



รายงานการวิจัยการพัฒนากการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์  
เสนอ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

การวิเคราะห์ทรัพยากรน้ำและอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี  
ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม

Analysis of Water Resources and Floods in Phetchaburi River Basin  
Under Changing Environment

รหัสโครงการ PRP6205030560

#### คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.วิษุวัตม์ แต่สมบัติ	ผู้อำนวยการแผนวิจัย
รศ.ดร.วราวุธ วุฒินิชย์	ที่ปรึกษาแผนงานวิจัย
รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน	ที่ปรึกษาแผนงานวิจัย
ดร. เกศวรา สิทธิโชค	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อยที่ 1
ผศ.ดร.นิริรัชต์ สงวนเดือน	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อยที่ 2
ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อยที่ 3
ผศ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อยที่ 4
ผศ.นิมิตร เติตฉันทพิพัฒน์	ผู้ร่วมโครงการ
รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	ผู้ร่วมโครงการ
อ.นงลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ	ผู้ร่วมโครงการ
ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารุฒิชัย	ผู้ร่วมโครงการ
ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร	ผู้ร่วมโครงการ
ผศ.ดร.พงษ์ธร โสภณพันธ์	ผู้ร่วมโครงการ
ดร.ธเนศร์ สมบูรณ์	ผู้ร่วมโครงการ
นายคมสันต์ ไชโย	ผู้ร่วมโครงการ
นายเวสารัช โสภณดิเรกรัตน์	ผู้ร่วมโครงการ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)  
ประจำปีงบประมาณ 2562

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 จนสามารถทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงเป็นผลสำเร็จในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ตรวจสอบทางวิชาการที่ได้ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานราชการ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมอุตุนิยมวิทยา และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ที่ได้อำนวยความสะดวกประกอบการศึกษาวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ (WRCMIS Lab) ที่ได้อำนวยความสะดวกสถานที่และซอฟต์แวร์แบบจำลองต่างๆ และคณาจารย์ แห่งภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ช่วยสนับสนุนและแนะนำตลอดจนให้กำลังใจจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยฉบับนี้จะสามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย  
มีนาคม 2563

## บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ทรัพยากรน้ำและอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรีภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ประกอบด้วยการศึกษาวิจัย 2 กลุ่ม ได้แก่ การศึกษาวิจัยในกลุ่มที่ 1 ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (AR5) จากแบบจำลอง GCMs (General Circulation Models) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งช่วยลดปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมได้ อย่างไรก็ตาม ในหลายพื้นที่ยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอยู่ จึงได้เสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่ ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นได้ในอีกหลายพื้นที่ ในส่วนของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่ามีความสามารถในการปรับตัวมากที่สุดในองค์ประกอบการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำการเกษตรยั่งยืน และการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม ตามลำดับ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการปรับตัวของภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำเพชรบุรีให้เกิดประสิทธิภาพ รวมถึงผลการศึกษานำไปเป็นเครื่องมือในการประยุกต์ในลุ่มน้ำอื่นต่อไป ส่วนการวิจัยในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเน้นไปที่เขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่า ความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำในปัจจุบันสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ถึงค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 4,676.96 ลบ.ม. ต่อวินาที และคิดเป็นปริมาตรน้ำหลาก เท่ากับ 1,057.62 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของผลการศึกษากฎการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากด้วยเทคนิค Vacancy Requirement Rule Curves (VRRC) พบว่า มีความเหมาะสมต่อการใช้บริหารจัดการน้ำหลาก โดยไม่เกิดปริมาณน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำและไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นจากปีปกติ ส่วนผลการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ สามารถคาดเดาได้ว่าปริมาณน้ำที่จะไหลทะลักออกมาทั้งหมด จะอยู่ระหว่าง 800 ล้าน ลบ.ม. ถึง 1,200 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับปริมาตรที่ระดับเก็บกักสูงสุดและปริมาตรของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อน โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ปริมาณ 70,000 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งจะให้น้ำท่วมพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีส่วนตะวันออกเป็นวงกว้าง ฉะนั้นการศึกษาเพื่อรับมือกับอุทกภัยที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจึงมีความจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ สำหรับการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานที่มีโอกาสเกิดมากที่สุด จะเป็นกรณีเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.รทก. กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.รทก. เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนถึงสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน

**คำสำคัญ:** การจัดการน้ำ, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า, น้ำท่วม, การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตร, การวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อน, แบบจำลองทางกายภาพ, น้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้, เขื่อนแก่งกระจาน, ลุ่มน้ำเพชรบุรี

## Abstract

An analysis of water resources and floods in Phetchaburi River Basin under changing environment consists of 2 groups of research studies namely research group 1 related to research on climate change and adaptation. It found that the average amount of rainfall in the future under climate change (AR5) developed using GCMs (General Circulation Models) is likely to increase and help to decrease irrigation water requirements. However, many irrigated areas still faced drought problems. Changing cropping patterns of this area were recommended to alleviate drought situation in some irrigated areas in the basin. For farmers in the Phetchaburi River Basin found that the most adaptable is the perception component of ecological and environmental changes, followed by access to resources and information sustainable agriculture and participatory management, respectively. As a result, the related government agencies can use as information in planning the climate adaptation of agricultural sectors in the Phetchaburi river basin to be more efficient and can be used as a tool for further application in other river basins. For research group 2 which focuses on Kaeng Krachan Dam which is a large dam located in the Phetchaburi river basin found that the capacity of the overflow spillway structure and the appropriate criteria for the current drainage can support the flood volume up to the probable maximum flood (PMF), which has a maximum inflow of 4,676.96 cubic meters per second and a volume of inflow equal to 1,057.62 million cubic meters. The study of the reservoir management criteria during the flood season by Vacancy Requirement Rule Curves (VRRC) technique, it found that it is suitable for the use of flood management with no flooding downstream and without increasing water shortage from the normal year. The analysis of the flow through Kaeng Krachan Dam Breach by physical model can predict that the amount of water that will spill out all between 800 million cubic meters and 1,200 million cubic meters, equal to the volume at the maximum retention level and the volume of water that flows over the dam. The maximum flow rate is 70,000 cubic meters per second, which will cause flooding in the eastern Phetchaburi province to a wide extent. Therefore, studies to cope with the flooding caused by the Kaeng Krachan Dam are necessary to make a plan to deal with the possible events. It revealed that the most likely of Dambreak to occur will be the case of the second dike dam collapse until the ridge level of overflows at +99.00 m.MSL with the initial water level at +99.00 m.MSL. The Dam will start breaking at +103.00 m.MSL until stop breaking at +99.00 m.MSL. The maximum outflow from the dambreak is around 6,655 cms and takes 4 hours from the beginning of the disaster to the end. The travel time of the water from the disaster to Phet Dam takes about 12 hours, the maximum water depth is 3.0 meters in the area of Bang Tabun Subdistrict, Ban Laem District Phetchaburi Province with an area of flooding equal to 818 square kilometers (511,250 rai). The period of flooding in the lower area of the Phetchaburi River Basin is approximately 3 days.

**Keywords:** water management, climate change, climate change adaptation, land use change, rainfall-runoff model, flooding, agricultural water use management, dam breach analysis, physical model, probable maximum flood, Kaeng Krachan dam, Phetchaburi river basin

## สารบัญ

สรุปภาพรวมทั้งหมดของการดำเนินงาน	8
<b>1. บทนำ (Introduction)</b>	<b>18</b>
1.1 บทนำ	18
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	19
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	19
<b>2. วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>20</b>
<b>3. ผลการวิจัย</b>	<b>26</b>
3.1 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 1 “การบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”	29
3.2 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 2 “การประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี”	32
3.3 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 3 “การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย”	35
3.4 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 4 “การจำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน”	38
<b>4 สรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)</b>	<b>40</b>
<b>เอกสารอ้างอิง (References)</b>	<b>42</b>
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก การชี้แจงข้อคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	44

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1	ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 และ 2559)	25
--------------	---	----

## สารบัญรูป

รูปที่ 2-1	แผนผังการเชื่อมโยงกันระหว่างแผนวิจัยและโครงการวิจัยย่อย	21
รูปที่ 2-2	สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี	22
รูปที่ 2-3	สถานีวัดน้ำฝน-น้ำท่าในกลุ่มน้ำเพชรบุรีและพื้นที่ข้างเคียง	23
รูปที่ 2-4	ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 และ 2559)	24
รูปที่ 2-5	กราฟแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในกลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 2559)	24

## สรุปภาพรวมทั้งหมดของการดำเนินงาน

แผนงานวิจัย “การวิเคราะห์ทรัพยากรน้ำและอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรีภายใต้การเปลี่ยนแปลงสถานะแวดล้อม” ซึ่งประกอบด้วย โครงการวิจัยย่อยทั้งสิ้น 4 โครงการ ได้แก่ 1) การบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) การประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำเพชรบุรี 3) การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย และ 4) การจำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน โดยสามารถสรุปเป็นภาพรวมของผลการดำเนินงานแยกเป็นรายโครงการวิจัยย่อยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการได้ดังตาราง

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<b>โครงการวิจัยย่อยที่ 1: การบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ</b>	
1.1 การประเมินผลสถานะอากาศภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ผลการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและอุณหภูมิจากแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ได้แก่ CanESM2 HADGEM2_AO และ CSIRO ภายใต้ 3 สถานการณ์ (RCP 2.6 RCP 4.5 RCP 8.5) พบว่าปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากการทบทวนการศึกษาของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากร ธรรมชาติ พบว่ามีความสอดคล้องกันในเรื่องปริมาณฝนที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1,000 – 1,200 มม. ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ซึ่งอยู่ประมาณ 1,200 – 1,300 มม. แต่อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของแบบจำลอง GCMs ที่นำมาใช้ในการศึกษา สถานการณ์ที่เลือกมาใช้ รวมถึงการเลือกสถานีการตรวจวัดปริมาณฝน เป็นต้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดในปัจจุบัน สำหรับช่วงระยะเวลาใกล้ แต่สำหรับช่วงระยะเวลาไกลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยจะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย
1.2 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน ณ ปัจจุบันและภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ผลการประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ณ ช่วงเวลาปัจจุบันพบว่าภาคเกษตรกรรมเป็นกิจกรรมที่มีการใช้น้ำมากที่สุด โดยมีปริมาณความต้องการน้ำรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,287.29 ล้าน ลบ.ม. (98%) ความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศเฉลี่ย 15.87 ล้าน ลบ.ม. (1.2%) ความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภคเฉลี่ย 6.76 ล้าน ลบ.ม. (0.5%) และความต้องการน้ำเพื่อการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมเท่ากับ 2.21 ล้าน ลบ.ม. (0.3%)  ผลการประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่ากิจกรรมการใช้น้ำต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีสถานการณ์ขาดแคลนน้ำที่ลดลงหากพิจารณาเป็นร้อยละของการขาดแคลนน้ำ แต่หากเปรียบเทียบความรุนแรงของสถานการณ์ขาดแคลนน้ำจะพบว่ามีสถานะที่คงที่หรือมีความรุนแรงลดลงบ้างในบางพื้นที่

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
1.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบจำลอง SWAT และ Mike-hydro (Basin) ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบและทวนสอบสำหรับประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี จำนวน 4 สถานี ได้แก่ ปริมาณน้ำเข้าเขื่อนแก่งกระจาน B.9 B.8 และ B.10 โดยมีค่า $R_2$ และ Nash-Sutcliffe coefficient สำหรับการเปรียบเทียบอยู่ในช่วงระหว่าง 0.43-0.79 และ 0.31-0.65 และช่วงการทวนสอบเท่ากับ 0.50-0.73 และ 0.22-0.73
1.4 การประเมินปริมาณน้ำท่าภายใต้สถานการณ์ปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	<p>ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า ณ จุดบริเวณน้ำเข้าเขื่อนแก่งกระจาน ปริมาณน้ำที่เข้าเขื่อนเพิ่มสูงขึ้น โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนตุลาคม (<math>56.18 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และต่ำสุดในเดือนมกราคม (<math>6.78 \text{ m}^3/\text{s}</math>) ในช่วงระยะใกล้ ปริมาณน้ำท่าสูงสุดเข้าเขื่อนแก่งกระจานของทั้ง 3 สถานการณ์อยู่ในช่วงตุลาคมเช่นเดียวกับสภาวะปัจจุบัน มีค่าระหว่าง <math>64.75-73.47 \text{ m}^3/\text{s}</math> แต่ค่าต่ำสุดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงเดือนเมษายนซึ่งมีค่าเท่ากับ <math>21.93 - 28.67 \text{ m}^3/\text{s}</math> และในช่วงระยะไกลมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ <math>68.47-76.38 \text{ m}^3/\text{s}</math> และค่าต่ำสุดในช่วงเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ <math>25.15-31.07 \text{ m}^3/\text{s}</math></p> <p>สถานีตรวจวัด B9 ผลภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีค่าแตกต่างจากผลที่ได้จากสถานการณ์ปัจจุบันในบางช่วง เนื่องจาก B9 อยู่ภายใต้การบริหารจัดการของเขื่อนแก่งกระจานซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประเมินปริมาณน้ำท่าช่วงอนาคต โดยปัจจุบันมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนเมษายน (<math>40.88 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และต่ำสุดในเดือนธันวาคมเท่ากับ (<math>13.29 \text{ m}^3/\text{s}</math>) สำหรับผลการประเมินปริมาณน้ำท่าภายใต้ 3 สถานการณ์ ในช่วงระยะใกล้ค่าสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน (<math>88.19-95.87 \text{ m}^3/\text{s}</math>) ในขณะที่ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายน (<math>24.65-32.16 \text{ m}^3/\text{s}</math>) แต่ในช่วงระยะไกลปริมาณน้ำท่าสูงสุดเปลี่ยนแปลงไปเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม (<math>96.24-108.19 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และค่าต่ำสุดในเดือนเมษายน (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</p> <p>สถานีตรวจวัด B8 ผลจากการประเมินในช่วงปัจจุบันพบว่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนตุลาคม (<math>6.89 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์โดยมีค่าเท่ากับ (<math>0.18 \text{ m}^3/\text{s}</math>) สำหรับสถานการณ์อนาคตในช่วงระยะใกล้ ค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดของ RCP4.5 และ RCP8.5 เกิดขึ้นในเดือนกันยายน (<math>6.97-9.61 \text{ m}^3/\text{s}</math>) ในขณะที่ RCP 2.6 เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนตุลาคม (<math>9.26 \text{ m}^3/\text{s}</math>) ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ (<math>0.10-0.13 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และสำหรับในช่วงระยะไกลพบว่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดของทั้ง 3 สถานการณ์เกิดขึ้นในเดือนกันยายน (<math>9.39-15.21 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และปริมาณน้ำท่าต่ำสุดของ RCP2.6 เกิดขึ้นในเดือนมีนาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ (<math>0.23 \text{ m}^3/\text{s}</math>) และ RCP4.5 และ RCP8.5 มีค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง (<math>0.12-0.14 \text{ m}^3/\text{s}</math>)</p> <p>สถานีตรวจวัด B10 ซึ่งเป็นบริเวณหลังเขื่อนเพชรมีความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าในช่วงปัจจุบันที่ได้จากการประเมินโดยแบบจำลองค่อนข้างมากกับผล</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
	<p>การประเมินในช่วงของอนาคต เนื่องจากการจัดสรรน้ำบริเวณเขื่อนเพชรยังคงเป็นของสถานการณ์ปัจจุบันแต่ในช่วงอนาคตมีปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยที่ปริมาณน้ำท่าในช่วงปัจจุบันมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 87.27 m<sup>3</sup>/s และปริมาณน้ำท่าต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 19.5 m<sup>3</sup>/s ในช่วงระยะใกล้ปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 283.75-293.83 m<sup>3</sup>/s และมีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายนอยู่ในช่วงระหว่าง 56.31-293.83 m<sup>3</sup>/s สำหรับในช่วงระยะไกลปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมทั้ง 3 สถานการณ์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 259.70-290.05 m<sup>3</sup>/s และมีปริมาณน้ำท่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 60.72-73.22 m<sup>3</sup>/s</p>
<p>1.5 พัฒนาแผนการปรับตัวการใช้ น้ำชลประทานให้มีความสอดคล้อง กับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ</p>	<p>ถึงแม้ว่าผลจากการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจาก 3 แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนในพื้นที่เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลไปในทิศทางที่ดีต่อการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอเพื่อการเกษตรกรรม อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำและกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีจำนวน 10 แห่ง ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินถึงสถานะการขาดแคลนน้ำที่เป็นอยู่ในปัจจุบันและภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งผลจากการประเมินพบว่าถึงแม้ว่าจะมีปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นก็ยังไม่สามารถลดความรุนแรงของการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ได้ เช่นในพื้นที่ห้วยสามเขา ห้วยสงสัย ห้วยแม่ประจันต์ และห้วยพูน้อย เป็นต้น ดังนั้น จึงได้มีแนวคิดในการปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกคือ กำหนดให้ช่วงที่มีความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวสูงสุดอยู่ในช่วงที่มีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงสำหรับการเพาะปลูกข้าวในฤดูแล้ง และกำหนดปฏิทินการเพาะปลูกในฤดูฝนให้ใช้ประโยชน์จากฝนให้ได้มากที่สุดโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการทำเพาะปลูก ซึ่งกำหนดให้ทำการเพาะปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง คือ ฤดูแล้ง 1 ครั้ง และฤดูฝน 1 ครั้ง ดังเช่นปัจจุบัน ดังนั้นจึงกำหนดให้เริ่มทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนกุมภาพันธ์ แทนที่ปฏิทินการเพาะปลูกเดิมที่เริ่มในเดือนมกราคมและเก็บเกี่ยวเดือนเมษายน ในส่วนฤดูฝนกำหนดให้เริ่มทำการเพาะปลูกเดือนกรกฎาคมและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนตุลาคม</p> <p>ผลจากการทดลองปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกพบว่าร้อยละของการขาดแคลนน้ำรายเดือนเฉลี่ยลดลงในพื้นที่ส่วนใหญ่ เช่นพื้นที่ที่ระบุไว้ข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามยังคงพบว่าในบางพื้นที่ยังคงประสบปัญหาในเรื่องของสภาพะการขาดแคลนน้ำอยู่ ซึ่งในกรณีที่ไม่สามารถบรรเทาสถานะการขาดแคลนน้ำได้อาจมีการใช้ปฏิทินการเพาะปลูกเดิมร่วมกับแนวทางการปรับตัวอื่นๆ อาทิเช่นการลดพื้นที่เพาะปลูก การเพิ่มประสิทธิภาพชลประทาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามแต่การจำลองสถานะการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูกพิจารณาเฉพาะสถานะการขาดแคลนน้ำ และมีได้พิจารณาสภาพอุทกภัยที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตร่วมด้วย</p>

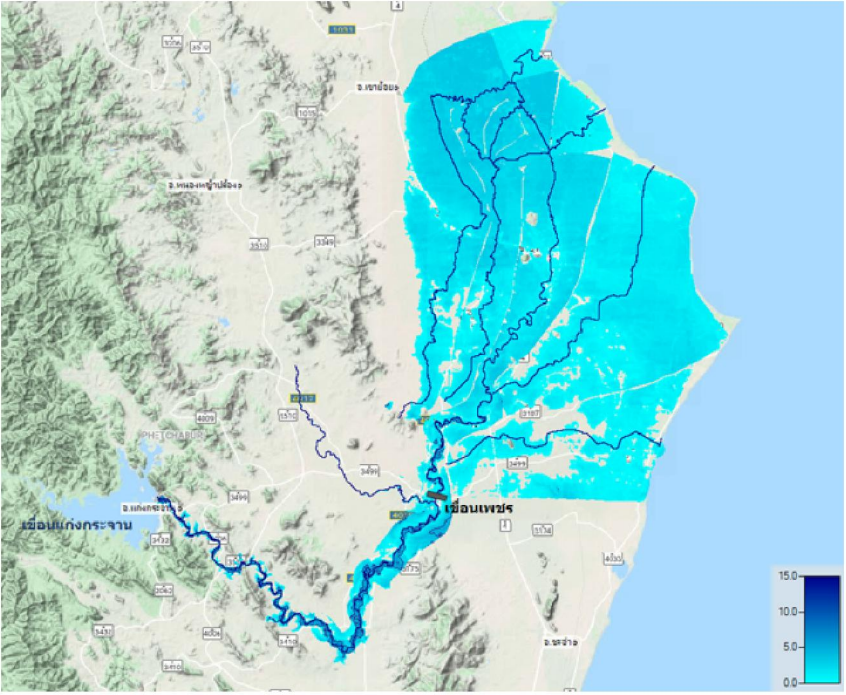
แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<b>โครงการวิจัยย่อยที่ 2: การประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี</b>	
2.1 การพัฒนาตัวชี้วัดการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี	ตัวชี้วัดสำหรับการประเมินการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรีได้รับการพัฒนาตามกระบวนการ 1) การยกย่องจากทฤษฎี 2) การทวนสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้วยค่า IOC และ 3) การประเมินโดยเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยแบ่งเป็นการประเมินความสามารถในการปรับตัว 25 ตัวชี้วัด และการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 18 ตัวชี้วัด และสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 องค์ประกอบ กลุ่มตัวชี้วัดที่มีค่าน้ำหนักหรือเป็นมิติที่เกษตรกรให้ความสำคัญมากที่สุด คือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร รองลงมาได้แก่ ระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม และการทำเกษตรแบบยั่งยืน ตามลำดับ
2.2 การวิเคราะห์การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการบริหารจัดการน้ำในกลุ่มน้ำเพชรบุรี	<p>ผลประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรีในประเด็นความสามารถในการปรับตัว พบว่า เกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรีเห็นว่าตนเองมีความสามารถในการปรับตัวการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อมสูงสุด รองลงคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำเกษตรยั่งยืน และการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม เมื่อพิจารณารายตัวชี้วัดพบว่า เกษตรกรมีความสามารถในการปรับตัวน้อยที่สุดในการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงแผนการเพาะปลูกและความหลากหลายของพืชที่ปลูกน้อยที่สุด แผนการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เกษตร และความเข้มแข็งของชุมชนในการอนุรักษ์เมล็ดพันธุ์ (การรวบรวม พันธุ์ และรักษา)</p> <p>ในด้านการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า เกษตรกรมีการดำเนินการด้านการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมสูงสุด รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำเกษตรแบบยั่งยืน และระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยการดำเนินกิจกรรมการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละการดำเนินกิจกรรม พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมในการจัดทำแผนตอบสนองต่อภัยพิบัติมีการดำเนินการมากที่สุด และกิจกรรมที่มีความครอบคลุมน้อยที่สุดคือ การอนุรักษ์ป่าไม้ และการเข้าถึงการประกันราคาผลผลิต ตามลำดับ</p>
2.3 ข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรี	จากสังเคราะห์ผลการประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีข้อเสนอในการพัฒนาเป็นแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรี ดังนี้ กลไกส่งเสริม/สร้างความเข้มแข็ง (1) สร้างความรู้ความเข้าใจต่อกลไกกระบวนการในการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทั้งในด้านทรัพยากรน้ำ ภัยพิบัติ และการอนุรักษ์ เพื่อให้เกษตรกรตระหนักบทบาทและความสำคัญของการมีส่วนร่วมของประชาชนนำไปสู่การยกระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการต่างๆ

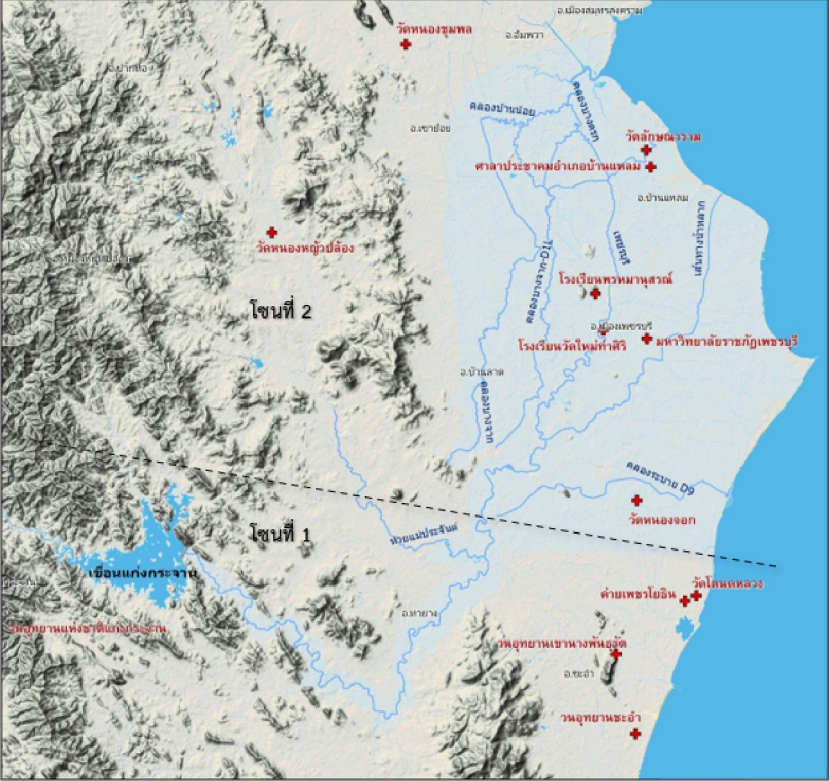
แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
	<p>(2) สร้างความเข้มแข็งของระบบบริหารจัดการเพื่อความเท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรน้ำและปัจจัยสนับสนุนอื่นๆ โดยอาจใช้กลไกการรวมกลุ่ม หรือ platform ที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ ในการขยายขอบเขตประเด็นดำเนินการเกี่ยวกับความเท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรด้วย</p> <p>(3) ส่งเสริมความหลากหลายของพืชในระบบเกษตร เพื่อลดความเสี่ยงจากผลผลิตเชิงเดี่ยว</p> <p>(4) สร้างเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกร โดยเฉพาะรายได้นอกฤดูเก็บเกี่ยว เพื่อลดความเสี่ยงจากรายได้ทางเดียว</p> <p>กลไกการพัฒนาให้เกิดขึ้นในพื้นที่</p> <p>(1) สร้างกลุ่มอนุรักษ์พันธุ์พืช โดยเฉพาะพันธุ์พืชท้องถิ่น เพื่อให้เกิดกลไกการเพิ่มมูลค่าและกลไกการรวมกลุ่มของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อสร้างความเข้มแข็งในการบริหารจัดการด้านอุปทาน</p> <p>(2) สร้างความเข้มแข็งในเชิงการเงินและการตลาดของระบบเกษตรให้แก่เกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรี ตั้งแต่ระดับการทำบัญชีครัวเรือน เพื่อให้เกษตรกรมีศักยภาพในการจัดการต้นทุนการผลิตด้วยตนเอง</p> <p>จากผลการศึกษาและการประชุมกลุ่มเกษตรกรเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับแนวทางการพัฒนาของหน่วยงานภาครัฐ มีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพิ่มเติมในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ดังนี้</p> <p>ระยะสั้น</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เสริมสร้างศักยภาพของตัวแทนภาคเกษตรกรที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้น้ำ เพื่อเป็นตัวกลางในการสื่อสารและรับฟังข้อคิดเห็นจากเกษตรกรในพื้นที่</li> </ul> <p>ระยะยาว</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ยกกระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการบริหารจัดการทรัพยากร เพื่อให้เกิดความโปร่งใสและตรวจสอบได้ในการดำเนินการ และเป็นการส่งเสริมความรับผิดชอบต่อการใช้ทรัพยากรของเกษตรกร</li> <li>- กำหนดนโยบายและ/หรือแผนปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในระดับลุ่มน้ำ ควรนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาใช้ในการวางแผนให้มากขึ้น รวมถึงการปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ และการจัดทำแผนบริหารความเสี่ยงจากการเกิดภัยแล้งและอุทกภัย</li> </ul>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน																																																																																																												
<b>โครงการวิจัยย่อยที่ 3: การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย</b>																																																																																																													
<p>3.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ</p>	<p>1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนแก่งกระจาน วิเคราะห์จากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor)</p> <table border="1" data-bbox="619 456 1490 640"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ช่วงเวลา (วัน)</th> <th colspan="10">ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ, มม.</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>25</th> <th>50</th> <th>100</th> <th>200</th> <th>500</th> <th>1,000</th> <th>10,000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>65.11</td> <td>83.63</td> <td>95.90</td> <td>111.43</td> <td>122.93</td> <td>134.38</td> <td>145.75</td> <td>160.77</td> <td>172.10</td> <td>209.81</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>84.30</td> <td>110.87</td> <td>128.45</td> <td>150.72</td> <td>167.18</td> <td>183.56</td> <td>199.87</td> <td>221.38</td> <td>237.63</td> <td>291.60</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>98.03</td> <td>133.95</td> <td>157.75</td> <td>187.86</td> <td>210.19</td> <td>232.32</td> <td>254.37</td> <td>283.49</td> <td>305.49</td> <td>378.52</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนแก่งกระจานที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ</p> <table border="1" data-bbox="619 768 1490 969"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ผลการศึกษา</th> <th colspan="10">กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>25</th> <th>50</th> <th>100</th> <th>200</th> <th>500</th> <th>1,000</th> <th>10,000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>Q_p</math></td> <td>345.4</td> <td>496.6</td> <td>606.8</td> <td>756.9</td> <td>876.7</td> <td>1,002.9</td> <td>1,136.1</td> <td>1,322.0</td> <td>1,472.7</td> <td>2,028.9</td> </tr> <tr> <td><math>V_T</math></td> <td>82.2</td> <td>117.8</td> <td>143.4</td> <td>178.3</td> <td>206.0</td> <td>235.1</td> <td>265.8</td> <td>308.5</td> <td>343.0</td> <td>470.1</td> </tr> <tr> <td><math>Q_b</math></td> <td>14.5</td> <td>18.7</td> <td>21.4</td> <td>24.9</td> <td>27.6</td> <td>30.3</td> <td>33.0</td> <td>36.6</td> <td>39.4</td> <td>49.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>หมายเหตุ : <math>Q_p</math> หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที  <math>V_T</math> หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.  <math>Q_b</math> หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที</p>	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ, มม.										2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	1	65.11	83.63	95.90	111.43	122.93	134.38	145.75	160.77	172.10	209.81	2	84.30	110.87	128.45	150.72	167.18	183.56	199.87	221.38	237.63	291.60	3	98.03	133.95	157.75	187.86	210.19	232.32	254.37	283.49	305.49	378.52	ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	$Q_p$	345.4	496.6	606.8	756.9	876.7	1,002.9	1,136.1	1,322.0	1,472.7	2,028.9	$V_T$	82.2	117.8	143.4	178.3	206.0	235.1	265.8	308.5	343.0	470.1	$Q_b$	14.5	18.7	21.4	24.9	27.6	30.3	33.0	36.6	39.4	49.0
ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ, มม.																																																																																																												
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000																																																																																																			
1	65.11	83.63	95.90	111.43	122.93	134.38	145.75	160.77	172.10	209.81																																																																																																			
2	84.30	110.87	128.45	150.72	167.18	183.56	199.87	221.38	237.63	291.60																																																																																																			
3	98.03	133.95	157.75	187.86	210.19	232.32	254.37	283.49	305.49	378.52																																																																																																			
ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ																																																																																																												
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000																																																																																																			
$Q_p$	345.4	496.6	606.8	756.9	876.7	1,002.9	1,136.1	1,322.0	1,472.7	2,028.9																																																																																																			
$V_T$	82.2	117.8	143.4	178.3	206.0	235.1	265.8	308.5	343.0	470.1																																																																																																			
$Q_b$	14.5	18.7	21.4	24.9	27.6	30.3	33.0	36.6	39.4	49.0																																																																																																			
<p>3.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)</p>	<p>1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน จาก พายุดีเปรสชั่น รหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 3 วัน ดังนี้</p> <table border="1" data-bbox="675 1379 1342 1565"> <thead> <tr> <th colspan="3">ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)</th> </tr> <tr> <th>1 วัน</th> <th>2 วัน</th> <th>3 วัน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>513.85</td> <td>722.05</td> <td>869.67</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)</p> <table border="1" data-bbox="651 1711 1410 1872"> <thead> <tr> <th>ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)</th> <th>ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)</th> <th>ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,676.96</td> <td>1,057.62</td> <td>86.80</td> </tr> </tbody> </table> <p>ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของเขื่อนแก่งกระจาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต พบว่า ค่า PMF ที่ได้จากการศึกษามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษา PMF ในอดีต นอกจากนี้ เมื่อนำค่า</p>	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)			1 วัน	2 วัน	3 วัน	513.85	722.05	869.67	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	4,676.96	1,057.62	86.80																																																																																													
ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)																																																																																																													
1 วัน	2 วัน	3 วัน																																																																																																											
513.85	722.05	869.67																																																																																																											
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)																																																																																																											
4,676.96	1,057.62	86.80																																																																																																											

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
	<p>PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้มาหารด้วยพื้นที่รับน้ำฝนเพื่อคำนวณเป็นค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ (Unit Peak Discharge) และนำมาพล็อตลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่และพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งพัฒนาจากข้อมูล PMF ของโครงการเขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 43 แห่ง จากรายงาน FAO (2000) พบว่า ค่า PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ให้ค่า Unit Peak Discharge อยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา</p>
<p>3.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ</p>	<p>1) ผลการตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น ในปัจจุบันสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี โดยระดับน้ำสูงสุดไม่เกินกว่าค่าระดับน้ำสูงสุดที่เขื่อนออกแบบไว้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาที่ค่า PMF พบว่า อาคารระบายน้ำล้นในปัจจุบันมีความสามารถไม่เพียงพอที่ควบคุมระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำไม่ให้สูงเกินกว่าระดับน้ำสูงสุดที่เขื่อนได้ออกแบบไว้ และทำให้คงเหลือระยะจากระดับน้ำหลากสูงสุดถึงระดับสันเขื่อน (Dry Freeboard) เพียง 1.30 เมตร เพื่อความปลอดภัยของตัวเขื่อนและพื้นที่ด้านท้ายน้ำ สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี เพื่อลดระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง โดยทำการพร่องน้ำหรือลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน เพื่อเพิ่มปริมาตรความจุสำรองไว้รองรับ PMF โดยต้องลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลงจากระดับเก็บกักปกติ +99.00 เมตร (รทก.) ลดลง 17 เมตร เพื่อให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลงมาอยู่ที่ +82.00 เมตร (รทก.) และ มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง โดยทำการปรับปรุงอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเพิ่มความยาวสันอาคารระบายน้ำล้นจากเดิม 110 เมตร ให้มียาวสันอาคารระบายน้ำล้นขนาด 290 เมตร (เพิ่มขึ้น 180 เมตร) ซึ่งจะให้มีระดับน้ำหลากสูงสุดอยู่ที่ +102.60 เมตร (รทก.)</p> <p>2) ผลการศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ด้วยเทคนิค Vacancy Requirement Rule Curves (VRRC) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมต่อการป้องกันน้ำท่วม เมื่อจำลองสถานการณ์ระบายน้ำที่อัตราการระบายน้ำ เท่ากับ 130 140 และ 150 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ด้วยเทคนิค VRRC พบว่าการจำลองสถานการณ์ระบายน้ำทั้ง 3 แบบ ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยอัตราการระบายน้ำไม่เกินอัตราการระบายน้ำที่กำหนด ปริมาณเก็บกักไม่เกินระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ และมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในฤดูแล้งปีถัดไป อีกทั้งปริมาณน้ำเก็บกักหลังฤดูมรสุมมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ และมากกว่าปริมาณน้ำเก็บกักในปีปกติ จากการใช้ VRRC สามารถสรุปได้ว่ามีความสามารถใช้ในการป้องกันน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำ และมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในปีถัดไป</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<b>โครงการวิจัยย่อยที่ 4: การจำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน</b>	
4.1 การวิเคราะห์อัตราการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน	<p>การวิเคราะห์อัตราการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน สามารถวิเคราะห์ได้จาก การทำการทดลองในแบบจำลองทางกายภาพของเขื่อนแก่งกระจานในห้องปฏิบัติการ โดยมีสมมติฐานในการทำการทดลองว่า เขื่อนจำลองไม่มีการพังทลาย ไม่มีการระบายน้ำที่จุดอื่นๆของเขื่อน มีเพียงการไหลล้นสันเขื่อน ในการทดลอง ข้อมูลอัตราการไหลล้นข้ามสันเขื่อนที่ได้จากการทำการทดลองกับแบบจำลอง ถูกนำมาวิเคราะห์และคำนวณด้วยอัตราส่วนตามความสัมพันธ์ของขนาดเขื่อนจริงและเขื่อนจำลอง เพื่อทำการคำนวณอัตราการไหลที่จะเกิดขึ้นกับเขื่อนจริง ได้เป็นสมการดังนี้</p> $y = 2E-12x^3 - 5E-08x^2 + 0.0007x + 0.1182$ <p>โดย <math>y =</math> ระดับน้ำเหนือสันเขื่อน (เมตร)  <math>x =</math> อัตราการไหลของน้ำข้ามสันเขื่อน (ลบ.ม.)</p>
4.2 การวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน	<p>การวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน ในการทดลองได้มีการตั้งสมมุติดังนี้ 1.อ่างเก็บน้ำไม่มีการระบายน้ำที่ตำแหน่งอื่นๆ 2. การพังทลายของเขื่อนเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำเต็มเขื่อน</p> <p>ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อนที่ทดสอบ การทดลองแสดงให้เห็นว่าการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานด้วยสาเหตุไหลล้นได้ตัวเขื่อนและที่บริเวณด้านข้างของเขื่อน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแรงดันสูงสุด ทำให้การไหลของผ่านได้ตัวเขื่อน มีปริมาณมากกว่าปกติส่งผลให้เกิดการพังทลายขึ้นในบริเวณใต้เขื่อนตัวอย่างขั้นตอนการพังทลายของเขื่อนแสดงในภาคผนวก ข1. ในทุกๆครั้งที่ทำการทดลอง จุดเริ่มต้นการพังทลายจะเริ่มที่ใต้ฐานเขื่อนหรือมุมใต้ฐานเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อน เริ่มจากการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ โครงสร้างด้านเหนือน้ำของเขื่อนเริ่มแตกร้าวยุบตัวลงเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ฐานเขื่อน สันเขื่อนเขื่อนเริ่มมีการขยับตัวยุบลงเรื่อยๆทางด้านท้ายน้ำ การพังทลายของสันเขื่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันกับการไหลของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อนที่รอยแตกร้าวที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกของการแตก การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแตกของสันเขื่อน จนเมื่อระดับน้ำในเขื่อนลดลง ปริมาณน้ำค่อยๆลดลงเรื่อยๆเนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง สุดท้ายตัวเขื่อนจำลองถูกน้ำพัดไปจนหมด</p> <p>อัตราการไหลสูงสุดที่ 78,000 ลบ.เมตร ต่อวินาที เกิดขึ้นที่เวลาประมาณ 2 ชม ภายหลังจากเขื่อนเริ่มมีการพิบัติโดยการไหลของน้ำล้นสันเขื่อน แล้วจึงเริ่มเกิดการพิบัติของเขื่อนจำลอง การพิบัติของเขื่อนทั้งหมดมีระยะเวลาประมาณ 19 ชม. ตั้งแต่เริ่มต้นจนน้ำไหลหมดอ่างเก็บน้ำ</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<p>4.3 แนวทางการรับมือจากผลกระทบและการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน</p>	<p>สำหรับแนวทางทางการรับมือจากผลกระทบและการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน นับว่า มีความสำคัญเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งผลการศึกษารูปได้ว่า การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานที่มีโอกาสเกิดมากที่สุด จะเป็นกรณีเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.(รทก.) กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนถึงสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาน้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน</p>  <p>รูปที่ 7.3.2-4 แผนที่น้ำท่วมจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)</p> <p>ผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งพื้นที่อพยพพิจารณาจากแผนที่น้ำท่วมกรณีฝนตกหนักและมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน คลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาเดินทางประมาณ 24 ชั่วโมง จนถึงตัวเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีเวลาเพียงพอในการแจ้งเตือนให้ราษฎรเคลื่อนย้ายทรัพย์สินขึ้นที่สูงและทำการอพยพไปยังจุดที่กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 13 จุด และพื้นที่อพยพที่กำหนดขึ้นนี้อาจปรับเปลี่ยนเป็นศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสิ้นสุดลง</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
	<p>ลักษณะพื้นที่จากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัวเมืองเพชรบุรี สามารถแบ่งโซนในการอพยพได้ 2 โซน ได้แก่ จากเขื่อนแก่งกระจานถึงจุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนเพชร ในโซนนี้จะกำหนดจุดอพยพไว้ทั้งสิ้น 5 จุด ได้แก่ วนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน วนอุทยานชะอำ วนอุทยานเขานางพันธุรัต ค่ายเพชรโยธิน และวัดโตนดหลวง และโซนอพยพที่ 2 ได้แก่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงตัวเมืองเพชรบุรี กำหนดจุดไว้ 8 จุด ได้แก่ วัดหนองจอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ ศาลาประชาคมอำเภอบ้านแหลม วัดลักษณาราม วัดหนองหญ้าปล้อง และวัดหนองชุมพล</p>  <p>รูปที่ 8.4.3-1 จุดอพยพน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี</p>

# 1. บทนำ (Introduction)

## 1.1 บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของโลกในปัจจุบันเป็นผลต่อเนื่องมาจากปรากฏการณ์โลกร้อนและปรากฏการณ์เรือนกระจกโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งกล่าวได้ว่า ความสัมพันธ์ของทั้งสองการเปลี่ยนแปลงมีความเกี่ยวเนื่องกัน และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรวมทั้งทางด้านน้ำ ด้านอากาศ ด้านอาหาร ด้านเกษตรกรรม และโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นเรื่องที่ไม่แน่นอนและเป็นประเด็นที่ยังคงถกเถียงถึงวิธีการจัดการกับปัญหาและผลกระทบที่จะเกิดขึ้น แต่สิ่งที่สำคัญคือ จะทำอย่างไรที่จะรักษาสุขภาพทรัพยากรธรรมชาติโดยการเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้น

ผลตามมาที่เห็นได้ชัดจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของโลก คือ ด้านทรัพยากรน้ำ ยกตัวอย่างเช่น การเกิดพายุที่รุนแรงขึ้น ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีส่งผลให้ความถี่และความรุนแรงของสภาพน้ำท่วมหรือภัยแล้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในด้านเกษตรกรรมช่วงฤดูฝนที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกของเกษตรกร อีกทั้งการหาปริมาณความต้องการน้ำภาคเกษตรนั้น ต้องอาศัยปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณน้ำฝนและค่าการระเหยของพืชอ้างอิงซึ่งเกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสงแดด เป็นต้น จึงได้นำประเด็นนี้มาศึกษาในโครงการวิจัยย่อยที่ 1 การบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นอกจากนี้ การจัดการทรัพยากรน้ำแบบเดิมมีเพียงปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วม แต่เมื่อมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของประชากรโดยการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้นเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เสื่อมโทรมลงทำให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป ทรัพยากรน้ำก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน เกิดปัญหาภัยแล้ง น้ำท่วมรุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น ประเทศต่างๆ เริ่มให้ความสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ จึงมีแนวคิดในการปรับตัวเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำเพื่อเตรียมการรองรับกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงได้นำมาเป็นประเด็นวิจัยในโครงการวิจัยย่อยที่ 2 การประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

แผนงานวิจัยนี้จึงได้เลือกกลุ่มน้ำเพชรบุรีมาใช้เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ได้ประสบกับปัญหาอุทกภัยอย่างรุนแรงในปี (2561) ซึ่งมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ตั้งอยู่ได้แก่เขื่อนแก่งกระจาน จึงจะนำมาถอดบทเรียนและหาแนวทางรับมือจากผลกระทบและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นต่ออ่างเก็บน้ำดังกล่าวในอนาคตต่อไป ซึ่งนำมาเป็นประเด็นวิจัยในโครงการวิจัยย่อยที่ 3 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย และโครงการวิจัยย่อยที่ 4 การจำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน

แผนงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการสร้างองค์ความรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมดังกล่าว และ ความจำเป็นในการหาแนวทางเพื่อรับมือ เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อความเข้าใจและคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับตัว และเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีความเหมาะสม มั่นคง และยั่งยืนต่อไป เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง จึงได้กำหนดกรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการวิจัยในเชิงลึกของการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูล เครื่องมือ แบบจำลอง และวิธีการศึกษาวิเคราะห์ที่มีความทันสมัยและการบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง จึงได้แบ่งเป็นกลุ่มที่เกี่ยวข้องกันได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จะเกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ

การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม และการบริหารจัดการลุ่มน้ำ ได้แก่ โครงการวิจัยย่อยที่ 1 ถึง 2 และกลุ่มที่ 2 จะเน้นไปที่เขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยจะศึกษาปรับปรุงปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ไหลเข้าสู่เขื่อนฯ และการวิเคราะห์พิบัติของเขื่อนฯ ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนฯ ต่อไป ได้แก่ โครงการวิจัยย่อยที่ 3 และ 4

อย่างไรก็ตาม ทุกโครงการวิจัยย่อย จะเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านน้ำ ด้านการเกษตรกรรม และด้านการชลประทาน ซึ่งจะต้องทำนายผลกระทบดังกล่าวในอนาคตและหาแนวทางปรับมือหรือปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่มีความเหมาะสม มั่นคง และยั่งยืนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) หาแนวทางในการบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 2) หาแนวทางในการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำเพชรบุรี
- 3) วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี
- 4) หาแนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย
- 5) จำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

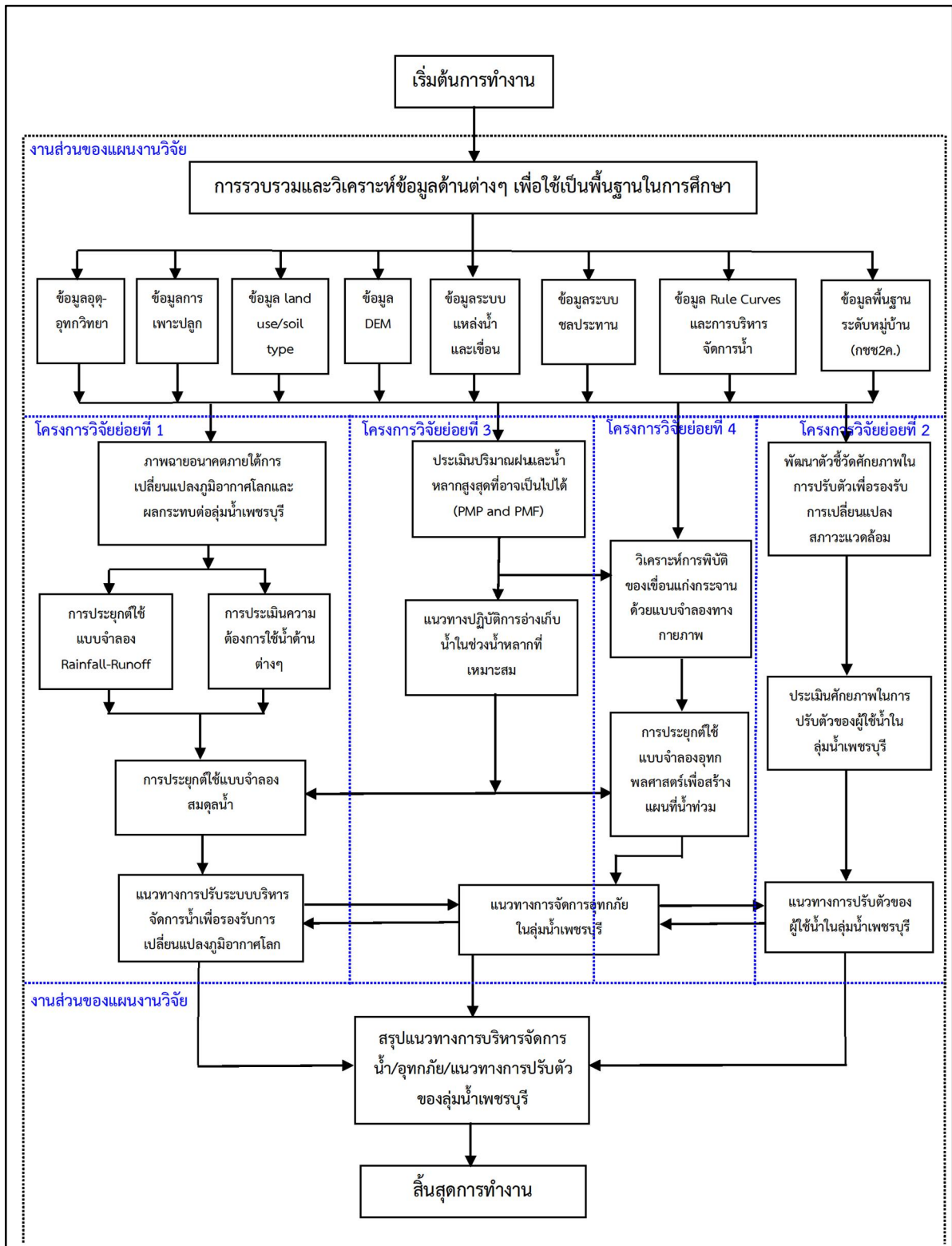
- 1) สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่
- 2) ซอฟต์แวร์และแบบจำลองของลุ่มน้ำเพชรบุรี
- 3) การตีพิมพ์บทความในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ และ/หรือ ระดับชาติ อย่างน้อยปีละ 4 เรื่อง
- 4) การใช้ผลงานวิจัยเป็นเอกสารประกอบการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมชลประทานทั้งในระดับปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษา
- 5) องค์ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้คาดการณ์ผลกระทบในอนาคต และใช้วางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมั่นคงและยั่งยืนของลุ่มน้ำเพชรบุรี

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

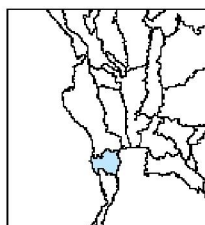
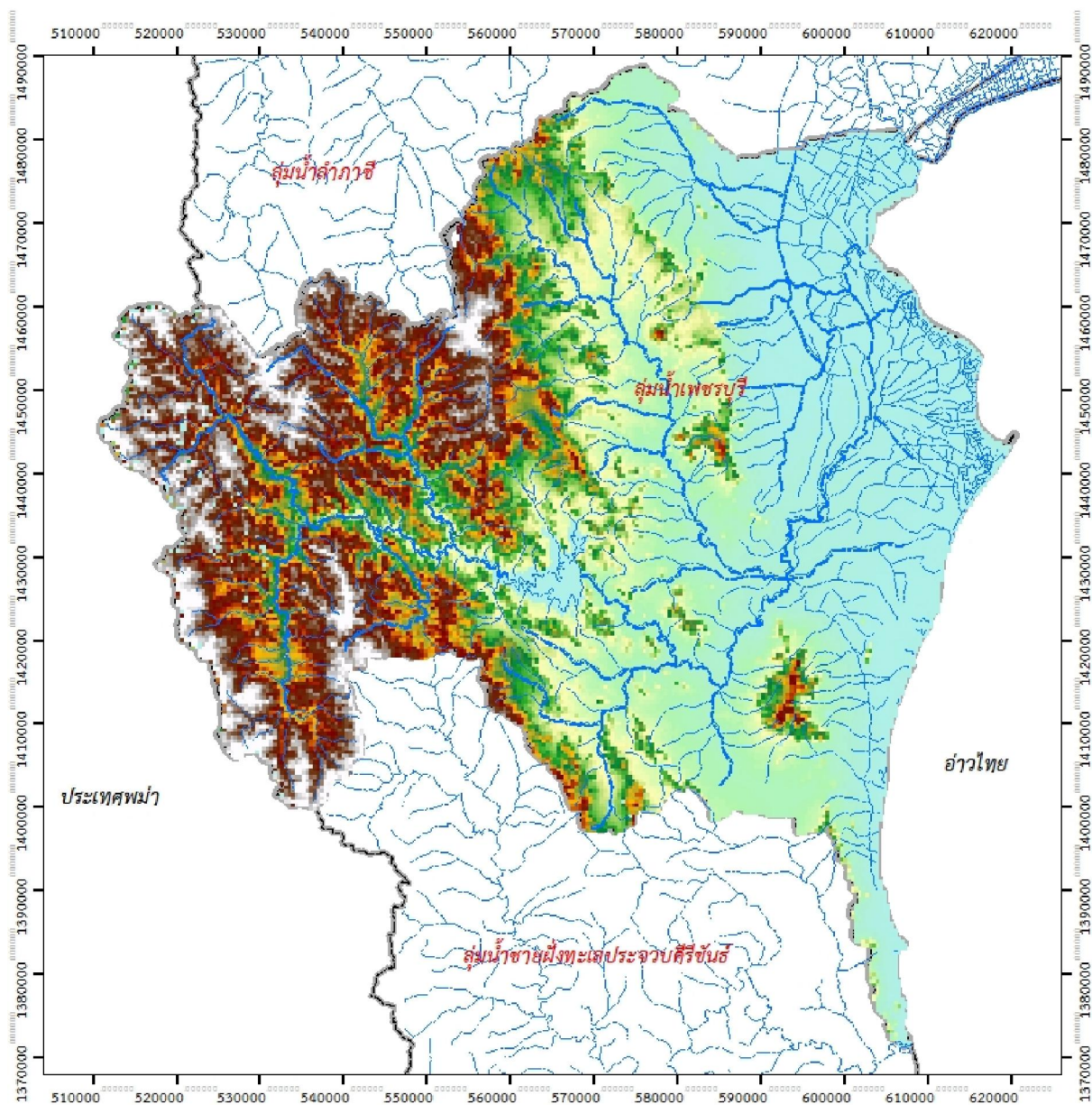
กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย จะอยู่บนพื้นฐานของการวิจัยในเชิงลึกของการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูล เครื่องมือ แบบจำลอง และวิธีการศึกษาวิเคราะห์ที่มีความทันสมัยและการบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง และได้คัดเลือกกลุ่มน้ำขนาดใหญ่ คือ กลุ่มน้ำเพชรบุรี มาใช้เป็นพื้นที่ศึกษา จึงได้เกิดโครงการวิจัยย่อย จำนวนทั้งสิ้น 4 โครงการ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่เกี่ยวข้องกันได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จะเกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม และการบริหารจัดการลุ่มน้ำ ได้แก่ โครงการวิจัยย่อยที่ 1 ถึง 2 และกลุ่มที่ 2 จะเน้นไปที่เชื่อมแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยจะศึกษาปรับปรุงปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ไหลเข้าสู่เขื่อนฯ และการวิเคราะห์พิบัติของเขื่อนฯ ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนฯ ต่อไป ได้แก่ โครงการวิจัยย่อยที่ 3 และ 4

อย่างไรก็ตาม ทุกโครงการวิจัยย่อย จะเกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านน้ำ ด้านการเกษตรกรรม และด้านการชลประทาน ซึ่งจะต้องทำนายผลกระทบดังกล่าวในอนาคตและหาแนวทางปรับมือหรือปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่มีความเหมาะสม มั่นคง และยั่งยืนต่อไป ดังแสดงแผนผังการเชื่อมโยงกันระหว่างแผนวิจัยและโครงการวิจัยย่อยในรูปที่ 2-1

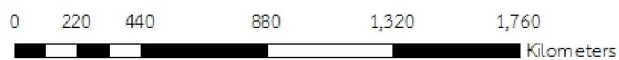
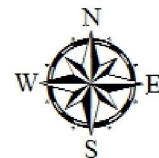
ลุ่มน้ำเพชรบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 6,254.45 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม และราชบุรี ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวตะวันตก - ตะวันออก อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12° 30' เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 13° 30' เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 99° 00' ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 100° 15' ตะวันออก มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่า ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย ดังแสดงสภาพภูมิประเทศในรูปที่ 2-2 และมีโครงข่ายของสถานีวัดน้ำฝน-น้ำท่าของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องในรูปที่ 2-3 เมื่อพิจารณาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำในช่วงที่รวบรวมข้อมูลได้จากกรมพัฒนาที่ดินแบ่งเป็น 4 ช่วงปี คือ ช่วงปี พ.ศ. 2543 ช่วงปี พ.ศ. 2549 ช่วงปี พ.ศ. 2551-2552 และช่วงปี พ.ศ. 2559 ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ถึงรูปที่ 2-5 ตามลำดับ และตารางที่ 2-1 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ป่าไม้เสื่อมโทรม มีแนวโน้มลดลง



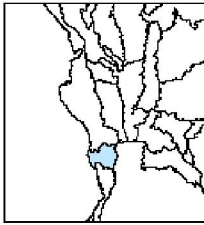
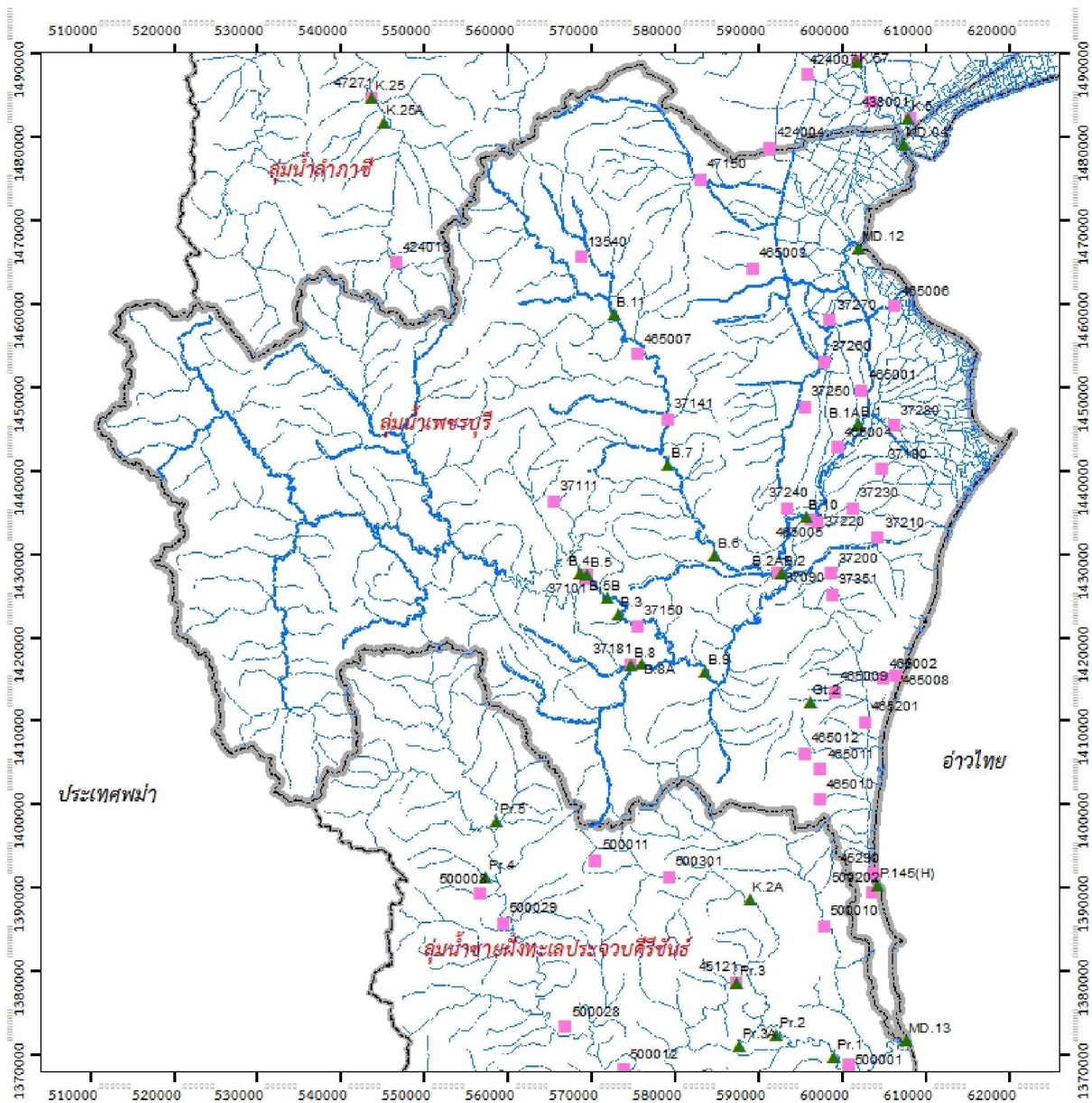
รูปที่ 2-1 แผนผังการเชื่อมโยงกันระหว่างแผนวิจัยและโครงการวิจัยย่อย



คำอธิบายสัญลักษณ์  
 Digital Elevation Model  
 Value  
 High : 1520  
 Low : 0

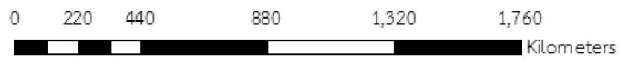


รูปที่ 2-2 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

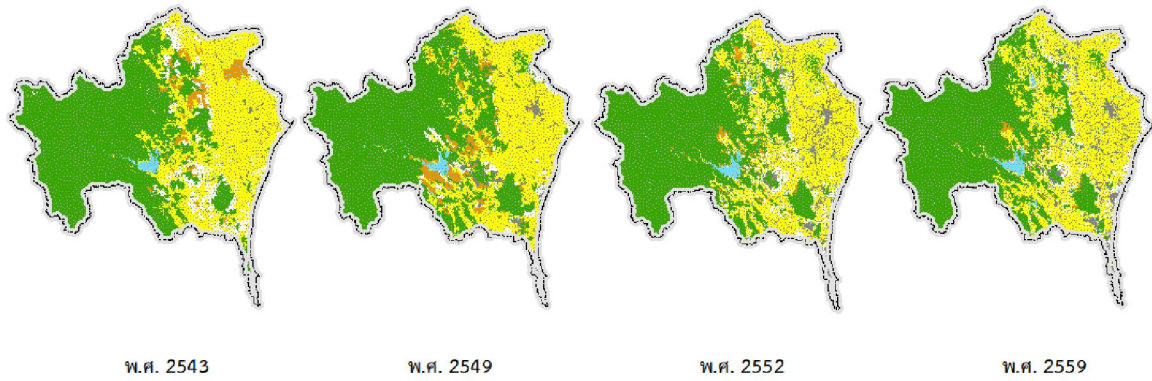
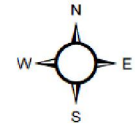


คำอธิบายสัญลักษณ์

- สถานีวัดน้ำฝน
- ▲ สถานีวัดน้ำท่า

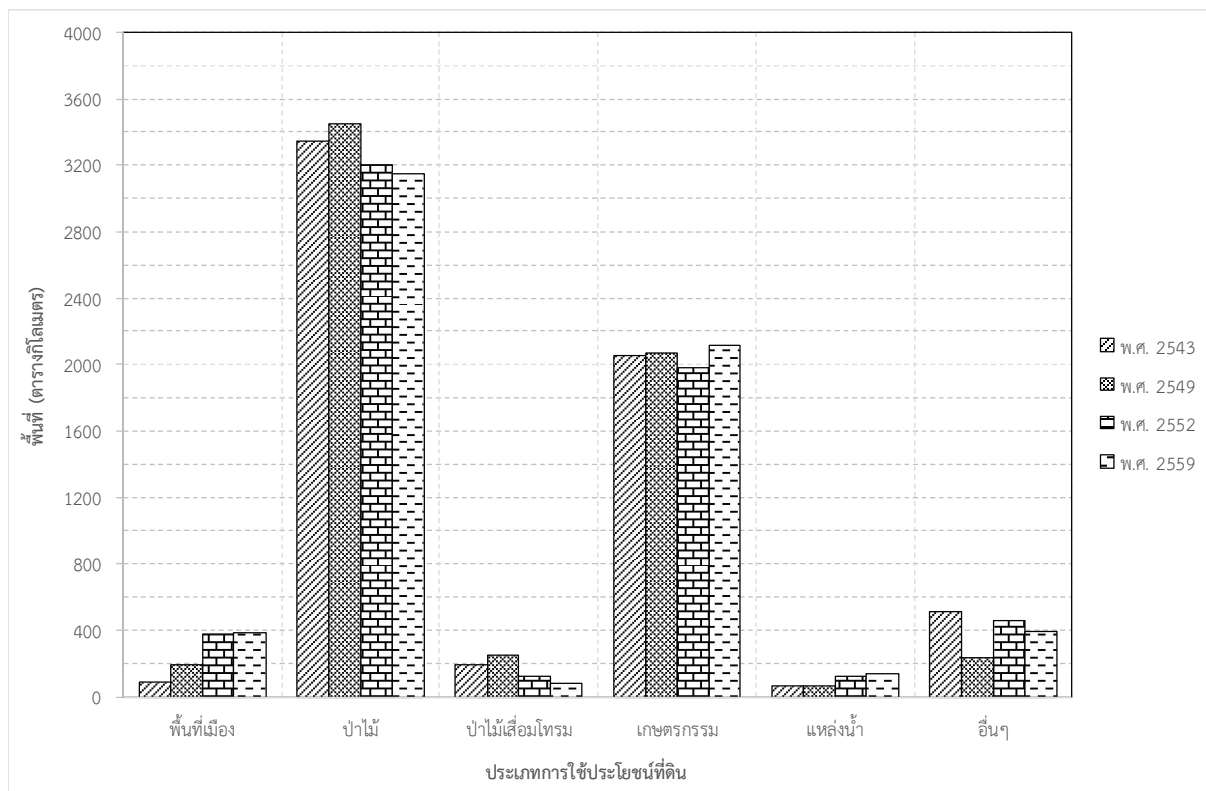


รูปที่ 2-3 สถานีวัดน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรีและพื้นที่ข้างเคียง



การใช้ประโยชน์ที่ดิน    พื้นที่เมือง    ป่าไม้    ป่าไม้เสื่อมโทรม    เกษตรกรรม    แหล่งน้ำ    อื่นๆ

รูปที่ 2-4 ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 และ 2559)



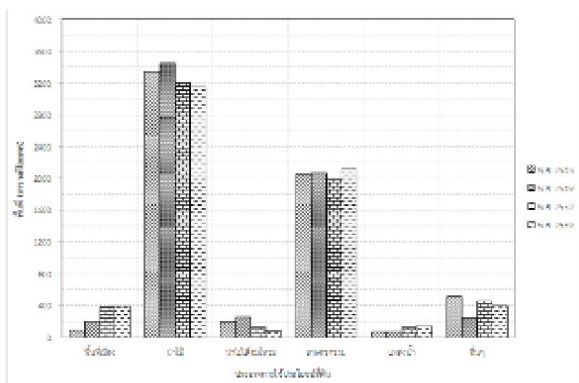
รูปที่ 2-5 กราฟแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในกลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 2559)

ตารางที่ 2-1 ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ช่วงปี (2543 2549 2552 และ 2559)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ. 2543		ปี พ.ศ. 2549		ปี พ.ศ. 2551-52		ปี พ.ศ. 2559	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1. พื้นที่เมือง	85.00	1.36	192.96	3.09	375.79	6.01	382.75	6.12
2. ป่าไม้	3,345.04	53.48	3,444.21	55.07	3,200.07	51.16	3,151.54	50.39
3. ป่าไม้เสื่อมโทรม	190.12	3.04	250.93	4.01	125.27	2.00	78.25	1.25
4. เกษตรกรรม	2,057.14	32.89	2,065.50	33.02	1,976.09	31.59	2,115.42	33.82
5. แหล่งน้ำ	65.61	1.05	66.85	1.07	120.96	1.93	134.93	2.16
6. อื่นๆ	511.53	8.18	234.00	3.74	456.26	7.29	391.55	6.26
รวม	6,254.45	100.00	6,254.45	100.00	6,254.45	100.00	6,254.45	100.00

### 3 ผลการวิจัย

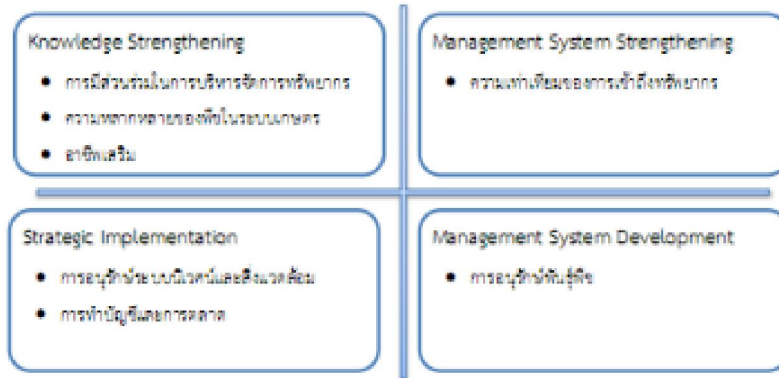
ผลการวิจัยที่สำคัญในส่วนการวิจัยกลุ่มที่ 1 ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (AR5) จากแบบจำลอง GCMs (General Circulation Models) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งช่วยลดปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมได้ อย่างไรก็ตาม ในหลายพื้นที่ยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอยู่ จึงได้เสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเพาะปลูกในพื้นที่ ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นได้ในอีกหลายพื้นที่ ในส่วนของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่ามีความสามารถในการปรับตัวมากที่สุดได้องค์ประกอบการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำการเกษตรยั่งยืน และการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม ตามลำดับ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการปรับตัวของภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำเพชรบุรีให้เกิดประสิทธิภาพ รวมถึงผลการศึกษานำไปเป็นเครื่องมือในการประยุกต์ในลุ่มน้ำอื่นต่อไป ส่วนการวิจัยในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเน้นไปที่เชื่อมโยงงาน ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่า ความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำในปัจจุบันสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 2,028.93 ลบ.ม. ต่อวินาที และคิดเป็นปริมาตรน้ำหลาก เท่ากับ 470.10 ล้าน ลบ.ม. แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 4,676.96 ลบ.ม. ต่อวินาที และคิดเป็นปริมาตรน้ำหลาก เท่ากับ 1,057.62 ล้าน ลบ.ม. พบว่า อาคารระบายน้ำล้นในปัจจุบันมีความสามารถไม่เพียงพอที่ควบคุมระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำไม่ให้สูงเกินกว่าระดับน้ำสูงสุดที่เขื่อนได้ออกแบบไว้ ในส่วนของผลการศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากด้วยเทคนิค Vacancy Requirement Rule Curves (VRRC) พบว่า มีความเหมาะสมต่อการใช้บริหารจัดการน้ำหลาก โดยไม่เกิดปริมาณน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำและไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นจากปีปกติ ส่วนผลการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ สามารถคาดเดาได้ว่าปริมาณน้ำที่จะไหลทะลักออกมาทั้งหมด จะอยู่ระหว่าง 800 ล้าน ลบ.ม. ถึง 1,200 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับปริมาตรที่ระดับเก็บกักสูงสุดและปริมาตรของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อน โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ปริมาณ 70,000 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งจะทำให้น้ำท่วมพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีส่วนตะวันออกเป็นวงกว้าง ฉะนั้นการศึกษาเพื่อรับมือกับอุทกภัยที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจึงมีความจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้



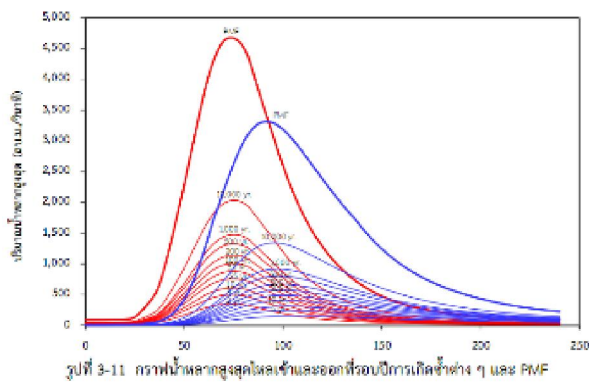
รูปที่ 2-5 ภาพแสดงการที่ประชาชนได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในลุ่มน้ำเพชรบุรี 4 ของปี (2543 2549 2552 2559)

ตารางที่ 2-6-19 การเปรียบเทียบร้อยละของผลกระทบจากน้ำท่วมในกรณีเขื่อนภูมิภาคน้ำเพชรบุรี

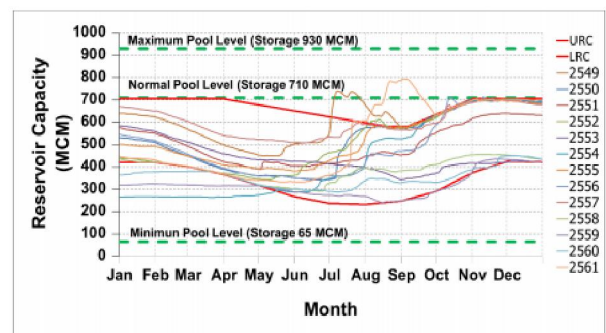
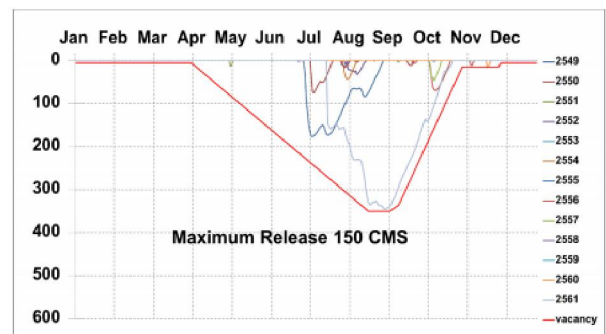
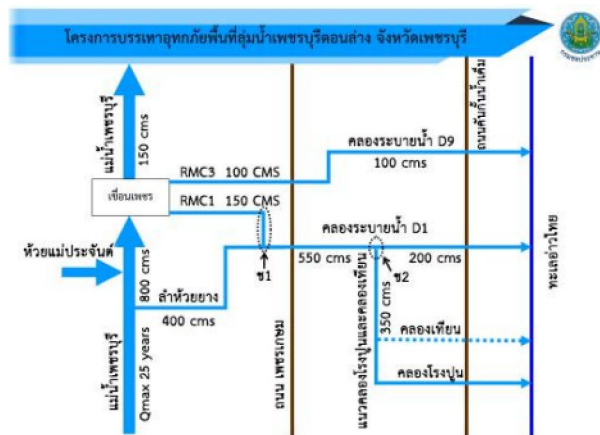
กิจกรรมการใช้น้ำ	สภาพปัจจุบัน (1985-2019)	ร้อยละของผลกระทบจากน้ำท่วม					
		อนาคตช่วงใกล้ (2020-2035)		อนาคตช่วงไกล (2036-2099)			
		RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
พืชสวน	53.8	39.0	22.7	0.0	21.6	22.1	3.0
พืชไร่	12.9	6.4	8.2	0.0	6.3	7.1	3.0
พืชไร่	89.2	83.5	82.4	64.8	82.4	79.1	77.0
พืชไร่	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุมชน	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
พื้นที่ว่าง	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
พื้นที่เกษตร	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
พื้นที่ป่า	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
พื้นที่อยู่อาศัย	43.6	29.1	26.9	12.5	25.4	24.8	15.6
ชาว ค.เกษตร	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



รูปที่ 5.1 ข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์ในการเสริมสร้างความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกร  
ในลุ่มน้ำเพชรบุรี



รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำไหล (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	345.42	82.21	14.54
5	496.65	117.78	18.67
10	606.75	143.44	21.42
25	756.86	178.28	24.94
50	876.67	206.01	27.58
100	1,002.88	235.09	30.25
200	1,136.12	265.75	32.95
500	1,322.03	308.49	36.56
1,000	1,472.70	343.03	39.37
10,000	2,028.93	470.10	49.03
PMF	4,676.96	1,057.62	86.80





ภาพที่ ข1.4.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในขณะที่มีการไหลลงผ่านรอยแตกของเขื่อน



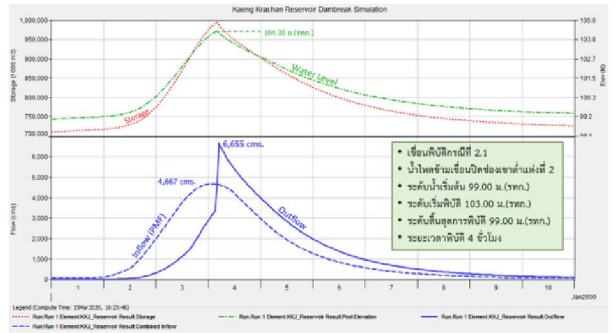
Height (pixel)

Width (pixels)

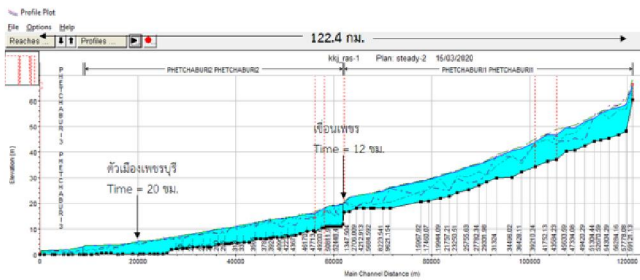
ภาพที่ ค1.8.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการทับถมของเขื่อน วันที่ที่ 42



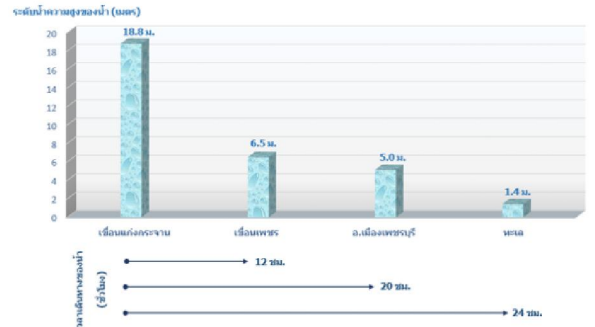
รูปที่ 3.1-3 เขื่อนหลัก เขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 1 และแห่งที่ 2



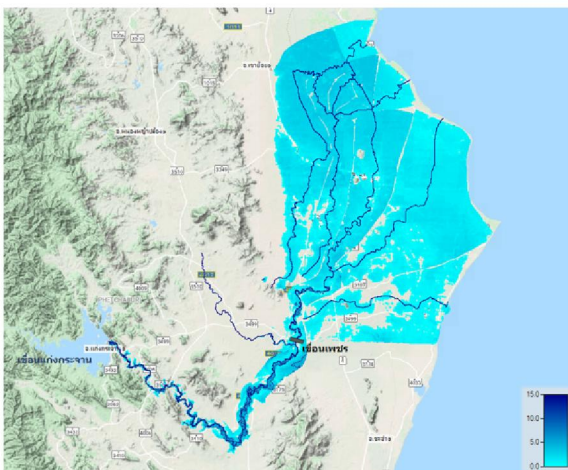
รูปที่ 7.3.2-1 กราฟน้ำหลากจากการทับถมดินไหลลงข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม. (รทท.)



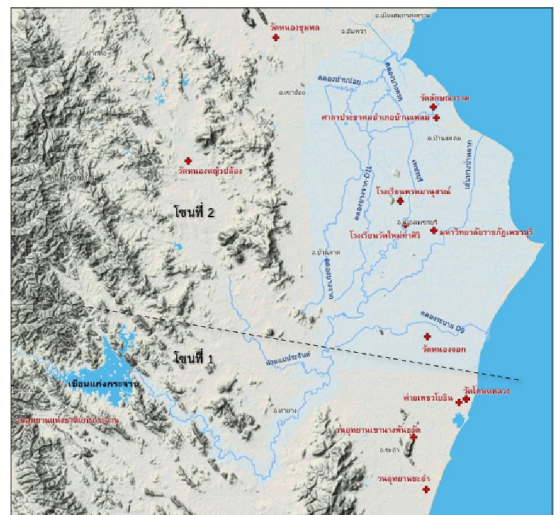
รูปที่ 7.3.2-2 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำจากการทับถมดินไหลลงข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม. (รทท.)



รูปที่ 7.3.2-3 ระยะเวลาการเดินทางของปริมาณน้ำจากการทับถมดินไหลลงข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม. (รทท.)



รูปที่ 7.3.2-4 แผนที่น้ำท่วมจากการทับถมดินไหลลงข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม. (รทท.)



รูปที่ 8.4.3-1 จุดอพยพน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี

สำหรับผลการวิจัยในรายละเอียดจะอยู่ในส่วนของรายงานฉบับสมบูรณ์ของแต่ละโครงการวิจัยย่อยที่ประกอบกันเป็นแผนวิจัย สำหรับในส่วนของแผนวิจัยนี้ได้สรุปผลการวิจัยที่สำคัญแยกเป็นโครงการย่อยได้ดังนี้

### 3.1 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 1 “การบริหารความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”

โครงการวิจัยย่อยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (AR5) ภายใต้สถานการณ์ 2.6 4.5 และ 8.5 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่าและความต้องการน้ำชลประทาน รวมถึงแนวทางในการพัฒนาปรับตัวการใช้น้ำชลประทานให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยได้มีการแบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1. การประเมินสภาวะอากาศในปัจจุบันและอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2. การประเมินความต้องการน้ำในปัจจุบันและอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 3. การประเมินปริมาณน้ำท่าในปัจจุบันและอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลการประเมินปริมาณฝนและอุณหภูมิในปัจจุบันเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ผลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (General Circulation Models: GCMs) 3 แบบจำลองได้แก่ CanESM2 (CAN) CSIRO และ HADGEM2\_AO (HAD) โดยได้มีการแบ่งช่วงเวลาการศึกษาออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงระยะใกล้ (2020-2035) และช่วงระยะเวลายาวไกล (2036-2099) ภายใต้ 3 สถานการณ์ ได้แก่ RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 โดยผลการประเมินปริมาณฝนจำนวนทั้งสิ้น 11 สถานี พบว่าปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มปริมาณฝนส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้นทั้ง 3 แบบจำลอง ซึ่งมีความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงสำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยของทั้ง 3 แบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง -26.5% ถึง 131.8% สำหรับ RCP2.6 -31.7 ถึง 137.3 สำหรับ RCP4.5 และ -19.43 ถึง 127.9 สำหรับ RCP8.5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พบว่ามีความสอดคล้องกันในเรื่องปริมาณฝนที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเพชรบุรี โดยการศึกษาครั้งนี้ได้มีการศึกษาเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำภาคกลางและลุ่มน้ำภาคตะวันตก และจากผลการศึกษาพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีในช่วงปี 1960-2012 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 900-1,100 มม. และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนรายปีในอนาคตอันใกล้ (2015-2034) มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1,000 – 1,200 มม. ซึ่งมีค่าที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ซึ่งอยู่ประมาณ 1,200 – 1,300 มม. แต่อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของแบบจำลอง GCMs ที่นำมาใช้ในการศึกษา สถานการณ์ที่เลือกมาใช้ รวมถึงการเลือกสถานีการตรวจวัดปริมาณฝน เป็นต้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดในปัจจุบันสำหรับช่วงระยะเวลายาวไกล แต่สำหรับช่วงระยะเวลายาวไกลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยจะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีแบ่งออกได้เป็น 4 กิจกรรมหลัก ได้แก่ ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ ความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว และความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งจากการศึกษาความต้องการน้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบันพบว่า กิจกรรมการเกษตรเป็นกิจกรรมที่มีความต้องการน้ำสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ

1,741 ล้าน ลบ.ม. รองลงมาคือความต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศซึ่งมีปริมาณความต้องการน้ำรายปีประมาณ 15 ล้าน ลบ.ม. สำหรับความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค และเพื่อการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม มีค่าเท่ากับ 6.76 ล้าน ลบ.ม. และ 2.21 ล้าน ลบ.ม. จากนั้นผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและอุณหภูมิภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ถูกนำไปใช้คำนวณเพื่อประเมินปริมาณความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมทางการเกษตรกรรม RCP2.6 RCP4.5 และRCP8.5 ทั้งในช่วงระยะเวลาใกล้ (2020-2035) และ ในช่วงระยะเวลาไกล (2036-2099) ซึ่งผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนได้ส่งผลให้ความต้องการน้ำในภาคการเกษตรมีแนวโน้มลดลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการคำนวณความต้องการน้ำในสภาพปัจจุบันทั้ง 3 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนมีนาคมและต่ำสุดในเดือนธันวาคม ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำภาคการเกษตรเฉลี่ยภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 954 – 1,121 ล้าน ลบ.ม.

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) และ Mike-hydro basin ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินถึงปริมาณน้ำท่าทั้งในสภาพปัจจุบันและภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองได้ถูกนำมาปรับใช้ร่วมกัน โดยแบบจำลอง SWAT จะทำการประเมินปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำผิวดิน (Water yield) ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และแบบจำลอง Mike-hydro basin จะนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้เพื่อนำไปใช้ประเมินสถานะการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำควบคู่กับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ แบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองได้ถูกปรับเทียบและทวนสอบ ณ บริเวณที่มีการตรวจวัดปริมาณน้ำจำนวนทั้งสิ้น 4 สถานี ได้แก่ เขื่อนแก่งกระจาน สถานี B9 B8 และ B10 โดยมีค่า  $R^2$  และ NSE สำหรับช่วงเวลาปรับเทียบแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0.43 – 0.79 และ 0.31 – 0.65 และ ค่า  $R^2$  และ NSE สำหรับช่วงเวลาทวนสอบแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0.50 – 0.73 และ 0.22 – 0.73 ซึ่งแบบจำลองที่ได้รับการปรับเทียบแล้วถูกนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 10 แห่งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งสำหรับปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงสุดได้แก่ช่วงเดือนกันยายน – พฤศจิกายน โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงสุดเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 95.90 ลบ.ม./วินาทีในเดือนตุลาคมหรือคิดเป็น 256.86 ล้าน ลบ.ม. สำหรับเดือนที่มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างต่ำที่สุดได้แก่ช่วงเดือนมีนาคม มีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 29.65 ลบ.ม./วินาที หรือเท่ากับ 74.86 ล้าน ลบ.ม. และผลจากการประเมินปริมาณน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.96 มม. โดยพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำผิวดินค่อนข้างสูงจะพบได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนเหนือเขื่อนแก่งกระจานซึ่งอยู่ในพื้นที่ของลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน มีค่าเท่ากับ 40.96 มม.

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำผิวดินภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า ณ จุดบริเวณน้ำเข้าเขื่อนแก่งกระจานมีปริมาณน้ำที่เข้าเขื่อนแก่งกระจานของทั้ง 3 สถานการณ์มีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากปริมาณฝนที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับจุดตรวจวัดอื่นๆ ได้แก่ สถานีตรวจวัด B9 B8 และ B10 พบว่าปริมาณน้ำท่าภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากแบบจำลองของทั้ง 3 สถานการณ์ และผลการประเมินปริมาณน้ำผิวดินในภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าปริมาณน้ำผิวดินเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบันจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 68.64 – 78.67 มม. ของทั้ง 3 สถานการณ์ในช่วงระยะใกล้ (2020-2035) และค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำสำหรับ 3 สถานการณ์ ในช่วงระยะไกล (2036-2099) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 68.42 – 78.61 มม. โดยจะเห็นว่าสถานการณ์ส่วนใหญ่ทั้งในช่วงระยะใกล้และระยะไกลจะพบปริมาณน้ำผิวดินที่สูงในบริเวณลุ่มน้ำใต้เขื่อนแก่งกระจาน รองลงมาคือบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันต์และบริเวณเหนือเขื่อนแก่งกระจาน

สำหรับการประเมินสภาวะการขาดแคลนน้ำได้ทำการประเมินใน 2 รูปแบบ คือปริมาณการขาดแคลนน้ำและร้อยละของการขาดแคลนน้ำ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ความรุนแรงของร้อยละสภาวะการขาดแคลนน้ำออกเป็น 4 ลำดับได้แก่ ร้อยละ 0 (ไม่พบสภาวะการขาดแคลนน้ำ) มากกว่าร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 20 (ความรุนแรงของสภาวะการขาดแคลนน้ำน้อย) มากกว่าร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 40 (ความรุนแรงของสภาวะการขาดแคลนน้ำปานกลาง) และมากกว่าร้อยละ 40 (ความรุนแรงของสภาวะการขาดแคลนน้ำมาก) โดยสภาวะการขาดแคลนน้ำในปัจจุบันพบว่ามีการใช้พื้นที่ที่มีสภาวะการขาดแคลนน้ำมาก 5 กิจกรรม/พื้นที่ ได้แก่ ห้วยสามเขา ห้วยทราย ห้วยโปร่งทะเล และห้วยวังยาว สภาวะการขาดแคลนน้ำปานกลาง ได้แก่ ห้วยสงสัย ห้วยโปร่งทะเล และห้วยวังยาว สภาวะการขาดแคลนน้อย ได้แก่ ห้วยตาแปด พื้นที่ปลูกข้าวโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี และพื้นที่เกษตรทั่วไปโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี สำหรับกิจกรรมที่ไม่พบสภาวะการขาดแคลนน้ำได้แก่ การประปาสาขาเพชรบุรี และกิจกรรมการใช้น้ำอุตสาหกรรมเพชรบุรี

ผลการประเมินสภาวะการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า เนื่องจากปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สภาวะการขาดแคลนน้ำในกิจกรรมต่างๆเป็นไปในทิศทางที่ดีมากยิ่งขึ้น โดยพบว่าจากทั้ง 3 สถานการณ์ กิจกรรมหรือพื้นที่ที่มีสภาวะการขาดแคลนน้ำมากจะเปลี่ยนเป็นสภาวะน้อย-ปานกลางได้แก่ ห้วยสามเขา ห้วยแม่ประจันต์ และห้วยพูน้อย แต่ยังคงมีบางพื้นที่ที่สภาวะการขาดแคลนน้ำยังคงอยู่ในระดับมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ห้วยทราย และหุบกระพง สำหรับกิจกรรมหรือพื้นที่ที่มีสภาวะการขาดแคลนน้ำปานกลางเปลี่ยนเป็นสภาวะน้อย - ปานกลาง ได้แก่ ห้วยสงสัย ห้วยโปร่งทะเล และห้วยวังยาว สำหรับพื้นที่ที่มีสภาวะการขาดแคลนน้ำน้อยในทุกพื้นที่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

เพื่อแก้ไขปัญหาสภาวะการขาดแคลนน้ำข้างต้น จึงได้มีการทดลองปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกคือกำหนดให้ช่วงที่มีความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวสูงสุดอยู่ในช่วงที่มีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงสำหรับการเพาะปลูกข้าวในฤดูแล้ง และกำหนดปฏิทินการเพาะปลูกในฤดูฝนให้ใช้ประโยชน์จากฝนให้ได้มากที่สุดโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการทำเพาะปลูก ซึ่งกำหนดให้ทำการเพาะปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง คือ ฤดูแล้ง 1 ครั้ง และฤดูฝน 1 ครั้ง ดังเช่นปัจจุบัน ดังนั้นจึงกำหนดให้เริ่มทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนกลางเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนกุมภาพันธ์แทนที่ปฏิทินการเพาะปลูกเดิมที่เริ่มในเดือนมกราคมและเก็บเกี่ยวเดือนเมษายน ในส่วนฤดูฝนกำหนดให้เริ่มทำการเพาะปลูกเดือนมิถุนายน-กรกฎาคมและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม จะสามารถลดร้อยละของการขาดแคลนน้ำของกิจกรรมการใช้น้ำส่วนใหญ่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถลดร้อยละการขาดแคลนน้ำสำหรับกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวในคบ.เพชรบุรี ซึ่งเป็นกิจกรรมการใช้น้ำหลัก จากที่มีร้อยละของการขาดแคลนน้ำจากร้อยละ 15 ลงมาที่ร้อยละ 3.4 และลดการขาดแคลนน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่สำคัญจากที่มีร้อยละการขาดแคลนน้ำเท่ากับร้อยละ 48 เป็นไม่มีการขาดแคลนน้ำ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากิจกรรมการใช้น้ำบางกิจกรรมไม่สามารถลดสภาวะการขาดแคลนน้ำด้วยวิธี

สรุปได้ว่า การเปลี่ยนปฏิทินการเพาะปลูกข้าวสามารถลดการขาดแคลนน้ำสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำส่วนใหญ่ได้ ในกรณีที่ไม่สามารถบรรเทาสภาวะการขาดแคลนน้ำได้อาจใช้ปฏิทินการเพาะปลูกเดิมร่วมกับแนวทางการปรับตัวอื่นๆ อาทิเช่นการลดพื้นที่เพาะปลูก การเพิ่มประสิทธิภาพชลประทาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การจำลองสภาวะการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูกพิจารณาเฉพาะสภาวะการขาดแคลนน้ำ และมีได้พิจารณาสภาพอุทกภัยที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตร่วมด้วย

### 3.2 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 2 “การประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำเพชรบุรี”

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นภัยคุกคามที่สำคัญต่อภาคเกษตรกรรมและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทย ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องมีการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำที่อาจเกิดขึ้น จากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผ่านมาในอดีต ทำให้เกษตรกรบางส่วนได้มีการปรับตัวในรูปแบบต่างๆ อาทิ การเปลี่ยนชนิดพืช การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการเพาะปลูก เป็นต้น แต่ยังคงขาดการประเมินผลการปรับตัวอย่างเป็นระบบเพื่อให้ทราบปัญหาและนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนาการปรับตัวให้สามารถรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการติดตามการปรับตัวส่วนใหญ่เป็นการศึกษาติดตามการปรับตัวในระดับประเทศ (FAO, 2017) ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับบริบทของลุ่มน้ำ ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดการปรับตัวของเกษตรกรในการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมสำหรับประเมินการปรับตัวของภาคเกษตรกรรมในระดับลุ่มน้ำ โดยมีลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นกรณีศึกษา ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบสถานะและปัญหาในการปรับตัวซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการปรับตัวของภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำเพชรบุรีให้เกิดประสิทธิภาพ รวมถึงผลการศึกษาจะเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตามและประเมินผลในลุ่มน้ำอื่นต่อไป

โครงการวิจัยย่อยนี้เป็นการศึกษาโดยใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดในการประเมินการปรับตัว และประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยขั้นตอนและวิธีการศึกษาดังนี้

1) พัฒนาตัวชี้วัดการปรับตัวในการบริหารจัดการน้ำของภาคเกษตรในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยกรอบประเด็นชี้วัดในการประเมินการปรับตัว ได้จากการทบทวนและวิเคราะห์วรรณกรรม ทำการทวนสอบความสอดคล้องโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง และใช้เป็นกรอบในสร้างเครื่องมือแบบสอบถามสำหรับการใช้การประเมินความใช้ได้ของตัวชี้วัดและการพัฒนาตัวชี้วัดโดยใช้การรับรู้ของเกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี แล้วทำการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนความจำเพาะของตัวชี้วัดโดยเกษตรกรในพื้นที่การศึกษา

2) ทำการประเมินระดับการปรับตัวของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถามโดยใช้ทั้งตัวชี้วัดเชิงปริมาณและแปรผลให้อยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า มุ่งเน้นการปรับตัวต่อผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบสอบถามในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 จำนวน 466 ตัวอย่าง จากเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา และใช้เครื่องมือเชิงคุณภาพได้แก่ การประชุมกลุ่มย่อยของเกษตรกรผู้ปลูกพืชที่มีความสำคัญของลุ่มน้ำเพชรบุรี 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว (พืชไร่น้ำที่มียอดส่วนการปลูกมากที่สุด) มะนาว (พืชสวนที่มีสัดส่วนการปลูกมากที่สุด) และชมพูเพชรสายรุ้ง (พืชท้องถิ่นที่สำคัญ) ซึ่งได้ดำเนินการจัดเวทีประชุมจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเป็นข้อมูลอภิปรายร่วมกับผลการศึกษาเชิงปริมาณ

3) พัฒนาแนวทางเชิงกลยุทธ์ในการเพิ่มความสามารถในการปรับตัวและรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยพัฒนาจากข้อมูลที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างระดับการปรับตัวและระดับการดำเนินการเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สะท้อนความยั่งยืนจากมุมมอง และการใช้ความสำคัญต่อการพัฒนาในประเด็นต่างๆ ของเกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี และใช้อภิปรายแนวทางการพัฒนาหรือกลยุทธ์ในการเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวและรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากปัจจัยดังกล่าว

ผลการศึกษาสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์การศึกษาได้ดังนี้

1) การพัฒนาตัวชี้วัดการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี  
ตัวชี้วัดการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้รับการพัฒนาจากการรวบรวมประเด็นชี้วัดจากการสังเคราะห์วรรณกรรมวิชาการเกี่ยวกับตัวชี้วัดการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตัวชี้วัดการดำเนินงานด้านชลประทาน และตัวชี้วัดด้านการจัดการน้ำ สามารถจัดทำร่างประเด็นชี้วัดที่ได้ทั้งสิ้น 50 ประเด็นชี้วัด จากนั้นนำประเด็นชี้วัดที่ได้ทั้งหมดไปทำการทวนสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) ทำให้สามารถกำหนดประเด็นชี้วัดได้ 46 ตัวชี้วัด

ประเด็นตัวชี้วัดที่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาข้อคำถามในแบบสอบถามเพื่อใช้เก็บข้อมูลความสามารถในการปรับตัวและการดำเนินการเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยใช้วิเคราะห์ทางสถิติจากการประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างด้วยมาตรวัด (scale development) โดยใช้ Exploratory Factor Analysis (EFA) หลังจากนั้นแบบสอบถามถูกนำไปทดสอบความเที่ยงกับเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี และทำการปรับคำถามอีกครั้งหนึ่ง พบว่าจาก 46 ตัวชี้วัด สามารถพัฒนาข้อคำถามได้ 45 คำถาม แบ่งเป็น 5-likert scale (process-based) เพื่อสะท้อนถึงความสามารถในการปรับตัว ได้ 27 ข้อ และคำถามถึงการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (output) ได้ 18 ข้อ

แบบสอบถามที่ได้รับการพัฒนาได้นำไปใช้ในการประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างจำนวน 466 ตัวอย่าง และวิเคราะห์ความสอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ โดยใช้ Exploratory Factor Analysis Model ด้วย เทคนิค Principle Component Analysis (PCA) พบว่าจากตัวชี้วัด 27 ตัวชี้วัด เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือความซ้ำซ้อน ผลการวิเคราะห์ PCA ลดตัวชี้วัดลงเหลือ 25 ตัวชี้วัด และจัดกลุ่มได้เป็น 4 องค์ประกอบ โดยเรียงลำดับตามค่าน้ำหนักหรือเป็นมิติที่เกษตรกรให้ความสำคัญมาก ได้แก่ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร ระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม และการทำเกษตรแบบยั่งยืน ตามลำดับ

2) ผลการประเมินการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

จากผลประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรีในประเด็นความสามารถในการปรับตัว พบว่า เกษตรกรในกลุ่มน้ำเพชรบุรีเห็นว่าตนเองมีความสามารถในการปรับตัวการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อมสูงสุด รองลงคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำเกษตรแบบยั่งยืน และการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม โดยมีระดับความสามารถในการปรับตัว 3.86, 3.43, 3.31 และ 2.46 จากสเกลเต็ม 5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณารายตัวชี้วัดพบว่า เกษตรกรมีความสามารถในการปรับตัวน้อยที่สุดในการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงแผนการเพาะปลูกและความหลากหลายของพืชที่ปลูกน้อยที่สุด แผนการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เกษตร และความเข้มแข็งของชุมชนในการอนุรักษ์เมล็ดพันธุ์ (การรวบรวม พันธุ์ และรักษา) โดยมีระดับความสามารถในการปรับตัวเท่ากับ 1.30, 1.58 และ 1.81 ตามลำดับ

ในด้านการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า เกษตรกรมีการดำเนินการด้านการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมสูงสุด รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำเกษตรแบบยั่งยืน และระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยการดำเนินกิจกรรมการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่กลุ่มน้ำเท่ากับ 79.47, 65.92, 63.78 และ 44.56% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละการดำเนินกิจกรรม พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมในการจัดทำแผนตอบสนองต่อภัยพิบัติมีการดำเนินการมากที่สุด โดยมีความครอบคลุมในพื้นที่ 86.70 % และกิจกรรมที่มีความครอบคลุมน้อยที่สุดคือ

การอนุรักษ์ป่าไม้ และการเข้าถึงการประกันราคาผลผลิต โดยมีความครอบคลุมในพื้นที่เพียง 27.04 และ 42.27 % ตามลำดับ

3) แนวทางการพัฒนาการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี จากสังเคราะห์ผลการประเมินการปรับตัวของเกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี มีข้อเสนอในการพัฒนาเป็นแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี ดังนี้  
กลไกส่งเสริม/สร้างความเข้มแข็ง

(1) การสร้างความรู้ความเข้าใจต่อกลไกกระบวนการในการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทั้งในด้านทรัพยากรน้ำ ภัยพิบัติ และการอนุรักษ์ เพื่อให้เกษตรกรตระหนักบทบาทและความสำคัญของการมีส่วนร่วมของประชาชน นำไปสู่การยกระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการต่างๆ

(2) การสร้างความเข้มแข็งของระบบบริหารจัดการเพื่อความเท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรน้ำและปัจจัยสนับสนุนอื่นๆ โดยอาจใช้กลไกการรวมกลุ่ม หรือ platform ที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ ในการขยายขอบเขตประเด็นดำเนินการเกี่ยวกับความเท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรด้วย

(3) การส่งเสริมความหลากหลายของพืชในระบบเกษตร เพื่อลดความเสี่ยงจากผลผลิตเชิงเดี่ยว

(4) การสร้างเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกร โดยเฉพาะรายได้นอกฤดูเก็บเกี่ยว เพื่อลดความเสี่ยงจากรายได้ทางเดียว

กลไกการพัฒนาให้เกิดขึ้นในพื้นที่

(1) การสร้างกลุ่มอนุรักษ์พันธุ์พืช โดยเฉพาะพันธุ์พืชท้องถิ่น เพื่อให้เกิดกลไกการเพิ่มมูลค่าและกลไกการรวมกลุ่มของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อสร้างความเข้มแข็งในการบริหารจัดการด้านอุปทาน

(2) การสร้างความเข้มแข็งในเชิงการเงินและการตลาดของระบบเกษตรให้แก่เกษตรกรในลุ่มน้ำเพชรบุรี ตั้งแต่ระดับการทำบัญชีครัวเรือน เพื่อให้เกษตรกรมีศักยภาพในการจัดการต้นทุนการผลิตด้วยตนเอง จากข้อเสนอแนะในการปรับตัวที่ได้รับจากผลการศึกษาและการประชุมกลุ่มเกษตรกรเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับแนวทางการพัฒนาของหน่วยงานภาครัฐ พบว่า หน่วยงานภาครัฐทั้งในส่วนกลางและระดับท้องถิ่นได้มีการดำเนินการแล้วบางส่วน ซึ่งจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การดำเนินการดังกล่าวอาจไม่ครอบคลุมความต้องการของเกษตรกรทั้งหมด และ/หรืออาจขาดความต่อเนื่องในการดำเนินการ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาการกำหนดแนวทางการพัฒนาที่ดำเนินการอยู่แล้วให้มีความครอบคลุมและต่อเนื่อง เพื่อให้การดำเนินการเกิดประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น รวมถึงควรมีการบูรณาการระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับชุมชน ท้องถิ่น และหน่วยราชการส่วนกลาง เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินการ โดยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพิ่มเติมในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ดังนี้

ระยะสั้น

- การเสริมสร้างศักยภาพของตัวแทนภาคเกษตรกรที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้น้ำ เพื่อเป็นตัวกลางในการสื่อสารและรับฟังข้อคิดเห็นจากเกษตรกรในพื้นที่

ระยะยาว

- การยกระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการบริหารจัดการทรัพยากร เพื่อให้เกิดความโปร่งใสและตรวจสอบได้ในการดำเนินการ และเป็นการส่งเสริมความรับผิดชอบต่อการใช้ทรัพยากรของเกษตรกร โดยเฉพาะการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่จำเป็นต้องอาศัยธรรมาภิบาลของผู้ใช้น้ำในพื้นที่

- การกำหนดนโยบายและ/หรือแผนปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในระดับลุ่มน้ำ ควรนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาใช้ในการวางแผนให้มากขึ้น รวมถึงการปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ และการจัดทำแผนบริหารความเสี่ยงจากการเกิดภัยแล้งและอุทกภัย

### 3.3 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 3 “การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย”

โครงการวิจัยย่อยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และศึกษาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับควบคุมการระบายน้ำช่วงน้ำหลากของเขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก ให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยต่อตัวเขื่อน พื้นที่ท้ายน้ำ และการใช้น้ำของเขื่อน ซึ่งมีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

#### 3.3.1 การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ทั้ง 8 วิธี ตาม WMO (2009) พบว่ามี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการทำพายุฝนมากที่สุด (The Local Storm Maximization Method) วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) และวิธีรูปแบบทั่วไป (The Generalized Method) มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีการบันทึกข้อมูลพายุฝนที่ยาวนานเพียงพอในการวิเคราะห์ และพื้นที่ที่เกิดพายุและพื้นที่โครงการมีความสอดคล้องด้านสภาพอุตุนิยมวิทยาและมีโอกาสที่จะเกิดพายุแบบเดียวกัน สามารถเคลื่อนย้ายพายุมายังพื้นที่โครงการได้ จากการวิจัยนี้ได้ทดลองประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 3 วิธี พบว่า วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงกว่าอีก 2 วิธี และเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่เคยประเมินไว้ของเขื่อนต่าง ๆ ในประเทศ จากรายงานของ FAO (2000) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ได้ส่วนใหญ่มีค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพิจารณาเลือกวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยใช้วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ตามวิธีการของ WMO (2009) ในการวิจัย

#### 3.3.2 การวิเคราะห์และคัดเลือกพายุฝน

การวิเคราะห์พายุฝน ได้ทำการคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันตกของประเทศไทย จากการพิจารณาปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 7 วัน ของพายุฝนทั้ง 190 ลูก ได้ทำการคัดเลือกพายุฝนขนาดใหญ่ 10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

#### 3.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 4 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนแก่งกระจาน ได้ดังตาราง

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	65.11	83.63	95.90	111.43	122.93	134.38	145.75	160.77	172.10	209.81
2	84.30	110.87	128.45	150.72	167.18	183.56	199.87	221.38	237.63	291.60
3	98.03	133.95	157.75	187.86	210.19	232.32	254.37	283.49	305.49	378.52

### 3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย ภาคใต้และภาคตะวันตก 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 3 วัน จำนวนทั้งสิ้น 14 ลูก ทำการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนแก่งกระจาน สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนแก่งกระจาน โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน จากผลการวิเคราะห์ พบว่า พายุดีเปรสชัน รหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 3 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
1 วัน	2 วัน	3 วัน
513.85	722.05	869.67

### 3.3.5 ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

ทำการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดด้วยวิธีการหนึ่งหน่วยน้ำท่า ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงได้ดังตาราง ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 4,676.96 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 1,057.62 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 86.80 ลบ.ม./วินาที

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
Q <sub>p</sub>	345.4	496.6	606.8	756.9	876.7	1,002.9	1,136.1	1,322.0	1,472.7	2,028.9	4,677.0
V <sub>T</sub>	82.2	117.8	143.4	178.3	206.0	235.1	265.8	308.5	343.0	470.1	1,057.6
Q <sub>B</sub>	14.5	18.7	21.4	24.9	27.6	30.3	33.0	36.6	39.4	49.0	86.8

หมายเหตุ : Q<sub>p</sub> หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

V<sub>T</sub> หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.

Q<sub>B</sub> หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

### 3.3.6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2506 พบว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 4,677.0 ลบ.ม./วินาที มีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในอดีตเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,720.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 0.91 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำหลากพบว่า ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จากการศึกษานี้ 1,057.6 ล้าน ลบ.ม. มีค่าที่มากกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่า 265.2 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 398

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของเขื่อนแก่งกระจาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต พบว่า ค่า PMF ที่ได้จากการศึกษามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษา PMF ในอดีต นอกจากนั้น เมื่อนำค่า PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้มาหารด้วยพื้นที่รับน้ำฝนเพื่อคำนวณเป็นค่าปริมาณ

การไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ (Unit Peak Discharge) และนำมาพล็อตลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่และพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งพัฒนาจากข้อมูล PMF ของโครงการเขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 43 แห่ง จากรายงาน FAO (2000) พบว่า ค่า PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ให้ค่า Unit Peak Discharge อยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา

### 3.3.7 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น

จากผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ผ่านอาคารระบายน้ำล้น พบว่า ที่รอบปีการเกิด 2 ปี ถึง 10,000 ปี มีระดับน้ำหลากสูงสุดอยู่ระหว่าง +99.70 ถึง +102.10 เมตร (รทก.) ซึ่งมีระดับน้ำสูงกว่าสันอาคารระบายน้ำล้น อยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 3.10 เมตร แต่ยังคงมีระยะจากระดับน้ำหลากสูงสุดถึงระดับสันเขื่อน (Dry Freeboard) อยู่ระหว่าง 3.90 ถึง 6.30 เมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัย และระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นไม่สูงกว่าค่าระดับน้ำสูงสุดที่ออกแบบไว้ที่ระดับ +102.65 เมตร (รทก.)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีระดับน้ำหลากสูงสุด +104.70 เมตร (รทก.) ซึ่งมีระดับน้ำสูงกว่าสันอาคารระบายน้ำล้น 5.70 เมตร และคงเหลือระยะจากระดับน้ำหลากสูงสุดถึงระดับสันเขื่อน (Dry Freeboard) เพียง 1.30 เมตร ซึ่งระดับน้ำหลากสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ออกแบบไว้ 2.05 เมตร กรณีที่ต้องการควบคุมระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ในช่วงรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ไม่ให้เกินค่าระดับที่ออกแบบไว้ +102.65 เมตร (รทก.) เพื่อความปลอดภัยของตัวเขื่อนและพื้นที่ด้านท้ายน้ำ สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ดังนี้

1) **มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง** โดยทำการพร่องน้ำหรือลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน เพื่อเพิ่มปริมาตรความจุสำรองไว้รองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) โดยจากผลการวิเคราะห์พบว่า ต้องลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลงจากระดับเก็บกักปกติ +99.00 เมตร (รทก.) ลดลง 17 เมตร เพื่อให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลงมาอยู่ที่ +82.00 เมตร (รทก.) ซึ่งจะทำให้มีระดับน้ำหลากสูงสุดอยู่ที่ +102.60 เมตร (รทก.) มีระดับน้ำสูงกว่าสันอาคารระบายน้ำล้น 3.60 เมตร และคงเหลือระยะจากระดับน้ำหลากสูงสุดถึงระดับสันเขื่อน (Dry Freeboard) 3.40 เมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

2) **มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง** โดยทำการปรับปรุงอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเพิ่มความยาวสันอาคารระบายน้ำล้นจากเดิม 110 เมตร ให้มียาวสันอาคารระบายน้ำล้นขนาด 290 เมตร (เพิ่มขึ้น 180 เมตร) ซึ่งจะให้มีระดับน้ำหลากสูงสุดอยู่ที่ +102.60 เมตร (รทก.) มีระดับน้ำสูงกว่าสันอาคารระบายน้ำล้น 3.60 เมตร และคงเหลือระยะจากระดับน้ำหลากสูงสุดถึงระดับสันเขื่อน (Dry Freeboard) 3.40 เมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

### 3.3.8 เกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก

การศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ด้วยเทคนิค Vacancy Requirement Rule Curves (VRR) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมต่อการป้องกันน้ำท่วม เมื่อจำลองสถานการณ์ระบายน้ำที่อัตราการระบายน้ำ เท่ากับ 130 140 และ 150 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ด้วยเทคนิค VRR พบว่าการจำลองสถานการณ์ระบายน้ำทั้ง 3 แบบ ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยอัตราการระบายน้ำไม่เกินอัตราการระบายน้ำที่กำหนด ปริมาณเก็บกักไม่เกินระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ และมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในฤดูแล้งปีถัดไป อีกทั้งปริมาณน้ำเก็บกักหลังฤดูมรสุมมีแนวโน้มสูงขึ้น

ตามลำดับ และมากกว่าปริมาณน้ำเก็บกักในปีปกติ จากการใช้ VRRC สามารถสรุปได้ว่ามีความสามารถในการป้องกันน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำและมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในปีถัดไป

### 3.4 ผลของโครงการวิจัยย่อยที่ 4 “การจำลองการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน”

โครงการวิจัยย่อยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงความรุนแรงของอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นจากการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน เป็นการศึกษาปริมาณน้ำที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพิบัติและเพื่อรวบรวมข้อมูลเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับมือกับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุทกภัยที่รุนแรงขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณน้ำ ค่าอัตราการไหลสูงสุด และทำการสร้างกราฟการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน โดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานแล้วทำการจำลองการแตกของเขื่อนเพื่อตรวจวัดการไหลของน้ำที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อน

การสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำและเขื่อนแก่งกระจาน ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลภาคสนาม แบบแปลนเขื่อน ปริมาตรความจุและระดับของอ่างเก็บน้ำที่ได้จากกรมชลประทาน ภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อเวลาต่างๆที่มีอยู่ใน Google map ในการสร้างแบบจำลองนี้ ไม่ได้ทำการสร้างจากผลการสำรวจพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ใช้เมื่อตอนสร้างเขื่อน แต่ใช้การสอบเทียบกับกราฟความจุของเขื่อนแทน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ทำให้พื้นที่ของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเมื่อเกิดน้ำล้นสันเขื่อนอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นผลการศึกษากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานสามารถคาดเดาได้ว่าปริมาณน้ำที่จะไหลทะลักออกมาทั้งหมด จะอยู่ระหว่าง 800 ล้านลบ.ม.ถึง 1200 ล้าน.ลบ.ม. เท่ากับปริมาตรที่ระดับเก็บกักสูงสุดและปริมาตรของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อน โดยมีค่าอัตราการไหลออกจากอ่างเก็บน้ำปริมาณมหาศาลจะถูกบันทึกโดยกล้องวิดีโอ

ในโครงการวิจัยย่อยนี้ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หรือคาดการณ์รูปแบบการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานได้ แต่ได้ทำตามสมมติฐานว่าเกิดการพังทลายของเขื่อนเนื่องจากการพิบัติของฐานรากของเขื่อนเนื่องจากเกิดการไหลล้นสันเขื่อน เกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของน้ำในอ่างเก็บน้ำล้นได้ฐานเขื่อนเนื่องจากแรงดันของน้ำในขณะที่เก็บน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำหรือล้นสันเขื่อน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆดังนี้ ปริมาณน้ำในเขื่อนมากเกินไปเนื่องจากเกิดอุทกภัยทำให้ระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำไม่ทัน เกิดโพรงขึ้นในตัวเขื่อนแก่งกระจานเนื่องจากน้ำกัดเซาะ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ

ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อนที่ทดสอบ การทดลองแสดงให้เห็นว่าการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานด้วยสาเหตุการไหลล้นสันเขื่อน จุดเริ่มต้นของการพิบัติจะเกิดการไหลล้นได้ตัวเขื่อนและที่บริเวณด้านข้างของเขื่อน เนื่องจากระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีระดับสูงกว่าที่เขื่อนสามารถรับได้ ฐานเขื่อนและด้านข้างของเขื่อนจึงเป็นบริเวณที่มีแรงดันน้ำสูงสุด ทำให้เกิดการไหลของน้ำผ่านใต้ตัวเขื่อน มีปริมาณน้ำมากกว่าปกติ ซึ่งเมื่อน้ำล้นสันเขื่อน จึงส่งผลให้เริ่มเกิดการพังทลายขึ้นในบริเวณส่วนใต้ของเขื่อน ในทุกๆครั้งที่ทำการทดลองการพังทลายของเขื่อนโดยการไหลล้น จุดเริ่มต้นการพังทลายจะเริ่มที่ใต้ฐานเขื่อนหรือมุมใต้ฐานเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อน เริ่มจากการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ โครงสร้างด้านเหนือน้ำของเขื่อนเริ่มแตกร้าวยุบตัวลงเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ฐานเขื่อน ล้นเขื่อนเขื่อนเริ่มมีการขยับตัวยุบลงเรื่อยๆทางด้านท้ายน้ำ การพังทลายของสันเขื่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันกับการไหลของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อนที่รอยแตกร้าวที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกของการแตก การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแตกของสันเขื่อน จนเมื่อระดับน้ำในเขื่อนลดลง ปริมาณน้ำค่อยๆลดลงเรื่อยๆ อัตราการไหลของน้ำลดลงตามปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง สุดท้ายตัวเขื่อนจำลองที่ถูกน้ำกัดเซาะ ได้ถูกพัดไปตามกระแสน้ำจนหมด อัตราการไหลของน้ำที่

เกิดขึ้นในแบบจำลองสามารถนำมาคำนวณเป็นอัตราการไหลที่จะเกิดขึ้นกับเขื่อนจริงได้โดยการทำอัตราส่วนทางชลศาสตร์ อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจะมีอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 78,000 ลบ.ม.ต่อวินาที เกิดขึ้นเมื่อเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงภายหลังจากเริ่มมีการพิบัติของเขื่อน ใช้เวลาในการพิบัติทั้งสิ้นประมาณ 19 ชม. น้ำในอ่างเก็บน้ำจึงจะไหลออกหมดอ่างเก็บน้ำ

ผลการวิเคราะห์การไหลล้นสันเขื่อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เกิดการพิบัติของเขื่อนดิน เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัยคือ เกิดการปิดกั้นทางระบายน้ำที่เขื่อน ทำให้ไม่สามารถระบายออกได้ทัน เกิดคลื่นขนาดใหญ่ที่เกิดจากแผ่นดินถล่ม การไหลของน้ำประมาณมากเมื่อเกิดอุทกภัย จะทำให้การระบายน้ำผ่านตัวเขื่อนและอาคารระบายน้ำล้น(Spillway)ระบายไม่ทัน ประมาณน้ำส่วนที่เกินกว่าจะระบายออกได้ จะไหลล้นข้ามสันเขื่อน ซึ่งการไหลข้ามสันเขื่อนเป็นสิ่งที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างเขื่อนแก่งกระจานจำลองจากดินเหนียว มีอัตราส่วนความลาดชันด้านท้ายน้ำ 1:2.25และ ความลาดชัน 1:2 และ 1: 2.75 ด้านเหนือน้ำตามแบบต้นฉบับของเขื่อนแก่งกระจาน จากการทดลองสามารถเขียนเป็นสมการการไหลข้ามสันเขื่อนได้ดังนี้

$$y = 2E-12x^3 - 5E-08x^2 + 0.0007x + 0.1182$$

โดย  $y =$  ระดับน้ำเหนือสันเขื่อน (เมตร)

$x =$  อัตราการไหลของน้ำข้ามสันเขื่อน (ลบ.ม.)

การวิจัยการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจานนี้ได้แสดงผลการศึกษาปริมาณน้ำที่สามารถเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน ทั้งปริมาณน้ำสูงสุดและเวลาที่จะเกิดขึ้น จะสามารถนำผลการวิจัยไปทำแผนการรับมือให้สามารถนำไปวิเคราะห์ความรุนแรงของอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน จากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมพื้นที่ท้ายน้ำได้ ซึ่งจะทำให้รู้ถึงพื้นที่ที่จะถูกน้ำท่วม ระดับความรุนแรงของน้ำที่ท่วม และเวลาที่จะเกิดการท่วม การวางแผนการจัดการเมื่อเกิดภัยพิบัติจะช่วงให้ความรุนแรงของภัยพิบัติลดน้อยลง ช่วยรักษาชีวิตประชาชนที่จะถูกผลกระทบของอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นได้

## 4 สรุปและขอเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

สรุปผลการศึกษาในส่วนของแผนวิจัยในภาพรวม สำหรับการศึกษารายละเอียดในกลุ่มที่ 1 ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ถึง 2 นั้น เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมได้อย่างไรก็ตาม ในหลายพื้นที่ยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอยู่ จึงได้เสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเพาะปลูกในพื้นที่ ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นได้ในอีกหลายพื้นที่ ในส่วนของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่ามีความสามารถในการปรับตัวมากที่สุดในองค์ประกอบการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำการเกษตรยั่งยืน และการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม ตามลำดับ ทั้งนี้ ในด้านการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีการดำเนินการกิจกรรมในองค์ประกอบการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมครอบคลุมมากที่สุด รองลงมาคือ การเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลข่าวสาร การทำเกษตรแบบยั่งยืน และระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการปรับตัวของภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำเพชรบุรีให้เกิดประสิทธิภาพ รวมถึงผลการศึกษาสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการประยุกต์ในลุ่มน้ำอื่นต่อไป

ส่วนการวิจัยในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเน้นไปที่เขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่า ความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำในปัจจุบันสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 2,028.93 ลบ.ม. ต่อวินาที และคิดเป็นปริมาตรน้ำหลากเท่ากับ 470.10 ล้าน ลบ.ม. แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 4,676.96 ลบ.ม. ต่อวินาที และคิดเป็นปริมาตรน้ำหลากเท่ากับ 1,057.62 ล้าน ลบ.ม. พบว่า อาคารระบายน้ำล้นในปัจจุบันมีความสามารถไม่เพียงพอที่ควบคุมระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำไม่ให้สูงเกินกว่าระดับน้ำสูงสุดที่เขื่อนได้ออกแบบไว้ ในส่วนของผลการศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากด้วยเทคนิค Vacancy Requirement Rule Curves (VRRC) พบว่า มีความเหมาะสมต่อการใช้บริหารจัดการน้ำหลาก โดยไม่เกิดปริมาณน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำและไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้นจากปีปกติ

ส่วนผลการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ สามารถคาดเดาได้ว่าปริมาณน้ำที่จะไหลทะลักออกมาทั้งหมด จะอยู่ระหว่าง 800 ล้าน ลบ.ม. ถึง 1,200 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับปริมาณที่ระดับเก็บกักสูงสุดและปริมาตรของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อน โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ปริมาณ 70,000 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งจะทำให้น้ำท่วมพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีส่วนตะวันออกเป็นวงกว้าง ฉะนั้นการศึกษาเพื่อรับมือกับอุทกภัยที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจึงมีความจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

สุดท้ายผลการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีโอกาสเกิดมากที่สุด จะเป็นกรณีเขื่อนปิดช่องเขาต่ำแห่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม. (รทก.) กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความ

ลึกระดับสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน

ผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งพื้นที่อพยพพิจารณาจากแผนที่น้ำท่วมกรณีฝนตกหนักและมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน คลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาเดินทางประมาณ 24 ชั่วโมง จนถึงตัวเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีเวลาเพียงพอในการแจ้งเตือนให้ราษฎรเคลื่อนย้ายทรัพย์สินขึ้นที่สูงและทำการอพยพไปยังจุดที่กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 13 จุด และพื้นที่อพยพที่กำหนดขึ้นนี้อาจปรับเปลี่ยนเป็นศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสิ้นสุดลง

ลักษณะพื้นที่จากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัวเมืองเพชรบุรี สามารถแบ่งโซนในการอพยพได้ 2 โซน ได้แก่ จากเขื่อนแก่งกระจานถึงจุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์และเขื่อนเพชร ในโซนนี้จะกำหนดจุดอพยพไว้ทั้งสิ้น 5 จุด ได้แก่ วนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน วนอุทยานชะอำ วนอุทยานเขานางพันธุรัต ค่ายเพชรโยธิน และวัดโตนดหลวง และโซนอพยพที่ 2 ได้แก่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงตัวเมืองเพชรบุรี กำหนดจุดไว้ 8 จุด ได้แก่ วัดหนองจอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ ศาลาประชาคมอำเภอบ้านแหลม วัดลักษณาราม วัดหนองหญ้าปล้อง และวัดหนองชุมพล

## เอกสารอ้างอิง (References)

- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2555. การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 กลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง: กลุ่มน้ำเพชรบุรี. กุมภาพันธ์ 2555.
- Adamson. 2005. Overview of the Hydrology of the Mekong Basin, Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR
- Austin, S.A., 1999. Streamflow Response to Forest Management: A Meta-analysis Using Published Data and Flow Duration Curves. Unpublished M.Sc. thesis. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA.
- Bosch, J.M., and Hewlett, J.D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55: 3–23.
- Bradshaw, C.J.A., Sodi, N.S., Peh, K.S.H., and Brook, B.W. 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*, 13: 2379–2395.
- Buttle, J.M., and Metcalfe, R.A. 2000. Boreal forest disturbance and streamflow response, Northeastern Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57 (Suppl. 2): 5–18.
- Chalayonavin, V. 1998. Application of Remote Sensing and GIS for planning and management of Huai Nongkop-Huai Nongbon watershed basin Changwat Kanchanaburi. Ph.D. Dissertation, Department of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 204 p.
- Connecticut Geology. 2005. Duration of stream flow. Wesleyan University, Connecticut, USA. Available source <http://www.wesleyan.edu/ctgeology/StreamFlowDuration/StreamFlowDuration.html>, February 1, 2006.
- Dale, V.H. 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications* 7:753-769.
- Dyhr-Nielsen, M. 1986. Hydrological effect of deforestation in the Chao Phraya basin in Thailand. In *Proceedings of the International Symposium on Tropical Forest Hydrology and Application*, Chiangmai, Thailand, 12 pp.
- Japan Association of Remote Sensing. 2006. Remote Sensing Tutorials. Available: <http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriales/rsnote/contents.htm>, February 22, 2006.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman J.W., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA, 763 p.

- Lin, Y., and Wei, X. 2008. The impact of large-scale forest harvesting on hydrology in the Willow watershed of Central British Columbia. *Journal of Hydrology* 359: 141-149.
- Taesombat, W. 2010. The Effects of Land Use Change on Flood Management in the Upper Ping River Basin. D.Eng. Dissertation, Department of Water Resources Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 176 p.
- Van Dijk, A.I.J.M., Van Noordwijk, M., Calder, I.R., Bruijnzeel, L.A., Schellekens, J., and Chappell, N.A. 2009. Forest–flood relation still tenuous – comment on ‘Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world’ by C. J. A. Bradshaw, N.S. Sodi, K. S.-H. Peh and B. W. Brook. *Global Change Biology*. 2009(15): 110-115.
- Wilk, J., Andersson, L., and Plermkamon, V. 2001. Hydrological impacts of forest conversion to agriculture in a large river basin in northeast Thailand. *Hydrological Processes* 15: 2729-2748.

ภาคผนวก ก  
การชี้แจงข้อคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อคิดเห็นจากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ที่จำเป็นต้องชี้แจง	คำชี้แจงหรือผลการปรับแก้ไขเพิ่มเติมโดยสรุป
1. โครงการย่อยที่ 1 และ 2 พบว่าฝนปริมาณของ ฝนจะเพิ่มขึ้น แต่หลายพื้นที่ยังประสบปัญหาใน การใช้น้ำถ้าปรับเปลี่ยนปฏิทินและชนิดพืชจะได้ หรือไม่ ควรจะจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของ โครงการวิจัยย่อยที่ 1 และ 2
2. การเขียนรายงานยังไม่สมบูรณ์ ควรเพิ่มการ วิเคราะห์ผลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน และ ร้อยเรียงแต่ละโครงการให้เป็นเรื่องราวเดียวกัน	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของทุก โครงการวิจัยย่อยและแผนงานวิจัย
3. ควรเพิ่มเติม Out put , Out come, Impact ของแต่ละโครงการให้ชัดเจน พร้อมทั้งผู้ใช้ ประโยชน์ให้ชัด และการสรุปประโยชน์ที่ได้จาก โครงการ	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของแผน งานวิจัย
4. ปรับแก้ไขวิธีการเขียนรายงานตามแบบฟอร์ม ของ สวท.	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของทุก โครงการวิจัยย่อยและแผนงานวิจัย
5. ทุกโครงการย่อยควรเขียนเอกสารอ้างอิงเพราะ มีการเว้นว่างไว้	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของทุก โครงการวิจัยย่อยและแผนงานวิจัย
6. เล่มแผนโครงการวิจัยต้องเขียนให้ชัด	ได้ทำการปรับแก้แล้วในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ของแผน งานวิจัย
7. บทคัดย่อปรับให้สอดคล้องกับรายละเอียดที่ เพิ่มเติม	ปรับแก้แล้วอยู่ในส่วนของรายงานแผนวิจัย
8. ผลการศึกษาที่กรณีน้ำหลากสูงสุดในรอบมีการ เกิดซ้ำ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ คิดโดยให้น้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น แต่การ วิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ น้ำ สูงกว่าสันต้นต่อการระบายน้ำล้น 5.70 เมตร แสดงว่าน้ำล้นเขื่อนคงที่ ควรนำกรณีน้ำข้าม Dike II มาวิเคราะห์ด้วย	ปรับแก้แล้วอยู่ในส่วนของรายงานโครงการวิจัยที่ 3
9. ในเล่มรายงานวิจัยทำ Flood Hydrograph และแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานเฉพาะ main Dam ควรยกภาคผนวก ข ในเล่มภาพรวมไปไว้เป็น ภาคผนวกในเล่มการศึกษาและวิจัยเพื่อวิเคราะห์ อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่ง	ปรับแก้แล้วอยู่ในส่วนของรายงานโครงการวิจัยที่ 4 ในส่วน ของภาคผนวก ง

ข้อคิดเห็นจากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ที่จำเป็นต้องชี้แจง	คำชี้แจงหรือผลการปรับแก้ไขเพิ่มเติมโดยสรุป
<p>กระงานด้วยแบบจำลองทางกายภาพและเพิ่มข้อ “สรุปและข้อเสนอแนะ” ในกรณีที่น่าจะเกิดภัย พิบัติก่อนหลังในแต่ละกรณี</p>	
<p>10. ปรับแก้ไขรูปที่ 8.3.1-1 หน้า 56 รายละเอียด ตามเอกสารแนบ</p>	<p>ปรับแก้แล้วอยู่ในส่วนของรายงานโครงการวิจัยที่ 4 ในส่วน ของภาคผนวก ง</p>