับแก้เข้าสู่แบบจำลองแล้วได้ผลดังแสดงต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

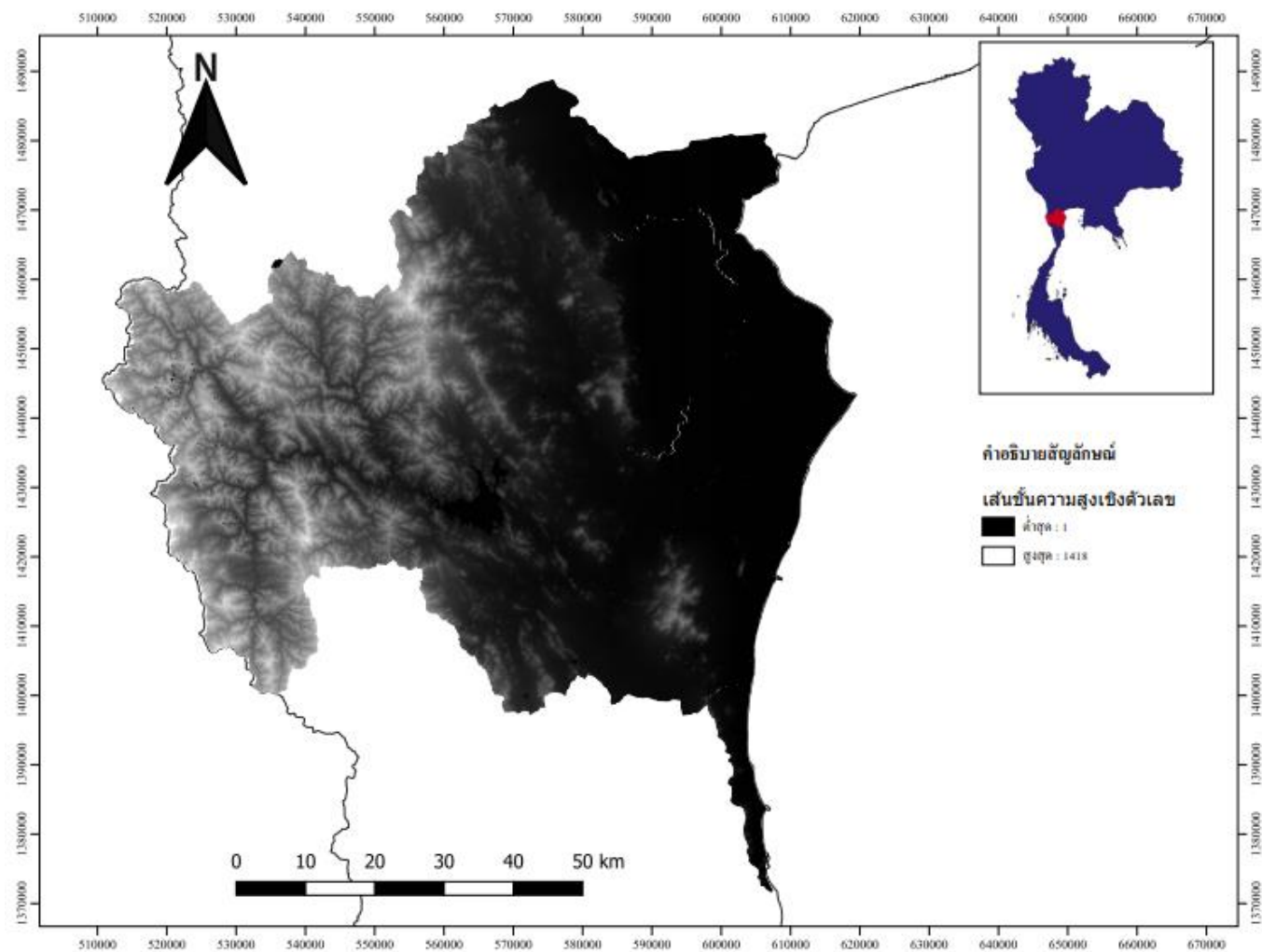
##### 4.1.1 ข้อมูลแผนที่ระดับความสูงแบบดิจิทัล

ในที่นี้ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลชั้นความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมาจากข้อมูลแบบจำลองระดับชั้นความสูงซึ่งมีความหมายดังที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.1.1 จากรูปที่ 4.1 แสดงค่าระดับสูงเชิงเลขภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีค่าระดับต่ำสุดอยู่ที่ 1 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งอยู่บริเวณชายฝั่ง และสูงสุดอยู่ที่ 1418 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

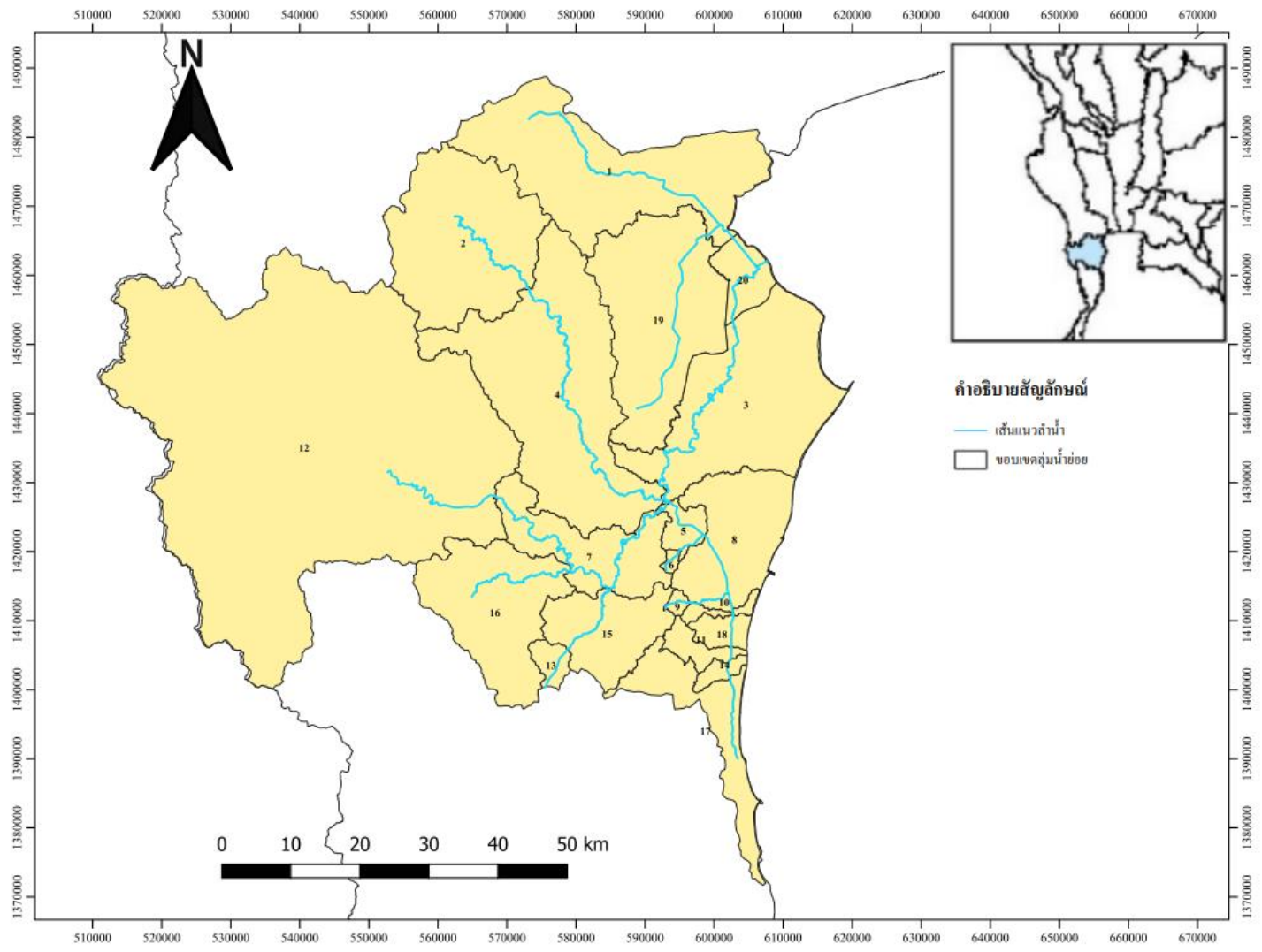
##### 4.1.2 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตลุ่มน้ำเพื่อนำเข้าสู่การคำนวณแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลสารสนเทศของลุ่มน้ำเพชรบุรีโดยขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัดคือ สมุทรสงคราม, ราชบุรี, เพชรบุรี, ประจวบคีรีขันธ์ และกำหนดลำน้ำสายหลักเป็นแม่น้ำเพชรบุรีมายังอ่าวไทย ดังรูปที่ 4.2





รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงชั้นความสูงในลุ่มน้ำเพชรบุรี



รูปที่ 4.2 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

#### 4.1.3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Landuse Data)

มีความหมายดังที่กล่าวในข้อ 3.2.1.2 โดยจากตารางที่ 4.1 มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีทั้งหมด 11 อันดับ และมีร้อยละสูงสุดของพื้นที่ 3 อันดับแรกดังนี้

- พื้นที่ป่าใบเขียว มีพื้นที่ 3,235,731,609 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 54.21 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีซึ่งครอบคลุมบริเวณส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเกือบทั้งหมด
- พื้นที่ปลูกข้าว มีพื้นที่ 822,728,349 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.78 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตะวันออกของลุ่มน้ำเพชรบุรี
- พื้นที่สวนผลไม้ มีพื้นที่ 511,856,379 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.58 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางตอนกลางถึงตอนใต้ของลุ่มน้ำเพชรบุรี

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำเพชรบุรี

| TYPE                          | LU52          |        | LU5859        |        | LU6162        |        | LU70          |        |
|-------------------------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
|                               | ตารางเมตร     | %      | ตารางเมตร     | %      | ตารางเมตร     | %      | ตารางเมตร     | %      |
| 1.Agricultural Land-Generic   | 85,040,956    | 1.42%  | 103,413,921   | 1.67%  | 126,542,278   | 2.12%  | 256,704,795   | 2.07%  |
| 2.Agricultural Land-Row Crops | 200,677,395   | 3.36%  | 267,495,895   | 4.31%  | 249,237,389   | 4.18%  | 550,115,864   | 4.43%  |
| 3.Corn                        | 7,267,937     | 0.12%  | 15,952,448    | 0.26%  | 15,465,971    | 0.26%  | 30,911,448    | 0.25%  |
| 4.Forest-Evergreen            | 3,235,731,609 | 54.21% | 3,217,950,214 | 51.86% | 3,152,087,007 | 52.84% | 6,388,217,053 | 51.45% |
| 5.Orchard                     | 511,856,379   | 8.58%  | 525,964,100   | 8.48%  | 532,420,671   | 8.93%  | 1,202,733,545 | 9.69%  |
| 6.Pasture                     | 49,165,613    | 0.82%  | 62,571,530    | 1.01%  | 70,355,744    | 1.18%  | 148,572,164   | 1.20%  |
| 7.Rice                        | 822,728,349   | 13.78% | 748,639,439   | 12.06% | 714,294,175   | 11.97% | 1,440,893,871 | 11.60% |
| 8.Sugarcane                   | 98,918,964    | 1.66%  | 130,181,223   | 2.10%  | 129,703,446   | 2.17%  | 259,728,501   | 2.09%  |
| 9.Residential                 | 335,409,695   | 5.62%  | 382,421,764   | 6.16%  | 337,097,121   | 5.65%  | 790,291,233   | 6.36%  |
| 10.Water                      | 202,074,455   | 3.39%  | 326,023,648   | 5.25%  | 248,265,336   | 4.16%  | 682,924,852   | 5.50%  |
| 11.Barren                     | 391,507,174   | 6.56%  | 353,756,777   | 5.70%  | 320,297,797   | 5.37%  | 665,577,055   | 5.36%  |

#### 4.1.4 ข้อมูลดิน (Soil Data)

มีความหมายและการตั้งค่าดังที่กล่าวในข้อที่ 3.2.1.3 จากตารางที่ 4.2 ในบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี มีดินทั้งหมด 6 ประเภทและมีร้อยละของชนิดดินสูงสุด 3 อันดับแรกดังนี้

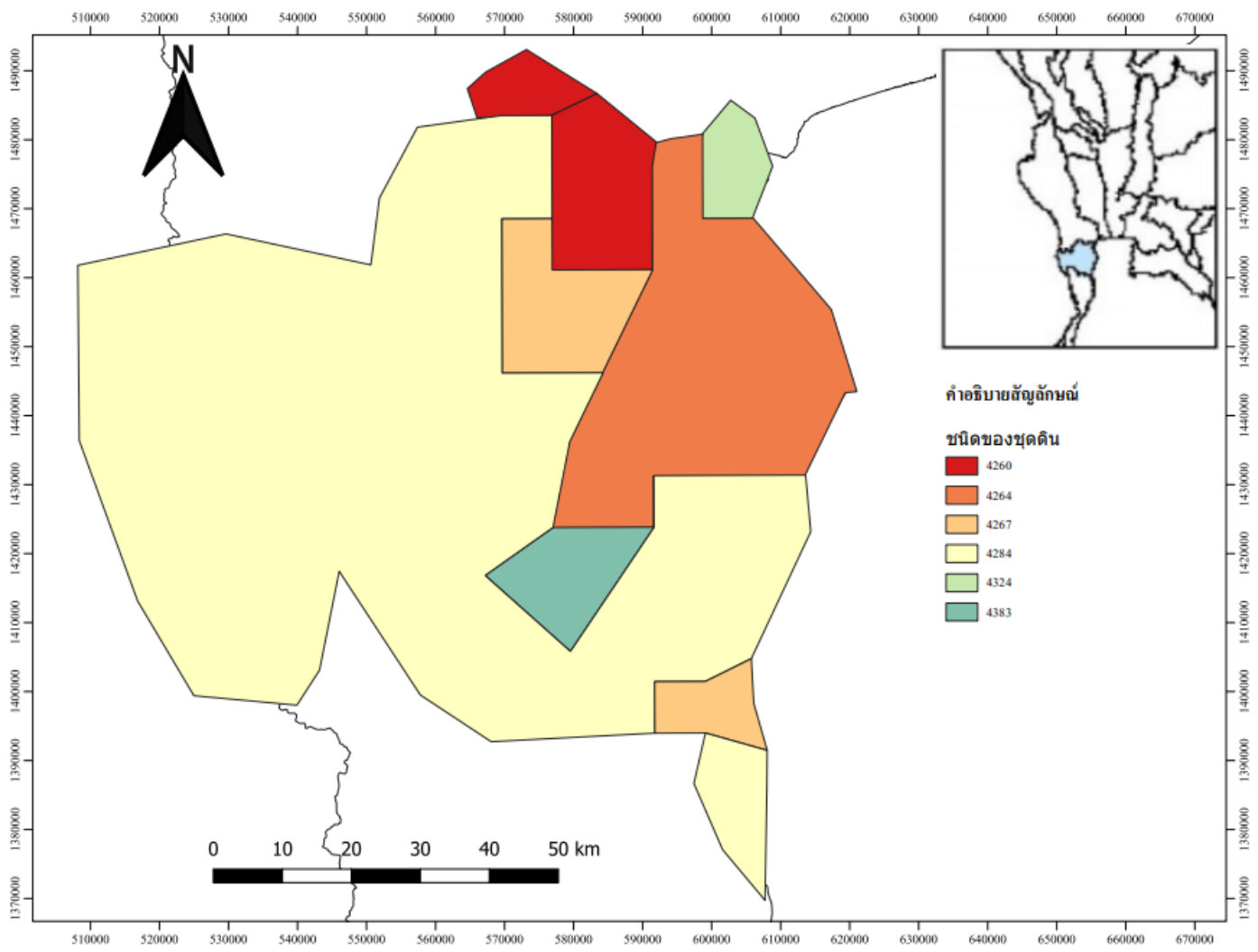
- ดินร่วนเหนียว (Ao90-2-3c-4284) มีพื้นที่ของดินลักษณะนี้อยู่ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ 5,412,255,364 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 67.69 ของพื้นที่ทั้งหมด
- ดินร่วนชนิดที่ 1 (Ag16-2a-4264) มีพื้นที่ของดินลักษณะนี้อยู่ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ 1,305,885,061 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.33 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยดินร่วนชนิดที่ 1 จะอยู่บริเวณตอนกลางถึงตอนเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
- ดินร่วนเหนียวปนทราย (Ao107-2bc-4267) มีพื้นที่ของดินลักษณะนี้อยู่ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ 459,358,872.8 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.75 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยดินร่วนเหนียวปนทราย จะอยู่บริเวณตอนบนและตอนล่างบางพื้นที่ของลุ่มน้ำเพชรบุรี

ซึ่งข้อมูลชนิดดินทั้ง 6 ชนิดจะสามารถแสดงออกมาเป็นแผนที่แบ่งประเภทดินในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ได้ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงชั้นดินในบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรีมีดินทั้งหมด 6 ประเภท

| ลำดับ | รหัสชุดดิน     | ชนิดดิน                | พื้นที่ (ตร.ม) | ร้อยละต่อพื้นที่ทั้งหมด |
|-------|----------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| 1     | Af60-1-2a-4260 | ดินร่วนปนทรายชนิดที่ 1 | 454,492,064    | 5.68%                   |
| 2     | Ag16-2a-4264   | ดินร่วนชนิดที่1        | 1,305,885,061  | 16.33%                  |
| 3     | Ao107-2bc-4267 | ดินร่วนเหนียวปนทราย    | 459,358,873    | 5.75%                   |
| 4     | Ao90-2-3c-4284 | ดินร่วนเหนียว          | 5,412,255,364  | 67.69%                  |
| 5     | Ge55-3a-4324   | ดินเหนียว 1            | 134,338,138    | 1.68%                   |
| 6     | I-Lc-Bk-c-4383 | ดินร่วนชนิดที่ 2       | 229,089,503    | 2.87%                   |



รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงลักษณะชั้นดิน

#### 4.1.5 ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัด

##### 1) ข้อมูลปริมาณฝน

ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีมีสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่มีข้อมูลจำนวนทั้งหมด 10 สถานี ซึ่งมีข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2562 และมีกราฟแสดงปริมาณปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนดังภาคผนวก ก. โดยมีรายละเอียดข้อมูลปริมาณฝนของพื้นที่ศึกษาดังนี้

- ปริมาณฝนสูงสุด : จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าปริมาณฝนสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2562 อยู่ที่สถานี 370441 อยู่บริเวณตะวันตกของลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยต่อพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีสูงสุดรายเดือนอยู่ที่ 357.2 มิลลิเมตรต่อเดือน ในเดือนพฤษภาคม ปี 2561

- ปริมาณฝนเฉลี่ย : จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยต่อพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีช่วงปี พ.ศ. 2548– 2562 ในลุ่มน้ำเพชรบุรีอยู่ที่ 15.8 มิลลิเมตรต่อวัน

##### 2) ร้อยละของข้อมูลปริมาณฝนที่ขาดหาย

จากข้อมูลตามตาราง 4.3 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละสถานีมีข้อมูลที่สูญหายไปรวมทั้งสิ้น 494 วัน โดยคิดเป็นร้อยละ 9.02 ของจำนวนวันทั้งหมดซึ่งจะมีข้อมูลขาดหายสูงสุดและต่ำสุดดังนี้

- สถานีที่มีปริมาณข้อมูลฝนขาดหายสูงสุด : ร้อยละของปริมาณข้อมูลขาดหายสูงสุดคือ ร้อยละ 100 ของปริมาณฝนที่ขาดหาย มีจำนวนข้อมูลที่ขาดหาย 184 วัน มีทั้งหมด 1 สถานี คือสถานี 370451

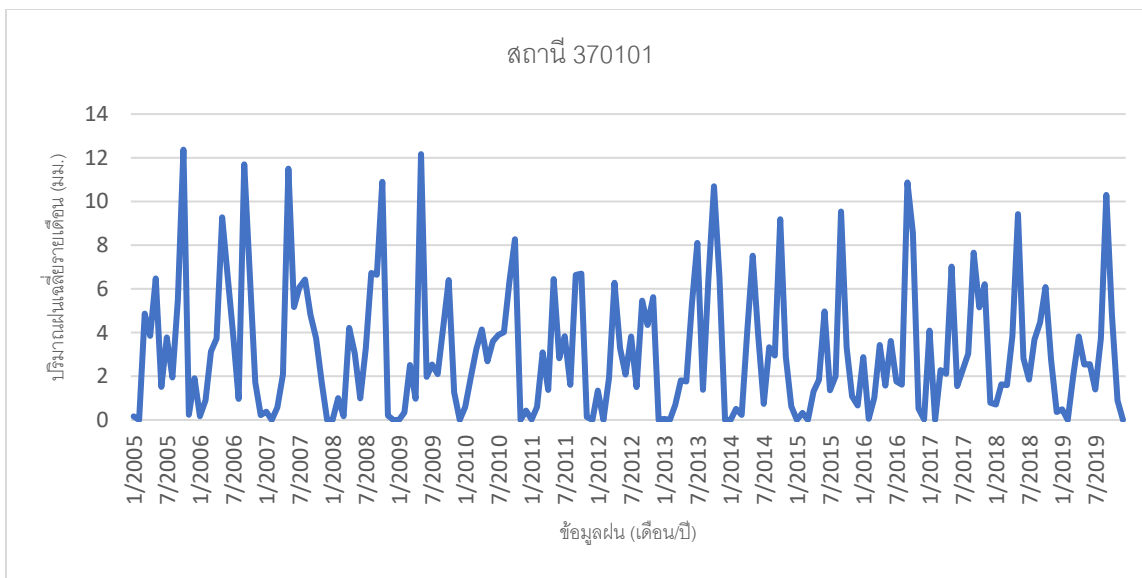
- สถานีที่มีปริมาณข้อมูลฝนขาดหายต่ำสุด : จากการสำรวจข้อมูลปริมาณฝนรายวันทั้งหมดสามารถบ่งชี้ถึงจำนวนข้อมูลและร้อยละที่ขาดหายของข้อมูลแต่ละสถานีได้โดยร้อยละของปริมาณข้อมูลขาดหายต่ำสุดคือ ร้อยละ 0 ของปริมาณฝนที่ขาดหาย มีจำนวนข้อมูลที่ขาดหาย 0 วัน มี 2 สถานี คือสถานี 370101 และ 370560

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นผู้ทำการศึกษาแสดงข้อมูลออกมาเป็นกราฟและอธิบายเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยจะยกตัวอย่างขึ้นมา 3 สถานีคือสถานี 370101, 370171, 370560 ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ถึง 4.6 ตามลำดับ ซึ่งสถานีอื่นๆจะแสดงรายละเอียดและกราฟในภาคผนวก ก.

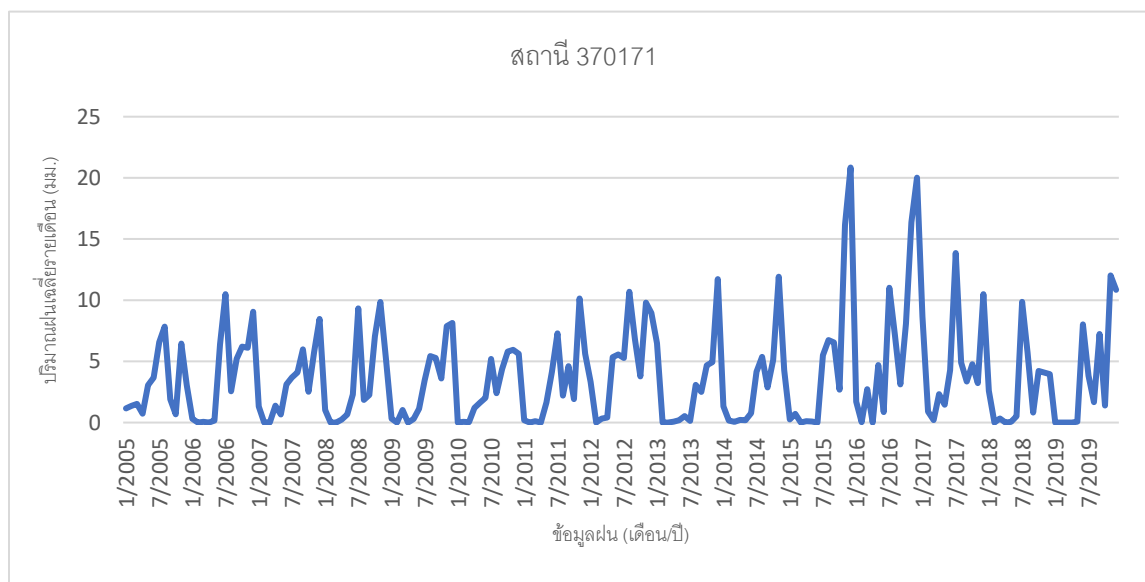
- สถานีตรวจวัดรหัส 370101 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 12.37 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2548 โดยมีข้อมูลขาดหาย 0 ข้อมูล ดังรูปที่ 4.4
- สถานีตรวจวัดรหัส 370171 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 20.84 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ.2558 โดยมีข้อมูลขาดหาย 1 ข้อมูล ดังรูปที่ 4.5
- สถานีตรวจวัดรหัส 370560 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 14.04 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ.2553 โดยมีข้อมูลขาดหาย 0 ข้อมูล ดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณฝนจากสถานีน้ำฝนตรวจวัดจำนวน 10 สถานี

| ข้อมูลขาดหาย 2005-2019 |           |                      |                          |
|------------------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| ลำดับที่               | รหัสสถานี | จำนวนที่ข้อมูลขาดหาย | ร้อยละของข้อมูลที่ขาดหาย |
| 1                      | 370101    | 0                    | 0.00                     |
| 2                      | 370560    | 0                    | 0.00                     |
| 3                      | 370171    | 1                    | 0.54                     |
| 4                      | 370411    | 60                   | 32.61                    |
| 5                      | 370421    | 1                    | 0.54                     |
| 6                      | 370431    | 2                    | 1.09                     |
| 7                      | 370441    | 92                   | 50.00                    |
| 8                      | 370451    | 184                  | 100.00                   |
| 9                      | 370461    | 31                   | 16.85                    |
| 10                     | 465201    | 123                  | 66.85                    |

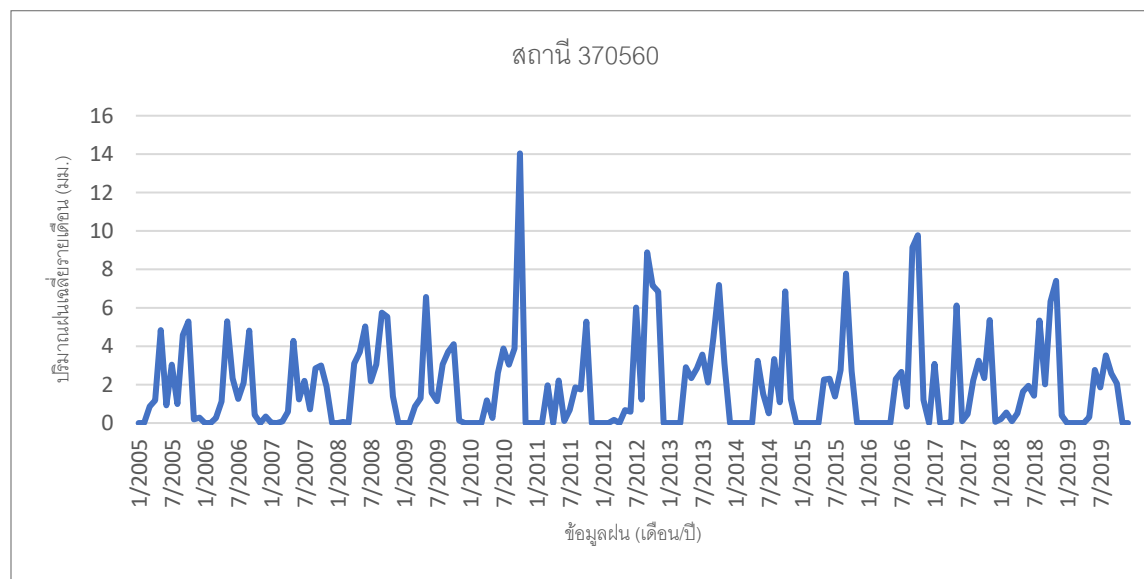


รูปที่ 4.4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370101



รูปที่ 4.5 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370171





รูปที่ 4.6 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370560

#### 4.1.6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด

##### 1) ปริมาณน้ำท่า

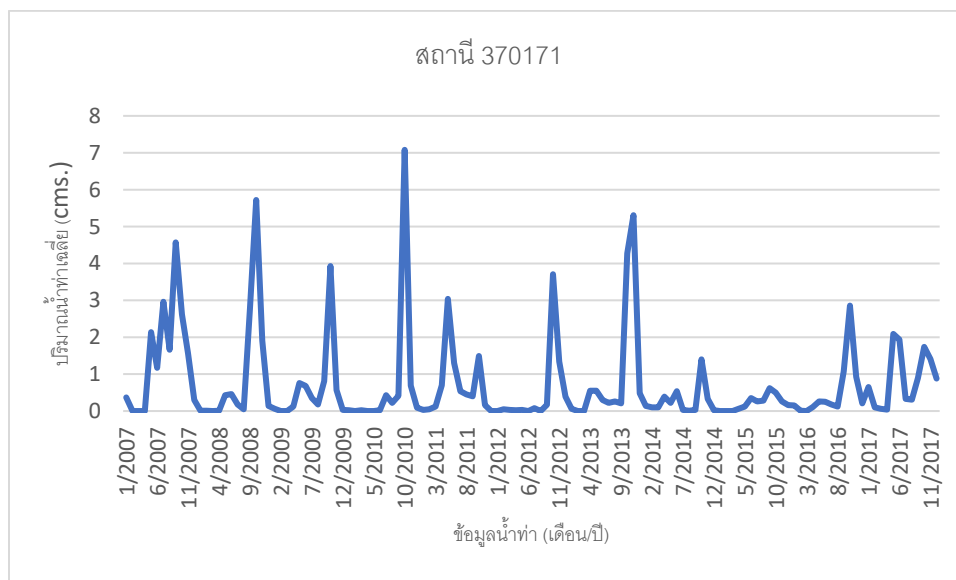
ภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีมีสถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่มีข้อมูลจำนวนทั้งหมด 2 สถานี ซึ่งมีข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2548–2562 และมีข้อมูลแสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของพื้นที่ที่ศึกษา ดังนี้

- เขื่อนแก่งกระจาน มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด 394.61 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำท่าต่ำสุด 3.13 มิลลิเมตร ในปี 2562 ดังรูปที่ 4.7
- สถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอท่ายาง (370171) มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด 7.08 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2553 ดังรูปที่ 4.8
- เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด 30.85 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2558 ดังรูปที่ 4.9

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นผู้ทำการวิจัยแสดงข้อมูลออกมาเป็นกราฟ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล 3 สถานีคือสถานีเขื่อนแก่งกระจาน, สถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอยายาง (370171) และสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์



รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีเขื่อนแก่งกระจาน



รูปที่ 4.8 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอยายาง (370171)



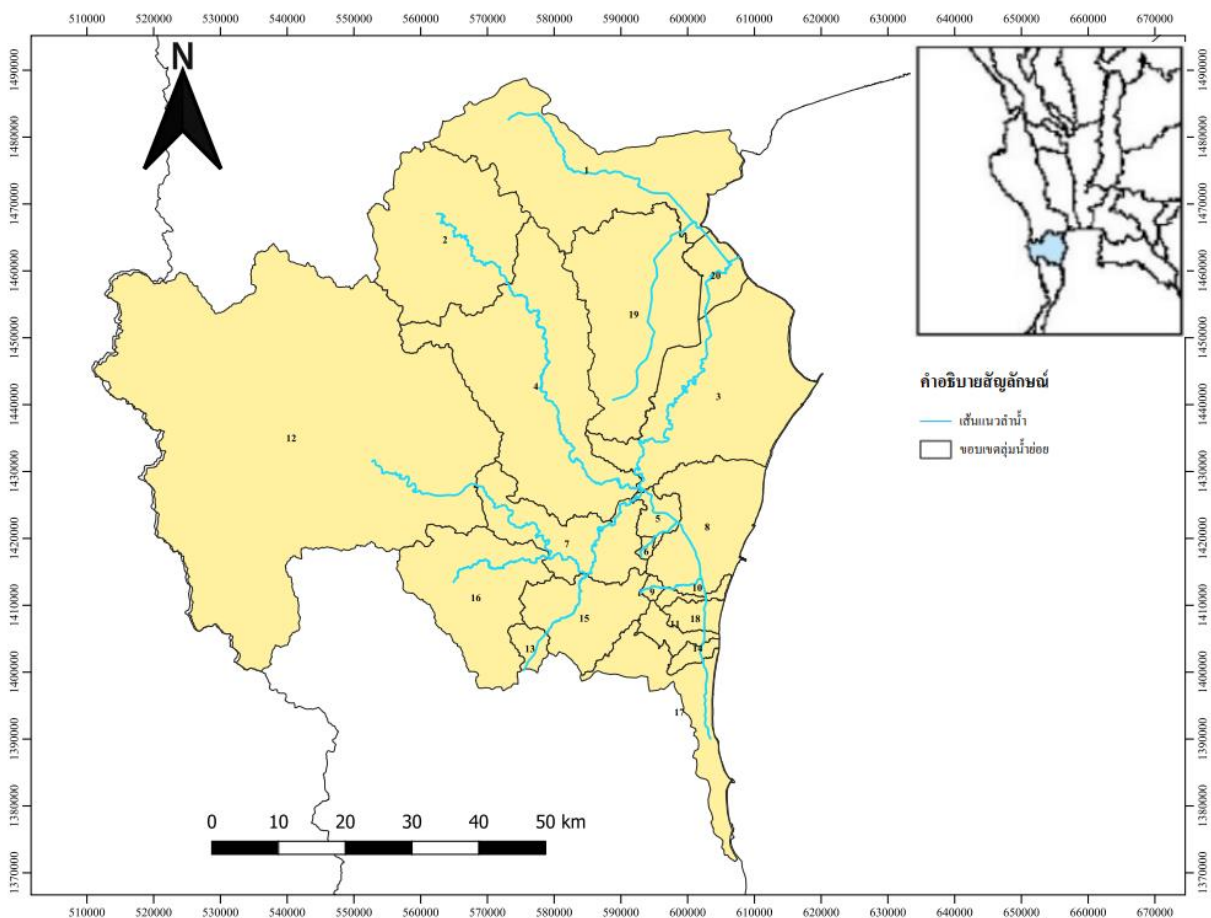
รูปที่ 4.9 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์

## 4.2 ผลจากแบบจำลอง

### 4.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

ผลการจำลองลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำย่อย ทั้งนี้ ลำดับและทิศทางการไหลของกลุ่มน้ำย่อย ที่ศึกษา และขนาดของพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยดังรูปที่ 4.10 โดยกรณีศึกษาที่มีทิศทางการไหลดังนี้

- สถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์มีกลุ่มน้ำย่อยที่ 2 ไหลผ่าน
- สถานีเขื่อนแก่งกระจานมีกลุ่มน้ำย่อยที่ 12 ไหลผ่าน
- สถานีวัดน้ำท่าที่อำเภอกำแพง (B.8A) มีกลุ่มน้ำย่อยที่ 16 ไหลผ่าน



รูปที่ 4.10 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา

#### 4.2.2 ผลการแผ่กระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

จากการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลองออกเป็น 20 ลุ่มน้ำย่อยแล้วนั้น โดยให้แบบจำลอง SWAT แบ่ง HRUs แบบ Dominant Land Use, Soil, Slope ทำให้ 1 ลุ่มน้ำย่อยมี 1 HRUs

### 4.3 ผลการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ 19 ตัว ที่ได้ทำการปรับแก้ของทั้ง 3 สถานี แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละสถานี

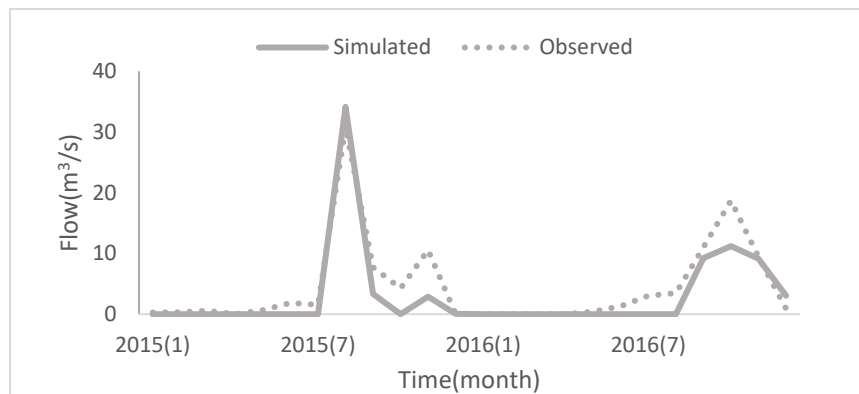
| ลำดับ | Parameters    | คำอธิบาย   | เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | B.8A      | เขื่อนแก่งกระจาน |
|-------|---------------|--|-----------------------|-----------|------------------|
| 1     | CN2.mgt       | ค่าสัมประสิทธิ์ในลำน้ำที่ความชันในดินระดับที่สอง                       | 43.0274               | 8.6063    | 33.6379          |
| 2     | GW_DELAY.gw   | ค่าการหน่วงเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน                                      | 322.6438              | 189.0929  | 148.3257         |
| 3     | ALPHA_BF.gw   | ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการไหลพื้นฐานในชั้นหินน้ำใต้ดิน | -0.8139               | -0.0786   | 0.4746           |
| 4     | GWQMN.gw      | ค่าระดับความลึกเริ่มต้นในการไหลของชั้นหินน้ำใต้ดินระดับต้น             | 2961.8809             | 759.9788  | -2241.7769       |
| 5     | GW_REVAP.gw   | ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำใต้ดิน                                    | -0.0125               | 0.2445    | 0.0313           |
| 6     | REVAPMN.gw    | ความลึกของน้ำในผิวในพื้นที่เกิดขึ้น                                    | 557.9447              | 165.1988  | -137.9389        |
| 7     | RCHRG_DP.gw   | ค่าความลึกการซึมผ่านชั้นหินอุ้มน้ำ                                     | 0.6144                | -0.0956   | 1.1146           |
| 8     | OV_N.hru      | ค่า "n" ของ Manning สำหรับการไหลบ่า                                    | 6.4736                | 5.5445    | 5.9482           |
| 9     | LAT_TTIME.hru | ช่วงเวลาการไหลไปด้านข้าง   | 227.8297              | -42.1485  | 26.7162          |
| 10    | SLSOIL.hru    | ความยาวของความลาดชันสำหรับการไหลได้ผิวดินด้านข้าง                      | -27.5384              | 204.2818  | 30.3522          |
| 11    | CANMX.hru     | ความกว้างสูงสุดของทรงพุ่ม  | 34.5881               | 59.3869   | 108.2333         |
| 12    | ESCO.hru      | ค่าขดเคยการระเหยของน้ำใต้ดิน   | 0.5822                | 2.0946    | 0.2094           |
| 13    | CH_N2.rte     | ค่า n ของสมการ Manning   | 0.0678                | 0.0507    | 0.0803           |
| 14    | CH_K2.rte     | การนำไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในทางหลัก                                    | 309.3530              | 61.7421   | 306.8165         |
| 15    | CH_K1.sub     | ประสิทธิภาพการนำน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ                                   | 382.1648              | 57.0714   | 282.3416         |
| 16    | CH_N1.sub     | ค่า "n" ของ Manning สำหรับคลอง   | 34.9797               | 9.1073    | 17.1169          |
| 17    | SOL_AWC.sol   | ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บไว้ได้                                     | 0.4639                | 1.1724    | 0.1792           |
| 18    | SOL_K.sol     | ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน  | 2003.6199             | 1547.0227 | 84.1685          |
| 19    | SURLAG.bsn    | ค่าความล่าช้าของน้ำที่ไหลบ่าผิวดิน                                     | 12.5551               | 5.3030    | 22.1206          |

## 4.4 การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation)

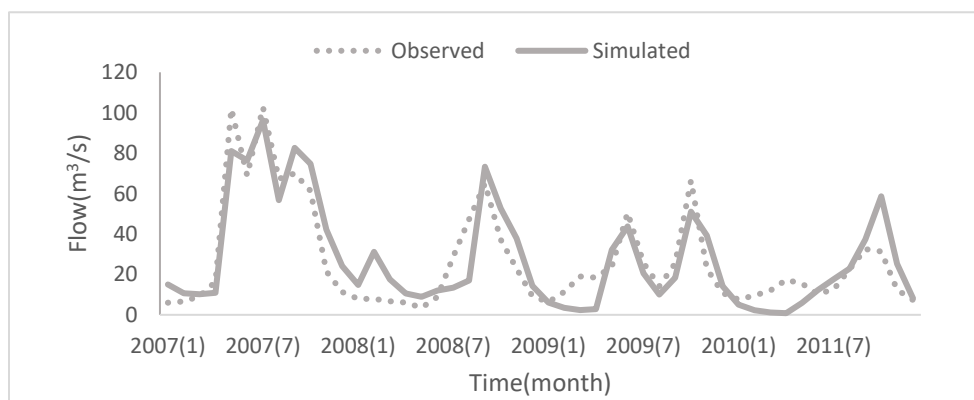
### 4.4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration)

ถ้าค่า  $R^2$  ของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำของ Observed และ Simulated มากกว่า 0.6, NSE มากกว่า 0.5 และ RMSE น้อยกว่า 15 จะถือว่าแบบจำลอง SWAT ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้จำลองการเกิดน้ำท่าได้ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

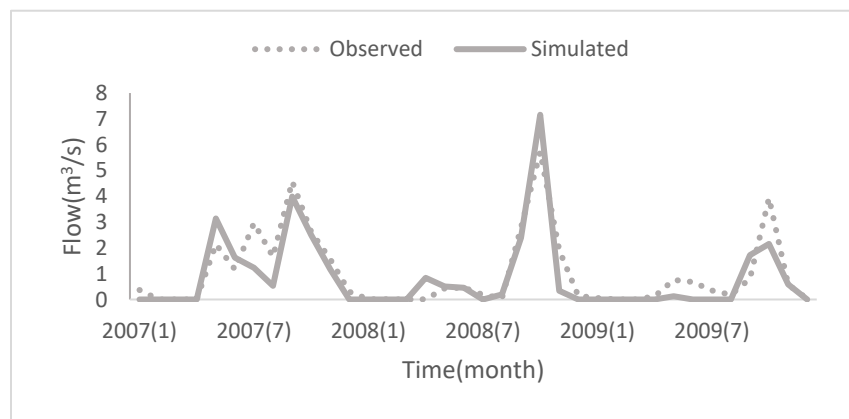
จากรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.5 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Observed และ Simulated ของเขื่อนห้วยแม่ประจันต์, เขื่อนแก่งกระจาน และสถานี B.8A ระหว่างช่วงการปรับเทียบแบบจำลองทั้งหมด ค่า  $R^2$  ที่ได้ของทั้ง 3 สถานี ในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลองทั้งหมดจะมีค่ามากกว่า 0.7, NSE ทั้งหมดมากกว่า 0.7 และค่า RMSE ทั้งหมดน้อยกว่า 13 ดังนั้นแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของเขื่อนห้วยแม่ประจันต์, เขื่อนแก่งกระจาน และสถานี B.8A ได้เป็นอย่างดีในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลอง



( a )



( b )



( c )

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง Observed และ Simulated ของสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ (a), สถานีเขื่อนแก่งกระจาน (b) และสถานี B.8A (c)

ตารางที่ 4.5 ค่าการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration)

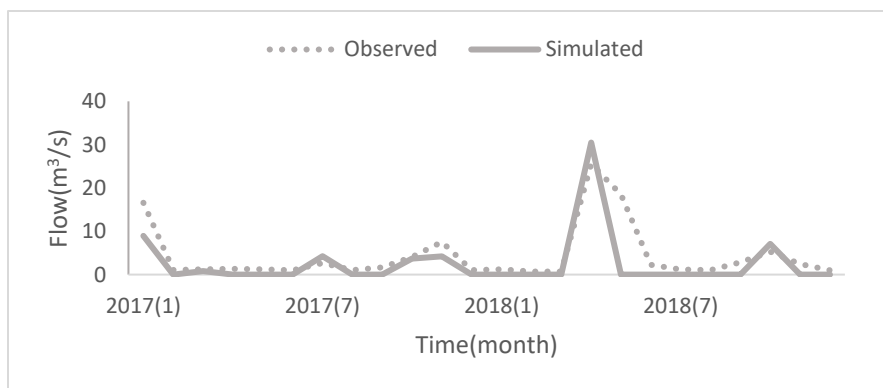
| สถานี                 | Calibration |                |      |       |
|-----------------------|-------------|----------------|------|-------|
|                       | Period      | R <sup>2</sup> | NSE  | RMSE  |
| B.8A                  | 2007-2009   | 0.8            | 0.77 | 0.68  |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | 2015-2016   | 0.88           | 0.84 | 4.47  |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | 2007-2010   | 0.78           | 0.76 | 12.25 |

4.4.2 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation)

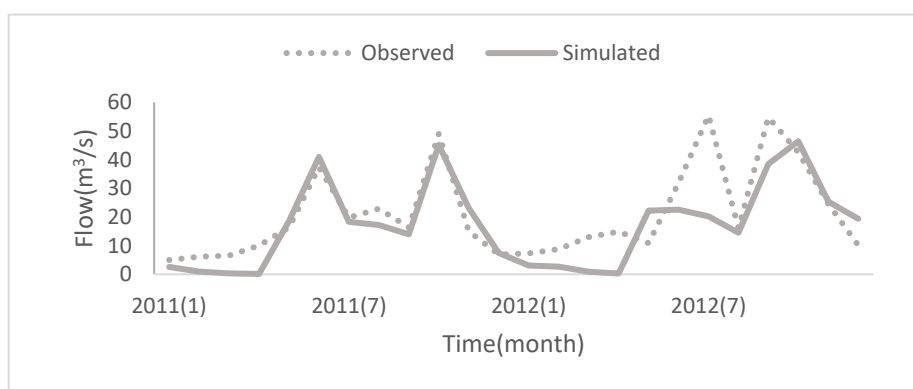
ถ้าค่า R<sup>2</sup> ของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำของ Observed และ Simulated มากกว่า 0.6 NSE มากกว่า 0.5 และ RMSE น้อยกว่า 15 จะถือว่าแบบจำลอง SWAT ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้จำลองการเกิดน้ำท่าได้ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

จากรูปที่ 4.12 และตารางที่ 4.6 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Observed และ Simulated ของเขื่อนห้วยแม่ประจันต์, เขื่อนแก่งกระจาน และสถานี B.8A ระหว่างช่วงการตรวจพิสูจน์แบบจำลองทั้งหมด ค่า R<sup>2</sup> ที่ได้ของทั้ง 3 สถานี ในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลองทั้งหมดจะมีค่ามากกว่า 0.7, NSE ทั้งหมดมากกว่า 0.5 และค่า RMSE ทั้งหมดน้อยกว่า 15 ดังนั้นแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์, สถานีเขื่อนแก่งกระจาน และสถานี B.8A ได้เป็นอย่างดีในช่วงของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

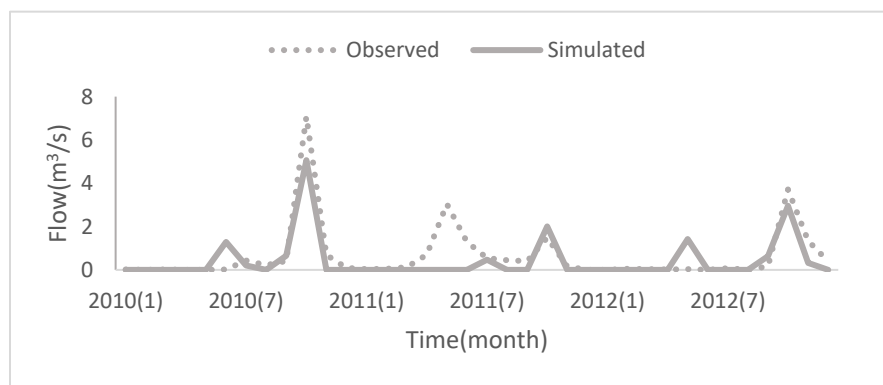




( a )



( b )



( c )

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการตรวจพิสูจน์แบบจำลองแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง Observed และ Simulated ของสถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ (a), สถานีเขื่อนแก่งกระจาน (b) และสถานี B.8A (c)

ตารางที่ 4.6 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation)

| สถานี                 | Validation |      |      |       |
|-----------------------|------------|------|------|-------|
|                       | Period     | R2   | NSE  | RMSE  |
| B.8A                  | 2010-2012  | 0.7  | 0.66 | 0.79  |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | 2017-2018  | 0.63 | 0.51 | 9.17  |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | 2011-2012  | 0.64 | 0.56 | 10.49 |

#### 4.5 วิธีการนำแบบจำลอง SWAT ไปประยุกต์ใช้ในการหาน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี

##### 4.5.1 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากตารางที่ 4.7 แสดงความแตกต่างสัดส่วนของร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2562 และปี พ.ศ. 2570 โดยแยกเป็น 3 สถานี เห็นได้ว่าสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ใบเขียว (Forest-Evergreen) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และของพื้นที่เพื่อการเกษตรพืชไร่ (Agricultural Land-Row Crops), สวนผลไม้ (Orchard), ทุ่งเลี้ยงสัตว์ (Pasture), ที่อยู่อาศัย (Residential), น้ำ (Water) และที่รกร้าง (Barren) มีแนวโน้มลดลง แต่ในส่วนของพื้นที่ปลูกข้าว (Rice) มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากจนไม่นับสำคัญ

ตารางที่ 4.7 แสดงร้อยละความแตกต่างของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทระหว่างปี พ.ศ. 2562 กับปี พ.ศ. 2570

| การใช้ประโยชน์ที่ดิน        | B.8A       |        |           | เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ |        |           | เขื่อนแก่งกระจาน |        |           |
|-----------------------------|------------|--------|-----------|-----------------------|--------|-----------|------------------|--------|-----------|
|                             | Percentage |        | Variation | Percentage            |        | Variation | Percentage       |        | Variation |
|                             | 2562       | 2570   |           | 2562                  | 2570   |           | 2562             | 2570   |           |
| Agricultural Land-Generic   | 2.05%      | 0.50%  | -1.54%    | 0.67%                 | 0.39%  | -0.28%    | 0.23%            | 0.23%  | 0.00%     |
| Agricultural Land-Row Crops | 7.42%      | 1.82%  | -5.60%    | 3.44%                 | 2.00%  | -1.44%    | 0.26%            | 0.23%  | -0.02%    |
| Corn                        | 0.01%      | 0.00%  | -0.01%    | 0.13%                 | 0.08%  | -0.06%    | 0.02%            | 0.02%  | 0.00%     |
| Forest-Evergreen            | 75.18%     | 94.16% | 18.98%    | 88.30%                | 93.88% | 5.58%     | 94.65%           | 95.83% | 1.18%     |
| Orchard                     | 6.21%      | 1.56%  | -4.65%    | 3.96%                 | 2.31%  | -1.64%    | 1.28%            | 1.16%  | -0.12%    |
| Pasture                     | 0.39%      | 0.09%  | -0.29%    | 0.27%                 | 0.15%  | -0.11%    | 0.11%            | 0.10%  | -0.01%    |
| Rice                        | 0.00%      | 0.00%  | 0.00%     | 0.01%                 | 0.01%  | 0.00%     | 0.00%            | 0.00%  | 0.00%     |
| Sugarcane                   | 1.26%      | 0.66%  | -0.61%    | 0.10%                 | 0.06%  | -0.04%    | 0.02%            | 0.02%  | 0.01%     |
| Residential                 | 3.35%      | 0.17%  | -3.18%    | 1.74%                 | 0.32%  | -1.42%    | 0.94%            | 0.14%  | -0.80%    |
| Water                       | 1.60%      | 0.40%  | -1.20%    | 0.76%                 | 0.44%  | -0.32%    | 2.05%            | 1.86%  | -0.19%    |
| Barren                      | 2.53%      | 0.63%  | -1.90%    | 0.62%                 | 0.36%  | -0.26%    | 0.45%            | 0.41%  | -0.04%    |

#### 4.5.2 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝน

จากตารางที่ 4.8 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของน้ำฝนตามฤดูกาลในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงข้อมูลปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำฝนรายปีของ B.8A และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์มีแนวโน้มลดลง และเขื่อนแก่งกระจานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เมื่อเทียบเฉพาะฤดูแล้งสัดส่วนน้ำฝนของ B.8A และเขื่อนแก่งกระจานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เขื่อนห้วยแม่ประจันต์มีแนวโน้มลดลง และเมื่อเทียบเฉพาะฤดูฝนสัดส่วนน้ำฝนของเขื่อนห้วยแม่ประจันต์และเขื่อนแก่งกระจานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ B.8A มีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.8 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลในช่วงปีอนาคต เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี

| สถานี                 | Variation (%) |        |        |
|-----------------------|---------------|--------|--------|
|                       | ฤดูแล้ง       | ฤดูฝน  | รายปี  |
| B.8A                  | 117.10        | -44.04 | -40.35 |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | -72.45        | 12.71  | -10.48 |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | 113.68        | 11.21  | 15.83  |

ความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของน้ำฝนรายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 แสดงอยู่ในตารางที่ 4.9 เมื่อเทียบกับช่วงข้อมูลปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนของน้ำฝนรายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตที่เปลี่ยนแปลงของสถานี B.8A, เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนแก่งกระจาน มีแนวโน้มลดลงในเดือนพฤศจิกายน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคม, สิงหาคม และ มีนาคม

ตารางที่ 4.9 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลในช่วงเดือนอนาคต เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี

| สถานี                 | Variation (%) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                       | เม.ย.         | พ.ค.   | มิ.ย.  | ก.ค.   | ส.ค.   | ก.ย.   | ต.ค.   | พ.ย.   | ธ.ค.   | ม.ค.   | ก.พ.   | มี.ค.  |
| B.8A                  | -8.55         | -1.79  | -74.83 | 265.87 | 112.55 | 34.00  | -78.10 | -28.15 | 229.36 | 58.21  | 18.25  | 227.57 |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | 320.02        | 153.93 | 163.82 | 1.83   | 7.23   | 59.50  | 32.14  | -83.70 | -94.76 | -52.73 | 141.73 | 271.67 |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | -20.48        | -21.90 | 116.04 | 150.46 | 91.31  | -21.26 | -46.63 | -7.71  | 697.71 | 181.05 | -43.20 | 178.28 |

#### 4.5.3 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า

จากตารางที่ 4.10 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงข้อมูลปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำท่าของ B.8A, เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนแก่งกระจานมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.10 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงปีอนาคต เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี

| สถานี                 | Variation (%) |        |        |
|-----------------------|---------------|--------|--------|
|                       | ฤดูแล้ง       | ฤดูฝน  | รายปี  |
| B.8A                  | -91.17        | -92.78 | -92.75 |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | -39.22        | -18.41 | -19.70 |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | -37.84        | -4.25  | -9.63  |

ความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของน้ำฝนรายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 แสดงอยู่ในตารางที่ 4.11 เมื่อเทียบกับช่วงข้อมูลปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนของน้ำท่ารายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตที่เปลี่ยนแปลงของสถานี B.8A, เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนแก่งกระจาน มีแนวโน้มลดลงในเดือนเมษายน, พฤษภาคม, ธันวาคม และเดือนมกราคม

ตารางที่ 4.11 แสดงความแตกต่างระหว่างสัดส่วนปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาลในช่วงเดือนอนาคต เทียบกับช่วงฐานข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 3 สถานี

| สถานี                 | Variation (%) |         |        |        |        |         |        |        |         |        |        |         |
|-----------------------|---------------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
|                       | เม.ย.         | พ.ค.    | มิ.ย.  | ก.ค.   | ส.ค.   | ก.ย.    | ต.ค.   | พ.ย.   | ธ.ค.    | ม.ค.   | ก.พ.   | มี.ค.   |
| B.8A                  | -100.00       | -98.37  | -91.11 | -24.78 | -89.82 | -42.08  | -93.89 | -97.76 | -92.83  | -90.05 | -91.70 | 0.01    |
| เขื่อนห้วยแม่ประจันต์ | -100.00       | -100.00 | 0.00   | -49.29 | 184.77 | -100.00 | -33.00 | -96.98 | -100.00 | -15.59 | 0.00   | -100.00 |
| เขื่อนแก่งกระจาน      | -53.36        | 80.87   | -11.32 | -48.13 | -66.80 | -46.68  | 99.79  | -8.55  | -22.73  | -41.75 | -46.86 | -54.82  |

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลและจัดทำฐานข้อมูลด้านอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีให้ได้ปริมาณน้ำท่ารายเดือน โดยแบ่งกรณีการศึกษาเป็น 3 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีมีผลของการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ ได้แก่

สถานี B.8A มีผลของการปรับเทียบ (ช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2552) และการตรวจพิสูจน์ (ช่วงมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554) มีผลของการปรับเทียบของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.80, NSE เท่ากับ 0.77 และ RMSE เท่ากับ 0.68 และผลของการตรวจพิสูจน์ของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.70, NSE เท่ากับ 0.66 และ RMSE เท่ากับ 0.79

เขื่อนแม่ประจันต์ มีผลของการปรับเทียบ (ช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559) และการตรวจพิสูจน์ (ช่วงมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561) มีผลของการปรับเทียบของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.88, NSE เท่ากับ 0.84 และ RMSE เท่ากับ 4.47 และผลของการตรวจพิสูจน์ของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.63, NSE เท่ากับ 0.51 และ RMSE เท่ากับ 9.17

เขื่อนแก่งกระจาน มีผลของการปรับเทียบ (ช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2553) และการตรวจพิสูจน์ (ช่วงมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555) มีผลของการปรับเทียบของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.78, NSE เท่ากับ 0.76 และ RMSE เท่ากับ 12.25 และผลของการตรวจพิสูจน์ของแบบจำลอง มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.64, NSE เท่ากับ 0.56 และ RMSE เท่ากับ 10.49

พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ของแต่ละสถานีนำไปประยุกต์ในการหาปริมาณน้ำท่าเนื่องจากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่า

สัดส่วนของร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2570 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2562 โดยแยกเป็น 3 สถานี เห็นได้ว่าสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ใบเขียว (Forest-Evergreen) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีร้อยละอยู่ในช่วง 1.18 ถึง 18.98 และของพื้นที่เพื่อการเกษตรพืชไร่ (Agricultural Land-Row Crops), สวนผลไม้ (Orchard), ทุ่งเลี้ยงสัตว์ (Pasture), ที่อยู่อาศัย

(Residential), น้ำ(Water) และที่รกร้าง(Barren) มีร้อยละอยู่ในช่วง -5.60 ถึง -0.02 จากแนวโน้มที่กล่าวมาทำให้ความน่าจะเป็นที่น้ำท่าจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น

สัดส่วนของน้ำฝนตามฤดูกาลทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำฝนรายปีของ B.8A และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มลดลง มีร้อยละอยู่ในช่วง -40.35 ถึง -10.48 ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นในอนาคต ในที่นี้ B.8A มีความน่าจะเป็นที่จะขาดน้ำในช่วงฤดูแล้ง และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์มีความน่าจะเป็นที่จะขาดน้ำในช่วงฤดูฝน ในส่วนของเขื่อนแก่งกระจาน แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีร้อยละอยู่ที่ 15.83 ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดอุทกภัยในอนาคต

สัดส่วนของน้ำท่าตามฤดูกาลทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำท่ารายปีของทั้ง 3 สถานีในกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีแนวโน้มลดลง มีร้อยละอยู่ในช่วง -92.75 ถึง -9.63 ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นในอนาคต

สัดส่วนของน้ำฝนรายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำฝนรายเดือนของทั้ง 3 สถานีในกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีแนวโน้มลดลงในเดือนพฤศจิกายน มีร้อยละอยู่ในช่วง -83.70 ถึง -7.71 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคม, สิงหาคม และเดือนมีนาคม มีร้อยละอยู่ในช่วง 1.83 ถึง 271.67

สัดส่วนของน้ำท่ารายเดือนทั้ง 3 สถานี ในช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2570-2581 เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2550-2561 สัดส่วนน้ำท่ารายเดือนของทั้ง 3 สถานีในกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีแนวโน้มลดลงในเดือนเมษายน, พฤศจิกายน, ธันวาคม และเดือนมกราคมมีร้อยละอยู่ในช่วง -100.00 ถึง -15.59

จากแนวโน้มที่กล่าวมาข้างต้น สัดส่วนของน้ำท่าตามฤดูกาลของ B.8A และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ มีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับสัดส่วนของน้ำฝนตามฤดูกาลมากกว่าสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ในส่วนของเขื่อนแก่งกระจานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินมากกว่า เนื่องจากมีพื้นที่มากถึงร้อยละ 95.83 ผู้ศึกษาคาดการณ์ว่าปริมาณน้ำส่วนมากถูกเก็บกักไว้ แต่สัดส่วนของน้ำฝนและน้ำท่ารายเดือนของทั้ง 3 สถานี มีแนวโน้มในหลายเดือนของแต่ละสถานีไม่เป็นไปทางแนวเดียวกัน ผู้ศึกษาจึงคาดการณ์ว่าอาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าของเขื่อนที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับมีค่าไม่ตรงกลับปริมาณน้ำท่าในความเป็นจริง จึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบต่อลุ่มน้ำย่อย B.8A และเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ แต่ในทางกลับกันการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อลุ่มน้ำย่อยเขื่อนแก่งกระจานในอนาคต นอกจากนี้ในการศึกษาในอนาคตสามารถนำไปต่อยอดหาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยอื่นเพิ่มเติมหรือทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยการทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์ของกลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง SWAT ในการเปลี่ยนแปลงในด้านที่ต้องการศึกษาต่อไป

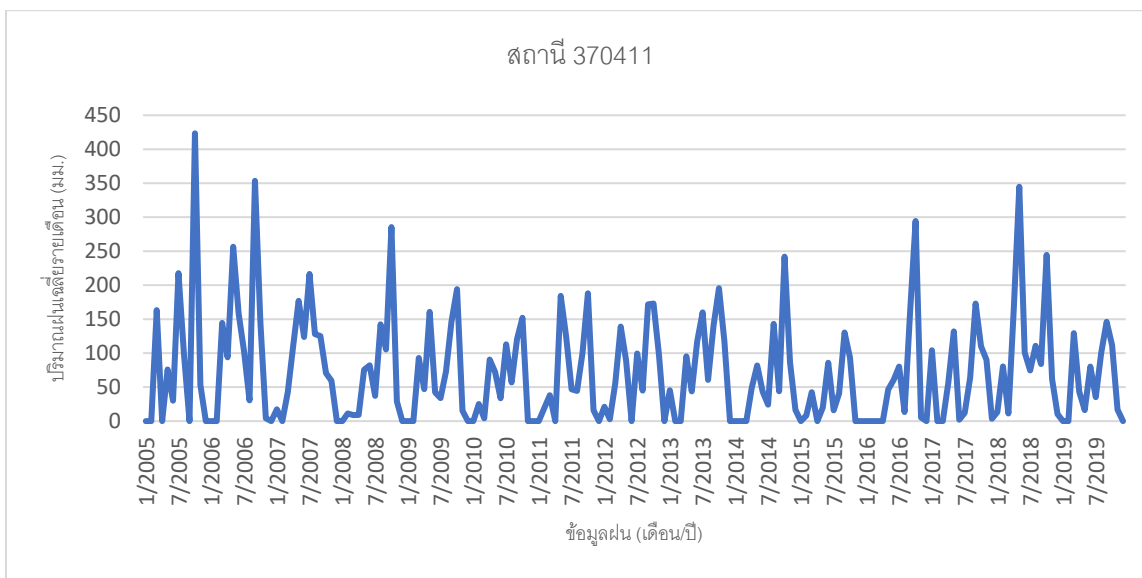
### เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ตุมกุล, เกศวรา สิทธิโชค และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2560. การเปรียบเทียบเทคนิคการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินน้ำท่าลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก. Science and Technology 6 (3).
- เกียรติศักดิ์ น้ำขาว และ ชุตติพงษ์ น้ำใจสุข. 2559. การเปรียบเทียบการใช้ข้อมูลฝนดาวเทียมและฝนตรวจวัดเพื่อประเมิน ปริมาณน้ำท่าเบื้องต้นโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT. ปรินญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์กำแพงแสน.
- ธัญชัช วิทยานนท์, ชูพันธ์ ชมภูจันทร์ และ วิษุวัฒน์ แต่สมบัติ. 2563. การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี ด้วยแบบจำลอง CA-Makov. ในรายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 21. โรงแรมแคนทารี โคราซ, นครราชสีมา.
- นिरานาม. ม.ป.ป. โครงการศึกษาและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการระบบแหล่งน้ำและทางน้ำธรรมชาติอย่างเหมาะสมและยั่งยืน. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 เล่มที่ 2/19 ลุ่มน้ำเพชรบุรีบทที่ 5 ผลการศึกษาแผนหลักโครงการ.
- ปิยะวัฒน์วุฒิชัยกิจเจริญ. 2556. การทำนายปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยใช้ โปรแกรม SWAT. การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 5. ณ โรงแรมเลอเมอร์เดียนเชียงใหม่รายวีรีสอร์ท.
- แพรววดี หงซาวง, เรวดี สามสาลี และ เกศวรา สิทธิโชค. การศึกษาค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำแม่กลอง (โครงการวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2559)
- วรารุช วุฒิวณิชย์. 2553. การวิเคราะห์ความแม่นยำ ของแบบจำลองโดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency และ  $R^2$ . วันชูชาติ. สมาคมนิสิต เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรม ราชูปถัมภ์. 4 มกราคม 2553: 1-10.
- โอฬาร เวศุโร. 2548. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

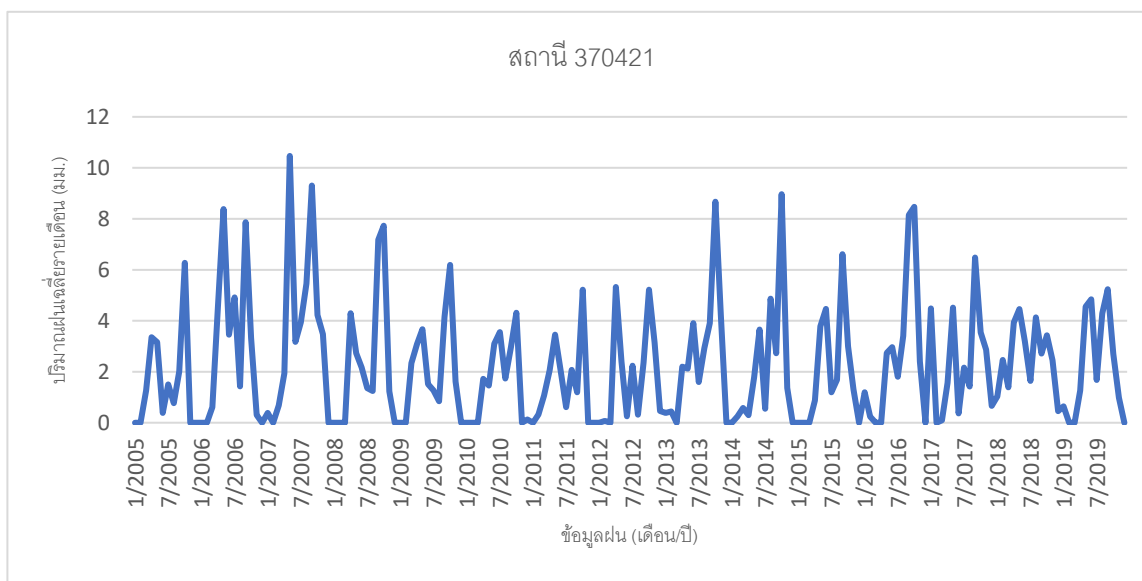


- Green, W.H. and G. Ampt. 1911. Studies of soil physics, part I – the flow of air and water through soils. *J. Ag. Sci.* 4:1-24.
- Nash, J.E., and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3): 282–290.
- Neitsch, S.L.,J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan and J.R. Williams. 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406, Texas A&M University System College Station, Texas, USA.
- Sittichok, K. 2016. Improving Seasonal Rainfall and Streamflow Forecasting in the Sahel Region via Better Predictor Selection, Uncertainty Quantification and Forecast Economic Value Assessment. University of Ottawa. Ph.D. thesis. Canada.
- USDA Soil Conservation Service National Engineering Handbook. 1972. Hydrology Section 4, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. Chapters 4–10.

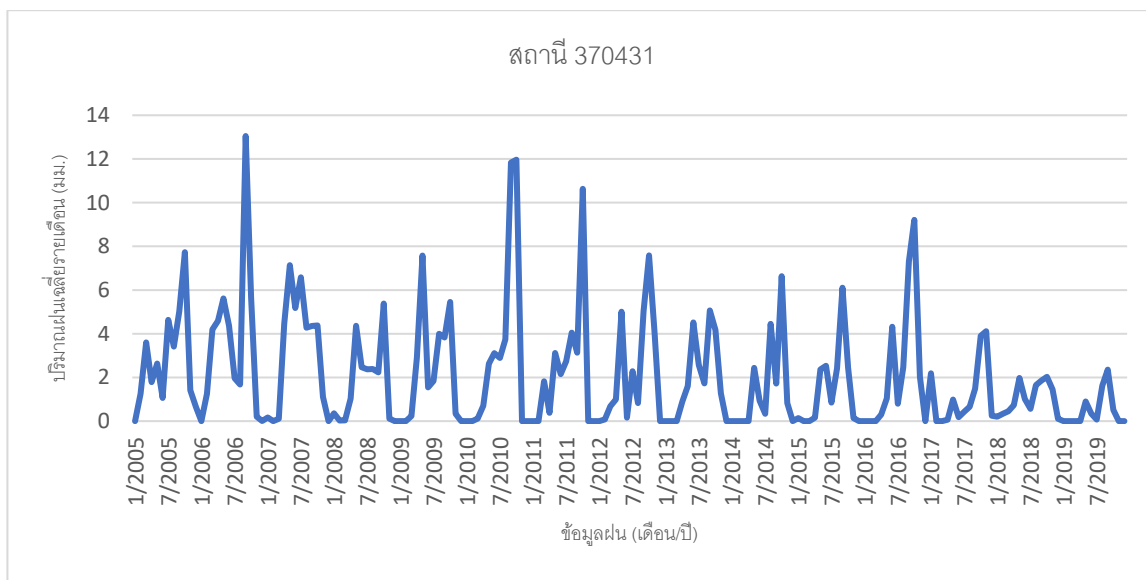
## ภาคผนวก ก.



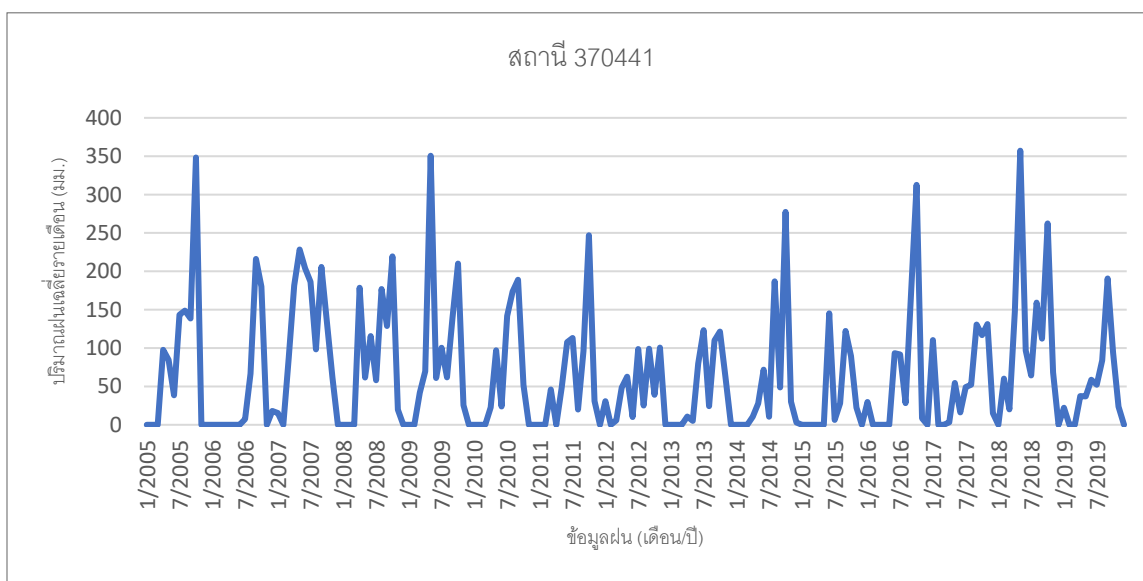
รูปที่ ก-1 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370411



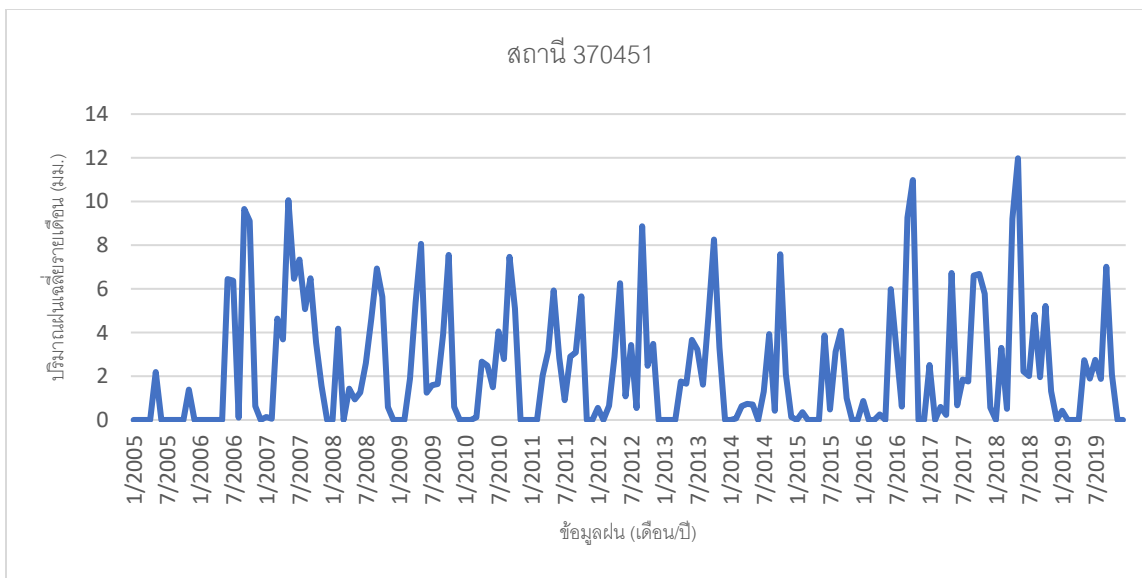
รูปที่ ก-2 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370421



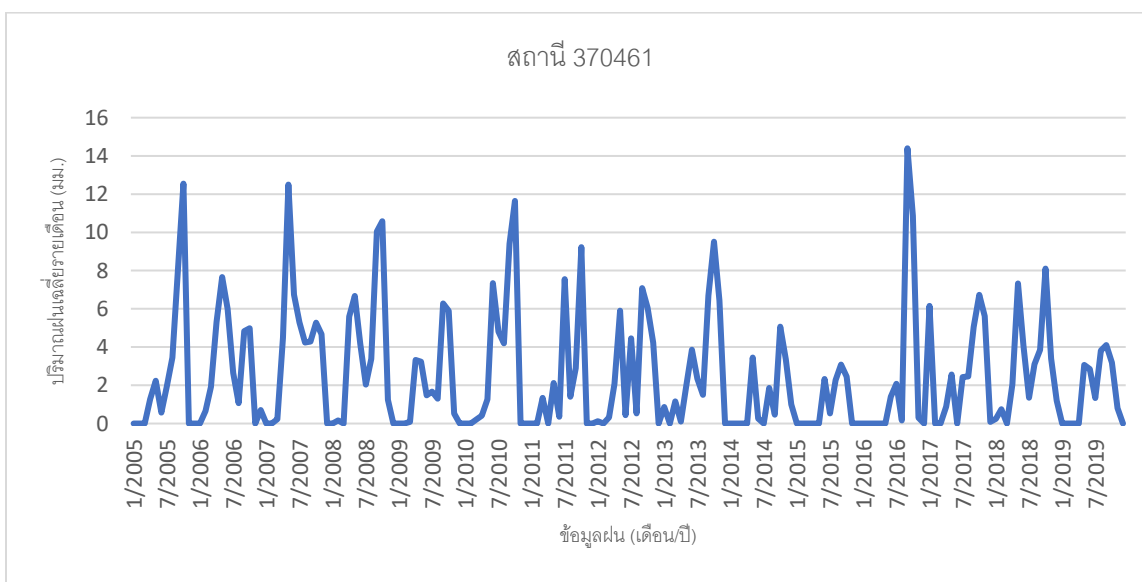
รูปที่ ก-3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370431



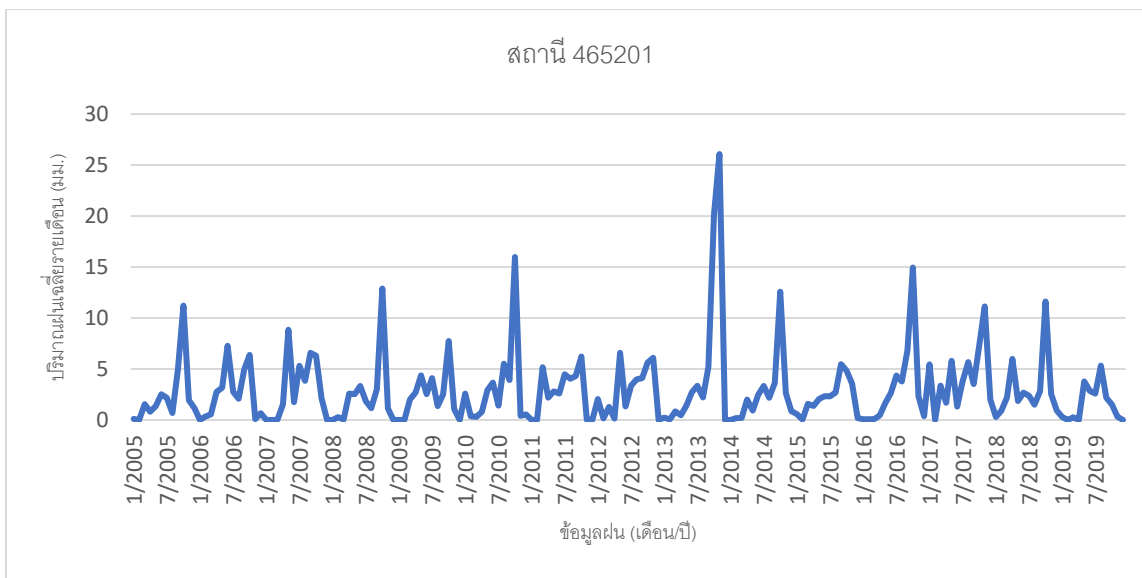
รูปที่ ก-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370441



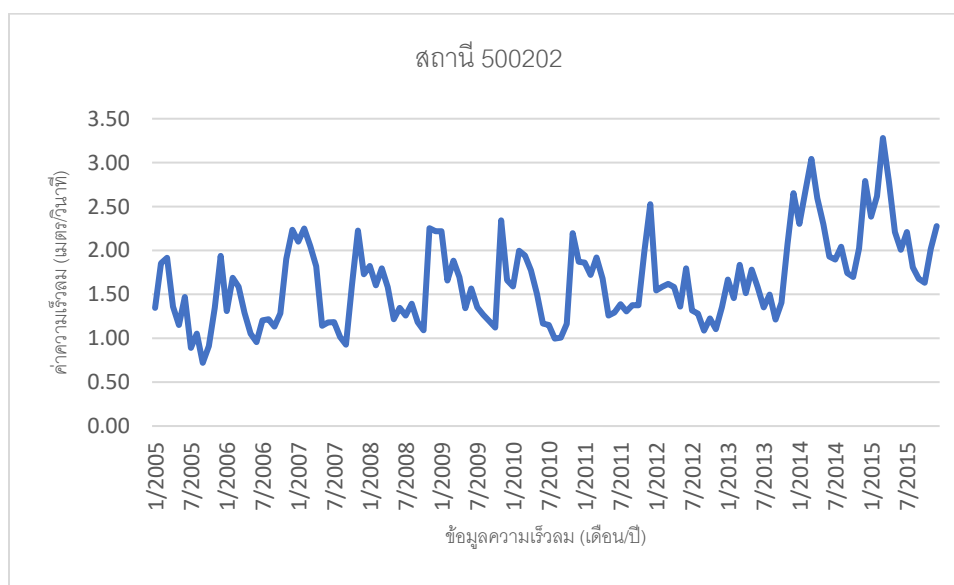
รูปที่ ก-5 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370451



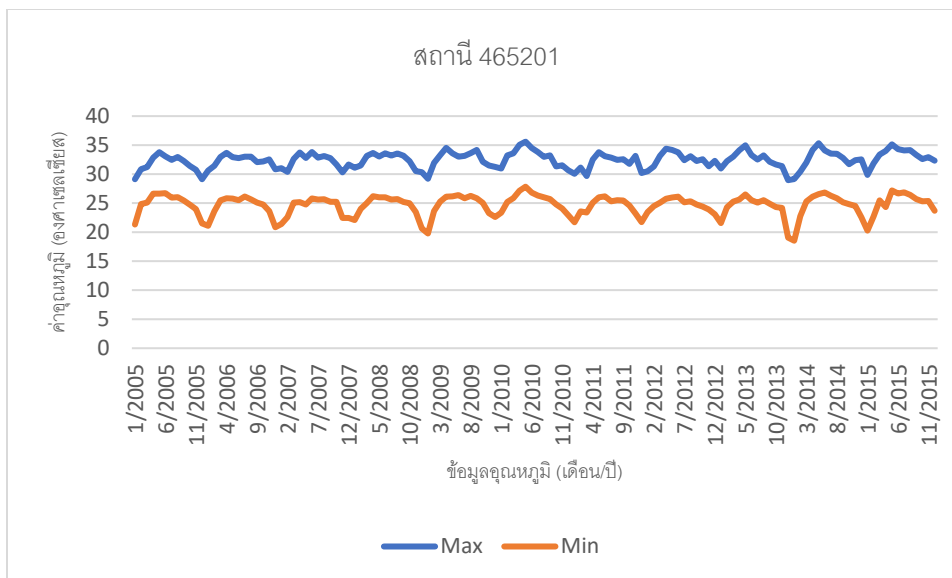
รูปที่ ก-6 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 370461



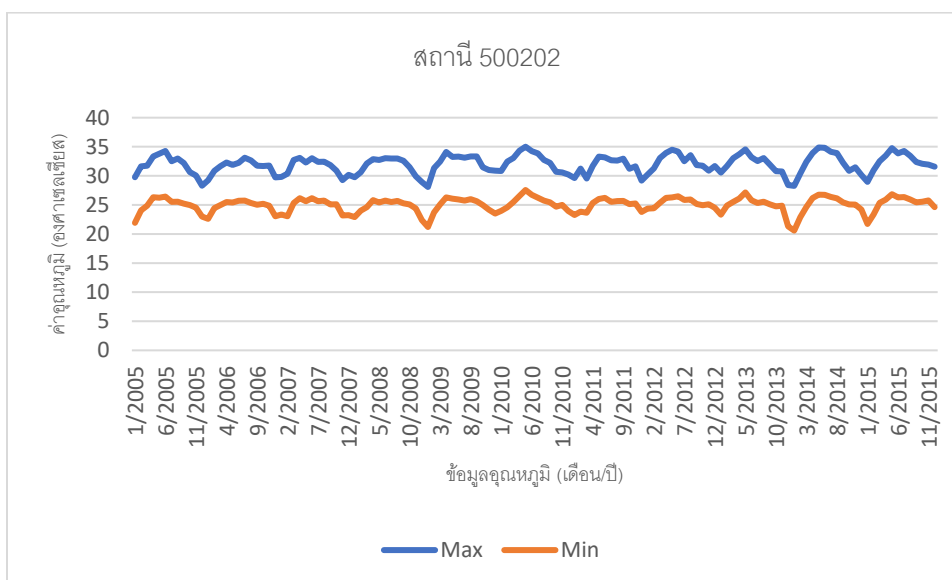
รูปที่ ก-7 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 465201



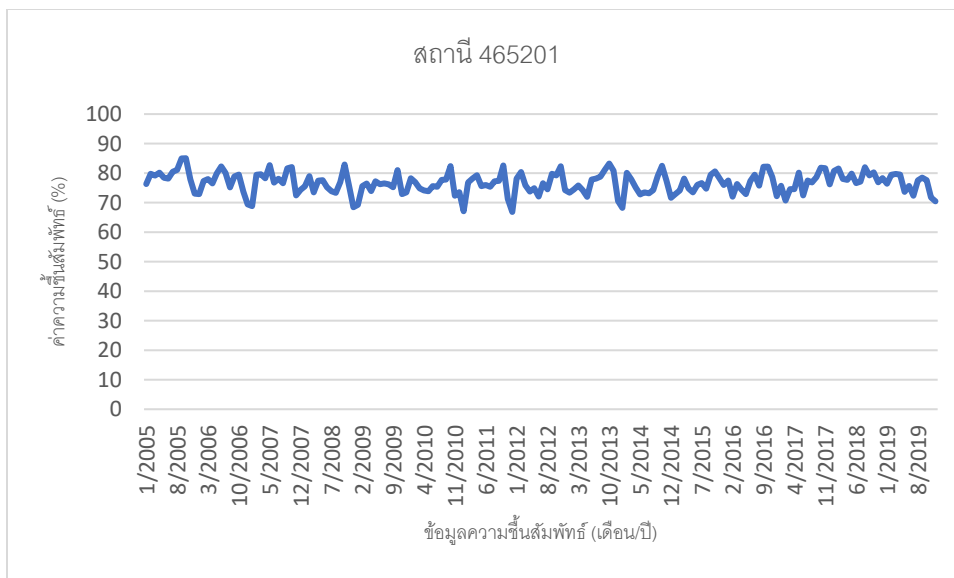
รูปที่ ก-8 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 500202



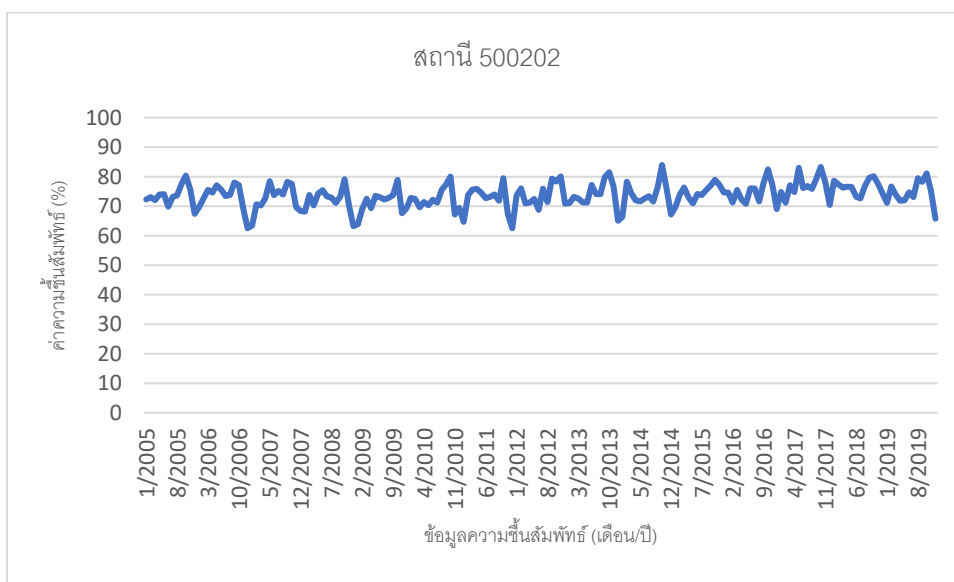
รูปที่ ก-9 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 465201



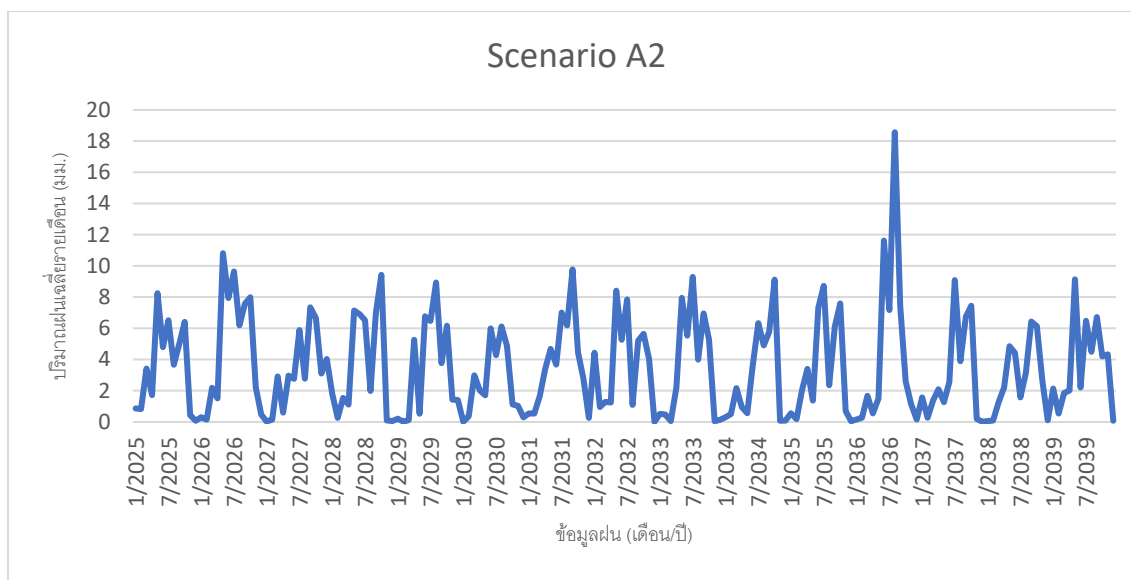
รูปที่ ก-10 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของสถานี 500202



รูปที่ ก-11 ข้อมูลความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยรายเดือนของสถานี 465201



รูปที่ ก-12 ข้อมูลความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยรายเดือนของสถานี



รูปที่ ก-13 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของฝนคาดการณ์ ในช่วงปี 2568-2582

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าเฉลี่ยของฝนตามฤดูกาล

| ฤดูกาล     | สถานี B.8A (มม.) |           | สถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์ (มม.) |           | สถานีเขื่อนแก่งกระจาน (มม.) |           |
|------------|------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|            | 2550-2561        | 2570-2581 | 2550-2561                        | 2570-2581 | 2550-2561                   | 2570-2581 |
| ฤดูแล้ง    | 40.61            | 88.16     | 322.61                           | 88.88     | 41.26                       | 88.16     |
| ฤดูฝน      | 1735.63          | 971.34    | 861.76                           | 971.34    | 873.46                      | 971.34    |
| ตลอดฤดูกาล | 1776.24          | 1059.49   | 1184.37                          | 1060.22   | 914.71                      | 1059.49   |



ตารางที่ ก-2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำท่าตามฤดูกาล

| ฤดูกาล     | สถานี B.8A (ล้านลบ.ม.) |           | สถานีเขื่อนห้วยแม่ประจันต์<br>(ล้านลบ.ม.) |           | สถานีเขื่อนแก่งกระจาน<br>(ล้านลบ.ม.) |           |
|------------|------------------------|-----------|---|-----------|--------------------------------------|-----------|
|            | 2550-2559              | 2570-2579 | 2550-2561                                 | 2570-2581 | 2550-2561                            | 2570-2581 |
| ฤดูแล้ง    | 11.60                  | 1.02      | 2.75                                      | 1.67      | 193.69                               | 120.40    |
| ฤดูฝน      | 647.83                 | 46.80     | 41.56                                     | 33.91     | 1016.98                              | 973.72    |
| ตลอดฤดูกาล | 659.43                 | 47.82     | 44.31                                     | 35.58     | 1210.67                              | 1094.12   |

ตารางที่ ก-3 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำฝนรายเดือน

| เดือน | สถานี B.8A (มม.) |           | อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์<br>(มม.) |           | อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน<br>(มม.) |           |
|-------|------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
|       | 2550-2559        | 2570-2579 | 2550-2561                           | 2570-2581 | 2550-2561                      | 2570-2581 |
| เม.ย. | 58.49            | 53.49     | 12.74                               | 53.49     | 67.27                          | 53.49     |
| พ.ค.  | 96.50            | 94.77     | 37.32                               | 94.77     | 121.35                         | 94.77     |
| มิ.ย. | 566.04           | 142.46    | 54.00                               | 142.46    | 65.94                          | 142.46    |
| ก.ค.  | 48.54            | 177.58    | 174.39                              | 177.58    | 70.90                          | 177.58    |
| ส.ค.  | 66.62            | 141.61    | 132.06                              | 141.61    | 74.02                          | 141.61    |
| ก.ย.  | 123.74           | 165.81    | 103.96                              | 165.81    | 136.74                         | 165.81    |
| ต.ค.  | 724.15           | 158.57    | 120.00                              | 158.57    | 297.10                         | 158.57    |
| พ.ย.  | 51.56            | 37.04     | 227.31                              | 37.04     | 40.14                          | 37.04     |
| ธ.ค.  | 3.77             | 12.42     | 250.85                              | 13.15     | 1.56                           | 12.42     |
| ม.ค.  | 17.14            | 27.12     | 57.38                               | 27.12     | 9.65                           | 27.12     |
| ก.พ.  | 7.59             | 8.98      | 3.71                                | 8.98      | 15.81                          | 8.98      |
| มี.ค. | 12.10            | 39.64     | 10.66                               | 39.64     | 14.24                          | 39.64     |
| รายปี | 1776.24          | 1059.49   | 1184.37                             | 1060.22   | 914.71                         | 1059.49   |

ตารางที่ ก-4 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำท่ารายเดือน

| เดือน | สถานี B.8A (ล้านลบ.ม.) |           | อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์<br>(ล้านลบ.ม.) |           | อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน (ล้าน<br>ลบ.ม.) |           |
|-------|------------------------|-----------|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
|       | 2550-2559              | 2570-2579 | 2550-2561                                 | 2570-2581 | 2550-2561                             | 2570-2581 |
| เม.ย. | 0.32                   | 0.00      | 6.59                                      | 0.00      | 25.95                                 | 12.10     |
| พ.ค.  | 205.70                 | 3.35      | 5.34                                      | 0.00      | 39.03                                 | 70.59     |
| มิ.ย. | 69.85                  | 6.21      | 0.00                                      | 0.00      | 95.69                                 | 84.86     |
| ก.ค.  | 8.75                   | 6.58      | 1.40                                      | 0.71      | 134.09                                | 69.55     |
| ส.ค.  | 141.07                 | 14.35     | 8.61                                      | 24.52     | 187.45                                | 62.23     |
| ก.ย.  | 8.53                   | 4.94      | 3.34                                      | 0.00      | 169.05                                | 90.14     |
| ต.ค.  | 170.13                 | 10.39     | 12.79                                     | 8.57      | 230.56                                | 460.65    |
| พ.ย.  | 43.47                  | 0.97      | 3.50                                      | 0.11      | 135.16                                | 123.60    |
| ธ.ค.  | 4.20                   | 0.30      | 0.67                                      | 0.00      | 73.29                                 | 56.63     |
| ม.ค.  | 4.85                   | 0.48      | 1.98                                      | 1.67      | 47.72                                 | 27.80     |
| ก.พ.  | 2.55                   | 0.21      | 0.00                                      | 0.00      | 40.16                                 | 21.28     |
| มี.ค. | 0.00                   | 0.03      | 0.10                                      | 0.00      | 32.52                                 | 14.69     |
| รายปี | 659.43                 | 47.82     | 44.31                                     | 35.58     | 1210.67                               | 1094.12   |