



การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีแบบบูรณาการ

Integrated Water Management in Phetchaburi River Basin

ยุทธนา ตาละลักษมณ์^{1*}, บัญชา ขวัญยืน¹, วรารุท วุฒิวิณิช¹

Yutthana Talaluxmana^{1*}, Bancha Kwanyuen², Varawoot Vudhivanich²

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 73140

¹Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakorn Pathom, Thailand, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-8-1844-0100, Fax: +66-34-352-053, E-mail: fengynt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับปริมาตรเก็บกักน้อยที่สุดของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่จะไม่ทำให้เกิดการขาดน้ำถูกพัฒนาขึ้นภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานตามเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินสถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี และวางแผนการบริหารจัดการน้ำจากปริมาณฝนคาดการณ์ในปีถัดไป พร้อมทั้งประเมินโอกาสที่จะเกิดสภาวะการขาดน้ำเนื่องจากปริมาณฝนที่ตกน้อยกว่าที่คาดการณ์ ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดน้ำ ในงานวิจัยได้เสนอแนวทางลดความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำ ด้วยการจัดสรรน้ำระหว่างภาคการใช้น้ำต่างๆ ในสัดส่วนที่เท่ากันอย่างเป็นธรรม ซึ่งจะช่วยลดความขัดแย้งระหว่างภาคการใช้น้ำต่างๆ ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้ ในการศึกษายังพบว่า การบริหารจัดการน้ำภายใต้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่มีลักษณะคงที่จะทำให้การใช้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ควรปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานให้มีลักษณะเป็นพลวัตเพื่อเหมาะสมกับสภาพการใช้น้ำและปริมาณฝนในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ, ลุ่มน้ำเพชรบุรี, ความเป็นธรรม

Abstract

The relationship between annual rainfall and minimum storage of Kaengkachan reservoir without water shortage was developed. It was constructed base on Kaengkachan reservoir operation rule curve. This relationship was developed for water resources assessment and water management planning of Phetchaburi river basin, when the next year rainfall was predicted. The water shortage probability due to less rainfall than prediction was also estimated to show risk of water shortage. To decrease shortage risk, water allocation among water use sectors should be in equitable manner at the same proportion. This should decrease conflict between water use sectors. The study output could be used for decision making of water resources management planning. Besides, it found that water management, base on static rule curve, let insufficient water use. So the operation rule curve of Kaengkachan reservoir should be revised to be dynamic rule curve for consistency with the present situation.

Keywords: Integrated water management, Phetchaburi river basin, Equity

1 บทนำ

การที่จะสามารถกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสม จำเป็นที่จะต้องรู้ทั้งปริมาณน้ำต้นทุน และความ ต้องการน้ำในพื้นที่ ปริมาณความต้องการน้ำสามารถประเมินหรือ กำหนดได้ค่อนข้างแน่นอน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นปริมาณน้ำซึ่ง เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์กำหนดขึ้น แต่ปริมาณน้ำต้นทุนเป็น ปริมาณน้ำที่ต้องคาดการณ์ ถ้าสามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับ ความเป็นจริงมากเท่าไร ก็ทำให้การวางแผนในการบริหารจัดการ น้ำมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น แต่ในความเป็นจริง ยังไม่มีแบบจำลองใดที่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำถูกต้อง แม่นยำ อีกทั้งยังอาจมีเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้น ดังนั้น การ ประเมินปริมาณน้ำต้นทุนจึงต้องอาศัยค่าความน่าเชื่อถือหรือ ความน่าจะเป็นทางสถิติ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นและรอบการเกิดซ้ำ ของปริมาณฝนรายเดือนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน การบริหารจัดการน้ำและประกอบการตัดสินใจในการดำเนิน กิจกรรมด้านการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (สมานและ พรเมศร์, 2551)

กรมทรัพยากรน้ำ (2553) ได้ทำการศึกษาปัญหาภัยแล้งใน พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่า การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีจะ เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ส่วนโครงการชลประทานขนาดใหญ่ที่พิจารณาให้มีการเพาะปลูกพืชเพิ่มพื้นที่ชลประทานด้วยระบบการปลูกพืชปัจจุบัน พบว่าจะมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ ในงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์ปริมาณ ฝนรายปีเฉลี่ยและประเมินโอกาสในการเกิดขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีในรูปของค่าความเสี่ยงจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยการใช้การขาดน้ำในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีเป็นตัวบ่งชี้ ถึงการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเนื่องจากพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีเป็นกิจกรรมการใช้น้ำที่มีความต้องการน้ำมากที่สุด และจะเป็นกิจกรรมการใช้น้ำแรกที่ได้รับผลกระทบเมื่อปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเริ่มไม่เพียงพอกับความ ต้องการ ซึ่งผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดการบริหารจัดการน้ำระหว่างภาคการใช้น้ำต่างๆ ให้สอดคล้องกับสถานการณ์น้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคม เป็นค่าตั้งต้นการวิเคราะห์การใช้น้ำแต่ละปี

2 วิธีกร

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นลุ่มน้ำหมายเลข 19 ตั้งอยู่ในภาคตะวันตกของประเทศไทยมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 6,260.17 km² มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 1,329 MCM พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรี ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนว ตะวันตก-ตะวันออกอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12°30'เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 13°30'เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 99°00'ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ 100°15'ตะวันออก มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก ทิศตะวันตกติดกับสภาพเมียนมาร์ และทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย โดยลุ่มน้ำเพชรบุรีถูกแบ่งออกเป็น 3 ลุ่มน้ำย่อยได้แก่ ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันต์ และลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนล่าง ดังแสดงใน Figure 1 (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)

2.2 การรวบรวมปริมาณความต้องการน้ำ

ข้อมูลการใช้น้ำในภาคการใช้น้ำต่างๆ ในด้านการอุปโภคบริโภค การปศุสัตว์ และการอุตสาหกรรม ได้ถูกประเมินในช่วงคาบเวลา 30 yr (พ.ศ.2522-2551) และรวบรวมไว้ในงานศึกษาโครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ปฏิบัติการพยากรณ์เตือนภัยเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2553) ส่วนปริมาณน้ำรักษาระบบนิเวศเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ผลักดันน้ำเค็ม แต่ยังไม่มีการศึกษาเพื่อกำหนดปริมาณที่เหมาะสมอย่างชัดเจน ปัจจุบันทางโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีได้กำหนดปริมาณน้ำระบายต่ำสุดที่ท้ายเขื่อนเพชรไว้ที่ 5 m³ s⁻¹ (กรมชลประทาน, 2550)

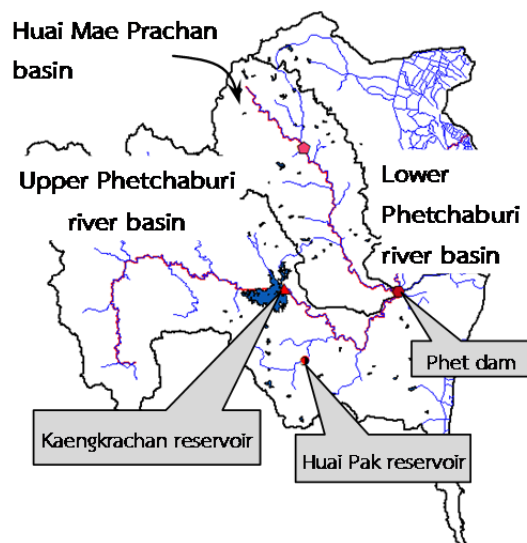


Figure 1 Phetchaburi river basin.

สำหรับความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน มีองค์ประกอบหลักที่ต้องนำมาพิจารณา ประกอบด้วย พื้นที่เพาะปลูกและรูปแบบการเพาะปลูกพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำซึมลึกลงในดิน ปริมาณฝนใช้การ และประสิทธิภาพการชลประทาน สำหรับการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงคำนวณโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศด้วยวิธี Penman-Monteith (Allen et al., 1998)

2.3 ระบบลุ่มน้ำเพชรบุรี

ในการวิจัยได้แบ่งลุ่มน้ำย่อยออกเป็น 13 ลุ่มน้ำตามลำน้ำสาขาสำคัญ ดัง Figure 2 และแผนภูมิระบบลุ่มน้ำแสดงใน Figure 3 สำหรับโครงการชลประทานขนาดกลางและขนาดเล็กในแต่ละพื้นที่ที่ลุ่มน้ำสาขาจะถูกพิจารณารวมเป็นกลุ่มตามลุ่มน้ำย่อย ส่วนโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจะรวมเป็นกลุ่มตามลุ่มน้ำย่อยและพิจารณาให้สูบน้ำตามลำน้ำสายหลัก ความต้องการน้ำในกิจกรรมต่างๆ ของลุ่มน้ำเพชรบุรีถูกจัดเป็นกลุ่มตามลุ่มน้ำย่อยเช่นกัน

การประเมินการใช้น้ำของภาคการใช้น้ำต่างๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง MIKE BASIN 2009 เพื่อจำลองสภาพลุ่มน้ำสำหรับการจัดการน้ำและจัดสรรน้ำตามจุดต่างๆ ในลุ่มน้ำแบบผสมผสาน

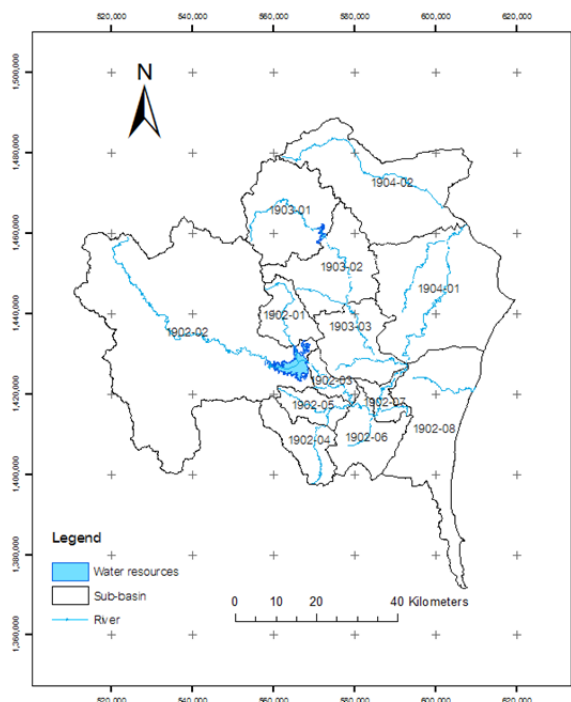


Figure 2 Sub-basin installation in model.

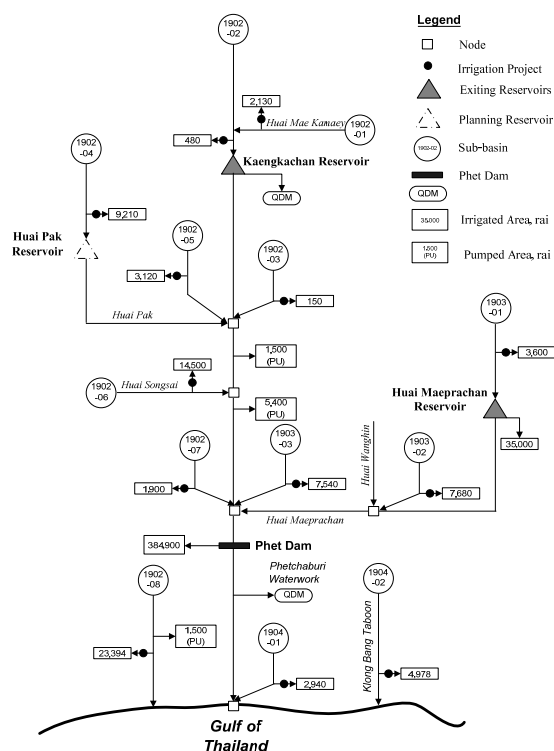


Figure 3 Schematic of Phetchaburi river basin.

2.4 แนวทางการจัดสรรน้ำชลประทาน

ในช่วงฤดูการส่งน้ำ ก่อนการส่งน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีจะอาศัยน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเป็นแนวทางในการวางแผนการส่งน้ำ (กรมชลประทาน, 2550) ดังนี้

- ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม)
 - มากกว่า 380 MCM ส่งน้ำเพื่อการทำนาปรังและอุปโภคบริโภค ในเขตโครงการฯ
 - ระหว่าง 300-380 MCM กำหนดพื้นที่ทำนาปรังและพืชฤดูแล้งในบริเวณที่สามารถส่งน้ำได้บางส่วน
 - น้อยกว่า 300 MCM งดการส่งน้ำทำนาปรังและพืชฤดูแล้ง ฤดูแล้ง (มิถุนายน-ธันวาคม)
 - มากกว่า 300 MCM เริ่มส่งน้ำเพื่อการทำนาปี ประมาณ 1 มิถุนายน
 - ระหว่าง 250-300 MCM เริ่มส่งน้ำเพื่อการทำนาปี ประมาณ 1 กรกฎาคม
 - น้อยกว่า 250 MCM เริ่มส่งน้ำเพื่อการทำนาปี ประมาณ 15 กรกฎาคม

แนวทางการจัดสรรน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีนี้ถูกกำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับ ความจุ และพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเดิมที่ได้สำรวจไว้เมื่อ พ.ศ. 2505 แต่ในปี พ.ศ. 2548

ได้มีการสำรวจโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับ ความจุ และพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานใหม่ (สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2548) พบว่า ปริมาณน้ำที่แท้จริงในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจะมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ดังแสดงใน Figure 4

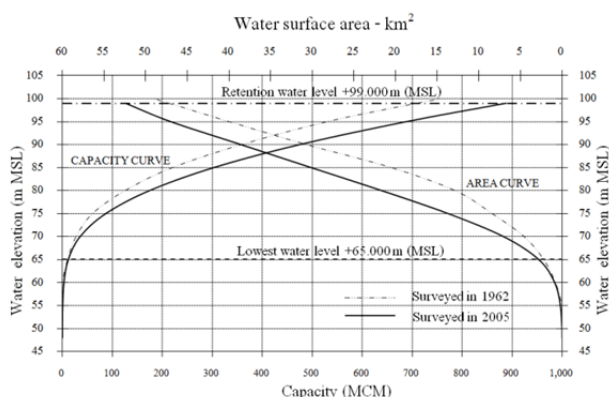


Figure 4 Comparison of capacity-area-elevation curves between 1962 and 2005.

2.5 การประเมินค่าความน่าจะเป็นของปริมาณฝน

การวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Rainfall frequency analysis) ได้ดำเนินการด้วยแบบจำลอง HYDSTAT ซึ่งเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับวิเคราะห์สถิติทางอุทกวิทยาเพื่อประเมินค่าความน่าจะเป็นและรอบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำ และทำการคัดเลือกแบบจำลองที่มีการกระจายความน่าจะเป็น (Probability distributions) ที่เหมาะสมที่สุด ในการวิเคราะห์ได้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีจำนวน 30 yr (พ.ศ. 2522-2551) ค่าความน่าจะเป็นถูกใช้ประเมินโอกาสที่ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำจะน้อยกว่าปริมาณฝนที่รอบการเกิดซ้ำต่างๆ

2.6 การประเมินความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้การขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเกิดขึ้นเมื่อมีการขาดน้ำในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี ในการประเมินสภาวะการขาดน้ำจะทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำในลุ่มน้ำ และสร้างความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคมกับปริมาณฝนรายปีคาดการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งเพียงพอความต้องการน้ำในพื้นที่ ค่าความเสี่ยงต่อการขาดน้ำแสดงในรูปของโอกาสที่ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำเฉลี่ยจะน้อยกว่าค่าปริมาณฝนทั้งหมดดังกล่าว (Non-exceedance probability)

3 ผลและวิจารณ์

ในการประเมินความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ได้ทำการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ด้วยวิธี Penman-Monteith (Allen et al., 1998) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Reference crop evapotranspiration by Penman-Monteith method.

month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
ET_0 (mm/d)	4.8	5.5	6.4	6.6	6.2	6.0
month	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ET_0 (mm/d)	6.3	5.8	5.7	5.2	4.7	4.6

ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นของปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ระดับต่างๆ ได้ดำเนินการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของปริมาณฝนเฉลี่ยที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในรอบ 30 yr (พ.ศ. 2522-2551) ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HYDSTAT ผลการทดสอบความเหมาะสมของ Probability distribution โดย Chi-Square test พบว่า รูปแบบของ Probabilities distributions ที่ให้ค่า Chi-Square น้อยที่สุด คือ Log-Gumbel probability distribution แสดงในสมการที่ 1

$$\ln R = 6.93768 + 0.12738Y_T \quad (1)$$

$$\text{โดยที่ } Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

R = ปริมาณฝนที่รอบการเกิดซ้ำ T yr (mm)

T = รอบการเกิดซ้ำ (yr)

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ปริมาณฝนจะตกน้อยกว่าค่าปริมาณฝนที่กำหนด สรุปได้ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นนี้จะบอกถึงโอกาสหรือความเสี่ยงที่ปริมาณฝนจะน้อยกว่าค่าที่กำหนด และทำให้เกิดสภาวะการขาดน้ำ

Table 2 Non-exceedance probability.

Rainfall (mm)	848.2	926.5	969.8	1079.6	1372.4	1851.3
P(X<Xi, %)	1	10	20	50	90	99

ในการวิเคราะห์สมมูลน้ำของกลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ทำการประเมินปริมาณน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคม สัมพันธ์กับค่าปริมาณฝนรายปีคาดการณ์ในกลุ่มน้ำ ซึ่งไม่ทำให้เกิดสภาวะการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ พร้อมประเมินค่าความเสี่ยงต่อการขาดน้ำจากค่าความน่าจะเป็นที่ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำจะน้อยกว่าปริมาณฝนคาดการณ์

ผลการวิเคราะห์ จะได้ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ควรมีในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคม ที่จะไม่ทำให้เกิดสภาวะการขาดน้ำในพื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี และโอกาสที่ปริมาณฝนที่ตกจะต่ำกว่าปริมาณฝนที่คาดการณ์ซึ่งจะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ หรือหมายถึงความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดน้ำ ซึ่งสามารถสร้างเป็นความสัมพันธ์ได้ดังแสดงใน Figure 5 โดยที่กราฟแต่ละเส้นแสดงถึงปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องมีในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคมสัมพันธ์กับปริมาณฝนรายปีที่คาดการณ์ในปีถัดไปที่ระดับความต้องการน้ำในกลุ่มน้ำเพชรบุรีต่างๆ (Percent of water demand in basin) เช่น ที่ระดับความต้องการน้ำ 100% หมายถึง ความต้องการน้ำทั้งหมดของกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ ในกลุ่มน้ำเพชรบุรีเมื่อดำเนินกิจกรรมเต็มที่ในสภาพปัจจุบัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าความต้องการน้ำเฉลี่ยในรอบ 10 yr (พ.ศ.2542-2551) ส่วนเส้นระดับความต้องการน้ำในกลุ่มน้ำเพชรบุรีที่ 90% และ 80% สร้างขึ้นในลักษณะเดียวกับเส้นระดับความต้องการที่ 100% แต่พิจารณาลดปริมาณความต้องการน้ำในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมลง 10% และ 20% ตามลำดับ โดยที่ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และปริมาณน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์ ยังคงจัดสรรให้เต็มตามความต้องการ ถ้าความสัมพันธ์ของปริมาณฝนคาดการณ์ในปีถัดไปและปริมาณน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคมอยู่เหนือเส้นระดับความต้องการนั้น แสดงว่า ในปีถัดไปจะมีปริมาณน้ำต้นทุนมากกว่าความต้องการ (Supply > Demand) นั่นคือ จะมีปริมาณน้ำเพียงพอกับความต้องการ แต่ถ้าความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ใต้เส้นระดับความต้องการจะมีปริมาณน้ำในปีถัดไปน้อยกว่าความต้องการ นั่นคือ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดสภาวะการขาดน้ำในปีถัดไป โดยในงานวิจัยนี้พิจารณาว่าการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเกิดขึ้นเมื่อผลการวิเคราะห์แสดงการขาดน้ำในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี นอกจากนี้ ในความสัมพันธ์ยังแสดงถึงความน่าจะเป็นที่ปริมาณฝนที่ตกจะน้อยกว่าปริมาณฝนที่คาดการณ์ ทำให้เห็นถึงความเสี่ยงที่จะเกิดสภาวะการขาดน้ำแม้จะคาดการณ์ว่าปริมาณน้ำในปีถัดไปจะเพียงพอกับความต้องการ

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าคาดการณ์ว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในปีถัดไปเท่ากับ 970 mm และปริมาณน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 410 MCM ควรจัดสรรน้ำให้ภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม 80% ของความต้องการ เพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอตลอดปี แต่ทั้งนี้ ก็ยังคงมีความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดน้ำได้เท่ากับ 20% เนื่องจากความเป็นไปได้ที่ปริมาณฝนที่ตกจะน้อยกว่าที่คาดการณ์ นอกจากนี้ ในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณฝนจะมีการกำหนดช่วงความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดช่วงความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% (95% Confidence interval) ดังแสดงเป็นพื้นที่ส่วนที่แรเงาใน Figure 5 นั่นคือ ยังมีโอกาสที่จะเกิดสภาวะการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ ถ้าความสัมพันธ์ของปริมาณฝนคาดการณ์ในปีถัดไปและปริมาณน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคมอยู่ในพื้นที่ส่วนนี้ (ยุทธนา, 2556)

ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในพื้นที่ชลประทาน ยังพบอีกว่า โอกาสที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมี 2 ช่วง คือ เดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม ซึ่งจากแผนการปลูกพืชปัจจุบันเป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการน้ำสูง จาก Figure 5 จะเห็นว่า เส้นกราฟแบ่งเป็น 2 ช่วง การขาดแคลนน้ำจะเกิดในเดือนเมษายนในกรณีที่ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำต่ำ (ช่วงเส้นกราฟด้านซ้ายของจุด Inflection) ส่วนในกรณีที่ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยสูง จะมีโอกาสที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำในเดือนสิงหาคมได้เช่นกันหากมีปริมาณน้ำเก็บกัก ณ ต้นเดือนกรกฎาคมน้อยกว่าเส้นกราฟ (ช่วงเส้นกราฟด้านขวาของจุด Inflection) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณฝนคาดการณ์จะอยู่เหนือเส้นความต้องการ แต่ก็มีโอกาสเกิดการขาดน้ำในพื้นที่เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณฝนจะตกน้อยกว่าที่คาดการณ์สำหรับพื้นที่บริเวณเหนือเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบน (Upper rule curve) และได้เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล่าง (Lower rule curve) เป็นบริเวณที่อยู่นอกขอบเขตการบริหารอ่างเก็บน้ำ ซึ่งในทางปฏิบัติจะไม่มีการบริหารระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้อยู่ในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้ ค่า Upper และ Lower rule curve ณ ต้นเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 453 และ 237 MCM ตามลำดับ ในการคาดการณ์ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ได้สร้างแบบจำลองทาง Stochastic เพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในปีถัดไปของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีโดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% Confidence interval) เพื่อคาดการณ์สถานการณ์น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำในปีถัดไป ถ้าปริมาณฝนคาดการณ์อยู่ในพื้นที่ส่วนที่แรเงา แสดงว่า ปริมาณ

น้ำในปีถัดไปน่าจะเพียงพอกับความต้องการ แต่ยังมีโอกาสที่ปริมาณฝนที่ตกจริงจะน้อยกว่าปริมาณฝนที่คาดการณ์ ซึ่งช่วงความเชื่อมั่น 95% ของแบบจำลองที่ใช้คาดการณ์ในงานวิจัยสำหรับข้อมูลปริมาณฝนในรอบ 30 yr (พ.ศ.2522-2551) เท่ากับ ± 72.4 mm ในกรณีที่ปริมาณฝนคาดการณ์แสดงให้เห็นว่าอาจเกิดการขาดน้ำในปีถัดไป หรือมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณฝนจะตกน้อยกว่าที่คาดการณ์และทำให้เกิดภาวะการขาดน้ำ หากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำต้องการลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำสามารถทำได้โดยการลดการใช้น้ำลงในสัดส่วนที่เท่าๆ กัน ตามหลักความเป็นธรรม จนกระทั่งอยู่ในระดับความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดน้ำที่ยอมรับได้ เช่น ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 350 MCM

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยคาดการณ์ เท่ากับ 1,430 mm ความสัมพันธ์อยู่ในพื้นที่แรเงา แสดงว่า จะมีปริมาณน้ำเพียงพอกับความต้องการ แต่แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ 95% นั่นคือปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่เป็นได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 1,357.6 ถึง 1,502.4 mm ($1,430 \pm 72.4$) แสดงว่า มีโอกาสที่จะเกิดภาวะการขาดน้ำได้ นอกจากนี้ จาก Figure 5 มีความเป็นไปได้ที่ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยจะต่ำกว่า 1,400 mm เท่ากับ 91% และจะเกิดภาวะการขาดแคลนน้ำ หากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำต้องการลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำให้เหลือประมาณ 40% จะต้องลดความต้องการน้ำให้เหลือ 80% ดังนั้น ภาควิชาการใช้น้ำต่างๆ สามารถวางแผนการดำเนินกิจกรรมการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม

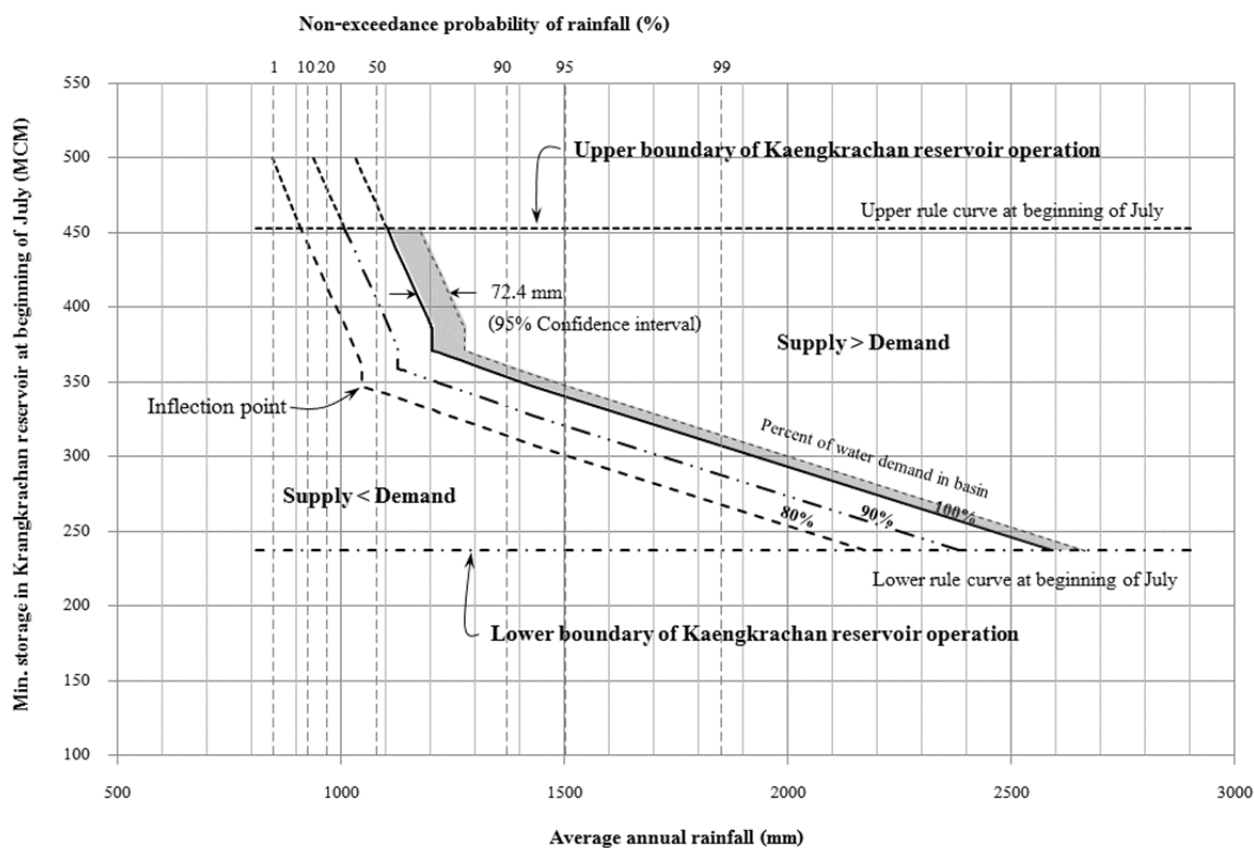


Figure 5 Relationship between rainfall storage volume and non-exceedance probability of rainfall in Phetchaburi river basin.

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์เมื่อกำหนดให้ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยน้อยกว่า 1,100 mm และเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกัก ณ ต้นเดือนกรกฎาคมให้มากขึ้นเกินกว่าระดับของ Upper rule curve ปรากฏว่ายังคงมีสถานะการขาดน้ำ ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่า เงื่อนไขการระบายน้ำตาม Rule curve จะทำให้มีการ

ระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้เกินกว่าระดับ Upper rule curve ทำให้ปริมาณน้ำต้นทุนในระหว่างปีไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยต่ำ ซึ่งจากข้อมูลสถิติน้ำฝนในรอบ 30 yr (พ.ศ. 2522-2551) ค่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,110 mm มีจำนวนปีที่

มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยต่ำกว่า 1,110 mm ถึง 18 yr คิดเป็น 56.67% และผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง HYDSTAT โอกาสที่ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยจะน้อยกว่า 1,110 mm เท่ากับ 57%

เพื่อศึกษาสถานการณ์น้ำตามแนวทางการจัดสรรน้ำที่กำหนด โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี ได้ทำการจำลองสถานการณ์ด้วยระบบการปลูกพืชเช่นเดียวกับที่กำหนดในงานวิจัยโดยใช้ค่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย เท่ากับ 1,194.8 mm (ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2542-2551) โดยทำการจำลองสถานการณ์เมื่อปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน เท่ากับ 300 MCM ที่ต้นเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) และเท่ากับ 380 MCM ที่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ เปรียบเทียบกับการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางการจัดการน้ำตาม Rule curve เดิมที่ได้สำรวจไว้เมื่อ พ.ศ. 2505 ซึ่งผลการจำลองแสดงใน Figure 6 และ Figure 7 ตามลำดับ

ผลการจำลองสถานการณ์ในฤดูฝน พบว่า ไม่เกิดภาวะการขาดน้ำในปีการเพาะปลูกนั้น (ฤดูฝนต่อฤดูแล้งปีถัดไป) แต่ทั้งนี้ การบริหารน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจะไม่เป็นไปตามเกณฑ์ปฏิบัติอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน (Rule curve) เนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจะอยู่ต่ำกว่า Lower rule curve ในบางช่วงเวลา ดังนั้น ถ้าปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าที่คาดการณ์ อาจเกิดภาวะการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ นั่นคือ พื้นที่ลุ่มน้ำมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะการขาดน้ำ ซึ่งจากสถานการณ์ที่กำหนด ถ้าจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะการขาดน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนมิถุนายน ควรมีประมาณ 392 MCM และต้องบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำตาม Rule curve

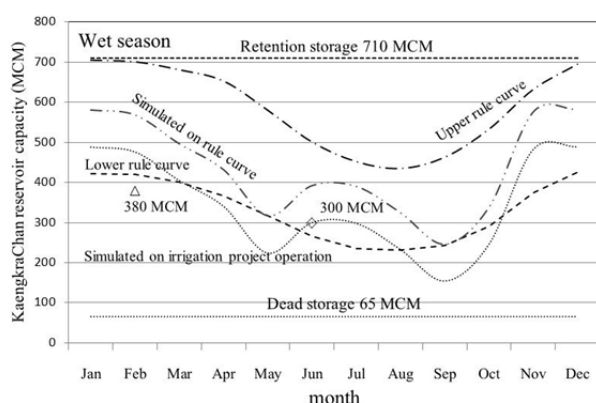


Figure 6 Kaengkrachan reservoir simulation in wet season.

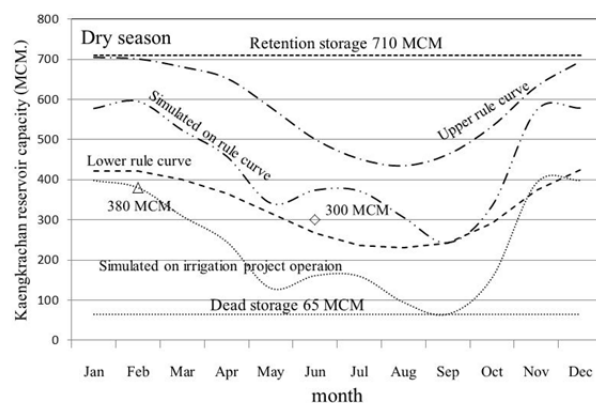


Figure 7 Kaengkrachan reservoir simulation in dry season.

สำหรับการจำลองสถานการณ์ในฤดูแล้ง จะเห็นว่า ปริมาณน้ำต้นฤดูแล้งอยู่ต่ำกว่า Lower rule curve ซึ่งตามแนวทางการจัดสรรน้ำของโครงการฯ จะให้มีการปลูกพืชฤดูแล้งตามปกติ จะทำให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะลดลงอย่างมาก ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ ต้นเดือนมิถุนายนจะต่ำกว่า 250 MCM สำหรับการเพาะปลูกในฤดูฝน โครงการฯ จะกำหนดให้เริ่มปลูกพืชฤดูฝนวันที่ 1 กรกฎาคม จากการจำลองสถานการณ์จะเห็นว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะลดลงถึงระดับน้ำต่ำสุดในเดือนกันยายน มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างรุนแรงตามการจำลองสถานการณ์ ทั้งนี้ผลการจำลองสถานการณ์โดยการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Rule curve ได้ว่า อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานควรมีปริมาณน้ำประมาณ 595 MCM ณ ต้นเดือนกุมภาพันธ์ และบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Rule curve เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะการขาดน้ำ

4 สรุป

จากการประเมินความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำผลการวิเคราะห์ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ณ ต้นเดือนกรกฎาคมกับปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดการขาดแคลนน้ำต่างๆ ความสัมพันธ์นี้จะช่วยในการประเมินสถานการณ์ของน้ำในลุ่มน้ำและโอกาสที่จะเกิดภาวะการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำทุกภาคส่วนสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยการตัดสินใจในการกำหนดการดำเนินกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์น้ำ นอกจากนี้ ในกรณีที่การประเมินสถานการณ์ของน้ำในลุ่มน้ำแสดงให้เห็นว่าจะเกิดการขาดแคลนน้ำหรือมีค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำสูง ควรจัดสรรน้ำให้แก่ภาคการใช้น้ำต่างๆ ในสัดส่วนที่เท่าๆ กัน ตามหลักความ

เป็นธรรม (Equity) ซึ่งเป็นหลักการที่กำหนดไว้ในนิยามของ IWRM ในการจัดสรรน้ำระหว่างภาคการใช้น้ำ เพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำ หรือลดความเสี่ยงที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำ และที่สำคัญคือทำให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการใช้น้ำ ซึ่งช่วยลดความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นในการจัดสรรน้ำระหว่างภาคการใช้น้ำ

อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในปัจจุบันไม่รองรับลักษณะการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีที่เปลี่ยนแปลงไป ขอบเขตบนของเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสามารถรองรับการใช้น้ำได้เพียงพอเมื่อมีปริมาณฝนตกไม่น้อยกว่า 1,100 mm ดังนั้นควรจะมีการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้น้ำปัจจุบัน อีกทั้ง Rule curve ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ในแต่ละเดือนในทุกๆ ปี คือมีลักษณะเป็น Static rule curve ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพฝนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปี อาจทำให้เกิดภาวะการขาดน้ำได้เนื่องจากการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตาม Rule curve ดังนั้น ถ้าสามารถปรับเปลี่ยนเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้เป็นพลวัต (Dynamic rule curve) คือเปลี่ยนแปลงค่าตามสภาพปัจจุบัน น่าจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำให้เหมาะสมกับสถานการณ์น้ำมากขึ้น

ในการจัดสรรน้ำตามแนวทางการจัดสรรน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีที่ผ่านมาไม่ประสบภาวะการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากเกณฑ์กำหนดการจัดสรรน้ำถูกพิจารณาจากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับ ความจุ และพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเดิมที่ได้สำรวจไว้เมื่อ พ.ศ.2505 แต่ในโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับ ความจุ และพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานใหม่ ที่สำรวจในปี พ.ศ.2548 พบว่า ปริมาณน้ำที่แท้จริงในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจะมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำ ดังแสดงใน Figure 4 ซึ่งเมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งความจุอ่างเก็บน้ำใหม่ ได้ว่า ที่ความจุอ่างเก็บน้ำเดิม เท่ากับ 300 และ 380 MCM ความจุที่แท้จริงจากสำรวจใหม่ เท่ากับ 400.73 และ 513.85 MCM ตามลำดับ นั่นคือ มีปริมาณน้ำในการบริหารจัดการมากกว่าที่กำหนดประมาณ 100 และ 133 MCM ซึ่งค่าความจุที่สำรวจใหม่จะสอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำที่ควรจะมีในอ่างเก็บน้ำ คือ 392 และ 595 MCM ตามลำดับ เมื่อบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Rule curve ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการจำลองสถานการณ์ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งโดยใช้การบริหารจัดการน้ำตาม Rule curve เดิม จะเห็นว่า ผลการจำลองการจัดสรรน้ำก็ไม่

แสดงสภาวะการขาดน้ำ แสดงว่า แนวทางการจัดสรรน้ำของโครงการเหมาะสมกับสภาพการใช้น้ำในพื้นที่โครงการในปัจจุบัน

ดังนั้น จากโค้งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่เป็นจริงสูงกว่าโค้งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ดังแสดงข้างต้น ค่าความเสี่ยงต่อภาวะการขาดน้ำจะลดลง แต่ทั้งนี้การบริหารจัดการน้ำไม่ได้แสดงสถานะภาพของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่แท้จริง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง จึงควรปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้สอดคล้องกับลักษณะของอ่างเก็บน้ำที่แท้จริง เพื่อให้สามารถนำน้ำในอ่างเก็บน้ำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแนวทางการจัดสรรน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี จะไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ แต่เพื่อให้การใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรทบทวนและปรับปรุง Rule curve ใหม่ให้เหมาะสมกับสภาพของอ่างเก็บน้ำที่แท้จริง และปรับแนวทางการจัดสรรน้ำให้สอดคล้องกับ Rule curve เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการจัดสรรน้ำ และลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ นอกจากนี้ ควรทำการติดตามและจำลองสถานการณ์น้ำในทุกๆ เดือน เพื่อให้สามารถติดตาม ประเมินผล และปรับเปลี่ยนแผนการบริหารจัดการน้ำได้เหมาะสมกับสถานการณ์

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่างๆ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนแบบจำลองในการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2550. โครงการศึกษาวางแผนระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อการพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำเพชรบุรี. รายงานฉบับสมบูรณ์. จัดทำโดยบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด บริษัท ซีเมนส์ จำกัด และบริษัท ไทยพลัส เทคโนโลยีพลัส จำกัด.
- กรมทรัพยากรน้ำ. 2552. แผนที่มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำ. 2553. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์

ปฏิบัติการพยากรณ์เตือนภัยเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. รายงานฉบับหลัก. จัดทำโดยบริษัทเซาท์อีสต์เอเชียเทคโนโลยี จำกัด บริษัท ชิกม่า ไฮโดร คอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท ทรานเอเชีย คอนซัลแตนท์ จำกัด.

ยุทธนา ตาละลักษณ์. 2556. การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีแบบบูรณาการ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาน ปราการรัตน์, ประสงค์ อมาตยกุล. 2551. ความน่าจะเป็นและรอบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรอบรายเดือนของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา.

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. รายงานผลการสำรวจความจุอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes , M. Smith. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 Crop Evapotranspiration. Rome: Food and Agriculture Organization.