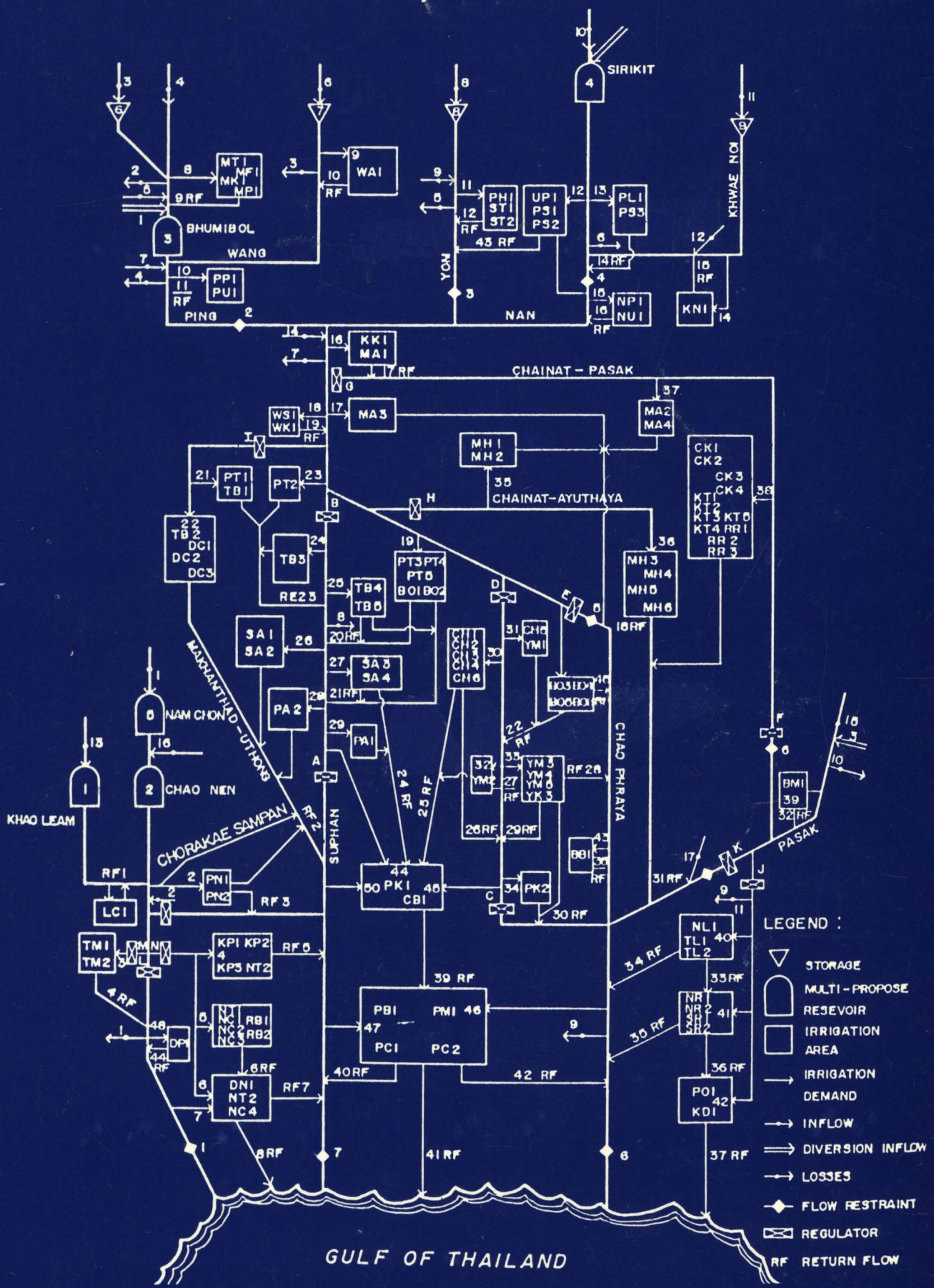
การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย



ฉลอง เกิดพิทักษ์

ISBN 974-552-845-5

การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย

ศาสตราจารย์ฉลอง เกิดพิทักษ์
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2527 จำนวน 500 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2531 จำนวน 500 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2538 จำนวน 500 เล่ม

พิมพ์ที่ บริษัท โอเชี่ยน บลูพริ้นท์ จำกัด
OCEAN Blue Print Co.,Ltd.
438/38 ถ.ราชวิถี แขวงถนนพญาไท
เขตราชเทวี กทม. 10400
TEL. 246-6341 FAX: 248-3743

สิ่งพิมพ์ ม.ก.

การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย



ฉลอง เกิดพิทักษ์

ช่างชลประทานบัณฑิต, M.Sc. (Water Resources)

ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อดีต

กรรมการ ก.ว.

Senior Irrigation Engineer

Chao Phraya-Meklong Basin Study

รองอธิการบดี และคณะบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Senior Hydraulic Engineer

Acres Consulting Services Ltd.

Niagara Falls, ประเทศคานาดา

เอื้อเฟื้อจาก

วันที่ 17 มิ.ย. 2539
ทะเบียน 110933
เลขหมู่หนังสือ TC
513
T35
Q17
2538

คำนำในการพิมพ์ครั้งที่ 2

การจัดการน้ำในลุ่มน้ำด้านปริมาณในประเทศไทยโดยการนำเอาวิชาการที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ได้ดำเนินการมาไม่นานนัก และกิจกรรมนี้กำลังดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง รูปแบบการจัดการน้ำโดยเฉพาะส่วนที่นำมาประยุกต์ในโครงการชลประทานส่วนใหญ่ไม่เหมือนในสหรัฐฯ ฉะนั้นการเขียนตำราเล่มนี้จึงใช้แต่ข้อมูลและกรณีศึกษาในประเทศไทยเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามมีข้อมูลการศึกษาใหม่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงเนื้อหาของตำราทุกช่วงเวลาที่เห็นว่าได้ข้อมูลใหม่มาเพิ่มมากพอที่ทำให้เห็นแนวทางการจัดการบางเรื่องที่ควรนำไปใช้ได้หรือยังขาดข้อมูลสำคัญบางอย่างซึ่งต้องการงานวิจัย การจัดการน้ำในลุ่มน้ำด้านปริมาณในตำราเล่มนี้เน้นการจัดการบนพื้นที่ขนาดใหญ่ จุดประสงค์ในการเขียนตำราเล่มนี้นอกจากใช้ในการสอนขั้นบัณฑิตศึกษาแล้ว ก็เพื่อเผยแพร่วิชาการด้านนี้ ถึงแม้ว่าจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องไม่มากนักก็ตาม ทั้งนี้ก็เพื่อให้การใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยังสามารถนำเอาวิธีการจัดการน้ำและข้อมูลที่กล่าวไว้ในตำราเล่มนี้ไปใช้ในการวางแผนเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ได้อีกด้วย

ฉลอง เกิดพิทักษ์
กันยายน 2531

คำนำในการพิมพ์ครั้งที่ 3

วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการจัดพิมพ์ครั้งที่ 3 คือ

1) มีข้อมูลจากการศึกษาหรือการ monitor การใช้น้ำในสนามเพิ่มมากขึ้น ซึ่งได้นำมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงเพื่อการค้นคว้าวิจัย
2) มีการพัฒนาวิธีการใหม่ ๆ ที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มมากขึ้น และ
3) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง Irrigation demand model และ System simulation model ที่ให้ผลลัพธ์ถูกต้องและมีทางเพิ่มเลือกมากขึ้น

ในการจัดพิมพ์ครั้งที่ 3 ได้เพิ่มเนื้อหาขึ้นอีก 3 บท เป็นการนำประสบการณ์จากการจัดการมาใช้ในการออกแบบและศึกษาความเหมาะสม ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ คุณมนัส กำเนิดมณี ที่ช่วยพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และขอขอบคุณบริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัด ที่ได้อนุญาตให้พนักงานของบริษัทพิมพ์ต้นฉบับ เขียนรูป และใช้อุปกรณ์ ของบริษัทในการจัดทำต้นฉบับ

ฉลอง เกิดพิทักษ์
พฤศจิกายน 2538

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		i
สารบัญ		ii
บทที่ 1	**การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว**	**1**
1.1	คำนำ	1
1.2	กรณีเปิดบานประตูอาคารชลประทานบางส่วน	1
1.3	การคำนวณปริมาณไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาเมื่อการไหลเป็น free flow	5
1.4	การ operate เขื่อนเจ้าพระยาเมื่อการไหลท้ายน้ำเป็น free flow	11
1.5	การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายเมื่อเป็น submerged flow	15
1.6	การคำนวณปริมาณน้ำผ่านไซฟอนพระธรรมราชา	25
1.7	กรณีเปิดบานประตูอาคารชลประทานพ้นน้ำ	28
1.8	วิธีหา calibration curve ของประตูระบายที่เป็นท่อลดระดับ	34
1.9	กรณีที่ระดับน้ำเหนือน้ำของประตูระบายผันแปรมาก	39
1.10	การคำนวณปริมาณน้ำของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งถาวร	40
1.11	สรุป	42
บทที่ 2	**การหาประสิทธิภาพชลประทาน**	**45**
2.1	คำจำกัดความ	45
2.2	ปริมาณน้ำที่พืชใช้	46
2.3	วิธีทดลองหาค่า percolation ในสนาม	48
2.4	การหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว	52
2.5	ปริมาณฝนใช้การ	59
2.6	การหาประสิทธิภาพชลประทาน	64
2.7	สรุป	77
บทที่ 3	**การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำและแนวทางเผื่อเลือกโดยใช้ทฤษฎีแบบจำลอง**	**79**
3.1	บทนำ	79
3.2	การศึกษาลุ่มน้ำและแนวทางเผื่อเลือกโดยใช้แบบจำลอง	80
3.3	แบบจำลองฝนใช้การ	83
3.4	แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน	86

		หน้า
3.5	แบบจำลองระบบ	90
3.6	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	94
3.7	ผลการศึกษา	95
3.8	สรุป	96
บทที่ 4	**การศึกษาการใช้น้ำลุ่มน้ำในด้วยแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา**	**97**
4.1	บทนำ	97
4.2	การศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝ้า	99
4.3	การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี	116
4.4	การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	127
4.5	สรุปและข้อเสนอแนะ	151
บทที่ 5	**การวางแผนการส่งน้ำก่อนการเพาะปลูก**	**155**
5.1	บทนำ	155
5.2	วิธีการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ของโครงการน้ำอูน	158
5.3	ระบบการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	174
5.5	สรุป	188
บทที่ 6	**ปัญหาทางปฏิบัติ**	**191**
6.1	บทนำ	191
6.2	การปรับปรุงคลอง 1 ซ้ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก	192
6.3	การแก้ปัญหาการกัดเซาะท้ายประตูระบายกลางคลองฝั่งซ้าย กม.15.925 โครงการแม่กลอง	207
6.4	การปรับปรุงคลอง 13	221
6.5	สรุป	221
บทที่ 7	**การออกแบบคูส่งน้ำ**	**232**
7.1	บทนำ	232
7.2	การออกแบบคูส่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวฤดูแล้ง	232
7.3	การออกแบบความจุคูและคลองส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวฤดูฝน	238
7.4	สรุป	247

		หน้า
บทที่ 8	**การศึกษาความเหมาะสมโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน**	**248**
8.1	บทนำ	248
8.2	กรณีศึกษาที่ 1 โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่	251
8.3	กรณีศึกษาที่ 2 โครงการพัฒนาพรุคอนเคร็ง	264
8.4	สรุป	285
ภาคผนวก ก	**Calibration curve**	287
ภาคผนวก ข	**โปรแกรมคอมพิวเตอร์**	295

บทที่ 1
การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว

1.1 คำนำ

ในการวางแผนการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทาน จำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำที่ส่งผ่านอาคารชลประทาน เพื่อให้เป็นไปตามปริมาณน้ำที่คำนวณได้จากการวางแผนการส่งน้ำ ซึ่งมักจะกระทำเป็นรายสัปดาห์ ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจะผันแปรตลอดฤดูการเพาะปลูก อาคารชลประทานในที่นี้หมายถึง อาคารชลประทานที่มีประตูควบคุมการส่งน้ำและระบายน้ำชนิดต่าง ๆ และรวมถึงเครื่องสูบน้ำด้วย

ในการออกแบบอาคารชลประทานโดยทั่วไปจะนำปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องการให้ผ่านอาคารได้มาใช้ในการออกแบบ แต่ในด้านการจัดการน้ำต้องการทราบปริมาณน้ำที่ผ่านอาคารชลประทานตั้งแต่น้อยที่สุดไปจนถึงมากที่สุด ทั้งนี้เพราะการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกในฤดูฝน ฝนใช้การเป็นตัวแปรที่สำคัญ กล่าวคือ ถ้าฝนใช้การมีมาก ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจะน้อยหรือไม่ต้องส่งเลย ในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีฝนตกเลยเป็นเวลาติดต่อกันหลายวัน ปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจะสูง ส่วนการเพาะปลูกในฤดูแล้งก็เช่นเดียวกัน ถ้ามีการเพาะปลูกน้อย ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งก็น้อยตามไปด้วย แต่ถ้าพื้นที่เพาะปลูกน้อยมาก และเพาะปลูกกระจัดกระจายไปทั่วพื้นที่ของโครงการ จะเกิดปัญหาในการส่งน้ำคือ จะใช้น้ำมากหรือประสิทธิภาพการชลประทานจะต่ำ สำหรับฝนใช้การจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทที่ 2

ลักษณะการไหลของน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สัมพันธ์กับการเปิดบานประตูของอาคารประกอบด้วย

ก. กรณีเปิดบานประตูอาคารบางส่วน กรณีนี้การไหลของน้ำผ่านอาคารสามารถแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) การไหลท้ายประตูเป็น free flow
2) การไหลท้ายประตูเป็น submerged flow

ข. กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

สำหรับปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกด้วยเครื่องสูบน้ำ เป็นเครื่องสูบน้ำที่ปรับปริมาณน้ำที่ส่งไม่ได้ หรือปริมาณน้ำที่ส่งจะสัมพันธ์กับ head ที่ส่งน้ำเพียงค่าเดียว

1.2 กรณีเปิดบานประตูอาคารชลประทานบางส่วน

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าปริมาณน้ำที่ต้องการในการเพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานผันแปรตลอดฤดูการเพาะปลูก จึงจำเป็นต้องปรับปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประตูให้เป็นไปตามปริมาณน้ำที่ต้องการ เพื่อประหยัดน้ำต้นทุน นอกจากนี้ในระบบส่งน้ำชลประทาน ลักษณะการ operate อาคารชลประทานอาคารใดอาคารหนึ่งจะมีผลกระทบต่อการไหลของน้ำผ่านอาคารชลประทานทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ เพราะคลองส่งน้ำมีความลาดเทน้อย นอกจากนี้พื้นที่รูปตัดน้ำไหลของอาคารชลประทานจะน้อยกว่าพื้นที่รูปตัดน้ำไหลของคลอง และในคลองส่งน้ำสายหนึ่งประตูกลางคลองจะอยู่ห่างกันไม่มาก จากลักษณะดังกล่าวจึงทำให้การไหลของน้ำในระบบส่งน้ำเพื่อการชลประทานเป็น gradually varied flow และโดยทั่ว ๆ ไป การ operate อาคารด้านท้ายน้ำจะเกิด backwater M1 ขึ้นไปถึงท้ายอาคารด้านเหนือน้ำ จึงทำให้การไหลท้ายอาคารด้านเหนือน้ำเป็น submerged flow แต่ถ้าคลองส่งน้ำมีความลาดเทมาก ประตูกลางคลองทางด้านท้ายน้ำนอกจากจะอยู่ห่างออกไปเป็นระยะทางไกลแล้วยังมีลักษณะเป็น check drop ด้วย กรณีนี้อาจทำให้การไหลท้ายอาคารด้านเหนือน้ำเป็น free flow ได้

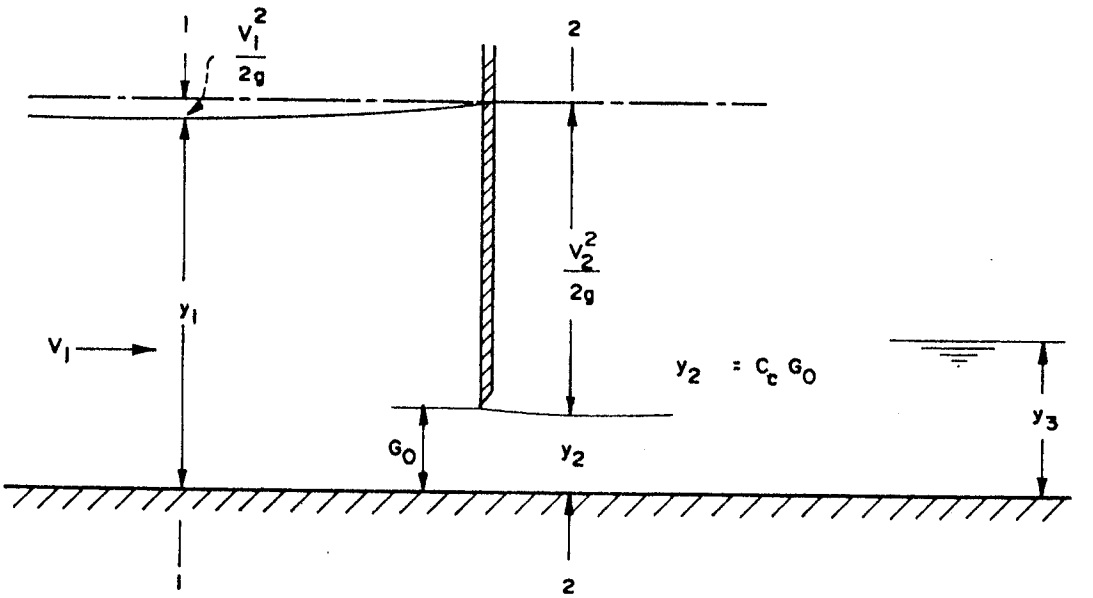
1.2.1 กรณีทางออกท้ายน้ำ น้ำไหลโดยอิสระ (free flow)

กรณีนี้การไหลของน้ำท้ายประตูระบายเป็นอิสระ ไม่อยู่ใต้การถูกบังคับของการไหลท้ายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 1-1

จากรูปตัด 1-1 ด้านเหนือน้ำ และรูปตัด 2-2 ด้านท้ายน้ำ เมื่อเขียนสมการ energy ระหว่างรูปตัดทั้งสองจะได้

$y_1 + V^2_1/2g = y_2 + V^2_2/2g$ โดยสมมุติว่า head losses มีค่าน้อยมากไม่นำมาคิด

$y_1 + q^2/2g\, y^2_1 = y_2 + q^2/2g\, y^2_2$



รูปที่ 1-1 การไหลท้ายประตูระบายเป็น free flow

เพราะว่า $q = y_1 V_1 = y_2 V_2$ ปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง เมื่อจัดรูปของสมการใหม่จะได้

$$q = Y_1 Y_2 \sqrt{\frac{2g}{Y_1 + Y_2}}$$

โดยทั่วไปมักเขียนสมการออกมาในรูปของ G_o (ความสูงที่เปิดบานประตู) คูณกับอัตราความเร็ว $\sqrt{2gy_1}$ และสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำ C_d

$$q = C_c G_o \sqrt{2gy_1 \frac{y_1}{y_1 + y_2}}$$

โดยให้ $Y_2 = C_c G_o$

หรือ $q = C_d G_0 \sqrt{2gy_1}$

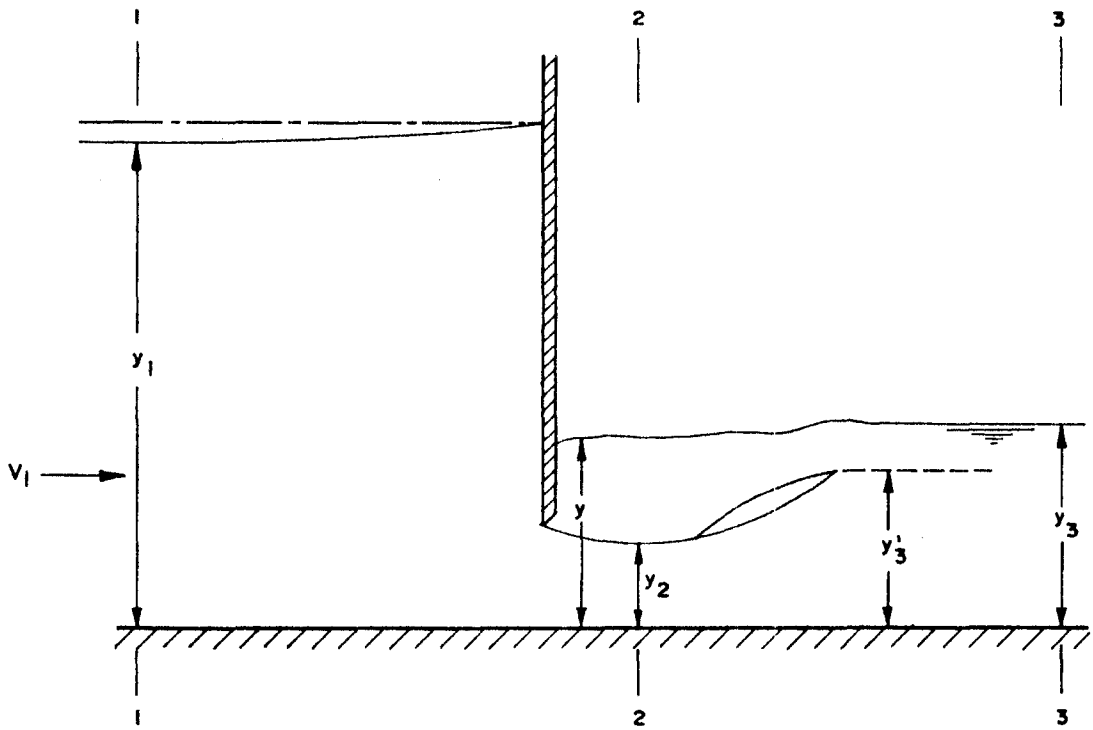
ซึ่ง

$$C_d = C_c \sqrt{\frac{1}{1 + C_c \frac{G_0}{Y_1}}}$$

ดังนั้นค่า C_d ขึ้นอยู่กับค่า G_o/Y_1

1.2.2 กรณีที่การไหลท้ายน้ำไม่เป็นอิสระ (submerged flow)

กรณีนี้ความลึก Y_2 ที่เกิดจากการเปิดบาน และความลึก Y_3 ที่เกิดจากลักษณะการควบคุมทางท้ายน้ำมีความสำคัญมาก กล่าวคือ ถ้า Y_3 มีค่ามากกว่าความลึกหลังจากเกิด hydraulic jump (y'_3) เนื่องจาก y_2 ก็จะเกิด submerged ท้ายประตูที่เปิด ดังแสดงในรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แสดงลักษณะ submerged flow ท้ายประตูระบาย

เนื่องจากการไหลจะเกิด head losses ระหว่างการไหลจากรูปตัด 1-1 ไปสู่รูปตัด 2-2 head losses จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อน้ำไหลจากรูปตัด 2-2 ไปสู่รูปตัด 3-3 เพราะว่า $E_1 = E_2$ ($E=Y + V^2/2g$) สมมุติว่า head losses มีค่าน้อยไม่นำมาคิด)

$$y_1 + V^2_1/2g = y + V^2_2/2g$$

เพราะว่าค่า piezometric head ที่รูปตัด 2-2 เท่ากับความลึกทั้งหมด Y ไม่ใช่ความลึกของ jet Y_2

ระหว่างรูปตัด 2-2 และรูปตัด 3-3 สามารถเขียนสมการของ momentum ได้ ดังนี้

$$\Sigma F = Q\rho\Delta V$$
$$1/2\ \gamma y_3^2 - 1/2\ \gamma y^2_2 = q\rho\ (V_2 - V_3)$$
$$q^2/gy_2 + y^2_2/2 = q^2/gy_3 + y^2_3/2$$

ได้มีผู้ทดลองหาความสัมพันธ์ของ Cd vs y_1/G_o สำหรับ Y_3/G_o ที่มีค่าต่าง ๆ กัน (6) แต่ curves แสดงความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองดังกล่าวไม่สะดวกที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติในสนามสำหรับการไหลของน้ำผ่านอาคารในระบบส่งน้ำโดยทั่วไปแล้วจะเป็นเช่นกรณีของ submerged flow เป็นส่วนใหญ่แต่เปอร์เซ็นต์ของ submergence จะมากน้อยแตกต่างกันออกไป

1.3 การคำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาเมื่อการไหลเป็น free flow

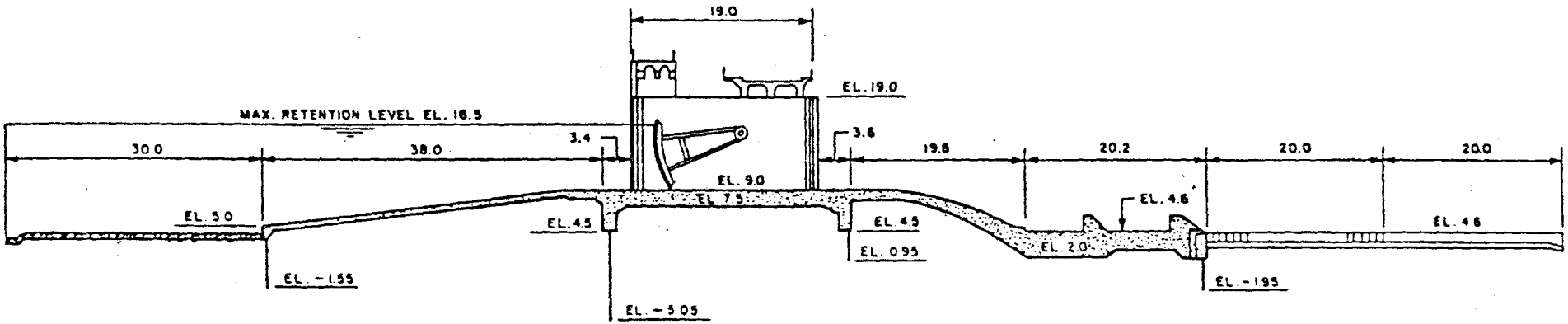
เขื่อนเจ้าพระยาเป็นเขื่อนผันน้ำ ประกอบด้วยบานประตูโค้ง 16 บาน แต่ละบานกว้าง 12.50 เมตร โดยมีระดับเก็บกักด้านเหนือน้ำสูงสุด 16.50 เมตร (รทก.) ระดับธรณีประตู 9.00 เมตร (รทก.) และระดับพื้น stilling basin ท้ายน้ำ 4.60 เมตร (รทก.) รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1-3 เมื่อใช้เขื่อนเจ้าพระยายกระดับทางด้านเหนือน้ำให้สูงขึ้นจะต้องปล่อยให้น้ำไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาจำนวนหนึ่ง ซึ่งในการออกแบบไว้ครั้งแรกการปิด-เปิดประตูเขื่อนจะยอมให้ระดับน้ำเหนือและระดับน้ำท้ายเขื่อนต่างกันได้ไม่เกิน 9.00 เมตร กล่าวคือ เมื่อระดับน้ำเหนือน้ำอยู่ที่ 16.50 เมตร (รทก.) จะต้องปล่อยน้ำจำนวนหนึ่งให้ไหลผ่านเขื่อน แล้วมีระดับน้ำท้ายน้ำอยู่ที่ 7.50 เมตร (รทก.) เป็นต้น จะเห็นว่ากรณีดังกล่าวปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาจะเป็น free flow ดังรูปที่ 1-7 การวิเคราะห์การไหลกรณีที่ท้ายน้ำเป็น free flow จากรูปที่ 1-4 เขียนสมการของ energy ระหว่างรูปตัด 1-1 และรูปตัด 2-2 จะได้

$$V^2_1/2g + y_1 = V^2_2/2g + y_2 + h_f \qquad (1\text{-}2)$$

เมื่อ V_1 และ V_2 คือ อัตราความเร็วของการไหลที่รูปตัด 1-1 และ 2-2 ตามลำดับ

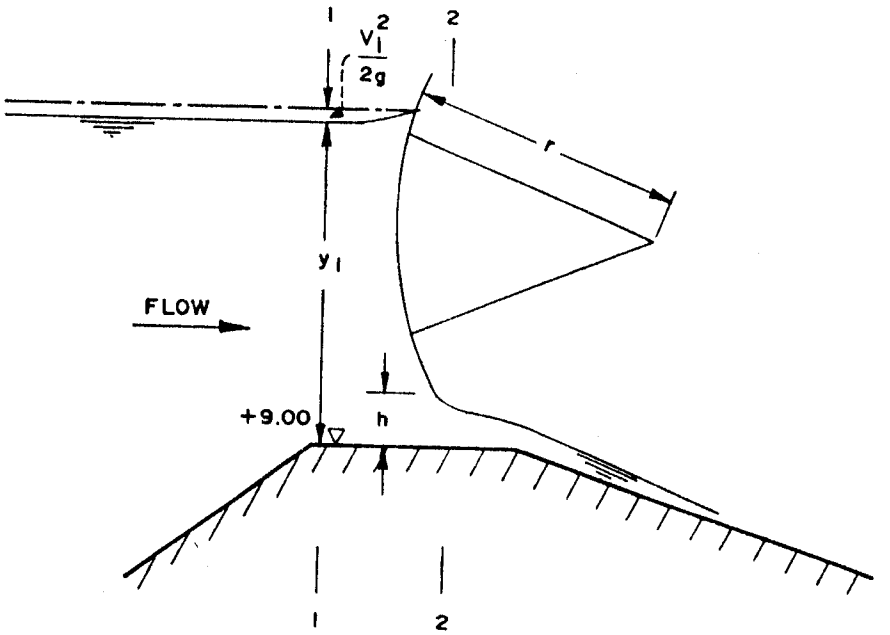
Y_1 และ Y_2 คือ ความลึกของน้ำที่รูปตัด 1-1 และ 2-2 ตามลำดับ

h_f คือ การสูญเสีย head เนื่องจากการไหลลอดใต้บานประตู และจากสมการ continuity จะได้



รูปที่ 1-3 รูปตัดทั่วไปของเขื่อนเจ้าพระยา

0 10 20
SCALE IN METRES



รูปที่ 1-4 ลักษณะการไหลของน้ำผ่าน ปตร. เขื่อนเจ้าพระยา

$$Y_1V_1 = Y_2V_2 = q \qquad (1\text{-}2)$$

โดยที่ q มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านต่อความกว้าง 1 หน่วย จากสมการ (1-1) และ (1-2) จะได้

$$y_1 + V^2{}_1/2g = y_2 + (q/y_2)^2/2g + h_f$$

$$q^2/2g\, y^2{}_2 = (y_1 - y_2) + V^2{}_1/2g - h_f$$

$$q = Y_2\sqrt{2g\left(Y_1 - Y_2\right) + V^2{}_1 / 2g - h_f} \qquad (1\text{-}3)$$

$$q = y_2 V_2 = C_c\, hV_2$$

หรือ $Y_2 = C_c h$

เมื่อ Cc = ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำ

กรณีที่การไหลเป็น free flow Y_2 มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ Y_1 และยากแก่การวัดและ h_f มีค่าน้อยควรให้รวมอยู่ในค่า C_c

ดังนั้นสมการที่ (1-3) กลายเป็น

$$q = C_c h \sqrt{2g(Y_1 + V^2_1 / 2g)}$$

$$Q = C_c L h \sqrt{2g(Y_1 + V_1^2 / 2g)} \qquad (1\text{-}4)$$

L = ความกว้างของช่องการไหล

เนื่องจากกรณีที่การไหลเป็น free flow ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านไม่มาก เมื่อเทียบกับค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่ออกแบบ ค่า $V_1^2/2g$ จึงมีค่าไม่มากนัก จึงให้รวมอยู่ในค่า C_c ซึ่งใช้แทนด้วยค่า C จะได้

$$Q = CLh \sqrt{2gY_1} \qquad (1\text{-}5)$$

นำค่า C ซึ่งคำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำโดยตรง และ Y_1/r (ซึ่ง r คือรัศมีของบานประตูโค้ง) ไป plot จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 1-5 และรูปที่ 1-6 ซึ่งสามารถใช้กราฟในรูปทั้งสองคำนวณปริมาณน้ำได้โดยตรง

เนื่องจากค่าปริมาณน้ำที่วัดได้ในสนามจริง ๆ มีมากพอที่จะ plot curve ได้เฉพาะอัตราส่วน h/r = 0.03 เท่านั้น ส่วนในการคำนวณหาค่า C เมื่อ h/r มีค่าอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ 0.03 หาได้จากรูปที่ 1-5 และในการหาค่า C เมื่อการเปิดบานประตูที่มี h/r = 0.03 หาได้จากรูปที่ 1-6 เมื่อได้ค่าปริมาณน้ำที่วัดได้จริง ๆ ในสนามกรณีที่เป็น free flow เพิ่มมากขึ้น ก็สามารถนำมาปรับปรุงกราฟสำหรับหาค่า C ให้ดีขึ้นได้

รูปที่ 1-5 เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบปริมาณน้ำที่ผ่านมาแล้ว ส่วนรูปที่ 1-6 เหมาะสำหรับใช้เป็นแนวทางในการ operate โดยพยายาม operate ให้ได้ค่า h/r = 0.03 จะทำให้หาค่า C เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

เขื่อนเจ้าพระยา

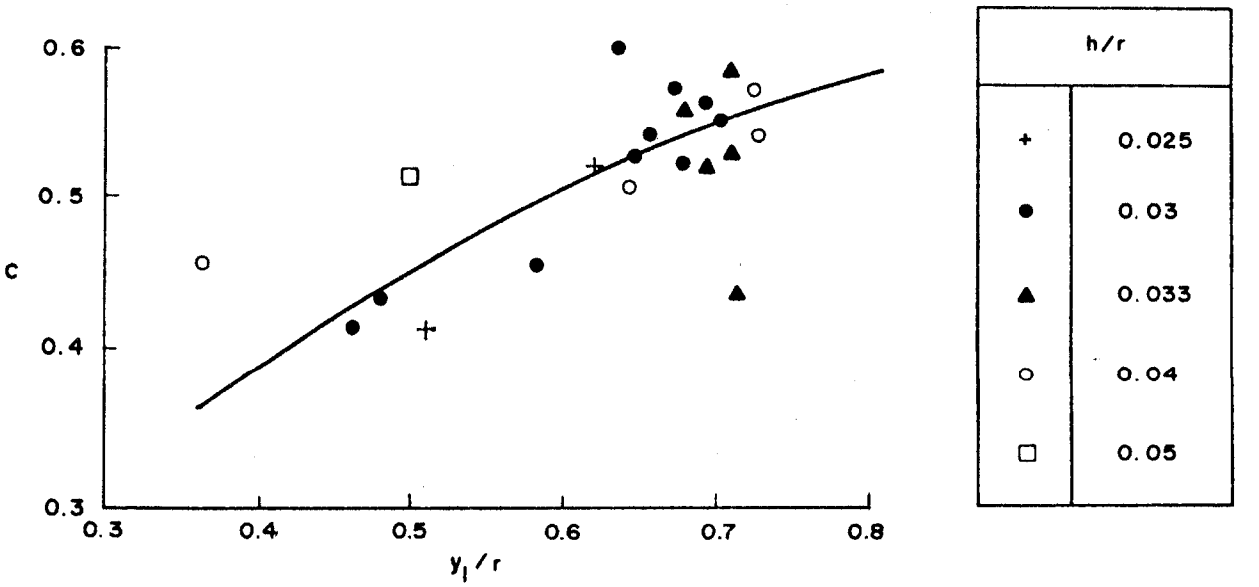
กรณีที่การไหลเป็น free flow

r = 10.00 เมตร บานประตูโค้งกว้างบานละ 12.50 เมตร รวม 16 บาน

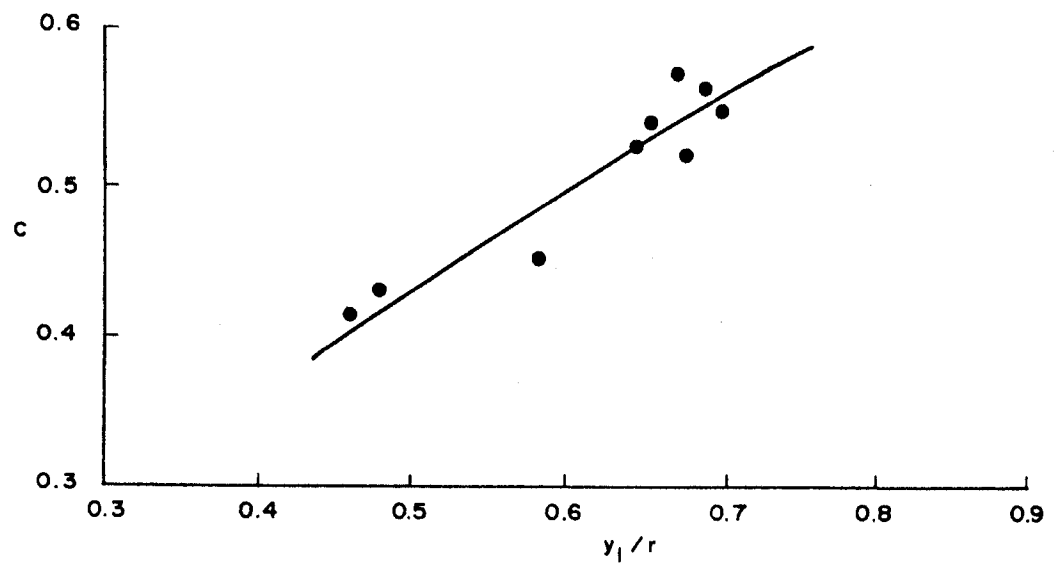
$$Q = CLh\sqrt{2gY_1}$$

ราคาระดับธรณีประตูเท่ากับ 9.00 เมตร (รทก.)

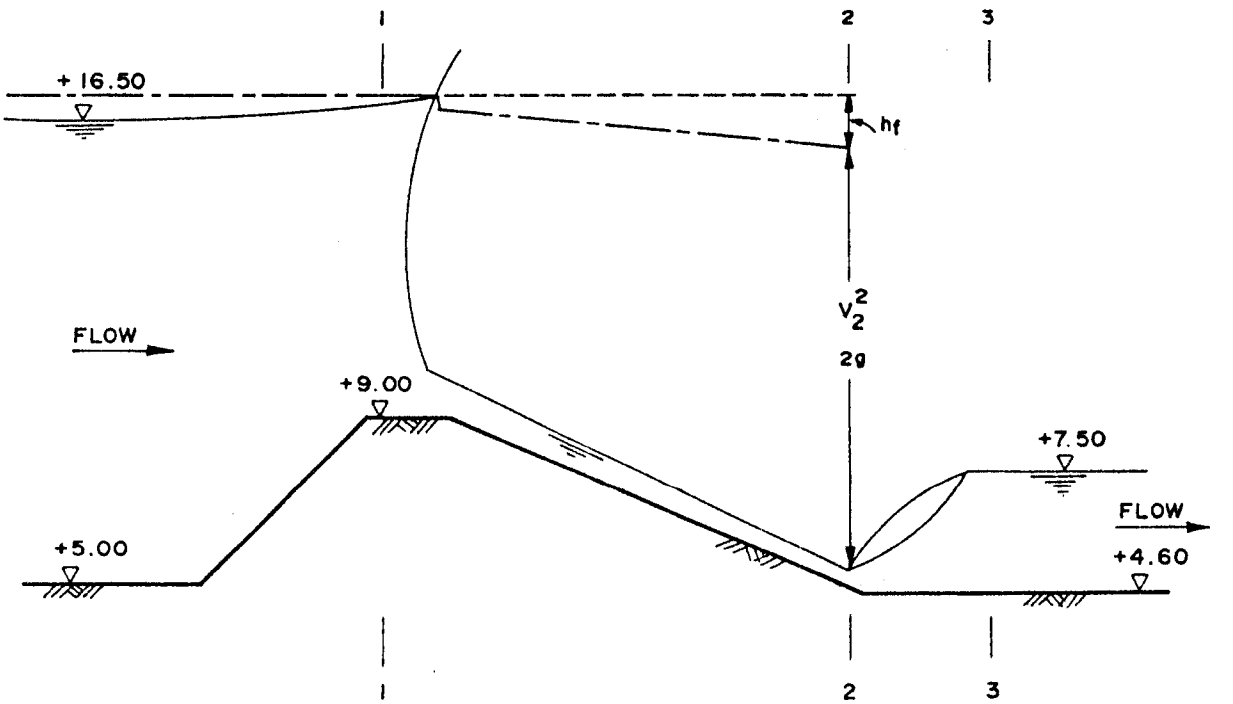
วัน	เดือน	ปี	ระดับน้ำเหนือน้ำ ม. รทก.	h x จำนวนบานประตูที่เปิด	Q cms.	y_1	y_1/r	h/r	$C = Q / Lh\sqrt{2gy_1}$
11	มี.ค	23	14.11	0.25 x 4	51.368	5.11	0.511	0.025	0.410
23	ม.ค	24	15.20	0.25 x 4	70.928	6.20	0.620		0.515
3	มี.ค	23	13.59	0.30 x 4	58.239	4.59	0.459	0.03	0.409
5	มี.ค	23	13.77	0.30 x 4	62.668	4.77	0.477		0.432
16	พ.ค	23	14.80	0.30 x 4	71.91	5.80	0.580		0.449
8	ม.ค	24	16.01	0.30 x 4	95.919	7.01	0.701		0.545
26	ม.ค	24	15.26	0.30 x 4	98.671	6.27	0.627		0.593
30	ม.ค	24	15.52	0.30 x 4	90.743	6.52	0.652		0.535
2	ก.พ	24	15.44	0.30 x 4	88.012	6.44	0.644		0.522
10	ก.พ	24	15.87	0.30 x 4	95.814	6.87	0.687		0.550
12	ก.พ	24	15.69	0.30 x 4	97.107	6.69	0.669		0.565
20	ก.พ	24	15.74	0.30 x 4	88.893	6.47	0.674		0.515
30	ธ.ค	23	16.09	0.35 x 4	93.903	7.09	0.709	0.035	0.431
5	ก.พ	24	16.11	0.35 x 4	108.597	7.11	0.711		0.525
7	ก.พ	24	16.08	0.35 x 4	119.175	7.08	0.708		0.578
3	เม.ย	24	15.81	0.35 x 4	112.347	6.81	0.681		0.555
6	เม.ย	24	15.90	0.35 x 4	105.232	6.90	0.690		0.577
28	ก.พ	24	12.60	0.40 x 4	75.990	3.60	0.360	0.04	0.452
6	ม.ค	24	16.25	0.40 x 4	127.875	7.25	0.725		0.536
18	ก.พ	24	16.17	0.40 x 4	133.855	7.17	0.717		0.564
30	มี.ค	24	15.36	0.40 x 4	111.960	6.39	0.639		0.500
31	มี.ค	23	13.98	0.50 x 4	126.157	4.98	0.498	0.05	0.511



รูปที่ 1-5 CURVE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า C และค่า Y_1/r สำหรับการไหลของน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาที่เป็น FREE FLOW และเปิดบานประตูระบายแต่ละบานเท่า ๆ กัน



รูปที่ 1-6 CURVE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า C และค่า $Y_{1/r}$ สำหรับ h/r = 0.03 ของการไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาที่เป็น FREE FLOW และเปิดบานประตูระบายแต่ละบานเท่า ๆ กัน



รูปที่ 1-7 ลักษณะทางชลศาสตร์ทั่วไปของเขื่อนเจ้าพระยา

1.4 การ operate เขื่อนเจ้าพระยาเมื่อการไหลท้ายน้ำเป็น free flow

การ operate เขื่อนเจ้าพระยาในที่นี้ จะพิจารณาในกรณีที่ระดับน้ำเก็บกักด้านเหนือน้ำสูงสุดอยู่ที่ 16.50 และทางด้านท้ายน้ำเป็น free flow หรือระดับน้ำท้ายน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับธรณีประตู ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการ operate เขื่อนเจ้าพระยาในฤดูแล้งหลักสำคัญในการ operate คือพยายามควบคุม hydraulic jump ให้เกิดใน stilling basin โดยอาศัย rating curve ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาช่วยในการคำนวณ

จากรูปที่ 1-7 สมมุติให้ velocity head เหนือเขื่อนที่รูปตัด 1-1 มีค่าน้อยมากไม่นำมาคิด และ head losses ของการไหลจากรูปตัด 1-1 ไปสู่รูปตัด 2-2 ไม่นำมาคิด ซึ่งเป็นไปในทางปลอดภัยมากขึ้น และไม่คิดการแผ่กระจายของน้ำระหว่างรูปตัดทั้งสอง

เขียนสมการของ energy ระหว่างรูปตัด 1-1 และรูปตัด 2-2 จะได้

$$V^2_1/2g + P_1/\gamma + Z_1 = V^2_2/2g + P_2/\gamma + Z_2 + \text{losses} \qquad (1\text{-}6)$$

สมมุติว่า head losses และ $V^2_1/2g$ มีค่าน้อยไม่นำมาคิด สมการ (1-6) กลายเป็น

$$P_1/\gamma + Z_1 = V^2_2/2g + P_2/\gamma + Z_2 \qquad (1\text{-}7)$$

หรือ $$y_1 + Z_1 = V^2_2/2g + y_2 + Z_2 \qquad (1\text{-}8)$$

$$Z_1 = 9 \, , Z_2 = 4.6$$

สมการ (1-8) กลายเป็น

$$y_2 + V^2_2/2g = (9 + 7.5) - 4.6 = 11.9 \text{ เมตร} \qquad (1\text{-}9)$$

ใช้สมการ (1-9) และ rating curve ท้ายเขื่อนตามรูปที่ 1-8 ประกอบการคำนวณสมมุติว่าต้องการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาลงไปทางท้ายน้ำ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จาก rating curve รูปที่ 1-8 ระดับน้ำท้ายน้ำ 6.60 เมตร

1.4.1 สมมุติว่าเขื่อนเจ้าพระยาเปิดบานประตู 6 บานเท่า ๆ กัน

$q = 80/12.5 \times 6 = 1.07$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อความกว้างหนึ่งเมตร

จากสมการ (1-9) สมมุติให้ Y_2 มีค่าเท่ากับ 0.071 เมตร

$V^2_2/2g = 11.9 - 0.07 = 11.829$ เมตร

$V_2 = 15.227$ เมตร

check

$q = Y_2V_2 = 0.071 \times 15.227$

$= 1.08$ ม^3/วินาที ต่อความกว้างหนึ่งเมตร O.K.

จากรูปที่ 1-7 เขียนสมการของ hydraulic jump ระหว่างรูปตัด 2-2 และรูปตัด 3-3 จะได้

$$Y_3 / Y_2 = \tfrac{1}{2}\left(\sqrt{1 + 8F_2^2} - 1\right) \qquad (1\text{-}10)$$

โดยที่

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} = \frac{15.227}{\sqrt{9.8 \times 0.07}} = 18.26$$

แทนค่า F_2 และ Y_2 ในสมการ (1-10) จะได้

Y_3 = 1.80 เมตร

เพื่อความปลอดภัย ความลึกท้ายน้ำตาม rating curve ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ Y_3 ความลึกจาก hydraulic jump ซึ่ง = 6.60-4.60 = 2.00 เมตร > Y_3

1.4.2 สมมุติว่าเขื่อนเจ้าพระยาเปิดบานประตู 7 บานเท่า ๆ กัน

$q = 80/12.5 \times 7 = 0.914$ ม^3/วินาที ต่อความกว้างหนึ่งเมตร

สมมุติให้ Y_2 มีค่าเท่ากับ 0.06 เมตร

$V^2_2/2g = 11.9 - 0.06 = 11.84$ เมตร

V_2 = 15.234 เมตร

check $q = V_2Y_2 = 15.234 \times 0.06 = 0.914$ ม^3/วินาทีต่อความกว้างหนึ่งเมตร

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} = \frac{15.234}{\sqrt{9.8}x0.06} = 19.86$$

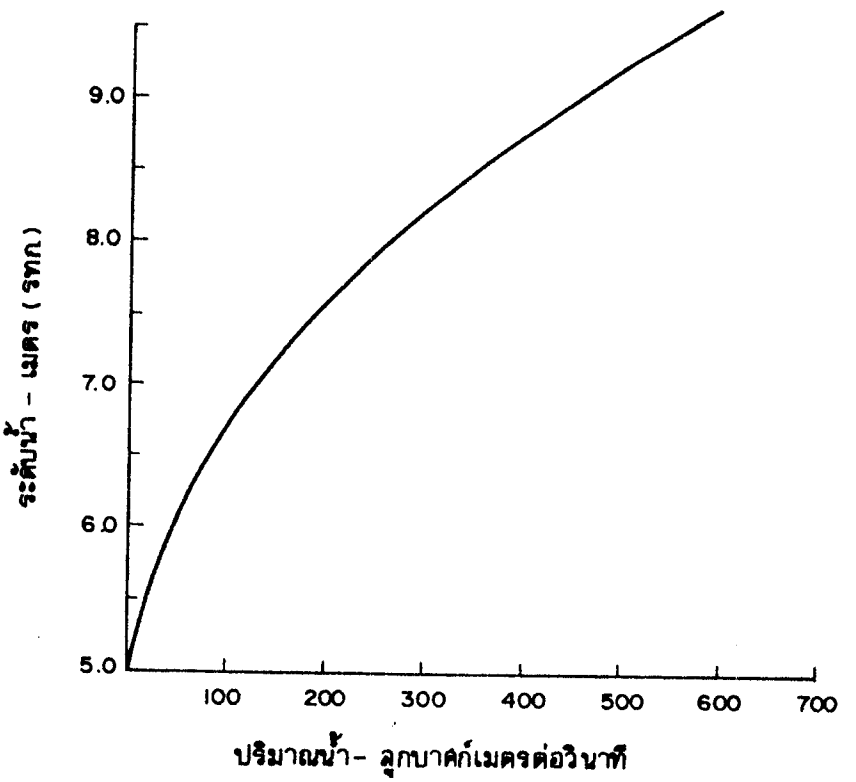
จากสมการ $$y_3 / y_2 = 1/2\left(\sqrt{1+8F_2^2} - 1\right)$$

แทนค่า F_2 และ Y_2 จะได้

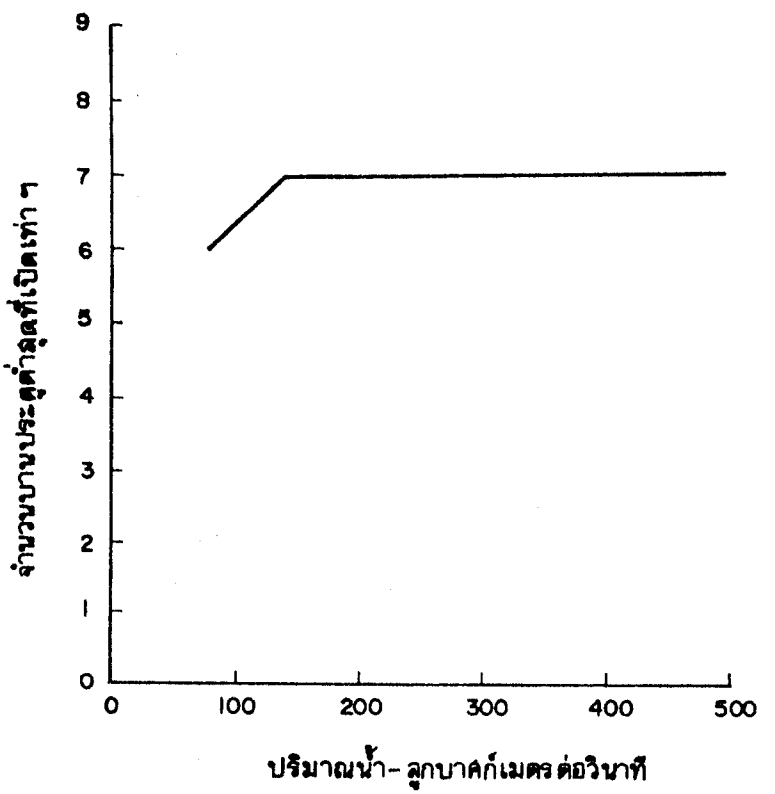
Y_3 = 1.66 เมตร

ซึ่งจะเห็นว่าค่า Y_3 กรณีที่เปิดบานประตู 6 บาน เท่า ๆ กัน มีค่ามากกว่า Y_3 กรณีที่เปิดบานประตู 7 บานเท่า ๆ กัน จึงเห็นได้ว่าถ้าปริมาณน้ำคงที่ การเปิดบานประตูจำนวนมากจะป้องกันการกัดเซาะด้านท้ายน้ำได้ดีกว่าการเปิดบานประตูจำนวนน้อย

เมื่อคำนวณเช่นเดียวกันนี้ โดยสมมุติค่าปริมาณน้ำต่าง ๆ กันสามารถนำรายละเอียดมา plot กราฟดังแสดงในรูปที่ 1-9 ได้



รูปที่ 1-8 RATING CURVE ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา



รูปที่ 1-9 จำนวณบานประตูต่ำสุดที่เปิด VS. ปริมาณน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะท้ายน้ำ

สิ่งพิมพ์ ม.ก. สำนักหอสมุด 110933
TC 513 T35 ฉ17 2538

1.5 การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายเมื่อเป็น submerged flow

การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายเมื่อท้ายน้ำ submerged ซึ่งมักเป็นกรณีที่เกิดขึ้นทั่วไปในโครงการเจ้าพระยา เนื่องจากความลาดเทของคลองมีน้อย จึงทำให้การ operate อาคารที่อยู่ในคลองส่งน้ำสายเดียวกันมีผลกระทบไปถึงท้ายน้ำของอาคารเหนือน้ำ

U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station (5) ได้พัฒนาสูตรสำหรับใช้คำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายกรณีที่เป็น submerged flow โดยได้ดัดแปลงมาจากสูตรของ standard orifice

$$Q = CLG_0\sqrt{2gh}$$

หรือ $$Q(G_o / h_s) = CLG_o(G_o / h_s)\sqrt{2gh}$$

$$Q = C_s LG_o \ (h_s / G_o)\sqrt{2gh}$$

$$Q = C_s Lh_s\sqrt{2gh} \qquad (1\text{-}11)$$

ซึ่ง $$C_s = C(G_0 / h_s)$$

G_o	=	การเปิดบานประตู
Q	=	ปริมาณน้ำ
C_s	=	สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำเมื่อการไหลเป็น submerged flow
L	=	ความกว้างของช่องประตูระบาย
h_s	=	ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
g	=	อัตราเร่งเนื่องจากศูนย์ถ่วง
h	=	ผลต่างของ head ทั้งหมดระหว่างเหนือน้ำและท้ายน้ำ ซึ่งรวมถึง approach velocity head ด้วย

ซึ่งสูตรที่กล่าวนี้ใช้กับประตูระบายที่มีระดับธรณีประตูต่ำ และระดับน้ำท้ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับธรณีประตู

ได้ใช้สูตรนี้ทดลองในห้องทดลองกับประตูระบายที่มีบานโค้งโดยการวัดปริมาณน้ำผ่านประตูระบายที่เปิดบานประตูที่ค่าต่าง ๆ แล้ว จึงคำนวณค่า C_s ในแต่ละปริมาณน้ำที่วัดได้จากสูตร

$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}}$$

นำค่า C_s ที่สัมพันธ์กับค่า h_s/G_o ที่ได้จากการทดลองไป plot ในกระดาษ log-log จะได้ค่าเป็นเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 1-10

ในระบบชลประทาน อัตราความเร็วของน้ำในคลองมีค่าต่ำ velocity head จึงมีค่าน้อย กับเพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติในสนาม ค่า h จึงใช้ผลต่างระหว่างระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำ

กรณีที่การไหลเป็น submerged flow นอกจากจะใช้สมการดังกล่าวกับประตูระบายบานโค้งแล้ว ยังใช้สูตรนี้กับอาคารชลประทานอื่น ๆ ได้อีก คือ

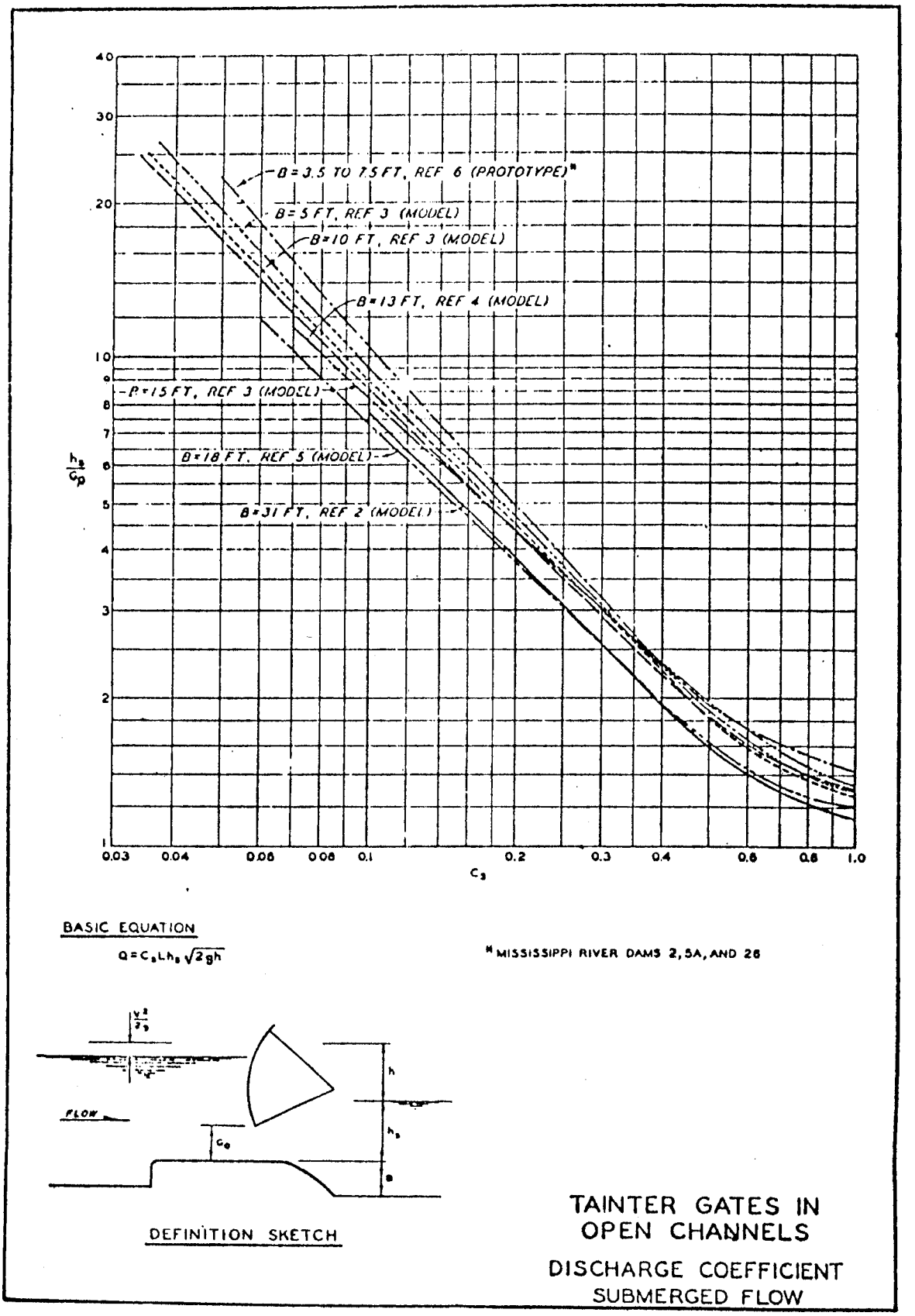
1) ประตูระบายบานตรง
2) ไซฟอน
3) ประตูระบายเป็นท่อสี่เหลี่ยม
4) ประตูระบายเป็นท่อกลม

สำหรับไซฟอนนั้นเหมาะสำหรับไซฟอนที่เป็นท่อกลม และท่อสี่เหลี่ยม เพราะสะดวกในการหาค่าการปิดเปิดบานประตู ซึ่งอาคารต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วได้แสดง calibration curves ไว้ใน (1)

นอกจากนี้ยังต้องการเปรียบเทียบให้เห็นว่าที่ประตูระบายบรมธาตุ ประกอบด้วยบานประตูโค้ง 4 บาน เมื่อเปิดบานประตู 4 บานเท่า ๆ กัน ได้ calibration curve เป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 1-11 และในกรณีที่เปิดบานประตู 3 บานเท่า ๆ กัน ก็ได้ calibration curve เป็นเส้นตรง เช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 1-12

จากประสบการณ์ในการหา calibration curve ของอาคารต่าง ๆ ทั้งโครงการเจ้าพระยา และโครงการชลประทานแม่กลอง สามารถสรุปประเด็นที่สำคัญ ๆ ในการจัดทำ calibration curve ได้ดังต่อไปนี้

จากข้อมูลในสนาม ถ้านำค่า C_s และค่า h_s/G_o ไป plot ในกระดาษ log-log แล้วได้ค่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และจากการสังเกตุในสนามพบว่าการไหลของน้ำผ่านอาคารนั้นเป็น submerged flow ก็



รูปที่ 1-10 Calibration curve ของ U.S. Army Corps of Engineers

สามารถใช้สูตรดังกล่าวนี้กับอาคารรูปร่างนั้น ๆ ได้ ดังเช่นที่ใช้ได้กับประตูระบาย หรือไฟซอนที่เป็นท่อลอด กลมจากข้อมูลในสนามที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานสำคัญ ๆ เกือบร้อยแห่ง ทั้งในโครงการชลประทานเจ้าพระยาและแม่กลอง พบว่า

1) ความสัมพันธ์ของค่า C_s และ h_s/G_o จะไม่เป็นเส้นตรง เมื่อ

1.1) เปิดบานประตูมาก ๆ เกือบพ้นน้ำ

1.2) เปิดบานประตูน้อย ๆ

2) การวัดปริมาณน้ำที่การเปิดบานประตูต่างกันหลาย ๆ จุด ยิ่งได้จุดมากเท่าใด curve ที่ได้จะมีความถูกต้องมาก

3) เมื่อมีจุดน้อย ๆ ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ของ C_s และ h_s/G_o จะเป็นเส้นตรงก็ตาม การต่อ curve ออกไปจะทำให้ค่าที่ได้ไม่ค่อยถูกต้อง

4) การวัดปริมาณน้ำในสนามควรให้ครอบคลุมช่วงที่ใช้ operate อาคาร จึงจะทำให้การใช้ curve คำนวณปริมาณน้ำได้ค่าที่ถูกต้อง

5) ถ้ามีการขุดลอกคลองท้ายอาคาร หรือลักษณะทางกายภาพของคลองท้ายอาคารเปลี่ยนแปลงไปจะโดยวิธีใดก็ตาม ควรจะได้วัดปริมาณน้ำเพื่อสร้าง curve ใหม่

6) จากข้อ 1) จะเห็นได้ว่า curve นี้ไม่สามารถใช้ได้กับอาคารที่ยกบานประตูพ้นน้ำ

1.5.1 การหา calibration curve สำหรับใช้คำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบาย,ไซฟอนและท่อกลม

การหา calibration curve ที่จะยกมาเป็นตัวอย่างในที่นี้ประด้วย calibration curve ของประตูระบายบรมธาตุ กรณีที่เปิดบานประตู 4 บาน เท่า ๆ กัน และกรณีที่เปิดบานประตู 3 บาน เท่า ๆ กัน และ calibration curve ของไฟฟอน กม. 2.700 ของคลอง 1 ซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก ซึ่งเป็นท่อสี่เหลี่ยมสามท่อวางขนานกัน และท่อมีความยาวประมาณ 80 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1-13 ส่วน calibration curve ของท่อกลม คือประตูระบายกลางคลอง 1 ซ้าย กม. 13.410 ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก เช่นเดียวกันประกอบด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร จำนวน 5 ท่อ ดังแสดงในรูปที่ 1-14

1.5.2 การคำนวณปริมาณน้ำผ่าน ปตร. กลางคลอง กม. 8.000 ของคลอง 1 ซ้ายโครงการโพธิ์พระยา

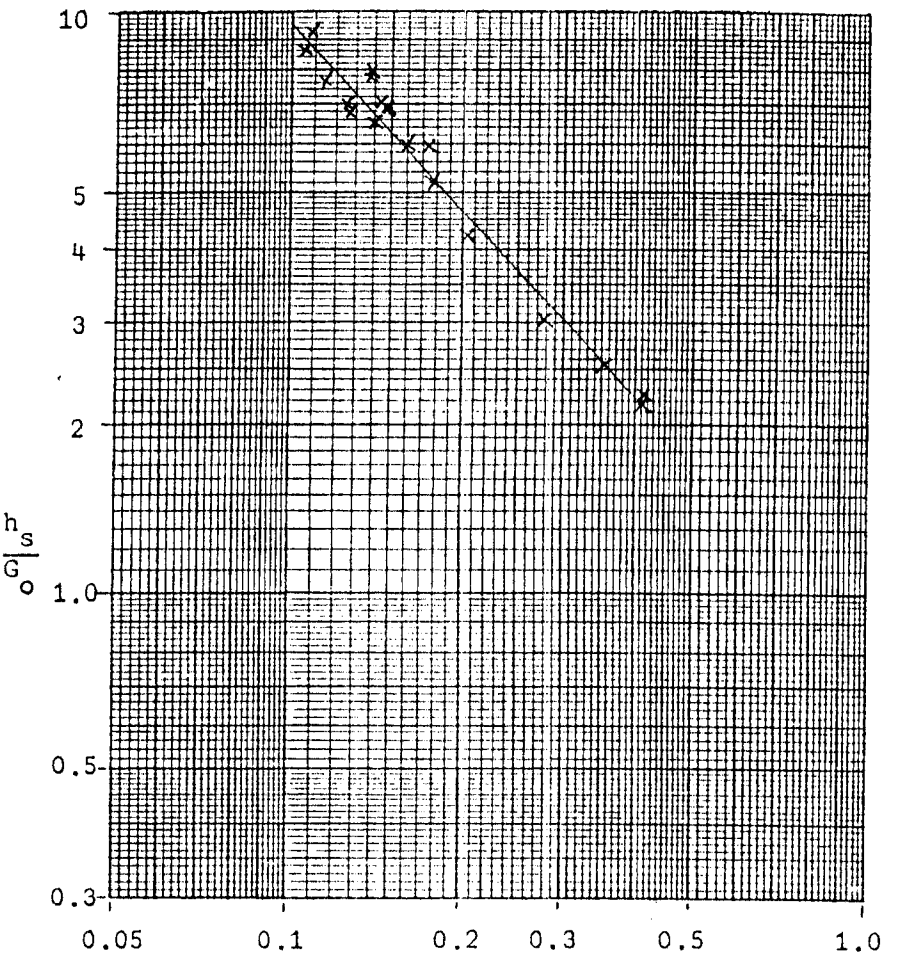
ปตร. กลางคลอง 1 ซ้าย กม. 8.000 ของโครงการโพธิ์พระยามีลักษณะเป็นท่อลอดครึ่งวงกลมคว่ำลง 2 ท่อ แต่ละท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.01 เมตร ระดับที่เส้นผ่าศูนย์กลางหรือระดับธรณีประตู คือ 2.26 และระดับส่วนบนของท่อ คือ 4.265 หรือรัศมีของท่อเท่ากับ 2.005 เมตร รายละเอียดของท่อดังแสดงในรูปที่ 1-15

ประตูระบายบรมธาตุ โครงการบรมธาตุ

ราคาระดับที่ธรณีประตู 9.60 เมตร (รทก.) ราคาระดับที่เสาระดับถูกต้อง

ความกว้างของบานประตู 6.00 x 4 = 24.00 เมตร (บานโค้ง)

ระดับน้ำ - เมตร รทก.		h	$\sqrt{2gh}$	h_s	G_o	h_s/G_o	Q	C_s
เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ		เมตร	เมตร	เมตร		ม.^{3}/วินาที	
เปิดบานประตู 4 บานเท่ากัน								
16.50	12.69	3.81	8.64	3.05	0.45	6.777	80.24	.127
14.27	11.75	2.52	7.03	2.15	0.33	6.515	50.788	.140
14.29	11.98	2.31	6.73	2.38	0.35	6.80	56.004	.146
14.22	11.95	2.27	6.67	2.35	0.30	7.833	52.051	.138
14.30	11.70	2.60	7.14	2.10	0.30	7.00	45.84	.127
13.70	11.82	1.88	6.07	2.22	0.35	7.928	44.81	.139
16.52	15.40	1.12	4.69	5.80	2.60	2.23	275.68	.418
16.96	15.40	1.56	5.53	5.80	2.25	2.58	272.75	.354
16.60	15.38	1.22	4.89	5.78	2.65	2.181	282.86	.417
16.24	14.45	1.79	5.92	4.85	1.60	3.031	191.39	.278
16.05	13.25	2.80	7.41	3.65	0.60	6.08	111.77	.172
16.08	13.25	2.83	7.45	3.65	0.60	6.083	104.25	.160
16.54	13.22	3.22	7.94	4.00	0.56	7.143	108.46	.142
16.54	13.60	2.94	7.59	3.58	0.85	4.212	133.29	.204
16.54	13.18	3.36	8.16	2.95	0.56	5.27	102.23	.178
16.55	12.35	4.00	8.85	2.61	0.28	9.32	59.76	.108
15.60	12.47	3.13	7.83	2.87	0.33	8.70	56.53	.105
15.89	12.55	3.34	8.09	2.95	0.38	7.76	67.14	.117
เปิดบานประตู 3 บาน เท่ากัน								
12.36	11.61	0.75	3.83	2.01	0.45	4.67	23.427	.17
16.55	13.75	2.80	7.41	4.15	1.25	3.32	149.742	.27
16.52	13.73	2.79	7.39	4.13	1.23	3.36	150.95	.275
16.54	14.25	2.29	6.70	4.65	1.70	2.74	184.05	.328
16.52	15.45	1.07	4.60	5.85	3.50	1.67	263.47	.54
16.49	15.45	1.04	4.51	5.85	3.50	1.67	265.632	.56
16.52	15.24	1.28	5.01	5.64	3.00	1.88	259.86	.51



$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}} \quad x \quad \text{จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ}$$

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ บรมธาตุ

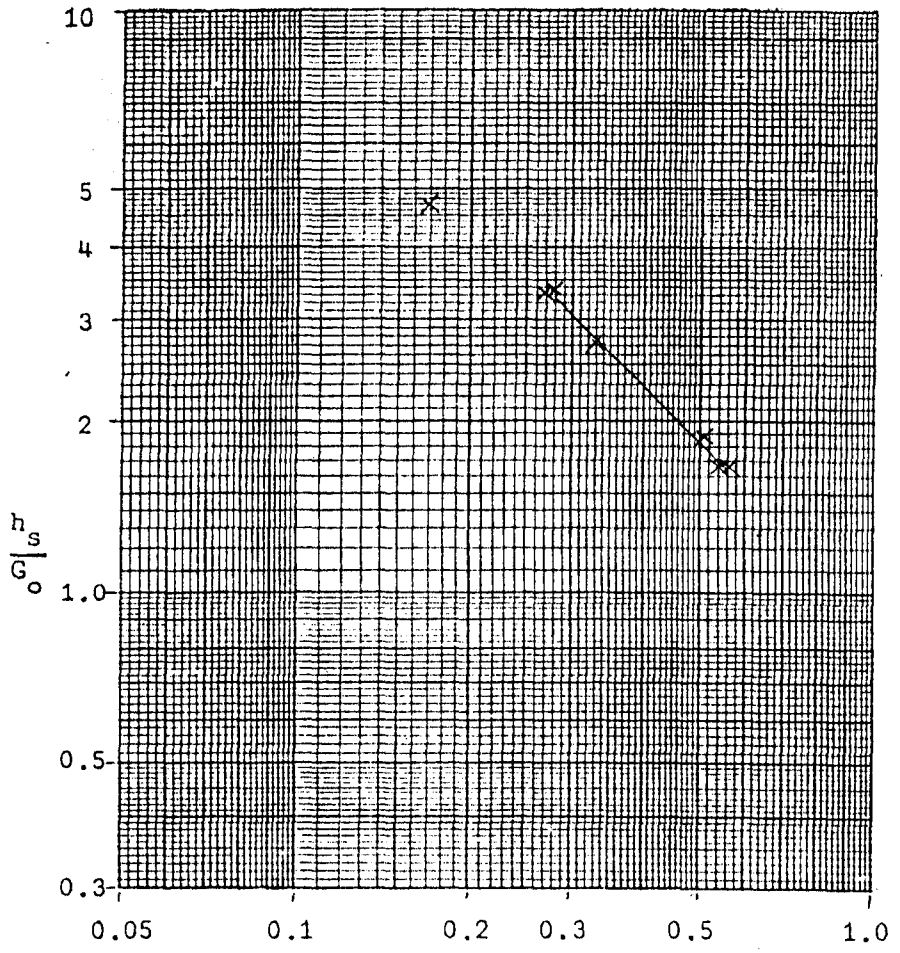
ชื่ออาคาร ประตูระบายบรมธาตุ

ลักษณะอาคาร
- บานประตู - จำนวน, ชนิด, ความกว้าง - 4 - บานโค้ง - 6.00 เมตร
- ระดับธรณีประตู (เมตร) 9.40
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 24

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_o)
2. คำนวณค่า h_s = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_s/G_o
4. ใช้ค่า h_s/G_o ที่คำนวณได้หาค่า C_s จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_s\, Lh_s\, \sqrt{2gh}$

รูปที่ 1-11 Calibration curve ของ ปตร. บรมธาตุกรณีที่เปิดบานประตู 4 บาน เท่า ๆ กัน



$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}}$$ x จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ บรมธาตุ

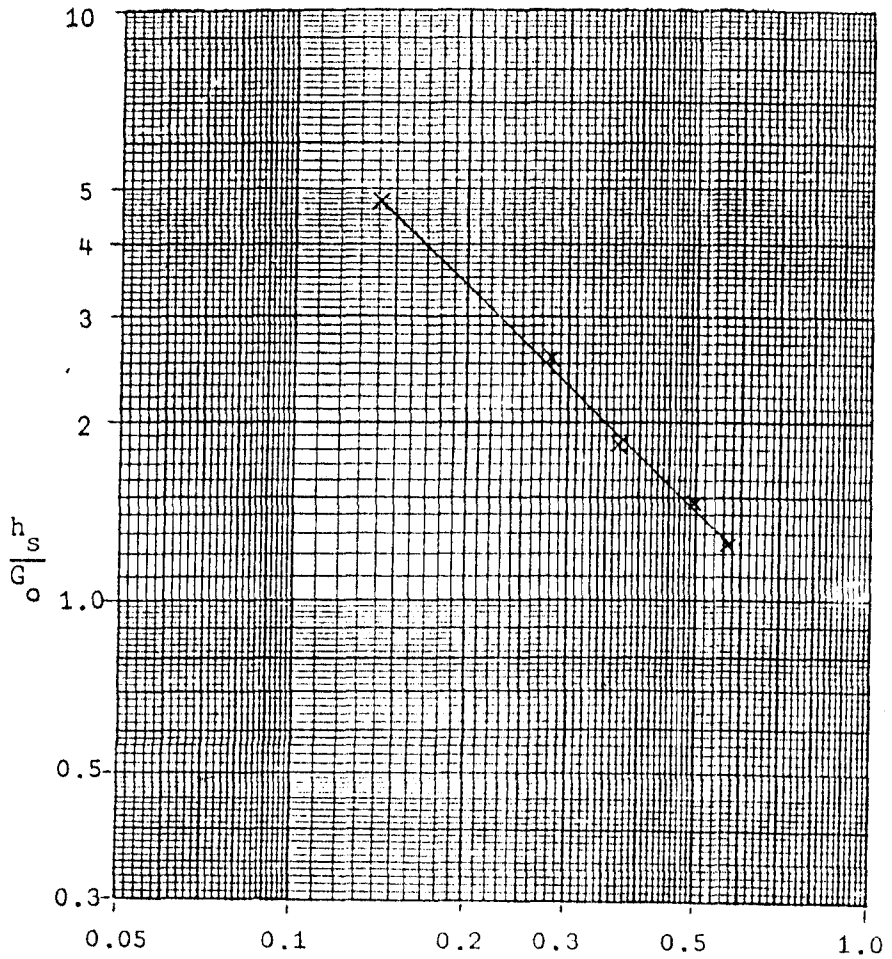
ชื่ออาคาร ประตูระบายบรมธาตุ

ลักษณะอาคาร
- บานประตู - จำนวน, ชนิด, ความกว้าง - 3 - บานโค้ง - 6.00 เมตร
- ระดับธรณีประตู (เมตร) 9.60
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 18

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_o)
2. คำนวณค่า h_s = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_s/G_o
4. ใช้ค่า h_s/G_o ที่คำนวณได้หาค่า C_s จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_s Lh_s \sqrt{2gh}$

รูปที่ 1-12 Calibration curve ของ ปตร. บรมธาตุกรณีที่เปิดบานประตู 3 บาน เท่า ๆ กัน



$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}} \quad x \quad \text{จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ}$$

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ สามชุก

ชื่ออาคาร ไซฟอน กม. 2.700 ของคลอง 1 ซ้าย

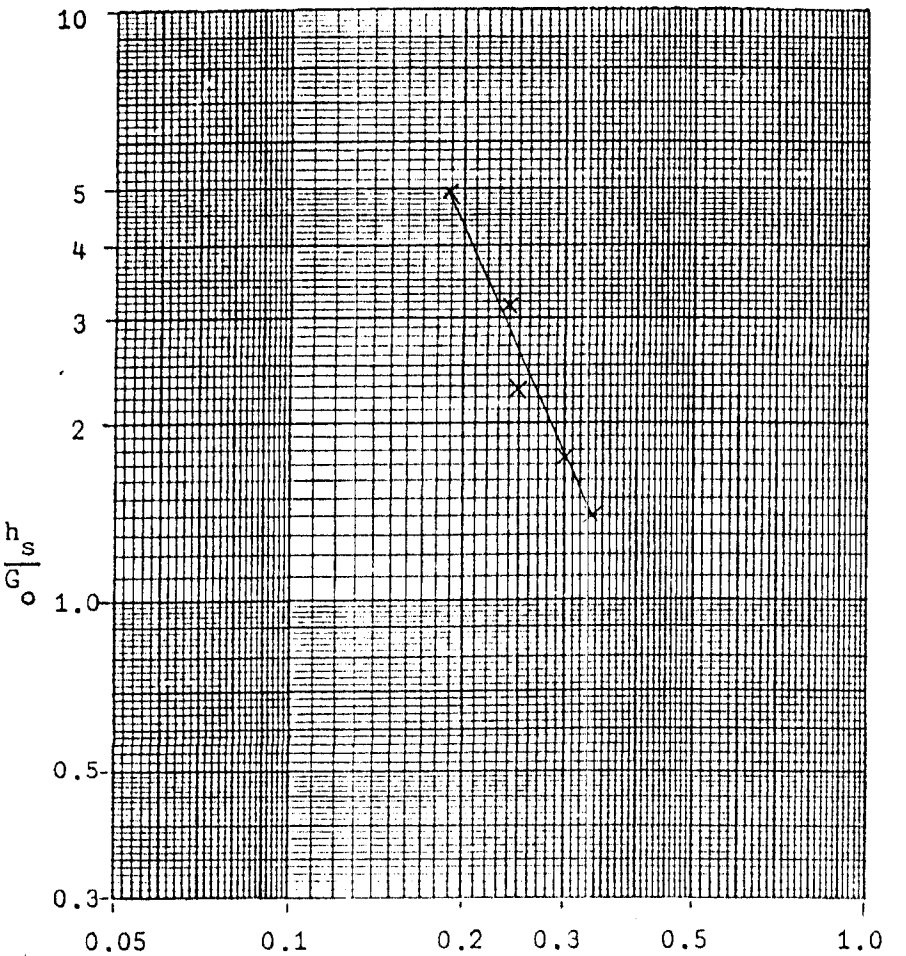
ลักษณะอาคาร - บานประตู - จำนวน, ชนิด, ความกว้าง - 3 - บานโค้ง - 1.50 เมตร

- ระดับธรณีประตู (เมตร) 7.528
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 4.50

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_O)
2. คำนวณค่า h_S = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_S/G_O
4. ใช้ค่า h_S/G_O ที่คำนวณได้หาค่า C_S จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_S\, Lh_S\, \sqrt{2gh}$

รูปที่ 1-13 Calibration curve ของไซฟอน กม. 2.700 ของคลอง 1 ซ้าย



$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}}$$ x จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ สามชุก

ชื่ออาคาร ไซฟอน กม. 2.700 ของคลอง 1 ซ้าย

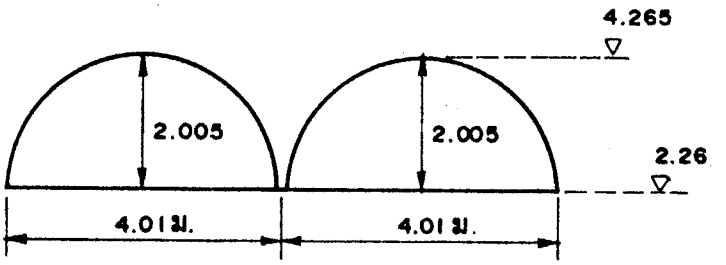
ลักษณะอาคาร - บานประตู - จำนวน, ชนิด, ความกว้าง - 3 - บานโค้ง - 1.50 เมตร

- ระดับธรณีประตู (เมตร) 7.528
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 4.50

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_o)
2. คำนวณค่า h_s = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_s/G_o
4. ใช้ค่า h_s/G_o ที่คำนวณได้หาค่า C_s จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_s Lh_s \sqrt{2gh}$

รูปที่ 1-14 Calibration curve ของ ปตร. กลางคลอง 1 ซ้าย กม. 13.400



รูปที่ 1-15 แสดงรูปตัดของ ปตร. บริเวณที่น้ำไหลผ่าน

ใช้สูตรของ U.S. Corps of Engineers กรณีที่ท้ายน้ำ submerged ในการสร้าง curve เพื่อใช้ในการคำนวณ สูตรดังกล่าวนี้ คือ

$$Q = C_s h_s L\sqrt{2gh}$$

ซึ่ง Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

C_S = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำกรณีที่การไหลท้ายน้ำ submerged

h_S = ระดับน้ำท้ายน้ำ-ระดับธรณีประตู

L = ความกว้างของทางน้ำ

ซึ่ง h = ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำ

$$C_s = \frac{Q}{h_s L\sqrt{2gh}}$$

สำหรับอาคารนี้ ราคาระดับธรณีประตู = 2.26

L = 4.01 x 2 = 8.02 เมตร

ปรากฏว่าเมื่อนำค่า C_S และ h_S/G_O ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำในสนามไป plot ในกระดาษ log-log แล้ว ได้ความความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 1-16

ประตูระบายกลางคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย กม. 8.000 โครงการโพธิ์พระยา

ราคาระดับธรณีประตู 2.26 เมตร (รทก.)

ท่อครึ่งวงกลมกว้าง 4.01 x 2 = 8.02 เมตร บานประตูตรง

ระดับน้ำ - เมตร รทก.

เหนือน้ำ	เหนือน้ำที่แก้แล้ว	ท้ายน้ำ	h	$\sqrt{2gh}$	h_s	G_o	h_s/G_o	Q	C_s
5.855	5.830	4.48	1.35	5.14	2.22	0.15	14.80	8.058	.088
5.785	5.760	4.630	1.13	4.71	2.37	0.30	7.90	12.304	.137
5.685	5.660	4.755	0.905	4.21	2.495	0.50	4.99	15.931	.189
5.575	5.550	4.855	0.695	3.69	2.595	0.75	3.46	20.929	.273
5.610	5.585	5.090	0.495	3.11	2.830	1.00	2.83	21.397	.303
5.530	5.505	5.130	0.375	2.71	2.870	1.30	2.21	25.573	.410
5.465	5.420	5.175	0.245	2.19	2.915	1.60	1.82	27.689	.540
5.414	5.390	5.20	0.19	1.93	2.940	2.005	1.47	29.480	.650

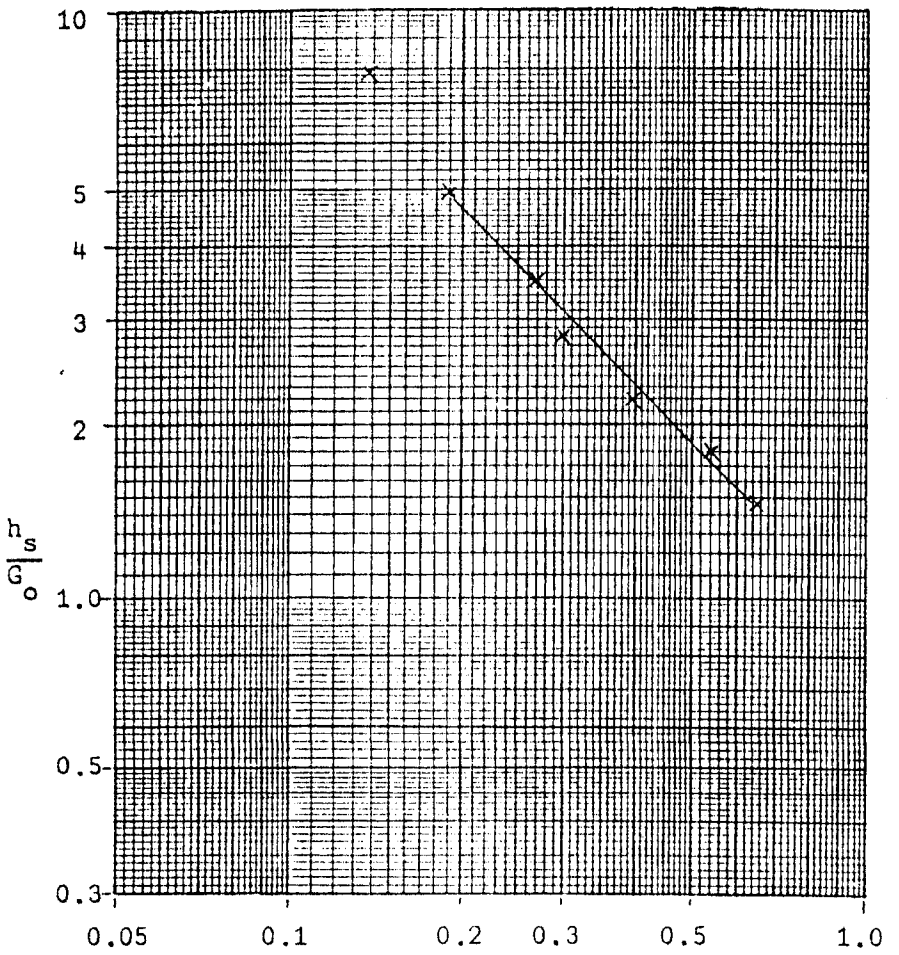
1.6 การคำนวณปริมาณน้ำผ่านไซฟอนพระธรรมราชา โครงการรังสิตเหนือ

จากข้อมูลการวัดปริมาณน้ำผ่านไซฟอนพระธรรมราชาในสนาม สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหา curve สำหรับใช้คำนวณหาค่าปริมาณน้ำไหลผ่านเมื่อทราบค่า head losses (head losses คือความแตกต่างระหว่างระดับน้ำที่เสาระดับทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของไซฟอน โดยสมมุติให้ velocity head มีค่าน้อยไม่นำมาคิด) ในทางกลับกันเมื่อทราบค่าปริมาณน้ำก็สามารถคำนวณหาค่า head losses ได้ดังต่อไปนี้

Head losses เมื่อน้ำไหลผ่านไซฟอน

H_L = Entrance losses + friction losses + bend losses + exit losses.

$$= K_1 V^2/2g + f\, L/D\, V^2/2g + K_2 V^2/2g + K_3 V^2/2g$$



$$C_s = \frac{Q}{Lh_s\sqrt{2gh}}$$ x จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ โพธิ์พระยา

ชื่ออาคาร ประตูระบายกลางคลอง กม. 8.000

ลักษณะอาคาร - บานประตู - จำนวน , ชนิด, ความกว้าง - 2 - บานตรง - 4.01 เมตร

- ระดับธรณีประตู (เมตร) 2.26
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 8.02

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_o)
2. คำนวณค่า h_s = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_s/G_o
4. ใช้ค่า h_s/G_o ที่คำนวณได้หาค่า C_s จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_s\, Lh_s\, \sqrt{2gh}$

รูปที่ 1-16 Calibration curve ของ ปตร. กลางคลอง 1 ซ้าย กม. 8.000 โครงการโพธิ์พระยา

หรือ $= K \quad V^2/2g$

ไซฟอนพระธรรมราชาประกอบด้วยท่อ 2 ท่อ มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ แต่ละท่อเมื่อน้ำไหลเต็มมีพื้นที่หน้าตัดท่อละ 10 ม.^{2} ดังนั้นการคำนวณปริมาณน้ำผ่านไซฟอนโดยคิดว่าการไหลท้ายไซฟอน submerged โดยอาศัยสูตรของ U.S. Corps of Engineers จึงไม่สะดวก

จากข้อมูลการวัดปริมาณน้ำในสนามคือ

Q_1	=	44.21 cms.	มี	H_L	=	0.38 เมตร
Q_2	=	34.594 cms.	มี	H_L	=	0.21 เมตร
Q_3	=	37.334 cms.	มี	H_L	=	0.25 เมตร

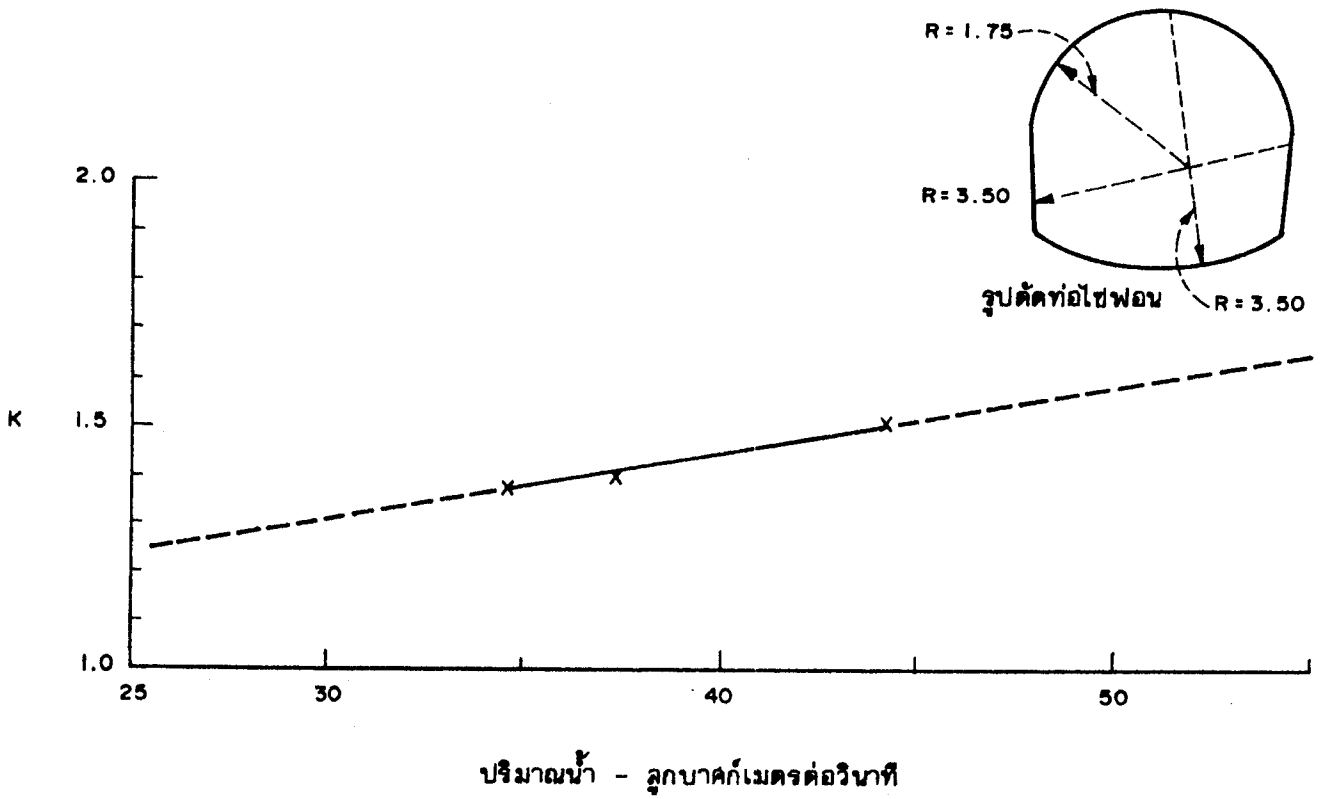
และจากสมการ $Q = A \times V$ และ $H_L = K \quad V^2/2g$ สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

เมื่อ	Q	=	44.21 cms.	K	=	1.526
	Q	=	34.593 cms.	K	=	1.376
	Q	=	37.334 cms.	K	=	1.40

เมื่อนำค่า Q และ K ไป plot ในกระดาษกราฟจะได้ความสัมพันธ์โดยประมาณเป็นเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 1-17

การใช้ curve เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณน้ำทำได้ดังนี้

จากข้อมูลในสนามสามารถนำมาหาค่า H_L ได้ ซึ่งเท่ากับความแตกต่างของระดับน้ำเหนือและท้ายไซฟอน สมมุติค่า Q จากกราฟสามารถหาค่า K ได้ เมื่อทราบค่า Q และส่วนใหญ่น้ำไหลเต็มท่อไซฟอน จึงสามารถคำนวณหาค่า V ได้ และสามารถคำนวณหาค่า H_L จากสมการ $H_L = K \; V^2/2g$ ได้ ถ้าค่า H_L ที่คำนวณได้ไม่เท่ากับค่า H_L ที่หาได้ในสนาม ให้สมมุติค่า Q ขึ้นใหม่ ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจน ได้ค่า H_L จากการคำนวณเท่ากับค่า H_L ที่หาได้ในสนาม ค่า Q ที่สมมุติขึ้นคือ ค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านไซฟอน

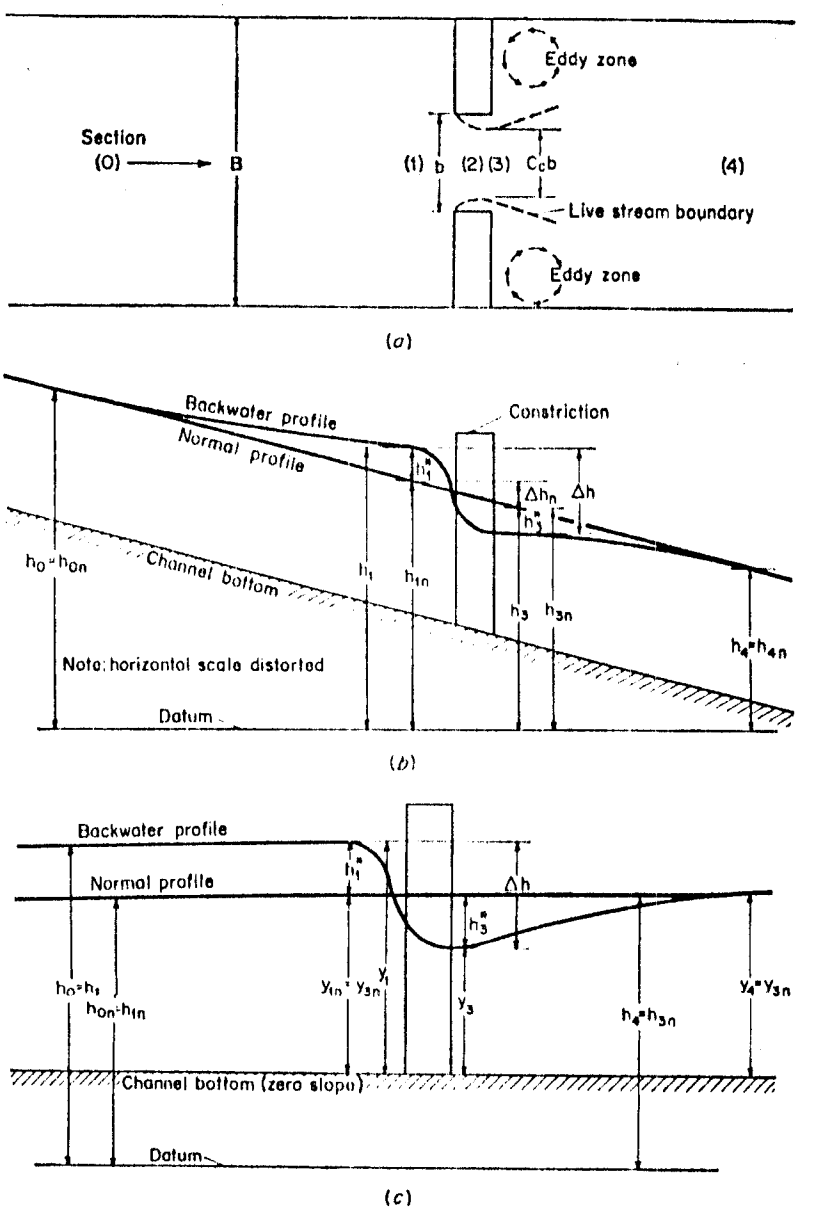


รูปที่ 1-17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q และ K ไซฟอนพระธรรมราชาโครงการรังสิตเหนือ

1.7 กรณีเปิดบานประตูอาคารชลประทานพ้นน้ำ

การเปิดบานประตูอาคารชลประทานพ้นน้ำ อาจกระทำในกรณีที่ต้องการรับน้ำชลประทานเข้าในคลองส่งน้ำเป็นปริมาณมาก หรือในกรณีที่เกิดอุทกภัย ซึ่งต้องการระบายน้ำออกทางท้ายน้ำเป็นปริมาณมาก การไหลของน้ำผ่านอาคารชลประทานกรณียกบานประตูพ้นน้ำมีลักษณะเช่นเดียวกันการไหล subcritical ผ่านทางน้ำที่ถูกบีบลง (subcritical flow through constrictions)

ลักษณะการไหล subcritical ผ่านทางน้ำที่ถูกบีบลง เมื่อพื้นที่ทางน้ำไหลถูกบีบลดลง จะเกิด friction ควบคุมการไหล uniform ในทางน้ำ prismatic ที่เป็น mild slope (รูปที่ 1-18) จะเกิด backwater เป็นรูป M1 profile ขึ้นทางเหนือน้ำของทางน้ำที่ถูกบีบ จุดสุดของ backwater ทางเหนือน้ำอยู่ที่รูปตัด (o) ใกล้บริเวณที่ทางน้ำถูกบีบ ที่รูปตัด (1) ศูนย์กลางของแท่งน้ำเริ่มมีอัตราเร่ง อัตราหน่วงเกิดตามขอบนอกของทางน้ำ และ separation zones เกิดที่มุมใกล้บริเวณถูกบีบ ตำแหน่งของรูปตัด (1) โดยประมาณอาจใช้ที่จุดซึ่งอยู่เหนือศูนย์กลางของช่องเท่ากับความกว้าง ระหว่างรูปตัด(o) และรูปตัด (1) การไหลเป็น gradually varied



รูปที่ 1-18 แสดงรายละเอียดการไหลผ่านทางน้ำที่ถูกบีบ (ก) **plan**
(ข) **elevation** (ค) **elevation** โดยสมมุติให้ **friction loss** เป็นศูนย์ (Chow (6))

หมายเหตุ : ตามรูปข้างบนเป็นกรณีทั่วไปที่มักพบเห็นในทางปฏิบัติ แต่ถ้าผิวน้ำในช่วงที่ถูกบีบลดลงต่ำกว่า critical depth จะทำให้เกิด supercritical flow เมื่อมีการไหลกลับสู่ subcritical flow อีกจะเกิด hydraulic jump ท้ายทางน้ำที่ถูกบีบ กรณีนี้ไม่เกี่ยวกับที่อธิบายในรูปที่ 1-18

ฌ บริเวณที่ทางน้ำถูกบีบลง การไหลเป็น rapid varied โดยเกิดอัตราเร่งทั้งในทิศทางที่ตั้งฉากและขนานกับ streamlines ผิวน้ำตามความยาวตกลงอย่างรวดเร็วในบริเวณนี้ ในบริเวณที่ถูกบีบ การไหลสัมผัสกับความกว้างน้อยกว่าความกว้างจริง ๆ ของช่อง และระยะระหว่างขอบของแท่งน้ำที่ไหลและขอบของช่องทางน้ำ คือ separation zones ซึ่งเต็มไปด้วยน้ำที่ไหลปั่นป่วน (eddy water) เมื่อน้ำไหลผ่านช่องที่ถูกบีบแล้ว ช่องที่น้ำไหลแคบที่สุดคือที่รูปตัด (2) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับ vena contracta ใน orifice flow ท้าย vena contracta ช่องน้ำไหลเริ่มขยายออกจนถึงรูปตัด (4) ทางท้ายน้ำที่ซึ่งการไหล uniform เต็มความกว้างของทางน้ำเกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ระหว่างรูปตัด (3) และรูปตัด (4) การไหลเป็น gradually varied ตลอดช่วงตั้งแต่รูปตัด (o) ถึงรูปตัด (4) รวมเป็นผลกระทบเนื่องจาก backwater ของทางน้ำที่ถูกบีบ energy ทั้งหมดที่ศูนย์เสีย เช่นเดียวกับการไหล uniform

การวิเคราะห์คุณสมบัติของการไหลอย่างง่าย ๆ คุณลักษณะดังต่อไปนี้อาจสมมุติขึ้น

1) พื้นทางน้ำราบ หรือใกล้เคียงแนวราบ
2) การสังเกตจากการทดลองแสดงว่าระดับน้ำที่ vena contracta สามารถประมาณได้โดยใกล้เคียงให้เท่ากับระดับที่รูปตัด (3) ซึ่งอยู่ท้ายน้ำของช่องที่ถูกบีบ ดังนั้นความลึก y_2 สามารถใช้เท่ากับ y_3 ได้
3) นำสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งรวมเอาผลกระทบทั้งหมดของทางน้ำถูกบีบ, eddy loss, การกระจายของอัตราความเร็วไม่สม่ำเสมอ และเป็น nonhydrostatic distribution of pressure ค่าต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับการวิเคราะห์มีดังนี้

   h_e = eddy loss เนื่องจาก turbulent ที่ทำให้เกิด separation zones เหนือน้ำ ซึ่งสมุติว่าค่า loss นี้ สามารถแสดงได้ในรูปของ velocity head ที่รูปตัด (3) หรือ

$$h_e = k_e \, (V^2_3/2g)$$

ซึ่ง k_e คือค่าคงที่

$\alpha 1$ และ $\alpha 3$ = สัมประสิทธิ์ของ energy ที่รูปตัด (1) และ (3) ตามลำดับ

$\alpha' 1$ และ $\alpha' 3$ = สัมประสิทธิ์ของ pressure ที่รูปตัด (1) และ (3) ตามลำดับ สมมุติว่าการวิเคราะห์จาก hydrostatic distribution of pressure สามารถแสดงได้ในรูปของ velocity head ที่รูปตัด (3) ดังนั้น

$$\alpha' 3 \; y_3 = k_p \, (V^2_3/2g) + y_3$$

ซึ่ง k_p คือสัมประสิทธิ์แทนสำหรับ nonhydrostatic pressure distribution

C_c = สัมประสิทธิ์ของทางน้ำถูกบีบ (contraction) ที่รูปตัด (3)

ใช้สมการ energy ที่รูปตัด (1) และ (3) (รูปที่ 1-18) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\alpha_1 V^2_1/2g + \alpha'_1 y_1 = \alpha_3 V^2_3/2g + \alpha'_3 y_3 + h_e + h_f \qquad (1\text{-}12)$$

ซึ่ง h_f คือ friction loss ดังนั้น สมมุติให้ $\alpha'_1 = 1$, $\alpha'_3 y_3 = k_p (V^2_3/2g) + y_3$ และ $h_e = k_e (V^2_3/2g)$ สมการ (1-12) กลายเป็น

$$\alpha_1 V^2_1/2g + y_1 = (\alpha_3 + k_p + k_e) V^2_3/2g + y_3 + h_f \qquad (1\text{-}13)$$

ปริมาณน้ำผ่านรูปตัด (3) คือ

$$Q = C_c A_3 V_3 \qquad (1\text{-}14)$$

ซึ่ง A_3 คือพื้นที่น้ำที่รูปตัด (3) แก้สมการ (1-13) และ (1-14) เพื่อหาปริมาณน้ำจะได้

$$Q = C A_3 \sqrt{2g\left(\Delta h + h_f + \alpha_1 V_1^2/2g\right)} \qquad (1\text{-}15)$$

ซึ่ง $\Delta h = y_1 - y_3$ และ C แทนค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำทั้งหมด ซึ่งเท่ากับ

$$C = \frac{C_c}{\sqrt{\alpha_3 + k_e + k_p}} \qquad (1\text{-}16)$$

เป็นการแสดงค่าทางทฤษฎี สำหรับการใช้ในทางปฏิบัติ ค่า C อาจแสดงได้ด้วย dimensionless function และหาได้จากการทดลอง (6) (7)

ในการนำสมการ (1-15) ไปใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจาก h_f มีค่าน้อย และ α_1 มีค่าใกล้ 1.00 จึงสมมุติให้ $h_f = 0$ และ $\alpha_1 = 1.00$ ซึ่งข้อสมมุติเหล่านี้จะไปปรับค่า C โดยอัตโนมัติ จึงทำให้ค่า C ที่คำนวณได้จากการวัดค่าปริมาณน้ำจริงในสนามอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการนำสมการ (1-15) ไปใช้หาค่า C ของประตูระบายโพธิ์พระยา, เขื่อนเจ้าพระยาและประตูระบายเริงราง กรณียกบานประตูทั้งหมดพ้นน้ำโดยให้ค่า $h_f = 0$ และ $\alpha_1 = 1.00$

1.7.1 ประตูระบายโพธิ์พระยา

ความกว้าง	=	12.50 x 2	=	25.00	เมตร
ระดับธรณีประตู	=	0.20			เมตร (รทก.)
ระดับน้ำ เหนือน้ำ	=	5.93			เมตร (รทก.)
ระดับน้ำ ท้ายน้ำ	=	5.85			เมตร (รทกง)
ปริมาณน้ำที่วัดได้ Q	=	270.828			ม^3./วินาที
A_1	=	(5.93-0.20) x 25 = 143.25			ม.^{2}
A_3	=	(5.85-0.20) x 25 = 141.25			ม.^{2}
V_1	=	Q/A_1	= 1.89		นาที
$V_1^2/2g$	=	0.182			เมตร
Δh	=	5.93-5.85	= 0.08		เมตร
Q	=	$CA_3\sqrt{2g(\Delta h + V^2{}_1 2g)}$			
C	=	$\frac{270.828}{320.09}$	= 0.846		

1.7.2 เขื่อนเจ้าพระยา

ความกว้างของบาน	=	12.50 x 16	=	200	เมตร
ระดับธรณีประตู	=	9.00			เมตร (รทก.)
วัดปริมาณน้ำครั้งที่ 1	=	3,761.947			ม.^{3} /วินาที
ระดับน้ำ เหนือน้ำ	=	16.87			เมตร (รทก.)
ระดับน้ำ ท้ายน้ำ	=	16.75			เมตร (รทก.)
A_1	=	(16.87-9)x200 = 1,574			ม.^{2}
A_3	=	(16.75-9)x200 = 1,550			ม.^{2}
Δh	=	0.12			เมตร
V_1	=	Q/A_1	= 2.39		ม./วินาที
$V_1^2/2g$	=	0.036			
Q	=	$CA_3\sqrt{2g(\Delta h + V^2/2g)}$			
C	=	$\frac{3,761.947}{4,399.27}$	= 0.855		
วัดปริมาณน้ำครั้งที่ 2	=	3,838.462	ม^3./วินาที		

ระดับน้ำ เหนือน้ำ = 16.835 เมตร (รทก.)

ระดับน้ำ ท้ายน้ำ = 16.715 เมตร (รทก.)

A_1 = 1,567 ม.2

A_3 = 1,543 ม.2

Δh = 0.12

$V_1^2/2g$ = 0.036

$$C = \frac{3,838.462}{4,458.6} = 0.861$$

ค่า C เฉลี่ย = 0.858

1.7.3 ประตูระบายเริงราง

ความกว้างของบาน = 6.00 x 3 = 18 เมตร

ระดับธรณีประตู = 3.97 เมตร (รทก.)

ระดับน้ำ เหนือน้ำ = 9.52 เมตร (รทก.)

ระดับน้ำ ท้ายน้ำ = 5.45 เมตร (รทก.)

ปริมาณน้ำที่วัดได้ Q = 193.127 ม.3/วินาที

A_1 = (9.52-3.97)18 = 99.9 ม.^{2}

A_3 = (9.45-3.97)18 = 98.64 ม.^{2}

Δh = 0.07 เมตร

V1 = Q/A_1 = 1.933 เมตร/วินาที

$V_1^2/2g$ = 0.191 เมตร

$$Q = CA_3\sqrt{2g\left(\Delta h + V^2{}_1 / 2g\right)}$$

$$C = \frac{193.127}{233.10} = 0.866$$

ในทางปฏิบัติเมื่อทราบค่า C แต่ไม่ได้วัดปริมาณน้ำ จึงหาค่า V_1 ไม่ได้ จึงได้ปรับปรุงให้สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำได้ดังต่อไปนี้

เพราะว่า V_1 = Q/A_1

แทนค่า V_1 ลงในสมการได้ (1-15) โดยให้ $h_f = 0$ และ $\alpha_1 = 1.00$ จะได้

$$Q = CA_3\sqrt{2g\left(\Delta h + Q^2/A^2_1/2g\right)}$$

$$Q^2 = C^2A^2_3Q^2/A^2_1 + C^2A^2_3 2g\ h$$

$$Q^2\left(1 - C^2A^2_3/A^2_1\right) = C^2A^2_3 2g\Delta h$$

$$Q^2 = \frac{1}{1 - C^2\frac{A^2_3}{A^2_1}},\quad Q = CA_3\sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - C^2\frac{A^2_3}{A^2_1}}} \qquad (1-17)$$

ดังนั้นเมื่อทราบค่า C และระดับน้ำเหนือและท้าย จึงสามารถคำนวณหาค่าปริมาณน้ำกรณียกบานประตูพ้นน้ำได้

ในทางปฏิบัติค่า C กรณียกบานประตูพ้นน้ำของบานประตูระบายอาจผันแปรมาก จึงจำเป็นต้องวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านประตูระบายกรณียกบานประตูพ้นน้ำให้ครอบคลุมช่วงของปริมาณน้ำต่าง ๆ กันให้มากที่สุด แล้วนำค่า C ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำมา plot เพื่อหาความสัมพันธ์กับระดับน้ำท้ายประตูระบาย ดังเช่นของประตูระบายปากคลองผักไห่-เจ้าเจ็ด ซึ่งรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1-19

1.8 วิธีหา calibration curve ของประตูระบายที่เป็นท่อลดระดับ

ในบางกรณีมีความจำเป็นต้องออกแบบประตูระบายปากคลองซอยให้เป็นท่อลดระดับเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศบังคับ หรือด้วยความจำเป็นอย่างอื่น อาคารนี้จะมี impact basin อยู่ที่ทางออกเพื่อใช้ขจัดกำลังงานเนื่องจากการลดระดับ ในโครงการชลประทานในประเทศไทย มีอาคารชลประทานชนิดนี้อยู่ไม่มากนัก และ impact basin ทำหน้าที่ขจัดกำลังงานได้ดี การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์สำหรับใช้ในการสร้าง calibration curve มีดังนี้

การไหลของน้ำผ่านอาคารจะเกิด head losses สมมุติให้เท่ากับ h_L ซึ่งผลรวมของ head losses ทั้งหมดซึ่ง

h_L = Entrance losses+friction losses +bend losses + exit losses + ----------

$$= K_1\ V^2/2g + f\ L/D\ V^2/2g + K_2\ V^2/2g + K_3\ V^2/2g + \ldots\ldots\ldots \qquad (1\text{-}18)$$

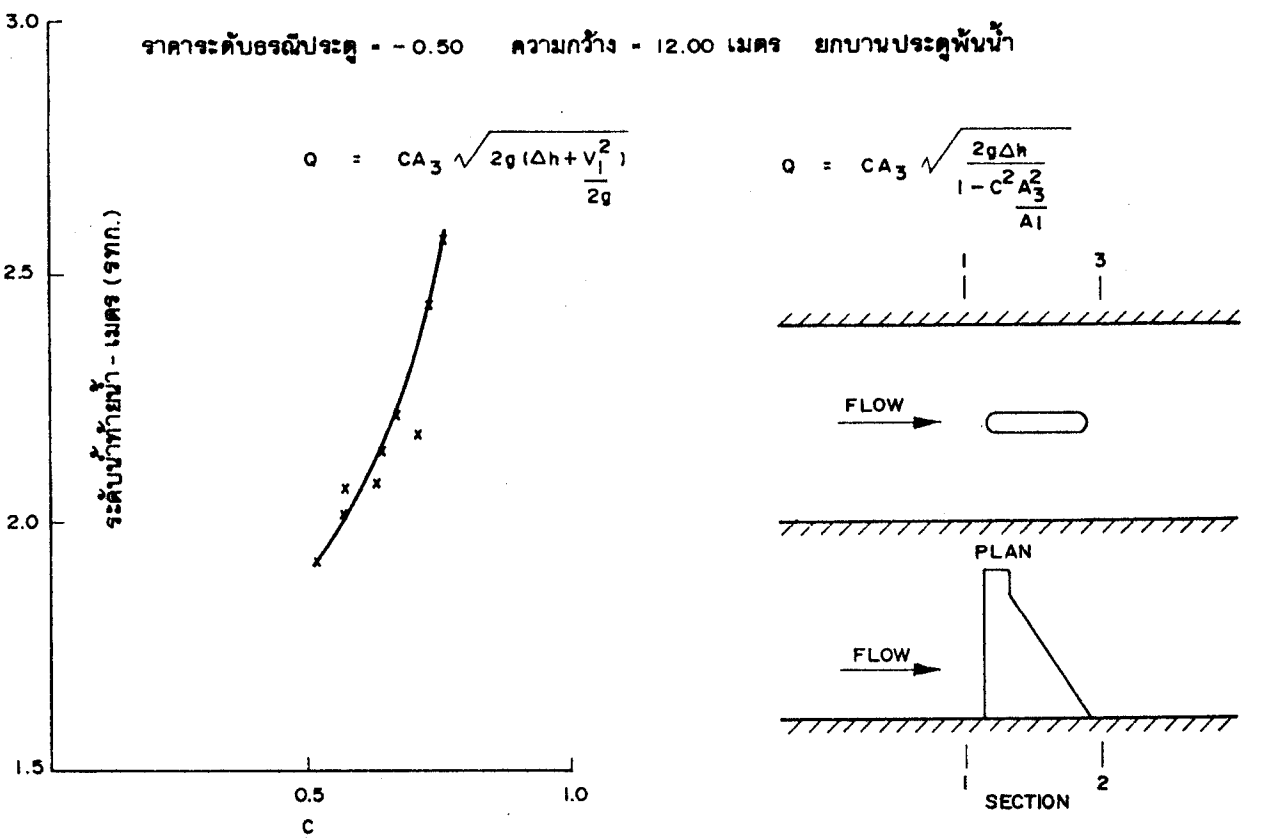
ประตูระบายปากคลองผักไห่ - เจ้าเจ็ด โครงการผักไห่

ราคาระดับธรณีประตู = - 0.50

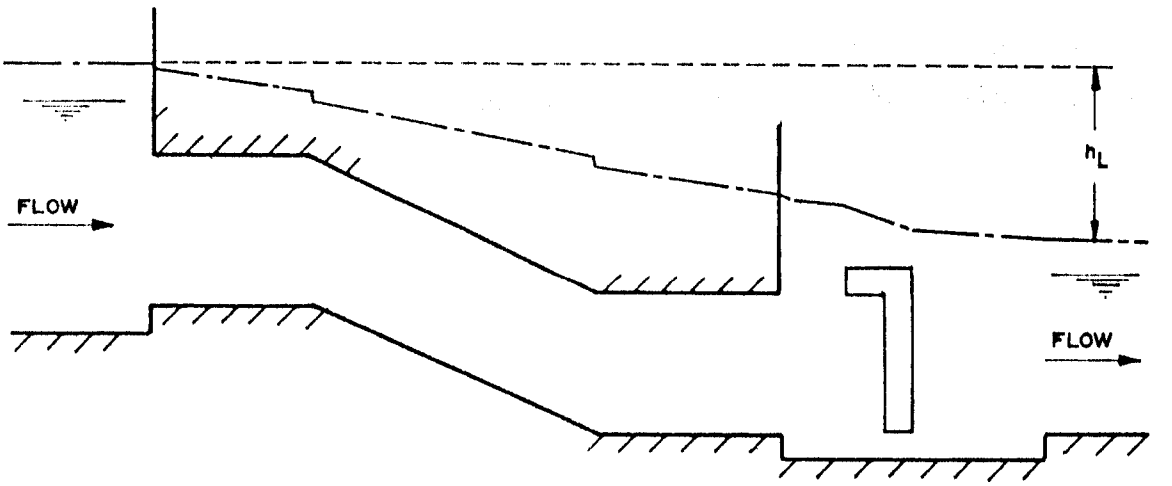
ประตูระบายบานโค้ง ความกว้างของช่อง 6.00 x 2 = 12.00 เมตร

ระดับน้ำ - เมตร รทก.

เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ	A_3	A_1	Q	h	$\sqrt{2g(\Delta h + V^2_1/2g)}$	C
2.25	2.22	32.64	33	22.80	.03	1.032	.677
2.50	2.47	35.64	36	29.15	.03	1.115	.733
2.60	2.57	35.64	37.2	32.98	.03	1.172	.764
1.94	1.92	29.28	29.04	10.97	.02	0.731	.512
2.04	2.02	30.48	30.24	12.86	.02	0.757	.557
2.10	2.08	31.20	30.96	15.75	.02	0.807	.626
2.10	2.07	31.20	30.84	15.98	.03	0.925	.554
2.18	2.15	32.16	31.80	19.89	.03	0.991	627
2.20	2.18	32.40	32.16	20.17	.02	0.886	703



รูปที่ 1-19 C Vs. ระดับน้ำท้ายน้ำ ปตร. ปากคลองผักไห่ - เจ้าเจ็ด



รูปที่ 1-20 ลักษณะของอาคารลดระดับ

ซึ่ง V = อัตราความเร็วของการไหลในท่อ

f = friction factor ของท่อ

L = ความยาวของท่อ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

K_1, K_2, K_3..... คือ สัมประสิทธิ์ของ velocity head เนื่องจาก entrance losses, bend losses และ exit losses ตามลำดับ

จากสมการ (1-18) $h_L = (K_1 + f\,L/D + K_2 + K_3 + ...)\,V^2/2g$

$V^2 = 2g\,h_L\,/(K_1 + f\,L/D + K_2 + K_3 + ...)$

$= 2g\,h_L\,/K$

$$V = \sqrt{2gh_L}\ x\sqrt{1/K}$$

$$= C\ \sqrt{2g\ h_L}$$

$$Q = CA\ \sqrt{2g\,h_L}$$

ค่า $$C = \sqrt{1/(K_1 + f\ L/D + K_2 + K_3 + - - -)}$$

ค่า f $L/D+K_2 + K_3 +$ มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก สมมุติให้มีค่าคงที่ ส่วนค่า K_1 ผันแปรไปตามการปิดเปิดบานประตู เพราะว่า

$$A \times V = V_c A_c$$

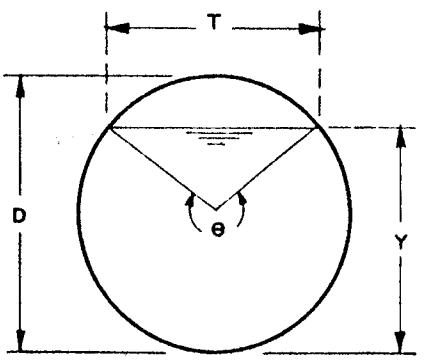
โดยที่

	A	=	พื้นที่การไหลของน้ำในท่อ
	V	=	อัตราความเร็วของการไหลในท่อ
	A_c	=	พื้นที่การไหลของทางน้ำที่ปากท่อ
	V_c	=	อัตราความเร็วของการไหลที่ปากท่อ
	V/V_c	=	A_c/A

เมื่อเปิดบานเต็มที่ $V = V_c$ และ $A = A_c$ ซึ่งกรณีนี้ K_1 มีค่าเกือบคงที่

จึงเห็นได้ว่าค่า K_1 เปลี่ยนแปลงไปตามค่า A และ A_c ส่วนค่า h_L นั้น สมมุติให้อัตราความเร็วทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน $h_L = \Delta H$ ซึ่ง ΔH คือความแตกต่างระหว่างระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำแต่

$$Ac = 1/8\ (\theta - \sin\theta)\ D^2$$



$$A = \pi\ D^2/4$$

$$Ac/A = K\ D/D = K$$

ความสัมพันธ์ที่ต้องการ คือ C vs A_c

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

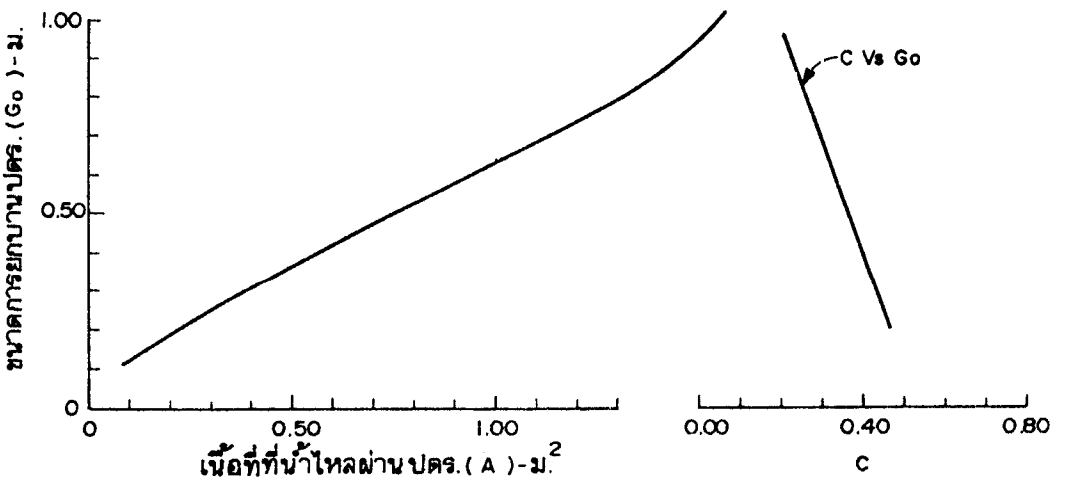
และ K มีค่าน้อยกว่า 1.00

โครงการมโนรมย์

ปตร. ปากคลอง 8 ขวา

ขนาด 2 - Ø 1.00 เมตร ธรณีประตู = +10.396 เมตร (รทก.)

$$Q = CA\sqrt{2g\Delta H}$$



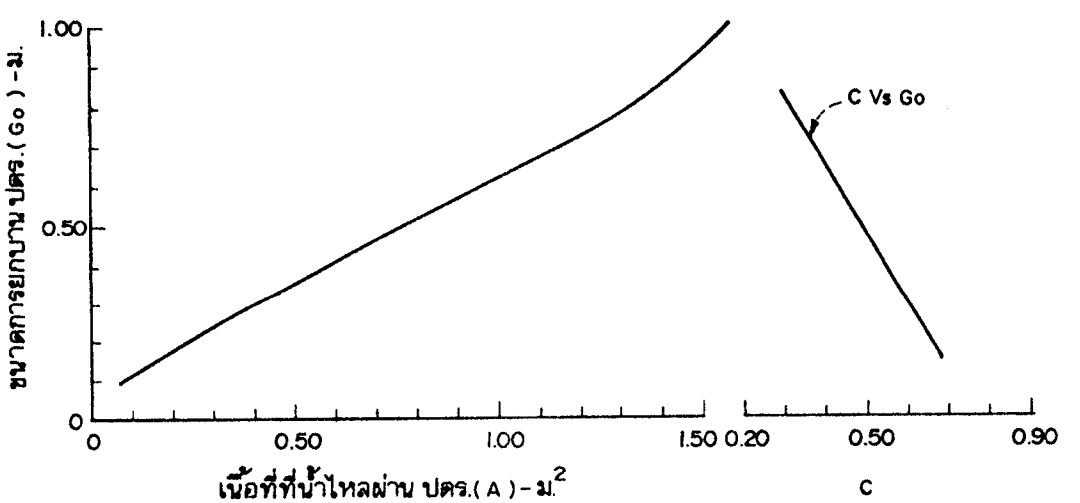
รูปที่ 1-21 Calibration curve ของ ปตร. ปากคลอง 8 ขวา

โครงการสามชุก

ปตร. ปากคลอง 3 ซ้าย - 1 ขวา

ขนาด 2 - Ø 1.00 เมตร ธรณีประตู = +5.118 เมตร (รทก.)

$$Q = CA\sqrt{2g\Delta H}$$



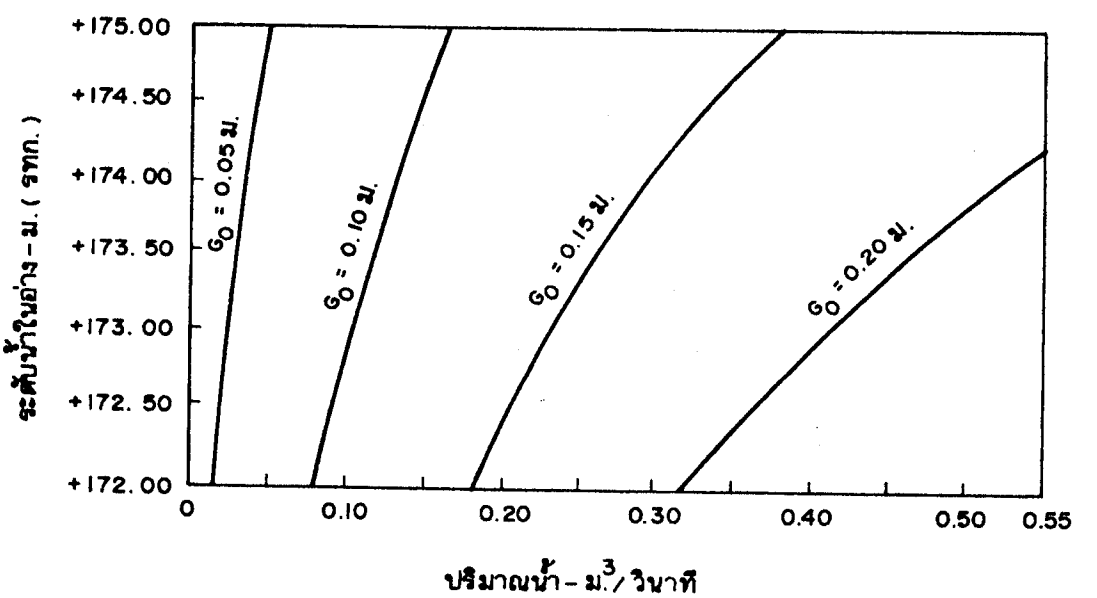
รูปที่ 1-22 Calibration curve ของ ปตร. ปากคลอง 3 ซ้าย 1 ขวา

ซึ่งในที่นี้ผู้เขียนขอแนะนำให้ plot curve เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ ค่าการเปิดบานประตู หรือ C vs Gate opening อาคารลักษณะดังกล่าว เช่น ที่ ปตร. ปากคลอง 3 ซ้าย 1 ขวา ของโครงการสามชุก และที่ ปตร. ปากคลองซอย 8 ขวา ของโครงการมโนรมย์ ค่า C จะผันแปรไปตามการปิดเปิดบาน ดังแสดงในกราฟซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำผ่าน ปตร. ปากคลอง 3 ซ้าย 1 ขวา ของโครงการสามชุก โดยเปิดบานประตูที่ระยะต่าง ๆ กัน และระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำอยู่เหนือขอบบนของท่อ

1.9 กรณีที่ระดับน้ำเหนือน้ำของประตูระบายผันแปรมาก

ที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นกรณีที่ระดับน้ำเหนือน้ำของประตูระบายผันแปรไม่มาก ซึ่งได้แก่ระบบส่งน้ำของโครงการชลประทานในภาคกลาง เช่น โครงการเจ้าพระยาและโครงการแม่กลอง เป็นต้น ซึ่งคลองส่งน้ำสายใหญ่ของโครงการทั้งสองรับน้ำจากแม่น้ำ และระดับน้ำในแม่น้ำถูกควบคุมด้วยเขื่อนระบาย จึงมีการผันแปรไม่มากนัก ในกรณีที่แหล่งน้ำต้นทุนเป็นอ่างเก็บน้ำ และมีระบบส่งน้ำนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกโดย gravity โดยตรง จะเห็นว่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจะผันแปร ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและความจุของอ่างเก็บน้ำ ถ้าเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ระดับน้ำในอ่างเหนือน้ำของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ผันแปรมาก ความผันแปรของระดับน้ำจะลดน้อยลงในอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง

การหา calibration curve ของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ ซึ่งนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกโดย gravity เสนอแนะให้หาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำ - การเปิดบานประตู - ระดับน้ำในอ่าง ดังแสดงในรูปที่ 1-23 (9)



รูปที่ 1-23 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่าง-การเปิดบานประตู-ปริมาณน้ำ ประตูปากคลองส่งน้ำฝั่งขวา โครงการห้วยชะโนด จ.มุกดาหาร

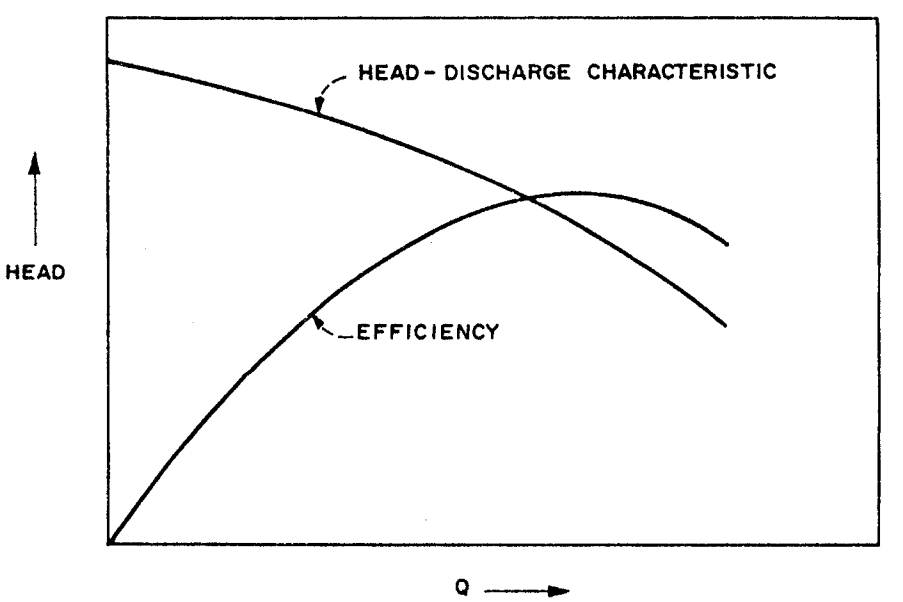
การหา calibration curve ในกรณีดังกล่าวจะเสียเวลา เพราะต้องรอให้ระดับน้ำในอ่างเปลี่ยนแปลง โดยที่ระดับน้ำในอ่างระดับใดระดับหนึ่งต้องวัดปริมาณน้ำโดยเปิดบานประตูอย่างน้อย 4 ครั้ง ดังรูปที่ 1-23

1.10 การคำนวณปริมาณน้ำของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งถาวร

ในโครงการชลประทาน อาจมีพื้นที่บางส่วนไม่สามารถส่งน้ำให้โดย gravity ได้ จึงส่งน้ำให้ โดยการสูบ ซึ่งเครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นเครื่องสูบน้ำที่ไม่สามารถปรับปริมาณน้ำที่ส่ง ฉะนั้นถ้าใช้เครื่องสูบจำนวนมากสามารถปรับปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกได้ดีกว่าเครื่องสูบจำนวนน้อย เพราะปริมาณน้ำที่ต้องการผันแปรตลอดฤดูการเพาะปลูก

1.10.1 ลักษณะทั่วไปของ characteristic curve ของเครื่องสูบ

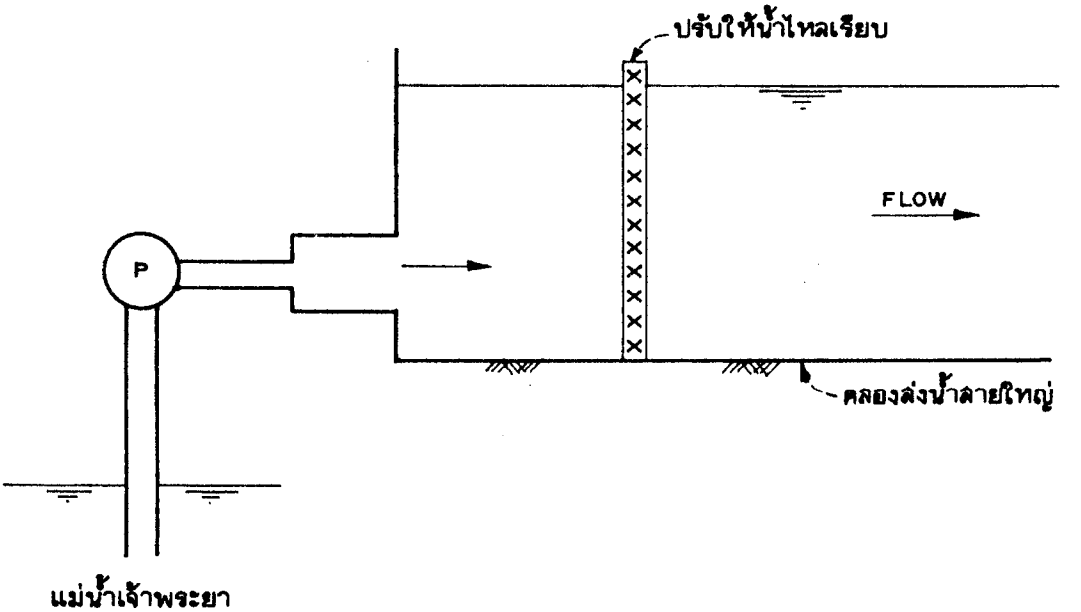
โดยทั่ว ๆ ไป เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องจะมี characteristic curve ประจำเครื่อง ส่วนสำคัญของ characteristic curve ประกอบด้วย head ปริมาณน้ำ และ efficiency ดังแสดงในรูปที่ 1-24 การเลือกเครื่องสูบน้ำจะต้องเลือกเครื่องที่เมื่อนำมาใช้งานแล้วจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เพราะจะสิ้นค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด characteristic curve ที่แสดงนี้ แสดงเฉพาะส่วนที่สำคัญ ๆ เท่านั้น ยังมีส่วนประกอบเป็น curves อีกหลายอย่างที่สำคัญได้แก่ suction head หรือ head ที่ท่อดูด ถ้าเลือกไม่ถูกต้อง เมื่อระดับน้ำที่ท่อดูดอยู่ต่ำ ๆ ก็จะสูบน้ำไม่ได้



รูปที่ 1-24 แสดง Characteristic performance curve ของเครื่องสูบน้ำโดยทั่วไป ๆ ไป

1.10.2 การส่งน้ำโดยวิธีสูบน้ำ

การส่งน้ำโดยวิธีสูบน้ำที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งถาวรและสูบน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นการสูบน้ำเข้าระบบส่งน้ำ เช่น คลองส่งน้ำสายใหญ่ ผ่านไปยังคลองซอยและคูส่งน้ำ การสูบน้ำแบบนี้มีอยู่หลายแห่งในโครงการมโนรมย์ โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำถาวร สูบน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยตรง และแจกจ่ายน้ำไปตามระบบส่งน้ำซึ่งประกอบด้วยคลองดาดด้วยคอนกรีต เช่น โครงการสูบน้ำเขาแก้ว และโครงการสูบน้ำบ้านเหล็ก กับการสูบน้ำจากคลองส่งน้ำสายใหญ่อนุศาสนนันท์ เช่น ที่คลองซอย 1 ขวา และ 2 ขวา ซึ่งเป็นคลองดินจากรูปแสดงการสูบน้ำโดยทั่วๆ ไปโดยสูบน้ำเข้าคลองส่งน้ำโดยตรง น้ำที่ออกจากท่อส่งผ่านอาคาร ที่ปรับการไหลของน้ำให้ราบเรียบ แล้วไหลผ่านเข้าสู่คลองส่งน้ำไปสู่ระบบส่งน้ำต่อไป



รูปที่ 1-25 แสดงการสูบน้ำเข้าคลองส่งน้ำ

1.10.3 หลักสำคัญในการออกแบบ

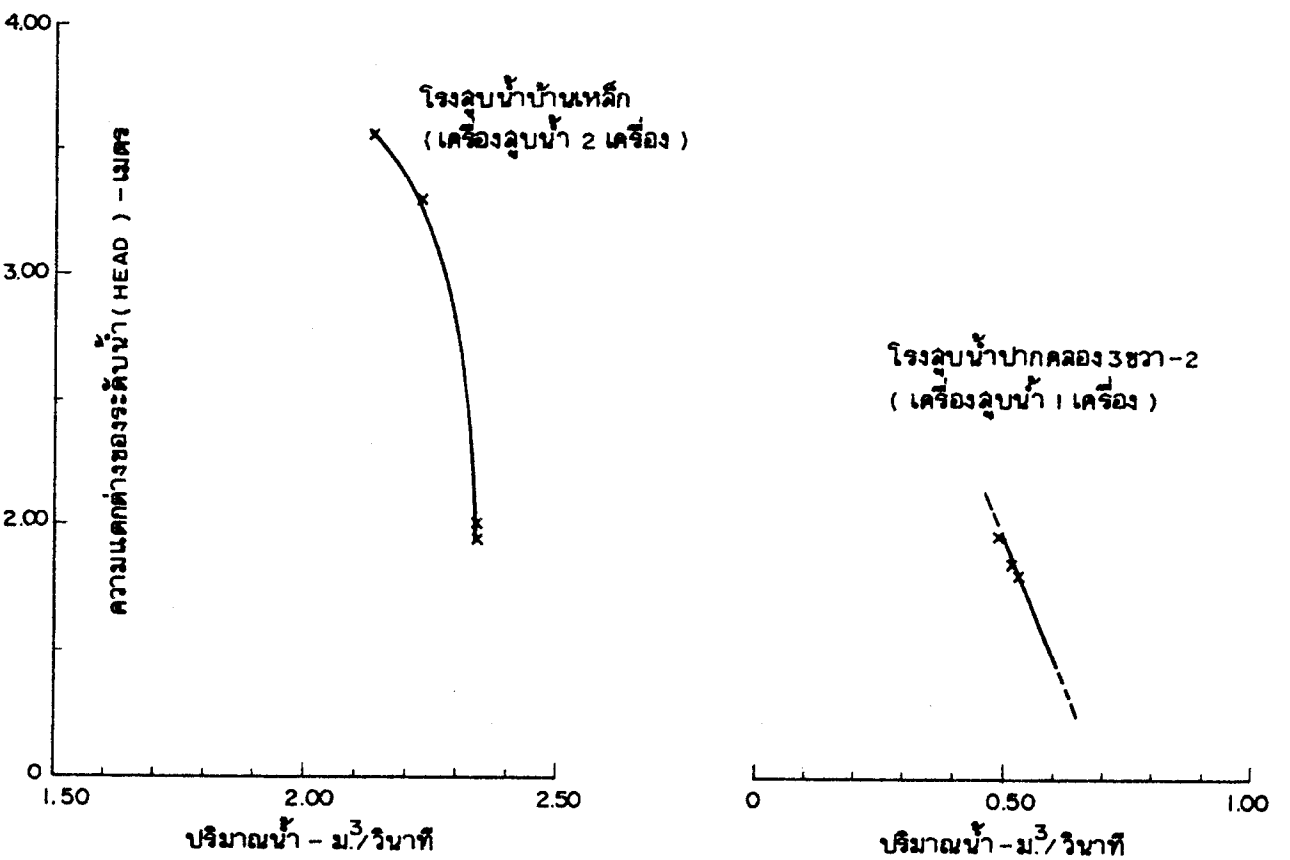
1) การเลือก head ของ pump มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะการสูบน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาผันแปรมาก การเลือก head เพื่อให้สูบน้ำได้ปริมาณที่ต้องการตลอดเวลาที่ต้องการส่งน้ำ และให้เครื่องสูบมีประสิทธิภาพสูงด้วย ทำได้ยาก

2) เครื่องสูบน้ำสำรอง (stand by) มีความสำคัญมาก นอกจากใช้สูบน้ำแทนในเวลาที่เครื่องสูบเครื่องอื่นเสียหายต้องซ่อมแซม ยังสามารถช่วยสูบน้ำในเวลาที่ข้าวต้องการน้ำมาก แต่ระดับน้ำทางท่อดูดอยู่ที่ระดับต่ำ

ตัวอย่างของ calibration curve ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของ head และปริมาณน้ำของโครงการสูบน้ำบ้านเหล็ก และโรงสูบปากคลอง 3R-2 ของโครงการมโนรมย์ ดังแสดงในรูปที่ 1-26

1.11 สรุป

การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว สามารถสรุปวิธีการ calibrate และลักษณะอาคารที่ calibrate ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1-26 Calibration curve ของเครื่องสูบน้ำเพื่อการชลประทาน

1) การเปิดบานประตูเพียงบางส่วนซึ่งสามารถแบ่งการไหลออกได้เป็น
   - การไหลท้ายประตูเป็น free flow
   - การไหลท้ายประตูเป็น submerged flow

สำหรับการไหลท้ายประตูเป็น free flow นอกจากแสดงการหา calibration curve แล้ว ยังได้ยกตัวอย่างการ operate เพื่อให้ hydraulic jump เกิดใน stilling basin เพื่อลดการกัดเซาะท้ายน้ำ ส่วนการไหลท้ายประตูเป็น submerged flow สามารถใช้สูตร U.S. Corps of Engineers สร้าง calibration curve ได้

2) การเปิดบานประตูพ้นน้ำ ได้เสนอแนะสูตรที่ใช้ในการคำนวณพร้อมทั้งนำสูตรที่เสนอแนะไป calibrate อาคารในสนาม กับนำสูตรไปใช้กรณีเกิดอุทกภัยเพื่อคำนวณหาค่า C ซึ่งค่า C ที่คำนวณได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่า C เพื่อใช้ออกแบบความสูงของอาคาร

3) เสนอแนะแนวทางในการ calibrate อาคารที่เป็นท่อลดระดับ กรณีเปิดบานประตูเพียงบางส่วน และกรณีเปิดบานประตูหมด

4) การ calibrate ประตูระบายตามข้อ 1), 2) และ 3) ระดับน้ำด้านเหนือน้ำของอาคารไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ถ้าระดับน้ำเหนือน้ำของคาคารผันแปรมาก เช่น ประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยตรง ได้เสนอแนะแนวทางในการ calibrate ไว้ด้วย

5) เสนอแนะแนวทางในการ calibrate เครื่องสูบน้ำ

การนำวิธีการ calibrate ที่เสนอแนะไปใช้งาน จำเป็นต้องใช้ประสบการณ์การ operate ในสนามช่วยด้วย

บรรณานุกรม

1. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2523 " คู่มือคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว" กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
2. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2525 " คู่มือคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว " เล่มที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยของแก่น , มกราคม.
3. ฉลอง เกิดพิทักษ์,2525 " Open Channel Flow" คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, มิถุนายน.
4. Acres International Limited, 1979 " Chao Phraya-Meklong Basin Study " Phase 1-Appendix B, Flow Measurement Program, Royal Irriggation Department.
5. United States Army Corps of Engineers, 1939 " Hydraulic Report No, 37 " University of Iowa.

6. Chow V.T., 1959 " Open-Channel Hydraulics " McGraw-Hill Book Company Inc.

7. French H.F.,1986 " Open-Channel Hydraulics " McGraw-Hill Book Company Inc.

8. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2527. " การสอบเทียบปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน" โครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสานฯ น้ำอูน, กันยายน.

9. รังสรรค์ ยศยังเยาว์, 2533 " การศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดกลางในจังหวัดมุกดาหารและนครพนม" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

10. Chalong Kirdpitugsa, 1992. " Field Calibration of Flow Through Hydraulic Structure" Paper presented to the International Conference on Protection and Development of Nile and other Major Rivers, Cairo, Egypt, February 3-5.

11. Chaudhry M.H., 1993 " Open-Channel Flow" Printice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

แบบฝึกหัด

1. เขื่อนเจ้าพระยา มีระดับพื้นด้านเหนือน้ำ 5.00 ม.รทก. ระดับธรณีประตู 9.00 ม.รทก. และระดับพื้น stilling basin 4.60 ม.รทก. มีบานประตู 16 บาน แต่ละบานกว้าง 12.50 ม. เมื่อเขื่อนปิดบานสนิท จงคำนวณหาวิธีการเปิดบานประตูเพื่อไม่ให้เกิดการกัดเซาะด้านท้ายน้ำ

2. อุทกภัยใหญ่เกิดในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2538 เมื่อปริมาณน้ำอุทกภัยสูงสุดไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยา ในวันที่ 5 ตุลาคม 2538 มีค่าระดับน้ำสูงสุดด้านเหนือน้ำ และท้ายน้ำเท่ากับ 17.46 ม.รทก. และ 17.34 ม.รทก. ตามลำดับจงคำนวณหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยา

บทที่ 2

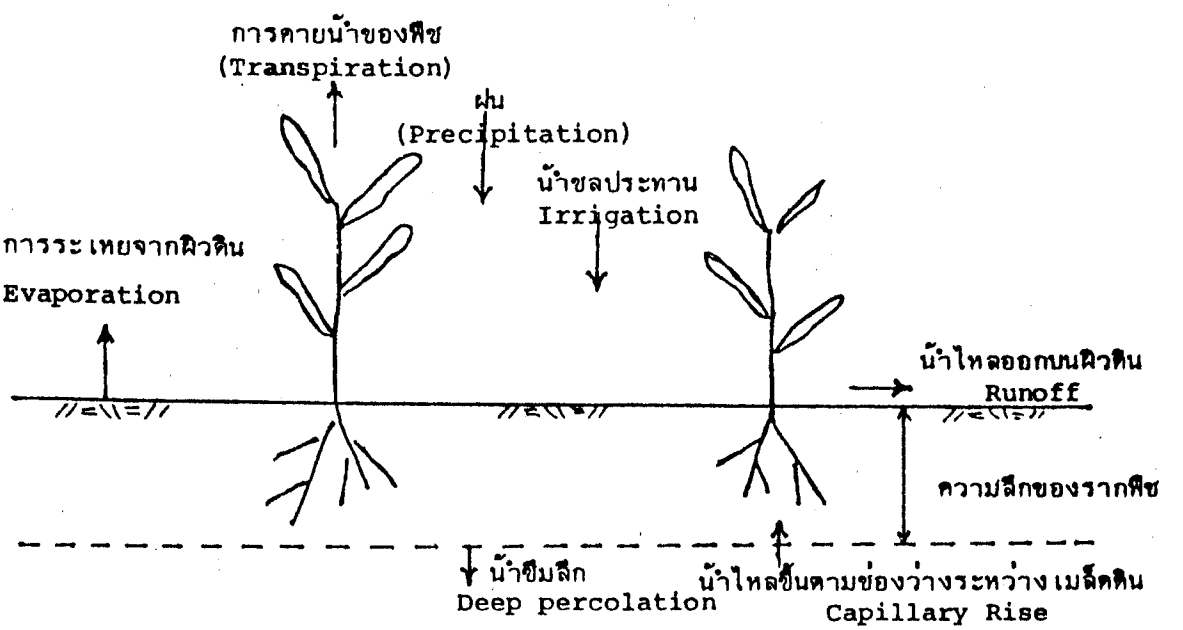
การหาประสิทธิภาพชลประทาน

2.1 คำจำกัดความ

คำจำกัดความของประสิทธิภาพชลประทานในตำราทั่ว ๆ ไปมีอยู่หลายคำจำกัดความซึ่งจะไม่ขอนำมากล่าวในที่นี้ คำจำกัดความของประสิทธิภาพชลประทานที่จะได้อธิบายต่อไปคือ

$$\text{ประสิทธิภาพชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี + การรั่วซึม - ฝนใช้การ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง}}$$

ซึ่งประสิทธิภาพชลประทานตามคำจำกัดความนี้สามารถนำไปใช้เพื่อหาประสิทธิภาพชลประทานของการปลูกข้าวในฤดูฝนในประเทศไทยในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับคลองส่งน้ำสายใหญ่ ระดับคลองซอย และระดับคลองแยกซอย เป็นต้น เมื่อต้องการหาประสิทธิภาพชลประทานที่ระดับใดปริมาณน้ำที่ส่งก็ใช้ที่ระดับนั้น ส่วนปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎีได้แก่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพื่อตกกล้า และเพื่อปักดำ หรือถ้าเป็นนาหว่านน้ำตมก็เป็นปริมาณน้ำเตรียมแปลงเพื่อหว่านน้ำตม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำที่ข้าวกล้าใช้ และปริมาณน้ำที่ข้าวใช้หลังจากปักดำหรือหว่านแล้วแต่กรณี



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบในความสมดุลย์ของดินและน้ำ

รูปที่ 2-1 แสดงความสมดุลย์ของน้ำบนแปลงเพาะปลูก จะเห็นได้ว่าค่าต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการหาประสิทธิภาพชลประทานมีอยู่ครบถ้วน ยกเว้นค่า capillary rise ซึ่งในสนามวัดได้ยาก ส่วนค่า runoff จากแปลงเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วย runoff จากฝนและน้ำที่เหลือใช้จากการชลประทาน เมื่อรวมสะสมกันในพื้นที่เพาะปลูกผืนใหญ่แล้วมีความสำคัญมาก ซึ่งเรียกว่า return flow ในบางโครงการชลประทาน return flow จากโครงการชลประทานตอนบนสามารถนำไปใช้ในโครงการชลประทานตอนล่างได้

2.2 ปริมาณน้ำที่พืชใช้

ปริมาณน้ำที่พืชใช้หรือ consumptive use คือค่า evaporation รวมกับ transpiration (การระเหยและการคายน้ำของพืช) ค่า consumptive use นี้สามารถวัดได้จากการปลูกพืชในสนามจริง ๆ แต่ต้องการความละเอียดถี่ถ้วนในการเก็บข้อมูล เนื่องจากต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการวัดเพื่อหา consumptive use ในสนาม จึงได้มีผู้คิดค้นสูตรเพื่อที่จะใช้คำนวณหาค่า consumptive use แต่เป็นการยากที่จะใช้สูตรคำนวณหาค่า consumptive use ให้ได้ถูกต้องตรงกับความเป็นจริง สูตรต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบด้วย

1. Penman
2. Ivanov
3. Papadakis
4. Behnke-Maxey
5. Christiansen
6. Stephens-Stewart
7. Ture
8. Thornthwaite
9. Makkink

ทั้ง 9 สูตร คำนวณโดยอาศัยค่า potential evapotranspiration แต่ค่า potential evapotranspiration ที่คำนวณได้แต่ละสูตรไม่เหมือนกัน เช่นค่า potential evapotranspiration ได้จากพืชเขียวต้นเตี้ยคลุมดินไม่ให้แสงอาทิตย์ส่องถึงดินได้มีความสูงสม่ำเสมอ และไม่ขาดน้ำ เป็นต้น ส่วนสูตร

10. Kohler และคณะ คำนวณมาจากค่าการระเหยจาก lake
11. Van Bavel-Businger คำนวณมาจากค่า potential evaporation
12. Ostromecki คำนวณมาจากค่า evapotranspiration
13. Olivier คำนวณมาจากปริมาณน้ำเบื้องต้นที่ต้องการสำหรับหนึ่งหน่วยของดินและพืช
14. Jensen-Haise คำนวณมาจากค่า evapotranspiration ของพืชที่อ้างถึง
15. Blaney-Criddle คำนวณมาจากค่า evapotranspiration จากพืชเฉพาะ

ส่วนเวลาต่ำสุดสำหรับใช้ในการคำนวณในแต่ละสูตร ซึ่งคณะกรรมการวิชาการในการหาปริมาณน้ำที่ต้องการในการชลประทาน สายงานชลประทานและการระบายน้ำของสมาคมวิศวกรรมโยธาของสหรัฐได้เสนอแนะคือ

1. สูตรที่ 1 และที่ 10 ระยะเวลาต่ำสุด 1 วัน
2. สูตรที่ 11 ระยะเวลาเป็นชั่วโมงหรือวัน
3. สูตรที่ 14 ระยะเวลา 5 วัน
4. สูตรที่ 6, 7 และ 9 ระยะเวลา 10 วัน
5. สูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 12 ระยะเวลาเป็นเดือน
6. สูตรที่ 15 ระยะเวลาเป็นฤดู หรือเป็นเดือน ถ้าสถานที่ได้ตรวจสอบแล้ว

จากตารางที่ 2-1 จะเห็นได้ว่าสูตรต่าง ๆ ต่างก็มีความผิดพลาดด้วยกันทั้งนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ๆ ในสนาม ในกรณีที่ต้องการหาค่า consumptive use ของพื้นที่ที่ไม่เคยวัดหาค่ามาก่อน จึงต้องหาค่า consumptive use จากการคำนวณ แล้วปรับค่าที่ได้จากการคำนวณให้ใกล้เคียงกับค่าที่คิดว่าเป็นจริง ค่าที่นำมาใช้ในการปรับค่าจากการคำนวณ เรียกว่า crop coefficient หรือใช้แทนด้วย K_c โดยที่

$$E_t = K_c \cdot ET_p$$

เมื่อ E_t = Evapotranspiration

ET_p = Potential evapotranspiration

K_c = Crop coefficient

ค่า E_t หาได้จากการวัดในสนาม ส่วนค่า ET_p สามารถคำนวณได้จากสูตร แล้วจึงนำมาหาค่า K_c สำหรับพืชที่ทดลองในแต่ละชนิดได้

เนื่องจากสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่า consumptive use มีอยู่หลายสูตร แต่ละสูตรต้องการข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมากน้อยแตกต่างกัน สูตรต่าง ๆ เหล่านี้ สูตร Penman นับว่าเป็นสูตรหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก สูตรนี้ต้องการข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยามาใช้ประกอบในการคำนวณมาก แต่ข้อมูลดังกล่าวสามารถหาได้ในประเทศ ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

1. อุณหภูมิของอากาศ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. เปอร์เซ็นต์ของการส่องแสงแดดจากดวงอาทิตย์
4. อัตราความเร็วของลมสูงจากพื้นดิน 2 เมตร
5. Solar radiation
6. สัมประสิทธิ์ความสะท้อนจากผิว

ตารางที่ 2-1

การคำนวณค่า E_t เวลาหนึ่งฤดู โดยวิธีต่าง ๆ ณ สถานที่ต่าง ๆ กันเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ ณ สถานที่นั้น ๆ (ซม.) (8)

Location	Combination					Humidity			Miscellaneous				Radiation				Temperature		Measured
			van Bavel-Businger																
	Kohler Lake Evap.	Penman	0.25	0.5	1.00	Ivanov	Ostromecki	Papadakis	Behnke-Maxey	Christiansen from R_s	Christiansen from Pan Evap.	Olivier	Jensen-Haise	Makkink	Stephens-Stewart	Turc	Blaney-Criddle	Thornthwaite	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ASPE	116	147	155	172	199	113	139	96	191	118	107	79	89	93	111	113	98	83	130
BRAW	189	216	202	229	269	331	466	218	262	166	173	251	207	120	188	145	173	122	204
COPE	46	54	58	64	73	39	38	40	104	46	32	34	27	41	35	49	56	56	41
COSH	86	90	87	95	106	79	98	76	150	81	65	59	80	79	68	82	82	65	101
DAVI	144	159	158	178	205	150	204	138	185	135	124	109	154	105	124	124	97	74	132
KIMB	96	115	119	133	154	100	129	78	122	88	88	93	102	71	85	77	75	56	135
LOMP	123	135	128	138	153	109	133	96	162	112	127	72	96	107	84	124	80	68	103
RUZI	123	140	125	131	139	137	197	161	292	112	204	93	175	117	149	141	132	106	161
SEAB	104	114	126	146	176	105	129	88	169	99	0	75	78	74	63	85	91	71	96
SOUT	51	63	63	69	78	48	61	43	62	44	49	57	69	45	40	40	30	35	56
AVG ER 1/	14	17	19	27	42	18	29	14	55	16	21	26	18	23	19	20	25	37	23

1/ Average percent error neglecting the algebraic sign. Only the z_o = 0.25 cm method is included in the overall error.

ถึงแม้ว่าวิธีการคำนวณของสูตร Penman จะยืดยาว และต้องการค่าต่าง ๆ ทางอุตุนิยมวิทยามาก แต่ค่าเหล่านี้ส่วนใหญ่หาได้จากตารางสำเร็จรูป และขั้นตอนในการคำนวณก็ได้ถูกแยกแยะให้ละเอียด ซึ่งสามารถจะติดตามได้ง่าย ค่า potential evapotranspiration ณ สถานที่ต่าง ๆ คำนวณโดยวิธีของ Penman เป็น มม. ดังตารางที่ 2-2 และค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient) ของข้าวและพืชไร่ดังแสดงในตารางที่ 2-3

2.3 วิธีทดลองหาค่า percolation ในสนาม

การเลือกจุดทดลอง ในพื้นที่ ๆ รับน้ำจากท่อส่งน้ำเข้านา 1 ท่อ ควรจะมีจุดทดลองประมาณ 1 ถึง 2 จุด ในแต่ละโครงการควรเลือกพื้นที่ทดลองเพื่อหาค่า percolation ให้กระจายไปในส่วนต่าง ๆ ของโครงการ เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีในโครงการ

การเลือกจุดทดลอง ควรเลือกจุดทดลองที่มีลักษณะความชื้นของดินต่าง ๆ กัน เช่นมีน้ำขังอยู่บนพื้นที่ หรือดินอิ่มตัวด้วยน้ำ หรือพื้นดินแห้งเพราะขาดน้ำ เป็นต้น โดยหมุนเวียนกันไปตลอดฤดูการเพาะปลูก

ตารางที่ 2-2

การคำนวณหา potential evapotranspiration โดยวิธี modified Penman.

ที่	สถานี	เดือน											
		ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
1.	เชียงราย	93	125	151	169	158	143	135	124	128	122	105	91
2.	แม่ฮ่องสอน	102	134	166	185	161	139	131	123	125	123	112	97
3.	เชียงใหม่	104	134	164	179	160	144	135	122	124	123	110	96
4.	แม่สะเรียง	108	139	173	191	166	135	127	120	125	127	117	103
5.	ลำปาง	109	139	167	184	167	151	144	132	130	125	113	100
6.	น่าน	102	133	162	177	158	144	135	124	126	126	112	97
7.	แพร่	108	137	170	188	168	145	142	130	128	125	115	103
8.	อุตรดิตถ์	114	140	165	180	160	140	133	124	128	132	123	109
9.	ตาก	115	147	182	198	167	150	144	134	128	121	112	103
10.	พิษณุโลก	113	138	165	175	159	143	136	126	128	129	121	108
11.	แม่สอด	117	146	177	190	163	135	128	118	127	130	123	110
12.	เพชรบูรณ์	118	143	176	180	160	140	132	122	123	131	124	112
13.	เขื่อนภูมิพล	116	153	186	197	166	148	143	141	130	125	116	106
14.	เลย	119	146	172	183	167	155	153	143	139	139	124	109
15.	อุดรธานี	112	137	165	174	158	144	140	128	131	134	121	107
16.	นครพนม	113	133	157	166	155	134	132	122	127	132	121	107
17.	สกลนคร	114	138	163	173	154	143	141	129	132	135	122	108
18.	มุกดาหาร	119	140	167	172	156	141	136	128	135	135	127	114
19.	ขอนแก่น	117	143	168	177	162	148	147	133	132	131	126	113
20.	ร้อยเอ็ด	119	140	165	171	159	147	143	130	129	132	126	114
21.	อุบลราชธานี	125	145	166	168	155	140	140	129	129	134	132	120
22.	สุรินทร์	119	139	162	162	150	137	135	125	124	126	119	110
23.	นครราชธานี	120	143	163	168	158	151	146	134	132	127	122	112
24.	ซับม่วง	113	131	147	153	145	142	137	125	125	119	112	105

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ที่	สถานี	เดือน											
		ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
25.	ชัยภูมิ	125	150	172	179	172	150	144	133	130	135	130	119
26.	นครสวรรค์	122	149	179	187	167	152	144	134	127	126	121	113
27.	ลพบุรี	131	152	177	179	161	148	141	132	131	133	131	128
28.	สุพรรณบุรี	129	147	174	182	168	155	149	142	134	132	128	121
29.	ปราจีนบุรี	132	147	161	162	152	136	132	158	127	131	134	128
30.	กาญจนบุรี	125	151	177	182	163	148	144	135	133	127	121	116
31.	ดอนเมือง	130	148	169	170	158	150	145	133	132	131	126	119
32.	กรุงเทพฯ	120	136	153	156	144	136	132	126	123	120	119	113
33.	อรัญประเทศ	126	148	166	166	158	144	137	129	131	130	126	117
34.	ชลบุรี	131	149	168	171	153	149	143	136	131	131	131	130
35.	สัตหีบ	140	156	171	170	152	158	151	146	139	133	137	139
36.	จันทบุรี	128	134	139	146	132	123	121	115	117	123	128	127
37.	คลองใหญ่ (ตราด)	124	130	137	137	129	120	119	112	116	121	122	123
38.	เกาะสีชัง	133	150	166	171	156	152	146	139	134	137	135	132
39.	หัวหิน	127	145	165	167	152	146	139	132	132	127	125	123
40.	ประจวบคีรีขันธ์	125	141	159	164	154	145	142	137	140	129	128	127
41.	ชุมพร	117	133	152	154	139	130	127	150	128	121	113	111
42.	สุราษฎร์ธานี	120	143	158	155	142	136	135	131	114	123	110	107
43.	นครศรีฯ	116	137	157	153	143	140	142	135	101	124	113	116
44.	สงขลา	103	144	153	147	135	133	135	133	97	124	113	116
45.	นราธิวาส	121	136	151	154	138	135	133	131	57	127	115	110
46.	ระนอง	130	145	158	153	130	118	117	113	109	115	108	120
47.	ภูเก็ต	143	159	167	155	132	132	133	132	82	126	124	132
48.	สนามบินภูเก็ต	134	150	157	148	137	127	128	125	88	120	120	123
49.	ตรัง	140	158	166	155	131	121	128	123	72	122	117	123

ตารางที่ 2-3

สัมประสิทธิ์พืช (Crop coefficient) (6) (9)

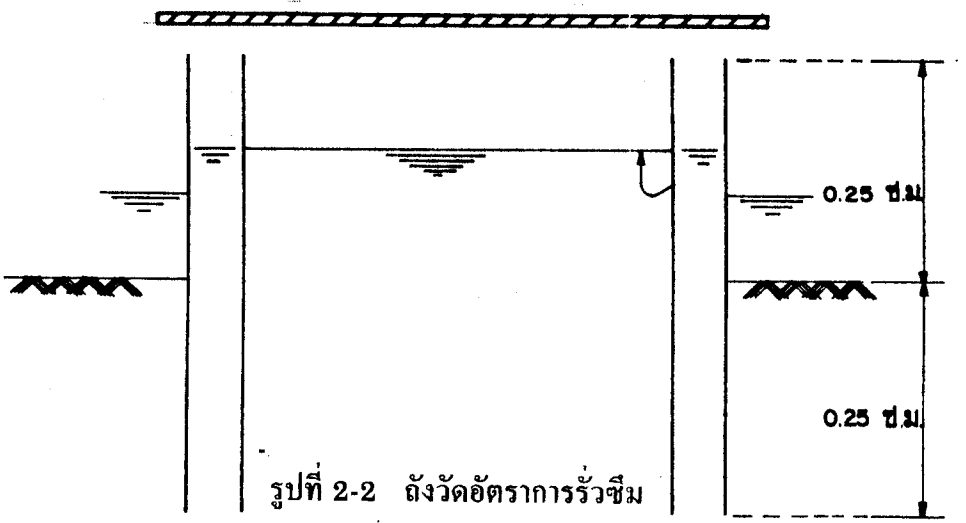
ระยะเวลาจากต้นฤดูสัปดาห์	ข้าวพันธุ์พื้นเมืองปักดำ	ข้าวพันธุ์ กข. ปักดำฤดูฝนและฤดูแล้ง	ข้าวพันธุ์พื้นเมืองหว่าน	ข้าวพันธุ์กข. หว่านฤดูฝนและฤดูแล้ง	พืชไร่ฤดูฝน	พืชไร่ฤดูแล้ง
1	0.83	0.99	0.0	0.0	0.30	0.53
2	0.83	0.99	0.0	0.99	0.30	0.53
3	0.83	0.99	0.0	0.99	0.30	0.30
4	0.93	1.16	0.0	0.99	0.30	0.30
5	1.06	1.16	0.83	1.16	0.70	0.70
6	1.06	1.16	0.83	1.16	0.70	0.70
7	1.06	1.25	0.83	1.16	0.9	0.9
8	1.06	1.30	0.93	1.25	1.2	1.2
9	1.06	1.32	1.06	1.30	1.0	1.0
10	1.06	1.32	1.06	1.32	1.0	1.0
11	1.06	1.32	1.06	1.32	0.7	0.7
12	1.06	1.24	1.06	1.32	0.5	0.5
13	0.96	0.0	1.06	1.24	0.5	0.5
14	0.83	0.0	1.06	0.0	0.5	0.5
15	0.83	0.0	1.06	0.0	0.5	0.5
16	0.83	0.0	1.06	0.0	0.5	0.5
17	0.83	0.0	0.96	0.0	0.5	0.5
18	0.72	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
19	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
20	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
21	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
22	0.0	0.0	0.72	0.0	0.5	0.5
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5

เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

1. ถังกลม 2 ถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม. และ 40 ซม. สูง 50 ซม. มีความหนาพอที่จะกดลงในดินให้ลึกประมาณ 25 ซม. ได้
2. ไม้ทาสีขาวขนาด 80 ซม. สี่เหลี่ยม สำหรับเป็นฝาปิด เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในถัง
3. ถ้วยแก้วที่มีมาตรส่วน สามารถวัดปริมาตรน้ำได้ละเอียดถึงลูกบาศก์เซ็นติเมตร
4. ถังตักน้ำ
5. นาฬิกาจับเวลา

กรณีที่มีน้ำขังอยู่บนพื้นดิน หรือเป็นกรณีที่ให้น้ำชลประทาน ฝังถังทั้งสองลงในดินลึกประมาณ 25 ซม. ถังใบซึ่งมีเส้นผ่าสูนย์กลาง 40 ซม. มี hook gauge อยู่ต่ำจากปากถังประมาณ 5 ซม. ระดับน้ำในถังประมาณ 5 ซม. สูงจากระดับน้ำในแปลงเพาะปลูก (ถ้าเป็นไปได้)

การติดตั้งถังทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ถังวัดอัตราการรั่วซึม

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อย 5 ซม. หรือถ้า percolation มีค่าน้อยระยะเวลาในการทดลองต้องใช้เวลานาน เพราะจะทำให้วัดค่าปริมาณการรั่วซึมได้ง่าย ค่า percolation ที่ได้ คือปริมาณน้ำในถังที่หายไปในระหว่างการทดลอง โดยก่อนการทดลอง จะเติมน้ำในถังให้ถึงปลาย hook gauge เมื่อทดลองเสร็จเติมน้ำใส่ถังให้ถึงปลาย hook gauge และวัดปริมาตรไว้ ปริมาตรน้ำที่วัดได้นี้ คือค่า percolation

ในระหว่างการทดลอง ถังถูกปิดด้วยแผ่นไม้ทาสีขาว เพื่อป้องกันการระเหย ถ้าทดลองในเวลากลางคืน ผลกระทบจากการระเหยมีน้อยมาก ต้องจับเวลาตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงทดลองเสร็จ รายละเอียดของการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2-4 ทุกจุดทดลอง ควรเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์หา gradation เพื่อจะได้ทราบชนิดของดินในแต่ละจุดทดลอง

เมื่อได้ทดลองหา percolation ในพื้นที่ต่าง ๆ ของโครงการแล้ว ก็สามารถใช้ค่านี้ประกอบการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในแต่ละโซนได้ กับทำให้ทราบค่า percolation ของพื้นที่ต่าง ๆ ของโครงการเพื่อนำไปประกอบการวางแผนการส่งน้ำ ในเวลาขาดน้ำ

2.4 การหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวในสนาม

การหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวที่จะอธิบายต่อไปนี้ เป็นการหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวฤดูฝนปี 2527 ของโครงการน้ำอูน จ.สกลนคร พื้นที่ที่เลือกขึ้นเพื่อหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงจำนวน 173 ไร่ เป็นพื้นที่ที่สามารถวัดปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกได้แน่นอน และเป็นพื้นที่ที่สามารถวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่คือ return flow และ runoff ในเวลาที่ฝนตกมากได้แน่นอน ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั่ว ๆ ไปจะหาพื้นที่ที่มีลักษณะดังกล่าวแล้วได้ยาก

ตารางที่ 2-4

แสดงผลการทดลองหาค่า percolation ในแปลงทดลองบนฝั่งซ้ายของคลอง 1 ขวา โครงการสามชุก

1	2	3			4	5	6	7	8	9	10
วัน เดือน ปี ที่ทดลอง	จุดที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง			ปริมาณน้ำที่เพิ่มใส่ถังเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลบ.ม.	Percolation ตลอดระยะเวลาทดลอง มม.	Percolation ต่อวัน มม.	ความลึกของน้ำในแปลงทดลอง ซม.	ความลึกของน้ำในถังทดลอง ซม.	ลักษณะของแปลงที่ทดลอง	ชนิดของดิน
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะเวลา ชม.							
18 เม.ย.22	A	16.50	8.15	15.42	150	1.190	1.86	6.00	20	เปียกมาแล้ว 30 วัน	ดินเหนียว
24 เม.ย.22	B	10.20	6.09	25.00	25	0.199	0.78	5.50	22		"
1 พ.ค.22	C	16.05	9.40	17.58	140	1.110	1.52	2.00	20	แห้งมาแล้ว 2 วัน	"
17 พ.ค.22	D	15.30	8.15	16.70	85	0.676	0.97	ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	22		"
23 พ.ค.22	E	18.00	7.50	13.83	650	5.171	8.97	"	25		"
24 พ.ค.22	F	15.30	7.25	15.92	110	0.875	1.32	"	22	แห้งมาแล้ว 1 วัน	"
31 พ.ค.22	G	18.30	7.50	13.33	120	0.955	1.72	1.0	22		"
7 มิ.ย.22	H	17.40	7.05	14.17	60	0.447	0.81	7.0	23		"

หมายเหตุ ช่องที่ 2 แสดงสถานที่ทำการทดลอง

ช่องที่ 4 ปริมาณน้ำที่ใส่เพิ่มจนถึงยอดของ hook gauge เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

1 มม.ของ Percolation = 125.7 ลบ.ม.ของปริมาณน้ำที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

พื้นที่นี้รับน้ำจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาด้วยคูส่งน้ำ ปากคูส่งน้ำควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกด้วย constant head orifice (CHO) ท้าย CHO ติดตั้ง cutthroat flume ซึ่งมี throat width 16 นิ้ว เพื่อวัดปริมาณน้ำที่ส่งเข้าแปลงทดลอง ท้าย cutthroat flume คูส่งน้ำแยกออกเป็น 2 แฉก คือ แฉกซ้ายและแฉกขวา ทั้ง 2 แฉกมีบานประตูสำหรับควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งอยู่ที่ปากทางเข้า คูแฉกขวาอยู่บนที่สูงกว่าคูแฉกซ้าย และส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกค่อนข้างยาก น้ำเหลือใช้บางส่วนจากคูสายนี้จะไหลผ่าน cutthroat flume ซึ่งมี throat width 8 นิ้ว และแสดงไว้ด้วยหมายเลข 2 ของรูปที่ 2-3 สำหรับคูแฉกซ้ายยังแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูกที่ศึกษา ส่วนหลังซึ่ง cutthroat flume มีขนาดของ throat width 12 นิ้ว ติดตั้งที่ปากคูส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกซึ่งอยู่นอกเขตที่ศึกษา ซึ่งแสดงด้วยหมายเลข 4 ในรูปที่ 2-3

ลักษณะของพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ติดกับคูแยกขวาเป็นที่ดอน ช่วงปลายคูขนานกับคลองซอย R-15L ส่วนคูแยกซ้ายขนานกับคลองซอย R-14L เป็นช่วงสั้น ๆ แล้วตัดขึ้นสู่ที่ดอน จึงสามารถส่งน้ำให้ที่ลุ่มได้ มีคูระบายรับน้ำจากที่ลุ่มตอนกลางไปจดกับถนนตอนล่าง เหนือ cutthroat flume หมายเลข 1 ประมาณ 40 เมตร ถนนล้อมรอบตอนล่างของพื้นที่เพาะปลูก รถยนต์สามารถวิ่งผ่านได้ return flow จึงไม่สามารถไหลลอดถนนสายนี้ได้ แต่จะไหลจากแปลงหนึ่งไปสู่อีกแปลงหนึ่งจากซ้ายมือไปสู่ขวามือจนจดคูระบายดังกล่าวแล้ว

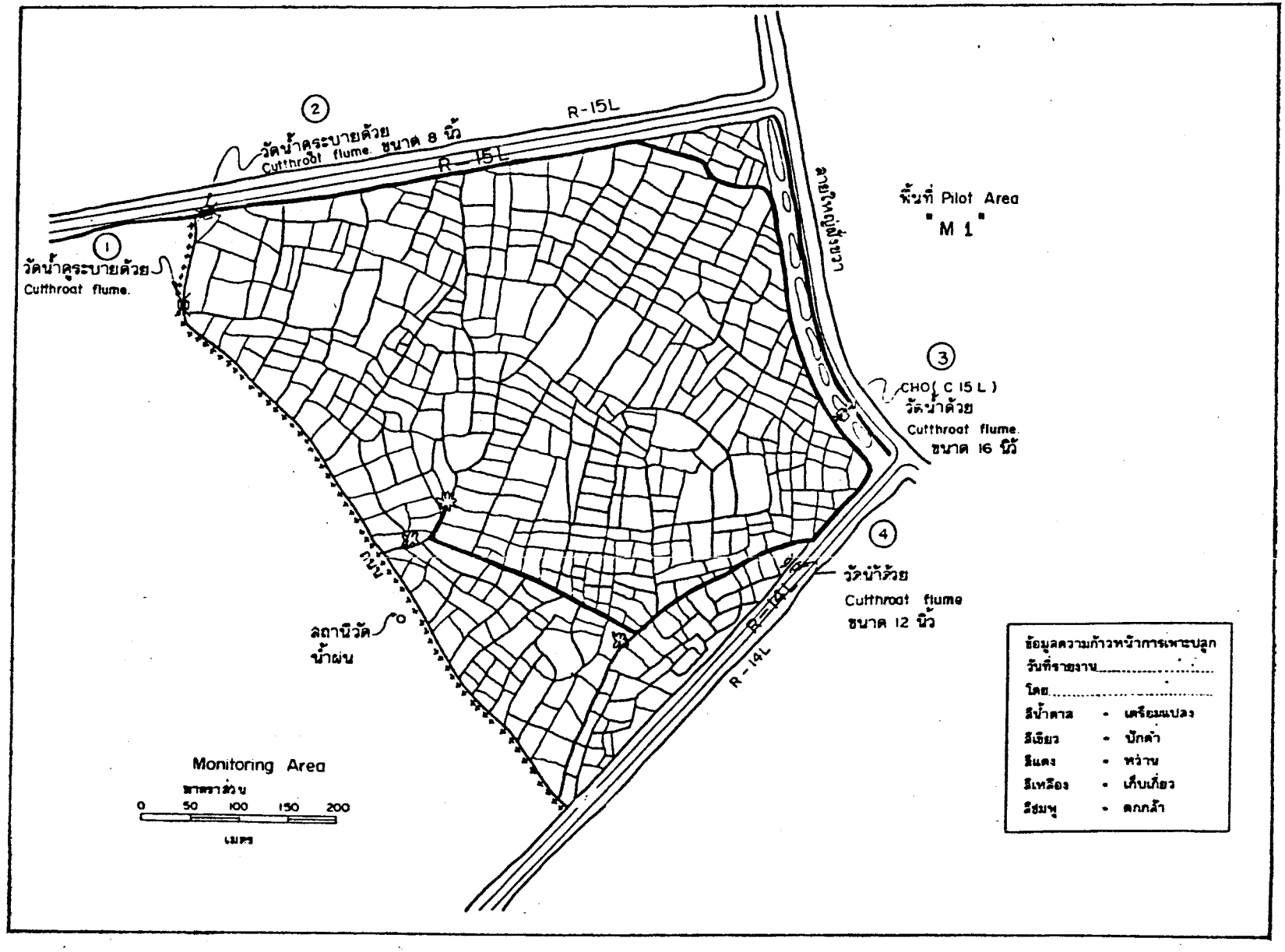
จากรูปที่ 2-3 cutthroat flume หมายเลข 1 มี throat width 12 นิ้ว ประมาณ 95% ของ return flow และ runoff ของฝนจะไหลออกผ่านจุดนี้ ส่วนอีกประมาณ 5% ที่เหลือจะไหลออกผ่าน cutthroat flume หมายเลข 2

เนื่องจากคูแฉกขวาอยู่บนที่ดอนมากจึงมักมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกจะต้องอัดน้ำให้เต็มที่ น้ำจึงจะไหลเข้าคูแฉกนี้ อย่างไรก็ดีในช่วงเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวนาดำฤดูฝน ปี 2527 พื้นที่ที่เลือกขึ้นเพื่อศึกษาไม่มีการขาดแคลนน้ำ

2.4.1 วิธีการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ขอให้เจ้าหน้าที่ของโครงการดำเนินการส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูกเหมือนเช่นที่เคยปฏิบัติมาแล้วในฤดูการเพาะปลูกที่ผ่านมา เป็นการปลูกข้าวพันธุ์ กข 6 เต็มทั้งพื้นที่ในฤดูฝน พ.ศ. 2527

1) การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่เพาะปลูก โซนแมนของโครงการน้ำอูน เป็นผู้เก็บรวบรวมระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำของ cutthroat flume ที่ติดตั้งไว้ทั้ง 4 แห่ง วันละ 2 ครั้ง คือ เวลาประมาณ 08.30 น. และ 16.30 น. เป็นประจำทุกวัน



รูปที่ 2-3 รายละเอียดพื้นที่ที่เลือกขึ้นเพื่อหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับเพาะปลูกข้าว (3)

2) การเก็บข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูก โซนแมนของโครงการน้ำอูนฯ เป็นผู้เก็บรวบรวมกิจกรรมการเพาะปลูกเป็นประจำสัปดาห์ทุกวันพฤหัสบดี ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกที่เก็บรวบรวมประกอบด้วย

ก. พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อตกกล้า
ข. พื้นที่ตกกล้า
ค. พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อปักดำ
ง. พื้นที่ปักดำ
จ. พื้นที่เก็บเกี่ยว

การเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวกระทำโดยให้สีประจำของแต่ละกิจกรรม การเก็บข้อมูลในแต่ละสัปดาห์ จะระบายสีของแต่ละกิจกรรมลงในบล๊อคของแผนที่ตามรูปที่ 2-3 (แผนที่นี้คัดลอกมาจากภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1 : 4,000 ซึ่งบล๊อคในภาพถ่ายส่วนใหญ่ยังเหมือนกับลักษณะของคันนาในแปลงที่เลือกขึ้นทดลอง) ใน 1 สัปดาห์ใช้แผนที่ 1 แผ่น ทำเช่นนี้จนเสร็จสิ้นการเตรียมแปลง แล้วหาพื้นที่ที่ดำเนินกิจกรรมในแต่ละสัปดาห์ด้วย planimeter

2.4.2 ลักษณะการเตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวนาดำฤดูฝน 2527

ฤดูแล้ง พ.ศ. 2527 พื้นที่ที่เลือกขึ้นเพื่อศึกษามีการเพาะปลูกถั่วลิสงประมาณ 20 ไร่ซึ่งเก็บเกี่ยวผลช้าหลังจากเก็บเกี่ยวผลของถั่วลิสงแล้วชาวนาจึงปลูกข้าวต่อทันที

เนื่องจากฤดูฝน ปี พ.ศ. 2527 มีฝนตกตั้งแต่เดือนเมษายน 156.9 มม. และตกในเดือน พฤษภาคม อีก 102.3 มม. เมื่อมีฝนตกลงมาและความชื้นในดินมากพอที่จะใช้เตรียมแปลงได้ ชาวนาจะเริ่มเตรียมแปลงโดยอาศัยน้ำฝน และไม่รอน้ำชลประทาน ซึ่งปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งเข้าแปลงเพาะปลูกครั้งแรกในวันที่ 29 พฤษภาคม 2527 แต่จากการเริ่มเก็บข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกครั้งแรกในวันที่ 13 มิถุนายน 2527 ได้มีการเริ่มเตรียมแปลงไปแล้ว 118.4 ไร่

ลักษณะการเตรียมแปลงบนพื้นที่ที่เลือกขึ้นศึกษา สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1) เมื่อฝนตกลงมาจนดินมีความชื้นมากพอ ชาวนาจะไถดะด้วยควาย แล้วทิ้งแปลงนาไว้ ต่อเมื่อต้นกล้าโตพอที่จะปักดำได้ จึงไถดะอีกครั้งหนึ่ง แล้วปักดำทันที การเตรียมแปลงลักษณะดังกล่าวมีมากที่สุดคือประมาณ 70% ของพื้นที่ทั้งหมด

2) เมื่อต้นกล้าโตพอ เริ่มเตรียมแปลงโดยไถดะด้วยควายแล้วทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน จึงปักดำ ซึ่งมีอยู่ประมาณ 20% ของพื้นที่ทั้งหมด

3) เมื่อกล้าโตพอที่จะใช้ปักดำได้ จึงไถดะด้วยควาย แล้วปักดำทันที ซึ่งมีอยู่ประมาณ 10% ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ดอน

ในช่วงเตรียมแปลงฤดูฝน 2527 ไม่ขาดน้ำ

2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำกิจกรรมการเพาะปลูกที่เก็บรวบรวมได้ดังตารางที่ 2-5 มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง การวิเคราะห์นี้ใช้ข้อมูลฝนตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2527 จนถึงวันที่ 4 กรกฎาคม 2527 เป็นวันที่ได้รับรายงานว่ามีการเตรียมแปลงเต็มพื้นที่ ได้ค่าปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสะสม 213 มม. แต่ถ้าคิดจนถึงวันที่ 22 สิงหาคม 2527 ซึ่งเป็นวันที่ปักดำแล้วเสร็จ จะได้ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสะสมเท่ากับ 189 มม. รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-5

กิจกรรมการเพาะปลูกที่ได้รับรายงาน

ระยะเวลา	พื้นที่เตรียมแปลง ไร่	พื้นที่ตกกล้า ไร่	พื้นที่ปักดำ ไร่
7-13 มิ.ย 27	118.4	10.5	-
14-20 มิ.ย 27	143.1	12.3	3.9
21-27 มิ.ย 27	153.7	12.0	13.6
28-4 ก.ค 27	166.3	12.6	26.6
5-11 ก.ค 27	173.0	11.2	61.3
12-18 ก.ค 27		8.9	102.9
19-25 ก.ค 27		5.7	129.6
26-1 ส.ค 27		3.6	153.0
2-8 ส.ค 27		0.5	161.0
9-15 ส.ค 27			167.5
16-22 ส.ค 27			173.0

ตารางที่ 2-6

การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ระยะเวลา	ปริมาณน้ำที่ส่งสะสม ลบ.ม.	ความต้องการน้ำของข้าวต่อวัน ลบ.ม.	จำนวนวัน	ปริมาณน้ำสะสม ลบ.ม.	ความซึมสะสม ลบ.ม.	ฝนสะสม ลบ.ม.	ปริมาณน้ำไหลออกสะสม ลบ.ม.	ปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลงสะสม ลบ.ม.	พื้นที่เตรียมแปลงสะสม ไร่	ความลึกของน้ำ มม.
1-6 มิ.ย.27	0	0	6	0	0	18130	0	18130		
7-13 มิ.ย.27	0	0	7	0	1938	24773	3525	19310	118.4	
14-20 มิ.ย.27	0	27	7	189	3876	31195	3525	23605	143.1	
21-27 มิ.ย.27	0	94	7	847	5814.000	50405	3525	40219	153.7	
28-4 ก.ค.27	15465	185	7	2142	7752	67677	15241	58007	166.3	
5-11 ก.ค.27	22351	428	7	5138	9690	92936	21548	58911	173.0	213
12-18 ก.ค.27	25003	732	7	10262	11628	98955	48850	53218		
19-25 ก.ค.27	25003	944	7	16870	13556	112158	55675	51050		
26-1 ส.ค.27	27768	1138	7	24836	15504	132977	67991	51414		
2-8 ส.ค.27	30818	1155	7	32921	17442	169013	89616	59842		
9-15 ส.ค.27	30818	1263	7	41762	19380	203446	115045	58077		
16-22 ส.ค.27	30818	1366	7	51324	21318	231762	137517	52421	173.0	189

คำอธิบายตารางที่ 2-6 ประกอบด้วย

แถวที่ 1 ช่วงเวลาที่กิจกรรมเพิ่มขึ้น

แถวที่ 2 ปริมาณน้ำที่ส่งให้แปลงเพาะปลูกสะสม

แถวที่ 3 คำนวณความต้องการน้ำของข้าวสะสมจากค่า Potential evapotranspiration และค่า crop coefficient

แถวที่ 4 ช่วงเวลาเป็นวันที่นำมาใช้ในการคำนวณความต้องการน้ำของข้าว

แถวที่ 5 ความต้องการน้ำของข้าวสะสม

แถวที่ 6 อัตราความซึม ใช้ค่า 1 มม./วัน

แถวที่ 7 ปริมาตรฝนที่ตกสะสม

แถวที่ 8 ปริมาตรน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่เพาะปลูกสะสม

แถวที่ 9 ปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลงสะสม เท่ากับ แถวที่ 2 + แถวที่ 7 - แถวที่ 5 - แถวที่ 6 - แถวที่ 8

แถวที่ 10 พื้นที่เตรียมแปลงสะสมเป็นไร่

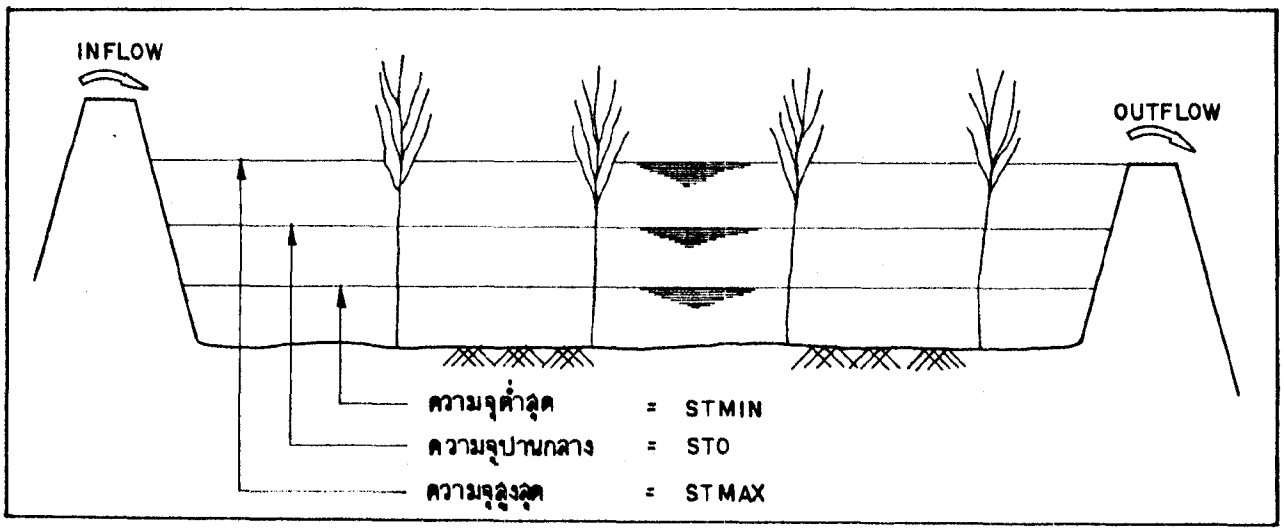
แถวที่ 11 ความลึกของน้ำเป็นมิลลิเมตรเท่ากับ แถวที่ 9/ (แถวที่ 10 x 1,600 x 1/1,000)

2.5 ปริมาณฝนใช้การ (Effective rainfall)

2.5.1 ทฤษฎี

ปริมาณฝนใช้การหรือปริมาณฝนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทานได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลา, ปริมาณการใช้น้ำของพืช ความเคยชินของชาวนาต่อการเก็บกักน้ำชลประทานไว้ในแปลงนา และความสูงของคันนา เช่น ถ้าชาวนานิยมเก็บน้ำชลประทานไว้ในแปลงนาที่ระดับต่ำ เมื่อฝนตกลงมาก็มีความสามารถที่จะเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มาก เป็นต้น นอกจากนี้จะเห็นว่าในเดือนที่มีฝนตกน้อย เปอร์เซ็นต์ของฝนใช้การจะสูงกว่าเดือนที่มีฝนตกมาก และยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในเดือนก่อน ๆ เป็นสำคัญด้วย

บริษัท Acres (6) ได้พัฒนาวิธีการหา effective rainfall ของคณะกรรมการพัฒนาลุ่มน้ำโขงตอนล่าง ซึ่งใช้หา effective rainfall ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย วิธีนี้หาฝนใช้การจากการพิจารณาถึงระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกในช่วงฝนตก ดังแสดงในรูปที่ 2-4



ความจุต่ำสุด = ความจุที่ความลึกของน้ำต่ำสุดอาจใช้เพื่อกำจัดวัชพืช เริ่มให้น้ำชลประทานที่ความลึกนี้

ความจุปานกลาง = ความจุที่ความลึกหลังจากให้น้ำชลประทาน

ความจุสูงสุด = ความจุที่ความลึกสูงสุดถ้ามีน้ำส่งมาจะกลายเป็น runoff

รูปที่ 2-4 ระดับน้ำในแปลงนาข้าว สำหรับคำนวณหาฝนใช้การ

รูปที่ 2-4 แสดงระดับน้ำบนแปลงเพาะปลูกที่ใช้กับวิธีนี้ เพื่อคำนวณฝนใช้การในวันที่ n ให้

R_n = ฝนที่ตกในวันที่ n เป็นมม.

St_{n-1} = ระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกที่เริ่มต้นของวันที่ n

St_n = ระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกที่สิ้นสุดของวันที่ n

a_m = ปริมาณน้ำที่พืชต้องการเป็น มม./วัน ของเดือนที่มีวันที่ n

= $(K_c \times ET_p + OR)/N$

ซึ่ง K_c = สัมประสิทธิ์พืชในเดือนที่ m

ET_p = potential evapotranspiration ในเดือนที่ m

OR = ความต้องการน้ำของพืชอื่นในเดือนที่ m (โดยทั่วไปเป็นปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง)

N = จำนวนวันในเดือนที่ m

St_n คำนวณจาก

$St_n = St_{n-1} + R_n - a_m$

ถ้า $St_n >$ STMAX, ฝนใช้การสำหรับวัน (RE) หาจาก

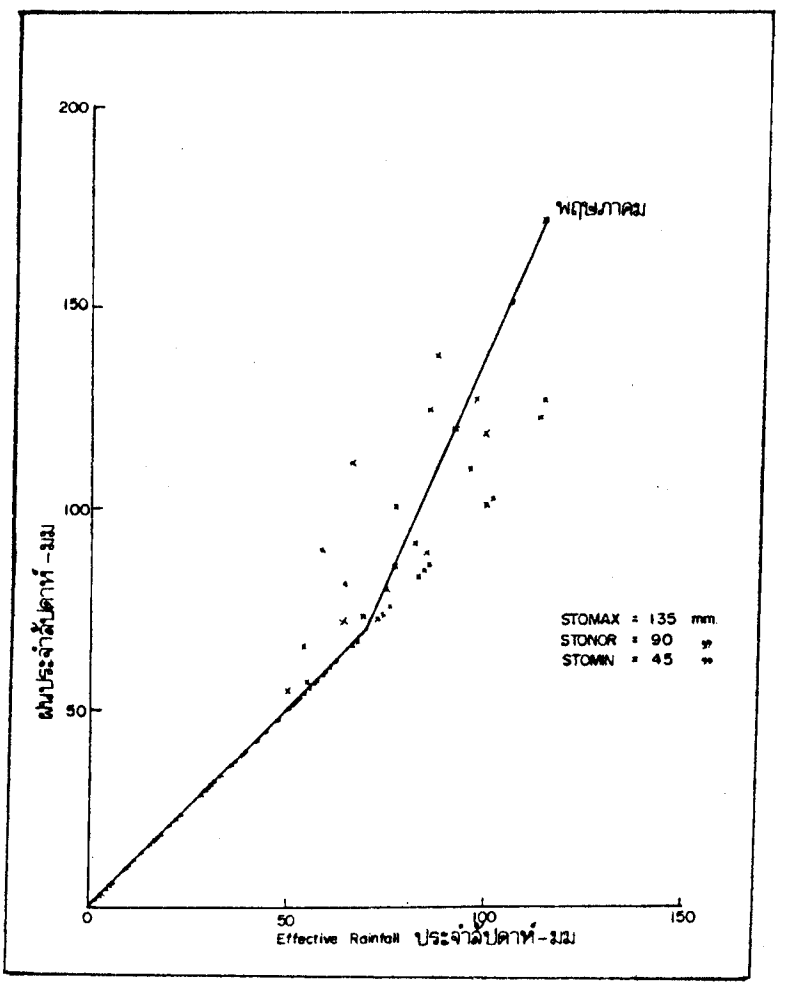
$RE = STMAX + a_m - St_{n-1}$, และ St_n ปรับเข้าสู่ STMAX

ถ้า $St_n \leq$ STMAX, RE = R, และ St_n ยอมรับ แต่ถ้า

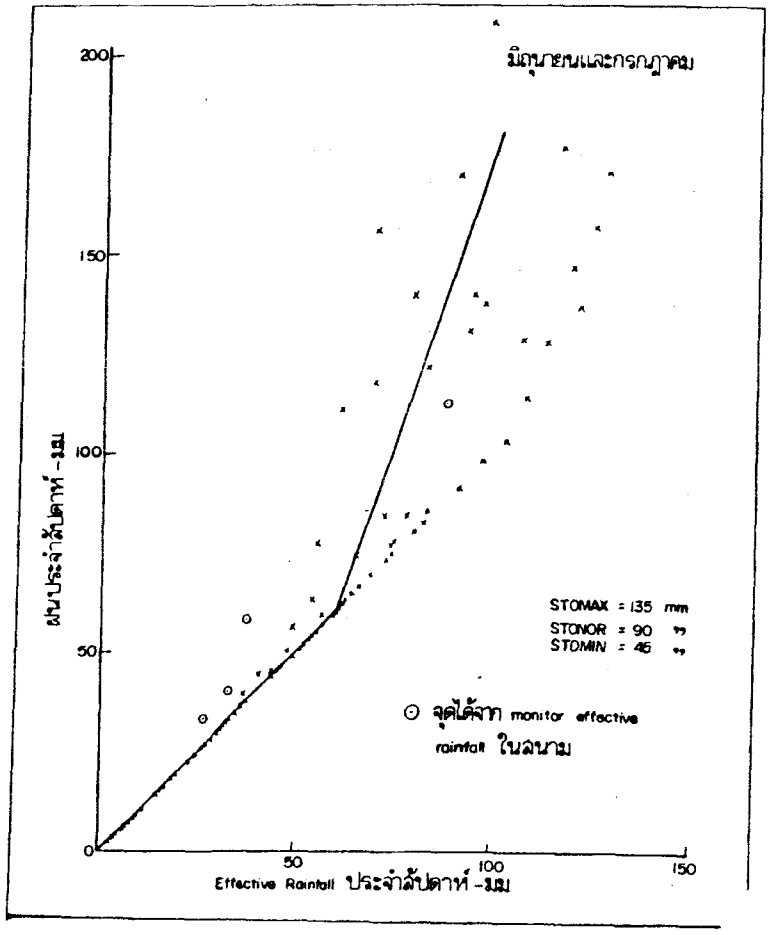
Stn < STMIN, ซึ่งเป็นกรณีที่ St_n ต้องให้เท่ากับ STO

นั่นคือ มีการส่งน้ำชลประทานให้แปลงเพาะปลูก

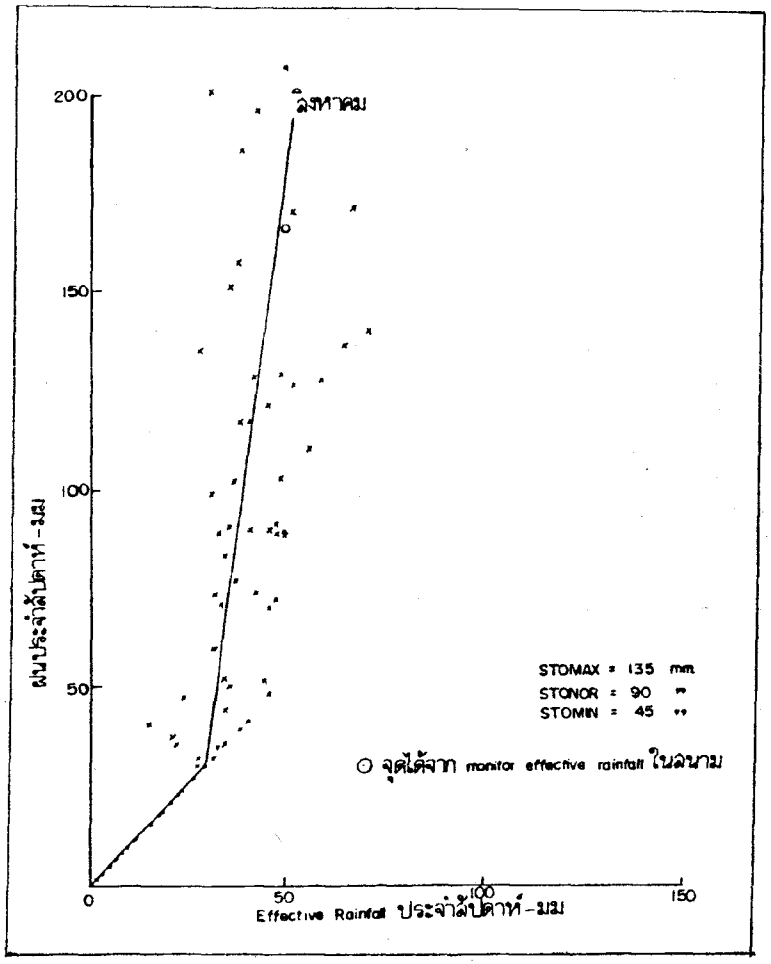
ผลการคำนวณฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าวของโครงการน้ำอูน โดยใช้ข้อมูลฝนที่ จ.สกลนคร เป็นเวลา 30 ปี คำนวณโดยวิธี simulation ซึ่งใช้ระดับน้ำต่ำสุดในแปลงนาเท่ากับ 45 มม. ระดับน้ำในแปลงนาหลังจากส่งน้ำชลประทานเท่ากับ 90 มม. และระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังฝนตกเท่ากับ 135 มม. คำนวณเป็นรายสัปดาห์ ผลการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 2-5, 2-6, 2-7, 2-8 และ 2-9 ซึ่งเป็นฝนใช้การของเดือนต่าง ๆ



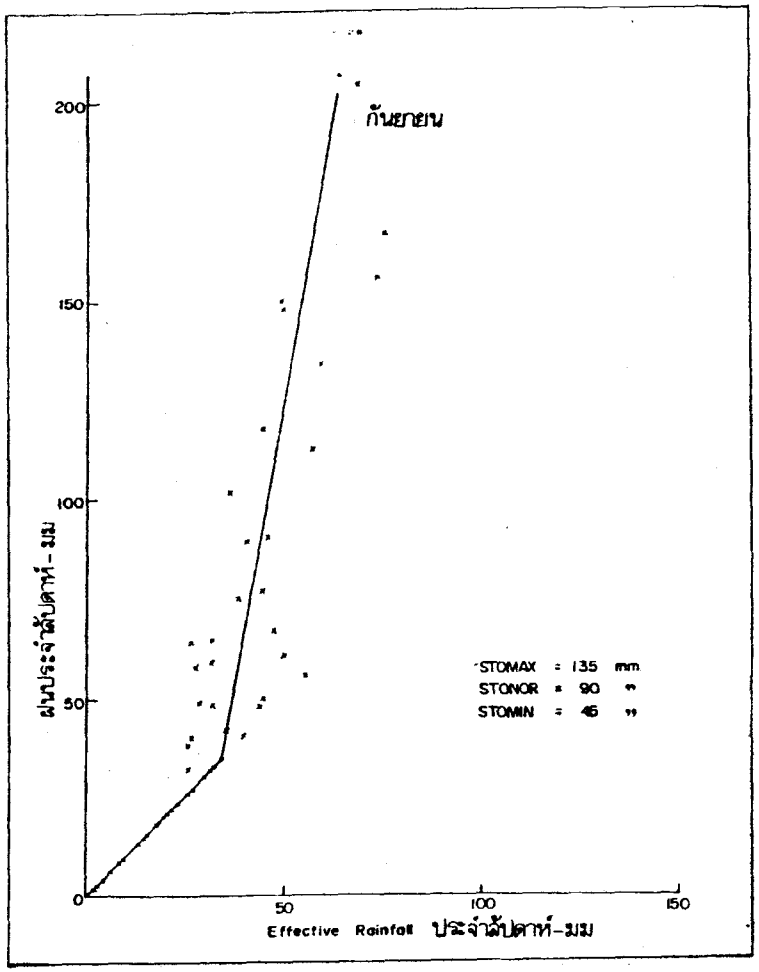
รูปที่ 2-5 ความสัมพันธ์ของฝนและ effective rainfall ประจำสัปดาห์ เดือนพฤษภาคม



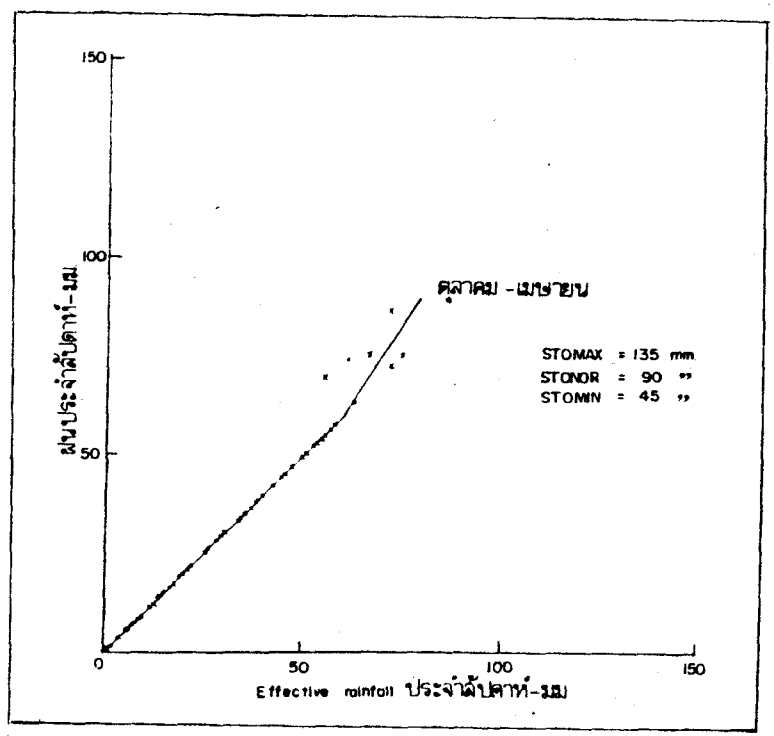
รูปที่ 2-6 ความสัมพันธ์ของฝน และeffective rainfall ประจำสัปดาห์ เดือนมิถุนายน และกรกฎาคม



รูปที่ 2-7 ความสัมพันธ์ของฝน และeffective rainfall ประจำสัปดาห์ เดือนสิงหาคม



รูปที่ 2-8 ความสัมพันธ์ของฝน และeffective rainfall ประจำสัปดาห์ เดือนกันยายน



รูปที่ 2-9 ความสัมพันธ์ของฝน และeffective rainfall ประจำสัปดาห์ เดือนตุลาคมถึงเมษายน

2.5.2 การหา effective rainfall ในสนาม

การหา effective rainfall ในสนาม ใช้ข้อกำหนดในการเลือกแปลงทดลองเช่นเดียวกับการหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง กล่าวคือ สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูก และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่เพาะปลูกได้ค่อนข้างแน่นอน การวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ทดลองถ้าไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ พื้นที่ทดลองต้องใหญ่มากพอ จึงสามารถหาค่าปริมาณน้ำไหลออกสูงสุดได้ใกล้เคียงความจริง

สำหรับการคำนวณหา effective rainfall ที่จะกล่าวต่อไป เป็นการคำนวณโดยประมาณจากหลักของ runoff hydrograph ซึ่งผลต่างของ rainfall และ runoff บนพื้นที่เพาะปลูกก็คือ effective rainfall สำหรับ outflow hydrograph จากแปลงทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ baseflow และ runoff เพราะฉะนั้น runoff ของฝนที่ตกแต่ละครั้งจึงสามารถคำนวณได้

ตัวอย่างได้แก่ การหา effective rainfall บนแปลงทดลองตอน 2 ของโครงการลำปาว ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูก 25,877 ไร่ มีน้ำไหลออกจากพื้นที่ทดลอง 6 จุด มีสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้คำนวณ 4 สถานี รายละเอียดพื้นที่ทดลองดังแสดงในรูปที่ 2-10 กิจกรรมการปลูกข้าวฤดูฝน 2530 ในพื้นที่ทดลองอยู่ในรูปที่ 2-11 และวิธีการหา effective rainfall ดังแสดงในตารางที่ 2-7 (7)

การคำนวณหา effective rainfall ในตารางที่ 2-7 พยายามเลือกคำนวณให้ใกล้เคียงกับฝนใช้การประจำสัปดาห์ให้มากที่สุด การหาฝนใช้การในสนามที่อธิบายมานี้ควรหาเป็นเวลาหลาย ๆ ปี (อย่างน้อย 3 ปี) แล้วนำค่าที่ได้นี้ไป plot รวมกับค่าฝนใช้การที่หามาจากวิธี simulation

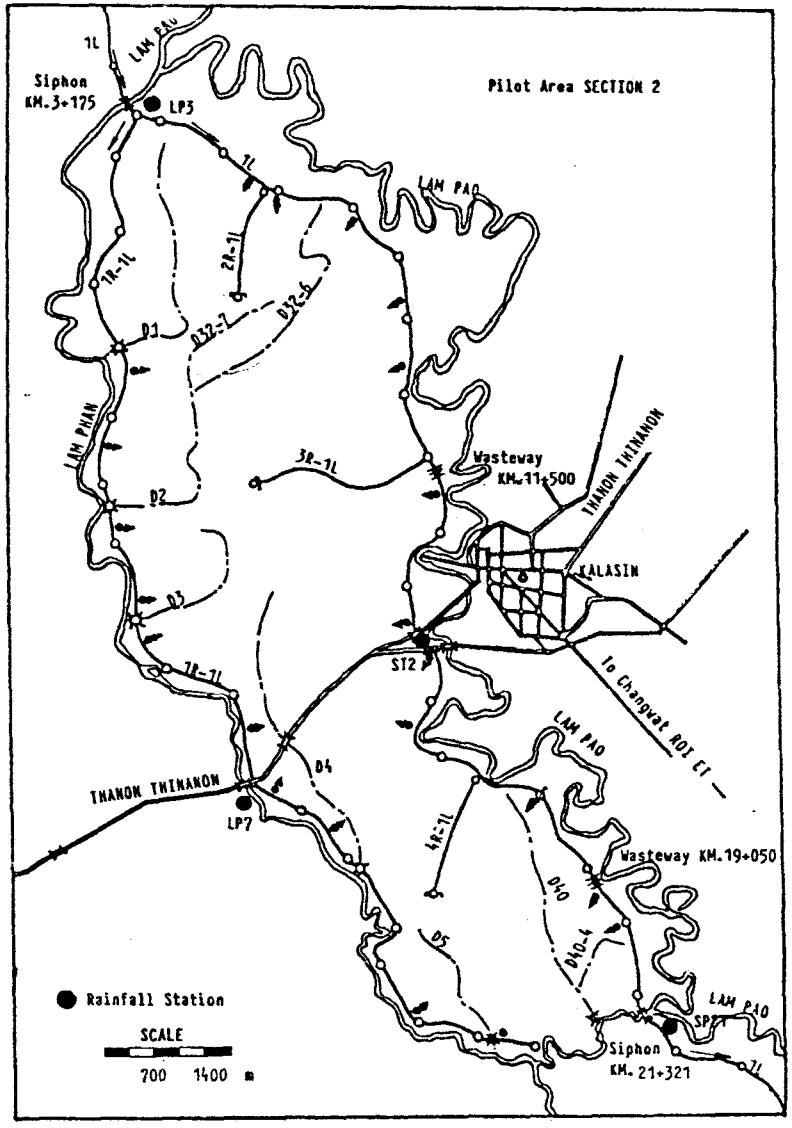
2.6 การหาประสิทธิภาพชลประทาน

การหาประสิทธิภาพชลประทานที่จะกล่าวต่อไปใช้คำจำกัดความที่ได้กล่าวไว้ตอนต้นของบทนี้ การหาค่าต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เฉพาะที่สำคัญได้อธิบายไว้แล้ว เนื่องจากวิธีหาประสิทธิภาพชลประทานจากข้อมูลการ operate จริงในสนามค่อนข้างยุ่งยาก เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น จึงขอยกตัวอย่างการหาประสิทธิภาพการชลประทานของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา โครงการน้ำอูนในฤดูฝน 2527 รายละเอียดการคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทานโดยย่อยมีดังนี้

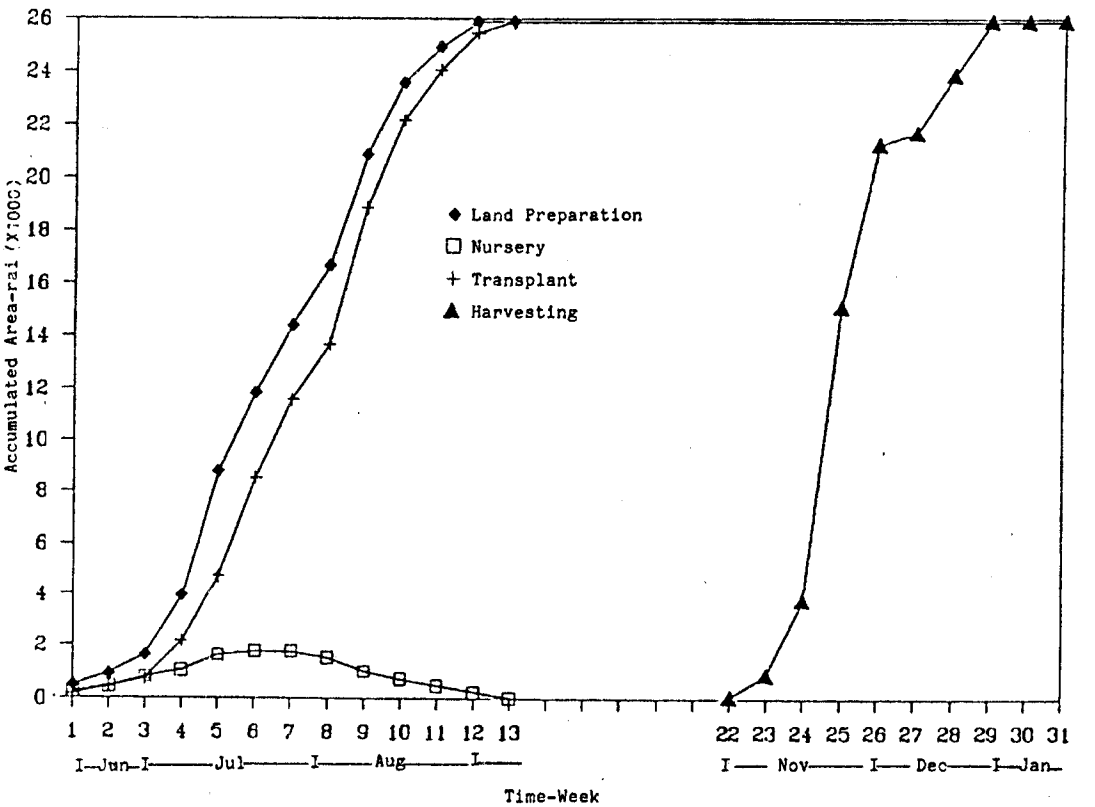
ตารางที่ 2-7

การหา effective rainfall

Date	Outflow cms	Outflow mm	Average Rainfall mm	Sum. of Rainfall	Base-flow mm	Runoff mm	Sum. of Runoff	Effective Rainfall mm
11-Jul-87	0.809	1.688	0.0					
12-Jul-87	0.801	1.672	0.0					
13-Jul-87	0.687	1.434	0.0					
14-Jul-87	0.833	1.738	1.1					
15-Jul-87	0.892	1.861	0.0					
16-Jul-87	0.704	1.469	1.1	100.7	1.469	0.000	48.0	52.7
17-Jul-87	0.838	1.749	2.7		1.569	0.180		
18-Jul-87	0.800	1.669	47.0		1.669	0.000		
19-Jul-87	1.376	2.871	0.0		1.891	0.980		
20-Jul-87	2.049	4.276	9.1		2.113	2.163		
21-Jul-87	2.942	6.139	0.0		2.335	3.804		
22-Jul-87	2.825	5.895	32.4		2.557	3.338		
23-Jul-87	2.969	6.196	0.4		2.779	3.417		
24-Jul-87	5.156	10.760	0.1		3.001	7.759		
25-Jul-87	5.465	11.404	0.0		3.223	8.182		
26-Jul-87	5.393	11.254	0.0		3.444	7.810		
27-Jul-87	5.206	10.864	0.5		3.666	7.197		
28-Jul-87	2.623	5.474	7.3		3.888	1.585		
29-Jul-87	2.734	5.705	0.1		4.110	1.595		
30-Jul-87	2.076	4.332	25.5		4.332	0.000		
31-Jul-87	2.660	5.551	0.1					
01-Aug-87	3.898	8.134	9.2					
02-Aug-87	4.536	9.466	0.0					
03-Aug-87	4.710	9.829	0.0					
11-Aug-87	2.787	5.816	0.0					
12-Aug-87	2.425	5.060	0.0					
13-Aug-87	2.141	4.468	0.0					
14-Aug-87	1.935	4.038	0.0					
15-Aug-87	1.741	3.633	7.7	179.6	3.633	0.000	98.7	80.9
16-Aug-87	1.849	3.858	101.6		3.730	0.128		
17-Aug-87	7.491	15.632	10.0		3.828	11.804		
18-Aug-87	9.676	20.192	0.1		3.925	16.266		
19-Aug-87	10.278	21.448	0.0		4.023	17.425		
20-Aug-87	6.830	14.253	0.3		4.120	10.132		
21-Aug-87	5.474	11.423	0.2		4.218	7.205		
22-Aug-87	5.150	10.747	52.6		4.315	6.432		
23-Aug-87	6.641	13.858	1.8		4.413	9.446		
24-Aug-87	6.217	12.974	1.4		4.510	8.464		
25-Aug-87	4.285	8.942	0.1		4.608	4.334		
26-Aug-87	4.165	8.692	3.8		4.705	3.986		
27-Aug-87	3.316	6.920	0.0		4.803	2.117		
28-Aug-87	2.817	5.879	9.5		4.900	0.978		
29-Aug-87	2.395	4.998	0.3		4.998	0.000		
30-Aug-87	2.425	5.060	0.0					
31-Aug-87	2.560	5.342	0.0					



รูปที่ 2-10 แปลงทดลองหา effective rainfall



รูปที่ 2-11 กิจกรรมการปลูกข้าวในแปลงทดลองที่หา effective rainfall

ตารางที่ 2-8 เป็นข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกที่ได้รับรายงานจากสนาม ส่วนตารางที่ 2-9 เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปักดำ ข้อกำหนดและข้อสมมุติในการคำนวณอยู่ตอนท้ายของตาราง ตารางที่ 2-10 เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับตกกล้า และตารางที่ 2-11 คำนวณหาปริมาณน้ำที่ข้าวกล้าใช้ ตารางที่ 2-12 คำนวณหา weighted crop coefficient แล้วนำค่า weighted crop coefficient ที่ได้นี้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำที่พืชใช้ดังตารางที่ 2-13 ส่วนตารางที่ 2-14 คำนวณหา weighted rainfall ของฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูก แล้วจึงนำค่า weighted rainfall นี้ไปคำนวณหาค่าฝนใช้การ จากรูปที่ 2-5 ถึงรูปที่ 2-9 ซึ่งผลการคำนวณแสดงไว้ในแถวที่ 7 ของตารางที่ 2-16 ตารางที่ 2-15 คำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎีซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงเพื่อปักดำและตกกล้า ปริมาณน้ำที่ข้าวกล้าใช้และปริมาณน้ำที่ข้าวใช้หลังจากปักดำ ตารางที่ 2-17 เป็นตารางสรุปการคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน สำหรับปริมาณน้ำที่ส่งซึ่งอยู่ในแถวที่ 2 ของตารางนี้ คำนวณโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ พร้อมทั้งการเปิดบานประตูที่ทางโครงการน้ำอูนได้เก็บรวบรวมไว้มาคำนวณหาปริมาณน้ำจาก calibration curve ของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้ โดยคำนวณเป็นรายวันและรวมเป็นรายสัปดาห์ นำผลการคำนวณของตารางที่ 2-17 ไปสร้างกราฟดังแสดงในรูปที่ 2-12

ประสิทธิ์ภาพการชลประทานของโครงการน้ำอูนสำหรับการเพาะปลูกข้าวฤดูฝนเท่ากับ 37.43% (5)

ตารางที่ 2-8

ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกจากสนาม

วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลงสะสม ไร่	พื้นที่ตกกล้าสะสม ไร่	พื้นที่ปักดำสะสม ไร่	พื้นที่เตรียมแปลงตกกล้าสะสม ไร่
17-24 พ.ค 27	3,000			
31	9,000			
7 มิ.ย 27	17,400			1,637
14	25,063	1,637	236	2,999
21	52,063	2,999	1,557	4,876
28	66,241	4,876	6,083	5,333
5 ก.ค 27	82,984	5,333	9,682	
12	97,517		22,602	
19	99,120		45,936	
26	100,286		63,900	
2 ส.ค 27			82,519	
9			92,914	
16			98,380	
23			99,028	
30			100,079	
6 ก.ย 27			100,286	
13				

ตารางที่ 2-9

การคำนวณหาพื้นที่เตรียมแปลงปักดำ และปริมาณน้ำใช้ คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา

วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลงปักดำ - ไร่	พื้นที่เตรียมแปลงในแต่ละสัปดาห์	ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้
17-24 พ.ค 27	3,000	3,000	0.717
31	3,000+6,000	9,000	2.150
7 มิ.ย 27	3,000+6,000+8,400	17,400	4.157
14	6,000+8,400+7,663	22,063	5.271
21	8,400+7,663+27,000	43,063	10.287
28	7,663+27,000+14,178	48,841	11.668
5 ก.ค 27	27,000+14,178+16,743	57,921	13.837
12	14,178+16,743+14,533	45,454	10.858
19	14,533+1,603+1,166	32,879	7.854
26	14,533+1,603+1,166	17,302	4.133
2 ส.ค 27	1,603+1,166	2,769	0.661
9	1,166	1,166	0.279
16			

โดยมีพื้นที่เตรียมแปลงทั้งหมด = 100,286 ไร่

สมมุติให้ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง = 250 มม.

และระยะเวลาในการเตรียมแปลงต่อ 1 ไร่โดยเฉลี่ย = 21 วัน

ในเวลา 1 วัน ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงปักดำ = $\frac{250}{21} = 11.90$ มม.

ให้ปริมาณน้ำรั่วซึมในแปลงเพาะปลูก = 1 มม./วัน

ปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลง + รั่วซึม = 12.90 มม./วัน

ตารางที่ 2-10

การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลงตกกล้า

วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลง ไร่	ปริมาณน้ำใช้ ม.^{3}/วินาที	Effective rain ม.^{3}/วินาที
7 มิ.ย 27	1,637	1.113	0.167
14	1,362	0.926	0.099
21	1,877	1.276	0.085
28	457	0.311	0.056
5 ก.ค 27			

สมมุติให้การเตรียมแปลงตกกล้าใช้เวลา 1 สัปดาห์

ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง = 250 มม.

ปริมาณน้ำที่ต้องการใน 1 วัน = $\frac{250}{7}$ = 35.71 มม.

รวมกับปริมาณการรั่วซึมอีก 1 มม./วัน = 36.71 มม./วัน

ตารางที่ 2-11

การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้า

วัน เดือน ปี	พื้นที่ตกกล้า ไร่	พื้นที่ รวม-ไร่	PETP มม./วัน	รั่วซึม มม./วัน	K_c	ปริมาณน้ำ ม.^{3}/วินาที
7 มิ.ย 27						
14	1,637	1,637	4.47	1	1	0.166
21	1,637+1,362	2,999	4.47	1	1	0.304
28	1,637+1,362+1,877	4,876	4.47	1	1	0.494
5 ก.ค 27	1,637+1,362+1877+457	5,333	4.43	1	1	0.536
12	1,362+1,877+457	3,696	4.43	1	1	0.372
19	1,877+457	2,334	4.43	1	1	0.235
26	457	457	4.43	1	1	0.046
2 ส.ค 27						

สมมุติให้ค่าสัมประสิทธิ์พืชของข้าวกล้าเท่ากับ 1.00

อายุของข้าวกล้า 4 สัปดาห์ ก่อนถอนไปปักดำ

ตารางที่ 2-12

Weighted crop coefficient คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ฤดูฝน 2527

Date	Week	Kc	Tp	Weekly proportion												wcrcf
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
8-14 June, 84	1	0.96	236	236												0.96
15-21	2	1.02	1557	1321	236											0.97
22-28	3	1.13	6083	4526	1321	236										0.98
29-5 July, 84	4	1.25	9682	3599	4526	1321	236									1.02
6-12	5	1.33	22602	12920	3599	4526	1321	236								1.02
13-19	6	1.39	45936	23334	12920	3599	4526	1321	236							1.03
20-26	7	1.39	63900	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236						1.07
27-2 Aug 84	8	1.35	82519	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236					1.11
3-9	9	1.27	92914	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236				1.17
10-16	10	1.2	98380	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236			1.23
17-23	11	1.11	99028	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236		1.29
24-30	12	1.03	100079	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	236	1.32
31-6 Sept, 84			100050	207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1321	1.32
7-13			98729		207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	4526	1.30
14-20			94203			207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	3599	1.26
21-27			90640				207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	12920	1.20
28-4 Oct, 84			77684					207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	23334	1.15
5-11			54350						207	1051	6648	5466	10395	18619	17964	1.13
12-18			36386							207	1051	6648	5466	10395	18619	1.09
19-25			17767								207	1051	6648	5466	10395	1.08
26-1 Nev, 84			7372									207	1051	6648	5466	1.07
2-8			1906										207	1051	6648	1.09
9-15			1258											207	1051	1.04
16-22			207												207	1.03

ตารางที่ 2-13

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่พืชใช้

วัน เดือน ปี	การคำนวณ	ปริมาณน้ำที่ข้าวใช้ ลบ.ม./วินาที	อัตราการรั่วซึมบนแปลง มม./วัน	รวมปริมาณน้ำที่พืชใช้+รั่วซึม ลบ.ม./วินาที
7-14 มิ.ย.27	236x1,600x0.96x(4.47)/1000x(1)/3,600x24	0.019	0.004	0.023
21	1,557x1,600x0.97x(4.47)/1000x(1)/3,600x24	0.125	0.029	0.154
28	6,083x0.98x0.00447x0.0185	0.493	0.113	0.606
5 ก.ค.27	9,682x1.02x0.00443x0.0185	0.810	0.179	0.989
12	22,602x1.02x0.00443x0.0185	1.891	0.419	2.310
19	45,936x1.03x0.00443x0.0185	3.882	0.851	4.733
26	63,900x1.07x0.00443x0.0185	5.609	1.183	6.792
2 ส.ค.27	82,519x1.11x0.00443x0.0185	7.514	1.528	9.042
9	92,914x1.17x0.00397x0.0185	7.992	1.721	9.713
16	98,380x1.23x0.00397x0.0185	8.896	1.822	10.718
23	99,028x1.29x0.00397x0.0185	9.392	1.834	11.226
30	100,079x1.32x0.00397x0.0185	9.712	1.853	11.565
6 ก.ย.27	100,050x1.32x0.00397x0.0185	9.269	1.853	11.122
13	98,729x1.30x0.00397x0.0185	9.008	1.828	10.836
20	94,203x1.26x0.00397x0.0185	8.331	1.745	10.076
27	90,604x1.20x0.00397x0.0185	7.631	1.618	9.309
4 ต.ค.27	77,684x1.15x0.00424x0.0185	7.015	1.439	8.454
11	54,390x1.13x0.00424x0.0185	4.822	1.006	5.828
18	36,386x1.09x0.00424x0.0185	3.114	0.674	3.788
25	17,767x1.08x0.00424x0.0185	1.507	0.329	1.836
1 พ.ย.27	7,327x1.07x0.00424x0.0185	0.619	0.137	0.756
8	1,906x1.09x0.00376x0.0155	0.145	0.035	0.180
15	1,258x1.04x0.00376x0.0185	0.091	0.023	0.114
22	207x1.03x0.00376x0.0185	0.015	0.004	0.019

ตารางที่ 2-14

การคำนวณหา weighted rainfall คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา

วัน เดือน ปี	สถานีฝน												weighted rainfall
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	0.014	0.0827	0.019	0.051	0.0855	0.143	0.1126	0.0596	0.1082	0.099	0.103	0.1223	
17-24 พ.ค.27	65.8	54.8	15.9	0	46.5	41.5	0	24.9	44.8	23.0	14.4	13.2	27.4
25-31	90	0	143.7	0	0.5	10.6	0	58.2	37.4	0	0	0	13.1
1-7 มิ.ย.27	42.2	38.1	55.1	2.6	88.5	10.5	36.2	36.3	44.8	65.5	38.0	24.5	38.5
8-14	35.8	39.6	54.0	37.7	28.3	42.3	16.1	29.6	3.1	24.0	33.2	21.3	27.5
15-21	27.3	0	22.3	11.1	28.1	1.5	21.2	12.8	21.6	23.2	24.0	22.5	17.0
22-28	52.6	16.2	66.1	66.6	26.9	15.2	59.1	45.4	0	69.5	69.0	92.4	45.9
29-5 ก.ค.27	46.4	42.7	55.0	47.8	63.5	47.4	62.4	67.5	70.2	62.4	126.2	135.9	74.3
6-12	78.7	45.0	47.5	40.3	72.0	97.3	98.2	45.4	32.0	19.0	20.2	54.3	55.7
13-19	83.7	52.2	41.2	92.1	107.5	68.2	75.6	88.9	41.4	127.5	128.0	77.2	83.5
20-26	43.6	34.8	16.6	56.3	30.7	21.2	9.1	19.7	20.8	9.2	57.1	85.6	34.0
27-2 ส.ค.27	59.4	40.9	81.7	87.9	91.5	71.4	107.2	89.1	94.7	79.6	103.7	79.8	84.2
3-9	105.2	127.2	104.8	91.0	133.1	112.8	109.9	90.0	101.1	137.1	115.1	151.2	118.7
10-16	237.8	266.3	231.6	242.4	243.2	248.9	205.1	169.3	163.8	196.9	202.0	178.9	211.6
17-23	53.6	58.9	30.7	44.9	41.9	29.3	50.0	55.6	31.2	51.6	27.2	29.5	40.1
24-30	15.3	46.1	25.9	28.6	48.3	30.8	60.7	80.0	97.2	92.5	80.0	77.4	63.5
31-6 ก.ย.27	76.5	88.9	90.8	98.5	92.2	163.3	198.9	126.3	139.1	137.5	139.8	153.6	138.2
7-13	14.1	23.6	24	0	30.8	10.0	9.2	3.1	1.4	0	0	0.0	7.63
14-20	1.5	50.5	0	0	0	0	20.8	0.6	2.1	0	0	19.8	9.22
21-27	0.3	0	0	0	23.5	21.6	2.9	0.5	0.6	0	0	0	5.52
28-4 ต.ค.27	79.5	93.0	79.1	71.3	55.3	50.8	69.3	55.7	85.4	47.0	50.9	63.4	63.9
5-11	9.5	0	22.0	19.5	10.4	25.7	20.8	7.8	22.3	21.8	23.4	23.1	18.7
12-18	34.1	46.2	38.3	13.5	33.2	38.3	36.6	30.3	50.1	39.9	58.2	32.5	39.3
19-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 2-15

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการทางทฤษฎี

วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลง ลบ.ม./วินาที	ปริมาณน้ำใช้ตกกล้า ลบ.ม./วินาที	ปริมาณน้ำที่พืชใช้ ลบ.ม./วินาที	ปริมาณน้ำใช้เตรียมแปลงตกกล้า ลบ.ม./วินาที	รวม
17-24 พ.ค 27	0.717				0.717
31	2.150				2.150
7 มิ.ย 27	4.157			1.113	5.270
14	5.271	0.166	0.023	0.926	6.386
21	10.287	0.304	0.154	1.276	12.021
28	11.668	0.494	0.606	0.311	13.079
5 ก.ค 27	13.837	0.536	0.989		15.362
12	10.858	0.372	2.310		13.540
19	7.854	0.235	4.733		12.822
26	4.133	0.046	6.792		10.971
2 ส.ค 27	0.661		9.042		9.703
9	0.279		9.713		9.992
16			10.718		10.718
23			11.226		11.226
30			11.565		11.565
6 ก.ย 27			11.122		11.122
13			10.836		10.836
20			10.076		10.070
27			9.309		9.309
4 ต.ค 27			8.454		8.454
11			5.828		5.828
18			3.788		3.788
25			1.836		1.836
1 พ.ย 27			0.756		0.756
8			0.180		0.180
15			0.114		0.114
22			0.019		0.019
		รวม	130.189	รวม	207.834

ตารางที่ 2-16

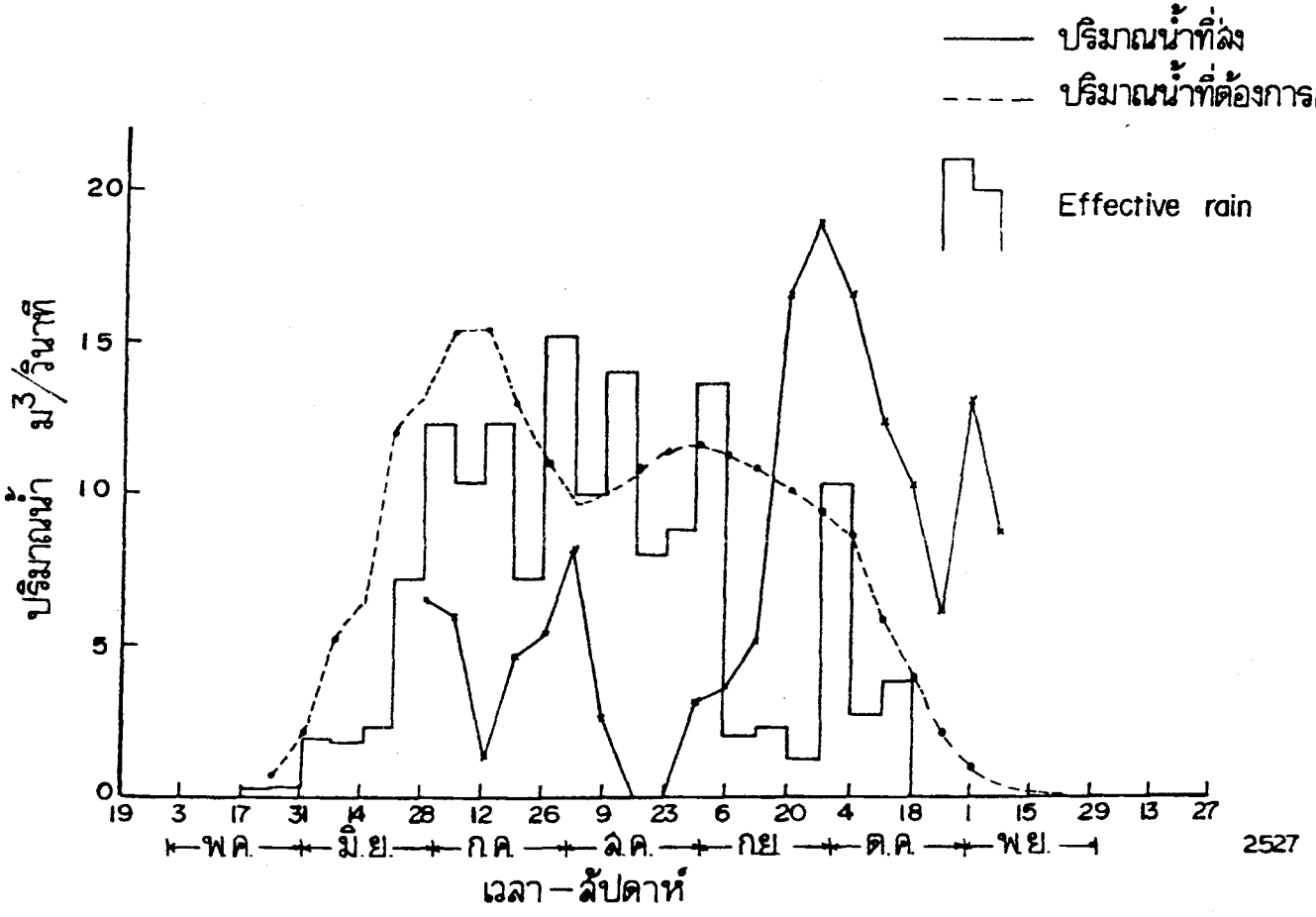
การคำนวณหา effective rainfall

วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลง ไร่	พื้นที่กล้า ไร่	พื้นที่ปักดำ ไร่	รวม ไร่	ฝนเฉลี่ย มม.	Effective rain	ปริมาณน้ำ ลบ.ม./วินาที
24 พ.ค 27	3,000			3,000	27.4	27.4	0.217
31	9,000			9,000	13.100	13.1	0.312
7 มิ.ย 27	17,400			17,400	38.500	38.5	1.772
14	22,063	1,637	236	23,936	27.5	27.5	1.741
21	43,063	2,999	1,557	47,619	17.0	17.0	2.142
28	48,842	4,876	6,083	59,801	45.9	45.9	7.262
5 ก.ค 27	57,922	5,333	9,682	72,937	74.3	65	12.542
12	45,455	3,696	22,603	71,754	55.700	55.7	10.573
19	32,879	2,334	45,963	81,176	83.5	68	14.603
26	17,302	457	63,900	81,659	34	34	7.345
2 ส.ค 27	2,769		82,519	85,288	84.2	68	15.343
9	1,166		92,914	94,080	118.7	41	10.204
16			98,380	98,380	211.6	55	14.315
23			99,088	99,088	40.1	31	8.126
30			100,079	100,079	63.5	34	9.002
6 ก.ย 27			100,050	100,050	138.2	52	13.763
13			98,729	98,729	7.63	7.63	1.993
20			94,203	94,203	9.22	9.22	2.298
27			90,604	90,604	5.52	5.52	1.232
4 ต.ค 27			77,684	77,684	63.9	51	10.481
11			54,350	54,350	18.7	18.7	2.689
18			36,386	36,386	39.3	39.3	3.783
25			17,767	17,767	0	0	0
1 พ.ย 27			7,372	7,372			
8			1,906	1,906			
15			1,258	1,258			
22			207	207			
						รวม	**151.738**

ตารางที่ 2-17

การคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน

วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำที่ส่ง ลบ.ม./วินาที	ปริมาณน้ำที่ต้องการ ลบ.ม./วินาที	Effective rain ลบ.ม./วินาที	หมายเหตุ
17 พ.ค 27		0.717	0.217	
31		2.15	0.312	
7 มิ.ย 27		5.27	1.939*	
14		6.386	1.840*	
21		12.021	2.226*	
28	6.55	13.079	7.371*	
5 ก.ค 27	5.95	15.362	12.542	
12	1.24	13.54	10.573	
19	4.59	12.822	14.603	
26	5.33	10.971	7.349	
2 ส.ค 27	8.20	9.703	15.343	
9	2.52	9.992	10.204	
16	-	10.718	14.315	
23	-	11.226	8.126	
30	3.14	11.565	9.002	
6 ก.ย 27	3.70	11.122	13.763	
13	5.12	10.836	1.993	
20	16.47	10.070	2.298	
27	18.93	9.309	1.323	ประสิทธิภาพการชลประทาน
4 ต.ค 27	16.47	8.454	10.481	= (207.834-152.234)x100
11	12.30	5.828	2.689	148.56
18	10.20	3.788	3.783	
25	6.12	1.836		= 37.426%
1 พ.ย 27	13.07	0.756		* รวม effective
8	8.66	0.180		rainfall บนแปลงที่เตรียม
15	0.00	0.114		สำหรับตกกล้า
22	0.00	0.019		
รวม	**114.18**	**207.834**	**138.916**	



รูปที่ 2-12 การหาประสิทธิภาพชลประทาน คลองสายใหญ่ฝั่งขวา

2.7 สรุป

วิธีการหาประสิทธิภาพการชลประทานที่อธิบายมานี้ มีประเด็นสำคัญที่สามารถสรุปได้ดังนี้

2.7.1 การหาฝนใช้การ

ควรหาจากพื้นที่ทดลองในสนามเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ปี ถึงแม้ว่าจะเป็นวิธีที่ยากและสิ้นค่าใช้จ่ายมาก แล้วนำผลที่ได้ไปปรับค่าที่หามาโดยวิธี simulation

2.7.2 การใช้น้ำของพืช ปรากฏว่าในโครงการน้ำอูนชาวนานิยมปลูกข้าวพันธุ์ กข.6 ในฤดูฝน ข้าวพันธุ์นี้มีความไวต่อแสง ข้าวที่ปักดำกลางเดือนมิถุนายน และกลางเดือนสิงหาคม สามารถเก็บเกี่ยวได้ในเวลาที่ต่างกันประมาณ 3 สัปดาห์ แต่ในการคำนวณหาการใช้น้ำของพืช ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืชเท่ากันตลอด จึงขอเสนอแนะให้ทำการวิจัยเพื่อหาสัมประสิทธิ์พืชของข้าวพันธุ์ที่ไวต่อแสง

2.7.3 ต้นฤดูเพาะปลูก runoff ของฝนที่ตกบนที่ดอนจะไหลไปรวมอยู่ในที่ลุ่ม และชาวนาจะเริ่มเตรียมแปลงบนที่ลุ่มก่อน ซึ่งเป็นกิจกรรมการเพาะปลูกที่เริ่มก่อนส่งน้ำชลประทาน

2.7.4 ระยะทาง ระหว่างสถานีวัดน้ำฝนบนพื้นที่เพาะปลูกเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การคำนวณผิดพลาดได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ในการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.7.5 ในช่วงการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝน ถ้าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำผันแปรมาก ควรหา calibration curve ของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ใหม่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำในอ่าง-การเปิดบานประตู-ปริมาณน้ำ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกราฟในรูปที่ 1-23 ซึ่งการหา calibration curve วิธีนี้จะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2526, "การหาประสิทธิภาพการชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหนองหวาย" การประชุมทางวิชาการเทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาชนบทครั้งที่ 2, 18-19 กุมภาพันธ์ จัดโดย วสท. สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือและคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
2. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2523. "การคำนวณปริมาณน้ำสำหรับปลูกข้าวในระดับโซน และการคำนวณความจุของคลองซอย" กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สิงหาคม.

3. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2527. "การหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวนาดำฤดูฝนในสนาม" โครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสานฯ น้ำอูน, พฤศจิกายน.

4. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2527. "การหา effective rainfall ในสนาม "โครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสามฯ น้ำอูน, กันยายน.

5. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2528. "การหาประสิทธิภาพการชลประทานและการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์" โครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสามฯ น้ำอูน, มกราคม.

6. Acres International Limited, 1979. "Chao Phraya-Meklong Basin Study" Phase 1, Appendix C, Niagara Falls, Canada.

7. Chalong Kirdpitugsa and Chaiwat Kayankarnnary, 1991. Field Monitoring of Water Use for Wet Season Rice" ICID Proceedings of Eight-Afro-Asian Regional Confenence, volume B, Bangkok, Thailand, pp. 150-165.

8. The American Society of Civil Engineers, 1973. "Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements" Irrigation and Drainage Division.

9. ดิเรก ทองอร่าม, 2524. "ปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยข้อมูลจากภูมิอากาศ และสัมประสิทธิการใช้น้ำของข้าว" กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

10. งานวางแผนและวิจัยการใช้น้ำของพืช, 2537."ค่าสัมประสิทธิพืชและค่าสหสัมพันธ์พืช" ฝ่ายเกษตรชลประทาน, กองจัดการสรรน้ำและบำรุงรักษา, กรมชลประทาน, กุมภาพันธ์

11. สนั่น ศิริอ่อน และ ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2536." การศึกษาเพื่อการออกแบบและการ Operate โครงการพัฒนาลุ่มน้ำบางนรา" วิศวกรรมสาร มก., ตอนที่ 1 ฉบับที่ 18 ปีที่ 6 ธันวาคม 2535-มีนาคม 2536, ตอนที่ 2 ฉบับที่ 19 ปีที่ 7, เมษายน-กรกฎาคม 2536.

12. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2535. "ประสิทธิภาพชลประทานและการประยุกต์ใช้งาน "วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 16, เมษายน-กรกฎาคม.

13. Chalong Kirdpitugsa and Chaiwat Kayankarnnavy, 1995." Field Monitoring of Water Uses for land Preparation and Effective Rainfall for Rice Cultivation" Proceedings of the Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering, Bangkok, Thailand, December 19-20, pp. 435-446.

บทที่ 3
การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำและแนวทาง เผื่อเลือกโดยใช้ทฤษฎีแบบจำลอง

3.1 บทนำ

ในการพัฒนาแหล่งน้ำขอบเขตของการพัฒนาคือขอบเขตของลุ่มน้ำ เพราะเป็นขอบเขตที่สามารถแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ได้เด่นชัด และเหมาะสมทางด้านอุทกวิทยา ดังนั้นถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำจึงซับซ้อน มีโครงการที่พัฒนาไว้แล้วหลายโครงการ และยังมีโครงการที่เหมาะสมที่จะพัฒนาได้อีกในอนาคตอีกหลายโครงการ ฉะนั้นในการพัฒนาแหล่งน้ำจึงมักแบ่งขั้นตอนในการพัฒนาออกเป็น

1) Framework planning เป็นการวางแผนเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างกว้าง ๆ โดยพิจารณาในระดับประเทศหรือระดับภูมิภาค ซึ่งต้องคำนึงถึงสถานะภาพทางด้านเศรษฐกิจของประเทศเป็นสำคัญด้วย และยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแหล่งน้ำด้วย

2) River basin planning เป็นการวางแผนเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำในระดับที่เล็กลงมาจากข้อ 1) แต่มีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น หรือเป็นการวางแผนเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำทั้งลุ่มน้ำ และต้องคำนึงถึงลุ่มน้ำใกล้เคียงด้วย ในการวางแผนระดับลุ่มน้ำมักจะประกอบด้วยโครงการเป็นจำนวนมากทั้งโครงการที่เกิดขึ้นก่อนและโครงการที่จะพัฒนาต่อไป นำโครงการที่มีศักยภาพในการพัฒนามาศึกษาถึงค่าลงทุนและผลประโยชน์ของโครงการขั้นต้น เพื่อจัดลำดับตามสำคัญในการพัฒนา

3) Project planning เนื่องจากการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำในระดับลุ่มน้ำ จะมีโครงการต่าง ๆ ให้พัฒนาหลายโครงการ และในการวางแผนจะจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำไว้ด้วย ฉะนั้น ในการวางแผนขั้น Project Planning จะเลือกโครงการที่มีลำดับความสำคัญในลำดับต้น ๆ มาศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด แล้วนำไปก่อสร้างต่อไป

ดังนั้นในการศึกษาวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำระยองได้ทำการพิจารณาศึกษาเพื่อพัฒนาทั้งลุ่มน้ำ ด้วยจุดประสงค์ที่สำคัญ คือ

1) ประเมินความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ
2) พิจารณาถึงศักยภาพของแหล่งน้ำและพื้นที่ชลประทาน
3) ไม่ให้โครงการที่เกิดขึ้นก่อนไปขัดขวางโครงการที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง
4) ไม่ให้โครงการที่จะเกิดขึ้นในภายหลังไปลดผลประโยชน์โครงการที่เกิดขึ้นก่อนแล้ว
5) จัดลำดับความสำคัญของโครงการที่จะพัฒนา

ทั้งนี้เพื่อให้โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำเกิดประโยชน์สูงสุด ในการศึกษาได้ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ศึกษา เพื่อทำการวิเคราะห์ทางเลือกต่าง ๆ และเนื่องจากโครงการศึ ๓- ทั้งลุ่มน้ำนี้ ข้อมูลทางวิชาการด้านต่าง ๆ มีจำนวนมาก ความถูกต้องของข้อมูล ระยะเวลาเก็บข้อมูล และความเข้าใจในการใช้แบบจำลองจึงมีความสำคัญมาก

3.2 การศึกษาลุ่มน้ำและแนวทางเผื่อเลือกโดยใช้แบบจำลอง

แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

ก) <u>แบบจำลองสำหรับคำนวณหาฝนใช้การ</u> (Effective rainfall model)

ปริมาณฝนใช้การหรือปริมาณฝนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทานได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ คือ ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลา, ปริมาณการใช้น้ำของพืช ความเคยชินของชาวนาต่อการเก็บกักน้ำชลประทานไว้ในแปลงนา และความสูงของคันนา เช่น ถ้าชาวนานิยมเก็บน้ำชลประทานไว้ในแปลงนาที่ระดับต่ำ เมื่อฝนตกลงมาก็มีความสามารถที่จะเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มากเป็นต้น นอกจากนี้จะเห็นว่าในสัปดาห์ที่มีฝนตกน้อย เปอร์เซนต์ของฝนใช้การจะสูงกว่าสัปดาห์ที่มีฝนตกมากและยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในสัปดาห์ก่อน ๆ เป็นสำคัญด้วย

ข) <u>แบบจำลองสำหรับคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน</u> (Irrigation demand model)

เป็นแบบจำลองเพื่อหาความต้องการน้ำชลประทาน วิธีการและข้อมูลที่นำมาใช้ได้มาจากการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์ของโครงการชลประทานที่สร้างเสร็จแล้ว ประยุกต์กับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของ

ผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตร และการ monitor กิจกรรมการใช้น้ำที่สำคัญ เช่น น้ำใช้เพื่อการเตรียมแปลงสำหรับเพาะปลูกข้าว เป็นต้น รายละเอียดของ Irrigation Demand Model ประกอบด้วย

1) ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูก ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณประกอบด้วยกิจกรรมการเพาะปลูก ซึ่งได้แก่ ข้อมูลการเตรียมแปลงตกกล้า ปักดำ หว่าน และเก็บเกี่ยวสำหรับการปลูกข้าว ซึ่งจะนำมา plot เป็นโค้งกิจกรรมการเพาะปลูก

2) ประสิทธิภาพชลประทาน (IE) คำนิยามของประสิทธิภาพที่ใช้ คือ

$$IE = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี + การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก - ฝนใช้การ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง}}$$

3) ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงปลูกข้าว ใช้ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานที่ได้มีการตรวจวัดในภาคสนาม (monitor) ไว้แล้วมาเป็นบรรทัดฐานในการกำหนดปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานในลุ่มน้ำระยอง

4) ฝนใช้การ (Effective Rainfall)

5) การใช้น้ำของข้าว การคำนวณหาการใช้น้ำของข้าว คำนวณจากค่า Kc x ETp ที่ซึ่ง

Kc = สัมประสิทธิ์พืชของข้าว

ETp = Potential evapotranspiration คำนวณโดยวิธี modified Penman

6) การใช้น้ำของข้าวกล้า การใช้น้ำของข้าวกล้าคำนวณจากค่า Kc x ETp

7) อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก ใช้ค่าที่มีการ monitor จากสนามของโครงการชลประทานในลุ่มน้ำใกล้เคียง มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดค่าการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก

8) การใช้น้ำของพืชชนิดอื่น ๆ

9) ปริมาณน้ำที่ต้องการส่ง เป็นปริมาณน้ำที่ต้องการส่งที่ปากคลองส่งน้ำ ซึ่งคำนวณจาก

$$\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการส่ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี + การรั่วซึม - ฝนใช้การ}}{\text{IE}}$$

ซึ่ง

$$= \frac{[\,(3) + (5) + (6) + (7) - (4)\,]}{(2)}$$

เนื่องจากโค้งกิจกรรมการเพาะปลูก ใช้โค้งกิจกรรมการเพาะปลูกคงที่ตลอดช่วงเวลาที่นำมาคิด ฉะนั้นค่าที่คำนวณได้จากข้อ (2), (3), (5), และ (7) จะมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาที่คิดส่วนค่าฝนใช้การนำข้อมูลในอดีตมาคิด เนื่องจากข้อมูลฝนในอดีตผันแปร จึงทำให้ข้อมูลฝนใช้การประจำสัปดาห์ข้อ (4) ผันแปรด้วย ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งในข้อ (9) ผันแปรตลอดช่วงเวลาที่คิด

ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งคิดเป็นรายสัปดาห์ แล้วรวมเป็นรายเดือน ปริมาณน้ำที่ส่งเป็นน้ำที่ส่งที่ปากคลองส่งน้ำ ในการศึกษาเพื่อหาความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน (Irrigation water demand) ได้นำประสิทธิภาพชลประทานของโครงการชลประทานที่มีลักษณะคล้าย ๆ กัน (ถ้ามี) มาใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดประสิทธิภาพชลประทานของโครงการชลประทานของโครงการชลประทานที่จะทำการศึกษา

อนึ่ง ในการนำเอาค่าประสิทธิภาพชลประทานดังกล่าวมาอ้างอิง ได้ทำการศึกษาว่าประสิทธิภาพชลประทานดังกล่าวนั้น ตั้งข้อสมมุติฐานไว้อย่างไร กล่าวคือ

- ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงใช้เท่าใด
- ฝนใช้การคิดอย่างไร
- อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกใช้เท่าใด
- ค่าสัมประสิทธิพืชคิดอย่างไร

ทั้งนี้เพื่อให้การนำค่าประสิทธิภาพชลประทานมาใช้เป็นไปอย่างถูกต้อง

(ค) แบบจำลองระบบ (System simulation model)

เป็นการนำเอาความต้องการน้ำชลประทาน และความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ เช่น น้ำเพื่อการประปา น้ำเพื่อควบคุมความเค็มที่ปากแม่น้ำ เป็นต้น มาขอน้ำจากแหล่งน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ ในกรณีที่เขื่อนชลประทานอยู่ท้ายน้ำจากอ่างเก็บน้ำมาก ระหว่างเขื่อนชลประทานกับอ่างเก็บน้ำจะมี runoff จำนวนหนึ่งไหลลงสู่ลำน้ำเหนือเขื่อนชลประทาน ซึ่งในที่นี้เรียกว่า side flow ในกรณีนี้การขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จะขอต่อเมื่อ side flow มีค่าน้อยกว่าความต้องการน้ำชลประทานรวมกับความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองฝนใช้การ แบบจำลองสำหรับคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน และแบบจำลองระบบ แสดงในรูปที่ 3-1

3.3 แบบจำลองฝนใช้การ (Effective rainfall model)

แบบจำลองฝนใช้การ แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

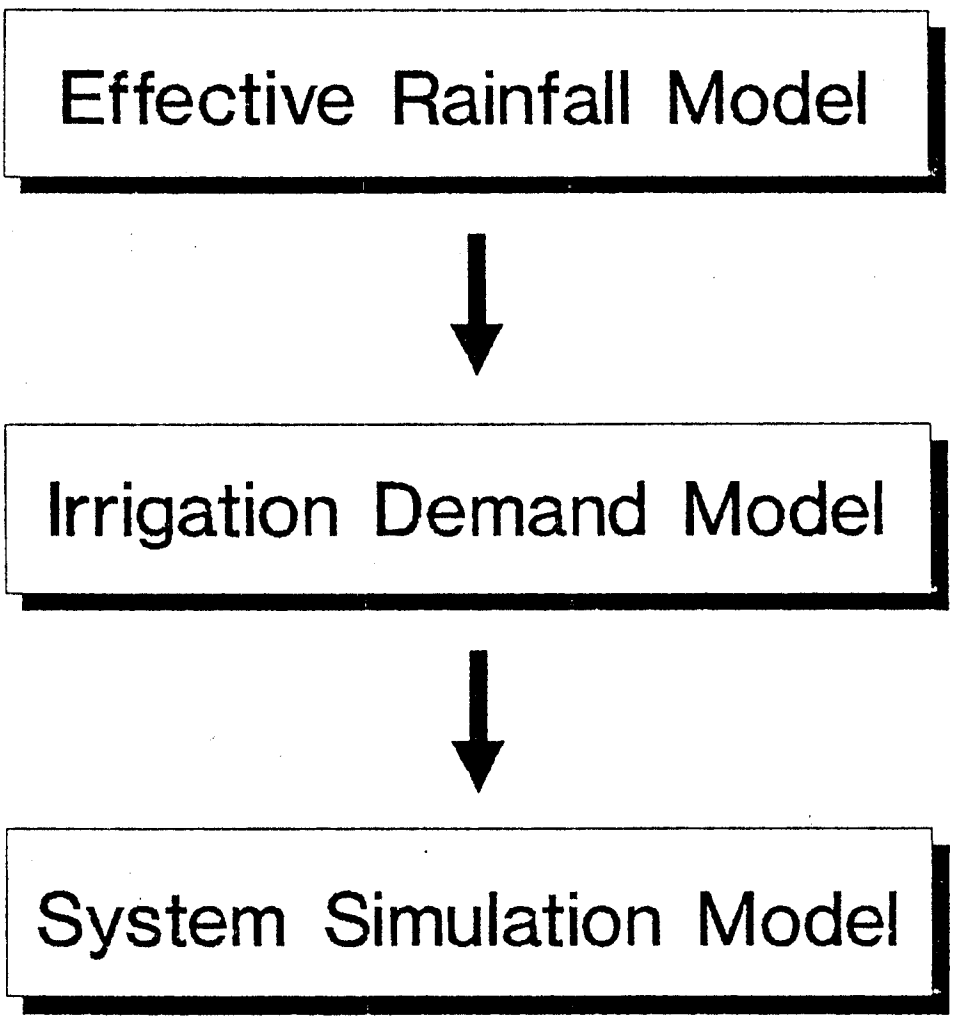
- แบบจำลองฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าว
- แบบจำลองฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกพืชอื่น

ก) แบบจำลองฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าว

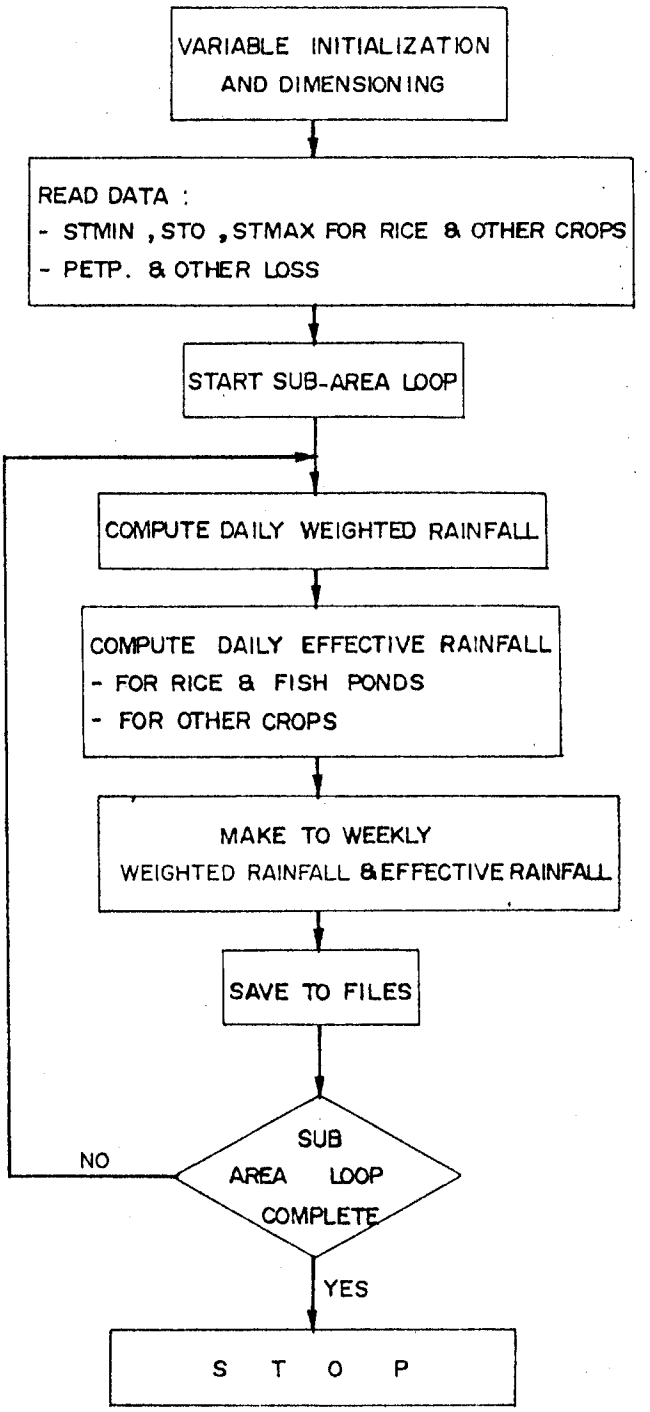
แบบจำลองฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าวได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 โดยแบบจำลองฝนใช้การที่พัฒนาขึ้นมาจะจำลองพฤติกรรมการดำเนินกิจกรรมการเพาะปลูกของพืชที่เกี่ยวข้องโดยใช้หลักการสมดุลย์ของน้ำ (Water balance) โดยใช้ Daily consumptive use, Daily weighted rainfall, พฤติกรรมการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร ลักษณะทางกายภาพของแปลงเพาะปลูกเพื่อ Simulate หา Daily effective rainfall แล้วรวบรวมเป็น Weekly effective rainfall จากข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ โดยมีผังงานของแบบจำลองดังรูปที่ 3-2

ข) แบบจำลองฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกพืชอื่น

สำหรับการหาฝนใช้การของพืชอื่น จะแตกต่างจากการหาฝนใช้การของข้าว กล่าวคือในการเพาะปลูกพืชอื่นส่วนใหญ่ไม่ต้องการน้ำขังบนแปลงเพาะปลูก ฉะนั้นระดับน้ำในแปลงนาจึงลดลงเหลือ 2 ระดับ กล่าวคือ ระดับน้ำในแปลงนาก่อนการส่งน้ำและหลังการส่งน้ำ



รูปที่ 3-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง



รูปที่ 3-2 ผังการทำงานของแบบจำลองฝนใช้การ

ระดับน้ำในแปลงนาก่อนการส่งน้ำ คำนวณหาจากความลึกของรากพืชในดินกับความชื้นในดินก่อนถึง Wilting point แล้วแปลงความชื้นในดินดังกล่าวในช่วงความลึกของรากพืชมาเป็นความลึกของน้ำ และระดับน้ำในแปลงนาหลังการส่งน้ำ คือปริมาณน้ำในดินบริเวณช่วงความลึกรากพืชหรือปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ โดยปกติความชื้นในดินที่ Field Capacity เป็นความชื้นที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้หลังการให้น้ำชลประทาน 2 วัน ฉะนั้น ความลึกของน้ำหลังการส่งน้ำ จึงเท่ากับความชื้นในดินบริเวณช่วงความลึกของรากพืชที่ Field capacity จนก่อนถึง Wilting point โดยแปลงเป็นความลึกของน้ำ รวมกับการใช้น้ำของพืชอีก 2 วัน จะได้ความลึกของน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เมื่อฝนตกลงมามากกว่าความลึกดังกล่าว ณ เวลาใด ๆ Schwab G.O. and Frevert R.K. (1) เสนอแนะว่าการให้น้ำชลประทานในแต่ละครั้งความชื้นในดินไม่ควรให้ลดลงมาก 40 ถึง 60 ของน้ำที่ดินสามารถอุ้มไว้และพืชนำไปใช้ได้

ส่วนวิธีการคำนวณดำเนินการเช่นเดียวกับการหาฝนใช้การ สำหรับการเพาะปลูกข้าว

3.4 แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation demand model)

แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน เป็นแบบจำลองที่ใช้คำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานและ Return flow เป็นรายสัปดาห์ แล้วรวบรวมเป็นรายเดือนโดยแบ่งพื้นที่ชลประทานของลุ่มน้ำออกเป็นบล๊อค (Block)

สมการที่ใช้คำนวณความต้องการน้ำชลประทานในการศึกษาครั้งนี้ (3) ประกอบด้วย

1) Crop evapotranspiration (CRETP)

$$CRETP = WCRCF \times PETP$$

เมื่อ WCRCF = Weekly weighted crop coefficient
หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชตามน้ำหนักของพื้นที่รายสัปดาห์

PETP = Weekly potential evapotranspiration, มม./สัปดาห์

CRETP = Weekly crop evapotranspiration, มม./สัปดาห์

2) Land preparation water (LPW)

กำหนดให้การใช้น้ำในการเตรียมแปลงผันแปร 2 ช่วงคือ ในฤดูฝน และในฤดูแล้ง และกำหนดให้มีน้ำในแปลงนาเพื่อใช้ในการปักดำหลังจากเตรียมแปลงด้วย ดังนั้น ปริมาณความต้องการน้ำ คือ

LPW = LPW + ST ในฤดูฝน

และ LPD = LPD + ST ในฤดูแล้ง

เมื่อ TCRETP = CRETP + LPW

และ TCRETP = CRETP + LPD

LPW = Wet season land preparation water, มม./สัปดาห์

LPD = Dry season land preparation water, มม./สัปดาห์

TCRETP = Total weekly crop water requirement, มม./สัปดาห์

ST = ความลึกของน้ำเพื่อใช้ปักดำ (หลังเตรียมแปลงแล้วเสร็จ)

3) Effective rainfall (ERFL)

Effective rainfall หรือฝนใช้การของแต่ละสัปดาห์ คำนวณจาก

ERFL = FUNC X WRFL

เมื่อ ERFL = Effective rainfall, มม./สัปดาห์

FUNC = Effective rainfall function ได้จาก Effective rainfall model

WRFL = Weighted rainfall, มม./สัปดาห์

4) Farm water requirement (FWR)

ปริมาณน้ำที่ส่งไปให้ที่แปลงเพาะปลูกหรือ Farm water requirement เป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการในแปลงเพาะปลูกที่ลบจากปริมาณของฝนใช้การ (effective rainfall) แล้วหารด้วยประสิทธิภาพในการส่งน้ำทั้งหมด

$$FWR = \frac{(TCREPT - ERFL)}{FEFF}$$

เมื่อ FWR = Farm water requirement, มม./สัปดาห์

FEFF = Overall efficiency, เปอร์เซนต์

5) Crop water requirement (CWR)

ความต้องการใช้น้ำของพืชหรือ Crop water requirement คำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำที่ต้องการคูณด้วยพื้นที่เพาะปลูกพืช

$$CWR = \frac{FWR \times AREAC \times 1{,}600}{1{,}000 \times 1{,}000{,}000}$$

เมื่อ CWR = Crop water requirement, MCM/สัปดาห์

AREAC = Area of any crop, ไร่

6) Final diversion demands (DWR)

ความต้องการน้ำที่ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ คำนวณได้จากการคิดประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำที่จะต้องส่งไปให้แก่พืช

$$DWR = \frac{CWR}{CEFF}$$

เมื่อ DWR = ความต้องการน้ำที่ปากคลองสายใหญ่เป็น, MCM/สัปดาห์

CEFF = Canal efficiency, เปอร์เซนต์

ในการศึกษาของ Acres กำหนดให้ประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ CEFF = 1.0 ดังนั้นเมื่อได้ความต้องการน้ำชลประทานเป็นรายสัปดาห์แล้วก็รวมกันเข้าเป็นความต้องการน้ำชลประทานเป็นรายเดือน

7) Return flow (RF)

Return flow หรือปริมาณน้ำที่เหลือใช้จากแปลงเพาะปลูกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ยึดถือหลักเกณฑ์ ดังนี้

7.1) Return Flow ในแปลงเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด คำนวณได้จากผลต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งไปยังแปลงเพาะปลูก และปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณน้ำที่พืชใช้ ดังสมการ

$$RFLOC = \{[(FWR/CEFF) + WRFL - TCRETP]\ AREAC \times \frac{1,600}{1,000 \times 10^6}\} RFLOF \quad (a)$$

ในเมื่อ RFLOC = Return flow ของพื้นที่เพาะปลูก, MCM/สัปดาห์

AREAC = Area of any crop, ไร่

RFLOF = Return flow factor, เปอร์เซนต์

WRFL = Weighted rainfall , มม./สัปดาห์

7.2) Return flow ของพื้นที่ที่ไม่ได้เพาะปลูก

$$RFLONC = \frac{(WRFL - PETP) \times (AREA - AREAC) \times 1,600}{1,000 \times 1,000,000} \times RFLOF \quad (b)$$

ในเมื่อ AREA = Total project area, ไร่

RFLONC= Return flow ของพื้นที่ที่ไม่ได้เพาะปลูก, MCM/สัปดาห์

ดังนั้น Return flow ทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของ Return flow ที่ได้จากสมการ (a) และ (b)

TRFLO = RFLOC + RFLONC

เมื่อ TRFLO = ปริมาณ Return flow ของทั้งหมด, MCM/สัปดาห์

ดังนั้น เมื่อได้ปริมาณ Return flow เป็นรายสัปดาห์แล้วก็รวมเข้าเป็น Return flow เป็นรายเดือน

ผังการทำงานของแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทานดังแสดงในรูปที่ 3-3

3.5 แบบจำลองระบบ (System simulation model)

แบบจำลองระบบลุ่มน้ำ เป็นแบบจำลองที่ Simulate หาปริมาณการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการน้ำทั้งหมด (Total water demand) ทางด้านท้ายน้ำใช้หลักการจัดการลุ่มน้ำและการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม โดยใช้กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (Dry Season Area Reduction Curve)

สมการที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ

$$S_t = S_{t-1} + I_t + R_t - O_t - L_t - E_t$$

ซึ่ง S_t = ปริมาณน้ำที่เก็บกักไว้ที่สิ้นเดือน t

S_{t-1} = ปริมาณน้ำที่เก็บกักไว้ที่สิ้นเดือน t-1

I_t = ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในช่วงเดือน t

R_t = ปริมาณฝนที่ตกลงในบริเวณอ่างเก็บน้ำในช่วงเดือน t

O_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างในช่วงเดือน t

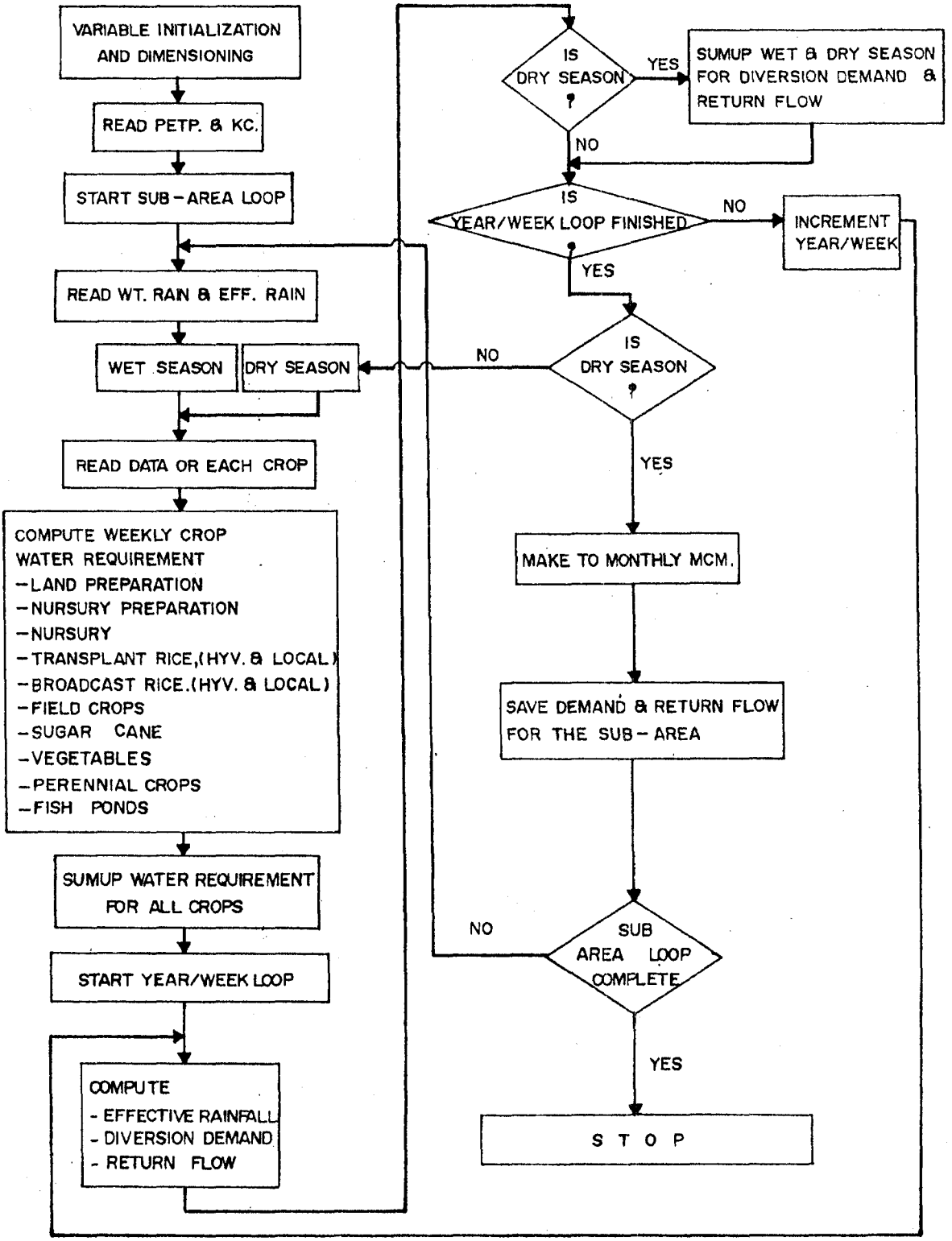
L_t = ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมจากอ่างในช่วงเดือน t

E_t = ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยจากผิวอ่างในช่วงเดือน t

โดยที่ Rt และ Et เป็นฟังชั่นของพื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำส่วน Lt จะมีค่าเท่ากับ $\frac{(S_t + S_{t-1})}{2 \times 365} \times 0.10$ ลูกบาศก์เมตร/วัน

ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำทั้งหมด, TOt จะขึ้นอยู่กับ

$$TO_t = \sum_{i=1}^{N} (DL_i + DJ)$$



รูปที่ 3-3 ผังการทำงานของแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน

เมื่อ DLi = Local demand ของอ่างเก็บน้ำใด ๆ , MCM/เดือน

DJ = joint demand, MCM/เดือน

N = จำนวนอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำ

โดยที่ DLi จะเป็นความต้องการน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำใด ๆ ที่ต้องใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำนั้น ๆ เพียงอย่างเดียว

ส่วน DJ จะเป็นความต้องการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำที่สามารถปล่อยออกมาจากหลาย ๆ อ่างที่เกี่ยวข้องกันได้

ดังนั้น Oti = DLi + DJi เมื่อระดับน้ำในอ่าง i อยู่เหนือ Rationing Storage

DLi = Local demand ของอ่างเก็บน้ำ i, MCM/เดือน

DJi = ปริมาณน้ำที่อ่าง i ปล่อยให้ joint demand, MCM/เดือน

โดยที่การปล่อยน้ำ, DJi นั้นจะใช้หลักการที่ว่าอ่างเก็บน้ำใดมีเปอร์เซนต์ระหว่างปริมาณน้ำที่เก็บกักและความจุอ่างเก็บน้ำสูงก็จะปล่อยน้ำออกมาด้วยเปอร์เซนต์ที่สูงและปล่อยออกมาด้วยเปอร์เซนต์ของอ่างปริมาณน้ำที่ต่อความจุเก็บกักเท่ากัน

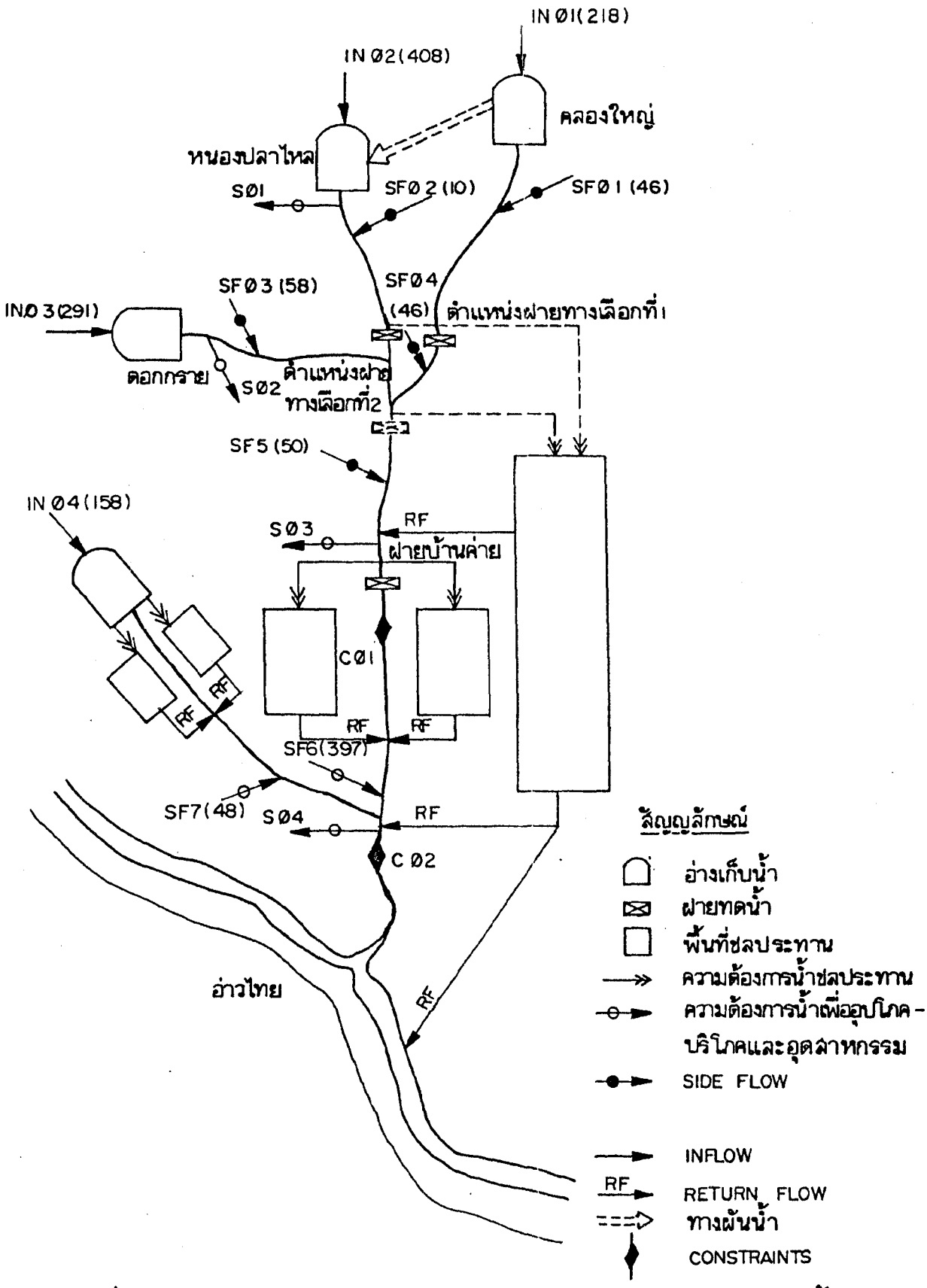
และ Oti = PDLi เมื่อระดับน้ำในอ่าง i อยู่ต่ำกว่า Rationing storage

เมื่อ PDLi = สัดส่วนของปริมาณน้ำจากอ่าง i ที่ปล่อยให้กับ Local demand, MCM/เดือน

วิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำในช่วงฤดูแล้งมีอยู่ 2 วิธี คือ

1) วิธีการดำเนินการจัดการ (Operation technique) เมื่อปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำใดอยู่ต่ำกว่า Rationing storage แล้ว Local demand ของอ่างเก็บน้ำนั้น ๆ จะลดลงด้วยแฟคเตอร์ที่ใช้ปรับแก้สำหรับช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม-กรกฎาคม) และฤดูฝน (สิงหาคม-กุมภาพันธ์)

2) วิธีการวางแผน (Planning technique) การเพาะปลูกพืชฤดูแล้งจะเปลี่ยนแปลงไปจากพื้นที่เป้าหมายเป็นไปตามความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่เก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่ปลายเดือนกุมภาพันธ์กับแฟคเตอร์ของการเพาะปลูกที่จะนำไปคูณพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งเรียกว่า Dry Season Area Reduction Curve System schematic ของการจำลองแบบการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำระยองดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 SYSTEM SCHEMATIC ของการศึกษาการใช้บนลุ่มน้ำระยอง

3.6 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1) ลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ ลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ - ความจุ - พื้นที่ผิวน้ำ

2) น้ำใช้อ่างอื่น น้ำใช้อย่างอื่นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้แก่น้ำใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภค และอุตสาหกรรม รวมถึงตำแหน่งที่ดึงน้ำออกจากระบบด้วย

3) ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูก ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกได้แก่ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกประจำสัปดาห์ในอดีตเฉลี่ยของโครงการชลประทานใกล้เคียง โดยนำมาเป็นพื้นฐานในการกำหนด Cropping pattern ของโครงการที่จำทำการศึกษาสำหรับการเพาะปลูกข้าว กิจกรรมการเพาะปลูกได้แก่ การเตรียมแปลง ตกกล้า หว่าน หรือปักดำ และเก็บเกี่ยว เป็นต้น ระยะเวลาในการเตรียมแปลงของพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ มีความสำคัญในการกระจายน้ำที่ส่งให้ในช่วงเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกข้าว อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจใช้ข้อมูลอัตราการรั่วซึมของโครงการชลประทานข้างเคียงที่มีการ monitor ในสนามมาใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดอัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกข้าวของโครงการได้ (ถ้าไม่สามารถวัดการรั่วซึมในสนามได้)

4) ข้อกำหนดที่ใช้ในการคำนวณหาฝนใช้การ ข้อกำหนดที่ใช้ในการคำนวณหาฝนใช้การ ได้แก่ ข้อกำหนดในการคำนวณหาฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าว ซึ่งในที่นี้เสนอแนะให้ใช้ข้อกำหนดดังนี้

- ระดับน้ำในแปลงนาต่ำสุดก่อนการส่งน้ำชลประทาน
- ระดับน้ำในแปลงนาหลังการส่งน้ำชลประทาน และ
- ระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังฝนตก

อนึ่งสำหรับการเพาะปลูกพืชไร่ ไม่ต้องการน้ำขังบนแปลงเพาะปลูก ฉะนั้นข้อกำหนดในการคำนวณหาฝนใช้การจะลดลงเหลือ 2 ระดับคือ

- ระดับน้ำ (ในดินของแปลงเพาะปลูก) ในแปลงเพาะปลูกต่ำสุดก่อนการส่งน้ำชลประทาน
- ระดับน้ำ (ในดินของแปลงเพาะปลูก) ในแปลงเพาะปลูกสูงสุดหลังจากส่งน้ำหรือหลังจากฝนตก

5) ประสิทธิภาพชลประทาน กำหนดขึ้นโดยอ้างอิงประสิทธิภาพชลประทานที่หาไว้ในการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกที่มีลักษณะคล้าย ๆ กับพื้นที่ชลประทานที่จะทำการศึกษา ทั้งนี้จะต้องตรวจสอบด้วยว่าประสิทธิภาพชลประทานที่นำมาเป็นพื้นฐานในการสมมุติประสิทธิภาพชลประทานของโครงการ จะต้องมีคำนิยามเหมือนกัน และวิธีการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานจะต้องเป็นวิธีการที่เหมือนกันด้วย

6) Monthly inflow และ Monthly side flow. จาก System schematic ของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำแหล่งที่จะทำการศึกษาการใช้น้ำ ถ้ากำหนดขึ้นโดยรวมเอาโครงการและการใช้น้ำต่างๆ ในลุ่มน้ำเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบแล้ว สามารถจะกำหนดจุดในการหา Inflow และ Side flow รายเดือนในระบบลุ่มน้ำที่จะทำการศึกษาการใช้น้ำได้

7) Return flow. Return flow ในที่นี้จะแบ่งออกเป็น Return flow จากพื้นที่เพาะปลูกและจากพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเพาะปลูกตามคำนิยามที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้ว ในการเพาะปลูกข้าวอาจแยกค่า Return flow ออกเป็นค่า Return flow ในช่วงเตรียมแปลงและ Return flow หลังช่วงเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าวเป็นต้น เพราะมีค่า Return flow ที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด

8) Downstream constraint. Downstream constraint หรือความต้องการน้ำทางด้านท้ายน้ำต่ำสุดในกรณีที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำ จำเป็นจะต้องระบายน้ำลงทางท้ายน้ำเท่ากับที่เคยมีทางด้านท้ายน้ำอย่างน้อยเท่ากับก่อนที่จะมีการสร้างอ่างเก็บน้ำทางด้านเหนือน้ำ สำหรับในฤดูฝนควรพิจารณาถึง Side flow ก่อนถ้า Side flow มีไม่เพียงพอจึงจะระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำไปสมทบ

3.7 ผลการศึกษา

จากทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาได้เสนอแนะให้ใช้ Dry season area reduction curve ในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง Monthly inflow ที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำจะมีความผันแปรสูง โดยในบางปีมีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำรายเดือนมาก แต่บางปีมีปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำรายเดือนต่ำเมื่อเป็นเช่นนี้ พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งที่กำหนดด้วย Dry season area reduction curve จะมีค่าผันแปรในแต่ละปีมากด้วยทำให้ในทางปฏิบัติการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งอาจทำได้ยาก

จากเหตุผลดังกล่าว อาจกำหนดพื้นที่เป้าหมายฤดูแล้งสูงสุด (Target area) เช่นอาจมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนซึ่งจะทำให้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในแต่ละปีไม่แตกต่างกันมากนัก การกำหนดพื้นที่เป้าหมายเช่นนี้จะทำให้พื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ยตลอดช่วงข้อมูลทางอุทกวิทยาที่นำมาใช้ในการ

ศึกษา น้อยกว่ากรณีที่กำหนดพื้นที่เป้าหมายไว้สูง โดยไม่คำนึงถึงในแง่ปฏิบัติว่าจะสามารถกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งซึ่งมีค่าผันแปรมากในแต่ละปีได้หรือไม่

อนึ่งในทางปฏิบัติ ถ้าสามารถจัดการเพาะปลูกฤดูแล้งไม่ให้กระจัดกระจายมากเช่นอาจทำการเพาะปลูกเป็นคลอง กรณีนี้จะทำให้ประสิทธิภาพชลประทานมีค่าสูง

การผันแปรพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งด้วย Dry season area reduction curve จะทำให้ได้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเฉลี่ยมากกว่ากรณีที่กำหนดให้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งมีค่าคงที่ไม่ว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะมีค่ามากเท่าใด

3.8 สรุป

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยเฉพาะผลลัพธ์ที่คำนวณด้วย Irrigation demand model จะเป็นความต้องการน้ำชลประทานรายเดือนตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งสามารถนำไป simulate กับ inflow และ side flow รายเดือนด้วย System simulation model ได้เลย จึงทำให้ Irrigation water demand ในปีที่ฝนแล้งสามารถ simulate กับ inflow และ side flow ในปีที่ฝนแล้งได้ด้วย นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นยังสามารถใช้ศึกษาในทางเลือกต่าง ๆ ได้หลายทางเลือกด้วย

บรรณานุกรม

1. Schwab G.O. and Frevert R.K. , 1985 " Elementany Soil and Water Engineering" 3 rd Edition, John Wiley & Sons.
2. Chalong Kirdpitugsa, 1994. "Irrigation Efficiency and Its Application to New Water Resources Development Project" International Journal of Water Resources Engineering, Vol.2, No.2, Summer 1994, pp. 19-31.
3. Acres International Limited, and Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982 "Data Processing-Irrigation Demand Calculation". Programmers Manual, Niagara Falls, Canada.
4. Acres International Limited, and Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982 " Water Use Simulation Model". Programmers Manual, Niagara Falls, Canada.
5. Acres International Limited, and Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982. " Chao Phraya - Meklong Basin Study - Phases 2 and 3 - Completion Report" Niagara Falls, Canada.

บทที่ 4
การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา

4.1 บทนำ

การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำ ส่วนที่สำคัญคือการหาปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ซึ่งได้กล่าวถึงทฤษฎีในการคำนวณไว้ในบทที่ 3 ผลการคำนวณขึ้นอยู่กับข้อสมมุติที่สำคัญๆหลายประการ ถ้าข้อสมมุติเหล่านั้นขาดข้อมูลการ monitor จริงในสนามสนับสนุนแล้ว ผลการคำนวณปริมาณน้ำเพื่อการชลประทานที่ได้จะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ฉะนั้นจึงใคร่ขอเสนอแนะไว้ ณ ที่นี้อีกครั้งหนึ่งคือ การนำค่าประสิทธิภาพชลประทานที่ได้มีการคำนวณหาไว้ไปใช้จะต้องตรวจสอบด้วยว่า

- คำนิยามของประสิทธิภาพชลประทานใช้อย่างไร
- ข้อกำหนดในการคำนวณหาฝนใช้การคิดอย่างไร และ
- ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแลงโดยเฉพาะเพื่อการปลูกข้าวใช้เท่าใด

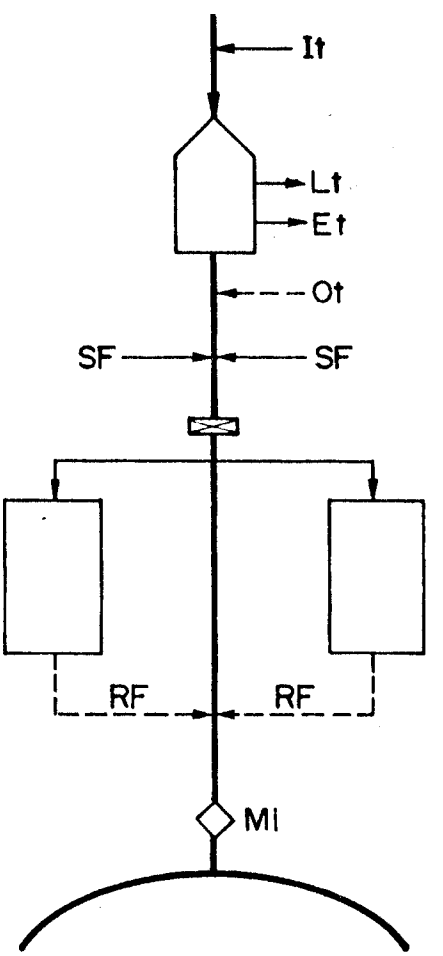
นอกจากนี้ยังมีข้อสมมุติปลีกย่อยอีกซึ่งได้แก่การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกข้าว ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าวบนพื้นที่ 1 ไร่ เป็นต้น กรณีที่ปริมาณน้ำเหลือใช้จากพื้นที่ชลประทานตอนบนซึ่งสามารถนำมาใช้ในพื้นที่ชลประทานตอนล่างได้ กรณีนี้ต้องสมมุติค่า return flow ด้วย การสมมุติค่า return ให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงผู้ที่มีประสบการณ์ในการส่งน้ำในสนามอย่างถูกวิธีเท่านั้นที่จะสามารถสมมุติได้ใกล้เคียงความเป็นจริง

ส่วนกรณีที่สามารถนำ side flow มาใช้แทนน้ำชลประทานได้ ในการศึกษาทำได้ง่ายแต่ในการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกจริงในสนามให้ได้ผลตามที่ศึกษาไว้ทำได้ค่อนข้างยากโดยต้องมีการทำนาย side flow ล่วงหน้า และการทำนาย side flow ในบางกรณีมีความผิดพลาดได้ง่าย โดยเฉพาะบนลุ่มน้ำขนาดใหญ่เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำที่สำคัญๆที่ได้ยกมากล่าว การ monitor ข้อมูลเหล่านั้นในสนามส่วนใหญ่ทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายมาก นอกจากนี้ผู้ที่มีอำนาจอนุมัติงบประมาณให้ทำการศึกษาจะไม่ค่อยสนใจ จึงมีข้อมูลที่มีการ monitor จริงในสนามอยู่ไม่มาก จึงสามารถสรุปไว้ ณ จุดนี้ได้ว่าการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำของโครงการที่จะเกิดขึ้นใหม่ ผลการศึกษาส่วนใหญ่จะไม่สามารถนำ operate โครงการให้เกิดผลตามที่ศึกษาไว้ได้ ส่วนการศึกษาการใช้น้ำของโครงการที่เกิดขึ้นแล้วก็เช่นเดียวกัน การที่จะนำผลการศึกษาไป operate ให้เกิดผลตามที่ได้ศึกษาไว้ในครั้งแรกที่เริ่ม operate คงเป็นไปได้ยากเช่นเดียวกัน

อนึ่งข้อเสนอแนะที่นำมากล่าวนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะในเชิงวิชาการซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาและการ operate ระบบขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งแต่สองสามหมื่นไร่ขึ้นไป มีปัญหาทางสังคมเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยมาก ถ้าการศึกษาลึกลงไปในพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็กจะต้องคำนึงถึงปัญหาด้านสังคมเป็นสำคัญด้วย

System schematic โดยทั่วๆ ไปดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 System schematic ทั่วๆ ไป

จากรูปที่ 4-1 D = ความต้องการน้ำชลประทานสมมุติให้เป็นที่ปากคลองส่งน้ำ

SF = Side flow ที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทานได้

RF = Return flow

Rd = ปริมาณน้ำที่ระบายลงท้ายประตูระบายหรือฝาย

จากรูป จะได้สมการความสมดุลย์ของน้ำ ดังนี้

$$\Delta S = It - Lt - Et - Ot \quad (4\text{-}1)$$

ที่ซึ่ง ΔS = การเปรียบแปลงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

$$Rd = RF + Mi \quad (4\text{-}2)$$

Mi = ความต้องการน้ำต่ำสุดท้ายน้ำ

และ $$Ot + SF = D + Rd \quad (4\text{-}3)$$

สมการทั้ง 3 สมการเป็นสมการเบื้องต้นที่ใช้คำนวณความสมดุลย์ของน้ำอย่างง่าย

กรณีศึกษา การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำที่จะยกมาอธิบายในที่นี้จะแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1) การศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
2) การศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย แต่มีอ่างเก็บน้ำอ่างเดียว
3) การศึกษาการใช้น้ำบนลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีอ่างเก็บน้ำมากกว่า 1 อ่าง และมีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย

ซึ่งการศึกษาแต่ละกรณีจะแตกต่างกันออกไป

4.2 การศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา (9)

อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง (ขนาดที่กรมชลประทานแบ่งไว้) และไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างที่เก็บรวบรวมไว้ จึงจำเป็นต้องนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้มาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่าง แล้วสร้างข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเพิ่มเติม เพื่อให้ยาวพอที่จะนำไปใช้การศึกษาการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยวิธี simulation ได้

4.2.1 ลักษณะของโครงการ

1) อ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งและห้วยฝา เป็นอ่างเก็บน้ำที่เกิดจากการสร้างทำนบดินปิดกั้นลำห้วยผึ้งในเขตตำบลนิคมห้วยผึ้ง และปิดกั้นห้วยฝาในเขตตำบลเดียวกันของกิ่งอำเภอห้วยผึ้ง จ.กาฬสินธุ์ ซึ่งอยู่ห่างจากทางหลวงสายอำเภอสมเด็จ-กุฉินารายณ์ เป็นระยะทางประมาณ 2 กม. และ 3 กม. ตามลำดับ เนื่องจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองอยู่ใกล้กัน จึงส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกร่วมกันได้เป็นส่วนใหญ่ อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งมีความจุ 4,150,160 ม.^{3} และมีระดับเก็บกัก 190.00 เมตร รทก. ในขณะที่อ่างเก็บน้ำห้วยฝามีความจุ 6,422,160 ม.^{3} และมีระดับเก็บกัก 191.00 เมตร รทก. หรืออ่างเก็บน้ำใหญ่มีระดับเก็บกักสูงกว่าอ่างเก็บน้ำเล็ก 1 เมตร

2) ระบบส่งน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งมีคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายยาว 2.200 กม. และคลองสายใหญ่ฝั่งขวายาว 1.183 กม. ซึ่งเชื่อมกับคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายของโครงการห้วยฝา ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยฝามีคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวายาว 3.200 กม. และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายซึ่งสามารถรับน้ำจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาของโครงการห้วยผึ้งที่กม. 2.000 ได้ด้วย มีความยาว 8.050 กม. ซึ่งนับว่าเป็นคลองส่งน้ำสายหลักของโครงการทั้งสอง

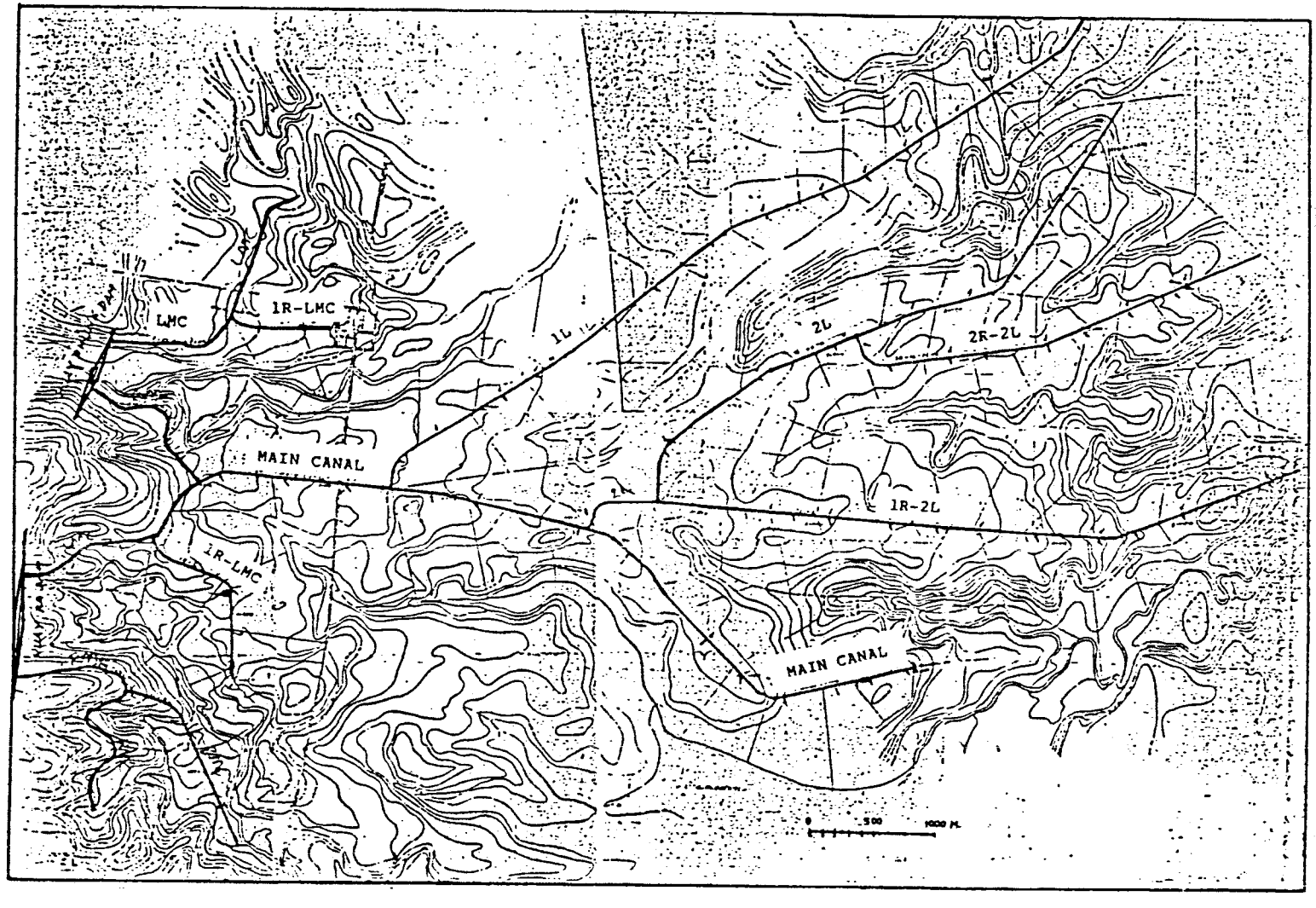
แผนที่โครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา ดังแสดงในรูปที่ 4-2

4.2.2 ลักษณะพื้นที่เพาะปลูกของโครงการ

ลักษณะพื้นที่เพาะปลูกของโครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา โดยทั้ว ๆ ไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ตั้งแต่อ่างเก็บน้ำทั้งสองไปถึงถนนสาย อ.สมเด็จ-กุฉินารายณ์ ซึ่งตัดคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายของโครงการห้วยฝาที่ กม. 3+275 ซึ่งเป็นพื้นที่ประมาณ 3,000 ไร่ เป็นพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ยากแก่การส่งน้ำ

ส่วนที่ 2 เป็นพื้นที่เพาะปลูกตั้งแต่ถนนสาย อ.สมเด็จ-กุฉินารายณ์ ไปจนสิ้นสุดโครงการเป็นพื้นค่อนข้างราบเรียบ ง่ายต่อการส่งน้ำชลประทาน เป็นพื้นที่ประมาณ 14,000 ไร่



รูปที่ 4-2 แผนที่โครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

4.2.3 การเพาะปลูกของโครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

1) การเพาะปลูกฤดูฝน ชาวนาเริ่มเตรียมแปลงโดยอาศัยน้ำชลประทานจากโครงการ โดยทางโครงการเริ่มส่งน้ำประมาณกลางเดือนมิถุนายน ข้าวที่ปลูกเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองโดยจะเริ่มเก็บเกี่ยวปลายเดือนพฤศจิกายน และเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จกลางเดือนธันวาคม โดยเพาะปลูกเต็มพื้นที่โครงการ

2) การเพาะปลูกฤดูแล้ง ในฤดูแล้งเพาะปลูกพืชไร่โดยมีข้าวโพดและถั่วลิสงเป็นพืชหลัก โดยเริ่มเพาะปลูกในเดือนมกราคม และเริ่มเก็บเกี่ยวกลางเดือนเมษายน ฤดูแล้งปี พ.ศ.2530 พื้นที่เพาะปลูกประมาณ 350 ไร่ ส่วนพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดที่เคยเพาะปลูกแล้วประมาณ 1,500 ไร่ ถ้าเพาะปลูกมากจะมีปัญหาด้านการตลาด

4.2.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการศึกษาประกอบด้วย

1) ในแง่ของการจัดการน้ำ นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้ในอดีตมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่เก็บเพิ่มเติมซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บมากนัก การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวเพื่อ

1.1) หาปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ

1.2) หาประสิทธิภาพการใช้น้ำในเขตโครงการชลประทาน

2) ประเมินการใช้น้ำของโครงการ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้วิเคราะห์แล้วในข้อ 1) ร่วมกับข้อมูลที่ต้องวิเคราะห์เพิ่มเติม

3) ผลจากการประเมินในข้อ 2) ควรจะนำไปสู่แนวทางดังต่อไปนี้

3.1) วางแนวทางสำหรับวางแผนการส่งน้ำในอนาคต

3.2) จากผลการศึกษา โครงการควรได้รับการปรับปรุงหรือไม่

4) ศึกษาแนวทางในการ operate อ่างเก็บน้ำในช่วงที่เกิดอุทกภัย เพื่อนำมาใช้ในการ operate อ่างเก็บน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

4.2.5 การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำในช่วงที่อ่างเก็บน้ำสร้างเสร็จแล้วและมีการเก็บข้อมูลและข้อมูลที่เก็บดีพอที่จะนำไปใช้ในการคำนวณได้ ประกอบด้วย

1) การคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ ซึ่งประกอบด้วย

1.1) ปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทั้ง 4 สาย เนื่องจากในช่วงที่เริ่มต้นศึกษายังมีการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกอยู่ จึงได้ทำการวัดปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประตูปากคลองส่งน้ำทั้ง 4 สาย ที่ลักษณะต่าง ๆ กัน เพื่อนำไปสร้าง calibration curves แล้วจึงนำ calibration curves เหล่านี้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูก

1.2) ปริมาณน้ำที่ระบายออกทาง bottom drain และ morning glory spillway ปริมาณน้ำที่ระบายทั้งสองทางนี้ไม่สามารถ calibrate ได้ จึงใช้วิธีการคำนวณจากสูตรแทน

2) ปริมาณน้ำที่รั่วซึมในอ่างเก็บน้ำ ในการศึกษานี้ สมมุติให้การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำเป็น 10% ของปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ทั้งปี

อัตราการรั่วซึมในวันที่ $n = 0.10 (S_n + S_{n-1}) /2 \times 365$ ม.^{3}

ที่ซึ่ง : S_n , S_{n-1} คือปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ n และวันที่ n-1 ตามลำดับ

3) ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอ่างเก็บน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ สมมุติให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 0.8 เท่าของการระเหยจากถาดวัดการระเหย

4) การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$I_t = S_t - S_{t-1} + O_t + L_t + E_t \qquad (4\text{-}4)$$

ที่ซึ่ง I_t = ปริมาตรน้ำที่ในช่วงเดือน t

S_t = ปริมาตรน้ำที่เก็บกักไว้ที่สิ้นเดือน t

S_{t-1} = ปริมาตรน้ำที่เก็บกักไว้ที่สิ้นเดือน t-1

Ot = ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเดือน t

L_t = การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำในช่วงเดือน t

E_t = การระเหยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเดือน t

กรณีที่ไม่มีน้ำไหลอ่างเก็บน้ำ หรือ It มีค่าเป็นศูนย์ สมการ (4-4) กลายเป็น

$$S_t - S_{t-1} = O_t + L_t + E_t \qquad (4\text{-}5)$$

ปริมาตรน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ คำนวณเป็นรายวัน สามารถคำนวณได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึง 2529 และ runoff coefficient ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่าง และฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำ

	อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง			อ่างเก็บน้ำห้วยฝา		
	2526	2527	2528	2526	2527	2528
ฝนรายปี (มม.)	1053.2	1424.5	1089.8	1343.6	1421.6	1134.3
น้ำไหลลงอ่างรายปี (มม.)	419.5	612.1	469.9	469.9	554.1	371.5
น้ำไหลลงอ่าง/ฝน	0.40	0.43	0.35	0.35	0.39	0.33

4.2.6 การสร้างข้อมูลน้ำท่า

1) การต่อข้อมูลน้ำฝน

เนื่องจากข้อมูลของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งและห้วยฝามีจำกัด โดยที่อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งมีข้อมูลจากปี 2510 ถึง 2528 และข้อมูลขาดหายในปี 2524 และ 2525 ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยฝามีข้อมูลจากปี 2516 ถึงปี 2528 ในการศึกษาการใช้งานของอ่างเก็บน้ำควรจะมีข้อมูลยาวอย่างน้อย 25-30 ปี ดังนั้นข้อมูลน้ำฝนของทั้งสองอ่างเก็บน้ำจะต้องหามาเพิ่ม

วิธีการง่าย ๆ ที่จะต่อข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในที่นี้ก็คือ ใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีใกล้เคียงที่ตั้งมานาน และใช้สมการ (4-6) เพื่อปรับข้อมูลให้เป็นข้อมูลของสถานีที่ต้องการดังนี้

RFA (j , k) = RFN (j , k) * MEAN/MEANN (4-6)

เมื่อ RFA (j , k) = ข้อมูลฝนรายวันที่ปรับแล้วในวันที่ k ของเดือน j สำหรับสถานีที่ต้องการ

RFN (j , k) = ข้อมูลฝนรายวันในวันที่ k ของเดือน j สำหรับสถานีที่ใกล้เคียง

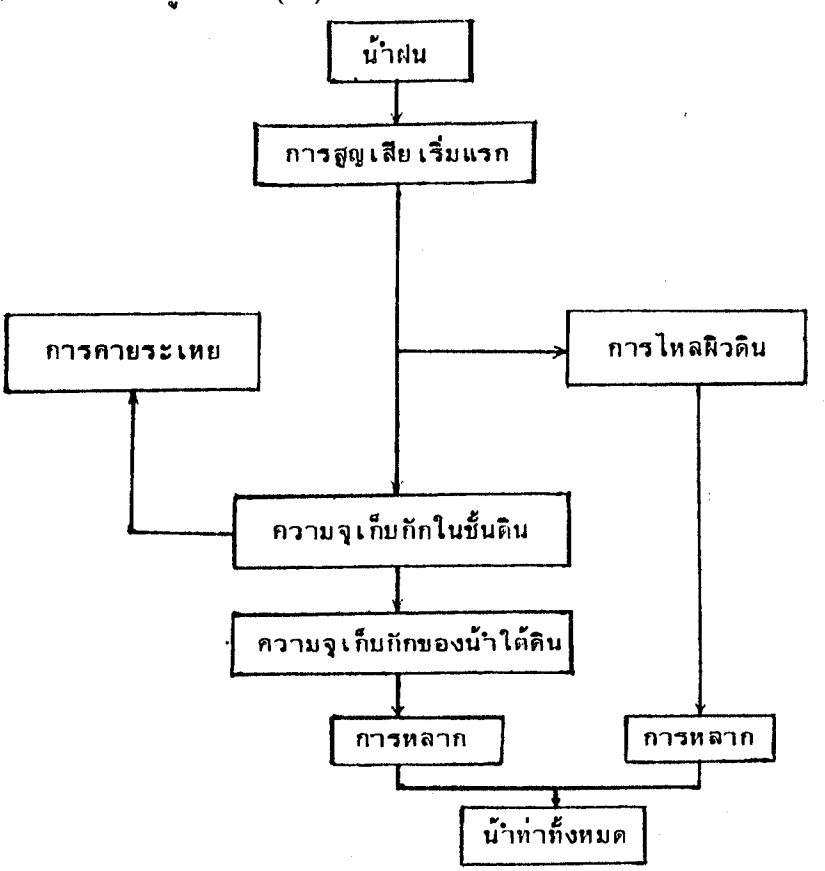
MEAN = ฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีที่ต้องการ

MEANN = ฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีใกล้เคียง

ถ้ามีสถานีวัดฝนใกล้เคียงหลายสถานีก็ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของทุกสถานีมาคำนวณสถานีวัดน้ำฝนที่ใกล้เคียงกับอ่างเก็บน้ำทั้งสองที่นำข้อมูลมาปรับ ได้แก่ สถานีอำเภอกุฉินารายณ์ ซึ่งอยู่ห่างไปประมาณ 30 กิโลเมตร สถานีนี้มีข้อมูลตั้งแต่ปี 2502 ถึงปัจจุบัน ข้อมูลน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำทั้งสองจึงต่อให้ได้ยาว 27 ปี (2502-2528)

2) การสร้างข้อมูลน้ำท่า

ข้อมูลน้ำท่า 27 ปี (2502-2528) สร้างขึ้นได้โดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และข้อมูลน้ำฝนรายวันที่ต่อให้ได้ยาว 27 ปี แบบจำลองนี้คำนวณน้ำท่าจากน้ำฝน โดยใช้วิธีการของ Muskingum-Cunge (12) โครงสร้างของแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 4-3 (13)



รูปที่ 4-3 โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

4.2.7 การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเพาะปลูก ฝนใช้การและประสิทธิภาพการชลประทาน

1) การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเพาะปลูก การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการเพาะปลูกประกอบด้วย

1.1) การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการปลูกข้าวฤดูฝน ซึ่งประกอบด้วย

1.1.1) ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว ในที่นี้สมมุติให้ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงเท่ากับ 200 มม. ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ เท่ากับ 1 สัปดาห์ สำหรับเตรียมแปลงตกกล้า และ 3 สัปดาห์ สำหรับเตรียมแปลงปักดำ และสมมุติให้อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกเท่ากับ 1.5 มม./วัน

1.1.2) ปริมาณน้ำที่ข้าวใช้หลังจากปักดำแล้ว ปริมาณน้ำที่ข้าวใช้หลังจากปักดำแล้วมีค่าเท่ากับ $K_c \times ET_p$

ซึ่ง K_c = สัมประสิทธิ์พืชของข้าว

ET_p = potential evapotranspiration คำนวณโดยวิธี modified Penman

1.2) การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้สำหรับปลูกพืชฤดูแล้ง เนื่องจากขาดข้อมูลการเพาะปลูกพืชฤดูแล้งของโครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา การคำนวณปริมาณน้ำใช้สำหรับปลูกพืชฤดูแล้ง จึงได้ตั้งข้อสมมุติไว้ดังต่อไปนี้

1.2.1) เพื่อเป็นการประหยัดน้ำในอ่างเก็บน้ำ จึงสมมุติให้การเพาะปลูกฤดูแล้งเริ่มต้นในเดือนธันวาคม โดยให้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นเพาะปลูกจนถึงการเพาะปลูกเต็มพื้นที่ตามที่ได้วางแผนไว้ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ อายุของพืชใช้เวลาประมาณ 12 สัปดาห์ และเวลาในการเก็บเกี่ยวประมาณ 3 สัปดาห์

1.2.2) ใช้สัมประสิทธิ์ $K_c = 0.5$ คงที่ตลอดฤดูการเพาะปลูก

2) การคำนวณหาปริมาณฝนใช้การ คำนวณเป็นรายสัปดาห์โดยวิธี simulation โดยใช้ข้อมูลฝนที่ จ.กาฬสินธุ์ เป็นเวลา 33 ปี โดยตั้งข้อสมมุติระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกดังต่อไปนี้

ระดับน้ำในแปลงนาก่อนการให้น้ำชลประทาน = 45 มม.
ระดับน้ำในแปลงนาหลังการให้น้ำชลประทาน = 90 มม.
ระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังจากฝนตก = 120 มม.

ผลการคำนวณสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2

ความสัมพันธ์ระหว่างฝนที่ตกและฝนใช้การประจำสัปดาห์

ปริมาณฝนที่ตกประจำสัปดาห์ มม.	ปริมาณฝนใช้การประจำสัปดาห์-มม.				
	พ.ค	มิ.ย-ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค-เม.ย
0	0	0	0	0	0
45				45	
50	50				50
60			60		
65		65			
100					60
200	80	85	80	50	

3) ประสิทธิภาพชลประทาน

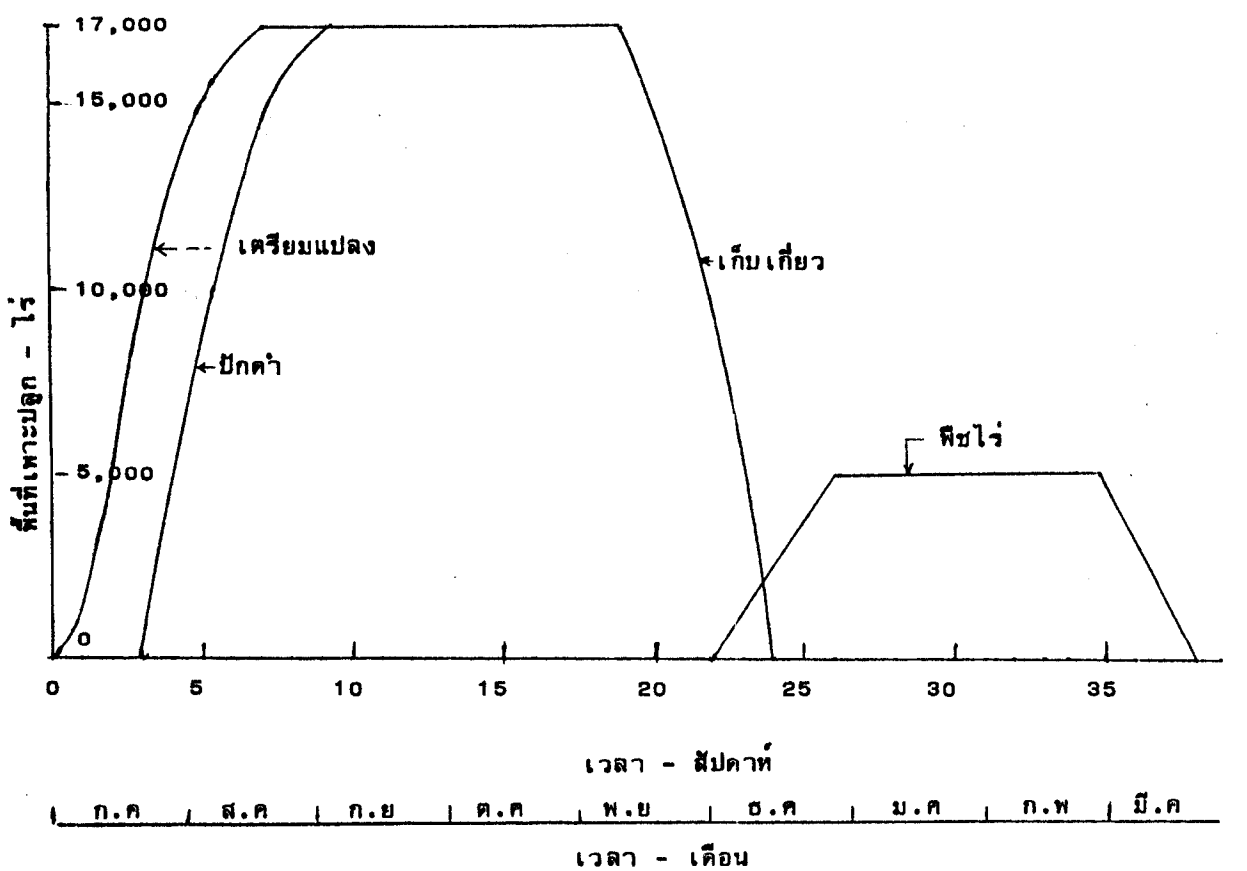
จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพชลประทาน สำหรับการเพาะปลูกฤดูฝนเท่ากับ 43.63% และในการศึกษาครั้งนี้ใช้ประสิทธิภาพชลประทาน 45%

สำหรับการเพาะปลูกฤดูแล้ง เนื่องจากขาดข้อมูลจึงสมมุติให้ประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากับ 10% , 20% และ 30%

4.2.8 การศึกษาการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

การหาปริมาณน้ำใช้เพื่อการชลประทาน การหาน้ำใช้เพื่อการชลประทาน ใช้โค้งกิจกรรมการเพาะปลูกดังแสดงในรูปที่ 4-4 ปริมาณน้ำที่ต้องการซึ่งคำนวณจากโค้งกิจกรรมการเพาะปลูกมีค่าคงที่ แต่ฝนใช้การจะมีค่าผันแปรในแต่ละปีรวมเวลา 27 ปี (พ.ศ.2502-2528) ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องการจากอ่างเก็บน้ำผันแปรไปในแต่ละปีด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วย irrigation demand model ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 3 ส่วนความผันแปรของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำคำนวณโดยใช้ system simulation model รายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 3 เช่นเดียวกัน

เนื่องจากมีอ่างเก็บน้ำสองอ่าง ซึ่งระบบส่งน้ำเชื่อมติดต่อกัน กล่าวคือ การระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำใดอ่างเก็บน้ำหนึ่งสามารถนำน้ำไปใช้เพื่อการชลประทานบนพื้นที่ของโครงการได้เกือบทั้งหมด ในการศึกษาการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองได้ตั้งข้อสมมุติดังต่อไปนี้ ณ เวลา ใด ๆ ใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาตรน้ำที่เก็บกักอยู่ในอ่าง ณ เวลานั้น กับปริมาตรเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ เป็นข้อกำหนดว่าจะระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำใด กล่าวคือ ถ้าอ่างเก็บน้ำใดมีอัตราส่วนดังกล่าวแล้วสูงกว่าอีกอ่างหนึ่ง ก็จะระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำนั้นไปช่วยพื้นที่เพาะปลูกจนกระทั่งอัตราส่วนดังกล่าวแล้วของอ่างเก็บน้ำทั้งสองเท่ากัน จึงเริ่มระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองไปช่วยพื้นที่เพาะปลูกทางท้ายน้ำพร้อมกัน



รูปที่ 4-4 กิจกรรมการเพาะปลูกของโครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

4.2.9 ผลการศึกษาการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

ผลของการศึกษา ประกอบด้วย

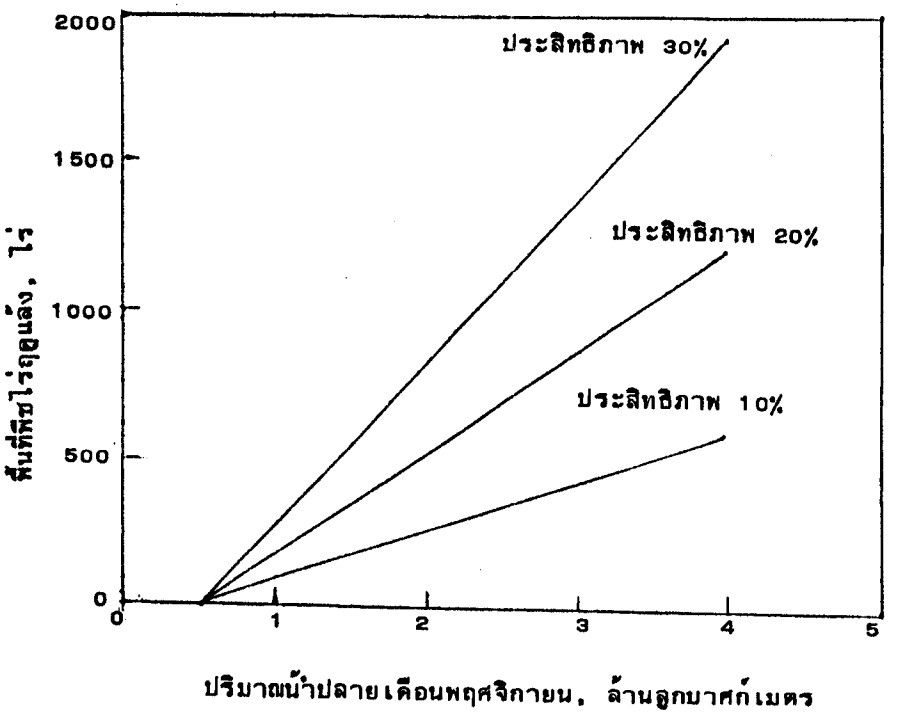
กรณีที่ 1 ตั้งข้อสมมุติให้มีการใช้น้ำจนแห้งอ่างในเดือนเมษายนทุก ๆ ปี ผลของการคำนวณ ปรากฏว่าในรอบ 27 ปี อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งมีการขาดน้ำในช่วงเตรียมแปลงฤดูฝนเพียงเดือนเดียวคือเดือนกรกฎาคม 2525 ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยฝามีการขาดน้ำในช่วงเตรียมแปลง 2 เดือน คือเดือนกรกฎาคม 2525 และเดือนกรกฎาคม 2529

กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยได้สร้างกฎเกณฑ์การ operate อ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะการลดพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งให้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำที่สิ้นสุดฤดูฝนหรือที่สิ้นเดือนพฤศจิกายนของทุกปี กล่าวคือ ปีใดมีน้ำเหลือมากก็สามารถเพาะปลูกพืชฤดูแล้งได้มาก ปีใดมีน้ำเหลือในอ่างเก็บน้ำทั้งสองน้อยก็เพาะปลูกพืชฤดูแล้งได้น้อย

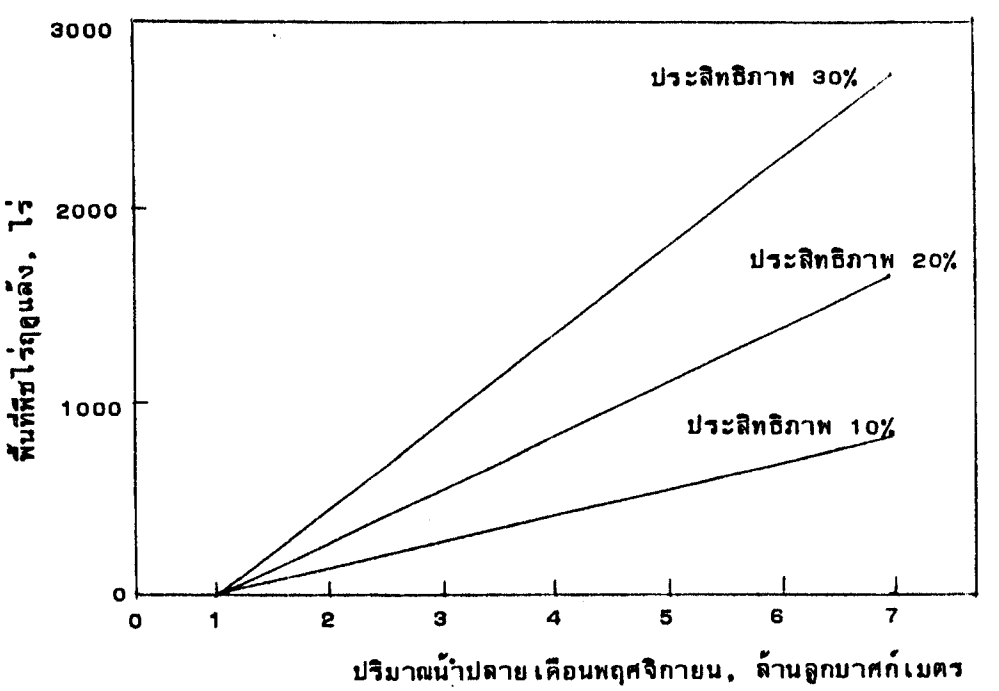
อนึ่ง ในการศึกษาของกรณีที่ 2 เนื่องจากขาดข้อมูลการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ในการศึกษาจึงได้สมมุติประสิทธิภาพชลประทานขึ้นเป็น 3 ระดับคือ ประสิทธิภาพการชลประทาน 10%, 20% และ 30% ซึ่งกฎเกณฑ์การ operate อ่างเก็บน้ำที่ประสิทธิภาพการชลประทานของการปลูกพืชฤดูแล้งต่าง ๆ กันของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝาดังแสดงในรูปที่ 4-5 และรูปที่ 4-6 ตามลำดับ

สำหรับพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝาจากการจำลองแบบที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพชลประทานที่สมมุติขึ้นมีดังนี้

	พื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ย-ไร่	
	ห้วยผึ้ง	ห้วยฝา
ประสิทธิภาพการชลประทาน 10%	592	814
ประสิทธิภาพการชลประทาน 20%	1,140	1,627
ประสิทธิภาพการชลประทาน 30%	1,850	2,747



รูปที่ 4-5 เกณฑ์การลดพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ฤดูแล้ง อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง



รูปที่ 4-6 เกณฑ์การลดพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ฤดูแล้ง อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง

4.2.10 การศึกษาน้ำท่วม

1) การสังเคราะห์ชลภาพน้ำท่วม

เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับชลภาพน้ำท่วมยังไม่มี ในที่นี้จึงใช้วิธีการเอกชลภาพไม่มีหน่วย (dimensionless unit hydrograph) ซึ่งพัฒนาโดย Schulz, Pinkayan และ Komsatra (16) วิธีนี้มีสมการที่ใช้ คือ

$$t_p = 1.9\ (LL_c/SL)^{0.112} \qquad (4\text{-}7)$$

$$t_l = 3.05\ (LL_c/SL)^{0.152} \qquad (4\text{-}8)$$

$$q_p = 0.161\ (A/t_p)^{0.98} \qquad (4\text{-}9)$$

เมื่อ A = พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นตารางกิโลเมตร

L = ความยาวของลำน้ำหลัก เป็นกิโลเมตร

L_c = ความยาวของลำน้ำจากจุดสนใจถึงศูนย์กลางของลุ่มน้ำ เป็นกิโลเมตร

SL = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำหลัก เป็นจุดทศนิยม

t_p = เวลาถึงจุดการไหลสูงสุด เป็นชั่วโมง

t_l = lag time ของลุ่มน้ำ เป็นชั่วโมง

q_p = อัตราการไหลสูงสุด เป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อฝนสุทธิหนึ่งมิลลิเมตร

เมื่อใช้สมการทั้งสามควบคู่กับกราฟเอกชลภาพไม่มีหน่วยของ q/qp กับ t/tp ก็สามารถสร้างเอกชลภาพของลุ่มน้ำที่มีขนาดไม่เกินพันตารางกิโลเมตรได้

2) การวิเคราะห์ความถี่ของฝน

ในที่นี้จะใช้วิธีของ Gumbel ในการวิเคราะห์ความถี่ของปริมาณฝนตกมากที่สุดในหนึ่งวัน สองวัน และสามวัน ดังผลแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3

ผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝน

คาบการกลับ,ปี	ปริมาณฝน - มิลลิเมตร					
	ห้วยผึ้ง			ห้วยฝา		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
5	165.3	216.5	236.6	161.9	218.7	237.7
50	238.4	325.9	349.2	244.5	352.3	375.3
100	261.5	360.7	384.9	270.8	395.3	419.3
200	282.9	392.8	417.9	295.1	434.6	459.8

การสังเคราะห์ชลภาพน้ำท่วมจะใช้ค่าปริมาณฝนมากที่สุดของหนึ่งวัน ส่วนช่วงเวลาของพายุฝนที่ใช้คือ 6 ชั่วโมง ตามการศึกษาพายุฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (14)

การกระจายกับเวลาของฝนก็ใช้ตามการศึกษาของ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี และคนอื่น ๆ (15) โดยใช้พายุฝนที่อยู่ในกลุ่มควอไตล์ที่สี่ ซึ่งจะเป็นกลุ่มพายุฝนที่จะทำให้เกิดน้ำท่วมมากที่สุด

3) การหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

การหลากน้ำท่วมผ่านอ่างเก็บน้ำก็ใช้สมการความจุเก็บกัก ดังนี้

$$I_1 + I_2 + 2S_1/\ t - O_1 \quad = \quad 2S_2/\ t - O_2 \qquad (4\text{-}10)$$

เมื่อ I = อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

O = อัตราการไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ

S = ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ

t = ช่วงเวลา

อักษรห้วยท้าย 1 และ 2 แทนช่วงเวลาเริ่มต้น และช่วงเวลาถัดมาตามลำดับ การหาคำตอบของสมการ (4-10) จะต้องมีความสัมพันธ์ของความจุเก็บกัก และอัตราการไหลออกด้วยซึ่งจะหาได้จากข้อมูลความสัมพันธ์ของความจุเก็บกักกับระดับ และความสัมพันธ์อัตราการไหลออกกับระดับ

4) Flood Operating Rule

ผลการศึกษาการหลากผ่านอ่างเก็บน้ำของชลภาพน้ำท่วมโดยใช้พายุฝนที่มีคาบการกลับ 50 ปี 100 ปี และ 200 ปี แสดงในตารางที่ 4-4 จากการศึกษาพบว่าทั้งสองอ่างเก็บน้ำค่อนข้างปลอดภัย แม้ว่าพายุฝนจะมีคาบการกลับถึง 200 ปี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระหว่างฤดูฝนสามารถจะเก็บกักน้ำที่ระดับสันทางระบายน้ำล้นได้เฉพาะโครงการห้วยฝา ส่วนโครงการห้วยผึ้งระดับเก็บกักควรจะอยู่ที่ 189.50 ม.รทก.

ในกรณีที่ฝนตกหนักมากเป็นพิเศษก่อนฝนตกระดับเก็บกักที่ห้วยผึ้งอาจอยู่ที่ 189.00 ม.รทก. และระดับเก็บกักที่ห้วยฝายังคงอยู่ที่ระดับสันทางน้ำล้น (191.00 ม.รทก.) โดยการระบายน้ำออกทาง bottom drain เต็มที่ เมื่อน้ำเริ่มล้น morning glory spillway

4.2.11 สรุปและข้อเสนอแนะ

1) สรุปผลการศึกษา ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

1.1) โครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา มีน้ำพอสำหรับปลูกข้าวฤดูฝนเต็มพื้นที่ได้ทุกปี

1.2) นอกจากเพาะปลูกข้าวฤดูฝนแล้วยังมีน้ำเหลือพอสำหรับปลูกพืชฤดูแล้ง ส่วนพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เหลือในอ่างเก็บน้ำที่สิ้นสุดฤดูฝน เนื่องจากขาดข้อมูลการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งของอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งห้วยฝา ทำได้โดยอาศัยกราฟรูปที่ 4-5 และรูปที่ 4-6 ตามลำดับ โดยเริ่มต้นด้วยประสิทธิภาพชลประทาน 10% ถ้ามีน้ำเหลือในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูการเพาะปลูกจึงค่อยเพิ่มประสิทธิภาพ

1.3) ในการ operate อ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา ในช่วงเกิดอุทกภัยระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้งควรอยู่ที่ระดับ 189.50 ม.รทก. ส่วนระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยฝาควรอยู่ที่ระดับ 191.00 ม.รทก. ยกเว้นกรณีที่จะเกิดฝนตกหนักจริง ๆ ระดับน้ำในห้วยผึ้งควรอยู่ที่ 189.00 ม.รทก. ส่วนระดับน้ำในห้วยฝายังคงอยู่ที่ 191.00 ม.รทก. ทั้งนี้ให้ระบายน้ำออกทาง bottom drain เต็มที่เมื่อเกิดฝนตกหรือเมื่อน้ำเริ่มไหลข้าม morning glory spillway

ตารางที่ 4-4

ผลการศึกษาน้ำท่วม

ระดับน้ำเริ่มแรก	ห้วยผึ้ง		ห้วยฝา	
เมตร รทก.	ระดับน้ำสูงสุด เมตร รทก.		ระดับน้ำสูงสุด เมตร รทก.	
	เปิดทางระบายก้นอ่าง	ปิดทางระบายก้นอ่าง	เปิดทางระบายก้นอ่าง	ปิดทางระบายก้นอ่าง
ฝน 50 ปี				
188.00	190.342	190.560	190.764	191.072
189.00	190.704	190.868	191.128	191.258
190.00	191.136	191.256	191.454	191.559
191.00	191.584	191.652	191.883	191.970
192.00	-	-	191.253	191.346
ฝน 100 ปี				
188.00	190.462	190.669	191.01	191.162
189.00	190.820	190.980	191.138	191.358
190.00	191.237	191.369	191.987	192.064
191.00	191.641	191.761	191.987	192.064
192.00	-	-	192.328	192.385
ฝน 200 ปี				
188.00	190.557	190.771	191.120	191.251
189.00	190.937	191.084	191.336	191.453
190.00	191.337	191.475	191.656	191.759
191.00	191.734	191.866	192.070	192.137
192.00	-	-	192.397	192.291

หมายเหตุ ระดับสันทางระบายน้ำล้นอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง = 190.00 ม.รทก.

ระดับสันทางระบายน้ำล้นอ่างเก็บน้ำห้วยฝา = 191.00 ม.รทก.

(2) ข้อเสนอแนะ

2.1) การส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำให้พื้นที่เพาะปลูก หรือการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ถ้าเป็นไปได้ควรระบายออกตามสัดส่วนของความจุอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้ เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากการระเหย

2.2) การติดตั้งเสาระดับในคลองส่งน้ำสายใหญ่ท้ายประตูปากคลองส่งน้ำทุกสาย แล้วเก็บข้อมูลระดับน้ำเช่นเดียวกับในอ่างเก็บน้ำ

2.3) การเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ถ้าเริ่มเพาะปลูกเร็วจะลดการสูญเสียน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะการสูญเสียเนื่องจากการระเหย

2.4) การลดการสูญเสียน้ำจากอ่างเก็บน้ำ โดยซ่อมแซมรอยรั่วตามบานประตูต่างๆ เนื่องจากความจุของอ่างเก็บน้ำมีน้อย การสูญเสียน้ำเพียงเล็กน้อยมีความสำคัญมาก

2.5) ถ้าระบบชลประทานของโครงการห้วยผึ้ง-ห้วยฝา ยังทำหน้าที่ได้ไม่สมบูรณ์ ใคร่ขอเสนอแนะให้มีการปรับปรุง เพราะได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่ามีน้ำเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวฤดูฝน และพืชไร่ฤดูแล้งด้วย การปรับปรุงอาจประกอบด้วย

2.5.1) ดาดคลองส่งน้ำสายใหญ่ คลองซอย และคลองแยกซอย ให้ครบทุกสาย เพื่อลดการกัดเซาะและการรั่วซึมในคลอง เพื่อจะได้ส่งน้ำให้พื้นที่ปลายคลองสะดวก

2.5.2) สร้างประตูกลางคลองเพิ่ม ซึ่งสามารถตรวจสอบตำแหน่งได้ในเวลาส่งน้ำ

2.5.3) ปรับปรุงคูสายหลัก ซึ่งอาจดาดด้วยคอนกรีต ควรให้ความสำคัญแก่พื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งก่อน

2.5.4) ปรับปรุงระบบคู่ส่งน้ำของทั้งโครงการ

2.6) การ operate อ่างเก็บน้ำในช่วงฝนตกหนัก ไม่ควรระบายน้ำทิ้งล่วงหน้าโดยที่ฝนยังไม่ตก bottom drain ต้องซ่อมแซมให้ใช้การได้ดีอยู่เสมอ สามารถเปิดระบายน้ำได้ เมื่อเกิดฝนตกหนัก

ฝนตกบนพื้นที่รับน้ำ	ระดับเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ		หมายเหตุ
	ห้วยผึ้ง	ห้วยฝา	
ฝนตกหนัก	189.50	191.00	เมื่อเกิดฝนตกหนักให้ระบายน้ำออกทาง
ฝนตกหนักมาก	189.00	191.00	bottom drain เต็มที่

4.3 การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี (4)

ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่มีข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็นเวลาหลายปีและมีเขื่อนผันน้ำเพื่อการชลประทานอยู่ทางท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ ระหว่างอ่างเก็บน้ำและเขื่อนผันน้ำมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่แม่น้ำเพชรบุรีทั้งสองฝั่งของลำน้ำ ดังนั้น system schematic ของลุ่มน้ำเพชรบุรีที่ใช้ศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำจึงคล้ายกับรูปที่ 4-1

4.3.1 คำนำ

แม่น้ำเพชรบุรีมีความยาว 227 กม. ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาตะนาวศรี เขต อ.ท่ายาง ในปี พ.ศ. 2485 ได้ก่อสร้างเขื่อนเพชรบุรีที่บ้านท่าชิก ต.ท่าคอย อ.ท่ายาง ซึ่งอยู่ห่างจากต้นน้ำ 165 กม. เพื่อทดน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกบนฝั่งขวา 144,000 ไร่ และ 70,000 ไร่ บนฝั่งซ้าย

ในปี พ.ศ. 2507 ได้ก่อสร้างเขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนดินสูง 48 ม. ที่ ต.สองพี่น้อง อ.ท่ายาง ทางด้านเหนือน้ำของเขื่อนเพชร ตามแนวถนนประมาณ 27 กม. (ตามแม่น้ำเพชรบุรี 66 กม.) เขื่อนแก่งกระจานมีระดับเก็บกัก +99 ม.รทก. มีความจุ 710 ล้านลูกบาศก์เมตร และติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 19 MW ที่ head 43 เมตร โดยมีปริมาณน้ำ 46.93 ม.^{3}/วินาที ปริมาณน้ำในเขื่อนแก่งกระจานสามารถเพิ่มพื้นเพาะปลูกในเขตชลประทานอีก 122,000 ไร่ รวมเป็นพื้นที่ทั้งสิ้น 366,000 ไร่

ต่อมาได้มีการสร้างคันกั้นน้ำเค็มจาก อ. เขาย้อย ถึง อ.ชะอำ ความยาว 92 กม. และสามารถเพิ่มพื้นที่ปลูกได้อีก 65,000 ไร่ รวมเป็นพื้นที่ทั้งหมด 401,000 ไร่

แผนที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีดังแสดงในรูปที่ 4-7

เมื่อชาวนานิยมปลูกข้าวนาปรัง จึงทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ ประกอบกับในปัจจุบันยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำในระยะยาว

4.3.2 วัตถุประสงค์

(1) Monitor ข้อมูลการใช้น้ำในสนามที่นับว่าสำคัญในโครงการฯเพชรบุรี โดยเลือก monitor เฉพาะข้อมูลที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายมากนัก

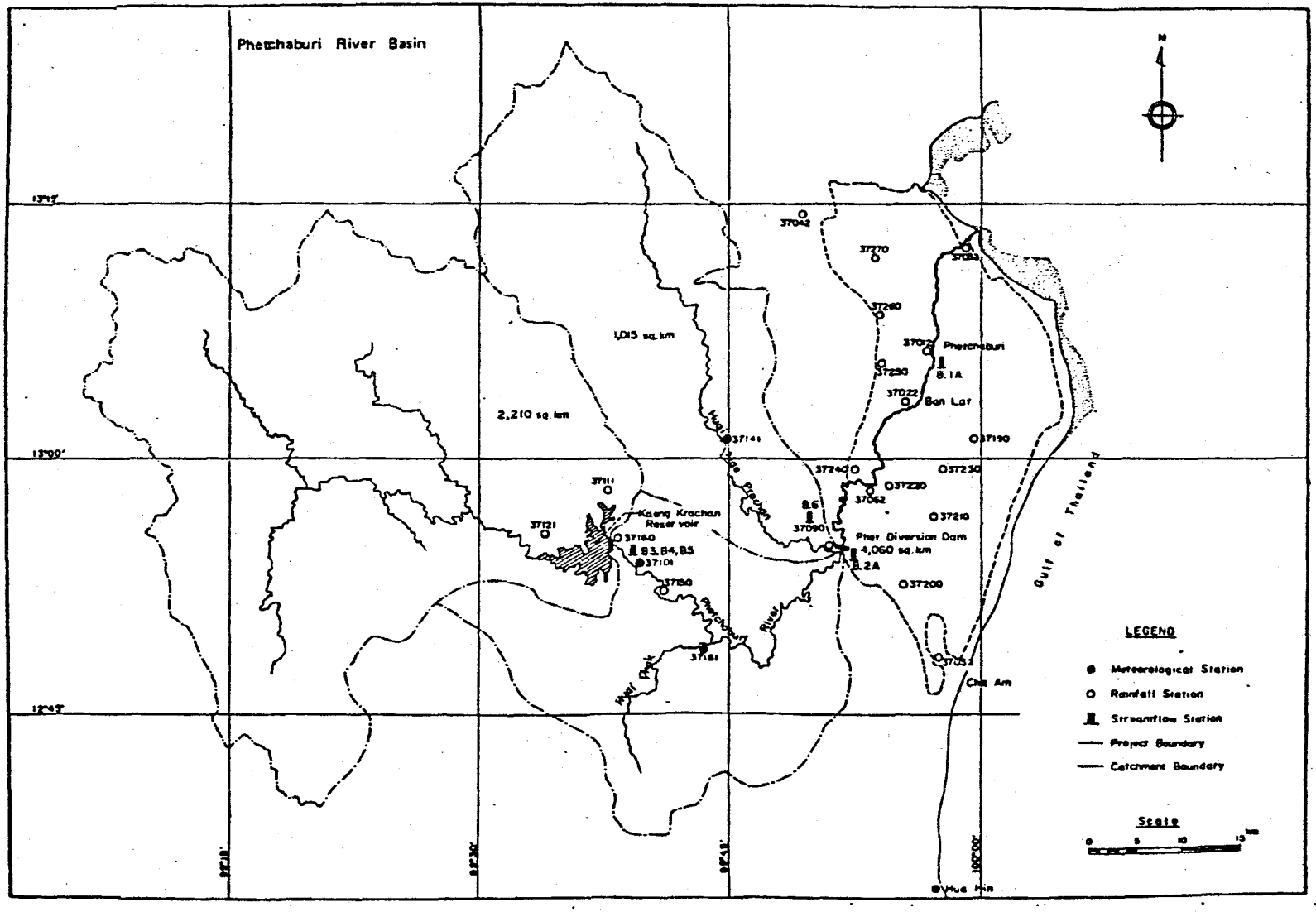
(2) นำข้อมูลที่ monitor ได้ไปศึกษาหากราฟสำหรับใช้ในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้เมื่อสิ้นสุดฤดูฝน โดยไม่เกิดการขาดแคลนน้ำในระยะยาว (dry season area reduction curve)

4.3.3 วิธีการศึกษา

นำข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูก พ.ศ. 2526 รายสัปดาห์ ของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา 3 สาย และฝั่งซ้าย 1 สาย มาหาประสิทธิภาพชลประทาน โดยประสิทธิภาพคือ

$$\frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี + การรั่วซึม - ปริมาณฝนใช้การ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งให้}}$$

กรณีพืชที่ปลูกเป็นข้าวสมมุติปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง 300 มม. ในฤดูแล้งและ 250 มม. ในฤดูฝน ระยะเวลาในการเตรียมแปลงต่อพื้นที่ 1 ไร่ 3 สัปดาห์เท่ากัน ปริมาณน้ำใช้หลังจากปักดำและหว่านแล้ว ปริมาณน้ำใช้ของพืชไร่และผลไม้คำนวณจากปริมาณน้ำใช้ของพืชอ้างอิง โดยคำนวณจาก ETp วิธี modified ของ Penman กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก 1.50 มม. ต่อวัน ในฤดูแล้ง และ 1.00 มม.ต่อวัน ในฤดูฝน ปริมาณฝนใช้การ คำนวณหาโดยวิธี simulation ซึ่งกำหนดระดับน้ำสูงสุด ปานกลาง และต่ำสุดในแปลงนาเท่ากับ 120,100 และ 50 มม. ตามลำดับ ใช้ข้อมูลน้ำฝนสถานี 37012 อ.เมือง จ. เพชรบุรี พ.ศ. 2495-2526 เป็นตัวแทนข้อมูลฝนที่ตกในพื้นที่ของโครงการฯ ผลการคำนวณดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-5 ส่วนปริมาณน้ำที่ส่งไปให้ได้จากการสร้างกราฟสอบเทียบอาคารชลประทาน (calibration curve) ประตูระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทั้ง 4 สาย โดยใช้ข้อมูลการเปิดบานประตู ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ และระดับธรณีประตูมาใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพชลประทานที่คำนวณได้และที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 4-6



รูปที่ 4-7 แผนที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพชลประทานของคลองส่งน้ำสายใหญ่แต่ละสาย ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝนจึงใช้เป็นแนวทางในการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานรายเดือนตั้งแต่ พ.ศ. 2498 ถึง 2526 โดยที่ปริมาณฝนใช้การที่คลองส่งน้ำแต่ละสายครอบคลุมเป็นตัวแปรสำคัญ พิจารณาปริมาณน้ำจากลำน้ำสาขา คือ ห้วยผากและห้วยแม่ประจันต์ ซึ่งไหลลงแม่น้ำเพชรบุรีท้ายเขื่อนแก่งกระจายแต่เหนือเขื่อนเพชรบุรี เนื่องจากมีข้อมูลระยะสั้น จึงต้องอาศัยข้อมูลทางอุทกวิทยาของน้ำฝนและน้ำท่าที่มีอยู่มาเพิ่มให้ยาวขึ้นโดยวิธี regression and correlation analysis เมื่อได้ข้อมูลตามที่ต้องการแล้ว สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการที่ปล่อยออกจากอ่างฯ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาการจัดการน้ำในอ่างฯ ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่างฯ ในช่วงเวลาเดียวกัน ข้อมูลเฉพาะของอ่างฯ ข้อมูลในการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ และข้อกำหนดในการใช้น้ำในอ่างฯ ที่วางไว้ร่วมกันระหว่างการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและกรมชลประทาน เพื่อหาหลักเกณฑ์การกำหนดนโยบายการลดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำที่มีในอ่างฯ เมื่อสิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ซึ่งประกอบด้วย

ตารางที่ 4-5

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกและปริมาณฝนใช้การในแปลงนา รายสัปดาห์

ปริมาณฝนที่ตก	ปริมาณฝนใช้การ (มิลลิเมตร)			
(มิลลิเมตร)	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	เดือนอื่นๆ
0	0	0	0	0
25	25	25	25	25
50	41	37	30	47
75	49	43	35	56
100	57	49	41	66
125	65	55	46	75
150	73	61	52	85
175	82	65	56	95
200	82	65	63	95
225	82	65	63	95

ตารางที่ 4-6

ประสิทธิภาพการชลประทานของคลองส่งน้ำสายใหญ่

คลองส่งน้ำสายใหญ่	ประสิทธิภาพการชลประทาน			
	การคำนวณ		ใช้ศึกษา	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ฝั่งขวา 1	37	29	40	35
ฝั่งขวา 2	50	28	40	35
ฝั่งขวา 3	35	41	40	40
ฝั่งซ้าย	59	52	45	45

1) ข้อมูลเฉพาะของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งประกอบด้วย

1.1) ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด (retention storage) ก่อนมีการไหลล้นข้ามทางระบายน้ำล้น (spillway)

1.2) ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (dead storage, DE) ในที่นี้ใช้เท่ากับปริมาณน้ำที่ระดับน้อยที่สุด ที่เพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้า

1.3) พลังงานไฟฟ้าที่กำหนดให้ผลิตได้มากที่สุด (installed power, IN)

1.4) พลังงานไฟฟ้าที่กำหนดให้ผลิตได้น้อยที่สุด (firm power, FP)

1.5) ปริมาณน้ำน้อยที่สุดที่เพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้ (minimum volume for power, VM)

1.6) ระดับน้ำต่ำที่สุดที่เพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้ (minimum elevation for power, EM)

1.7) สัมประสิทธิ์การสูญเสียระดับน้ำ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (turbine loss coefficient, CL)

1.8) เกณฑ์ปริมาณน้ำในแต่ละเดือน เพื่อป้องกันอุทกภัย (flood rule curve, FC)

1.9) เกณฑ์ปริมาณน้ำในแต่ละเดือน เพื่อควบคุมการใช้น้ำในอ่างฯ (upper rule curve, CV)

1.10) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิว-ระดับน้ำในอ่างฯ volume-area-elevation curve)

1.11) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-ระดับน้ำท้ายน้ำ (tail water discharge-elevation curve)

1.12) Hydro plant efficiency-head curve

1.13) Hydro plant capacity factor-head curve

1.14) อัตราการระเหยของปริมาณน้ำในอ่างฯ (evaporation loss)

2) กฎเกณฑ์การจัดการน้ำในอ่างฯ (operation criteria)

2.1) ถ้าระดับน้ำในอ่างฯ อยู่เหนือระดับเก็บกักสูงสุด (+99 ม.รทก.) น้ำจะถูกระบายออกทาง ทางระบายน้ำล้น (spillway)

2.2) ถ้าระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ระหว่างระดับเก็บกักสูงสุด กับระดับ upper rule curve ขณะนั้น จะผลิตไฟฟ้าด้วยอัตรากำลังสูงสุด ในกรณีนี้ปริมาณน้ำที่ผันออกจะมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำทางท้ายน้ำ

2.3) ถ้าระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ระหว่าง upper rule curve และระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ (+75 ม.รทก.) ปริมาณน้ำจะถูกผันออกเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างน้อยด้วยขนาด firm power เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ต้องการให้ปล่อยจากอ่างฯ (diversion demand) โดยเลือกปริมาณน้ำที่มากกว่า

2.4) ถ้าระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ถ้าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯ น้อยกว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยและการรั่วซึมของน้ำในอ่างฯ จะไม่มีการปล่อยน้ำออกจากอ่างฯ

3) การผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

3.1) Firm power คือ พลังงานไฟฟ้าที่กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้อย่างน้อยที่สุด

3.2) Secondary power คือ พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ในส่วนที่มากกว่า firm power ซึ่งขึ้นกับปริมาณน้ำที่ต้องการให้ปล่อยออกจากอ่างฯ เพื่อความต้องการทางท้ายน้ำ หรือปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากส่วนเกิน upper rule curve

4) การคำนวณในแบบจำลองการจัดการน้ำในอ่างฯ

4.1) คำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมา เพื่อความต้องการท้ายน้ำ

ปริมาณน้ำที่เริ่มต้นเดือน (VB) รวมปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างฯ (QF) ลบด้วยปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยและการรั่วซึม (QL) จะเป็นปริมาณน้ำในเดือนนั้น (VO) ก่อนปล่อยออกเพื่อสนองความต้องการท้ายน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุดและต่ำสุด กล่าวคือ ถ้าคำนวณหาปริมาณน้ำปลายเดือน (LA) ปรากฏว่ามากกว่า ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (+75 ม.รทก.) ก็จะปล่อยน้ำได้ตามความต้องการท้ายน้ำ ถ้าปริมาณน้ำปลายเดือนมากกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด (+99 ม.รทก.) ก็จะปล่อยน้ำออกทางระบายน้ำล้น ถ้าปริมาณน้ำปลายเดือนน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด จะไม่มีการปล่อยน้ำ แสดงว่าเกิดการขาดแคลนน้ำ

4.2) คำนวณพลังงานไฟฟ้าจากปริมาณน้ำปล่อยออก เพื่อความต้องการท้ายน้ำ

เมื่อได้ปริมาณน้ำปล่อยออกจากอ่างฯ ตามข้อ (4.1) ดังกล่าวแล้ว สามารถหาระดับน้ำท้ายน้ำ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-ระดับน้ำท้ายน้ำ (tail water dirscharge-elevation) และสามารถหา head loss ได้

คำนวณหา head เฉลี่ย โดยใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างระดับน้ำต้นเดือนและปลายเดือนลบด้วยระดับน้ำด้านท้ายน้ำ และ head loss จากนั้นสามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จาก hydro plant efficiency-head curve จึงคำนวณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (AP).

นำ head เฉลี่ยไปหา hydro plant capacity factor จาก hydro plant capacity factor-head curve ซึ่งจะสามารถหาการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด พิจารณาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (AP) ที่ผลิตได้ต้องไม่มากกว่าค่าความสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดของเครื่อง (PK) โดยเลือกใช้ค่าที่น้อยกว่า

เมื่อได้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้แล้ว นำไปคำนวณหาปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกำหนดไฟฟ้าถ้าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกทั้งหมดมากกว่าปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องฯ แสดงว่าปริมาณน้ำปลายเดือน (LA) มากกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด ก็จะปล่อยน้ำออกทาง ทางระบายน้ำล้น (spillway) แต่ถ้าปริมาณน้ำปลายเดือน (LA) ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด ก็จะปล่อยน้ำออกทางช่องระบายน้ำเพื่อการชลประทาน (valve)

ในกรณีที่มีการระบายน้ำออกทาง ทางระบายน้ำล้น หรือปริมาณน้ำปลายเดือน (LA) อยู่ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า จะต้องคำนวณใหม่ ปริมาณน้ำใช้สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า คือปริมาณน้ำที่มีในเดือน (VO) ลบด้วยปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด ถ้าปริมาณน้ำดังกล่าวน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ผลิตพลังงานไฟฟ้า จะต้องคำนวณใหม่ โดยให้ปริมาณน้ำสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากับปริมาณน้ำใช้ดังกล่าว แล้วคำนวณตัวแปรต่างๆ ใหม่

ถ้าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างฯ ทั้งหมดมากกว่าปริมาณน้ำสูงสุดที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือเกิดการขาดแคลนน้ำทางท้ายน้ำ หรือพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้มากกว่า firm power ให้ผ่านการคำนวณ ข้อ 4.3)

4.3) คำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างฯ เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด firm

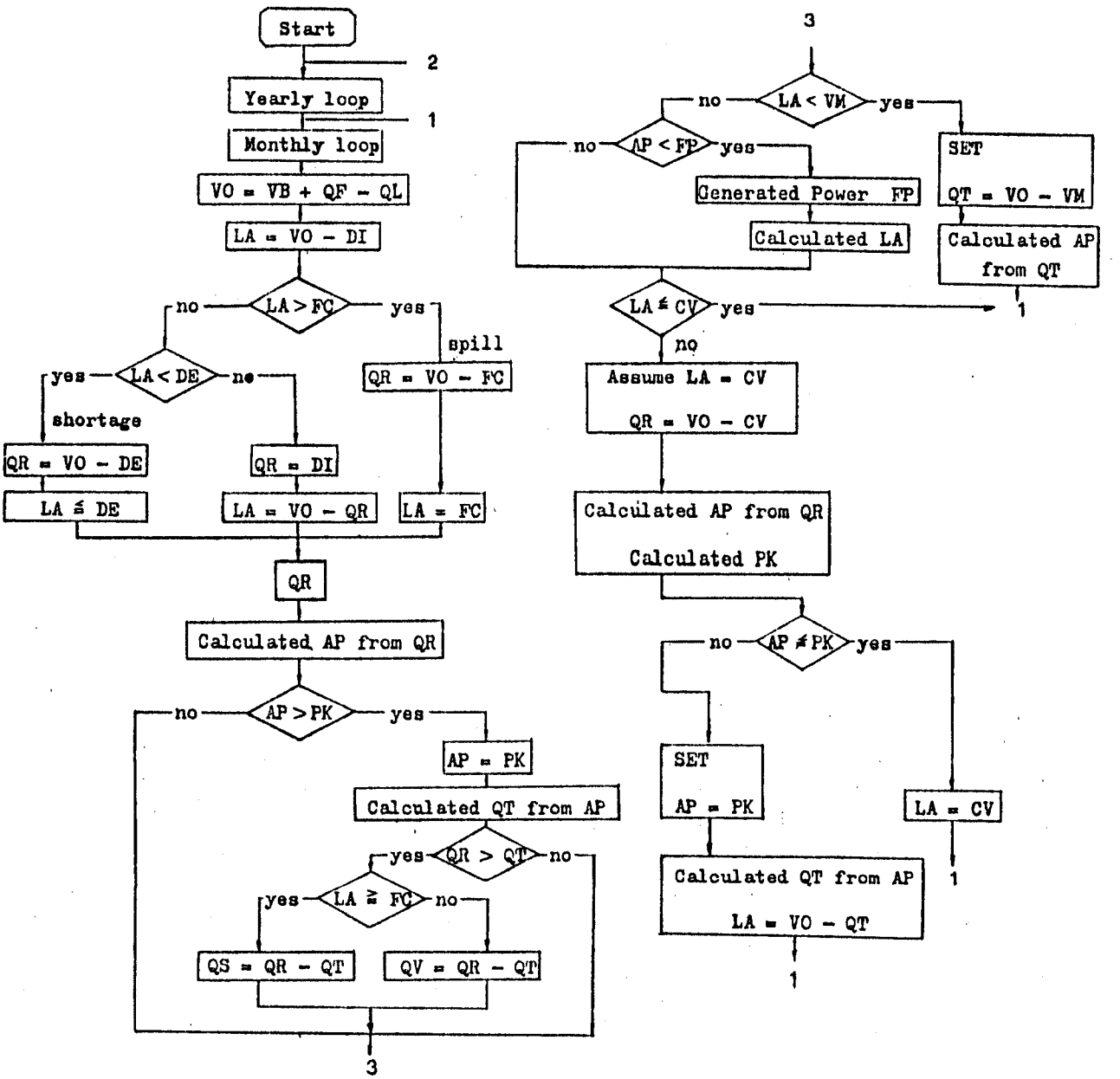
ในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากปริมาณน้ำที่ปล่อยไปเพื่อความต้องการท้ายน้ำมีน้อย จะต้องทำการตรวจสอบว่า ขณะนั้นมีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้า ให้ได้ขนาด firm หรือไม่ ถ้ามีพอก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เท่ากับ firm power แต่ถ้าไม่พอก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ ในกรณีนี้เรียกว่าเกิดการขาดแคลนน้ำสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

4.4) คำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกที่ระดับ conservation หรือมากกว่า

เมื่อคำนวณปริมาณน้ำที่เหลือ หลังจากปล่อยน้ำเพื่อสนองความต้องการทางท้ายน้ำแล้วระดับน้ำดังกล่าว ถ้าสูงกว่าระดับ conservation สมมุติให้ปริมาณน้ำปลายเดือน อยู่ที่ระดับ conservation คำนวณระดับน้ำและพื้นที่ผิวอ่างฯ หาปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยและการรั่วซึม แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออก จนถึงระดับ conservation ต่อไปคำนวณพลังงานไฟฟ้าจากอัตราการปล่อยน้ำ ลักษณะเดียวกับข้อ 4.2) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต้องไม่มากกว่าพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้สูงสุด แสดงว่าระดับน้ำที่สมมุตินั้นถูกต้อง

ทำการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยกับพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากเครื่อง โดยเลือกใช้ค่าที่น้อยกว่า คำนวณปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องฯ แล้วจึงหาปริมาณน้ำปลายเดือนอีกครั้งซึ่งอาจมีระดับสูงกว่าหรือเท่ากับ conservation

การคำนวณในแบบจำลองการจัดการน้ำในอ่างฯ ดังแสดงในรูปที่ 4-8



DI = Diversion demand

QR = ปริมาณน้ำที่ระบายลงท้ายน้ำ

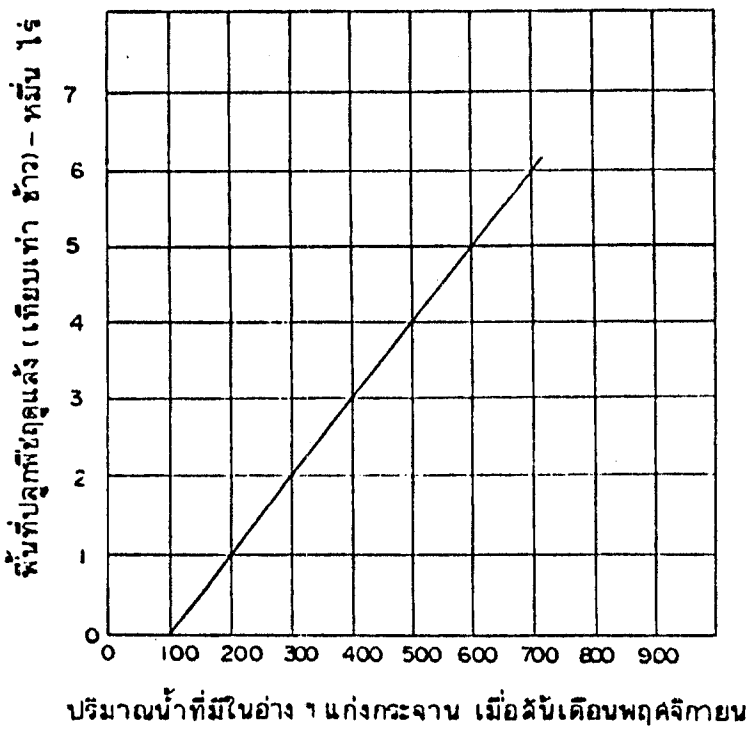
QT = ปริมาณน้ำที่ผ่าน turbine

QS = ปริมาณน้ำผ่าน spillway

QV = ปริมาณน้ำที่ระบายออกผ่าน valve (ทางน้ำพิเศษ)

รูปที่ 4-8 ผังการทำงานในแบบจำลองการจัดการน้ำ

การศึกษาการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ได้คำนึงถึงประโยชน์เอนกประสงค์ เลือกกราฟใช้ประเมินพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ที่ใช้กับพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในเขตโครงการฯ เพชรบุรี โดยประเมินจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างฯ เมื่อสิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ดังแสดงในรูปที่ 4-9



ปริมาณน้ำที่มีในอ่าง ฯ แก่งกระจาน เมื่อสิ้นเดือนพฤศจิกายน ล้าน ม.

รูปที่ 4-9 กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง

กราฟฯเหมาะสมที่สุดเพราะ

1) กราฟเส้นอื่นที่มีความลาดเทมากกว่านี้เมื่อเพิ่มพื้นที่เป้าหมายการเพาะปลูกฤดูแล้งขึ้นไปแล้ว จะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเกินเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีในอ่างฯ เมื่อสิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝน รวมปริมาณที่ไหลลงอ่างลบปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหย และรั่วซึมในช่วงเวลาดังกล่าว ไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำที่ต้องการใช้จากพื้นที่เพาะปลูกที่ประเมินได้

2) กราฟที่มีความลาดเทน้อยกว่านี้ ทำให้พื้นที่ที่ประเมินได้ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าปริมาณน้ำที่มีอ่างฯ เมื่อสิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝน รวมปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างฯ ลบปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยและการรั่วซึมในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งเหลือ ถ้าเกินความสามารถของอ่างฯ ที่เก็บกักไว้ได้ (ระดับ +99 ม.รทก. เก็บกักได้ 710 MCM.) ก็จะไหลล้นข้ามทางน้ำล้นออกไปเป็นการเสียประโยชน์จากการใช้น้ำได้เต็มที่ อีกประการหนึ่งทำให้ได้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งน้อยกว่าที่ทำการปลูกได้ตามรายงานปัจจุบัน ทำให้พื้นที่เฉลี่ยลดลง

(3) กราฟที่เลือกใช้นี้เป็นกราฟที่ใช้ประเมินพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งแล้วถือว่าไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ และยังทำให้พื้นที่เป้าหมายได้ใกล้เคียงกับพื้นที่ปฏิบัติอยู่ปัจจุบัน

จากผลการศึกษาพบว่า

1) ถ้ากำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนคงที่โดยใช้พื้นที่สูงสุดที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติการได้ในปัจจุบัน (ตาม พ.ศ. 2526) พบว่า

ถ้าใช้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง 17,715 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) สามารถปลูกได้ทุกปีโดยไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ

ถ้าใช้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง 37,500 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) เท่ากันทุกปีจะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ 1 ปี (2 เดือน)

2) เมื่อใช้กราฟฯ ตามที่ได้จะทำให้ทุกปีที่ประเมินพื้นที่ฤดูแล้งนั้นมีปริมาณน้ำใช้พอเพียง และพบว่าจากพื้นที่เป้าหมาย 60,700 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) ทำให้ได้พื้นที่เฉลี่ยสูงสุด 45,600 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) โดยเกิดการขาดแคลนน้ำ 1 ปี (2 เดือน) ซึ่งถือว่ายอมรับได้

ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4-10



พื้นที่เป้าหมาย	17,715	39,500	47,250	60,700
พื้นที่เฉลี่ย	17,715	36,900	41,700	45,600
เฉลี่ย เปอร์เซนต์				
พื้นที่เป้าหมาย	100	93	88	75

รูปที่ 4-10 การลดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งด้วยกราฟ กำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง

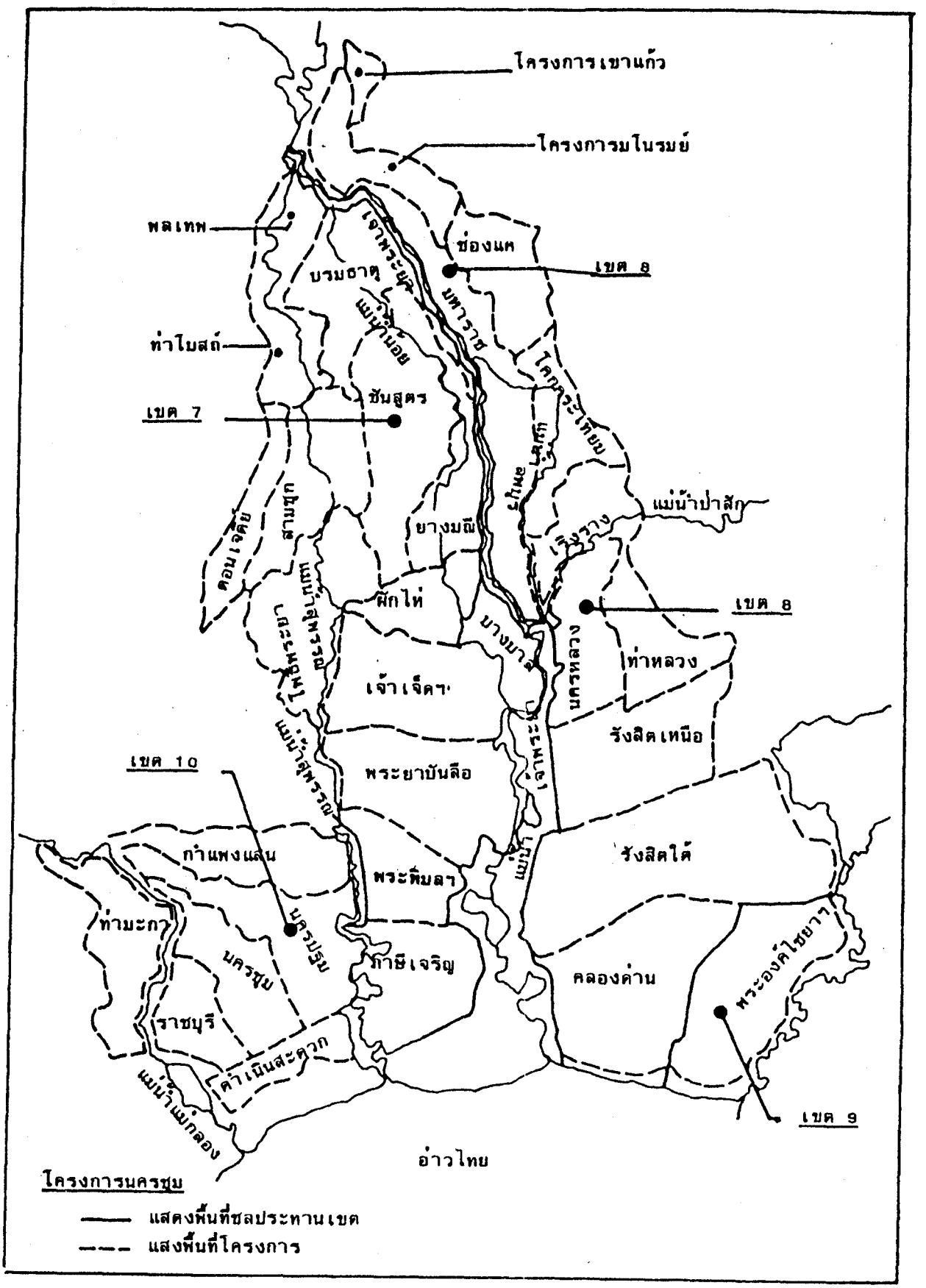
4.4 การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (10)

4.4.1 การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นลุ่มน้ำที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ โดยมีพื้นที่รับน้ำ 178,000 กม.^{2} หรือประมาณ 35% ของพื้นที่ประเทศไทย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาในภาคเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของแควใหญ่ 4 แคว คือ ปิง, วัง, ยม และน่าน แม่น้ำวังไหลมาบรรจบกับแม่น้ำปิงที่ จ.ตากแล้วไหลมารวมกับแม่น้ำยมและน่านที่ จ.นครสวรรค์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของแม่น้ำเจ้าพระยา แล้วไหลผ่านที่ราบอันอุดมสมบูรณ์ของประเทศลงสู่อ่าวไทย รวมเป็นระยะทางประมาณ 200 กม. ระหว่างที่แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านที่ราบลุ่มอันกว้างใหญ่ได้แยกการไหลออกเป็น 4 สายคือ แม่น้ำสุพรรณ (ช่วงปลายที่ไหลลงสู่ทะเลเรียกว่าแม่น้ำท่าจีน) แม่น้ำน้อย แม่น้ำลพบุรี และแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำลพบุรี เมื่อแยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ จ.สิงห์บุรี แล้วไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ลงสู่แม่น้ำป่าสักซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาที่ จ.พระนครศรีอยุธยา ในขณะที่แม่น้ำน้อยไหลแยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ จ.ชัยนาท แล้วไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาอีกครั้งหนึ่งที่ อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา ส่วนแม่น้ำสุพรรณ (ท่าจีน) ไหลลงสู่อ่าวไทยห่างออกไปทางตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นระยะทางประมาณ 30 กม. การพัฒนาแหล่งน้ำโดยการสร้าง storage dam และ diversion dam ขนาดใหญ่ในลุ่มน้ำพอสรุปได้ดังนี้

1) โครงการเจ้าพระยาใหญ่ (พ.ศ.2500-2503)

โครงการเจ้าพระยาใหญ่ประกอบด้วยการสร้างเขื่อนเจ้าพระยา ซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำขึ้นที่ จ.ชัยนาท โดยก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2500 เขื่อนนี้จะผันน้ำเข้าสู่คลองส่งน้ำทางด้านเหนือของเขื่อนบนฝั่งทั้งสองของแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อนนำน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกตั้งแต่ จ.ชัยนาท ไปจนจดชายฝั่งทะเล ซึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2503 และสามารถระบายน้ำที่เกินความต้องการบนพื้นที่เพาะปลูกผ่านระบบคูคลองดังกล่าวแล้วได้ด้วย จึงช่วยลดอุทกภัยบนพื้นที่เพาะปลูกได้บางส่วน รายละเอียดโครงการชลประทานบนลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างดังแสดงในรูปที่ 4-11 การเพาะปลูกของโครงการเจ้าพระยาใหญ่ในอดีตดังแสดงในตารางที่ 4-7



รูปที่ 4-11 โครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่

ตารางที่ 4-7

การเพาะปลูกในอดีต โครงการเจ้าพระยาใหญ่

โครงการ	พื้นที่ชล-ประทาน ไร่	ข้าวนาปรัง				ข้าวนาปี			
		1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
เจ้าพระยาตอนบน									
พลเทพ	96,318	40,767	66,892	64,544	71,527	96,318	96,038	96,318	97,348
ท่าโบสถ์	179,365	134,790	129,040	148,525	125,200	159,819	156,278	159,796	195,629
สามชุก	305,000	163,958	217,543	232,465	181,337	277,293	272,386	265,484	273,504
ดอนเจดีย์	144,450	88,210	95,790	95,100	95,200	144,450	144,350	142,950	144,450
โพธิ์พระยา	370,000	163,656	238,284	228,115	254,887	268,568	238,093	218,349	246,953
บรมธาตุ	365,000	184,183	154,518	146,508	136,055	365,000	365,000	365,000	364,340
ชัฌสูตร	474,300	246,000	263,374	316,094	193,267	464,320	453,122	442,449	442,310
ยางมณี	232,874	50,282	41,484	28,017	36,229	188,267	184,377	187,005	188,451
มหาราช	476,300	97,584	115,500	24,844	130,226	476,252	476,120	476,300	475,803
มโนรมย์	236,000	43,662	55,051	62,040	82,318	232,028	232,028	232,070	242,103
ช่องแค	292,413	28,366	16,257	12,685	30,169	237,509	232,588	226,294	228,778
โคกกระเทียม	220,171	18,822	47,839	25,245	52,976	205,475	205,471	205,471	205,451
เริงราง	183,011	24,550	8,750	5,000	9,000	179,000	179,000	180,250	180,200
รวม	3,575,202	1,284,830	1,450,322	1,389,182	1,398,391	3,294,299	3,234,851	3,197,736	3,285,320
เจ้าพระยาตอนล่าง									
ฝั่งตะวันตก									
ผักไห่	206,000	14,600	14,667	9,772	10,548	195,110	193,650	185,400	192,650
บางบาล	144,200	21,500	20,100	18,700	23,600	122,600	122,000	124,500	111,470
เจ้าเจ็ดบางยี่หน	406,000	193,784	232,681	210,274	225,279	47,820	63,467	98,529	150,149
พระยาบันลือ	437,500	412,381	404,262	372,320	432,940	125,960	107,540	175,500	176,250
พระพิมล	261,407	217,803	208,400	215,599	215,509	104,690	124,500	178,440	209,000
ภาชีเจริญ	200,000	92,018	91,200	99,100	81,220	155,720	148,540	131,241	119,990
รวม	1,655,107	952,086	971,310	925,765	989,096	751,900	759,697	893,610	949,509
ฝั่งตะวันออก									
นครหลวง	267,048	7,746	765	315	660	266,625	265,925	263,325	260,348
ท่าหลวง	240,600	35,310	46,684	38,100	41,500	235,115	200,106	238,238	235,295
รังสิตเหนือ	454,000	116,670	148,760	144,337	122,965	355,580	390,486	357,925	296,880
รังสิตใต้	577,923	338,741	318,913	317,700	208,917	520,584	526,020	446,547	489,845
คลองด่าน	527,923	162,160	123,495	116,436	143,225	283,153	304,556	287,174	302,056
พระองค์ไชยานุชิต	510,000	249,863	265,526	283,797	311,531	442,589	442,587	441,087	442,587
รวม	2,577,994	910,490	904,143	901,185	828,798	2,103,646	2,129,680	2,034,356	2,027,011
รวมทั้งสิ้น	7,807,803	3,147,370	3,325,775	3,216,132	3,216,285	6,149,845	6,125,702	6,125,702	6,260,840

2) โครงการเขื่อนภูมิพล (พ.ศ. 2500-2506)

ก่อนการสร้างเขื่อนภูมิพลบนลุ่มน้ำปิง การใช้น้ำในโครงการเจ้าพระยาขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในลำน้ำในแต่ละฤดูกาลเท่านั้น หลังการสร้างเขื่อนภูมิพลซึ่งอ่างเก็บน้ำมีความจุ 13,462 x 10^6 ม.^{3} ซึ่งสามารถเก็บกักปริมาณน้ำที่ไหลมาเกินความต้องการในฤดูฝนไว้ในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วสามารถส่งไปช่วยโครงการเจ้าพระยาในช่วงที่ขาดน้ำและช่วยดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณกรุงเทพฯ ในช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ.2507-2514 ปริมาณน้ำต่ำสุดที่นครสวรรค์คือในเดือนเมษายน 2507 ซึ่งมีค่า เฉลี่ย 151 ม.^{3}/วินาที ถ้าไม่ได้สร้างเขื่อนภูมิพล ปริมาณน้ำจะมีค่าต่ำกว่าค่านี้ 32 เดือนใน 8 ปี โดยมีปริมาณน้ำต่ำสุดประมาณ 10 ม^3./วินาที ในเดือนเมษายน 2512 เขื่อนภูมิพลควบคุมปริมาณน้ำของพื้นที่รับน้ำ 26,400 กม.^{2} จากพื้นที่รับน้ำของแม่น้ำปิงเหนือนครสวรรค์ 111,000 กม.^{2} โดยมีน้ำท่าไหลเข้าอ่างเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 8,917x10^6 ม.^{3} (เมื่อยังไม่มีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล)

3) โครงการเขื่อนสิริกิติ์ (พ.ศ.2510-2515)

ในปี พ.ศ. 2514 เขื่อนสิริกิติ์ได้เพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำใช้งาน (live storage volume) อีก 6,000x10^6 ม.^{3} เพื่อควบคุมปริมาณน้ำจากพื้นที่รับน้ำของแม่น้ำน่านตอนบนอีก 13,130 กม.^{2} โดยมีความจุของอ่าง 9,510x10^6 ม.^{3} และมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย 5,973x10^6 ม.^{3} ต่อปี เมื่อสร้างแล้วเสร็จสามารถระบายน้ำไปช่วยทางด้านท้ายน้ำร่วมกับเขื่อนภูมิพล ซึ่งความต้องการน้ำทางด้านท้ายน้ำประกอบด้วย การประปา, การคมนาคมทางน้ำ, การอุตสาหกรรม, การชลประทาน, การเพาะพันธ์ปลา, และใช้ดันน้ำเค็ม ซึ่งกรมชลประทานจะเป็นผู้ขอปริมาณน้ำดังกล่าวจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ โดยที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ จะระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองให้ได้ผลประโยชน์ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าดีที่สุด แล้วกรมชลประทานจะใช้เขื่อนเจ้าพระยาผันน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกต่อไป

4) การพัฒนาการชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยา นอกจากโครงการเจ้าพระยาใหญ่

การพัฒนาโครงการชลประทานในลุ่มน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากโครงการเจ้าพระยาใหญ่เฉพาะที่สำคัญ สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-8

โครงการชลประทานบนลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยา

ลำดับที่	โครงการ	จังหวัด	พื้นที่เพาะปลูก ไร่	ปีที่เริ่มก่อสร้าง	ปีที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ	ลุ่มน้ำ
1.	แม่แฝก	เชียงใหม่	70,000	2472	2479	ปิง
2.	แม่ปิงเก่า	ลำพูน	44,900	2481	2484	ปิง
3.	แม่กวง	เชียงใหม่	60,000	2491	2497	ปิง
4.	แม่แตง	เชียงใหม่	148,000	2506	-	ปิง
5.	แม่งัด	เชียงใหม่	30,000	-	2528	ปิง
6.	แม่วัง-กิ่วลม	ลำปาง	71,362	2478	2492	วัง
			43,738	2510	2515	วัง
7.	แม่ยม	แพร่	224,000	2490	2513	ยม

ตารางที่ 4-9

โครงการชลประทานบนลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ประเภทรับน้ำนองจากลำน้ำปิง

ลำดับที่	โครงการ	พื้นที่ทั้งหมด ไร่	พื้นที่ได้รับน้ำชลประทาน-ไร่ ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
1.	ท่อทองแดง	100,000	50,000	10,000
2.	วังบัว	270,000	135,000	40,000 (ใช้น้ำบาดาลช่วย)
3.	วังยาง	100,000	50,000	-
4.	หนองขวัญ	70,000	35,000	-
5.	บริษัทเจริญโภคภัณฑ์	8,000	8,000	8,000 (สูบน้ำ)

ตารางที่ 4-10

โครงการพิษณุโลก

ลำดับที่	โครงการ	พื้นที่เพาะปลูก ไร่	หมายเหตุ
1.	พลายชุมพล	255,449	ฝั่งขวาของแม่น้ำน่าน
		94,700	ฝั่งซ้าย
2.	ดงเศรษฐี	169,647	ฝั่งขวาของแม่น้ำน่าน
3.	ท่าบัว	174,904	ฝั่งขวาของแม่น้ำน่าน

ตารางที่ 4-11

โครงการสูบน้ำตอนเหนือของโครงการเจ้าพระยา

ลำดับที่	โครงการ	พื้นที่เพาะปลูก	เริ่มก่อสร้าง	ก่อสร้างแล้วเสร็จ
1.	ทุ่งวัดสิงห์	67,744	2528	2531
2.	ท่าฉนวน-วัดโคก	20,200	2528	2531

4.4.2 ที่มาของปัญหา

อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ซึ่งได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์และโครงการชลประทานบนลำน้ำเจ้าพระยา และลำน้ำสาขา ได้สร้างขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2522 เป็นปีแรกที่ชาวนาเริ่มเพาะปลูกข้าวนาปรังเป็นจำนวนมาก และเป็นการโชคดีที่ในปีเดียวกันนั้น บริษัท เอ เคอร์ซึ่งเป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาของกรมชลประทานได้เสนอรายงานเกี่ยวกับการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา-แม่กลอง ผลของการศึกษาแสดงว่าปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยามีไม่เพียงพอสำหรับปลูกข้าวฤดูแล้งในโครงการชลประทานของลุ่มน้ำที่ได้พัฒนาเสร็จแล้วได้เต็มที่ทุกปีจึงทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำโดยเฉพาะการเพาะปลูกฤดูแล้ง

หลังจากปี พ.ศ. 2522 การกำหนดพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในลุ่มน้ำเจ้าพระยาขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของลุ่มน้ำที่สิ้นสุดฤดูฝน ปีใดปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในอ่างเก็บน้ำทั้งสองที่สิ้นสุดฤดูฝนมีน้อย พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังจะน้อยตามไปด้วย ลักษณะเช่นนี้ในทางปฏิบัติยากแก่การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก จึงทำให้เกิดปัญหาระหว่างรัฐบาลกับชาวนา ถ้าในปีดังกล่าวข้าวมีราคาสูง การแก้ปัญหานี้จะยากขึ้น ฉะนั้นจึงควรจะได้มีการประเมินการใช้น้ำในลุ่มน้ำ ผลที่ได้จากการประเมินนี้สามารถใช้วางแผนระยะกลางและระยะยาวเพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำ และการชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

4.4.3 จุดประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาการใช้น้ำแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

- ไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์
- มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์

จุดประสงค์ของการศึกษาในแต่ละกรณีประกอบด้วย

1) ประมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมที่สำคัญ
2) หาค่าบังคับซึ่งอาจเกิดกับการใช้น้ำแต่ละกิจกรรม
3) ประเมินปริมาณน้ำที่มีและปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในแต่ละเดือนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ด้วย computer simulation models

4.4.4 แผนการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ข้อมูลเพื่อนำมาศึกษาเป็นเวลา 33 ปี (พ.ศ. 2495-2527) ฝนใช้การคิดเป็นรายเดือน ใช้ช่วงปริมาณน้ำรายเดือนใน computer simulation model สำหรับการประเมินการใช้น้ำในลุ่มน้ำแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

1) กรณีของปี พ.ศ. 2528
2) กรณีของปี พ.ศ. 2535 และ
3) กรณีของปี พ.ศ. 2545

4.4.5 วิธีที่ใช้ในการศึกษา

1) การตรวจเอกสาร

ในปี พ.ศ. 2522 บริษัทเอเคอร์แห่งประเทศคานาดา (7) (8) ได้พัฒนา computer simulation model สำหรับการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา-แม่กลองระยะเวลาของข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 25 ปี (2495-2519) พื้นที่ชลประทานแบ่งออกเป็น 62 บล๊อค ซึ่งแทนด้วยจุดความต้องการน้ำ 23 จุด และ return flow ที่สำคัญ 28 จุด การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ การใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2521, ปี พ.ศ. 2528 และปี พ.ศ.2533 ผลของการศึกษาแสดงว่าปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักไว้ได้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์มีไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกฤดูแล้ง เพื่อที่จะเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเฉลี่ย บริษัทเอเคอร์ได้เสนอแนะให้ใช้กราฟลดพื้นที่การเพาะปลูก (DSAR curve) กราฟนี้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งจากปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในอ่างเก็บน้ำทั้งสองที่สิ้นสุดฤดูฝนหรือที่สิ้นเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี เนื่องจากการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา บริษัทเอเคอร์ได้เสนอแนะให้ผันน้ำจากแม่น้ำสายต่างๆ เช่น แม่น้ำโขง แม่น้ำปาย และแม่น้ำแม่กลองมาสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ในปี พ.ศ. 2527 การุญ ใจปัญญา (5) ได้ขยายผลการศึกษาของบริษัทเอเคอร์ระยะเวลาของข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ใช้เพิ่มจาก 25 เป็น 30 ปี โดยแบ่งพื้นที่ชลประทานของสองลุ่มน้ำเพิ่มจาก 62 เป็น 114 บล๊อค การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระยะเช่นเดียวกันคือ ในการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ.2527 , ปี พ.ศ. 2533 และปี พ.ศ. 2543 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในโครงการเจ้าพระยาโดยเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 2.91 ล้านไร่ และยังได้ศึกษาต่อไปว่า ถ้าเขื่อนเขาแหลมก่อสร้างแล้วเสร็จจะมีน้ำเหลือในลุ่มน้ำแม่กลองเพียงพอที่จะผันไปใช้ในลุ่มเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่างสำหรับการเพาะปลูกฤดูแล้งได้ 700,000 ไร่ เทียบเท่าข้าว รวมทั้งปริมาณน้ำที่ใช้ดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำสุพรรณด้วย ถ้าการชลประทานบนลุ่มน้ำแม่กลองสามารถก่อสร้างได้ตามแผนที่ได้วางไว้ ในปี พ.ศ. 2543 จะไม่มีน้ำเหลือให้ผันไปสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้

2) <u>วิธีการที่ใช้ในการศึกษา</u>

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ computer simulation model ที่บริษัทเอเคอร์แห่งประเทศคานาดาได้พัฒนาไว้ วิธีการคำนวณโดยทั่วๆ ไปประกอบด้วย irrigation demand model ซึ่งใช้คำนวณปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน เนื่องจากระบบการชลประทานของโครงการเจ้าพระยา เป็นระบบที่ใหญ่และซับซ้อนเพื่อให้การคำนวณปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

จึงได้แบ่งพื้นที่ชลประทานออกเป็นบล๊อคได้ ถ้าเป็นไปได้พื้นที่ของบล๊อคจะล้อมรอบด้วยคลองระบายและสามารถส่งน้ำผ่านประตูระบายหลักเข้าไปยังพื้นที่นี้ได้ นอกจากนี้แล้วในโครงการเจ้าพระยาปริมาณน้ำที่เหลือใช้จากโครงการชลประทานตอนบนยังสามารถนำไปใช้ในโครงการชลประทานตอนล่างได้อีกด้วย สำหรับคลองส่งน้ำสายใหญ่บางสายใช้เป็นคลองคมนาคมด้วย จึงต้องส่งน้ำให้อย่างน้อยสามารถใช้เดินเรือได้ตลอดเวลาด้วย เมื่อสามารถคำนวณความต้องการน้ำชลประทานได้แล้ว จึงนำไปคำนวณการปล่อยน้ำจากอ่างด้วย system simulation model

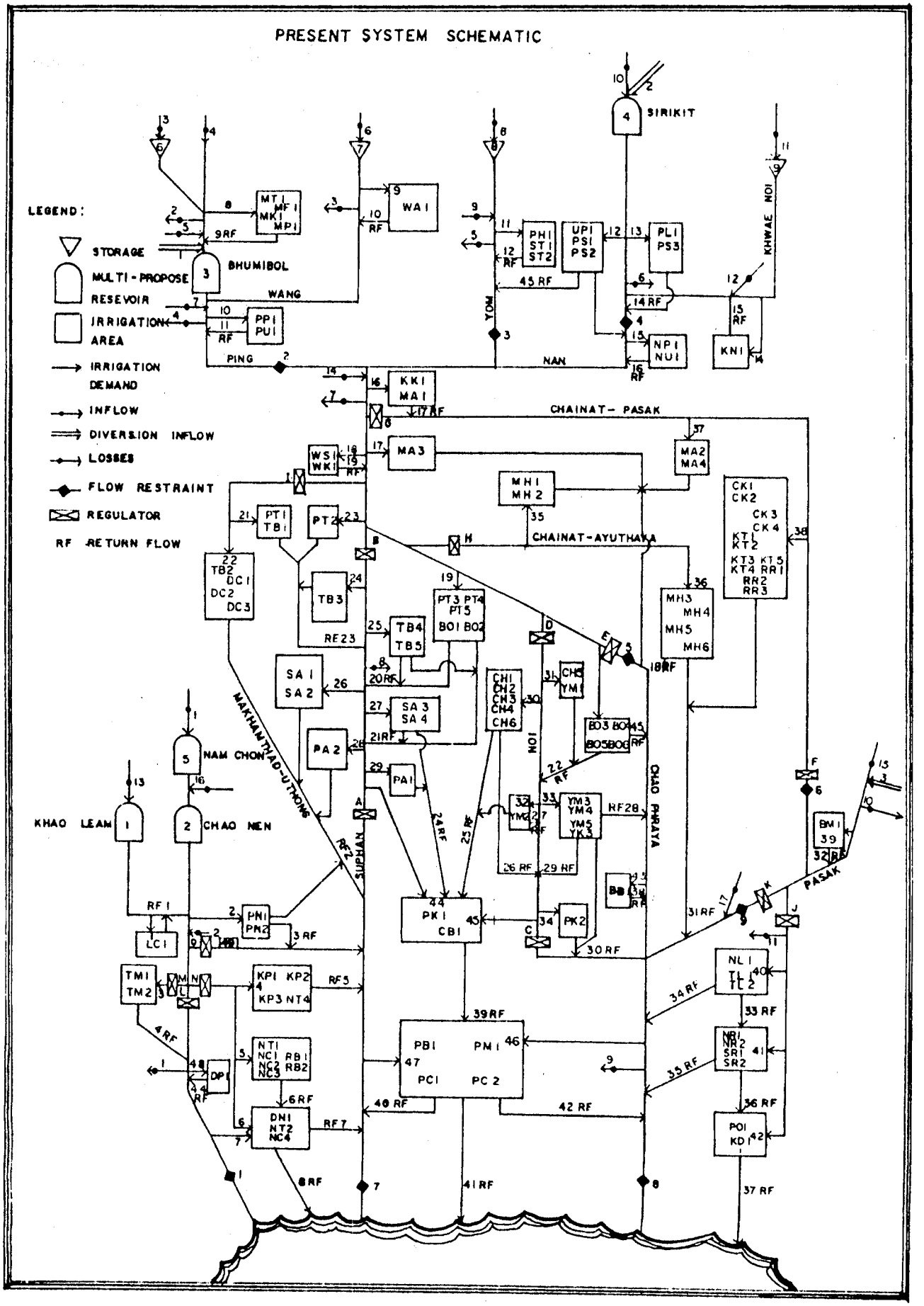
หลักเกณฑ์ในการคำนวณโดยทั่วไป เมื่อคำนวณได้ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานแล้ว นำค่าที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับ effective rainfall ถ้า effective rainfall มากกว่าความต้องการน้ำชลประทานก็ไม่ต้องส่งน้ำ แต่ถ้า effective rainfall น้อยกว่าความต้องการน้ำชลประทาน ต้องนำ local inflow หรือ side flow มาคิดด้วย แต่ถ้านำมาคิดแล้วยังน้อยกว่าความต้องการน้ำชลประทาน จึงจะขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ แต่ถ้า effective rainfall รวมกับ side flow แล้วมากกว่าความต้องการน้ำชลประทาน จึงไม่จำเป็นต้องขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ รายละเอียดในการจำลองแบบดังแสดงในรูปที่ 4-12

รายละเอียดของแบบจำลองประกอบด้วย

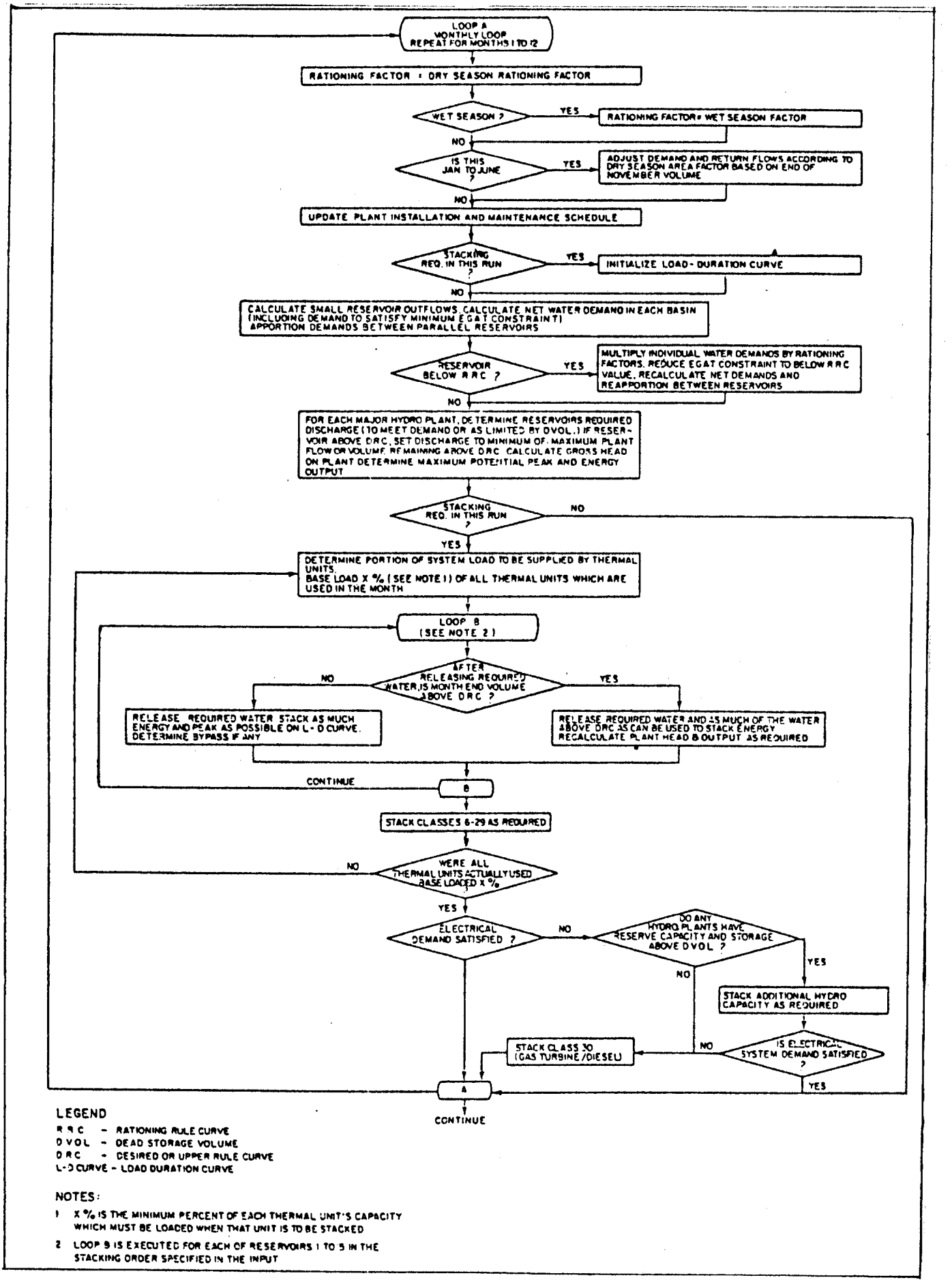
2.1) แบบจำลองสำหรับคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน เป็นแบบจำลองที่ใช้คำนวณความต้องการน้ำและ return flows ประจำเดือนในช่วง simulation ที่กำหนดมาให้ flow chart ของแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 4-13 สมการที่ใช้คำนวณความต้องการน้ำชลประทานซึ่งบริษัทเอเคอร์ได้พัฒนาและได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 3 ส่วนน้ำใช้น้ำในการเตรียมแปลงผันแปรอยู่ระหว่าง 200 มม. ในฤดูฝน และ 250 มม. ในฤดูแล้ง และกำหนดให้มีน้ำในแปลงนาเพื่อใช้ในการปักดำหลังจากเตรียมแปลง 100 มม. ส่วนฝนใช้การคิดเป็นรายเดือน Irrigation demand model flow chart ดังแสดงในรูปที่ 4-13 ส่วนสมการที่นำมาใช้ในการคำนวณได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

2.2) Simulation model แบบจำลองสำหรับใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเป็นแบบจำลองซึ่งบริษัทเอเคอร์พัฒนาขึ้นมาเช่นเดียวกัน flow chart ของ simulation cycle ดังแสดงในรูปที่ 4-14 รายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ใน simulation ซึ่งบริษัทเอเคอร์ได้อธิบายไว้มีดังต่อไปนี้

2.2.1) การคำนวณของ system simulation model



รูปที่ 4-2 System schematic ที่ใช้ในการศึกษา



LEGEND

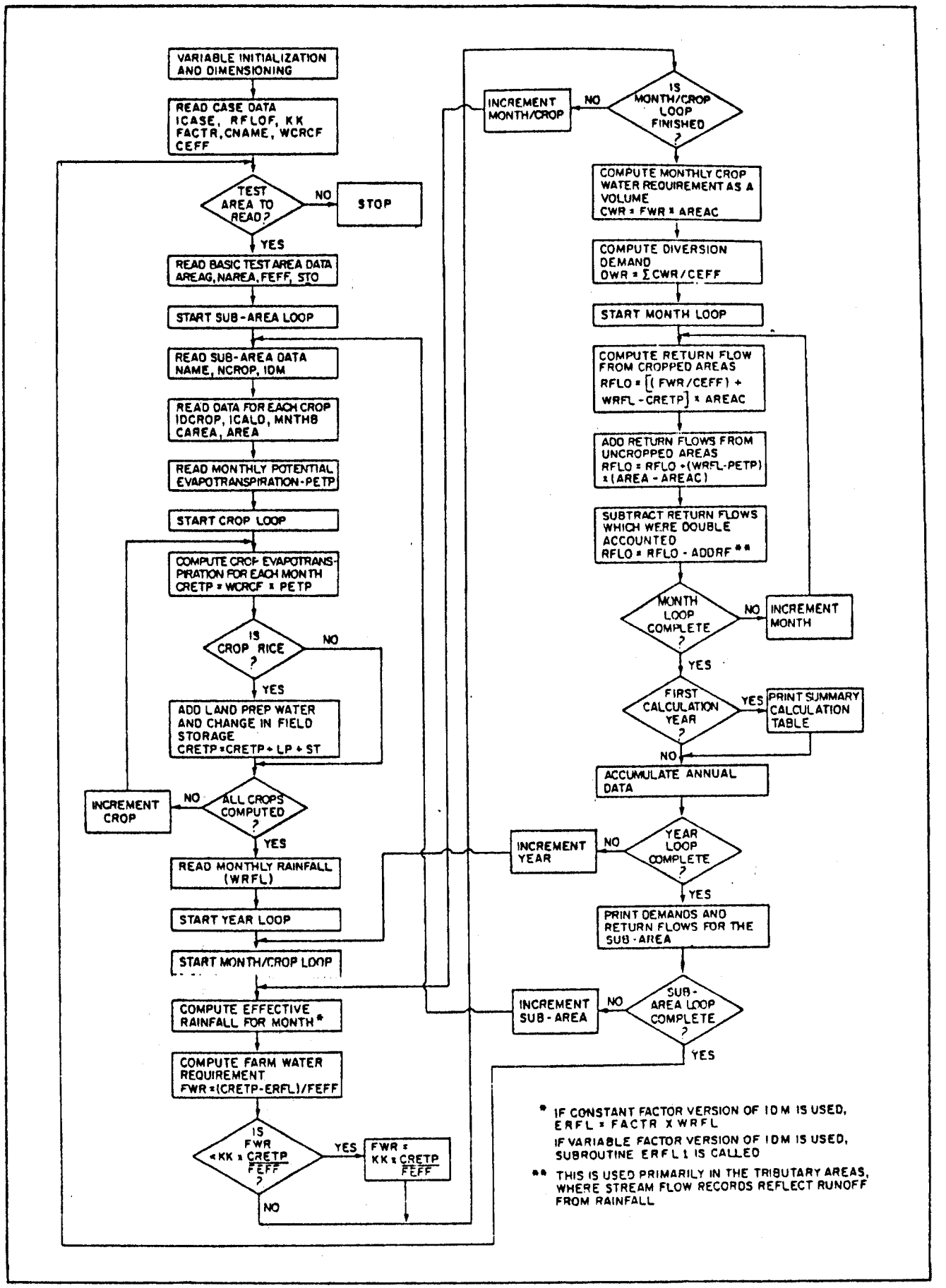
RRC - RATIONING RULE CURVE
DVOL - DEAD STORAGE VOLUME
DRC - DESIRED OR UPPER RULE CURVE
L-D CURVE - LOAD DURATION CURVE

NOTES:

1 X % IS THE MINIMUM PERCENT OF EACH THERMAL UNIT'S CAPACITY WHICH MUST BE LOADED WHEN THAT UNIT IS TO BE STACKED

2 LOOP B IS EXECUTED FOR EACH OF RESERVOIRS 1 TO 5 IN THE STACKING ORDER SPECIFIED IN THE INPUT

รูปที่ 4-13 Irrigation demand model flow chart (Acres)



รูปที่ 4-14 System simulation model flow chart (Acres)

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำภูมิพลและสิริกิติ์ พอจะสรุปได้เป็น 2 ส่วนคือ

ก. ความต้องการน้ำร่วม (joint demand) ซึ่งหมายถึงความต้องการน้ำที่จะต้องปล่อยออกมาจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลหรือสิริกิติ์ อ่างเก็บน้ำใดอ่างเก็บน้ำหนึ่งหรือทั้งสองแห่งก็ได้

ข. ความต้องการน้ำใต้อ่างเก็บน้ำใด ๆ (local demand) ซึ่งหมายถึงความต้องการน้ำอย่างน้อยที่สุดที่จะต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำนั้นๆ

การคำนวณหาความต้องการน้ำสุทธิเป็นรายเดือนของลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ได้จากผลรวมของความต้องการน้ำสุทธิที่จะต้องรับจากเขื่อนเจ้าพระยาเข้าคลองมะขามเฒ่า-อู่ทอง แม่น้ำสุพรรณ แม่น้ำน้อย คลองชัยนาท-อยุธยา คลองชัยนาท-ป่าสัก คลองต่างๆ ที่รับน้ำโดยตรงจากหน้าเขื่อนเจ้าพระยา และปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากเขื่อนชัยนาทเพื่อการเดินเรือ การประปาตลอดจนควบคุมความเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยที่การคำนวณหาความต้องการน้ำสุทธิที่จะต้องรับเข้าคลองต่างๆ นั้นคำนวณโดยเริ่มจากปลายคลองรวมความต้องการใช้น้ำเรื่อยๆ ขึ้นมาทางปากคลองแล้วลบออกด้วย return flow และ local inflows หรือ side flows ที่นำมาใช้ได้ ส่วนความต้องการน้ำสุทธิของทุ่งฝั่งตะวันออกที่ประตูระบายพระนารายณ์นั้นก็คำนวณความต้องการน้ำทั้งหมดแล้วลบออกด้วยปริมาณน้ำของแม่น้ำป่าสัก แล้วนำไปหาความต้องการน้ำสุทธิที่จะต้องรับเข้าที่ประตูระบายมโนรมย์ปากคลองชัยนาท-ป่าสัก

ความต้องการน้ำสุทธิของลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำน่านใต้เขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์จะคำนวณแยกเป็นอิสระ ความต้องการน้ำใต้อ่างเก็บน้ำนั้นจะคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่ต้องการสูงสุดของความต้องการน้ำทั้ง 3 กรณีคือ

ก. ความต้องการน้ำใต้อ่างเก็บน้ำ (local demand)

ข. ความต้องการน้ำต่ำสุดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ค. ปริมาณน้ำเหนือ flood rule curve

ความต้องการน้ำร่วม (joint demand) ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์คำนวณได้จากความต้องการสุทธิที่จังหวัดนครสวรรค์ลบออกด้วย local inflow ปริมาณน้ำสุทธิจากแม่น้ำวังและแม่น้ำยม return flow จากพื้นที่เพาะปลูก ตลอดจนน้ำใช้ที่ไม่ใช่เพื่อการเกษตรของ local demand ที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์เพื่อให้พอเพียงกับความต้องการน้ำร่วมจะพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่อยู่เหนือ rule curve ที่พิจารณา ถ้าอ่างเก็บน้ำใดมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าอีกอ่างเก็บน้ำหนึ่งก็จะถูกปล่อยน้ำจนมีเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเท่ากัน เมื่อถึงจุดที่อ่างเก็บน้ำทั้งสองมีเปอร์เซ็นต์เท่ากันแต่ปริมาณน้ำที่ปล่อยยังไม่พอความต้องการน้ำร่วม อ่างเก็บน้ำทั้งสองก็จะถูกปล่อยจนระดับน้ำลดลงไปหา rule curve ที่ต่ำกว่าต่อไป

2.2.2) Rule curves

อ่างเก็บน้ำภูมิพล สิริกิติ์ บ้านเจ้าเณร และเขาแหลม จะปล่อยน้ำจนพอเพียงกับความต้องการภายใต้ rule curve ทั้ง 4 คือ

ก.) Flood rule curve (FRC) คือปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่ไม่ควรมีน้ำเก็บกักอยู่เหนือปริมาตรนี้เพื่อจะได้มีที่ว่างพอสำหรับเก็บกักน้ำในการป้องกันน้ำท่วม

ข.) Desired rule curve (DRC) หรือ Upper rule curve คือแนวทางการเก็บน้ำในแต่ละฤดูเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ค) Intermediate rule curve หรือ Split rule curve (SRC) คือแนวทางการเก็บกักซึ่งใช้ร่วมกับ rule curves อื่น ๆ เพื่อใช้หาปริมาณน้ำที่จะปล่อยจากอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ

ง) Rationing rule curve (RRC) หรือ Lower rule curve คือปริมาตรเก็บกักที่ระดับน้ำลดลงมาถึงจุดนี้จะทำให้อ่างเก็บน้ำอยู่ในระดับที่เป็นอันตราย ซึ่งอาจจะทำให้น้ำแห้งอ่างได้ เป็นจุดที่ทำให้การปล่อยน้ำต้องระมัดระวังโดยจะปล่อยเพื่อความต้องการที่จำเป็นจริง ๆ เท่านั้น

โดยแต่ละ rule curves จะกำหนดเป็นปริมาตรที่ปลายเดือนของแต่ละเดือน ปริมาตรต่ำสุดที่จะหยุดผลิตกระแสไฟฟ้าคือ dead storage volume (DVOL) ส่วนปริมาตรที่จะหยุดปล่อยน้ำเพื่อความต้องการทางท้ายน้ำคือ dead limit (DLIM) ในแต่ละเดือนปริมาตรของน้ำที่ปล่อยออกจากแต่ละอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำนั้น สัมพันธ์กับ rule curves ต่าง ๆ เมื่อปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่เก็บกักของแต่ละปลายเดือนอยู่เหนือ RRC แล้ว อ่างเก็บน้ำจะปล่อยน้ำให้พอเพียงกับความต้องการท้ายน้ำ แต่ถ้าปริมาตรของน้ำอยู่สูงกว่าที่ FRC ปริมาตรของน้ำที่อยู่เหนือ FRC จะถูกปล่อยออกไปทางท้ายน้ำจนปริมาตรของน้ำอยู่ FRC ในทำนองเดียวกัน ถ้าปริมาตรของน้ำที่เหลืออยู่สูงกว่า DRC ปริมาตรของน้ำจะถูกปล่อยออกเท่าที่จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งอาจจะถูกจำกัดด้วยกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดหรือด้วยตำแหน่งของการ stacking ของแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าบน load duration curve ถ้าปริมาตรของน้ำที่เหลืออยู่ต่ำกว่า RRC ปริมาณของน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำจะไม่พอเพียงกับความต้องการทางด้านท้ายน้ำและการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าต่ำสุด จะไม่มีการปล่อยน้ำออกจากอ่างอ่างเก็บน้ำถ้าปริมาตรน้ำที่เหลือในอ่างเก็บน้ำน้อยกว่า DLIM ส่วนการปล่อยน้ำ เมื่อปริมาตรของน้ำที่เหลืออยู่ต่ำกว่า DVOL จะไม่ผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะปล่อยจนระดับน้ำอยู่ต่ำกว่า DLIM ในกรณีที่ปริมาณน้ำที่ระเหยมากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

2.2.3) Dry sequences

วิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้งสรุปได้ 2 วิธีคือ

ก.) วิธีการดำเนินการจัดการ (Operation technique) เมื่อปริมาตรน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาอยู่ต่ำกว่า RRC ความต้องการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและ return flows จะถูกลดลงด้วยแฟคเตอร์ที่ใช้ปรับแก้สำหรับการเพาะปลูกพืชในฤดูแล้ง (มกราคม-มิถุนายน) และฤดูฝน (กรกฎาคม-ธันวาคม) นั่นก็คือ การเพาะปลูกพืชจะต้องถูกลดพื้นที่ลง ตลอดจนการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตก็จะลดลงจนถึงจุดต่ำสุด

ข.) วิธีการวางแผน (Planning technique) การเพาะปลูกพืชฤดูแล้งจะเปลี่ยนแปลงไปจากพื้นที่เป้าหมายเป็นไปตามความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำที่เก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่ปลายเดือนพฤศจิกายนกับแฟคเตอร์ของการเพาะปลูกที่จะนำไปคูณพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งเรียกว่า Dry season area factor curve ดังแสดงในรูปที่ 4-15 และ 4-16 สำหรับเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ตามลำดับ

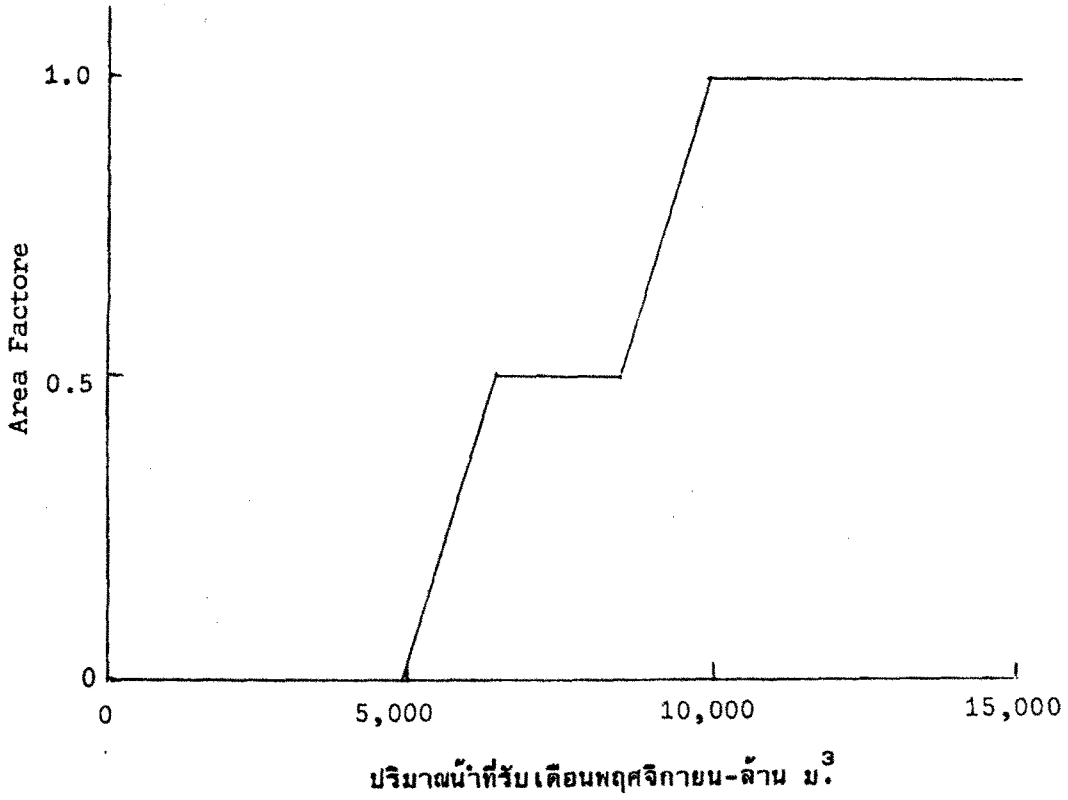
2.2.4) Small reservoir operation

อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 4 แห่งคือ อ่างเก็บน้ำหมายเลข 6 ถึง 9 ที่แสดงใน present system schematic จะปล่อยน้ำให้พอเพียงกับความต้องการทางท้ายน้ำ (local demand) ของอ่างเก็บน้ำและเพื่อพื้นที่ของลุ่มน้ำตอนล่าง โดยมีการจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย rule curve 3 เส้นนี้

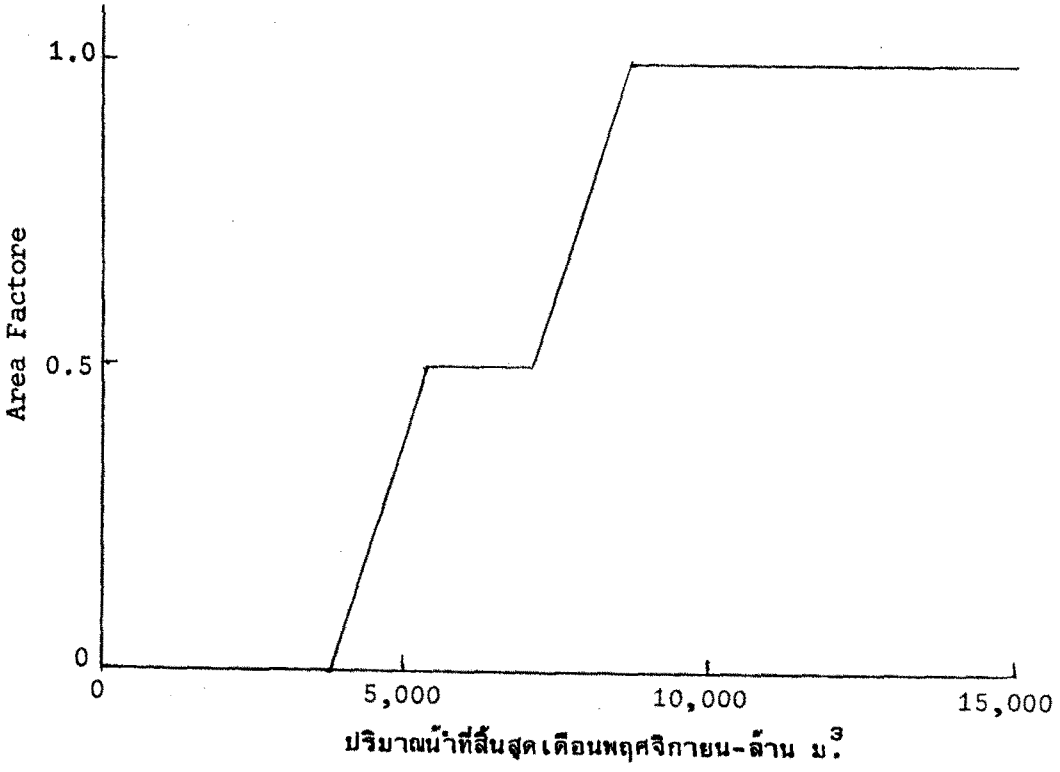
ก) Rationing rule curve (RRC) ปริมาตรเก็บกักที่จะทำให้อ่างเก็บน้ำอยู่ในสภาวะที่เป็นอันตรายมีโอกาสที่น้ำจะแห้งอ่างได้ เป็นระดับที่ความต้องการทางท้ายน้ำจะต้องได้รับผลกระทบกระเทือนคือ อ่างเก็บน้ำจะปล่อยน้ำให้ได้ไม่เพียงพอ โดยจะกำหนดระดับนี้ไว้เป็นรายเดือน

ข) Dead volume (DVOL) เป็นปริมาตรคงที่ที่กำหนดบ่งบอกระดับต่ำสุดที่จะปล่อยน้ำได้

ค) Flood volume (FVOL) เป็นปริมาตรคงที่ที่กำหนดบ่งบอกระดับสูงสุดที่ปริมาตรน้ำเก็บกักไม่ควรจะเกิน



รูปที่ 3-15 Dry-Season Area Factor Curve ของเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 3-16 Dry-Season Area Factor Curve ของเขื่อนสิริกิติ์

เมื่อปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำอยู่เหนือ RRC อ่างเก็บน้ำจะปล่อยน้ำได้พอเพียงกับความต้องการทางท้ายน้ำ และถ้าปริมาตรของน้ำอยู่สูงกว่า FVOL ปริมาตรของน้ำส่วนที่เกิน FVOL จะถูกปล่อยจนระดับน้ำอยู่ที่ FVOL แต่ถ้าปริมาตรของน้ำที่เก็บกักอยู่ที่ต่ำกว่า RRC น้ำจากอ่างเก็บน้ำจะถูกปล่อยเพื่อความต้องการทางท้ายน้ำ (local demand) อย่างเพียงพอ ส่วนการปล่อยน้ำเพื่อพื้นที่ของลุ่มน้ำตอนล่างก็จะไม่เต็มตามความต้องการ และจะไม่มีการปล่อยน้ำเมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำกว่า DVOL

2.2.5) Electrical system

ในแบบจำลองจะคำนึงถึงการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเพื่อให้แบบจำลองถูกต้องมากที่สุด กำลังและพลังงานของระบบไฟฟ้าที่ต้องการแต่ละเดือนจะพิจารณาจากกราฟของ load-duration กราฟที่ใช้พิจารณาหาค่า load factor จะถูกกำหนดให้ในแบบจำลองหลายรูปแบบด้วยกัน ค่าของ load factor จะคำนวณจากการคาดการณ์กำลังและพลังงานเป็นรายเดือนที่ต้องการและจะใช้เลือกหากราฟที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้พื้นที่ใต้กราฟเท่ากับพลังงานที่ต้องการ

แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในแบบจำลองแบ่งออกได้ 30 แห่ง เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำใหญ่ ๆ 4 แห่งด้วยกัน ซึ่งการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งผลิตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการทางด้านท้ายน้ำ (local demand) ความต้องการน้ำร่วม (joint demand) เพื่อลุ่มน้ำเจ้าพระยา และความต้องการน้ำต่ำสุดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในกรณีปกติคือไม่มีปริมาตรเก็บกักอยู่สูงกว่า FVOL หรือกำลังสำรองของแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำมีพอเพียงที่จะทดแทนกำลังการผลิตของ gas turbine ได้ การผลิตพลังงานจากแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำใหญ่ ๆ จะซ้อนกันภายใต้กราฟของ load-duration ตามที่กำหนดให้แหล่งใดผลิตก่อน เพราะว่าผลผลิตของแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับความสูงของปริมาตรน้ำที่เก็บกักดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการผลิตและพลังงานต่อปริมาณน้ำหนึ่งลูกบาศก์เมตรกับความสูงของน้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งจะกำหนดให้ในแบบจำลอง เมื่อทราบความสูงเฉลี่ยและปริมาณน้ำในอ่างแต่ละเดือนก็สามารถคำนวณหาความสามารถสูงสุดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแต่ละแห่งได้

ส่วนแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหลืออีก 25 แห่งนั้นประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดกลางลิกไนต์ กังหันก๊าซ และดีเซล ความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะกำหนดให้ในแบบจำลอง

ข้อจำกัดของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากอ่างเก็บน้ำใหญ่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต่ำสุดจะกำหนดเป็นจำนวนเมกกะวัตต์ของการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ในแบบจำลองจะเปลี่ยนค่านี้เป็นปริมาณน้ำต่ำสุดที่จะต้องปล่อยซึ่งต้องขึ้นอยู่กับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนนั้น ๆ ด้วย โดยรวมอยู่ในความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน ซึ่งข้อจำกัดนี้จะถูกลดลงเมื่อปริมาณน้ำอยู่ต่ำกว่า RRC

การซ้อนกัน (stacking) ของการผลิตกระแสไฟฟ้าของแต่ละแห่งใต้กราฟ load-duration นั้น ความสามารถในการผลิตสูงสุดจะขยับขึ้นหรือลงในแนวดิ่งจนกว่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จะเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ๆ ในกรณีของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เมื่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มากเกินกว่าที่จะปรับให้อยู่ใต้กราฟ load-duration ได้ ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะลดลงจนกว่าพลังงานไฟฟ้าจะพอดี ซึ่งจะเกิดเฉพาะกรณีที่ปริมาตรน้ำอยู่สูงกว่า DRC ส่วนแหล่งผลิตอื่น ๆ นั้น การผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงนั้นง่ายมาก ในทางตรงกันข้ามเมื่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นน้อยมาก กำลังการผลิตสูงสุดของแห่งนั้นจะถูกลดลง หลังจากที่แต่ละแห่งที่เหลือปรับตัวอยู่ใต้กราฟได้แล้ว แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าที่น้อยนั้นจะถูกยกออกจากกราฟเหลือเป็นกราฟใหม่ที่กำลังและพลังงานที่ต้องการถูกลดลง

ในแต่ละเดือนกำลังที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จะคำนวณหาได้ ส่วนที่เหลือจะต้องผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งผลิตอื่น ๆ ที่เหลือ เพื่อให้บรรลุข้อจำกัดของการผลิตด้วยลิกไนต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของแหล่งผลิตด้วยลิกไนต์จะเป็น base load ส่วนที่เหลือก็จะเป็นการผลิตจากแหล่งผลิตที่เหลือถ้าการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่พอเพียงกับความต้องการ ทั้ง ๆ ที่ใช้กำลังการผลิตอีก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือของลิกไนต์แล้วก็พยายามผลิตเพิ่มจากอ่างเก็บน้ำอีก ถ้ายังไม่พอจึงจะผลิตจากแหล่งที่ใช้ก๊าซ ดีเซล และกังหันก๊าซเป็นเชื้อเพลิง

2.3) ข้อมูลที่นำมาใช้

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณประกอบด้วย

2.3.1) ข้อมูลฝน ใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของทั้งกรมชลประทานและกรมอุตินิยมวิทยาซึ่งตั้งอยู่กระจัดกระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา รวมกันมากกว่าสามร้อยสถานี การแบ่งพื้นที่ที่แต่ละสถานีครอบคลุมใช้วิธี Thiessen polygon

2.3.2) ข้อมูล inflow ข้อมูล inflow ประกอบด้วย inflow ที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์โดยตรงแล้ว ยังมี local inflow (คือ inflowที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาท้ายอ่างเก็บน้ำทั้งสอง แต่ยังสามารถนำไปใช้เพื่อการชลประทานท้ายน้ำได้) อีกรวม 13 จุด

2.3.3) ข้อมูลฝนที่นำมาคำนวณหา effective rainfall ประกอบด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ จ.เชียงใหม่, ลำปาง, พิษณุโลก, แพร่, ชัยนาท, สุพรรณบุรี, และอยุธยา

2.3.4) ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่กิจกรรมการตกกล้า เตรียมแปลง ปักดำ หว่าน และเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีข้อมูลเหล่านี้ในอดีตในโครงการเจ้าพระยาอยู่มาก จึงใช้ข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรมในอดีตมาเป็นแนวทางในการคำนวณหาความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน

2.3.5) ค่า constraints ซึ่งมีอยู่หลายค่าเป็นค่าปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องจัดสรรให้ในกรณีที่ side flow มีค่ามาก และไม่ต้องขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับค่า constraints เหล่านี้นอกจากนี้ยังมีข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณอีกมาก มีทั้งข้อมูลดิบและข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ขั้นต้นแล้ว

4.4.6 ผลของการศึกษา

ผลของการศึกษาสามารถแยกออกได้เป็น

1) กรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งสามารถสรุปผลของการศึกษาโดยวิธี river simulation ซึ่งใช้ข้อมูลเป็นเวลา 33 ปี ได้ดังต่อไปนี้

1.1) กรณีปี พ.ศ. 2528

ถ้ามีการเพาะปลูก 7,991,585 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) ในฤดูฝน ซึ่งเป็นการเพาะปลูกตามเกณฑ์ปกติ ส่วนในฤดูแล้งไม่มีการเพาะปลูกเลย แต่มีความต้องการน้ำเพื่อการประปาในกรุงเทพ ฯ กับเพื่อดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณ ปรากฏว่าในรอบ 33 ปี มีการขาดน้ำรวมกันถึง 119 เดือน โดยในเดือนกรกฎาคมและเดือนพฤศจิกายนมีจำนวนเดือนขาดน้ำมากที่สุดเท่ากันถึง 18 เดือน และเดือนพฤษภาคมมีจำนวนเดือนขาดน้ำน้อยที่สุดคือ 1 เดือน โดยมีปริมาณน้ำที่ขาดรวมกัน 11,711 ล้านม.^{3} โดยเดือนกรกฎาคมขาดน้ำมากที่สุดถึง 4,065 ล้านม.^{3} และเดือนพฤษภาคมขาดน้ำน้อยที่สุดคือ 108 ล้านม.^{3}

1.2) กรณีปี พ.ศ.2535

ถ้ามีการเพาะปลูก 8,079,585 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) ในฤดูฝน ส่วนในฤดูแล้งไม่มีการเพาะปลูกเลย แต่มีความต้องการน้ำเพื่อการประปาในกรุงเทพฯ น้ำเพื่อดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณปรากฏว่าในรอบ 33 ปี มีการขาดน้ำรวมกันถึง 143 เดือน โดยในเดือนเมษายนมีจำนวนเดือนขาดน้ำมากที่สุดถึง 21 เดือน ส่วนเดือนพฤษภาคมและมกราคมขาดน้ำน้อยที่สุดเป็นเวลา 3 เดือนเท่ากัน ปริมาณน้ำที่ขาดรวมกันถึง 29,344 ล้านม.^{3} โดยเดือนกรกฎาคมขาดน้ำมากที่สุดถึง 4,500 ล้านม.^{3} และเดือนพฤษภาคมขาดน้ำน้อยที่สุด 595 ล้านม.^{3}

1.3) กรณีปี พ.ศ. 2545

ถ้ามีการเพาะปลูก 8,161,635 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) ในฤดูฝน ส่วนในฤดูแล้งไม่มีการเพาะปลูกเลย แต่มีความต้องการน้ำเพื่อการประปาในกรุงเทพฯ และน้ำใช้เพื่อดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณ ปรากฏว่าในรอบ 33 ปี มีการขาดน้ำรวมกันถึง 165 เดือน เดือนเมษายนมีจำนวนเดือนขาดน้ำมากที่สุดถึง 26 เดือน ส่วนเดือนพฤษภาคม กันยายน และมกราคมขาดน้ำน้อยที่สุดเท่ากัน 5 เดือน โดยมีปริมาณน้ำที่ขาดรวมมกันถึง 36,487 ล้านม.^{3} เดือนมีนาคมขาดน้ำมากที่สุดถึง 5,056 ล้านม.^{3} และเดือนพฤษภาคมขาดน้ำน้อยที่สุด 660 ล้านม.^{3}

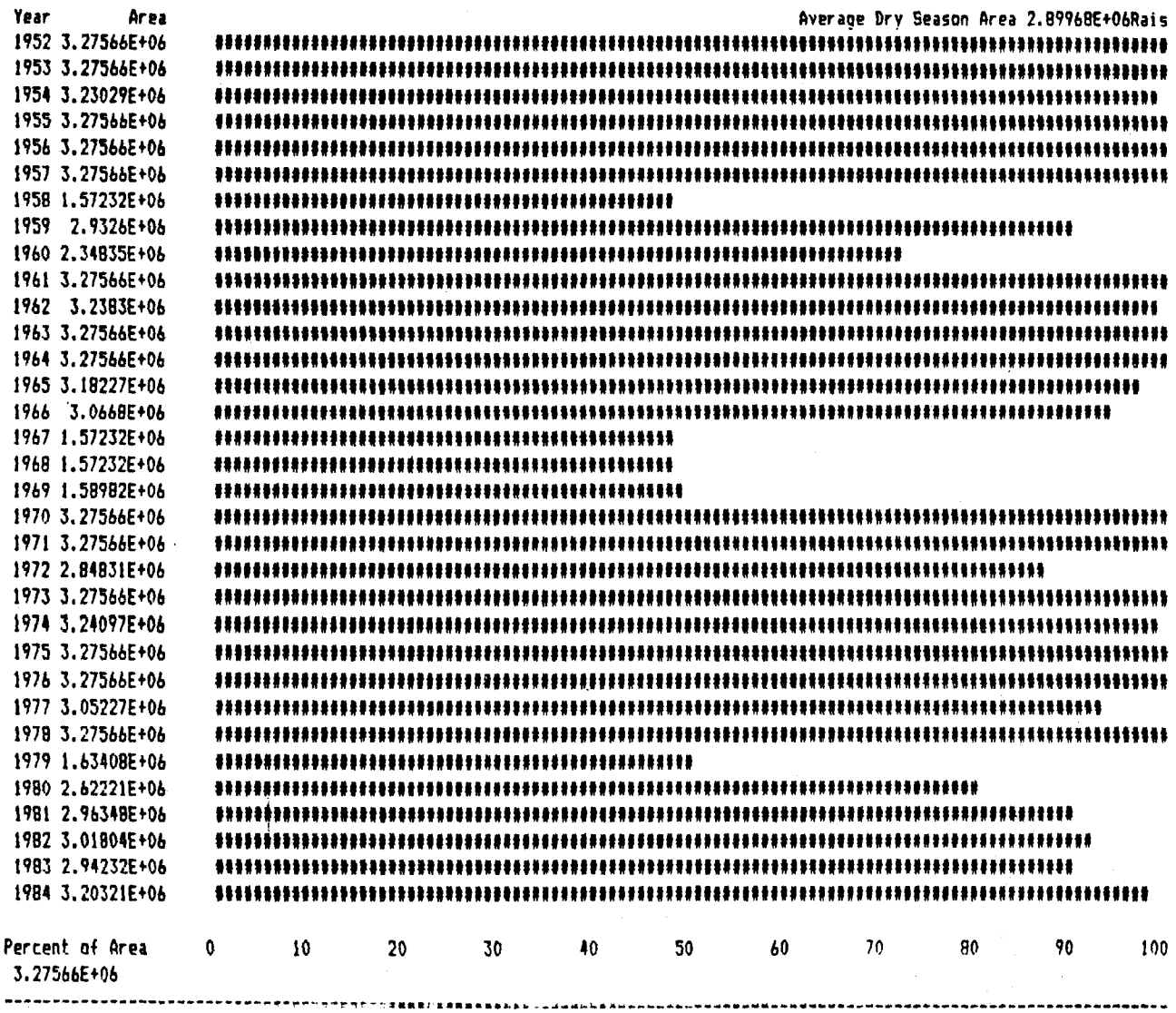
การวิเคราะห์หาความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน กรณีปี พ.ศ.2528 และ 2535 ใช้ประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากัน ส่วนกรณีปี พ.ศ.2545 ใช้ประสิทธิภาพการชลประทานสูงกว่ากรณีทั้งสอง 5 %

2) กรณีมีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์โดยวิธี reservoir simulation โดยใช้ข้อมูล 33 ปี ได้ดังต่อไปนี้คือ

2.1) กรณีปี พ.ศ. 2528

นอกจากส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนได้ 7,991,585 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) แล้ว ยังมีน้ำเพียงพอเพื่อการประปาในกรุงเทพฯ และดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำสุพรรณ กับมีปริมาณน้ำเหลือเพียงพอเพื่อการเพาะปลูกฤดูแล้ง โดยเฉลี่ยในรอบ 33 ปี เท่ากับ 2.9 ล้านไร่ (เทียบเท่าข้าว) รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4-17

Post Impoundment Environmental Evaluation and Development Planning of The Bhumipol&Sirikit Project
Evaluation of Water Uses of Bhumipol&Sirikit Dams (Case 1985)
Dry Season Area Crop Area,Rais



รูปที่ 3-17 การผันแปรพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในรอบ 33 ปี

2.2) กรณีปี พ.ศ. 2535

นอกจากมีน้ำเพียงพอเพื่อการเพาะปลูกฤดูฝนจำนวน 8,079,585 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) แล้วยังมีปริมาณน้ำเหลือพอเพื่อการประปาในกรุงเทพฯ และดันน้ำเค็มปากแม่น้ำ เจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณ กับมีปริมาณน้ำเหลือเพียงพอเพื่อการเพาะปลูกฤดูแล้ง โดยเกณฑ์เฉลี่ยในรอบ 33 ปี เท่ากับ 2.8 ล้านไร่ (เทียบเท่าข้าว)

2.3) กรณีปี พ.ศ. 2545

นอกจากมีน้ำเพียงพอเพื่อการเพาะปลูกฤดูฝนจำนวน 8,161,635 ไร่ (เทียบเท่าข้าว) แล้ว ยังมีปริมาณน้ำเหลือพอเพื่อการประปาในกรุงเทพฯ และดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณกับมีปริมาณน้ำเหลือเพียงพอเพื่อการเพาะปลูกฤดูแล้ง โดยเกณฑ์เฉลี่ยในรอบ 33 ปี เท่ากับ 2.7 ล้านไร่ (เทียบเท่าข้าว)

การวิเคราะห์หาความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน กรณีปี พ.ศ. 2528 และ 2535 ใช้ประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากัน ส่วนกรณีปี พ.ศ. 2545 ประสิทธิภาพการชลประทานสูงกว่ากรณีทั้งสอง 5 %

การคำนวณพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งในแต่ละปีของแต่ละกรณี ใช้นโยบายลดพื้นที่เพาะปลูกให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในอ่างเก็บน้ำทั้งสองที่สิ้นสุดฤดูฝน

ตารางที่ 4-12

ข้อสมมุติและผลการวิเคราะห์ที่สำคัญ

ปี พ.ศ.	พื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ย-ไร่ (เทียบเท่าข้าว)		ปริมาณน้ำ-ม^3./วินาที		
			ประปา	ดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำ	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา	สุพรรณ
2528	7,991,585	2,899,680	25	80	45
2535	8,079,585	2,809,050	40	90	45
2545	8,161,635	2,697,310	70	100	45

4.4.7 สรุปข้อเสนอแนะ

1) สรุป

1.1) กรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์

1.1.1) ในสภาพปัจจุบันโดยเฉพาะในกรุงเทพฯ ถ้าไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์แล้ว จะมีปัญหาเรื่องแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาใช้เพื่อการประปาโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ปริมาณน้ำดิบที่นำมาใช้เพื่อการประปาจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี

1.1.2) ในปัจจุบันจะเห็นว่าน้ำเค็มจากปากอ่าวไม่สามารถขึ้นมาทำลายสวนผลไม้ทางฝั่งธนบุรีและจ.นนทบุรีได้ เพราะได้ระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองมาดันน้ำเค็ม โดยเฉพาะในฤดูแล้งและได้มีการตรวจสอบความเค็มของน้ำเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสวนผลไม้ ณ สะพานพุทธฯ รวมทั้งดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำสุพรรณด้วย ยกเว้นในปีที่แล้งติดต่อกันมากกว่า 2 ปี จะไม่มีน้ำระบายลงมาดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำ ในขณะที่แม่น้ำบางปะกงซึ่งไม่มีอ่างเก็บน้ำที่ต้นน้ำ โดยเกณฑ์เฉลี่ยประมาณกลางเดือนมกราคมของทุก ๆ ปี น้ำเค็มจะขึ้นมาถึง จ.ฉะเชิงเทรา จึงทำให้ไม่สามารถนำน้ำจากแม่น้ำบางประกงมาใช้เพื่อการชลประทานและเพื่อกิจการอื่นในฤดูแล้งได้

1.1.3) ถ้าไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ การคมนาคมทางน้ำจากรุงเทพฯ ถึงนครสวรรค์ โดยเฉพาะตามลำแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำน้อยและแม่น้ำสุพรรณ ในฤดูแล้งไม่สามารถกระทำได้

1.1.4) ถ้าไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ การเพาะปลูกในเขต โครงการชลประทานท้ายอ่างเก็บน้ำทั้งสองในฤดูฝนในบางปีจะขาดน้ำโดยเฉพาะในเวลาฝนทิ้งช่วงทำให้การเพาะปลูกเสียหายได้

1.2) กรณีมีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์

1.2.1) สามารถระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนทั้งสองมาใช้เพื่ออุปโภค-บริโภค ตลอดลำน้ำตั้งแต่ท้ายน้ำของเขื่อนทั้งสองจนถึงกรุงเทพ ฯ ได้ตลอดทั้งปี และจะมีน้ำให้ใช้ได้ตลอดไป

1.2.2) สามารถระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนทั้งสองมาช่วยดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งได้ จึงสามารถป้องกันน้ำเค็มไม่ให้ขึ้นไปทำลายสวนผลไม้บริเวณฝั่งธนบุรี และจังหวัดนนทบุรีได้ ยกเว้นปีที่ฝนแล้งติดต่อกันมากกว่า 2 ปีขึ้นไป

1.2.3) ปริมาณน้ำที่ปล่อยมาดันน้ำเค็มสามารถช่วยเจือจางความสกปรกในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำสุพรรณได้ถึงระดับหนึ่งด้วย

1.2.4) การเดินเรือตามลำแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำน้อยและแม่น้ำสุพรรณ สามารถทำได้ตลอดปี ยกเว้นปีที่แล้งมาก ๆ

1.2.5) มีน้ำเพียงพอเพื่อการเลี้ยงปลา ทำสวนผลไม้ โดยเฉพาะในโครงการเจ้าพระยาตอนล่าง โดยส่งน้ำผ่านระบบการชลประทานให้พื้นที่เหล่านี้

1.2.6) นอกจากจะช่วยระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำมาช่วยพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานท้ายอ่างเก็บน้ำทั้งสองในฤดูฝน เมื่อฝนทิ้งช่วงแล้วยังมีน้ำเพียงพอสำหรับการเพาะปลูกในฤดูแล้งอีกประมาณ 2.9 ล้านไร่ (เทียบเท่าข้าว) ในกรณีปัจจุบันด้วย เนื่องจากในปัจจุบันมีการพัฒนาพื้นที่ชลประทานโดยการสร้างอ่างเก็บน้ำและเปิดพื้นที่ชลประทานขึ้นท้ายอ่าง และโครงการสูบน้ำจากแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน เหนือเขื่อนเจ้าพระยาเป็นจำนวนมาก ทำให้พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเฉลี่ยน้อยกว่า 2.9 ล้านไร่มาก

2) *ข้อเสนอแนะ*

2.1) เนื่องจากในสภาพปัจจุบัน ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา มีไม่เพียงพอเพื่อการเพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ ฉะนั้นควรหลีกเลี่ยงการสร้างอ่างเก็บน้ำซ้อนกัน เพราะถ้าสร้างอ่างเก็บน้ำพร้อมทั้งพัฒนาพื้นที่ชลประทานเพิ่มโดยเฉพาะเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์แล้ว จะต้องไปลดพื้นที่ส่งน้ำตอนล่างหรือในเขตโครงการเจ้าพระยา แต่การพัฒนาพื้นที่ชลประทานขึ้นใหม่ทางด้านเหนือน้ำต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่ผลประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มขึ้นมีน้อยมาก

2.2) เนื่องจากปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้โดยเฉพาะในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์มีไม่เพียงพอเพื่อการเพาะปลูกในเขตโครงการชลประทาน ฉะนั้นถ้ายังไม่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นในลำน้ำสาขาอื่น (นอกจากปิงและน่าน) ของลุ่มน้ำแล้วไม่ควรเปิดโครงการชลประทานบนลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำน่าน และท้ายอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ลงไปจนจดปากอ่าวเพิ่มขึ้น

2.3) ควรจัดทำโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับลุ่มน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน ระดับโครงการชลประทาน และระดับที่เล็กลงไปอีก เพราะถ้าไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพใช้น้ำได้ ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ไม่เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณน้ำใช้เพื่อกิจการอื่นเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้ต้องลดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง

2.4) จากผลการศึกาาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาส่วนหนึ่งส่วนใดของลุ่มน้ำควรต้องศึกษาถึงภาพรวมทั้งลุ่มน้ำ ในบางระดับของการพัฒนาอาจจำเป็นต้องศึกษาควบคู่กับลุ่มน้ำใกล้เคียงด้วย

2.5) การผันน้ำจากลุ่มน้ำอื่นมาช่วยการเพาะปลูกในโครงการเจ้าพระยาโดยเฉพาะในฤดูแล้งเป็นโครงการที่น่าสนใจ เพราะเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะการผันน้ำเท่านั้น ในลุ่มน้ำแม่กลองเมื่อเขื่อนเขาแหลมก่อสร้างแล้วเสร็จจะมีน้ำเหลือใช้ในระยะแรกซึ่งสามารถที่จะผันน้ำมาช่วยดันน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำสุพรรณและช่วยการเพาะปลูก โดยเฉพาะในฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่างได้ ปริมาณน้ำที่สามารถผันมาได้นี้จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อการพัฒนาพื้นที่ชลประทานในโครงการแม่กลองเพิ่มขึ้น ถ้าการพัฒนาการชลประทานบนลุ่มน้ำแม่กลองยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อถึงจุดหนึ่งจะไม่มีน้ำเหลือให้ผันมาสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเลย

4.5 สรุปและข้อเสนอแนะ

4.5.1 การศึกษาการใช้น้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา

การศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วเป็นการศึกษาครั้งแรก ข้อมูลที่นำมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำที่ดีจึงมีไม่มากนัก จึงขอเสนอแนะให้เก็บข้อมูลการ operate อ่างเก็บน้ำ เช่น ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำท้ายประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทุกสาย และการเปิดบานประตู ข้อมูลการเปิดบานประตู bottom drain รวมถึงการ calibrate ประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทุกสาย และ bottom drain ถ้าเป็นไปได้ควร calibrate ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน morning glory spillway ด้วย

ส่วนข้อมูลที่นำไปศึกษาการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำประกอบด้วย ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง การ monitor การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก ข้อมูลปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง และข้อมูลฝนใช้การ

เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 ปี นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาทำการศึกษาในแนวเดียวกับที่ได้ศึกษาไว้แล้ว ทั้งนี้ เพื่อปรับผลการศึกษาให้ถูกต้องยิ่งขึ้น เพราะในการศึกษาครั้งแรกได้ตั้งข้อสมมติไว้หลายข้อ

4.5.2 การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี

การศึกษาดังกล่าวมาแล้วเป็นการศึกษาครั้งแรก จึงได้ตั้งข้อสมมติในการศึกษาไว้หลายข้อ จึงควรเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลในโครงการชลประทานเพชรบุรี ประกอบด้วยระดับน้ำเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ พร้อมทั้งการเปิดบานประตูของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทุกสาย ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกประจำสัปดาห์ พร้อมทั้ง monitor อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง และฝนใช้การ

(2) Monitor side flow ของห้วยผากและห้วยแม่ประจันต์ ณ จุดที่ไหลลงสู่แม่น้ำเพชรบุรี

เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 ปี นำข้อมูลที่รวบรวมได้ในข้อ (2) มาสร้างข้อมูลน้ำท่าในอดีตของห้วยทั้งสองด้วย rainfall-runoff model แล้วดำเนินการศึกษาเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 4-3 ทั้งนี้เพื่อปรับผลการศึกษาให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

4.5.3 การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

เนื่องจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา เป็นลุ่มน้ำที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ในการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำจึงต้องการข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษามาก ข้อมูลบางชนิดมีความถูกต้องดีพอ แต่ข้อมูลบางชนิดยังต้องการการ monitor เพิ่มเติมเช่น side flow ซึ่งมีอยู่หลายจุด นอกจากนี้ยังมีค่า constraint อยู่หลายค่า ซึ่งค่า constraint หลายค่าเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ และหลายค่ามนุษย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ฉะนั้นค่า constraint ที่สำคัญถ้าเป็นไปได้ควร monitor ซึ่งอาจทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ ประสิทธิภาพการชลประทาน ซึ่งเกี่ยวกับการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ฝนใช้การ และการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก จำเป็นต้อง monitor ในสนามบนพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพการชลประทานที่ใกล้เคียงกับการ operate จริง

นอกจากนี้โครงการเจ้าพระยายังมีข้อมูลอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากโครงการทั้งสองที่ได้กล่าวมาแล้วคือ return flow ของโครงการชลประทานตอนบนสามารถนำไปใช้ในโครงการชลประทานตอนล่างได้มีอยู่ในหลายพื้นที่ ถึงแม้ว่าการ monitor ในสนามจะทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก แต่มีความจำเป็นต้องทำการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาก็เช่นเดียวกับการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำอื่นเนื่องจากเป็นลุ่มน้ำที่ใหญ่ผลกระทบต่อการ operate มีมาก จึงขอเสนอแนะให้มีการทบทวนการศึกษาเป็นช่วงเวลาทุก 5 ปี

บรรณานุกรม

1. Yevdjevich V.M.,1994 "Statistical and Probability Analysis of Hydrologic Data" Section 8-12 Regression and Correlation Analysis, pp. 43-67. In Chow V.T. (ed.) Handbook of Applied Hydrology. Mcgraw-Hill Co., Inc., New York.
2. ณัฐพงศ์ ศิริโภค,2528. "การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำอูน" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
3. กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ,2528. "การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำลำพระเพิลง" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
4. นิรุตติ์ เหรียญสุวงษ์,2528. "การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
5. การุญ ใจปัญญา,2528. "การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา-แม่กลอง" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยของแก่น.
6. พงษ์ แมดสถาน,2528. "การศึกษาการใช้น้ำเพื่อการชลประทานจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ สำหรับโครงการชลประทานหนองหวาย" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
7. Acres International Limited ,1979."Chao Phraya-Meklong Basin Study"Preliminary Phase, Niagara Falls, Canada.
8. Acres International Limited ,1979. "Chao Phraya-Meklong Basin Study" Phase 1, Niagara Falls, Canada.
9. C. Kirdpitugsa, S. Patamatamkul and C. Kayankarnnavy, 1990. "Huay Phung-Huay Fa Water Use Study" International Sympsium on Water Resources Systems Application, Department of Civil Engineering, University of Manitoba, Canada, June 2-5, PP.337-350.
10. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และคณะฯ,2530. "การใช้น้ำ" การศึกษาและประเมินผลสิ่งแวดล้อมภายหลังการก่อสร้างเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์, ฉบับที่ 6 : การใช้ประโยชน์ของมนุษย์, หน้า 20-122 และภาคผนวก ก, ข, ค และ ง, สถาบันวิจัยสังคม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กันยายน.
11. U.S. Department of Agriculture , 1972. "National Engineering Handbook" Section 4 Hydrology, Washington DC, USA.
12. Hann C.T., Johnston H.P and Brakensick D.L. (Eds), 1982. "Hydrologic Modelling of Small Watershed" Michigan, ASAE.
13. Noppharit Padungsri , 1986. "Watershed Runoff Respones to Land Use, Soil Type and Topography" M.Eng. Thesis, Khon Kaen University.

14. Krisada Raksakun, et. ,1977. al. "Point Rainfall Intersity-Duration Frequency Curve for the Northeast Thailand" Project Report No. C77-4, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

15. Chaiwat Kayankarnnavi, et.,1977. al. "Time distribution of Rainfall in the Northeast Part of Thailand" Project Report No. C77-5, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

16. Shultz. E.F., Pinkayan S. and Komsatra C.,1991. "Comparision of Dimensionless Hydrograph in Thailand and Taiwan, AIT Report No. 56.

17. Chalong Kirdpitugsa and Chaiwat Kayankarnnavy, 1993."Study of Water Uses in Mae Khlong Basin" Paper Presented to the International Conference on Environmental Sound Water Resource Utilization Proceedings, November 8-11, Bangkok, Thailand.

18. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2536" การศึกษาการใช้น้ำโครงการชลประทานเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง" วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 20 ปีที่ 1 สิงหาคม-พฤศจิกายน, หน้า 33-50.

19. Chalong Kirdpitugsa, 1995." Water Resources System Study on The Pasak River" Proceedings of the Regional Symposium on Infrastrueture Development in Civil Engineering,Bangkok, Thailand, December 19-20,pp. 528-540.

20. Chalong Kirdpitugsa, 1995." Upper Mun and Lam Sae Reservoir Operation Stugy" Proceedings of The Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering, Bangkok, Thailand December 19-20, pp.487-501.

21. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2536 "วิกฤตการความแห้งแล้งในลุ่มน้ำเจ้าพระยาปี พ.ศ. 2536 กับการแก้ปัญหาด้วยการพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบ" หนังสือพิมพ์มติชน, 10 ธันวาคม.

บทที่ 5
การวางแผนการส่งน้ำก่อนการเพาะปลูก

5.1 บทนำ

ดังเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักไว้ได้ในอ่างเก็บน้ำทางด้านเหนือน้ำเพื่อระบายลงมาช่วยการเพาะปลูกทางด้านท้ายน้ำมีปริมาณจำกัด เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูกได้โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ฉะนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้น้ำอย่างประหยัด วิธีการใช้น้ำอย่างประหยัดก็คือต้องส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกตามปริมาณน้ำที่ต้องการจริงๆ วิธีการส่งน้ำให้เป็นไปตามความต้องการของพืชที่ปลูกวิธีการหนึ่งก็คือ การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้า

การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าในฤดูฝน จะต้องใช้น้ำฝนที่ตกลงมาบนแปลงเพาะปลูกก่อน ถ้ามีปริมาณมากพอก็ไม่ต้องขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ถ้ามีไม่เพียงพอ จะต้องใช้น้ำที่เรียกว่า side flow หรือ uncontrol flow เป็นลำดับต่อไป (ถ้าสามารถนำมาใช้ได้) ซึ่งท้ายที่สุดก็ คือ การขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากเป็นการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้า ต่อเมื่อส่งน้ำไปแล้วกิจกรรมการเพาะปลูกจึงจะเกิด ฉะนั้นจึงต้องหาวิธีการให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นการล่วงหน้า ในทำนองเดียวกัน ฝนที่ตกลงบนแปลงเพาะปลูกและ uncontrol flow หรือ side flow (ถ้ามี) ก็เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะ side flow หรือ uncontrol flow การคำนวณล่วงหน้าให้ได้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงทำได้ค่อนข้างยาก ส่วนการเพาะปลูกฤดูแล้ง มีฝนตกน้อย และฝนที่ตกส่วนใหญ่ก็เป็นฝนใช้การทั้งหมด การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าจึงมักไม่ค่อยเกิดปัญหาหรือเกิดความยุ่งยากแต่ประการใด การวางแผนส่งน้ำล่วงหน้าก่อนกรเพาะปลูกที่จะกล่าวถึงนี้ เป็นการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์โดยเน้นการเพาะปลูกฤดูฝน

5.2 วิธีการวางแผน

จุดประสงค์หลักของการวางแผนการส่งน้ำก็เพื่อหาแนวทางในการวางแผนการใช้น้ำชลประทานให้เกิดประโยชน์สุงสุด เพราะในปัจจุบันชาวนานิยมเพาะปลูกฤดูแล้งกันมาก นอกจากนี้ยังมีสวนผลไม้ ซึ่งใช้น้ำตลอดปีอีกด้วย จึงทำให้น้ำที่เคยมีใช้อย่างเหลือเฟือเกิดการขาดแคลน ฉะนั้นการที่จะขยายพื้นที่เพาะ

ปลูกฤดูแล้งโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากนักก็คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ การวางแผนการส่งน้ำก่อนการเพาะปลูกที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าเป็นรายสัปดาห์

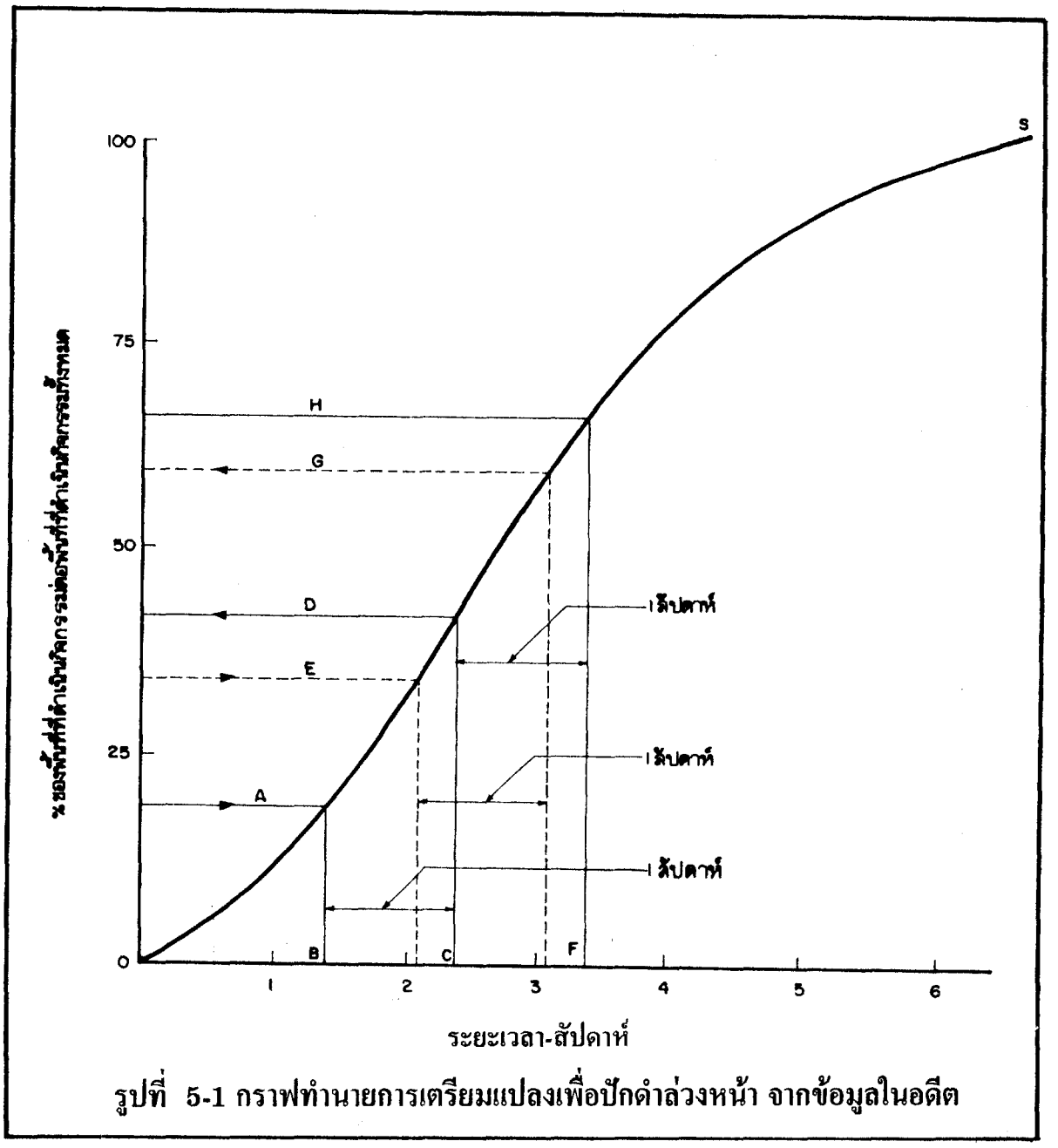
วิธีการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าเป็นรายสัปดาห์ ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกและข้อมูลฝนในอดีตมีความสำคัญมาก ถ้ามีข้อมูลหลายปีและข้อมูลนั้นถูกต้องจะทำให้การทำนายปริมาณน้ำที่จะส่งให้พื้นที่เพาะปลูกได้ใกล้เคียงความเป็นจริง ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกในอดีตเป็นรายสัปดาห์ที่ต้องการใช้ประกอบด้วย

ก. พื้นที่ตกกล้ารายสัปดาห์
ข. พื้นที่เตรียมแปลงรายสัปดาห์
ค. พื้นที่ปักดำหรือหว่านรายสัปดาห์

ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกดังกล่าวแล้วถ้ามีหลายปีนำมาหาข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกเฉลี่ยแล้วหากราฟความสัมพันธ์เป็นรายสัปดาห์ระหว่างพื้นที่สะสมของแต่ละกิจกรรมกับเวลาแล้วใช้กราฟเหล่านี้ทำนายกิจกรรมการเพาะปลูกแต่ละชนิดจากข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกปัจจุบันที่ได้จากสนาม เมื่อได้พื้นที่ที่ทำนายแล้วสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการส่งได้จากสมการที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

สำหรับฝนใช้การนั้น เนื่องจากเป็นการทำนายอาจใช้ข้อมูลฝนเฉลี่ยในอดีตของสัปดาห์นั้นมาใช้ต่อเมื่อทราบค่าปริมาณฝนที่ตกจริง จึงนำค่าที่แตกต่างไปปรับปริมาณฝนใช้การในสัปดาห์ถัดไป ในการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าเป็นรายสัปดาห์ที่กล่าวถึงนี้ อาจคิดฝนใช้การด้วย หรืออาจไม่คิดฝนใช้การต่อเมื่อคำนวณหาค่าปริมาณน้ำที่ต้องการบนแปลงเพาะปลูกได้แล้ว จึงนำเอาฝนใช้การสัปดาห์ที่แล้วมาคิดซึ่งก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง เมื่อสัปดาห์ถัดไปมาถึง เปรียบเทียบข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกที่ทำนายกับข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกจริงในสนามที่เก็บรวบรวมได้ แล้วใช้ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกจริงเป็นพื้นฐานในการทำนายพื้นที่กิจกรรมการเพาะปลูกที่จะเกิดขึ้นต่อไป รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5-1 นำข้อมูลกิจกรรมการเตรียมแปลงในอดีตมา plot curves เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้การเตรียมแปลงที่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เตรียมแปลงต่อพื้นที่เตรียมแปลงทั้งหมด สมมุติให้เป็นเส้น OS ของรูปที่ 5-1 ส่วนกราฟของการตกกล้า ปักดำ และเก็บเกี่ยวก็แสดงความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน

จากรายงานการเก็บข้อมูลในสนามของพื้นที่ที่ดำเนินกิจกรรม นำพื้นที่ที่รายงานมาเทียบเป็นเปอร์เซนต์ของกิจกรรมที่ดำเนินการทั้งหมดสมมุติให้ได้ค่าในการประมาณจากข้อมูลครั้งแรก ที่จุด A ดังรูปที่ 5-1 จากจุด A ลากเส้นตรงในแนวราบไปตัดโค้ง OS แล้วลากเส้นขนานกับแนวดิ่งไปตัดแกนราบที่จุด B นับเวลาจากจุด B ไปตามแกนราบเท่ากับ 1 สัปดาห์ สมมุติให้อยู่ที่จุด C ซึ่งก็สามารถประมาณค่าพื้นที่



รูปที่ 5-1 กราฟทำนายการเตรียมแปลงเพื่อปักดำล่วงหน้า จากข้อมูลในอดีต

ที่คาดว่าจะดำเนินกิจกรรมในสัปดาห์ถัดไปได้โดยลากเส้นในแนวดิ่งจากจุด C ไปตัดโค้ง OS แล้วลากเส้นตามแนวราบไปตัดแกนตั้งที่จุด D ซึ่งจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่คาดว่าจะดำเนินกิจกรรมสะสมต่อพื้นที่ที่ดำเนินกิจกรรมทั้งหมด

เมื่อเวลาของสัปดาห์ถัดไปมาถึง ปรากฏว่ากิจกรรมที่ได้ดำเนินไปจริงๆ จากข้อมูลที่ได้รับจากสนาม พบว่าพื้นที่ที่ดำเนินกิจกรรมเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วอยู่ที่จุด E ในทำนองเดียวกันพื้นที่กิจกรรมที่คาดว่าจะดำเนินในสัปดาห์ถัดไปจะอยู่ที่จุด G ดังรูปที่ 5-1 (ไม่ใช่จุด H) แล้วดำเนินการเช่นนี้เรื่อยไป โดยนำพื้นที่ที่ได้มาคำนวณปริมาณน้ำใช้ในแต่ละสัปดาห์ได้ ในทำนองเดียวกัน สำหรับกิจกรรมอื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้โดยวิธีการเช่นเดียวกัน แล้วนำพื้นที่ของแต่ละกิจกรรมที่ประมาณค่าได้ในแต่ละช่วง

เวลามาคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ ปริมาณน้ำรวมของแต่ละกิจกรรมเมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพของการส่งน้ำด้วยแล้ว ก็จะเป็นปริมาณน้ำที่คาดคะเนว่าจะต้องส่งให้พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ปริมาณน้ำที่ได้นี้จะต้องเพิ่มหรือลดด้วยปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกน้อยไปหรือมากไปในสัปดาห์ที่แล้วตามลำดับ

5.3 การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ของโครงการน้ำอูน (2)

การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นการวางแผนการส่งน้ำในคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาของโครงการน้ำอูน ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำสายเดียวกันกับที่หาประสิทธิภาพชลประทานในบทที่ 2

5.3.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ประกอบด้วย

1) พยากรณ์พื้นที่กิจกรรมการเพาะปลูกล่วงหน้า 1 สัปดาห์ แล้วนำมาประเมินค่าปริมาณน้ำใช้ทางทฤษฎี
2) ประเมินค่าปริมาณฝนใช้การที่คาดว่าจะเกิดขึ้นล่วงหน้า 1 สัปดาห์
3) ประเมินปริมาณน้ำที่ส่งที่ปากคลองส่งน้ำ และใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำประจำสัปดาห์

5.3.2 วิธีการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์

การวางแผนส่งน้ำก่อนการเพาะปลูกประจำสัปดาห์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวางแผนในช่วงเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว และการวางแผนส่งน้ำประจำสัปดาห์หลังจากปักดำเต็มพื้นที่

1) การวางแผนส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ ในช่วงการเตรียมแปลง มีกิจกรรมเพาะปลูกที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลาเดียวกันถึง 4 กิจกรรมคือ

1.1) การเตรียมแปลงเพื่อตกกล้า
1.2) การตกกล้า
1.3) การเตรียมแปลงเพื่อปักดำ
1.4) การปักดำ

กิจกรรมการเพาะปลูกทั้ง 4 อย่าง ดังกล่าวข้างต้น กิจกรรมการเตรียมแปลงเพื่อปักดำข้าวกล้ามีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้น้ำมาก และมีพื้นที่มากกว่ากิจกรรมเตรียมแปลงตกกล้าและพื้นที่ตกข้าวกล้า ในการศึกษาครั้งนี้ได้พยากรณ์พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อปักดำและพยากรณ์พื้นที่ปักดำล่วงหน้า โดยใช้กราฟการพยากรณ์เตรียมแปลงปักดำ (รูปที่ 5-2) และ กราฟพยากรณ์การปักดำล่วงหน้า (รูปที่ 5-3)

1) พื้นที่เตรียมแปลงตกกล้าและพื้นที่ข้าวกล้าจะไม่พยากรณ์เนื่องจากขาดข้อมูลโดย กำหนดให้ระยะเวลาเตรียมแปลงเพื่อปักดำเท่ากับ 21 วัน และใช้น้ำในการเตรียมแปลง 250 มิลลิเมตร

2) การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน จ. สกลนคร โดยเลือกพื้นที่ส่งน้ำของคลองสายใหญ่ฝั่งขวาที่มีพื้นที่ประมาณ 110,181 ไร่ และคลองมีความจุ ตามออกแบบ 21.8 $ม^3$ / วินาที เกษตรกรส่วนมากปลูกข้าวพันธุ์ กข. 6 ในการเพาะปลูกช่วงฤดูฝนปี พ.ศ. 2528

3) การประเมินปริมาณน้ำที่จะส่งที่ปากคลอง โดยคำนวณจากความสัมพันธ์ ดังนี้

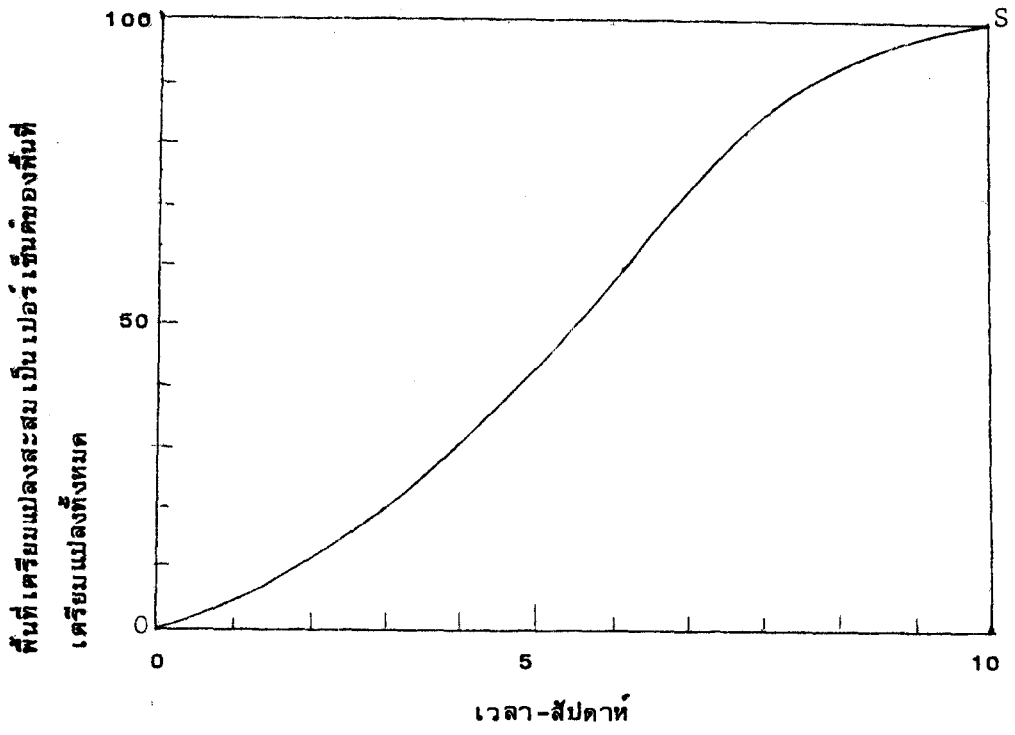
$$\text{ปริมาณน้ำที่ส่งที่ ปตร. ปากคลอง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี - ปริมาณน้ำฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน}}$$

ในที่นี้กำหนดให้

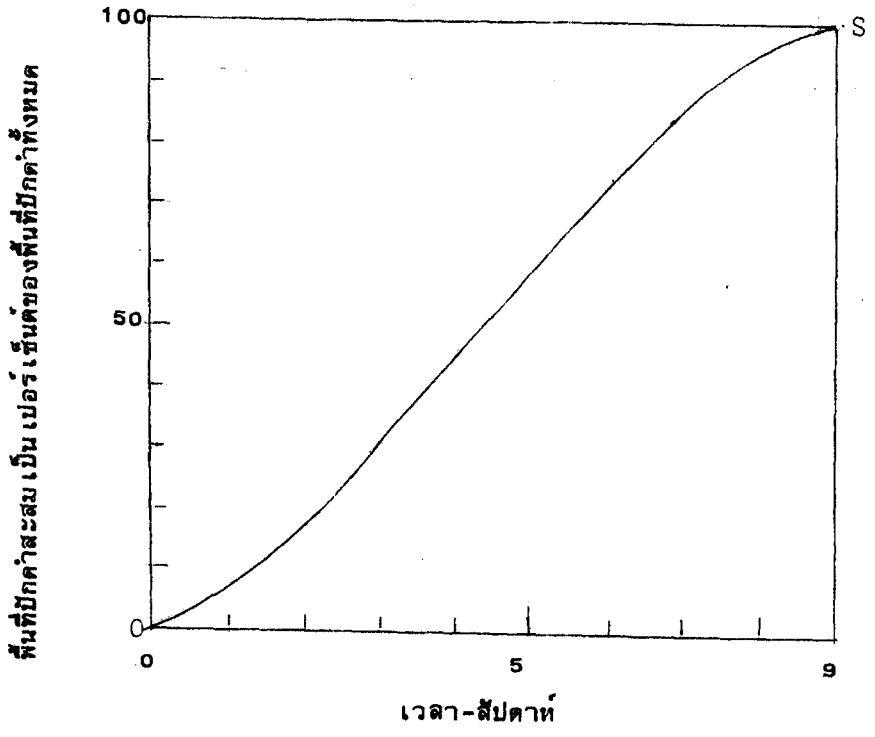
3.1) ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี ได้จากการหาผลบวกของปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นรายสัปดาห์ ตามกิจกรรมดังนี้

- พื้นที่เตรียมแปลงตกกล้า
- พื้นที่เตรียมแปลงปักดำ
- พื้นที่ปักดำ
- ปริมาณน้ำที่รั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกทุกกิจกรรม

3.2) บริมาณฝนใช้การ ใช้ค่าฝนใช้การของสัปดาห์ก่อนหน้านี้ 1 สัปดาห์ โดยคิดจากฝนที่ตกบนพื้นที่ที่มีกิจกรรมการเพาะปลูกจริง และคาดหมายว่าจะมีน้ำฝนเหลือมาใช้ในสัปดาห์ที่พยากรณ์ โดยใช้กราฟฝนใช้การในบทที่ 2



รูปที่ 5-2 กราฟทำนายการเตรียมแปลงเพื่อปักดำล่วงหน้า



รูปที่ 5-3 กราฟทำนายการปักดำล่วงหน้า

3.3) ประสิทธิภาพการชลประทานที่ ปตร.ปากคลอง กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 60 ในระยะแรกที่ส่งน้ำ โดยคาดหมายว่าเมื่อเริ่มส่งน้ำ เกษตรกรจะพยายามเก็บกักน้ำไว้ใช้ในแปลงนาให้มากที่สุด เพื่อใช้ในกิจกรรมตกกล้าและระยะแรกของการเตรียมแปลงเพื่อปักดำหลังจากนั้นให้ค่าประสิทธิภาพลดลงมาเป็นร้อยละ 40

4) การวางแผนส่งน้ำประจำสัปดาห์ หลังจากปักดำเต็มพื้นที่ เมื่อปักดำเต็มพื้นที่แล้ว จึงนำข้อมูลปักดำมาหาค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยเฉลี่ย แล้วนำค่านี้ไปคูณกับค่าพื้นที่ปักดำสะสม พื้นที่ปักดำผืนใดมีอายุครบ 12 สัปดาห์ให้หักออก แล้วจึงคำนวณหาค่าปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี จากนั้นจึงคำนวณหาค่าปริมาณน้ำที่จะส่งที่ ปตร.ปากคลองต่อไป

5) ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อใช้วางแผนการส่งน้ำล่วงหน้า ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5-1 การพยากรณ์พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อปักดำ
ตารางที่ 5-2 การพยากรณ์พื้นที่ปักดำ
ตารางที่ 5-3 การคำนวณปริมาณน้ำที่รั่วซึมในแปลง
ตารางที่ 5-4 การคำนวณปริมาณน้ำฝนใช้การ
ตารางที่ 5-5 การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี
ตารางที่ 5-6 การคำนวณปริมาณน้ำที่ส่งที่ ปตร.ปากคลอง
ตารางที่ 5-7 การคำนวณหาประสิทธิภาพชลประทาน
รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เพาะปลูกกับเวลา
รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำทางทฤษฎีโดยการพยากรณ์ และจากพื้นที่จริง
รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่พยากรณ์กับเวลา

5.3.3 ผลการศึกษาและวิจารณ์

1) จากรูปที่ 5-4 พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อปักดำ เริ่มกิจกรรมวันที่ 23 พฤษภาคม ถึงวันที่ 1 สิงหาคม รวมเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ในช่วง 2 สัปดาห์แรก (23 พ.ค. ถึง 6 มิ.ย.) เป็นการเตรียมแปลงโดยใช้น้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวในช่วงดังกล่าว แม้ว่าจะพยากรณ์ว่ามีพื้นที่เตรียมแปลงสะสมถึง 10 % ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ว่ากิจกรรมเกิดขึ้นจริงเพียง 3.5% เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก ไม่มีน้ำฝนพอเพียง และพิจารณาเห็นว่ายังไม่สมควรส่งน้ำ แต่เมื่อเริ่มส่งน้ำชลประทานตั้งแต่ 24 มิถุนายน เป็นต้นไป ประกอบกับมีน้ำฝนมาเพิ่ม เกษตรกรจึงเก็บกักน้ำเพื่อใช้เตรียมแปลงกันมาก จากรูปที่ 5-4 จะเห็นว่าพื้นที่เตรียมแปลงจริงมีมากกว่าพื้นที่ที่ได้จากการพยากรณ์แต่ก็อยู่ที่ระดับใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5-1

การพยากรณ์พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อปักดำและคำนวณปริมาณน้ำใช้

สัปดาห์ที่	วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลง			ปริมาณน้ำ
		ไร่	รายงาน%	พยากรณ์%	ลบ.ม/วินาที
1	17-23 พ.ค. 28	(4407)	0.44	4	0.971
2	30 พ.ค. 28	(8326)+488 = 8814	1.5	8	1.942
3	6 มิ.ย. 28	(9375)+1155+488 = 11,018	3.5	10	2.428
4	13 มิ.ย. 28	(10411)+2269+1155 = 13,835	11.0	13	3.048
5	20 มิ.ย. 28	(12114)+8213+2269 = 22,596	26.5	22	4.978
6	27 มิ.ย. 28	(15915)+17134+8213 = 41,262	43.8	41	9.093
7	4 ก.ค. 28	(14483)+19061+17134 = 50,678	68.1	57	11.168
8	11 ก.ค. 28	(14206)+26720+19061 = 59,987	89.5	81	13.219
9	18 ก.ค. 28	(5990)+23641+26720 = 56,352	96.0	95	12.418
10	25 ก.ค. 28	(4397)+7103+23641 = 35,141	98.4	100	7.744
11	1 ส.ค. 28	(1683)+2714+7103 = 11,500	99.8	100	2.534
12	8 ส.ค. 28	(223)+1460+2714 = 4,397	100.0	100	0.968
	15 ส.ค. 28	223+1460 = 1,683			0.37
	22 ส.ค. 28	223			0.049

หมายเหตุ (4407) : พื้นที่พยากรณ์

488 : พื้นที่จริงจากรายงานภาคสนาม

= 8841: ผลบวกของพื้นที่พยากรณ์และพื้นที่จริง

ตารางที่ 5-2

การพยากรณ์พื้นที่ปักดำ และคำนวณปริมาณน้ำใช้ ฤดูฝน 2528

สัปดาห์ที่	Kc	วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลง				PETP.	Kc. เฉลี่ย	ปริมาณน้ำ
			ไร่		รายงาน%	พยากรณ์%			ลบ.ม./วินาที
1	0.98	21-27 มิ.ย.	(8814)	= 8814	1.96	8	4.47	0.98	0.715
2	1.04	4 ก.ค. 28	(8856)+2162	= 11018	6.6	10	4.43	0.991	0.896
3	1.14	11	(12485)+5185+2162	= 19832	17.3	18	4.43	1.013	1.648
4	1.24	18	(15047)+11762+5185+2162	= 34156	28.2	31	4.43	1.041	2.918
5	1.32	25	(16261)+12007+11762+5185+2162	= 47377	43.4	43	4.43	1.078	4.193
6	1.37	1 ส.ค. 28	(16020)+16768+12007+11762+5185+2162	= 63904	67.8	58	4.43	1.114	5.84
7	1.39	8	(14496)+26866+16768+12007+11762+5185+2162	= 89246	81.4	81	3.97	1.140	7.483
8	1.37	15	(10549)+14965+26866+16768+12007+11762+5185+2162	= 100264	89.8	91	3.97	1.191	8.782
9	1.38	22	(7953)+6207+14965+26866+16768+12007+11762+5185+2162	= 106875	94.8	97	3.97	1.241	9.757
10	1.30	29	(5723)+5536+9207+14965+26866+16768+12007+11762+5185+2162	= 110181	100.0	100	3.97	1.285	10.415
11	1.24								
12	1.17								
13	1.10								

มายเหตุ 1. (8814) พื้นที่พยากรณ์

2162 พื้นที่จริง

= 11018 ผลบวกของพื้นที่พยากรณ์และพื้นที่จริง

2. ปักดำเต็มที่ 29 สิงหาคม 2528 การคำนวณปริมาณน้ำที่พืชใช้หลังจาก 29 สิงหาคม โปรดดูจากรายการคำนวณ เรื่องการหาประสิทธิภาพชลประทาน

ตารางที่ 5-3

การคำนวณปริมาณน้ำที่รั่วซึมในแปลงนา ให้อัตราการรั่วซึม = 1 มม./วัน

วัน เดือน ปี	พื้นที่เตรียมแปลง (ไร่)	พื้นที่ปักดำ (ไร่)	รวมพื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำ ลบ.ม./วินาที
17-23 พ.ค.28	4,407	-	4,407	0.081
30	8,814	-	8,814	0.163
6 มิ.ย. 28	11,018	-	11,018	0.203
13	13,835	-	13,835	0.255
20	22,596	-	22,596	0.148
27	41,262	8,814	50,076	0.926
4 ก.ค. 28	50,678	11,018	61,696	1.141
11	59,981	19,832	79,819	1.476
18	56,352	34,156	90,508	1.674
25	35,141	47,377	82,518	1.526
1 ส.ค. 28	11,500	63,904	75,404	1.394
8	4,397	89,246	93,643	1.732
15	1,683	100,264	101,947	1.886
22	223	106,875	107,098	1.981
29	-	110,181	110,181	2.038

ตารางที่ 5-4

การคำนวณหาปริมาณฝนใช้การ

วัน เดือน ปี	วมพื้นที่ทุกกิจกรรม (ไร่)	ฝนเฉลี่ย (มม.)	ฝนใช้การ (มม.)	ปริมาณน้ำ ลบ.ม./วินาที
3-9 พ.ค. 28	23	1.51	1.51	0
16	235	70.58	70.58	0.044
23	748	8.57	8.57	0.017
30	2,070	31.09	31.09	0.170
6 มิ.ย.28	4,697	39.18	39.18	0.487
13	13,575	114.01	77.50	2.783
20	31.461	109.08	78.0	6.492
27	51.934	11.26	11.26	1.547
4 ก.ค. 28	6,650	68.23	62.0	12.572
11	94,878	49.44	49.44	12.409
18	94,076	25.83	25.83	6.428
25	85,114	20.96	20.96	4.179
1 ส.ค. 28	87,753	65.3	35.0	8.125
8	94,460	93.23	38.5	9.620
15	100,551	50.40	32.0	8.5
22	104,493	92.97	38.0	10.5
29	109,993	22.85	22.85	6.7
5 ก.ย.28	109,929	21.25	21.25	6.177
12	109,886	9.58	9.58	2.783
19	109,639	24.18	24.18	7.01
26	107,831	1.38	1.38	0.393
3 ต.ค. 28	102,645	18.62	18.62	5.055
10	90,884	9.03	9.03	2.170
17	78,877	95.48	77.0	16.067
24	62,109	17.47	1747	2.870
31	35,243	0	0	0
7 พ.ย.28	20,278	0	0	0

หมายเหตุ : ค่าฝนเฉลี่ยได้จากสถานีน้ำฝน 12 แห่ง และแบ่งพื้นที่ตามสถานีวัดน้ำฝนด้วยวิธี Thiessen polygon

ตารางที่ 5-5

การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี (ลบ.ม./วินาที)

วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำรั่วซึม	ปริมาณน้ำเตรียมแปลงเพื่อปักดำ	ปริมาณน้ำที่พืชใช้	รวม
17-23 พ.ค. 28	0.081	0.971	-	1.052
30	0.163	1.942	-	2.105
6 มิ.ย. 28	0.203	2.428	-	2.631
13	0.225	3.048	-	3.303
20	0.418	4.978	-	5.396
27	0.926	9.093	0.715	10.734
4 ก.ค. 28	0.141	11.168	0.90	13.205
11	1.476	13.219	1.648	16.343
18	1.674	12.418	2.918	17.010
25	1.526	7.744	4.193	13.463
1 ส.ค. 28	1.394	2.534	5.840	9.768
8	1.732	0.968	7.483	10.183
15	1.886	0.370	8.782	11.038
22	1.981	0.049	9.757	11.787
29	2.038	-	10.415	12.453

ตารางที่ 5-6

การพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ส่งที่ ปตร.ปากคลองส่วนน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา (ลบ.ม./วินาที)

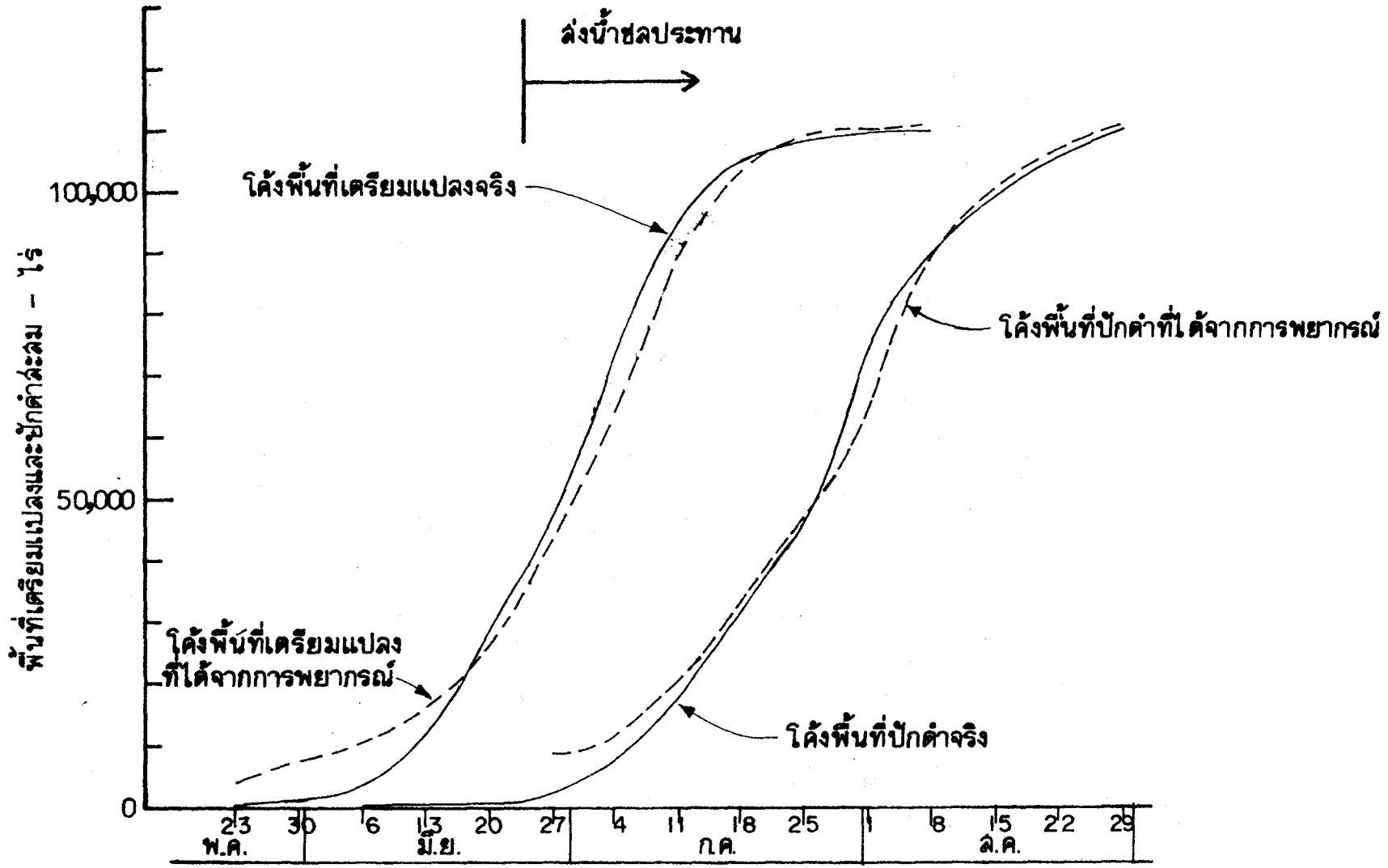
	ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี	ปริมาณฝนใช้การ	ปริมาณน้ำที่จะส่งที่ปตร.	หมายเหตุ
17-23 พ.ค. 28	1.052	0.044	1.68	
30	2.105	0.017	3.48	
6 มิ.ย. 28	2.631	0.170	4.10	
13	3.303	0.487	4.46	
20	5.396	2.783	4.35	
27	10.734	6.492	7.07	เริ่มส่งน้ำ
4 ก.ค. 28	13.205	1.547	19.43	
11	16.343	12.572	9.42	
18	17.010	12.409	11.50	
25	13.463	6.428	17.58	
1 ส.ค. 28	9.768	4.719	12.620	
8	10.183	8.125	5.14	
15	11.038	9.620	3.54	
22	11.787	8.512	8.18	
29	12.453	10.504	4.87	ปักดำเต็มพื้นที่
5 ก.ย. 28	12.209	6.649	13.90	
12	12.281	6.177	15.26	
19	12.254	2.783	23.67	เกินความจุคลอง
26	11.824	7.010	12.03	
3 ต.ค. 28	12.044	0.393	29.12	เกินความจุคลอง
10	10.593	5.055	13.84	
17	8.946	2.170	16.94	
24	6.898	16.067	ปิด ปตร.	มีน้ำฝนเกินพอ
31	3.886	2.870	2.54	
7 พ.ย. 28	2.011	0	5.02	
รวม	233.417	133.603	249.74	

ตารางที่ 5-7

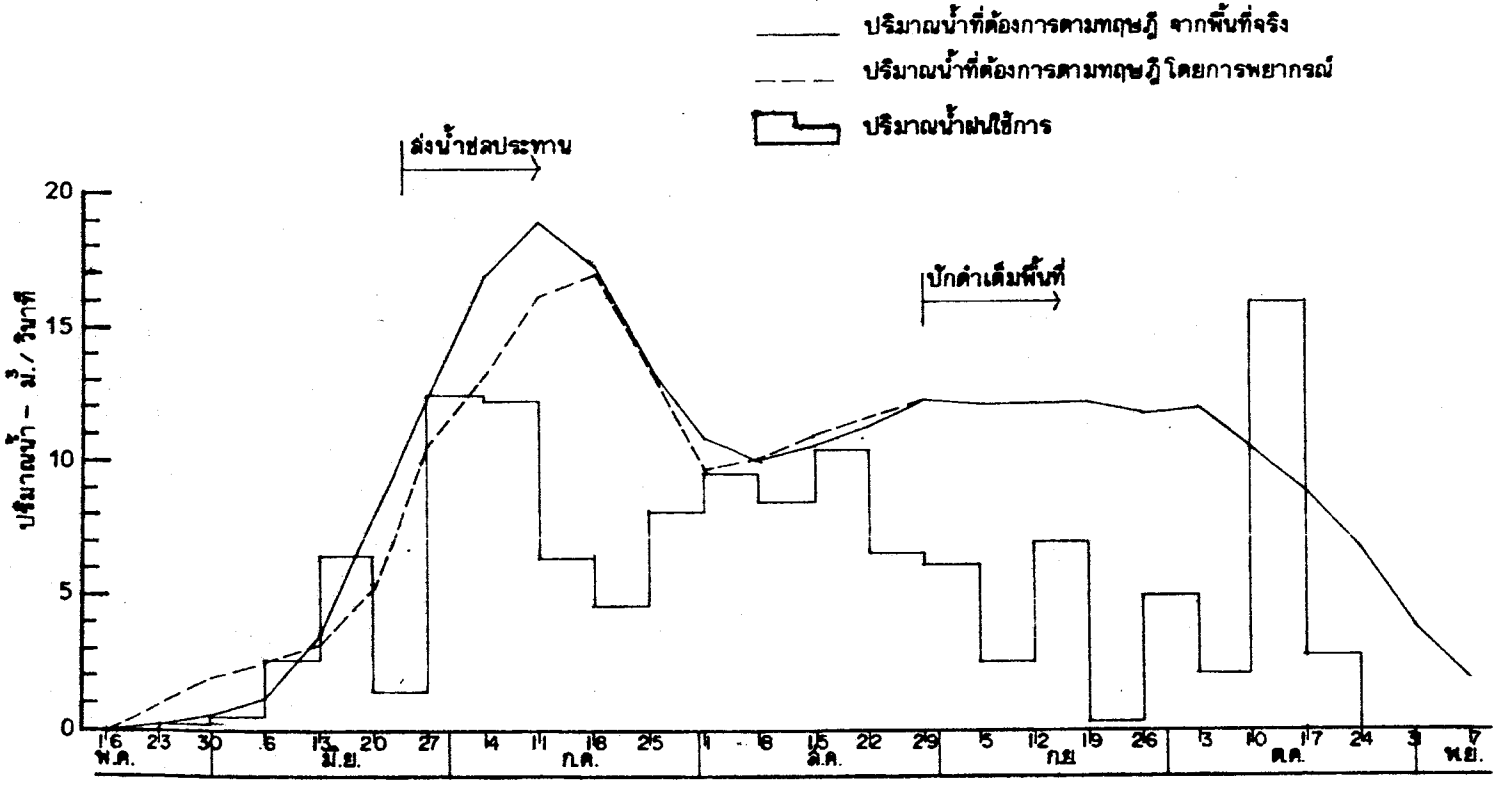
การคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน

วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำที่ส่งจริง ลบ.ม. /วินาที	ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี ลบ.ม. /วินาที	ปริมาณฝนใช้การ ลบ.ม. /วินาที
10-16 พ.ค. 28	-	0.081	0.044
23	-	0.244	0.017
30	-	0.535	0.170
6 มิ.ย. 28	-	1.248	0.487
13	-	3.547	2.783
20	-	7.983	6.492
27	2.818	12.553	1.547
4 ก.ค.28	9.378	17.099	12.572
11	12.777	19.406	12.409
18	12.777	17.433	6.428
25	13.595	13.496	14.719
1 ส.ค. 28	13.044	10.914	8.125
8	12.335	10.275	9.620
15	12.270	10.894	8.512
22	14.05	11.581	10.504
29	13.550	12.376	6.649
5 ก.ย. 28	13.00	12.209	6.177
12	14.640	12.281	2.783
19	14.680	12.254	7.010
26	9.320	11.524	0.393
3 ต.ค. 28	13.580	12.044	5.055
10	14.56	10.593	2.170
17	12.45	8.946	16.067
24	6.33	6.898	2.870
31	14.13	3.886	0
7 พ.ย. 28	5.18	2.011	0
14	-	1.074	0
21	-	0.525	-
รวม	234.42	244.21	133.603

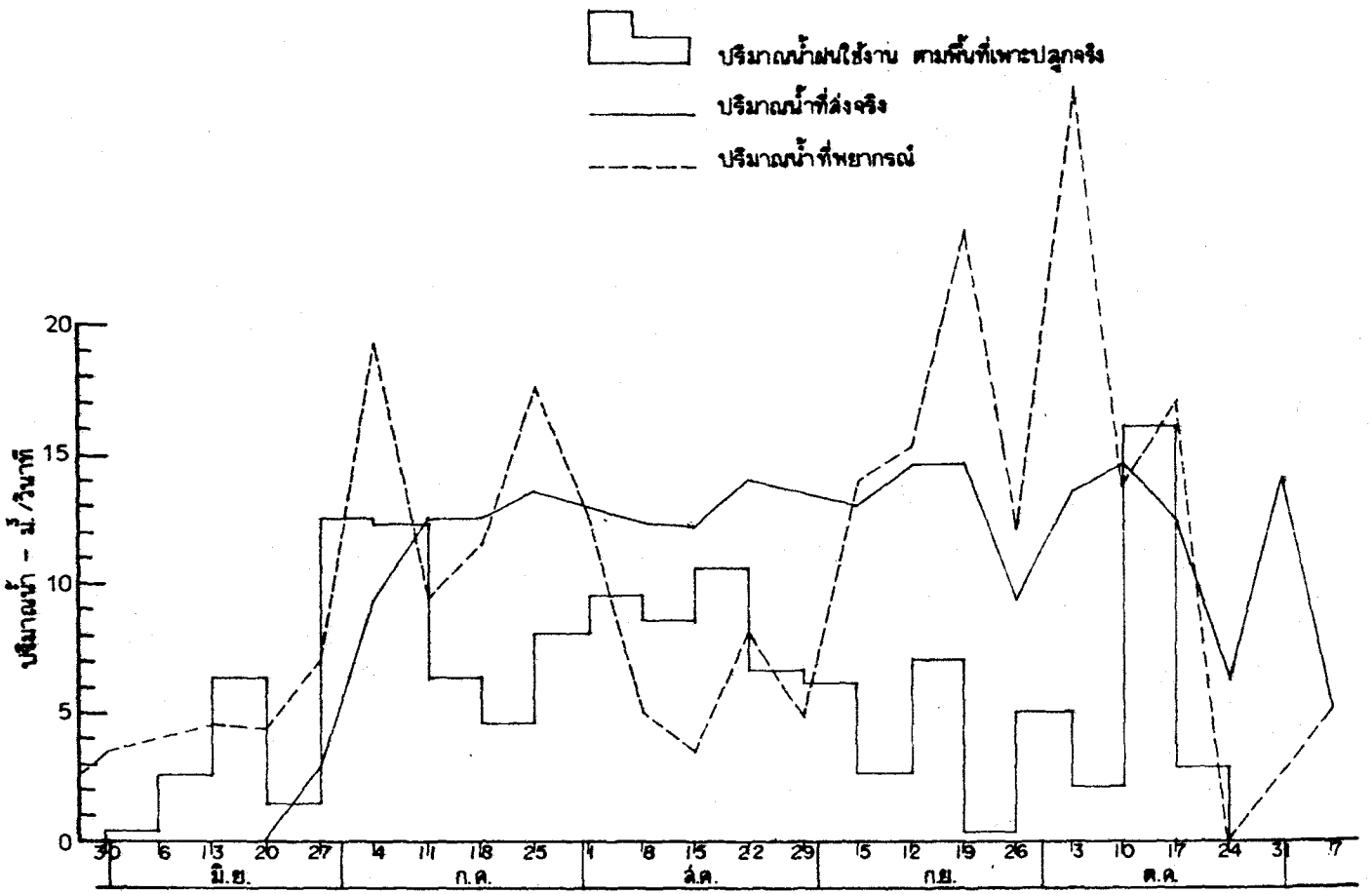
ประสิทธิภาพการชลประทาน $= \frac{224.21 - 133.60}{234.42} \times 100 = 47\%$



รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กิจกรรมเพาะปลูกกับเวลาที่พยากรณ์



รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำทางทฤษฎีโดยการพยากรณ์ และจากพื้นที่จริง



รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ของปริมารน้ำที่พยากรณ์กับเวลา

2) พื้นที่ปักดำตามรูปที่ 5-4 เริ่มปักดำตั้งแต่ 20 มิถุนายน ถึง 29 สิงหาคม รวมเป็นเวลา 10 สัปดาห์ เมื่อเริ่มส่งน้ำได้พยากรณ์ว่าจะมีพื้นที่ปักดำประมาณ 8% แต่กิจกรรมเกิดขึ้นจริงประมาณ 2% เนื่องจากต้นกล้ายังโตไม่พอที่จะนำไปปักดำ แต่ช่วงเวลาหลังจากนั้น พื้นที่พยากรณ์กับพื้นที่จริงจะใกล้เคียงกัน มีข้อสังเกตว่า ระยะเวลาเตรียมแปลงถึงปักดำแล้วเสร็จประมาณ 4 สัปดาห์ (ตามสมมติฐานกำหนดให้ระยะเวลาเตรียมแปลง 3 สัปดาห์)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำทางทฤษฎี โดยพยากรณ์กับปริมาณน้ำทางทฤษฎีที่คิดจากพื้นที่เพาะปลูกจริง จากรูปที่ 5-5 จะเห็นความแตกต่างถึง 4 ช่วงคือ

3.1) ช่วงวันที่ 16 พฤษภาคม ถึง 13 มิถุนายน กิจกรรมที่สำคัญคือ เป็นช่วงเตรียมแปลงเพื่อปักดำ ปริมาณน้ำที่พยากรณ์ จะมากกว่าปริมาณน้ำทางทฤษฎีที่คิดจากพื้นที่จริง ทั้งนี้ เนื่องจากกิจกรรมไม่เกิดขึ้น เพราะว่าไม่มีน้ำฝนพอเพียงในต้นฤดูกาลเพาะปลูก

3.2) ช่วงวันที่ 13 มิถุนายน ถึง 18 กรกฎาคม ผลการพยากรณ์น้อยกว่ากิจกรรมที่เกิดจริง เนื่องจากการส่งน้ำชลประทาน และมีน้ำฝนมาช่วยเพิ่มเติม

3.3) ช่วงวันที่ 18 กรกฎาคม ถึง 29 สิงหาคม กิจกรรมส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ปักดำ ผลการพยากรณ์ได้อัตราการใช้น้ำใกล้เคียงกัน

3.4) ช่วงหลังวันที่ 29 สิงหาคม มีการปักดำเต็มพื้นที่โครงการ ดังนั้นอัตราการใช้น้ำของพืชทางทฤษฎี จึงมีค่าเดียว จะเห็นว่า ช่วงสัปดาห์ 1-7 พฤศจิกายน อัตราการใช้น้ำลดลงต่ำสุด จึงหยุดส่งน้ำ 3 พฤศจิกายน

4) ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำส่งตามการพยากรณ์ กับปริมาณน้ำที่จัดส่งจริง จะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝน และขึ้นกับประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ จากรูปที่ 5-6 พอจะสรุปความสัมพันธ์ได้ 3 ช่วง

4.1) ช่วงวันที่ 24 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม ปริมาณน้ำส่งจริง จะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่พยากรณ์ เนื่องจากมีน้ำฝนมาเสริม จึงจำเป็นต้องปรับแก้ปริมาณน้ำที่ส่ง

4.2) ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 5 กันยายน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงมากกว่าปริมาณน้ำที่พยากรณ์ทั้งๆ ที่มีปริมาณน้ำฝนมากเกินพอ แต่ที่ไม่ได้ลดปริมาณน้ำที่ส่ง เนื่องจากได้รับคำร้องจากพนักงานส่งน้ำ ที่อยู่บริเวณปลายคลองสายใหญ่ว่า เกษตรกรยังต้องการน้ำเพื่อใช้ในการปักดำ และรายงานว่ามีฝนตกมากเฉพาะบริเวณสถานีวัดน้ำฝน ส่วนในพื้นที่เพาะปลูกมีฝนตกเล็กน้อย

4.3) ช่วงวันที่ 12 กันยายน ถึง 10 ตุลาคม ปริมาณน้ำที่พยากรณ์สูงมาก เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่พยากรณ์ค่อนข้างน้อย แต่ก็ไม่อาจจะส่งน้ำที่ปากคลองมากกว่า 15 $ม^3$ /วินาที

5) ประสิทธิภาพการชลประทานในช่วงที่เริ่มส่งน้ำประเมินได้ประมาณ 70% ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้ (60%) แต่ในช่วงเดือนสิงหาคม มีฝนตกดีมากและสม่ำเสมอ ปรากฏว่าประสิทธิภาพลดต่ำเหลือเพียง 20% (เดิมกำหนดไว้ 40 %) ส่วนประสิทธิภาพตลอดฤดูกาลเพาะปลูกประมาณ 47%

5.3.4 สรุปและข้อเสนอแนะ

1) กราฟที่ใช้ในการพยากรณ์ เตรียมแปลง มีระยะเวลาเตรียมแปลง 10 สัปดาห์ ซึ่งใกล้เคียงกับเวลาที่เตรียมแปลงจริง แต่ผลการพยากรณ์ในช่วง 3 สัปดาห์แรกได้พื้นที่มากกว่าผลจากรายงานภาคสนาม ทั้งนี้ เนื่องจากยังไม่ถึงเวลาส่งน้ำและปริมาณน้ำที่ต้องการยังน้อย เมื่อเทียบกับ ความจุของคลองสายใหญ่ แต่เมื่อเริ่มส่งน้ำชลประทาน พื้นที่เพาะปลูกจริงใกล้เคียงกับพื้นที่พยากรณ์ ส่วนกราฟพื้นที่ปักดำก็มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งนับว่าเป็นผลดีสามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อได้เก็บข้อมูลอนุกรมเวลาของพื้นที่เพาะปลูกของปีต่อๆ ไป สมควรนำมาเฉลี่ยลงในกราฟ

2) ในช่วงต้นฤดู (ประมาณกลางเดือน มิ.ย. - กลางเดือน ก.ค.) ฝนที่ตกนอกพื้นที่ที่มีกิจกรรมไม่ได้นำมาคิดฝนใช้การ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณน้ำที่ส่งจริงน้อยกว่าปริมาณน้ำที่พยากรณ์ โดยที่พื้นที่เตรียมแปลงจริงมากกว่าพื้นที่ที่พยากรณ์

3) การตั้งสมมุติฐานเรื่องฝนใช้การที่นำมาใช้ว่าปริมาณฝนที่ตกในสัปดาห์ก่อนจะถูกนำมาใช้ในสัปดาห์ที่พยากรณ์ยังอาจมีค่าที่คลาดเคลื่อน จากการสังเกตในสนามพบว่า ถ้าฝนตกหนักต่อเนื่องโดยเฉพาะในเดือนที่อาจทำให้เกิดอุทกภัยได้ ชาวนามักระบายน้ำทิ้ง จึงควรหาวิธีการปรับค่าฝนใช้การให้ใกล้เคียงความเป็นจริง

4) จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่พยากรณ์ไม่เท่ากับปริมาณน้ำที่ส่งจริง ทั้งนี้เนื่องจากยังมีปัญหาในสนามที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ในขณะที่วางแผนหลายประการ เพราะเป็นการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าฤดูแรกของโครงการ

5.4 ระบบการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

(Chao Phraya Water Management System WMS) (5) (6)

จากการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในบทที่ 4 ซึ่งได้ข้อสรุปว่าปริมาณน้ำที่สามารถควบคุมได้ ได้ถูกจัดสรรหมดแล้ว จึงจำเป็นต้องจัดระบบการใช้น้ำที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน และกำลังที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตให้มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก และเนื่องจากระบบการส่งน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาซับซ้อน การ operate จะต้องพิจารณาถึงผลประโยชน์ของไฟฟ้าพลังน้ำ การคมนาคมทางน้ำ น้ำใช้ในครัวเรือน ใช้น้ำดันน้ำเค็ม และการป้องกันอุทกภัย ดังนั้น จุดประสงค์ในการจัดระบบการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ด้วยคอมพิวเตอร์ก็เพื่อให้เกิดประโยชน์ดังกล่าวแล้วดีที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้

- การรวบรวมและระบบประเมินผลข้อมูลที่ดี เพื่อให้ได้รายงานและผลสรุปลักษณะการเพาะปลูกและลักษณะการส่งน้ำประจำสัปดาห์ ซึ่งรวบรวมด้วยคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์
- การประเมินผลปริมาณน้ำที่ต้องการจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของพืชและข้อมูลฝนที่ "ตรงเวลา"
- การประเมินความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำแต่ละสัปดาห์ โดยรวมถึง side flow ที่ควบคุมไม่ได้ที่เกิดขึ้นท้ายอ่าง
- แนวทางการจัดสรรน้ำประจำสับดาห์ให้แก่ประตูระบายที่สำคัญ 76 แห่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ผู้ใช้น้ำต้องการ

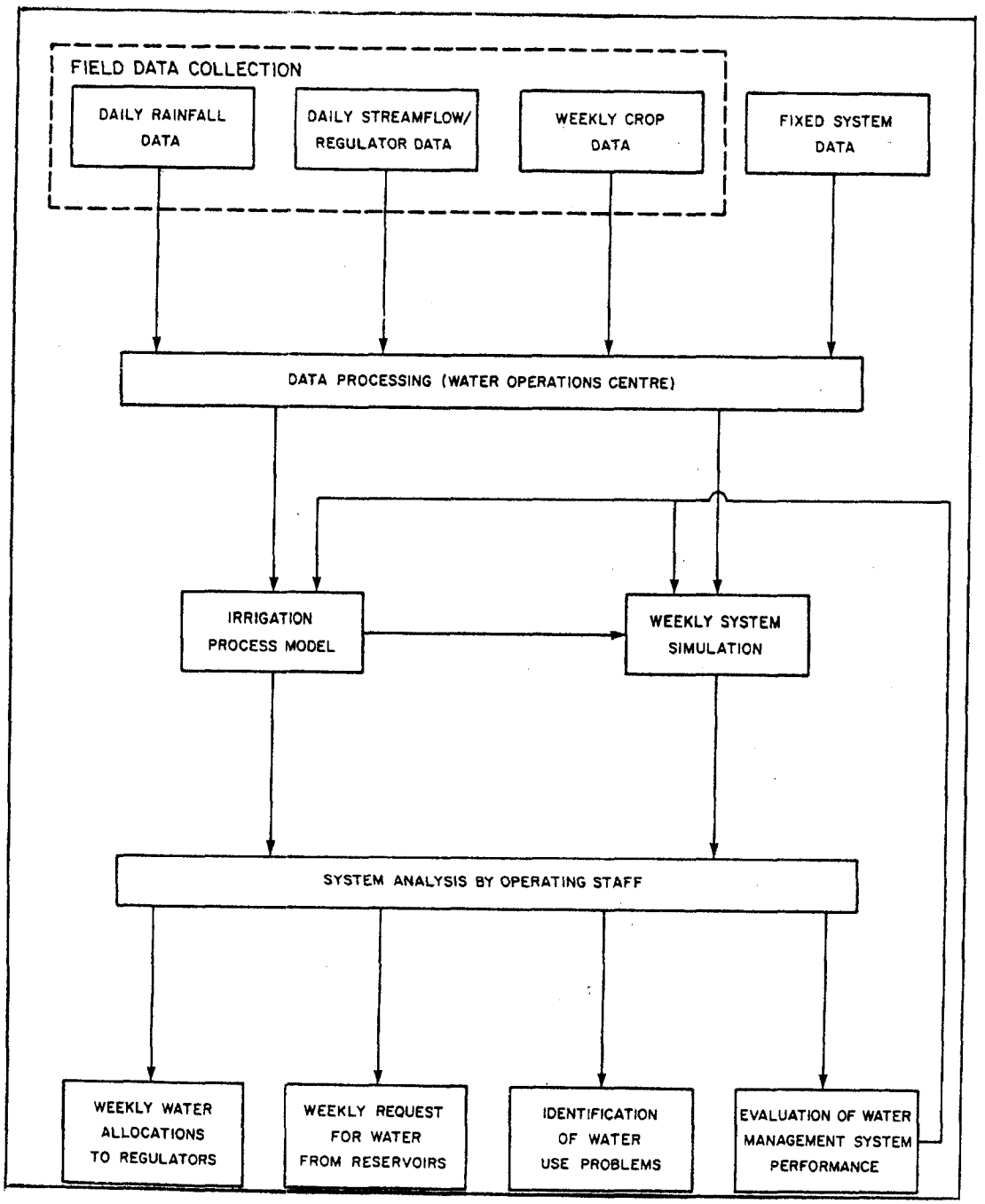
แนวทางของ WMS พื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณของ WMS ที่ต้องการส่งน้ำชลประทานให้เรียกว่า "บล๊อค" คำจำกัดความของบล๊อคในระบบชลประทานคล้ายๆ กับขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแต่ละโครงการอาจประกอบด้วยพื้นที่ 1 ถึง 6 บล๊อค ในขณะที่ศึกษามีอยู่ 106 บล๊อค ใน WMS ซึ่งข้อกำหนดของ WMS ดังแสดงในรูปที่ 5-7

ในแต่ละวันต้องรวบรวมข้อมูลฝน ซึ่งมีอยู่ประมาณ 300 สถานี ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โครงการต่างๆ จะส่งข้อมูลน้ำฝนเหล่านี้ให้ฝ่ายจัดสรรน้ำในกรุงเทพฯ โดยทางวิทยุ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำในลำน้ำ ระดับน้ำ การปิดเปิดประตูระบายและปริมาณน้ำที่ผ่านดำเนินการเช่นเดียวกัน ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรวบรวมประจำสัปดาห์ตีจะเกิดการเสียหาย เพราะขาดน้ำรที่รับผิดชอบ แล้วส่งทางวิทยุให้ฝ่ายจัดสรรน้ำเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์

สำหรับ Irrigation process model ใช้คำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการตามทฤษฎี return flow ที่คาดว่าจะมีในแต่ละบล๊อคประจำสัปดาห์ การคำนวณขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ฝนที่ตกจริงหรือคาดว่าจะตก และประมาณการสูญเสียน้ำระหว่างทางและการสูญเสียน้ำอื่นๆ

การ operate อ่างเก็บน้ำ คลองและอาคารควบคุมน้ำจำลองด้วย System simulation model แต่ละสัปดาห์ แบบจำลองรวมถึงกรรมวิธีในการ operate ที่ยุ่งยาก การจัดลำดับความสำคัญและตัวบังคับในระบบ และหาความต้องการน้ำที่แต่ละประตูระบาย และปริมาณน้ำที่ต้องการปล่อยจากอ่าง นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึงความต้องการทางชลประทาน และ return flow ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อกิจการอื่น และความสัมพันธ์ระหว่างการใช้น้ำในแต่ละกิจการ

Channel storage คือ ที่เก็บน้ำขนาดเล็กในระบบชลประทานที่เก็บน้ำบนพื้นที่เพาะปลูกได้มากพอที่จะทำให้สามารถจัดสรรน้ำสัปดาห์ละครั้งได้ ซึ่งทำให้ยืดหยุ่นเพียงพอในการยอมให้ operate โรงจักรไฟฟ้า



รูปที่ 5-7 ข้อกำหนดในการศึกษา water management system (WMS)

พลังน้ำเป็นรายชั่วโมงได้ตามความต้องการของระบบไฟฟ้า ระยะเวลาที่น้ำเดินทางจากอ่างเก็บน้ำถึงพื้นที่เพาะปลูกท้ายน้ำเป็นข้อจำกัด แต่ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำต้องพิจารณาล่วงหน้า 1 สัปดาห์ ดังนั้น ในทางปฏิบัติ การจัดระบบจึงต้อง operate ด้วย 4 ช่วงสัปดาห์ ซึ่งประกอบด้วย สัปดาห์ที่แล้ว, สัปดาห์ปัจจุบัน, สัปดาห์หน้า และสัปดาห์ถัดไป การคำนวณสำหรับสัปดาห์ที่แล้วใช้ตรวจสอบการ operate ระบบและหาปัญหาในการ operate ส่วนสัปดาห์หน้าและสัปดาห์ถัดไปใช้เพื่อหาปริมาณน้ำที่จะจัดสรรให้ที่แต่ละประตูระบายและการขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำตามลำดับ

รายละเอียดของ WMS ประกอบด้วย

5.4.1 การรวบรวม การส่ง และการเก็บข้อมูล

ฝน รวบรวมข้อมูลฝนประจำวัน ประมาณ 300 สถานี โดยเจ้าหน้าที่ของกรมชล ประทาน ในท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในทุ่งราบภาคกลาง ซึ่งจะส่งไปให้แต่ละโครงการทางโทรศัพท์หรือด้วยรถมอเตอร์ไซด์ แล้วทางโครงการจะจัดส่งไปให้ฝ่ายจัดสรรน้ำในกรุงเทพฯ โดยทางวิทยุ และข้อมูลในแต่ละวันนี้ถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่เก็บไว้แต่ละครั้งเป็นเวลาติดต่อกัน 21 วัน ข้อมูลวันใหม่จะไปแทนข้อมูลวันที่เก่ามากที่สุด

แต่ละสัปดาห์ มีรายงานสรุป 2 ฉบับคือ

- คำนวณฝนประจำวันแต่ละโครงการ และผลสรุปนี้จะถูกส่งกลับไปยังโครงการเพื่อเก็บรักษาไว้
- ผลสรุปของฝนเฉลี่ยประจำวันของพื้นที่แต่ละบล๊อค ผลสรุปนี้สามารถหาได้ไม่ว่าวันใดที่มีข้อมูลอยู่ และสามารถใช้ดูการกระจายของฝน ผลลัพธ์เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ใน Irrigation process model เพื่อใช้คำนวณความต้องการน้ำของพืช ฝนเฉลี่ยหาโดยวิธี Theissen polygon

น้ำท่า รวบรวมข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำประจำวัน จำนวน 55 สถานี และระดับน้ำเหนือน้ำ ท้ายน้ำ และปริมาณน้ำของประตูระบาย 86 แห่ง การส่งข้อมูลเช่นเดียวกับข้อมูลฝน และมีรายงานผลสรุปประจำสัปดาห์ เพื่อเก็บไว้ใช้งาน ข้อมูลนี้ใช้ในการทำนาย side flow ที่เข้ามาในพื้นที่ชลประทาน และใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานของระบบชลประทาน

ข้อมูลพืช โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแบ่งออกเป็นโซน แต่ละโซนมีพื้นที่ส่งน้ำประมาณ 10,000 ไร่ โดยทั่วไปพื้นที่เพาะปลูก 6 โซน รวมเป็นบล๊อคโดยประมาณ การกระจายน้ำและการรวบรวมข้อมูลเป็นหน้าที่ของโซนแมน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน และอยู่ภายใต้การควบคุมของนายช่างหัวหน้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ทุกวันศุกร์โซนแมนจะออกรวบรวมข้อมูลการเพาะปลูกในโซนที่รับผิดชอบ แล้วรายงานการปลูกพืชและกิจกรรมของแต่ละขั้นตอนในการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด มีพืชอยู่ 12 ชนิด ซึ่งแบ่งตามลักษณะการใช้น้ำ และมี 5 ขั้นตอนของการเพาะปลูก เช่นการเตรียมแปลง ตกกล้า ปักดำหรือหว่าน เสียหายหรือเก็บเกี่ยว ในเวลาเดียวกันโซนแมนต้องรายงานลักษณะของดินบนแปลงเพาะปลูกเช่น เปียก, ปกติ หรือแห้ง เป็นต้น

นำข้อมูลทั้งหมดนี้ส่งให้โครงการซึ่งจะรวบรวมข้อมูลเป็นบล๊อค แล้วส่งให้งานจัดสรรน้ำ ข้อมูลประจำสัปดาห์เหล่านี้ถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ สำหรับข้าวและพืชไร่ ข้อมูลสะสมประจำสัปดาห์ของแต่ละกิจกรรมจะถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ สำหรับพืชอื่น (เช่น อ้อย, ผักต่างๆ, ไม้ยืนต้น, บ่อปลา) เก็บไว้เฉพาะข้อมูลจริง

ข้อมูลพืชดังกล่าวใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการในแต่ละบล๊อครวม 106 บล๊อค การประเมินความเปียก-แห้ง ในแปลงเพาะปลูกใช้ปรับระดับความจุในแปลงเพาะปลูก เพื่อช่วยในการคำนวณ effective rainfall

5.4.2 Irrigation Demand Calculation

การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานในแต่ละสัปดาห์ โดยใช้เครื่องคอม พิวเตอร์ด้วย "Irrigation process model" เพื่อประมาณความต้องการน้ำชลประทานในแต่ละบล๊อคและ return flow ที่คาดว่าจะมีเมื่อมีการส่งน้ำ นำข้อมูลจริงในสนามมาคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำตรงกับเวลาที่พืชต้องการ

Irrigation demand (D) ประกอบด้วยค่าต่างๆ 4 ค่าคือ

$$D = I_G + I_{LP} + I_N + P$$

I_G คือปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการสำหรับการปลูกพืช consumptive use ของพืชคำนวณมาจากค่า potential evapotranspiration โดยวิธีของ Penman กับค่า weighted crop coefficient ซึ่งปรับทุกสัปดาห์สำหรับพืชแต่ละบล๊อค จากข้อมูลพืชซึ่งเก็บไว้ใน computer files ค่า consumptive use นี้หักออกด้วย effective rainfall ค่าปริมาณน้ำจริงที่คำนวณได้หารด้วยประสิทธิภาพการส่งน้ำไปให้บล๊อคจะได้ค่า I_G โดยประสิทธิภาพชลประทานหาเช่นเดียวกับบทที่ 2

I_{LP} คือปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการสำหรับการเตรียมแปลงก่อนปักดำ ปริมาณน้ำนี้รวมถึงปริมาณน้ำซึ่งทำให้ดินซึ่งแห้งแตกเป็นรูอิ่มตัวด้วยน้ำ และความลึกของน้ำสำหรับปักดำ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการคำนวณได้มาจากข้อมูลที่วัดในสนามในพื้นที่ทดลอง

I_N คือปริมาณน้ำที่ต้องการบนพื้นที่สำหรับตกกล้า วิธีหาเช่นเดียวกับการหาค่า I_G เว้นแต่ว่าใช้ค่า crop coefficient คงที่ ปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้ามีไม่มาก และมีเฉพาะในพื้นทีที่เพาะปลูกโดยวิธีปักดำ

P คือปริมาณการรั่วซึมที่ต้องการ จากการวัดค่าจริงในสนามทั้งในพื้นที่ชลประทานในลุ่มเจ้าพระยา-แม่กลอง พบว่า การรั่วซึมมีค่าน้อย ดังนั้น ค่าความสูญเสียจากการรั่วซึม จึงไม่ได้แยกออกจากค่าความสูญเสียอย่างอื่นและได้ประมาณให้รวมเป็นส่วนหนึ่งของประสิทธิภาพชลประทาน

การที่จะคิด return flow ให้ละเอียดเพื่อคำนวณหาความสมดุลย์ของปริมาณน้ำชลประทานมีความสำคัญเพราะว่า return flow เกือบทั้งหมดนำไปใช้ได้อีก ในการคำนวณ irrigation demand (D) return flow ตามทฤษฎีสามารถคำนวณให้ง่ายขึ้นโดยการคำนวณความสมดุลย์ของน้ำในพื้นที่แต่ละบล๊อค ค่าทางทฤษฎีปรับเป็นค่าใช้งาน ซึ่งเรียกว่า "return flow factor" องค์ประกอบนี้แทนเปอร์เซนต์ของ return flow ตามทฤษฎี ซึ่งจะเหลือลงสู่ระบบระบายน้ำ ณ ระดับหนึ่งของอายุพืช ซึ่งหาจากการวัดในพื้นที่ตัวแทนที่เลือกขึ้นในสนาม

5.4.3 Water-use Simulation Model

แบบจำลองนี้ใช้คำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในแม่น้ำและระบบคลองกระจายน้ำจนถึง ระดับคลองส่งน้ำสายหลักประจำสัปดาห์ เพื่อหาความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำและที่ประตูระบายสำคัญ ๆ

1) โครงสร้างของแบบจำลอง

ส่วนประกอบขั้นต้นต่างๆ ของแบบจำลองแทนลักษณะทางคณิตศาสตร์ของ คุณสมบัติทางฟิสิกส์และการ operate องค์ประกอบต่างๆ ทางชลประทานอย่างแท้จริง ซึ่งประกอบด้วย

1.1) Irrigation blocks ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานและ return flows ของพื้นที่แต่ละบล๊อค คำนวณได้โดยใช้ irrigation process model

1.2) Side flow side flow ที่ไม่สำคัญหรือปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ระบบชลประทานโดยตรง ประมาณโดยอาศัยการวัดปริมาณน้ำในสัปดาห์ที่ผ่านมา ส่วน side flow ที่สำคัญซึ่งไหลมาจากพื้นที่ ๆไม่ได้ควบคุมระหว่างอ่างเก็บน้ำที่สำคัญและนครสวรรค์, แม่น้ำป่าสัก ทำนายได้โดยอาศัยปริมาณน้ำและฝนที่เกิดขึ้นก่อน

1.3) Water losses ปริมาณน้ำที่ส่งให้เพื่อการประปาแก่การประปานครหลวงในกรุงเทพฯ อยู่ในข้อนี้ ซึ่งได้ดึงน้ำออกจากระบบด้วยอัตราเกือบคงที่

1.4) Flow constraints คือปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการคมนาคมทางน้ำ firm hydroelectric generation เป็นต้น

1.5) Regulating structures เป็นปริมาณน้ำที่สามารถผ่านประตูระบายแต่ละแห่ง และความจุของคลองแต่ละสายเพื่อเป็นข้อกำหนดที่เป็นไปได้ในการส่งน้ำ

1.6) Check storages เป็นความจุในระบบที่เกิดจากการ operate ประตูระบายในระบบระบายน้ำหลักซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับการปลูกข้าวฟางลอย โดยวิธีหว่าน ซึ่งได้เก็บกักน้ำไว้ลึก 1-2 เมตร เหนือประตูระบาย return flows จากพื้นที่นี้และพื้นที่ตอนเหนือจึงถูกเก็บกักไว้ ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ทางท้ายน้ำได้จนกระทั่งมีการระบายน้ำออกจากประตูระบายดังกล่าว

1.7) Supply points จุดที่น้ำไหลเข้ามาในระบบชลประทาน รวมทั้งสถานีสูบน้ำต้องอยู่ ณ ตำแหน่งที่ถูกต้องในแบบจำลอง

รายละเอียดโครงสร้างแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 4-12

2.) วิธีการคำนวณ

การ operate ในระบบยุ่งยาก เพราะว่าในทางปฏิบัติผันแปรจากโครงการหนึ่งไปสู่อีกโครงการหนึ่ง วิธีการของ simulation model ใช้เทคนิคของ optimization เข้ากับความสามารถของ flow network ซึ่งเรียกว่า "The out-of-kilter algorithm" วิธีการของวิธีนี้มีข้อดีที่เด่นชัดอยู่ 2 ประการ คือ

2.1) โครงสร้างของระบบประกอบเป็นส่วนของ basic input และแล้วเปลี่ยนเป็น system structure ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน mathematical model

2.2) การจัดลำดับความสำคัญในการ operate ระบบทำได้โดยใส่ในข้อมูลที่ execution time และสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน mathematical model

5.4.4 Schedule of Weekly Runs

WMS ใช้ทำหน้าที่ที่สำคัญ 2 ประการ คือ ตรวจสอบการใช้น้ำในแม่น้ำ และในระบบชลประทาน กับใช้ทำนายความต้องการน้ำในระบบในสัปดาห์ที่จะถึง เพื่อให้เป็นไปตามหน้าที่ดังกล่าวแล้ว การ operate ในแต่ละช่วงเวลามีดังนี้

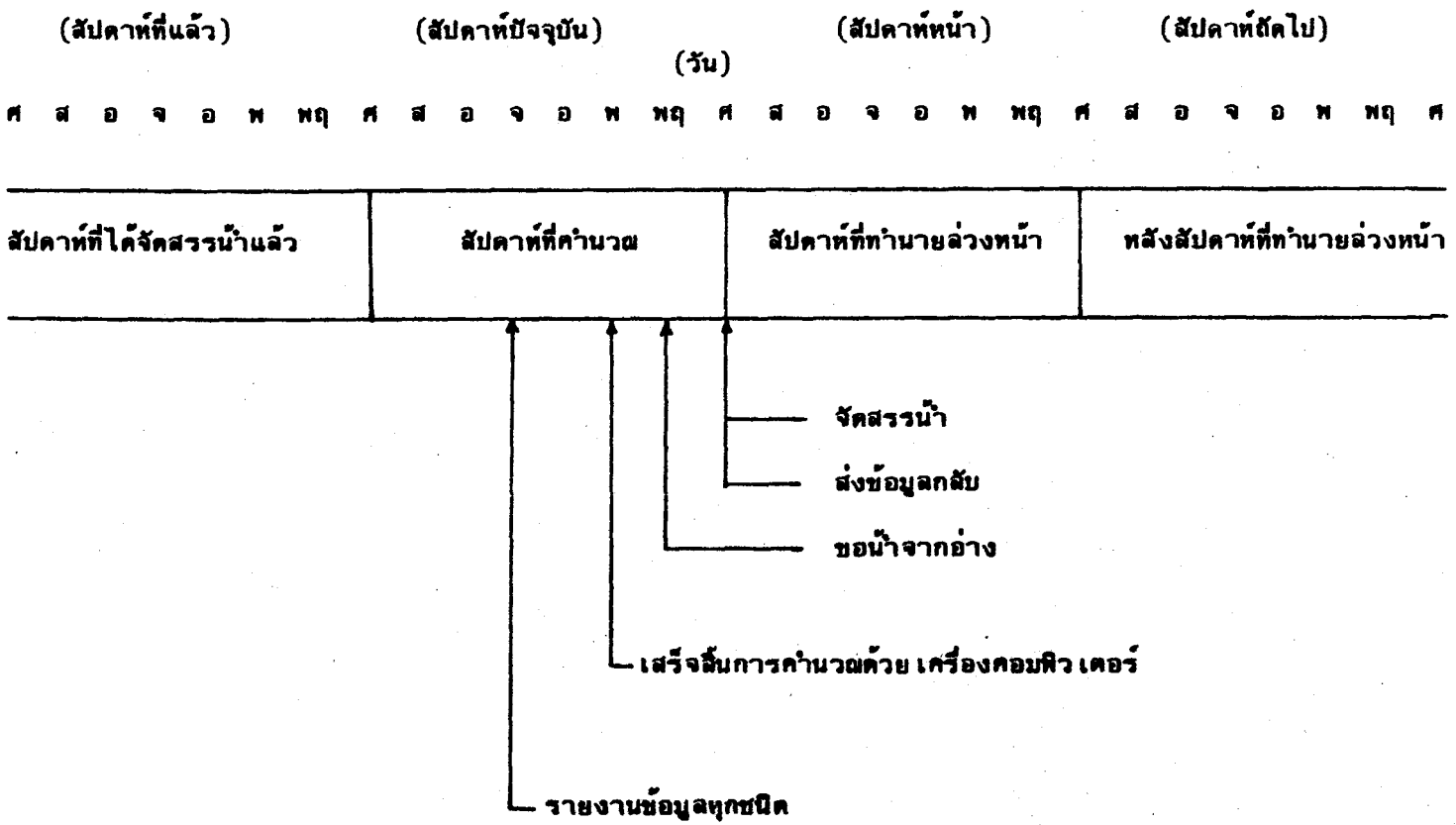
รายละเอียดแสดงตารางเวลาของการคำนวณประจำสัปดาห์ ในศูนย์จัดสรรน้ำเป็นการแสดงเค้าโครงของเวลา-สัปดาห์ที่คำนวณเป็นเวลาปัจจุบัน สัปดาห์ที่ได้จัดสรรน้ำเป็นสัปดาห์ที่ผ่านมา ฯลฯ รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5-8 ซึ่งประกอบด้วย

1) สัปดาห์ที่ทำการคำนวณ เป็นเวลาปัจจุบัน ข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลปริมาณน้ำ จะเป็นข้อมูลจนถึงวันอังคารของสัปดาห์ และข้อมูลพืชสำหรับสัปดาห์ก่อน (สัปดาห์ที่ได้จัดสรรน้ำแล้ว) จะรายงานเข้าไปยังศูนย์ฯ ภายในวันจันทร์ตอนบ่ายของสัปดาห์ที่คำนวณ การคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 3 ครั้งของ WMS คือตั้งแต่วันอังคารถึงวันพฤหัสบดี การคำนวณแต่ละครั้งสำหรับสัปดาห์ที่จัดสรรน้ำ, สัปดาห์ที่ทำนายล่วงหน้า, และสัปดาห์หลังสัปดาห์ที่ทำนายล่วงหน้า

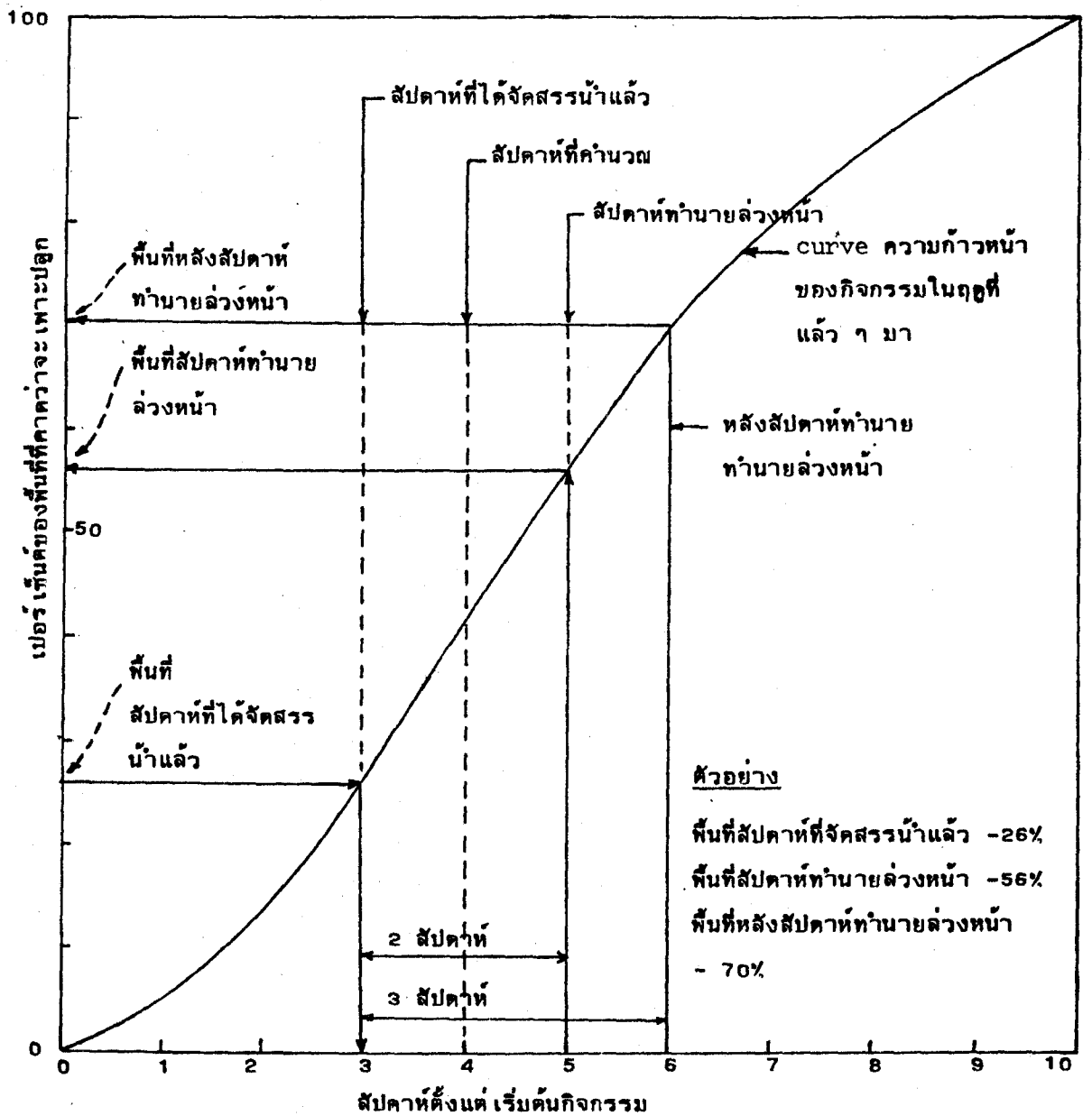
2) สัปดาห์ที่จัดสรรน้ำ เป็นระยะเวลา 7 วัน (วันเสาร์ถึงวันศุกร์) ก่อนสัปดาห์ที่ทำการคำนวณ ผลของ WMS ในสัปดาห์นี้ใช้ตรวจสอบน้ำที่จัดสรรแล้วในระบบชลประทาน สำหรับสัปดาห์นี้ใช้แต่เพียงข้อมูลจากพื้นที่เพาะปลูก, ฝน และ side flow ในการคำนวณ จึงทำให้เกิดการเปรียบเทียบได้คือ

2.1) ปริมาณน้ำที่คำนวณได้ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ทำนายล่วงหน้า (โดยใช้ปริมาณน้ำที่จัดสรรเปรียบเทียบกับเมื่อเป็นสัปดาห์ที่ทำนายล่วงหน้า) การเปรียบเทียบนี้เป็นประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องในการทำนาย

2.2) การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการในสัปดาห์ สามารถเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้จริงเป็นเครื่องช่วยในการตรวจสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และใช้ในการตรวจสอบระบบในการจัดสรรน้ำของศูนย์ฯ



รูปที่ 5-8 ตารางเวลาการคำนวณประจำสัปดาห์ของ WMS



หมายเหตุ :

กิจกรรมที่คาดว่าจะเกิดถูกปรับปรุงด้วยกราฟทุกสัปดาห์ด้วยพื้นที่สัปดาห์ที่จัดสรรน้ำแล้ว

รูปที่ 5-9 วิธีการทำนายล่วงหน้า

2.3) จากผลการตรวจสอบรายละเอียดทำให้เจ้าหน้าที่ของศูนย์ฯ สามารถทราบปัญหาในระบบ เช่นการใช้น้ำมาก หรือตรวจสอบปริมาณน้ำผ่านอาคารให้ถูกต้อง รายละเอียดของแต่ละสัปดาห์ที่คำนวณประกอบด้วย

2.3.1) สัปดาห์ทำนายล่วงหน้า เป็นสัปดาห์ถัดจากสัปดาห์ที่คำนวณ WMS คำนวณหาปริมาณน้ำที่ประตูระบายหลักในระบบการชลประทาน การคำนวณขึ้นอยู่กับการทำนายพื้นที่เพาะปลูกล่วงหน้า ซึ่งได้ต่อออกไปจากข้อมูลที่ได้ในสัปดาห์ที่จัดสรรน้ำ กับสถิติข้อมูลการเพาะปลูกในแต่ละโครงการชลประทาน ฝนที่ใช้ในการคำนวณใช้ค่า long-term average และ side flow ที่ไม่ได้ควบคุม. ทำนายจากค่าความสัมพันธ์ของ side flow ที่ทราบค่าและฝน

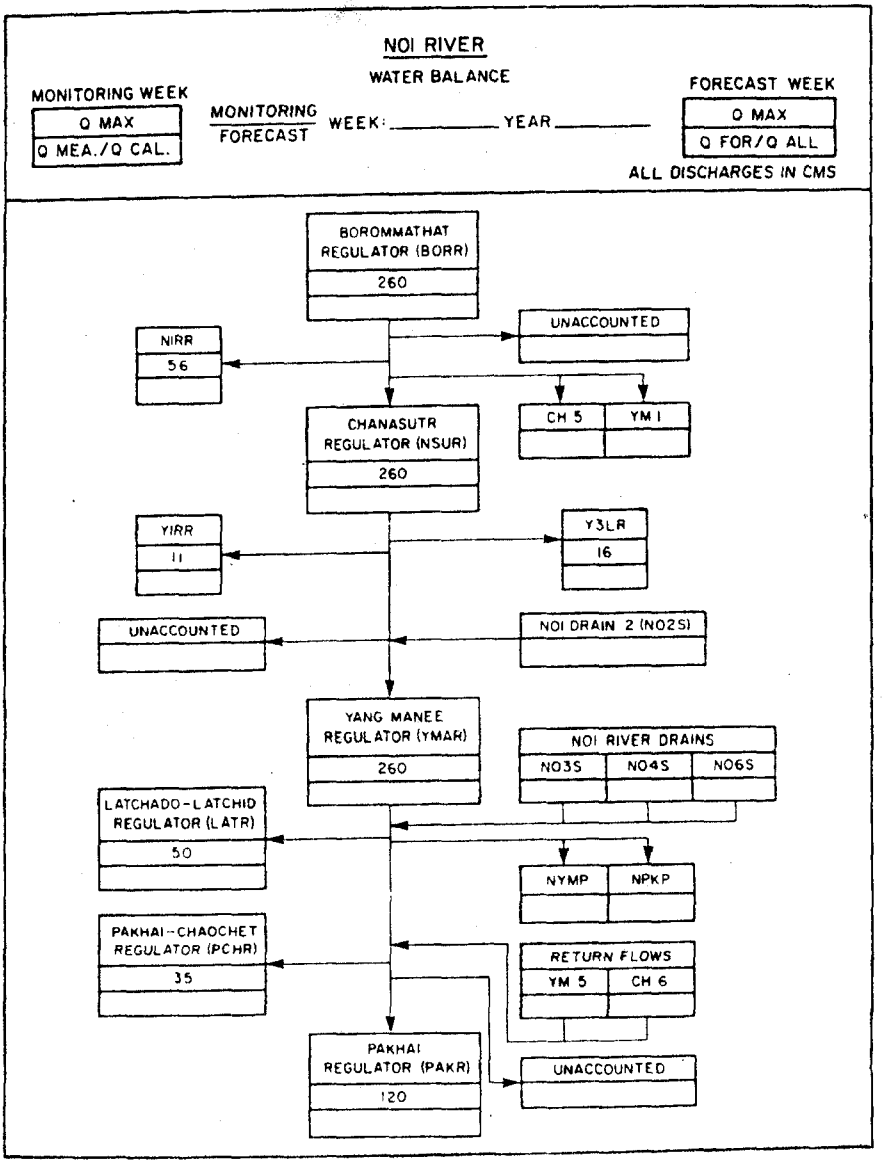
2.3.2) สัปดาห์หลังสัปดาห์ที่นำนายล่วงหน้า เป็นสัปดาห์ที่สองถัดจากสัปดาห์ที่ทำการคำนวณ หรือเป็นสัปดาห์ถัดจากสัปดาห์ที่ทำนาย เพราะว่าต้องใช้เวลา 5 วัน ในระบบส่งน้ำจากเวลาที่น้ำปล่อยออกจากเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสริกิติ์ ถึงระยะเวลาที่น้ำเข้าสู่ทุ่งราบภาคกลาง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขอให้ระบายน้ำจากอ่างตามความต้องการเพื่อการชลประทานในสัปดาห์หลัง สัปดาห์ที่ทำนายล่วงหน้า WMS ใช้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกที่คาดคะเนต่อออกไป long-term average ของฝน, และการทำนาย side flow ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับสัปดาห์นี้

5.4.5 การแปรผลลัพท์และการจัดสรรน้ำ

งานที่สำคัญที่สุดในการวางแผนการใช้งานของ WMS คือการแปลผลลัพธ์ที่ออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผู้ควบคุมการคำนวณ และพร้อมกันนั้นก็ส่งคำสั่งไปยังประตูระบายหลัก การแปลผลลัพธ์เริ่มต้นด้วยการรวบรวม water balance ระหว่างประตูระบายหลัก โดยใช้ข้อมูลทั้งค่าที่ได้จัดสรรน้ำแล้ว และค่าทำนายล่วงหน้า รูปที่ 5-10 และ 5-11 แสดงตัวอย่างแบบฟอร์มผลสรุปของ water balance ที่ใช้สำหรับแปลผลลัพธ์

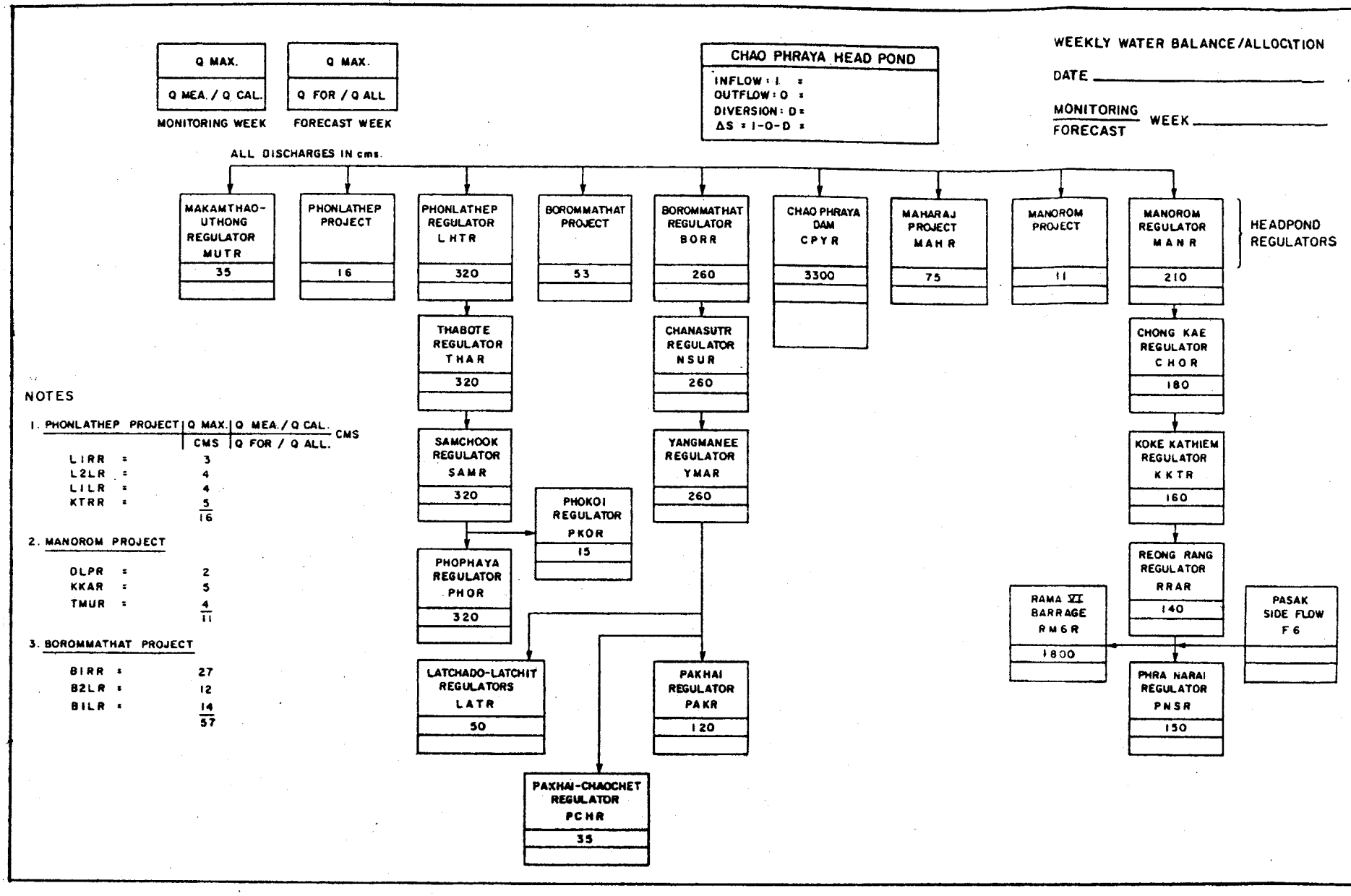
การทบทวน water balance ก็เพื่อจุดประสงค์ 4 ประการคือ

1) ช่วยชี้ให้เห็นปัญหา เช่น ใช้น้ำมากเกินไป หรือการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารไม่ถูกต้อง
2) ช่วยตรวจสอบ WMS
3) ช่วยตรวจสอบความถูกต้องในการทำนาย
4) ให้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อประกอบการตัดสินปัญหาในการจัดสรรน้ำในสัปดาห์ทำนายล่วงหน้า



รูปที่ 5-10 ตัวอย่างการรายงานความสมดุลย์ของปริมาณน้ำในลุ่มน้ำน้อย

ขั้นที่สอง การวางแผนประจำสัปดาห์ เป็นการทบทวนผลสรุปความต้องการน้ำ จากอ่าง ซึ่งจะเป็นการชี้ให้เห็นว่าจากการปล่อยน้ำจริงในสัปดาห์ที่ผ่านมา จะทำให้เกิดการขาดน้ำหรือน้ำมากเกินไป การที่ทราบล่วงหน้าว่าน้ำขาดหรือมีน้ำมากเกินไป ทำให้ผู้ที่ทำหน้าที่จัดสรรสามารถปรับบานประตูระบายได้ทัน ถ้าคาดว่าจะมีน้ำมากเกินไป ควรผันน้ำไปเก็บไว้ในพื้นที่ที่รายงานลักษณะแปลงนาว่าแห้งหรือปกติ ถ้าคาดว่าจะขาดน้ำควรกระจายการขาดน้ำไปตามประตูระบายต่างๆ โดยอาศัยการรายงานความเปียก-แห้งบนลักษณะแปลงนาประกอบการกระจายน้ำ



NOTES

1. PHONLATHEP PROJECT | Q MAX. CMS | Q MEA. / Q CAL. CMS / Q FOR / Q ALL.

L1RR	=	3
L2LR	=	4
L1LR	=	4
KTRR	=	5
		16

2. MANOROM PROJECT

DLPR	=	2
KKAR	=	5
TMUR	=	4
		11

3. BOROMMATHAT PROJECT

B1RR	=	27
B2LR	=	12
B1LR	=	14
		57

รูปที่ 5-11 สรุปรายงานความสมดุลย์ของน้ำประจำสัปดาห์ระหว่าง ปตร. ที่สำคัญ

การปรับการจัดสรรน้ำสามารถทำได้โดยใช้รายงานข้อมูลฝนประจำวัน ซึ่งได้มาจากผลสรุปของ weighted rainfall ถ้าการกระจายของฝนบนพื้นที่เพาะปลูกไม่สม่ำเสมอ ควรปรับการจัดสรรน้ำโดยใช้ฝนให้เป็นประโยชน์

5.4.6 กิจกรรมที่สนับสนุน WMS

เนื่องจาก WMS เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการ operate โดยฝ่ายจัดสรรน้ำ ส่วนต่างๆ ซึ่งสนับสนุน WMS ซึ่งได้แก่ การวางแผนการปลูกพืชฤดูแล้ง, structure calibration, flow monitoring และการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่

1) การวางแผนปลูกพืชฤดูแล้ง

องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เพิ่มปริมาณน้ำในการปลูกข้าวฤดูแล้งคือ

1.1) ชาวนาในเขตชลประทานซึ่งเคยแต่ปลูกข้าวฤดูฝน เห็นชาวนาอื่นปลูกข้าวพันธุ์ กข. ในฤดูแล้ง ซึ่งได้ผลผลิตสูงกว่า จึงต้องการปลูกด้วย โดยเฉพาะเมื่อราคาข้าวสูง

1.2) พื้นที่ผืนใหญ่ในโครงการพิษณุโลก ได้พัฒนาการชลประทานแล้วเสร็จทำให้ปัญหาในการขาดน้ำสำหรับปลูกข้าวฤดูแล้งเพิ่มมากขึ้น

ปริมาณน้ำที่พอสำหรับการปลูกข้าวในฤดูแล้งผันแปรในแต่ละปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง และนโยบายในการ operate อ่างเก็บน้ำในระยะยาว ถ้าไม่มีการวางแผนที่ดี ปริมาณน้ำที่ต้องการจะมากกว่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ การควบคุมความต้องการน้ำในการปลูกข้าวฤดูแล้ง ซึ่งเรียกว่า "Dry season area reduction" (DSAR) ซึ่งเสนอแนะโดยบริษัท Acres วิธีนี้ได้จำกัดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในแต่ละปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เก็บได้ในอ่างเก็บน้ำที่เริ่มต้นการเพาะปลูกฤดูแล้ง การกำหนดพื้นที่เพาะปลูกดังกล่าวแล้วทำได้ยากเพราะ

- การตัดสินใจเกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในแต่ละจังหวัด ว่าจะเป็นเท่าใด ส่วนหนึ่งเป็นปัญหาทางการเมือง
- เมื่อได้กำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งไปแล้ว ไม่ว่าชาวนาจะเพาะปลูกเท่าใดก็ตามจะต้องส่งน้ำให้
- ในระบบการส่งน้ำ (นอกเขตจัดรูปที่ดิน) ส่วนหนึ่งขาดงบประมาณในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม

2) Structure Calibration

รายละเอียดของ structure calibration ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1

3) Flow Monitoring

Flow monitoring เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งไปให้และ return flows ออกจากพื้นที่ซึ่งมีข้อมูลการปลูกพืชที่สมบูรณ์ เป็นประจำสัปดาห์ การวัดปริมาณน้ำเป็นส่วนหนึ่งที่ให้ WMS ประสบความสำเร็จ เพราะว่าเกี่ยวข้องกับการคำนวณและการวัดในสนาม การวัดปริมาณน้ำมีความจำเป็นเพื่อ

- ตรวจสอบ WMS
- ให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่นำไปใช้กับ WMS
- หาสาเหตุความขัดแย้งของ water balance ที่ได้จาก WMS

4) การฝึกอบรม

WMS จะประสบความสำเร็จได้ ควรจะได้มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกระดับ โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานในสนาม เมื่อได้ทำการฝึกอบรมที่ถูกแนวทางแล้ว จะทำให้วิศวกรใหม่เห็นความสำคัญ และเห็นความก้าวหน้าเกี่ยวกับงานด้าน water managment

5.4.7 สรุป

1) จากผลของ WMS จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการชลประทานในแต่ละบล๊อค ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางขั้นต้น เพื่อประกอบการพิจารณาในการเลือกพื้นที่เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

2) จาก WMS จะเห็นว่าควรหาแนวทางเพื่อปรับปรุงวิธีการทำนาย side flow เพราะจะทำให้ลดการขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้อีก

3) WMS ให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนลุ่มน้ำระยะยาว

4) ทำให้ operate ระบบด้วยความต้องการน้ำของพืชจริง เพราะได้นำการใช้น้ำทุกชนิดมารวมไว้ใน WMS

5) หลังจากที่ได้ใช้ WMS ไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง จึงสามารถนำข้อมูลที่ได้จาก WMS ไปปรับการศึกษาการใช้น้ำในข้อ 4-4 ได้

5.5 สรุป

5.5.1 สรุปการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ของโครงการน้ำอูน มีดังนี้

1) การคิดปริมาณฝนใช้การ คิดเฉพาะฝนที่ตกลงบนพื้นที่ที่มีกิจกรรม จึงทำให้ปริมาณฝนใช้การน้อยกว่าความเป็นจริง เพราะฝนที่ตกลงบนพื้นที่จะเริ่มกิจกรรมในสัปดาห์ถัดไป ถ้ามีปริมาณมาก ก็จะมีความชื้นเหลือไปถึงสัปดาห์ที่เริ่มกิจกรรม

2) เนื่องจากข้าวที่เพาะปลูกในโครงการน้ำอูนส่วนใหญ่เป็นข้าวพันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไวต่อแสง ฉะนั้น ข้าวที่ปักดำในปลายเดือนมิถุนายน และปลายเดือนสิงหาคม ซึ่งมีเวลาปักดำห่างกันประมาณ 2 เดือน แต่เวลาเก็บเกี่ยวจะห่างกันไม่เกิน 1 เดือน ฉะนั้นสัมประสิทธิ์พืชของข้าว 2 กลุ่มนี้จึงแตกต่างกัน ซึ่งได้เสนอแนะให้ทำการวิจัยเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์พืชของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เพาะปลูกฤดูฝนไว้แล้วในบทที่ 2 เพราะข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีเพาะปลูกในโครงการชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายแห่ง

3) การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ที่ปฏิบัติจริงในสนาม มีปัญหาหลายประการ เช่น ปริมาณฝนที่ตกอาจไม่ครอบคลุมเต็มพื้นที่ที่แบ่ง ซึ่งถ้าเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้นซ้ำกันหลายครั้ง อาจจำเป็นต้องเพิ่มสถานีวัดน้ำฝน ปัญหาการเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ฝนใช้การ ฯลฯ อย่างไรก็ตามถ้าได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้แล้ว ก็สามารถจะแก้ปัญหาได้ ซึ่งช่วงเวลาที่วางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าที่ยากคือ ช่วงเตรียมแปลงซึ่งไม่ยาวมากนัก เมื่อดำเนินงานในปีถัดไปปัญหาต่างๆ ก็จะลดลงตามจำนวนปีที่ดำเนินงานวางแผนด้วย

4) การวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ที่ปฏิบัติจริงในสนามและเขียนเป็นรายงานออกมาหายาก จากตัวอย่างของโครงการน้ำอูนที่ยกมาอธิบายนี้ ปริมาณน้ำที่ส่งจริงควรจะใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่พยากรณ์โดยเฉพาะหลังจากที่เริ่มส่งน้ำแล้ว จะแตกต่างกันก็เฉพาะความผิดพลาดในการปรับบานประตูต่างๆ ในระบบส่งน้ำที่จะให้ได้ปริมาณน้ำเท่าที่คำนวณได้นั้นยากมากและใช้เวลานาน การที่จะทำให้ได้ตามที่กล่าวนี้จะต้องแก้ปัญหาในข้อ 3) ให้ได้เกือบทุกปัญหาโดยจะต้องออกไปแก้ปัญหาในสนามจริงๆ ทุกสัปดาห์

5.5.2 สรุปการวางแผนจัดสรรน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ของโครงการเจ้าพระยา มีดังนี้

1) การวางแผนการจัดสรรน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ในฤดูแล้ง พื้นที่เพาะปลูกปลายระบบส่งน้ำหรือพื้นที่ราบลุ่มบริเวณ จ.ปทุมธานี จ.นนทบุรี และกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่เป็นโครงการชลประทานประเภทเก็บกักรักษาน้ำ (water conservation) โดยชาวนาสูบน้ำจากระบบส่งน้ำไปใช้ในการเพาะปลูก

ในปลายฤดูฝนชาวนาจะใช้น้ำที่เหลือจากฤดูฝนเพื่อใช้เตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว ในช่วงแรกนี้ถึงแม้จะไม่ส่งน้ำให้ชาวนาก็เพาะปลูกได้ ในช่วงกลางฤดูเพาะปลูกหรือประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ พื้นที่เพาะปลูกตอนบนซึ่งรับน้ำโดย gravity จะเริ่มเพาะปลูกข้าวนาปรัง ฉะนั้น เมื่อพื้นที่เพาะปลูกตอนบนเริ่มเพาะปลูกจะส่งน้ำมาให้พื้นที่เพาะปลูกตอนล่างยากหรือไม่สามารถส่งมาให้ได้เลย ถ้าพื้นที่ตอนล่างเพาะปลูกมากก็จะเกิดการเสียหาย เพราะขาดน้ำ พื้นที่เพาะปลูกทุ่งฝั่งตะวันตกตอนล่างมีปัญหาน้อยกว่าพื้นที่เพาะปลูกฝั่งตะวันออกตอนล่าง เพราะสามารถรับน้ำเข้าทางแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสุพรรณได้ และยังมีน้ำที่ผันมาจากลุ่มน้ำแม่กลองด้วย ส่วนแม่น้ำบางปะกง โดยเกณฑ์เฉลี่ยประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์น้ำเต็มจะขึ้นถึงประตูระบายบางขนาก ส่วนการคำนวณปริมาณน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ที่จะส่งให้พื้นที่เพาะปลูก สามารถใช้แบบจำลอง WMS คำนวณได้ค่อนข้างแม่นยำ

2) การวางแผนการจัดสรรน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ในฤดูฝน เนื่องจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นลุ่มน้ำที่ใหญ่ ความผันแปรของฝนที่ตกในเวลาเดียวกันมีมาก ข้อดีของ WMS คือสามารถปรับการส่งน้ำไปตามสภาพความผันแปรของฝนได้ถึงระดับหนึ่ง กับสามารถนำ side flow จำนวนหนึ่งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ อย่างไรก็ดี การที่จะ monitor runoff ที่เกิดจากฝนที่ตกในลุ่มน้ำ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ให้ได้อย่างแท้จริงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องใช้เวลาในการศึกษา ความผิดพลาดของ WMS ในฤดูฝนก็คือ ข้อมูล runoff ที่เกิดจากฝน ซึ่งต้องการเวลาและค่าใช้จ่าย เพื่อใช้ในการศึกษา

ผลสรุปในข้อ 5.5.2 ที่กล่าวมานี้ เฉพาะส่วนที่เห็นว่าสำคัญเท่านั้น ยังมีรายละเอียดอีกมากที่ไม่ได้นำมาเสนอในที่นี้ อนึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแหล่งน้ำโดยการสร้างอ่างเก็บน้ำและเปิดพื้นที่ชลประทานขึ้นท้ายอ่างเก็บน้ำ ขึ้นหลายแห่งบนลุ่มน้ำเจ้าพระยา และยังมีโครงการสูบน้ำเพื่อการชลประทานจากแม่น้ำปิง วัง ยม และ น่าน อีกเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องปรับ WMS ให้เข้ากับสภาพการพัฒนาแหล่งน้ำในปัจจุบัน

บรรณานุกรม

1. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2528. "การหาประสิทธิภาพการชลประทานและการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์" โครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสานน้ำอูน อ. พังโคน จ. สกลนคร. Louis Berger International Inc., New Jersey, U.S.A.
2. พิพัฒน์ เสถียรพันธฤทธิ์, 2530. "การวางแผนส่งน้ำก่อนการเพาะปลูกประจำสัปดาห์" การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 26 กุมภาพันธ์.
3. Acres International Limited, 1977. "Chao Phraya-Meklong Basin Study-Preliminary Phase Report" Niagara Falls, Canada.
4. Acres Internation Limited, 1970. "Chao Phraya-Meklong Basin Study Phase-1". Niagara Falls, Canada.

5. Acres Internation Limited, Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982. "Water Management System". Users Manual, Niagara Flls Canada.

6. Acres Internation Limited, Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982. "Data Processing-Irrigation Demand Calculation". Programmers Manual, Niagara Falls, Canada.

7. Acres Internation Limited, Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982. "Water Use Simulation Model". Programmers Maual, Niagara Falls, Canada.

8. Acres Internation Limited, Sindhu Pulsirivong & Associates, 1982. "Chao Phraya-Meklong Basin Study-Phases 2 and 3 - Completion Report "Niagara Falls, Canada.

9. บุษรา พัฒนประเสริฐ, 2533. "การจัดการส่งน้ำประจำสัปดาห์ในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาทุ่งฝั่งตะวันออกตอนล่าง" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) , บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. สมเกียรติ พุทธาภิวัฒน์, 2536. "การศึกษาเพื่อวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าประจำสัปดาห์ของคลอง 1 ซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 6
ปัญหาทางปฏิบัติ

6.1 บทนำ

ปัญหาทางปฏิบัติที่จะกล่าวถึงนี้ หมายถึง เมื่อโครงการชลประทานได้ออกแบบและก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว และถึงระยะที่ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกเกิดปัญหาทำให้ไม่สามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้ตามที่ได้วางแผนไว้ จึงจำเป็นต้องศึกษาหาแนวทางเพื่อปรับปรุงระบบส่งน้ำ เพื่อให้สามารถส่งน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูกได้ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เนื่องจากโครงการชลประทานบางโครงการในประเทศไทยมีขนาดใหญ่ เช่น โครงการเจ้าพระยา และโครงการแม่กลอง เป็นต้น ระบบส่งน้ำจึงซับซ้อน หรือต้องส่งน้ำไปเป็นระยะทางไกล เนื่องจากเป็นโครงการขนาดใหญ่ การออกแบบและก่อสร้างครั้งเดียวให้เสร็จสมบูรณ์ทำได้ยาก เมื่อถึงเวลาในการ operate โครงการ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงในบางจุดเพื่อให้การ operate ดีขึ้น หรือเมื่อมีโครงการชลประทานเกิดขึ้นแล้ว หลังจากที่ได้ operate เป็นระยะเวลาหนึ่งจำเป็นต้องปรับปรุงระบบส่งน้ำเพื่อให้การ operate ดีขึ้น ข้อสำคัญในการศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงควรประกอบด้วยหลักสำคัญ 2 ประการ คือ

6.1.1 Monitor ลักษณะการส่งน้ำที่กำลังดำเนินการอยู่

เพื่อให้ทราบตัวแปรที่สำคัญ เพื่อนำไปสู่สภาพการส่งน้ำที่แท้จริง (ไม่ใช่ลักษณะการส่งน้ำที่คิดในเวลาออกแบบ) ข้อมูลที่จำเป็นต้องตรวจสอบ เช่น ปริมาณน้ำที่วัดได้จริงในสนาม ระดับน้ำ ณ จุดที่สำคัญที่นำมาใช้ในการคำนวณต้องอยู่บน datum เดียวกัน และการสำรวจรูปตัดของคลองส่งน้ำจริงในสนาม

6.1.2 นำข้อมูลสำคัญที่ได้จากข้อ 6.1.1 มาใช้ในการคำนวณเพื่อออกแบบสำหรับปรับปรุงโครงการ เพื่อให้การส่งน้ำดีขึ้น

ในทางปฏิบัติ การศึกษาในข้อ 6.1.1 จำเป็นต้องใช้วิศวกรที่มีประสบการณ์ทั้งทางด้าน operation และด้านออกแบบ ลักษณะงานจึงยากกว่าการออกแบบเพียงอย่างเดียว ปัญหาทางปฏิบัติที่จะกล่าวถึงในบทนี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโครงการชลประทาน กับได้เสนอแนะทางในการศึกษาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

6.2 การปรับปรุงคลอง 1 ซ้ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก (5)

6.2.1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก

โครงการชลประทานสามชุก เป็นโครงการชลประทานที่ส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกบนสองฝั่งแม่น้ำสุพรรณ ในท้องที่อำเภอเดิมบางนางบวช สามชุก ศรีประจันทร์ ดอนเจดีย์ เมือง จังหวัดสุพรรณบุรี และอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง เป็นพื้นที่ทั้งหมดของโครงการ 372,000 ไร่ โครงการนี้ประกอบด้วย

1) ระบบส่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วย

คลองส่งน้ำสายใหญ่ 3 สาย	ยาว	109.700	กม.
คลองส่งน้ำสายซอย 9 สาย	ยาว	101.136	กม.
คลองส่งน้ำสายแยกซอย 2 สาย	ยาว	13.100	กม.

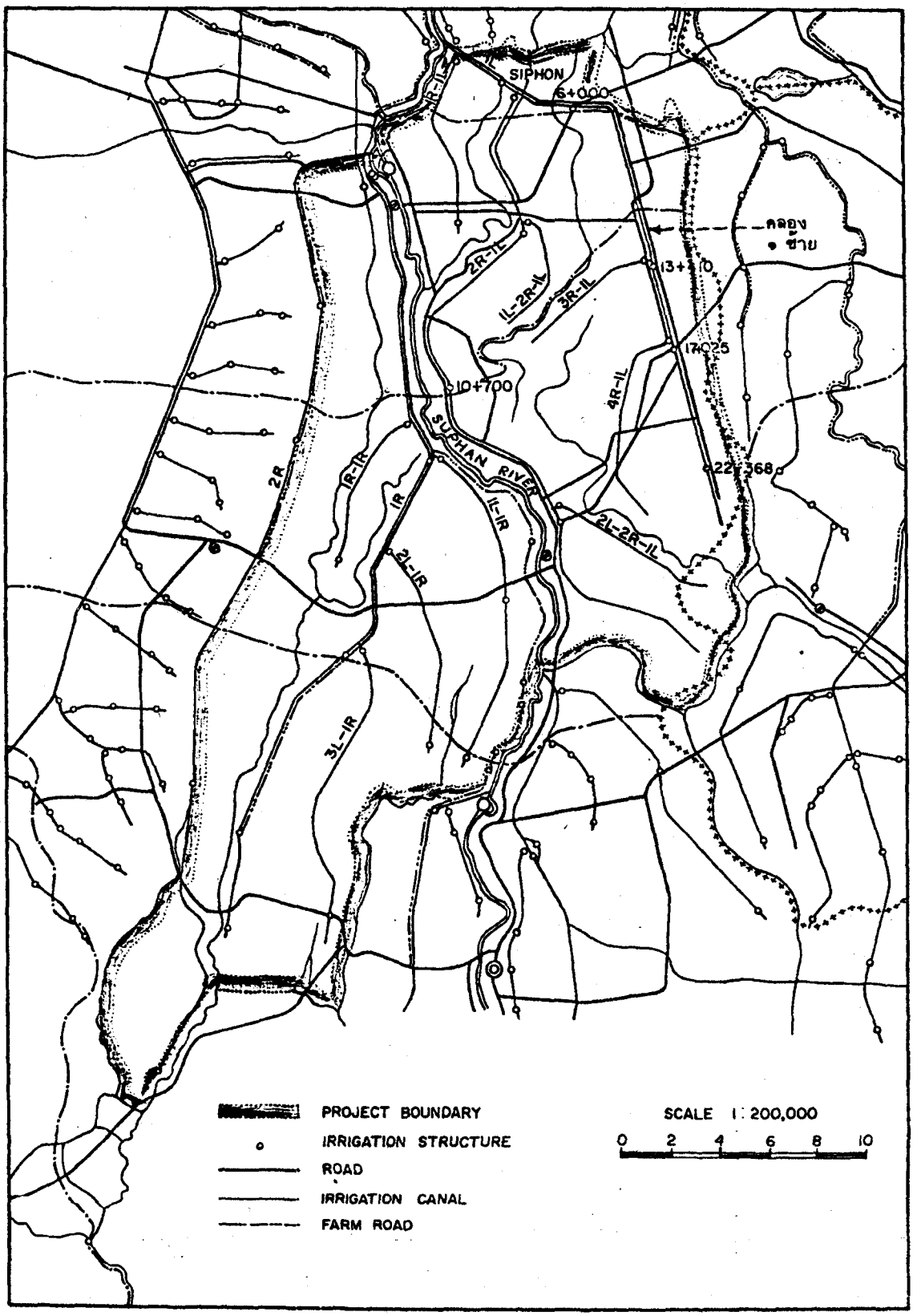
2) ระบบระบายน้ำ

คลองระบายน้ำสายใหญ่ 4 สาย	ยาว	122.684	กม.
คลองระบายน้ำสายซอย 7 สาย	ยาว	94.878	กม.
คลองระบายน้ำสายแยกซอย 5 สาย	ยาว	44.796	กม.

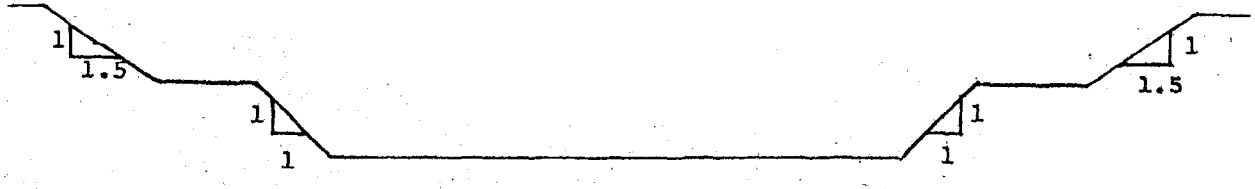
3) พื้นที่ส่งน้ำ

ในฤดูฝนสามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้ 300,000 ไร่ ส่วนในฤดูแล้ง สามารถส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกได้ 120,000 ไร่ คลองส่งน้ำสายใหญ่ 3 สายของโครงการประกอบด้วย คลอง 1 ซ้าย, 1 ขวา และ 2 ขวา นอกจากนั้นยังมีคลองซอยที่สำคัญอีก 1 สาย บนฝั่งซ้ายคือ คลอง 2 ขวา 1 ซ้าย รายละเอียดของโครงการดังแสดงในรูปที่ 6-1

คลอง 1 ซ้าย แยกจากแม่น้ำสุพรรณเหนือประตูระบายชลมารคพิจารณ์ขึ้นไปตามลำน้ำสุพรรณประมาณ 6 กม. คลองสายนี้มีความยาว 25 กม. และมีคลองซอย 4 สาย คือ คลอง 1 ขวา 1 ซ้าย, 2 ขวา 1 ซ้าย, 3 ขวา 1 ซ้าย และ 4 ขวา 1 ซ้าย คลองซอยทั้ง 4 สายนี้ คลองซอย 2 ขวา 1 ซ้าย นับว่าเป็นคลองซอยที่สำคัญเพราะมีความยาวถึง 31.450 กม. คลอง 1 ซ้าย มีท่อลอดที่ กม. 2.700 ซึ่งทำหน้าที่คล้ายประตูระบายปากคลอง และมีประตูระบายกลางคลองที่ กม. 6.000 กม. 13.410 (ใต้ประตูปากคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย) กม.17.025 (ใต้ประตูปากคลอง 4 ขวา 1 ซ้าย) และที่กม. 22.368 รายละเอียดคลอง 1 ซ้ายที่ออกแบบไว้ครั้งแรกดังแสดงในรูปที่ 6-2



รูปที่ 6-1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก



รายละเอียดรูปตัดของคลอง 1 ซ้าย ที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก ความลาดเทท้องคลอง 1 : 16,666

ระยะทาง กม.		b	d	ชานคลอง กว้าง	ระดับชาน คลอง	ระดับสัน คันดิน	V	Q	ระดับท้อง คลอง	รูปตัดที่
จาก	ถึง	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร-รทก.	เมตร-รทก.	เมตร/วินาที	เมตร^3/วินาที	เมตร-รทก.	กม.
0	0.400	20.90	1.75	4.53	8.750	10.4835	0.474	18.79	7.7335	0.275
0.400	2.500	19.10	1.75	4.223	8.08	10.383	0.47	17.15	7.633	1.850
2.500	3.200	18.50	1.75	4.000	7.45	10.347	0.47	16.67	7.597	2.650
3.200	6.500	10.30	1.75	4.40	7.97	9.93	0.44	9.28	7.180	4.575
6.500	10.900	9.30	1.75	4.45	7.85	9.71	0.43	8.32	7.960	8.242
10.900	13.400	8.10	1.75	4.758	8.30	9.533	0.42	7.32	6.783	11.125
13.400	17.000	6.35	1.75	4.443	7.40	9.264	0.41	5.78	6.514	15.600
17.000	21.000	5.40	1.30	4.024	6.270	8.546	0.38	2.91	6.246	20.075
21.000	25.000	5.40	1.00	4.00	5.870	8.027	0.28	1.79	6.027	23.725

รูปที่ 6-2 รายละเอียดคลอง 1 ซ้าย ที่ออกแบบไว้ครั้งแรก

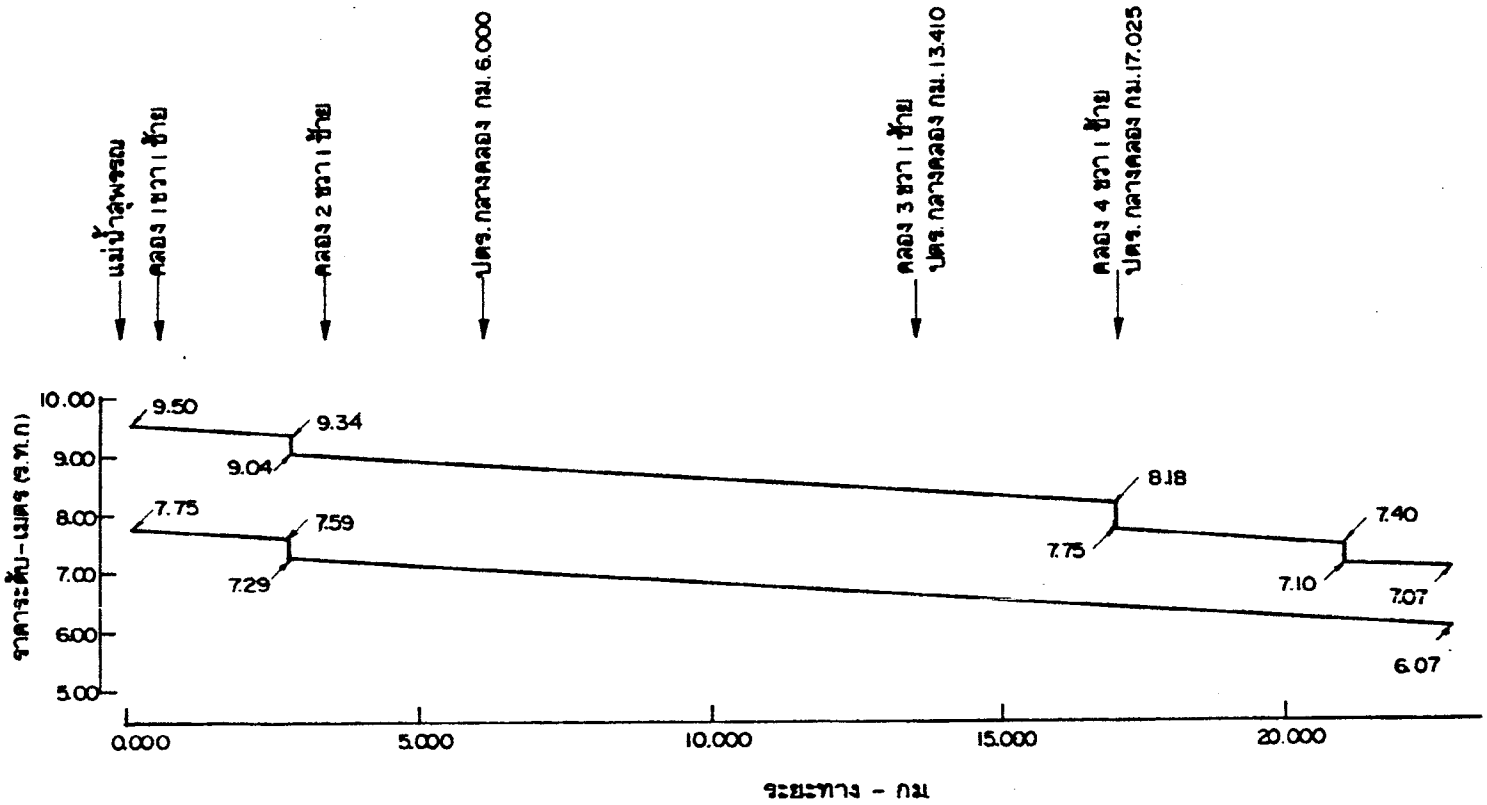
ในการออกแบบคลอง 1 ซ้าย เมื่อเปิดโครงการสามชุกครั้งแรก ได้ออกแบบเพื่อส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในฤดูฝน และคลองสายนี้จะรับน้ำจากแม่น้ำสุพรรณในฤดูน้ำนอง หรือในขณะนั้นไม่มีการควบคุมน้ำในแม่น้ำสุพรรณ ระดับน้ำปากคลอง 1 ซ้าย ที่ออกแบบไว้ครั้งแรก คือ 9.500 เมตร รทก. รูปตัดตามยาวของคลอง 1 ซ้ายดังแสดงในรูปที่ 6-3 เมื่อได้มีการก่อสร้างเขื่อนเจ้าพระยาขึ้น จึงได้ควบคุมการไหลของน้ำในแม่น้ำสุพรรณโดยสร้างประตูระบายปากแม่น้ำสุพรรณขึ้นเรียกว่า ประตูระบายพลเทพ และได้สร้างประตูระบายกลางคลองเพิ่มขึ้นที่ท่าโบสถ์ เมื่อเป็นเช่นนี้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าแม่น้ำสุพรรณซึ่งถือเป็นคลองส่งน้ำสายใหญ่สายหนึ่งของโครงการเขื่อนเจ้าพระยา จึงมีปริมาณจำกัดเท่าที่จำเป็น จึงทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำสุพรรณที่ปากคลอง 1 ซ้าย ต่ำกว่า 9.500 ม.รทก.

6.2.2 การควบคุมระดับน้ำที่ประตูระบายชลมารคพิจารณ์

ในปัจจุบันโครงการสามชุกใช้ ปตร.ชลมารคพิจารณ์ยกระดับน้ำให้สูงขึ้น เพื่อส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ของโครงการเช่น คลอง 1 ซ้าย, 1 ขวา และ 2 ขวา โดยปกติโครงการจะรักษาระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับ 9.150 ม.รทก. หรืออาจรักษาระดับน้ำที่ประตูระบายนี้ให้สูงได้อีกเล็กน้อยในเวลาจำเป็น คือสูงเพิ่มเป็น 9.250 ม.รทก. แต่โครงการไม่สามารถจะใช้ประตูระบายยกระดับน้ำให้สูงกว่านี้ได้ เพราะจะทำให้น้ำท่วมพื้นที่โดยเฉพาะบนฝั่งขวาของแม่น้ำสุพรรณ ซึ่งมีราษฎรอาศัยอยู่มาก บ้านเรือนของราษฎรที่ตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำนี้จะตั้งอยู่ติดกับแม่น้ำ ถ้าต้องการสร้างทำนบดินเลียบริมฝั่งแม่น้ำ เพื่อป้องกันน้ำท่วมในเวลาที่ต้องการยกระดับน้ำในแม่น้ำสุพรรณด้วยประตูระบายชลมารคพิจารณ์ จำเป็นต้องรื้อถอนบ้านเรือนราษฎรที่อยู่ริมฝั่งแม่น้ำ โดยเฉพาะบนฝั่งขวาของแม่น้ำสุพรรณ เนื่องจากการรื้อถอนบ้านเรือนราษฎร เพื่อสร้างทำนบดินบนฝั่งแม่น้ำกระทำได้ยาก และอาจเกิดปัญหาทางด้านสังคม ซึ่งยากแก่การแก้ไข วิธีที่น่าจะดีที่สุดคือ

1) ใช้ ปตร. ชลมารคพิจารณ์ยกระดับน้ำให้สูงที่สุด แต่ไม่ท่วมบ้านเรือนราษฎรบนฝั่งแม่น้ำสุพรรณเหนือประตูระบายนี้

2) ขยายคลองและอาคารในคลอง 1 ซ้าย เพื่อให้รับน้ำเข้าคลองได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก



รูปที่ 6-3 แสดงรูปตัดตามยาวของคลอง 1 ซ้าย โครงการสามชุก ที่ออกแบบไว้ครั้งแรก

6.2.3 ปัญหา

เนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำสุพรรณ ณ ปากคลอง 1 ซ้าย ปัจจุบันต่ำกว่า full supply level เพราะมีการควบคุมปริมาณน้ำในลำน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคลอง 1 ซ้าย จึงน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ครั้งแรก จึงทำให้พื้นที่ดอนขาดน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ระหว่าง ปตร. กลางคลอง กม. 6.000 และ ปตร. กลางคลอง กม.13.410 ปัจจุบันชาวนาที่อยู่ที่ดอน ซึ่งรับน้ำจากคลอง 1 ซ้ายของโครงการสามชุก ตั้งแต่ กม.6.000 ถึงประมาณ กม .13.410 ไม่ค่อยได้รับน้ำใช้ในการเพาะปลูก เพราะ

1) ระดับน้ำในคลองอยู่ที่ระดับน้ำต่ำ
2) ปริมาณน้ำในคลองมีไม่เพียงพอ

6.2.4 จุดประสงค์ในการแก้ปัญหา

จุดประสงค์หลักในการปรับปรุงคลอง 1 ซ้าย ก็เพื่อให้ชาวนาบริเวณดังกล่าวได้รับน้ำเพิ่มขึ้น เพราะในสภาพปัจจุบันชาวนาต้องสูบน้ำจากคลองเข้าคูส่งน้ำ แล้วสูบน้ำจากคูส่งน้ำเข้าแปลงนา ถ้าได้มีการเพิ่มปริมาณน้ำในคลอง 1 ซ้าย พร้อมทั้งยกระดับน้ำให้สูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ กับได้มีการขยายคูส่งน้ำให้ลึกและกว้างขึ้นแล้ว ก็สามารถที่จะลดขั้นตอนในการสูบน้ำจากคลองเข้าสู่คูน้ำได้ จะทำให้การส่งน้ำแผ่กระจายออกไปได้ไกลกว่าในปัจจุบัน และประสิทธิภาพการใช้น้ำจะยังสูงเหมือนในสภาพเดิม

6.2.5 แนวทางการแก้ปัญหา

แนวทางการแก้ปัญหา พอสรุปได้ดังนี้

1) ขยายคลองทั้งทางด้านข้างและด้านลึก ให้รับน้ำเข้าคลองได้เท่ากับที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก เพราะถ้าขยายทางฝั่งขวาไม่มีปัญหาเรื่องเขตคลอง

2) ไซฟอน กม.2.700 น้ำผ่านได้เพียง 11.000 ลบ.ม.ต่อวินาที ที่ระดับน้ำ ปากคลองอยู่ในเกณฑ์ปกติในปัจจุบัน เห็นสมควรสร้างรางน้ำขนานกับไซฟอน ให้น้ำผ่านได้อีก 6.000 ลบ.ม.ต่อวินาที เพราะระดับน้ำในคลองธรรมชาติบนไซฟอนถูกควบคุมให้อยู่ที่ระดับต่ำตลอดเวลา

3) ปตร.กลางคลอง กม. 6.000 มีน้ำไหลผ่านที่ระดับต่ำกว่าที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก ถ้าต้องการปริมาณน้ำไหลผ่านเท่ากับที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก head losses มีค่าสูง เพื่อที่จะยกระดับน้ำท้าย ปตร. นี้ให้สูงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้ายังต้องการใช้ ปตร. นี้อยู่ ก็ควรขยาย ปตร. ให้กว้างมากที่สุดเพื่อให้เกิด head losses น้อยที่สุดเมื่อมีน้ำไหลผ่าน

4) ใช้ ปตร. กลางคลอง กม. 13.410 อัดน้ำให้สูงที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดผลกระทบจาก submergence ที่ท้าย ปตร. กลางคลอง กม.6.000 หรือเมื่อไม่มี ปตร. กลางคลองนี้เลย การขาดน้ำในคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย และบนสองฝั่งของคลอง 1 ซ้าย จากกม. 6.000 ถึง กม. 13.410 จะลดน้อยลง

6.2.6 แนวทางในการออกแบบคลองเพื่อปรับปรุง

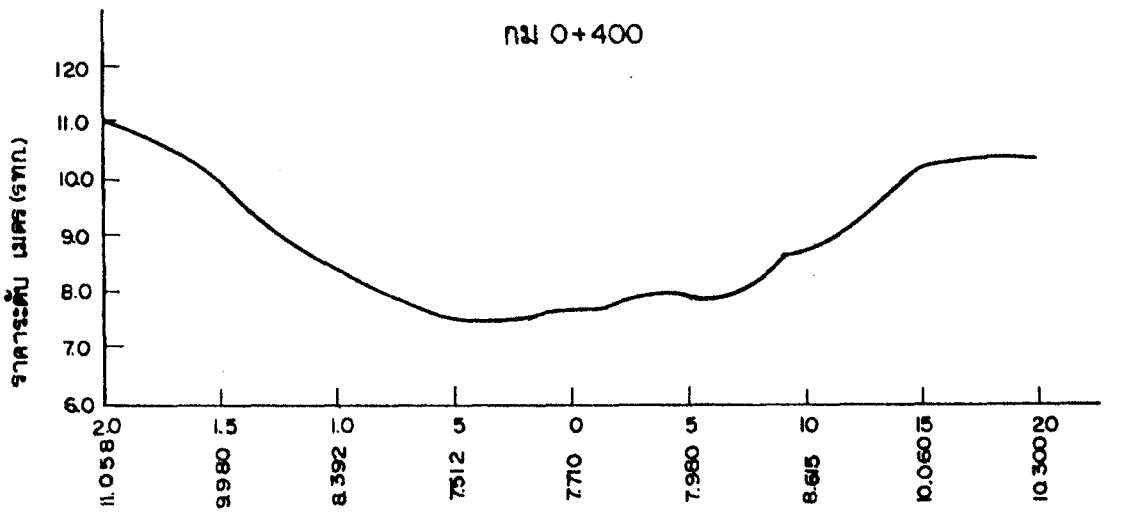
การออกแบบคลองพยายามขยายคลองออกไปทางด้านข้างให้มากที่สุด ถ้ายังไม่เพียงพอจึงจะกดลงทางลึก

ใช้ Manning's n = 0.025
ความลาดเทก้นคลอง = 1:16,666 เท่ากับที่ออกแบบครั้งแรก
ความลาดเทด้านข้างเท่ากับ 1.5 ทางราบต่อ 1.0 ทางตั้ง

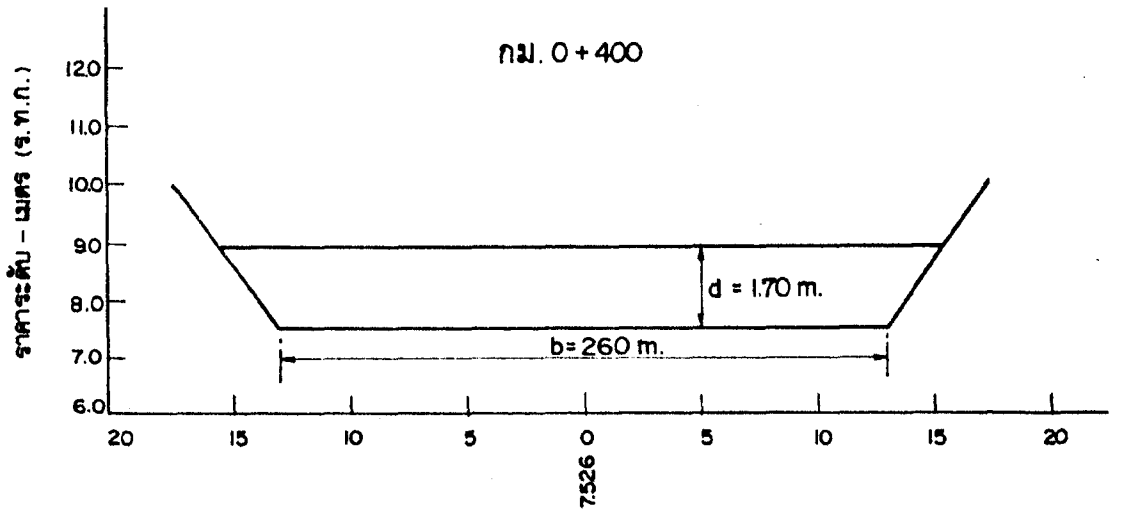
รายละเอียดรูปตัดตามยาวของคลอง ประกอบด้วย

1) ระดับน้ำที่ปากคลอง 1 ซ้าย เท่ากับระดับน้ำในแม่น้ำสุพรรณ คือ 9.25 ม.รทก. หรือเท่ากับระดับน้ำสูงสุดที่ ปตร. ชลมารคพิจารณ์จะยกขึ้นได้โดยไม่ท่วมบ้านเรือนทางด้านเหนือน้ำ และสมมุติให้ผลกระทบจาก backwater มีค่าน้อยมากไม่นำมาคิดในที่นี้

2) สะพานคอนกรีตที่ปากคลอง 1 ซ้าย ในการขยายคลอง 1 ซ้าย รูปตัดของคลองบริเวณสะพานคอนกรีตยากแก่การที่จะขยายให้ได้รูปตัดเท่ากับรูปตัดของคลอง กรณีนี้ควรจะขยายรูปตัดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายมากนัก จากการคำนวณโดยประมาณพบว่า head losses เนื่องจากน้ำไหลลอดใต้สะพานที่มีรูปตัดเล็กกว่ารูปตัดของคลอง เท่ากับ 0.03 เมตร อัตราความเร็วของน้ำบริเวณใต้สะพานเท่ากับ 0.8 เมตร/วินาที ซึ่งควรจะได้หาทางป้องกันการกัดเซาะบริเวณใต้สะพาน และบริเวณท้ายน้ำเมื่อน้ำไหลผ่านสะพาน รูปตัดคลองที่ออกแบบใหม่ และรูปตัดคลองเดิมท้ายสะพาน ดังแสดงในรูปที่ 6-4



รูปตัดบริเวณท้ายสะพานปากคลอง ฝั่งซ้าย



รูปตัดบริเวณสะพานที่ออกแบบ

รูปที่ 6-4 เปรียบเทียบรูปตัดของคลองที่ออกแบบใหม่กับรูปตัดของคลองใต้สะพาน

3) ที่ระดับน้ำในแม่น้ำสุพรรณ ณ ปากคลอง 1 ซ้าย เท่ากับ 9.25 ม.รทก. ความจุของท่อลอดที่ กม. 2.700 ประมาณ 11.00 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมี head loss ประมาณ 0.30 ม. ค่านี้ประมาณจากการหา calibration curve ของท่อลอดนี้

4) เนื่องจากความจุของท่อลอดที่ออกแบบไว้ครั้งแรกเท่ากับ 16.67 ลบ.ม.ต่อวินาที จึงเห็นสมควรสร้างรางน้ำขนานกับท่อลอด โดยออกแบบรางน้ำให้มีความจุประมาณ 6 ลบ.ม.ต่อวินาที และมี head loss ประมาณ 0.30 ม.

5) การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูกลางคลองของคลอง 1 ซ้าย กม. 6.000

ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ	=	8.561	ม.รทก. ระดับธรณีประตู 7.126 ม.รทก.
ปริมาณน้ำผ่าน	=	9.28	ลบ.ม.ต่อวินาที
สมมุติให้ head losses	=	0.26	ม.
ระดับน้ำท้ายน้ำ	=	8.301	ม.รทก.

จาก calibration curve ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำที่ประตูกลางคลองนี้ จะได้ค่า C โดยประมาณเท่ากับ 0.75

$$Q = CA_3\sqrt{\frac{2g\Delta H}{1-C^2\frac{A_3^2}{A_1^2}}}$$

$$= 0.75x(8.301-7.126)x4\sqrt{\frac{19.60x0.26}{1-(0.75)^2\frac{(4.7)^2}{(5.74)^2}}}$$

$$= 3.252\sqrt{\frac{5.096}{1-0.377}}$$

= 9.30 ลบ.ม.ต่อวินาที > 9.28 ลบ.ม.ต่อวินาที OK.

6) ประตูระบายกลางคลองที่ กม. 13.400 จาก calibration curve พบว่า ปริมาณน้ำ 6.37 ลบ.ม.ต่อวินาที สามารถไหลผ่านได้โดยมี head loss เท่ากับ 0.10 เมตร

7) ประตูระบายกลางคลอง กม.17.025 ปริมาณน้ำ 3.35 ลบ.ม.ต่อวินาที ไหลผ่านได้โดยมี head loss น้อยกว่า 0.15 เมตร

รูปตัดตามขวางและรูปตัดตามยาวของคลองที่ออกใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 6-5 และรูปที่ 6-6 ตามลำดับ

6.2.7 วิธีการ operate ที่สัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่เพาะปลูก

1) วิธีการ operate

จากความสูงต่ำของพื้นที่เมื่อเทียงกับระดับน้ำที่ full supply จะเห็นว่า พื้นที่บนสองฝั่งของคลองตั้งแต่ประตูระบายกลางคลอง กม. 6.000 ถึงประตูระบายกลางคลอง กม.13.410 ระดับน้ำในคลองต่ำกว่าระดับแปลงพื้นที่เพาะปลูกมาก ประกอบกับประตูปากคลองซอย 3 ขวา 1 ซ้าย มีระดับธรณีประตูเท่ากับ 7.897 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับ full supply ที่หน้าประตูระบายกลางคลอง เมื่อเป็นเช่นนี้จึงต้องใช้ ปตร .กลางคลอง กม. 13.410 ยกระดับน้ำให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่เกิดผลกระทบจาก submergence ที่ท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 6.000 มิฉะนั้นแล้ว ปริมาณน้ำที่ผ่านประตูระบายนี้จะลดลง ซึ่งเป็นผลให้พื้นที่ท้ายน้ำขาดน้ำ ผลดีของการยกระดับน้ำด้วยประตูกลางคลองที่ กม. 13.410 ให้สูงที่สุด คือ

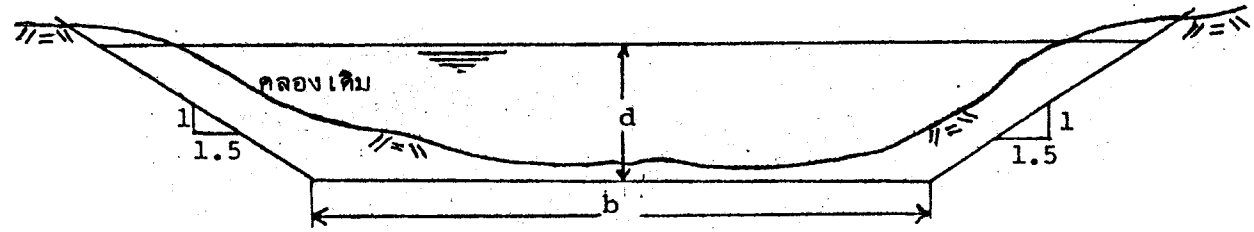
1.1) น้ำจะไหลเข้าคลอง 3 ขวา 1 ซ้ายได้มากขึ้น ทำให้การขาดน้ำบนพื้นที่เพาะปลูกในคลองซอยสายนี้ลดลง

1.2) คูบนสองฝั่งคลองตั้งแต่หน้า ปตร.กลางคลอง กม.13.410 ถึงท้ายปตร. กลางคลอง กม.6.000 ถ้าได้ขุดคูให้ลึกมากพอก็สามารถจะรับน้ำโดย gravity ได้ ซึ่งปัจจุบันต้องสูบน้ำเข้าคูเป็นส่วนใหญ่

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาอย่างละเอียดต่อไปว่า จะยกระดับน้ำหน้า ปตร.กลางคลอง กม. 13.410 ได้สูงที่สุดเท่าใด โดยไม่เกิดผลกระทบจาก submergence ท้าย ปตร. กลางคลอง กม.6.000 การยกระดับน้ำด้วยข้อกำหนดดังกล่าวแล้ว น้ำจะไหลเข้าคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย ได้เพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอควรจะแก้ไขอย่างไร

2) ลักษณะพื้นที่เพาะปลูก

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่ว ๆ ไปของคลอง 1 ซ้าย บริเวณที่สำคัญและเกิดปัญหามากที่สุด คลอง 1 ซ้าย ช่วงตั้งแต่ท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 6.000 ถึงเหนือ ปตร. กลางคลอง กม. 13.410 แนวคลองผ่านที่สูง พื้นที่ใกล้ ๆ คลองจึงสูงและกว้างจากแนวคลองออกไปประมาณ 300 ถึง 800 เมตร แล้วพื้นที่ค่อย ๆ ลาดลงสู่ที่ต่ำ

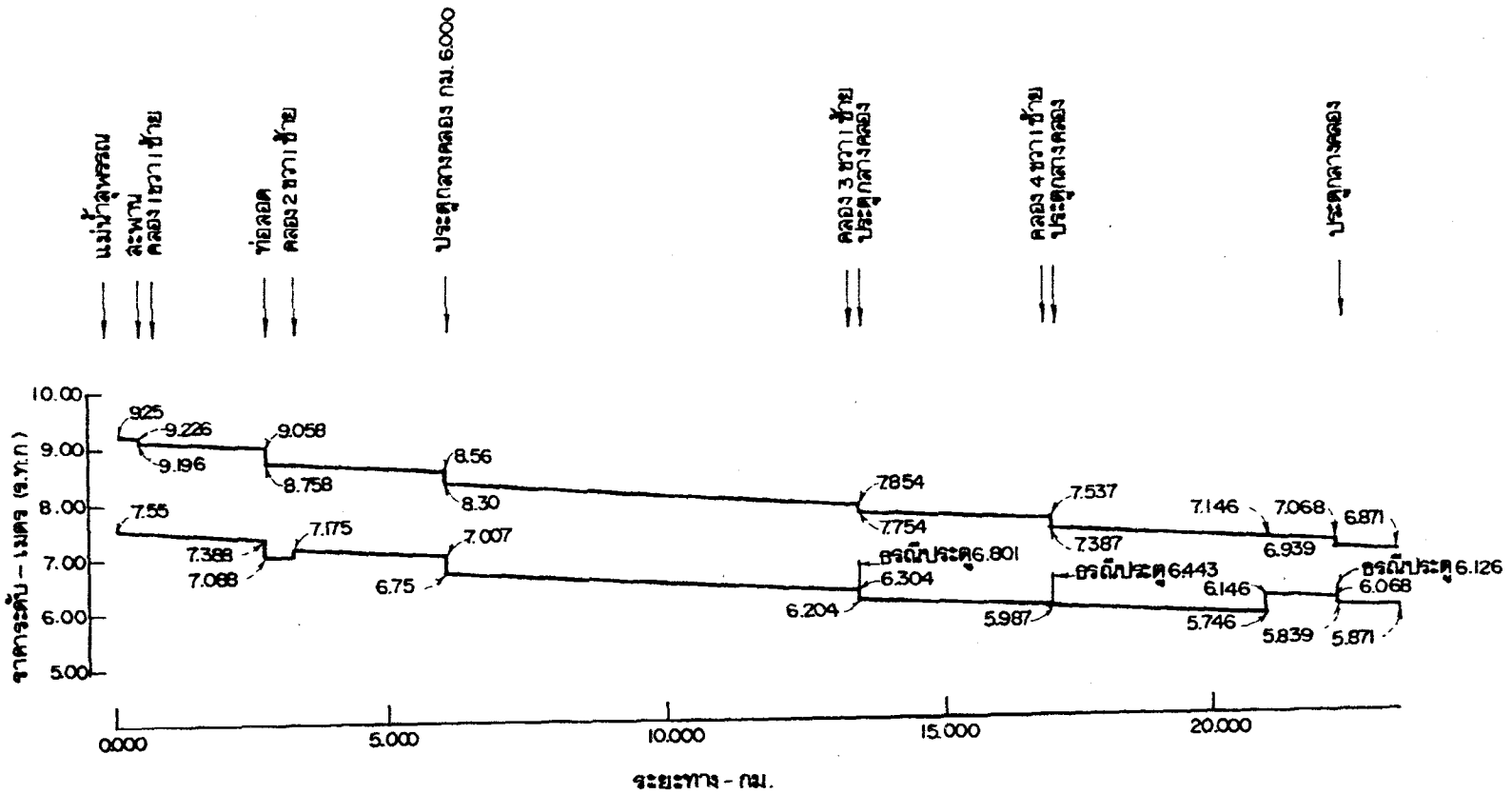


รายละเอียดรูปตัดของคลอง 1 ซ้าย ที่ได้ออกแบบใหม่ ความลาดเทท้องคลอง 1 : 16,666

ระยะทาง กม.		b	d	side	V	Q	n
จาก	ถึง	เมตร	เมตร	slope	เมตร/วินาที	ม^3/วินาที	
0	0.400	26.00	1.70	1:1.5	0.40	18.81	0.025
0.400	2.500	23.20	1.67	"	0.40	17.17	"
2.500	3.200	22.50	1.67	"	0.40	16.98	"
3.200	6.500	14.00	1.55	"	0.368	9.31	"
6.500	10.900	12.60	1.55	"	0.364	8.43	"
10.900	13.400	11.10	1.55	"	0.360	7.49	"
13.400	17.000	8.50	1.50	"	0.349	6.37	"
17.000	21.000	5.40	1.40	"	0.310	3.35	"
21.000	25.000	5.40	1.00	"	0.260	1.795	"

หมายเหตุ การออกแบบคลอง คำนวณด้วยสูตร Manning โดยใช้ความลาดเทของก้นคลองเท่ากับความลาดเทที่ได้ออกแบบไว้ครั้งแรก

รูปที่ 6-5 รูปตัดขวางคลอง 1 ซ้ายที่ออกแบบใหม่



รูปที่ 6-6 แสดงรูปตัดตามยาว คลอง 1 ซ้าย โครงการสามชุก

เมื่อเป็นเช่นนี้ ถ้าระดับน้ำในคลองต่ำแต่ปริมาณน้ำมากพอ ก็สามารถจะขุดคูให้ลึกจนน้ำสามารถไหลเข้าคูโดย gravity ได้ ชาวนาซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่บริเวณต้นคูซึ่งเป็นพื้นที่ดอนจะต้องสูบน้ำจากคูไปใช้ ส่วนชาวนาที่อยู่ปลายคูซึ่งพื้นที่เพาะปลูกเป็นที่ลุ่ม สามารถรับน้ำเข้าแปลงเพาะปลูกได้โดย gravity ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง เพราะชาวนาต้นคูจะไม่สูบน้ำเกินความจำเป็น

6.2.8 การคำนวณ water surface profiles ระหว่าง ปตร. กลางคลอง กม. 6.000 และ ปตร.กลางคลอง กม.13.410

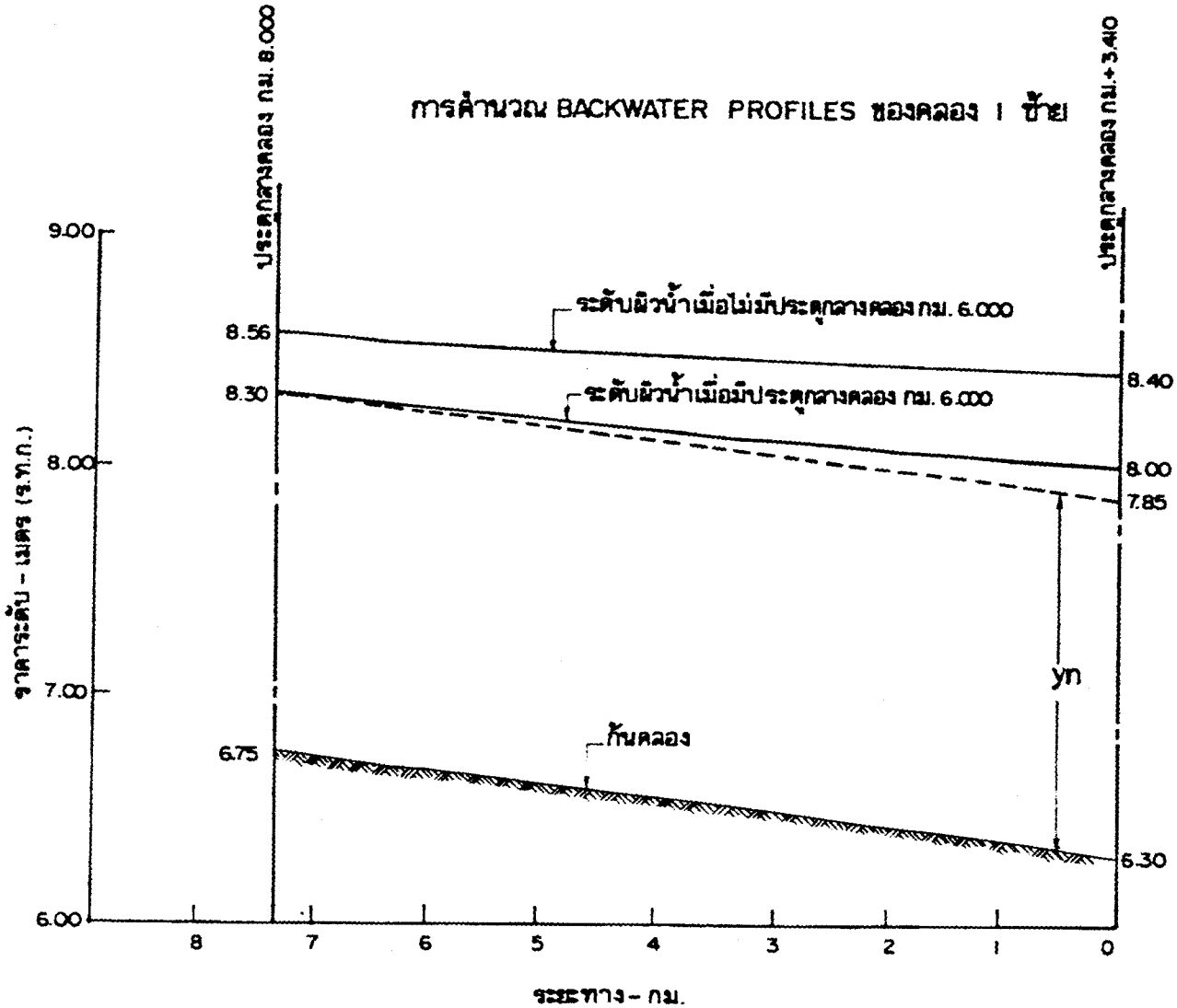
การคำนวณ water surface profiles เริ่มจาก ปตร.กลางคลอง กม. 13.410 ขึ้นไปทางเหนือน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการคำนวณ ณ จุดเริ่มต้นเหนือ ปตร. ปากคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย เท่ากับ 7.32 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อคำนวณ water surface profiles ขึ้นไปทางเหนือน้ำ โดยวิธี standard step method จะเพิ่มปริมาณน้ำให้ใกล้เคียงกับปริมาณที่ส่งเข้าท่อส่งน้ำเข้านาบนสองฝั่งคลอง เมื่อคำนวณไปถึงท้าย ปตร. กลางคลอง กม.6.000 ปริมาณน้ำจะมีค่าเท่ากับ 9.28 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การคำนวณ water surface profiles โดยใช้ ปตร.กลางคลอง กม. 13.410 ยกระดับน้ำให้สูงขึ้น เพื่อให้น้ำไหลเข้าคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย และท่อส่งน้ำเข้านาบนสองฝั่งของคลองทางด้านเหนือน้ำ โดย gravity ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การคำนวณแบ่งออกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 ใช้ ปตร. กลางคลอง กม. 13.410 ยกระดับน้ำในคลองให้สูงขึ้น โดยไม่เกิดผลกระทบจาก submergence ที่ท้าย ปตร.กลางคลอง กม.6.000

ผลของการคำนวณ กรณีนี้จะยกระดับน้ำที่ ปตร. กลางคลองได้เพียงระดับ 8.000 ม.รทก. โดยมีระดับน้ำท้าย ปตร. กลางคลอง กม.6.000 อยู่ที่ระดับ 8.300 ม.รทก. ในขณะที่ระดับธรณี ปตร.ปากคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย คือ 7.900 รทก. น้ำจึงไหลเข้าคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย โดย gravity ไม่เพียงพอ

กรณีที่ 2 สมมุติว่าไม่มี ปตร. กลางคลอง กม.6.000 ซึ่งจะทำให้ยกระดับน้ำที่จุดนี้ได้ถึง 8.560 ม. รทก.เมื่อใช้ ปตร.กลางคลอง กม.13.410 ยกระดับน้ำให้สูงขึ้นโดยมีระดับน้ำในคลองที่ กม.6.000 เท่ากับ 8.560 ม.รทก.

ผลการคำนวณ ปรากฏว่ายกระดับน้ำหน้า ปตร. กลางคลอง กม. 13.410 ได้สูงถึง 8.400 ม.รทก. ซึ่งจะทำให้การขาดน้ำในคลอง 3 ขวา 1 ซ้าย และบนฝั่งคลอง 1 ซ้ายสองข้างทางด้านเหนือน้ำลดน้อยลง ตัวอย่างการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 6-7 และตารางที่ 6-1



รูปที่ 6-7 ตัวอย่างการคำนวณ Backwater profiles ของคลอง 1 ซ้าย

ตารางที่ 6-1

รายละอะเอียดการคำนวณ Backwater จาก ปตร. กลางคลอง กม.13.410

ถึง ปตร.กลางคลอง กม. 6.000 ของคลอง 1 ซ้าย n = 0.025

Station	Water Surface Elevation msl.	Friction Slope	Total area m^2	Average Velocity m/scc.	Velocity Head m	Total Energy msl.	Contraction Coefficient	Expansion Coefficient	Discharge $m^3/sec.$	Section Number	หมายเหตุ
0	8.000	0.000035	23.205	0.3227	0.0053	8.0053	0.0	0.0	7.49	1	ปตร.กลางคลอง-กม.๑๓.๔๑๐
750	8.026	0.000038	22.826	0.3329	0.0056	8.0322	"	"	7.60	2	
1700	8.062	0.000041	22.446	0.3430	0.0059	8.0689	"	"	7.70	3	
2270	8.086	0.000044	22.343	0.3535	0.0063	8.0929	"	"	7.90	4	
2500	8.096	0.000036	24.815	0.3264	0.0054	8.1021	"	"	8.10	5	
3400	8.129	0.000040	24.341	0.3409	0.0059	8.1355	"	"	8.30	6	
4100	8.158	0.000043	24.139	0.3521	0.0063	8.1643	"	"	8.50	7	
4955	8.195	0.000047	23.919	0.3637	0.0067	8.2021	"	"	8.70	8	
5660	8.228	0.000049	23.801	0.3739	0.0071	8.2356	"	"	8.90	9	
6620	8.276	0.000052	23.592	0.3814	0.0074	8.1339	"	"	9.00	10	
6920	8.292	0.000044	25.719	0.3542	0.0063	8.2936	"	"	9.11	11	
7150	8.302	0.000045	25.723	0.3580	0.0065	8.3089	"	"	9.21	12	
7400	8.313	0.000047	25.561	0.3642	0.0067	8.3205	"	"	9.31	13	ปตร.กลางคลอง-กม ๖.๐๐๐

6.2.9 สรุป

เนื่องจากพื้นที่ที่ขาดน้ำอยู่ระหว่าง ปตร.กลางคลอง กม.6.000 ถึง ปตร.กลางคลอง กม.13.410 เป็นส่วนใหญ่ จึงได้ใช้ ปตร.กลางคลอง กม. 13.410 ยกระดับน้ำให้สูงขึ้น จากผลการคำนวณพอสรุปได้ดังนี้คือ

ถ้าไม่มี ปตร.กลางคลอง กม.6.000 สามารถยกระดับน้ำหน้า ปตร.กลางคลอง กม.13.410 ได้ถึงระดับ 8.400 ม.รทก. ซึ่งจะทำให้คลอง 1 ซ้ายและคลอง 3 ขวา 1 ซ้ายขาดน้ำน้อยลง แต่ถ้ายังมี ปตร.กลางคลอง กม.6.000 จะสามารถยกระดับน้ำหน้า ปตร.กลางคลอง กม.13.410 ได้เพียง 8.000 ม.รทก. ปัญหาที่สำคัญ คือ ปตร.กลางคลองที่ กม. 6.000 ถ้ายังมีความต้องการ ปตร.นี้อยู่ก็ควรจะขยาย ปตร.นี้ให้กว้างมากที่สุด เพื่อให้เกิด head loss น้อยที่สุด เมื่อมีน้ำไหลผ่าน

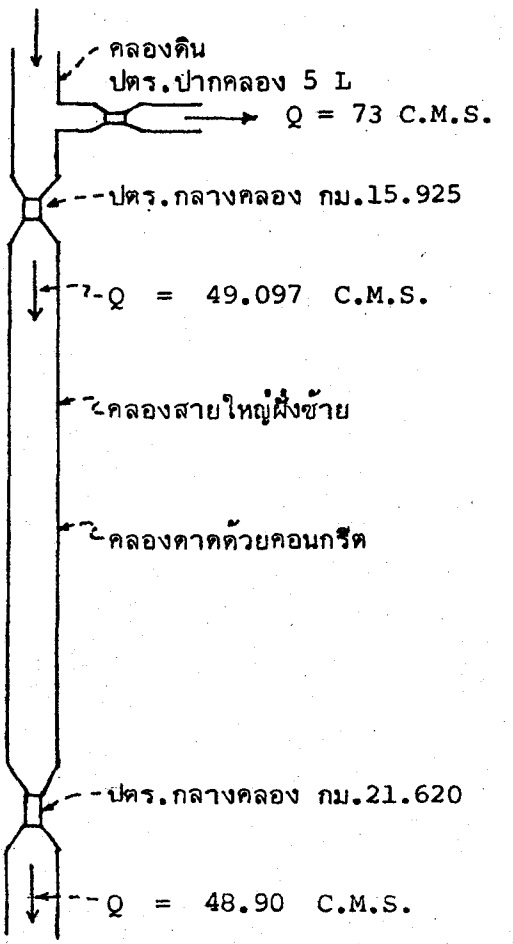
6.3 การแก้ปัญหา การกัดเซาะท้ายประตูระบายกลางคลองฝั่งซ้าย กม. 15.925 โครงการแม่กลอง (2)

6.3.1 โครงการแม่กลอง

โครงการชลประทานบนลุ่มน้ำแม่กลอง มีหัวงานอยู่ที่เขื่อนวชิราลงกรณ์ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี เขื่อนวชิราลงกรณ์สร้างขึ้นบนช่องลัดของแม่น้ำแม่กลอง แล้วใช้เขื่อนยกระดับน้ำในแม่น้ำให้สูงขึ้น เพื่อส่งน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ โดยบนฝั่งซ้ายมีคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ซึ่งปัจจุบันส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูก 5 โครงการคือ โครงการนครปฐม , โครงการกำแพงแสน, โครงการนครชุม โครงการราชบุรีฝั่งซ้าย และโครงการดำเนินสดวก ลักษณะการส่งน้ำที่สำคัญ ๆ ในโครงการทั้ง 5 สามารถแบ่งออกได้เป็นการส่งน้ำโดย gravity และ water conservation project ส่วนการชลประทานบนฝั่งขวาของแม่น้ำแม่กลองประกอบด้วยคลองส่งน้ำสายใหญ่ 1 ขวา และ 2 ขวา และได้แบ่งพื้นที่ส่งน้ำออกเป็น 2 โครงการ คือ โครงการท่ามะกา และโครงการราชบุรีฝั่งขวา นอกจากนี้ ยังมีการขยายพื้นที่ส่งน้ำบนฝั่งซ้ายเพิ่มขึ้นอีก เพราะจากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักไว้ได้ตอนบนของลุ่มน้ำด้วย storage dams ยังมีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการเพาะปลูกได้ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง

คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายของโครงการแม่กลอง ปากคลองอยู่เหนือเขื่อนวชิราลงกรณ์ โดยมีประตูระบายปากคลอง ควบคุมปริมาณน้ำในคลอง คลองช่วงแรกดาดด้วยคอนกรีต ส่วนคลองเหนือประตูระบายกลางคลอง กม.15.925 เป็นคลองดิน และท้ายประตูระบายนี้ไปจนถึงประตูระบายกลางคลอง กม.21.620 ดาดด้วยคอนกรีต ตำแหน่งของประตูระบายทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 6-8 ประตูระบายกลางคลอง กม.15.925 ประกอบด้วยบานประตูโค้ง 1 บาน กว้าง 6.00 เมตร ออกแบบให้ปริมาณน้ำผ่านได้ 49.097 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมี F.S.L. เหนือน้ำเท่ากับ 15.059 และระดับน้ำท้ายน้ำเท่ากับ 13.554 ระดับท้อง

คลองด้านเหนือน้ำ 11.559 ระดับธรณีประตู 10.800 ระดับพื้น transition ที่ทางออกผันแปรจาก 10.800 ที่ท้ายประตูระบาย หรือที่จุดตั้งต้นของ transition ไปสู่ 10.754 ที่จุดท้ายของ transition ผายออกจากความกว้าง 6.00 เมตร ไปสู่ความกว้าง 11.00 ม.โดยที่ transition ยาว 20.00 เมตร กำแพงด้านข้างที่จุดเริ่มต้นของ transition เป็นแนวดิ่ง และกำแพงด้านข้างที่จุดสุดท้ายของ transition มีความลาดเท 1 ในทางตั้งต่อ 1.5 ในทางราบ รายละเอียดดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-8 แสดงที่ตั้งของ ปตร.กลางคลอง กม.15.925 ปตร.ปากคลอง 5 ซ้าย และปตร.กลางคลอง กม. 21.620

เหนือ ปตร.กลางคลองนี้เล็กน้อยมี ปตร.ปากคลอง 5 ซ้าย ซึ่งออกแบบให้ปริมาณน้ำผ่านได้ 73 ลบม. ต่อวินาที ปตร.กลางคลอง กม.21.620 ปตร. ได้ออกแบบเป็น check drop โดยมีระดับพื้นที่ท้องคลองด้านเหนือน้ำและบริเวณตอม่ออยู่ที่ระดับ 10.140 และพื้นท้องน้ำบริเวณ transition ที่ทางออกอยู่ที่ระดับ 8.487 ช่วงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 9.30 เมตร ท้ายตอม่อระดับพื้นท้องน้ำลดลงจาก 10.140 ไปสู่ระดับ 8.487 ในช่องความยาว 10.00 เมตร transition ผายออกจากความกว้าง 9.30 เมตร มีกำแพงด้านข้างในแนวดิ่งไปสู่ความกว้าง 11.00 เมตร โดยมีกำแพงเอียง 1 ในทางดิ่งต่อ 1.5 ในทางราบ และมีพื้นท้องน้ำราบตลอดความยาว 13.00 เมตร ปตร.นี้ออกแบบให้ปริมาณน้ำผ่านได้ 48.90 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับ F.S.L. เหนือน้ำและท้ายน้ำเท่ากับ 12.940 และ 11.287 ตามลำดับ ปตร.นี้ประกอบด้วยบานประตูเอียง 4 บาน แต่ละบานกว้าง 2.10 เมตร ความหนาของตอม่อ 0.30 เมตร รายละเอียดดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-10

คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย กม. 15.925 ถึง กม.21.620 เป็นคลองดาดด้วยคอนกรีตมีก้นคลองกว้าง 11.00 เมตร ความลึก 2.80 เมตร freeboard 0.50 เมตร ความลาดเท ด้านข้าง 1 ในทางดิ่งต่อ 1.5 ในทางราบ ความลาดเทของคลอง 0.0001 ค่า Manning's n = 0.014 โดยมีอัตราความเร็วที่ออกแบบไว้เท่ากับ 1.15 เมตรต่อวินาที

6.3.2 จุดประสงค์หลักของการศึกษา

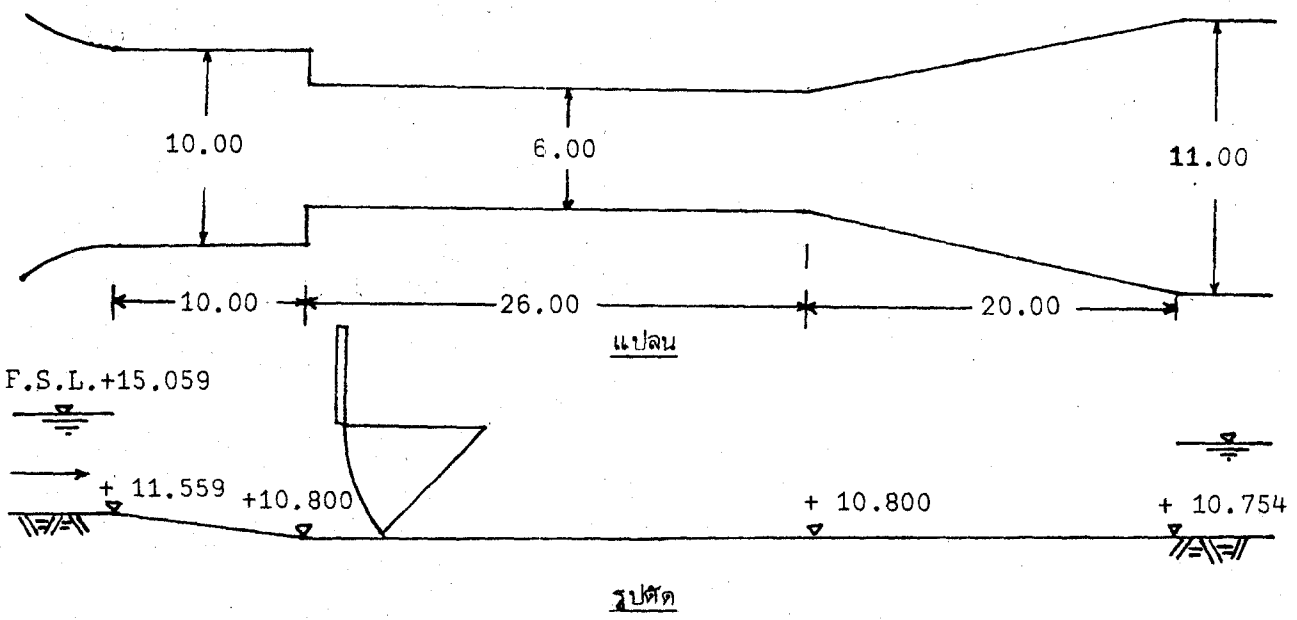
จุดประสงค์หลักของการศึกษา ประกอบด้วย

1) ค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดเซาะท้ายประตูระบายกลางคลอง กม.15.925 ของคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย โครงการแม่กลอง

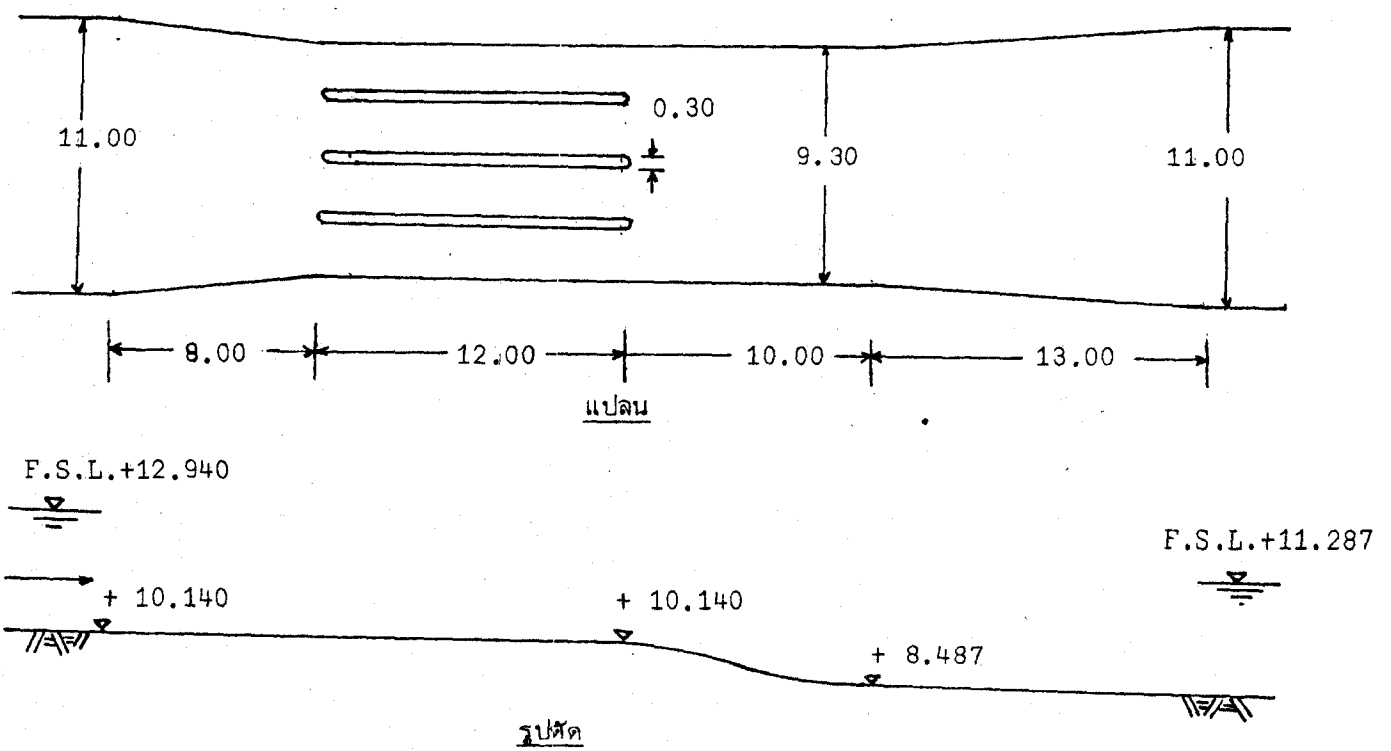
2) เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขเพื่อลดการกัดเซาะให้น้อยที่สุด สามารถปฏิบัติได้ในสนาม และประหยัดที่สุดด้วย

6.3.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

เมื่อส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกปลายคลองสายใหญ่ฝั่งซ้ายเป็นจำนวนมาก หรือเมื่อปริมาณน้ำผ่าน ปตร.กลางคลอง กม.15.925 เป็นปริมาณสูง จะเกิดการกัดเซาะบริเวณรอยต่อระหว่าง transition และคลองดาด ทำให้คลองดาดพังทะลาย



รูปที่ 6-9 ปตร.กลางคลองสายใหญ่ที่ฝั่งซ้าย กม. 15.925 โครงการแม่กลอง



รูปที่ 6-10 Check drop กม.21.620 คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย โครงการแม่กลอง

6.3.4 การวิเคราะห์ปัญหา

กรณีที่น้ำไหลลอดบานประตูของ ปตร.กลางคลอง เมื่อเปิดบาน ปตร.เพียงบางส่วนการไหลท้าย ปตร. จะเป็น freeflow หรือ submerged flow อาจพิจารณาได้จากตำแหน่งของ hydraulic jump ว่าเกิดที่ใด สมการทั่ว ๆ ไปของ hydraulic jump ท้าย ปตร.กรณีเปิดบาน ปตร.บางส่วนอาจหาได้จากสมการ

$$\Sigma F = Q\rho\Delta V \qquad (6\text{-}1)$$

เมื่อ ΣF = ผลรวมของแรงดันของน้ำก่อนเกิดและหลังเกิด hydraulic jump

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

ΔV = ผลต่างของอัตราความเร็วของการไหลก่อนและหลังเกิด hydraulic jump

การคำนวณหา normal depth ท้าย ปตร.กลางคลอง กม.15.925

ตามที่ได้ออกแบบไว้เป็นคลองคาด ใช้ Manning's n = 0.014, b = 11.00 ม.

y = 2.80 ม. S = 0.0001 ม.

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.014}x\left(\frac{42.56}{21.10}\right)^{2/3}x(0.0001)^{1/2}$$

V = 1.14 ม./วินาที

Q = 48.53 ลบ.ม./วินาที

จากรูปที่ 6-11 สมการ (6-1) กลายเป็น

$$F_2 - F_1 = Q\rho\ \left(V_1 - V_2\right) \qquad (6\text{-}2)$$

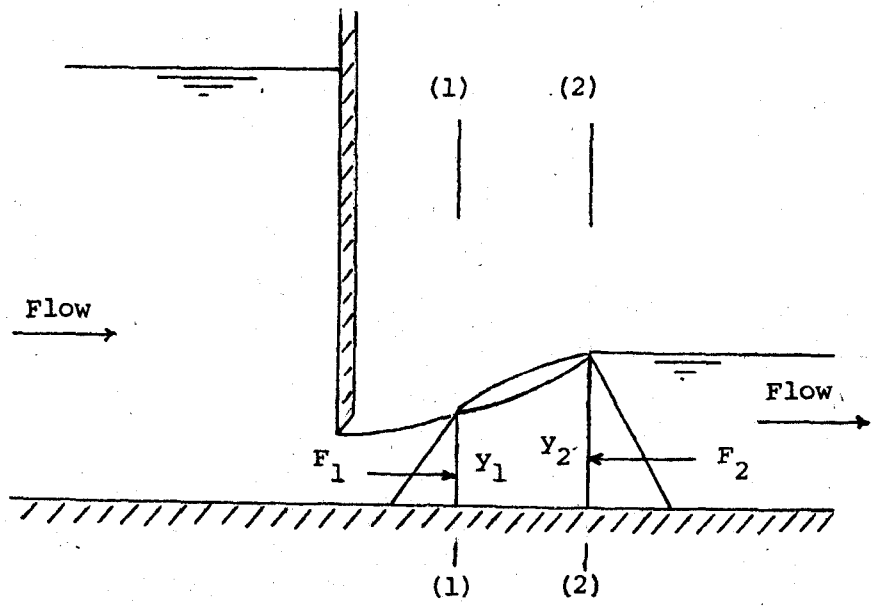
ถ้าทางน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้างเท่ากับ B สมการ (6-2) กลายเป็น

$$\frac{1}{2}\gamma B y_2^2 - \frac{1}{2}\gamma B y_1^2 = Q\rho\left(V_1 - V_2\right)$$

$$\frac{1}{2}\gamma y_2^2 - \frac{1}{2}\gamma y_1^2 = \frac{Q}{B}\rho\left(V_1 - V_2\right)$$

หรือ

$$\frac{1}{2}\gamma y_2^2 - \frac{1}{2}\gamma y_1^2 = q\rho(V_1 - V_2) \qquad (6\text{-}3)$$



รูปที่ 6-11 แสดงลักษณะทั่ว ๆ ไปของการเกิด hydraulic jump ท้าย ปตร.

และในที่สุดจะได้ ความสัมพันธ์เป็น

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8F_1^2} - 1\right) \qquad (6\text{-}4)$$

ซึ่ง F_1 = Froude number = $V_1/\sqrt{gy_1}$

ถ้ารูปตัด (1) - (1) เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และที่รูปตัด (2) - (2) เป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งมีความลาดเท z ในทางราบ และ 1 ในทางดิ่ง ความกว้างก้นคลอง B เท่ากับสมการ (6-2) กลายเป็น

$$\frac{1}{2}\gamma B y_2^2 + \left(\frac{1}{2}zy_2\right)(y_2)\left(\frac{1}{3}\gamma y_2\right)(2) - \frac{1}{2}\gamma B y_1^2 = Qp\ \left(V_1 - V_2\right) \qquad (6\text{-}5)$$

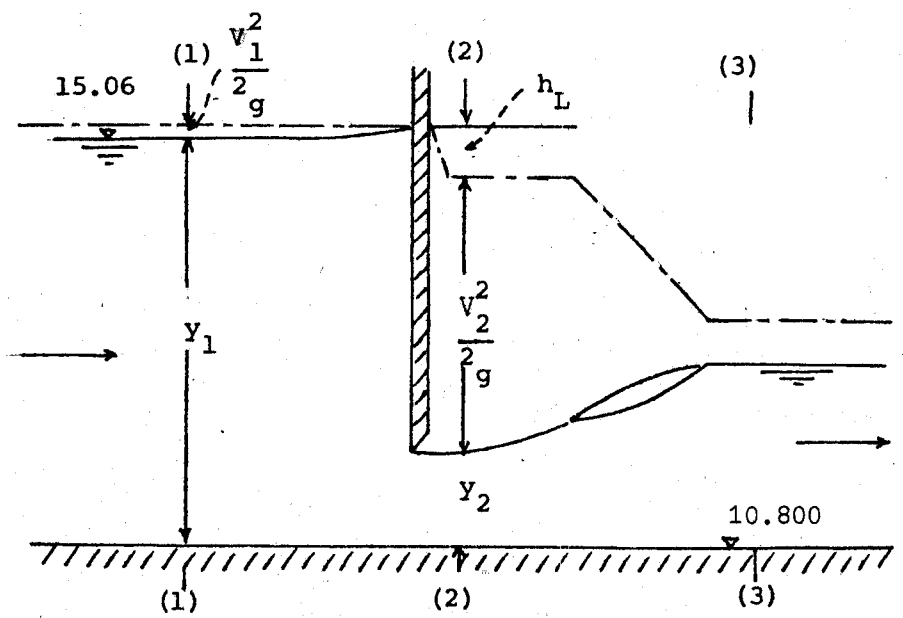
ถ้าทั้งรูปตัด (1) - (1) และรูปตัด (2) - (2) เป็นสี่เหลี่ยมคางหมู มีความลาดเท z ในทางราบ และ 1 ในทางดิ่ง สมการ (6-2) กลายเป็น

$$r^4+(2.5t+1)r^3+(1.5t+1)(t+1)r^2+\left(0.5t^2+\left(t-3F_1\right)^2(t+1)\right)r-3F_1^2(t+1)^2=0 \qquad (6\text{-}6)$$

$$r=\frac{y_2}{y_1},\quad t=\frac{b}{zy_1},\quad F=\frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$$

การวิเคราะห์ hydralic jump แบ่งออกเป็น

1) สมมุติให้ hydralic jump เกิดในช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 6.00 เมตร ระดับน้ำเหนือ ปตร.กลางคลอง อยู่ที่ F.S.L. หรือประมาณ 15.06 ม.รทก.



รูปที่ 6-12 แสดงสมการของ Energy เมื่อน้ำไหลลอด ปตร.

เมื่อน้ำไหลผ่านจากรูปตัด (1) - (1) ไปสู่รูปตัด (2) - (2) สามารถเขียนสมการ energy ได้ดังนี้

$$y_1+\frac{v_1^2}{2g}=y_2+\frac{v_2^2}{2g}+h_L \qquad (6\text{-}7)$$

h_L = head losses ในที่นี้เพื่อให้การคำนวณง่ายขึ้น กับเป็นการเผื่อไว้ด้วย จึงให้ $h_L = 0$

สมมุติว่าปริมาณน้ำไหลผ่าน ปตร.เท่ากับ 49 ลบ.ม.ต่อวินาที

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 15.10 - 10.80 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

สมมุติให้ค่า y_2 = 1.02 ม. V_2 = 49/6x1.02 และ $V_2^2/2g$ = 3.27 ม.

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 1.02 + 3.27 = 4.29 = 15.10 - 10.80 \qquad \text{O.K.}$$

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} = 2.53$$

$$\frac{y_3}{y_2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8F_2^2} - 1\right)$$

y_3 = 3.17 เมตร

แต่ normal depth ท้ายน้ำ = 13.554 - 10.754 = 2.80 เมตร < 3.17 เมตร

hydraulic jump ไม่ได้เกิดในช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6.00 เมตร

(2) สมมุติให้ hydraulic jump เกิดในทางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6.00 เมตร และ 11 เมตร (ไม่คิดน้ำไหลบนลาด slope ท้ายน้ำ)

จากสมการ

$$\frac{1}{2}\gamma B_2 y_2^2 - \frac{1}{2}\gamma B_1 y_1^2 = Q\rho\left(V_1 - V_2\right)$$

แทนค่า y_1 = 1.02 เมตร V_1 = 8.0 เมตรต่อวินาที B_2 = 11.00 เมตร และ Q = 49 ลบ.ม. ต่อวินาที จะได้

$$\frac{1}{2}x11y_2^2 - \frac{1}{2}x6x(1.02)^2 = \frac{49}{9.80}(8.0 - V_2)$$

$$5.5\ y_2^2 - 3.12 = 5\ (8 - V_2) \qquad (6\text{-}8)$$

และจาก $y_2 \times V_2 \times 11 = 49$

$y_2 V_2$ = 1.79 เมตร/วินาที

ค่า y_2 = 2.48 เมตร < 2.80 เมตร

จึงเห็นได้ว่า hydraulic jump จะเกิดอยู่ใน transition

ตำแหน่งที่เกิด hydraulic jump โดยประมาณ

จากสมการ

$$\frac{1}{2}\gamma \ B_2y_2^2 - \frac{1}{2}\gamma \ B_1y_1^2 = Qr \ (V_1 - V_2)$$

$$\frac{1}{2}B_2y_2^2 - \frac{1}{2}B_1y_1^2 = \frac{Q}{g}(V_1 - V_2)$$

สมมุติให้ค่า B_2 = 8.30 เมตร สมการดังกล่าวนี้จะอยู่ในสมดุลย์ จะได้

$$\frac{1}{2}x8.3xy_2^2 - \frac{1}{2}x6xy_1^2 = \frac{49}{9.81}(V_1 - V_2)$$

จากที่คำนวณมาแล้ว y_1 = 1.02 เมตร และ V_1 = 8.01 เมตร/วินาที แทนค่าเหล่านี้ลงในสมการจะได้

$$4.15\ y_2^2 - 3.12 = 4.99\ (8.0 - V_2) \qquad (6\text{-}10)$$

แต่ $y_2V_2 = 49/8.3 = 5.90$

สมมุติให้ y_2 = 2.80 เมตร จะได้ V_2 = 2.11 เมตร/วินาที

แทนค่า y2 และ V2 ลงในสมการ (6-10) จะได้

$$29.416 = 29.36 \qquad \text{O.K.}$$

Hydraulic jump จะเกิดระหว่างช่องทางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6.00 เมตร และ transition กว้างประมาณ 8.30 เมตร

6.3.5 การ operate เพื่อลดการกัดเซาะท้ายน้ำ

เนื่องจากคลองดาดท้าย ปตร. มี freeboard 0.50 เมตร จึงควรใช้ ปตร. กลางคลองที่ กม. 21.620 ยกระดับน้ำท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 ให้สูง เพื่อดันให้ hydraulic jump เกิดอยู่ในทางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6.00 เมตร ดังเช่น การคำนวณเมื่อปริมาณน้ำผ่านเท่ากับ 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

สมมุติให้ค่า y_1 = 0.92 เมตร V_1 = 8.15 เมตร/วินาที

$$z_1 + y_1 + V_1^2/2g = 15.11 \qquad \text{O.K.}$$

$$F_1 = \frac{8.15}{\sqrt{9.8x0.92}} = 2.72$$

จากสมการของ hydraulic jump บนทางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8F_1^2} - 1\right)$$

$$y_2 = 3.11 \text{ ม.}$$

ควรใช้ ปตร. กลางคลองท้ายน้ำที่ กม. 21.620 อัดน้ำท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 ให้มีความสูงเท่ากับ 1.05 y_2

ระดับน้ำท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 กรณีนี้ = (3.11 x 1.05) +10.754 = 14.02 ระดับที่สันของคลองดาด = 14.10 ส่วนการ operate ที่ปริมาณอื่นสามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีการเดียวกัน ผลของการคำนวณดังแสดงไว้ในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ, normal depth และ depth

เนื่องจาก drawown เมื่อยกบางประตูกลางคลอง กม. 21.620 พันน้ำ

Q ม^3./วินาที	y_n เมตร	drawdown เมตร	Δy_n
49	2.80	2.558	0.242
45	2.70	2.446	0.254
43	2.62	2.387	0.233
35	2.33	2.154	0.176
30	2.14	1.987	0.153
25	1.93	1.796	0.134

y_n = normal depth

6.3.6 การ operate ปตร.กลางคลอง กม. 21.620

เนื่องจาก ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 และ ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 อยู่ห่างกันประมาณ 5 กม. เศษ จึงทำให้การ operate ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 มีอิทธิพลไปถึง ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 อิทธิพลดังกล่าวสามารถแยกได้เป็น

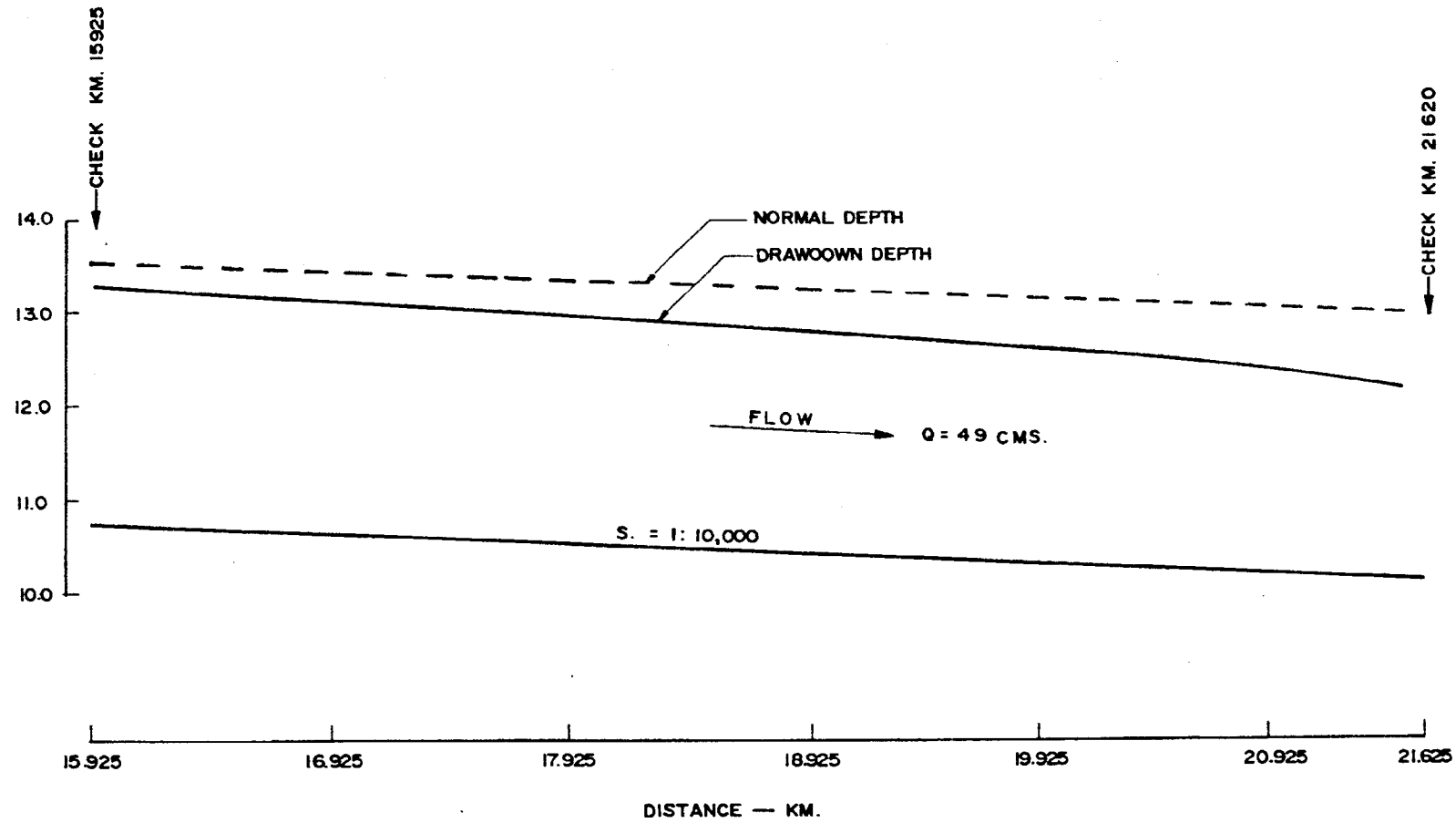
1) คลองช่วงนี้ได้ออกแบบให้เป็น uniform flow โดยมีความลึก 2.80 เมตร ถ้าใช้ ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 ควบคุมการไหลช่วงนี้ให้เท่ากับ normal depth ก็จะไม่เกิดผลกระทบต่อ ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 เลย ทางน้ำในช่วงนี้เป็น mild channel (มี normal depth มากกว่า critical depth หรือ 2.80 ม.>1.16 ม.)

2) ถ้าเปิด ปตร.กลางคลอง กม. 21.620 มาก ๆ หรือยกบานประตูพ้นน้ำการไหลทางด้านเหนือน้ำจะเปลี่ยนจาก uniform flow เป็น gradually varied flow โดยมี water surface drawdown เป็นแบบ M2 curve กรณีนี้ความลึกด้านเหนือน้ำจะน้อยกว่ากรณี uniform flow

3) ถ้าเปิด ปตร. กลางคลองที่ กม.21.620 น้อย โดยควบคุมความลึกด้านเหนือน้ำให้มากกว่าความลึกของกรณี uniform flow การไหลด้านเหนือน้ำจะเป็น gradually varied flow ซึ่งมี backwater เป็น M1 curve

การ operate ในข้อ 2) โดยยกบาน ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 พ้นน้ำความลึกของการไหลที่ ปตร. จะใกล้เคียงกับ critical depth เพาะ ปตร.กลางคลองนี้ได้ออกแบบเป็น check drop ผลการคำนวณ water surface drawdown จาก ปตร. กลางคลองกม. 21.620 ถึงปตร.กลางคลอง กม. 15.925 ดังแสดงในตารางที่ 6-2 และรูปที่ 6-13 กรณีนี้ไม่ควรนำมาใช้ในการ operate เพราะจะทำให้ hydraulic jump เลื่อนไปเกิดทางท้ายน้ำทำให้อัตราความเร็วของการไหลที่รอยต่อระหว่าง transition กับคลองเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้การกัดเซาะรุนแรงขึ้น

การ operate ควรเป็นเช่นกรณีในข้อ 3) เพราะจะดันให้ hydraulic jump เลื่อนขึ้นไปเกิดทางเหนือน้ำ เป็นผลให้ลดอัตราความเร็วบริเวณรอยต่อที่ transition กับคลองซึ่งทำให้ลดการกัดเซาะลงได้



รูปที่ 6-13 การเปรียบเทียบความลึกของการไหล กรณีที่เป็น UNIFORM FLOW กับกรณีที่เป็น GRADUALLY VARIED FLOW หรือ การยกบานประตูกลางคลอง กม.21.620 พ้นน้ำ

6.3.7 สรุป

การกัดเซาะท้าย ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 สามารถทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการปรับการ operate ทั้ง ปตร. กลางคลอง กม. 15.925 และ ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 โดยเฉพาะ ปตร. กลางคลอง กม. 21.620 ต้องยกระดับน้ำเหนือน้ำให้มีความลึกมากกว่า uniform depth หรือยกระดับน้ำเป็น M1 curve ดังรายละเอียดในตารางที่ 6-3

สมการ hydraulic jump ที่ใช้ในการคำนวณ เป็นการคำนวณโดยประมาณเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงที่สุด ในบางกรณีได้ตัดแรงดันน้ำบนลาด slope ทิ้งเพราะมีค่าน้อย ราคาระดับที่ใช้ที่ไม่ได้ระบุไว้มีราคาเป็นเมตร รทก.

ตารางที่ 6-3

แสดงการ operate check กม. 15.925 โดยให้ hydraulic jump เกิดในช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6.00 เมตร เพื่อลดการกัดเซาะท้ายน้ำ

ปริมาณน้ำผ่าน ม.^{3}/วินาที	ระดับน้ำ เมตร (รทก.) เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ	หมายเหตุ
25	15.00	13.35	1. ระดับน้ำเหนือน้ำไม่ยอมให้เกิน 15.00
30	15.00	13.57	2. ใช้ ปตร.กลางคลอง กม. 21.620 ควบคุมระดับ
35	15.00	13.72	น้ำท้ายน้ำ
40	15.00	13.88	3. กรณีปริมาณน้ำเท่ากับ 49 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
45	15.00	14.02	ไม่สามารถควบคุมได้เต็มที่ เพราะระดับสันคลอง
49	15.00	14.02	คาดอยู่ที่ 14.10

6.4 การปรับปรุงคลอง 13

6.4.1 ที่มาของปัญหา

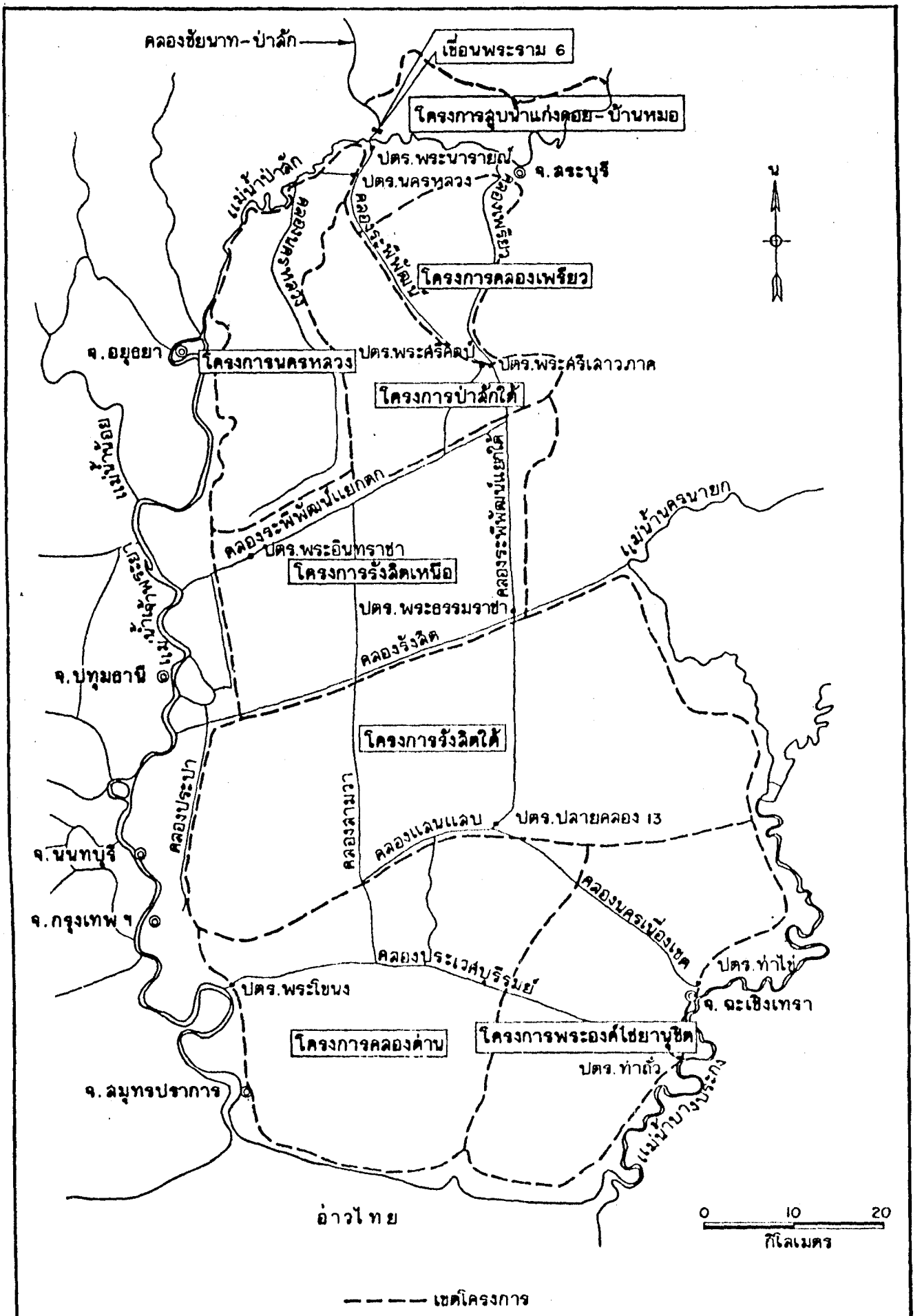
การเพาะปลูกฤดูแล้ง เขื่อนเจ้าพระยาจะผันน้ำที่ระบายลงมาจากเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสริกิติ์เข้าคลองชัยนาท-ป่าสัก แล้วทิ้งน้ำลงแม่น้ำป่าสักเหนือเขื่อนป่าสักใต้ แล้วเขื่อนป่าสักใต้ผันน้ำเข้าคลองระพีพัฒน์ คลองระพีพัฒน์เมื่อส่งน้ำไปได้ระยะหนึ่งจะแยกออกเป็นคลองระพีพัฒน์แยกตกและแยกใต้ โดยคลองระพีพัฒน์แยกใต้นี้จะเป็นคลองสายหลักที่ส่งน้ำให้โครงการชลประทานรังสิตได้ พระองค์ไชยานุชิต และคลองด่านโดยส่งน้ำผ่านคลอง 13 โดยเฉพาะเพื่อการเพาะปลูกฤดูแล้ง แผนที่โครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่างดังแสดงในรูปที่ 6-14

ปี พ.ศ. 2522 เป็นปีแรกที่ชาวนาในเขตโครงการชลประทานเจ้าพระยาเพาะปลูกข้าวนาปรังเต็มพื้นที่ที่คลองสามารถส่งน้ำให้ได้ ในปีนี้โครงการชลประทานพระองค์ไชยานุชิตและคลองด่านเพาะปลูกข้าวและบ่อปลารวมกันประมาณ 450,000 ไร่ และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังได้รับความเสียหายประมาณ 45,000 ไร่ เหตุผลที่ข้าวนาปรังได้รับความเสียหายเพราะ

1) โดยเกณฑ์เฉลี่ยประมาณต้นเดือนกุมภาพันธ์น้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงจะขึ้นถึง ปตร. บางขนาก ฉะนั้นจึงไม่สามารถนำน้ำจากแม่น้ำบางปะกงมาทำการเพาะปลูกในเขตโครงการได้

2) ในเวลานั้นการเพาะปลูกฤดูแล้งในเขตโครงการชลประทานเจ้าพระยาซึ่งส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกโดย gravity จะเริ่มส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ ของทุกปี ฉะนั้นเมื่อพื้นที่ตอนบนที่รับน้ำจากคลองชัยนาท-ป่าสัก เริ่มทำการเพาะปลูกฤดูแล้ง จะไม่สามารถส่งน้ำจากหน้าเขื่อนเจ้าพระยาลงมาถึงโครงการพระองค์ไชยานุชิต และคลองด่านได้ เพราะคลองส่งน้ำได้ออกแบบเป็น supplementary irrigation

อนึ่งหลังจากปี พ.ศ.2522 ชาวนาในเขตโครงการชลประทานพระองค์ไชยานุชิตและคลองด่านจะเริ่มเพาะปลูกฤดูฝนเร็วขึ้น โดยสามารถเก็บเกี่ยวข้าวที่เพาะปลูกฤดูฝนได้ในปลายเดือนตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน หลังเก็บเกี่ยวจะเริ่มทำการเพาะปลูกข้าวนาปรังทันที โดยต้องเพาะปลูกข้าวนาปรังให้แล้วเสร็จก่อนวันที่ 15 ธันวาคม ทั้งนี้เพาะเมื่อถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ จะไม่มีน้ำส่งมาให้ โดยในช่วงที่เริ่มเพาะปลูกข้าวนาปรังปริมาณน้ำในเขตโครงการชลประทานทั้งสองจะมีมาก ในช่วงเดือนธันวาคมซึ่งโครงการชลประทานนครหลวง และรังสิตเหนือโดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มที่เพาะปลูกข้าวฟางลอยจะระบายน้ำออกจากพื้นที่



รูปที่ 6-14 แผนที่โครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่าง

เพาะปลูกเพื่อการเก็บเกี่ยว ทางกรมชลประทานก็จะผันน้ำที่ระบายออกมาเก็บไว้ในเขตโครงการชลประทานพระองค์ไชยานุชิตและคลองด่าน ส่วนในเดือนมกราคม และต้นเดือนกุมภาพันธ์ จะส่งน้ำจากหน้าเขื่อนเจ้าพระยามาเก็บกักไว้ในเขตโครงการทั้งสองให้ได้มากที่สุด

6.4.2 วิธีการศึกษาเพื่อแก้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาคือศึกษาหาทางที่จะส่งน้ำผ่านคลองระพีพัฒน์และคลองระพีพัฒน์แยกใต้ ลงมายังคลองแสนแสบให้ได้มากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าคลอง 13 ซึ่งรับน้ำจากคลองระพีพัฒน์แยกใต้ โดยผ่านไซฟอนพระธรรมราชา ไซฟอนคลองหกวาสายล่างแล้วทิ้งน้ำลงคลองแสนแสบ ตื้นเขิน คันคลองต่ำจึงไม่สามารถส่งน้ำได้เท่ากับที่ออกแบบไว้ วิธีการศึกษาจึงประกอบด้วย

1) สร้าง Calibrate curves ของอาคารชลประทานที่เกี่ยวข้อง อาคารชลประทานที่ต้อง calibrate ประกอบด้วย

1.1) ไซฟอนพระธรรมราชา calibration curve ของไซฟอนพระธรรมราชาดังแสดงในรูปที่ 1-17

1.2) ไซฟอนคลองหกวาสายสายล่าง ไซฟอนนี้นำน้ำที่ไหลมาตามคลอง 13 ลอดคลองหกวาสายล่าง รูปตัดตามยาวของไซฟอนคลองหกวาสายล่างดังแสดงในรูปที่ 6-15 จากรูปจะเห็นว่าบนไซฟอนมี spillway ซึ่งสามารถระบายน้ำจำนวนหนึ่งลงคลองหกวาสายล่างได้ โดยความกว้างทางน้ำไหลหน้า spillway เท่ากับ 7.64 เมตร และ spillway ประกอบด้วยบานประตูตรง 2 บาน แต่ละบานกว้าง 3.50 เมตรทำการวัดปริมาณน้ำ โดยวัดปริมาณน้ำในคลอง 13 เหนือไซฟอนและท้ายไซฟอน ผลต่างของปริมาณน้ำคือปริมาณที่ไหลผ่าน spillway

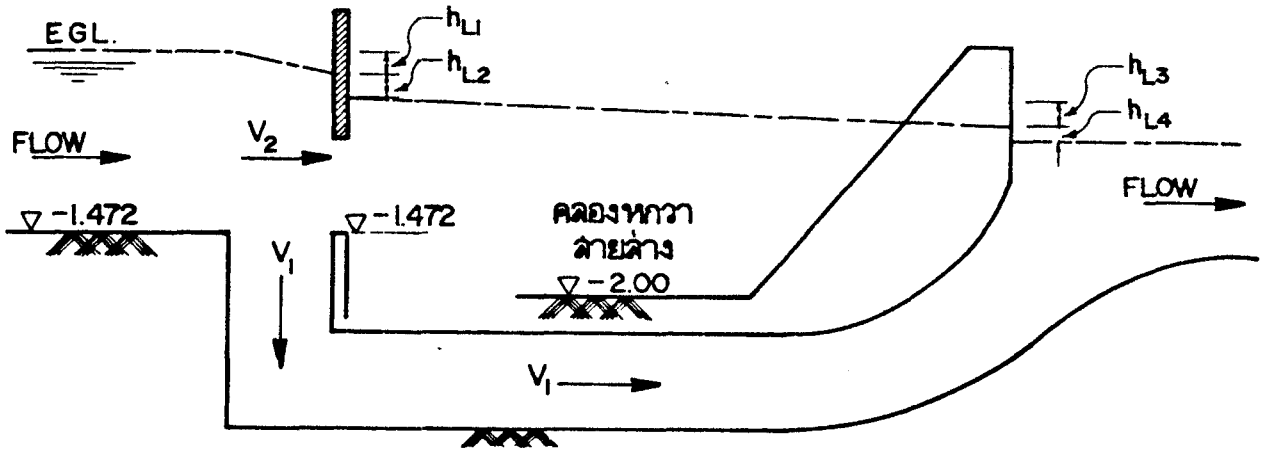
การคำนวณหา calibration curve เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านไซฟอนคลองหกวาสายล่าง

รูปที่ 6-15 แสดงเส้น energy grade line ผ่านคลองหกว่าสายล่าง

จากรูป head loss ทั้งหมด $h_L = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + h_{L4}$

โดยที่ $h_{L1} = K_1 V_1^2/2g + K_2 V_2^2/2g$

$h_{L2} = K_3 V_1^2/2g$



รูปที่ 6-15 รูปตัดตามยาว ไซฟอน คลองหกวาสายล่าง

	h_{L3}	=	$f\ L/D\ V_1^2/2g + K_6V_1^2/2g = K_4V_1^2/2g$
	h_{L4}	=	$K_5V_1^2/2g$
หรือ	h_L	=	$KV_1^2/2g + K_2V_2^2/2g$
โดยที่	h_L	=	head loss ทั้งหมด
	h_{L1}	=	head loss เนื่องจากทางเข้าที่ไซฟอน ($KV_1^2/2g$) และเนื่องจากปริมาณน้ำผ่าน spillway ไหลผ่านปากไซฟอน ($K_2V_2^2/2g$)
	h_{L3}	=	head losses เนื่องจาก friction และความโค้งของท่อไซฟอน
และ	h_{L4}	=	head losses ที่ทางออกของท่อไซฟอน
	V_1	=	อัตราความเร็วของการไหลในท่อไซฟอน
	V_2	=	อัตราความเร็วของการไหลที่ปากไซฟอนหน้า spillway
	K_2	=	$h_L - KV_1^2/2g/V_2^2/2g$

ข้อมูลที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำในสนามดังแสดงในตารางที่ 6-4 นำข้อมูลจากตารางที่ที่ 6-4 ไปสร้าง calibration curve ของ spillway ดังแสดงในรูปที่ 6-16

ตารางที่ 6-4

ข้อมูลสำคัญที่ monitor จากสนาม

ระดับน้ำ ม.รทก.		ระดับน้ำที่แก้แล้ว		ΔH	Q	หมายเหตุ
เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ	เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ		cms	
1.63	1.37	1.616	1.332	0.284	14.102	
1.61	1.45	1.596	1.412	0.184	14.219	
1.505	1.305	1.491	1.267	0.224	9.745	
1.405	1.17	1.391	1.132	0.259	4.696	
1.845	1.61	1.831	1.572	0.259	14.352	
1.980	1.78	1.966	1.742	0.224	21.178	ปิดบานประตู spillway
1.605	1.510	1.591	1.462	0.129	19.330	

จากการการวัดปริมาณน้ำซึ่งปิดบานประตูของ spillway โดยให้น้ำผ่านไซฟอนทางเดียว

ระดับน้ำเหนือน้ำ = 1.605 ระดับน้ำเหนือน้ำที่แก้แล้ว = 1.591

ระดับน้ำท้ายน้ำ = 1.510 ระดับน้ำท้ายน้ำที่แก้แล้ว = 1.462

Q = 19.33 cms และ ΔH = 0.129

V = 19.33/12.25x2 = 0.789 ม./วินาที

Head losses ของไซฟอน = $K V_1^2/2g$

ค่า K สำหรับไซฟอน = 0.129/0.0817 = 4.06

สมมุติให้ค่า K ไซฟอนคงที่ (ซึ่งตามความจริงอาจจะเปลี่ยนเล็กน้อย)

Head losses ทั้งหมด = $K V_1^2/2g + K_2 V_2^2/2g$

V_1 = อัตราความเร็วของการไหลผ่านไซฟอน

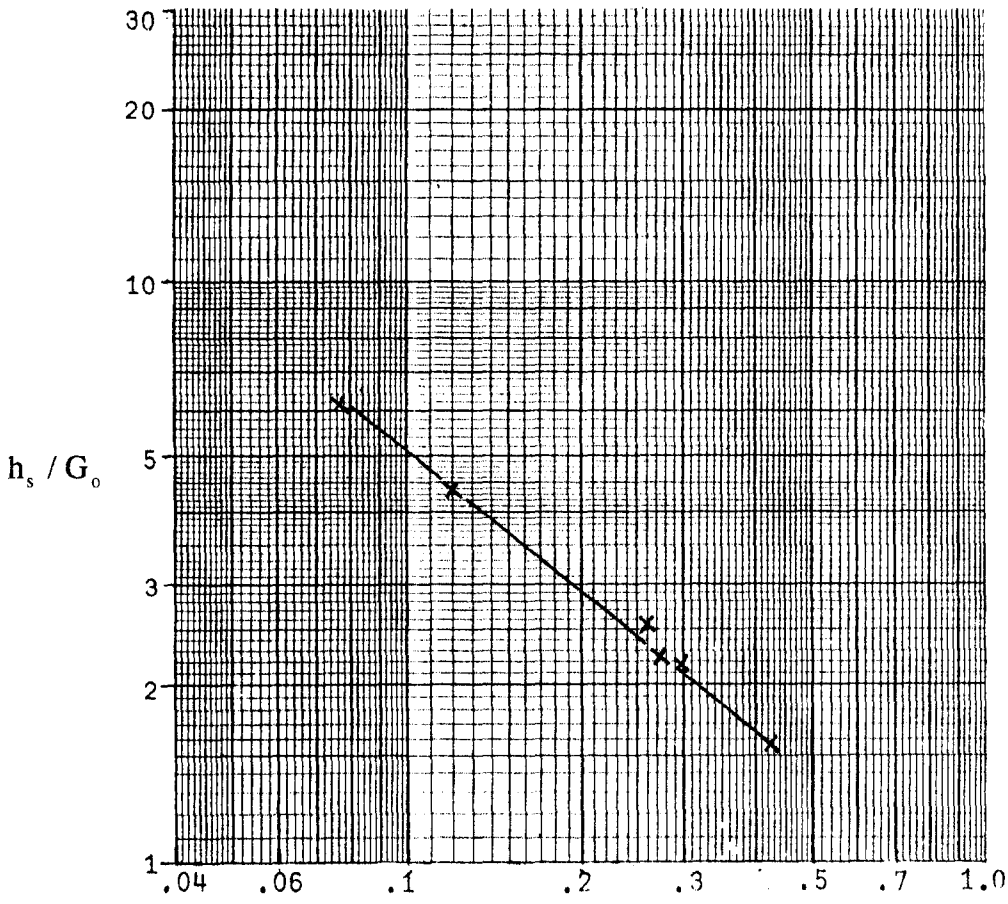
V_2 = อัตราความเร็วของการไหลหน้า spillway = Q/A_2

A_2 = พื้นที่น้ำไหลหน้า spillway

= (ระดับน้ำเหนือน้ำ-ระดับกรณี spillway) x 7.64

7.64 = ความกว้างของทางน้ำไหลหน้า spillway

จากข้อมูลการวัดปริมาณน้ำในสนามดังแสดงในตารางที่ 6-4 สามารถคำนวณหาค่า K_2 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 6-5



$C_s = Q / Lh_s\sqrt{2gh}$ x จุดได้จากการวัดปริมาณน้ำ

<u>รายละเอียด</u>

โครงการ รังสิตใต้

ชื่ออาคาร Spillway ของไซฟอนคลองหกวาสายล่าง

ลักษณะอาคาร - บานประตู - จำนวน, ชนิด, ความกว้าง -2- บานตรง -3.50 เมตร

- ระดับธรณีประตู (เมตร) -1.472
- L ใช้ในสูตร (เมตร) 7.00

<u>ข้อแนะนำในการใช้สูตร</u>

1. หาค่าบานประตูเปิด (G_O)
2. คำนวณค่า h_S = ระดับน้ำท้ายน้ำ - ระดับธรณีประตู
3. หาค่า h_S/G_O
4. ใช้ค่า h_S/G_O ที่คำนวณได้หาค่า C_S จากกราฟ
5. หาค่า h = ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ
6. คำนวณค่า $Q = C_S Lh_S \sqrt{2gh}$

รูปที่ 6-16 Calibration curve ของ spillway คลองหกวาสายล่าง

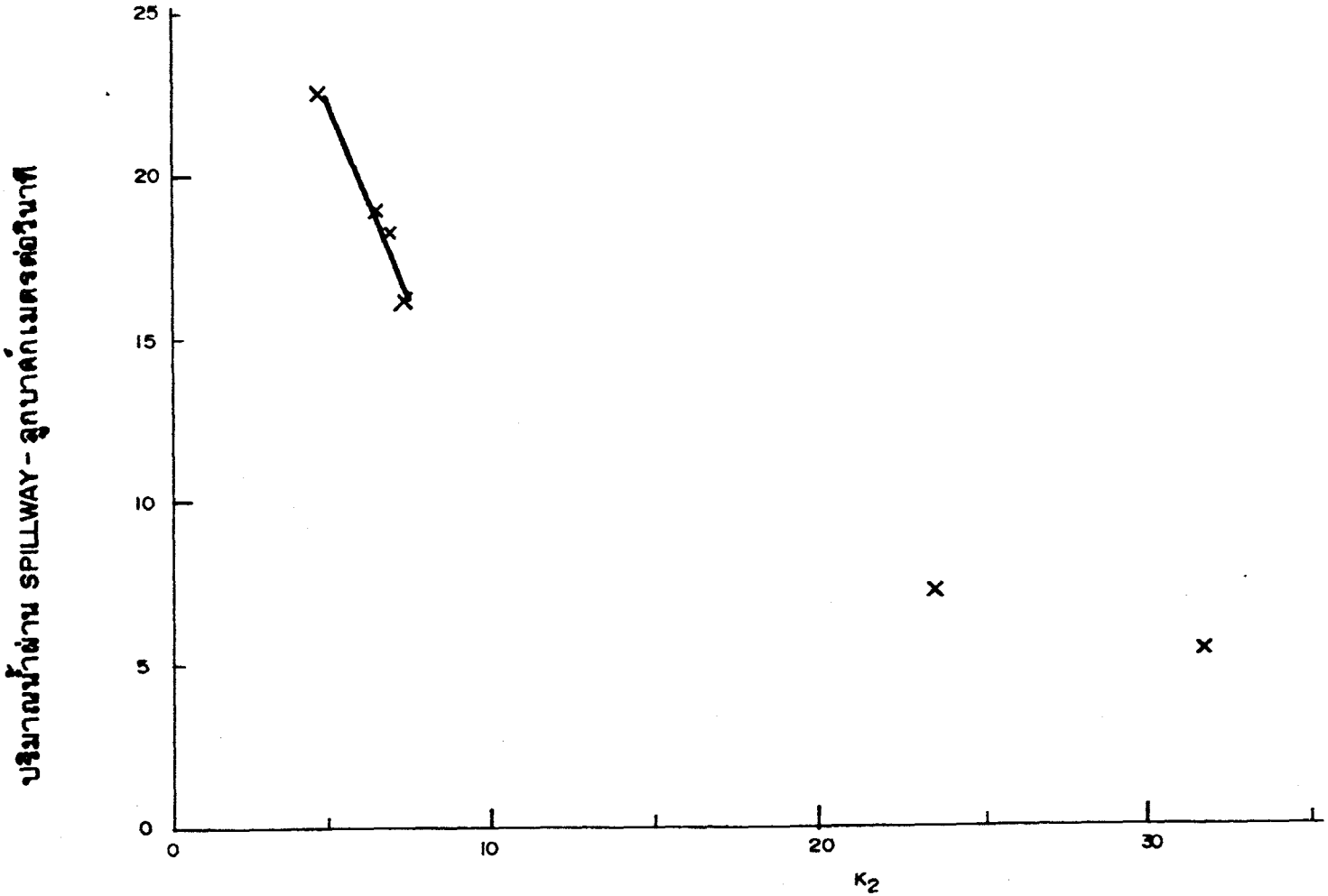
ตารางที่ 6-5

แสดงการคำนวณหาค่า K2

ปริมาณน้ำผ่าน spillway	ปริมาณน้ำผ่านไซฟอน	h_L ทั้งหมด	ระดับน้ำเหนือน้ำ	A_2	V_2	$V_2^2/2g$	$V_1^2/2g$	$KV_1^2/2g$	$h_L-KV_1^2/2g$	$K_2 = \frac{h_L-KV_1^2/2g}{V_2^2/2g}$
19.076	14.102	0.284	1.616	23.59	.809	.0334	.017	0.069	0.215	6.44
7.267	14.219	0.184	1.596	23.44	.310	.0049	.017	0.069	0.115	23.47
16.215	9.745	0.224	1.491	22.64	.716	.026	.008	0.032	0.192	7.38
22.531	4.696	0.259	1.391	21.87	1.03	.0542	.00182	0.0076	0.251	4.63
18.384	14.352	0.259	1.831	25.23	.729	.027	.0175	0.0071	0.188	6.96
5.434	21.178	0.224	1.966	26.27	.207	.00218	.0381	0.155	0.069	31.65

นำค่า K_2 และปริมาณน้ำผ่าน spillway ไป plot ในกระดาษกราฟจะได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 6-17 และสามารถใช้กราฟรูปนี้ช่วยในการคำนวณหาปริมาณน้ำผ่านไซฟอนได้ดังต่อไปนี้คือ เมื่อทราบค่าระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำของ spillway พร้อมทั้งการปิด-เปิดบานประตู จากกราฟในรูปที่ 6-16 สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำผ่าน spillway ได้ เมื่อทราบค่าปริมาณน้ำผ่าน spillway จากรูปที่ 6-17 สามารถคำนวณหาค่า K_2 ได้ และสามารถคำนวณหาค่า $K_2V_2^2/2g$ ได้ในที่สุด นำค่า $K_2V_2^2/2g$ ไปหักออกจากค่า h_L (ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำที่เสาระดับของไซฟอน) ค่า head losses ที่เหลือจะมีค่าเท่ากับ $KV_1^2/2g$ โดยที่ K มีค่าเท่ากับ 4.06 จึงสามารถหาค่า V_1 ซึ่งเป็นอัตราความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านไซฟอนได้ เมื่อทราบค่า V_1 ก็สามารถคำนวณปริมาณน้ำผ่านไซฟอนได้

จากรูปที่ 6-17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_2 และปริมาณน้ำผ่าน spillway จะใช้ได้เฉพาะปริมาณน้ำค่อนข้างสูงคือตั้งแต่ประมาณ 16-23 cms. เท่านั้น ที่ค่าปริมาณน้ำต่ำกว่านี้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะหาความสัมพันธ์ได้ เพื่อที่จะให้รูปนี้นำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ดี จึงต้องการข้อมูลจากสนามเพิ่มเติม



รูปที่ 6 – 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำผ่าน SPILLWAY และ K_2 ไซฟอนคลองหกวาสายล่าง

2) คำนวณ water snrface profile จากคลองหกวาสายล่างถึงไซฟอนพระธรรมราชา water snrface profile จากคลองหกวาสายล่างถึงไซฟอนธรรมราชา คำนวณโดย standand step method ผลการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 6-18

6.4.3 สรุปผลการศึกษา

1) จากรูปที่ 6-18 ควรทำการขุดลอกและเสริมคันคลอง 13 ให้สูงขึ้นพร้อมทั้งเสริมคันคลองระพีพัฒน์แยกใต้เหนือไซฟอนพระธรรมราชาและขุดลอกคลอง 13 ท้ายไซฟอนคลองหกวาสายล่างเพราะมีตะกอนตกทับถมมาก ถ้าทำการปรับปรุงคลอง 13 ตามสรุปผลการศึกษา ปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผันผ่านคลอง 13 ได้สูงสุดดังแสดงในรูปที่ 6-19

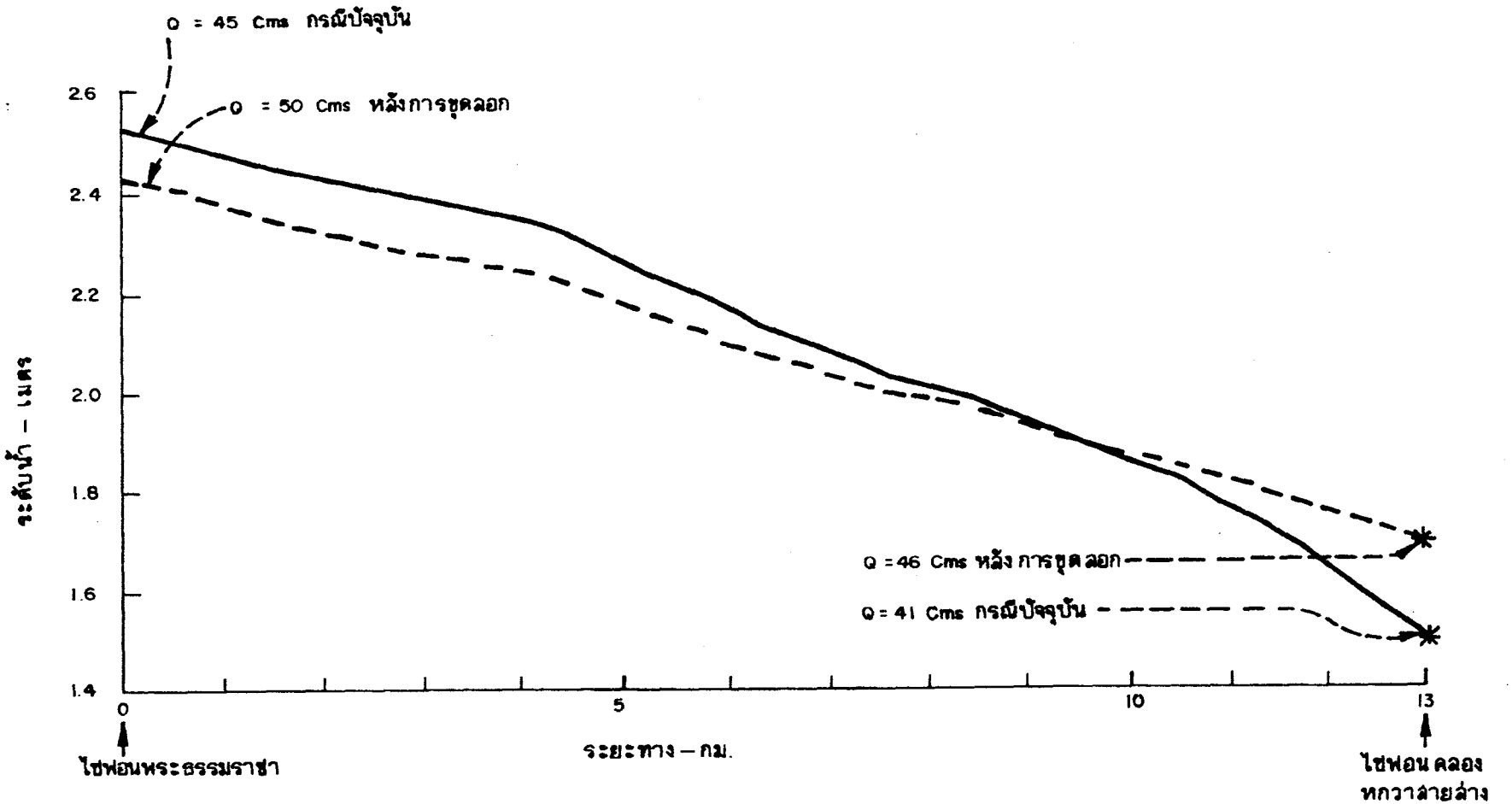
2) Calibration curve ของไซฟอนคลองหกวาสายล่างยังไม่สมบูรณ์ เสนอแนะให้วัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านไซฟอนทางเดียวโดยปิดประตู spillway ให้ได้ปริมาณน้ำอีกประมาณ 2-3 ค่า เพื่อนำมาคำนวณหาค่า K ของไซฟอน และกราฟรูปที่ 6-17 ยังได้ผลไม่สมบูรณ์ควรทำการ calibrate เพิ่มเติมให้กราฟสามารถลากเส้นเชื่อมกันได้

6.5 สรุปปัญหาทางปฏิบัติ

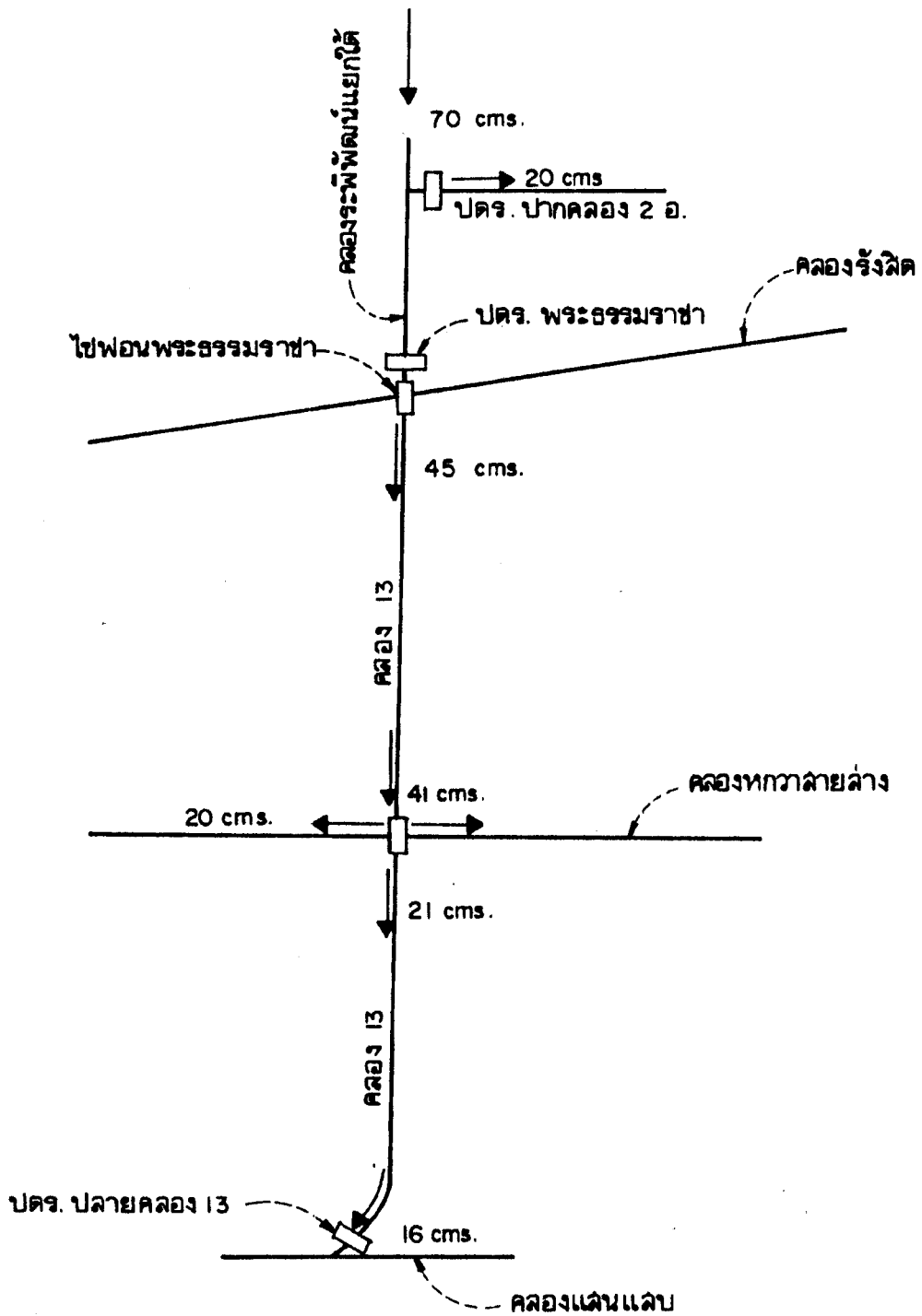
การแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงระบบส่งน้ำในโครงการชลประทานเป็นปัญหาทางชลศาสตร์ที่ซับซ้อน ต้องพิจารณาทั้งระบบ วิธีการแก้ปัญหาอาจสรุปเฉพาะที่สำคัญได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

6.5.1 ตรวจสอบสภาพการ operate ที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลที่ต้องตรวจสอบคือ

1) ราคาระดับในระบบที่ตรวจสอบอยู่บน datum เดียวกันหรือไม่
2) ปริมาณน้ำไหลผ่านอาคารในระบบที่ต้องการตรวจสอบเป็นอย่างไร ต้องหา calibration curve ของปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารได้
3) รูปตัดคลองในสภาพปัจจุบัน



รูปที่ 6 – 18 WATER SURFACE PROFILE จากคลองหกวาสายล่าง ถึง ไซฟอนพระธรรมราชา



รูปที่ 6-19 แสดงปริมาณน้ำสูงสุดที่ลงมาได้

6.5.2 การคำนวณเพื่อตรวจสอบลักษณะ existing condition

เมื่อได้ข้อมูลจากสนามที่สำคัญดังกล่าวแล้ว เลือกลักษณะการ operate ในสนามโดยการ monitor ปริมาณน้ำ เก็บข้อมูลระดับน้ำตามอาคารต่างๆ ซึ่งได้ตรวจสอบแล้วว่าอยู่บน datum เดียวกัน นำข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาคำนวณโดยสมมุติค่า Manning 's n ให้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริง ในทางปฏิบัติ การคำนวณเพื่อตรวจสอบลักษณะ existing condition นี้ ค่อนข้างยุ่งยาก ใช้เวลามากที่สำคัญคือ ต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์มากด้วย

6.5.3 การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบส่งน้ำ

เมื่อสามารถตรวจสอบการ operate ที่ดำเนินการอยู่จริงด้วยการคำนวณแล้ว ขั้นต่อไปจึงเป็นการนำข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมาคำนวณต่อเพื่อออกแบบปรับปรุงระบบส่งน้ำ

ถ้าสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ทั้ง 3 ขั้นตอนดังกล่าวมาแล้วอย่างถูกต้องจะทำให้การปรับปรุงระบบการส่งน้ำในโครงการชลประทานได้ผลสมตามความมุ่งหมาย

บรรณานุกรม

1. Acres International Limited.,1980. "Water Use Report" Samchook and Manorom Projects, Chao Phraya-Meklong Basin Study, Royal Irrigation Department, Kingdom of Thailand, July.
2. ฉลอง เกิดพิทักษ์ , 2525. "การลดการกัดเซาะท้ายประตูกลางคลองโดยการปรับปรุงการ operate" ชลกร, สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชประทาน. มกราคม.
3. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2524. "การปรับปรุงคลองระพีพัฒน์แยกใต้และคลอง 13" ธันวาคม.
4. ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2525. "แนวทางการปรับปรุงโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาผักไห่" ตุลาคม.
5. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2523. "การคำนวณ backwater profiles จากประตูระบายช่องแคถึงประตูระบายมโนรมย์ และการปรับปรุงคลอง 1 ซ้ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก" Acres International Ltd. และสินธุพูลศิริวงค์และสหาย, กรมชลประทาน.
6. ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี , 2536. "การศึกษาการใช้น้ำโครงการชลประทานเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง" วิศวกรรมสาร มก., ฉบับที่ 20, ปีที่ 1, สิงหาคม-พฤศจิกายน.

บทที่ 7
การออกแบบคูและคลองส่งน้ำ

7.1 บทนำ

การออกแบบคูส่งน้ำ โดยใช้ข้อมูลการส่งน้ำที่มีการ monitor ในสนามในเขตโครงการชลประทานมาใช้ในการออกแบบปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกที่นำมาใช้ในการออกแบบต้องเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูก อนึ่งในการเพาะปลูกข้าวช่วงที่ต้องการน้ำมากที่สุดคือ ช่วงเตรียมแปลง เนื่องจากในปัจจุบันมีการ monitor ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการเพาะปลูกข้าวไว้หลายชนิด ดังนั้นวิธีการออกแบบคูส่งน้ำที่เสนอแนะในที่นี้ จึงเป็นวิธีการออกแบบที่นำข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกที่เก็บรวบรวมจากสนามของโครงการชลประทานต่าง ๆ รวมกับข้อมูลที่ได้มีการ monitor ในสนามเพิ่มเติมมาใช้ในการออกแบบ

ฉะนั้นการออกแบบคูส่งน้ำที่จะเสนอแนะในที่นี้จึงเป็นการออกแบบโดยอาศัยข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกรายสัปดาห์ที่จัดเก็บรวบรวมในเขตโครงการชลประทานในประเทศไทย รวมทั้งได้นำข้อมูลที่สำคัญที่ใช้เป็นข้อกำหนดการออกแบบและได้มีการ monitor ในสนามในเขตโครงการชลประทานมาใช้ด้วย เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าว การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกข้าว ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าวต่อพื้นที่ 1 ไร่ และระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าวทั้งโครงการ เป็นต้น อนึ่งถ้าเป็นการเพาะปลูกฤดูฝนต้องนำข้อมูลการ monitor ฝนใช้การในสนามมาประกอบการพิจารณาถึงข้อกำหนดในการคำนวณหาฝนใช้การเพื่อการออกแบบคูส่งน้ำด้วย ฉะนั้นข้อสมมุติต่าง ๆ ต้องสมมุติโดยอ้างอิงข้อมูลที่ได้มีการ monitor จากสนาม

7.2 การออกแบบคูส่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวฤดูแล้ง (1)

รายละเอียดในการออกแบบคูส่งน้ำ ประกอบด้วย

7.2.1 ข้อสมมุติในการเตรียมแปลง

ข้อสมมุติในการเตรียมแปลง ประกอบด้วย

1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาเท่ากัน (ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง+การรั่วซึม (percolation loss)+ปริมาณน้ำที่พืชใช้)

2) เริ่มปักดำทันทีเมื่อเตรียมแปลงเสร็จ

3) อัตราการรั่วซึม (percolation loss) ได้จากการวัดซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะดินในที่นี้สมมุติให้เท่ากับ 1.0 มม.ต่อวัน

4) การเตรียมแปลงแต่ละช่วงใช้เวลา 14 วัน โดยถือเกณฑ์เฉลี่ย

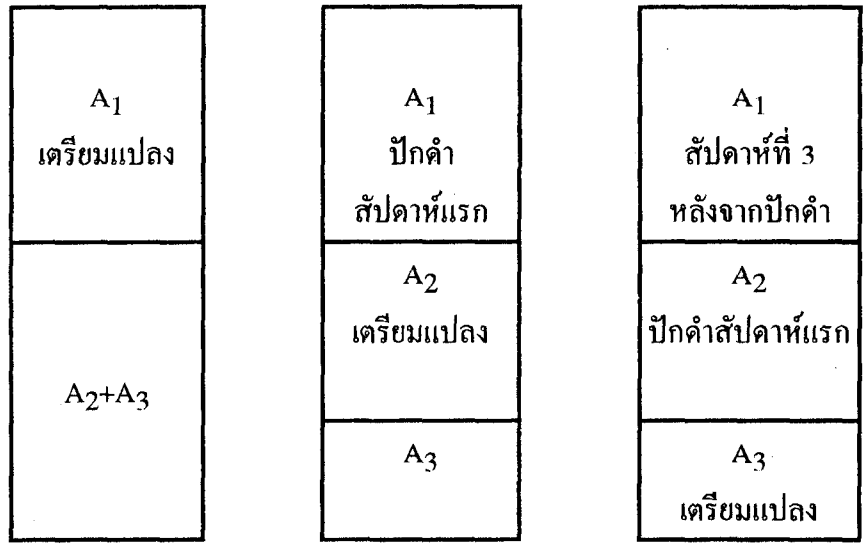
5) การเตรียมแปลงทั้งหมดในคูใช้เวลา 3 ช่วง หรือ เท่ากับ 42 วัน

6) ปริมาณน้ำที่พืชใช้ = สัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient) x Potential evapotranspiration x พื้นที่เพาะปลูก

7) การเตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวนาปรัง เริ่มเตรียมแปลงในเดือนกุมภาพันธ์

8) ระยะเวลาในการปักดำรวมอยู่ในเวลาในการเตรียมแปลง

7.2.2 การคำนวณหาพื้นที่เตรียมแปลงในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 7-1 แสดงรายละเอียด ข้อสมมุติในการเตรียมแปลง

สมมุติให้ A_1 = พื้นที่ที่เตรียมแปลงในช่วงเวลาที่ 1

A_2 = พื้นที่ที่เตรียมแปลงในช่วงเวลาที่ 2

A_3 = พื้นที่ที่เตรียมแปลงในช่วงเวลาที่ 3

A = พื้นที่ทั้งหมด = $A_1 + A_2 + A_3$

จากการวัดน้ำใช้ในการปลูกข้าวในแปลงทดลอง ณ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกพบว่า ในการปลูกข้าวนาปรัง ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง มีค่าเท่ากับ 350 มม.

ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง = $\frac{350}{14}$ = 25 มม. ต่อวัน = W_L

ในเมื่อ W_D = อัตราการรั่วซึมต่อวัน

W_{E1} = Potential Evapotranspiration x ค่าสัมประสิทธิ์พืชในสัปดาห์แรก

W_{E2} = Potential Evapotranspiration x ค่าสัมประสิทธิ์พืชในสัปดาห์สอง

W_{E3} = Potential Evapotranspiration x ค่าสัมประสิทธิ์พืชในสัปดาห์สาม

W_{E4} = Potential Evapotranspiration x ค่าสัมประสิทธิ์พืชในสัปดาห์สี่

W_{E5} = Potential Evapotranspiration x ค่าสัมประสิทธิ์พืชในสัปดาห์ห้า

ปริมาณน้ำใช้ในช่วงที่ 1 = $A_1W_L+A_1W_D$ ..... (7-1)

ปริมาณน้ำใช้ในช่วงที่ 2 = $A_2W_L+A_1W_{E1}+(A_1+A_2)W_D$..... (7-2)

ปริมาณน้ำใช้ในช่วงที่ 3 = $A_3W_L+A_1W_{E3}+A_2W_{E1}+(A_1+A_2+A_3)W_D$..... (7-3)

ปริมาณน้ำใช้หลังจากเตรียมแปลงเสร็จ = $A_1W_{E5}+A_2W_{E3}+A_3W_{E1}+AW_D$..... (7-4)

ในเมื่อพื้นที่ทั้งหมด $A = A_1+A_2+A_3$ ..... (7-5)

สมการ (7-1) = สมการ (7-2) = สมการ (7-3) $\geq$ สมการ (7-4)

สมการ (7-1) = สมการ (7-2) จะได้

$$A_1W_L+A_1W_D = A_2W_L+A_1W_{E1}+A_1W_D+A_2W_D$$

$$A_1 = \frac{A_2(W_L+W_D)}{(W_L-W_{E1})} \quad \text{..... (7-6)}$$

สมการ (7-2) = สมการ (7-3) จะได้

$$A_L+A_1W_{E1}+A_1W_D+A_2W_D = A_3W_L+A_1W_{E3}+A_2W_{E1}+A_1W_D+A_2W_D+A_3W_D$$

$$A_3(W_L+W_D) = A_2(W_L-W_{E1})+A_1(W_{E1}-W_{E3})$$

หรือ $$A_3 = \frac{A_2(W_L-W_{E1})}{(W_L+W_D)} + \frac{A_2(W_L+W_D) \cdot (W_{E1}-W_{E3})}{(W_L-W_{E1}).(W_L+W_D)}$$

$$A_3 = \frac{A_2(W_L-W_{E1})}{(W_L+W_D)} + \frac{A_2(W_{E1}-W_{E3})}{(W_L-W_{E1})}$$

$$= \frac{A_2\left[(W_L-W_{E1})^2 + (W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]}{(W_L+W_D).(W_L-W_{E1})} \quad (7\text{-}7)$$

แทนค่าสมการ (7-6) และ (7-7) ในสมการ (7-5) จะได้

$$A = \frac{A_2(W_L+W_D)}{(W_L+W_{E1})} + A_2 + \frac{A_2(W_L-W_{E1})}{(W_L+W_D)} + \frac{A_2(W_{E1}-W_{E3})}{(W_L-W_{E1})}$$

$$= A_2 \frac{\left[(W_L+W_D)^2 + (W_L-W_{E1}).(W_L+W_D) + (W_L-W_{E1})^2 + .(W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]}{(W_L-W_{E1}).(W_L+W_D)}$$

$$A_2 = \frac{A\left[(W_L-W_{E1}).(W_L+W_D)\right]}{\left[(W_L+W_D)^2 + (W_L-W_{E1}).(W_L+W_D) + (W_L-W_{E1})^2 + (W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]}$$

และ $A_3 = \frac{A\left[(W_L-W_{E1})^2 + (W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]}{\left[(W_L+W_D)^2 + (W_L-W_{E1}).(W_L+W_D) + (W_L-W_{E1})^2 + (W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]}$

$$A_1:A_2:A_3 = (W_L+W_D)^2:\left[(W_L-W_{E1}).(W_L+W_D)\right]:\left[(W_L-W_{E1})^2 + (W_{E1}-W_{E3}).(W_L+W_D)\right]$$

เมื่อแทนค่า W_L = 25 มม.ต่อวัน

W_D = 1.0 มม.ต่อวัน

สัมประสิทธิ์พืชสัปดาห์แรก = 0.99

สัมประสิทธิ์พืชสัปดาห์ที่ 3 = 0.99

และค่า potential evapotranspiration = 5.89 มม.ต่อวันจะได้

$A_1 : A_2 : A_3$ = 43.8 : 32.3 : 23.9

ถ้าสมมติให้คลองซอยต้องส่งน้ำให้กับพื้นที่ 1,000 ไร่ และประสิทธิภาพในการส่งน้ำจากปากคูถึงพื้นที่เพาะปลูกในระหว่างเตรียมแปลงในฤดูแล้งเท่ากับ 85 %

$$= \frac{438}{0.85} \times (25+1.0) \times \frac{1}{1,000} \times \frac{1}{24 \times 3,600} \times 1,600$$

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองซอย = 0.248 ลบ.ม.ต่อวินาที

7.2.3 เปรียบเทียบการคำนวณที่ได้กล่าวมาแล้วกับสูตรของ L.J. Wen (2)

เหตุผลที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีของ Wen เพราะว่าค่าต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในวิธีทั้งสอง สามารถใช้รวมกันได้ จึงทำให้เปรียบเทียบกันได้ง่ายขึ้น

สูตรของ Wen

$$Q_m = \frac{A_h \times D_t}{8.64\, E_C \left\{1-e^{-(D_t/D_s).N}\right\}}$$

โดยที่

Q_m = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้เป็น ลบ.ม.ต่อวินาที

A_h = พื้นที่เพาะปลูกมีหน่วยเป็นเฮกแตร์ ในที่นี้ใช้เท่ากับ 160

D_s = ความลึกของน้ำที่ต้องการใช้ในการเตรียมแปลง
= 350 มม.

D_t = ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับข้าวที่ได้ปักดำแล้ว เป็นเมตรต่อวัน
= 0.00589+0.0010 = 0.00689 เมตรต่อวัน

N = ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเตรียมแปลงเป็นวัน = 42

e = 2.718

E_c = ประสิทธิภาพในการใช้น้ำจากปากคูถึงพื้นที่เพาะปลูกในระหว่างเตรียมแปลงในฤดูแล้งเท่ากับ 0.85

แทนค่าสูตรจะได้

$$Q_m = \frac{160 \times 0.00689}{8.64 \times 0.85 \left\{1-e^{-(.00689/0.350)\times 42}\right\}}$$

= 0.267 ลบ.ม.ต่อวินาที

ผลต่างของการคำนวณปริมาณน้ำจากวิธีทั้งสองประมาณ 7% ถ้าค่าปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงแตกต่างกันออกไป ปริมาณน้ำใช้ที่คำนวณได้จากวิธีทั้งสองจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักดังแสดงไว้ในตารางที่ 7-1

ตารางที่ 7-1

เปรียบเทียบผลการคำนวณความจุดูดส่งน้ำของวิธีทั้งสอง

ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง มม.	ผลจากการคำนวณโดยวิธีของผู้เขียน		ปริมาณน้ำที่คำนวณได้จากวิธีของ Wen ลบ.ม.วินาที	เปอร์เซนต์ที่แตกต่าง	หมายเหตุ
	A:A:A ไร่	ปริมาณน้ำ ลบ.ม.วินาที			
200	538:297:165	0.179	0.196	9	พื้นที่เพาะปลูก 1,000 ไร่
250	489:312:199	0.201	0.219	8	
300	459:319:222	0.224	0.2425	8	
350	438:323:239	0.248	0.267	7	
400	423:326:251	0.2725	0.2915	7	

จึงเห็นได้ว่า วิธีการคำนวณปริมาณน้ำใช้โดยวิธีที่เสนอแนะ มีตัวแปรที่สำคัญ คือ ช่วงเวลาในการเตรียมแปลงเสร็จในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับความพร้อมเพรียงของชาวนา และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมแปลง

สำหรับปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้ข้าวในสัปดาห์หลังจากปักดำเสร็จ หรือจากสมการ (7-4)

$$= \frac{\left[(438x1.16+323x0.99+239x0.99) \times 5.89 + (1,000x1.00)\right]}{0.85 \times 24 \times 3,600} \times \frac{1,600}{1,000}$$

= 0.158 ลบ.ม.ต่อวินาที ซึ่งน้อยกว่า 0.248 ลบ.ม.ต่อวินาที ปริมาณน้ำใช้ระหว่างเตรียมแปลง

7.2.4 ข้อแตกต่างในการคำนวณของวิธีทั้งสอง

จากการเปรียบเทียบความจุของคลองซอย คำนวณโดยวิธีของ Wen และวิธีที่เสนอแนะ มีข้อสมมติที่แตกต่างกันพอสรุปได้ดังนี้คือ

1) สูตรของ Wen สมมติให้การเตรียมแปลงและการปักดำ เริ่มพร้อม ๆ กันส่วนวิธีที่เสนอแนะการปักดำเริ่มหลังจากเตรียมแปลงเสร็จ หรือการปักดำเริ่มหลังจากเตรียมแปลง 2 สัปดาห์

2) สูตรของ Wen ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient) เท่ากับ 1.0 ตลอดเวลาในขณะที่วิธีการคำนวณที่เสนอแนะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองของกรมชลประทาน

3) สูตรของ Wen พื้นที่เตรียมแปลงค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่วิธีการคำนวณที่เสนอแนะแบ่งพื้นที่เตรียมแปลงออกเป็นช่วง ๆ เพื่อให้การคำนวณง่ายขึ้น และสะดวกต่อการใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืช

4) วิธีที่เสนอแนะ ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงตั้งแต่ต้นจนแล้วเสร็จในหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีความสำคัญต่อความจุของคูมาก กล่าวคือถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงตั้งแต่ต้นจนแล้วเสร็จใช้เวลา 7 วัน แล้วเริ่มปักดำทันที ความจุของคูส่งน้ำที่ต้องการจะมากกว่าที่ใช้ระยะเวลาในการเตรียมแปลง 14 วัน แล้วจึงเริ่มปักดำ

7.2.5 สรุป

ระยะเวลาระหว่างการเริ่มต้นการเตรียมแปลง และการเริ่มต้นการปักดำ ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงทั้งหมด ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงแต่ละช่วง ระยะเวลาที่ใช้ในการปักดำ ล้วนแต่มีความสำคัญต่อวิธีที่เสนอแนะมาก จึงต้องการข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาปรับวิธีการคำนวณให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติม ส่วนค่า percolation losses ในพื้นที่ที่จะส่งน้ำให้ควรทำการวัด ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในระหว่างเตรียมแปลงในการทำนาปรังที่ใช้ 85 % นั้นค่อนข้างสูง ซึ่งใช้ผลจากการวัดปริมาณน้ำที่ใช้ในแปลงทดลองของโครงการสามชุกเป็นแนวทางในการกำหนดเฉพาะในช่วงการเตรียมแปลงไม่มี outflow เลย ในขณะที่ยังไม่มีข้อมูลเพิ่มเติม วิธีการคำนวณความจุของคูส่งน้ำ ดังได้กล่าวมาแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้ โดยปรับระยะเวลาในการเตรียมแปลงให้เป็นไปตามวิธีการที่ใช้ในการเตรียมแปลง

7.3 การออกแบบความจุคูและคลองส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวฤดูฝน (2)

การออกแบบคูและคลองส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวฤดฝน เป็นกรณีที่ศึกษาของโครงการคลองหลวง ซึ่งรายละเอียดประกอบด้วย

7.3.1 ปริมาณน้ำที่พืชใช้ตามทฤษฎีสำหรับการเพาะปลูกข้าว

ปริมาณน้ำที่พืชใช้ตามทฤษฎีสำหรับการเพาะปลูกข้าว ประกอบด้วย

(1) น้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับการปลูกข้าว
- เตรียมแปลงตกกล้า
- เตรียมแปลงปักดำ
- เตรียมแปลงหว่าน

(2) น้ำใช้ของข้าวกล้า

(3) น้ำที่ข้าวใช้หลังจากการปักดำหรือหว่าน

7.3.2 ฝนใช้การ (Effective Rainfall)

การหาฝนใช้การ ฝนใช้การคำนวณหาเป็นรายสัปดาห์และหาโดยวิธี Simulation โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ.2508 ถึงปีพ.ศ.2534 ของสถานีฝน คลองหลวง อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี การหาฝนใช้การสามารถแยกออกได้เป็น 2 กรณี คือ

(1) การหาฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าว การหาฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าวคำนวณโดยการกำหนดระดับน้ำในแปลงนาดังต่อไปนี้

ระดับน้ำในแปลงนาต่ำสุด	=	50	มม.
ระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังการให้น้ำชลประทาน	=	100	มม. และ
ระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังจากฝนตก	=	120	มม.

ก่อนการคำนวณจะต้องกำหนด Cropping pattern ขึ้นก่อน

(2) การหาฝนใช้การสำหรับพืชไร่

สมมุติให้พืชไร่ที่ปลูกเป็นถั่วลิสง
ความลึกของรากพืชประมาณ 1.5 ฟุต (ค่าเฉลี่ยของถั่วชนิดต่าง ๆ)
สมมุติให้ดินที่ปลูกเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

จากตารางที่ 15.3 หน้า 362 (5)

Moisture holding capacity	=	0.7-1.5	นิ้ว/ฟุต
ใช้ค่าเฉลี่ย	=	1.1	นิ้ว/ฟุต
	=	1.65	นิ้ว/1 1/2 ฟุต

จากเอกสารอ้างอิงเดียวกันหน้า 303 เมื่อระดับความชื้นในสนามลดลงเหลือ 55% ของความชื้นทั้งหมดแล้วจึงเริ่มให้น้ำ สมมุติให้ความชื้นที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้ได้เป็นความชื้นที่ field capacity เนื่องจากส่งน้ำด้วยคูส่งน้ำ หลังจากหยุดส่งน้ำแล้วประมาณ 2 วัน ความชื้นในดินจึงจะลดลงเหลือที่ field capacity ซึ่งพืชสามารถใช้น้ำได้ 2 วัน ก่อนที่ความชื้นในดินจะถึง field capacity หรือเทียบเป็นความลึกของน้ำ = 0.9 ซม. (4.5 มม./วัน)

ความชื้นในดิน 45% ของ 1.65 นิ้ว = 1.98 ซม.

ดังนั้น ความชื้นในดินที่พืชไร่สามารถนำไปใช้ได้หลังจากฝนตกแล้วมี runoff ไหลบนผิวดิน

= 1.89 + 0.9

= 2.79 ซม.

ดังนั้น การหาฝนใช้การโดยวิธี simulation ดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 และสำหรับการปลูกถั่วลิสงในฤดูแล้ง ความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เทียบกับความลึกของน้ำ

= 2.79 ซม. ใช้ = 25 มม.

ฉะนั้น ในการคำนวณหาฝนใช้การสำหรับพืชไร่ ใช้ระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกต่ำสุดเท่ากับ 0 มม. และสูงสุดเท่ากับ 25 มม.

ส่วนปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับเพาะปลูกพืชฤดูแล้งใช้เท่ากับ 60 มม.

7.3.3 ประสิทธิภาพชลประทาน

นิยามของประสิทธิภาพชลประทานที่ใช้คือ

$$\text{ประสิทธิภาพชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี + การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก-ฝนใช้การ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง}}$$

7.3.4 การคำนวณหาความจุคูและคลองส่งน้ำ

ในการคำนวณหาความจุคูส่งน้ำ สามารถแบ่งขั้นตอนในการคำนวณได้ดังนี้

1) การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้สำหรับการเพาะปลูกข้าว

ในการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้สำหรับการเพาะปลูกข้าวได้แบ่งลักษณะการใช้น้ำที่สำคัญออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1) ลักษณะการใช้น้ำในช่วงเตรียมแปลง ลักษณะการใช้น้ำในช่วงเตรียมแปลงประกอบด้วยการใช้น้ำที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 7-2 ข้อสมมุติที่สำคัญในการคำนวณหาน้ำใช้ในการเตรียมแปลงประกอบด้วย

ก. น้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกข้าวฤดูฝน = 200 มม.

ข. อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกสำหรับการเพาะปลูกข้าว = 2 มม./วัน

ค. ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกข้าวของคลองสายใหญ่แต่ละสายเท่ากับ 10 สัปดาห์ และระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ เท่ากับ 2 สัปดาห์

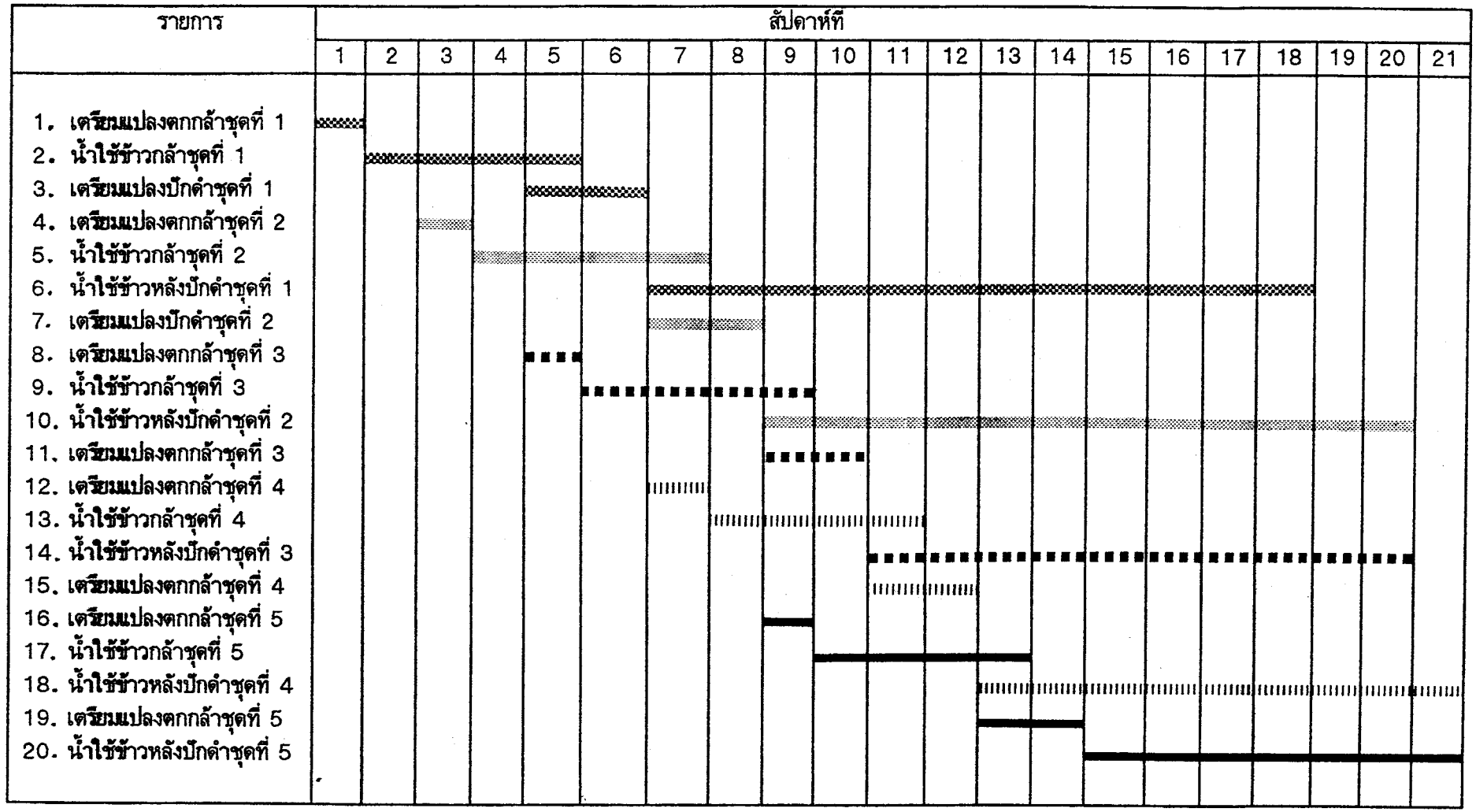
ง. ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับตกกล้าเท่ากับ 1 สัปดาห์

จ. ข้าวกล้า 1 ไร่ ใช้ปักดำได้ 15-20 ไร่ ข้าวกล้าอายุ 4 สัปดาห์ นำไปปักดำได้และค่า Kc ของข้าวกล้าใช้เท่ากับ 1.00

สมมุติให้ฤดูฝนเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข และฤดูแล้วเพาะปลูก ถั่วลิสง จาก cropping pattern ที่กำหนดขึ้นผลการคำนวณความต้องการน้ำดังแสดงในตารางที่ 7-3 ได้ค่าปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.145 ลิตร/วินาที/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 7-4

ตารางที่ 7-2

รายละเอียดการใช้น้ำในช่วงเตรียมแปลง



ตารางที่ 7-3

การคำนวณหาความต้องการน้ำบนแปลงเพาะปลูก

KHLONG LUANG BASIN IDM - 4
Block :: KL1 /Wet 1,000 rai /Dry 1,000 rai
Weekly Irrigation Demand in cubic Meters per Second

WATER YEAR	weekly													ANNUAL
WEEK NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Avg.
1965	0.059	0.050	0.045	0.039	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.087	0.138	0.071	0.131	
	0.065	0.139	0.083	0.092	0.139	0.000	0.019	0.038	0.096	0.000	0.039	0.005	0.050	
	0.000	0.004	0.021	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.070	0.083	0.090	0.095	0.098	0.100	0.099	0.094	0.087	0.048
1966	0.068	0.000	0.049	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.077	0.135	0.088	0.072	
	0.139	0.094	0.030	0.000	0.035	0.000	0.044	0.137	0.027	0.000	0.029	0.036	0.069	
	0.010	0.012	0.005	0.013	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.033	0.083	0.090	0.095	0.098	0.100	0.099	0.094	0.087	0.043
1967	0.008	0.057	0.005	0.026	0.020	0.000	0.003	0.000	0.000	0.087	0.092	0.115	0.145	
	0.076	0.007	0.000	0.076	0.013	0.114	0.067	0.074	0.134	0.102	0.000	0.053	0.000	
	0.000	0.020	0.009	0.006	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.042	0.083	0.090	0.095	0.098	0.100	0.099	0.094	0.087	0.045
1968	0.081	0.023	0.000	0.017	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.000	0.132	0.047	
	0.127	0.092	0.130	0.082	0.000	0.118	0.000	0.137	0.073	0.065	0.000	0.011	0.017	
	0.001	0.031	0.005	0.008	0.008	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.022	0.004	0.066	0.003	0.083	0.088	0.095	0.097	0.100	0.011	0.081	0.020	0.039
1969	0.001	0.012	0.055	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.119	0.144	0.101	
	0.071	0.117	0.077	0.040	0.122	0.036	0.000	0.047	0.025	0.009	0.002	0.013	0.017	
	0.037	0.027	0.000	0.014	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.016	0.067	0.076	0.083	0.081	0.088	0.098	0.045	0.099	0.000	0.049	0.038
1970	0.009	0.069	0.055	0.026	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.023	0.080	0.041	0.000	
	0.114	0.000	0.138	0.112	0.047	0.112	0.000	0.074	0.055	0.007	0.000	0.000	0.009	
	0.032	0.002	0.007	0.000	0.009	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.016	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.015	0.070	0.088	0.099	0.020	0.063	0.036
1971	0.081	0.017	0.002	0.000	0.003	0.004	0.002	0.000	0.000	0.076	0.055	0.096	0.112	
	0.103	0.131	0.117	0.129	0.145	0.078	0.036	0.077	0.000	0.038	0.039	0.000	0.009	
	0.012	0.014	0.020	0.013	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.015	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.059	0.041	0.095	0.098	0.100	0.089	0.084	0.006	0.044
1972	0.022	0.026	0.034	0.009	0.017	0.010	0.000	0.000	0.000	0.074	0.113	0.034	0.097	
	0.111	0.138	0.121	0.134	0.144	0.100	0.114	0.137	0.000	0.032	0.037	0.003	0.001	
	0.012	0.007	0.004	0.016	0.010	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.061	0.076	0.061	0.090	0.095	0.098	0.095	0.063	0.028	0.070	0.048
1973	0.081	0.069	0.000	0.012	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.073	0.103	0.093	0.126	
	0.030	0.000	0.078	0.096	0.000	0.061	0.133	0.023	0.076	0.084	0.013	0.000	0.007	
	0.035	0.014	0.023	0.013	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.021	0.055	0.086	0.047	0.019	0.036	0.039

ตารางที่ 7-3 (ต่อ)

KHLONG LUANG BASIN IDM - 4
Block :: KL1 /Wet 1,000 rai /Dry 1,000 rai
Weekly Irrigation Demand in cubic Meters per Second

WATER YEAR	w e e k l y													ANNUAL
1974	0.070	0.001	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.139	0.145	0.000	
	0.106	0.051	0.111	0.000	0.067	0.024	0.027	0.000	0.067	0.098	0.062	0.000	0.016	
	0.007	0.008	0.004	0.016	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.022	0.047	0.067	0.014	0.074	0.046	0.075	0.084	0.019	0.098	0.094	0.042	0.036
1975	0.074	0.043	0.046	0.032	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.078	0.132	0.067	0.121	
	0.114	0.000	0.000	0.114	0.095	0.044	0.032	0.123	0.000	0.010	0.017	0.019	0.004	
	0.011	0.017	0.023	0.008	0.010	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.006	0.076	0.067	0.098	0.036	0.061	0.094	0.000	0.039
1976	0.074	0.029	0.048	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.069	0.108	0.144	0.128	
	0.065	0.017	0.052	0.066	0.000	0.114	0.010	0.064	0.002	0.042	0.015	0.080	0.062	
	0.000	0.012	0.011	0.000	0.004	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.059	0.090	0.095	0.084	0.027	0.097	0.091	0.083	0.042
1977	0.000	0.069	0.000	0.019	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.083	0.128	0.137	0.076	
	0.102	0.130	0.059	0.000	0.087	0.071	0.140	0.092	0.049	0.049	0.074	0.015	0.018	
	0.014	0.030	0.019	0.001	0.009	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.030	0.057	0.056	0.067	0.052	0.083	0.086	0.079	0.047	0.100	0.025	0.044	0.036	0.044
1978	0.081	0.050	0.034	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	0.091	0.076	0.104	
	0.085	0.049	0.096	0.000	0.112	0.104	0.112	0.037	0.084	0.072	0.000	0.013	0.009	
	0.028	0.032	0.015	0.010	0.007	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.038	0.055	0.067	0.076	0.083	0.069	0.095	0.048	0.100	0.099	0.043	0.084	0.045
1979	0.081	0.063	0.054	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000	0.072	0.082	0.124	0.097	
	0.106	0.130	0.126	0.034	0.105	0.096	0.140	0.029	0.004	0.024	0.041	0.010	0.000	
	0.042	0.035	0.023	0.014	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.045	0.098	0.099	0.000	0.087	0.036	0.046
1980	0.050	0.061	0.000	0.026	0.020	0.000	0.002	0.000	0.000	0.036	0.089	0.068	0.091	
	0.131	0.133	0.069	0.000	0.136	0.013	0.091	0.000	0.081	0.112	0.000	0.000	0.006	
	0.008	0.015	0.021	0.006	0.009	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.064	0.070	0.090	0.095	0.062	0.100	0.084	0.094	0.013	0.042
1981	0.074	0.000	0.003	0.009	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.087	0.126	0.120	0.130	
	0.100	0.061	0.032	0.019	0.062	0.066	0.061	0.124	0.120	0.062	0.000	0.000	0.041	
	0.048	0.000	0.022	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.095	0.052	0.100	0.094	0.094	0.000	0.044
1982	0.046	0.027	0.004	0.009	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.031	0.118	0.049	0.064	
	0.129	0.028	0.102	0.070	0.141	0.110	0.131	0.059	0.087	0.048	0.040	0.016	0.000	
	0.015	0.002	0.016	0.003	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.017	0.095	0.098	0.090	0.099	0.094	0.087	0.046
1983	0.081	0.069	0.055	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.057	0.113	0.135	0.095	
	0.126	0.084	0.000	0.000	0.000	0.065	0.025	0.097	0.000	0.094	0.008	0.085	0.000	
	0.024	0.000	0.005	0.005	0.008	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.035	0.057	0.056	0.019	0.076	0.083	0.008	0.066	0.060	0.100	0.099	0.074	0.087	0.040

ตารางที่ 7-3 (ต่อ)

KHLONG LUANG BASIN IDM - 4
Block :: KL1 /Wet 1,000 rai /Dry 1,000 rai
Weekly Irrigation Demand in cubic Meters per Second

WATER YEAR	w e e k l y													ANNUAL
1984	0.079	0.007	0.000	0.000	0.020	0.005	0.000	0.000	0.000	0.038	0.099	0.070	0.107	
	0.129	0.000	0.013	0.092	0.145	0.000	0.117	0.069	0.082	0.091	0.000	0.041	0.026	
	0.003	0.008	0.016	0.016	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.015	0.076	0.082	0.065	0.069	0.057	0.089	0.099	0.094	0.025	0.041
1985	0.026	0.012	0.024	0.000	0.019	0.000	0.001	0.000	0.000	0.086	0.139	0.135	0.145	
	0.112	0.000	0.118	0.116	0.082	0.124	0.130	0.072	0.128	0.000	0.064	0.000	0.049	
	0.002	0.000	0.019	0.010	0.006	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.095	0.059	0.100	0.089	0.094	0.077	0.051
1986	0.000	0.023	0.000	0.019	0.011	0.000	0.003	0.000	0.000	0.058	0.131	0.017	0.116	
	0.112	0.084	0.067	0.000	0.092	0.000	0.057	0.097	0.130	0.000	0.117	0.069	0.000	
	0.006	0.016	0.007	0.002	0.008	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.095	0.098	0.096	0.099	0.094	0.013	0.043
1987	0.081	0.058	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.069	0.126	0.125	0.100	
	0.024	0.139	0.139	0.122	0.000	0.029	0.123	0.032	0.135	0.097	0.000	0.000	0.017	
	0.010	0.004	0.021	0.004	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.000	0.036	0.095	0.078	0.013	0.082	0.094	0.087	0.044
1988	0.067	0.022	0.000	0.030	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.059	0.034	0.121	0.069	
	0.134	0.076	0.000	0.081	0.000	0.069	0.039	0.044	0.031	0.045	0.048	0.043	0.000	
	0.031	0.023	0.000	0.012	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.027	0.083	0.090	0.095	0.025	0.061	0.097	0.014	0.036	0.036
1989	0.050	0.043	0.027	0.012	0.020	0.000	0.003	0.000	0.000	0.068	0.034	0.131	0.107	
	0.080	0.022	0.050	0.050	0.048	0.049	0.082	0.021	0.001	0.025	0.046	0.058	0.014	
	0.002	0.006	0.000	0.016	0.007	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.016	
	0.039	0.057	0.007	0.049	0.076	0.081	0.067	0.095	0.098	0.092	0.000	0.094	0.087	0.037
1990	0.075	0.066	0.055	0.000	0.020	0.000	0.002	0.000	0.000	0.062	0.143	0.144	0.116	
	0.128	0.120	0.016	0.085	0.032	0.082	0.042	0.099	0.126	0.000	0.000	0.051	0.018	
	0.007	0.031	0.001	0.001	0.010	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.008	0.070	0.092	0.025	0.048	0.011	0.044
1991	0.081	0.062	0.050	0.000	0.019	0.004	0.003	0.000	0.000	0.079	0.125	0.125	0.136	
	0.077	0.023	0.123	0.076	0.000	0.127	0.066	0.079	0.000	0.127	0.044	0.000	0.009	
	0.027	0.006	0.005	0.012	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.000	0.029	0.056	0.064	0.003	0.056	0.090	0.085	0.097	0.100	0.099	0.092	0.087	0.046
AVERAGE	0.058	0.041	0.035	0.018	0.013	0.005	0.002	0.000	0.000	0.068	0.103	0.102	0.105	
	0.100	0.081	0.085	0.084	0.092	0.078	0.077	0.072	0.073	0.061	0.041	0.034	0.022	
	0.017	0.016	0.013	0.009	0.008	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.038	0.053	0.050	0.062	0.062	0.075	0.075	0.079	0.079	0.083	0.082	0.075	0.056	0.042
MAXIMUM	0.081	0.069	0.055	0.039	0.020	0.010	0.004	0.000	0.000	0.087	0.143	0.145	0.145	
	0.139	0.139	0.139	0.134	0.145	0.127	0.140	0.137	0.135	0.127	0.117	0.085	0.069	
	0.048	0.035	0.023	0.016	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.018	
	0.039	0.057	0.056	0.067	0.076	0.083	0.090	0.095	0.098	0.100	0.099	0.094	0.087	0.145
MINIMUM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.017	0.000	
	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.015	
	0.000	0.022	0.004	0.015	0.003	0.000	0.008	0.008	0.025	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 7-4

ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดช่วงเตรียมแปลง

สัปดาห์	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ความต้องการน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	0.143	0.145	0.145	0.139	0.139	0.139	0.144	0.145	0.145	0.140	0.137	0.135	0.130

1.2) ลักษณะการใช้น้ำของข้าวหลังการปักดำ ลักษณะการใช้น้ำของข้าวหลังการปักดำเท่ากับ Kc X ETp ที่ซึ่ง

Kc = สัมประสิทธิ์พืชของข้าว (weighted crop coefficient)

ETp = Potential evapotranspiration คำนวณโดยวิธี modified Penman

ค่า Kc ของพืชชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2-3 ผลการคำนวณค่าความต้องการน้ำของข้าวหลังปักดำเสร็จเรียบร้อยแล้วโดย simulate ความต้องการน้ำบนแปลงเพาะปลูกกับฝนใช้การเห็นสมควรใช้ค่าปริมาณน้ำสูงสุดประมาณ 0.14 ลิตร/วินาที/ไร่ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7-3 จากตารางจะเห็นว่าความต้องการน้ำเกิน 0.14 ลิตร/วินาที/ไร่ สองสัปดาห์ติดต่อกันแทบไม่มีเลย

1.3) สรุป จะเห็นว่าในช่วงเตรียมแปลงพื้นที่เพาะปลูกต้นคูส่งน้ำจะเริ่มเตรียมแปลงก่อน พื้นที่กลางคูจะเริ่มเตรียมแปลงถัดไป ส่วนพื้นที่ปลายคูจะเตรียมแปลงหลังสุด จากลักษณะดังกล่าว ถ้าขาดน้ำในช่วงเตรียมแปลงระยะเวลาในการเตรียมแปลงจะยาวขึ้น ส่วนหลังจากการปักดำข้าวแล้วเสร็จ ถ้าเกิดการขาดน้ำจะกระทบกระเทือนผลผลิตของข้าว ฉะนั้นหลังจากปักดำข้าวเสร็จไม่ควรยอมให้เกิดการขาดน้ำ จากตารางที่ 7-3 ปริมาณความต้องการน้ำประจำสัปดาห์สูงสุดเท่ากับ 0.145 ลบ.ม./วินาที/1,000 ไร่ ถ้าเลือกความจุคูส่งน้ำเท่ากับ 0.140 ลบ.ม./วินาที จะสามารถส่งน้ำให้ได้ตามที่ต้องการโดยส่งน้ำเกินความต้องการในสัปดาห์ล่วงหน้าหรือสัปดาห์ถัดไปเพียง 1 สัปดาห์เท่านั้น ฉะนั้นจึงเลือกความจุคูส่งน้ำเท่ากับ 0.140 ลบ.ม./วินาที อนึ่งผลการคำนวณที่ได้เป็นความต้องการน้ำบนแปลงเพาะปลูกก่อนที่จะนำไปใช้ในการออกแบบคู หรือคลองส่งน้ำจะต้องนำประสิทธิภาพมาประยุกต์ด้วย

7.3.5 สรุป

วิธีการออกแบบคูและคลองส่งน้ำที่ใช้กับโครงการคลองหลวงสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ถ้าข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาโดยเฉพาะปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับเพาะปลูกข้าว ระยะเวลาในการเตรียมแปลงและปักดำหรือหว่าน อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก และประสิทธิภาพชลประทานมีความ

ถูกต้อง ความจุคูและคลองที่ออกแบบถ้าการก่อสร้างถูกต้องจะสามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้โดยไม่เกิดปัญหาการขาดน้ำเมื่อโครงการชลประทานก่อสร้างแล้วเสร็จ

7.4 สรุปผลการศึกษาการออกแบบคูและคลองส่งน้ำ

ในการศึกษาการออกแบบคูแลคลองส่งน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ถ้าเน้นการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าวฤดูแล้งเป็นหลัก ควรใช้วิธีการออกแบบในข้อ 7.2 และ
2) ถ้าเน้นการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าวฤดูฝนเป็นหลักแล้ว ควรใช้วิธีการออกแบบในข้อ 7.3 ซึ่งคลองส่งน้ำมีขนาดเล็กลง

จะเห็นว่าวิธีการที่เสนอแนะเพื่อใช้ในการออกแบบในข้อ 7.3 จะเหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่าวิธีการออกแบบในข้อ 7.2 เพาะในปัจจุบัน ปริมาณน้ำต้นทุนเพื่อการเพาะปลูกฤดูแล้งขาดแคลน

บรรณานุกรม

1. ฉลอง เกิดพิทักษ์และชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, 2523. " การคำนวณปริมาณน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวระดับโซน และการคำนวณความจุของคลองซอย" Acres International Ltd, และ สินธุ พูนศิริวงศ์และสหาย, กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สิงหาคม.
2. Wen J.L., 1972." The Determination of System Capacity and Management Program for Irrigation of Tranplanted Rice" Journal of Chinese Agricultural Engineering, vol. 18, No.1,
3. Sanan Sirion and Chalong Kirdpitugsa, 1995. "Feasibility Study of Water Resourecs Development on Khlong Luang River Basin" Paper presented to the 9th Afro-Asain Regional Conference on Irrigation and Drainage, Alger, Algeria, 5-7 June.
4. สนั่น ศิริอ่อน และฉลอง เกิดพิทักษ์ฒ 2536 "การศึกษาเพื่อการออกแบบและการ operate โครงการพัฒนาลุ่มน้ำบางนรา" วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 18 ปีที่ 26 ธันวาคม 2535-มีนาคม 2536 และฉบับที่ 19 ปีที่ 7 เมษายน-กรกฎาคม.
5. C.Kayankarnnavy and C.Kirdpitugsa, 1992 "Planning of Nam Suay Irrigation Scheme" International conference on Supplementary Irrigation and Drainage water Management, Bari (Italy), Volume 2, Sept. 27-Oct.2, pp.53-9.1-14.
6. Schwab G.O. and Frevert R.K., 1985 "Elementary Soil and Water Engineering" 3rd Edition, John Wiley & Sones.

บทที่ 8
การศึกษาความเหมาะสมโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน

8.1 บทนำ

การศึกษาความเหมาะสมโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทานหัวข้อที่ต้องศึกษาโดยทั่วไปประกอบด้วย

8.1.1 การวางโครงการ และหัวข้อที่จะทำการศึกษาความเหมาะสม การวางโครงการโดยทั่วไปศึกษาจากแผนที่ contour มาตรส่วน 1:50,000 กับการออกไปดูสภาพภูมิประเทศในสนาม ความเป็นมาของโครงการอาจเป็นโครงการที่ได้รับการร้องเรียนจากราษฎร์ที่ขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูก โดยเฉพาะในปีที่เกิดความแห้งแล้งทำให้การเพาะปลูกได้รับความเสียหาย แล้วร้องเรียนต่อทางราชการให้จัดหาน้ำให้ใช้เพื่อการเพาะปลูก เป็นต้น จากหลักเกณฑ์กว้าง ๆ ดังกล่าวแล้วทำให้ทราบพื้นที่ๆ ได้รับความเดือดร้อนหรือขาดแคลนน้ำโดยใช้แผนที่ contour มาตราส่วน 1:50,000 ประกอบในการศึกษา โดยกำหนดพื้นที่ที่จะจัดหาน้ำให้ทำการเพาะปลูก

ลำดับถัดไปจึงศึกษาเพื่อจัดหาแหล่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกที่ได้รับความเดือดร้อนซึ่งอาจเป็นในรูปของการสร้างอ่างเก็บน้ำขึ้นทางด้านเหนือน้ำซึ่งก็ต้องทำการศึกษาโดยอาศัยแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 เช่นเดียวกัน และในการเลือกที่ตั้งอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และบ้านเรือนราษฎร์ที่อาจถูกน้ำท่วมจากการก่อสร้างโครงการด้วย

อนึ่งเมื่อได้กำหนดรูปแบบของโครงการอย่างคร่าวๆแล้วหัวข้อที่จะดำเนินการศึกษาความเหมาะสมโดยทั่วๆไปจะประกอบด้วย

1) สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
   - สรุปผลการศึกษา
   - ข้อเสนอแนะ

2) บทนำ

- ความเป็นมาของโครงการ
- การวางแผนโครงการขั้นต้น
- การศึกษาโครงการขั้นต้น
- การจัดลำดับความสำคัญของโครงการ
- การคัดเลือกโครงการเพื่อนำไปศึกษาความเหมาะสม

3) การศึกษาด้านอุทกวิทยา การศึกษาด้านอุทกวิทยาโดยทั่วไปประกอบด้วยการศึกษาสภาพน้ำฝนและน้ำท่าซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

- การศึกษาด้านภูมิอากาศ
- การคำนวณ monthly inflow และ monthly side flow
- การคำนวณ flood ที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำที่ return period ต่างๆ
- การศึกษาตะกอนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

4) การศึกษาด้านดิน การใช้ที่ดินและการเกษตร ซึ่งประกอบด้วย

- การศึกษาด้านดินและการใช้ที่ดิน
- การศึกษาด้านดิน
- ทรัพยากรดินในเขตโครงการ
- การจัดความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ
- ระบบการปลูกพืช หัวข้อที่อาจทำการศึกษาที่เกี่ยวกับระบบการปลูกพืชอาจประกอบด้วย ระบบการปลูกพืชในดินนาลุ่ม บนดินดอน บนดินดอนที่เป็นทรายจัด บนดินดอนที่เป็นดินทรายร่วน และดินดอนที่เป็นดินร่วน และร่วนเหนียว และการปลูกพืชเสริม เป็นต้น

5) การศึกษาด้านสภาพเศรษฐกิจสังคม และการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น

- การศึกษาด้านสภาพเศรษฐกิจสังคม
- สภาพสังคม
- สภาพเศรษฐกิจ

- การศึกษาการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการอุตสาหกรรม
  - การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค
  - การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

6) การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำและแนวทางเผื่อเลือกโดยใช้แบบจำลอง
หัวข้อศึกษาอาจประกอบด้วย
- ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา
- แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา
  - แบบจำลองฝนใช้การ
  - แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน
  - แบบจำลองระบบ
- ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
- ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา
- ผลการศึกษา

7) การคำนวณหาขนาดทางระบายน้ำล้น
- การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดรอบปีต่างๆที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ
- การคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดผ่านทางระบายน้ำล้น
- Criteria for spillway design flood
- สรุป

8) การศึกษาอุทกภัยในลุ่มน้ำ
- การศึกษาสภาพอุทกภัยของลุ่มน้ำ
- การศึกษาความเสียหายจากอุทกภัย
- การศึกษาวางแผนป้องกันอุทกภัย

9) การออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ เป็นการออกแบบขั้นศึกษาความเหมาะสมซึ่งประกอบด้วย
- การออกแบบเขื่อน และอาคารประกอบ
- การออกแบบระบบผันน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำ (ถ้ามี)
- การออกแบบหัวงานชลประทานและระบบส่งน้ำ

10) การศึกษาด้านการชดเชยทรัพย์สิน

- การศึกษาการชดเชยทรัพย์สิน
- การศึกษาการอพยพราษฎร์

11) การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ

- การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการ
- การศึกษาผลตอบแทนของโครงการ
- การวิเคราะห์โครงการ
- ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน
- แผนการสำรวจ ออกแบบรายละเอียด และก่อสร้างโครงการ

12) การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม

- สภาพแวดล้อมในปัจจุบัน
- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการลดผลกระทบ

13) ภาคผนวก

8.2 กรณีศึกษาที่ 1 โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ (1)

กรณีศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำคลองใหญ่ เพื่อให้การศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำศึกษาอย่างเป็นระบบ จึงต้องศึกษาการใช้น้ำทั้งลุ่มน้ำระยองและรวมถึงการสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลไปอ่างเก็บน้ำหนองค้อ (นอกลุ่มน้ำ) ด้วย ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาประกอบด้วย

1) ทบทวนการศึกษาความเหมาะสม โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ และโครงการชลประทานบ้านค่ายขยาย และ

2) ศึกษาความเหมาะสมการผันน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่และอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

8.2.1 การพัฒนาแหล่งน้ำ

การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำระยองเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้เพื่อการชลประทาน อุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ประกอบด้วย

ก) <u>โครงการที่ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว</u>

1) โครงการชลประทานบ้านค่าย

พื้นที่เพาะปลูก :	ฤดูฝน	27,800	ไร่
	ฤดูแล้ง	19,700	ไร่

2) โครงการอ่างเก็บน้ำดอกกราย

ระดับเก็บกัก	52.600	ม.รทก.
ความจุ	72.20	ล้านลบ.ม.
ท่อส่งน้ำดอกกราย-มาบตาพุด ∅ 1.35 ม.		
ปริมาณน้ำที่สูบ	2.62	ลบ.ม.ต่อวินาที
ความยาว	26.5	กม.

3) โครงการอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

ระดับเก็บกัก	45.00	ม.รทก.
ความจุ	164.70	ล้านลบ.ม.
สูบน้ำไปอ่างเก็บน้ำหนองค้อ	63.1	ล้านลบ.ม.ต่อปี (2 ลบ.ม.ต่อวินาที)
ท่อ ∅ 1.35 ม. ปริมาณน้ำที่สูบ	2.1	ลบ.ม.ต่อวินาที
ความยาว	42.3	กม.

งานพัฒนาต่าง ๆ ดังกล่าวได้ก่อสร้างแล้วเสร็จยกเว้นท่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลไปอ่างเก็บน้ำหนองค้อกำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง (ปี 2538)

ข) <u>โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่</u>

โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ซึ่งอยู่ในขั้นศึกษาความเหมาะสม ลักษณะสำคัญของโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

1) อุทกวิทยา

- พื้นที่รับน้ำ	218	ตร.กม.
- ปริมาณน้ำเฉลี่ย (รอบ 26 ปี)	49.2	ล้านลบ.ม.

- ปริมาณน้ำอุทกภัยออกแบบ (รอบ 500 ปี) 374.8 ลบ.ม.ต่อวินาที

2) อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่

อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่มีลักษณะสำคัญ ประกอบด้วย

- เขื่อนดินประเภท Zoned Type
- ความสูง ณ รูปตัดลึกที่สุด 17.00 เมตร
- ความยาว 3,860 เมตร
- ระดับสันเขื่อน 50.00 ม.รทก.
- ระดับน้ำนองสูงสุด 47.88 ม.รทก.
- ระดับเก็บกัก 46.00 ม.รทก.
- ความจุอ่างฯที่ระดับเก็บกัก 40.10 ม.รทก.
- พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับเก็บกัก 10.50 ตร.กม.
- ระดับเก็บกักต่ำสุด 40.00 ม.รทก.
- ความจุอ่างที่ระดับต่ำสุด 3.00 ล้านลบ.ม.

3) ระบบผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ไปอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลโดย gravity

- ลักษณะเป็นท่อหรืออุโมงค์ผันน้ำและคลองผันน้ำ
- อุโมงค์ผันน้ำก้นกว้าง 3.00 เมตร สูงในแนวดิ่ง 1.50 เมตร และส่วนบนโค้งเป็นครึ่งวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.00 เมตร รวมความยาว 860+1,000 1,860 เมตร
- คลองผันน้ำยาว 1,400 เมตร
- รวมความยาว 3,360 เมตร
- ระดับก้นท่อ 43.00 ม.รทก.
- ผันน้ำได้สูงสุด 9 ลบ.ม.ต่อวินาที

4) หัวงานผันน้ำบนคลองหนองปลาไหล

- สร้างประตูระบายบน cutoff
- ปตร.บานโค้ง 2-3.00x3.50 เมตร
- ระดับเก็บกัก 25.00 ม.รทก.
- ระบายน้ำได้ 21.00 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ทรบ.ปากคลอง 2- ∅1.20 เมตร

- ส่งน้ำได้สูงสุด 4.00 ลบ.ม.ต่อวินาที
- คลองชักน้ำจากหัวงานผันน้ำคลองหนองปลาไหลไปหัวงานผันน้ำคลองใหญ่ ยาว 4.700 กม.

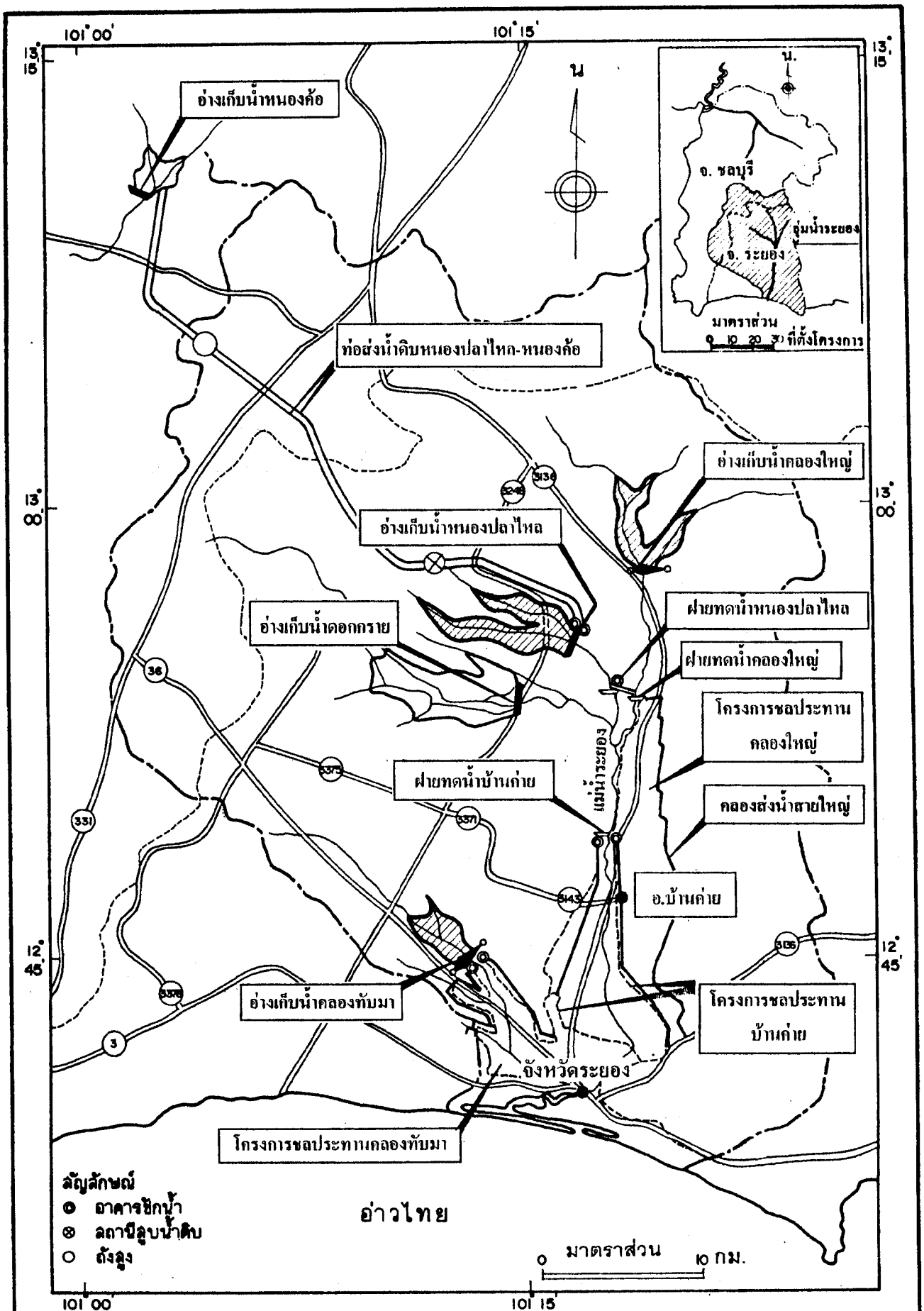
5) หัวงานผันน้ำบนคลองใหญ่
- ฝายทดน้ำยาว 129.00 เมตร
- ระดับสันฝาย 24.00 เมตร
- ประตูระบายทราย 2-4.50x4.50 เมตร
- ปตร.ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่
  - ขนาด 1-2.00x2.00 เมตร
  - ปริมาณน้ำ 4.00 ลบ.ม.ต่อวินาที

6) อาคารระบายน้ำล้นใช้งาน
- ประเภท Overflow Weir
- สันฝายยาว 70 เมตร
- ระดับสันฝาย +46.00 ม.รทก.
- ระดับน้ำนองสูงสุด +47.88 ม.รทก.
- ระบายน้ำสูงสุด 374.8 ลบ.ม.ต่อวินาที

7) ระบบส่งน้ำ
- พื้นที่ชลประทาน 20,000 ไร่
- ระบบส่งน้ำ
  - o คลองส่งน้ำสายใหญ่ 1 สาย ยาว 22.900 กม. ส่งน้ำฝั่งขวาฝั่งเดียว
  - o คลองซอย 12 สาย รวมความยาว 33.180 กม.
  - o คลองแยกซอย 2 สาย ยาว 4.850 กม.

8) ระบบระบายน้ำ
- คลองระบายน้ำ 12 สาย รวมความยาว 36.930 กม.

แผนที่การพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำระยองดังแสดงในรูปที่ 8-1



รูปที่ 8-1 แผนที่โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำระยอง

8.2.2 ข้อมูลอุทกวิทยาในลุ่มน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษา

ข้อมูลอุทกวิทยาในลุ่มน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษาที่สำคัญ ประกอบด้วย

1) ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลฝนรายวันนำมาใช้ในการคำนวณหาฝนใช้การบนพื้นที่ชลประทาน โดยรวบรวมเป็นข้อมูลฝนรายสัปดาห์ แล้วจึงเปลี่ยนเป็นฝนใช้การรายสัปดาห์

2) ข้อมูลปริมาณน้ำรายเดือน ข้อมูลปริมาณน้ำรายเดือนนำมาใช้ในการคำนวณหา
- Inflow ที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำรายเดือน และ
- Side flow โดยเฉพาะที่นำมาใช้ประโยชน์ได้

ข้อมูลอุทกวิทยาที่นำมาใช้ดังกล่าวแล้วรวมเป็นเวลา 26 ปี (2511-2536)

3) การศึกษาด้านตะกอน

ผลการศึกษาตะกอนในอ่างเก็บน้ำพบว่าค่าทับถมตะกอนในอ่างรอบ 300 ปี ทำให้มีระดับท้องน้ำใหม่ +37.35 ม.รทก. และเนื่องจากระดับน้ำใกล้ถึงก้นอ่างจะมีความเข้มข้นของแบคทีเรียสูง จึงควรกำหนดค่าความจุ dead storage ที่ 40.00 ม.รทก.

8.2.3 สรุปผลการศึกษาด้านดินการใช้ที่ดินและการเกษตร

1) สรุปผลการศึกษาด้านดิน

1.1) พื้นที่ราบลุ่ม ประกอบด้วย ดิน 4 กลุ่ม คือ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทราย แป้ง และดินร่วนปนทราย รวมเป็นพื้นที่ 11,165 ไร่

1.2) พื้นที่ดอน ประกอบด้วย

- ที่ดอนเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ซึ่งประกอบด้วย ดินทรายปนดินร่วน ดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน และดินร่วนปนทรายมีเนื้อที่ 3,215 ไร่

- ดินดอนเป็นคลื่นลอนลาด ประกอบด้วย ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย รวมเนื้อที่ 5,620 ไร่

2) ระบบการปลูกพืช

พื้นที่การเกษตรในสภาพปัจจุบันประกอบด้วย

ข้าว	10,000	ไร่
ไม้ผล	7,500	ไร่
พืชไร่พืชผัก	2,500	ไร่

จากข้อมูลลักษณะดินและการจัดชั้นความเหมาะสมของดินเพื่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ สามารถสรุปได้ดังนี้

- นาลุ่ม	เพาะปลูก	ข้าว - พืชผัก
- นาดอน	เพาะปลูก	ข้าว - พืชผัก
		ข้าว - พืชไร่อายุสั้น
		ไม้ผล
- ดินดอนที่เป็นทรายจัด	เพาะปลูก	พืชอาหารสัตว์
		พืชไร่ทนแล้ง
		ไม้ยืนต้น, ไม้ผล
- ดินดอนที่เป็นดินทรายร่วน	เพาะปลูก	พืชไร่ - พืชไร่
		ไม้ผล
- ดินดอนที่เป็นดินร่วนและร่วนเหนียว		
	เพาะปลูก	ไม้ผล

- ในอนาคตเมื่อมีระบบชลประทาน พื้นที่การเกษตร จะประกอบด้วย

ข้าว	7,500	ไร่
ไม้ผล	10,000	ไร่
พืชไร่พืชผัก	2,500	ไร่

8.2.4 ความต้องการน้ำใช้

1) ความต้องการน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ ความต้องการน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในจังหวัดระยอง สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำใช้	ความต้องการน้ำ-ล้านลบ.ม.ต่อปี				
	2537	**2542**	**2547**	**2552**	**2557**
อุปโภคบริโภค	8.65	11.90	15.56	19.43	23.32
อุตสาหกรรม	18.80	25.08	33.03	41.58	50.91
รวม	**27.45**	**36.98**	**48.59**	**61.01**	**74.23**

2) ความต้องการน้ำใช้เพื่อการชลประทาน ความต้องการน้ำใช้เพื่อการชลประทานโดยเกณฑ์เฉลี่ยประกอบด้วย

โครงการชลประทานบ้านค่าย	64.96	ล้านลบ.ม.ต่อปี
โครงการชลประทานคลองใหญ่	40.68	ล้านลบ.ม.ต่อปี

8.2.5 ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา

System sehematic ของการศึกษาการใช้น้ำบนลุ่มน้ำระยองดังแสดงในรูปที่ 3-4 และข้อกำหนดเฉพาะที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1) พื้นที่ชลประทานบ้านค่าย ใช้พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนและฤดูแล้งปัจจุบันให้ได้รับการใช้น้ำเป็น First priority โดย
   - ใช้ side flow ก่อน และ
   - ถ้า side flow ไม่พอ จึงขอน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยอ่างใดมีน้ำมาก (คิดเปอร์เซนต์ของปริมาตรน้ำที่มีขณะนั้นต่อปริมาตรเก็บกักสูงสุด) ระบายลงมาใช้ก่อน

2) น้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมเป็น Second priority และคงที่แต่ละกรณี

3) เมื่อปริมาณน้ำต้นทุนมีไม่เพียงพอสำหรับความต้องการน้ำตามข้อ (1) และข้อ (2) จะแบ่งปันน้ำโดยโครงการชลประทานที่เปิดใหม่สามารถเพาะปลูกฤดูแล้งได้โดยเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 75 % ของพื้นที่ทั้งโครงการ ส่วนปริมาณน้ำที่เหลือแบ่งให้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสากรรม

4) การคิดการใช้น้ำหลังปี พ.ศ.2542 SØ3 คำนวณเป็น 2 กรณี คือ ดึงจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล (ถ้าดึงจากหน้าฝายบ้านค่ายคุณภาพน้ำอาจไม่ดีพอ โดยเฉพาะความต้องการน้ำจากเมืองระยอง) และดึงจากหน้าฝายบ้านค่าย

5) มาบตาพุดใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำดอกกรายเป็นหลัก

6) อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่

- เมื่อไม่มีอ่างเก็บน้ำจะเป็น side flow ที่สำคัญของโครงการชลประทานบ้านค่าย
- เมื่อมีอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่แล้ว run เป็น single reservoir กับพื้นที่ชลประทานเปิดใหม่จะไปลด side flow ของบ้านค่าย เป็นการ run อย่างไม่เป็นระบบ

8.2.6 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1) โครงการชลประทานบ้านค่าย สมมุติให้โครงการชลประทานบ้านค่ายเพาะปลูกในสภาพปัจจุบัน คือฤดูฝนเพาะปลูก 27,800 ไร่ และ 19,700 ไร่ ในฤดูแล้ง

2) การสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำดอกกราย การสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำดอกกรายไปใช้ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียงจะเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น

3) ข้อกำหนดในการคำนวณหาฝนใช้การประจำสัปดาห์ ประกอบด้วย

การปลูกข้าว

ระดับน้ำในแปลงนาต่ำสุดก่อนการส่งน้ำ	45	มม.
ระดับน้ำในแปลงนาหลังการส่งน้ำชลประทาน	90	มม.
ระดับน้ำในแปลงนาสูงสุดหลังฝนตก	130	มม.

ไม้ผล

ระดับน้ำต่ำสุด	0	มม.
สูงสุด	25	มม.

4) ประสิทธิภาพชลประทานและ return flow

ประสิทธิภาพชลประทาน :	ฤดูฝน	55	%
	ฤดูแล้ง	60	%

ส่วน return flow ในรูปของ return flow factor (RFLOF) ประกอบด้วย

ฤดูฝน :	ช่วงเตรียมแปลง	=	5	%
	หลังเตรียมแปลง	=	20	%
ฤดูแล้ง :	ช่วงเตรียมแปลง	=	1	%
	หลังเตรียมแปลง	=	10	%

5) ข้อมูลอื่น ๆ สำหรับข้อมูลอื่น ๆ ประกอบด้วย

อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกข้าว	=	1.5	มม./วัน
ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกข้าว	=	150	มม.
ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับพื้นที่ 1 ไร่	=	2	สัปดาห์
ระยะเวลาในการเตรียมแปลงทั้งหมด	=	8	สัปดาห์

6) การสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลไปยังอ่างเก็บน้ำหนองค้อ การสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลไปยังอ่างเก็บน้ำหนองค้อเพิ่มขึ้นตามความต้องการน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ซึ่งค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่สูบเท่ากับ 63.1 ล้านลบ.ม.ต่อปี

7) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในเขต อ.เมือง และ อ.บ้านค่าย จ.ระยอง การใช้น้ำจำนวนนี้ได้ตั้งข้อสมมุติดังนี้

ก. ใช้น้ำจากหน้าฝายบ้านค่ายและ

ข. ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

8) โครงการชลประทานคลองใหญ่ โครงการชลประทานคลองใหญ่เป็นพื้นที่ชลประทานที่เปิดใหม่ จำนวน 20,000 ไร่ ออกแบบให้ใช้น้ำได้ทั้งจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่

9) เพื่อลดพื้นที่น้ำท่วมในอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ จึงได้ผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ไปยังอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล ซึ่งความจุอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลเท่ากับ 164.7 ล้านลบ.ม. แต่ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยมีประมาณ 125 ล้านลบ.ม.ต่อปี

10) จากการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบในลุ่มน้ำระยอง โดยเปรียบเทียบระหว่างระดับเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ต่าง ๆ กัน พบว่าระดับเก็บกัก 46.00 ม.รทก. ได้ผลประโยชน์ดีที่สุด ณ ระดับดังกล่าวยังสามารถผันน้ำจากลุ่มน้ำประแสร์มาลงอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่และอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลได้ในที่สุด

8.2.7 สรุปผลการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำระยอง

การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำระยอง ข้อมูลอุทกวิทยาที่ใช้เป็นเวลา 26 ปี (2511-2536) โดยที่ ปริมาณน้ำใช้เพื่อการอุตสาหกรรมและอุปโภคบริโภคบริเวณ อ.เมือง และ อ.บ้านค่าย ใช้จากหน้าฝายบ้านค่ายสามารถสรุปได้ดังนี้

1) กรณีสภาพปัจจุบัน เป็นกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่
   กรณี ปี พ.ศ. 2542 จะเกิดการขาดน้ำในปีที่แล้งมาก ๆ 2 ปี (5 เดือน)
   กรณี ปี พ.ศ.2547 เกิดการขาดน้ำประมาณ 2 ปี (8 เดือน)
   กรณี ปี พ.ศ.2552 เกิดการขาดน้ำ 4 ปี (17 เดือน)
   กรณี ปี พ.ศ.2557 เกิดการขาดน้ำ 11 ปี (34 เดือน)

2) กรณีอนาคต กรณีอนาคตแบ่งออกเป็น 2 ทางเลือกคือ

   2.1) มีอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่อย่างเดียว ผลการศึกษากรณีนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

   ปี พ.ศ. 2542 ไม่เกิดการขาดน้ำ
   ปี พ.ศ. 2547 เกิดการขาดน้ำประมาณ 1 ปี (2 เดือน) ใช้น้ำจากอ่างฯคลองใหญ่ 16.08 ล้านลบ.ม. ต่อปี
   ปี พ.ศ. 2552 เกิดการขาดน้ำ 2 ปี (5 เดือน) ใช้น้ำจากอ่างฯ คลองใหญ่ 40.41 ล้านลบ.ม.
   ปี พ.ศ.2557 เกิดการขาดน้ำ 3 ปี (10 เดือน) ใช้น้ำจากน้ำคลองใหญ่ 45 ล้านลบ.ม.ต่อปี ซึ่งเป็นการใช้น้ำได้เต็มที่ถึงปี 2554 เท่านั้น

2.2) มีอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่และพื้นที่ชลประทาน 20,000 ไร่ ผลการศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

ปี พ.ศ.2542	เกิดการขาดน้ำ 2 ปี (5 เดือน) พื้นที่ชลประทาน ฤดูฝน 20,000 ไร่ ฤดูแล้ง 16,910 ไร่
ปี พ.ศ.2547	เกิดการขาดน้ำ 2 ปี (7 เดือน) พื้นที่ชลประทาน ฤดูฝน 20,000 ไร่ ฤดูแล้ง 15,370 ไร่ ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่เพื่ออุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม 16.08 ล้านลบ.ม.
ปี พ.ศ.2552	เกิดการขาดน้ำ 2 ปี (6 เดือน) พื้นที่ชลประทาน ฤดูฝน 6,000 ไร่ ฤดูแล้ง 3,400 ไร่ ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่เพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม 40.14 ล้านลบ.ม.
ปี พ.ศ.2557	เกิดการขาดน้ำ 3 ปี (10 เดือน) ไม่มีน้ำให้ทำการเพาะปลูก น้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ 45 ล้านลบ.ม.

8.2.8 สรุปผลการศึกษาด้านป้องกันอุทกภัยลุ่มน้ำระยอง

จากการศึกษาทบทวนรายงานการศึกษาความเหมาะสมลุ่มน้ำคลองใหญ่ที่คาบความถี่การเกิด 50 ปี โดย JICA สรุปได้ว่าการป้องกันอุทกภัยโดยการปรับปรุงลำน้ำ (River Lmprovement works) ไม่คุ้มต่อการลงทุน ดังนั้นการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่เพื่อการชลประทานและ อุปโภคบริโภคจะให้ผลประโยชน์ลดปัญหาอุทกภัยได้คือ พื้นที่น้ำท่วมลดลง 8,760 ไร่ คิดเป็นผลประโยชน์ตอบแทน 6.43 ล้านบาทต่อปี

8.2.9 สรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

ในการศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่เพื่อการชลประทาน (เปิดใหม่ 20,000 ไร่) และน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค 16.08 ล้านลบ.ม.ต่อปี กับโครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค 45 ล้านลบ.ม.ต่อปี สามารถสรุปได้ว่ามีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้ง 2 โครงการ คือ โครงการแรกจะให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 87.4 ล้านบาท

อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) ร้อยละ 12.50 และให้ค่าผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C ratio) เท่ากับ 1.05 ส่วนโครงการที่สองจะให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 145.4 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) ร้อยละ 13.10 และให้ค่าผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C ratio) เท่ากับ 1.11

8.2.10 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในอนาคตอันใกล้ ถ้าเกิดความแห้งแล้งขึ้นในลุ่มน้ำระยองติดต่อกัน 2 ปี ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2522 และ 2523 จะเกิดปัญหาการแย่งน้ำระหว่างภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมขึ้น ข้อเสนอแนะที่สำคัญ จึงประกอบด้วย

1) รีบดำเนินการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่โดยเร่งด่วน อนึ่งในการก่อสร้างเพื่อลดปัญหาพื้นที่ที่จะถูกน้ำท่วม จึงเสนอแนะให้ผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ไปยังอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล ซึ่งนอกจากปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยจะน้อยกว่าความจุของอ่างเก็บน้ำด้วยแล้ว ยังมีการสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลไปยังอ่างเก็บน้ำหนองค้อสูงสุดถึงปีละ 63.1 ล้านลบ.ม.ด้วย ซึ่งรายละเอียดตามที่ได้ศึกษาไว้ในรายงานนี้

2) ทบทวนการศึกษาความเหมาะสมอ่างเก็บน้ำคลองทับมา โดยเน้นศึกษาความเหมาะสมเพื่อเก็บกักน้ำไว้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ จากการศึกษาพบว่าถ้าก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองทับมาโดยไม่มีระบบชลประทาน แต่มีพื้นที่ชลประทานบนคลองใหญ่ 20,000 ไร่ ในปี พ.ศ. 2557 จะมีน้ำให้โครงการชลประทานคลองใหญ่ทำการเพาะปลูกฤดูฝน 15,000 ไร่ และ 11,240 ไร่ ในฤดูแล้ง และการใช้น้ำต่างๆ เกิดการขาดน้ำไม่เกิน 2 ปี

3) ในการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ ถ้ายอมให้นำน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ปีละ 16 ล้านลบ.ม. แล้ว โครงการชลประทานคลองใหญ่พื้นที่เพาะปลูก 20,000 ไร่ ก็สามารถก่อสร้างได้

4) โครงการชลประทานคลองใหญ่พื้นที่ 20,000 ไร่ ถ้าสมมุติว่าน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมมีความสำคัญกว่าปริมาณน้ำเพื่อการชลประทานแล้ว โครงการชลประทานคลองใหญ่พื้นที่ 20,000 ไร่ จะมีน้ำใช้ได้ถึงปี 2557 จะต้องมีการสร้างอ่างเก็บน้ำคลองทับมา โดยไม่เปิดพื้นที่ชลประทานเพิ่ม

5) ศึกษาเบื้องต้นถึงการผันน้ำจากคลองสะพานมาลงอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ คลองสะพานเป็นลำน้ำสาขาของคลองประแสร์ไหลลงคลองประแสร์ท้ายอ่างเก็บน้ำบนลุ่มน้ำประแสร์ที่ได้มีการศึกษาความเหมาะสมไว้แล้ว เป็นการผันน้ำโดย gravity เฉพาะในช่วงฤดูฝนที่ปริมาณน้ำเกินความต้องการด้านท้ายน้ำ

8.2.11 สรุปผลการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น

ผลกระทบต่อบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ในช่วงระยะก่อสร้างอาจทำให้คุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณท้ายน้ำมีความขุ่นมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการกัดเซาะพังทลายของดิน รวมทั้งต้องมีการอพยพครัวเรือนราษฎรออกนอกพื้นที่น้ำท่วม อย่างไรก็ตามทางโครงการได้วางแผนป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจึงคาดว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจะอยู่ในระดับต่ำและไม่มีนัยสำคัญ ส่วนในช่วงระยะดำเนินการจะส่งผลกระทบทางด้านบวกมากขึ้น ได้แก่ ในช่วงฤดูฝน จะลดผลกระทบจากการไหลบ่าของน้ำที่ทำให้เกิดการกัดเซาะพังทลายของดินได้ รวมทั้งยังเป็น แหล่งเก็บกักน้ำไว้ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมนอกจากนี้อ่างเก็บน้ำยังสามารถเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาหรือสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี สำหรับผลกระทบต่อนิเวศวิทยาป่าไม้และสัตว์ป่าคาดว่าไม่มีผลกระทบมากนัก เนื่องจากสภาพปัจจุบันของอ่างเก็บน้ำไม่มีสภาพของป่าไม้หลงเหลืออยู่ รวมทั้งไม่ได้ตั้งอยู่ในเขตป่าไม้หรือเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าแต่อย่างใด ซึ่งสัตว์ป่าที่สำรวจพบส่วนใหญ่เป็นจำพวกนก ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในท้องถิ่น โดยไม่มีสัตว์ป่าที่หายากแต่อย่างใด

8.3 กรณีศึกษาที่ 2 โครงการพัฒนาพรุควนเคร็ง (3)

8.3.1 บทนำ

พรุควนเคร็งตั้งอยู่บนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน การศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนต้องศึกษาทั้งลุ่มน้ำโดยนำโครงการแหล่งน้ำทั้งที่ได้พัฒนาแล้วและโครงการที่มีศักยภาพในการพัฒนามาศึกษาการใช้น้ำทั้งลุ่มน้ำ ออกแบบขั้นต้นประมาณราคาค่าก่อสร้าง วิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุนของแต่ละโครงการแล้วนำโครงการต่าง ๆมาจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนา การศึกษาดังกล่าวนี้เรียกว่าการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักในการพัฒนาแหล่งน้ำของลุ่มน้ำ ระยะเวลาในการศึกษาเพื่อพัฒนาพรุควนเคร็ง 12 เดือน โดย 6 เดือนแรกเป็นการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักในการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน แล้วเลือก 2 โครงการในขั้นจัดทำแผนหลักมาศึกษาความเหมาะสมซึ่งเป็นการศึกษาในช่วง 6 เดือนหลัง โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่บนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนที่ดำเนินการไปแล้ว และที่กำลังดำเนินการอยู่ (พ.ศ.2536) ดังแสดงในตารางที่ 8-1

ตารางที่ 8-1

สรุปโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่บนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนที่ดำเนินการไปแล้วและที่กำลังศึกษาอยู่

ที่	ชื่อโครงการ	อ่างเก็บน้ำความจุ ล้านลบ.ม.	พื้นที่ชลประทาน ไร่	หมายเหตุ
1	**โครงการที่ก่อสร้างเสร็จแล้วและที่กำลังก่อสร้าง**			
	1.1 คลองบ้านพร้าว	-	35,700	จ.พัทลุง 31,700 ไร่ จ.นครศรีธรรมราช 4,000 ไร่
	1.2 อ่างเก็บน้ำป่าพยอม	20.5		ส่งน้ำให้คลองบ้านพร้าว
	1.3 คลองไม้เสียบ	-	35,500	
	1.4 อ่างเก็บน้ำคลองน้ำใส	80	18,000	ส่งน้ำให้คลองไม้เสียบขยายพื้นที่คลองไม้เสียบได้อีก 18,000 ไร่ (กำลังก่อสร้าง)
	1.5 ชลประทานสงขลา (ระโนด)	-	60,000	ใช้น้ำจากทะเลสาบสงขลา
	1.6 ชลประทานปากพนัง		358,000	พื้นที่เพาะปลูกปี 2533
2	**โครงการที่ได้มีการศึกษาขั้นต้นไว้แล้ว**			
	2.1 พรุควนเคร็ง			
	2.2 อ่างเก็บน้ำคลองลาไม			
	2.3 อ่างเก็บน้ำคลองโคกยาง			
3	**โครงการที่ศึกษาเพิ่มเติมในการศึกษาครั้งนี้ (ขั้นจัดทำแผนหลักฯ)**			
	3.1 คันกั้นน้ำพรุควนเคร็ง	347		(260 ล้านลบ.ม.ขั้น F.S.)
	3.2 ผันน้ำจากคลองชะอวดเข้าพรุควนเคร็ง			ผันน้ำ 6 ลบ.ม.ต่อวินาที
	3.3 โครงการประตูระบายปันแต		10,000	โครงการสูบน้ำ
	3.4 ผันน้ำจากพรุควนเคร็งไปใช้ในโครงการชลประทานสงขลา (ระโนด)		60,000	
	3.5 ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด		90,000	
	3.6 อ่างเก็บน้ำคลองลาไม	70	45,000	
	3.7 อ่างเก็บน้ำคลองโคกยาง	27.8	18,500	site บน
		32.1	20,500	site ล่าง

การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจ จากผลการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบในขั้นจัดทำแผนหลักสามารถแยกการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจของการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนออกได้เป็น 8 ทางเลือก ซึ่งรายละเอียดของโครงการต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 8-2 การจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจจากมากไปหาน้อยมีดังนี้

ทางเลือกที่ 1 โครงการอ่างเก็บน้ำคลองโคกยางตอนล่าง (A6)

ทางเลือกที่ 2 การเก็บน้ำในพรุควนเคร็งที่ระดับ 1.25 ม.รทก.(A4/1) ซึ่งลักษณะโครงการประกอบด้วย

2.1) อ่างเก็บน้ำและการผันน้ำมาเพิ่มให้กับอ่างเก็บน้ำ

- โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งระดับเก็บกัก 1.25 ม.รทก.
- โครงการผันน้ำจากคลองชะอวดปริมาณน้ำที่ผัน 6 ลบ.ม.ต่อวินาที

2.2) ระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน

- โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)
- โครงการประตูระบายปันแต
- โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด

ทางเลือกที่ 3 การเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็งที่ระดับ 1.00 ม.รทก. (A3) ลักษณะโครงการประกอบด้วย

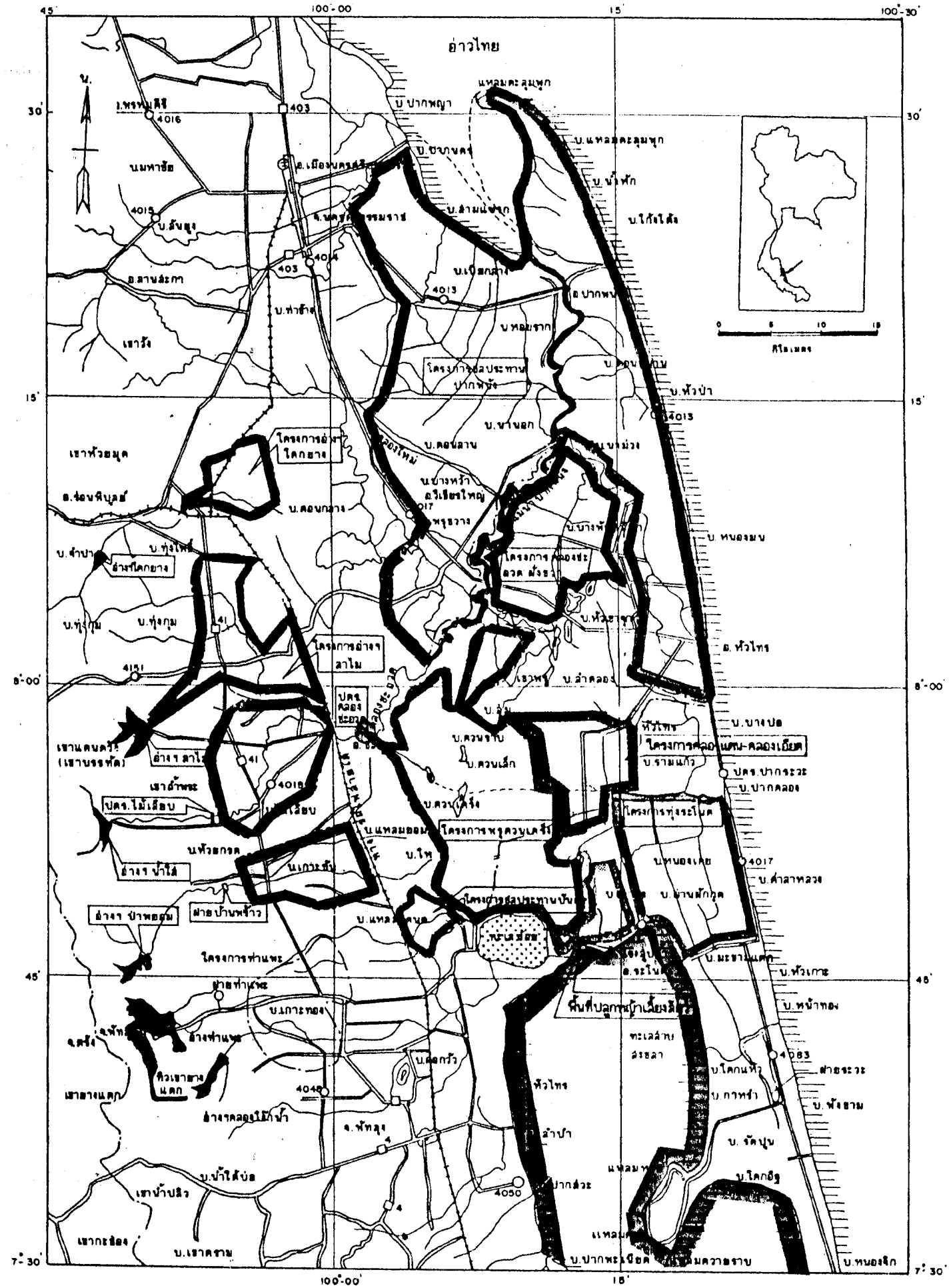
3.1) อ่างเก็บน้ำและการผันน้ำมาเพิ่มให้กับอ่างเก็บน้ำ

- โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็ง ระดับเก็บกัก 1.00 ม.รทก.
- ผันน้ำจากคลองชะอวดปริมาณน้ำที่ผัน 6 ลบ.ม.ต่อวินาที

3.2) ระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน

- โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)
- โครงการประตูระบายปันแต
- โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด

ทางเลือกที่ 4 การเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็งที่ระดับ 0.75 ม.รทก.(A1) ลักษณะโครงการประกอบด้วย



รูปที่ 8-2 แผนที่โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำปากพนัง

 และ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน

4.1) อ่างเก็บน้ำ

- โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งระดับเก็บกัก 0.75 ม.รทก.

4.2) ระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน

- โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)

ทางเลือกที่ 5 การเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็งที่ระดับ 0.75 ม.รทก. (A2) ลักษณะโครงการประกอบด้วย

5.1) อ่างเก็บน้ำและการผันน้ำมาเพิ่มให้กับอ่างเก็บน้ำ

- โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งระดับเก็บกัก 0.75 ม.รทก.
- โครงการผันน้ำจากคลองชะอวด ปริมาณน้ำที่ผัน 6 ลบ.ม.ต่อวินาที

5.2) ระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน

- โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)

ทางเลือกที่ 6 โครงการอ่างเก็บน้ำคลองโคกยางตอนบน (A7)

ทางเลือกที่ 7 การเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็งที่ระดับ 1.25 ม.รทก.(A4) ลักษณะโครงการประกอบด้วย

7.1) อ่างเก็บน้ำและการผันน้ำมาเพิ่มให้กับอ่างเก็บน้ำ

- โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งระดับเก็บกัก 1.25 ม.รทก.
- โครงการผันน้ำจากคลองชะอวด ปริมาณน้ำที่ผัน 6 ลบ.ม.ต่อวินาที

7.2) ระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน

- โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)
- โครงการประตูระบายปันแต
- โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด
- โครงการชลประทานปากพนัง (โดยสมมุติว่ามีปตร.ปากพนัง)

ทางเลือกที่ 8 โครงการอ่างเก็บน้ำคลองลาไม (A5)

อนึ่งในขั้นการศึกษาความเหมาะสมได้เลือกการศึกษาของทางเลือกที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจอยู่ในลำดับ 2 (A4/1) มาศึกษาความเหมาะสม

ในระหว่างการศึกษาความเหมาะสม คณะกรรมการได้ขอให้ศึกษาเพื่อเพิ่มทางเลือกในการใช้น้ำจากพรุควนเคร็งให้มากขึ้น ถ้าเกิดพื้นที่ชลประทานที่เลือกขึ้นศึกษาไปซ้ำซ้อนกับการศึกษาอื่น จะสามารถจัดทางเลือกที่ไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนกันได้ จึงได้ศึกษาเพิ่มอีก 2 โครงการ ซึ่งเป็นการศึกษาขั้นต้น คือ

- โครงการคลองแดน-คลองเอียด
- โครงการพัฒนาพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์บริเวณคลองกก

อนึ่งสำหรับข้อมูลของโครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวดที่นำมาใช้ร่วมในการศึกษาเป็นข้อมูลการศึกษาขั้นต้น ของการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลัก

8.3.2 องค์ประกอบของการพัฒนาในขั้นศึกษาความเหมาะสม

องค์ประกอบของการพัฒนาโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 8-3 ซึ่งประกอบด้วย

8.3.2.1 อ่างเก็บน้ำและการผันน้ำมาเพิ่มให้กับอ่างเก็บน้ำ (หัวงานของโครงการชลประทาน)

1) <u>โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็ง</u> (อ่างเก็บน้ำ)

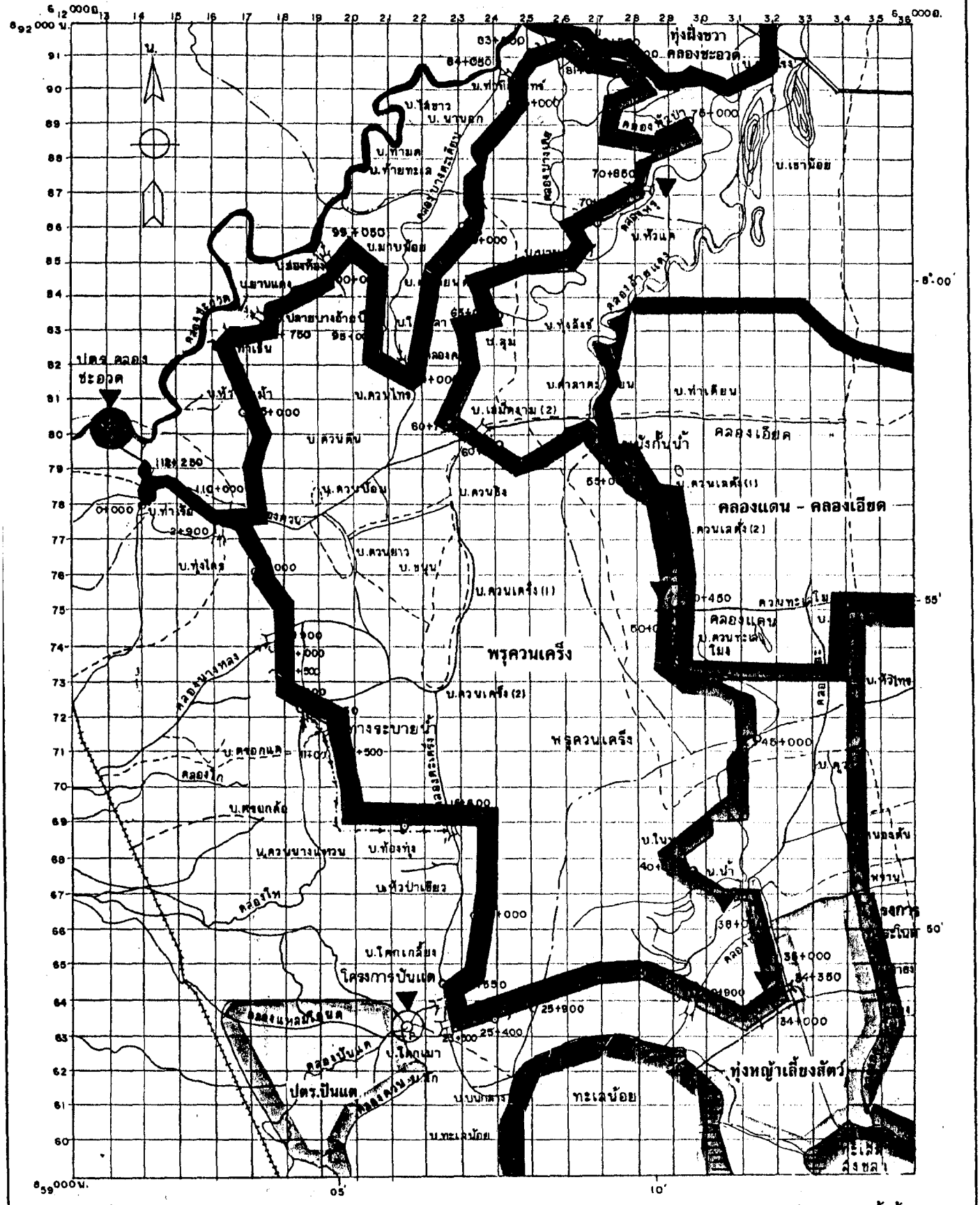
เป็นการสร้างคันกั้นน้ำรอบพรุควนเคร็ง เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บกักน้ำชั่วคราว

ซึ่งรายละเอียด สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) ที่ตั้ง ทิศเหนือ จรดคลองชะอวด
ทิศใต้ ติดกับทะเลน้อย
ทิศตะวันออก ห่างจากชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยประมาณ 14-17 กม.
ทิศตะวันตก ห่างจากทางรถไฟสายใต้ประมาณ 6 กม.

1.2) อุทกวิทยา

- พื้นที่รับน้ำ	140	ตร.กม.
- ปริมาณน้ำไหลลงอ่างประจำปีเฉลี่ย	97.78	ล้านลบ.ม.
- อุทกภัยที่ไหลผ่านทางน้ำล้น :		



—— สันกั้นน้ำ
▼ ที่ทำการโครงการย่อย

รูปที่ 8-3 แผนที่โครงการพรุควนเคร็ง

อาคารชลศาสตร์ตามแนวสันกั้นน้ำ
ทางน้ำล้น
ท่อลอด

1,500 ลบ.ม.ต่อวินาที ด้านคลองชะอวด

2,250 ลบ.ม.ต่อวินาที ด้านทะเลน้อยและทะเลสาบสงขลา

(อุทกภัยรอบ 500 ปี ที่จุดผันน้ำคลองชะอวดเท่ากับ 1,125 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีพื้นที่รับน้ำ 299 ตร.กม.)

1.3) อ่างเก็บน้ำ

- ระดับน้ำสูงสุด	1.25	ม.รทก.
- ระดับน้ำต่ำสุด	0.25	ม.รทก.
- ระดับน้ำอุทกภัย	2.70	ม.รทก.
- ปริมาตรน้ำใช้งาน	210	ล้านลบ.ม.
- ปริมาตรน้ำก้นอ่าง	50	ล้านลบ.ม.
- พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับน้ำสูงสุด	220	ตร.กม.

1.4) คันกั้นน้ำ

- ความยาว	112.500	กม.
- ความกว้างหลังคัน	4.00	ม.
- ทางเบี่ยง	ทุกระยะทาง 500	ม.หรือที่ก่อสร้างอาคาร
- ระดับหลังคัน	3.50	ม.รทก.
- ความลาดเท	1 ทางตั้งต่อ 2 ทางราบ	

1.5) ทางน้ำล้น

- ชนิด	ฝายน้ำล้นสันกว้าง	
- ระดับสันฝาย	1.25	ม.รทก.
- ความยาว	2x500	ม. ด้านคลองชะอวด
	1x500	ม. ด้านทะเลน้อย
	1x1,000	ม.ด้านทะเลสาบสงขลา
	2x500	ม.ด้านน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ

1.6) ระบบระบายน้ำรอบพรุ

ทางระบายน้ำรอบพรุ กม.10+050-16+600

2) <u>โครงการประตูระบายผันน้ำคลองชะอวด</u>

เป็นการสร้างประตูระบายคลองชะอวดเพื่อผันน้ำจากคลองชะอวดเข้ามาเก็บในอ่างเก็บน้ำพรุควนเคร็ง รายละเอียดประกอบด้วย

2.1) ประตูระบาย :	บานโค้งกว้าง	6x6.00	ม.
	ระดับธรณีประตู	-4.00	ม.รทก.
	ระดับสันตอม่อ	3.50	ม.รทก.
	ระดับสันบานประตู	2.00	ม.รทก.
	ระดับน้ำสูงสุด	3.04	ม.รทก.
	ระดับเก็บกัก	1.50	ม.รทก.
	ระบายน้ำได้	500	ลบ.ม.ต่อวินาที

2.2) ประตูระบายทราย :	บานตรงกว้าง	6.00	ม.
	ระดับธรณีประตู	-4.00	ม.รทก.

2.3) คันดิน :	ฝั่งขวา ยาว	800	ม.
	ฝั่งซ้าย ยาว	1,650	ม.
	ทางน้ำล้นฉุกเฉินยาว	1,000	ม.(กม.0.500-1.500)
	ระดับสัน	2.00	ม.รทก.
	ระบายน้ำได้	500	ลบ.ม.ต่อวินาที

2.4) ประตูระบายปากคลองผันน้ำ :

ชนิด :	ท่อลอด	
ขนาด :	2-⊠2.20x2.20	ม.
ปริมาณน้ำ	10	ลบ.ม.ต่อวินาที
คลองผันน้ำยาว	1,500	ม.
ปรับปรุงคลองธรรมชาติยาว	150	ม.
ผันน้ำได้เฉลี่ยปีละ	96.58	ล้านลบ.ม.

2.5) เขื่อนดินปิดคลองชะอวด :

ชนิด : Homogeneous earthfill with slurry wall

ความสูง	13.50	ม.
ความกว้างสันเขื่อน	6.00	ม.
ความลาดเท	1 ทางตั้งต่อ 2.5 ทางราบ	

8.3.2.2 <u>การชักน้ำจากอ่างเก็บน้ำพรุควนเคร็งไปใช้เพื่อการชลประทาน</u> (ระบบส่งน้ำเพื่อการชลประทาน)

รายละเอียดของการชักน้ำจากพรุควนเคร็งไปใช้เพื่อการชลประทาน ประกอบด้วย

1) <u>โครงการประตูระบายปันแต</u>

เป็นการนำน้ำจากพรุควนเคร็งไปใช้เพื่อการชลประทานโดยการสูบน้ำ รายละเอียดโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

ที่ตั้งโครงการ	อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง	
ชนิดโครงการ	สูบน้ำเพื่อการชลประทาน	
ระดับน้ำสูงสุดที่สูบขึ้นประมาณ	1.60	ม.รทก.
Head สูงสุดในการสูบน้ำ	2.50	ม.
พื้นที่เพาะปลูกที่ได้รับประโยชน์	10,000	ไร่

ดัดแปลงคลองธรรมชาติเป็นคลองส่งน้ำสายหลัก

เครื่องสูบน้ำขนาด		
1 ลบ.ม. ต่อวินาที จำนวน	3	เครื่อง

2 เครื่องสูบน้ำ 1 เครื่อง สำรอง

สูบน้ำที่ชักมาจากพรุควนเคร็งเพื่อใช้ในการเพาะปลูก

2) <u>โครงการชลประทานสงขลา</u> (ทุ่งระโนด)

เป็นการส่งน้ำด้วยคลองส่งน้ำโดย gravity จากพรุควนเคร็งไปส่งให้ที่หน้าโรงสูบน้ำโครงการชลประทานสงขลา รายละเอียดโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

- ปรับปรุงร่องน้ำธรรมชาติจากคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งถึงคลองกกความยาว 2.040 กม. ให้รับน้ำได้ 12 ลบ.ม. ต่อวินาทีและมีไซฟอนลอดลำน้ำธรรมชาติ 2 แห่ง

- ปรับปรุงคลองโพธิ์ ขุดลอก ขยาย และเสริมคันคลองยาว 2.78 กม.ให้รับน้ำได้ 12 ลบ.ม. ต่อวินาที เช่นเดียวกัน

- ปรับปรุงบ่อยืมดินทางฝั่งซ้ายของคลองส่งน้ำสายใหญ่ โครงการสูบน้ำทุ่งระโนด ยาว 2.990 กม. (กม. 2.780-5.770) ก้นคลองกว้าง 10 ม. ความลาดเทท้องคลอง 1:10,000 และความลาดด้านข้าง 1 ในทางตั้งต่อ 2 ในทางราบ

- สร้างทำนบดินปิดกั้นหน้าโรงสูบยาว 833 ม. หลังทำนบดินกว้าง 8 ม. ระดับสันทำนบดิน 3.80 ม.รทก. และความลาดเทด้านข้าง 1:2.50

- ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูก : ฤดูฝน 60,000 ไร่
ฤดูแล้ง 30,000 ไร่เทียบเท่าข้าว

3) <u>โครงการคลองแดน - คลองเอียด</u> (เป็นการศึกษาขั้นต้น)

เป็นการนำน้ำจากพรุควนเคร็งส่งให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์โดยการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน สมมุติให้ใช้น้ำฝน ส่วนฤดูแล้งใช้น้ำจากพรุควนเคร็ง รายละเอียดโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

- คลองเอียด รับน้ำจากอาคารระบายน้ำของโครงการคันกั้นน้ำ

พรุควนเคร็งที่	กม.	60.700	(จุดเริ่มต้นคลองเอียด)
คลองเอียดที่	กม.	0.000 - 5.000	ต้องปรับปรุง
	กม.	5.000 - 17.000	ปรับปรุงแล้ว

- คลองแดน รับน้ำจากโครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งที่ กม. 50.450 ปรับปรุงคลองที่รับน้ำจากพรุควนเคร็งยาว 11.300 กม.ให้รับน้ำได้ 6 ลบ.ม. ต่อวินาที

- ขุดคลองเชื่อมคลองแดน-คลองเอียด 3 สาย รวมความยาว 17.800 กม.ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกรวมกัน 23,315 ไร่

- ปรับปรุงคลองธรรมชาติ 5 สาย รวมความยาว 14.100 กม. ส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกรวม 14,750 ไร่

- พื้นที่รับน้ำจากคลองแดน-คลองเอียดโดยตรงอีก 6,935 ไร่

- รวมพื้นที่เพาะปลูก 45,000 ไร่ แยกเป็น
  - o ปลูกข้าว 30,000 ไร่
  - o ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 15,000 ไร่

4) <u>โครงการพัฒนาพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์บริเวณคลองกก</u> (เป็นการศึกษาขั้นต้น)

เป็นโครงการที่ส่งน้ำจากพรุควนเคร็งให้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์บริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ซึ่งรายละเอียดสามารถสรุปได้ดังนี้

- ปรับปรุงคลอง 5 สาย รวมความยาว 25.800 กม.และคลองเดิมอีก 1 สาย ซึ่งสามารถส่งน้ำให้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ได้ 15,000 ไร่

5) <u>โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด</u> (เป็นการศึกษาขั้นต้นในขั้นจัดทำแผนหลัก ฯ)

เป็นโครงการพัฒนาระบบชลประทานและการป้องกันน้ำเค็มบนทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวดในฤดูฝนให้พื้นที่เพาะปลูกรับน้ำจากคลองชะอวด ส่วนฤดูแล้งรับน้ำจากพรุควนเคร็ง รายละเอียดโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) งานก่อสร้างคันกั้นน้ำเค็ม 3 แห่ง รวมความยาวคัน 27.600 กม.

(2) งานปรับปรุงคลองธรรมชาติ จำนวน 13 สาย รวมเป็นความยาว 73.200 กม.

(3) งานก่อสร้างอาคารบังคับน้ำปากคลองธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย

ประตูระบาย	1	แห่ง
ท่อระบาย	12	แห่ง

(4) งานคลองส่งน้ำ เสนอแนะให้ขุดคลองส่งน้ำใหม่จำนวน 6 สาย รวมความยาว30.300 กม.

เมื่อพัฒนาแล้วเสร็จสามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกบนฝั่งขวาคลองชะอวดได้ 90,000 ไร่ในฤดูฝน

8.3.3 การศึกษาทางเลือกโดยใช้แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์

8.3.3.1 บทนำ

ในช่วงหกเดือนแรกได้ทำการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักในการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1) ไม่ให้โครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่เลือกพัฒนาขึ้นมาก่อนไปขัดขวางโครงการที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต และ

2) ไม่ให้โครงการที่จะพัฒนาขึ้นในภายหลังไปลดผลประโยชน์โครงการที่พัฒนาอยู่ก่อนแล้วทั้งนี้ก็เพื่อให้การพัฒนาแหล่งน้ำเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ

1.1) เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาพรุควนเคร็งเป็นแหล่งเก็บกักน้ำชั่วคราว
1.2) เป็นการศึกษาเพื่อนำน้ำจากพรุควนเคร็งไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
1.3) เป็นการศึกษาว่าการดำเนินการตามข้อ 1.1) และ 1.2) มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจหรือไม่ประการใด

แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษาเพื่อวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน ประกอบด้วย

1) แบบจำลองฝนใช้การ (Effective Rainfall Model) เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณหาฝนใช้การสำหรับการเพาะปลูกข้าวและพืชอื่น

2) แบบจำลองสำหรับใช้คำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Demand Model).780-นแบบจำลองสำหรับคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเพาะปลูกข้าว และพืชอย่างอื่น รวมทั้งการหาความต้องการน้ำสำหรับการเลี้ยงกุ้ง เลี้ยงปลา ด้วย

3) แบบจำลองระบบ (System Simulation Model) เป็นแบบจำลองการใช้น้ำทั้งลุ่มน้ำแบบจำลองนี้จะ simulate ปริมาณน้ำที่มีอยู่ทุกชนิดในลุ่มน้ำกับการใช้น้ำทุกชนิดที่มีอยู่ในลุ่มน้ำในกรณีที่ปริมาณน้ำที่เหลือใช้จากพื้นที่เพาะปลูกตอนบน (return flow) สามารถนำมาใช้ในพื้นที่เพาะปลูกตอนล่างได้ ต้องนำมาคิดด้วย

System schematic ของการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนดังแสดงในรูปที่ 8-4

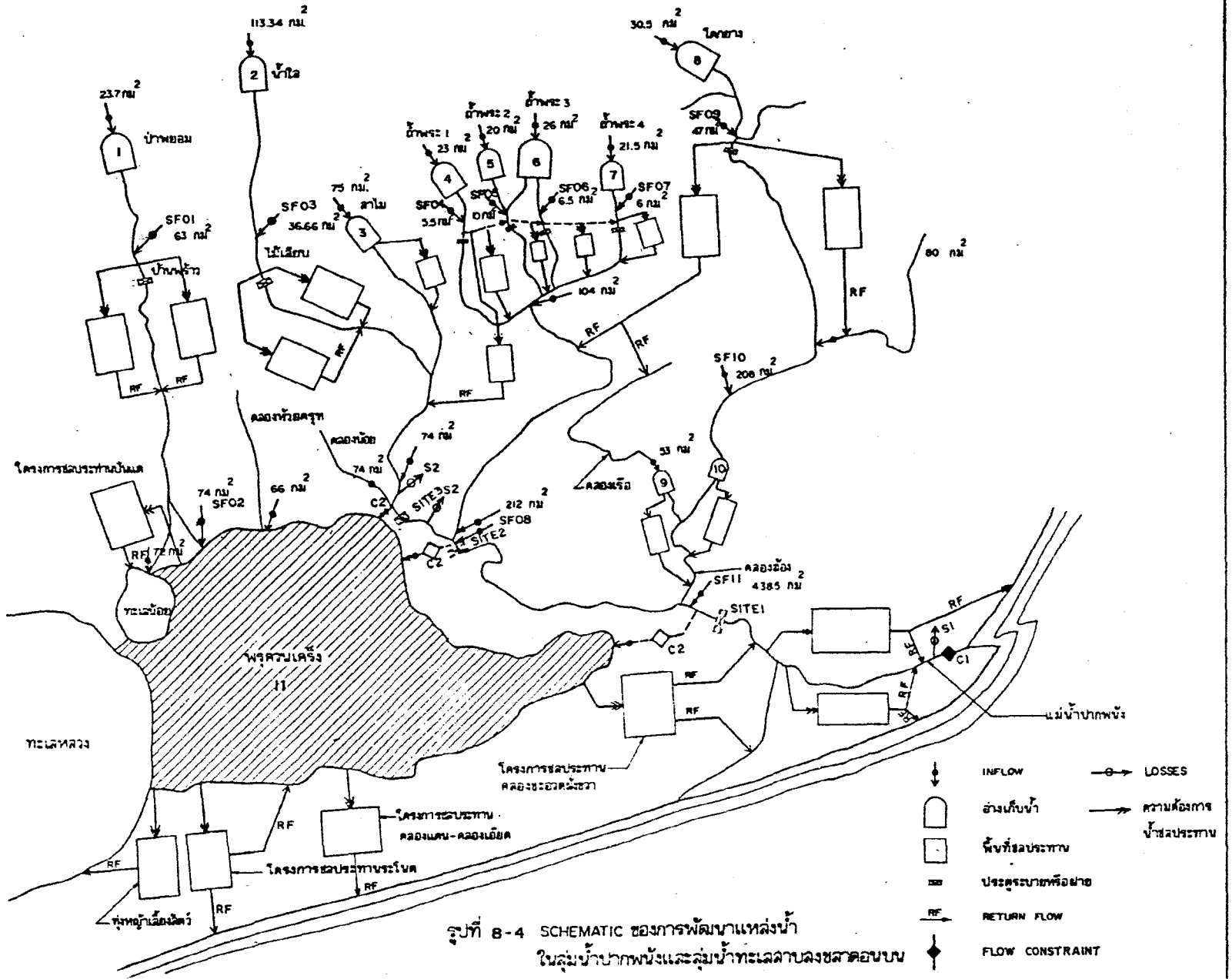
8.3.3.2 ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาเพื่อพัฒนาพรุควนเคร็งเป็นแหล่งเก็บกักน้ำ ได้เลือกระดับเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็งเท่ากับ 1.25 ม.รทก. ที่ระดับเก็บกักดังกล่าวน้ำจะไม่ท่วมบ้านเรือนราษฎรที่อาศัยอยู่ในพรุ และเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนระดับน้ำในพรุก็จะค่อย ๆ ลดลง จนถึงสิ้นเดือนมิถุนายน จะระบายน้ำออกจากพรุให้เหมือนสภาพเมื่อยังไม่มีโครงการ โดยกิจกรรมการเพาะปลูกกำหนดขึ้นโดยอ้างอิงกิจกรรมการเพาะปลูกของโครงการชลประทานข้างเคียง ฤดูฝนระยะเวลาในการเตรียมแปลงตั้งแต่ 30 ก.ย. ถึง 11 พ.ย. ปักดำหรือหว่านเริ่ม 6 ต.ค. ถึง 18 พ.ย. ฤดูแล้งเริ่มเตรียมแปลงตั้งแต่ 24 ก.พ. ถึง 24 มี.ค. ส่วนปักดำหรือหว่านเริ่ม 3 มี.ค ถึง 31 มี.ค และหยุดส่งน้ำเริ่มตั้งแต่ 2-30 มิ.ย. สำหรับระยะเวลาในการเตรียมแปลงสมมุติให้เท่ากับ 1 สัปดาห์

ในการศึกษาการใช้น้ำจากพรุควนเคร็ง ได้สร้างกราฟสำหรับกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งขึ้นทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนน้ำและการเพาะปลูกฤดูแล้งได้รับความเสียหาย จากกราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (Dry season area reduction curve) ถ้าที่สิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝนปริมาณน้ำในพรุควนเคร็งเหลือน้อยกว่า 50 ล้านลบ.ม.ไม่เสนอแนะให้ทำการเพาะปลูกฤดูแล้ง ที่สิ้นสุดการเพาะปลูกฤดูฝนของทุกปีจะทราบค่าปริมาณน้ำที่เหลือในพรุควนเคร็งและสามารถนำปริมาณน้ำนี้ไปคำนวณหาพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งจากกราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งได้

8.3.3.3 ผลกระทบต่อโครงการเขื่อนปากพนัง

เมื่อมีการก่อสร้างประตูระบายที่ปากแม่น้ำปากพนัง ปริมาณน้ำที่ผันเข้าพรุควนเคร็ง จะผันน้ำเข้าเมื่อมีน้ำเหลือจากการเพาะปลูกข้าวฤดูฝนในโครงการชลประทานปากพนัง 307,000 ไร่ ไม้ผลยืนต้น 51,000 ไร่ และการเพาะปลูกข้าวในเขตโครงการชลประทานทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด 90,000 ไร่และฤดูแล้งคิดเฉพาะไม้ผลไม้ยืนต้น 51,000 ไร่ ปริมาณน้ำที่ผันเข้าพรุควนเคร็งตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงสิ้นเดือนมิถุนายนโดยเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.58 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 8-4 SCHEMATIC ของการพัฒนาแหล่งน้ำ
ในลุ่มน้ำปากพนังและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน

ข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลอง จะใช้ข้อมูลที่มีการ monitor การใช้น้ำที่สำคัญ เช่นปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกข้าว และฝนใช้การในสนาม เป็นต้น โดยจะใช้ข้อมูลที่มีการ monitor ในสนามในภาคใต้ของประเทศไทยก่อนเช่น ที่โครงการบางนรา ถ้ามีไม่ครบจึงจะนำข้อมูลที่ได้มีการคำนวณหาไว้ในภาคอื่นมาใช้

8.3.4 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อพัฒนาพรุควนเคร็งเป็นแหล่งเก็บน้ำชั่วคราวด้วยแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้สรุปผลการศึกษาออกเป็น 5 ทางเลือก ซึ่งองค์ประกอบร่วมของแต่ละทางเลือกคือ โครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็งและโครงการประตูระบายผันน้ำคลองชะอวด เพราะโครงการทั้งสองเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่จะนำไปใช้ในทางเลือกต่าง ๆ หรือเปรียบเสมือนหัวงานของโครงการชลประทาน ส่วนโครงการอื่นที่เหลือเปรียบเสมือนระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทาน รายละเอียดในแต่ละทางเลือกดังแสดงในตารางที่ 8-2

จากตารางที่ 8-1 ในฤดูฝนผันน้ำเข้าพรุควนเคร็งเมื่อเหลือใช้จาก

- การเพาะปลูกข้าวของโครงการชลประทานปากพนัง	307,000	ไร่
- ไม้ผลยืนต้น	51,000	ไร่
- โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวดเพาะปลูกข้าว	90,000	ไร่
ส่วนฤดูแล้งมีเฉพาะไม้ผล ไม้ยืนต้น	51,000	ไร่

8.3.5 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8-3

8.3.9 ผลการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจ

จากกรณีทางเลือกที่กำหนดไว้ 5 กรณี แต่ละกรณียังไปแบ่งออกเป็น 2 ทางเลือก คือใช้ดินในพรุและบริเวณใกล้เคียงสร้างคันกั้นน้ำกับใช้ดินนอกพรุก่อสร้าง จึงรวมเป็น 10 กรณี เมื่อนำมาวิเคราะห์เชิงเศรษฐกิจ โดยข้อกำหนดพื้นฐาน 2 ประการ คือ

1) การใช้พื้นที่ทำไร่นาสวนผสม ต้องเท่ากันทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน
2) การเพาะปลูกพืชผักจะใช้พื้นที่ประมาณ 10 % ของแต่ละฤดูกาล

ตารางที่ 8-2

สรุปพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์จากการพัฒนาพรุควนเคร็งโดยมีพื้นที่เป้าหมายฤดูแล้ง 81,000 ไร่

ทางเลือกที่	โครงการ	พื้นที่เพาะปลูก-ไร่				
		ข้าวฤดูฝนรับน้ำจาก		ฤดูแล้งรับน้ำจากพรุ	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้ง	พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเพิ่มขึ้นเมื่อมีเขื่อนปากพนัง
		คลองชะอวด	พรุควนเคร็ง			
1	ปตร. ปันแต ชลประทานสงขลา คลองแดน-คลองเอียดและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	90,000	100,000	8,550	30,000	-
2	ชลประทานสงขลา คลองแดน คลองเอียด และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	90,000	90,000	10,090	30,000	-
3	ปตร. ปันแต คลองแดน-คลองเอียด และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	90,000	40,000	21,320	30,000	760
4	คลองแดน-คลองเอียด และทุ่งหญ้า-เลี้ยงสัตว์ ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	90,000	30,000	21,800	30,000	1,670
5	ชลประทานสงขลา (ระโนด) คลองแดน-คลองเอียดและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	-	90,000	7,040	30,000	3,050

หมายเหตุ : 1) องค์ประกอบร่วมของแต่ละทางเลือกคือต้องมีทั้งโครงการคันกั้นน้ำพรุควนเคร็ง และโครงการประตูระบายผันน้ำคลองชะอวดทุกทางเลือก

2) ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้งสมมุติให้ใช้น้ำเท่ากับ 1/3 เท่าของข้าวฤดูแล้ง

3) ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวดฤดูฝนใช้น้ำจากคลองชะอวดฤดูแล้งใช้น้ำจากพรุ

4) พืชไร่พืชผักสมมุติให้ใช้น้ำครึ่งหนึ่งของข้าว ส่วนไร่นาสวนผสมใช้น้ำเท่ากับข้าว

5) ปริมาณน้ำที่ผันช่วง มี.ค.-มิ.ย. เท่ากับ 1.58 ลบ.ม.ต่อวินาที

6) ทางเลือกที่ 1,2,3,4 และ 5 พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งสูงสุดเท่ากับ 81,000,81,000 75,000 , 70,000 และ 55,000 ไร่ ตามลำดับและพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งสูงสุดเปลี่ยนเป็น 81,000 ไร่ เท่ากันทุกกรณีเมื่อมีเขื่อนปากพนัง

7) ในการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์ทางเลือกที่ 1,2,3,4 และ 5 ใช้ดินในพรุสร้างคันรอบพรุฯ ส่วนทางเลือกที่ 1-1,2-1,3-1,4-1 และ 5-1 ใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

ตารางที่ 8-3

แผนงานด้านสำรวจ ออกแบบรายละเอียด เวนคืนที่ดิน และก่อสร้าง

ที่	โครงการ	ระยะเวลา	ปีที่					
		เดือน	1	2	3	4	5	6
1.	พรุควนเคร็ง							
	1.1 สำรวจ	12						
	1.2 ออกแบบรายละเอียด	30						
	1.3 เวนคืนที่ดิน	24						
	1.4 ก่อสร้าง	48						
2.	ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด							
	2.1 สำรวจ	12						
	2.2 ออกแบบรายละเอียด	30						
	2.3 เวนคืนที่ดิน	24						
	2.4 ก่อสร้าง	48						
3.	ประตูระบายปันแต							
	3.1 สำรวจ	6						
	3.2 ออกแบบรายละเอียด	12						
	3.3 เวนคืนที่ดิน	12						
	3.4 ก่อสร้าง	24						
4.	ประตูระบายผันน้ำคลองชะอวด							
	4.1 สำรวจ	3						
	4.2 ออกแบบรายละเอียด	18						
	4.3 เวนคืนที่ดิน	12						
	4.4 ก่อสร้าง	24						
5.	คลองแดน-คลองเอียด							
	5.1 สำรวจ	6						
	5.2 ออกแบบรายละเอียด	6						
	5.3 เวนคืนที่ดิน	12						
	5.4 ก่อสร้าง	12						
6.	โครงการชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)							
	6.1 สำรวจ	3						
	6.2 ออกแบบรายละเอียด	6						
	6.3 เวนคืนที่ดิน	12						
	6.4 ก่อสร้าง	12						
7.	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์							
	7.1 สำรวจ	3						
	7.2 ออกแบบรายละเอียด	6						
	7.3 เวนคืนที่ดิน							
	7.4 ก่อสร้าง	12						

จากการศึกษาโดยข้อกำหนดดังกล่าวพบว่า

ก) ทางเลือกที่ 1 ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) เท่ากับ 4.22 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -682,403,222 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.65 สำหรับการใช้ดินในพรุสร้างคัน และ EIRR เท่ากับ 3.87 % มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ -713,797,894 อัตราส่วน B/C เท่ากับ 0.63 สำหรับการใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

ข) ทางเลือกที่ 2 ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) เท่ากับ 4.62 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -606,335,045 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.66 สำหรับการใช้ดินในพรุสร้างคันและ EIRR เท่ากับ 4.18 % มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ -637,729,715 อัตราส่วน B/C เท่ากับ 0.65 สำหรับการใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

ค) ทางเลือกที่ 3 ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) เท่ากับ 4.05 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -652,806,080 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.64 สำหรับการใช้ดินในพรุสร้างคัน และ EIRR เท่ากับ 3.90 % มูลค่าสุทธิปัจจุบันเท่ากับ -684,200,752 อัตราส่วน B/C เท่ากับ 0.62 สำหรับการใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

ง) ทางเลือกที่ 4 ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) เท่ากับ 2.35 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -753,987,443 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.56 สำหรับการใช้ดินในพรุสร้างคันและ EIRR เท่ากับ 1.97 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -785,382,115 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 0.55 สำหรับการใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

จ) ทางเลือกที่ 5 ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) เท่ากับ 4.63 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน เท่ากับ -491,119,763 ส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.67 สำหรับการใช้ดินในพรุสร้างคัน และ EIRR เท่ากับ 4.17 % มูลค่าสุทธิปัจจุบัน -522,514,435 อัตราส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 0.65 สำหรับการใช้ดินนอกพรุสร้างคัน

8.3.7 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่สำคัญ ประกอบด้วย

1) ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวกับการศึกษาการใช้น้ำ จะเห็นว่าคลองชะอวดท้ายจุดผันน้ำ มีปริมาณน้ำไหลลงมาในคลองชะอวดมากเพียงพอที่จะนำไปใช้เพื่อการเพาะปลูกฤดูฝนบนพื้นที่ฝั่งขวาของคลองชะอวดประมาณ 90,000 ไร่ ส่วนในฤดูแล้งไม่มีน้ำต้องอาศัยน้ำจากพรุควนเคร็ง เพราะฉะนั้นถ้าพัฒนาระบบชลประทานบนพื้นที่ดังกล่าวจึงมีน้ำให้เพาะปลูกทั้ง 2 ฤดู

2) ข้อเสนอแนะจากผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ จากผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจของการพัฒนาพรุควนเคร็งเป็นแหล่งเก็บกักน้ำชั่วคราวพบว่าทางเลือกที่ 5 มีอัตราส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุนดีที่สุดและรองลงมาคือ ทางเลือกที่ 2 เมื่อพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เห็นสมควรนำดินนอกพรุฯ มาใช้สร้างคันกั้นน้ำ กรณีนี้ทางเลือกที่ 2-1 ให้อัตราส่วนค่าตอบแทนต่อต้นทุนดีที่สุด และรองลงมาคือทางเลือกที่ 5-1 พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการพัฒนาทางเลือกที่ 2-1 มีดังนี้

ที่	โครงการ	พื้นที่เพาะปลูก-ไร่ (เทียบเท่าข้าว)		หมายเหตุ
		ฤดูฝน สูงสุด	ฤดูแล้ง	
1	ทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	90,000	45,000	ฤดูฝนรับน้ำจากคลองชะอวด
2	ชลประทานสงขลา (ทุ่งระโนด)	60,000	30,000	
3	คลองแดน-คลองเอียด	30,000	15,000	

นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์อีก 30,000 ไร่ ซึ่งฤดูฝน สมมุติให้ใช้น้ำฝน ส่วนฤดูแล้งให้ใช้น้ำจากพรุควนเคร็ง จากการศึกษาการใช้น้ำจากพรุควนเคร็งพบว่าฤดูแล้งนอกจากจะส่งน้ำให้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 30,000 ไร่ แล้วยังมีน้ำเหลือให้ทำการเพาะปลูกฤดูแล้งอีก 10,090 ไร่ (เทียบเท่าข้าว)

3) ถ้าเลือกพัฒนาทางเลือกที่ 2-1 ผลกระทบต่อโครงการเขื่อนปากพนังสำหรับการเพาะปลูกฤดูแล้งจะมีมากกว่าทางเลือกที่ 5 ซึ่งจะมีประมาณ 4,000 ไร่เทียบเท่าข้าว (ปริมาณน้ำ 1 ลบ.ม.ต่อวินาทีเพาะปลูกข้าวฤดูแล้งได้ประมาณ 2,500 ไร่) แต่จะลดลงเหลือประมาณ 1,000 ไร่ เทียบเท่าข้าวสำหรับทางเลือกที่ 5

4) ปริมาณน้ำก้นพรุ ปริมาณน้ำก้นพรุหรือปริมาณน้ำที่อยู่ต่ำกว่าระดับ 0.25 ม.รทก.ประมาณ 50 ล้านลบ.ม. ในการศึกษาการใช้น้ำ สมมุติว่าไม่สามารถนำมาใช้ได้และที่สิ้นสุดเดือนมิถุนายนของทุก

ปี ปริมาณน้ำส่วนนี้ จะต้องระบายทิ้ง แต่อาจระบายออกได้เพียงบางส่วน ฉะนั้นปริมาณน้ำที่ระบายออกถ้าสามารถระบายออกทางคลองชะอวด และถ้าคุณภาพน้ำดีพอก็สามารถนำไปใช้เพื่อการชลประทานทางท้ายน้ำได้ ถ้ามีการสร้างเขื่อนทดน้ำบนแม่น้ำปากพนัง

5) จากการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจ จะเห็นว่าทางเลือกของการพัฒนาที่ 2-1ซึ่งใช้ดินนอกพรุสร้างคันกั้นน้ำ ให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจดีที่สุด คือ ค่าตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 0.65 และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) 4.18 % ซึ่งเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจต่ำไม่คุ้มกับค่าลงทุน จึงไม่ควรดำเนินการพัฒนาต่อไป ยกเว้นการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาด้านสังคม

8.3.8 สรุปการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาสภาวะแวดล้อมเบื้องต้น ในบริเวณพรุควนเคร็ง ในด้านต่าง ๆ ได้แก่

1) ทรัพยากรกายภาพ พบว่า ปริมาณน้ำผิวดินในพรุมีประมาณ 121.3 ล้านลบ.ม. และมีคุณภาพต่ำเนื่องจากความเป็นกรดสูง คุณภาพน้ำในคลองสายหลัก สามารถใช้อุปโภคบริโภคได้ ในส่วนของอุทกธรณี พบว่ามีปริมาณน้ำไม่มากนักประมาณ 30 แกลลอนต่อนาที แต่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ดินในพรุส่วนใหญ่เป็นดินกรดในด้านธรณีวิทยาและแผ่นดินไหว ไม่เกิดปัญหาใดๆเนื่องจากอยู่นอกเขตการเกิดแผ่นดินไหว ในส่วนของการชะล้างพังทลายและการตกตะกอนพบว่าปริมาณตะกอนประมาณ 0.286 มม./ปี บริเวณพรุ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้

2) ทรัพยากรนิเวศน์ พบว่ามีปลาหายาก ที่อาศัยในพรุควนเคร็ง คือ ปลาดุกลำพัน แพลงค์ตอนพืชที่พบมีประมาณ 10 ชนิด แพลงค์ตอนสัตว์มีน้อยความหนาแน่นประมาณ 98,000 ตัว/ตร.ม.สัตว์หน้าดินมี 44,221 ตัว/ตร.ม. ปลามี 28 ชนิด 20 สกุล 13 ครอบครัว และกุ้งฝอย 1 ชนิด สัตว์หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ไม่มี ด้านป่าไม้พบพันธุ์ไม้ 82 ชนิด อัตราการทำลายป่า 7 % ต่อปี ไม้หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ไม่มี

3) ด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ ประชาชนส่วนใหญ่ปลูกข้าว และเลี้ยงกระบือ ไม่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนอกจากโครงการของเจ้าฟ้าหญิงจุฬาภรณ์ น้ำมีไม่พอสำหรับการอุปโภคบริโภค ไม่พบแหล่งแร่ที่สำคัญ ไม่มีการท่องเที่ยวในพื้นที่ โดยปกติจะมีน้ำท่วมแทบทุกปีประมาณ 1.50 เมตร ประชาชนอาศัยอยู่ด้วยไม้เสม็ด กระจูดและการจับปลาน้ำจืดในพรุ การติดต่อกับภายนอกโดยอาศัยถนนจำนวน 11 สาย และการติดต่อทางน้ำ 6 สาย

4) ด้านคุณภาพชีวิต ประชาชนมีอาชีพหลักด้านการเกษตร มีการเคลื่อนย้ายของแรงงานออกนอกพื้นที่ ในด้านวัฒนธรรมและโบราณคดีไม่มีแหล่งหรือหลักฐานสำคัญทางประวัติศาสตร์ ด้านสาธารณะสุขมีปัญหาเรื่องโรคเท้าช้าง

ในส่วนของการจัดการชายฝั่ง มีการรุกตัวของน้ำเค็มในลำน้ำปากพนัง เป็นระยะทาง 107 กม. มีการเลี้ยงกุ้งประมาณ 62,000 ไร่ ในอำเภอปากพนัง

ได้มีการสร้างแปลงทดลองขนาด 36.5x36.5 ม.จำนวน 2 แปลง โดยเก็บกักน้ำที่ระดับ 0.8 เมตร และ 1.2 เมตร ปรากฏว่า ไม่ทำให้เสม็ดและกระจูดเสียหาย คุณภาพน้ำไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมโดยเฉพาะมีแนวโน้มในทางที่ดีขึ้น (pH สูงขึ้น) การแก้ไขปัญหาน้ำที่มี pH ต่ำ ต้องมีการปรับ pH ก่อนนำไปใช้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของประชากรในพื้นที่ และปัญหาด้านสุข-ภาพอนามัยโดยเฉพาะโรคเท้าช้าง

การเก็บกักน้ำในพรุควนเคร็ง แม้ว่าจะไม่กระทบต่อสภาพพรุโดยตรงมากนักก็ตาม แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ ขึ้นคือ

1) น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลน้อย ลดลงเป็นผลต่อสภาพนิเวศของทะเลน้อย ซึ่งอยู่ทางตอนล่างของพรุควนเคร็ง

2) น้ำที่เป็นกรดจำเป็นต้องมีการแก้ไขก่อนการนำไปใช้ในการชลประทาน

3) ช่วงเวลาในการเก็บกักและระดับสูงในการเก็บกัก จะเป็นผลต่อชนิดและพืชพรรณภายในพรุควนเคร็ง

4) น้ำที่เก็บกักนานเกินไปอาจเป็นผลต่อคุณภาพของน้ำที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจนไม่เหมาะกับการใช้ประโยชน์

5) เทคนิคและวิธีการสร้างคันดิน เช่น การขุดลอกหน้าดิน อาจเป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในพรุได้

ดังนั้นการสร้างคันดินปิดล้อมพรุควนเคร็ง เพื่อทำอ่างเก็บน้ำแม้จะมีข้อดีในด้านการเก็บน้ำและการกำหนดขอบเขตของป่าสงวนที่ชัดเจน ก็ตาม ควรมีการศึกษาผลกระทบที่ชัดเจนก่อน โดยการปิดกั้นเป็นส่วน ๆ โดยใช้แนวถนนเดิม เช่น ระหว่างควนเคร็ง ควนชิง และควนยาว เพื่อติดตามผลกระทบต่อไปก่อนการดำเนินการ

8.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงหัวข้อที่ควรจะศึกษาในการศึกษาความเหมาะสมโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน และสรุปผลการศึกษาของการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำระยองโดยการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่และพัฒนาพื้นที่ชลประทานด้านท้ายน้ำ 20,000 ไร่ เป็นตัวอย่างการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบลุ่มน้ำซึ่งมีทางเลือกในการพัฒนาหลายทางเลือกซึ่งรวมถึงการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำออกนอกลุ่มน้ำ

และการผันน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำ ซึ่งอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษามีอยู่ด้วยกัน 4 อ่าง การศึกษานี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาศึกษา ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่ได้มีการ monitor ในสนามแล้วแทบทั้งสิ้น ยกเว้นข้อมูลการคาดการณ์การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในอนาคต เมื่อโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จควรมีการ monitor ข้อมูลสำคัญๆเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษา

ส่วนโครงการพรุควนเคร็ง เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการศึกษาเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบ เริ่มต้นด้วยการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักในการพัฒนาแหล่งน้ำบนลุ่มน้ำปากพนัง และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน ซึ่งพรุควนเคร็งตั้งอยู่ ใช้เวลาในการศึกษา 6 เดือน หลังจากนั้นจึงเลือก 2 โครงการจากการศึกษาในขั้นจัดทำแผนหลักมาศึกษาความเหมาะสม เนื่องจากโครงการซับซ้อนจึงยากแก่การเข้าใจ และการศึกษาดังกล่าวได้พัฒนาแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้ในการศึกษาด้วย

บรรณานุกรม

1. บริษัทรีซอสส์ เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนทส์ จำกัด และบริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2538. "การทบทวนการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด" โครงการอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง, ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, กรมชลประทาน,กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กันยายน.
2. Sanan Sirion and Chalong Kirdpitugsa, 1995. "Feasibility Study of Water Resources Delopment on Khlong Luang River Basin. "Paper Presented to the 9th Afro-Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage, Alger, Algeria, June, 5-7.
3. Chalong Kirdpitugsa and Chaiwat Kayankarnnavy, 1995. "Phru Khuan Khreng Water Resources Development Project" Paper Presented to the Regional Symposium on Infra-Structures Development in Civil Engineering, Bangkok, Thailand, December, 19-20, pp.468-486
4. บริษัท รีซอสส์ เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนทส์ จำกัด และบริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2538 "การศึกษาความเหมาะสม สำรวจ และออกแบบรายละเอียด โครงการอ่างเก็บน้ำตรอกนอง และอ่างเก็บน้ำห้วยแห้ง (อ่างหงษ์)" จังหวัดจันทบุรี, ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พฤศจิกายน.
5. บริษัท เอเชียน เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด และบริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2537. "งานศึกษาความเหมาะสม โครงการฝั่งขวาแม่น้ำบางปะกง" จังหวัดฉะเชิงเทรา, รายงานฉบับกลาง, กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สิงหาคม.
6. บริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2536 "รายงานทบทวนการศึกษาความเหมาะสมโครงการน้ำสวย" จังหวัดหนองคายและอุดรธานี, รายงานฉบับสุดท้าย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กันยายน.

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก ประกอบด้วย

ก-1 Calibration curve ของ River outlet อ่างเก็บน้ำคลองระบม

ก-2 Calibration curve ของประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ โครงการชลประทานลำพระเพลิง

ก-1 การคำนวณหา Calibration curve ของ River outlet อ่างเก็บน้ำคลองระบม

(1) รายละเอียดอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำคลองระบม ตั้งอยู่ในเขตอำเภอสนามชัย เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

พื้นที่รับน้ำฝน	178	ตาราง กม.
ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเฉลี่ยประจำปี	54	ล้าน ลบ.ม.
ทำนบดิน : สูง	19.50	เมตร
ยาว	420	เมตร
ระดับสันทำนบ	42.50	ม.รทก.
ระดับน้ำสูงสุด	40.50	ม.รทก.
ระดับน้ำต่ำสุด	34.00	ม.รทก.
ความจุอ่างที่ระดับเก็บกัก	40.00	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำใช้งาน	32.200	ล้าน ลบ.ม.
ความจุก้นอ่าง	7.800	ล้าน ลบ.ม.

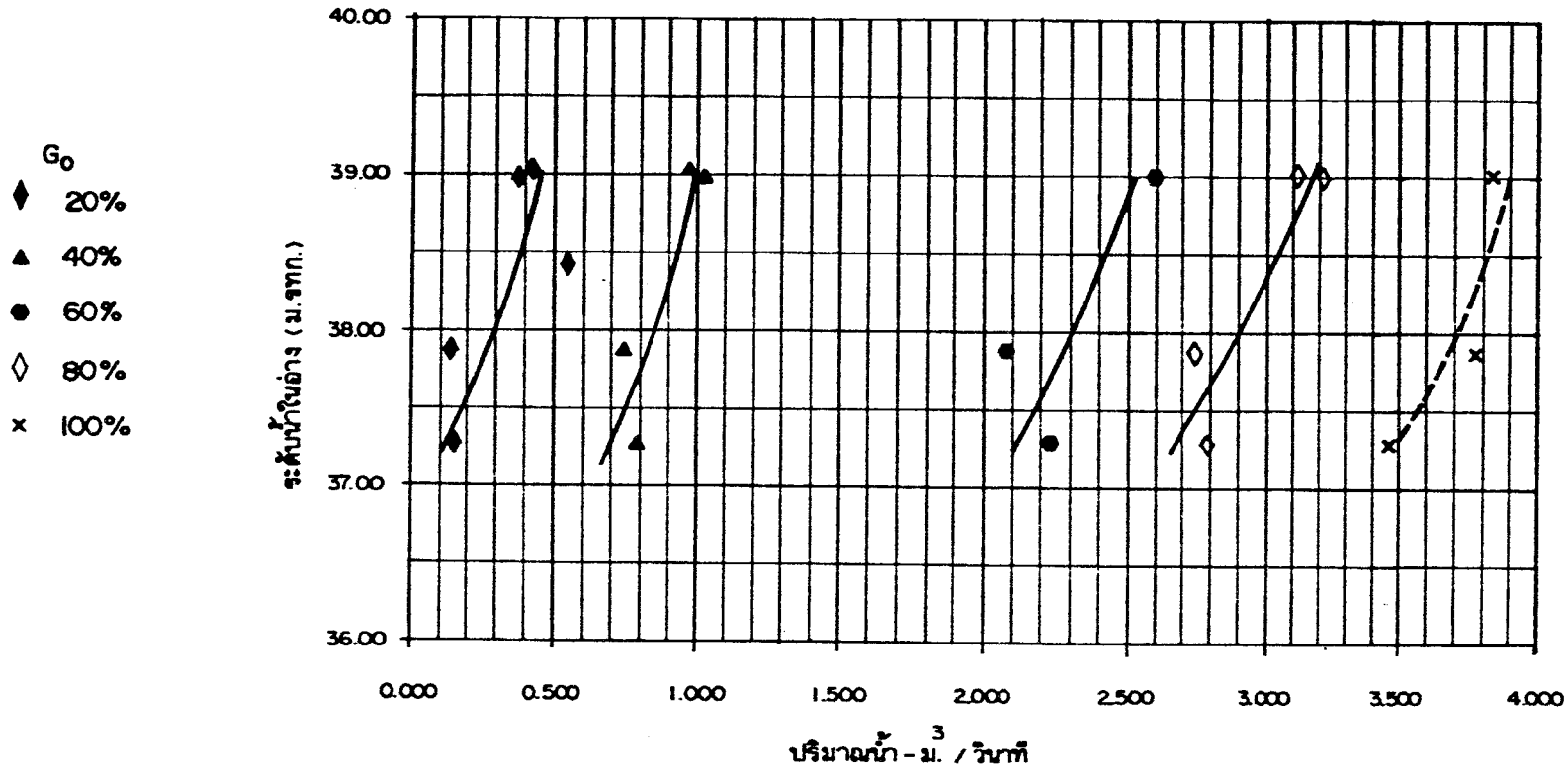
อาคารท่อระบายน้ำ (River outlet)

ท่อเหล็กขนาด ∅ 1.50 ม. ยาว 175 ม. จำนวน 1 แถว

อาคารบังคับน้ำ (Control house) ภายในอาคารติดตั้ง Butterfly value ขนาด ∅ 1.00 เมตร จำนวน 2 ชุด (1 ท่อ ติดตั้ง 2 ชุด) ระดับธรณีท่อที่ทางเข้า 34.00 ม.รทก.

(2) การสร้าง Calibration curve

ที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำค่าใด ๆ วัดปริมาณน้ำโดยการเปิดบานประตูต่าง ๆ กันประมาณ 5 ค่า และเมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.60-1.00 ม. ทำการวัดปริมาณน้ำที่การเปิดบานประตูต่าง ๆ กันประมาณ 5 ค่าเช่นเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปตั้งแต่ระดับน้ำสูงสุดจนถึงระดับน้ำต่ำสุด จะได้ Calibration curve ดังแสดงในรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ-การเปิดบานประตู-ปริมาณน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระบม

(3) การใช้ Calibration curve

เมื่อทราบค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและการเปิดบานประตู สามารถคำนวณหาค่าปริมาณน้ำได้จากรูปที่ ก-1

ก-2 การคำนวณหา Calibration curve ของ ปริมาณน้ำไหลผ่านประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ โครงการลำพระเพลิง

(1) รายละเอียดอ่างเก็บน้ำ

ลักษณะสำคัญของอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง ประกอบด้วย

พื้นที่รับน้ำฝน	807	ตาราง กม.
ความจุที่ระดับสูงสุด (273 ม.รทก.)	320	ล้าน ลบ.ม.
ความจุที่ระดับเก็บกัก (263 ม.รทก.)	152	ล้าน ลบ.ม.
เขื่อนดินสูง	50	เมตร จากท้องน้ำ
ระดับสันเขื่อน	275.00	ม.รทก.

ทางระบายน้ำล้นท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ∅ 5.50 ม. ระดับปากท่อ 263.00 ม.รทก.
ระบายน้ำได้สูงสุด 450 ลบ.ม. ต่อวินาที
ทางระบายน้ำฉุกเฉิน ระดับสัน 268.00 ม.รทก. ระบายน้ำได้ 1,130 ลบ.ม. ต่อ วินาที
ท่อส่งน้ำลงด้านท้ายน้ำ (river outlet) ∅ 2.00 เมตร ปากท่อตั้งตรงระดับ 240.00 ม.รทก.

ปลายท่อส่งน้ำมีท่อขนาด ∅ 1.50 ม. แยกเป็นท่อปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ปริมาณน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง สามารถผันน้ำไปลงอ่างเก็บน้ำลำสำลายได้

(2) **การวิเคราะห์เพื่อสร้าง Calibration curve**

การวิเคราะห์หาอัตราการไหลของน้ำ ผ่านประตูระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ของโครงการชลประทานลำพระเพลิงนั้น เนื่องจากประตูระบายน้ำติดตั้งอยู่ทางด้านท้ายน้ำและการไหลของน้ำทางด้านเหนือน้ำของประตูระบายเป็นแบบไหลเต็มท่อภายใต้ความดัน การวิเคราะห์ปัญหาทำได้โดยใช้สมการของ Bernoulli จากรูปที่ ก-2 จะได้

$$H_T = h_t + h_e + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{c1} + h_{f4} + h_{b2} + h_{f5} + h_{b3} + h_{c2} + h_g + h_v \qquad (ก-1)$$

เมื่อ H_T = ความสูงของน้ำที่เพียงพอสำหรับการสูญเสียพลังงานในท่อเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่ต้องการ

h_t = การสูญเสียเมื่อผ่านตะแกรง

h_e = การสูญเสียที่ทางเข้า

h_f = การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน

h_b = การสูญเสียเนื่องจากความโค้งของท่อ

h_c = การสูญเสียเนื่องจากการลดขนาดท่อ

h_g = การสูญเสียเมื่อผ่านประตู

h_v = การสูญเสียเนื่องจากความเร็วที่ทางออก

เมื่อพิจารณาถึงการสูญเสียที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ สามารถเขียนสมการได้ตามลักษณะของการสูญเสีย ดังนี้

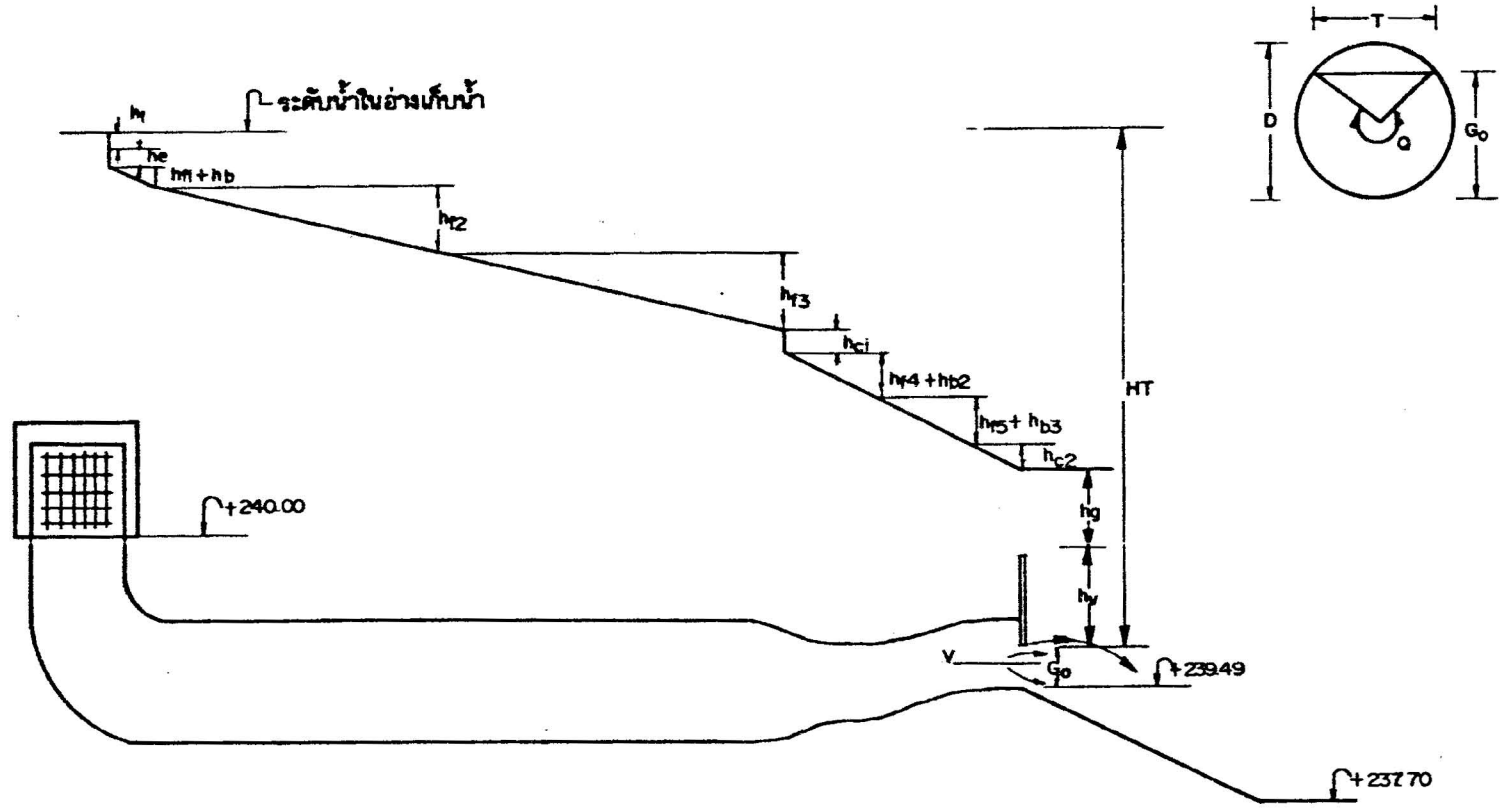
$$\begin{aligned} H_T = {} & K_t\left(v_t^2/2g\right) + K_e\left(v_{2.0}^2/2g\right) + f_c\frac{L_{1,2}}{D}\left(v_{2.0}^2/2g\right) \\ & + K_{b1}\left(v_{2.0}^2/2g\right) + f_s\frac{L_3}{D}\left(v_{2.0}^2/2g\right) \\ & + K_c\left(v_{1.5}^2/2g - v_{2.0}^2/2g\right) + K_{b2}\left(v_{1.5}^2/2g\right) \\ & + f_c\frac{L_{4,5}}{D}\left(v_{1.5}^2/2g\right) + K_{b3}\left(v_{1.5}^2/2g\right) \\ & + K_e\left(v^2/2g - v_{1.5}^2/2g\right) + K_g\left(v^2/2g\right) + K_v\left(v^2/2g\right) \qquad (ก-2) \end{aligned}$$

เมื่อ K_t = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเมื่อผ่านตะแกรง

K_e = สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ทางเข้า

f_c = friction factor สำหรับคอนกรีต

f_s = friction factor สำหรับเหล็ก



รูปที่ ก-2 ประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ โครงการลำพระเพลิง

K_b = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจากความโค้งของท่อ

K_c = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจากการลดขนาดท่อ

K_g = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเมื่อผ่านบานประตู

K_v = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจากความเร็วที่ทางออก

V_t = ความเร็วของน้ำที่ผ่านตะแกรง

$V_{2.0}$ = ความเร็วของน้ำในท่อซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เมตร

$V_{1.5}$ = ความเร็วของน้ำในท่อซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร

V = ความเร็วของน้ำที่ผ่านประตูระบาย

เพื่อให้การคำนวณตามสมการที่ (ก-2) ทำได้ง่ายขึ้น จึงแปลค่า velocity head ที่ส่วนต่าง ๆ ของท่อให้เป็น velocity head ที่ประตูระบาย โดยใช้สมการ continuity ดังนี้

$$Q = A'V' = A_xV_x \qquad \text{(ก-3)}$$

$$\frac{A^2V_1^2}{2g} = \frac{A_x^2V_x^2}{2g}$$

$$\frac{V_x^2}{2g} = \left(\frac{A}{A_x}\right)^2\frac{V^2}{2g}$$

แทนค่า $\frac{V_x^2}{2g}$ ลงในสมการที่ (ก-2) จะได้

$$H_T = \frac{V^2}{2g}\left[\left(\frac{A}{A_t}\right)^2K_t+\left(\frac{A}{A_{2.0}}\right)^2\left(K_c+f_c\frac{L_{1,2}}{D}+K_{b1}+f_s\frac{L_3}{D}-K_c\right)+\left(\frac{A}{A_{1.5}}\right)^2\left(K_c+K_{b2}+f\frac{L_{4,5}}{D}+K_{b3}-K_c\right)+(K_e+K_g+K_v)\right] \qquad \text{(ก-4)}$$

ถ้าให้ส่วนที่อยู่ในวงเล็บปีกกาของสมการที่ (ก-4) เท่ากับ K_L (Overall loss coefficient) จะได้

$$H_T = K_L\frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{K_L}}\sqrt{2gH_T}$$

$$Q = CA\sqrt{2gH_T} \qquad \text{(ก-5)}$$

เมื่อ

$$C = 1 / \sqrt{K_L}$$

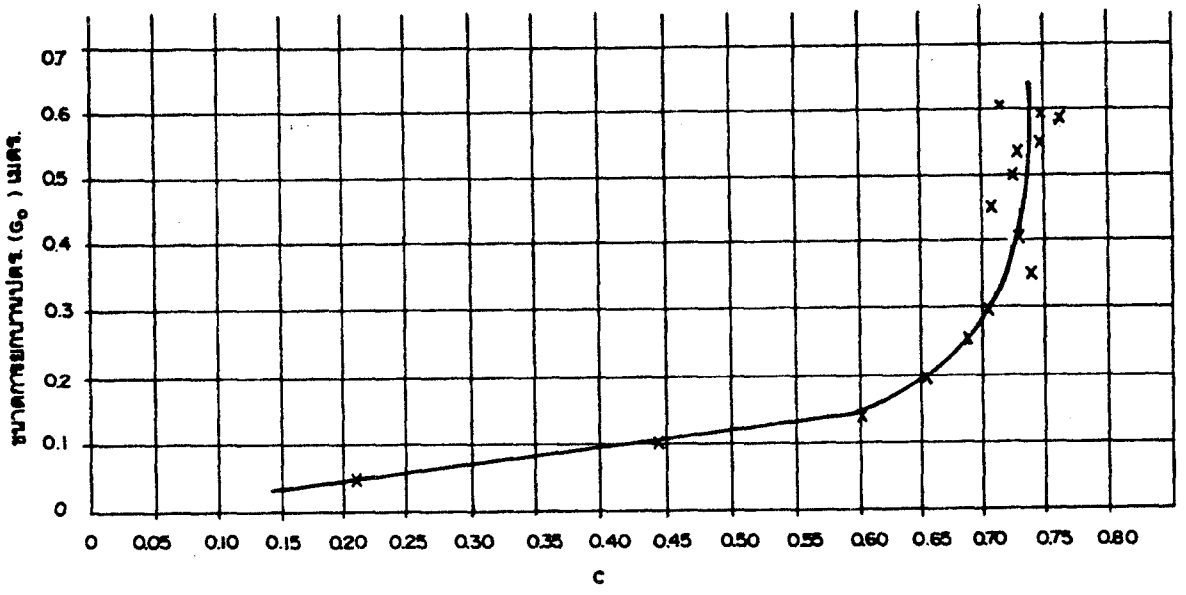
เนื่องจากน้ำพุ่งจากปลายท่ออย่างอิสระและมีพื้นที่ทางด้านท้ายน้ำรับน้ำต่อจากปลายท่อ ดังนั้น ค่า H_T คือ ระยะจากระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำถึงส่วนบนสุดของลำน้ำที่พุ่ง

(3) การสร้าง Calibration curve

วัดค่าปริมาณน้ำที่การเปิดบานประตูต่าง ๆ กัน แล้วคำนวณค่า C นำค่า C และการเปิดบานประตู (G_O) มาสร้าง Calibration curve ดังแสดงในรูปที่ ก-3

(4) การใช้ Calibration curve

ในการ operate เมื่อทราบค่าการเปิดบานประตู สามารถคำนวณหาค่า C ได้จากรูปที่ ก-3 เมื่อทราบค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ สามารถคำนวณหาค่า H_T แล้วจึงคำนวณหาค่า Q ได้จากสมการ (ก-5)



รูปที่ ก-3 Calibration curve ประตูปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ โครงการลำพระเพลิง

ภาคผนวก ข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย

1. **Effective Rainfall Model**
2. **Irrigation Demand Model** และ
3. **System Simulation Model**

รายละเอียดแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์อธิบายไว้ในบทที่ 3 ซึ่งการศึกษาการใช้ในลุ่มน้ำ ต่าง ๆ ที่อ้างถึงในตำรานี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาศึกษา ยกเว้นการศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและแม่กลอง ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่บริษัทเอเคอร์ได้พัฒนาไว้ศึกษา

```
'#########################################################################
'#
'#       System: Water Uses Study Model  (version 4.6)
'#       Author: Manas KAMNERDMANEE
'#    Copyright (c) 1992-95, Manas KAMNERDMANEE
'#
'#     ADVISOR : Prof. Chalong  KIRDPITUGSA
'#               Mr. Chaiwat  KAYANKARNNAVY
'#               Water Resources Engineering Department
'#               Kasetsart University, BANGKOK  THAILAND
'#
'#
'#########################################################################
'#########################################################################
'#
'#      Program: EFMODEL4.BAS
'#
'# Update history:
'#           : Aug. 25, 1993
'#           : Jan. 09, 1994
'#           : Aug. 15, 1995
'#
'#########################################################################
DECLARE SUB prnerr ()
DECLARE SUB beep1 ()
DECLARE SUB beep2 ()
DECLARE SUB prnbottom ()
DECLARE SUB vertmenu (up%, dw%, co%, spa%, fg1%, bg1%, fg2%, bg2%, nme$, k%, ro%)
DECLARE SUB MENU2 (x$, nme1$, k%, ro1%)
DECLARE SUB banner (tt1$, tt2$)
DECLARE SUB prnwait ()
DECLARE SUB ZoomBOX (BOXTYPE%, m1%, n1%, m2%, n2%, fg%, bg%, shadow%)
DECLARE SUB soundeff (n%)
DECLARE SUB box (BOXTYPE%, X1%, Y1%, x2%, y2%, bx$)
'#########################################################################

'$DYNAMIC
'$INCLUDE: 'WUSMCOM.BI'
   DIM Mday(12), petp(12), kcR(12), kcF(12), OL(12)
   DIM Rn(52), efr(52), efc(52), month$(12)
   DIM RnM(12), efrM(12), efcM(12)
   DIM petp$(12), kcR$(12), kcF$(12), OL$(12)
   DIM sTmInR$, sTmInF$, sToR$, sToF$
   DIM sTmAxR$, sTmAxF$, Byear$, Eyear$
   DIM WtRnCo(10)

   ON ERROR GOTO 6000
   L% = INSTR(file$, "."): a$ = LEFT$(file$, L% - 1)
   efdFile$ = a$ + ".EFD"    'file name of effective rain data

   FOR m = 1 TO 12: READ Mday(m): NEXT m
   DATA 30,31,30,31,31,30,31,30,31,31,28,31
   ban$ = "E F F E C T I V E   R A I N F A L L   M O D E L"
' ---------------------------------------------------------------------
100 COLOR colo%, 0: CLS
   CALL banner(ban$, "CALCULATION")
   COLOR colo%, 0
   CALL MENU2(x9$, nme$, k%, ro1%)
   IF k% = 27 OR x9$ = "Q" THEN
      prnwait
      '$INCLUDE: 'CHAIN.BI'
   END IF

' --load data files
   '$INCLUDE: 'LOADEFF.BI'

'---change to value
   Byear% = VAL(Byear$): Eyear% = VAL(Eyear$)
   sTmInR = VAL(sTmInR$): sToR = VAL(sToR$): sTmAxR = VAL(sTmAxR$)
   sTmInF = VAL(sTmInF$): sToF = VAL(sToF$): sTmAxF = VAL(sTmAxF$)
```

```
  FOR w = 1 TO 12: petp(w) = VAL(petp$(w)): kcR(w) = VAL(kcR$(w))
  kcF(w) = VAL(kcF$(w)): OL(w) = VAL(OL$(w)): NEXT w
  Nyear% = Eyear% - Byear% + 1
'-------------------------------------------------------------------
'        RAINFALL STATION  & WEIGHTED RAINFALL COEFFICIENT
'-------------------------------------------------------------------
  FOR a% = 1 TO 20
    b% = 0
    Blck$ = block$(a%, b%, 0): n = 1
    IF Blck$ = "" THEN 2500
    IF x9$ = "S" THEN '-----Select
      CLS : CALL banner(ban$, "CALCULATION")
      COLOR colo%, 0
      LOCATE 5, 2: PRINT "Block : "; : COLOR 0, colo%: PRINT " " + Blck$ + " "
      COLOR colo%, 0
      LOCATE 14, 30: PRINT "Do You Want to RUN this Block ?"
      CALL ZoomBOX(1, 65, 13, 72, 17, 15, colo%, 1)
      CALL box(1, 65, 13, 72, 17, "")
      COLOR 15, colo%
      LOCATE 14, 66: PRINT " NO  "
      LOCATE 15, 66: PRINT " YES "
      LOCATE 16, 66: PRINT " QUIT "
      CALL vertmenu(14, 16, 66, 5, 15, colo%, 15, 0, nme$, k%, 14)
      y9$ = MID$(nme$, 2, 1)
      IF y9$ = "Q" OR k% = 27 THEN 100
      IF y9$ = "Y" THEN 1060
      IF y9$ = "N" THEN 2000
    END IF
    COLOR 0, colo%

'-------------------------------------------------------------------
'------display screen for weighted rainfall
'-------------------------------------------------------------------
1060   COLOR colo%, 0: CLS
    bx$ = "W E I G H T E D  R A I N F A L L  C A L C U L A T I O N": ' GOSUB box
    CALL box(0, 2, 2, 79, 4, bx$)
    CALL box(1, 19, 5, 79, 7, Pname$)
    CALL box(1, 2, 5, 17, 7, "BLOCK :" + Blck$)
    CALL box(1, 58, 8, 79, 10, "")
    LOCATE 9, 60: PRINT "YEAR :"; Byear%; "-"; Eyear%
    LOCATE 9, 2: COLOR 0, colo%: PRINT " STATION NAME                    Weighted factor ": COLOR colo%, 0
    LOCATE 24, 1: PRINT STRING$(80, 205);
    prnbottom
    ro% = 10
'-------------------------------------------------------------------
    NoRn = 0
    FOR b% = 1 TO 10
      'No. of rainfall station
      IF block$(a%, b%, 1) = "" THEN EXIT FOR
      NoRn = NoRn + 1
    NEXT b%
    IF NoRn = 0 THEN
      beep2
      LOCATE 23, 10: PRINT "... rainfall station not define"
      prnerr
      GOTO 100
    END IF
    OPEN "O", #11, dv$ + "TEMPFILE.$$$"
    SumCo = 0
    FOR b% = 1 TO NoRn
      OPEN "I", #b%, dv$ + block$(a%, b%, 1) + ".RN"
      WtRnCo(b%) = VAL(block$(a%, b%, 2))    'Weighted rainfall coeff.
      SumCo = SumCo + WtRnCo(b%)
      IF WtRnCo(b%) <= 0 OR WtRnCo(b%) > 1 THEN
        BEEP
        LOCATE 23, 10: PRINT "... weighted rainfall coefficient"
        prnerr
        CLOSE : GOTO 100
      END IF
    NEXT b%
```

```
    IF ABS(SumCo - 1) > .000001 THEN
      beep2
      LOCATE 23, 10: PRINT "... summation of wt. rainfall coeff. = "; SumCo
      prnerr
      CLOSE : GOTO 100
    END IF

    FOR b% = 1 TO NoRn
      INPUT #b%, head$
      IF LEN(head$) > 48 THEN head$ = LEFT$(head$, 48)
      ro% = ro% + 1: LOCATE ro%, 2
      PRINT head$: LOCATE ro%, 51
      PRINT USING "#.###"; WtRnCo(b%)
    NEXT b%

1001  FOR y% = 1 TO Nyear%
      ind% = 0
      FOR b% = 1 TO NoRn
        INPUT #b%, iYear
        IF iYear <> oYear AND ind% = 1 THEN
          LOCATE 23, 10: PRINT "... year error "; iYear; "<>"; oYear
          prnerr
          CLOSE : GOTO 100
        END IF
        oYear = iYear: ind% = 1
      NEXT b%

      IF (iYear + 1) MOD 4 = 0 THEN Mday(11) = 29 ELSE Mday(11) = 28

      IF iYear < Byear% THEN
        FOR m = 1 TO 12
          FOR d% = 1 TO Mday(m)
            FOR b% = 1 TO NoRn
              INPUT #b%, Rn(b%)
            NEXT b%
          NEXT d%
        NEXT m
        GOTO 1001
      END IF

      IF iYear > Eyear% THEN 102

      WRITE #11, iYear
      LOCATE 6, 69: COLOR 15, colo%: PRINT iYear: COLOR colo%, 0

      FOR m = 1 TO 12
        LOCATE 6, 75: COLOR 0, colo%: PRINT USING "## "; m
        COLOR colo%, 0
        FOR d% = 1 TO Mday(m)

          SumRn = 0!
          SumWtCo = 0!
          FOR b% = 1 TO NoRn
            INPUT #b%, Rn(b%)

            IF Rn(b%) >= 0 THEN
              SumWtCo = SumWtCo + WtRnCo(b%)
            ELSE
              Rn(b%) = 0!
            END IF

            SumRn = SumRn + Rn(b%) * WtRnCo(b%)

          NEXT b%

          IF SumWtCo > 0! THEN
            WtRn = SumRn / SumWtCo
          ELSE
            LOCATE 23, 10: PRINT "... data missing "
```

```
            prnerr
            CLOSE : GOTO 100
          END IF
          WRITE #11, WtRn

        NEXT d%
      NEXT m
    NEXT y%

102   CLOSE
    OPEN "I", #1, dv$ + "TEMPFILE.$$$"
    OPEN "O", #2, dv$ + Blck$ + ".EFN"

' ------------------------------------------------------------------
'         #### Effective Rainfall Calculation ####
' ------------------------------------------------------------------
    CLS : beep1
    CALL box(0, 2, 2, 79, 4, "")
    COLOR 0, colo%: LOCATE 3, 8: PRINT "  E F F E C T I V E  R A I N F A L L  C A L C U L A T I O N  "
    COLOR colo%, 0
    CALL box(1, 26, 9, 55, 11, "")
    LOCATE 24, 1: PRINT STRING$(80, 205);
    prnbottom
    LOCATE 7, 38 - (LEN(Pname$)) / 2: COLOR 0, colo%: PRINT "  "; : COLOR colo%, 0: PRINT " "; Pname$; " "; :
COLOR 0, colo%: PRINT "  ": COLOR colo%, 0
    LOCATE 8, 41 - (LEN(Blck$) / 2): PRINT Blck$
    LOCATE 10, 32: PRINT "YEAR :"; Byear%; "-"; Eyear%
    COLOR 0, colo%: LOCATE 14, 20: PRINT "File Name of EFF.RAIN :": COLOR colo%, 0
    L% = LEN(dv$ + " " + Blck$ + ".EFN") + 3
    CALL box(0, 44, 13, 44 + L%, 15, "")
    LOCATE 14, 46: PRINT dv$ + " " + Blck$ + ".EFN"
    COLOR 31: LOCATE 18, 30: PRINT "Computing": COLOR colo%, 0
    sTR = sToR: sTF = sToF
    FOR y = 1 TO Nyear%
      INPUT #1, iYear
      COLOR 15, colo%: LOCATE 18, 42, 0: PRINT iYear: COLOR colo%, 0
      FOR w = 1 TO 52
        Rn(w) = 0: efr(w) = 0: efc(w) = 0
      NEXT w

      FOR m = 1 TO 12
        RnM(m) = 0: efrM(m) = 0: efcM(m) = 0
      NEXT

      WK = 1: DY = 1

      IF (iYear + 1) MOD 4 = 0 THEN Mday(11) = 29 ELSE Mday(11) = 28
      FOR m = 1 TO 12
        ammR = (kcR(m) * petp(m) + OL(m)) / Mday(m)    'rice
        AmmF = (kcF(m) * petp(m)) / Mday(m)            'field crop
        FOR d = 1 TO Mday(m)
          INPUT #1, Rain
          RnM(m) = RnM(m) + Rain

' ----------------for rice
          sT1R = sTR + Rain - ammR
          IF sT1R < sTmAxR THEN
            efr = Rain
            IF sT1R < sTmInR THEN sTR = sToR ELSE sTR = sT1R
          ELSE
            efr = sTmAxR + ammR - sTR: sTR = sTmAxR
            IF efr < 0 THEN efr = 0
          END IF
          efr(WK) = efr(WK) + efr
          efrM(m) = efrM(m) + efr

' ----------------for field crop
          sT1F = sTF + Rain - AmmF
          IF sT1F < sTmAxF THEN
            efc = Rain
```

```
            IF sT1F < sTmInF THEN sTF = sToF ELSE sTF = sT1F
          ELSE
            efc = sTmAxF + AmmF - sTF: sTF = sTmAxF
            IF efc < 0 THEN efc = 0
          END IF
          efc(WK) = efc(WK) + efc
          efcM(m) = efcM(m) + efc

          Rn(WK) = Rn(WK) + Rain
          COLOR 0, colo%
          LOCATE 18, 48: PRINT USING "## "; WK
          IF DY = 7 THEN
            IF WK <> 52 THEN WK = WK + 1
            DY = 1
          ELSE
            DY = DY + 1
          END IF
        NEXT d
      NEXT m

' ----------write rainfall data on files for irrigation demand CALCULATION
      WRITE #2, iYear
      FOR w = 1 TO 52
        WRITE #2, Rn(w), efr(w), efc(w)  'wt.rain, eff.for rice,
      NEXT w                            ' eff.for field crop

    NEXT y
    CLOSE
    GOSUB prnout

2000 NEXT a%
2500 CLOSE
   SHELL "DEL *.$$$"
   GOTO 100

' ---------------------------------------------------------------------
' Output
' ---------------------------------------------------------------------
prnout: CALL ZoomBOX(1, 28, 17, 50, 19, colo%, 0, 1)
  COLOR 0, colo%
  LOCATE 18, 30: PRINT " OUTPUT DEVICE >>> "
  CALL ZoomBOX(1, 60, 16, 70, 20, 0, colo%, 1)
  COLOR 15, colo%
  LOCATE 17, 62: PRINT "PRINTER"
  LOCATE 18, 62: PRINT "FILE   "
  LOCATE 19, 62: PRINT "QUIT   "
  CALL vertmenu(17, 19, 61, 8, 15, colo%, 15, 0, nme$, k%, 17)
  d$ = MID$(nme$, 2, 1)

  IF d$ = "Q" OR k% = 27 THEN RETURN

  COLOR 0, colo%
  LOCATE 18, 30: PRINT " OUTPUT to" + nme$
  CALL ZoomBOX(1, 60, 15, 70, 20, 0, colo%, 1)
  COLOR 15, colo%
  LOCATE 16, 61: PRINT " ALL    "
  LOCATE 17, 61: PRINT " RICE   "
  LOCATE 18, 61: PRINT " UPLAND "
  LOCATE 19, 61: PRINT " QUIT   "
  CALL vertmenu(16, 19, 61, 8, 15, colo%, 15, 0, nme$, k%, 16)
  x$ = MID$(nme$, 2, 1)
  IF x$ = "Q" OR k% = 27 THEN RETURN
  COLOR colo%, 0
  IF d$ = "P" THEN
    ff$ = "LPT1:"
  ELSE
    LOCATE 16, 29
    INPUT "File Name : ", ff$
  END IF
```

```
OPEN "I", #1, dv$ + Blck$ + ".EFN"
OPEN "o", #2, dv$ + ff$

IF d$ = "P" THEN
   PRINT #2, CHR$(27); CHR$(3);          '15-pitch character
END IF

WIDTH #2, 132
COLOR 31, 4
LOCATE 18, 30: PRINT "  P R I N T I N G  "
COLOR colo%, 0
PRINT #2, DATE$ + "  " + TIME$

p% = 0: page% = 1

FOR y = 1 TO Nyear%
   INPUT #1, iYear
   FOR w = 1 TO 52
      INPUT #1, Rn(w), efr(w), efc(w)   'wt.rain, eff.for rice,
   NEXT w                               ' eff.for field crop


   p% = p% + 1: IF p% > 2 THEN p% = 1: page% = page% + 1
   IF d$ = "P" THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(69);

   IF p% = 1 THEN
      PRINT #2, : PRINT #2, : PRINT #2,
      PRINT #2, USING "EFFECTIVE RAINFALL CALCULATION                                                                    ERM - ##";
page%
      a$ = Pname$ + "  Block :" + Blck$
      PRINT #2, a$
   END IF

   PRINT #2, USING "WATER YEAR  ####"; iYear


   IF d$ = "P" THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(70);

   PRINT #2, "-------------------------------------------------------------------------------------------------------------"
   PRINT #2, " WEEK weighted/effective   WEEK weighted/effective   WEEK weighted/effective   WEEK
weighted/effective"
   PRINT #2, "-------------------------------------------------------------------------------------------------------------"
     prn$ = "  ##  ####.## ####.##      ##  ####.## ####.##      ##  ####.## ####.##      ##  ####.## ####.##"

   IF x$ = "R" OR x$ = "A" THEN          'rice
      PRINT #2, "Rice"
      PRINT #2, USING prn$; 1; Rn(1); efr(1); 14; Rn(14); efr(14); 27; Rn(27); efr(27); 40; Rn(40); efr(40)
      PRINT #2, USING prn$; 2; Rn(2); efr(2); 15; Rn(15); efr(15); 28; Rn(28); efr(28); 41; Rn(41); efr(41)
      PRINT #2, USING prn$; 3; Rn(3); efr(3); 16; Rn(16); efr(16); 29; Rn(29); efr(29); 42; Rn(42); efr(42)
      PRINT #2, USING prn$; 4; Rn(4); efr(4); 17; Rn(17); efr(17); 30; Rn(30); efr(30); 43; Rn(43); efr(43)
      PRINT #2, USING prn$; 5; Rn(5); efr(5); 18; Rn(18); efr(18); 31; Rn(31); efr(31); 44; Rn(44); efr(44)
      PRINT #2, USING prn$; 6; Rn(6); efr(6); 19; Rn(19); efr(19); 32; Rn(32); efr(32); 45; Rn(45); efr(45)
      PRINT #2, USING prn$; 7; Rn(7); efr(7); 20; Rn(20); efr(20); 33; Rn(33); efr(33); 46; Rn(46); efr(46)
      PRINT #2, USING prn$; 8; Rn(8); efr(8); 21; Rn(21); efr(21); 34; Rn(34); efr(34); 47; Rn(47); efr(47)
      PRINT #2, USING prn$; 9; Rn(9); efr(9); 22; Rn(22); efr(22); 35; Rn(35); efr(35); 48; Rn(48); efr(48)
      PRINT #2, USING prn$; 10; Rn(10); efr(10); 23; Rn(23); efr(23); 36; Rn(36); efr(36); 49; Rn(49); efr(49)
      PRINT #2, USING prn$; 11; Rn(11); efr(11); 24; Rn(24); efr(24); 37; Rn(37); efr(37); 50; Rn(50); efr(50)
      PRINT #2, USING prn$; 12; Rn(12); efr(12); 25; Rn(25); efr(25); 38; Rn(38); efr(38); 51; Rn(51); efr(51)
      PRINT #2, USING prn$; 13; Rn(13); efr(13); 26; Rn(26); efr(26); 39; Rn(39); efr(39); 52; Rn(52); efr(52)
      PRINT #2, "-------------------------------------------------------------------------------------------------------------"
   END IF

   IF x$ = "U" OR x$ = "A" THEN       'upland or field crop
      PRINT #2, "Upland"
      PRINT #2, USING prn$; 1; Rn(1); efc(1); 14; Rn(14); efc(14); 27; Rn(27); efc(27); 40; Rn(40); efc(40)
      PRINT #2, USING prn$; 2; Rn(2); efc(2); 15; Rn(15); efc(15); 28; Rn(28); efc(28); 41; Rn(41); efc(41)
      PRINT #2, USING prn$; 3; Rn(3); efc(3); 16; Rn(16); efc(16); 29; Rn(29); efc(29); 42; Rn(42); efc(42)
      PRINT #2, USING prn$; 4; Rn(4); efc(4); 17; Rn(17); efc(17); 30; Rn(30); efc(30); 43; Rn(43); efc(43)
      PRINT #2, USING prn$; 5; Rn(5); efc(5); 18; Rn(18); efc(18); 31; Rn(31); efc(31); 44; Rn(44); efc(44)
      PRINT #2, USING prn$; 6; Rn(6); efc(6); 19; Rn(19); efc(19); 32; Rn(32); efc(32); 45; Rn(45); efc(45)
```

```
        PRINT #2, USING prn$; 7; Rn(7); efc(7); 20; Rn(20); efc(20); 33; Rn(33); efc(33); 46; Rn(46); efc(46)
        PRINT #2, USING prn$; 8; Rn(8); efc(8); 21; Rn(21); efc(21); 34; Rn(34); efc(34); 47; Rn(47); efc(47)
        PRINT #2, USING prn$; 9; Rn(9); efc(9); 22; Rn(22); efc(22); 35; Rn(35); efc(35); 48; Rn(48); efc(48)
        PRINT #2, USING prn$; 10; Rn(10); efc(10); 23; Rn(23); efc(23); 36; Rn(36); efc(36); 49; Rn(49); efc(49)
        PRINT #2, USING prn$; 11; Rn(11); efc(11); 24; Rn(24); efc(24); 37; Rn(37); efc(37); 50; Rn(50); efc(50)
        PRINT #2, USING prn$; 12; Rn(12); efc(12); 25; Rn(25); efc(25); 38; Rn(38); efc(38); 51; Rn(51); efc(51)
        PRINT #2, USING prn$; 13; Rn(13); efc(13); 26; Rn(26); efc(26); 39; Rn(39); efc(39); 52; Rn(52); efc(52)
        PRINT #2, "----------------------------------------------------------------------------------------------------"
      END IF

      IF p% <> 2 THEN
        IF y <> Nyear% THEN PRINT #2,
      ELSE
        GOSUB 3000
      END IF

    NEXT y
    IF p% <> 2 THEN GOSUB 3000
    CLOSE
    RETURN

' ---footing print
3000
    IF d$ = "P" THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(69);
    IF x$ = "R" OR x$ = "A" THEN PRINT #2, USING "Rice  : STMIN = ###  mm. : STO = ###  mm. : STMAX = ###  mm. ";
sTmInR; sToR; sTmAxR
    IF x$ = "U" OR x$ = "A" THEN PRINT #2, USING "Upland: STMIN = ###  mm. : STO = ###  mm. : STMAX = ###  mm.
"; sTmInF; sToF; sTmAxF
    IF d$ = "P" THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(70); CHR$(12)
    RETURN

6000 '#### SYSTEM ERROR MESSAGES ####
     '$INCLUDE: 'ERRMESS.BI'
     CLOSE
     RESUME 100

' ////////////////////////////END OF MAIN PROGRAM\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
```

```
'#########################################################################
'#
'#       Program: IDMODEL4.BAS
'#
'#        System: Water Uses Study Model  (version 4.6)
'#        Author: Manas KAMNERDMANEE
'#     Copyright (c) 1992-95, Manas KAMNERDMANEE
'# Update history:
'#             : Aug. 27, 1993
'#             : Jan. 09, 1994
'#             : May. 18, 1994
'#             : Aug. 15, 1995
'#
'#########################################################################
'#       kc!() cp()
'#            1. Land Preparation
'#            2. Nursery
'#       1    3. Transplant - local
'#       2    . Transplant - hyv.
'#       3    4. Broadcast  - local
'#       4    . Broadcast  - hyv.
'#       5    5. Field Crops
'#       6    6. Vegetables
'#       7    7. Sugar Cane
'#       8    8. Maize
'#       9    9. Sorghum
'#      10    10. Soy a Bean
'#      11    11. Ground Nut
'#      12    12. Black Gram"
'#      13    13. Sesame
'#      14    14. Cotton
'#      15    15. Parennials
'#      16    16. Fish Ponds
'#      17    17. Crop A
'#      18    18. Crop B
'#
'#########################################################################
DECLARE FUNCTION NcVPT% (x!(), n%)
DECLARE FUNCTION NZEPT% (x!(), w!(), i%)
DECLARE FUNCTION ZERO! (real!)
DECLARE SUB calc ()
DECLARE SUB beep1 ()
DECLARE SUB prnerr ()
DECLARE SUB initial ()
DECLARE SUB CalcDem ()
DECLARE SUB prnwait ()
DECLARE SUB LoadBlock ()
DECLARE SUB soundeff (n%)
DECLARE SUB SaveSystem ()
DECLARE SUB SaveSingle ()
DECLARE SUB HdPrn (Nform%)
DECLARE SUB TheoryCMS (d!())
DECLARE SUB TheoryMCM (d!())
DECLARE SUB OutWekCMS (d!())
DECLARE SUB OutMonCMS (Dprn!())
DECLARE SUB banner (tt1$, tt2$)
DECLARE SUB OutMonMCM (Dcms!())
DECLARE SUB OutWekMCM (Dcms!())
DECLARE SUB WekToMon (Dw!(), Dm!())
DECLARE SUB wTcRop (Area!(), wtc!(), n%)
DECLARE SUB MENU2 (x$, nme1$, k%, ro1%)
DECLARE SUB WeeklyToMonthly ()
DECLARE SUB OutPutDemand (NoutP%)
DECLARE SUB box (BOXTYPE%, co1%, y1%, x2%, y2%, bx$)
DECLARE SUB windowm (BOXTYPE%, co1%, y1%, x2%, y2%, colr%)
DECLARE SUB ZoomBOX (BOXTYPE%, m1%, n1%, m2%, n2%, fg%, bg%, shadow%)
DECLARE SUB vertmenu (up%, Dw%, co%, spa%, fg1%, bg1%, fg2%, bg2%, nme$, k%, ro%)
'#########################################################################

DEFINT I-N
```

```
'$DYNAMIC
'$INCLUDE: 'WUSMCOM.BI'
'$INCLUDE: 'IDMODEL4.BI'

   FOR m = 1 TO 12: READ Mday(m): NEXT m
   DATA 30,31,30,31,31,30,31,30,31,31,28,31
   FOR i = 1 TO 18: READ Crpnme$(i): NEXT
   ban$ = "I R R I G A T I O N   D E M A N D   M O D E L"
   ON ERROR GOTO 6000
   load% = 0
   initial
   LoadBlock

' ---------------------------------------------------------------
100 COLOR colo%, 0: CLS : LOCATE , , , 6, 7
   CALL banner(ban$, "CALCULATION")
   IF load% = 0 THEN
      load% = 1
      COLOR 31, 0: LOCATE 24, 2
      PRINT "Loading "; DV$ + "CONSTANT.DAT"; : COLOR colo%, 0: LOCATE , , 0
      OPEN "I", #1, DV$ + "CONSTANT.DAT"
      FOR x = 1 TO 18
         FOR y = 1 TO 52
            INPUT #1, a$: kc!(x, y) = VAL(a$)
         NEXT
      NEXT
      FOR x = 1 TO 78
         FOR y = 1 TO 12
            INPUT #1, a$: petp(x, y) = VAL(a$)
         NEXT
      NEXT
      LOCATE 24, 2: COLOR colo%, 0: PRINT SPACE$(40);
      CLOSE
   END IF
   COLOR colo%, 0
   CALL MENU2(x9$, nme$, k%, ro1%)
   IF k% = 27 OR x9$ = "Q" THEN
      prnwait
      '$INCLUDE: 'CHAIN.BI'
   END IF

'---select block for calculation
   FOR a% = 1 TO 20
      Blck$ = block$(a%, 0, 0)
      IF Blck$ = "" THEN 150          'end of calc
      DRYare = 0
      WETare = 0
      Crp07 = 0
      Crp15 = 0: Crp16 = 0

      IF x9$ = "S" THEN  '-----Select
         CLS : CALL banner(ban$, "CALCULATION")
         COLOR colo%, 0
         LOCATE 5, 2: PRINT "Block : "; : COLOR 0, colo%: PRINT " " + Blck$ + " "
         COLOR colo%, 0
         LOCATE 14, 30: PRINT "Do You Want to RUN this Block ?"
         CALL ZoomBOX(1, 65, 13, 72, 17, 15, colo%, 1)
         CALL box(1, 65, 13, 72, 17, "")
         COLOR 15, colo%
         LOCATE 14, 66: PRINT " NO  "
         LOCATE 15, 66: PRINT " YES "
         LOCATE 16, 66: PRINT " QUIT "
         CALL vertmenu(14, 16, 66, 5, 15, colo%, 15, 0, nme$, k%, 14)
         y9$ = MID$(nme$, 2, 1)
         IF y9$ = "Q" OR k% = 27 THEN 100
         IF y9$ = "Y" THEN GOSUB 200: GOTO 150
         IF y9$ = "N" THEN 150
      END IF
      GOSUB 200
150 NEXT a%
```

```
   GOTO 100

' ************************************************************************
'           SUBROUTINE FOR CAL. WATER REQ'D & RETURN FLOW
' ************************************************************************
200 CLS : CALL banner(ban$, "CALCULATION")
   COLOR colo%, 0
   LOCATE 5, 2: PRINT "Block : "; : COLOR 0, colo%: PRINT " " + Blck$ + " "
   COLOR colo%, 0
' --Wet season
   t$ = "WET"
   n$ = Blck$ + "W.DAT"
   CALL ZoomBOX(2, 1, 8, 78, 21, 0, colo%, 1)
   LOCATE 8, 32:  PRINT " " + t$ + " SEASON CROP "
   GOSUB 300
' --Dry season
   t$ = "DRY"
   n$ = Blck$ + "D.DAT"
   CALL ZoomBOX(2, 1, 8, 78, 21, 0, colo% + 1, 1)
   LOCATE 8, 31:  PRINT " " + t$ + " SEASON CROP "
   GOSUB 300
   CALL ZoomBOX(2, 1, 8, 80, 22, 0, 0, 0)
   COLOR colo%, 0
   WeeklyToMonthly

' --OutPut
' --Printout
   'PLAY "t120o1l16b9n0baa"
   n$ = Blck$ + ".IDM"
   LOCATE 23, 2: PRINT "Output for simulation as: "; DV$ + n$

   CALL ZoomBOX(1, 28, 17, 50, 19, colo%, 0, 1)
   COLOR 0, colo%
   LOCATE 18, 30: PRINT " OUTPUT DEVICE >>> "
   CALL ZoomBOX(1, 60, 16, 70, 20, 0, colo%, 1)
   COLOR 15, colo%
   LOCATE 17, 62: PRINT "PRINTER"
   LOCATE 18, 62: PRINT "FILE   "
   LOCATE 19, 62: PRINT "QUIT   "
   CALL vertmenu(17, 19, 61, 8, 15, colo%, 15, 0, nme$, k%, 17)
   d$ = MID$(nme$, 2, 1)
   IF d$ = "Q" OR k% = 27 THEN 454

   IF d$ = "P" THEN
      ff$ = "LPT1:"
   ELSE
      COLOR colo%, 0
      LOCATE 16, 29, 1
      INPUT "File Name : ", ff$
      IF ff$ = "" THEN 454
   END IF

   OPEN "o", #2, DV$ + ff$
   IF d$ = "P" THEN
      PRINT #2, CHR$(27); CHR$(103);          '15-pitch character
   END IF
   WIDTH #2, 132
   COLOR 31, 4
   LOCATE 18, 30: PRINT "  P R I N T I N G  "
   COLOR colo%, 0
   p% = 0: page% = 1
   PRINT #2, DATE$ + "  " + TIME$
   FOR j% = 1 TO 11
      NoutP = outcode%(j%)
      IF j% <> 1 AND NoutP = 0 THEN 454
      OutPutDemand NoutP
      IF outcode%(1) = 0 THEN 454
   NEXT

454 CLOSE
```

```
    SaveSingle
    SOUND 80, .5: SOUND 180, .5
    RETURN
' ************************************************************************

' Subroutine
' ------------------------------------------------------------------------
' --Load block data files
' ------------------------------------------------------------------------
300 LOCATE 10, 3: PRINT "Loaded Block data  "; n$

   OPEN "I", #1, DV$ + n$
   INPUT #1, TLH$, BLH$, a$: bWeek% = VAL(a$)
   INPUT #1, a$, b$, c$, d$
   PERC = VAL(a$): DEPT = VAL(b$): NLP = VAL(c$): AG = VAL(d$)
   FOR x = 1 TO 18: FOR y = 0 TO 52
      INPUT #1, a$: cp(x, y) = VAL(a$)
   NEXT: NEXT
   IF t$ = "WET" THEN
      INPUT #1, a$, b$, c$, d$
      bYear% = VAL(a$): eYear% = VAL(b$): tArea = VAL(c$): ptp% = VAL(d$)
      nYear% = eYear% - bYear% + 1
      FOR w = 1 TO 12
         INPUT #1, a$, b$: ie(w) = VAL(a$): rf(w) = VAL(b$)
      NEXT w
      FOR w = 1 TO 11
         INPUT #1, a$: outcode%(w) = VAL(a$)
      NEXT w
   END IF
   CLOSE #1

' ------------------------------------------------------------------------
' --Load effective rainfall
' ------------------------------------------------------------------------
   IF t$ = "WET" THEN
      f$ = Blck$ + ".EFN"

      LOCATE 11, 3: PRINT "Loaded Rainfall   "; f$

      OPEN "I", #1, DV$ + f$
      FOR y = 1 TO nYear%
         lyear = bYear% + y - 1
         INPUT #1, year
         IF lyear <> year THEN
            beep1
            LOCATE 23, 10: PRINT "...sequence of effective rainfall."
            prnerr
            GOTO 100
         END IF
         IF y = 1 THEN LOCATE 11, 35: PRINT "["; year; "-     ]"
         LOCATE 11, 43: PRINT year
         FOR w = 1 TO 52
            INPUT #1, wRFL(y, w), efr(y, w), EFC(y, w)
            'INPUT #1, a, b, c
         NEXT w
      NEXT y
      CLOSE
   END IF

' ------------------------------------------------------------------------
' --Calculate total cropping area for wet & dry season
' ------------------------------------------------------------------------
   FOR i = 3 TO 18
      IF t$ = "DRY" THEN
         DRYare = DRYare + cp(i, 0)
      ELSE
         WETare = WETare + cp(i, 0)
         DRYare = cp(7, 0) + cp(15, 0) + cp(16, 0)
      END IF
   NEXT
```

```
  LOCATE 10, 35: PRINT "Total Cropping Area (rais)";
  IF t$ = "DRY" THEN
     PRINT DRYare
  ELSE
    PRINT WETare
  END IF


' ---------------------------------------------------------------------
'  Find number of curve points  wek() = Crop Curve  crw() = Crop Coeff.
' ---------------------------------------------------------------------
' --crw() = Crop Coeff. Number
  FOR i = 1 TO 18
     ind% = 0
     FOR j = 1 TO 52
        IF kc!(i, j) > 0 THEN ind% = 1
     NEXT
     IF ind% = 1 THEN crw(i) = NcVPT(kc!(), i) ELSE crw(i) = 0
  NEXT

' --wek() = Crop Curve Number
  FOR i = 1 TO 18
     IF cp(i, 0) > 0 THEN ind% = 1 ELSE ind% = 0
     IF ind% = 1 THEN wek(i) = NcVPT(cp(), i) ELSE wek(i) = 0
  NEXT

' ---------------------------------------------------------------------
' --Total Week (Tw) of Season
' ---------------------------------------------------------------------
  GOSUB 500
  tw = 0
  IF cp(3, 0) > 0 AND TLH$ = "L" THEN w1(1) = wek(3) + crw(1) - 1
  IF cp(3, 0) > 0 AND TLH$ = "H" THEN w1(2) = wek(3) + crw(2) - 1
  IF cp(4, 0) > 0 AND BLH$ = "L" THEN w1(3) = wek(4) + crw(3) - 1
  IF cp(4, 0) > 0 AND BLH$ = "H" THEN w1(4) = wek(4) + crw(4) - 1

  FOR i = 5 TO 18: IF cp(i, 0) > 0 THEN w1(i) = wek(i) + crw(i) - 1
  NEXT
  FOR i = 1 TO 18: IF w1(i) > tw THEN tw = w1(i)
  NEXT
  IF tw > 105 - bWeek% THEN
     LOCATE 23, 10: PRINT "TOTAL WEEK error:>> please CHECK cropping DATA & Kc."
     prnerr
     RETURN
  END IF
' ---------------------------------------------------------------------
' --Change %Acc. Area of Land Preparation & Nursery to %Diff.
' ---------------------------------------------------------------------
  GOSUB 500
  w1(1) = cp(1, 1)
  w2(1) = cp(2, 1)
  FOR w = 1 TO wek(1) - 1: w1(w + 1) = cp(1, w + 1) - cp(1, w): NEXT
  FOR w = 1 TO wek(2) - 1: w2(w + 1) = cp(2, w + 1) - cp(2, w): NEXT
  FOR w = 1 TO wek(1): cp(1, w) = w1(w): NEXT
  FOR w = 1 TO wek(2): cp(2, w) = w2(w): NEXT

' ---------------------------------------------------------------------
' --Average Weekly PETP. Ev()
' ---------------------------------------------------------------------
  IF t$ = "WET" THEN
     n = 1
     IF petp(ptp%, 1) = 0 THEN
        LOCATE 23, 10: PRINT "...PETP."
        prnerr
        RETURN
     END IF
     FOR w = 1 TO 52
        NdT = 7 * w: SnD = 0
        FOR m = 1 TO n
```

```
        SnD = SnD + Mday(m)
      NEXT m
      IF SnD >= NdT THEN
        feff(w) = ie(n)
        rflof(w) = rf(n)
        Ev(w) = petp(ptp%, n) / Mday(n)
      ELSE
        ia = NdT - SnD
        feff(w) = ia * ie(n + 1) + (7 - ia) * ie(n)
        feff(w) = (feff(w) / 7)
        Ev(w) = ia * petp(ptp%, n + 1) / Mday(n + 1) + (7 - ia) * petp(ptp%, n) / Mday(n)
        Ev(w) = (Ev(w) / 7)
        rflof(w) = ia * rf(n + 1) + (7 - ia) * rf(n)
        rflof(w) = (rflof(w) / 7)
        n = n + 1
      END IF
    NEXT w
  END IF

' ------------------------------------------------------------------
' --Season Ending WEEK (eWeek%)
' ------------------------------------------------------------------
  eWeek% = bWeek% + tw - 1
  IF tw = 0 THEN eWeek% = nWeek%
  IF eWeek% > 52 THEN eWeek% = eWeek% - 52

' ------------------------------------------------------------------
' --Change % Acc. & % Diff. to Area
' ------------------------------------------------------------------
  FOR i = 1 TO 18
    FOR w = 1 TO tw
      IF cp(i, w) > 100 THEN
        LOCATE 23, 10: PRINT "... Crop Curve"
        prnerr
        GOTO 100
      END IF
      cp(i, w) = INT(cp(i, w) * cp(i, 0) / 100)
    NEXT
  NEXT
  FOR i = 1 TO 52
    TraNur(i) = 0: Arice(i) = 0: AuPLN(i) = 0
    LN!(i) = 0
  NEXT
  FOR i = 1 TO 18
    FOR w = 1 TO 52
      wtcp(i, w) = 0
      cp1(i, w) = 0
    NEXT
  NEXT

' ------------------------------------------------------------------
' --Land Preparation for Transplant or/and Broadcast
' ------------------------------------------------------------------
  IF cp(1, 0) = 0 AND (cp(3, 0) + cp(4, 0) > 0) THEN
    LOCATE 23, 10: PRINT "... land preparation area = 0"
    prnerr
    GOTO 100
  END IF
  IF wek(1) = 0 OR cp(1, 0) = 0 THEN
    FOR w = 1 TO 52: cp(1, w) = 0: NEXT
    GOTO 310
  END IF

  GOSUB 500: LOCATE 13, 3: PRINT " LAND PREPARATION"; cp(1, 0)
  we = NZEPT(cp(), wek(), 1)            'crop curve no. 1
  wlp = DEPT / NLP                      'dept of water uses /week
  FOR w = 1 TO tw
    w1(w) = cp(1, w + we - 1)
  NEXT
```

```
    FOR w = 1 TO tw
      S = 0
      IF w < NLP THEN
        FOR i = 1 TO w: S = S + w1(i): NEXT
      ELSE
        FOR i = 1 TO NLP: S = S + w1(w - NLP + i): NEXT
      END IF
      w2(w) = S
    NEXT
    FOR w = 1 TO we - 1: cp(1, w) = 0: NEXT
    FOR w = we TO tw: cp(1, w) = w2(w - we + 1): NEXT

' ------------------------------------------------------------------------
' --Nursery
' ------------------------------------------------------------------------
310 IF cp(2, 0) = 0 AND cp(3, 0) > 0 THEN
      LOCATE 23, 10: PRINT "...nursery area = 0"
      prnerr
      GOTO 100
    END IF
    IF wek(2) = 0 OR cp(2, 0) = 0 THEN
      FOR w = 1 TO 52: cp(2, w) = 0: NEXT
      GOTO 320
    END IF

    GOSUB 500: we = NZEPT(cp(), wek(), 2)
    LOCATE 14, 3: PRINT " Land Prep. for NURSERY"; cp(2, 0)
    FOR w = 1 TO tw: TraNur(w) = cp(2, w + 1): NEXT
    LOCATE 15, 3: PRINT " NURSERY "; cp(2, 0)
    FOR w = 1 TO tw: w1(w) = cp(2, w + we - 1): NEXT
    FOR w = 1 TO tw
      S = 0
      IF w < AG THEN
        FOR i = 1 TO w: S = S + w1(i): NEXT
      ELSE
        FOR i = 1 TO AG: S = S + w1(w - AG + i): NEXT
      END IF
      w2(w) = S
    NEXT
    FOR i = 1 TO we - 1: cp(2, i) = 0: NEXT i
    FOR w = we TO tw: cp(2, w) = w2(w - we + 1): NEXT

' ------------------------------------------------------------------------
' --Transplant
' ------------------------------------------------------------------------
320 IF cp(3, 0) = 0 OR wek(3) = 0 THEN 330
    GOSUB 500
    LOCATE 16, 3
    IF TLH$ = "L" THEN
      PRINT " " + Crpnme$(1); cp(3, 0)
      kc% = 1: CALL wTcRop(cp(), wtcp(), kc%)
    ELSEIF TLH$ = "H" THEN
      PRINT " " + Crpnme$(2); cp(3, 0)
      kc% = 2: CALL wTcRop(cp(), wtcp(), kc%)
    END IF

' ------------------------------------------------------------------------
'                          Broadcast
' ------------------------------------------------------------------------
330 IF cp(4, 0) = 0 OR wek(4) = 0 THEN 340
    GOSUB 500
    LOCATE 17, 3
    IF BLH$ = "L" THEN
      PRINT " " + Crpnme$(3); cp(4, 0)
      kc% = 3: CALL wTcRop(cp(), wtcp(), kc%)
    ELSEIF BLH$ = "H" THEN
      PRINT " " + Crpnme$(4); cp(4, 0)
      kc% = 4: CALL wTcRop(cp(), wtcp(), kc%)
    END IF
```

```
' ---------------------------------------------------------------------
' --Field Crops, Vegetables
' --Sugar Cane, Maize, Sorghum, Soy a Bean, Ground Nut, Black Gram
' --Sesame, Cotton
' --Parennilals, Fish Ponds
' --Crop A , Crop B
' ---------------------------------------------------------------------
340 FOR i = 5 TO 18
      IF cp(i, 0) <> 0 AND wek(i) = 0 THEN
         beep1
         LOCATE 23, 10: PRINT "... crop curve for " + Crpnme$(i)
         prnerr
         GOTO 100
      END IF
      IF cp(i, 0) = 0 OR wek(i) = 0 THEN 350
      IF i <= 11 THEN LOCATE i + 8, 37 ELSE LOCATE i + 1, 60

      PRINT " " + Crpnme$(i); cp(i, 0)
      IF i = 7 THEN Crp07 = cp(i, 0)
      IF i = 15 THEN Crp15 = cp(i, 0)
      IF i = 16 THEN Crp16 = cp(i, 0)

      kc% = i
      CALL wTcRop(cp(), wtcp(), kc%)
350 NEXT

   IF t$ = "DRY" THEN
    IF Crp07 > 0 THEN LOCATE 15, 37: PRINT " " + Crpnme$(7); Crp07
    IF Crp15 > 0 THEN LOCATE 16, 60: PRINT " " + Crpnme$(15); Crp15
    IF Crp16 > 0 THEN LOCATE 17, 60: PRINT " " + Crpnme$(16); Crp16
   END IF

   GOSUB 500
   CALL CalcDem
   RETURN      'next BLOCK
' ---------------------------------------------------------------------

' ************************************************************************
500 FOR w = 1 TO 52: w1(w) = 0: w2(w) = 0: NEXT: RETURN

' ---------------------------------------------------------------------
' --sYsTEm ERRoR MEssAGEs
' ---------------------------------------------------------------------
6000 '$INCLUDE: 'ERRMESS.BI'
    CLOSE
    RESUME 100

DATA Transplant RICE; Local,Transplant RICE; Hyv.,Broadcast RICE; Local,Broadcast RICE; Hyv.
DATA Field Crops,Vegetables
DATA Sugar Cane,Maize,Sorghum,Soy a Bean,Ground Nut,Black Gram
DATA Sesame,Cotton,Parennials,Fish Ponds,Crop A,Crop B

'////////////////////////////End of Program\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\

REM $STATIC
' ================================SUB cALcDem================================
'          Sup Up Water Demand for any CROP & cal. Return Flow
' ===========================================================================
SUB CalcDem

'---Total Area for Percolation & Effective Rainfall
   FOR w = 1 TO tw              'w(1) = start season
      'rice & fish pond & crop B
      w1(w) = cp(1,w) + TraNur(w) + cp(2,w) + cp(3,w) + cp(4, w) + cp(16, w) + cp(18, w)
      'other crops
      FOR i = 5 TO 15
         w2(w) = w2(w) + cp(i, w)
      NEXT
      w2(w) = w2(w) + cp(17, w)
   NEXT
```

```
'land prep. for Tran or Brod.   find week no.
    s1 = 1
    FOR w = 1 TO 52: IF cp(1, w) = 0 THEN s1 = s1 + 1 ELSE EXIT FOR
    NEXT

    e1 = 52
    FOR w = 52 TO 1 STEP -1: IF cp(1, w) = 0 THEN e1 = e1 - 1 ELSE EXIT FOR
    NEXT

'Rearrange Week No. Refer to Water Year
    IF tw > 52 THEN 3240
    IF eWeek% < bWeek% THEN 3240

    FOR w = bWeek% TO eWeek%
        FOR i = 1 TO 18
            cp1(i, w) = cp(i, w - bWeek% + 1)
            wt(i, w) = wtcp(i, w - bWeek% + 1)
        NEXT
        LN!(w) = TraNur(w - bWeek% + 1)
        Arice(w) = w1(w - bWeek% + 1)
        AuPLN(w) = w2(w - bWeek% + 1)

    NEXT
    GOTO 3690

3240  FOR w = bWeek% TO 52
        FOR i = 1 TO 18
          cp1(i, w) = cp(i, w - bWeek% + 1)
          wt(i, w) = wtcp(i, w - bWeek% + 1)
        NEXT
        LN!(w) = TraNur(w - bWeek% + 1)
        Arice(w) = w1(w - bWeek% + 1)
        AuPLN(w) = w2(w - bWeek% + 1)
    NEXT

    IF tw > 52 THEN 3500

    FOR w = 1 TO eWeek%
        FOR i = 1 TO 18
            cp1(i, w) = cp(i, w + tw - eWeek%)
            wt(i, w) = wtcp(i, w + tw - eWeek%)
        NEXT
        LN!(w) = TraNur(w + tw - eWeek%)
        Arice(w) = w1(w + tw - eWeek%)
        AuPLN(w) = w2(w + tw - eWeek%)
    NEXT
    GOTO 3690

3500  FOR w = 1 TO bWeek% - 1
        FOR i = 1 TO 18
            cp1(i, w) = cp(i, w + tw - eWeek%)
            wt(i, w) = wtcp(i, w + tw - eWeek%)
        NEXT
        LN!(w) = TraNur(w + tw - eWeek%)
        Arice(w) = w1(w + tw - eWeek%)
        AuPLN(w) = w2(w + tw - eWeek%)
    NEXT

    FOR w = bWeek% TO eWeek%
        FOR i = 1 TO 18
            cp1(i, w) = cp(i, w + tw - eWeek%) + cp1(i, w)
        NEXT
        LN!(w) = TraNur(w + tw - eWeek%) + LN!(w)
        Arice(w) = w1(w + tw - eWeek%) + Arice(w)
        AuPLN(w) = w2(w + tw - eWeek%) + AuPLN(w)
    NEXT

3690  FOR w = 1 TO 52                    'cms
      cp1(1, w) = cp1(1, w) * wlp * cONS / 7  'Land Pre
      LN!(w) = LN!(w) * DEPT * cONS / 7       'Land Pre. for Nur.
```

```
        cp1(2, w) = cp1(2, w) * Ev(w) * cONS   'Nur.  kc = 1

        FOR i = 3 TO 18
          cp1(i, w) = cp1(i, w) * Ev(w) * cONS * wt(i, w)
        NEXT
        percol = Arice(w) * PERC * cONS   'percolation loss for rice & fish pond

' demand for rice + fish pond + percolation (theory)
        Drice(w) = LN!(w) + cp1(1, w) + cp1(2, w) + cp1(3, w) + cp1(4, w) + cp1(16, w) + cp1(18, w) + percol

' demand for upland (theory)
        DuPLN(w) = 0
        FOR i = 5 TO 15
          DuPLN(w) = DuPLN(w) + cp1(i, w)
        NEXT
        DuPLN(w) = DuPLN(w) + cp1(17, w)

' theory demand
        IF t$ = "WET" THEN
          THERYcms(w) = DuPLN(w) + cp1(3, w) + cp1(4, w) + cp1(16, w)
        ELSE
          THERYcms(w) = THERYcms(w) + DuPLN(w) + cp1(3, w) + cp1(4, w) + cp1(16, w)

        END IF
      NEXT w

    FOR y = 1 TO nYear%
      LOCATE 20, 3: COLOR 31
      PRINT y + bYear% - 1; : COLOR 14

      l% = 65 * y / nYear%
      LOCATE 20, 10: PRINT STRING$(l%, 220);

      COLOR 0
      FOR w = 1 TO 52

' ---------effective rainfall (cms)
        Erice(w) = (Arice(w) * efr(y, w)) * cONS / 7   'rice
        EuPLN(w) = (AuPLN(w) * EFC(y, w)) * cONS / 7   'upland

          IF t$ = "WET" THEN
            DMwk(y, w) = ZERO(100 * (Drice(w) - Erice(w)) / feff(w)) + ZERO(100 * (DuPLN(w) - EuPLN(w)) / feff(w))
            RFwk(y, w) = ZERO(ZERO(wRFL(y, w)) * (AuPLN(w) + Arice(w)) * cONS / 7 + DMwk(y, w) - Drice(w)) + ZERO
((tArea - AuPLN(w) - Arice(w)) * cONS * (ZERO(wRFL(y, w)) / 7 - Ev(w)))

          ELSE
            efr(y, w) = ZERO(100 * (Drice(w) - Erice(w)) / feff(w)) + ZERO(100 * (DuPLN(w) - EuPLN(w)) / feff(w))
            RFwk(y, w) = ZERO(ZERO(wRFL(y, w)) * (AuPLN(w) + Arice(w)) * cONS / 7 + efr(y, w) - Drice(w)) + ZERO
((tArea - AuPLN(w) - Arice(w)) * cONS * (ZERO(wRFL(y, w)) / 7 - Ev(w))) + RFwk(y, w)
            RFwk(y, w) = RFwk(y, w) * rflof(w) / 100
            DMwk(y, w) = DMwk(y, w) + efr(y, w)

          END IF
          NEXT w
      NEXT y

END SUB

' ========================================================================
' ========================================================================
SUB CmsToMcm (cms(), mcm())

      FOR y = 1 TO nYear%
          Lyear = bYear% + y
          FOR m = 1 TO 12
              day = Mday(m)
              IF ((Lyear MOD 4) = 0 AND m = 11) THEN day = 29
              mcm(y, m) = cms(y, m) * day * 86400 / 1000000
          NEXT m
      NEXT y
```

```
END SUB

' ================================SUB HDPRN=================================
'              SuBROuTINE TO PRINT HEADING
' ==========================================================================
SUB HdPrn (Nform)

    Nfrm = Nform

    PRINT #2, : PRINT #2, : PRINT #2,
    IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(69);
    IF Nform < 10 THEN
     PRINT #2, Pname$; SPACE$(96 - LEN(Pname$)); "IDM -"; Nform
    ELSE
     PRINT #2, Pname$; SPACE$(95 - LEN(Pname$)); "IDM -"; Nform
    END IF

    PRINT #2, USING "Block :: &  /Wet ######, rai /Dry ######, rai"; Blck$; WETare; DRYare

  SELECT CASE Nform

    CASE 1: PRINT #2, "Monthly Irrigation Demand in Million Cubic Meters"
    CASE 2: PRINT #2, "Monthly Irrigation Demand in Cubic Meters per Second"
    CASE 3: PRINT #2, "Weekly Irrigation Demand in Million Cubic Meters"
    CASE 4: PRINT #2, "Weekly Irrigation Demand in Cubic Meters per Second"
    CASE 5: PRINT #2, "Monthly Return Flow in Million Cubic Meters"
    CASE 6: PRINT #2, "Monthly Return Flow in Cubic Meters per Second"
    CASE 7: PRINT #2, "Weekly Return Flow in Million Cubic Meters"
    CASE 8: PRINT #2, "Weekly Return Flow in Cubic Meters per Second"
    CASE 9: PRINT #2, "Theoretical Crop Water Requirement in Million Cubic Meters"
    CASE 10: PRINT #2, "Theoretical Crop Water Requirement in Cubic Meters per Second"

    CASE 20: PRINT #2, "Irrigation Demand & Return Flow in Million Cubic Meters"
    CASE ELSE
  END SELECT

  IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(70);

END SUB

DEFSNG I-N
SUB initial

    pp1$ = "WATER YEAR   APR  MAY  JUN  JUL  AUG  SEP  OCT  NOV  DEC  JAN  FEB  MAR
ANNUAL"
    pp2$ = "----------"
    pp3$ =
"=========================================================================================
==========="
    p1$ = "WATER YEAR                    w e e k l y                    ANNUAL"

END SUB

' ================================SUB LoadBlock=============================
' ==========================================================================
SUB LoadBlock

    OPEN "I", #1, DV$ + file$
    INPUT #1, Pname$
    FOR i% = 1 TO 20
        FOR j% = 0 TO 10
            FOR k% = 0 TO 2
                INPUT #1, block$(i%, j%, k%)
                IF block$(i%, 0, 0) = "" THEN 199
            NEXT
        NEXT
    NEXT
199   CLOSE
```

```
END SUB

DEFINT I-N
'============================FUNCTION NcVPT=============================
'            FuNcTION TO FIND NuMBER OF cuRVE POINTS
'=======================================================================
FUNCTION NcVPT (x(), n)

  FOR i = 52 TO 1 STEP -1
    IF x(n, i) > 0 THEN EXIT FOR
  NEXT
  NcVPT = i

END FUNCTION

FUNCTION NZEPT (x(), w(), i%)
    Nz = 1
    FOR w = 1 TO w(i%)
        IF x(i%, w) = 0 THEN Nz = Nz + 1 ELSE EXIT FOR
    NEXT
    NZEPT = Nz

END FUNCTION

'============================SUB WeeklyToMonthly============================
'        mAkE wATER REQuiREmENT iNTo moNTHLy BAsis (CMS.)
'===========================================================================
SUB WeeklyToMonthly

    LOCATE 12, 30: PRINT "Weekly -->> Monthly"
    COLOR 31: LOCATE 12, 37: PRINT "-->>": COLOR colo%, 0
    FOR y = 1 TO nYear%
        n% = 1: S = 0: t = 0: Lyear = bYear% + y
        LOCATE 20, 3: COLOR 31
        PRINT y + bYear% - 1; : COLOR 14
        l% = 65 * y / nYear%
        LOCATE 20, 10: PRINT STRING$(l%, 220);
        FOR w = 1 TO 52
          NdT = 7 * w: SnD = 0
          FOR m = 1 TO n%
            day = Mday(m)
            IF ((Lyear MOD 4) = 0 AND m = 11) THEN day = 29
            SnD = SnD + day
          NEXT m
          day = Mday(n%): IF ((Lyear MOD 4) = 0 AND n% = 11) THEN day = 29
          IF SnD <= NdT THEN
            ia = NdT - SnD
            S = S + (7 - ia) * DMwk(y, w)
            t = t + (7 - ia) * RFwk(y, w)
            DMmn(y, n%) = S / day
            RFmn(y, n%) = t / day
            S = ia * DMwk(y, w)
            t = ia * RFwk(y, w)
            n% = n% + 1
          ELSE
            S = S + DMwk(y, w) * 7
            t = t + RFwk(y, w) * 7
          END IF

          IF NdT = 364 THEN
            DMmn(y, 12) = (S + (SnD - NdT) * DMwk(y, 52)) / day
            RFmn(y, 12) = (t + (SnD - NdT) * RFwk(y, 52)) / day
          END IF
        NEXT w
    NEXT y
    COLOR colo%, 0
    LOCATE 12, 30: PRINT "                "
    LOCATE 20, 3: PRINT SPACE$(75);
END SUB
```

```
' ================================SUB wTcRop=================================
'            Calculate Weighted Crop Coefficient
'            wtc() = WEIGHTED CROP COEFFICIENCY
'            Area() = TOTAL AREA AT EACH WEEK
' ===========================================================================
SUB wTcRop (Area(), wtc(), n%)

    SELECT CASE n%          'n%=no.of crop coeff. kc
        CASE 1, 2: m% = 3   'm%=no.of crop curve
        CASE 3, 4: m% = 4
        CASE ELSE: m% = n%
    END SELECT
    we = NZEPT(Area(), wek(), m%)

' rearrange week no. refer to their age
    FOR w = 1 TO tw: w1(w) = Area(m%, w + we - 1): NEXT

' calculate weighted crop coefficient
    FOR w = 1 TO tw
        S = 0: s1 = 0
        AA = w - crw(n%) + 1
        IF AA < 1 THEN AA = 1
        FOR i = w TO AA STEP -1
            IF i = 1 THEN t1 = w1(i) ELSE t1 = w1(i) - w1(i - 1)
            IF t1 < 0 THEN t1 = 0
            s1 = s1 + t1
            S = S + kc!(n%, w - i + 1) * t1
        NEXT i
        IF s1 <> 0 THEN
            wtc(m%, w + we - 1) = S / s1
            Area(m%, w + we - 1) = s1
        END IF
    NEXT

END SUB

DEFSNG I-N
' ================================SUB wTcRop=================================
'            Calculate Weighted Crop Coefficient
' ===========================================================================
'
SUB wTcRop2 (Area(), Area1(), n%)

    DIM x(80)
    SELECT CASE n%
        CASE 1, 2: m% = 3
        CASE 3, 4: m% = 4
        CASE ELSE:  m% = n%
    END SELECT

    we = 1
    FOR w = 1 TO wek(m%)
        IF Area(w) = 0 THEN we = we + 1 ELSE w = wek(m%)
    NEXT w

'rearrange week no. refer to their age
    FOR w = 1 TO tw
        Area1(w) = Area(w + we - 1)
    NEXT w

'calculate weighted crop coefficient
    FOR w = 1 TO tw
        S = 0: s1 = 0
        AA = w - crw(n%) + 1
        IF AA < 1 THEN AA = 1
        FOR i = w TO AA STEP -1
            IF i = 1 THEN t1 = Area1(i) ELSE t1 = Area1(i) - Area1(i - 1)
            IF t1 < 0 THEN t1 = 0
            s1 = s1 + t1
            S = S + kc!(n%, w - i + 1) * t1
```

```
            NEXT i
            IF s1 <> 0 THEN
                x(w + we - 1) = S / s1
                Area(w + we - 1) = s1
            END IF
        NEXT w
        FOR i = 1 TO tw
            Area1(i) = Area(i) * c * x(i)
        NEXT i
        EXIT SUB

END SUB
```

```
'#########################################################################
'#
'#       Program: SGMODEL4.BAS
'#             Program to simulate reservoir operation to supply
'#             downstream water demands and to produce power
'#
'#       System: Water Uses Study Model  (version 4.6)
'#       Author: Manas KAMNERDMANEE
'#     Copyright (c) 1992-95, Manas KAMNERDMANEE
'# Update history:
'#             : Feb. 09, 1993
'#             : Jun. 14, 1993
'#             : Jan. 09, 1994
'#             : Aug. 15, 1995
'#
'#########################################################################
DECLARE SUB prnerr ()
DECLARE SUB soundeff (n%)
DECLARE SUB PrnGph ()
DECLARE SUB DSAR (n%)
DECLARE SUB MIssM ()
DECLARE SUB HDSIM (Nform%)
DECLARE SUB IRSIM ()
DECLARE SUB PWSIM ()
DECLARE SUB OUSIM ()
DECLARE SUB OUMCM (Dprn!(), indct%)
DECLARE SUB OUCMS (DMcM!())
DECLARE FUNCTION ZERO! (real!)
DECLARE FUNCTION AMAX! (X1!, x2!)
DECLARE FUNCTION AMIN! (X1!, x2!)
DECLARE FUNCTION NcVPT% (x!())
DECLARE FUNCTION NSHOT% (indct%, DATAS!(), FIXED!)
DECLARE FUNCTION FINDF! (XSPEc!, x!(), F!(), npts%)
'#########################################################################

DEFINT I-N
'$INCLUDE: 'WUSMCOM.BI'

   DIM SHARED frc(12), Evapo(12)
   DIM SHARED VEvol(12), VEele(12), AEare(12), AEele(12)
   DIM SHARED QEcms(12), QEtwe(12), HEeff(12), HEhed(12)
   DIM SHARED PHhed(12), PHcap(12), drc(12), Qdrc(12), rrc(12)
   DIM SHARED F(45, 12), V(45, 12), E(45, 12), Q(45, 12), s(45, 12)
   DIM SHARED Dm(45, 12), D(45, 12)
   DIM SHARED H(45, 12), DMuse(12)
   DIM SHARED QT(45, 12), QV(45, 12), AH(45, 12), AP(45, 12), TE(45, 12)
   DIM SHARED SE(45, 12), PK(45, 12), EL(45, 12)
   DIM SHARED DAT(45, 12), idesc$(45)
   DIM SHARED Mbgin, BginV, Vbgin, IBgin, nYear%
   DIM SHARED Vmaxr, Vmini, vminp, closs
   DIM SHARED NQE, NHE, NPH, NVE, NAE
   DIM SHARED FPWmn, FPWmx, capmw
   DIM SHARED Mdays(12)
   DIM SHARED Pjname$, NoutP, NoutP(12), Nfrm
   DIM SHARED pp1$, pp2$, pp3$, pr1$, pr2$, pr3$, pr4$
   DIM SHARED drya(45), ENDwet, avdry
   DIM SHARED Exiswet, np%, auto1$, auto2$

'  POWER FuNcTION IN MW
'  --------------------
   DEF FNp (QMcM, head, EFcY, DAY) = QMcM / (DAY * 86400!) * head * EFcY * 9813!

'  RELEASE FuNcTION IN McM
'  -----------------------
   DEF FNqmcm (P, head, EFcY, DAY) = P * DAY * 86400! / (head * EFcY * 9813!)

'  RELEASE FuNcTION IN cMS FROM McM uNIT
'  -------------------------------------
   DEF FNrcms (RMcM, Days) = RMcM * 1000000! / (Days * 86400!)
```

```
  FOR i = 1 TO 12: READ Mdays(i): NEXT
  DATA 30,31,30,31,31,30,31,30,31,31,28,31


  pp1$ = "WATER YEAR   APR   MAY   JUN   JUL   AUG   SEP   OCT   NOV   DEC   JAN   FEB   MAR
ANNUAL"
  pp2$ = "-------------------------------------------------------------------------------------------------"
  pp3$ =
"=================================================================================================
==========="

  COLOR colo%, 0: CLS
  ON ERROR GOTO 6000

  l% = INSTR(file$, "."): a$ = LEFT$(file$, l% - 1)
  fil$ = a$ + ".RES"          'file name of RESERVOIR data

  COLOR 12, colo%
  ban$ = "    S I N G L E   R E S E R V O I R   S I M U L A T I O N   M O D E L    "
  LOCATE 1, 1: PRINT "    S I N G L E   R E S E R V O I R   S I M U L A T I O N   M O D E L    ";

  COLOR 0, colo%
  LOCATE 25, 1: PRINT bt$;
  COLOR colo%, 0
  LOCATE 3, 1: PRINT STRING$(80, 205);

' ---------------------------------------------------------------
'                  LOAD data files
' ---------------------------------------------------------------
  OPEN "I", #1, DV$ + fil$
  INPUT #1, Pjname$, YBgin$, Yend$, Mbgin$
        lBgin = VAL(YBgin$)          ' FIRST water YEAR of simulation
        lend = VAL(Yend$)            ' LAST water YEAR
        Mbgin = VAL(Mbgin$)          ' STARTING MONTH, apr =1

  INPUT #1, ENDwet$, Bgindry$, ENDdry$, Exiswet$, Exisdry$, Filedm$
        ENDwet = VAL(ENDwet$)        'END MONTH OF WET SEASON
        Bgindry = VAL(Bgindry$)      'BEGIN MONTH OF DRY SEASON
        ENDdry = VAL(ENDdry$)        'END MONTH OF DRY SEASON
        Exiswet = VAL(Exiswet$)      'WET SEASON EXISTING AREA
        Exisdry = VAL(Exisdry$)      'DRY SEASON EXISTING AREA

  INPUT #1, Vmaxr$, Vmini$, BginV$, vminp$
        Vmaxr = VAL(Vmaxr$)          'RETENTION STORAGE  mcm.
        Vmini = VAL(Vmini$)          'DEAD STORAGE  mcm.
        BginV = VAL(BginV$)          'STARTING VOLuME mcm.
        vminp = VAL(vminp$)          'MINIMuM VOLuME FOR POWER GENERATION
                                'if not specified This value is SET TO DEAD Storage
  INPUT #1, capmw$, closs$, FPWmx$, FPWmn$
        capmw = VAL(capmw$)          'INSTALLED cAPAcITY IN MW
        closs = VAL(closs$)          'HEAD LOSS FAcTOR
        FPWmx = VAL(FPWmx$)          'FIRM POWER IN MW whenever month-end res. vol. is ABOVE LOWER rule curve
        FPWmn = VAL(FPWmn$)          'FIRM POWER IN MW whenever month-end res. vol. is BELOW LOWER rule curve

  FOR i% = 1 TO 12
    INPUT #1, a$, b$, c$
        DMuse(i%) = VAL(a$)          'Domestic,Municipal & Industrial
                                     'water demand IN McM *******
        Qdrc(i%) = VAL(b$)           'MINIMuM RELEASE REQuIRED IN McM.
                                     'IF THE RESERVOIR MONTH-END VOLuME IS ABOVE
                                     'uPPER RuLE cuRVE
        NoutP(i%) = VAL(c$)          'output code

    INPUT #1, a$, b$, c$, D$
        frc(i%) = VAL(a$)        'Flood Rule curve
        drc(i%) = VAL(b$)        'uPPER Rule curve
        rrc(i%) = VAL(c$)        'LOWER Rule curve
        Evapo(i%) = VAL(D$)      'LONG-TERM MONTHLY EVAPORATION

    INPUT #1, a$, b$, c$, D$
```

```
        VEvol(i%) = VAL(a$)      'VOLuME-ELEVATION cuRVE
        VEele(i%) = VAL(b$)
        AEare(i%) = VAL(c$)      'AREA-ELEVATION cuRVE
        AEele(i%) = VAL(D$)
  NEXT

  FOR i% = 1 TO 10
    INPUT #1, a$, b$, c$, D$
        HEeff(i%) = VAL(a$)    'EFFIcIENcY-HEAD cuRVE AND cAPABILITY-HEAD cuRVE
        HEhed(i%) = VAL(b$)
        PHcap(i%) = VAL(c$)    'cAPABILITY-HEAD cuRVE
        PHhed(i%) = VAL(D$)

    INPUT #1, a$, b$
        QEcms(i%) = VAL(a$)    'DIScHARGE-TAILWATER ELEVATION  cuRVE
        QEtwe(i%) = VAL(b$)
  NEXT

' --NuMBER OF SIMuLATION YEARS
  nYear% = lend - IBgin + 1

  FOR i% = 1 TO nYear%
    FOR j% = 1 TO 12
      INPUT #1, a$: F(i%, j%) = VAL(a$)
    NEXT j%
  NEXT i%
  CLOSE #1
' ---------------------------------------------------------------------

  IF (FPWmx < FPWmn) THEN FPWmx = FPWmn
  IF (vminp = 0) THEN vminp = Vmini

  FOR m = 1 TO 12
    IF (frc(m) = 0) THEN frc(m) = Vmaxr
  NEXT

  FOR m = 1 TO 12
    IF (drc(m) = 0!) THEN drc(m) = frc(m)
    IF (rrc(m) = 0!) THEN rrc(m) = vminp
  NEXT

' --READ IRRIGATION DIVERSION DEMAND  : DM(N,M)
  IF Filedm$ = "" THEN
    LOCATE 23, 10: PRINT "...File Name of Demand NOT Specified";
    prnerr
    GOTO 454
  END IF

  OPEN "I", #1, DV$ + Filedm$
  INPUT #1, Exiswet, Exisdry

  FOR n = 1 TO nYear%
    year = IBgin + n - 1
    INPUT #1, Iyear
    IF Iyear <> year THEN
      LOCATE 23, 10: PRINT "...Year Error in DEMAND";
      prnerr
      GOTO 454
    END IF

    FOR m = 1 TO 12
      INPUT #1, Dm(n, m), x          'x = Return Flow
    NEXT m
  NEXT n
  CLOSE #1

  LOCATE 2, 1: PRINT Pjname$; "    "; : PRINT USING "Volume ####.## mcm.  Wet Season Area ######, Rai"; Vmaxr;
Exiswet
  VIEW PRINT 4 TO 23
```

```
' --FIND NuMBER OF cuRVE POINTS
   NVE = NcVPT(VEvol())
   NAE = NcVPT(AEare())

   IF (capmw = 0) THEN 200

   NQE = NcVPT(QEtwe())
   NHE = NcVPT(HEhed())
   NPH = NcVPT(PHhed())

200 auto1$ = "": auto2$ = ""
   PRINT "Use DSAR. Equation ? <Y> ";
   COLOR 31: PRINT "_"; : COLOR colo%, 0
203 dsr$ = INPUT$(1): dsr$ = UCASE$(dsr$)
   IF ASC(dsr$) = 13 THEN dsr$ = "Y"
   IF dsr$ = "N" OR dsr$ = "Y" THEN PRINT dsr$ ELSE BEEP: GOTO 203
201 IF dsr$ = "Y" THEN
      PRINT "      Auto DSAR. ? <Y> ";
      COLOR 31: PRINT "_"; : COLOR colo%, 0
202    auto1$ = INPUT$(1): auto1$ = UCASE$(auto1$)
      IF ASC(auto1$) = 13 THEN auto1$ = "Y"
      IF auto1$ = "Y" OR auto1$ = "N" THEN PRINT auto1$ ELSE BEEP: GOTO 202
      PRINT : GOTO 205
   ELSE
      PRINT "      Auto AREA  ? <Y> ";
      COLOR 31: PRINT "_"; : COLOR colo%, 0
204    auto2$ = INPUT$(1): auto2$ = UCASE$(auto2$)
      IF ASC(auto2$) = 13 THEN auto2$ = "Y"
      IF auto2$ = "Y" OR auto2$ = "N" THEN PRINT auto2$ ELSE BEEP: GOTO 204
      GOTO 210
   END IF
   BEEP: GOTO 200

205 IF auto1$ = "Y" THEN PRINT "Initial "
   PRINT "DSAR. Equation :"; : COLOR 0, colo%: PRINT " AREA(rai) = SLOPE * VOLuME(mcm) + Y_INTERcEPTION "
   PRINT "              : Y-Interception  = (-1)*(Slope)*(X-Interception)  ": COLOR colo%, 0
   PRINT
   PRINT "SLOPE          <"; slope1; "> :"; : INPUT "", a$: Slope = VAL(a$)
   IF a$ = "" THEN Slope = slope1 ELSE slope1 = Slope
206 IF Xcep1 = 0 THEN Xcep1 = Vmini
   PRINT "X-INTERcEPTION  <"; Xcep1; "> :"; : INPUT "", a$: Xcep = VAL(a$)
   IF a$ = "" THEN Xcep = Xcep1 ELSE Xcep1 = Xcep
   Ycep = (-1) * Slope * Xcep     '*********
   IF Ycep > 0 THEN BEEP: GOTO 206
   IF auto1$ = "Y" THEN
      IF Ash1 = 0 THEN Ash1 = 3
      PRINT USING "Allowable Shortage <## years > :"; Ash1;

      INPUT "", a$: Ash = VAL(a$)
      IF a$ = "" THEN Ash = Ash1 ELSE Ash1 = Ash

      IF Slope = 0 THEN incrm = 500 ELSE incrm = 100
   END IF

210 PRINT
   IF ind% = 1 THEN Exiswet = OldWet
   PRINT "WET SEASON EXITING AREA "; Exiswet; " Rais"
   PRINT "DRY SEASON EXITING AREA "; Exisdry; " Rais"
   INPUT "Adjust  WET SEASON AREA  ", wetwet
   IF wetwet > 0 THEN
      ind% = 1
      OldWet = Exiswet
      Exiswet = wetwet
   ELSE
      ind% = 0
      OldWet = 0
   END IF
   IF maxdry1! = 0 THEN IF dsr$ = "Y" THEN maxdry1! = Exiswet ELSE maxdry1! = Exisdry
   IF auto2$ = "Y" THEN
      IF Ash1 = 0 THEN Ash1 = 3
```

```
      PRINT USING "Allowable Shortage <## years > :"; Ash1;
      INPUT "", a$: Ash = VAL(a$)
      IF a$ = "" THEN Ash = Ash1 ELSE Ash1 = Ash
      incrm = 5000: maxdry1! = 0: maxdry! = 0: GOTO 999
   END IF

   PRINT
   PRINT "Case of Simulation"
   PRINT "DRY Season MAXIMuM Area  <"; maxdry1!; "> :"; : INPUT "", a$: maxdry! = VAL(a$)
   IF a$ = "" THEN maxdry! = maxdry1! ELSE maxdry1! = maxdry!
   IF dsr$ = "Y" THEN
      PRINT "DRY Season MINIMuM Area  <"; mindry1!; "> :"; : INPUT "", a$: mindry! = VAL(a$)
      IF a$ = "" THEN mindry! = mindry1! ELSE mindry1! = mindry!
   END IF

' calculate  Demand in Form of : D(N,M)
999 FOR n = 1 TO nYear%
      FOR m = 1 TO 12: D(n, m) = Dm(n, m): NEXT
   NEXT

'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

    IF ind% = 1 THEN
      PRINT STRING$(80, 205);
      FOR n = 1 TO nYear%
         FOR m = 1 TO 12
            IF ENDdry < ENDwet THEN
               IF m > ENDdry AND m <= ENDwet THEN
                  D(n, m) = D(n, m) * wetwet / OldWet
               END IF
            ELSEIF ENDdry > ENDwet THEN
               IF m > ENDdry OR m <= ENDwet THEN
                  D(n, m) = D(n, m) * wetwet / OldWet
               END IF
            END IF

         NEXT
      NEXT
   END IF

'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

' cREATE ouTPuT VARiABLEs monTH 1 To MoNTH MBGIN-1 of
' THE FiRsT YEAR To MissiNG VALuE, I.E. -0.0001
      CALL MIssM

'siMuLATioN OF REsERvoiR oPERATioN To SuppLY DowNsTREAm  wATER DEMANDs
      IF (capmw = 0) THEN CALL IRSIM


'siMuLATioN of REsERvoiR opERATioN To suppLY DowNsTREAM
'wATER DEMANDs AND to pRoDucE powER
    IF (capmw > 0) THEN CALL PWSIM

'Automatic DSAR.
      IF auto1$ = "Y" THEN
            Mshot = NSHOT(0, H(), .005): Ysh = iyr
            Mspil = NSHOT(0, s(), .005): Ysp = iyr

            PRINT USING "Slope#####  Y-inter######   Dry Area######, r   Short### m ## y  Spill### m ## y"; Slope; Ycep;
avdry; Mshot; Ysh; Mspil; Ysp

            IF Ysh > Ash THEN
                  Slope = slope1
                  Ycep = Ycp1
                  SELECT CASE incrm
                     CASE 500: incrm = 100
                     CASE 100: incrm = 20
                     CASE 20: incrm = 5
                     CASE 5: incrm = 1
```

```
                CASE 1: incrm = 0: auto1$ = ""
            END SELECT
            slope1 = Slope
            Ycp1 = Ycep
            Slope = Slope + incrm
            Ycep = (-1) * Slope * Xcep
        ELSE
            slope1 = Slope
            Ycp1 = Ycep
            Slope = Slope + incrm
            Ycep = (-1) * Slope * Xcep
        END IF
        GOTO 999
    END IF

'Automatic Dry Season Area Trial
    IF auto2$ = "Y" THEN
        Mshot = NSHOT(0, H(), .005): Ysh = iyr
        Mspil = NSHOT(0, s(), .005): Ysp = iyr

        PRINT USING "    Dry Season Area#######, r    Shortage ### m ## y    Spill ### m ## y"; avdry; Mshot; Ysh;
Mspil; Ysp

        IF Ysh > Ash THEN

            maxdry! = maxdry1!
            SELECT CASE incrm
                CASE 5000: incrm = 1000
                CASE 1000: incrm = 200
                CASE 200: incrm = 50
                CASE 50: incrm = 10
                CASE 10: incrm = 0: auto2$ = ""
            END SELECT
            maxdry1! = maxdry!
            maxdry! = maxdry! + incrm
        ELSE
            maxdry1! = maxdry!
            maxdry! = maxdry! + incrm
        END IF
        GOTO 999
    END IF

'FiND MoNTH-END REsERvoiR ELEvATioN
    FOR n = 1 TO nYear%
        FOR m = 1 TO 12
            IF (n = 1 AND m < Mbgin) THEN 230
            EL(n, m) = FINDF(V(n, m), VEvol(), VEele(), NVE)
230     NEXT
    NEXT

    PRINT STRING$(80, 205);
    PRINT "YEAR   DRY SEASON AREA (rais)"
    FOR i = 1 TO nYear%
        Iyear = IBgin + i - 1
        l! = (60 * drya(i)) / Exiswet
        PRINT USING "#### ######,"; Iyear; drya(i);
        IF l! < 80 THEN
          PRINT "   "; STRING$(l!, 240)
        ELSE
          PRINT
        END IF
    NEXT i
    PRINT USING " WET ######;  0   10   20   30   40   50   60   70   80   90  100  %"; Exiswet
    PRINT "lllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllllll"
    Mshot = NSHOT(0, H(), .005): Ysh = iyr
    PRINT USING " Demand Shortage ###  months  ###  years  Average Dry Season Area#######, Rais"; Mshot; iyr;
avdry
    Mspil = NSHOT(0, s(), .005): Ysp = iyr
    PRINT USING " Spill          ###  months  ###  years  Retention Storage     ###.##  mcm."; Mspil; Ysp; Vmaxr
    IF capmw > 0 THEN
```

```
        Mpowr = NSHOT(1, AP(), FPWmn): Ypw = iyr
        PRINT USING " Power  Shortage ###  months  ###  years"; Mpowr; iyr
    END IF

    PRINT STRING$(80, 205);
    PRINT " DO YOu SATIFIED  ? <Y> ";
    COLOR 31: PRINT "_"; : COLOR colo%, 0
9901  ss$ = INPUT$(1): ss$ = UCASE$(ss$)
    IF ASC(ss$) = 13 OR ss$ = "Y" THEN 305
    IF ss$ = "N" THEN
        CLS : SOUND 80, .5: SOUND 180, .5
        GOTO 200
    END IF
    BEEP: GOTO 9901

'PRINT OuTPuT
305   PRINT "Y"
    COLOR colo%, 0: np% = 0
    PRINT " OUTPUT to ";
    COLOR 13: PRINT "P"; : COLOR colo%: PRINT "rinter/";
    COLOR 13: PRINT "F"; : COLOR colo%: PRINT "ile/";
    COLOR 13: PRINT "Q"; : COLOR colo%: PRINT "uit :";
    COLOR 31: PRINT " _"; : prnt$ = INPUT$(1)
    COLOR colo%, 0
    prnt$ = UCASE$(prnt$): PRINT prnt$
    IF prnt$ = "" OR prnt$ = "Q" THEN 454
    IF prnt$ = "P" THEN np% = 1: ff$ = "LPT1:": GOTO 405
    IF prnt$ = "F" THEN INPUT "              File Name : ", ff$
   'IF prnt$ = "F" THEN ff$ = "t.OuT": GOTO 405
    IF ff$ = "" THEN 454 ELSE 405
    BEEP: GOTO 305

405   COLOR 31: PRINT : PRINT TAB(33); : PRINT "P R I N T I N G": COLOR colo%, 0
    OPEN "o", #2, DV$ + ff$
    IF np% = 1 THEN WIDTH "LPT1:", 132
    IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(3);        '15-pitch character
    CALL PrnGph
    FOR j% = 1 TO 12
        NoutP = NoutP(j%)
        IF j% <> 1 AND NoutP = 0 THEN 454
        CALL OUSIM
        IF NoutP(1) = 0 THEN 454
    NEXT j%

454   COLOR 31, 4: LOCATE 23, 1: PRINT " Wait ";
    VIEW PRINT
    CLOSE
    '$INCLUDE: 'CHAIN.BI'

' ---------------------------------------------------------------------
' --sYsTEm ERRoR MEssAGEs
' ---------------------------------------------------------------------
6000 '$INCLUDE: 'ERRMESS.BI'
  CLOSE
  RESUME 454


' ////////////////////////////end/of/main/program/////////////////////////

DEFSNG I-N
' ================================FUNCTION AMAX================================
'            FuNcTION TO SELECT MAXIMUM VALuE
' =============================================================================
FUNCTION AMAX (X1, x2)

    IF X1 > x2 THEN AMAX = X1 ELSE AMAX = x2

END FUNCTION
```

```
' ================================FUNCTION AMIN ================================
'             FuNcTION TO SELECT MINIMUM VALuE
' ============================================================================
FUNCTION AMIN (X1, x2)

    IF X1 < x2 THEN AMIN = X1 ELSE AMIN = x2

END FUNCTION

DEFINT I-N
' ================================SUB DSAR ================================
' ============================================================================
SUB DSAR (n)

    SHARED dsr$, maxdry!, mindry!, Slope, Ycep
    SHARED Bgindry, ENDdry, Exisdry

    IF dsr$ = "N" THEN drya(n) = maxdry!: GOTO 901
    drya(n) = Vbgin * Slope + Ycep
    IF drya(n) > maxdry! THEN drya(n) = maxdry!
    IF drya(n) < mindry! THEN drya(n) = mindry!

901   IF Bgindry > ENDdry THEN
        FOR i = Bgindry TO 12
            IF Exisdry = 0 THEN
                D(n, i) = 0
            ELSE
                D(n, i) = drya(n) / Exisdry * D(n, i)
            END IF
        NEXT
        FOR i = 1 TO ENDdry
            IF Exisdry = 0 THEN
                D(n + 1, i) = 0
            ELSE
                D(n + 1, i) = drya(n) / Exisdry * D(n + 1, i)
            END IF

        NEXT
    ELSE
        FOR i = Bgindry TO ENDdry
            IF Exisdry = 0 THEN
                D(n, i) = 0
            ELSE
                D(n, i) = drya(n) / Exisdry * D(n, i)
            END IF
        NEXT
    END IF

END SUB

' ============================Function FINDF================================
'     FuNcTION FOR LINEAR INTERPOLATION
'     FINDS BY LINEAR INTERPOLATION THE ORDINATE, FIND, cORRESPONDING
'     TO THE ABScISSA, XSPEc, ON A cuRVE DEFINED BY THE cOORDINATES
'     F(NPTS) AND X(NPTS)
' ============================================================================
FUNCTION FINDF (XSPEc, x(), F(), npts)

    IF Vmaxr = 0 AND XSPEc = 0 THEN FINDF = 0: EXIT FUNCTION

    IF (x(1) > x(npts)) THEN 100
    N1 = 1
    N2 = npts
    GOTO 110

100   N1 = npts
    N2 = 1

110   IF (XSPEc <= x(N1)) THEN 30
    IF (XSPEc >= x(N2)) THEN 30
```

```
    IF (N1 <> 1) THEN 40

    FOR i = 2 TO npts
        IF (XSPEc = x(i)) THEN 60
        IF (XSPEc < x(i)) THEN 70
50   NEXT i
    GOTO 90

40   FOR i = 2 TO npts
        IF (XSPEc = x(i)) THEN 60
        IF (XSPEc > x(i)) THEN 70
    NEXT
    GOTO 90

60   FINDF = F(i)
    IF (x(i) <> x(i + 1)) THEN EXIT FUNCTION
    END

70   X1 = x(i) - x(i - 1)
    F1 = F(i) - F(i - 1)
    FINDF = F(i - 1) + (XSPEc - x(i - 1)) * F1 / X1
    EXIT FUNCTION

30   i = 0
    IF (XSPEc = x(N1)) THEN i = N1
    IF (XSPEc = x(N2)) THEN i = N2
    IF (i = 0) THEN 90
    IF (i = 1) THEN 60
    FINDF = F(i)
    IF (x(i) <> x(i - 1)) THEN EXIT FUNCTION

    PRINT "Function FINDF - no unique solution ...END"
    END

90   PRINT "Function FINDF - XSPEc is outside array  ...END "
    PRINT "                XSPEc     xx()    YY()"; npts
    PRINT TAB(22); XSPEc
    FOR i = 1 TO npts
    PRINT USING "                          ###.###   ###.###"; x(i); F(i)
    NEXT i
    END

END FUNCTION

' ================================SUB HDSIM=====================================
'            SuBROuTINE TO PRINT HEADING
' ==============================================================================
SUB HDSIM (Nform)

    Nfrm = Nform

    PRINT #2, : PRINT #2, : PRINT #2,
    IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(69);
    IF Nform < 10 THEN
    PRINT #2, Pjname$; SPACE$(89 - LEN(Pjname$)); "Simulation -"; Nform
    ELSE
    PRINT #2, Pjname$; SPACE$(88 - LEN(Pjname$)); "Simulation -"; Nform
    END IF

SELECT CASE Nform

    CASE 1: PRINT #2, "Reservoir Elevation in Meters"
    CASE 2: PRINT #2, "Reservoir Volume in Million Cubic Meters"
    CASE 3: PRINT #2, "Inflow in Million Cubic Meters"
    CASE 4: PRINT #2, "Inflow in Cubic Meters per Second"
    CASE 5: PRINT #2, "Evaporation Loss in Million Cubic Meters"
    CASE 6: PRINT #2, "Evaporation Loss in Cubic Meters per Second"
    CASE 7: PRINT #2, "Diversion Demand in Million Cubic Meters"
    CASE 8: PRINT #2, "Diversion Demand in Cubic Meters per Second"
    CASE 9: PRINT #2, "Total Release in Million Cubic Meters"
```

```
    CASE 10: PRINT #2, "Total Release in Cubic Meters per Second"
    CASE 11: PRINT #2, "Spill in Million Cubic Meters"
    CASE 12: PRINT #2, "Spill in Cubic Meters per Second"
    CASE 13: PRINT #2, "Shortage in Million Cubic Meters"
    CASE 14: PRINT #2, "Shortage in Cubic Meters per Second"
    CASE 15: PRINT #2, "Turbine Release in Million Cubic Meters"
    CASE 16: PRINT #2, "Turbine Release in Cubic Meters per Second"
    CASE 17: PRINT #2, "Valve Release in Million Cubic Meters"
    CASE 18: PRINT #2, "Valve Release in Cubic Meters per Second"
    CASE 19: PRINT #2, "Average Head in Meters"
    CASE 20: PRINT #2, " Firm Power"; FPWmx; "/"; FPWmn; " Megawatts"
        PRINT #2, "Average Power in Megawatts"
    CASE 21: PRINT #2, "Total Energy in Million Kilowatt Hours"
    CASE 22: PRINT #2, "Secondary Energy in Million Kilowatt Hours"
    CASE 23: PRINT #2, "Power Plant Peak capability in Megawatts"

    CASE ELSE
END SELECT
IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(70);

END SUB

' ================================SUB IRSIM=================================
'   SUBROUTINE TO SIMULATE RESERVOIR OPERATION TO SUPPLY DOWNSTREAM
'   WATER DEMANDS (VERSION 4.0) Oct. 07, 1992
' ==========================================================================
SUB IRSIM

    Tdry = 0
    Vbgin = BginV
    Vend = Vbgin
    VMIN = Vmini

'YEARLY LOOP
    FOR n = 1 TO nYear%
    IF auto1$ <> "Y" AND auto2$ <> "Y" THEN PRINT IBgin + n - 1
    Iyear = IBgin + n

'MONTHLY LOOP
        FOR m = 1 TO 12

            mEdWt = ENDwet + 1: IF mEdWt = 13 THEN mEdWt = 1
            IF m = mEdWt THEN CALL DSAR(n)          'dsar curve

            IF (n = 1 AND m < Mbgin) THEN 1500
            Days = Mdays(m)
            IF ((Iyear MOD 4) = 0 AND m = 11) THEN Days = 29

'cREATE VARIABLES AT BEGINNING OF MONTH
            VMAX = frc(m)
            QFLOW = F(n, m)
            QDMAN = D(n, m) + (DMuse(m) * Days * 86400 * .000001) 'cms
            EVAP = Evapo(m) * .8 / 1000

'BEGINNING cONDITION

            EbGIn = FINDF(Vbgin, VEvol(), VEele(), NVE)
            AREAB = FINDF(EbGIn, AEele(), AEare(), NAE)
            AREAE = AREAB
            ENDEL = EbGIn

'cOMPuTE RELEASE TO SUPPLY DOWNSTREAM WATER DEMANDS
1410            QEVap = (AREAB + AREAE) / 2 * EVAP

            Qperc = ((Vbgin + Vend) / 2) * .1 / 12      'manus4

            VoLuM = ZERO(Vbgin + QFLOW - QEVap - Qperc)
            QRuLE = ZERO(VoLuM - VMAX)
            QRELs = AMAX(QDMAN, QRuLE)
            Vend = VoLuM - QRELs
```

```
                QspiL = ZERO(QRELs - QDMAN)
                IF (Vend < VMIN) THEN QRELs = ZERO(VoLuM - VMIN)
                IF (Vend < VMIN) THEN Vend = VoLuM - QRELs
                ELend = FINDF(Vend, VEvol(), VEele(), NVE)
                IF Vmaxr = 0 THEN 1490
                IF (ABS(ENDEL / ELend - 1) < .0001) THEN 1490
                'IF (ABS(ENDEL / ELend - 1) < .001) THEN 1490

'ENDING cONDITION

                ENDEL = ELend
                AREAE = FINDF(ELend, AEele(), AEare(), NAE)
                GOTO 1410

1490            QshRT = ZERO(QDMAN - QRELs)

'cREATE OuTPuT VARIABLES MONTH M YEAR N
'PRINT uSING " ##  ######.## ######.## ######.##  #####.## ######.## ######.## ######.##"; m; F(n, m); d(n, m);
vEND; QRELs; QspiL; QshRT

                V(n, m) = Vend
                E(n, m) = QEVap
                Q(n, m) = QRELs
                s(n, m) = QspiL
                H(n, m) = QshRT

'   BEGINNING VOLuME FOR NEXT MONTH

                Vbgin = Vend

1500        NEXT m
          Tdry = Tdry + drya(n)
      NEXT n
      avdry = Tdry / nYear%
END SUB

' ================================SUB mcmTOcms==============================
'       SuBROuTINE TO cONVERT MONTHLY DATA FROM McM TO cMS
' ==========================================================================
SUB mcmTOcms (DAT())

    DIM DAT(45, 12)

      FOR n = 1 TO nYear%
          lyear = IBgin + n - 1
          LYEAR = lyear + 1

          FOR m = 1 TO 12
              QMcM = DAT(n, m)
              IF (QMcM < 0!) THEN 4200
              Days = Mdays(m)
              IF ((LYEAR MOD 4) = 0 AND m = 11) THEN Days = 29
              DAT(n, m) = QMcM * 1000000! / (Days * 86400!)

4200          NEXT
      NEXT

END SUB

' ================================SUB MIssM=================================
'       SuBROuTINE TO cREATE OuTPuT VARIABLES MONTH 1 TO MONTH
'       MBGIN-1 OF THE FIRST YEAR TO MISSING VALuE, I.E. -0.0001
' ==========================================================================
SUB MIssM

      DMISS = 0!

      IF (Mbgin = 0) THEN Mbgin = 1
      IF (Mbgin = 1) THEN EXIT SUB
      M1 = Mbgin - 1
```

```
    FOR m = 1 TO M1
        V(1, m) = DMISS
        E(1, m) = DMISS
        Q(1, m) = DMISS
        s(1, m) = DMISS
        H(1, m) = DMISS

        IF (capmw = 0) THEN 3100

        QT(1, m) = DMISS
        QV(1, m) = DMISS
        AH(1, m) = DMISS
        AP(1, m) = DMISS
        TE(1, m) = DMISS
        SE(1, m) = DMISS
        PK(1, m) = DMISS
3100  NEXT

   V(1, M1) = BginV

END SUB

' ============================FUNCTION NcVPT=================================
'           FuNcTION TO FIND NuMBER OF cuRVE POINTS
' ===========================================================================
FUNCTION NcVPT (x())

    NPT = 1
    FOR i = 2 TO 12
        IF (x(i) > 0!) THEN NPT = NPT + 1
    NEXT
    NcVPT = NPT

END FUNCTION

' ============================FUNCTION NSHOT=================================
'         FuNcTION TO FIND NuMBER OF MONTH SHORTAGE
'       INDcT =0, DATAS GREATER THAN FIXED IS SHORTAGE
'       INDcT =1, DATAS LESS    THAN FIXED IS SHORTAGE
' ===========================================================================
FUNCTION NSHOT (indct, DATAS(), FIXED)

    SHARED iyr
    iyr = 0: NSHT = 0
    FOR n = 1 TO nYear%
        NM = 1
        FOR m = 1 TO 12
            IF (n = 1 AND m < Mbgin) THEN 1100
            IF (indct = 0 AND DATAS(n, m) > FIXED) THEN NSHT = NSHT + 1: IF NM = 1 THEN iyr = iyr + 1: NM = 0
            IF (indct = 1 AND DATAS(n, m) < FIXED) THEN NSHT = NSHT + 1: IF NM = 1 THEN iyr = iyr + 1: NM = 0
1100        NEXT
    NEXT
    NSHOT = NSHT

END FUNCTION

' ==============================SUB OUCMS====================================
'           SuBROuTINE TO PRINT OuTPuT IN cMS
' ===========================================================================
SUB OUCMS (DMcM())

    DIM TMcM(12), TCMS(12), TSEc(12)
    DIM DMAX(12), DMIN(12)
    DIM Dcms(45, 12)
    SHARED Mshot, Ysh, Mspil, Ysp, Mpowr, Ypw

    FOR m = 1 TO 12
        TMcM(m) = 0!: TSEc(m) = 0!
    NEXT m
```

```
        PRINT #2, pp2$: PRINT #2, pp1$: PRINT #2, pp2$
        FOR n = 1 TO nYear%
            Iyear = IBgin + n - 1
            LYEAR = Iyear + 1
            AMcM = 0!: ASEc = 0!

            FOR m = 1 TO 12
                QMcM = DMcM(n, m)
                Days = Mdays(m)
                IF ((LYEAR MOD 4) = 0 AND m = 11) THEN Days = 29
                SEcND = Days * 86400!
                AMcM = AMcM + QMcM
                ASEc = ASEc + SEcND
                TMcM(m) = TMcM(m) + QMcM
                TSEc(m) = TSEc(m) + SEcND
                Dcms(n, m) = QMcM * 1000000! / SEcND
            NEXT

            ACMS = AMcM * 1000000! / ASEc

            PRINT #2, USING "     ####"; Iyear;
            FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; Dcms(n, i); : NEXT i
            PRINT #2, USING "#####.##"; ACMS


250     NEXT

        AMcM = 0!: ASEc = 0!
        FOR m = 1 TO 12
            AMcM = AMcM + TMcM(m)
            ASEc = ASEc + TSEc(m)
            TCMS(m) = TMcM(m) * 1000000! / TSEc(m)
        NEXT m
        ACMS = AMcM * 1000000! / ASEc
        PRINT #2, pp2$

'Average

        PRINT #2, "   AVERAGE ";
        FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; TCMS(i); : NEXT i
        PRINT #2, USING "#####.##"; ACMS

'FIND MONTHLY MAXIMuM AND MINIMuM
        FOR m = 1 TO 12
            DMAX(m) = -1E+10: DMIN(m) = 1E+10

            FOR n = 1 TO nYear%
                IF (Dcms(n, m) < 0!) THEN 1820
                IF (Dcms(n, m) > DMAX(m)) THEN DMAX(m) = Dcms(n, m)
                IF (Dcms(n, m) < DMIN(m)) THEN DMIN(m) = Dcms(n, m)
1820          NEXT
        NEXT

        Bmax = DMAX(1): BMIN = DMIN(1)

        FOR m = 2 TO 12
            IF (DMAX(m) > Bmax) THEN Bmax = DMAX(m)
            IF (DMIN(m) < BMIN) THEN BMIN = DMIN(m)
        NEXT

        PRINT #2, "   MAXIMUM ";
        FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; DMAX(i); : NEXT i
        PRINT #2, USING "#####.##"; Bmax

        PRINT #2, "   MINIMUM ";
        FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; DMIN(i); : NEXT i
        PRINT #2, USING "#####.##"; BMIN
        PRINT #2, pp3$

        IF Nfrm = 11 OR Nfrm = 12 THEN
```

```
        PRINT #2, USING " Spill  ###  months  ###  years "; Mspil; Ysp
    ELSEIF Nfrm = 13 OR Nfrm = 14 THEN
        PRINT #2, USING " Demand Shortage ###  months  ###  years"; Mshot; Ysh
    ELSEIF Nfrm = 20 THEN
        PRINT #2, USING " Power  Shortage ###  months  ###  years"; Mpowr; Ypw
    END IF

    IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(12)

END SUB

' ================================SUB OUMCM ================================
'               SuBROuTINE TO PRINT OuTPuT
' ==========================================================================
SUB OUMCM (Dprn(), indct)

    DIM sprn(12), annu(40), DMAX(12), DMIN(12)
    SHARED Mshot, Ysh, Mspil, Ysp, Mpowr, Ypw

' ----- cOMPuTE MONTHLY AVERAGE
    FOR m = 1 TO 12
      sprn(m) = 0!
    NEXT
    FOR m = 1 TO 12
      FOR n = 1 TO nYear%
        sprn(m) = sprn(m) + Dprn(n, m)
      NEXT n
    NEXT m

    FOR m = 1 TO 12
      sprn(m) = sprn(m) / nYear%
    NEXT

' ----- PRINT MONTHLY DATA
    PRINT #2, pp2$
    PRINT #2, pp1$
    PRINT #2, pp2$

    FOR n = 1 TO nYear%
      lyear = IBgin + n - 1

      annu(n) = 0!
      FOR m = 1 TO 12
        annu(n) = annu(n) + Dprn(n, m)
      NEXT m
      IF indct = 0 THEN annu(n) = annu(n) / 12

      PRINT #2, USING "    #### "; lyear;
      FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; Dprn(n, i); : NEXT i
      PRINT #2, USING "######.##"; annu(n)

    NEXT n
    PRINT #2, pp2$

' ----- PRINT MONTHLY AVERAGE
    T = 0!
    FOR m = 1 TO 12: T = T + sprn(m): NEXT m
    IF indct = 0 THEN T = T / 12

    PRINT #2, "  AVERAGE ";
    FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; sprn(i); : NEXT i
    PRINT #2, USING "######.##"; T

' ----- FIND MONTHLY MAXIMuM AND MINIMuM
    FOR m = 1 TO 12
      DMAX(m) = -1E+10
      DMIN(m) = 1E+10
      FOR n = 1 TO nYear%
        IF (Dprn(n, m) > DMAX(m)) THEN DMAX(m) = Dprn(n, m)
        IF (Dprn(n, m) < DMIN(m)) THEN DMIN(m) = Dprn(n, m)
```

```
      NEXT
    NEXT

    Bmax = -100000#
    BMIN = 100000#
    IF indct = 0 THEN
      FOR m = 1 TO 12
        IF (DMAX(m) > Bmax) THEN Bmax = DMAX(m)
        IF (DMIN(m) < BMIN) THEN BMIN = DMIN(m)
      NEXT
    ELSE
      FOR n = 1 TO nYear%
        IF (annu(n) > Bmax) THEN Bmax = annu(n)
        IF (annu(n) < BMIN) THEN BMIN = annu(n)
      NEXT
    END IF

    PRINT #2, "  MAXIMUM ";
    FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; DMAX(i); : NEXT i
    PRINT #2, USING "#####.##"; Bmax

    PRINT #2, "  MINIMUM ";
    FOR i = 1 TO 12: PRINT #2, USING "####.##"; DMIN(i); : NEXT i
    PRINT #2, USING "#####.##"; BMIN
    PRINT #2, pp3$

    IF Nfrm = 11 OR Nfrm = 12 THEN
        PRINT #2, USING " Spill  ###  months  ###  years "; Mspil; Ysp
    ELSEIF Nfrm = 13 OR Nfrm = 14 THEN
        PRINT #2, USING " Demand Shortage  ###  months  ###  years"; Mshot; Ysh
    ELSEIF Nfrm = 20 THEN
        PRINT #2, USING " Power  Shortage  ###  months  ###  years"; Mpowr; Ypw
    END IF

    IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(12)

END SUB

' ================================SUB OuSIM================================
'          SuBROuTINE TO PRINT RESERVOIR OuTPuT
' =========================================================================
SUB OUSIM

    IF (NoutP <= 0 OR NoutP > 23) THEN 8800
    IF (NoutP >= 15 AND capmw = 0) THEN EXIT SUB
    ON NoutP GOTO 8801, 8802, 8803, 8804, 8805, 8806, 8807, 8808, 8809, 8810, 8811, 8812, 8813, 8814, 8815, 8816,
8817, 8818, 8819, 8820, 8821, 8822, 8823

8800  NoutP = 0

8801  CALL HDSIM(1)
    CALL OUMCM(EL(), 0)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8802  CALL HDSIM(2)
    CALL OUMCM(V(), 0)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8803  CALL HDSIM(3)
    CALL OUMCM(F(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8804  CALL HDSIM(4)
    CALL OUCMS(F())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8805  CALL HDSIM(5)
    CALL OUMCM(E(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8806  CALL HDSIM(6)
    CALL OUCMS(E())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8807  CALL HDSIM(7)
    CALL OUMCM(D(), 1)
```

```
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8808  CALL HDSIM(8)
    CALL OUCMS(D())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8809  CALL HDSIM(9)
    CALL OUMCM(Q(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8810  CALL HDSIM(10)
    CALL OUCMS(Q())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8811  CALL HDSIM(11)
    CALL OUMCM(s(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8812  CALL HDSIM(12)
    CALL OUCMS(s())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
8813  CALL HDSIM(13)
    CALL OUMCM(H(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8814  CALL HDSIM(14)
    CALL OUCMS(H())
    Mshot = NSHOT(0, H(), .005)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB
    IF (capmw = 0!) THEN EXIT SUB

8815  CALL HDSIM(15)
    CALL OUMCM(QT(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8816  CALL HDSIM(16)
    CALL OUCMS(QT())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8817  CALL HDSIM(17)
    CALL OUMCM(QV(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8818  CALL HDSIM(18)
    CALL OUCMS(QV())
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8819  CALL HDSIM(19)
    CALL OUMCM(AH(), 0)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8820  CALL HDSIM(20)
    CALL OUMCM(AP(), 0)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8821  CALL HDSIM(21)
    CALL OUMCM(TE(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8822  CALL HDSIM(22)
    CALL OUMCM(SE(), 1)
    IF (NoutP > 0) THEN EXIT SUB

8823  CALL HDSIM(23)
    CALL OUMCM(PK(), 0)

END SUB

SUB prnerr

  k$ = ""
  COLOR 31, 4
  LOCATE 23, 1: PRINT " ERROR ";
  'DO: k$ = INKEY$: LOOP UNTIL k$ <> ""
  soundeff 3
```

```
    COLOR colo%, background

    LOCATE 23, 1: PRINT "      "

END SUB

' ================================SUB PrnGph==============================
' ========================================================================
SUB PrnGph

     SHARED Mshot, Mspil, Mpowr, Ysh, Ysp, Ypw
     SHARED dsr$, maxdry!, mindry!, Slope, Ycep

     PRINT #2, DATE$; "  "; TIME$
     PRINT #2, : PRINT #2, : PRINT #2,
     IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(69);
     PRINT #2, Pjname$; SPACE$(89 - LEN(Pjname$)); "Simulation - 0"
     PRINT #2, "Irrigation Area for Dry Season"

     IF dsr$ = "Y" THEN
     PRINT #2, USING "DSAR. Equation :AREA(rai) =####.### * VOLuME(mcm) +#####.###  :(####, < AREA < ######,)
"; Slope; Ycep; mindry!; maxdry!
     ELSE
     PRINT #2, USING "AREA = ######, Rais"; maxdry!
     END IF
     IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(27); CHR$(70);

     PRINT #2, pp3$
     PRINT #2, USING "WATER YEAR     AREA              WET Season Area ######, Rais / Average Dry Season
Area#######, Rais"; Exiswet; avdry

     FOR i = 1 TO nYear%
          Iyear = IBgin + i - 1
          IF Exiswet <> 0 THEN
            I% = (80 * drya(i)) / Exiswet
          ELSE
            I% = 0
          END IF

          PRINT #2, USING "     #### #######,"; Iyear; drya(i);
          PRINT #2, "  "; STRING$(I%, "#")
     NEXT i

     PRINT #2, "% of wet season area  0     10     20     30     40     50     60     70     80     90    100"
     PRINT #2, pp3$
     PRINT #2, USING " Demand Shortage ### months ### years     Spill ### months ### years     Capacity ###.##
mcm."; Mshot; Ysh; Mspil; Ysp; Vmaxr
     IF capmw > 0 THEN
          PRINT #2, USING " Power  Shortage  ###  months   ###  years"; Mpowr; Ypw
     END IF
     PRINT #2, pp3$

     IF np% = 1 THEN PRINT #2, CHR$(12)

END SUB

' ============================FUNCTION ZERO=============================
'          FuNcTION TO cREATE NEGATIVE VALuE TO ZERO
' ======================================================================
FUNCTION ZERO (real)

     IF (real < 0) THEN ZERO = 0 ELSE ZERO = real

END FUNCTION
```

ดัชนีเนื้อหา

เนื้อหา	หน้า
การแก้ปัญหาการกัดเซาะท้ายประตูระบายกลางคลองฝั่งซ้าย กม. 15.925	
โครงการแม่กลอง	207
การหาตำแหน่ง hydraulic jump ท้ายประตูระบาย	214
ที่ตั้งประตูระบาย	208
สมการ energy เมื่อน้ำไหลลอดประตูระบาย	213
สมการ hydraulic jump บนรูปตัดสี่เหลี่ยมคางหมู	213
สมการ momentum	211
check drop กม. 21.620	210
drawdown depth	216,218
normal depth	211,216
M1 curve	219
การปรับปรุงคลอง 1 ซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก	
การคำนวณ	200,206
คลองออกแบบครั้งแรก	194
คลองออกแบบเพื่อปรับปรุง	202
ไซฟอน กม. 2.700	197
calibration curve	200
head loss ผ่านประตูระบายกลางคลอง กม. 6.000	200
submergence	204
การปรับปรุงคลองสิบสาม	220
การคำนวณปริมาณน้ำผ่านไซฟอนคลองหกวาสายล่าง	223
ปริมาณน้ำผ่าน spillway และไซฟอนคลองหกวาสายล่าง	227
ปริมาณน้ำสูงสุด	230
Calibration curve ของ spillway คลองหกวาสายล่าง	225
Head losses ผ่านไซฟอน	222
Water surface profile	229

ดัชนีเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
การสอบเทียบปริมาณน้ำของเครื่องสูบน้ำติดตั้งถาวร	40
การสอบเทียบปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน	1
ระดับน้ำเหนือน้ำผันแปรไม่มาก	
ประตูระบาย	
น้ำไหลผ่านยกบานประตูพ้นน้ำ	28
น้ำไหลลอดใต้บานประตู	1
ไหลไม่อิสระ	4,15
ไหลอิสระ	2,15
ไซฟอน	25
ท่อลอดลดระดับ	34
ระดับน้ำเหนือน้ำผันแปรมาก	
ประตูระบาย	39
ท่อลอด	288,290
การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	127
การตรวจเอกสาร	134
โครงการเขื่อนภูมิพล	130
โครงการเขื่อนสิริกิติ์	130
โครงการเจ้าพระยา	130
โครงการอื่นในลุ่มน้ำ	131,132
แบบจำลองคำนวณการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ	135
แบบจำลองคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน	135
ผลการศึกษา	145
ไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์	145
มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์	149
dry sequence	141
electrical system	143
irrigation demand model flow chart	137

ดัชนีเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
rule curves	140
small reservoir operation	141
system schematic	136
การศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี	116
การคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน	122
กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง	125
ข้อมูลเฉพาะของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน	120
ประสิทธิภาพชลประทาน	120
ผังการทำงานของแบบจำลองการจัดการน้ำ	124
ฝนใช้การ	119
การศึกษาการใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยฝา	97
การต่อข้อมูลน้ำฝน	104
การระเหยจากอ่างเก็บน้ำ	103
การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำ	103
การสร้างข้อมูลน้ำท่า	104
การศึกษาน้ำท่วม	111
กราฟลดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง	110
โครงสร้างแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	105
ประสิทธิภาพชลประทาน	107
ฝนใช้การ	107
calibration curve	103
runoff coefficient	104
การศึกษาความเหมาะสม	248
การศึกษาด้านดิน	256
การศึกษาด้านแหล่งน้ำ	261
การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์	263
การศึกษาด้านอุทกภัย	256
การศึกษาด้านอุทกวิทยา	256

ดัชนีเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
การศึกษาสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น	264
ข้อกำหนดที่ใช้ศึกษา	256
ข้อมูลที่ใช้ศึกษา	258
คลองผันน้ำ	259
หัวข้อที่ควรศึกษา	253
หัวงานผันน้ำ	248
การวางแผนการส่งน้ำก่อนการเพาะปลูก	155
กิจกรรมที่ใช้วางแผน	161
กราฟทำนาย	157,160
ตารางการคำนวณ	162
การวัดการรั่วซึมในสนาม	48
การหาปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว	52
การออกแบบคูและคลองส่งน้ำ	232
ข้อสมมุติในการเตรียมแปลง	233
ข้อสมมุติในการออกแบบ	233,242
ฝนใช้การ ข้าว	239
พืชไร่	240
ปริมาณน้ำสูงสุดช่วงเตรียมแปลง	236,246
เขื่อนเจ้าพระยา	6
การ operate	11
น้ำไหลลอดบานประตูอิสระ	5
คลองกก	275
โครงการคลองแดน-คลองเอียด	274
โครงการชลประทานสงขลา	266
โครงการประตูระบายปันแต	273
โครงการทุ่งฝั่งขวาคลองชะอวด	272
โครงการอ่างเก็บน้ำคลองละไม	268
โครงการอ่างเก็บน้ำคลองห้วยยางตอนบน	268

ดัชนีเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
โครงการอ่างเก็บน้ำคลองห้วยยางตอนล่าง	266
ทฤษฎีแบบจำลอง	79
ข้อมูลที่ใช้ศึกษา	94
ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง	84
ผลการศึกษา	95
ฝนใช้การ	80
แบบจำลองฝนใช้การ	83
แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน	86
แบบจำลองระบบ	90
crop water requirement	88
return flow	89
ประสิทธิภาพชลประทาน	45
คำจำกัดความ	45
การคำนวณ	75
ปริมาณน้ำที่พืชใช้	47
ฝนใช้การ	79
พรุควนเคร็ง	264
สัมประสิทธิ์พืช	50
โปรแกรมคอมพิวเตอร์	295
ลุ่มน้ำปากพะนังและลุ่มทะเลสาบสงขลาตอนบน	266
ระบบการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	174
การทำนายล่วงหน้า	182
ข้อกำหนด	175
ความสมดุลย์ของปริมาณน้ำในลุ่มน้ำ	184
โครงสร้างแบบจำลอง	179
วิธีการคำนวณ	177
channel storage	175
check storage	179

ดัชนีเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา หน้า

irrigation block 178

irrigation demand 177

return flow 178

side flow 179

water balance 185



กำหนดคืนของหนังสือเล่มนี้อยู่บนบรรทัดสุดท้าย

ถ้าผู้ยืมไม่ส่งคืนตามกำหนดจะต้องเสียค่าปรับ

วันละ ๕ บาท

