รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย 12 เดือน

การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำรูปแบบใหม่สำหรับการบริหารจัดการน้ำต้นทุนระยะยาว ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (ระยะที่ 2)

โครงการวิจัยเข็มมุ่ง สำนักประสานงานวิจัยการจัดการน้ำเชิงยุทธศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา

E-mail: areeya.rit@mahidol.ac.th

การบริหารจัดการแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมายด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ ระยะที่ 2

เตรียมนำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการกำกับแผนฯ

14 กรกฎาคม 2565

ทีมวิจัย ม.มหิดล-เกษตรศาสตร์

รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

ประธานแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมายโครงการวิจัยเข็มมุ่ง
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและ
นวัตกรรม E-mail : Sucharit.K@chula.ac.th

รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : areeya.rit@mahidol.ac.th

อ.ดร.ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ
มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : yutthana.pha@mahidol.ac.th

อ.ดร.อรันย์ ศรีรัตนา ทาบูกานอน

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : allansriratana.tab@mahidol.ac.th

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์ (ที่ปรึกษา)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail : fengvwv@ku.ac.th

อ.ดร.วุฒิชาติ แสวงผล

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : wudhichart.saw@mahidol.edu

อ.ดร.จิดาภา ไกรสังข์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : jidapa.kra@mahidol.edu

อ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail : fengynt@ku.ac.th

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ 1

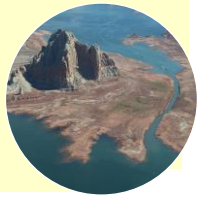
การรวบรวมข้อมูล & วิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ที่ 2

การจำลองฝน-น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเพื่อการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำด้วยแบบจำลอง WEAP

วัตถุประสงค์ที่ 3

การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

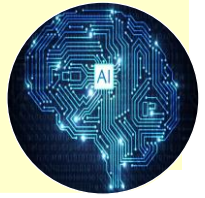


วัตถุประสงค์ที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

(1) RL Model

(2) CP Model



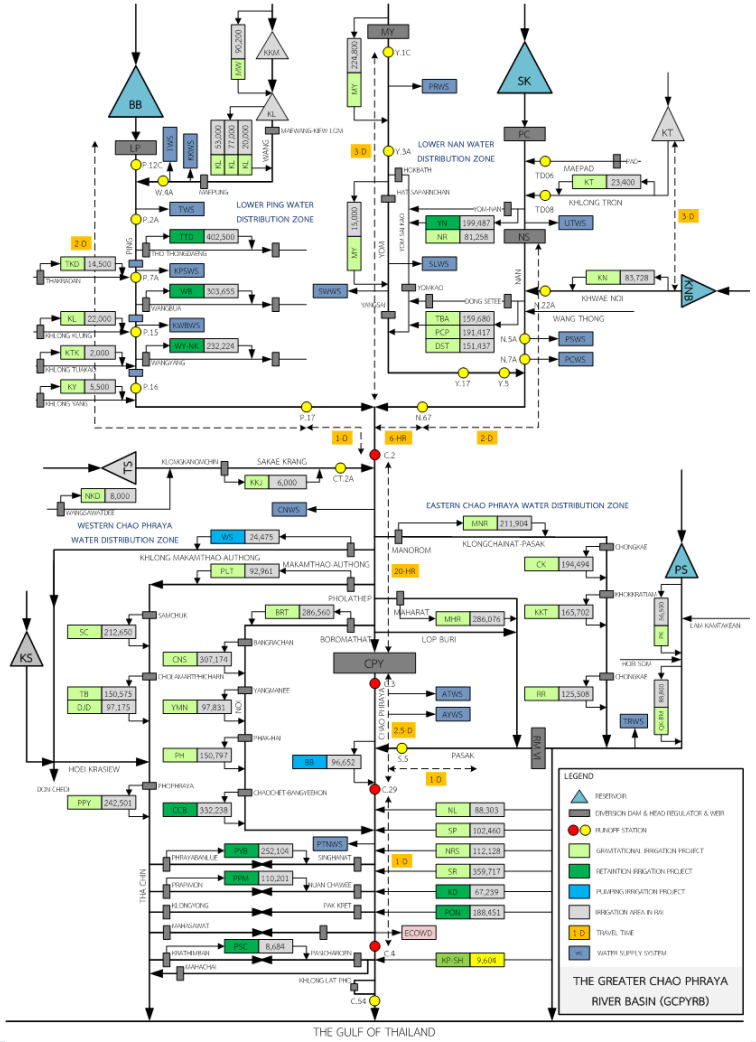
การตัดสินใจระบายน้ำภายใต้ความเชื่อมั่น & เพิ่มน้ำต้นทุน 15% ในระยะยาว

วัตถุประสงค์ที่ 1:
ผลการรวบรวมข้อมูล & วิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน

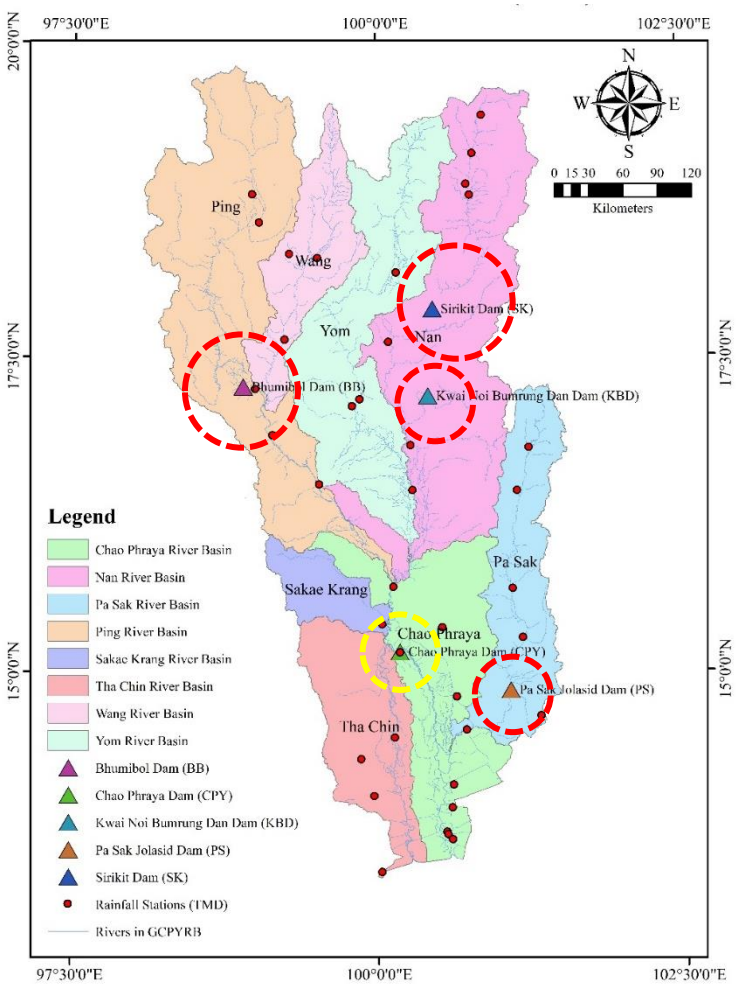
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 1

ผลการรวบรวมข้อมูลวิจัย

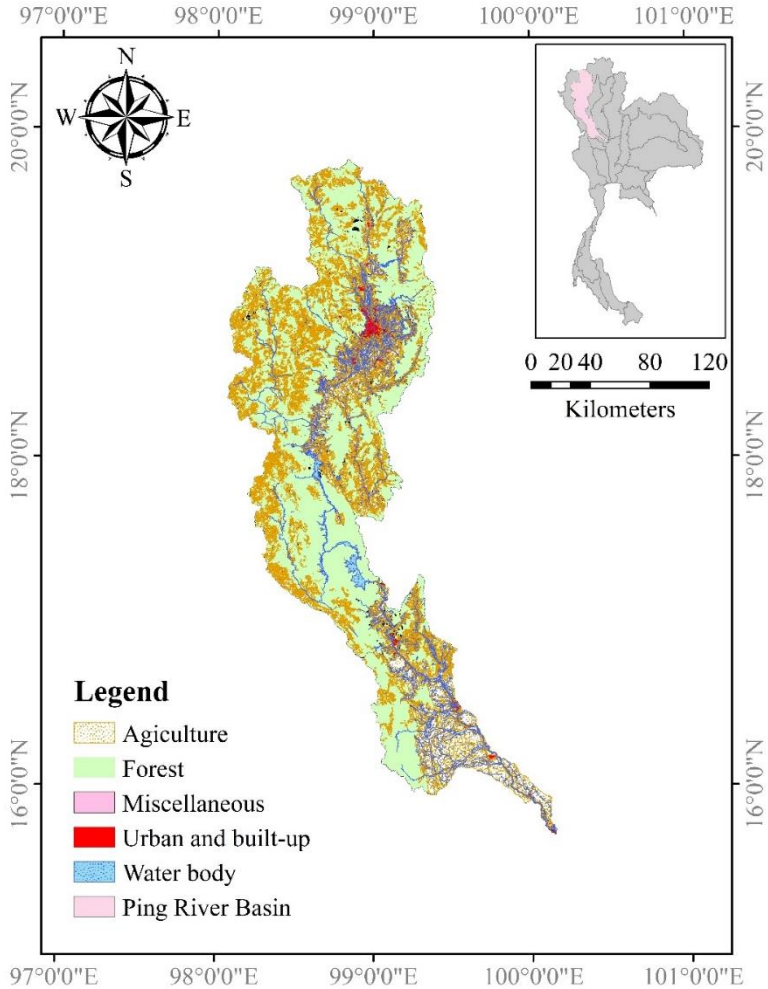
(1) การจัดทำผังน้ำในพื้นที่ศึกษา



(2) ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา (ฝน-น้ำท่า-อ่างเก็บน้ำ)

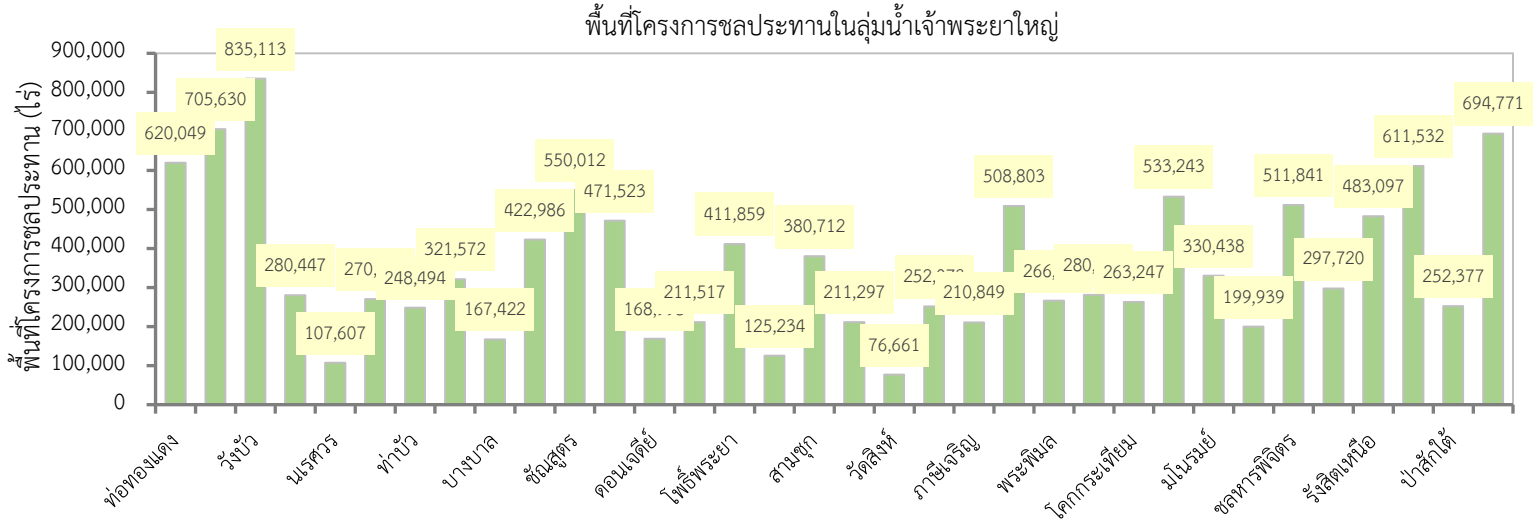


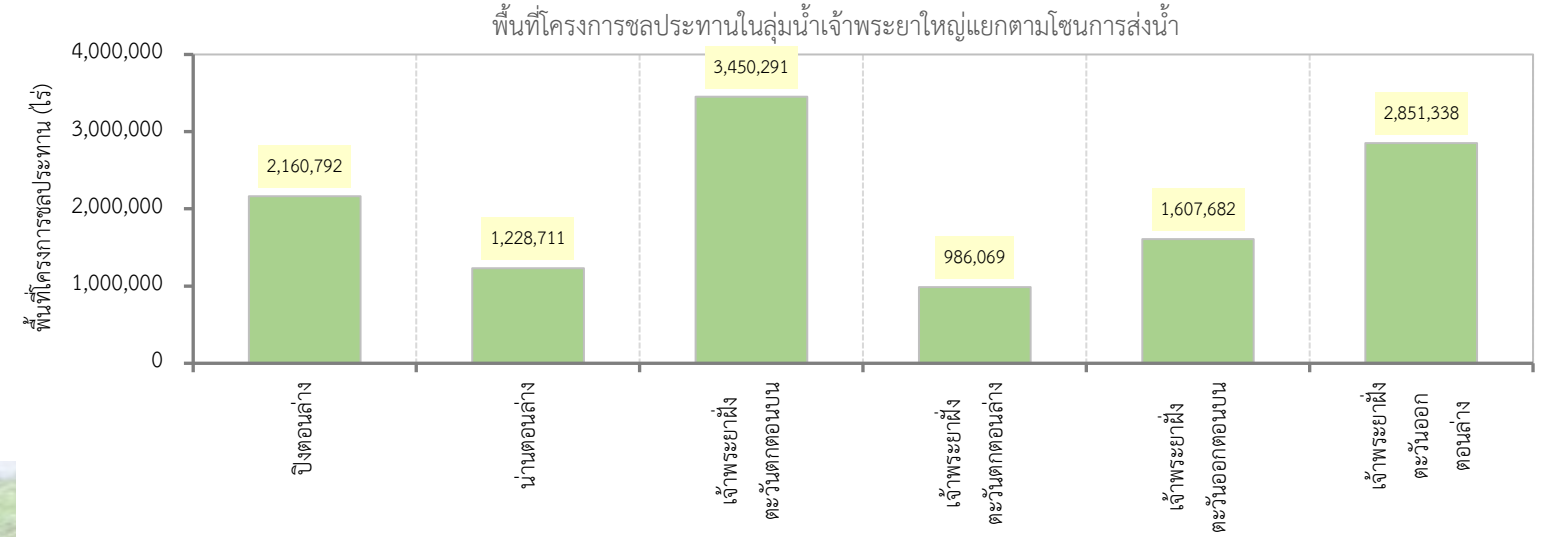
(3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน



ผลการรวบรวมข้อมูลวิจัย

(5) ข้อมูลโครงการชลประทาน (Shapefile) และการจัดสรรน้ำของ ปตร. ในพื้นที่ศึกษา

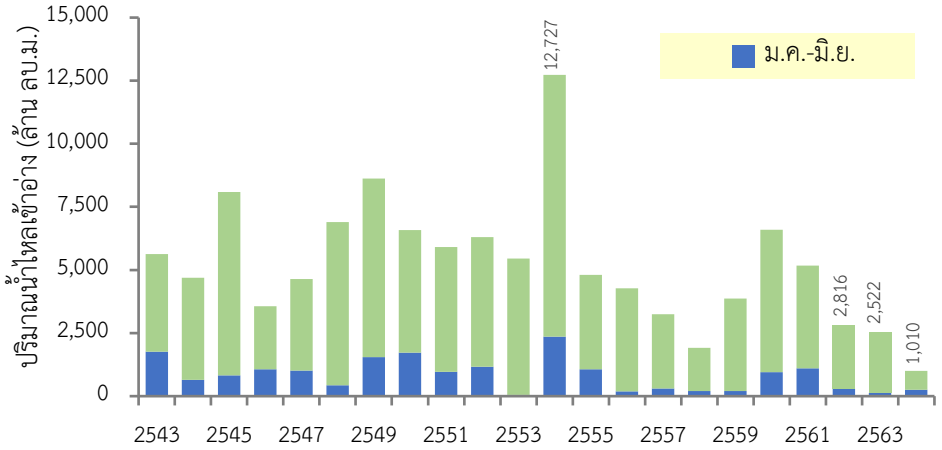




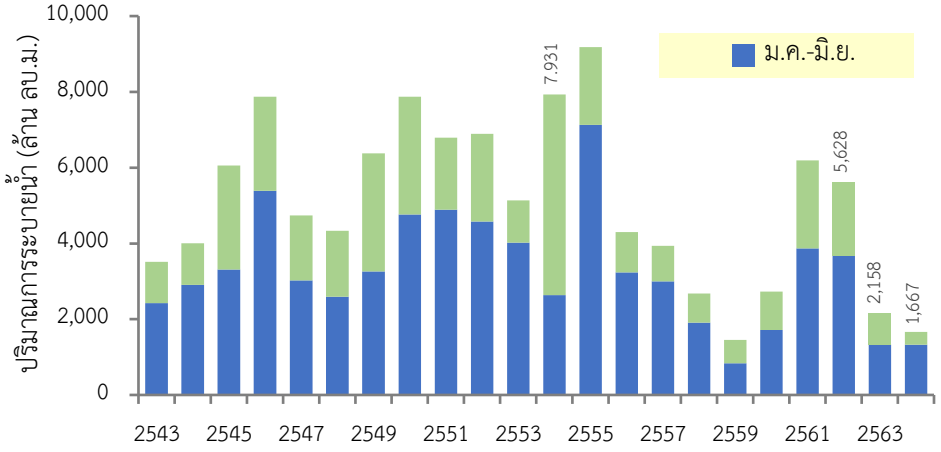
Abbreviation	Water Distribution Zones	No.	Name	Abbreviation	Types
LPWDZ	Lower Ping	1	Thorthong Dang	TTD	Retaintion
		2	Nongkhwan	NK	Retaintion
		3	Wangbua	WB	Retaintion
		4	Wangyang	WY	Retaintion
LNWDZ	Lower Nan	5	Dongsetthee	DST	Gravitaion
		6	Naresuan	NR	Gravitaion
		7	Plaichumpol	PCP	Gravitaion
		8	Thabua	TB	Gravitaion
		9	Yomnan	YN	Retaintion
UWCPYWDZ	Upper Western Chao Phraya	10	Bang Bal	BB	Pumping
		11	Borommathat	BRT	Gravitaion
		12	Chanasute	CNS	Gravitaion
		13	Chaochet-Bangyyeehon	CCB	Retaintion
		14	Donjedee	DJD	Gravitaion
		15	Phak-Hai	PH	Gravitaion
		16	Phophraya	PPY	Gravitaion
		17	Pollathep	PLT	Gravitaion
		18	Samchuck	SC	Gravitaion
		19	Thabot	TB	Gravitaion
		20	Wat-Sing	WS	Pumping
		21	Yangmanee	YMN	Gravitaion
LWCPYWDZ	Lower Western Chao Phraya	22	Pasicharoen	PSC	Retaintion
		23	Phayabunlue	PYB	Retaintion
		24	Prapimon	PPM	Retaintion
UECPYWDZ	Upper Eastern Chao Phraya	25	Chongkae	CK	Gravitaion
		26	Khokkratiam	KKT	Gravitaion
		27	Maharaj	MHR	Gravitaion
		28	Manorom	MNR	Gravitaion
		29	Roengrang	RR	Gravitaion
LECPYWDZ	Lower Eastern Chao Phraya	30	Klongdan	KD	Retaintion
		31	Nakhon Luang	NL	Gravitaion
		32	Northern Rangsit	NRS	Gravitaion
		33	Praong-Nuchit	PON	Retaintion
		34	Southern Pasak	SP	Gravitaion
		35	Southern Rangsit	SR	Gravitaion
Total					
Remark: 1/ Estimated from GIS shape files.					

ผลวิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน: ภูมิพล & สิริกิติ์

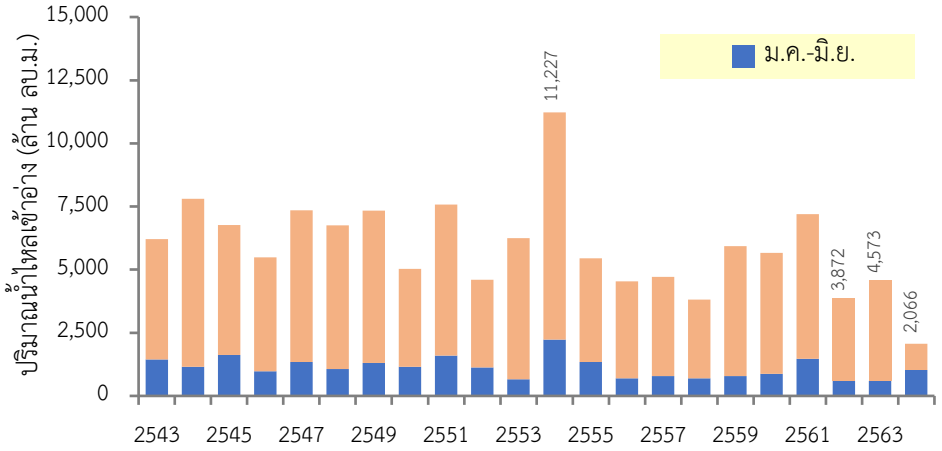
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีของเขื่อนภูมิพล



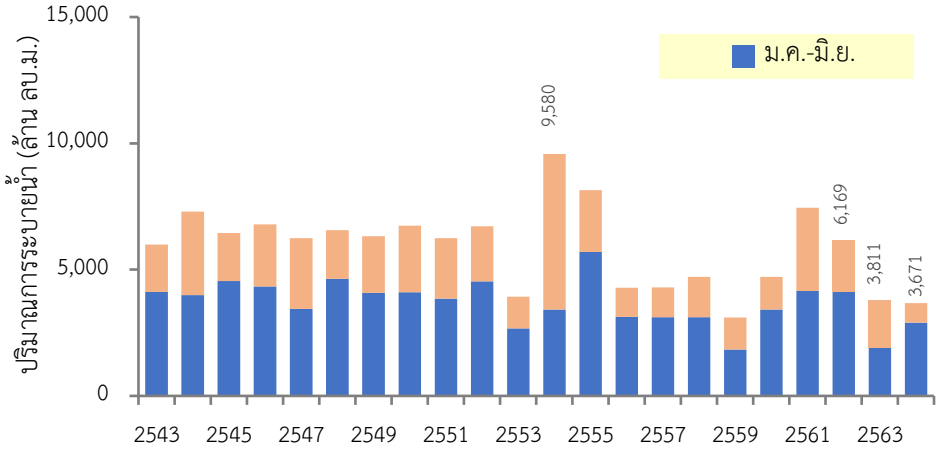
ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนภูมิพล



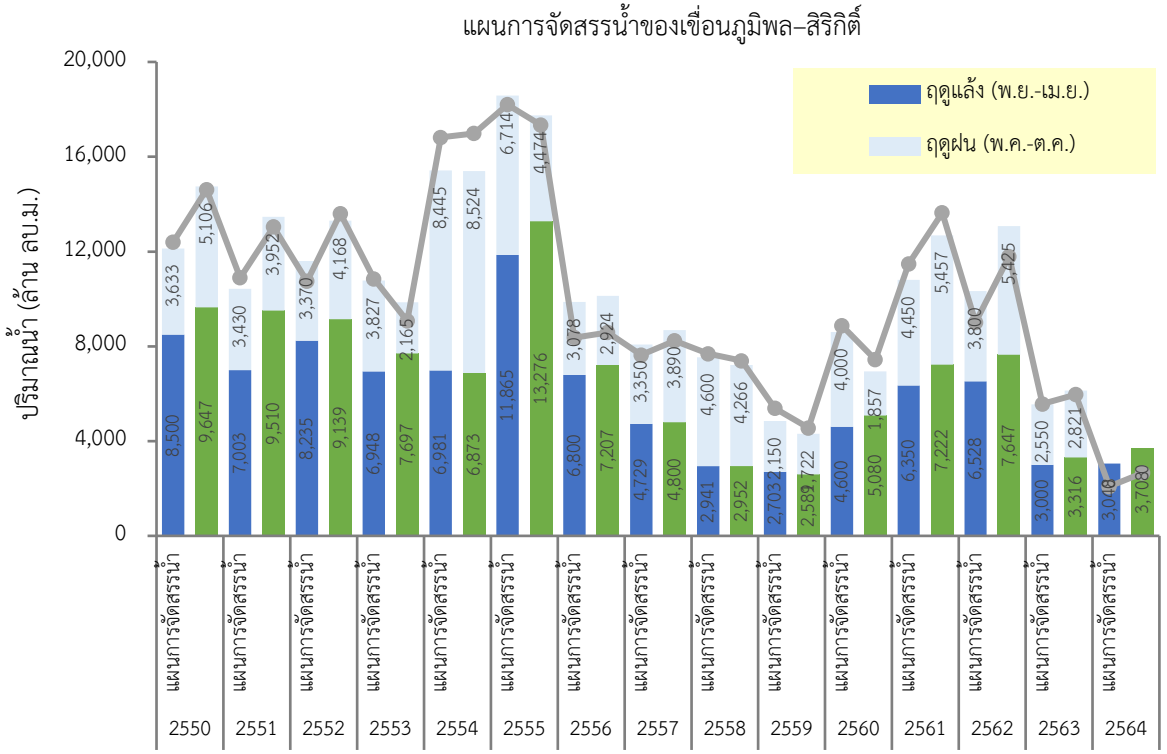
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีของเขื่อนสิริกิติ์



ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนสิริกิติ์



ผลวิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน: ภูมิพล & สิริกิติ์

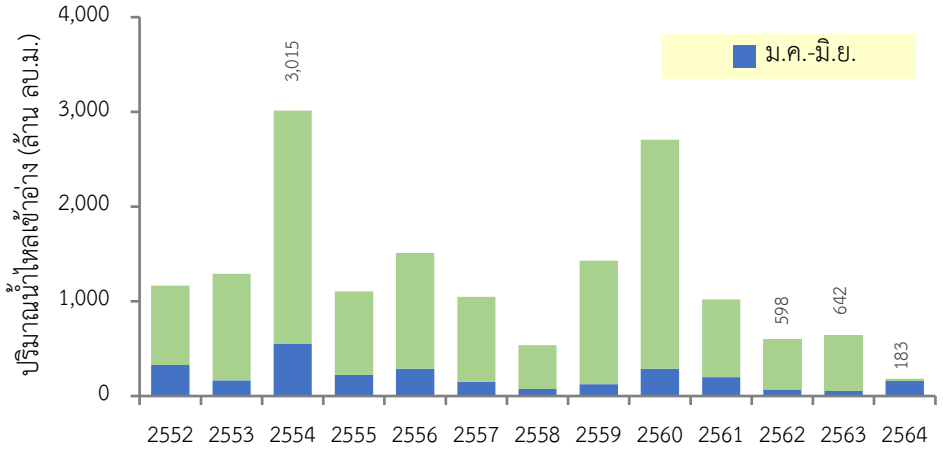


ประเด็นสรุป:

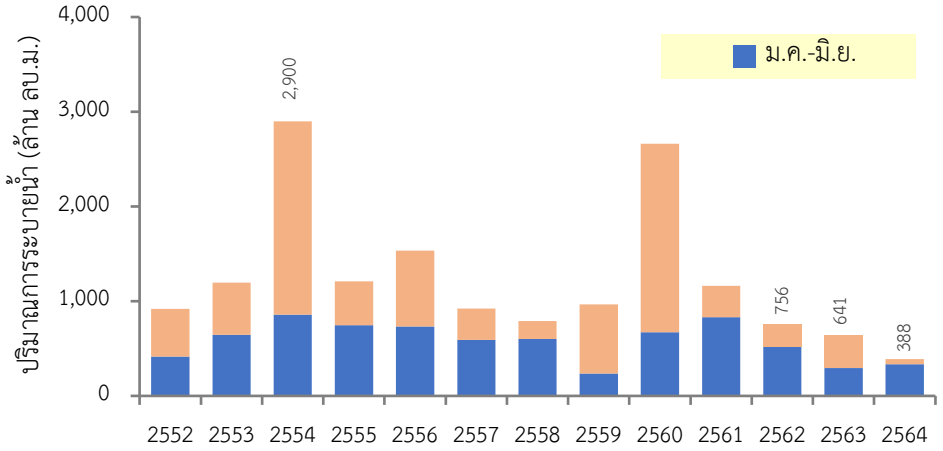
- ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543–2563 เท่ากับ 5,444 และ 6,103 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี
- ปริมาณการระบายน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543–2563 เท่ากับ 5,229 และ 5,981 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี
- ค่าเฉลี่ยระยะยาวของแผนการจัดสรรน้ำในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) และช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และรายปีมีค่าเท่ากับ 6,445, 4,415 และ 11,073 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ
- ในปีน้ำมากมีแนวโน้มปรับเพิ่มจากแผนการจัดสรรน้ำในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) และช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และรายปีจากปีน้ำปกติเท่ากับ -0.27%, +119.35% และ +55.69% ตามลำดับ
- ในปีน้ำน้อยมีการปรับลดจากแผนการจัดสรรน้ำในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) และช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และรายปีจากปีน้ำปกติเท่ากับ -42.16%, -13.77% และ -34.73% ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน: แควน้อยบำรุงแดน

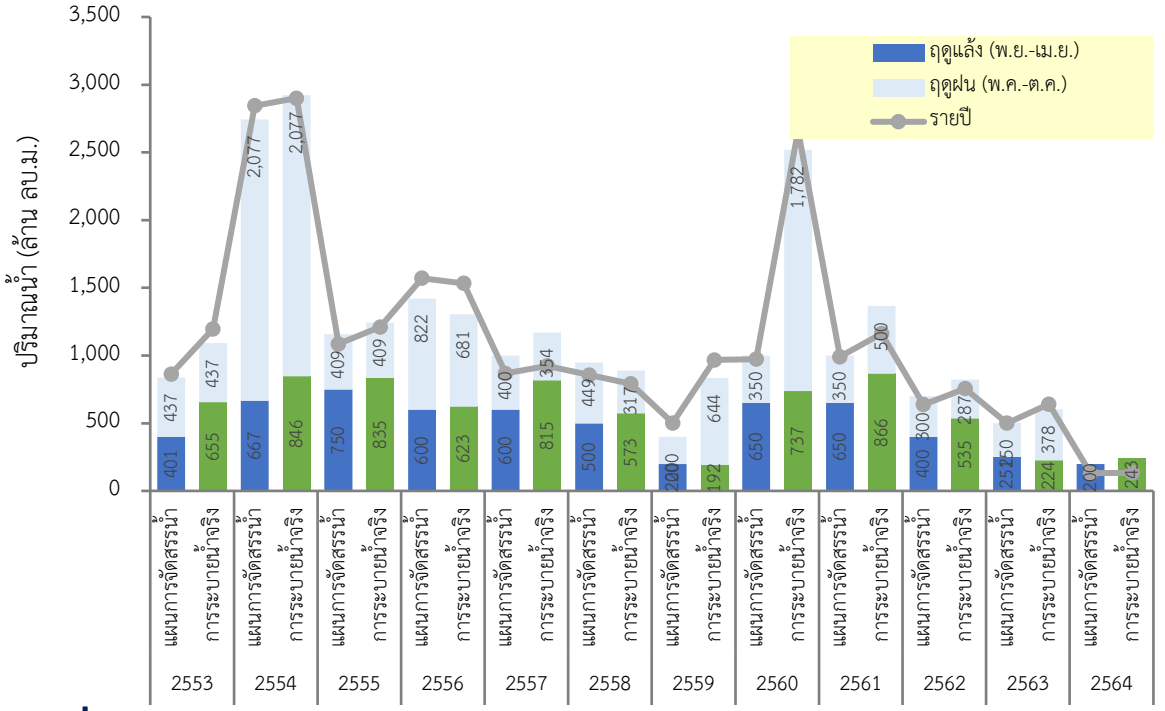
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน



ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน



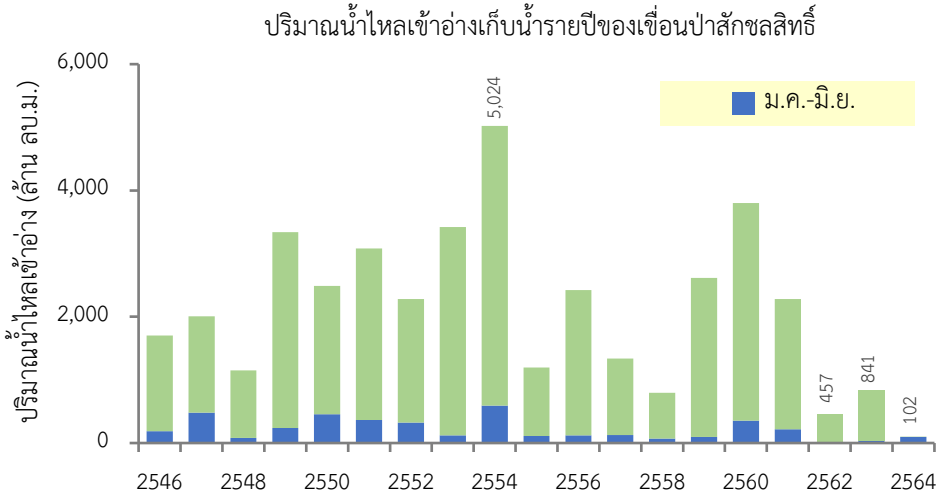
แผนการจัดสรรน้ำของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

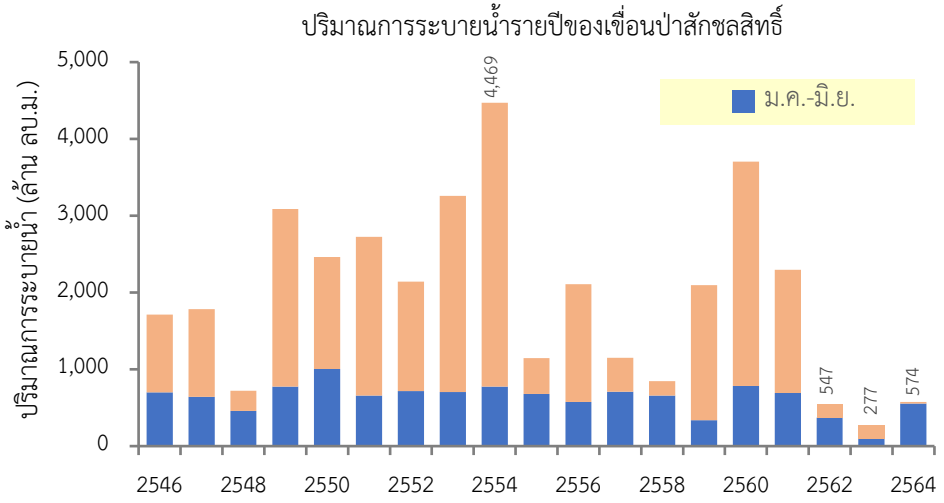


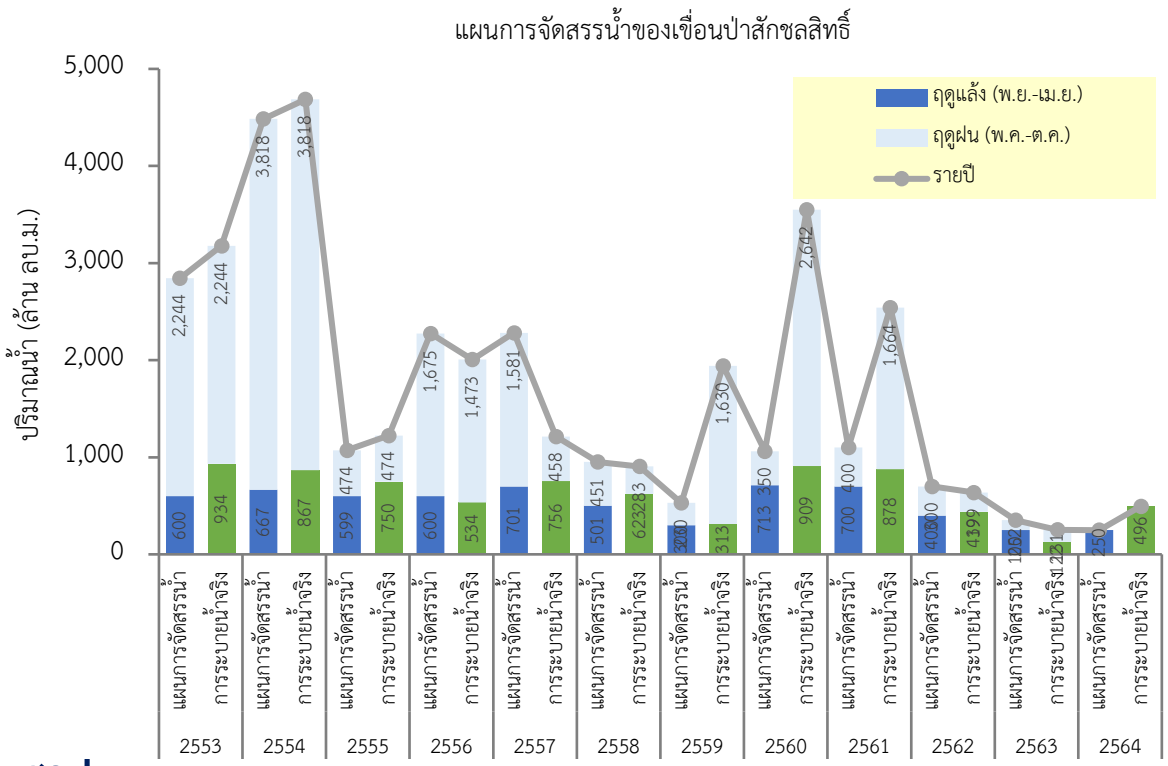
ประเด็นสรุป:

- ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2552–2563 เท่ากับ 1,339 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี
- ปริมาณการระบายน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2552–2563 เท่ากับ 1,306 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ผลวิเคราะห์แนวทางการบริหารเขื่อนในปัจจุบัน: ป่าสักชลสิทธิ์





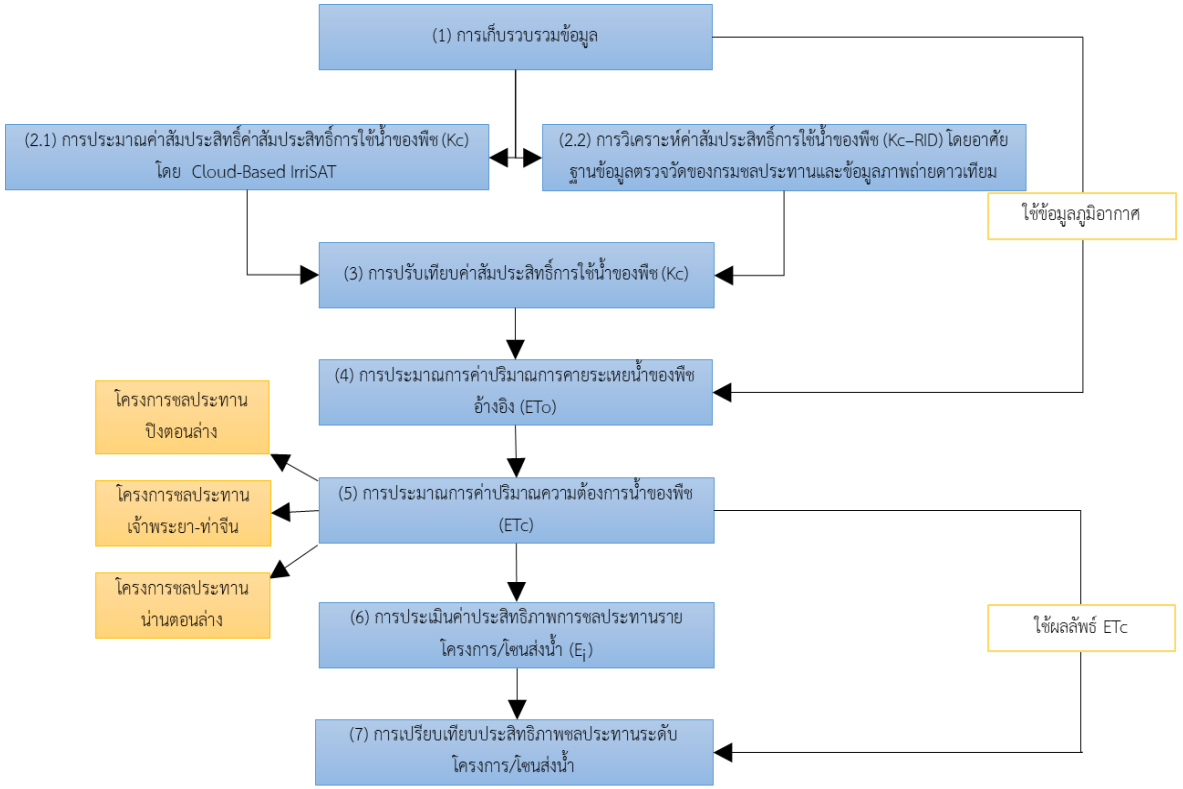


ประเด็นสรุป:

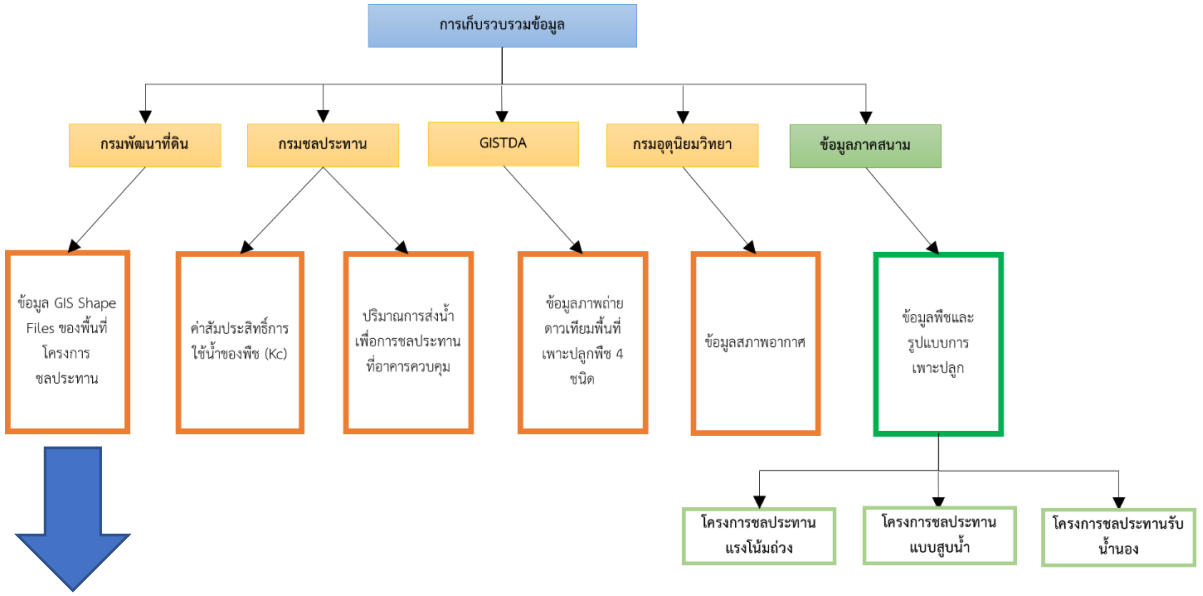
- ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2563 เท่ากับ 2,236 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี
- ปริมาณการระบายน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2563 เท่ากับ 2,030 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

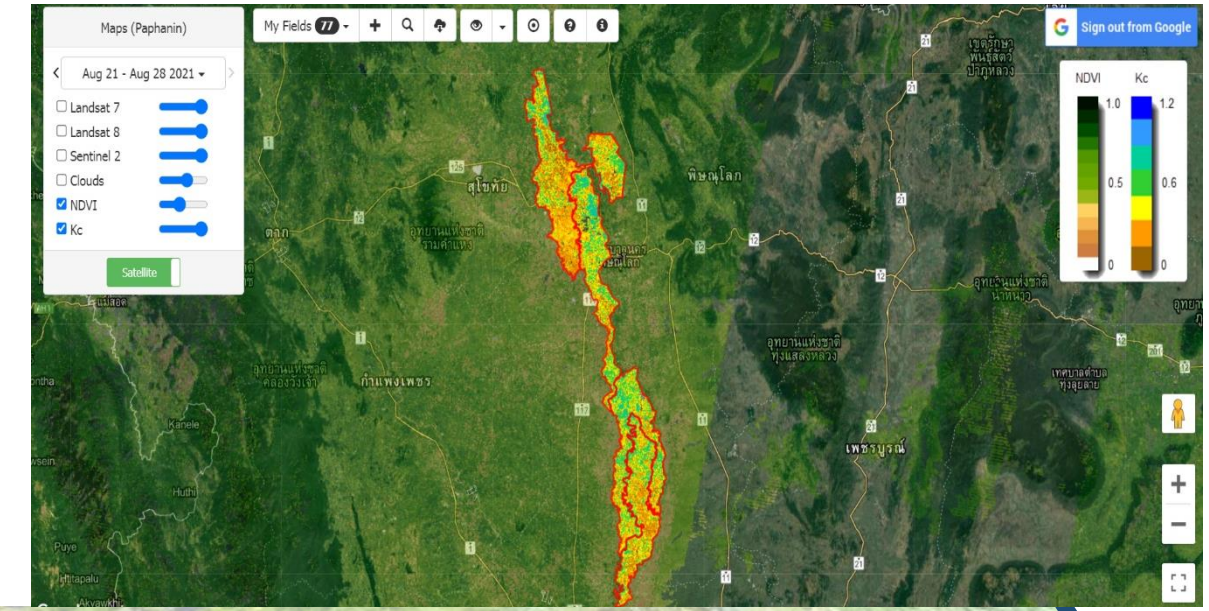
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 1

ผลวิเคราะห์ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม



อาศัย Cloud-Based IrriSAT Application



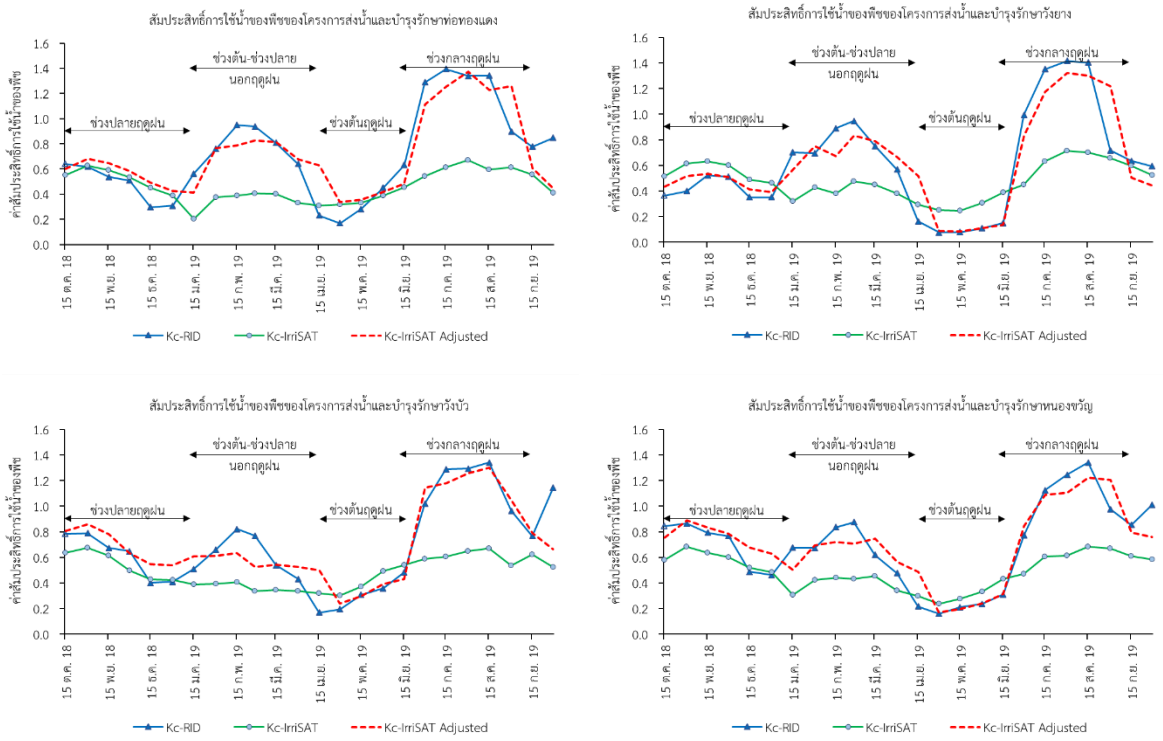


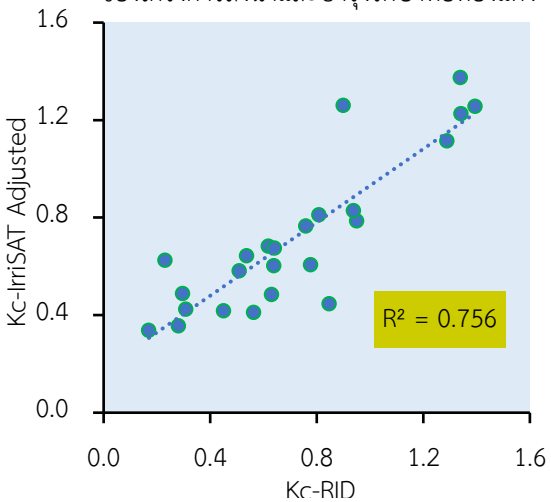
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 1

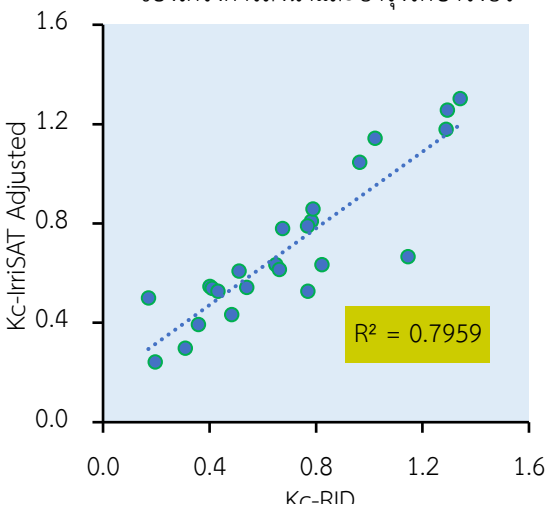
ผลวิเคราะห์ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

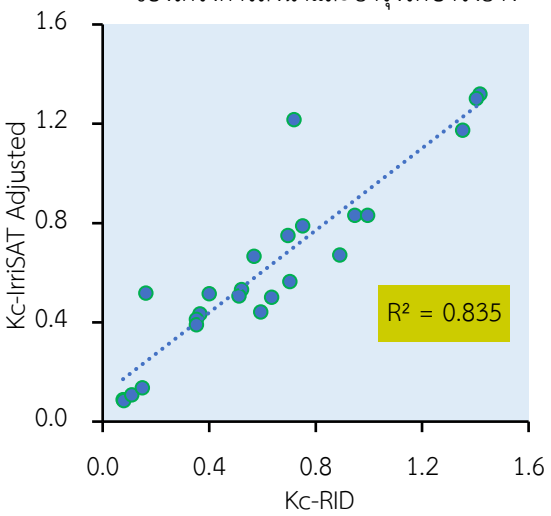
ประเด็นสรุป:

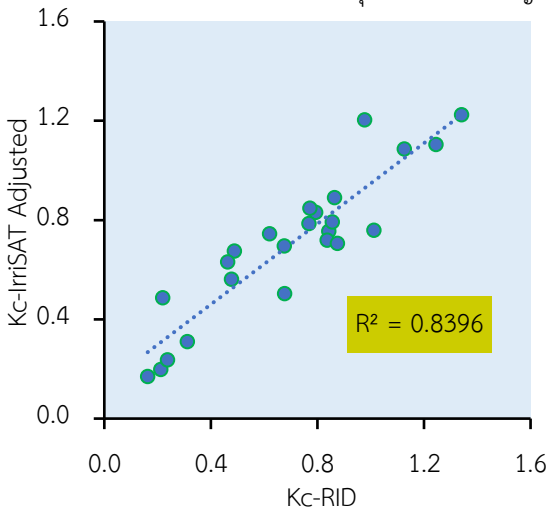
- ปรับแก้ค่า Kc-IrriSAT Adjusted ใหม่ทั้ง 34 โครงการ
- หลังปรับแก้แล้วค่า R^2 ทั้ง 34 โครงการอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น 0.6243–0.9487











ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 1

ผลวิเคราะห์ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ประเด็นสรุป:

- คำนวณหา NIR ทั้ง 35 โครงการ (+8 โครงการเพิ่มเติม) เท่ากับ 10,278 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี (11,398)
- คำนวณหา GIR เท่ากับ 13,229 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี
- คำนวณประสิทธิภาพการชลประทานแยกตามโซนส่งน้ำ ตามแสดงผลในตาราง
- คำนวณหา Savable Water ใน 3 เขตโครงการชลประทาน (โครงการชลประทานยมน่าน โครงการชลประทานเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนบน (ปตร.มโนรมย์) และโครงการชลประทานมหาราช) คิดเป็น 922 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี คิดที่ประสิทธิภาพการชลประทาน 60%

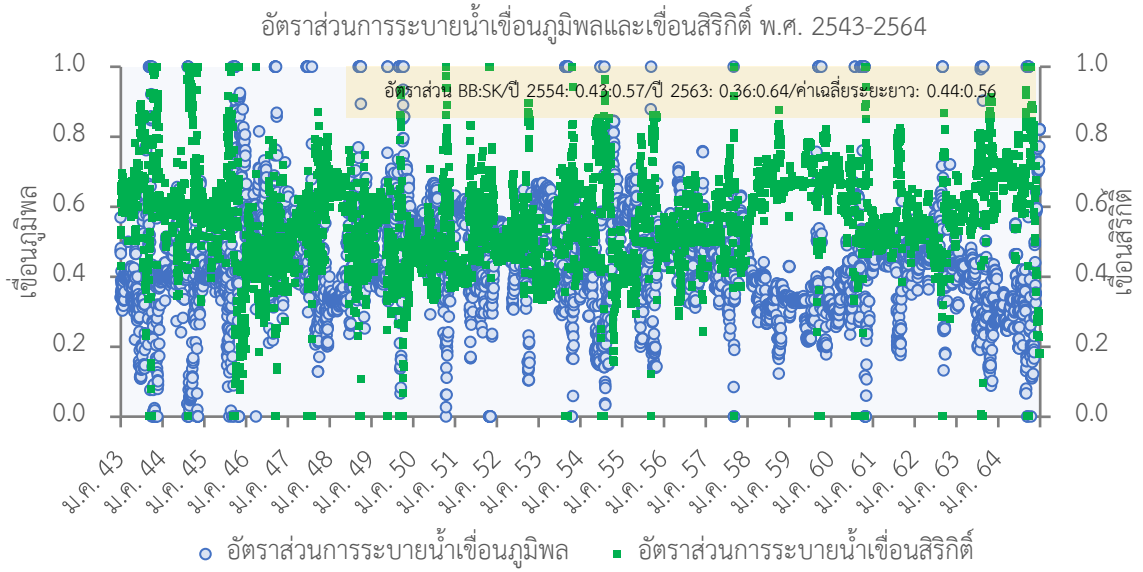
โครงการชลประทาน	ชื่อประตูควบคุมน้ำหลักที่น้ำไหลเข้าของแต่ละโซนส่งน้ำ	โซนส่งน้ำ	ปริมาณน้ำชลประทานที่จัดส่งแต่ละประตูควบคุมน้ำย่อย (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณน้ำชลประทานที่จัดส่งที่ประตูควบคุมน้ำ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ประสิทธิภาพการชลประทาน (เปอร์เซ็นต์)	Excessive Water
ตัวแปร	–	–	Q	NIR	GIR	Irr. Eff.	
โครงการชลประทานลุ่มน้ำปิงตอนล่าง							
ท่อทองแดง	ท่อทองแดง	ปิงตอนล่าง	563.00	406.25	563.00	72.16	
วังบัว	วังบัว		425.00	405.02	425.00	95.30	
วังยาง	วังยาง		477.00	454.62	489.00	92.97	
หนองขวัญ	หนองขวัญ		12.00				
โครงการชลประทานลุ่มน้ำน่านตอนล่าง							
ดงเศรษฐี	ดงเศรษฐี	–	–	163.14			
พลายชุมพล	–	–	–	229.98			
ท่าบัว	–	–	–	243.84			
นเรศวร	ยมน่าน	น่านตอนล่าง	5,044.00	76.80			
ยมน่าน	ยมน่าน		844.00	377.27	844.00	53.80	215.22
โครงการชลประทานลุ่มน้ำเจ้าพระยา–ท่าจีน							
บางบาล	–	–	–	182.29	–	–	
พุ่งวัดสิงห์	–	–	–	45.74	–	–	
บรมธาตุ	บรมธาตุ	เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนบน#1	2,557.00	314.44	2,443.00	60.92	-561.60
ชัณสูตร	บรมธาตุ		1,519.00	376.10			
เจ้าเจ็ดบางยี่หน	บรมธาตุ		114.00	699.52			
ผักไห่	บรมธาตุ		250.00	286.01			
ยางมณี	บรมธาตุ		1,070.00	126.71			
ดอนเจดีย์	พลเทพ	เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนบน#2	–	147.64			
โพธิ์พระยา	พลเทพ		877.89	536.84			
พลเทพ	พลเทพ		1,676.56	164.71	798.67	151.88	-1,497.51
สามชุก	พลเทพ		1,050.10	351.33			
ท่าโบสถ์	พลเทพ		1,340.16	177.20			
ภาชีเจริญ	ภาชีเจริญ &พระยาบรรลือ & สิงหนาท	เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง	–	69.67			
พระยาบรรลือ	พระพิมล &		161.00	616.75			
พระพิมล	นวลฉวี & คลองโยง & ปากเกร็ด		97.00	213.12	258.00	348.66	NA
ช่องแค	มโนรมย์	เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนบน	2690.00	204.98			
โคกกระเทียม	มโนรมย์		2630.00	226.18			
มโนรมย์	มโนรมย์		3484.00	318.06	1562.00	40.16	516.40
เริงราง	มโนรมย์		1922.00	196.20			
มหาราช	มหาราช	รายโครงการ	690.00	299.61	690.00	43.42	190.66
ชลหารพิจิตร (คลองด่าน)	พระนารายณ์	เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนบน	–	380.30			
นครหลวง	พระนารายณ์		2,242.72	186.10	2242.72	97.30	
รังสิตเหนือ	พระนารายณ์		–	315.81			
พระองค์ไชยานุชิต	พระนารายณ์		–	[illegible]			
ป่าสักใต้	พระนารายณ์		–	217.75			
รังสิตใต้	พระนารายณ์		–	728.59			
				10,278.14	10,315.40		922.28

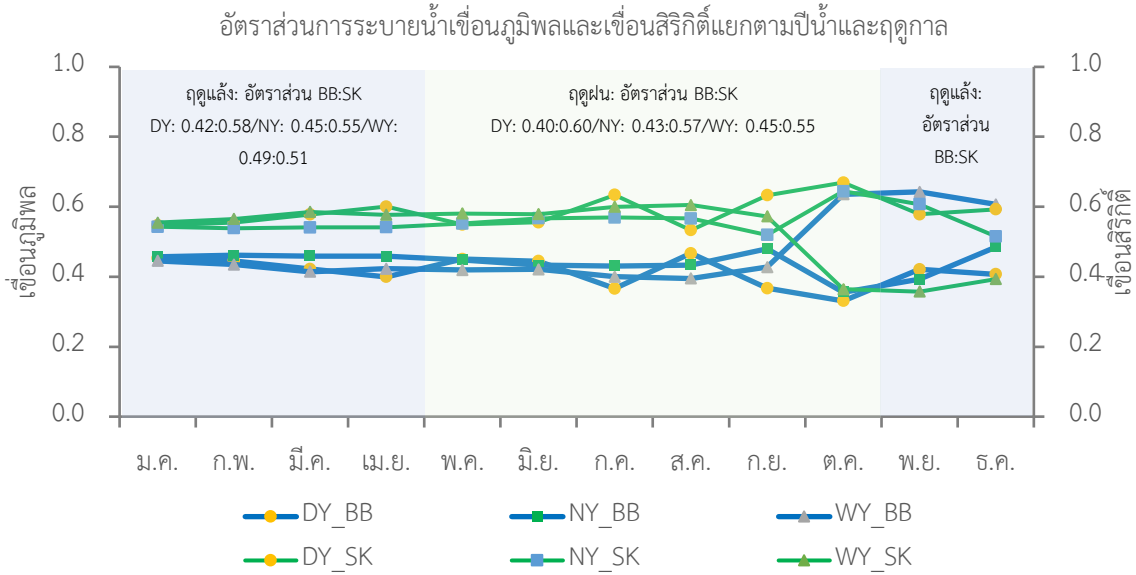
Water Stress

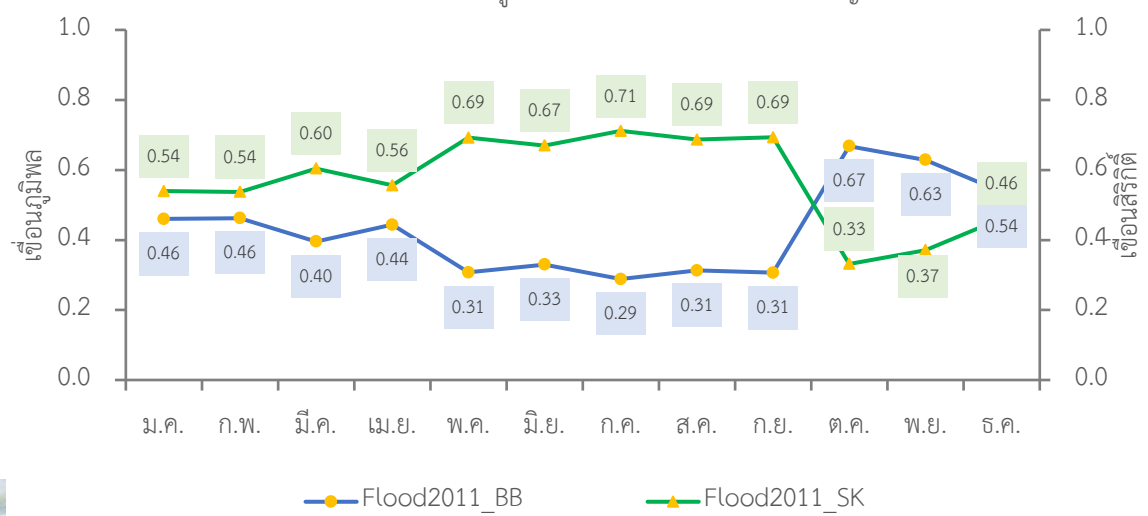
Savable Water

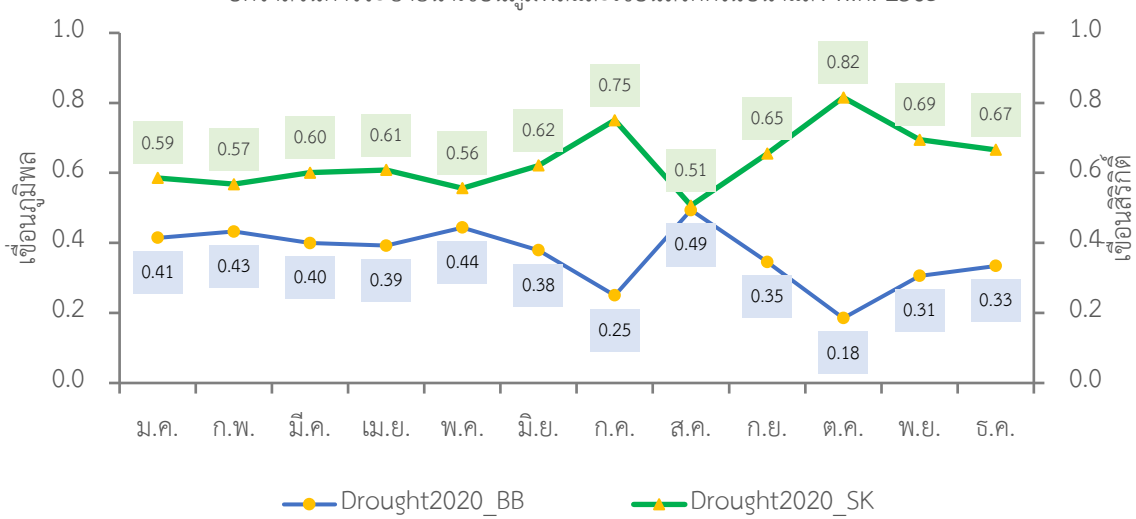
Savable Water

วิเคราะห์อัตราส่วนการระบายน้ำของ 2 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่







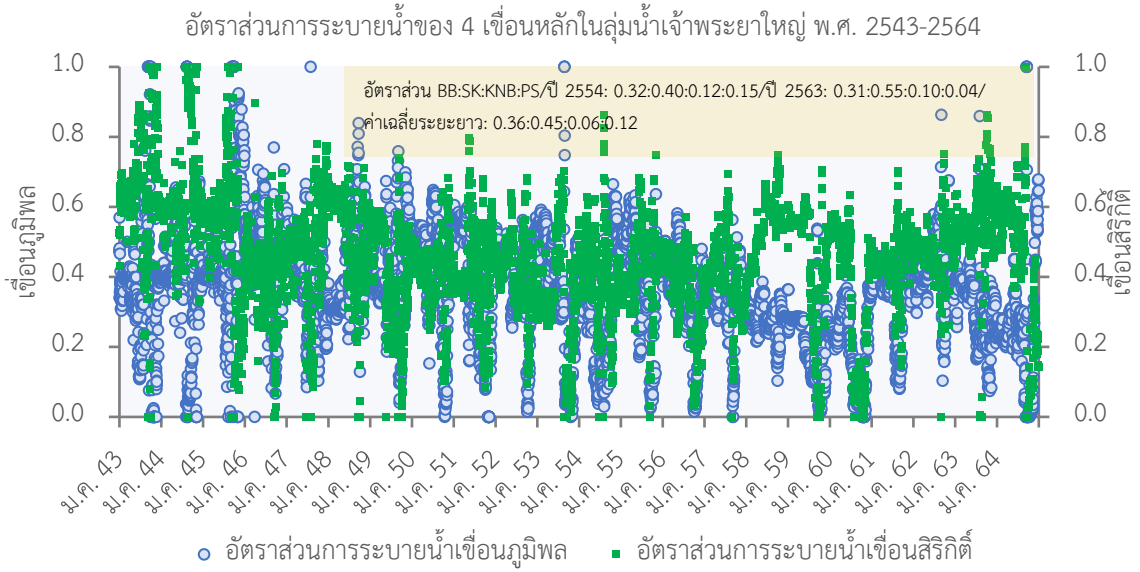


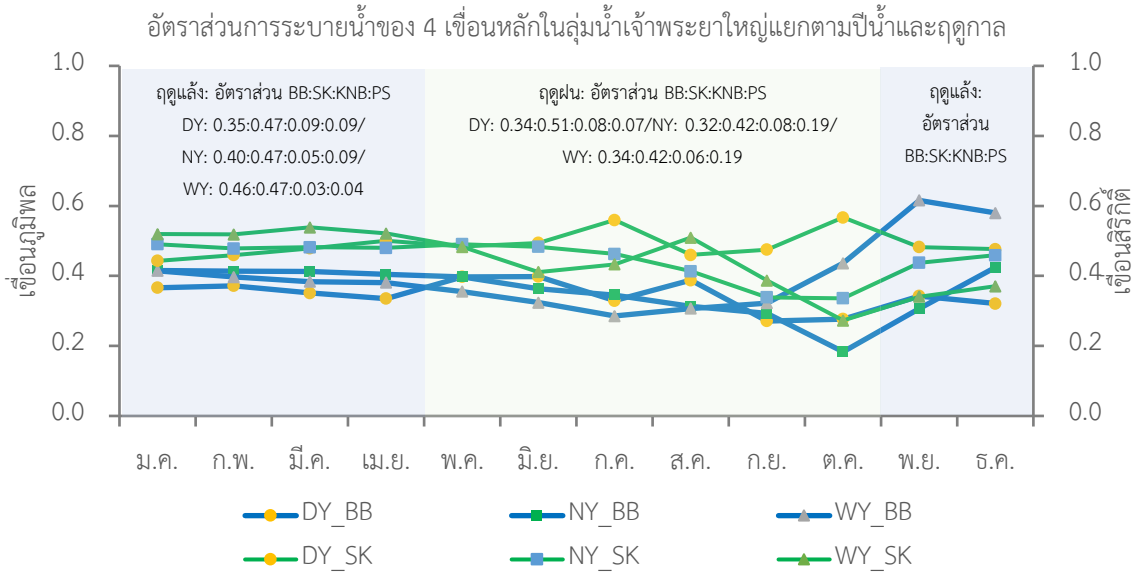
วิเคราะห์อัตราส่วนการระบายน้ำของ 2 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

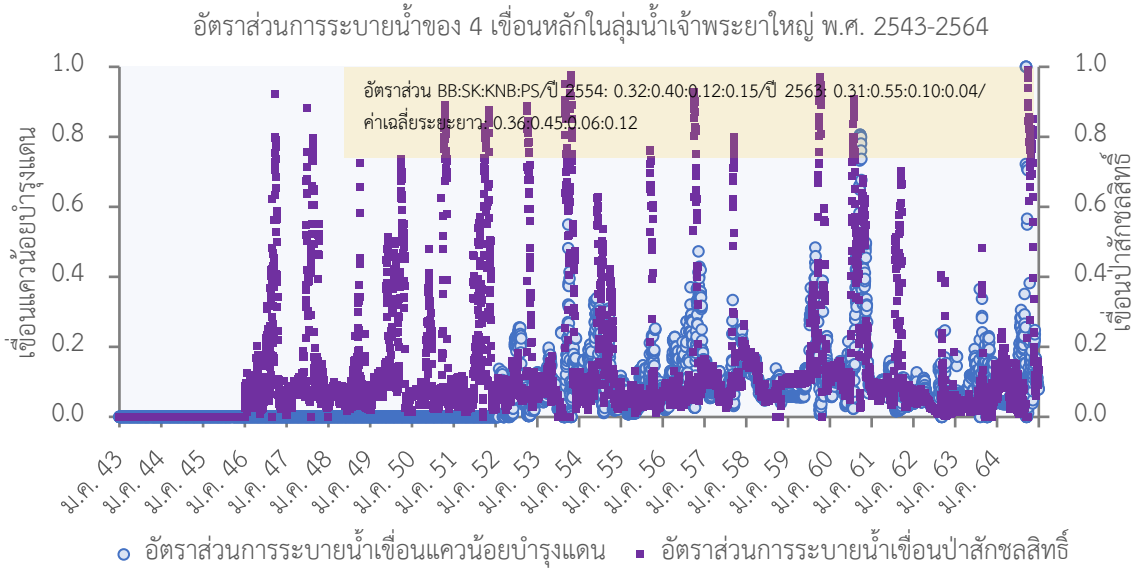
ประเด็นสรุป:

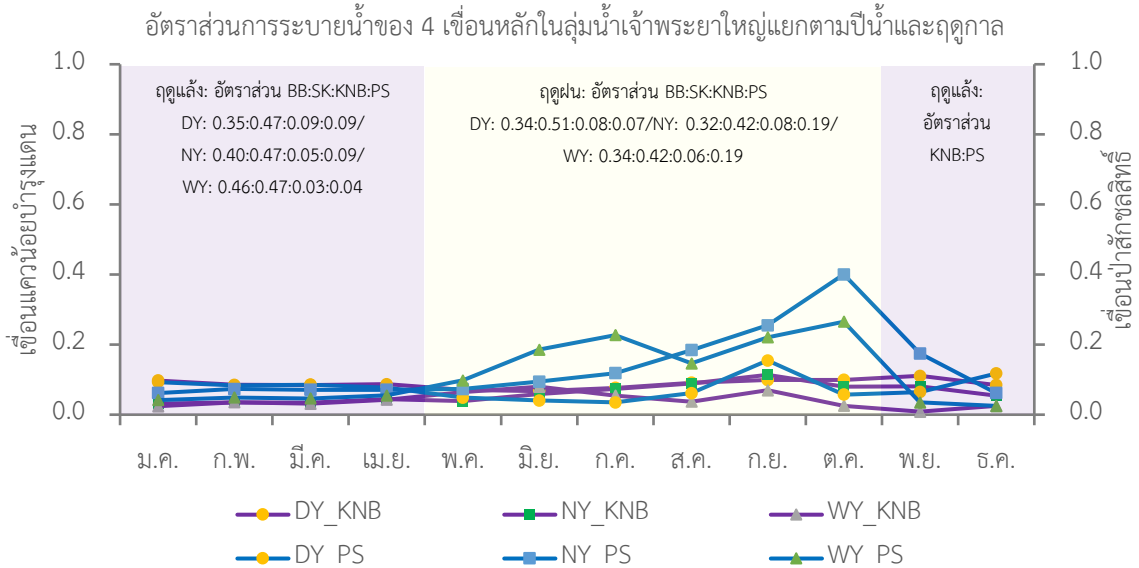
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB:SK เฉลี่ยระยะยาวเท่ากับ 0.44:0.56
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB ในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน 5.59% โดยมีค่าเป็น 0.45 จากเดิม 0.43 แต่อัตราส่วนการระบายน้ำยังคงน้อยกว่าเขื่อน SK
- อัตราส่วนการระบายน้ำอัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน SK ในช่วงฝนสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง 4.39% โดยมีค่าเป็น 0.57 จากเดิม 0.55 และอัตราส่วนการระบายน้ำยังคงสูงกว่าเขื่อน BB
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB ในปีน้ำน้อย (0.41) < ปีน้ำปกติ (0.44) < ปีน้ำมาก (0.47) แต่อัตราส่วนการระบายน้ำยังคงน้อยกว่าเขื่อน SK
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน SK ในปีน้ำน้อย (0.59) > ปีน้ำปกติ (0.56) > ปีน้ำมาก (0.53) และอัตราส่วนการระบายน้ำยังคงสูงกว่าเขื่อน BB

วิเคราะห์อัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

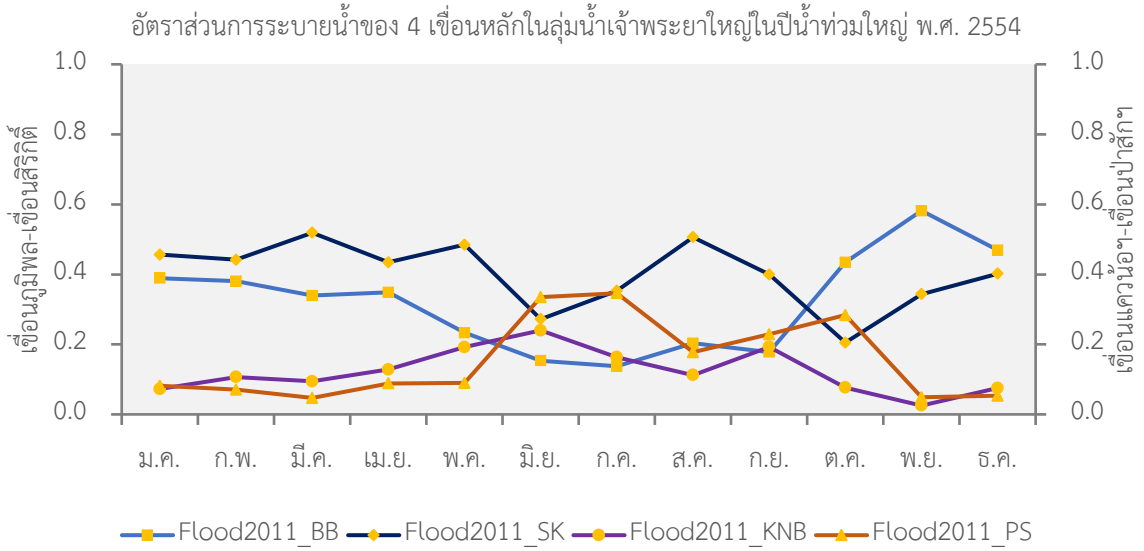


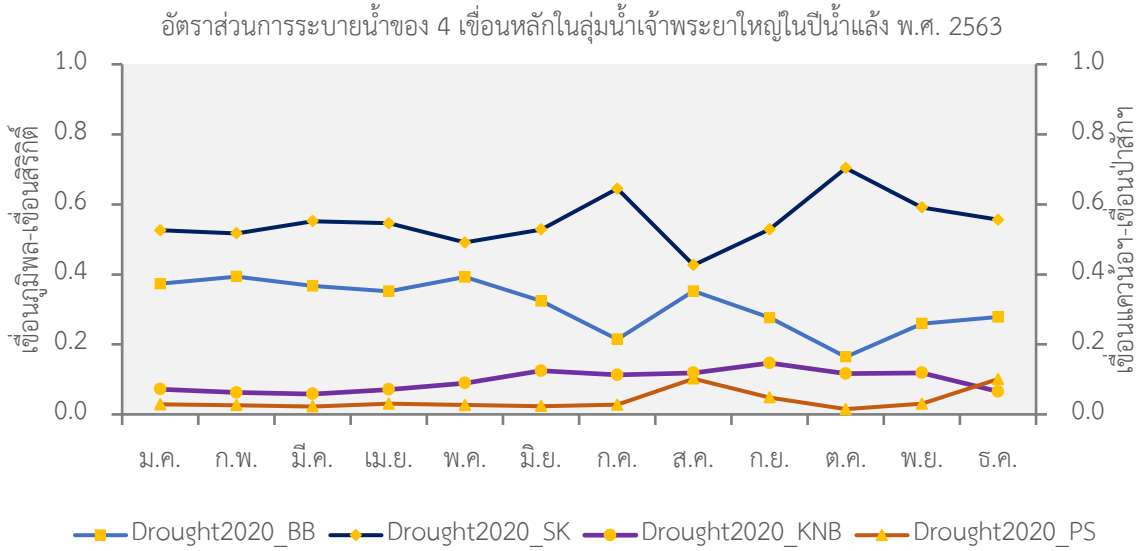






วิเคราะห์อัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่



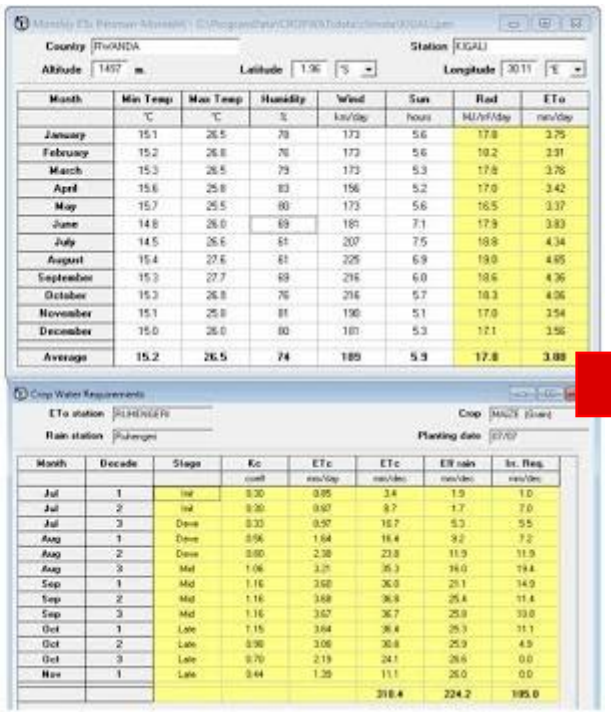


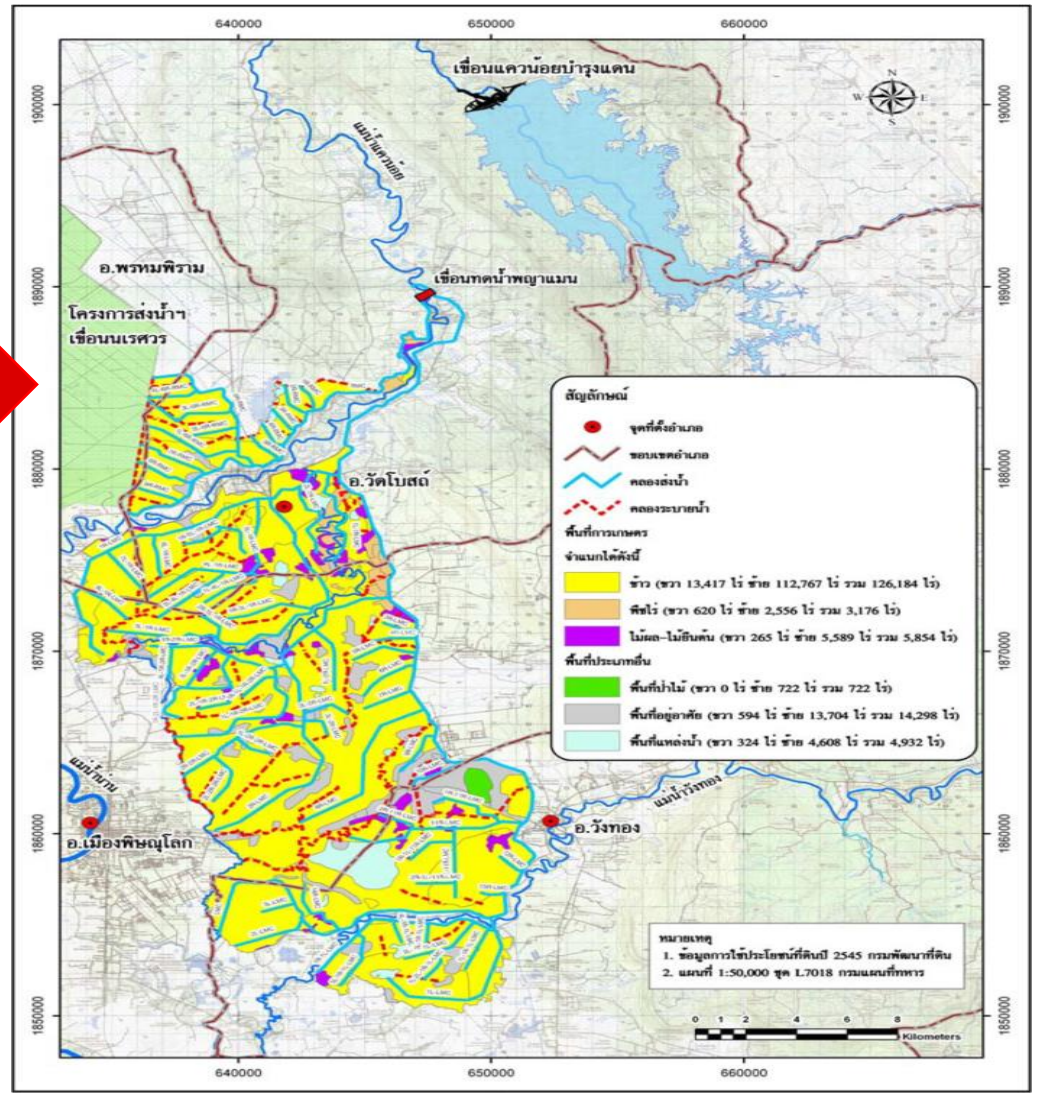
วิเคราะห์อัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

ประเด็นสรุป:

- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB:SK:KNB:PS เฉลี่ยระยะยาวเท่ากับ 0.36:0.45:0.06:0.12
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB ในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝนทั้งในปีน้ำน้อย ปีน้ำปกติ และปีน้ำมาก
- อัตราส่วนการระบายน้ำจากเขื่อน BB ในช่วงฤดูแล้งของปีน้ำน้อย < ปีน้ำปติ < ปีน้ำมาก
- จากข้อมูลเฉลี่ยรายปีแยกตามปีน้ำพบว่า อัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อน SK สูงกว่า BB ทุกปีน้ำ และมีแนวโน้มการระบายน้ำจากเขื่อน SK สูงกว่า BB ในปีน้ำน้อย อย่างเห็นได้ชัด
- จากข้อมูลเฉลี่ยรายปีแยกตามปีน้ำพบว่าอัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อน KNB และ PS ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนผันแปรแตกต่างกัน อย่างไรก็ดี แนวโน้มการระบายน้ำของเขื่อน PS สูงกว่าในช่วงฤดูฝนของปีน้ำปกติและปีน้ำมากอย่างเห็นได้ชัด แต่อัตราส่วนการระบายน้ำมีแนวโน้มใกล้เคียงกันในปีน้ำน้อย

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน





ขั้นตอนการศึกษา:

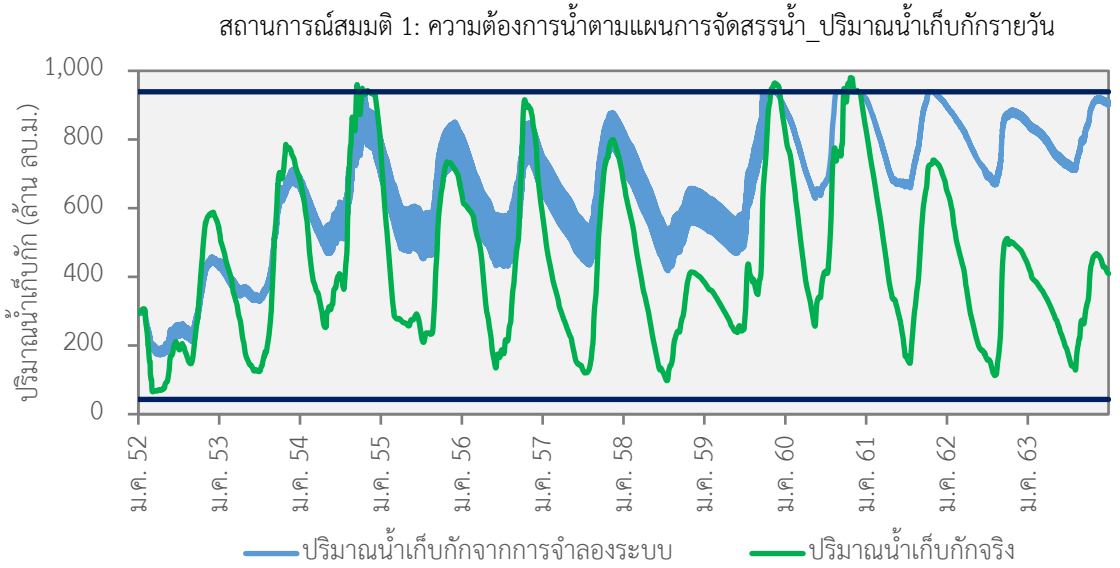
- คำนวณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานเต็มศักยภาพ
- พื้นที่ชลประทาน 135,214 ไร่
- คำนวณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและกำหนดตามแผน
- กำหนดความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศตามแผน
- จำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระหว่างปี 2543-2563

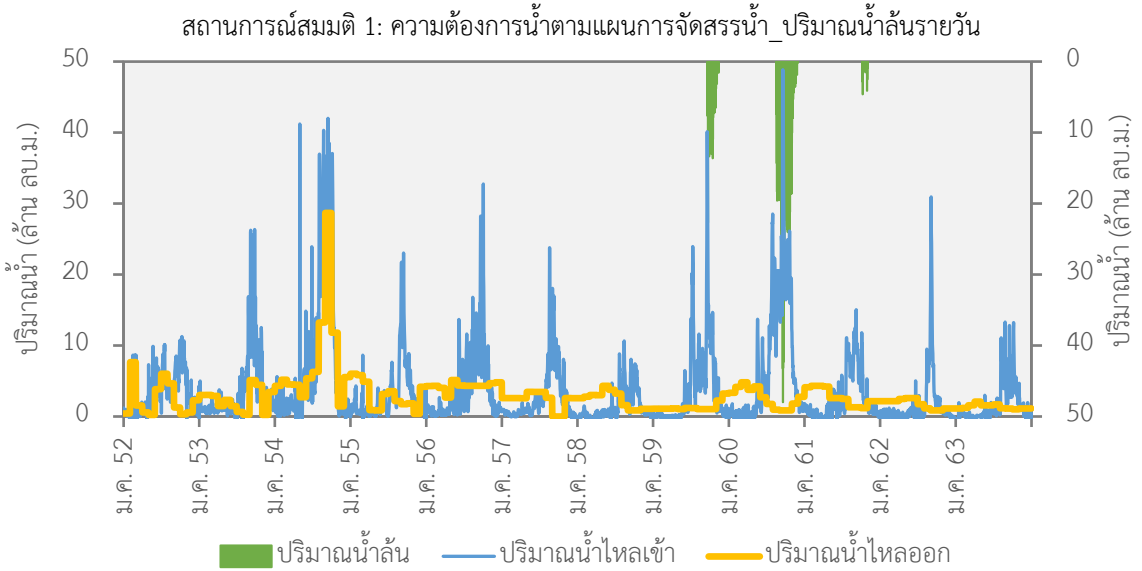
วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ

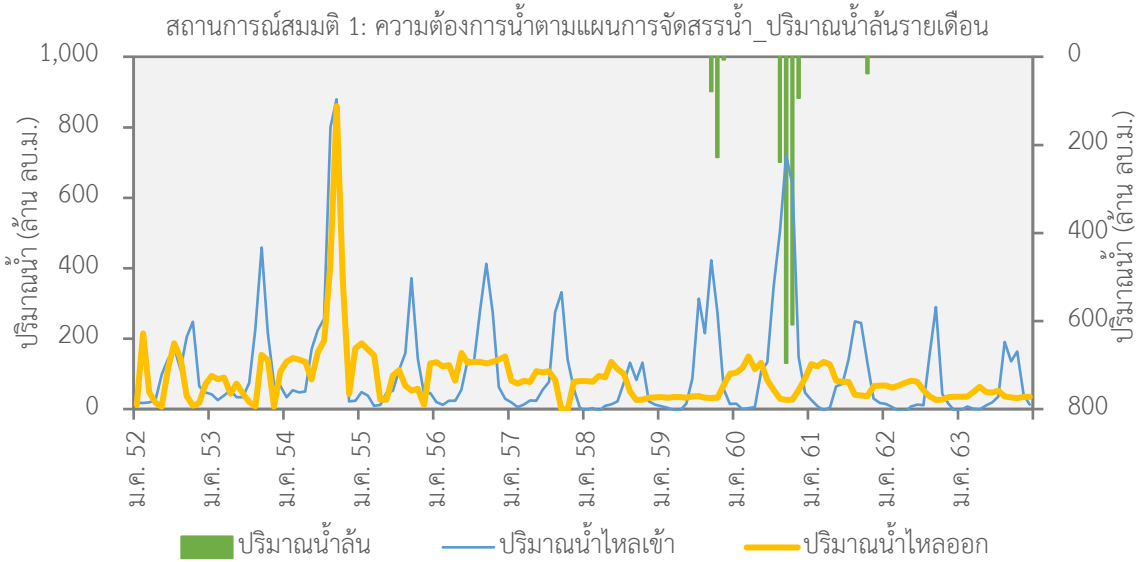
สถานการณ์สมมติ	ข้อกำหนดปัจจัยความต้องการน้ำ				
	แผนการจัดสรรน้ำกรมชลประทาน[1/]	ปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ (Local Demand)			ปริมาณความต้องการน้ำร่วมกันในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Joint Demand)
		การชลประทาน (CROPWAT)	การอุปโภคบริโภค	รักษาระบบนิเวศ	
สถานการณ์สมมติ 1	X (WAP)	-	-	-	-
สถานการณ์สมมติ 2	-	X (Estimated)	X (Estimated)	X (WAP)	-
สถานการณ์สมมติ 3	-	X (Estimated)	X (WAP)	X (WAP)	-
สถานการณ์สมมติ 4	-	X (Estimated)	X (WAP)	X (WAP)	25%Local Demand
สถานการณ์สมมติ 5	-	X (Estimated)	X (WAP)	X (WAP)	10%, 25%, 40%Local Demand

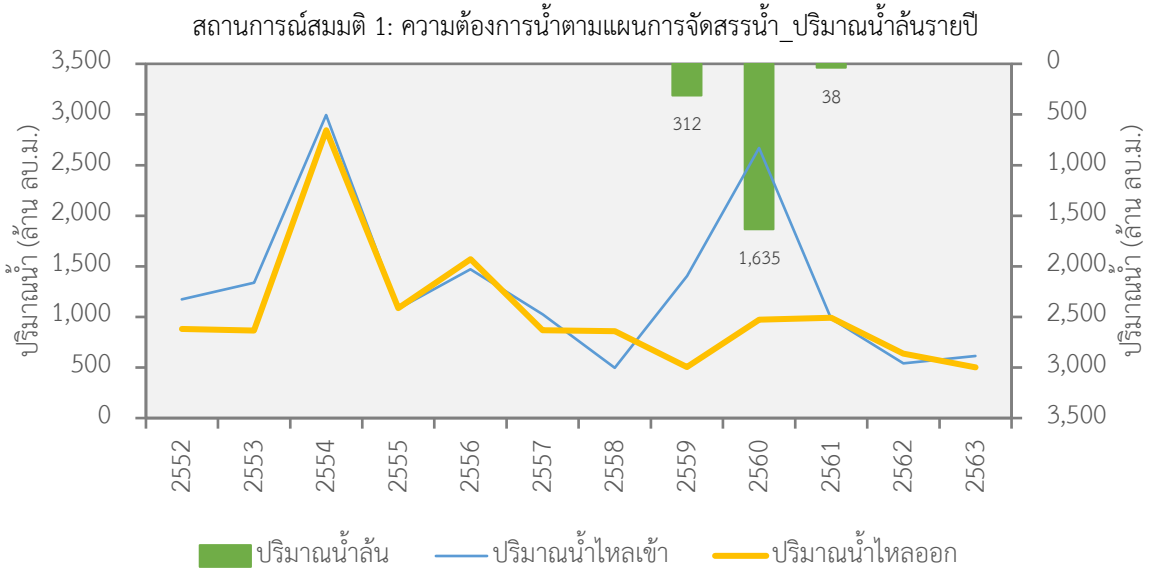
หมายเหตุ: [1/] แผนการจัดสรรน้ำครอบคลุมถึงความต้องการน้ำจากอ่างเพื่อภาคการเกษตร การอุปโภคบริโภค การอุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศน์ และอื่น ๆ ของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน ทั้งในพื้นที่และร่วมกันในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ 1

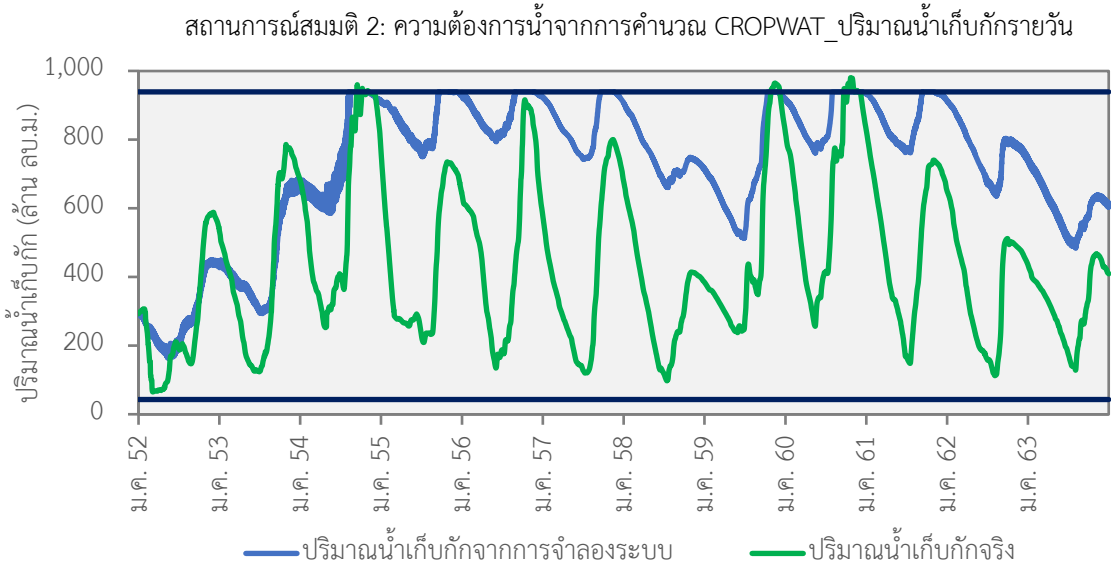


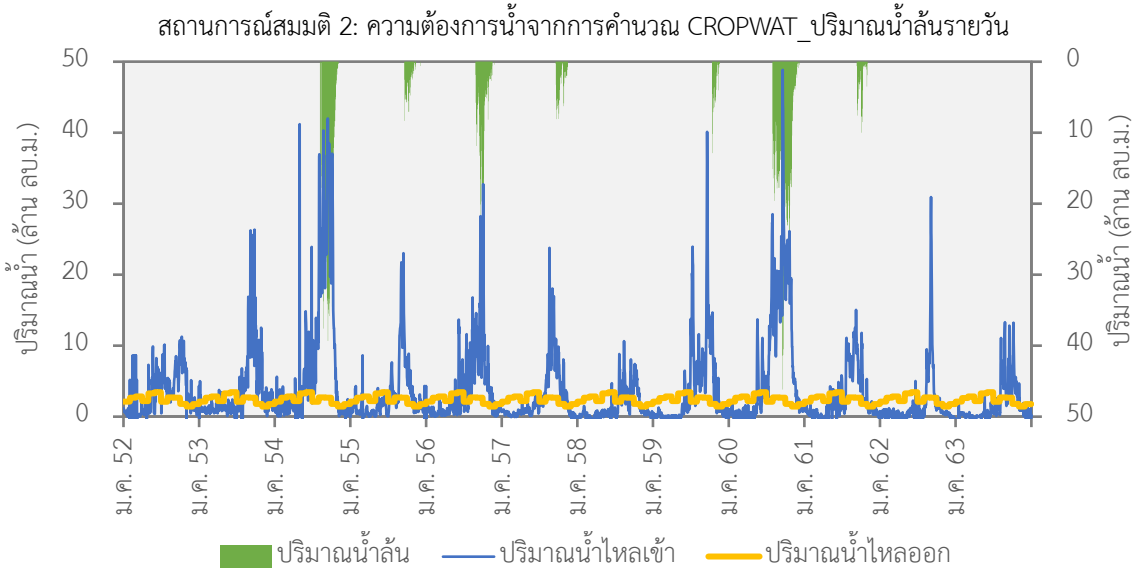


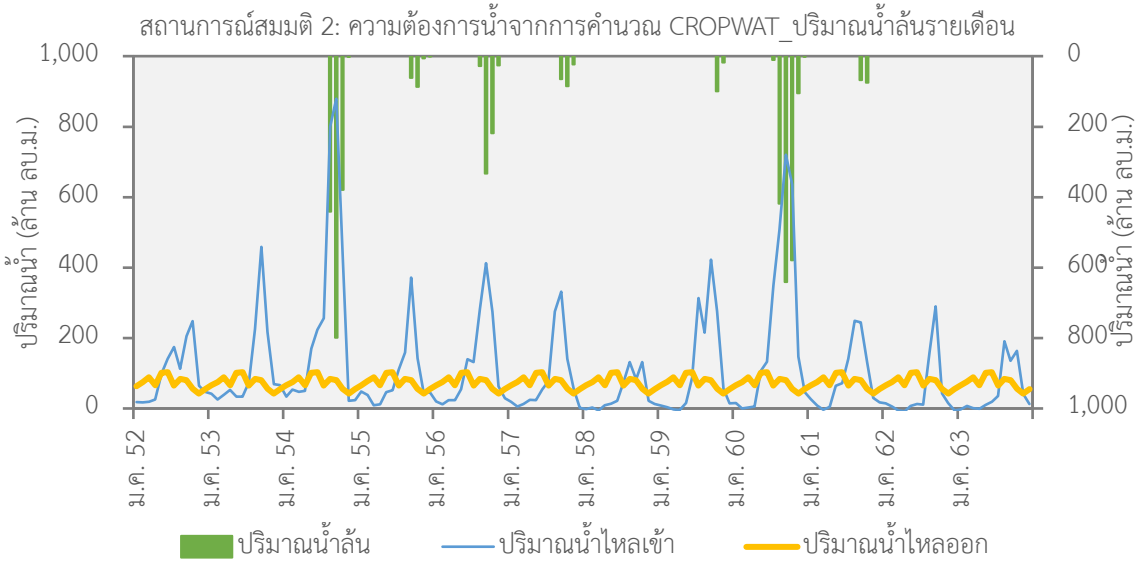


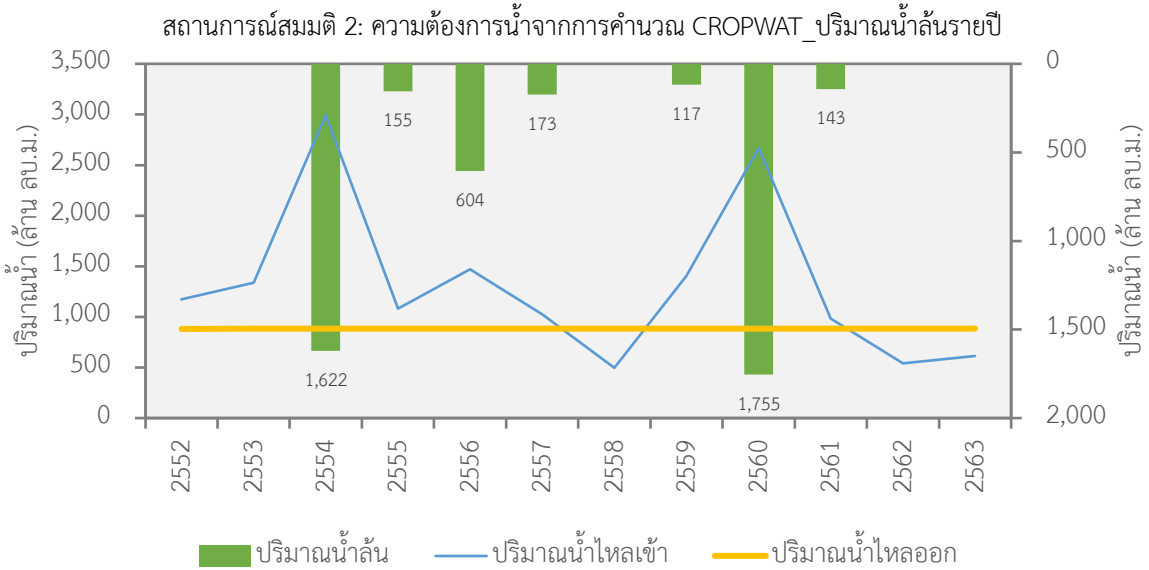


วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ 2

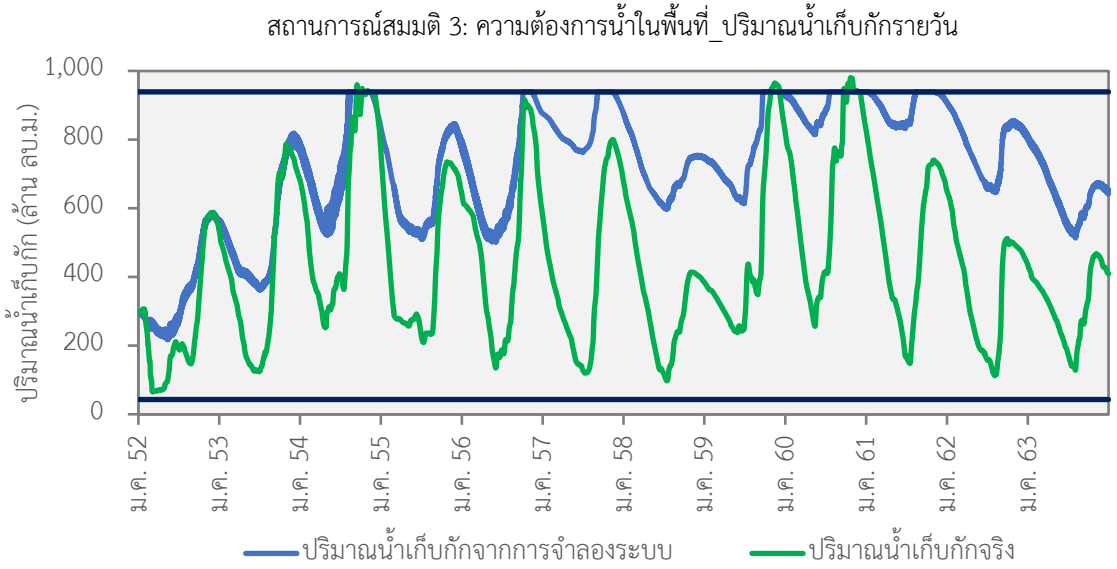


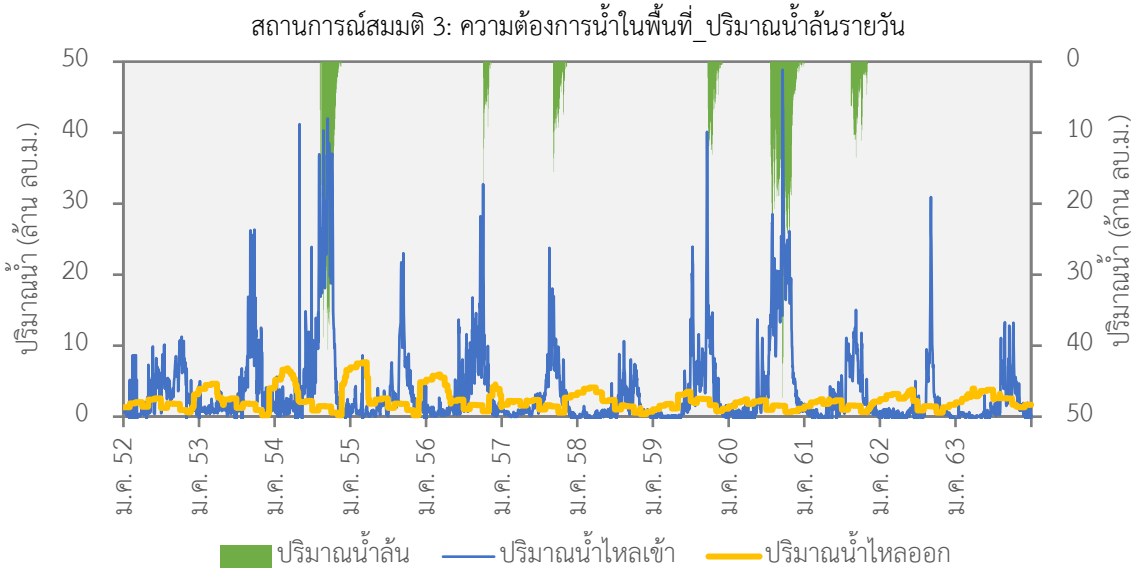


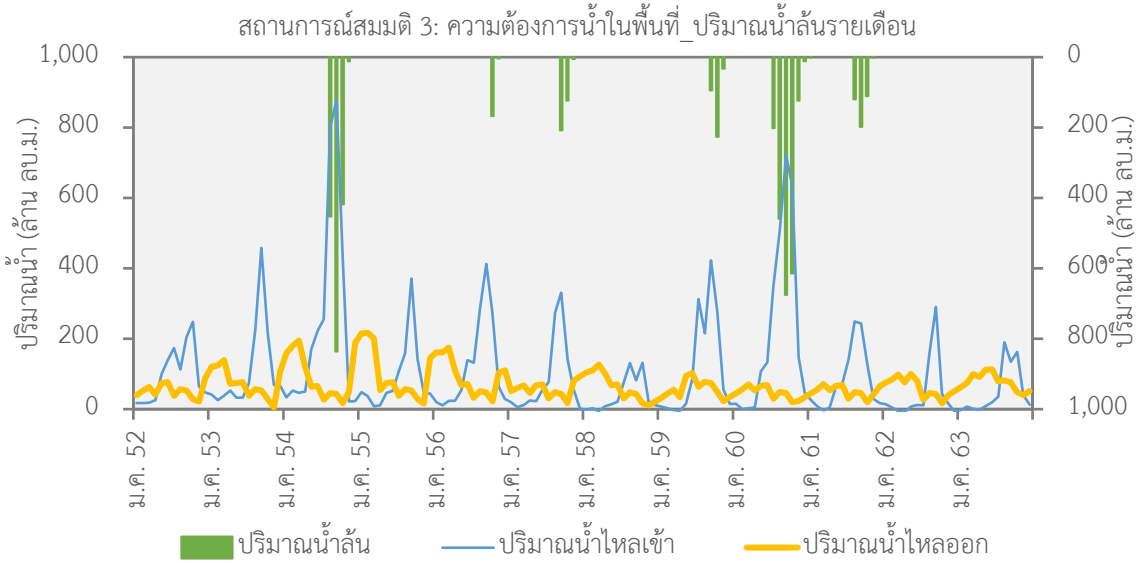


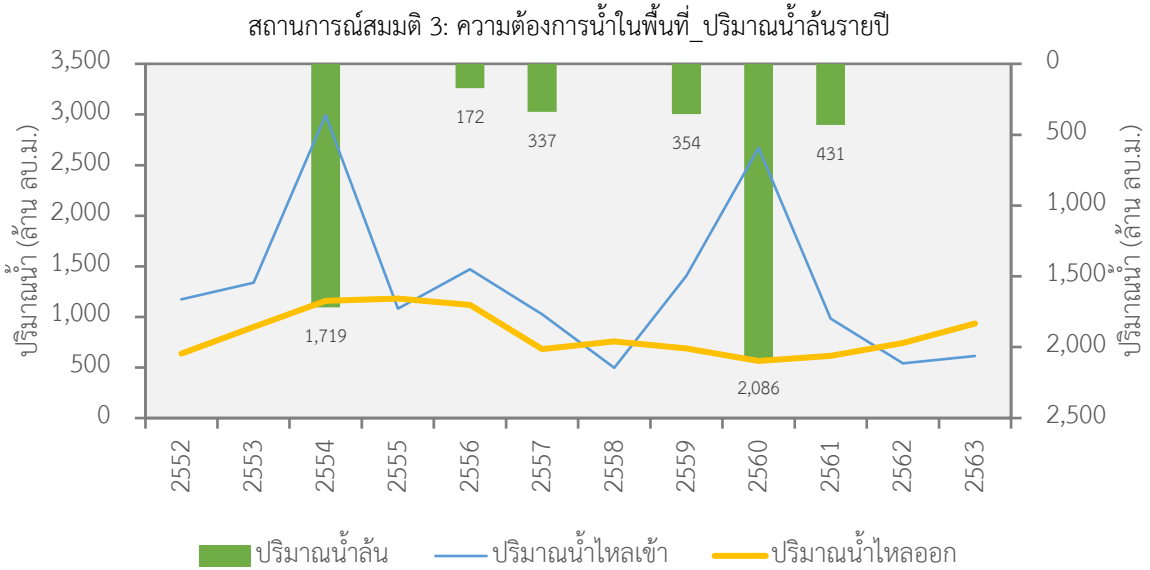


วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ 3

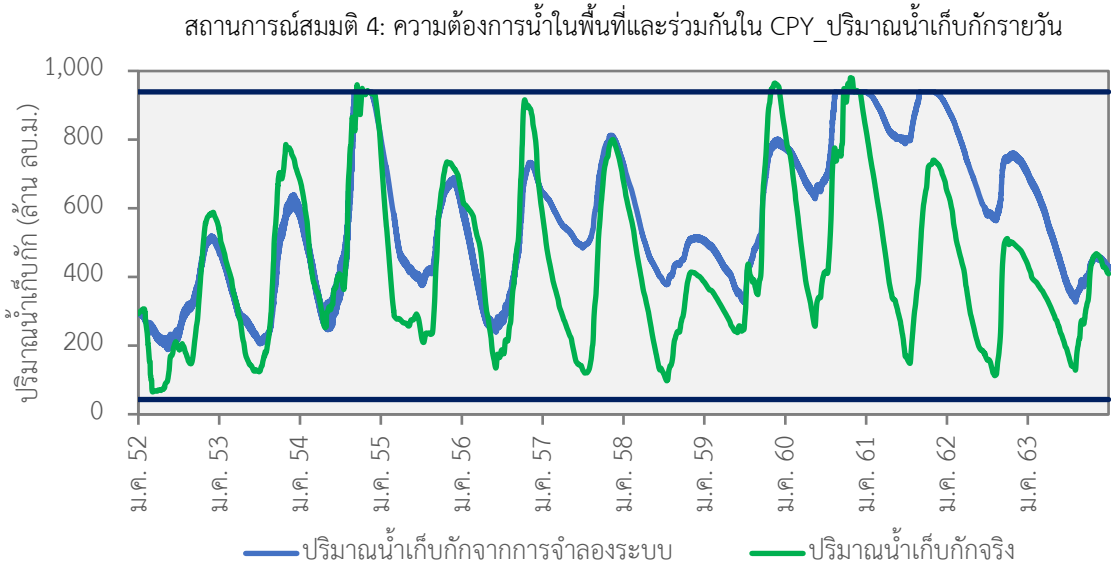


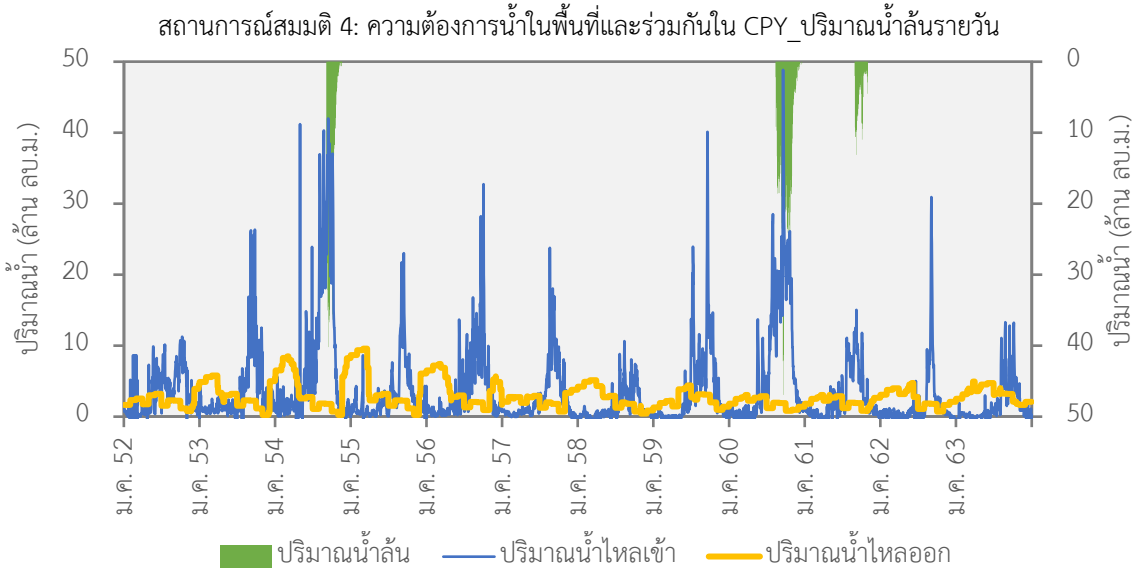


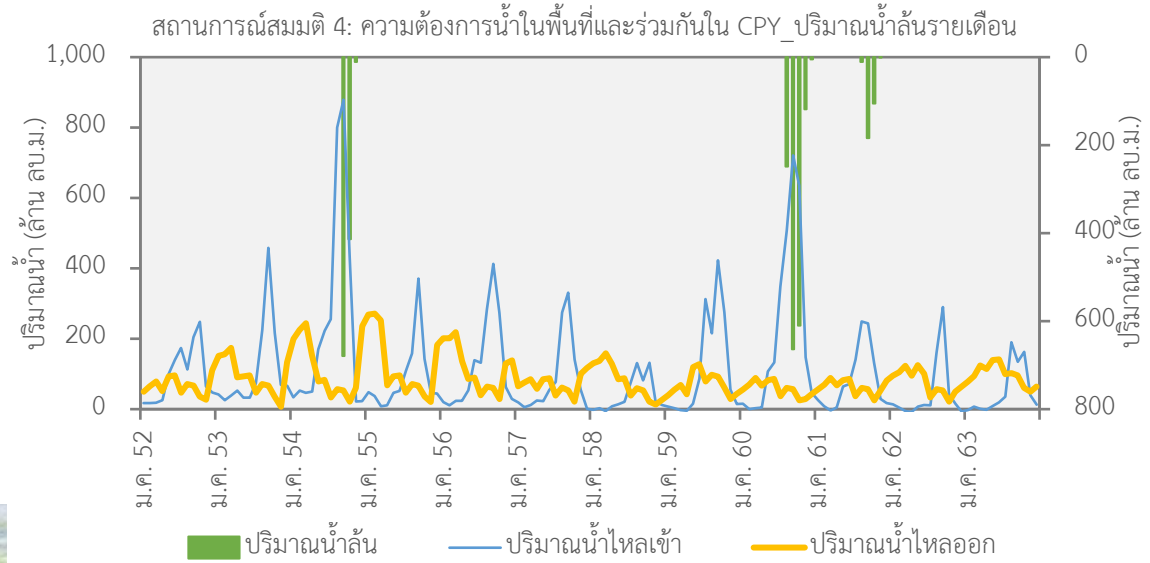


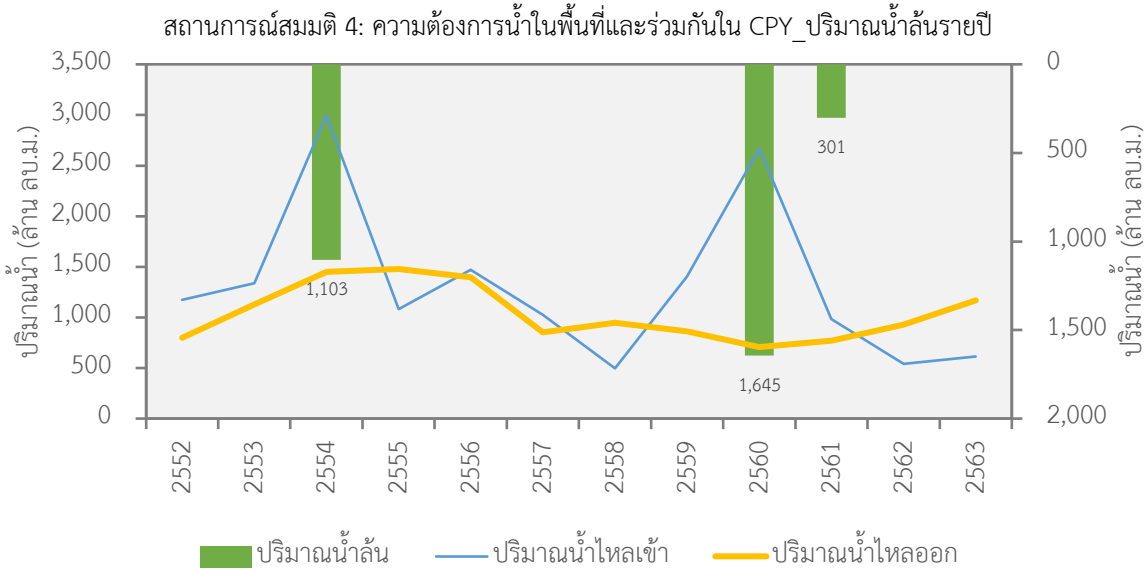


วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ 4

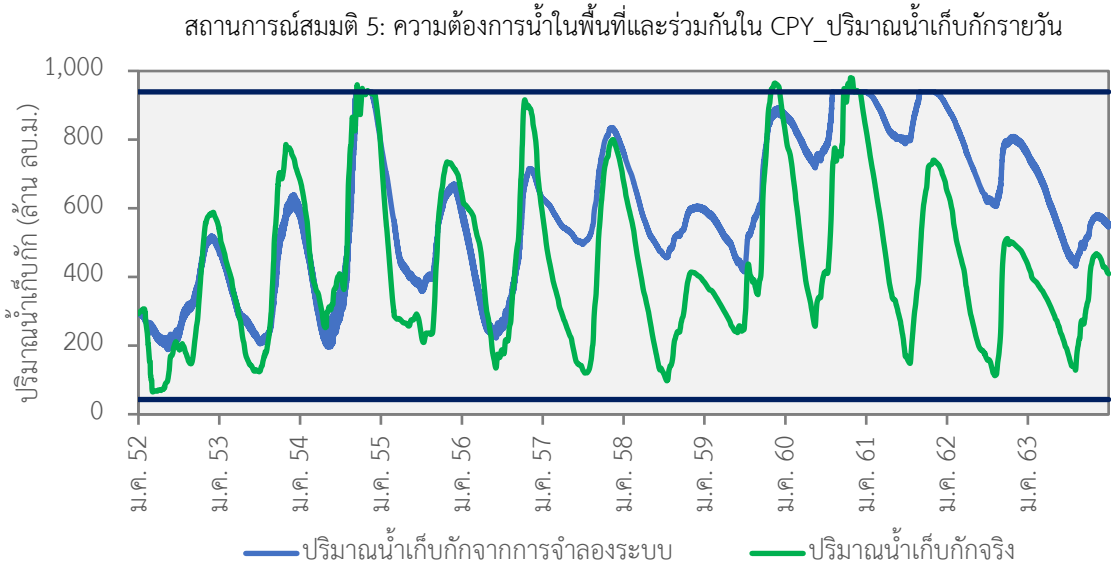


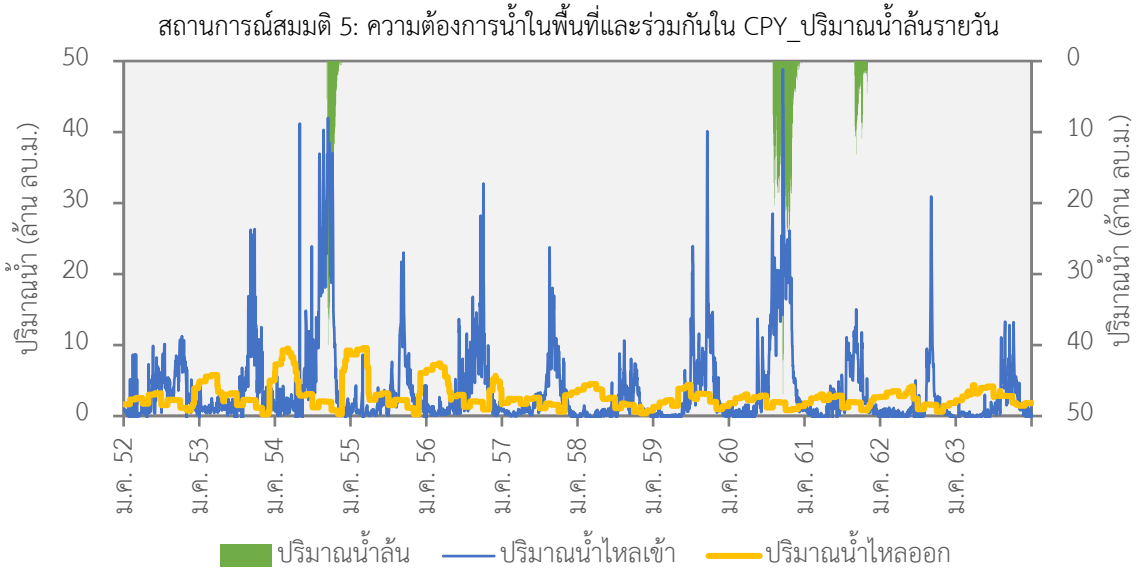


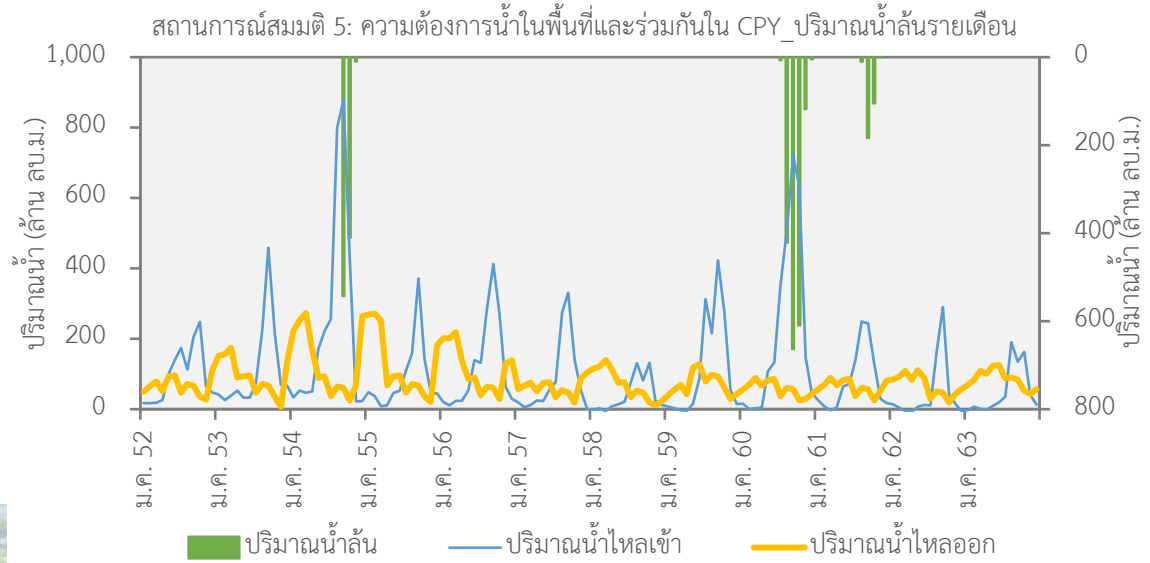


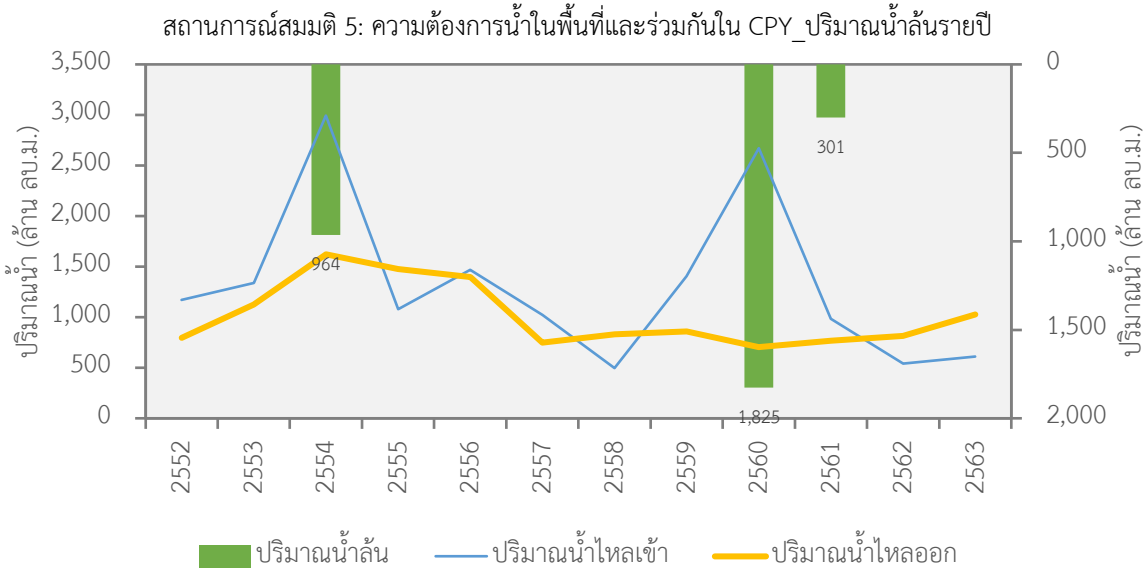


วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน: สถานการณ์สมมติ 5









วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

สถานการณ์สมมติ	ผลการจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดี่ยว					
	ปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่รายปีเฉลี่ย (Local Demand)	ปริมาณความต้องการน้ำร่วมกันรายปีเฉลี่ย (Joint Demand)	ความต้องการน้ำรวมรายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำล้นเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)	ดัชนีความน่าเชื่อถือได้ (%)	สถานะปริมาณน้ำเก็บกักที่เวลาสุดท้าย (%Capacity)[1/]
สถานการณ์สมมติ 1	-	-	1,048.08	165.39	96.21%	96.97%
สถานการณ์สมมติ 2	-	-	586.29	380.73	77.94%	96.04%
สถานการณ์สมมติ 3	-	-	831.67	424.86	88.48%	69.59%
สถานการณ์สมมติ 4	831.67	207.91	1,039.59	254.08	94.11%	45.91% (43.56%)
สถานการณ์สมมติ 5	812.11	203.03	1,015.14	257.57	93.93%	59.27% (43.46%)

หมายเหตุ: [1/] ข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรใช้การ

[2/] ปริมาณน้ำเหลือใช้สุทธิ = ปริมาณความต้องการน้ำรวมรายปี – [ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับการชลประทานในพื้นที่ (Local Demand for Irrigation) จากการคำนวณ + ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในพื้นที่จากการคำนวณ] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 566 และ 542 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับสถานการณ์สมมติ 4 และสถานการณ์สมมติ 5 ตามลำดับ

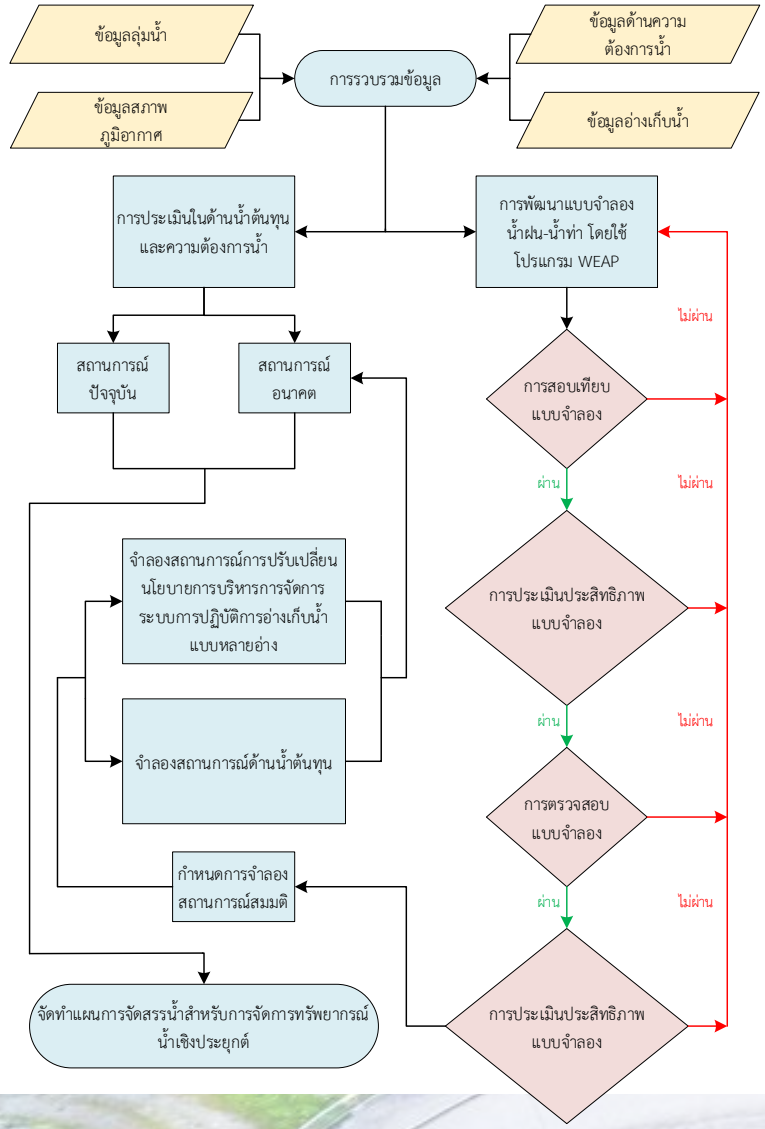
วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) จากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

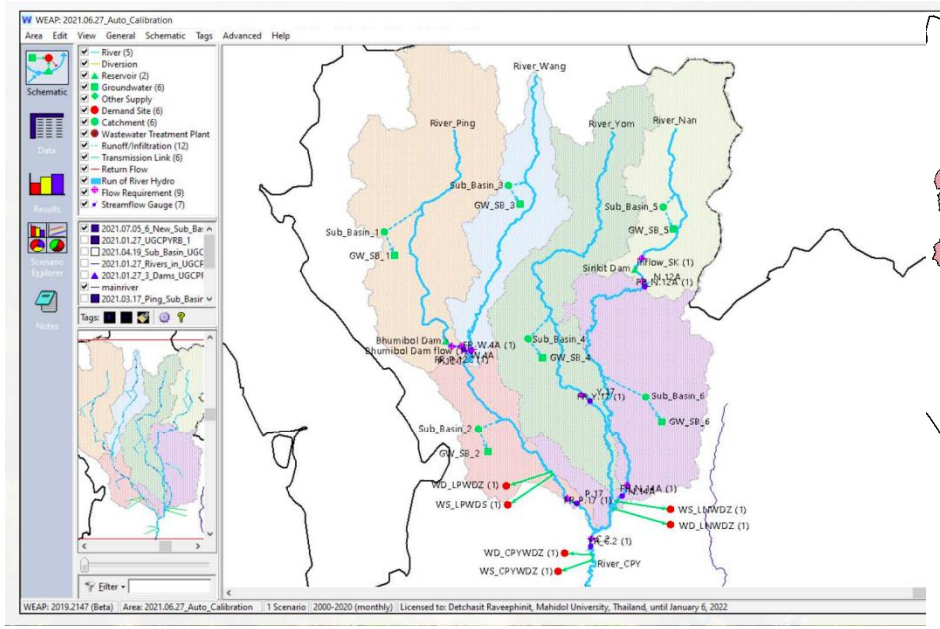
ประเด็นสรุป:

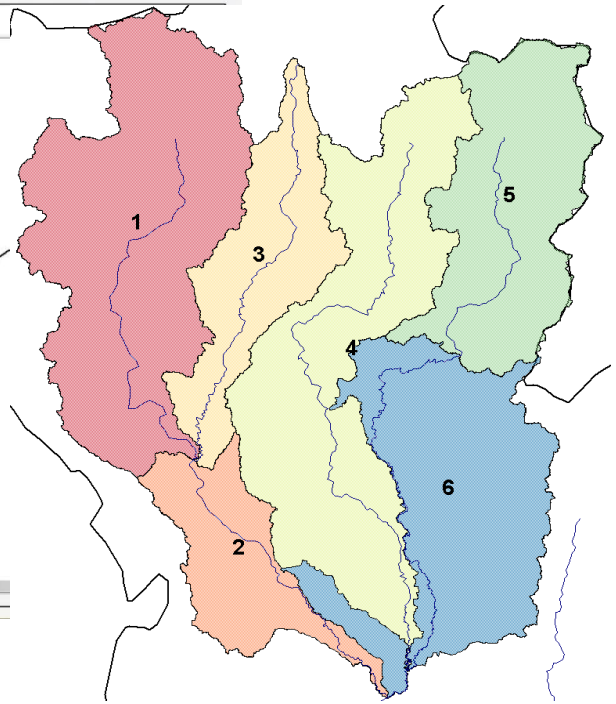
- เขื่อน KNB สามารถมีศักยภาพของน้ำเหลือใช้ไปใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาอยู่ในช่วง 25% ของปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ (Local Demand) หรือผันแปรในช่วงน้ำน้อย ช่วงน้ำปกติ และช่วงน้ำมากเท่ากับ 10%, 25%, 40% ของปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 566 และ 542 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับสถานการณ์สมมติ 4 และสถานการณ์สมมติ 5 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ที่ 2:
ผลการจำลองฝน-น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเพื่อการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำด้วยแบบจำลอง WEAP

ผลการพัฒนาแบบจำลอง WEAP: สังเคราะห์แผนการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม (ผลลัพธ์)





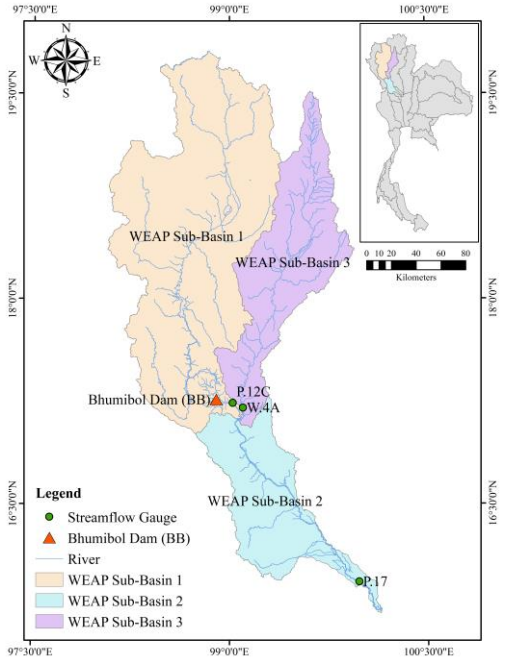


ขั้นตอนการศึกษา:

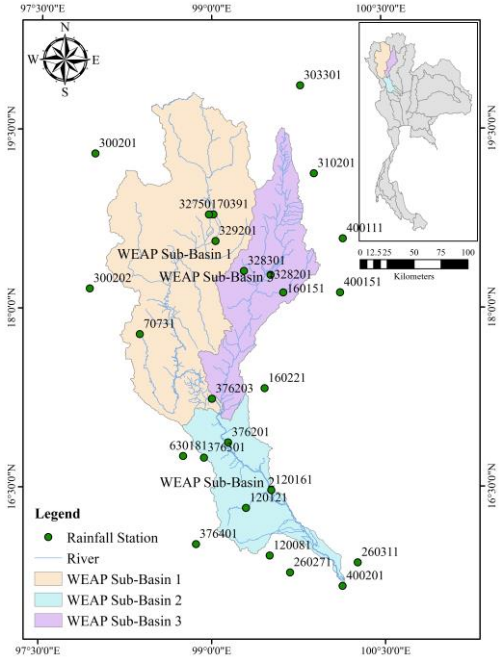
- ประยุกต์แบบจำลอง WEAP เพื่อจำลองสภาพอุทกวิทยาในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน (ปิง-วัง-ยม-น่าน) รายเดือน

ผลการพัฒนาแบบจำลอง WEAP: ข้อมูลนำเข้า

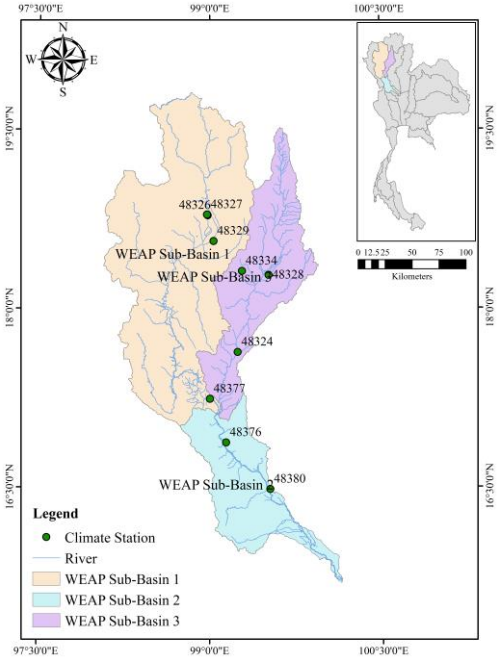
(1) การจัดแบ่งลุ่มน้ำย่อย



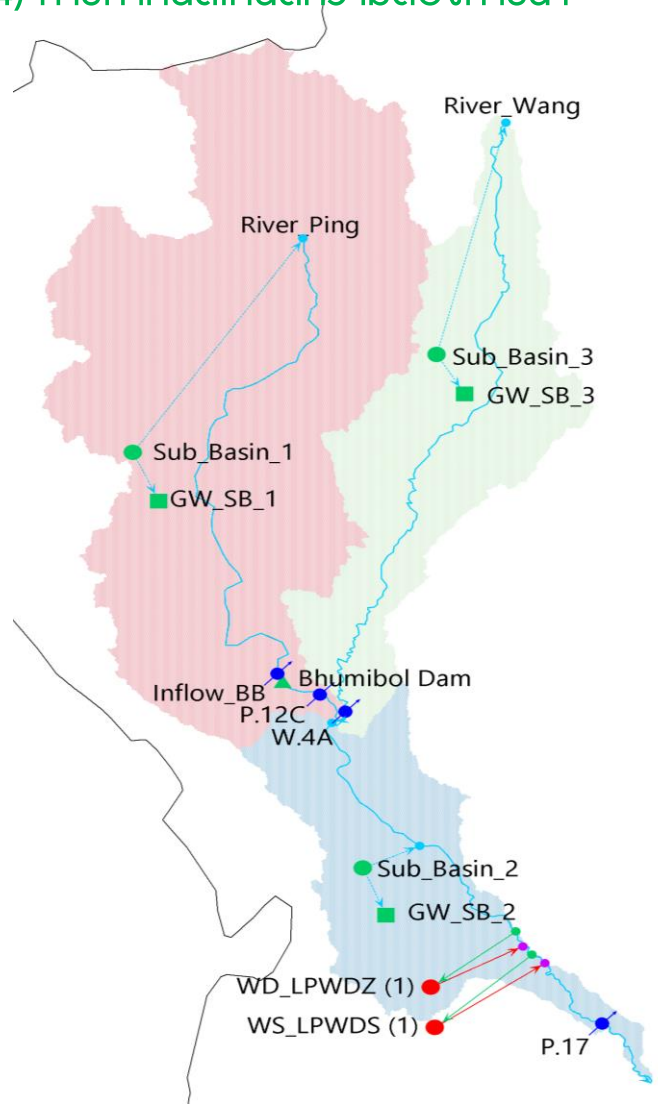
(2) ข้อมูลฝน-น้ำท่า



(3) ข้อมูลภูมิอากาศ



(4) การกำหนดโหนดความต้องการน้ำ

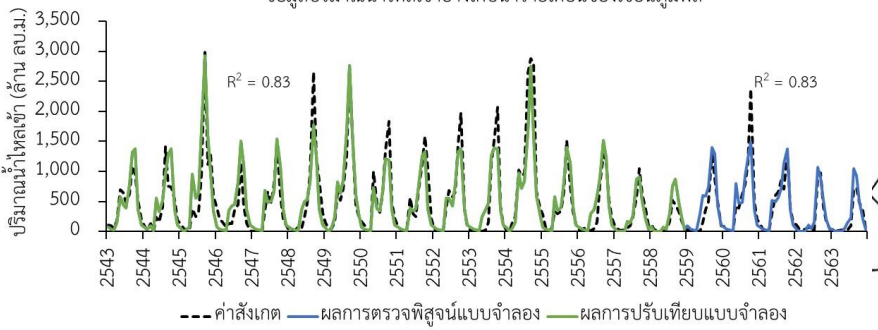


ขั้นตอนการศึกษา:

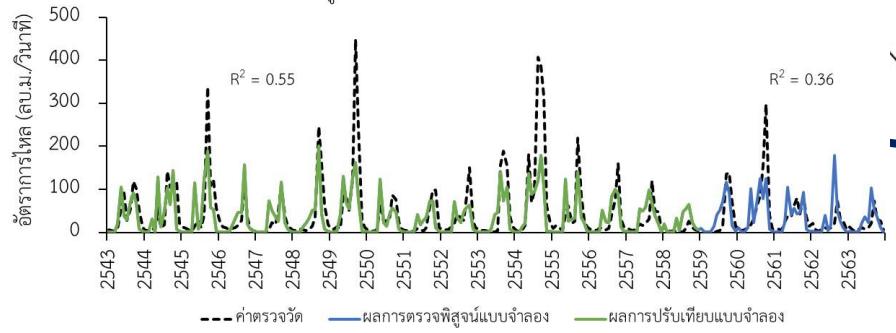
- ปรับเทียบแบบจำลองระหว่างปี 2000-2015
- ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองระหว่างปี 2016-2020

ผลการพัฒนาแบบจำลอง WEAP: ผลลัพธ์จากแบบจำลอง

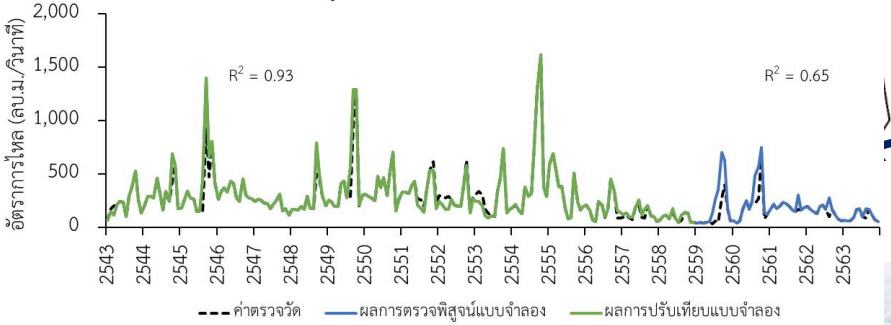
ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนของเขื่อนภูมิพล

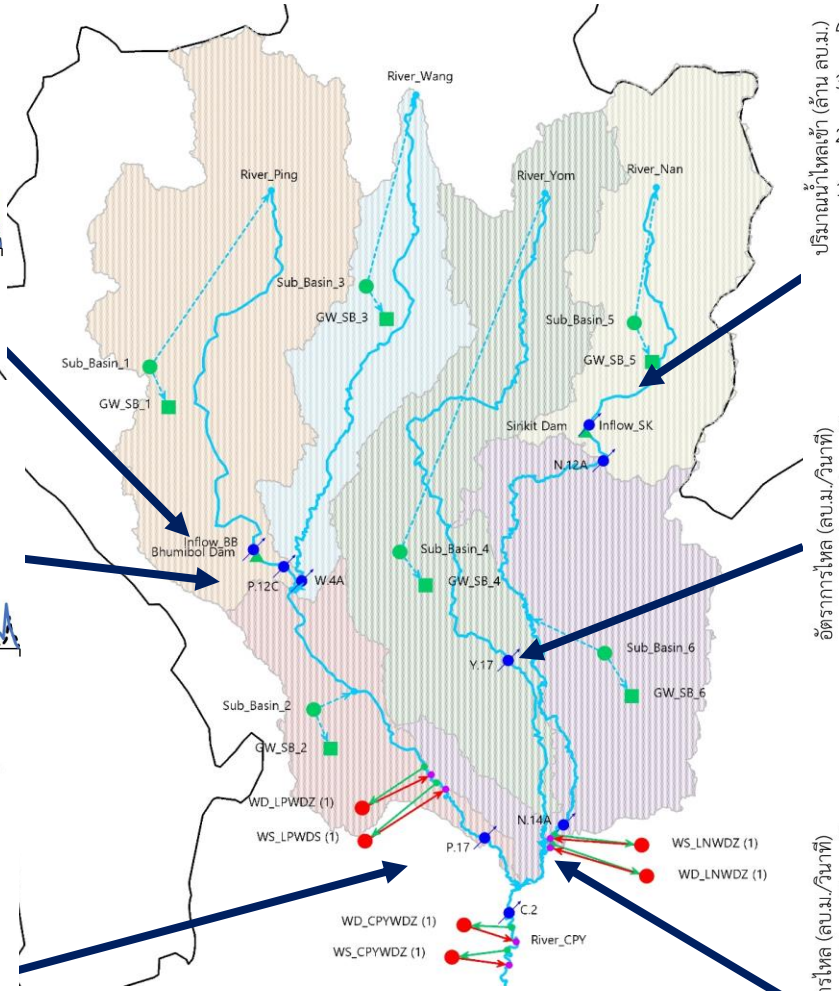


ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจวัด W.4A

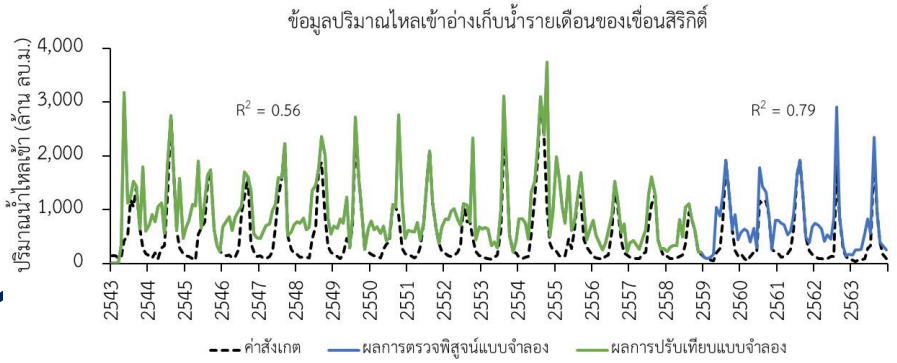


ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจวัด P.17

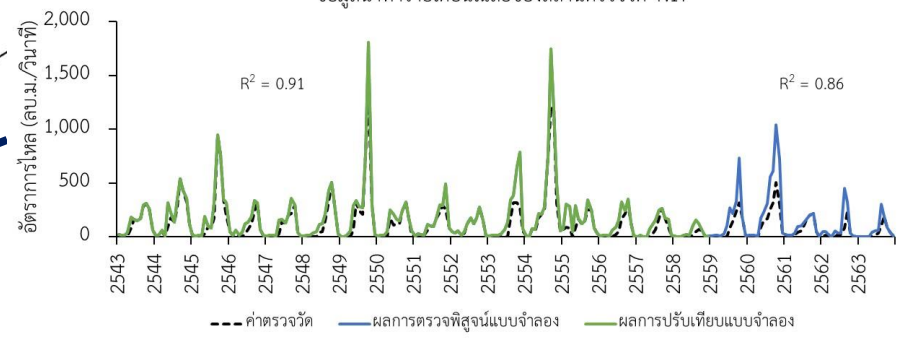




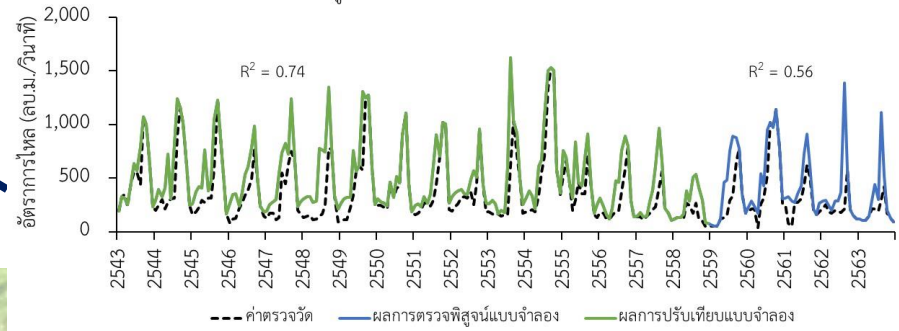
ข้อมูลปริมาณไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนของเขื่อนสิริกิติ์



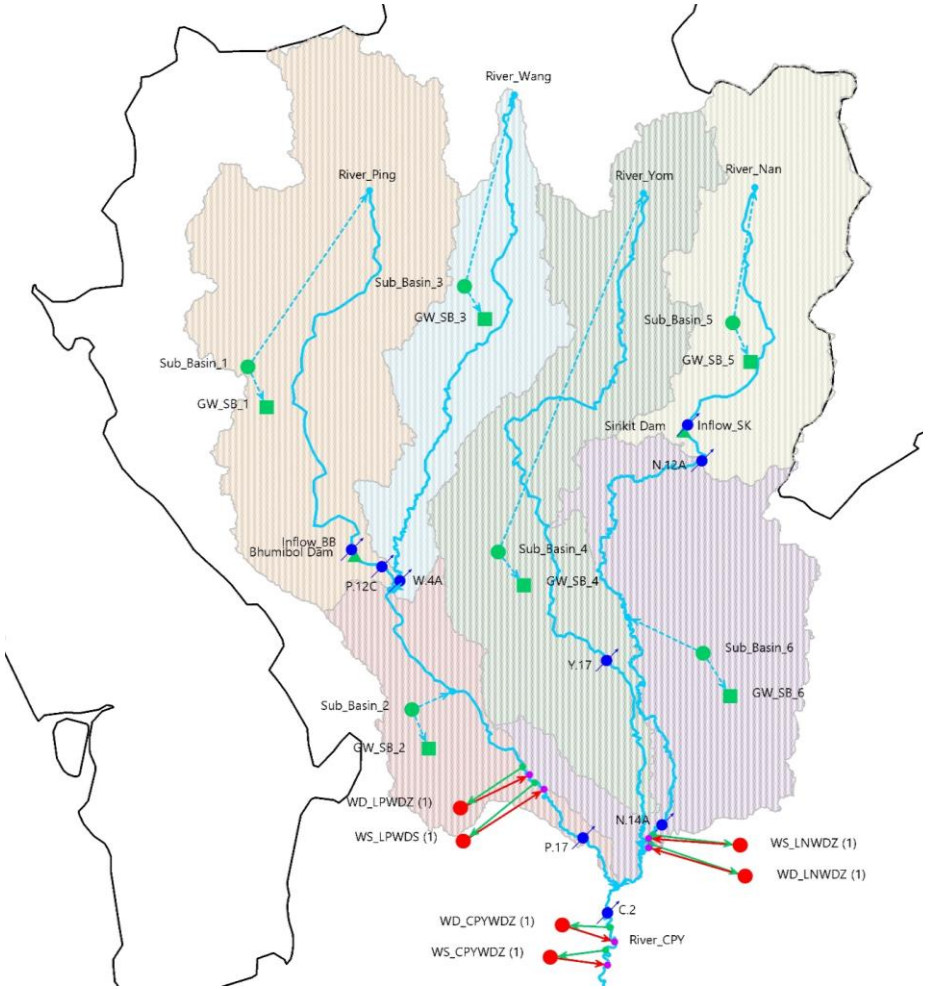
ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจวัด Y.17

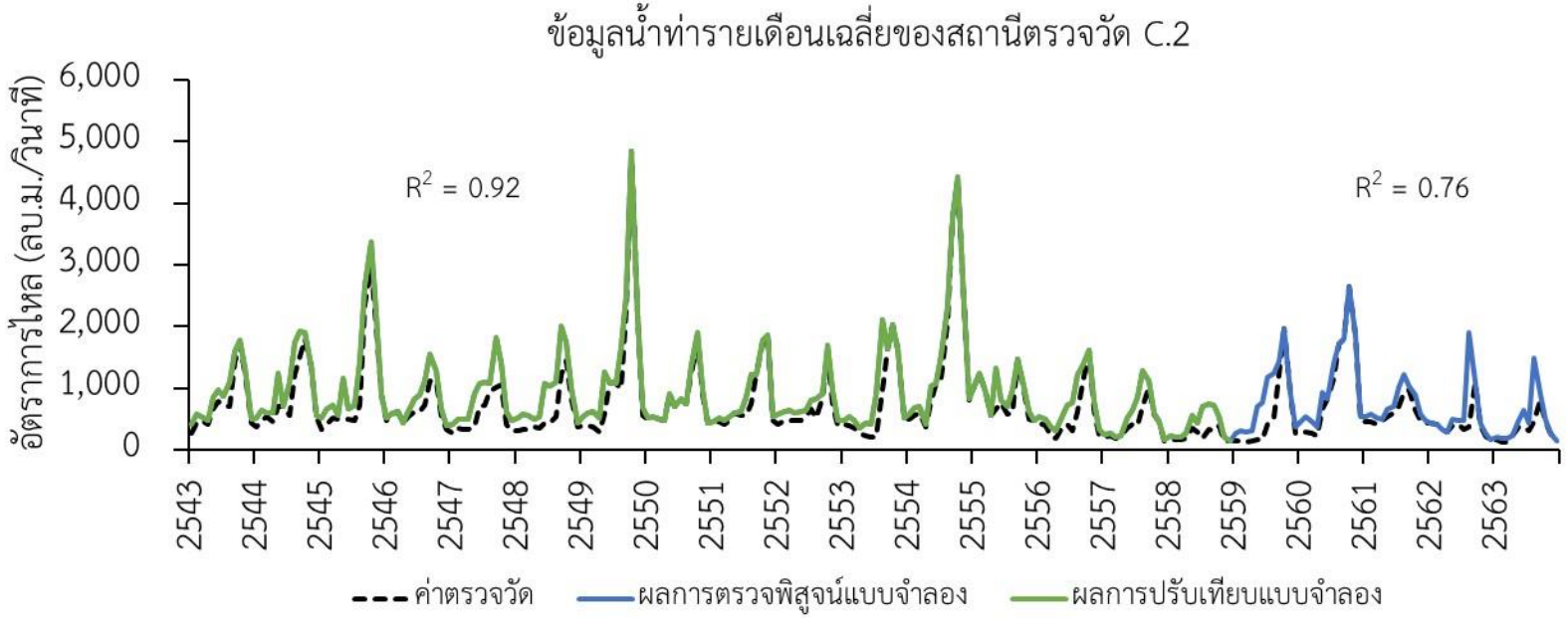


ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจวัด N.14A



ผลการพัฒนาแบบจำลอง WEAP: ผลลัพธ์จากแบบจำลอง

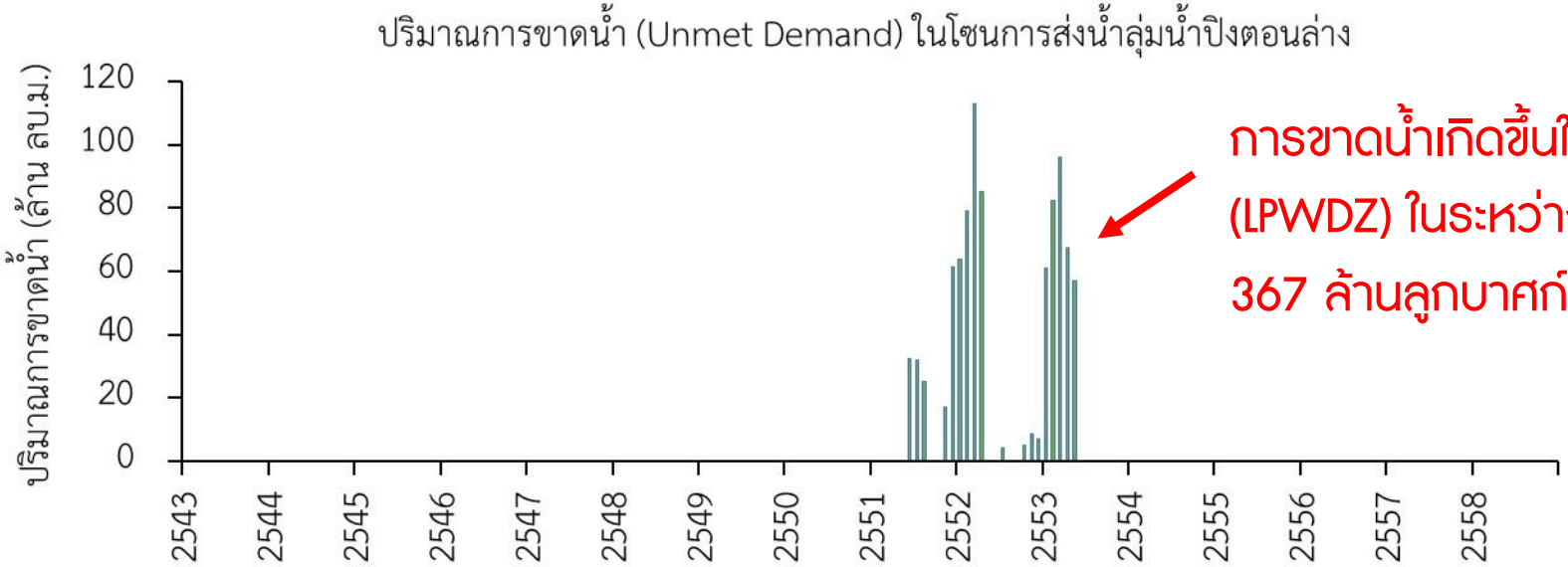




ประเด็นสรุป:

- แบบจำลอง WEAP สามารถจำลองระบบโดยให้ค่าประสิทธิผลอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งการปรับเทียบและการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลอง

ผลการพัฒนาแบบจำลอง WEAP: ผลลัพธ์จากแบบจำลอง



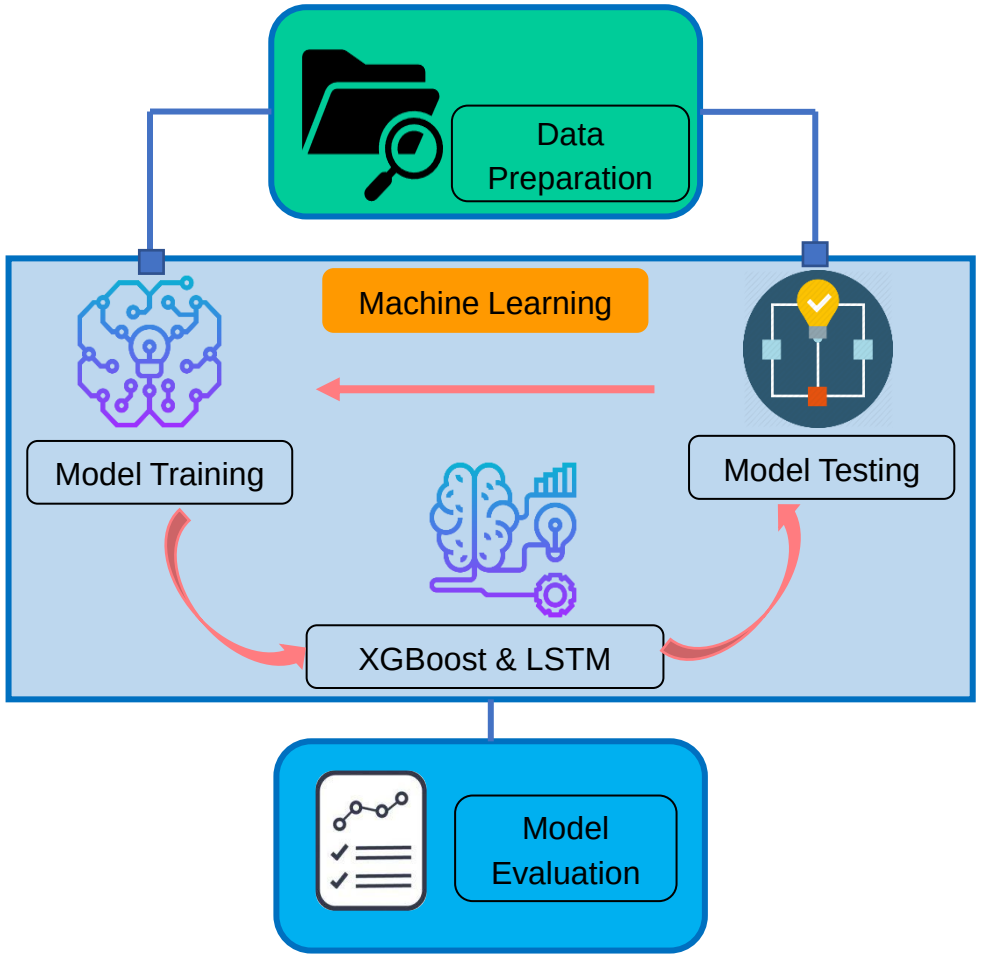
การขาดน้ำเกิดขึ้นในโซนการส่งน้ำลุ่มน้ำปิงตอนล่าง (LPWDZ) ในระหว่างปี พ.ศ. 2551–2553 ในช่วงตั้งแต่ 168–367 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ประเด็นสรุป:

- ผลการประเมินประสิทธิผลในรูปของปริมาณการขาดน้ำ (Unmet Demand) จากผลการจำลองสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ระยะยาวระหว่างปี พ.ศ. 2543–2558 ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการปรับเทียบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การขาดน้ำเกิดขึ้นในโซนการส่งน้ำลุ่มน้ำปิงตอนล่าง (LPWDZ) ในระหว่างปี พ.ศ. 2551–2553 ในช่วงตั้งแต่ 168–367 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งสอดคล้องตามสถานการณ์น้ำผิวดินที่มีอยู่จำกัดในพื้นที่ดังกล่าว ในขณะที่ ผลการจำลองไม่ปรากฏการขาดน้ำในโซนการส่งน้ำลุ่มน้ำน่านตอนล่าง (LNWDZ) และโซนการส่งน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยา (CPYWDZ)

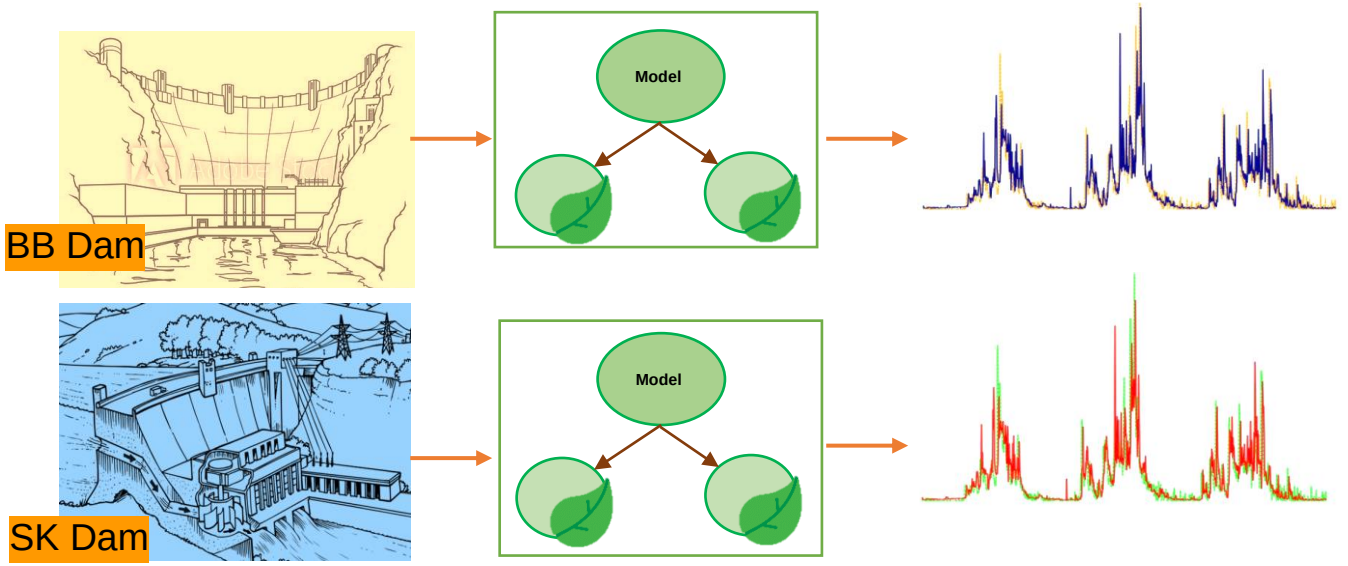
วัตถุประสงค์ที่ 3:
การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์



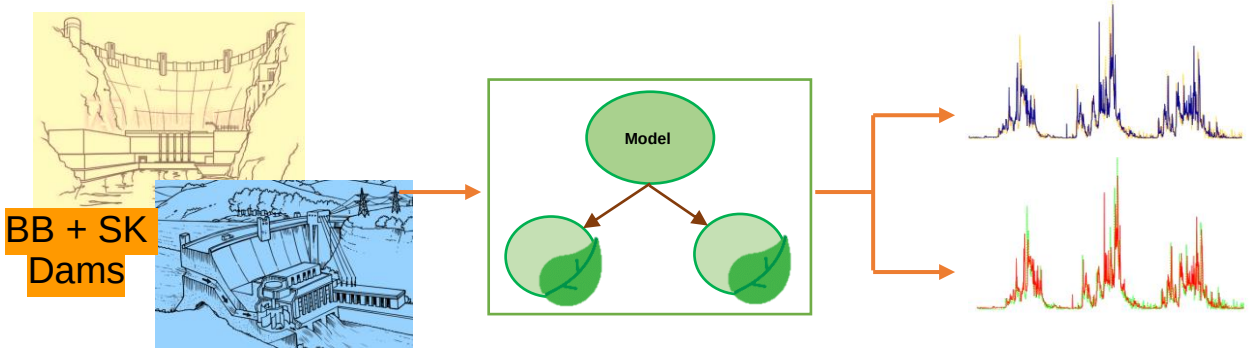
Univariate Prediction Models

รายวัน&รายเดือน



Multivariate Prediction Models

รายวัน&รายเดือน



การกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองการพยากรณ์

Test	Score	P–Value	C.V.	Stationary?	5.0%
ADF					
No Const	-9.0	0.1%	-1.9	TRUE	
Const-Only	-12.6	0.1%	-2.9	TRUE	
Const+Trend	-12.6	0.0%	-1.6	TRUE	
Const+Trend+Trend^2	-12.6	0.0%	-1.6	TRUE	

Test	Score	P–Value	C.V.	Stationary?	5.0%
ADF					
No Const	-8.7	0.1%	-1.9	TRUE	
Const-Only	-11.4	0.1%	-2.9	TRUE	
Const+Trend	-11.4	0.0%	-1.6	TRUE	
Const+Trend+Trend^2	-11.4	0.0%	-1.6	TRUE	

ขั้นตอนการศึกษา:

- ทำการตรวจสอบกระบวนการคงที่ (Stationary Test) ของข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนด้วยวิธีทางสถิติ
- ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อกำหนดโครงสร้างแบบจำลองการพยากรณ์

แหล่งข้อมูล	รหัสสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ยความชื้นอากาศ	ค่าเฉลี่ยความดันอากาศ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน
ค่าสหสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล					
NASA	0002–ตาก	0.5210	-01484	-0.1897	0.3648
	0006–เขื่อนภูมิพล	0.5182	-0.1458	-0.1730	0.3693
	0007–แม่สอด	0.4909	-0.1787	-0.0757	0.3603
	0015–ศรีสำโรง	0.5205	-0.1389	-0.1780	0.3628
	0017–ดอยมูเซอ	0.4909	-0.4787	-0.0757	0.3603
	0019–โทน	0.5049	-0.1463	-0.1327	0.3550
TMD	0002–ตาก	0.4015	-0.1167	-0.1145	0.2840
	0006–เขื่อนภูมิพล	0.4016	-0.0073	-0.1032	0.2886
	0007–แม่สอด	0.4010	-0.1643	-0.0957	0.1966
	0015–ศรีสำโรง	0.3185	-0.0208	-0.0266	0.1621
	0017–ดอยมูเซอ	0.2116	0.0028	0.0059	0.0341
	0019–โทน	0.4604	-0.0896	-0.0911	0.1913
ค่าสหสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์					
NASA	0003–พิษณุโลก	0.5356	-0.3215	-0.1438	0.3761
	0018–อุตรดิตถ์	0.5034	-0.3386	-0.0174	0.4056
	0095–น่าน	0.4689	-0.3584	0.1010	0.3923
TMD	0003–พิษณุโลก	0.4282	-0.3283	-0.0198	0.0382
	0018–อุตรดิตถ์	0.4991	-0.0231	-0.0186	0.1673
	0095–น่าน	0.5348	-0.3785	0.0920	0.0024

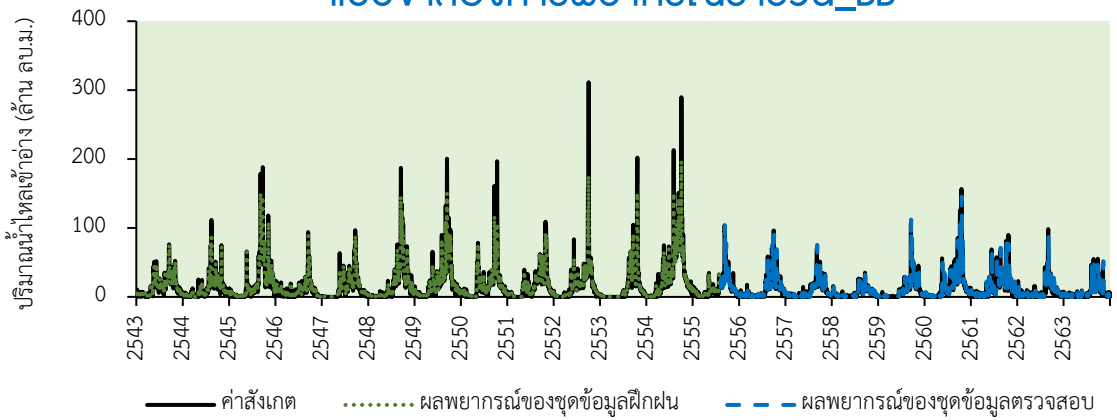
Univariate Prediction Model-XGBoost

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายวันและรายเดือน (Daily and Monthly Univariate Prediction Model)			
อัลกอริทึม: XGBoost			
เขื่อนภูมิพล			
การตั้งค่าแบบจำลอง		แบบจำลองรายวัน	แบบจำลองรายเดือน
อัตราส่วนชุดข้อมูลฝึกอบรม:ชุดข้อมูลตรวจสอบ		60:40	80:20
ข้อมูลนำเข้า			
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−3 (Avg. 3)		✓	✓
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−7 (Avg. 7)		–	–
ปริมาณน้ำไหลเข้าที่เวลา t		✓	✓
ปริมาณฝนที่เวลา t		–	✓
ค่าเฉลี่ยความชื้นที่เวลา t		–	✓
อัตราการเรียนรู้ (Eta)		0.1	0.001
ชุดข้อมูลฝึกฝน	RMSE	7.9321	466.1194
	MSE	62.9187	217,267.3128
	R^2	0.9219	0.4523
	R	0.9602	0.6725
	NSE	0.9089	0.4112
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	RMSE	5.6560	256.5848
	MSE	31.9904	65,835.7496
	R^2	0.8854	0.6788
	R	0.9410	0.8239
	NSE	0.8619	0.6746

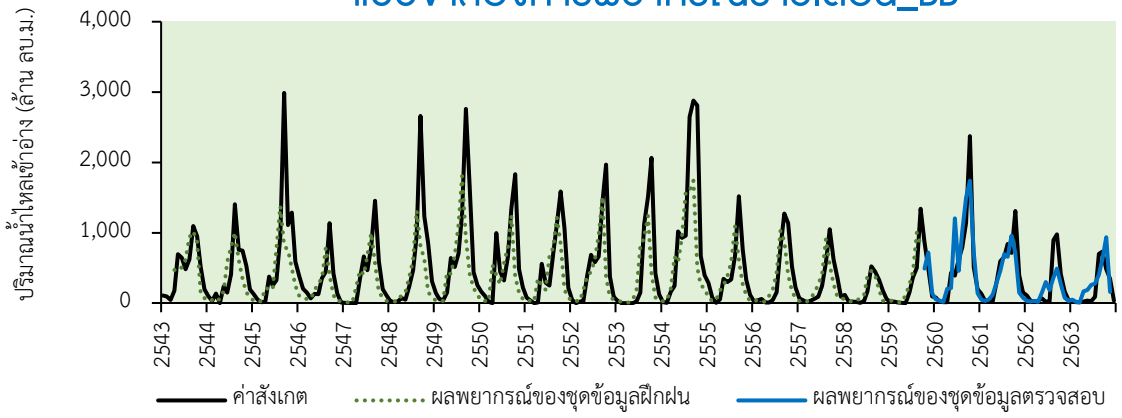
ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายวันและรายเดือน (Daily and Monthly Univariate Prediction Model)			
อัลกอริทึม: XGBoost			
เขื่อนสิริกิติ์			
การตั้งค่าแบบจำลอง		แบบจำลองรายวัน	แบบจำลองรายเดือน
อัตราส่วนชุดข้อมูลฝึกอบรม:ชุดข้อมูลตรวจสอบ		60:40	80:20
ข้อมูลนำเข้า			
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−3 (Avg. 3)		✓	-
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−7 (Avg. 7)		–	✓
ปริมาณน้ำไหลเข้าที่เวลา t		✓	✓
ปริมาณฝนที่เวลา t		–	✓
ค่าเฉลี่ยความชื้นที่เวลา t		–	-
อัตราการเรียนรู้ (Eta)		0.1	0.001
ชุดข้อมูลฝึกฝน	RMSE	8.3666	443.3527
	MSE	69.9998	196,561.6187
	R^2	0.8837	0.4928
	R	0.9400	0.7020
	NSE	0.8711	0.4727
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	RMSE	9.0171	358.2783
	MSE	81.3076	128,363.3682
	R^2	0.8362	0.5196
	R	0.9145	0.7208
	NSE	0.8161	0.5128

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วย ML: Univariate Prediction Model-XGBoost

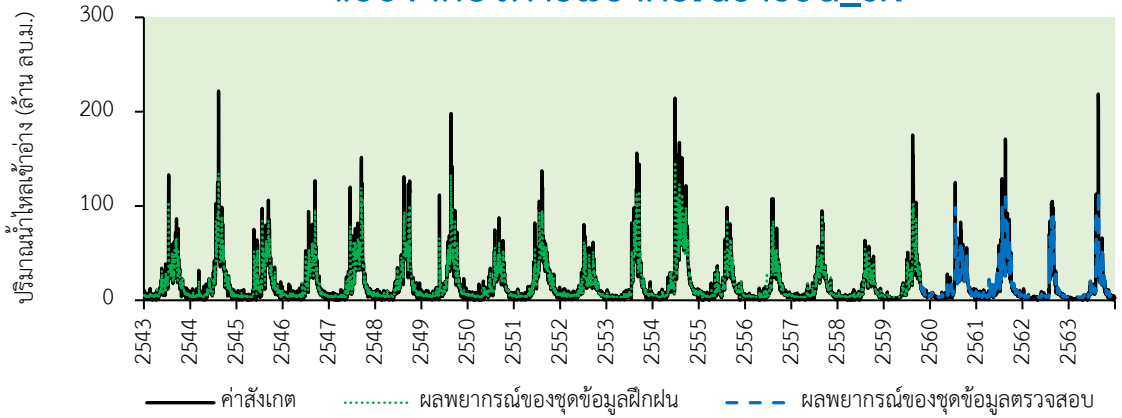
แบบจำลองการพยากรณ์รายวัน_BB



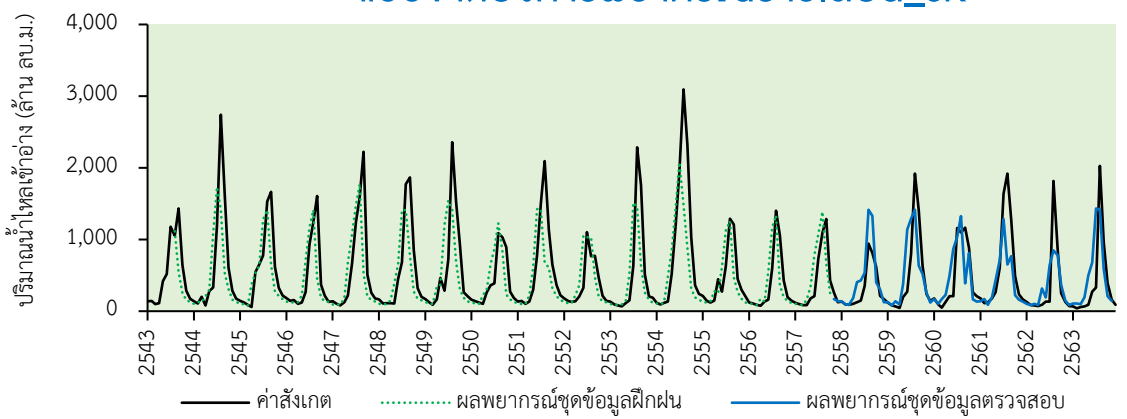
แบบจำลองการพยากรณ์รายเดือน_BB



แบบจำลองการพยากรณ์รายวัน_SK



แบบจำลองการพยากรณ์รายเดือน_SK

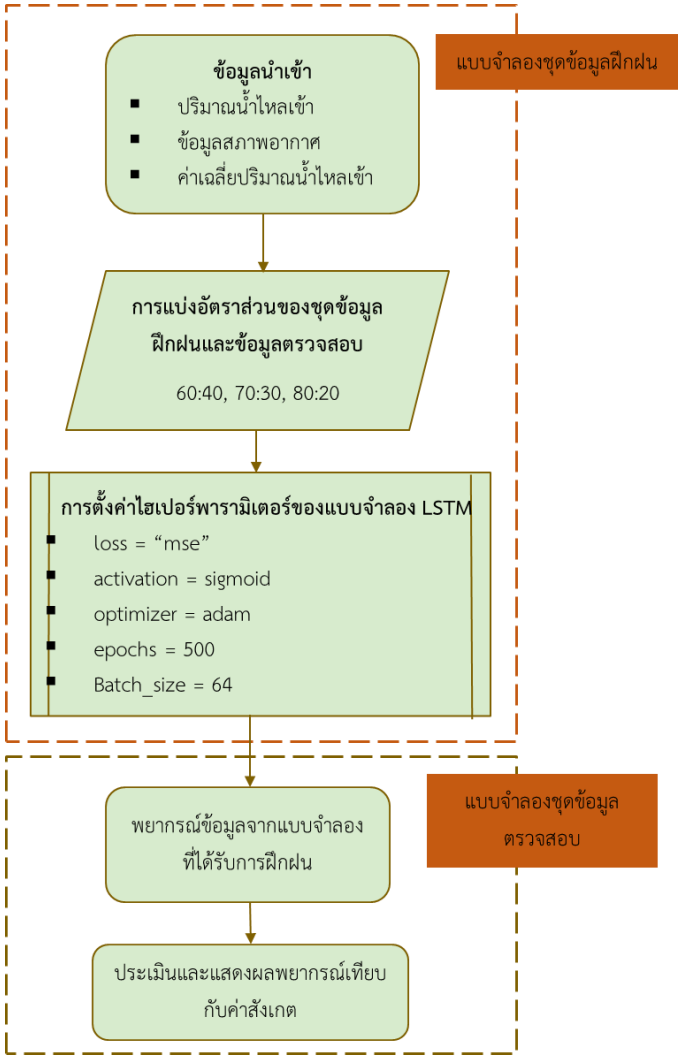


เปรียบเทียบประสิทธิผลการพยากรณ์: Univariate Prediction Model-XGBoost

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายวัน (Daily Univariate Prediction Model)						
อัลกอรีทึม: XGBoost						
เขื่อนภูมิพล						
การตั้งค่าแบบจำลอง	อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 60:40					
	ข้อมูลนำเข้า: ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t (It), ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t–1 ถึง t–3 (Avg. 3)					
	อัตราการเรียนรู้: 0.1					
ค่าสถิติจากผลพยากรณ์	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม./วัน)			ค่าสูงสุดปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม./วัน)		
	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)
ชุดข้อมูลฝึกฝน	17.52	16.71	-0.81 (-4.62)	311.46	197.05	-114.41 (-36.73)
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	10.99	11.02	+0.03 (+0.27)	156.57	145.71	-10.86 (-6.93)
เขื่อนสิริกิติ์						
การตั้งค่าแบบจำลอง	อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 80:20					
	ข้อมูลนำเข้า: ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t (It), ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t–1 ถึง t–3 (Avg. 3)					
	อัตราการเรียนรู้: 0.1					
ค่าสถิติจากผลพยากรณ์	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม./วัน)			ค่าสูงสุดปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม./วัน)		
	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)
ชุดข้อมูลฝึกฝน	17.32	16.70	–0.62 (–3. 58)	221.87	146.95	–74.92 (–33.77)
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	14.26	13.92	–0.34 (–2.38)	218.70	116.39	–102.31 (–46.78)

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายเดือน (Monthly Univariate Prediction Model)						
อัลกอรีทึม: XGBoost						
เขื่อนภูมิพล						
การตั้งค่าแบบจำลอง	อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 80:20					
	ข้อมูลนำเข้า: ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t (It), ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t–1 ถึง t–3 (Avg. 3), ปริมาณน้ำฝนที่เวลา t (Prec.t) และค่าเฉลี่ยความชื้นที่เวลา t (Hum.t)					
	อัตราการเรียนรู้: 0.001					
ค่าสถิติจากผลพยากรณ์	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม./เดือน)			ค่าสูงสุดปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม./เดือน)		
	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)
ชุดข้อมูลฝึกฝน	482.45	360.10	-122.35 (-25.36)	2,990.21	1,811.99	-1,178.22 (-39.40)
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	370.31	359.75	-10.56 (-2.85)	2,373.51	1,740.76	-632.75 (-26.66)
เขื่อนสิริกิติ์						
การตั้งค่าแบบจำลอง	อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 60:40					
	ข้อมูลนำเข้า: ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t (It), ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่เวลา t–1 ถึง t–7 (Avg. 7) และปริมาณน้ำฝนที่เวลา t (Prec.t)					
	อัตราการเรียนรู้: 0.1					
ค่าสถิติจากผลพยากรณ์	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม./เดือน)			ค่าสูงสุดปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม./เดือน)		
	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)	ค่าสังเกต	ผลพยากรณ์	Δ (%)
ชุดข้อมูลฝึกฝน	527.03	480.07	-46.96 (-8.91)	3,095.97	2,075.05	-1,020.9 (-32.98)
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	441.00	442.74	+1.74 (+0.39)	2,026.29	1,475.96	-550.33 (-27.16)

Univariate Prediction Model-LSTM



ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายวัน (Daily Univariate Prediction Model)										
อัลกอริทึม: LSTM										
เลขแบบจำลอง	ตัวแปรนำเข้า	วิธีการปรับช่วงข้อมูล	ค่าพารามิเตอร์ของ LSTM ใน Keras							
			Steps	Num of Layers	Units per Layer	Activation	Loss	Optimizer	Epoch	Batch size
เขื่อนภูมิพล										
BB-004	Inflow, Rainfall (EGAT-PU05)	Standard	7	2	64/32	relu/relu	MSE	adam	50	16
เขื่อนสิริกิติ์										
SK-002	Inflow	Min-Max	7	2	64/32	relu/relu	MSE	adam	50	16

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวรายวัน (Daily Univariate Prediction Model)								
อัลกอริทึม: LSTM								
เลขแบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้	Steps	ประสิทธิผลทางสถิติของการพยากรณ์					
			MSE	RMSE	R^2	Correlation	NSE	
เขื่อนภูมิพล								
BB-004	Inflow, Rainfall (EGAT-PU05)	7	38.568	6.210	0.887	0.942	0.887	
เขื่อนสิริกิติ์								
SK-002	Inflow	7	73.200	8.560	0.853	0.923	0.851	

Multivariate Prediction Model-LSTM

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบหลายตัวแปรรายวันและรายเดือน (Daily and Monthly Multivariate Prediction Model)			
อัลกอริทึม: LSTM			
เขื่อนภูมิพล			
การตั้งค่าแบบจำลอง		แบบจำลองรายวัน	แบบจำลองรายเดือน
อัตราส่วนชุดข้อมูลฝึกอบรม:ชุดข้อมูลตรวจสอบ		60:40	70:30
ข้อมูลนำเข้า			
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−3 (Avg. 3)		✓	✓
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−7 (Avg. 7)		–	–
ปริมาณน้ำไหลเข้าที่เวลา t		✓	✓
ปริมาณฝนที่เวลา t		✓	✓
ค่าเฉลี่ยความชื้นที่เวลา t		✓	✓
อัตราการเรียนรู้ (Eta)		0.001	0.001
ชุดข้อมูลฝึกฝน	RMSE	8.7004	428.1968
	MSE	75.6977	183,352.5150
	R^2	0.8937	0.5417
	R	0.9454	0.7360
	NSE	0.8904	0.5381
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	RMSE	6.0033	321.0134
	MSE	36.0394	103,049.6102
	R^2	0.8729	0.5263
	R	0.9343	0.7254
	NSE	0.8573	0.3965

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์แบบหลายตัวแปรรายวันและรายเดือน (Daily and Monthly Multivariate Prediction Model)			
อัลกอริทึม: LSTM			
เขื่อนสิริกิติ์			
การตั้งค่าแบบจำลอง		แบบจำลองรายวัน	แบบจำลองรายเดือน
อัตราส่วน*		60:40	60:40
ข้อมูลนำเข้า			
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−3 (Avg. 3)		✓	✓
ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา t−1,...., t−7 (Avg. 7)		–	–
ปริมาณน้ำไหลเข้าที่เวลา t		✓	✓
ปริมาณฝนที่เวลา t		✓	✓
ค่าเฉลี่ยความชื้นที่เวลา t		✓	✓
อัตราการเรียนรู้ (Eta)		0.001	0.001
ชุดข้อมูลฝึกฝน	RMSE	9.8582	439.0654
	MSE	97.1833	192,778.4677
	R^2	0.8416	0.5179
	R	0.9174	0.7197
	NSE	0.8409	0.5123
ชุดข้อมูลตรวจสอบ	RMSE	9.6154	360.9567
	MSE	92.4553	130,289.7130
	R^2	0.7800	0.4872
	R	0.8832	0.6980
	NSE	0.7669	0.4587

การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

ประเด็นสรุป:

- ประสิทธิผลของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยแบบจำลองการพยากรณ์แบบอ่างเดี่ยว (Univariate Prediction Model) ให้ค่าประสิทธิผลสูงกว่าแบบจำลองการพยากรณ์แบบหลายอ่าง (Multivariate Prediction Model)
- ประสิทธิผลของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลองการพยากรณ์รายวัน (Daily Prediction Model) สูงกว่าแบบจำลองการพยากรณ์รายเดือน (Monthly Prediction Model) โดยทั้งอัลกอริทึม XGBoost และ LSTM ให้ค่าประสิทธิผลของการพยากรณ์รายวันและรายเดือนสอดคล้องไปในทางเดียวกัน
- ผลการพยากรณ์แบบอ่างเดี่ยวและแบบหลายอ่างยังให้ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างทั้งรายวันและรายเดือนต่ำกว่าข้อมูลสังเกต (Underestimated) ในทางกลับกัน ผลการพยากรณ์แบบอ่างเดี่ยวและแบบหลายอ่างทั้งรายวันและรายเดือนให้ค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสูงกว่าข้อมูลสังเกต (Overestimated)

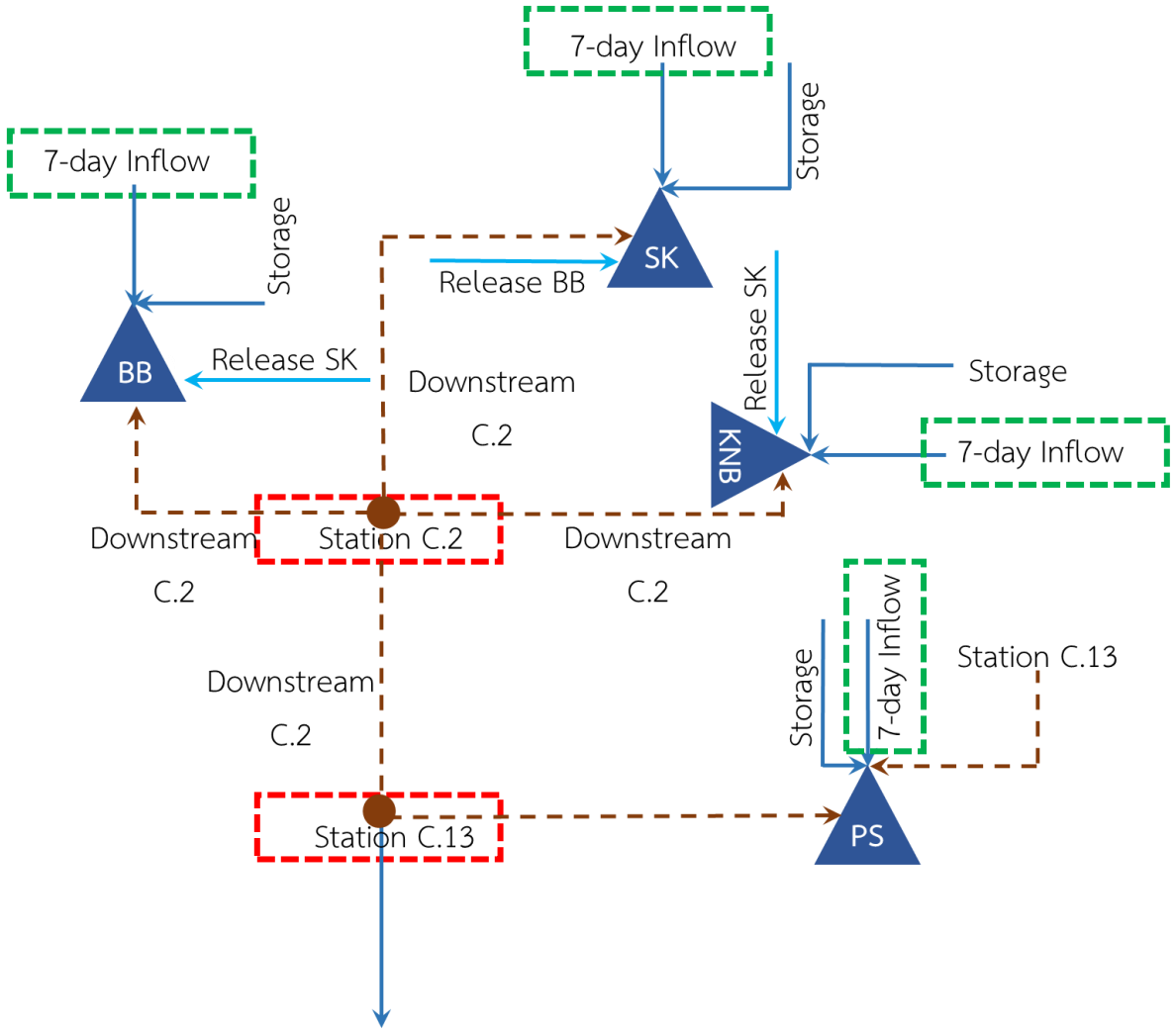
วัตถุประสงค์ที่ 4:
การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

วัตถุประสงค์ที่ 4:

การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

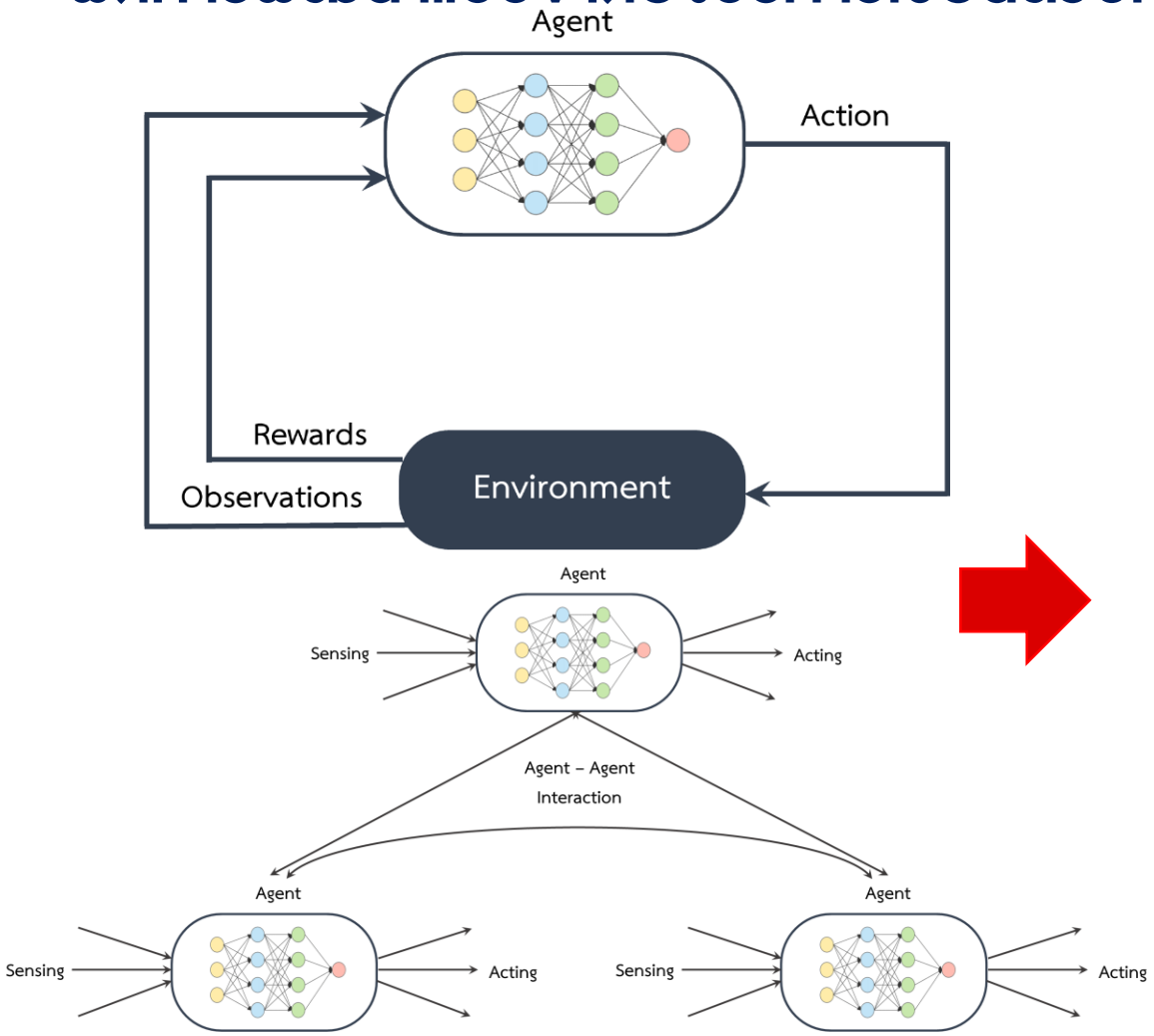
4.1 แบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning, RL)

แนวคิดในการเพิ่มศักยภาพน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่: แบบจำลอง RL

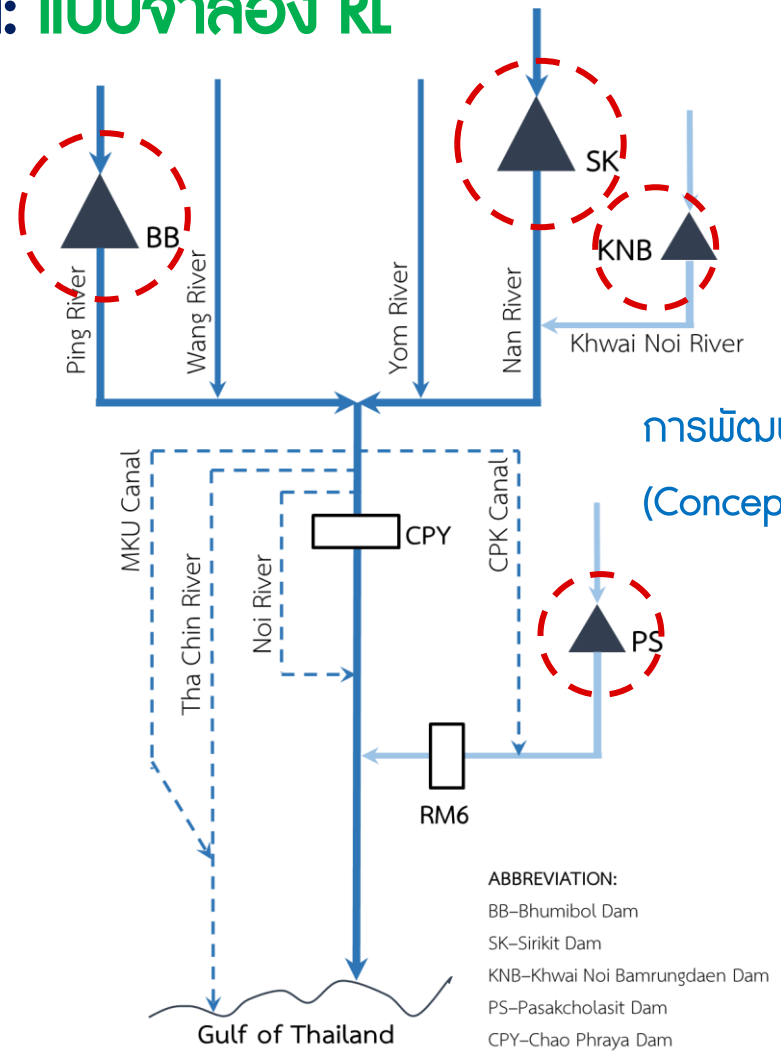


- การพิจารณาสถานะของน้ำต้นทุน ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนพยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน ของแต่ละเขื่อนในการกำหนดการระบายน้ำ
- การพิจารณาสถานะของน้ำท้ายเขื่อนของแต่ละเขื่อนและทั้งระบบในการกำหนดการระบายน้ำร่วมกัน
- กำหนดให้ Threshold Storage ในแบบจำลองเพื่อมุ่งเน้นที่จะเพิ่มน้ำต้นทุนและเรียนรู้แนวทางการระบายน้ำด้วยเทคนิค AI

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL



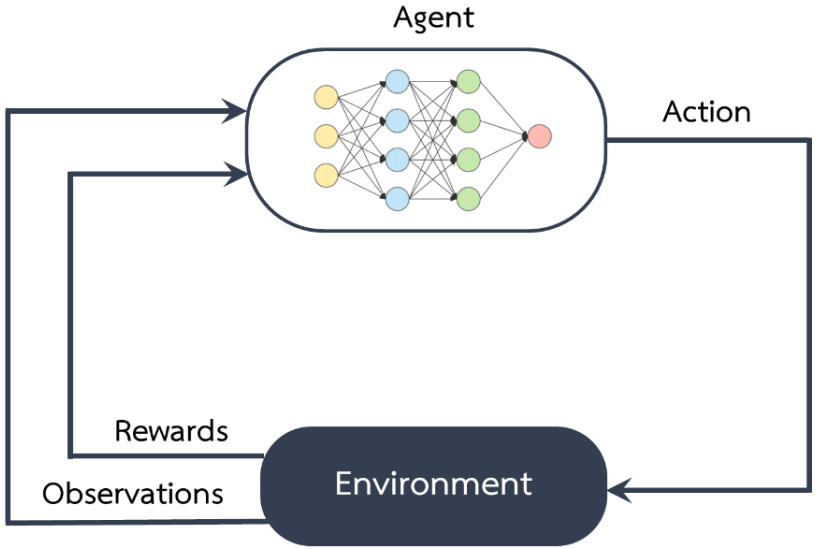
โครงสร้างของกระบวนเรียนรู้แบบ DQN ในระบบ RL

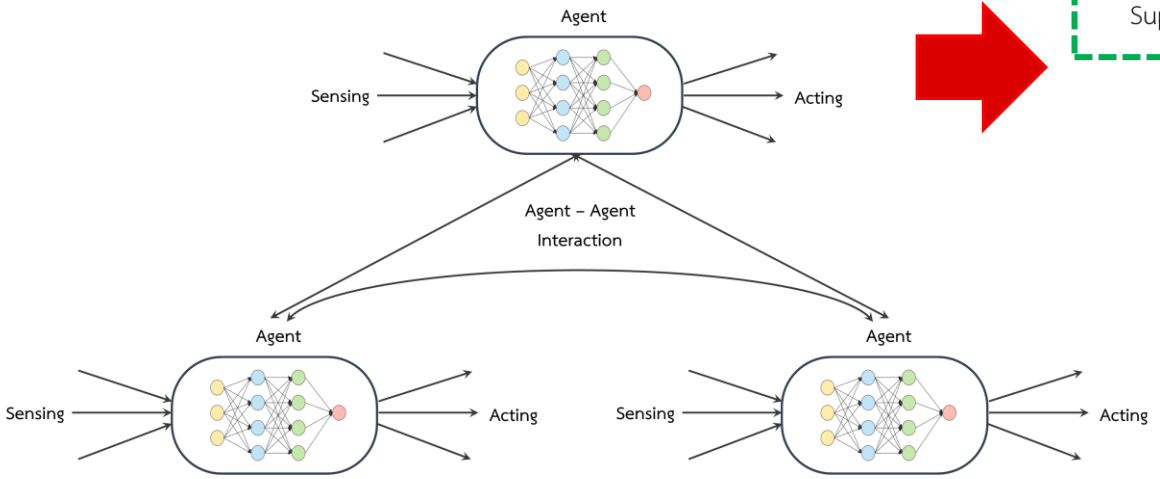


การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model)

ระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

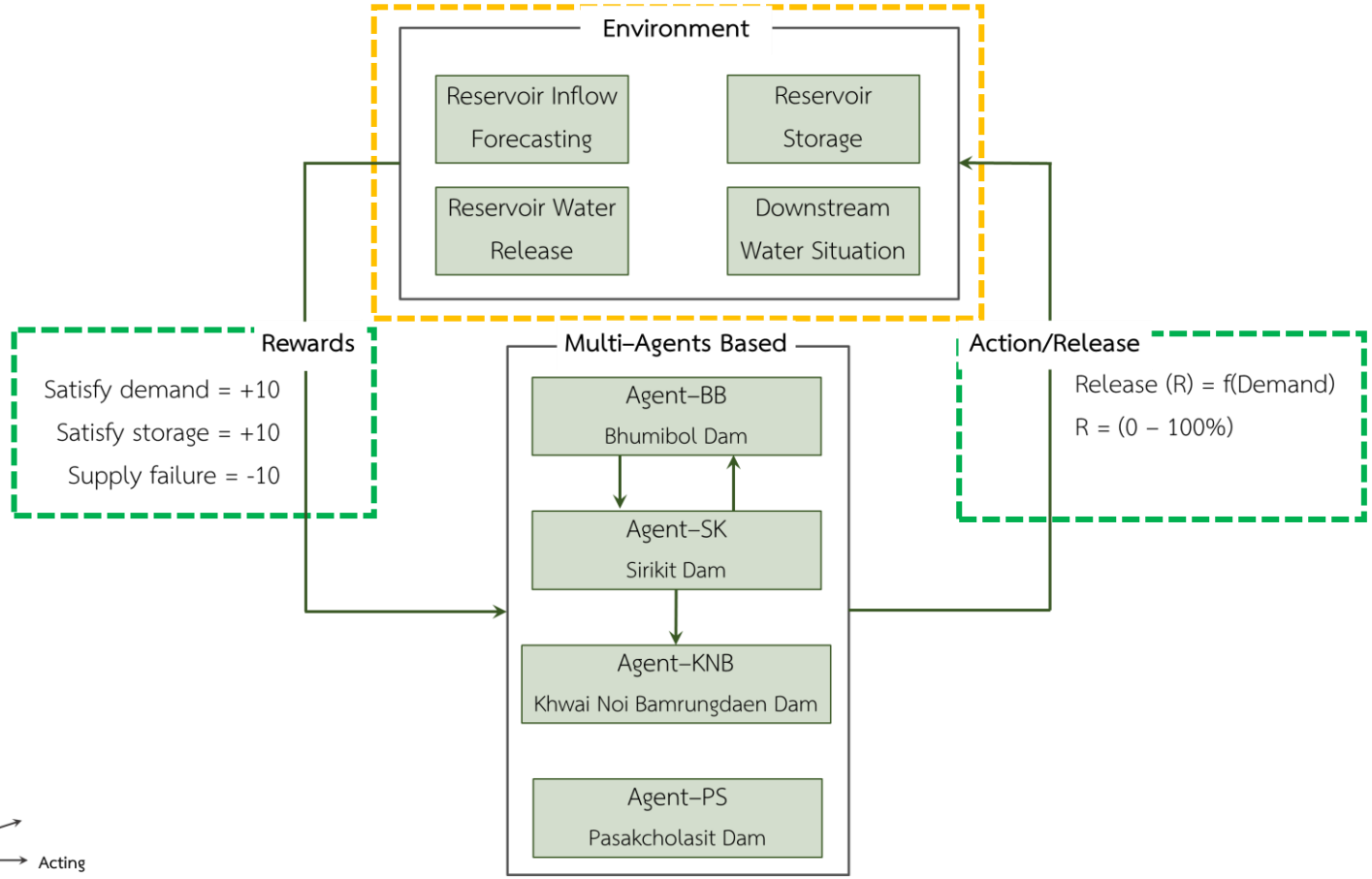
ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL





โครงสร้างของกระบวนเรียนรู้แบบ DQN ในระบบ RL

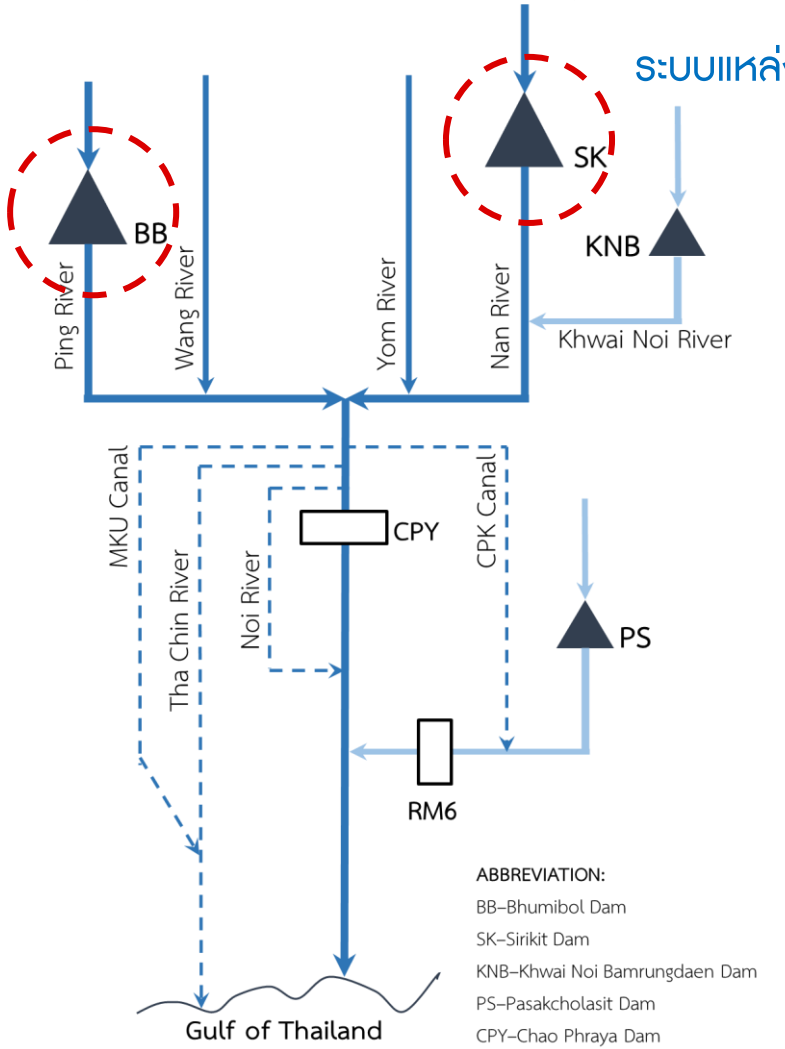
การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model)

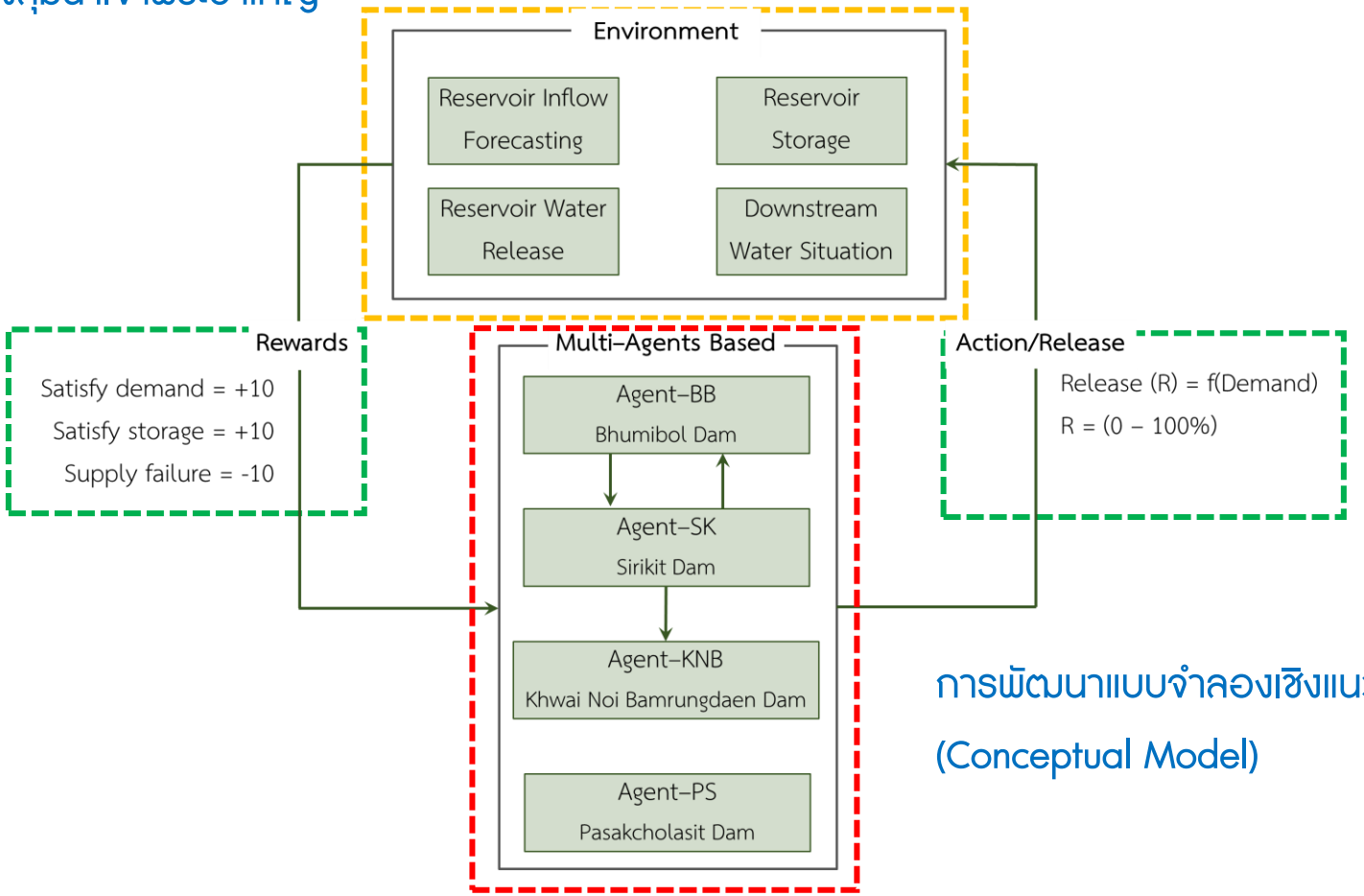


การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง RL แบบหลายตัวกระทำ (Multi–Agent System, MAS)

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL

ระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

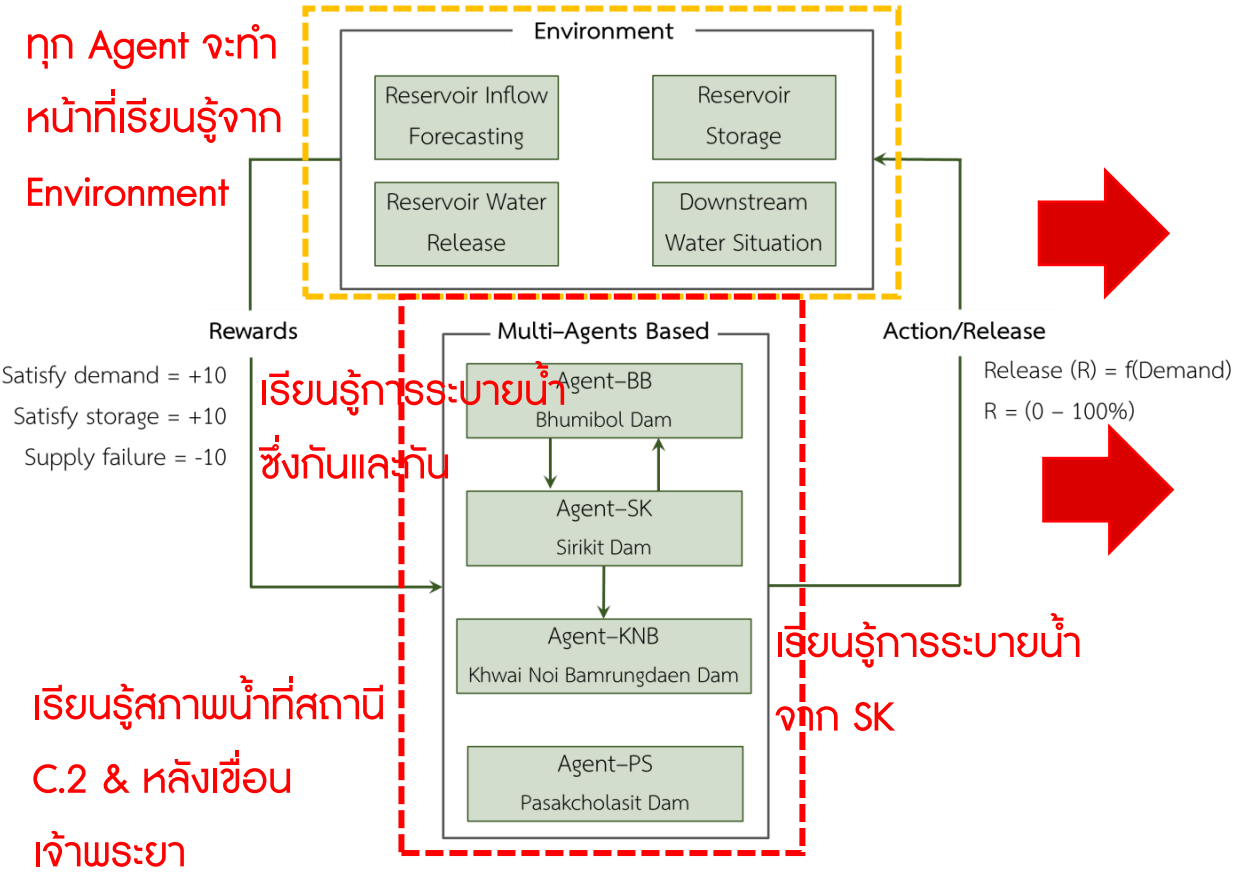




การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model)

การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง RL แบบหลายตัวกระทำ (Multi-Agent System, MAS)

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL



การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง RL แบบหลายตัวกระทำ (Multi-Agent System, MAS)

องค์ประกอบ Multi-Agent Based System อ่างเก็บน้ำจะถูกแทนเป็น Agent ในแบบจำลองมีจำนวน 4 Agent เรียกว่า ระบบ Multi-Agent System ประกอบด้วย

(1) Agent เขื่อนภูมิพล (Agent-BB)

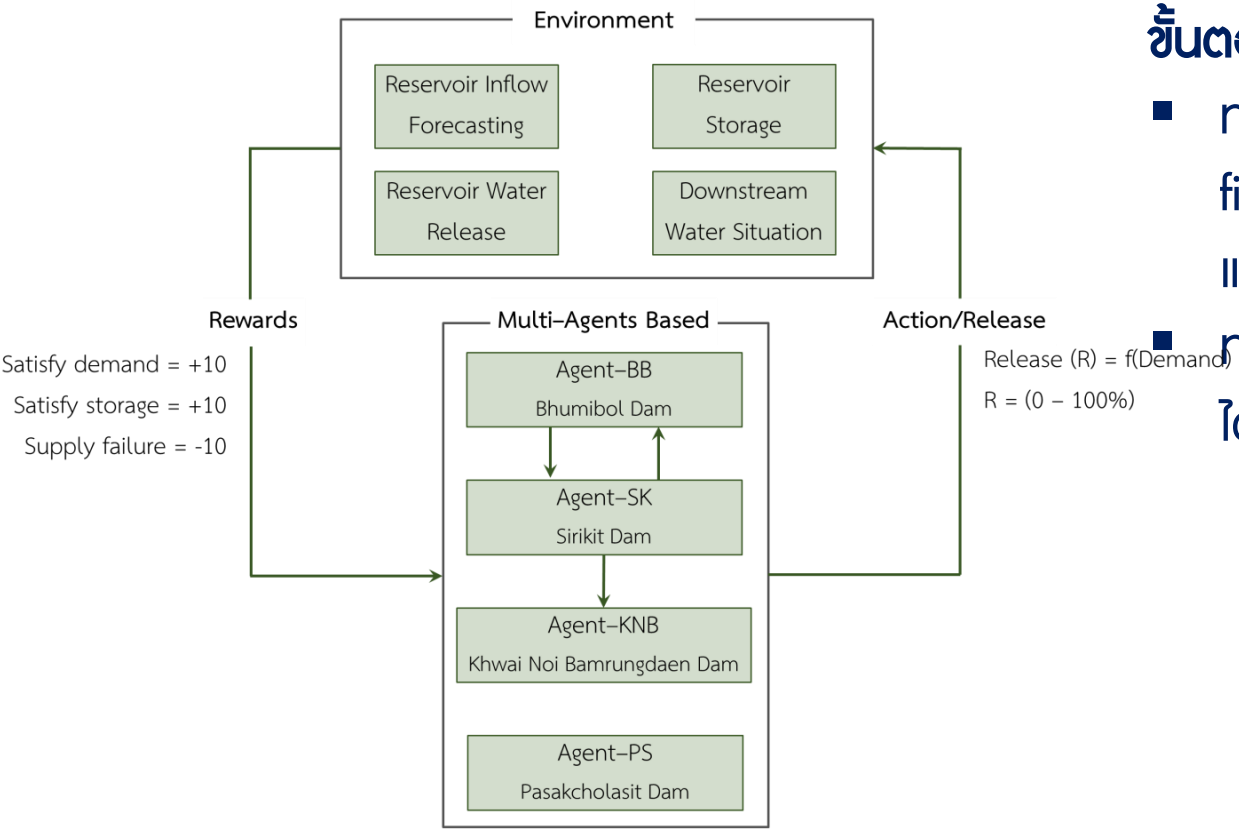
(2) Agent เขื่อนสิริกิติ์ (Agent-SK)

(3) Agent เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน (Agent-KNB)

(4) Agent เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ (Agent-PS)

ทุก Agent จะทำหน้าที่ในการเรียนรู้แบบ Deep Q-learning Network (DQN) จากปัจจัยสภาพ Environment ทั้ง 4 ปัจจัยเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจระบายน้ำ (Action/Release) แต่ละ Agent จะเรียนรู้จาก (1) ข้อมูล Reservoir Inflow Forecasting (2) ข้อมูล Reservoir Storage (3) ข้อมูล Reservoir Water Release ในส่วนนี้ได้ออกแบบให้ Agent-BB และ Agent-SK เรียนรู้การระบายน้ำซึ่งกันละกัน กล่าวคือ เขื่อนภูมิพลจะนำข้อมูลการระบายน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนสิริกิติ์ก็จะนำข้อมูลการระบายน้ำจากเขื่อนภูมิพลมาเรียนรู้ เป็นต้น Agent-KNB เรียนรู้จากเขื่อนสิริกิติ์ ส่วนเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์จะไม่นำข้อมูลส่วนนี้มาเรียนรู้ (4) ข้อมูล Downstream Water Situation โดย Agent-BB, Agent-SK และ Agent-KNB จะนำสภาพของน้ำที่สถานี C.2 มาเรียนรู้ ส่วน Agent-PS จะพิจารณาสภาพน้ำหลังเขื่อนเจ้าพระยา

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL



การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง RL แบบหลายตัวกระทำ (Multi-Agent System, MAS)

ขั้นตอนการศึกษา:

- ทำการออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง และพัฒนาชุดคำสั่งแบบ M-file ในโปรแกรม MATLAB ภายใต้กรอบการพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model)
- ทำการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ได้แก่
  - (1) การทดสอบและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับโครงสร้างการเรียนรู้ของ Agent
  - (2) การปรับปรุงกระบวนการคำนวณโมดูลย่อยใน Environment
  - (3) การออกแบบชุดคำสั่งให้สามารถลดระยะเวลาในการเรียนรู้
  - (4) การทวนสอบผลลัพธ์ของแบบจำลอง
- ทำการออกแบบหน้าต่าง Interface ของแบบจำลองเพื่อจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ใน Simulink

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL

ค่ารางวัล (Reward) ถูกกำหนดให้เป็นค่าคะแนนที่เขื่อนได้รับเมื่อเขื่อนได้ระบายน้ำในแต่ละรอบการจำลอง โดยพิจารณาค่ารางวัลจาก 2 ส่วนคือ

(1) ปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อน

(2) ความสามารถในการระบายน้ำให้เพียงพอกับความต้องการน้ำเป้าหมาย

$$Reward_m(S_t,a_t)=\left(w_1\cdot\sum_{m=1}^{2}S_{t}m,t\right)+\left(w_2\cdot\frac{D_t}{R_t}\right)$$

$$Reward_{m,t}=\begin{cases}+10\ ;\ St_{lower}\leqslant St_{m,t}\leqslant St_{upper}\\ -10\ ;\ St_{m,t}<St_{lower}\ \text{และ}\ St_{m,t}>St_{upper}\\ \text{และ}\\ +10\ ;\ R_t\geqslant D_t\\ -10\ ;\ R_t<D_t\end{cases}$$

$Reward_m(S_t,a_t)$ เป็นค่ารางวัลของเขื่อนที่ได้จากการจำลองแต่ละรอบ

w_1 และ w_2 เป็นค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 1

S_t เป็นตัวแปรสถานะแสดงปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์

a_t เป็น Action ของการระบายน้ำ

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL

ปริมาณน้ำที่ระบาย (Release) กำหนดใน 2 ลักษณะคือ

(1) ระบายน้ำสูงกว่าความต้องการเป้าหมาย (สูงกว่า 20%, 40%, 50%, 60% และ 80%)

(2) ระบายน้ำต่ำกว่าความต้องการน้ำเป้าหมาย (ต่ำกว่า 20%, 40%, 50%, 60% และ 80%) รวมทั้งสิ้น 10 รูปแบบ

$$\text{Release}_{m,t} = \begin{cases} 1.8 \cdot D_{m,t} \\ 1.6 \cdot D_{m,t} \\ 1.5 \cdot D_{m,t} \\ 1.4 \cdot D_{m,t} \\ 1.2 \cdot D_{m,t} \\ D_{m,t} \\ 0.2 \cdot D_{m,t} \\ 0.4 \cdot D_{m,t} \\ 0.5 \cdot D_{m,t} \\ 0.6 \cdot D_{m,t} \\ 0.8 \cdot D_{m,t} \end{cases}$$

เมื่อ

m เป็นเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์

t เป็นวันที่ระบายน้ำ

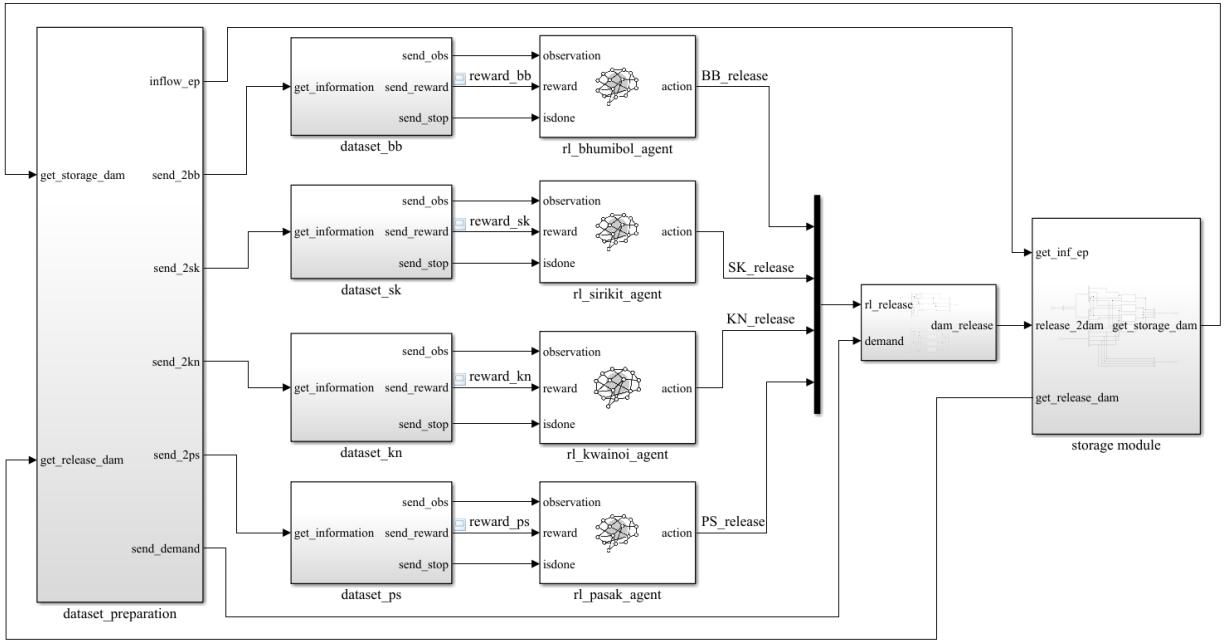
D เป็นค่าความต้องการน้ำเป้าหมายซึ่งสังเคราะห์ขึ้นตามแผนการจัดสรรน้ำ

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL

create_agent_bb.m

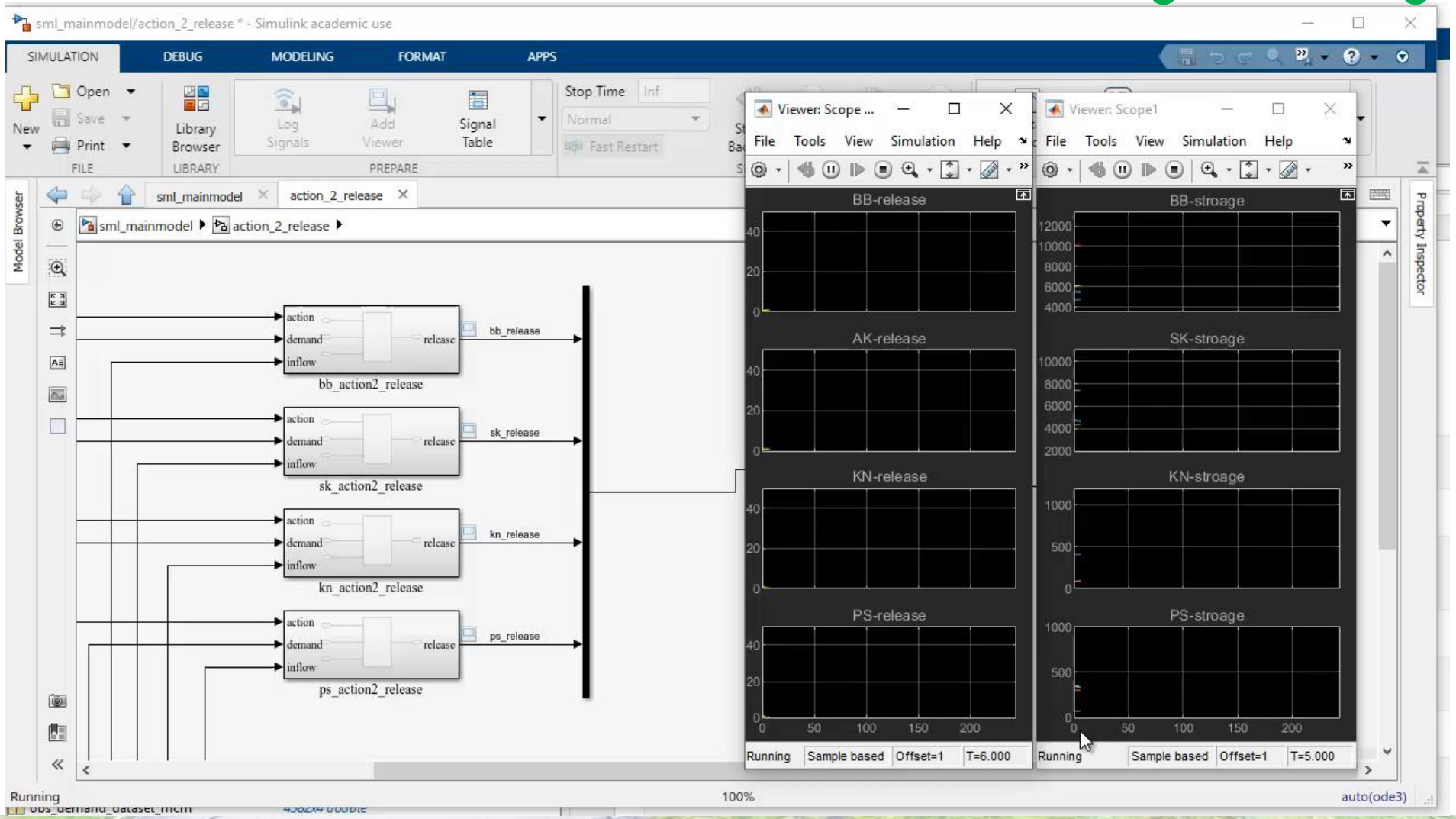
```
function agent = create_agent_bb(obs_info,act_info,Ts)

    no_neurons = 36;
    state_path = [
        sequenceInputLayer(obs_info.Dimension(1),"Name","state","Normalization","none")
        fullyConnectedLayer(no_neurons,"Name","fc1")
        reluLayer("Name","relu1")
        lstmLayer(no_neurons,"Name","lstm1")
        fullyConnectedLayer(no_neurons,"Name","fc2")
        reluLayer("Name","relu2")
        fullyConnectedLayer(numel(act_info.Elements),"Name","fc3")];

    critic_opts = rlRepresentationOptions('learnRate',0.001,'GradientThreshold',1);

    critic = rlQValueRepresentation(layerGraph(state_path),obs_info,act_info,...
        'observation',{'state'},critic_opts);

    otp = rlDQNAgentOptions('SampleTime', Ts);

    otp.SequenceLength = 20;
    otp.DiscountFactor = 0.99;
    otp.ExperienceBufferLength = 1e6;
    otp.EpsilonGreedyExploration.EpsilonDecay = 1e-5;
    otp.EpsilonGreedyExploration.EpsilonMin = 0.02;

    agent = rlDQNAgent(critic,otp);

end
```

ตัวอย่างการพัฒนาชุดคำสั่งของ Agent-BB แบบ M-file ใน โปรแกรม MATLAB



Interface ของแบบจำลองเพื่อจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ใน Simulink

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง RL_Agent Learning

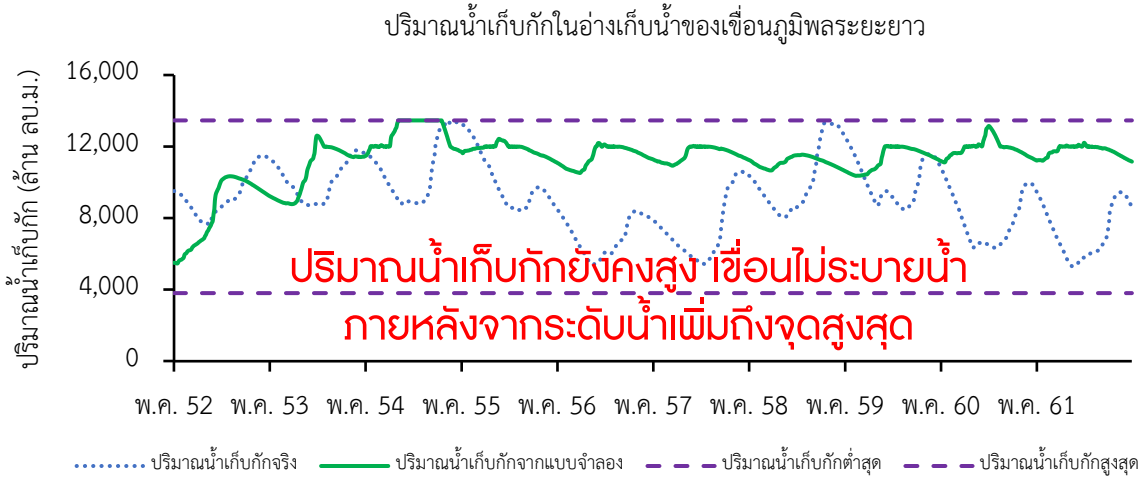


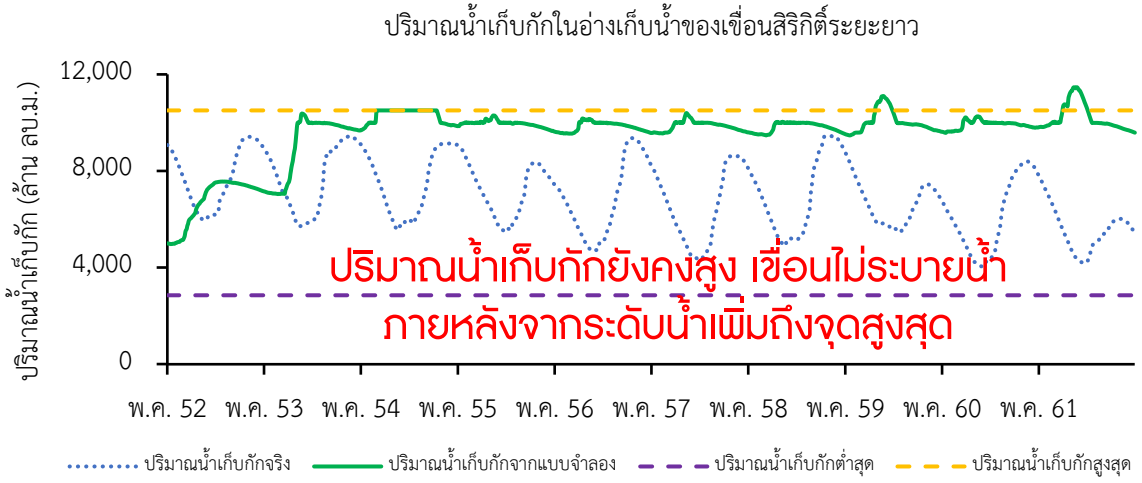
กระบวนการปรับปรุงโครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลังและการจำลองการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่: แบ่งออกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 จำลองการระบายน้ำระยะยาว โดยกำหนดให้เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ทดลองระบายน้ำรายวันจำนวน 4,745 วัน (แทน 1 Episode หรือ 1 รอบการจำลอง) โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างปี พ.ศ.2552–2564 ที่ได้กำหนดให้เป็นตัวแปรสถานะ (State Variables) ในการเรียนรู้แนวทางการระบายน้ำจากเขื่อน โดยผลลัพธ์จะได้โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลังที่ให้ค่ารางวัลสูงสุดสำหรับแนะนำการระบายน้ำรายวันระยะยาว

กรณีที่ 2 จำลองการระบายน้ำระยะสั้น (365 วัน ต่อ 1 Episode) และปรับปรุงโครงสร้างแบบจำลองต่อเนื่อง การจำลองรูปแบบนี้เป็นการให้เขื่อนทดลองระบายน้ำรายวันกับบางชุดข้อมูล เมื่อได้โครงสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลังที่ให้ค่ารางวัลสูงสุดแล้ว จะนำโครงสร้างการเรียนรู้มาปรับปรุงโดยเปลี่ยนชุดข้อมูลสถานะในปีอื่นที่สนใจ

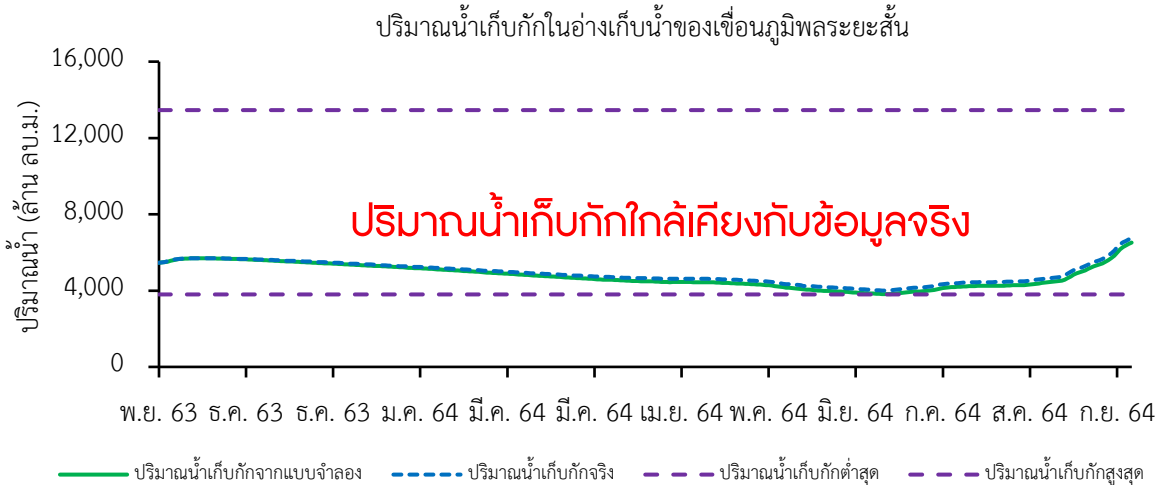
ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง RL: ระยะยาว

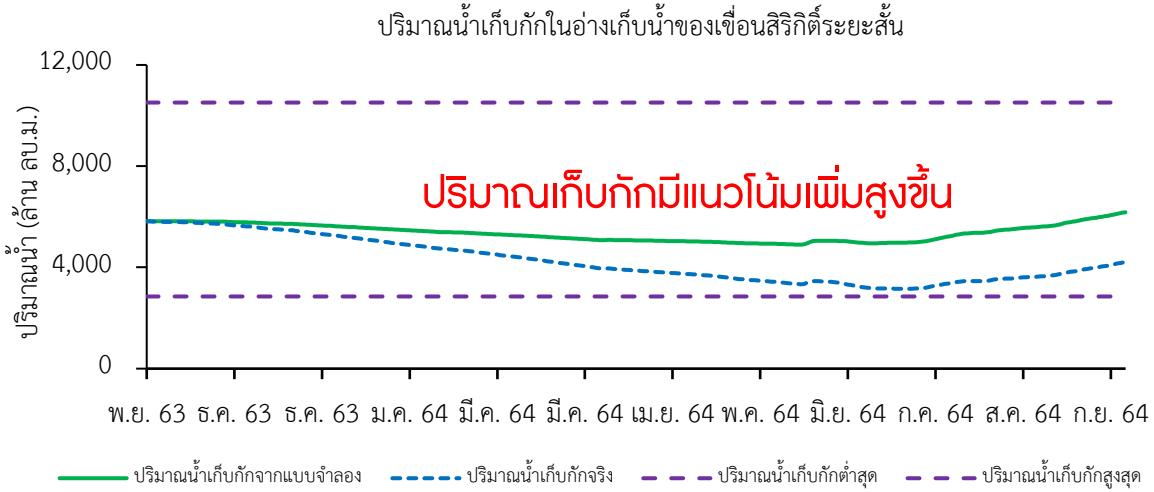


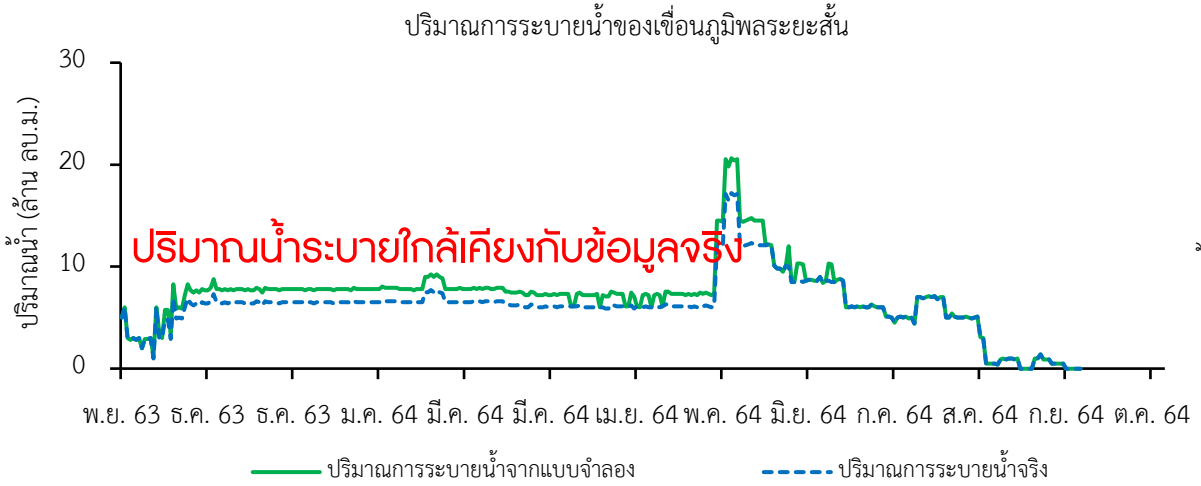


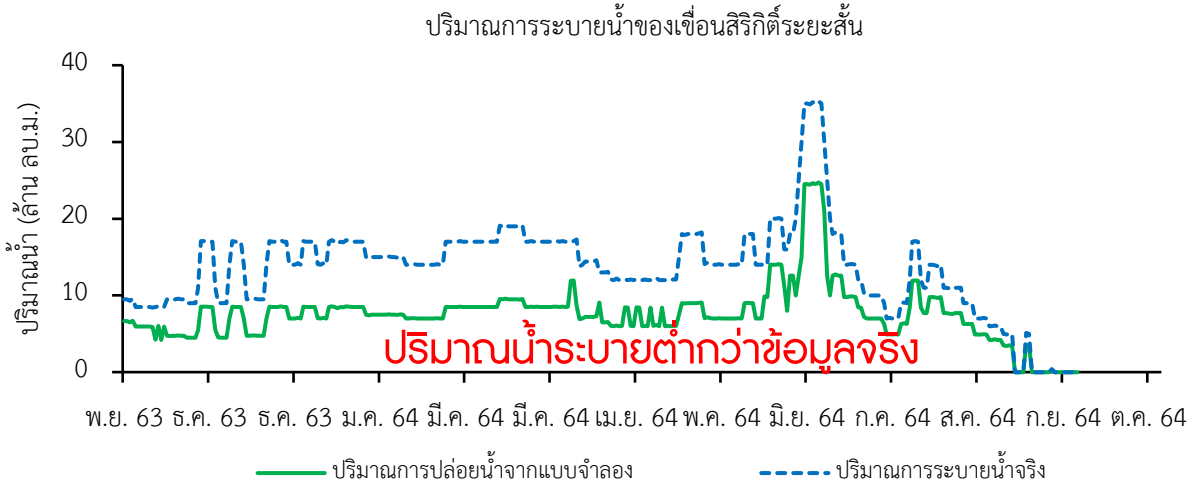
กรณี	กรณีที่ 1 จำลองระยะยาว
ผลลัพธ์	–ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ยังคงสูง
สาเหตุของผลลัพธ์	–เขื่อนไม่ระบายน้ำ ภายหลังจากระดับน้ำเพิ่มถึงจุดสูงสุด –จำนวนรอบการจำลองสิ้นเกินไป จำลองได้เพียง 10 รอบ (10 Episode) –ใช้เวลาประมวลผลนานกว่า 20 ชม.
การปรับปรุงขั้นต่อไป	–ปรับเปลี่ยนวิธีการกำหนดชุดข้อมูลในการเรียนรู้

ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง RL: ระยะสั้น







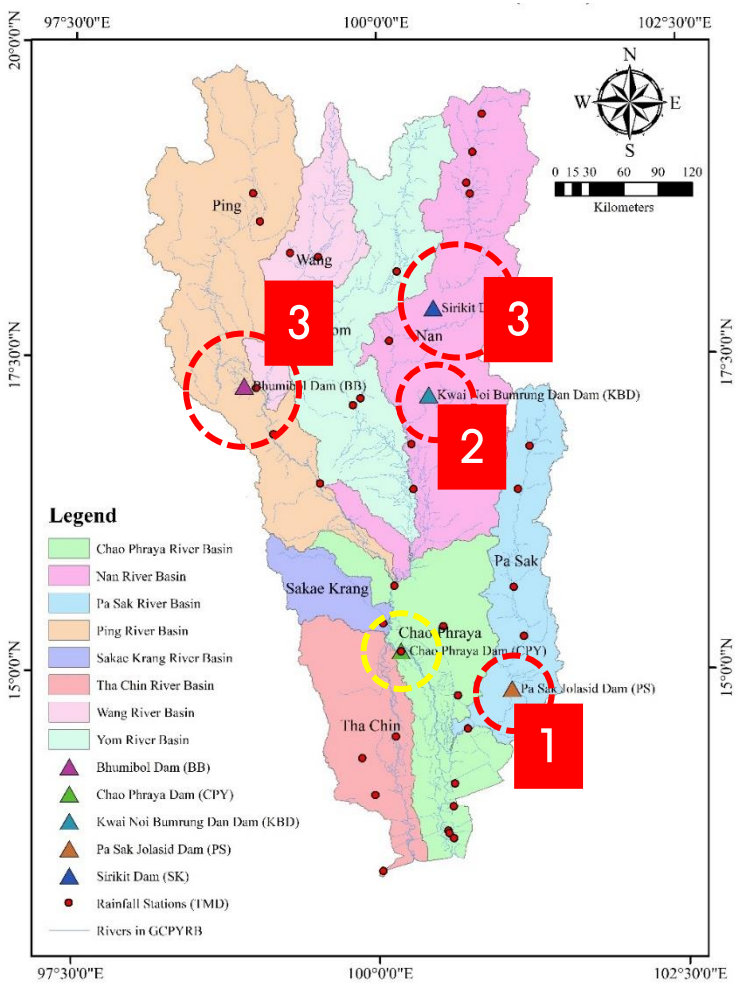


ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 1

กรณี	กรณีที่ 2 จำลองระยะสั้น
ผลลัพธ์	–ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนภูมิพลใกล้เคียงกับข้อมูลจริง ในขณะที่ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนสิริกิติ์สูงกว่าข้อมูลจริง
สาเหตุของผลลัพธ์	–เขื่อนภูมิพลระบายน้ำใกล้เคียงกับข้อมูลระบายน้ำจริง ในช่วงแรกเขื่อนระบายน้ำสูงกว่าข้อมูลจริง ปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อนใกล้เคียงข้อมูลจริง –เขื่อนสิริกิติ์ระบายต่ำกว่าข้อมูลระบายน้ำจริง ปริมาณน้ำในเขื่อนเมื่อสิ้นสุดการจำลองสูงกว่าข้อมูลจริง –แบบจำลองกำหนดให้การระบายน้ำเป็นอิสระ ไม่เป็นสัดส่วนต่อกัน –จำนวนรอบการจำลองได้เพียง 50 รอบ (50 Episode) –ใช้เวลาประมวลผล 1 ชม.
การปรับปรุงขั้นต่อไป	–นำชุดข้อมูลมาเรียนรู้เพิ่มขึ้น –ทดลองปรับสัดส่วนการระบายน้ำ –ปรับแบบจำลองให้เวลาประมวลผลสั้นลง

วัตถุประสงค์ที่ 4:
การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเชื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์
4.2 แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด (Constraint Programming, CP)

แนวคิดในการเพิ่มศักยภาพน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่: แบบจำลอง CP



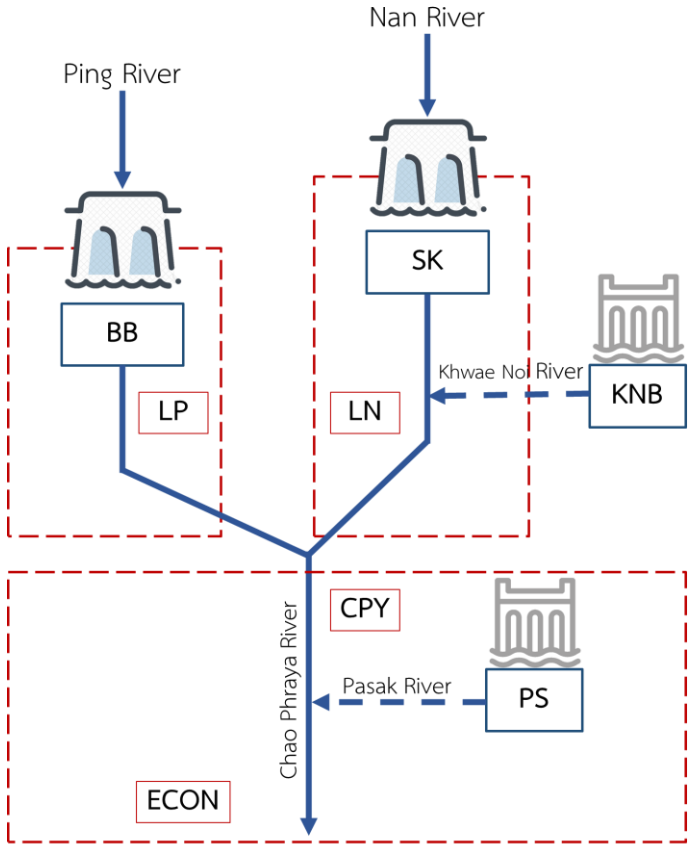
- การพิจารณา Sharing Release Ratio ที่เหมาะสมของ 4 เขื่อนหลัก (ตามสถานะน้ำต้นทุน ตามกิจกรรมการใช้น้ำ และตามบทบาทเขื่อน)
- การพิจารณา Sharing Release Ratio ที่เหมาะสมในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ลดการระบายน้ำในฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในฤดูแล้ง)
- การพิจารณา Sideflow ทางด้านท้ายน้ำ เพื่อปรับลดปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนหลัก (พิจารณาที่ Key Stations)

แนวคิดในการเพิ่มศักยภาพน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่: แบบจำลอง CP

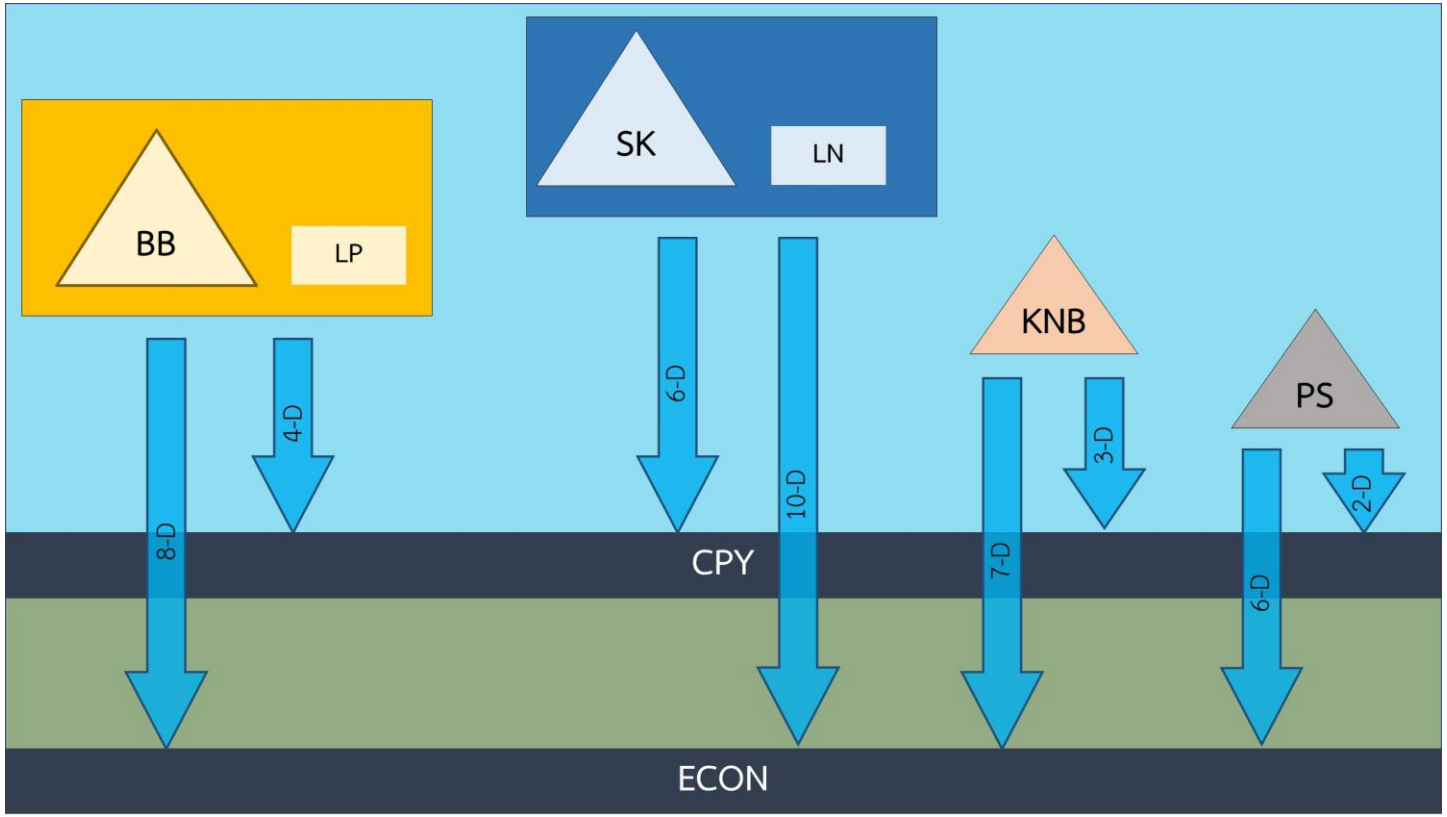
- การจัดการด้านปริมาณความต้องการน้ำ (ปรับลด Demand หากมี Potential Sources)
- การพิจารณาปริมาณน้ำเหลือใช้ (Residual Water) ที่เหมาะสมของ KNB เพื่อปรับลดความผันผวนของปริมาณน้ำเก็บกักและลดสภาวะน้ำเต็มอ่าง รวมทั้งสามารถตอบสนอง Joint Demand ของ CPYRB

ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง CP จำนวน 2 รูปแบบ

แบบจำลองที่ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)

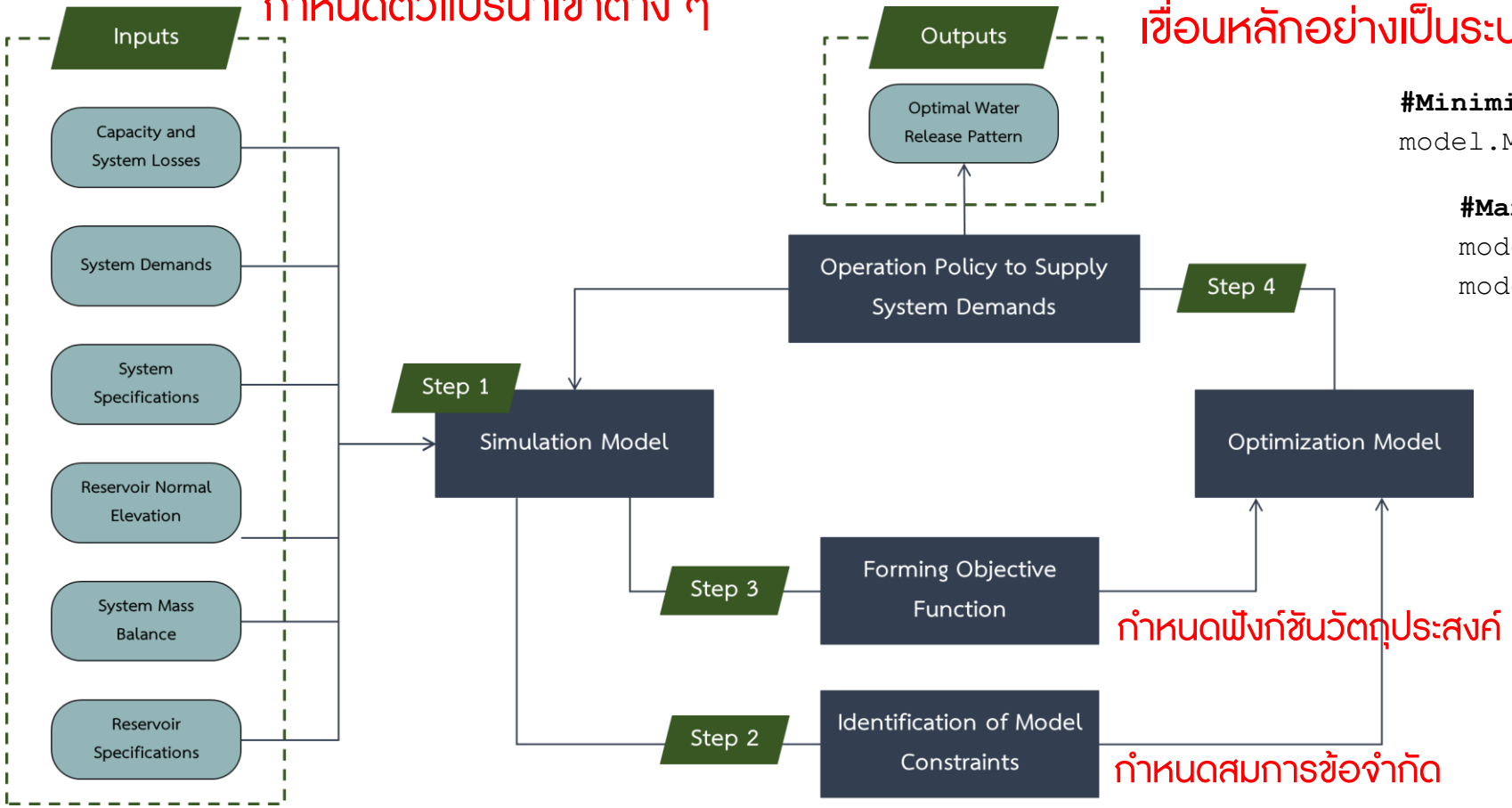


แบบจำลองที่พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand–Based Model)



ผลการพัฒนาแบบจำลองบริหารเขื่อนด้วยหลัก AI: แบบจำลอง CP

สามารถกำหนดรูปแบบการระบายน้ำที่เหมาะสมรายวันของ 4 เขื่อนหลักอย่างเป็นระบบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้




```
#Minimizing the total sum of the squared deficit
model.Minimize(pow(D_all - R_all, 2))

#Maximizing the power energy
model.Maximize(HE_bb)
model.Maximize(HE_sk)

#Increasing available storage of each dam
model.Maximize(NS_bb)
model.Maximize(NS_sk)
model.Maximize(NS_knb)
model.Maximize(NS_ps)

#Minimizing surplus release during refilled periods & water release
model.Minimize(R_bb)
model.Minimize(R_sk)
model.Minimize(R_knb)
model.Minimize(R_ps)
model.Minimize(R_all)
```

ผลการพัฒนาแบบจำลอง CP: แบบที่ 1 ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)

พัฒนา 4 แบบจำลองย่อย: กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน

- Seasonal Model_NoSF_NoLagTime & Seasonal Model_WithSF_NoLagTime
- Yearly Model_NoSF_NoLagTime & Yearly Model_WithSF_NoLagTime

ทำการจำลองระบบ 3 ช่วงเวลา:

- ระหว่างปี พ.ศ. 2543–2545 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2551 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2552–2563 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

ผลการพัฒนาแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.1 พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand–Based Model)

พัฒนา 14 แบบจำลองย่อย: กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน

- Seasonal Model_NoSF_LagTime & Seasonal Model_WithSF_LagTime
- Yearly Model_NoSF_LagTime & Yearly Model_WithSF_LagTime
- Seasonal Model_URC_NoSF_LagTime & Seasonal Model_URC_WithSF_LagTime
- Yearly Model_URC_NoSF_LagTime & Yearly Model_URC_WithSF_LagTime
- Seasonal Model_90%ReducedKNBPS_NoSF_LagTime
- Seasonal Model_URCBBSK_90%ReducedKNBPS_WithSF_LagTime
- Yearly Model_90%ReducedKNBPS_NoSF_LagTime

ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 2

- Yearly Model_URCBBSK_90%ReducedKNBPS_WithSF_LagTime
- Yearly Model_90%ReducedKNBPS_20%SFBB_10%SFSK_LagTime
- Yearly Model_URCBBSK_90%ReducedKNBPS_20%SFBB_10%SFSK_LagTime

ทำการจำลองระบบ 3 ช่วงเวลา:

- ระหว่างปี พ.ศ. 2543–2545 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2551 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2552–2563 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

ผลการพัฒนาแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.2 พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand–Based Model)

พัฒนา 2 แบบจำลองย่อย: กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำที่ประมาณการจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยกำหนด Request Ratio = 0.6 ในปีที่มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนน้อยกว่า Satellite–Based NIR

- Yearly Model_withSF_LagTime_SatDE
- Yearly Model_URCSK_20%SFBB_10%SFSK_LagTime_SatDE

ทำการจำลองระบบ 3 ช่วงเวลา:

- ระหว่างปี พ.ศ. 2543–2545 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2551 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
- ระหว่างปี พ.ศ. 2552–2563 แบบจำลองจะประกอบด้วยเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน

วัตถุประสงค์ที่ 4:

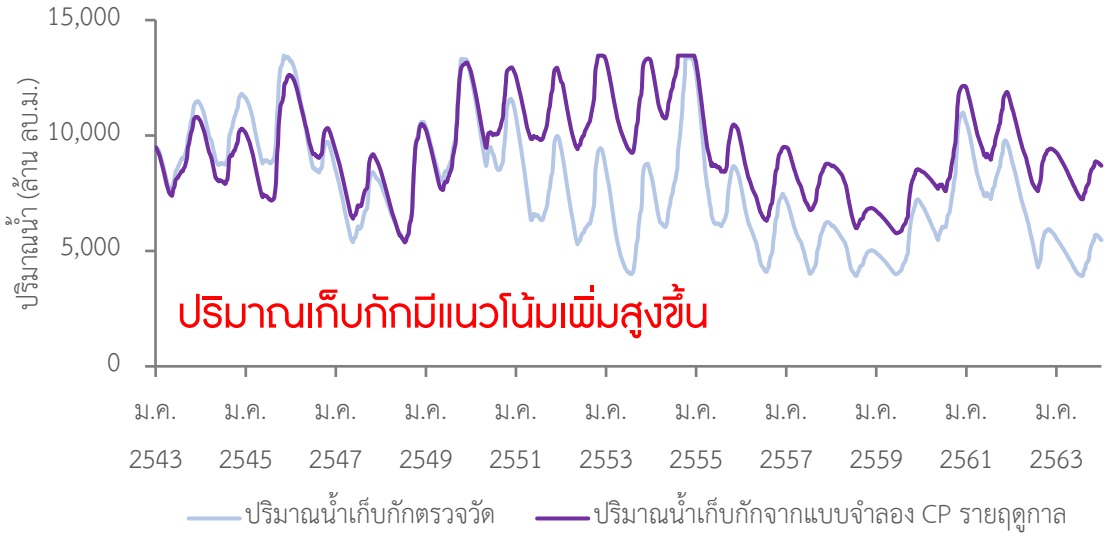
การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

4.2 แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด (Constraint Programming, CP)

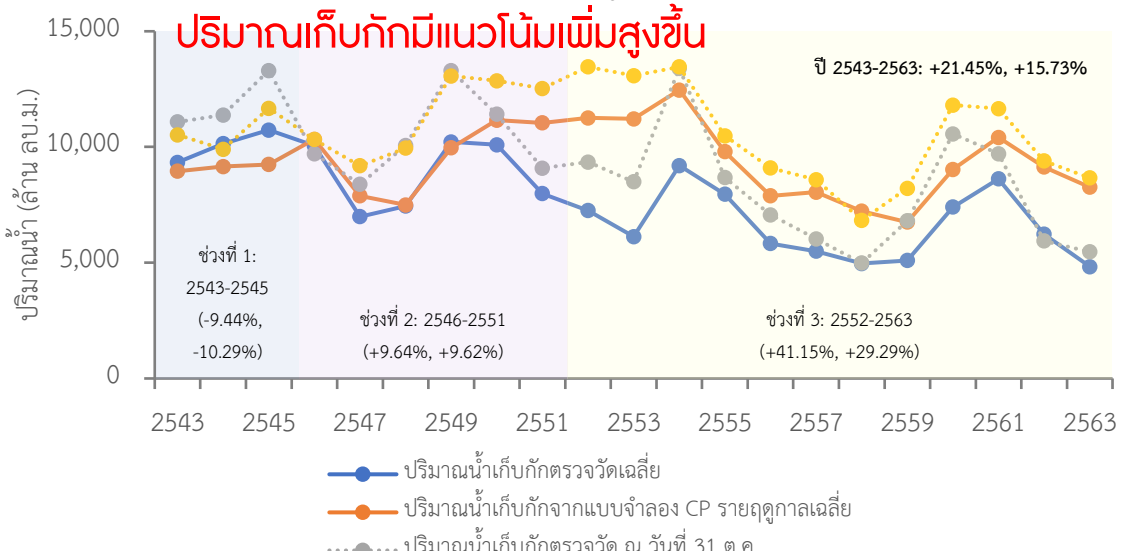
ตัวอย่างผลการจำลองแบบที่ 1 ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)

ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 1.2 ไม่พิจารณา Travel Time & รายฤดูกาล & พิจารณา SF_BB

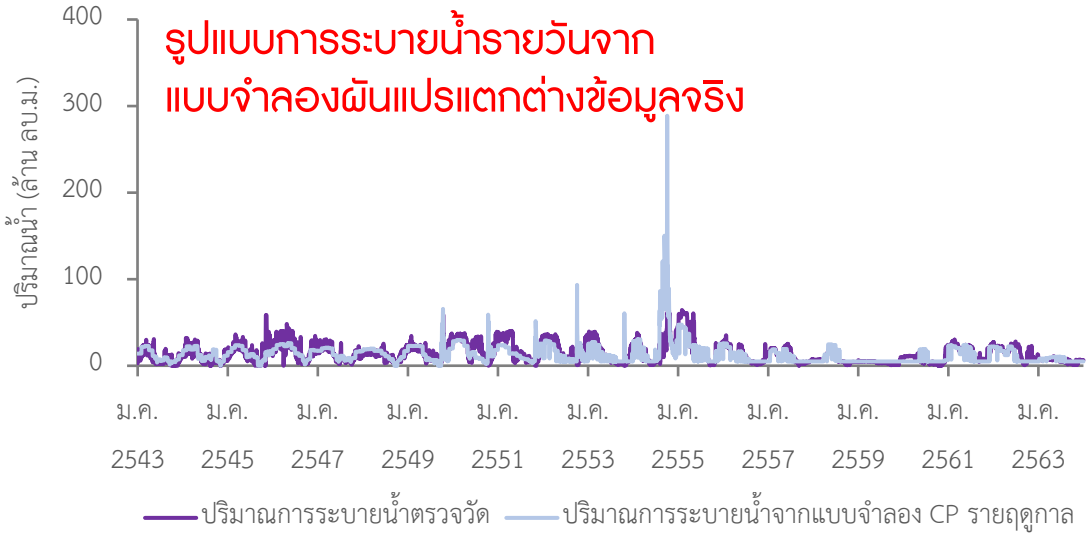
ปริมาณน้ำเก็บกักรายวันของเขื่อนภูมิพลระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



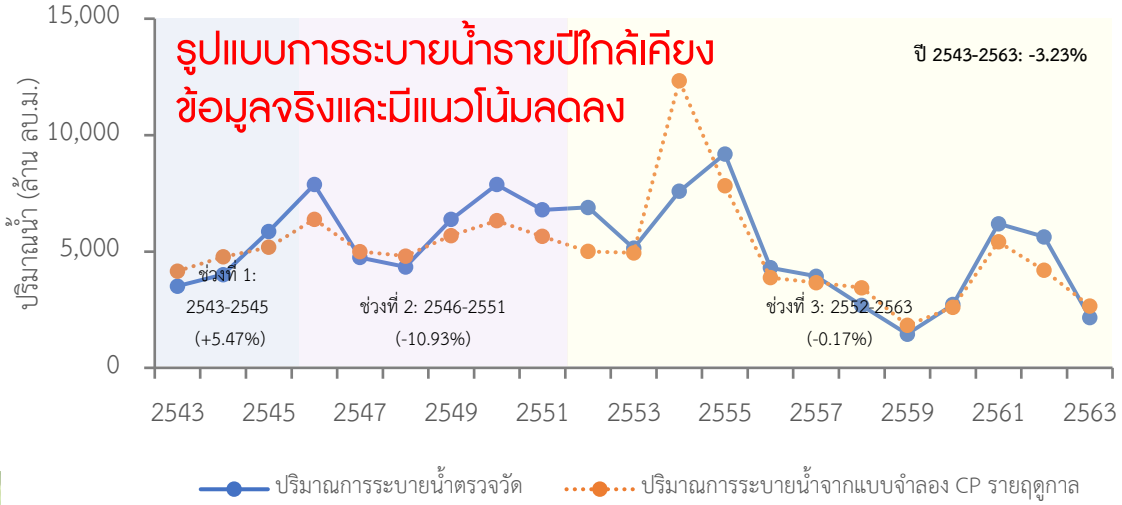
ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีของเขื่อนภูมิพลระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



ปริมาณการระบายน้ำรายวันของเขื่อนภูมิพลระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

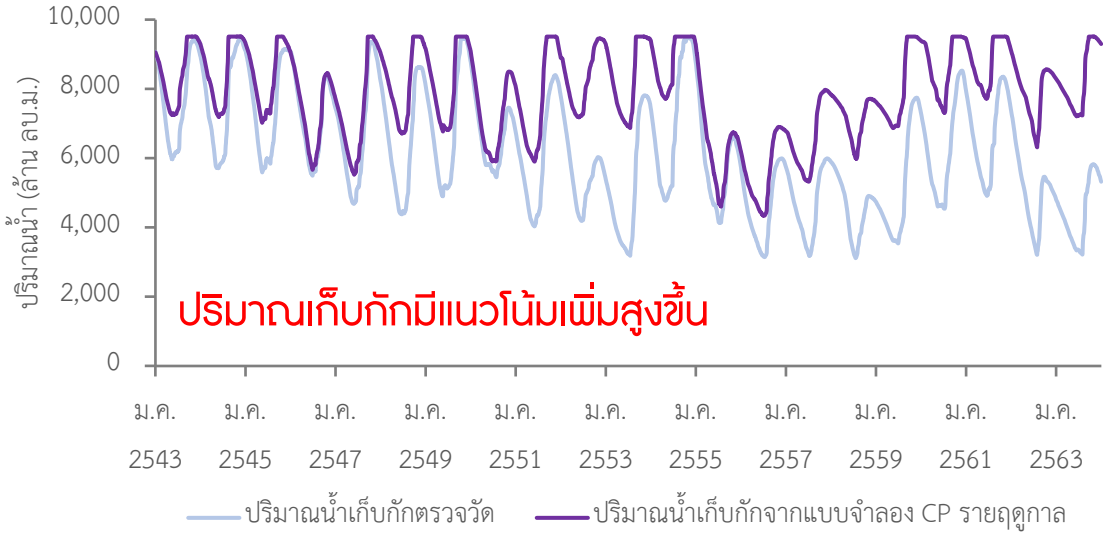


ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนภูมิพลระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

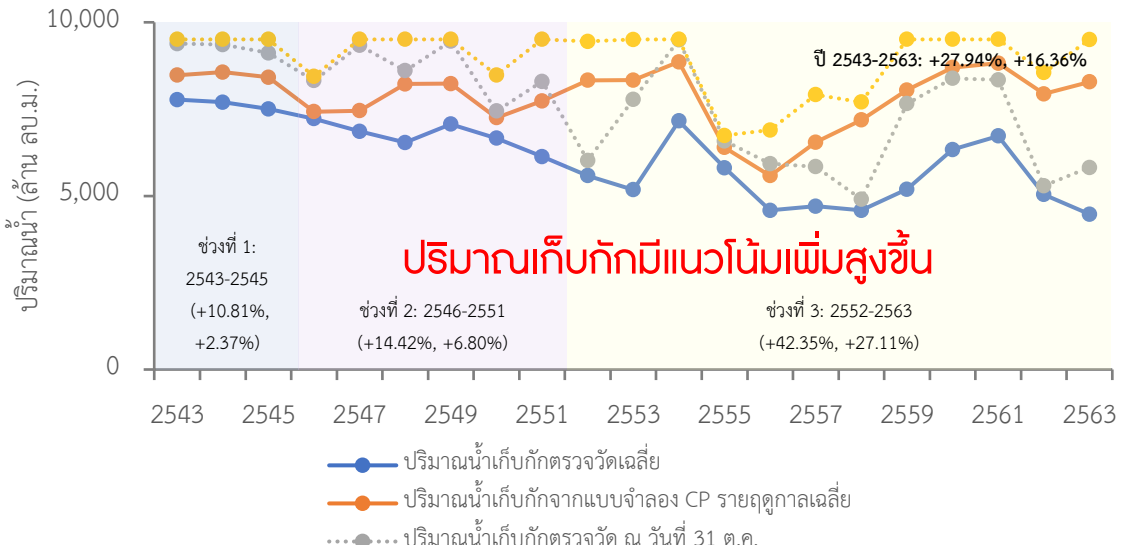


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 1.2 ไม่พิจารณา Travel Time & รายฤดูกาล & พิจารณา SF_SK

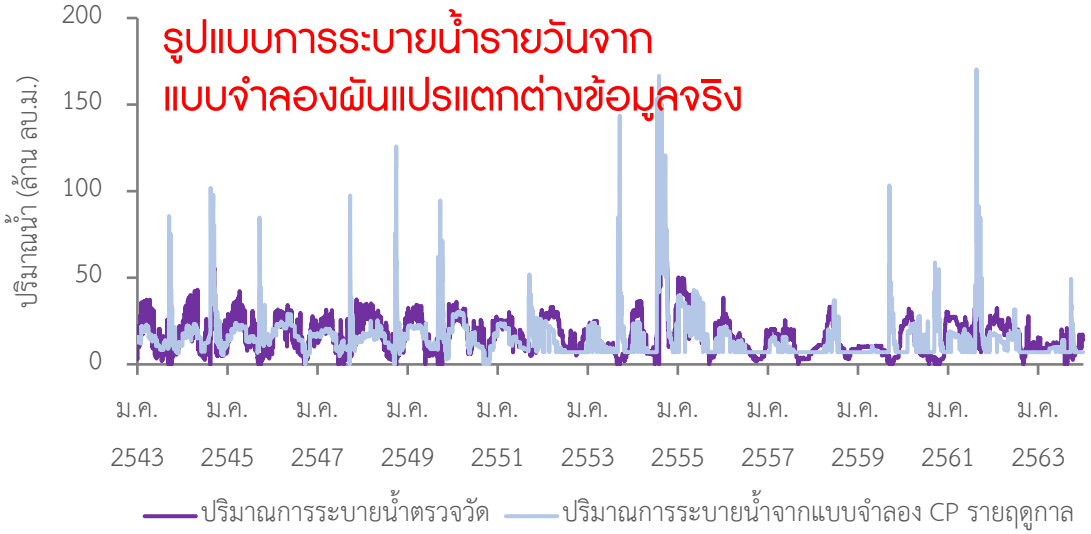
ปริมาณน้ำเก็บกักรายวันของเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



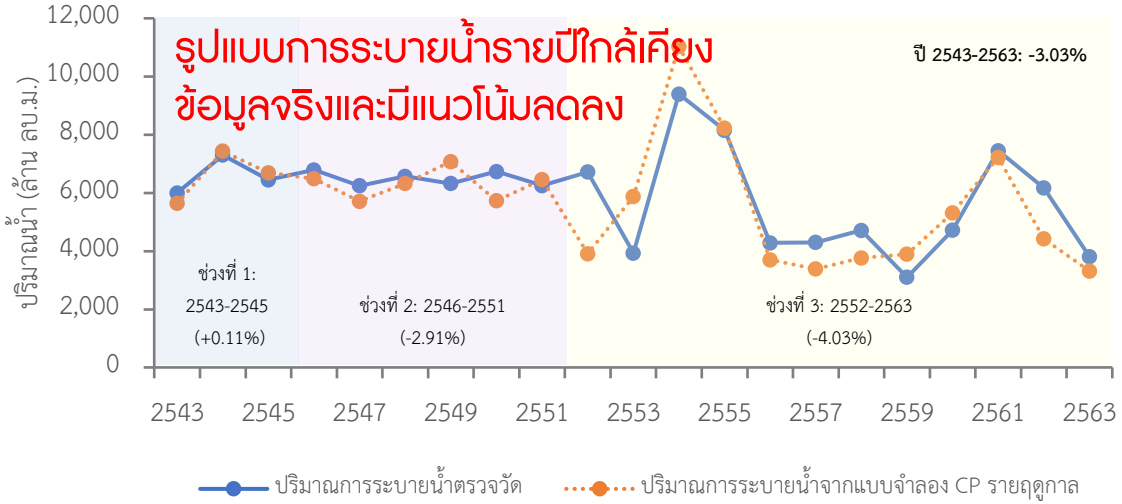
ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีของเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



ปริมาณการระบายน้ำรายวันของเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

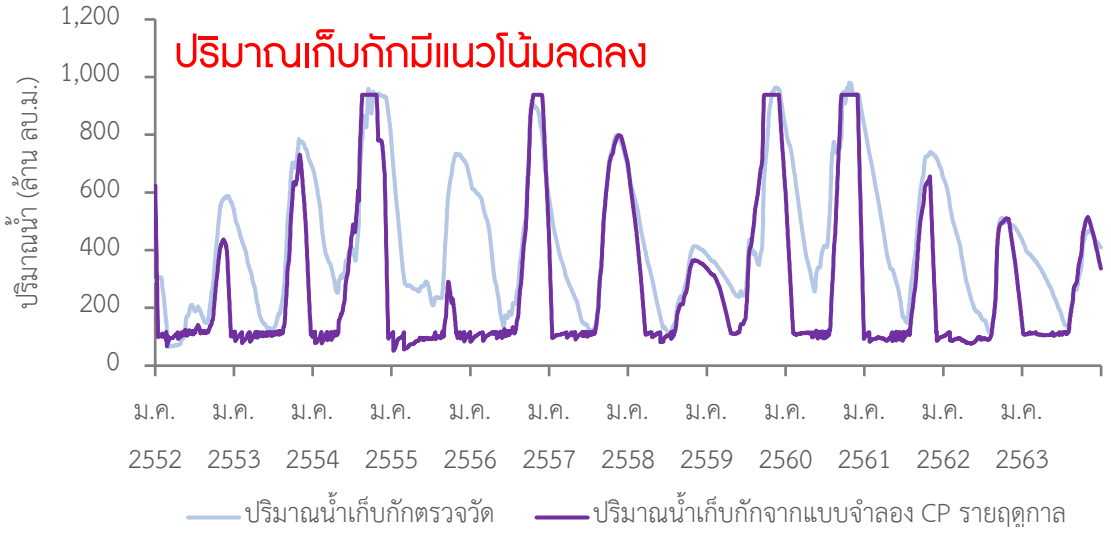


ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

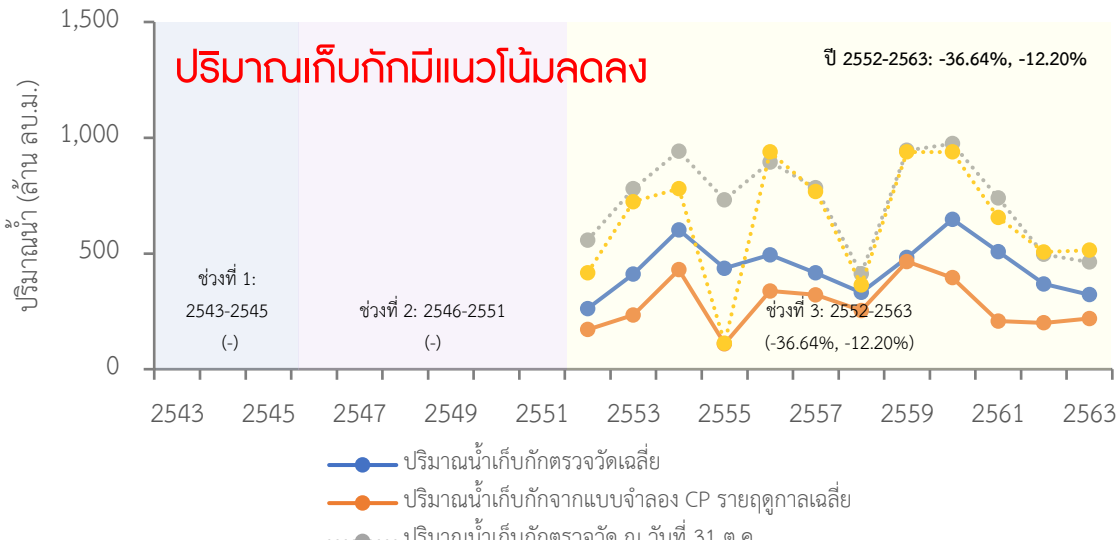


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 1.2 ไม่พิจารณา Travel Time & รายฤดูกาล & พิจารณา SF_KNB

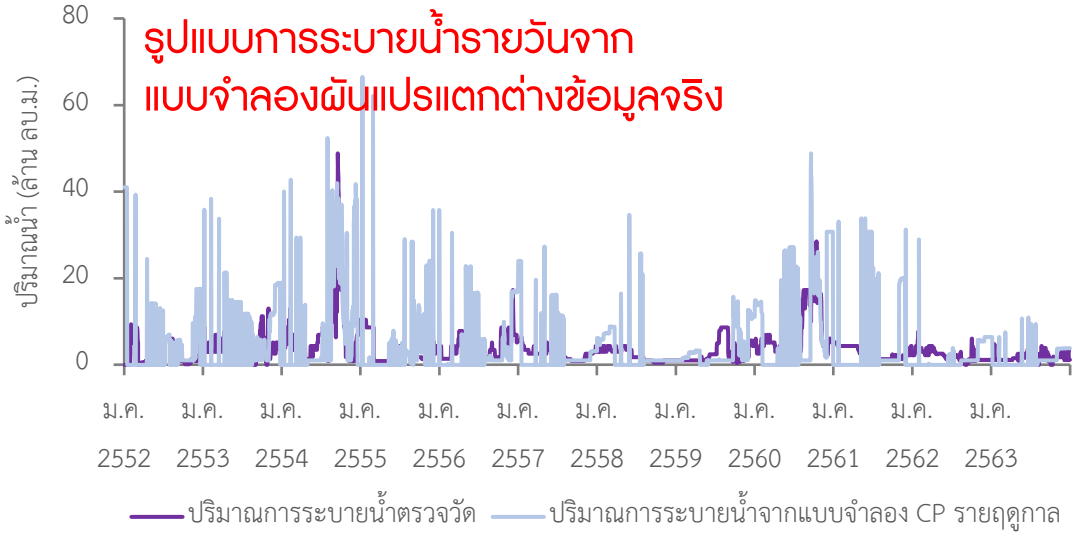
ปริมาณน้ำเก็บกักรายวันของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2552-2563



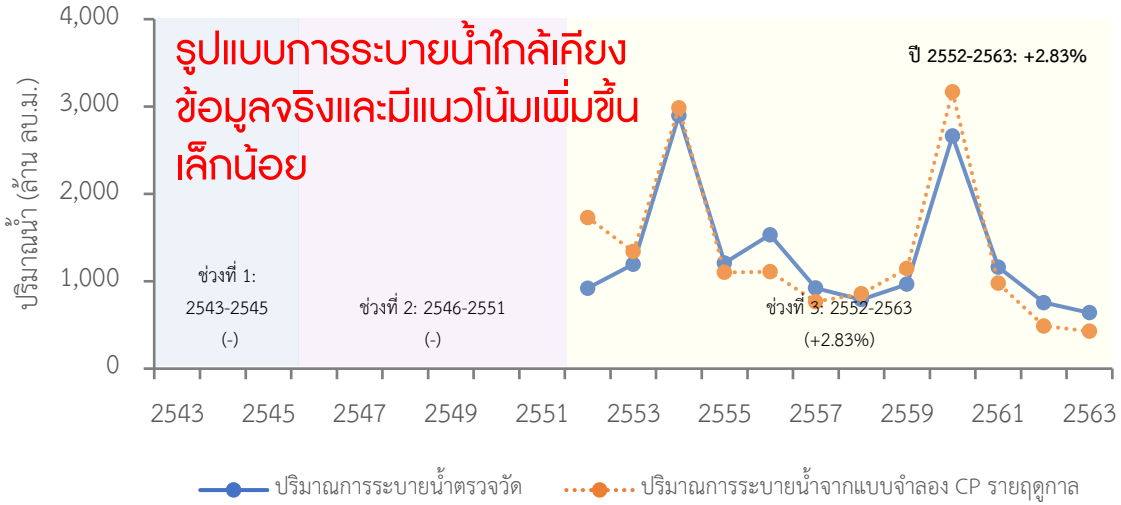
ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



ปริมาณการระบายน้ำรายวันของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2552-2563

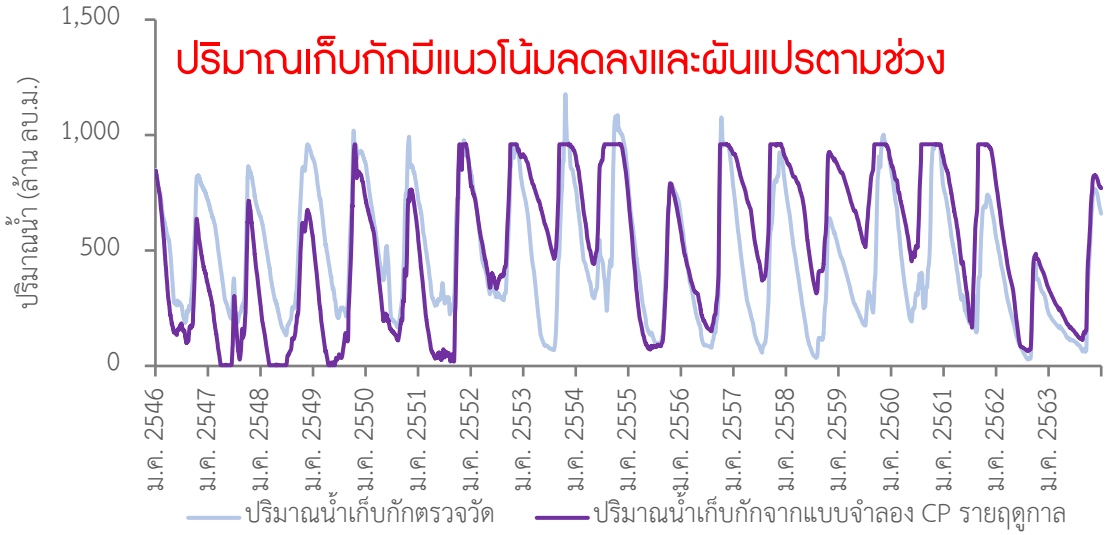


ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

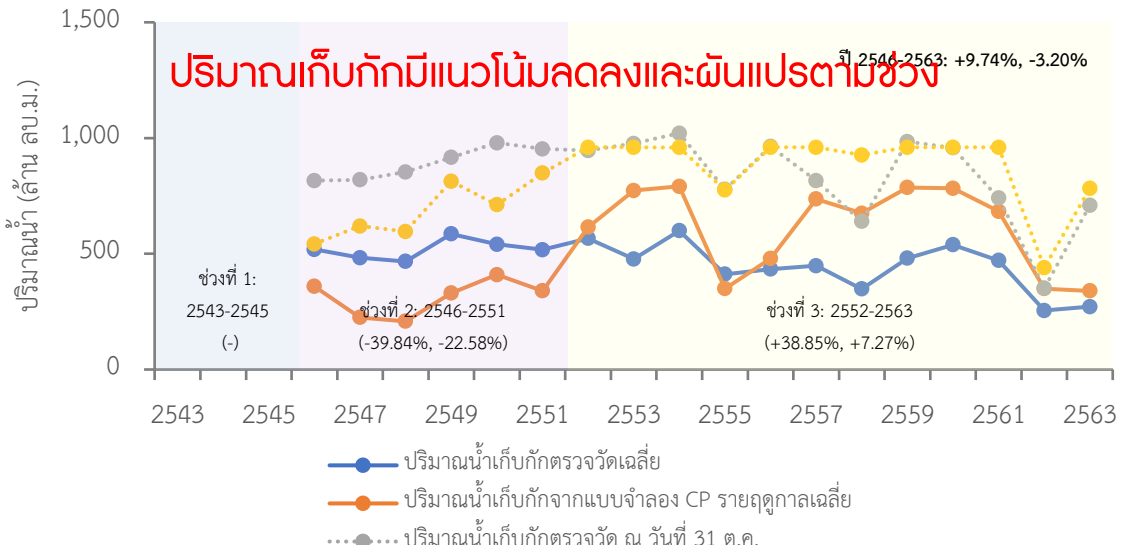


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 1.2 ไม่พิจารณา Travel Time & รายฤดูกาล & พิจารณา SF_PS

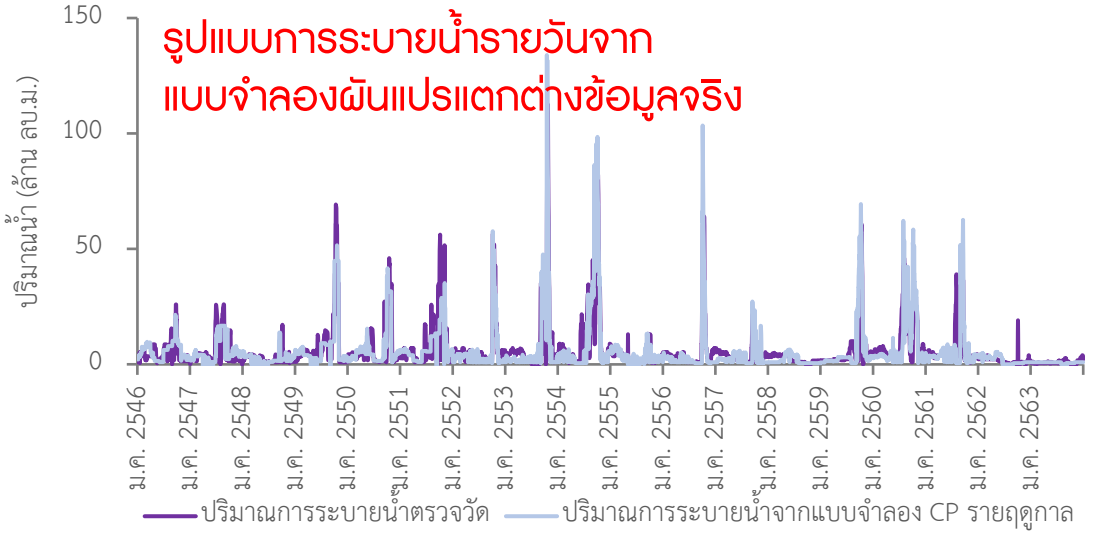
ปริมาณน้ำเก็บกักรายวันของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2563



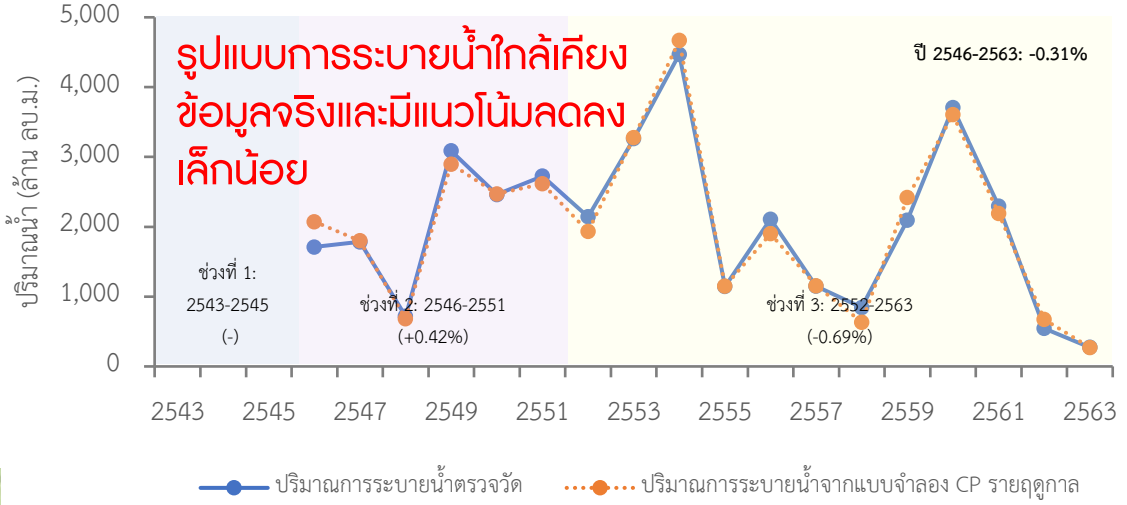
ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



ปริมาณการระบายน้ำรายวันของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2563

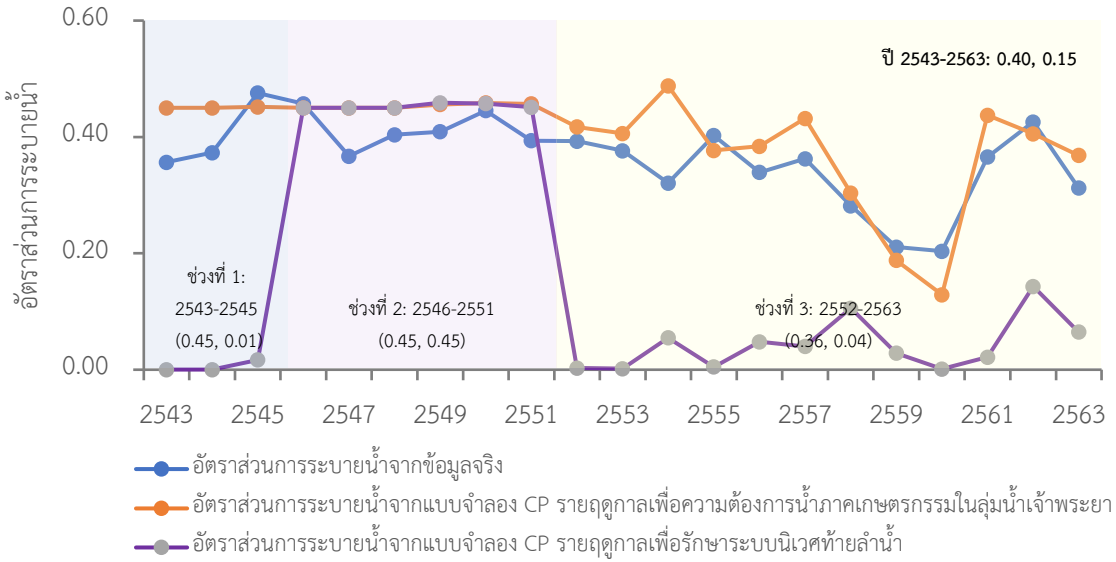


ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



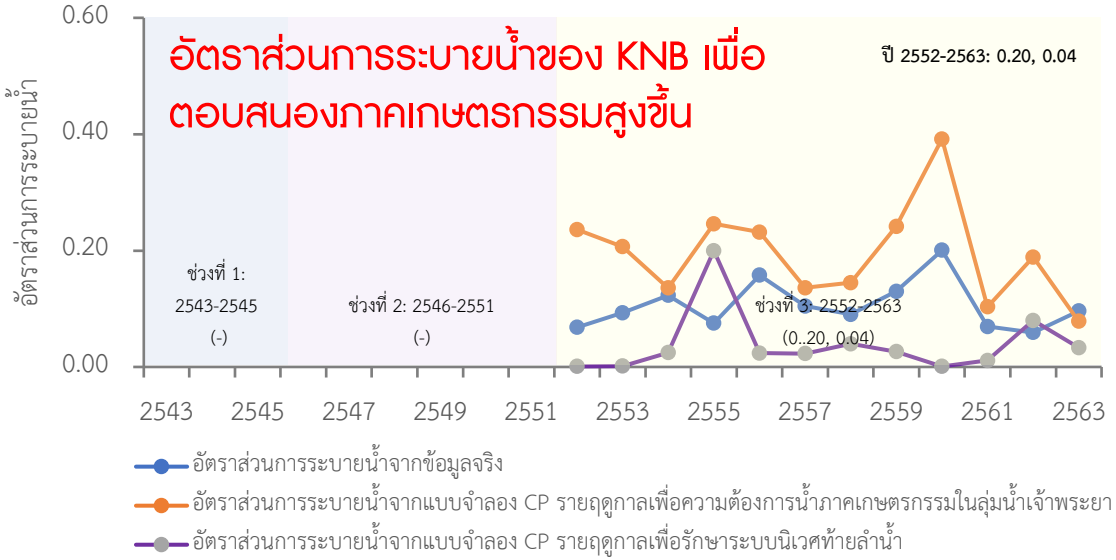
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 2

อัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อนภูมิพลระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

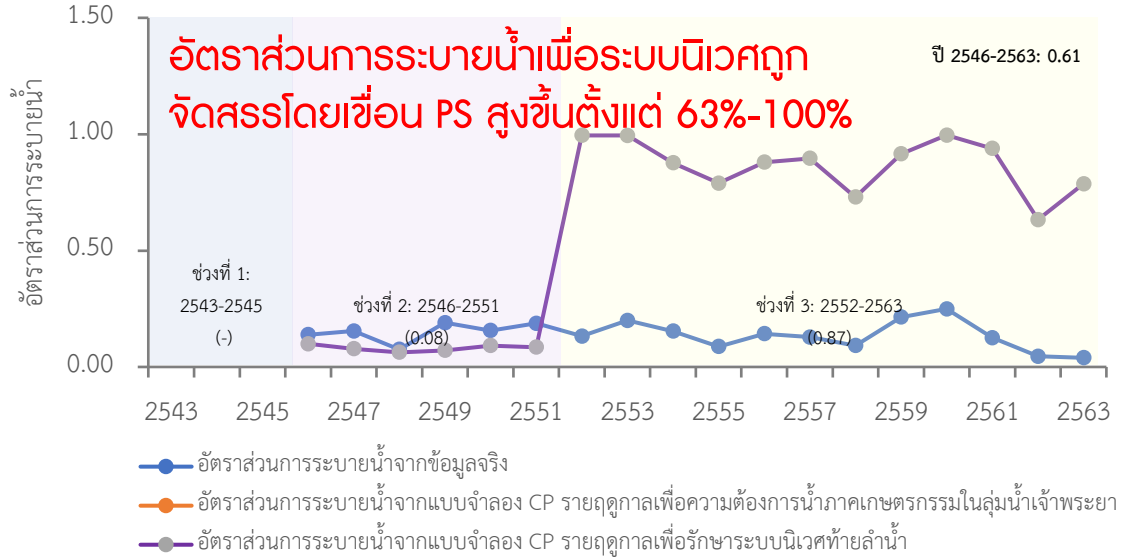


อัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

อัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



อัตราส่วนการระบายน้ำของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (%)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 1: ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
1. รายฤดูกาล & พิจารณา SF	+15.73%	+16.36%	-12.20%	-3.20%	+4.17%
2. รายปี & พิจารณา SF	+18.73%	+11.88%	-12.34%	-10.21%	+2.02%
3. รายฤดูกาล & ไม่พิจารณา SF	+5.93%	+10.63%	-17.30%	+9.62%	+2.22%
4. รายปี & ไม่พิจารณา SF	+5.93%	+10.63%	-17.30%	+9.62%	+2.22%

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

ปริมาณน้ำเก็บกักลดลงซึ่งช่วยในการบริหารเขื่อนในสถานการณ์น้ำมากและตอบสนองความต้องการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 1: ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
1. รายฤดูกาล & พิจารณา SF	+1,454.08	+1,257.62	-88.65	-27.05	+2,596.00
2. รายปี & พิจารณา SF	+1,731.81	+913.15	-89.69	-86.36	+2,468.91
3. รายฤดูกาล & ไม่พิจารณา SF	+547.91	+816.96	-125.76	+81.83	+1,320.94
4. รายปี & ไม่พิจารณา SF	+547.91	+816.96	-125.72	+81.33	+1,320.48

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

การพิจารณา SF สามารถปรับลดปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนหลักได้เฉลี่ย 1,148-1,275 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนหลัก (%)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 1: ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
1. รายฤดูกาล & พิจารณา SF	-3.23%	-3.03%	+2.83%	-0.31%	-0.94%
2. รายปี & พิจารณา SF	-3.91%	-2.71%	+3.97%	-0.25%	-0.73%
3. รายฤดูกาล & ไม่พิจารณา SF	-2.25%	-2.53%	+2.84%	-0.68%	-0.66%
4. รายปี & ไม่พิจารณา SF	-2.25%	-2.53%	+2.84%	-0.68%	-0.66%

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

ปริมาณการระบายน้ำลดลงทั้งกรณีพิจารณาและไม่พิจารณา SF

สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

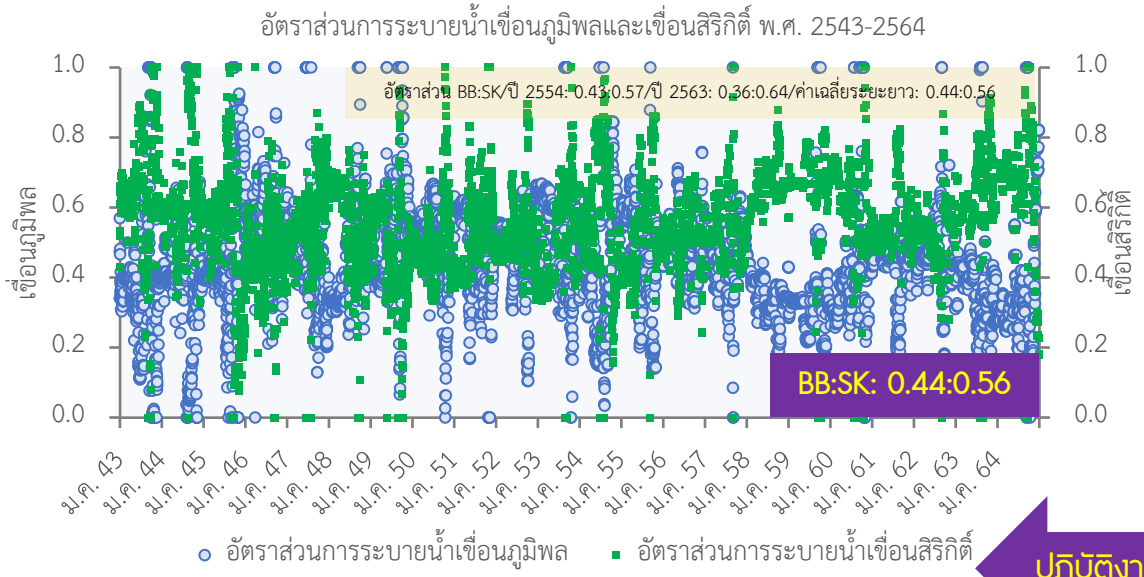
แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนหลัก (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 1: ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
1. รายฤดูกาล & พิจารณา SF	-167.82	-181.10	+36.97	-6.32	-318.27
2. รายปี & พิจารณา SF	-203.59	-161.66	+49.48	-5.03	-320.80
3. รายฤดูกาล & ไม่พิจารณา SF	-116.91	-151.32	+37.04	-13.75	-244.94
4. รายปี & ไม่พิจารณา SF	-116.91	-116.91	+37.04	-13.75	-210.53

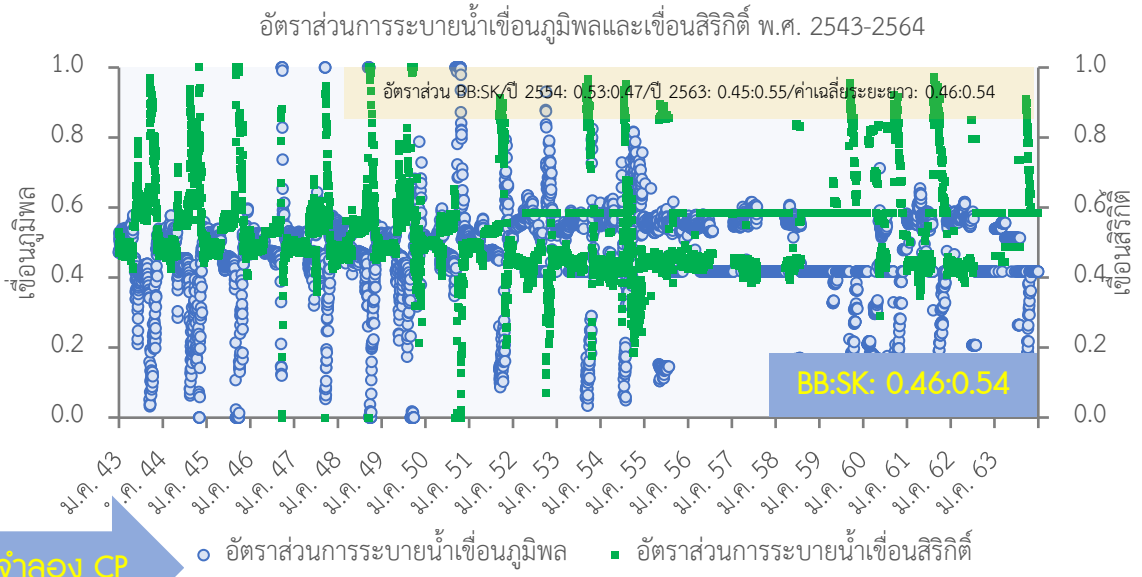
หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

ปริมาณการระบายน้ำลดลงทั้งกรณีพิจารณาและไม่พิจารณา SF

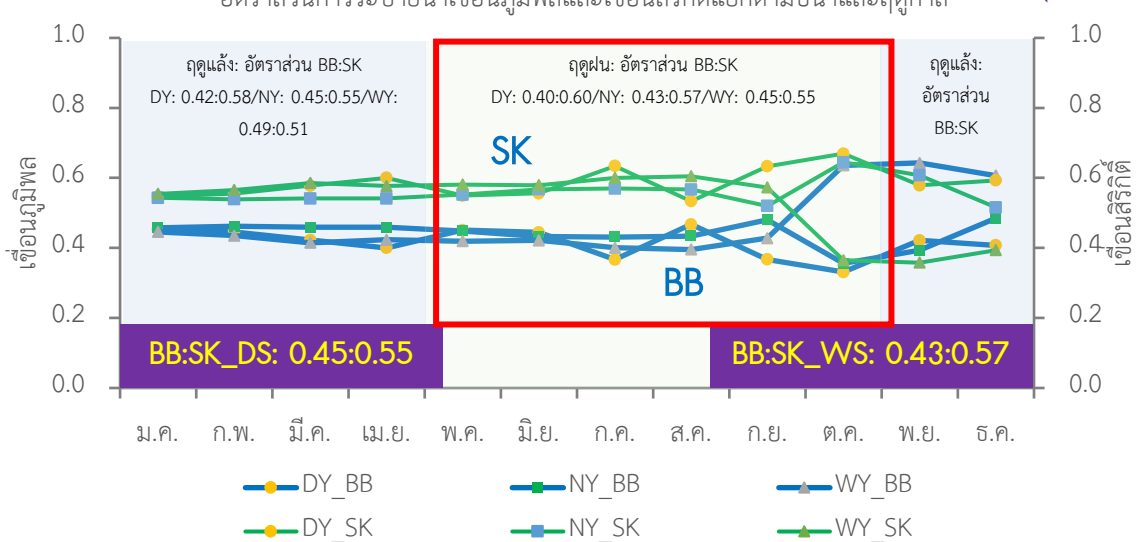
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

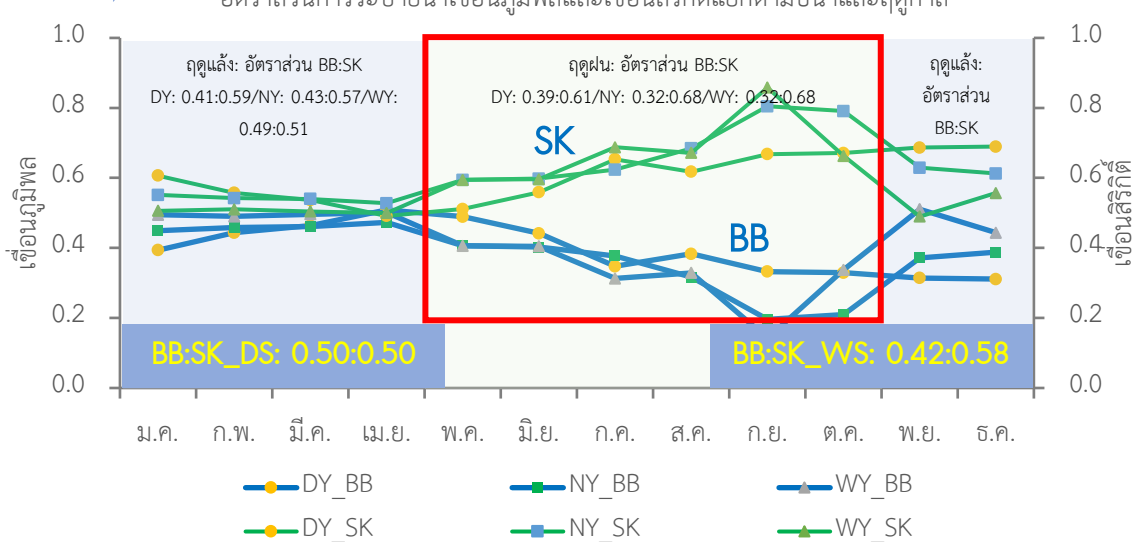
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 2 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่





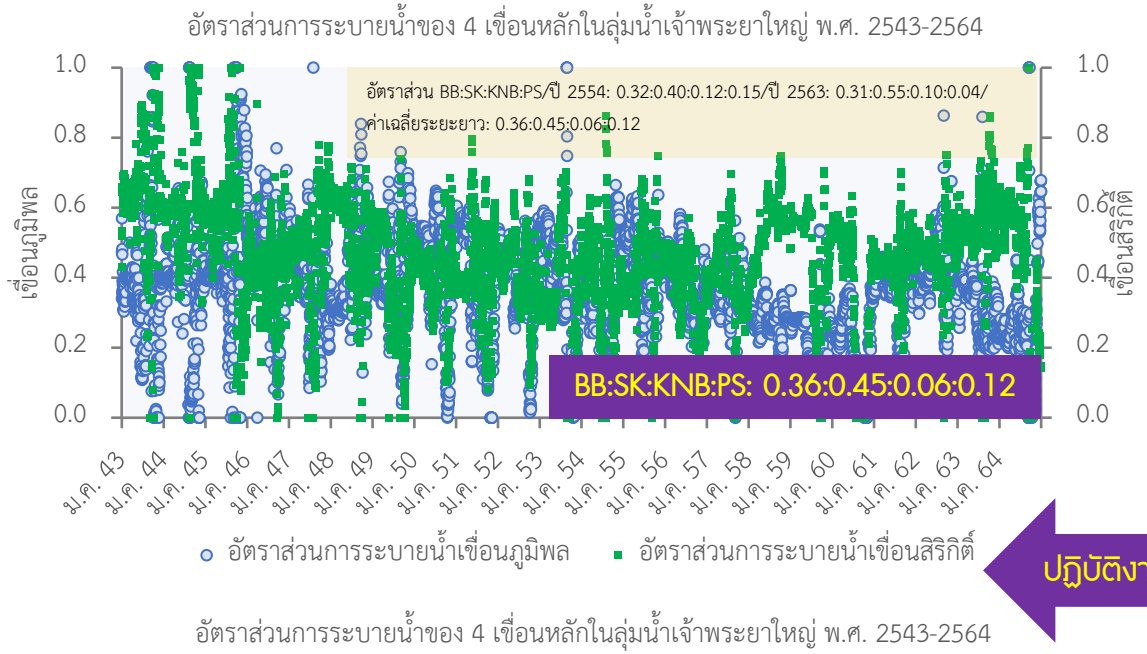
ปฏิบัติงานจริง | แบบจำลอง CP

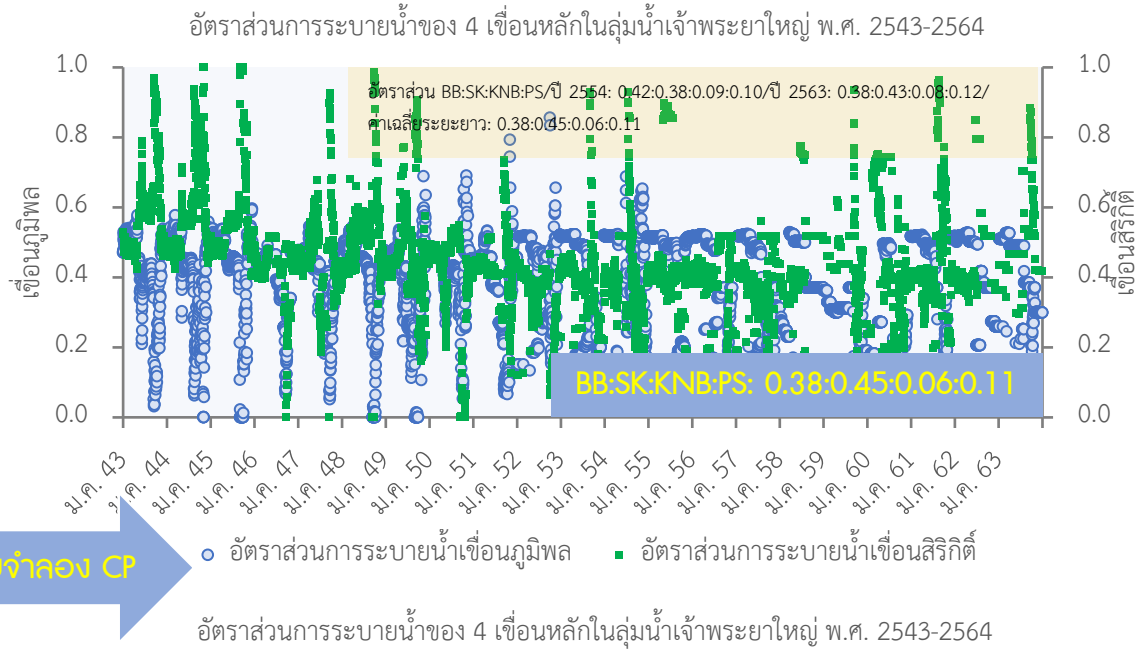




ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

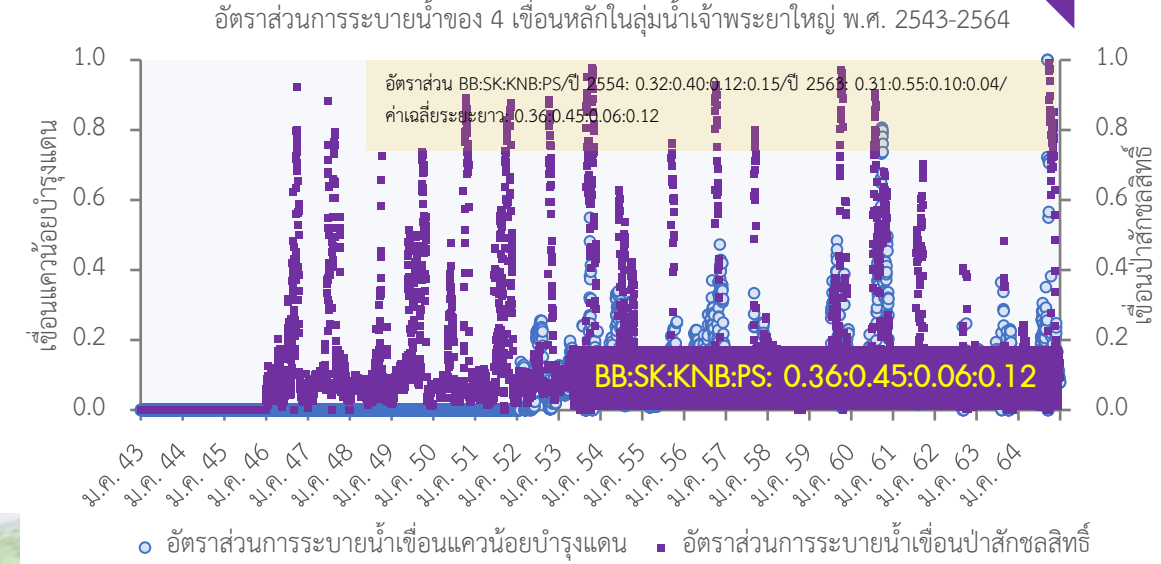
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

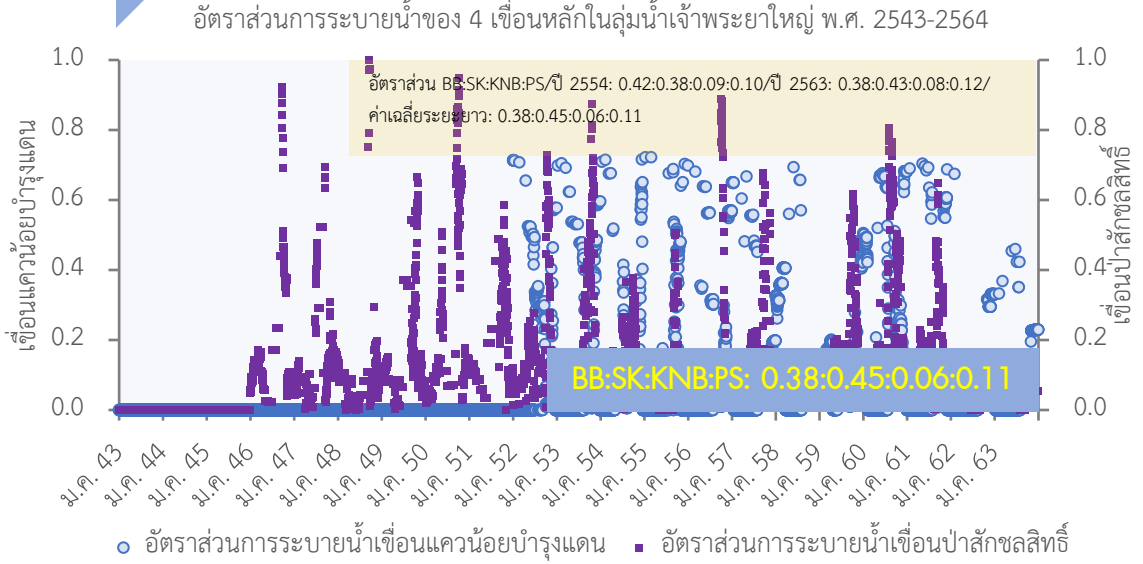




ปฏิบัติงานจริง

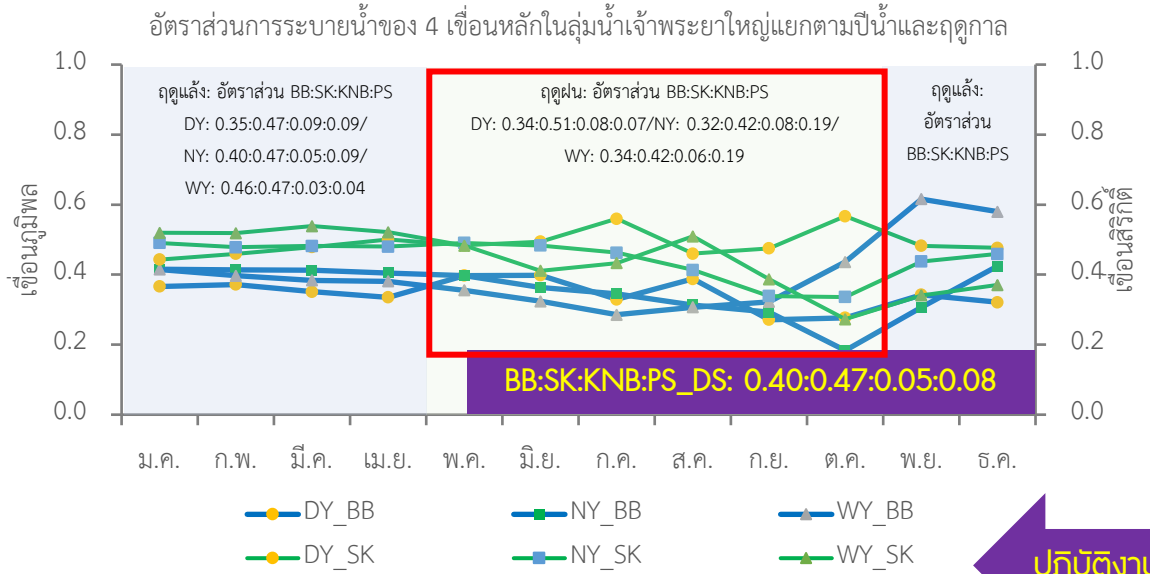
แบบจำลอง CP

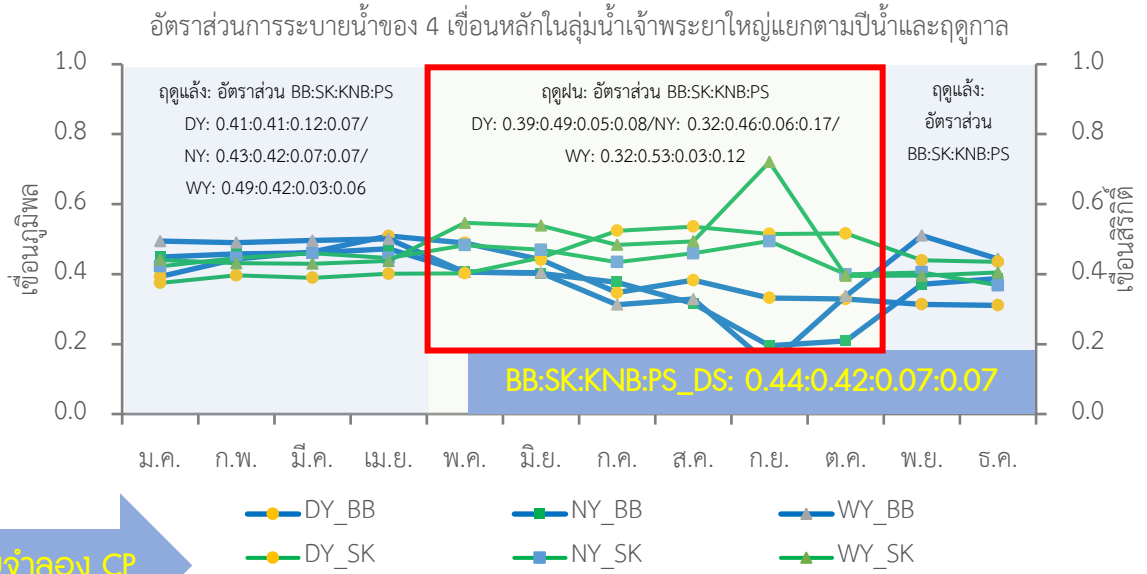




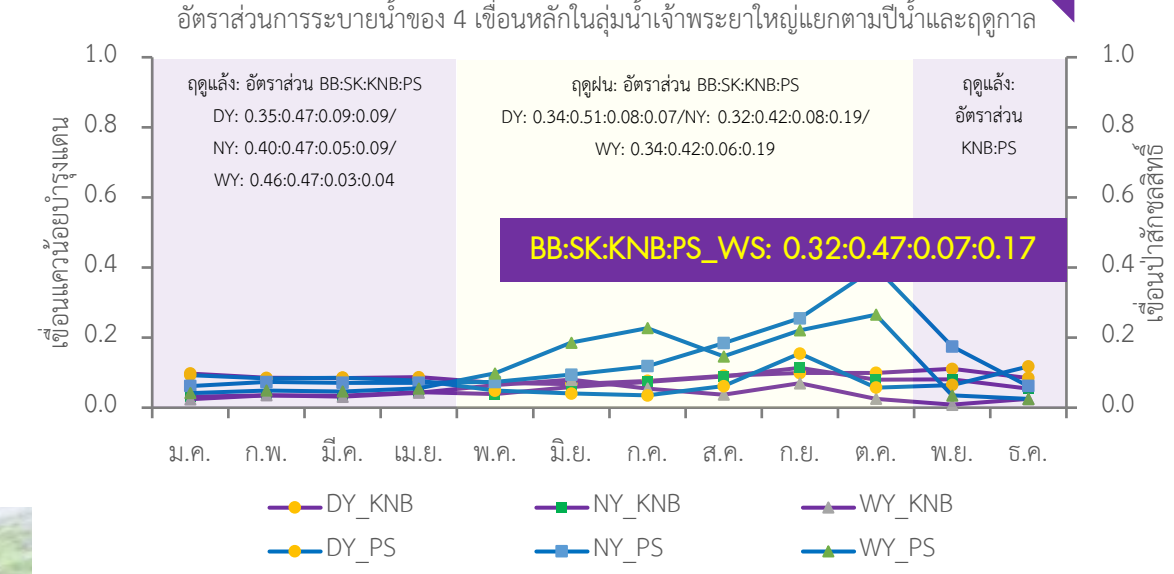
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

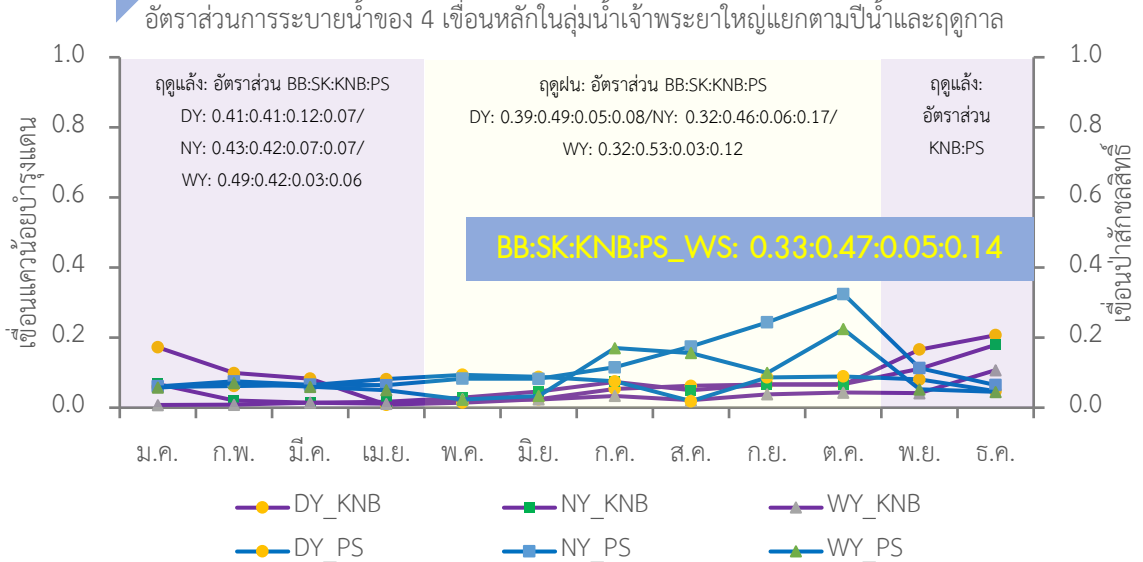
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่





ปฏิบัติงานจริง → แบบจำลอง CP





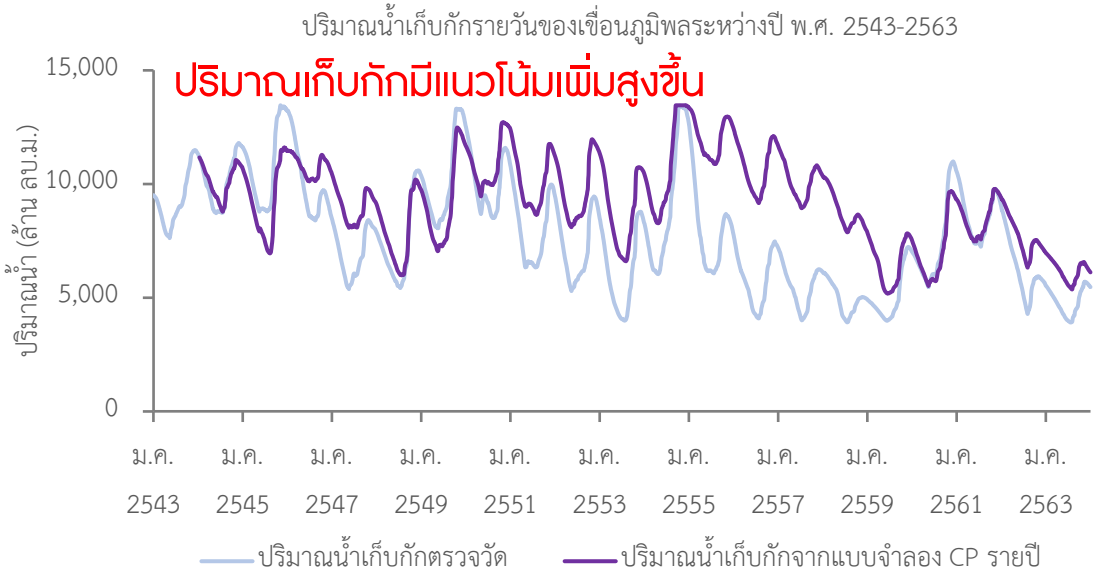
วัตถุประสงค์ที่ 4:

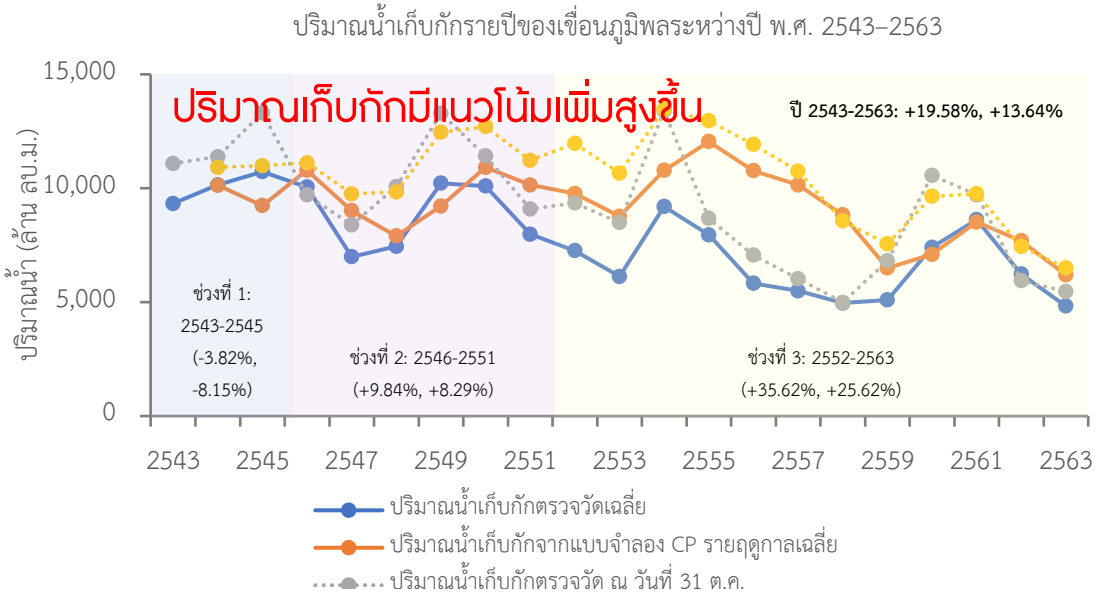
การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนด้วยหลักปัญญาประดิษฐ์

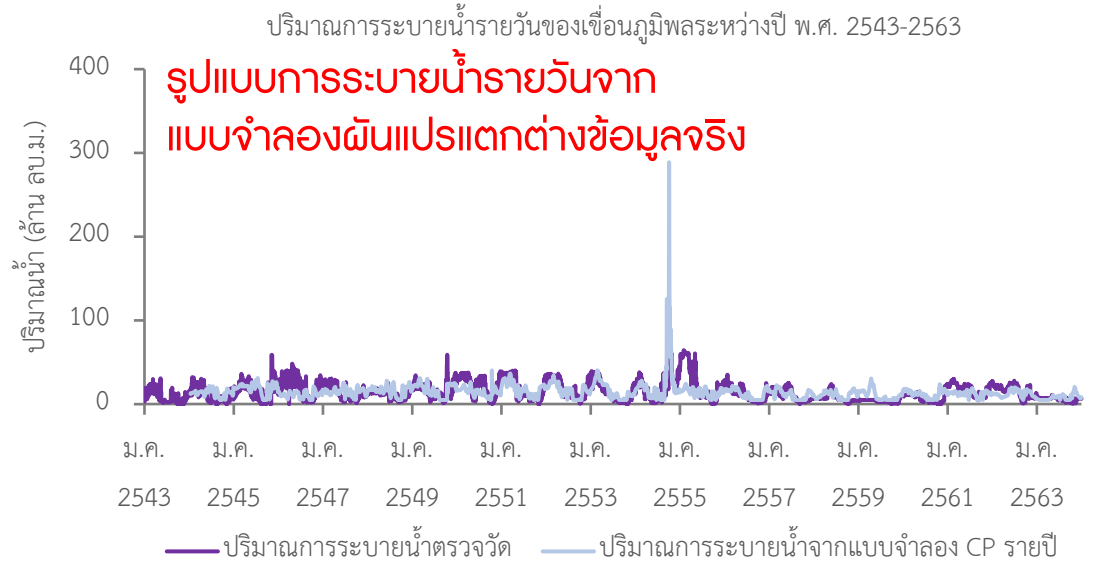
4.2 แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด (Constraint Programming, CP)

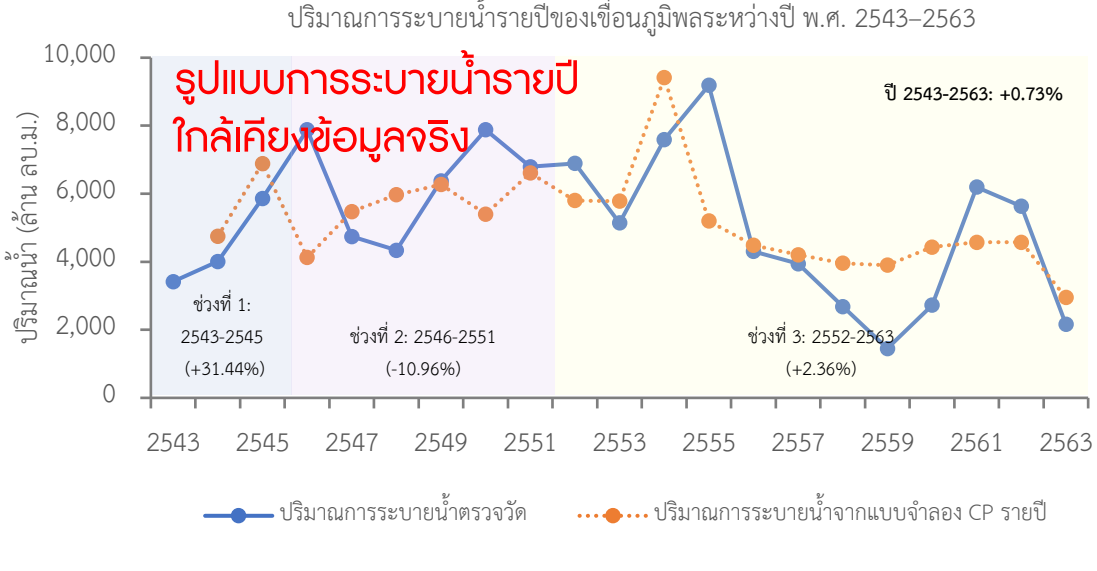
ตัวอย่างผลการจำลองแบบที่ 2 พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand–Based Model)

ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.16 พิจารณา Travel Time & รายปี & พิจารณา SF_BB

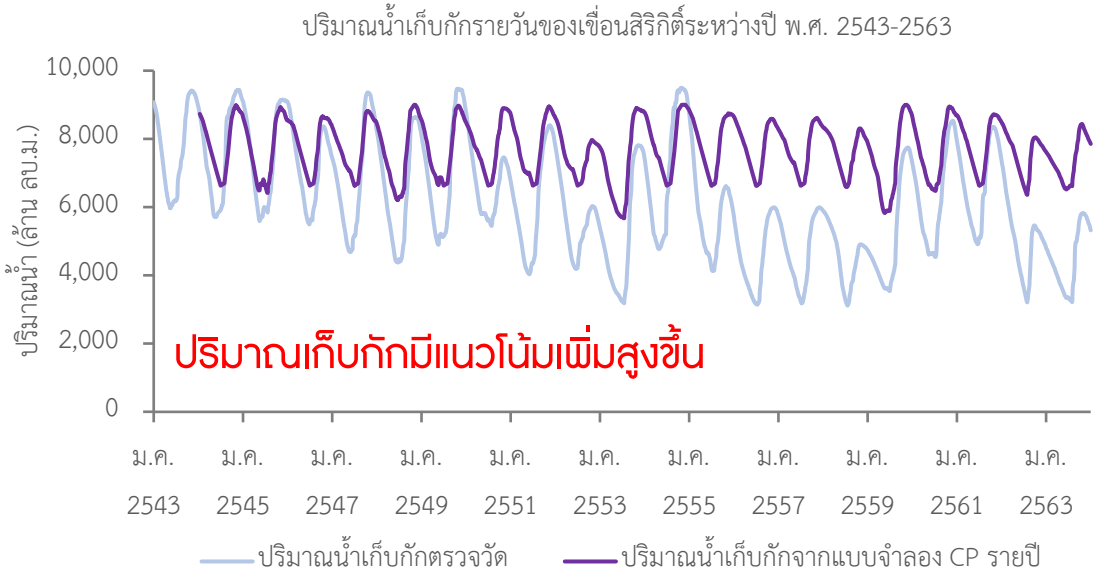


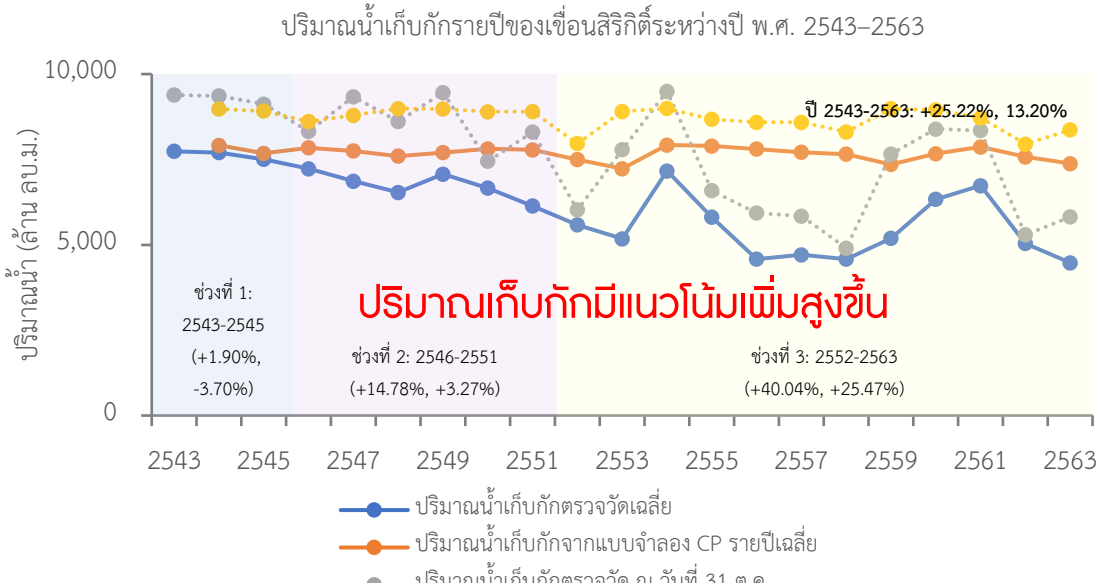


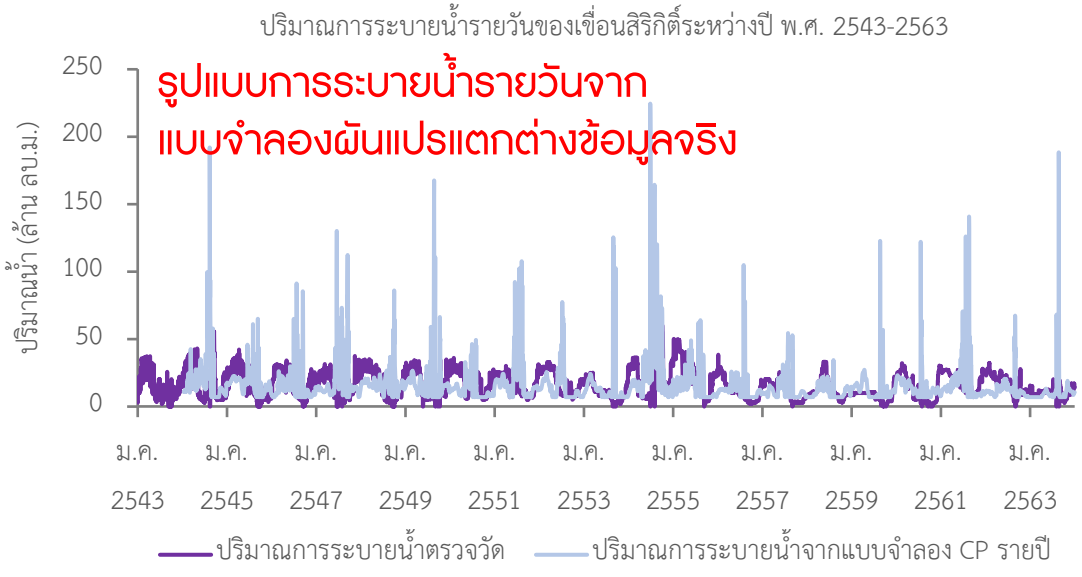


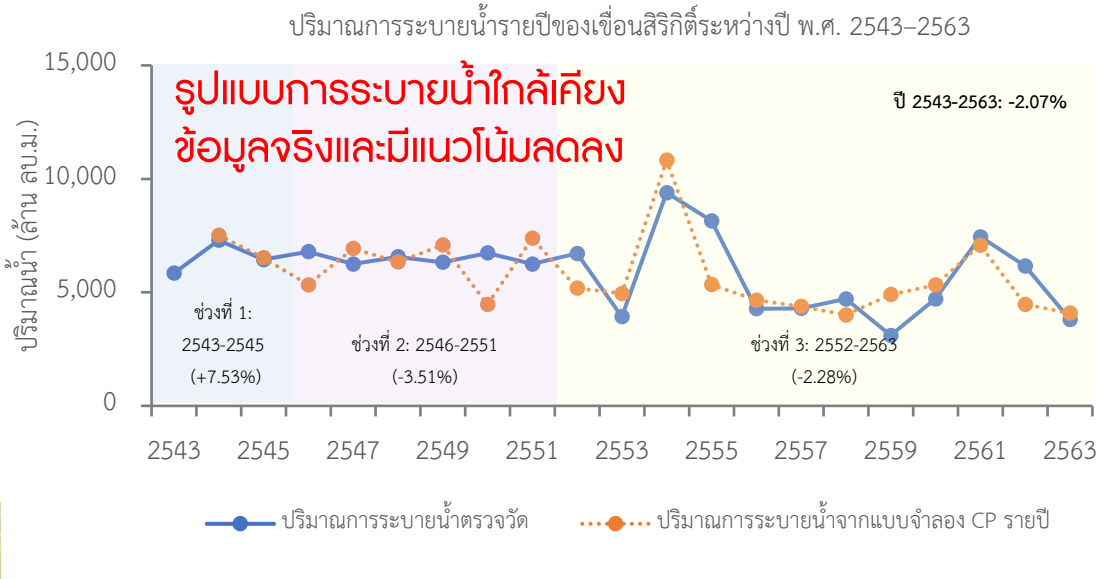


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.16 พิจารณา Travel Time & รายปี & พิจารณา SF_SK

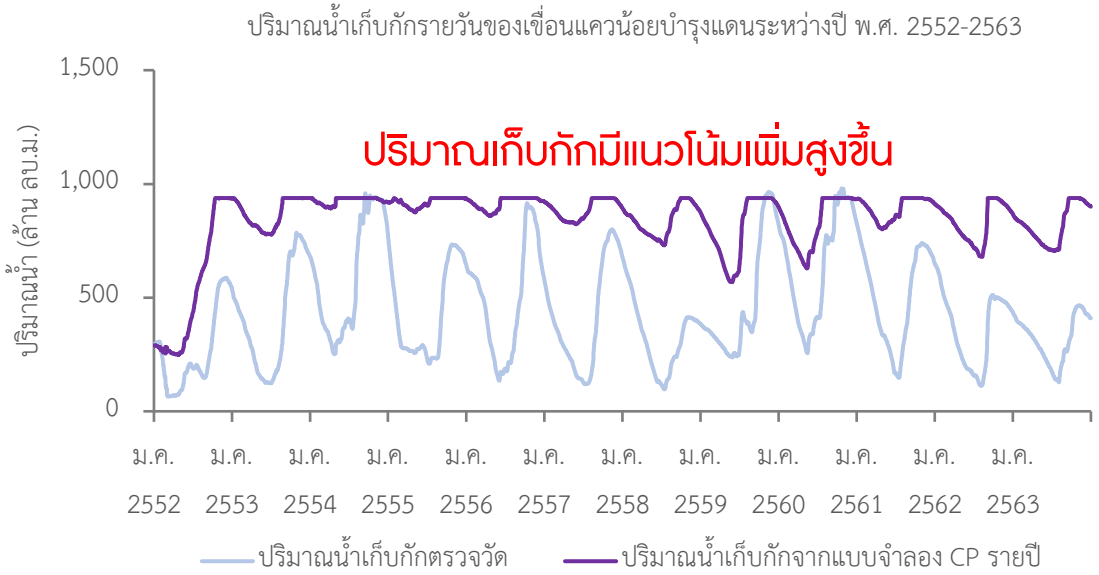


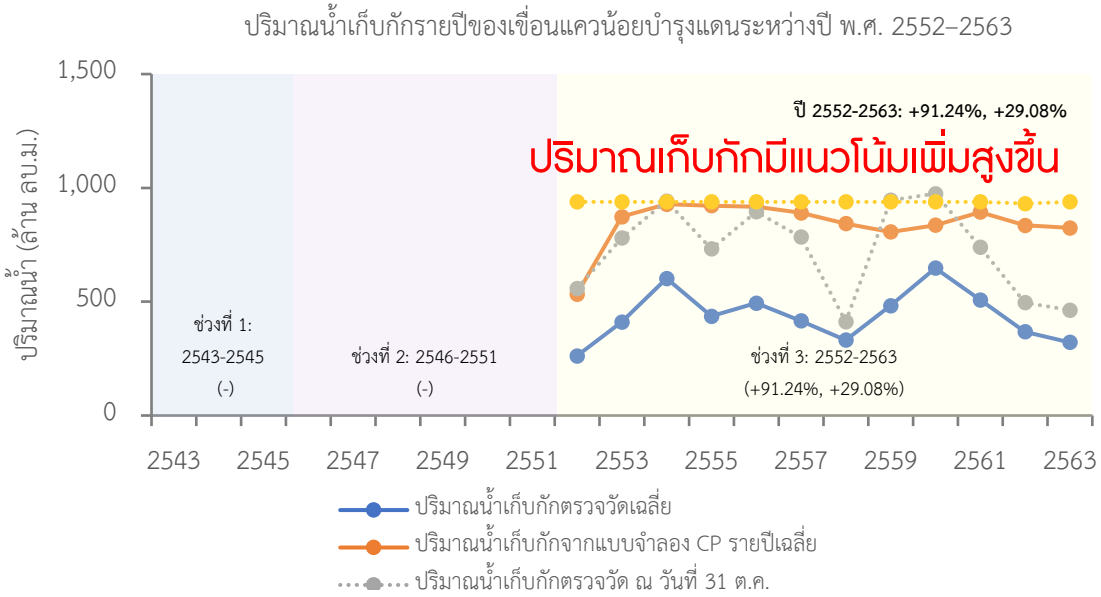


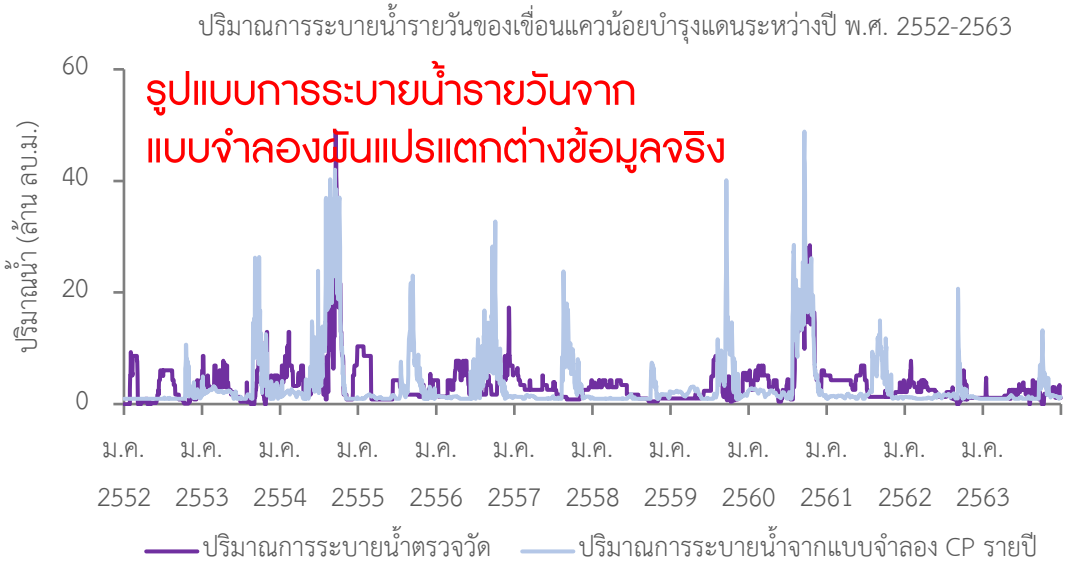


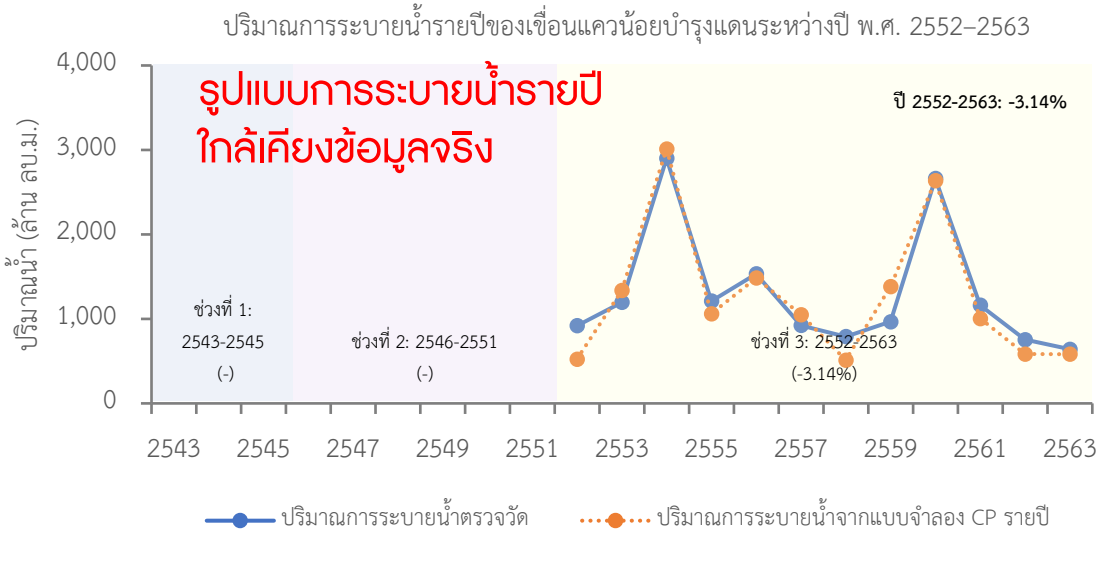


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.16 พิจารณา Travel Time & รายปี & พิจารณา SF_KNB



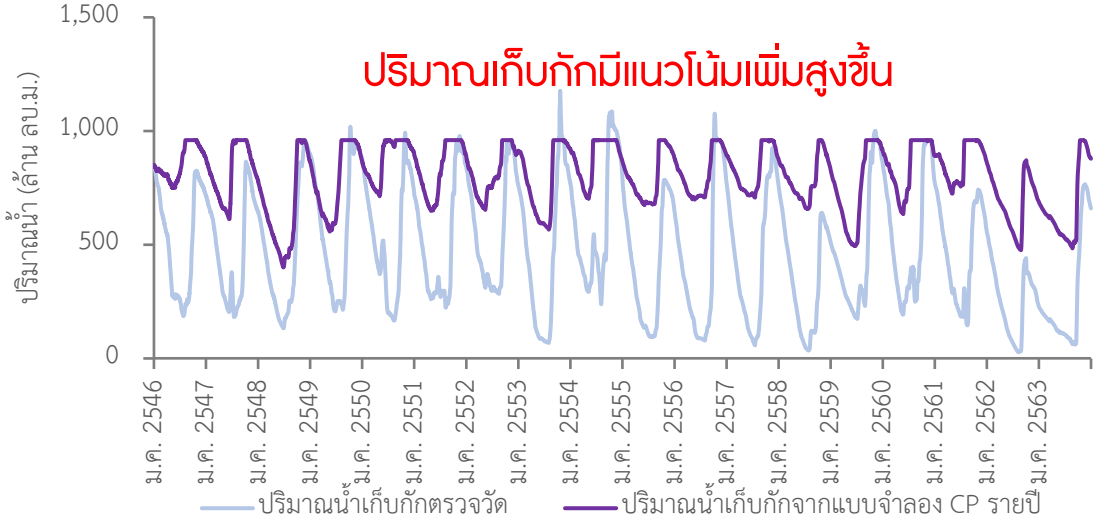




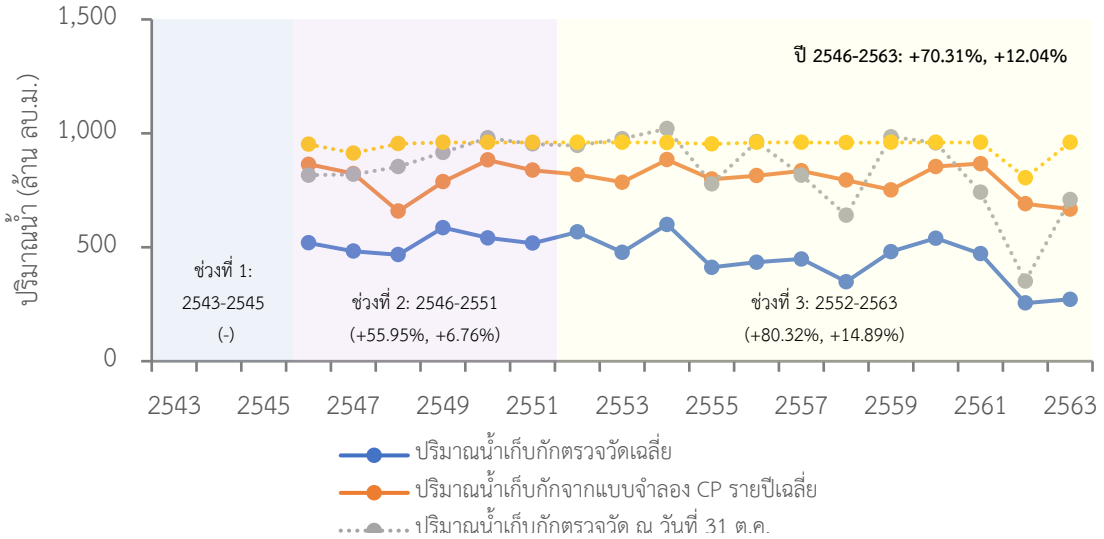


ผลการจำลองบริหารเขื่อนด้วยแบบจำลอง CP: แบบที่ 2.16 พิจารณา Travel Time & รายปี & พิจารณา SF_PS

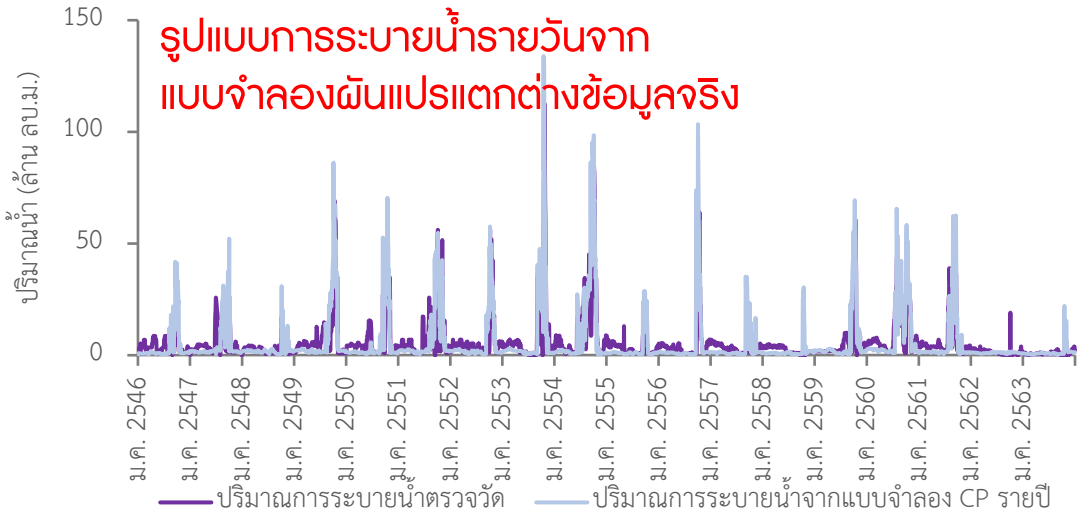
ปริมาณน้ำเก็บกักรายวันของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2563



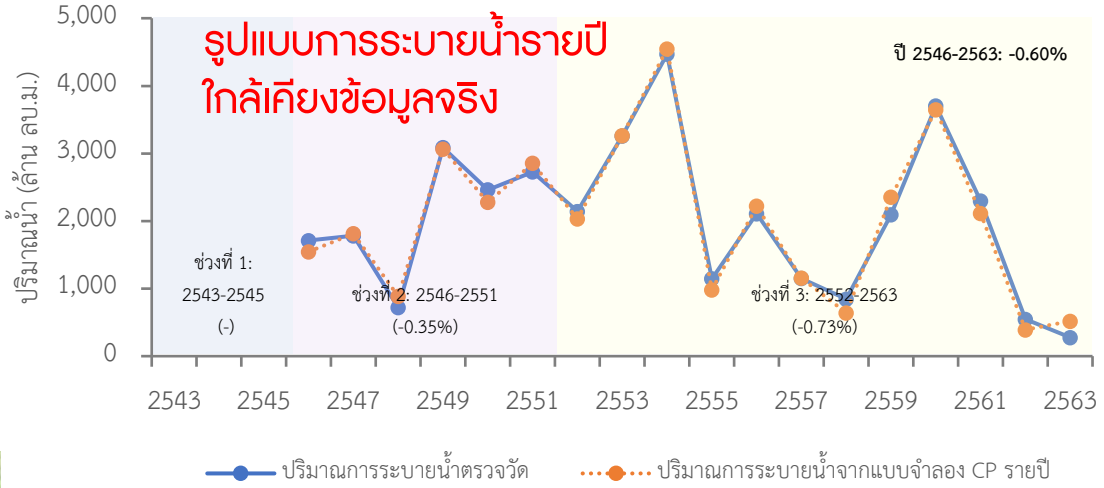
ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2563



ปริมาณการระบายน้ำรายวันของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2563



ปริมาณการระบายน้ำรายปีของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2546–2563



สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (%)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 2: พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
2.8 Yearly Constraint_URC_WithSF_LagTime[4/]	-0.48%	+12.52%	+28.39%	+11.48%	+12.98%
2.14 Yearly Constraint_URCBBSK_85%ReducedKNBPS_20SFBB_10SFSK_LagTime[3/]	-2.12%	+11.30%	+15.81%	+0.39%	+6.34%

การกำหนดระดับควบคุมตอนบนของทุกเขื่อนทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกักลดลง

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 2: พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน					
2.8 Yearly Constraint_URC_WithSF_LagTime[4/]	-44.36	+962.14	+206.38	+97.06	+1,221.23
2.14 Yearly Constraint_URCBBSK_85%ReducedKNBPS_20SFBB_10SFSK_LagTime[3/]	-195.99	+868.49	+114.92	+3.30	+790.71

การกำหนดระดับควบคุมตอนบนของทุกเขื่อนทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกักลดลง

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (%)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 2: พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำที่ประมาณการจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยกำหนด Request Ratio = 0.6 ในปีที่มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนน้อยกว่า Satellite-Based NIR					
2.16 Yearly Constraint_URCSK_20%SFBB_10%SFSK_LagTime_SatDE[4/]	+13.64%	+13.20%	+29.08%	+12.04%	+16.99%
	ปริมาณน้ำเก็บกักเพิ่มสูงขึ้น (ควบคุมระดับน้ำ SK เท่านั้น)				

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

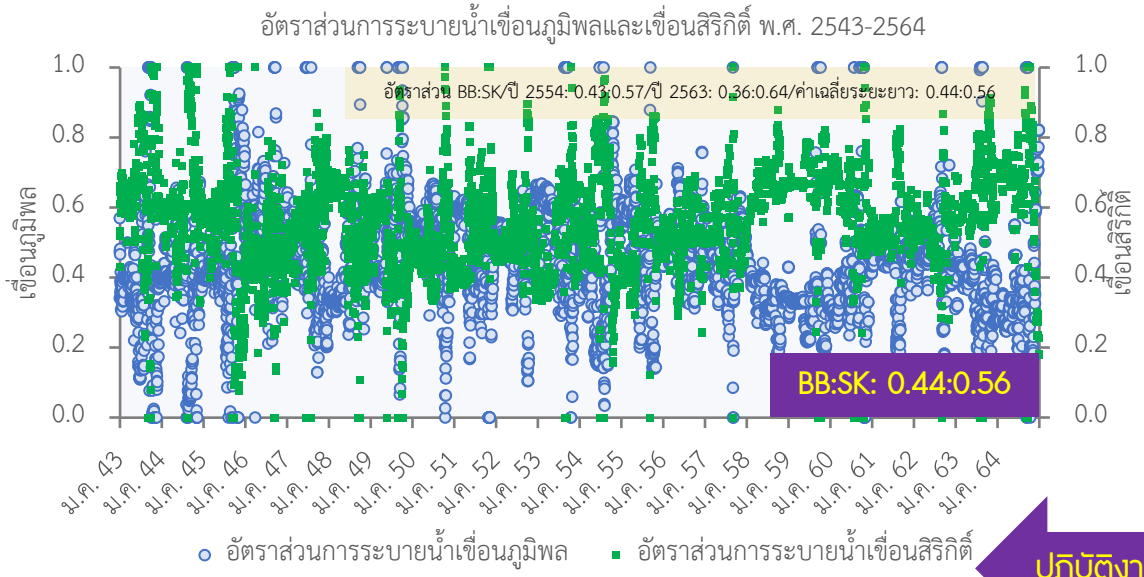
สรุปผลศักยภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

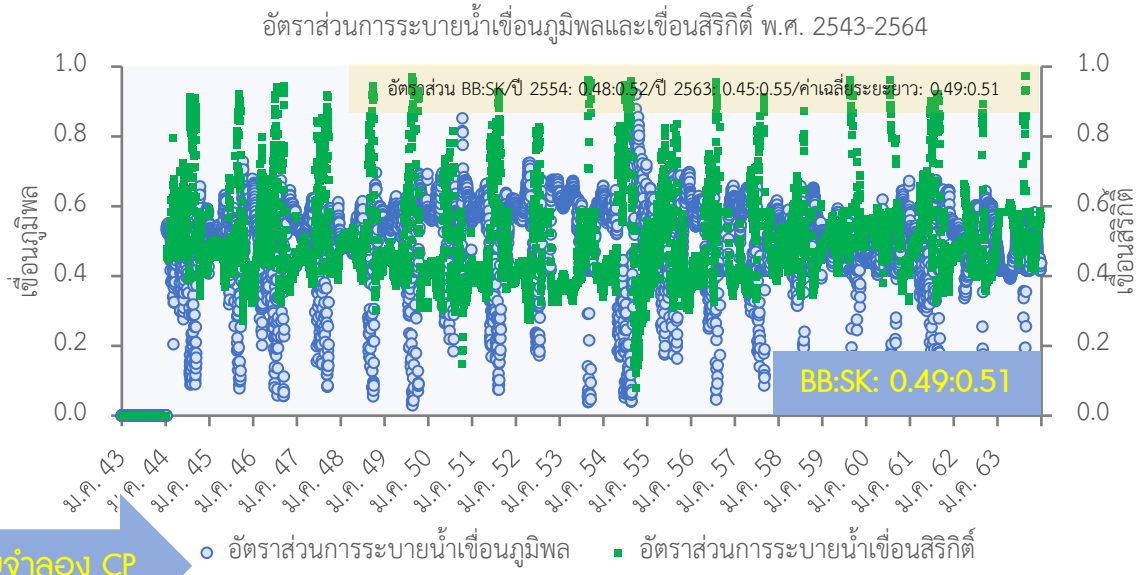
แบบจำลอง	การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก ณ วันที่ 31 ต.ค. (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)[1/]				
	ภูมิพล	สิริกิติ์	แควน้อยบำรุงแดน	ป่าสักชลสิทธิ์	เฉลี่ยทั้งระบบ
แบบจำลอง CP แบบที่ 2: พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model)					
กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำที่ประมาณการจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยกำหนด Request Ratio = 0.6 ในปีที่มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนน้อยกว่า Satellite-Based NIR					
2.16 Yearly Constraint_URCSK_20%SFBB_10%SFSK_LagTime_SatDE[4/]	+1,261.45	+1,014.64	+211.40	+101.81	+2,589.31
	ปริมาณน้ำเก็บกักเพิ่มสูงขึ้น (ควบคุมระดับน้ำ SK เท่านั้น)				

หมายเหตุ: [1/]เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563

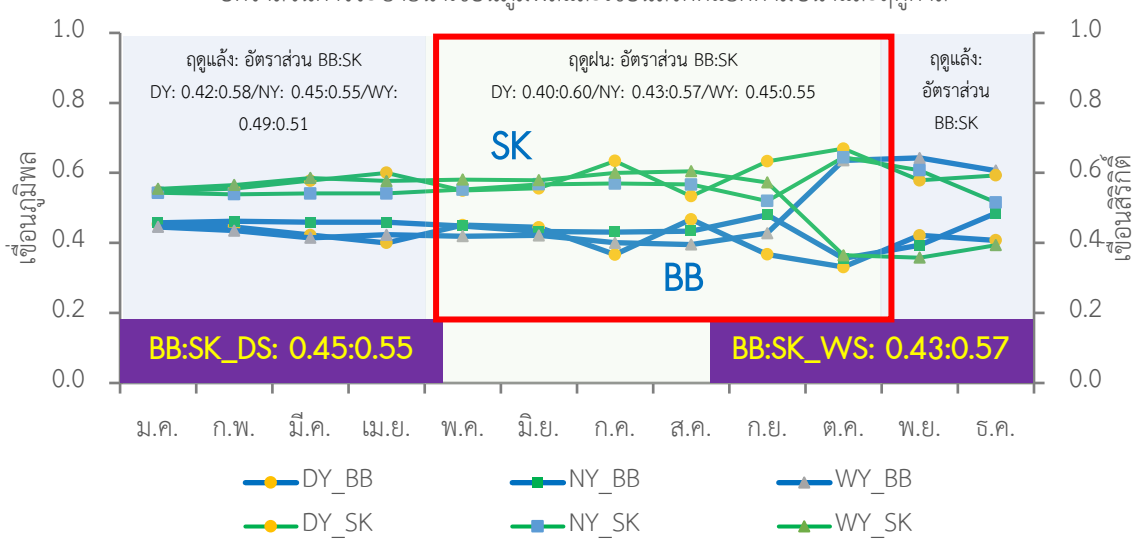
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

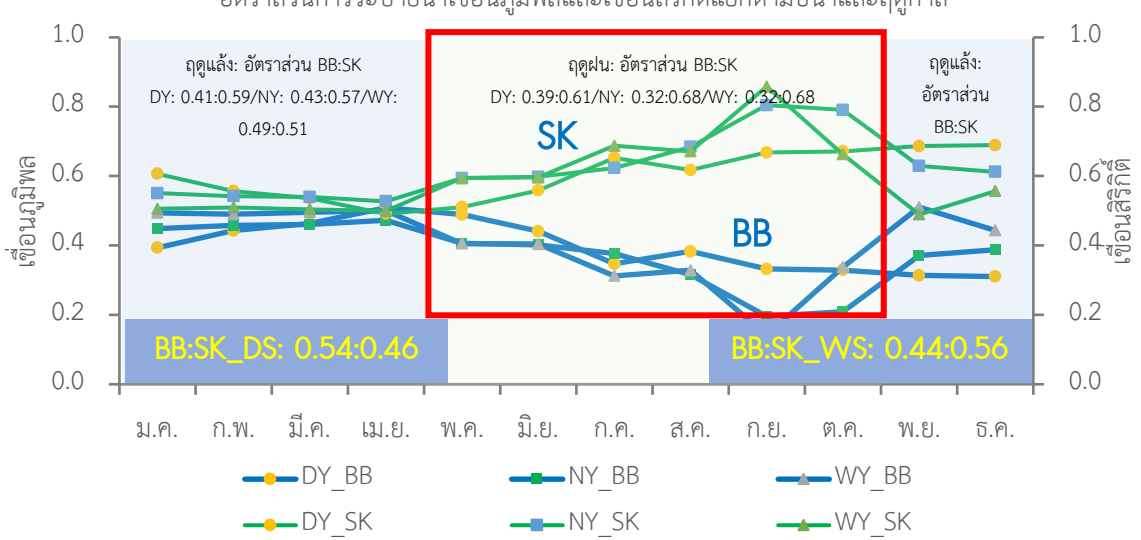
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 2 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่





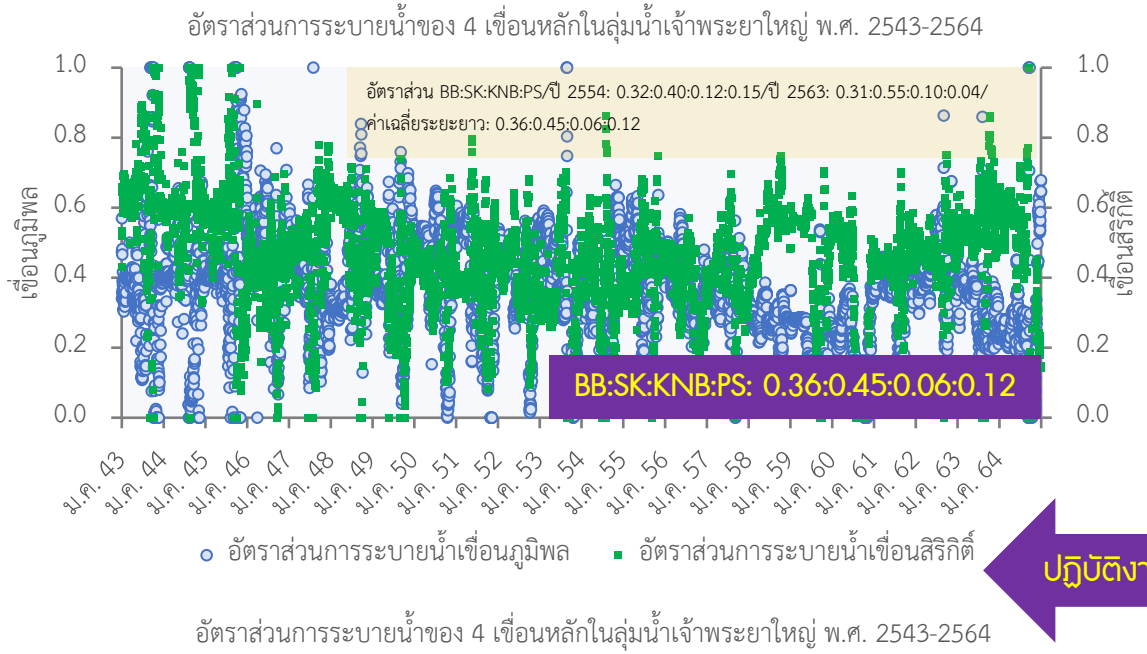
ปฏิบัติงานจริง | แบบจำลอง CP

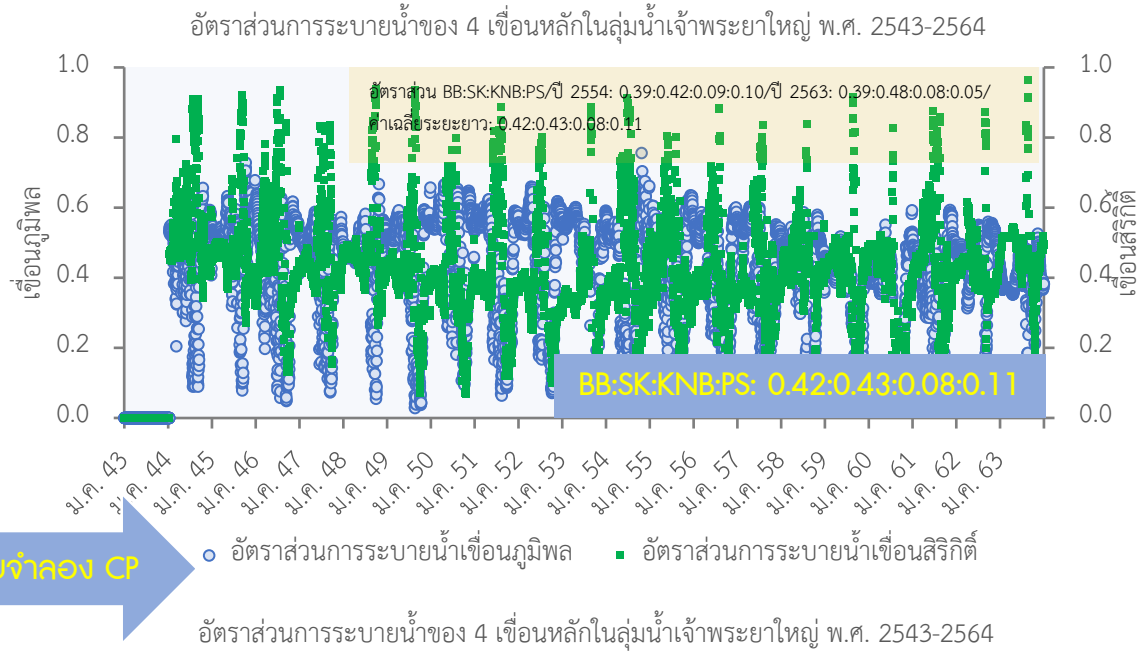




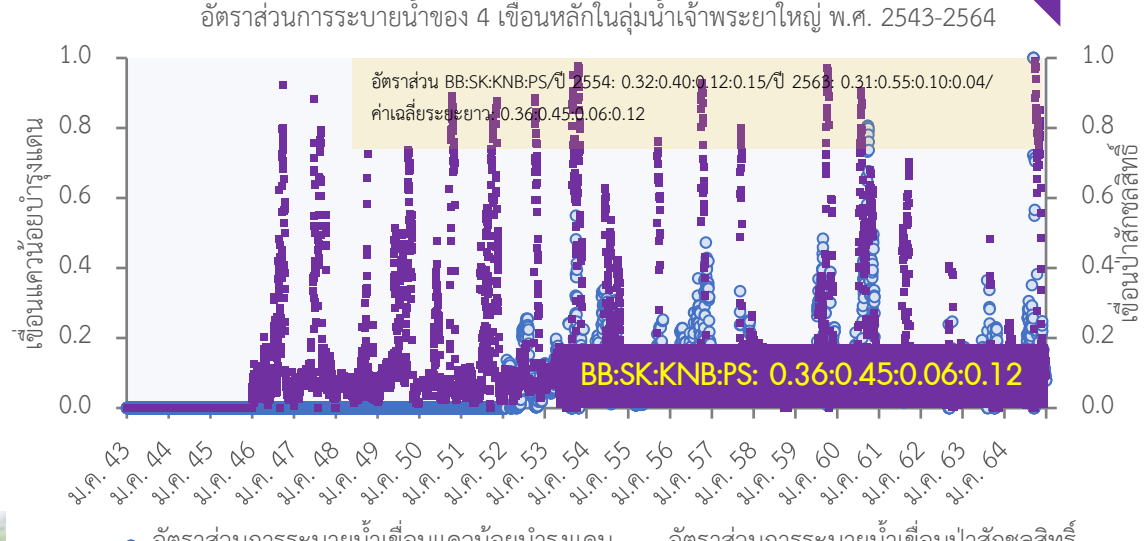
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

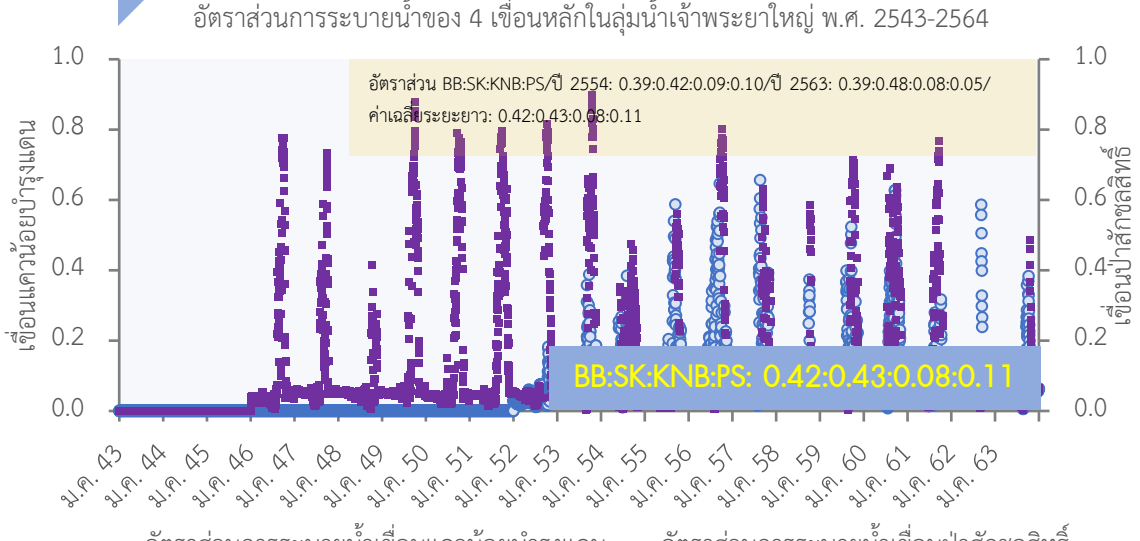
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่





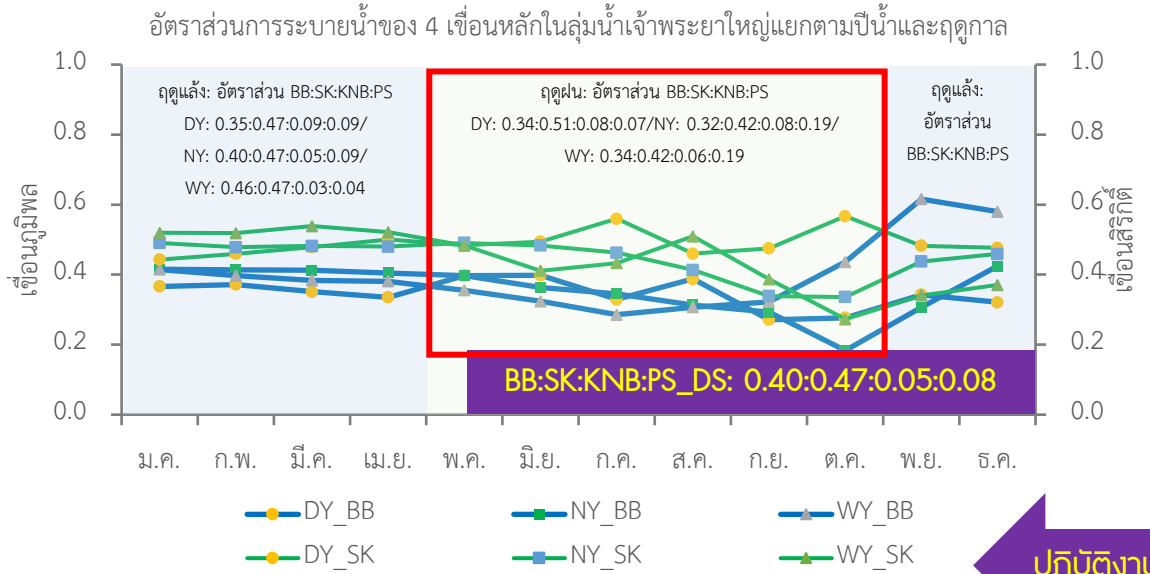
ปฏิบัติงานจริง | แบบจำลอง CP

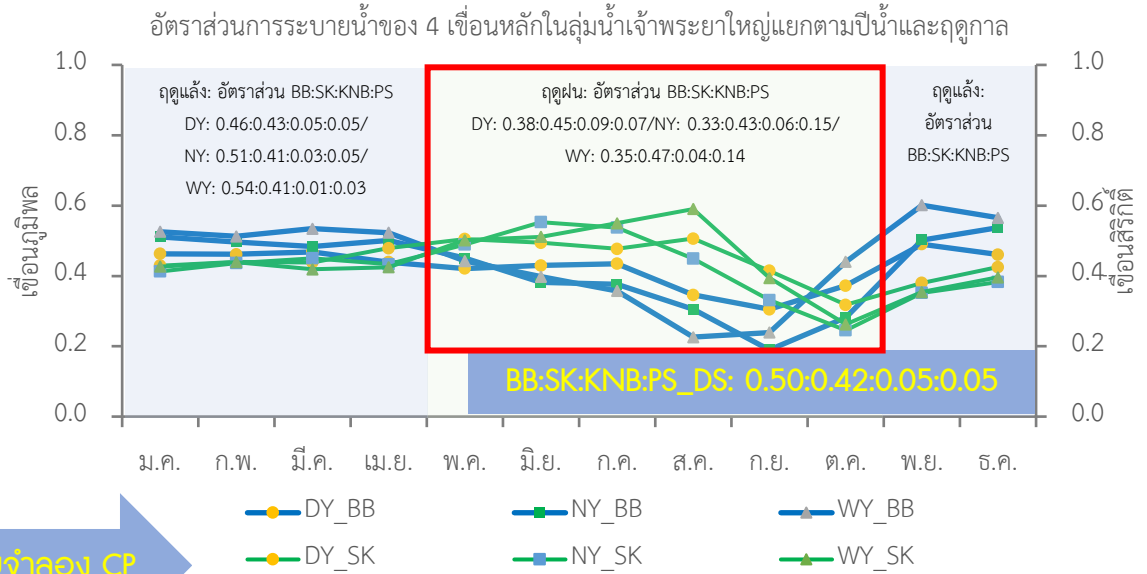




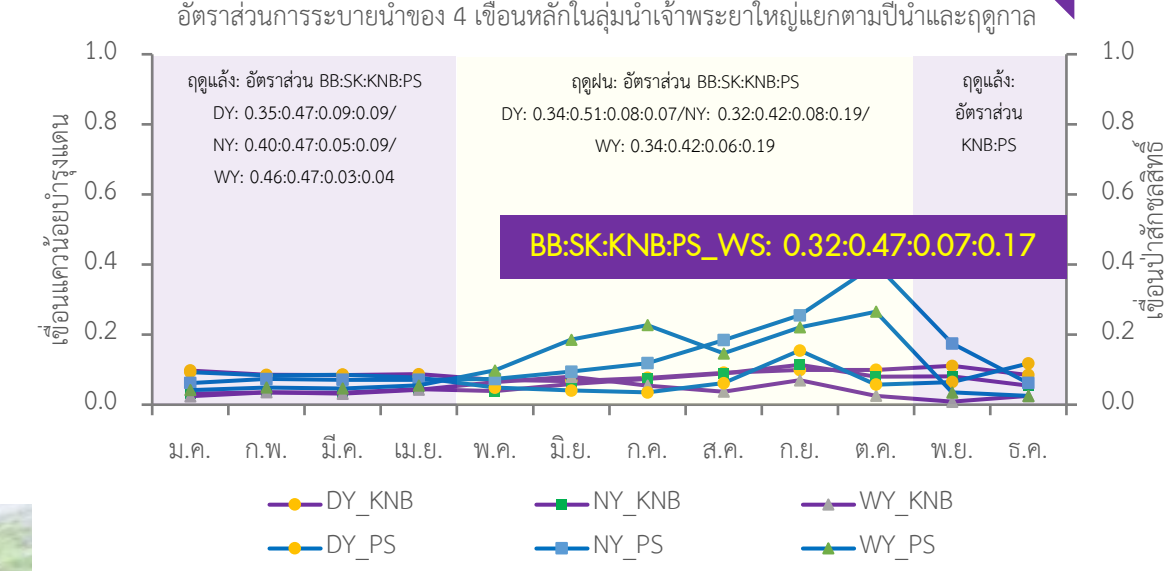
ผลการวิจัย_วัตถุประสงค์ที่ 4_ส่วนที่ 3

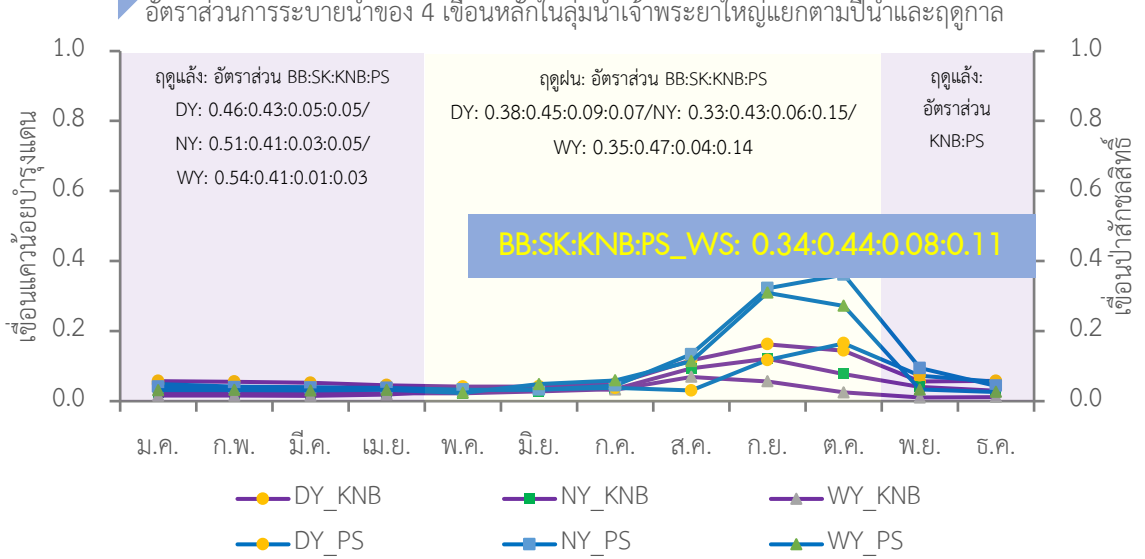
เปรียบเทียบอัตราส่วนการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่





ปฏิบัติงานจริง | แบบจำลอง CP





สรุปผลการวิจัยแบบจำลอง CP

- ในการปฏิบัติงานจริง ปริมาณการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำตามคำร้องขอ (มีการปรับเปลี่ยนแผนการจัดสรรน้ำรวม 4 เขื่อนสูงขึ้นเฉลี่ย 1,242 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)
- การกำหนด Sharing Ratio แยกตามโหนดความต้องการน้ำในแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำ ทำให้เขื่อน KNB & PS มีบทบาทในการเพิ่มการระบายน้ำตอบสนองความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมและรักษาระบบนิเวศท้ายเขื่อนมากขึ้น ส่งผลทำให้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำของ BB & SK
- การปรับเปลี่ยน Sharing Ratio ในช่วงฤดูฝน & ฤดูแล้งของเขื่อนหลัก ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำเก็บกักสูงขึ้น (ระบายน้ำตามศักยภาพน้ำต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำ)
- การพิจารณา Side Flow ส่งผลทำให้สามารถปรับลดการระบายน้ำจากเขื่อนหลัก
- การรับมือกับสถานการณ์น้ำล้นอ่างของ KNB & PS ด้วยแบบจำลอง CP ทำได้ดีขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำเก็บกักลดลง (ช่วยเสริมความต้องการน้ำใน CPYRB)

ขอขอบคุณ