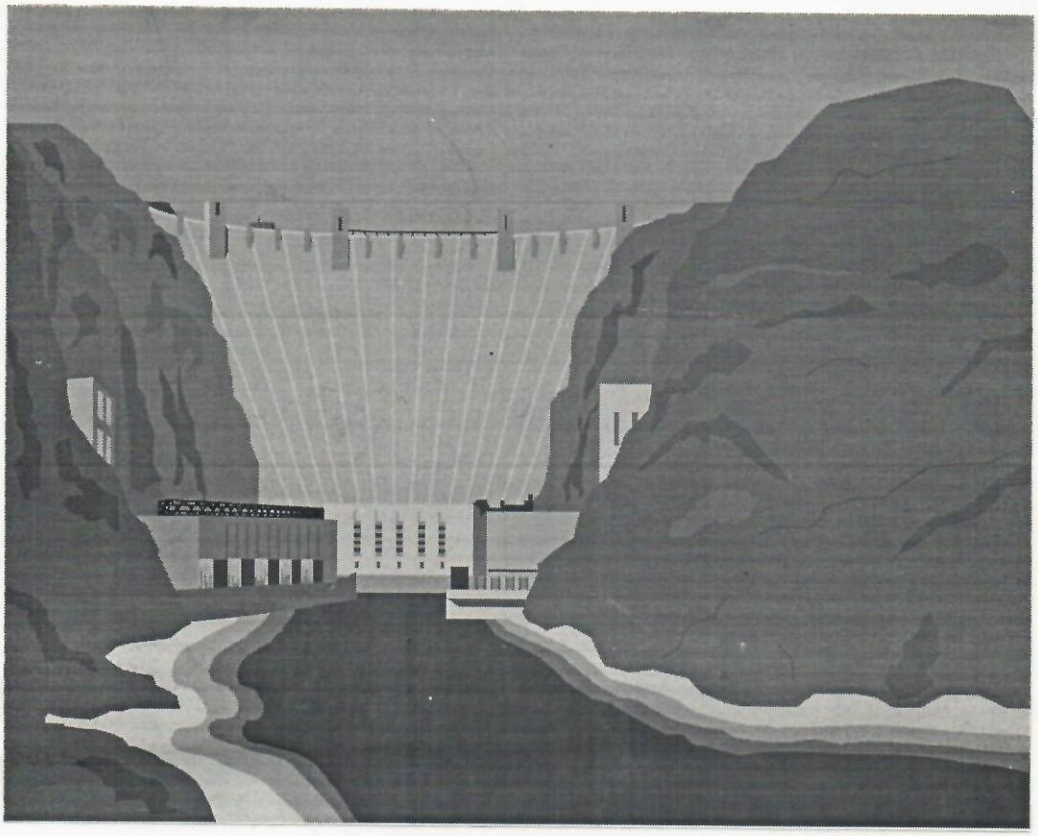
การจัดการเรื่องน้ำขั้นสูง

Advanced Water Management

เล่ม 2



รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2538

การจัดการเรื่องน้ำขั้นสูง เล่ม 2

Advanced Water Management

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

2538

คำนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตคน สัตว์ และพืช น้ำเป็นสิ่งที่ให้ทั้งคุณและโทษ ภาวะที่มีน้ำน้อยกว่าความต้องการก็เกิดการขาดแคลนน้ำ ภาวะที่มีน้ำมากกว่าความต้องการก็เกิดปัญหาการระบายน้ำส่วนเกิน หรืออาจเกิดอุทกภัยทำให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การจัดสรรน้ำเพื่อหลีกเลี่ยงหรือบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือน้ำท่วม จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง

ผู้เขียนได้เขียนเอกสาร "การจัดการเรื่องน้ำขั้นสูง" ชุดนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการน้ำชลประทานขั้นสูง โดยเน้นทั้งแนวทางการจัดสรรน้ำที่มีประสิทธิภาพและการบำรุงรักษาโครงการเพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะส่งน้ำได้ตลอดเวลา

เอกสารชุดนี้มีทั้งสิ้น 14 บท แบ่งเป็น 2 เล่ม เล่มที่ 1 ประกอบด้วยบทที่ 1-8 และเล่มที่ 2 ประกอบด้วยบทที่ 9-14 บางบทยังเป็นต้นฉบับภาษาอังกฤษ ซึ่งผู้เขียนมีแผนจะแปลเป็นภาษาไทยภายหลัง

ผู้เขียนได้รวบรวมและเขียนเอกสารทั้ง 2 เล่มนี้ขึ้นมาเพื่อให้ใช้ประกอบการเรียนวิชา 207542 โดยนิสิตต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตัวเองประกอบด้วย จึงจะมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการน้ำขั้นสูงอย่างสมบูรณ์

ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์
รองศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
นครปฐม

สารบาญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	คำนำ	
	สารบาญ	
1	แนวความคิดในการจัดการน้ำ	1-1
2	การประเมินความต้องการน้ำชลประทานของโครงการล่วงหน้าตลอดฤดูกาล	2-1
3	การวางแผนส่งน้ำล่วงหน้า 1 สัปดาห์	3-1
4	การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ	4-1
5	การประเมินประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน	5-1
6	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำของโครงการชลประทานด้วยคอมพิวเตอร์	6-1
7	การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน	7-1
8	การจัดส่งน้ำระดับโครงการ	8-1
9	การวางแผนส่งน้ำและติดตามผลการส่งน้ำโดยใช้โปรแกรม WASAM	9-1
10	การส่งน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง	10-1
11	Improved Irrigation Project Maintenance Practices	11-1
12	การบำรุงรักษาระบบชลประทานของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง	12-1
13	การจัดองค์กรบริหารโครงการ	13-1
14	การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานชลประทาน	14-1

บทที่ 9
การจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำ
(Water Allocation Scleduling and Monitoring)

1. คำนำ

การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดสรรน้ำ เป็นสิ่งจำเป็นในการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งน้ำและใช้น้ำของโครงการชลประทาน โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นโครงการชลประทานที่มีพื้นที่มากเป็นอันดับสองของประเทศไทยคือ ประมาณ 3 ล้านไร่ 2 ใน 3 ของพื้นที่ปลูกข้าว และที่เหลืออีกหนึ่งในสามปลูกพืชไร่และพืชอื่น ๆ พืชไร่หลักที่สำคัญคืออ้อย ทางโครงการมองเห็นถึงความสำคัญของการมีระบบจัดสรรน้ำที่มีประสิทธิภาพ จึงได้มีการพัฒนาและนำระบบการจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำ (Water Allocation Scheduling and Monitoring หรือเรียกโดยย่อว่า WASAM) ขึ้นมาเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดสรรน้ำของโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 เป็นต้นมา (ภราดา และวราวุธ. 2536)

เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการของโปรแกรม อาทิเช่นโปรแกรมเดิมเขียนด้วยภาษา BASICA ไม่มีเมนูและทำงานแบบไม่ Interactive การแก้ไขข้อมูลต้องเข้าไปแก้ใน Data line ของโปรแกรม การ Run โปรแกรมค่อนข้างยุ่งยาก ภราดาและวราวุธ (2536) จึงได้พัฒนา WASAM Version 1.1 ขึ้นมา WASAM 1.1 เขียนด้วยภาษาปาสคาลให้ทำงานแบบ Interactive มี Pull-Down Menu เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น วราวุธและวัชระ (2538) ได้พัฒนา WASAM Version 2 โดยใช้ Quick Basic จุดเด่นของ WASAM 2 คือทำงานแบบ Interactive มีเมนูควบคุมการทำงาน และเพิ่มขีดความสามารถในการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของงานส่งน้ำต่าง ๆ เป็นรายสัปดาห์และสามารถรายงานค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของสัปดาห์ที่ผ่านมาในรายงานการจัดสรรน้ำที่ส่งให้หัวหน้าโครงการและหัวหน้างานส่งน้ำฯ ได้ด้วย นอกจากนี้กรมชลประทาน

วิทยาลัยการชลประทานและ NEWMASIP. คู่มือการใช้โปรแกรม WASAM (Windows Version). กรมชลประทาน. สิงหาคม 2537.

โดยโครงการพัฒนาชลประทาน NEWMASIP ได้พัฒนา WASAM (windows Version) ขึ้นมาเพื่อให้สามารถ Run ภายใต้โปรแกรม WINDOWS ได้ (วิทยาลัยการชลประทาน และ NEWMASIP. 2537)

2. วัตถุประสงค์ของโปรแกรม WASAM

(1) เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้ ปตร. ต่าง ๆ เป็นประจำทุกสัปดาห์

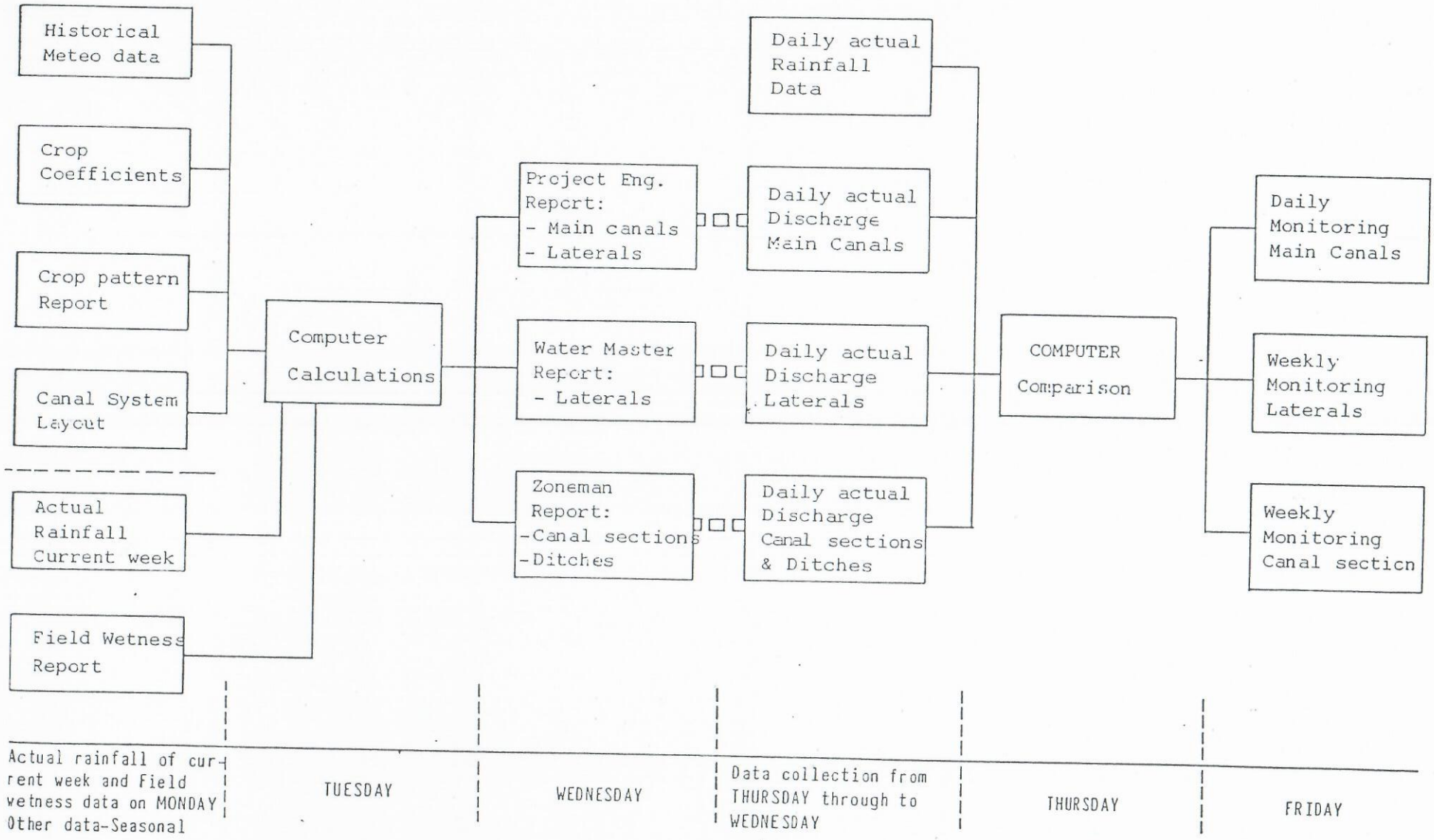
(2) จัดทำรายงานการส่งน้ำให้โครงการชลประทานต่าง ๆ ประจำสัปดาห์ โดยแบ่งรายงานออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับพนักงานส่งน้ำ หัวหน้างานส่งน้ำ และหัวหน้าโครงการฯ

(3) เพื่อรายงานปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้ในระบบชลประทานแม่กลองใหญ่ ไปยังฝ่ายจัดสรรน้ำ กรมชลประทานสามเสน ซึ่งเป็นผู้ติดต่อประสานงานกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในเรื่องการระบายน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนเขาแหลมให้โครงการแม่กลองใหญ่

(4) เพื่อติดตามผลการส่งน้ำจริงแล้ว นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่คำนวณไว้โดยคอมพิวเตอร์ เพื่อพิจารณาปรับปรุงการส่งน้ำให้ดีขึ้น

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว โปรแกรม WASAM ได้คำนวณความต้องการน้ำชลประทานของข่วงคลองต่าง ๆ จากข้อมูลการเพาะปลูก ฝน ระดับน้ำในแปลงนา การสูญเสียน้ำในระบบและประสิทธิภาพการใช้น้ำในแปลงนา แล้วนำมาพิจารณากำหนดปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้โครงการและ ปตร. ต่าง ๆ ตามลักษณะทางชลศาสตร์ของระบบส่งน้ำ รายละเอียดโครงสร้างของโปรแกรม WASAM แสดงอยู่ในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ WASAM ประจำสัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 กิจกรรม คือ

1. การจัดสรรน้ำ (Water Allocation Scheduling) ระหว่างวันจันทร์ - วันพุธ
2. การส่งน้ำจริง (Actual Water Distribution) ระหว่างวันพฤหัสบดี - วันพุธ
3. การติดตามผลการส่งน้ำ (Monitoring) ระหว่างวันพุธ - วันศุกร์



รูปที่ 1 Water Allocation Scheduling and Monitoring Program of Meklong Irrigation Projects (Ilaco/Empire M&T. 1988 [Ilaco/Empire M&T. 1988 (a)]

3. หลักการของโปรแกรม WASAM

หลักการของโปรแกรม WASAM ของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

หน่วยการคำนวณของโปรแกรม การรายงานผลการส่งน้ำและติดตามผลคือพื้นที่ควบคุมโดยช่วงคลองหนึ่ง ขอบเขตของช่วงคลองจะถูกกำหนดโดยอาคารที่ใช้วัดน้ำและควบคุมน้ำ 2 อาคาร และช่วงคลองนั้นจะต้องอยู่ในความรับผิดชอบของโชนเดียว มีขนาดพื้นที่เฉลี่ย 3,000 ไร่ ในการ Run โปรแกรมต้องการข้อมูล 3 ส่วน ในการจัดสรรน้ำ คือ

(1) ข้อมูลระบบส่งน้ำและใช้น้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลคงที่ (Fixed System Data)

(2) ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นข้อมูลรายฤดูกาล และ

(3) ข้อมูลฝนและสภาพน้ำในแปลงนา ซึ่งเป็นข้อมูลรายสัปดาห์

โปรแกรม WASAM ต้องการทราบข้อมูลแสดงลักษณะและสภาพของระบบส่งและใช้น้ำของโครงการ ซึ่งเป็นข้อมูลคงที่ (Fixed System Data) ได้แก่ช่วงฤดูการเพาะปลูก สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ค่าการรั่วซึมน้ำในแปลงนา ค่าความต้องการน้ำสำหรับการเตรียมแปลง ประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับแฉก ฝนคาดการณ์ (Expected Rainfall) ปริมาณการใช้น้ำของพืชและลักษณะเฉพาะของระบบคลองส่งน้ำ ข้อมูลส่วนนี้จะถูกป้อนเข้าโปรแกรมในครั้งแรกที่นำโปรแกรมไปใช้กับโครงการใหม่ หรือเมื่อมีการเปลี่ยนลักษณะและสภาพของโครงการนั้น ส่วนข้อมูลชนิด. พื้นที่และสัปดาห์ที่เริ่มปลูกพืชของแต่ละฤดูกาลจะถูกป้อนเข้าเมื่อเริ่มฤดูกาลส่งน้ำชลประทาน

ทุกวันจันทร์พนักงานส่งน้ำจะออกไปตรวจดูสภาพน้ำในแปลงเพาะปลูกที่เป็นตัวแทนในงานส่งน้ำฯ และรายงานฝนตกจริงของสัปดาห์ปัจจุบันของสถานีหลักในเขตโครงการฯ มายังฝ่ายจัดสรรน้ำฯ ของโครงการฯ (การรายงานฝนจะทำทุกวัน) การรายงานสภาพน้ำในแปลงนาจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ระหว่างการเตรียมแปลง (6 สัปดาห์แรกของการส่งน้ำ) ซึ่งจะกำหนดเป็นร้อยละของพื้นที่ที่มีน้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดใน Canal Section (ดูตารางที่ 1) และหลังการเตรียมแปลงซึ่งรายงานโดยใช้แผ่นวัดระดับน้ำวัดจากแปลงตัวอย่างที่ได้เลือกไว้ (ดูตารางที่ 2)

ในวันอังคาร ข้อมูลรายสัปดาห์จะถูกป้อนเข้าไปยังคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์จะคำนวณหาความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่แต่ละหน่วย (ช่วงคลอง) ต้องการ รวมทั้งปริมาณน้ำที่จะต้อง

ตารางที่ 1 การรายงานสภาพน้ำในแปลงนาในระหว่างการเตรียมแปลง (%) (วราวุธและวัชระ. 2538)

	% พื้นที่					
	สัปดาห์ที่ (นับจากเริ่มส่งน้ำ)					
	1	2	3	4	5	6
ขาดน้ำ ถ้าพื้นที่น้ำขัง	<20	<40	<60	<70	<80	<90
พอดี ถ้าพื้นที่น้ำขัง	20-30	40-50	60-75	70-90	80-100	90-100
น้ำมาก ถ้าพื้นที่น้ำขัง	>30	>50	>75	>90	100	100

ตารางที่ 2 การรายงานสภาพน้ำในแปลงนา (Field Wetness) หลังการเตรียมแปลง (วราวุธและวัชระ. 2538)

ระดับน้ำในแปลง	การรายงาน	FW*	DS(FW)**
0 - 4 ซม.	แห้งมาก	1	+ 30
4 - 6 ซม.	แห้ง	2	+ 15
6 - 10 ซม.	ปกติ	3	0
10 - 12 ซม.	เปียก	4	- 15
มากกว่า 12 ซม.	เปียกมาก	5	- 30

* FW = Field Wetness

** DS(FW) = ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพน้ำในแปลงนา

ส่งให้ ปตร. ต่าง ๆ หลังจากนั้นจะพิมพ์ข้อมูลออกมาเพื่อให้หัวหน้างานจัดสรรน้ำฯ ของโครงการฯ ตรวจสอบ แล้วจึงพิมพ์รายงานการจัดสรรน้ำ สำหรับหัวหน้าโครงการฯ และหัวหน้างานส่งน้ำฯ ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2

ทุกวันพุธ ทางงานจัดสรรน้ำฯ จะจัดส่งรายงานเหล่านี้ไปยังงานส่งน้ำฯ ต่าง ๆ เพื่อให้พนักงานส่งน้ำใช้เป็นเกณฑ์ในการ ปิด-เปิด ควบคุม ปตร. ต่าง ๆ โดยเริ่มตั้งแต่เช้าวันพฤหัสบดีเป็นต้นไป

การควบคุมการส่งน้ำให้เกษตรกรจริงในสนามอาจไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ถ้า

1. ฝนที่ตกจริงมากกว่าหรือน้อยกว่าฝนคาดการณ์

2. ปริมาณน้ำต้นทุนที่เขื่อนหรือหัวงานโครงการน้อยกว่าความต้องการน้ำชลประทานของระบบ ดังนั้นจึงต้องมีการติดตามผลของการส่งน้ำ (Monitoring) เพื่อวิเคราะห์ผลการส่งน้ำว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำว่าสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด การติดตามผลจะก่อให้เกิดผลดีต่อการจัดสรรน้ำดังนี้

ผลในระยะสั้น (Short Term) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ส่งได้จริงกับแผนที่วางไว้ และสอบหาสาเหตุที่ไม่สามารถส่งได้ตามแผน

ผลระยะยาว (Long Term) เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำต้นทุน ปริมาณน้ำที่ต้องการและประสิทธิภาพการใช้น้ำในฤดูการเพาะปลูกที่ผ่านมา เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนและดำเนินงานในฤดูการเพาะปลูกต่อไป

WATER ALLOCATION SCHEDULING
SONG PHI NONG IRRIGATION PROJECT
Project Engineer report
Weekno. 12
date: 6 SEP 1994
Period: 24 MARCH - 30 MARCH
Average discharges in main canals and laterals in m3/s.

	Main Canal Sections			Laterals			
WMS	Name	Station	Q	Name	Q	Name	Q
1	2L	22.700	8.96	6L-2L	1.76	7L-2L	1.54
2	5L-2L	0.000	21.50	8L-2L	3.87		
				1R-5L-2L	4.12	1L-5L-2L	0.37
3	5L-2L	9.813	15.08	2R-5L-2L	0.00	2L-5L-2L	0.86
				3L-5L-2L	0.26	4L-5L-2L	1.52
4	5L-2L	26.401	3.87	1L-2R-5L-2L	0.00		
5	3R-5L-2L	0.000	7.20	4R-5L-2L	0.90	5L-5L-2L	1.77
				1L-3R-5L-2L	0.25	2L-3R-5L-2L	1.20
				3L-3R-5L-2L	2.31	4L-3R-5L-2L	0.07
				5L-3R-5L-2L	1.02		

Total Discharge into project	30.46	m3/s
Total Discharge for the Project Area	30.46	m3/s
Total Discharge to the Downstream Areas	0.00	m3/s
Water uses efficiency last week	18.00	%

(1) สำหรับนายช่างหัวหน้าโครงการฯ

WATER ALLOCATION SCHEDULING
SONG PHI NONG IRRIGATION PROJECT
Water Master Report Sector 1
Weekno. 12
date: 6 SEP 1994
Period: 24 MARCH - 30 MARCH

Zone	Canal	Station	Disch.	Norm.Req.	E.R.	F.W.R.	Act. Req.	Supply
1	2L	22.700	8.96	0.77	3	Normal	0.77	0.77
2	6L-2L	0.000	1.76	0.80	3	Normal	0.80	0.80
3	6L-2L	6.915	0.91	0.86	3	Normal	0.86	0.86
4	7L-2L	0.000	1.54	1.46	3	Normal	1.46	1.46
5	8L-2L	0.000	3.87	1.09	3	Normal	1.09	1.09
6	8L-2L	9.782	2.59	0.05	7	Normal	0.05	0.05
	1R-8L-2L	0.000	0.13	0.13	7	Normal	0.13	0.13
	1L-8L-2L	0.000	0.56	0.54	7	Normal	0.54	0.54
	2L-8L-2L	0.000	0.64	0.60	7	Normal	0.60	0.60
7	8L-2L	12.544	1.16	0.43	7	Normal	0.43	0.43
	2R-8L-2L	0.000	0.31	0.30	7	Normal	0.30	0.30
8	8L-2L	19.265	0.36	0.34	5	Normal	0.34	0.34

Total Discharge into project	8.96	m3/s
Total Discharge for This Sector	8.96	m3/s
Total Discharge to the Downstream Areas	0.00	m3/s
Water uses efficiency last week	14.00	%

(2) สำหรับหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษา

รูปที่ 2 ตัวอย่างรายงานผลการจัดสรรน้ำ (วัชระ. 2537)

4. ลักษณะโครงการที่สามารถใช้ WASAM ช่วยในการจัดสรรน้ำ

WASAM สามารถใช้ได้กับโครงการซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

(1) โครงการชลประทานที่ส่งน้ำโดยวิธีการหมุนเวียนในระดับคูน้ำ (Rotation in Farm Ditch)

(2) แต่ละช่วงคลอง (Canal Sections) จะได้รับน้ำจากจุดกระจายน้ำจุดเดียวหรือพูดง่าย ๆ ว่า ระบบคลองส่งน้ำเป็นแบบ "TREE STRUCTURE"

(3) การจัดองค์กรการบริหารงานด้านการส่งน้ำและบำรุงรักษา จะเป็นไปตามรูปแบบทั่ว ๆ ไปที่ใช้กันในประเทศไทย คือเจ้าหน้าที่ชลประทานดูแลระบบชลประทานหลัก (Main System) และกลุ่มเกษตรกรดูแลระบบชลประทานในแปลงนา (On-Farm Irrigation System) โดยมีการจัดแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและสายการบังคับบัญชาดังนี้

	พ.ท. รับผิดชอบ	พ.ท. (ไร่)
กลุ่มเกษตรกร	คูน้ำหรือแฉก	300
โชนแมน	โชน (หลายคูน้ำ)	5,000-10,000
หัวหน้างานส่งน้ำ	งานส่งน้ำ (หลายโชน)	50,000
หัวหน้าโครงการ	ทั้งโครงการ (หลายงานส่งน้ำ)	300,000

5. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับโปรแกรม WASAM

5.1 ข้อมูลสำหรับคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

ตัวอย่างข้อมูลเพื่อการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ได้แก่

(1) Potential Evapotranspiration ซึ่งใช้ข้อมูลภูมิอากาศของ 4 สถานีเพื่อคำนวณ ETo โดยวิธี PENMAN

สถานีอุตุนิยมวิทยาทั้ง 4 สถานี คือ

- สถานีกาญจนบุรี มีข้อมูลระหว่าง 1951-1975
- สถานีอู่ทอง มีข้อมูลระหว่าง 1967-1983
- สถานีกำแพงแสน มีข้อมูลระหว่าง 1973-1983

- สถานีหัวหิน มีข้อมูลระหว่าง 1954-1975

เนื่องจากสถานีทั้ง 4 อยู่ห่างกันมากพอสมควร การนำเอาค่า ETo ไปใช้คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยสูตร CU = Kc.ETo ทำโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วนตามหลัก THEISSEN POLYGON ดังรูปที่ 3 ค่า ETo เฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีแสดงอยู่ในตารางที่ 3

(2) Crop Coefficients (Kc)

ค่า Kc ของข้าว และอ้อยแสดงอยู่ในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนพืชอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่น้อยมาก เมื่อเทียบกับข้าวและอ้อย ให้ใช้ Kc = 0.8

(3) Land Preparation สำหรับข้าว (LP)

สำหรับการปลูกข้าว กำหนดให้

DSS (Soaking Req.) = 150 มม.

Dst (Standing Water Req.)= 100 มม.

ในช่วงการเตรียมแปลงโซนแมนจะต้องออกไปสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงในแต่ละสัปดาห์แล้วรายงานให้ WASAM ทราบเพื่อตรวจสอบว่าการเตรียมแปลงเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ โดยดูจากเกณฑ์ในตารางที่ 1 ถ้าพื้นที่เตรียมแปลงน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางให้รายงานว่าสภาพน้ำ " แห้ง " ถ้าพื้นที่เตรียมแปลงมากกว่าเกณฑ์ให้รายงานสภาพน้ำเป็น "เปียก" โปรแกรม WASAM จะนำผลการรายงานสภาพน้ำดังกล่าวไปปรับปริมาณน้ำที่ส่งซึ่งจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดในภายหลัง

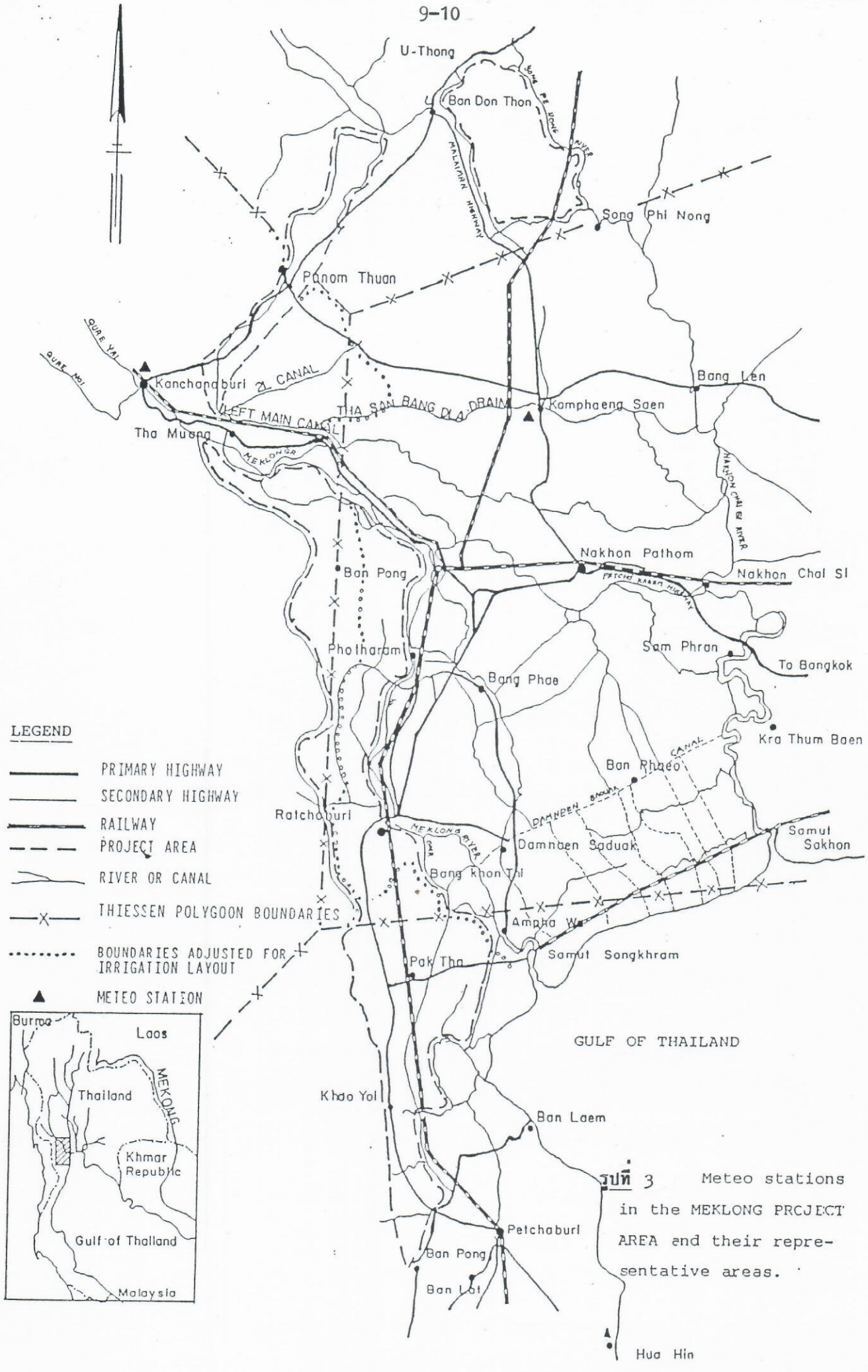
(4) Percolation (P)

Wet Season : P = 0.5 มม./วัน

Dry Season : P = 1.0 มม./วัน

(5) Pre-irrigation for Sugarcane

ความต้องการน้ำเพื่อการเตรียมแปลงอ้อย 50 มม. โดยพิจารณาว่าอ้อยมีอายุ 5 ปี ดังนั้นในแต่ละปีต้องปลูกอ้อยใหม่ในช่วง กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ประมาณ 20 % ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด



รูปที่ 3 Meteo stations in the MEKLONG PROJECT AREA and their representative areas.

ตารางที่ 3 Average monthly potential evapotranspiration data (mm./month)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
KANCHANABURI	137	161	198	193	153	124	125	122	111	113	119	131
U-THONG	148	170	223	232	209	177	177	165	142	143	143	143
KAMPHAENG SAEN	137	161	207	208	183	151	156	143	134	141	134	136
HUA HIN	156	169	202	208	181	156	153	150	140	142	147	156

ตารางที่ 4 Monthly crop coefficients for HYV-rice

Months after transplanting	1	2	3	4
Dry Season	1.1	1.1	1.25	1.0
Wet Season	1.1	1.1	1.05	0.95

ตารางที่ 5 Monthly crop coefficients for sugarcane

Month	Plant cane	Ratoon cane
1	0.4	0.6
2	0.6	0.8
3	1.0	1.0
4	1.1	1.1
5	1.2	1.2
6	1.2	1.2
7	1.2	1.2
8	1.2	1.2
9	1.2	1.2
10	1.2	1.2
11	0.8	0.8
12	0.6	0.6

(6) ปฏิทินการปลูกพืช

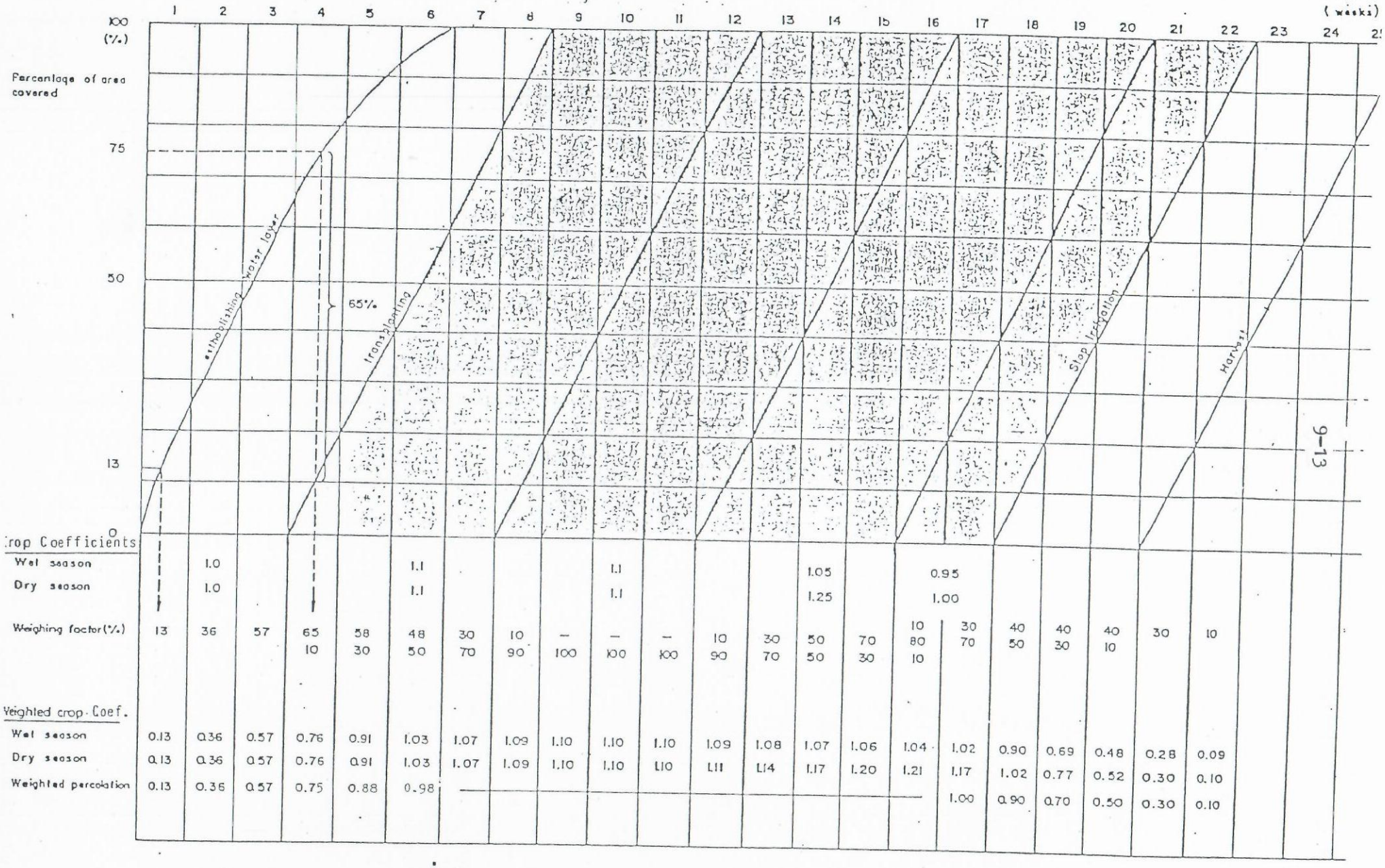
โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ได้กำหนดปฏิทินการปลูกพืชไว้แน่นอน เพื่อเป็นบรรทัดฐานในการจัดส่งน้ำทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ปฏิทินการปลูกข้าวและอ้อยแสดงอยู่ในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

(7) ตัวอย่างการคำนวณความต้องการน้ำของพืช

จากข้อมูลที่กล่าวถึงในข้าวข้อ (1) - (6) สามารถคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของข้าว อ้อย และพืชอื่น ๆ ที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสถานีอุตุนิยมวิทยากาญจนบุรีได้ดังแสดงในตารางที่ 6 , 7 และ 8 ตามลำดับ

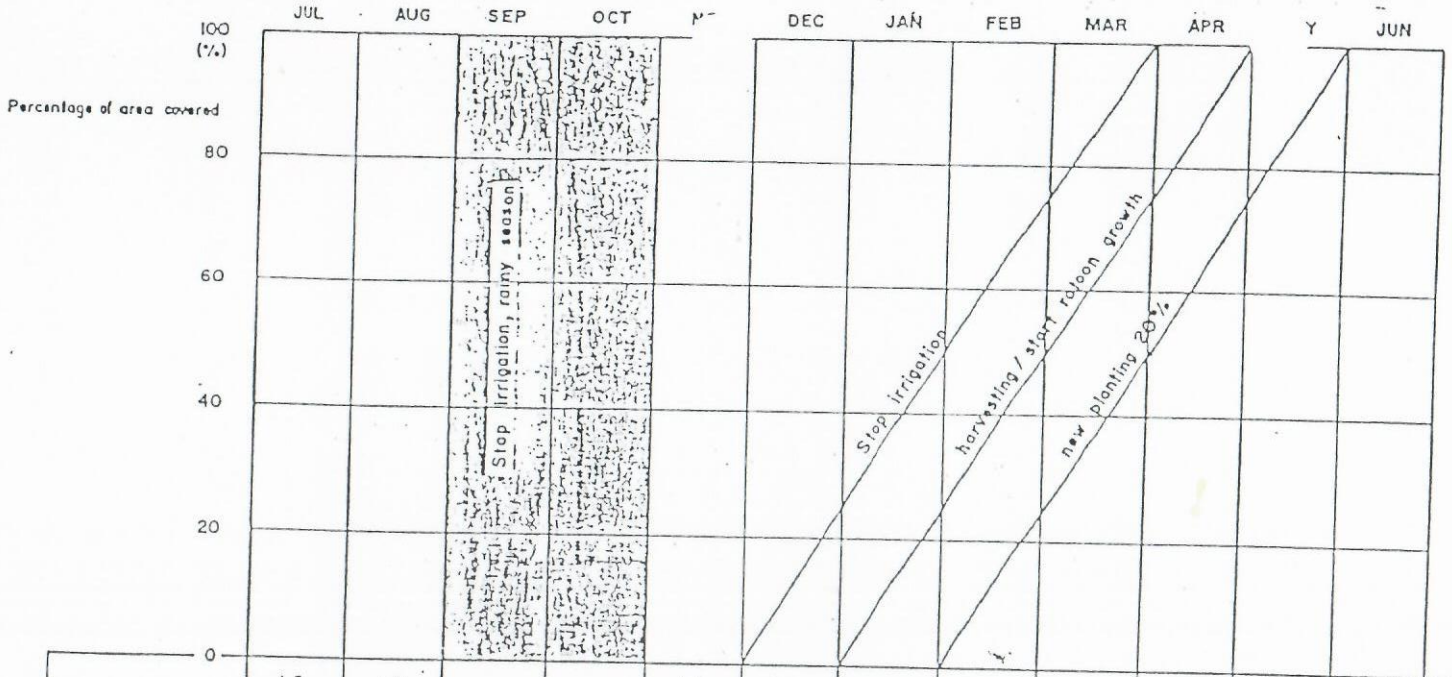
5.2 ข้อมูลฝนในอดีต

การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานของช่วงคลอง (Canal Sections) ต่าง ๆ จะมีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการคาดคะเนปริมาณฝนล่วงหน้า (Expected Rainfall)



Crop Coefficients																							
Wet season		1.0				1.1				1.1				1.05		0.95							
Dry season		1.0				1.1				1.1				1.25		1.00							
Weighing factor(%)	13	36	57	65 10	58 30	48 50	30 70	10 90	— 100	— 100	— 100	10 90	30 70	50 50	70 30	10 80 10	30 70	40 50	40 30	40 10	30	10	
Weighted crop-Coef.																							
Wet season	0.13	0.36	0.57	0.76	0.91	1.03	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	1.04	1.02	0.90	0.69	0.48	0.28	0.09	
Dry season	0.13	0.36	0.57	0.76	0.91	1.03	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.21	1.17	1.02	0.77	0.52	0.30	0.10	
Weighted percolation	0.13	0.36	0.57	0.75	0.88	0.98											1.00	0.90	0.70	0.50	0.30	0.10	

รูปที่ 4 Crop calendar of rice



Crop Coefficients													
	1.2	1.2			1.2	0.8	X	0.4	0.6	1.0	1.1	1.2	5%
	1.2	1.2			1.2	1.2	0.8	X	0.4	0.6	1.0	1.1	5%
	1.1	1.2			1.2	1.2	1.2	0.8	X	0.4	0.6	1.0	5%
	1.0	1.1			1.2	1.2	1.2	1.2	0.8	X	0.4	0.6	5%
	1.2	1.2			1.2	0.8	X	0.6	0.8	1.0	1.1	1.2	20%
	1.2	1.2			1.2	1.2	0.8	X	0.6	0.8	1.0	1.1	20%
	1.1	1.2			1.2	1.2	1.2	0.8	X	0.6	0.8	1.0	20%
	1.2	1.2			0.8	X	XX	0.6	0.8	1.0	1.1	1.2	5%
	1.2	1.2			1.2	0.8	X	XX	0.6	0.8	1.0	1.1	5%
	1.1	1.2			1.2	1.2	0.8	X	XX	0.6	0.8	1.0	5%
	1.0	1.1			1.2	1.2	1.2	0.8	X	XX	0.6	0.8	5%
Weighted	1.15	1.19			1.18	1.02	0.66	0.47	0.44	0.70	0.91	1.06	
Land preparation water requirement : 50 mm. at 20 % of the area :							2.5	2.5	2.5	2.5	(mm.)		

PLANT CANE
Total : 20 % of the area
Growth period : 12 months.

RATOON CANE (1st, 2nd, 3rd)
Total : 60 % of the area
Growth period : 12 months

RATOON CANE (4th)
Total : 20 % of the area
Growth period : 11 months

NOTE:

X : no irrigation : harvest (1 month)

XX : no irrigation : land preparation. (1 month)

รูปที่ 5 Crop calendar of sugarcane

ตารางที่ 6 (a) Calculation of the weekly water requirement of rice in the dry season.

	← 15 January																				15 June →	
Week number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ETo in mm/week for Kanchanaburi	31	31	40	40	40	40	45	45	45	45	45	45	45	45	45	35	35	35	35	35	29	29
Land preparation in mm/week	63	55	47	38	30	17																
Weighted crop Coef. (K_c) (reference figure 4)	0.13	0.36	0.57	0.76	0.91	1.03	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.21	1.17	1.02	0.77	0.52	0.30	0.10
Consumptive use (K_c ~~+~~ T_o) in mm/week	4	11	23	30	36	41	48	49	50	50	50	50	51	53	54	42	41	36	27	18	9	3
Percolation factor (P) (reference figure 4)	0.13	0.36	0.57	0.76	0.88	0.98	1.0 ←									→	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Percolation (7 mm/week)	1	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	4	2	1
TOTAL in mm/week	68	68	74	73	72	65	55	56	57	57	57	57	58	60	61	49	48	42	32	22	11	4

ตารางที่ 6 (b) : Calculation of the weekly water requirement of rice in the wet season.

	← 15 July																				15 December →	
Week number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ETo in mm/week for Kanchanaburi	28	28	28	28	28	28	28	26	26	26	26	26	26	26	26	26	28	28	28	28	30	30
Land preparation in mm/week	63	55	47	38	30	17																
Weighted crop Coef. (K_c) (reference figure 4)	0.13	0.36	0.57	0.76	0.91	1.03	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	1.09	1.08	1.07	1.08	1.04	1.02	0.90	0.69	0.48	0.28	0.09
Consumptive use (K_c ET_o) in mm/week	4	10	16	21	25	29	30	28	29	29	29	28	28	28	28	27	29	25	29	13	8	3
Percolation factor (P) (reference figure 4)	0.13	0.36	0.57	0.76	0.88	0.98	1.0	←								→	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Percolation (3.5 mm/week)	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	0
TOTAL in mm/week	68	67	65	62	58	50	34	32	33	33	33	32	32	32	32	31	33	28	21	15	9	3

ตารางที่ 7 Calculation of the monthly water requirement of sugarcane

Month	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG
ET_o (mm/month) for Kanchanaburi	119	131	137	161	198	193	153	124	125	122
Weighted crop coef. (K_c) (reference figure 5)	1.18	1.02	0.66	0.47	0.44	0.70	0.91	1.06	1.15	1.19
Consumptive use (ET_o K_c) in mm/month	140	134	90	76	87	135	139	131	144	145
Water requirement for Land preparation in mm. (reference figure 5)	-	-	3	3	3	3	-	-	-	-
Total	140	134	93	79	90	138	139	131	144	145

ตารางที่ 8 : Calculation of the water requirement of 'other crop'

Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
ET_o (mm/month) in Kanchanaburi	137	161	198	193	153	124	125	122	111	113	119	131
Crop coefficient (K_c)	0.8 <----------											0.8
Consumptive use (ET_o K_c) in mm/month	110	129	158	154	122	99	100	98	89	90	95	105

ในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 16 สถานี กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่โครงการ ดังแสดงในรูปที่ 6 แต่ละสถานีมีสถิติฝนรายวันยาวนานกว่า 30 ปี

ได้มีการวิเคราะห์หา Expected Rainfall โดยการวิเคราะห์ความถี่ฝน (Rainfall Probability Analysis) แล้วทำการจำลองระดับน้ำในแปลงนาตามหลักของการจัดสรรน้ำใน WASAM เพื่อเลือกระดับความถี่หรือ Probability สำหรับการเลือกค่า Expected Rainfall ในเดือนต่าง ๆ ของแต่ละสถานี

การเลือกระดับความถี่ฝนในรอบครึ่งเดือนได้ใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ

1. แปลงนาจะมีวันขาดน้ำไม่เกิน 5 วัน
2. มีการใช้ฝนให้เกิดประโยชน์สูงสุดและใช้น้ำชลประทานน้อยที่สุด

ผลการจำลองได้ระดับความถี่ฝนดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 Selected Rainfall Probability Levels (1)

Station	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
ปากท่อ	70	30	30	40	40	40	50	70
ท่าม่วง	60	30	50	40	70	30	40	60
อู่ทอง	50	30	20	40	70	30	30	80

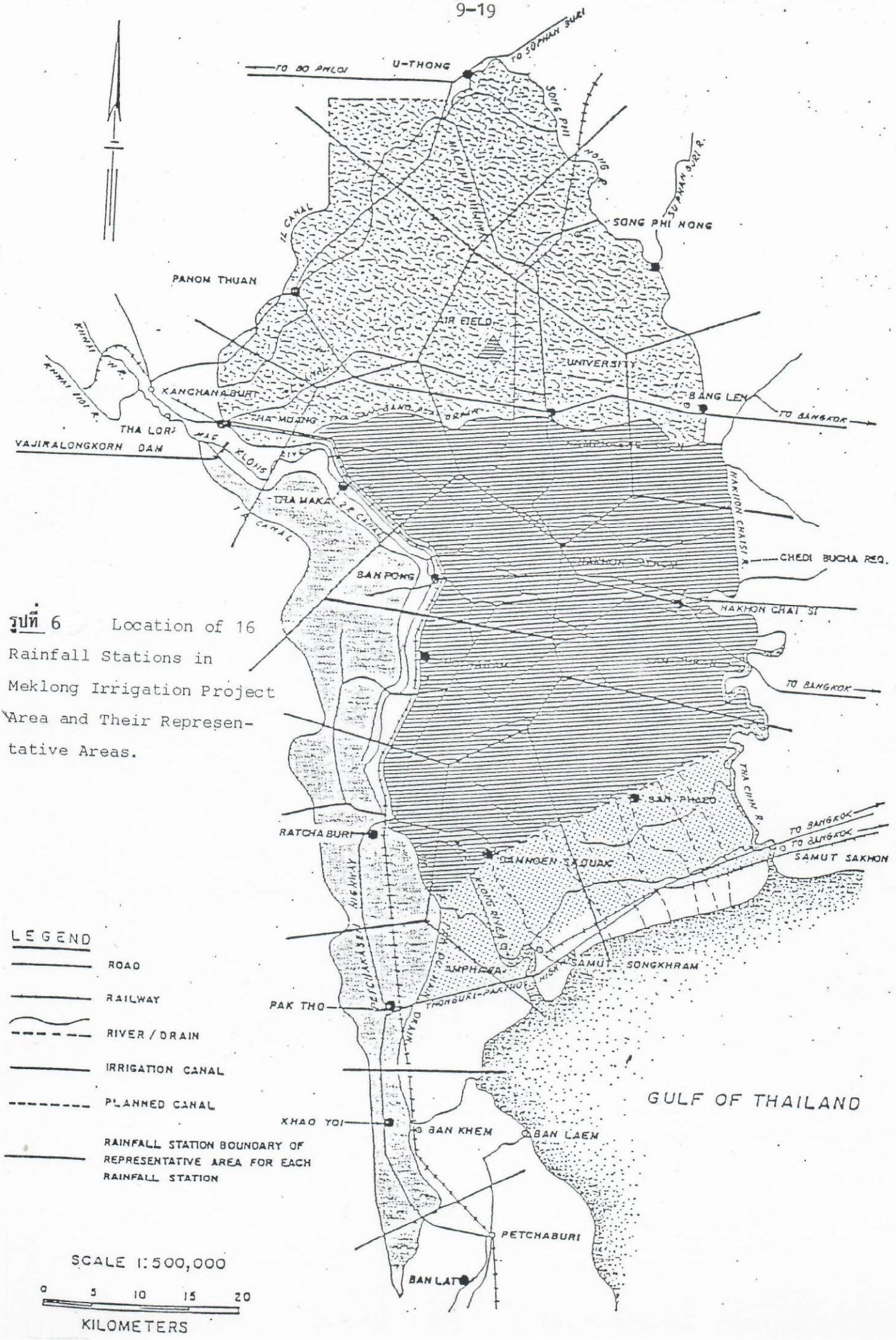
ส่วนสถานีอื่น ๆ อีก 13 สถานีจะเลือกใช้ระดับความถี่ฝนตาม 3 สถานีที่ทำการวิเคราะห์ไว้ดังนี้

กลุ่มปากท่อ ได้แก่ บ้านลาด เขาย้อย สถานีวิจัยข้าวราชบุรี ดำเนินสะดวก บ้านแพ คลองตะคด ปตร. เจดีย์บูชา

กลุ่มท่าม่วง ได้แก่ บ้านพอง ท่ามะกา กำแพงแสน บางเลน

กลุ่มอู่ทอง ได้แก่ พนมทวน ปตร. สองพี่น้อง

แนะนำว่าควรมีการวิเคราะห์ข้อมูลฝนใหม่ทุก 5 ปี



รูปที่ 6 Location of 16 Rainfall Stations in Meklong Irrigation Project Area and Their Representative Areas.

5.3 ลักษณะระบบชลประทาน

(Irrigation System Specifications)

ในการคำนวณปริมาณน้ำ (Q) ที่ต้องส่งให้ ปตร. ต่าง ๆ ตามความต้องการน้ำของช่วงคลองต่าง ๆ WASAM ต้องรู้ข้อมูลระบบชลประทานเพื่อให้แน่ใจว่า Q ที่คำนวณได้สามารถส่งไปถึงพื้นที่เพาะปลูกที่ต้องการได้ ตามสภาพทางชลศาสตร์ของระบบคลองส่งน้ำในโครงการ ข้อมูลลักษณะระบบชลประทานที่ WASAM ต้องการได้แก่

Location แสดง กม.ต้นและปลายช่วงคลอง

Number and Father โดยกำหนดว่า

แต่ละช่วงคลองจะต้องมีหมายเลข (Number) ของตัวเองซึ่งไม่ซ้ำกันและจะต้องบอกว่าช่วงคลองหมายเลขนั้น ๆ ได้รับน้ำจาก Father เบอร์อะไร ดังแสดงในรูปที่ 7 เช่น ช่วงคลองที่ 2 รับน้ำจากช่วงคลองที่ 1 หรือช่วงคลองที่ 3 รับน้ำจากช่วงคลองที่ 2 เป็นต้น Father No. จะมีเครื่องหมาย + หรือ -

+ หมายความว่าต้องการให้ Q ที่ช่วงคลองซึ่งเป็น Father มีค่าอย่างน้อยเท่ากับ Minimum Supply Level เช่น 3(2)

- หมายความว่าไม่จำเป็นที่ Q ในช่วงคลองที่เป็น Father ต้องมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ Minimum Supply Level เช่น 2(-1) หรือ 4(-2)

Maximum and Minimum Capacity (Qmax, Qmin)

สำหรับโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ กำหนดให้

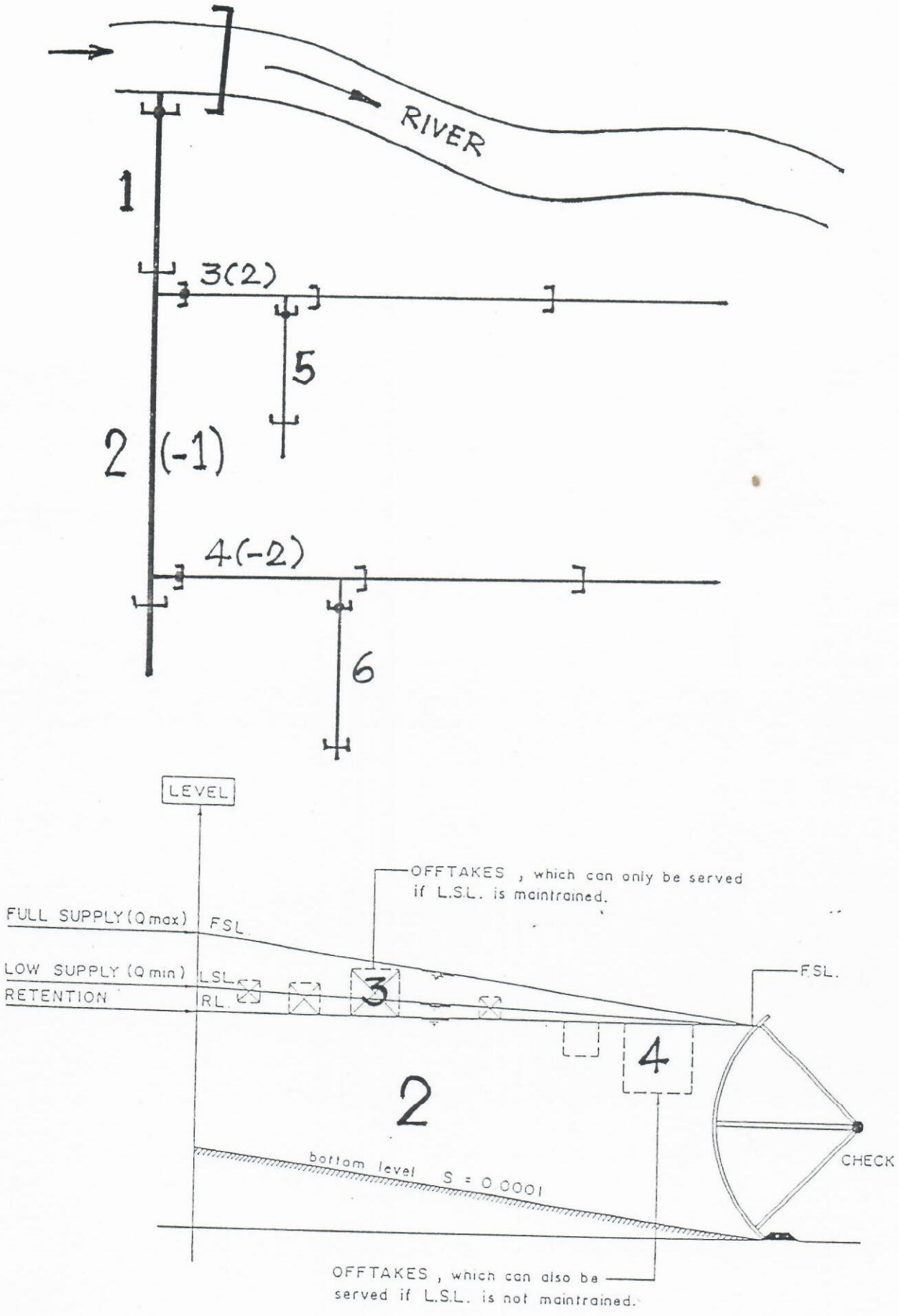
ความจุสูงสุดQmax มีค่าเท่ากับความจุออกแบบ (FSL) และกำหนดให้ความจุต่ำสุด (LSL) คิดเป็น % ของ Qmax ดังนี้

LSL ของคลองสายใหญ่ = 40 % Qmax.

LSL ของคลองซอย = 60 % Qmax.

Conveyance Losses (Eff)

คิดเป็น % ของ Qmax ต่อกิโลเมตรตามลักษณะคลองดังนี้ .-



รูปที่ 7 การกำหนด Canal Section No. และ Father No.

Lined Main Canal = 0.1 % ของ Qmax/km.

Unlined Main Canal = 0.2 % ของ Qmax/km.

Lined Lateral = 0.25 % ของ Qmax/km.

- Evapotranspiration Area (Ev)

มีการแบ่งพื้นที่ ETo ออกเป็น 4 พื้นที่ ตามสถานีอุตุนิยมวิทยา 4 สถานีดังรูปที่ 3 โดยกำหนดว่าแต่ละช่วงคลองอยู่ภายใต้สถานีอุตุนิยมวิทยาเพียงสถานีเดียว

- Rainfall Station Area (Er)

มีการแบ่งพื้นที่ฝนออกเป็น 16 พื้นที่ ตามสถานีวัดน้ำฝน 16 สถานีดังรูปที่ 6 โดยกำหนดว่าแต่ละช่วงคลองอยู่ภายใต้สถานีวัดน้ำฝนเพียงสถานีเดียวเช่นเดียวกับ ET_o

- Organization Code (ZoWP)

เพื่อใช้ในการพิมพ์รายงานการจัดสรรน้ำ โดยกำหนดหมายเลข 4 ตัว เช่น 1852 ซึ่งหมายความว่าโซน 18 ตอน 5 โครงการ 2 (หรือโครงการท่ามะกา)

- Comand Area (CA)

พื้นที่ชลประทานที่รับน้ำจากช่วงคลองนั้น ๆ

ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลลักษณะระบบชลประทานแสดงอยู่ในรูปที่ 8

5.4 ข้อมูลแสดงลักษณะระบบไร่นา

(Tertiary Unit Specifications)

โครงการแม่กลองใหญ่ส่งน้ำแบบหมุนเวียนในระดับคูน้ำ โดยใช้ตารางการส่งน้ำแบบหมุนเวียนแน่นอนตายตัว (Fixed Rotation Schedule) ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ส่งให้คูน้ำต่าง ๆ จะต้องรู้ข้อมูลของระบบไร่นา หรือข้อมูลของคูน้ำของแต่ละช่วงคลอง ดังแสดงในรูปที่ 9

6. ข้อมูลรายสัปดาห์

(Variable Data)

6.1 ช่วงสัปดาห์สำหรับการรายงานข้อมูล (Time Frame)

WASAM กำหนดว่าสัปดาห์ของการส่งน้ำชลประทานเริ่มวันพฤหัสบดี แต่ช่วงสัปดาห์สำหรับการรายงานข้อมูลประจำสัปดาห์และเริ่มการคำนวณเริ่มวันอังคาร ดังรูปที่ 10

ตัวอย่าง: CANAL SYSTEM DATA

FOR IRRIGATION SYSTEM : MEKLONG LOWER LEFT BANK

DATE: 08-09-1988
DRY SEASON: 1988

Name	Begin	End	Nr	Fat	QMax	QMin	Eff.	ZoWP	Ev	Er	CA
LM	0.000	15.150	1	0	129.000	0.000	.0010	111	3	2	1473
TSBP	0.000	65.000	2	-1	50.000	0.000	.0000	111	3	1	0
3L	0.040	6.800	4	1	0.670	0.000	.0025	111	3	1	2585
4L	0.040	3.100	6	-1	3.570	0.000	.0025	211	3	1	1240
1L-4L	0.010	4.400	7	-6	2.020	0.000	.0025	211	3	1	2271
4L	3.100	11.500	8	-6	1.190	0.000	.0025	311	3	1	2292
1L-4L	4.400	11.530	9	-7	1.500	0.000	.0025	411	3	1	3945
1R-1L-4L	0.010	3.500	10	-9	0.330	0.000	.0025	411	3	1	1890
1L-5L	1.700	14.000	11	-16	2.010	0.000	.0025	511	3	7	2585
2R-1L-5L	0.020	2.200	12	11	0.440	0.000	.0025	511	3	7	927
1L-1R-1L-5L	0.020	3.000	14	13	0.310	0.000	.0025	611	3	7	1120
2L-1R-1L-5L	0.020	3.620	15	13	0.320	0.000	.0025	611	3	7	1487
1L-5L	0.200	1.700	16	-104	22.600	0.000	.0010	711	3	7	115
1R-1L-5L	2.240	5.240	17	16	20.210	0.000	.0010	711	3	7	498
1R-1R-1L-5L	0.020	6.920	18	17	1.620	0.000	.0025	811	3	7	847
1R-1L-5L	5.240	11.710	13	-17	18.630	0.000	.0010	611	3	7	2175
1L-1R-1R-1L-5L	0.010	6.500	19	18	0.530	0.000	.0025	811	3	7	1121
2L-1R-1R-1L-5L	0.100	4.500	20	18	0.330	0.000	.0025	811	3	7	882
1R-1L-5L	11.710	18.890	21	-13	17.920	0.000	.0010	921	3	7	3066
3L-1R-1L-5L	0.000	5.560	22	21	0.530	0.000	.0025	921	3	7	3689
4L-1R-1L-5L	0.000	4.620	23	21	0.650	0.000	.0025	921	3	7	3520
5L	0.000	11.710	104	-1	73.000	0.000	.0010	312	3	2	11475
LM	15.930	21.660	100	-1	48.900	0.000	.0010	112	3	1	4410
1R-5L	0.000	15.400	101	104	2.200	0.000	.0025	212	3	1	12290

Name = ชื่อของช่วงคลอง (Canal Section)

Begin = กม. เริ่มต้นของช่วงคลอง

End = กม.สุดท้ายของช่วงคลอง

Nr = หมายเลขรหัสของช่วงคลอง (ใช้ในโปรแกรม)

Fat = หมายเลขรหัสของช่วงคลองที่ส่งน้ำให้ช่วงคลองนี้
(มีเครื่องหมายลบแสดงว่า สามารถส่งน้ำให้คลองซอย
ได้ถึงแม้ระดับน้ำจะอยู่ที่ LSL.)

Qmax = ปริมาณน้ำสูงสุด

Qmin = ปริมาณน้ำต่ำสุด (ที่ยังสามารถส่งน้ำเข้าคลองซอยได้)

Eff = ค่าประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต่อกม.)

ZoWP = หมายเลข โซน ตอน และ โครงการ เรียงต่อกัน

Ev = หมายเลขรหัส ใช้แทนสถานีวัดค่า ETo ที่ครอบคลุมพื้นที่ของช่วงคลองนี้

Er = หมายเลขรหัส ใช้แทนสถานีวัดน้ำฝน ที่ครอบคลุมพื้นที่ของช่วงคลองนี้

CA = พื้นที่ส่งน้ำทั้งหมดของช่วงคลองนี้

รูปที่ 8 ตัวอย่าง Cannal System Data

ตัวอย่าง: DITCH CHARACTERISTICS DATE: 03-06-1989

FOR IRRIGATION SYSTEM: MEKLONG RIGHT BANK DRY SEASON: 1988

PROJECT : THA MAKA

WATER MASTER SECTOR : 3

CROPCODES:
1=Paddy dry 2=Paddy wet
3=Sugarc 4=Other c
5= fallow

ZONE nr: 1 :CANAL SECTION: 1L-1R KM 0.000 - 7.000

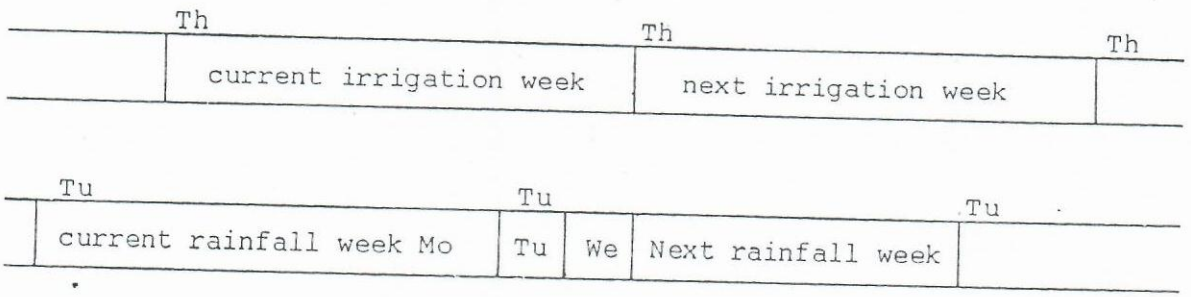
Dit.no.	CAP	AREA	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
1	60	200	3	3	4	3	4	3	3
3	60	176	1	1	1	1	1	2	1
5	60	162	1	1	1	1	1	1	1
7	60	225	1	1	1	1	1	1	1
9	60	192	1	1	1	1	1	3	1
11	60	210	1	1	1	1	1	1	1
13	60	212	1	1	1	1	1	1	1
15	60	183	1	1	1	1	1	1	1
17	60	209	1	1	1	1	1	1	1
19	60	225	1	1	1	1	1	1	1
21	60	247	1	1	1	1	1	1	1
23	90	337	1	1	1	1	1	1	1
24	120	483	1	1	1	1	1	1	1
25	120	481	1	1	1	1	1	1	1
26	120	417	1	1	1	1	1	1	1

TOTAL AREA DITCHES: 3959 CANAL COMMAND AREA: 4685

หมายเหตุ:

พื้นที่ของ "TOTAL AREA DITCHES" น้อยกว่า "CANAL COMMAND AREA" แสดงว่าท่อการเพาะปลูกไม่เต็มพื้นที่

รูปที่ 9 ตัวอย่าง Ditch Characteristics



Mo = Monday : field wetness data collection and transmission

Tu = Tuesday : - rainfall data collection and transmission
- water allocation calculation process

We = Wednesday : report distribution to O & M staffs

Th = Thursday : start irrigation week.

Figure 2.10: Time frame of the weekly water allocation process in the Meklong Irrigation Projects.

6.2 ฝนที่ตกจริงในสัปดาห์

ในวันอังคารฝนที่ตกจริงในสัปดาห์ที่ผ่านมาจะถูกป้อนเข้า WASAM เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับฝนคาดการณ์ และใช้ในการปรับแก้ค่าปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่คำนวณได้

6.3 การรายงานสภาพน้ำในแปลงนา (Field Wetness)

ทุกวันจันทร์สภาพน้ำในแปลงนาจะถูกป้อนเข้า WASAM เพื่อใช้ในการปรับแก้ค่าปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน เช่นเดียวกับข้อมูลฝนจริงในหัวข้อ 6.2 การรายงานสภาพน้ำในแปลงนาจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ แห้งมาก แห้ง ปกติ เปียก และเปียกมาก ดังตารางที่ 2

7 ขั้นตอนการคำนวณการจัดสรรน้ำในโปรแกรม WASAM

การคำนวณในโปรแกรม WASAM แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ **ขั้นตอนที่ 1** คำนวณความต้องการน้ำชลประทานของช่วงคลองต่าง ๆ รายสัปดาห์จากรูปแบบการปลูกพืช สภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการใช้น้ำชลประทาน และประสิทธิภาพในการใช้น้ำชลประทาน และ **ขั้นตอนที่ 2** คือ การคำนวณหาปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้ประตูระบายต่าง ๆ โดยพิจารณาถึงสภาพทางชลศาสตร์ของระบบคลองส่งน้ำ และการสูญเสียน้ำขณะส่งรายละเอียดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมและไฟล์ข้อมูลของโปรแกรม WASAM และ WASAM 2 แสดงเปรียบเทียบในรูปที่ **11** โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

7.1 การคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน

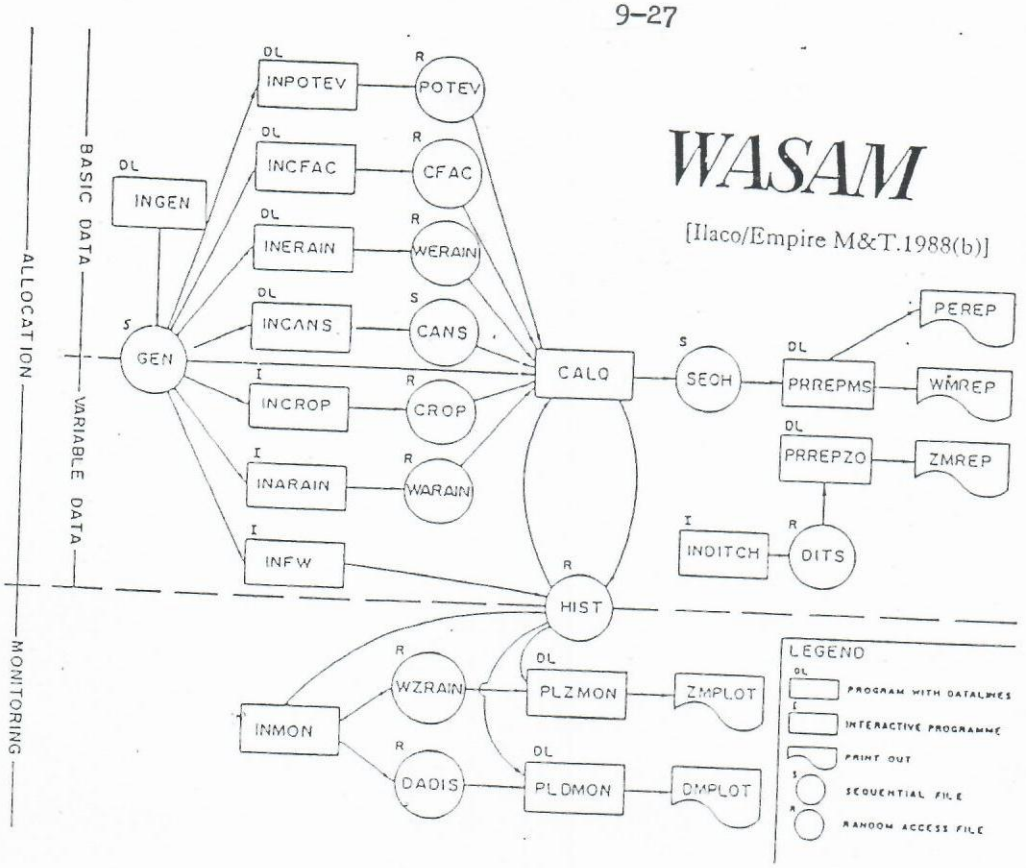
ความต้องการน้ำชลประทานของช่วงคลอง N ในสัปดาห์ที่ w จะหาได้จากสูตร

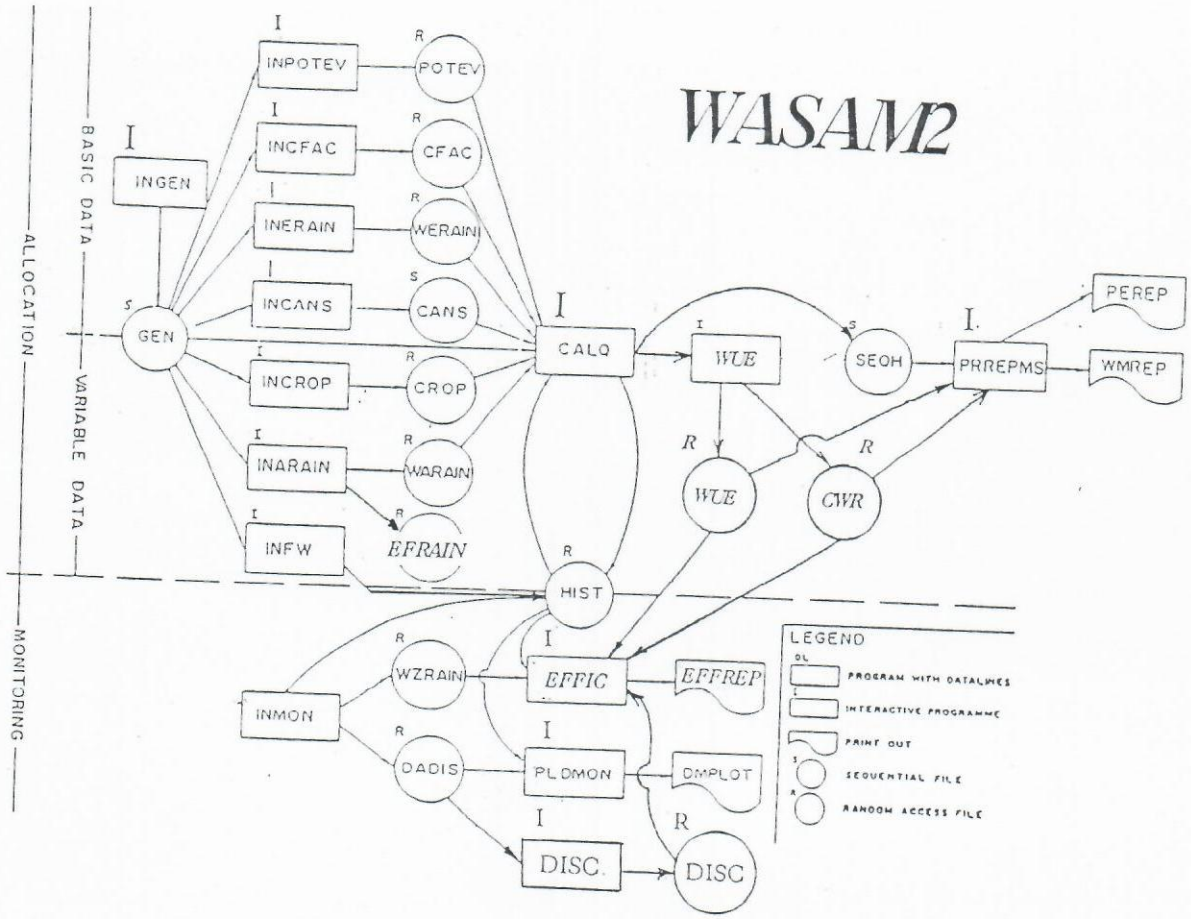
$$R(N) = \frac{\sum_{I=1}^{NC} [EV(ES) * CF(w1,I) + LP(w1,I) + COR - RE(RS))] * A(I,N)}{378,000 * SUE(w1,I)} \quad ..(1)$$

เมื่อ

- $R(N)$ = ความต้องการน้ำของช่วงคลอง N ในสัปดาห์ที่ w ใด ๆ ($ม.^3$/วินาที)
- $EV(ES)$ = Weekly Potential Evapotranspiration ของสถานี ES (มม.)
- $CF(w1,I)$ = Crop Factor ของพืช I ซึ่งมีอายุ w1 สัปดาห์
- NC = จำนวนของชนิดพืช ใน WASAM สามารถใช้ได้กับพืชถึง 4 ชนิดคือ 1 = ข้าวนาปรัง, 2 = ข้าวนาปี, 3 = อ้อย, 4 = พืชไร่, และ WASAM 2 สามารถเพิ่มพืชอีก 2 ชนิด คือ 5 = ไม้ยืนต้น 6 = บ่อเลี้ยงปลา
- $LP(w1,I)$ = Weekly Land Preparation + Percolation ของพืช I ซึ่งมีอายุ w1 สัปดาห์ (มม.)
- COR = ค่าปรับแก้ (Correction)
- $RE(RS)$ = ฝนคาดการณ์ (Expected Rainfall) ของสถานี RS (มม.)
- $A(I,N)$ = พื้นที่เพาะปลูกพืช I ในช่วงคลอง N (ไร่)
- $SUE(w1,I)$ = ประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับแปลงนาของพืช I ซึ่งมีอายุ w1

กรณีที่มีการรายงานว่าฝนที่ตกจริงมากกว่าหรือน้อยกว่าฝนคาดการณ์ หรือมีการรายงานว่าสภาพน้ำในแปลงมากหรือน้อยเกินไป ค่า COR ในสมการที่ 1 จะมีค่ามากกว่า 0 การหาค่า COR ทำได้ดังนี้





รูปที่ 11 เปรียบเทียบโครงสร้างโปรแกรม WASAM และ WASAMVERSION 2 (วราวุธ และวัชระ. 2538)

(1) การหาค่าปรับแก้จากข้อมูลฝนในสัปดาห์ใด ๆ

ถ้า RACW(RS) ≠ RE(RS)

ให้ DR = RE(RS) - RACW(RS) ..... (2)

เมื่อ RACW(RS) คือ ฝนที่ตกจริงที่สถานี RS ในสัปดาห์ที่ W

เป็น มม./สัปดาห์

DR = ค่า Correction เนื่องจากฝน (มม./สัปดาห์)

(2) การหาค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพน้ำในแปลงนา (Field Wetness)

สภาพน้ำในแปลงนาหมายถึงระดับน้ำในแปลงนา แต่ละช่วงคลองจะมีจุดตรวจวัดความลึกของน้ำในแปลงนา ถ้าระดับน้ำอยู่ระหว่าง 6-10 ซม. หมายถึงสภาพปกติ ถ้าน้อยกว่า 6 ซม. หมายความว่าแห้ง ถ้ามากกว่า 10 ซม. หมายความว่าสภาพเปียก โดยดูจากเกณฑ์ในตารางที่ 2

ถ้าสภาพน้ำในแปลงนาแสดงว่าเปียกหรือแห้ง จะอ่านค่าปรับแก้ DS(FW) ได้จากตารางที่ 2

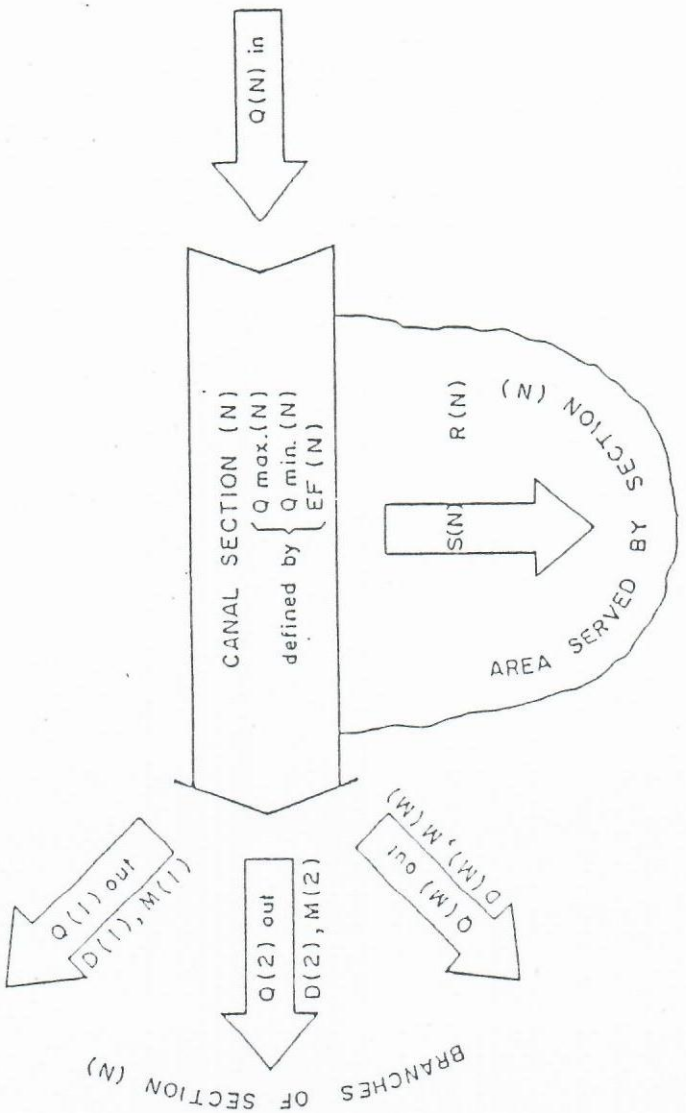
COR = MAX [DR, DS(FW)] ..... (3)

7.2 การคำนวณปริมาณน้ำ (Q) ที่ส่งให้ช่วงคลองต่าง ๆ

การคำนวณ Q ที่ส่งให้ช่วงคลองที่ N จะคำนวณจากปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้ช่วงคลอง N (ตามความต้องการน้ำชลประทานของช่วงคลอง N) บวกผลรวมของ Q ที่ต้องส่งให้ช่วงคลอง 1 ถึง M ที่อยู่ท้ายน้ำของช่วงคลอง N บวกการสูญเสียน้ำจากแหล่งน้ำถึงช่วงคลองที่ N ดังรูปที่ 12 หรือ

$$Q(N) = S(N) + \sum_{I=1}^{M} Q(I) + LOSS(N) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

เมื่อ Q(N) = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้ ปตร. ของช่วงคลอง N



$$Q(N) = S(N) + \sum_{I=1}^{M} Q(I) + LOSS(N)$$

Discharges (m^3/sec)

Q(N)	: incoming to in section (N)	D(1)..... D(M)	: special counter for shortage or excess distribution in the branches of (N)
Q max (N)	: maximum capacity		
Q min (N)	: minimum capacity		
Q(1).....Q(M)	: outgoing to branches of (N)	M(1).....M(M)	: characteristic related to the required supply levels in the branches of (N)
S(N)	: irrigation supply		
R(N)	: irrigation requirement	LOSS (N)	: conveyance loss (N)

รูปที่ 12 การคำนวณ Q ที่ส่งให้ ปตร.ของช่วงคลอง N

(Ilaco/Empire M&T. 1988(a))

S(N) = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่รับน้ำของช่วงคลอง N

Q(I) = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งจากช่วงคลอง N ให้คลอง 1 ถึง M ที่รับน้ำต่อจากช่วงคลอง N

LOSS(N) = การสูญเสียน้ำขณะส่งน้ำจากแหล่งน้ำถึงช่วงคลอง N

หลังจากคำนวณ Q(N) ได้แล้วโปรแกรม WASAM จะตรวจสอบค่า Q(N) และปรับค่าตามเกณฑ์การส่งน้ำ ดังนี้ (Vudhivanich. 1988)

(1) กรณี $Q(N) < 0.4\ Qmin(N)$

ถือว่าปริมาณน้ำที่ส่งมีค่าน้อยมาก จึงกำหนดให้

$Q(N) = 0$

และบันทึกว่ามีความต้องการน้ำหรือ $D(N) > 0$ แต่ไม่ได้ส่งให้

(2) กรณี $0.4\ Qmin(N) < Q(N) < Qmin(N)$

ให้ $Q(N) = Qmin(N)$

ยกเว้นกรณีที่ $R(N) = 0$ และคลองที่รับน้ำต่อจากช่วงคลอง N ไม่ต้องการให้มีการควบคุมระดับน้ำใน N ให้มากกว่า Qmin หรือเครื่องหมายในตัวแปร M(I) เป็น - ถ้า M(I) มีเครื่องหมายเป็น + จะต้องเพิ่ม Q(N) ให้เท่ากับ Qmin(N) ซึ่งแสดงว่ามีการจัดสรรน้ำเกินกว่าความต้องการ ปริมาณน้ำส่วนเกิน V จะคำนวณหาได้จากสมการ

$V = Qmin(N) - Q(N)$

กรณีที่มีการจัดสรรน้ำเกินความต้องการ ($V>0$) จะต้องมีการกระจายน้ำส่วนเกินให้ช่วงคลอง 1-M ท้ายน้ำตามเกณฑ์และลำดับความสำคัญก่อนหลังดังต่อไปนี้

- ช่วงคลองที่ $D(I) > 0$
  ให้จัดสรรน้ำเพิ่ม = D(I)
- ถ้ายังมีน้ำส่วนเกินเหลือ ให้จัดสรรน้ำให้ช่วงคลอง 1-M เพิ่มเท่ากับ Qmin
- ถ้ายังมีน้ำส่วนเกินเหลืออีก ให้จัดสรรน้ำเพิ่มตามสัดส่วนของน้ำที่ได้จัดสรรไปแล้ว

(3) กรณี $Qmin(N) < Q(N) < Qmax(N)$

ใช้ค่า Q(N) ที่คำนวณได้โดยไม่ต้องปรับ

(4) <u>กรณี Q(N) > Qmax(N)</u>

ให้ Q(N) = Qmax(N)

กรณีนี้จะเกิดการขาดน้ำ (P)

P = Q(N) - Qmax(N)

ค่า P จะถูกจัดสรรให้ช่วงคลอง 1-M ท้ายน้ำตามสัดส่วน

หลังจากคำนวณค่า Q(N) ของช่วงคลองต่าง ๆ แล้ว WASAM 2 จะพิมพ์ผลการคำนวณออกมาเพื่อให้เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำอาวุโสของโครงการชลประทานตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณค่า Q(N) ถ้าผลเป็นที่ยอมรับได้จะสั่งให้ WASAM 2 จัดพิมพ์รายงานต่อไป

8. <u>การคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำ</u> (Water Use Efficiency)

WASAM 2 ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำรายสัปดาห์ของทั้งโครงการและของแต่ละงานส่งน้ำ และรายงานพร้อมกับรายงานผลการจัดสรรน้ำประจำสัปดาห์ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลส่งน้ำ WASAM 2 สามารถจัดทำรายงานสรุปประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานรายสัปดาห์ของแต่ละงานส่งน้ำ และสรุปประสิทธิภาพการใช้น้ำของทั้งฤดูกาลดังแสดงในรูปที่ 2.13 การคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำในสัปดาห์ใด ๆ ใช้สูตร

$$WUE(L) = \frac{\sum_{I=1}^{J} R'(N)}{Q_{supphy}} \quad \text{..... (5)}$$

เมื่อ WUE(L) = ประสิทธิภาพการใช้น้ำของงานส่งน้ำที่ L (%)

R'(N) = ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิของช่วงคลองที่ N (ม.^{3}/วินาที)

$$= \frac{\sum_{I=1}^{NC} [EV(ES)* CF(w1,I)+LP(w1,I)-ER(RS)]* A(I,N)}{378,000}$$

..... (6)

J = จำนวนช่วงคลองในงานส่งน้ำที่ L

ER(RS) = ฝนใช้การ (Expected Rainfall) ของสถานี RS (มม.)

Q_{supphy} = $\Sigma Q_{in} - \Sigma Q_{out}$ มีหน่วยเป็น ม.^{3}/วินาที

WEEKLY EFFICIENCY (%) IN WMS

DATE: 09-07-1994

PROJECT NAME: SONG PHI NONG IRRIGATION PROJECT
For DRY season in 1994

Week	WMS 1	WMS 2	WMS 3	WMS 4	WMS 5	Everage
2	0	0	0	10	19	16
3	0	0	0	28	40	36
4	0	0	0	54	56	55
5	0	0	0	69	63	65
6	0	0	0	71	66	67
7	22	30	46	76	53	46
8	41	36	35	66	43	44
9	47	42	32	56	53	48
10	53	42	41	46	52	48
11	14	5	0	21	30	18
12	3	0	0	0	0	1
13	74	63	63	62	55	63
14	66	41	79	64	62	59
15	0	0	36	45	7	11
16	63	44	85	55	65	59
17	68	50	85	53	61	61
18	0	0	13	28	9	8
19	84	91	95	43	48	65
20	51	54	26	28	22	35
21	44	43	37	32	15	31
22	57	56	50	11	17	36
23	56	63	78	11	8	38

CALCULATION OF SEASON EFFICIENCY

DATE: 09-07-1994

PROJECT NAME: SONG PHI NONG IRRIGATION PROJECT
For DRY season in 1994

WMS	IWR	Actual Q	WUE
	m3/s		%
1	76.24	176.00	43.32
2	56.21	158.30	35.51
3	31.43	70.40	44.64
4	65.13	150.20	43.36
5	118.87	318.70	37.30

EFFICIENCY OF PROJECT = 39.82 %

รูปที่ 13 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องฤดูแล้ง พ.ศ. 2537

9 การจัดทำรายงานการจัดสรรน้ำ

WASAM จะจัดทำรายงานการจัดสรรน้ำ 3 ระดับ คือ

(1) รายงานสำหรับนายช่างหัวหน้าโครงการ (Project Engineer Report) ดังตัวอย่างในรูปที่ 14

(2) รายงานสำหรับหัวหน้างานส่งน้ำ(Water Master Report) ดังตัวอย่างในรูปที่ 15

(3) รายงานสำหรับพนักงานส่งน้ำ (Zoneman Report) ดังตัวอย่างในรูปที่ 16 และรายงานการกระจายน้ำในแปลงนา (คูน้ำ) ดังตัวอย่างในรูปที่ 17

10. การกระจายน้ำในระดับแปลงนา

(Water Distribution Over Tertiary Units)

ถ้ามีการป้อนข้อมูลรายละเอียดระบบแปลงนาให้ WASAM WASAM จะสามารถคำนวณหา ที่ต้องส่งให้แต่ละคูน้ำในแต่ละวันได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 17

11 การติดตามประเมินผลการส่งน้ำ

(Monitoring Process)

การติดตามประเมินผลการส่งน้ำได้แก่การตรวจวัดปริมาณน้ำที่ส่งให้ บตร.ที่สำคัญเป็นประจำวัน และการวัดปริมาณฝนที่ตกลงมาจริงโดยพนักงานส่งน้ำจะเป็นผู้ตรวจวัดและรายงานตามแบบฟอร์มที่อยู่ด้านล่างของรายงานการจัดสรรน้ำสำหรับพนักงานส่งน้ำ WASAM จะทำการพล็อตเปรียบเทียบระหว่างฝนจริงและฝนคาดการณ์ และระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งจริงกับปริมาณน้ำที่แนะนำ [Q(N)] แผนภูมิการติดตามประเมินผลแสดงอยู่ในรูปที่ 18

ผลการพล็อตเปรียบเทียบจะแสดงในรูปของ Main System Monitoring Report ดังแสดงในรูปที่ 19 และ Zone Monitoring Report ดังแสดงในรูปที่ 20

WATER ALLOCATION SCHEDULING

THA MAKA

Project Engineer report

Date : 29 July 1985

Period : 1 Aug. - 7 Aug.

Average discharges in main canals and laterals in m^3/s

Water Master Sectors	Main canal sections			Laterals			
	Name	Km. Station	Discharge Q	Name	Discharge Q	Name	Discharge Q
1	1L-1R	0.000	0.39				
	2R	0.000	14.42	1R-2R	1.18	2R-2R	0.43
				3R-2R	0.50		
	1R	0.200	63.57	1L-1R	0.25	2L-1R	0.00
				3L-1R	2.10	4L-1R	1.20
				5L-1R	0.72	6L-1R	0.40
2	2R	27.356	10.61	4R-2R	1.01	5R-2R	0.75
				6R-2R	1.02	7R-2R	0.33
				8R-2R	0.64	9R-2R	0.35
	1R	26.000	56.39	7L-1R	2.81	8L-1R	0.70
				9L-1R	2.61	10L-1R	2.18
3	1R	36.100	46.16	11L-1R	1.05	12L-1R	0.73
				13L-1R	0.30	14L-1R	0.62
				15L-1R	0.76		

total discharge into the project area	78.38	m^3/s
total discharge for the project area	38.03	m^3/s
total discharge to the downstream areas	40.35	m^3/s

Remark :

รูปที่ 14 Example of Weekly Project Engineering report

WATER ALLOCATION SCHEDULING

THA MAKA

Water master report : Sector 1

Date : 29 July 1985

Period : 1 Aug. - 7 Aug.

Zone	Canal	Km. Station	Dis-charge	Normal require-ment	Effec-tive rainfall	Field wetness report	Actual require-ment	Sup-ply
1	1L-1R	0.000	0.39	0.74	23	very wet	0.32	0.37
2	2R	0.000	14.42	0.57	23	Normal	0.57	0.57
	26(2R)	0.000	0.20	0.14	23	Normal	0.14	0.19
3	2R	7.821	13.51	0.24	28	Very wet	0.00	0.00
	1R-2R	0.000	1.18	0.41	28	Wet	0.25	0.25
4	1R-2R	2.550	0.90	0.60	28	Dry	0.87	0.87
5	2R	12.346	12.19	0.13	28	Normal	0.13	0.13
	2R-2R	0.000	0.43	0.28	28	Normal	0.28	0.41
6	2R	15.338	11.51	0.04	28	Normal	0.00	0.00
	2R-2R-A	0.000	0.00	0.06	28	Normal	0.06	0.00
	2R	20.570	11.39	0.03	28	Normal	0.00	0.00
8	2R	25.180	11.20	0.03	28	Dry	0.06	0.06
	3R-2R	0.000	0.50	0.30	35	Dry	0.46	0.48
21	1R	0.200	63.57	0.17	23	Very Wet	0.06	0.06
	1L-1R	7.000	0.25	0.58	23	Very Wet	0.24	0.24
22	2L-1R	0.000	0.00	0.56	28	Very Wet	0.17	0.00
	1R	12.100	60.52	0.21	28	Very Wet	0.07	0.07
23	3L-1R	0.000	2.10	0.28	28	Dry	0.38	0.38
	1R	17.400	59.65	0.24	28	Dry	0.34	0.34
	33(1R)	0.000	0.20	0.12	28	Normal	0.12	0.19
24	3L-1R	3.400	0.65	0.64	28	Normal	0.64	0.64
25	1R-3L-1R	0.000	1.04	1.03	28	Normal	1.03	1.03
26	4L-1R	0.000	1.20	0.26	28	Very Wet	0.08	0.10
	1R-4L-1R	0.000	0.15	0.25	28	Very Wet	0.08	0.14
	1L-4L-1R	0.000	0.29	0.45	28	Very Wet	0.15	0.29
	2L-4L-1R	0.000	0.29	0.50	28	Very Wet	0.16	0.29
	4L-1R	8.132	0.36	0.61	28	Very Wet	0.20	0.36
29	5L-1R	0.000	0.72	0.69	28	Normal	0.69	0.69
	6L-1R	0.000	0.40	0.49	28	Normal	0.49	0.38

Discharge into this Sector :	78.38	$m^3/s.$
Total discharge for this sector :	11.38	$m^3/s.$
Discharge to downstream sector :	67.00	$m^3/s.$

Remark :

รูปที่ 15 Example of Weekly Water Master report

WATER ALLOCATION SCHEDULING

THA MAKA

Zoneman report : Zone number 1

date : 29 July 1985

Period : 1 Aug. - 7 Aug.

Expected rainfall 23

Canal	Km. Station	Discharge	Normal Requirement	Field Wetness Report	Actual Requirement	Supply
1L-1R	0.000	0.39	0.74	Very Wet	0.32	0.37
Total water supply to this zone :				0.37	$m^3/s.$	

ZONE MONITORING REPORT

	Thu.1	Fri.2	Sat.3	Sun.4	Mon.5	Tue.6	Wed.7
Rainfall							
1L-1R 0.000							

Remark :

รูปที่ 16 Example of Weekly Zoneman report

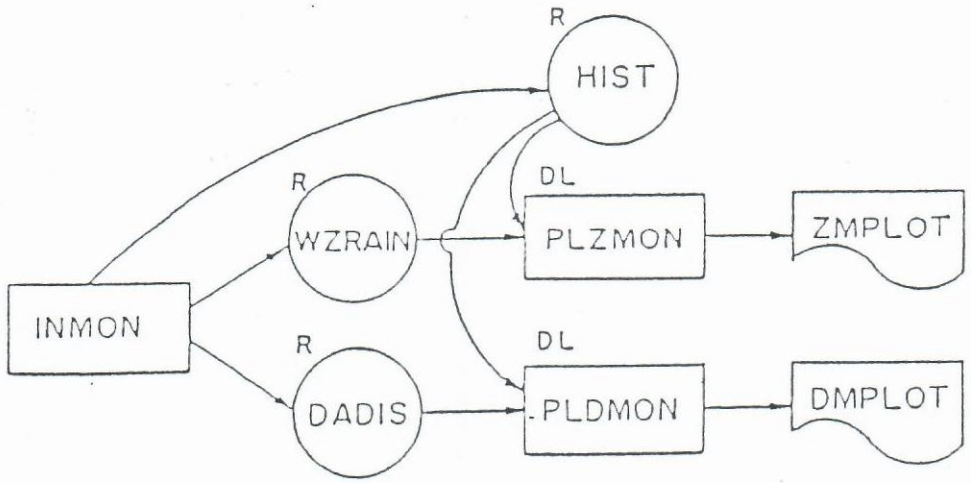
ADVICED AND ACTUAL SUPPLY IN ZONE : 2 IN LATERAL, --- 2R

Ditch	Thur.1	Fr.2	Sat.3	Sun.4	Mon.5	Tue.6	Wed.7
2	30	30	30	30	30	30	30
4	30	30	30	25	25	25	25
6	33	40	40	35	35	35	35
8	50	40	50	50	50	50	50
10	25	30	30	30	30	30	30
12	40	40	40	35	35	35	35
14	35	35	35	30	30	30	30
16	45	45	50	45	45	45	45
18	25	25	25	20	20	20	20
20	30	30	33	30	30	30	30
22	50	45	30	45	45	45	45
24	15	15	15	15	15	15	15
Total							

ADVICED AND ACTUAL SUPPLY IN ZONE : 2 IN LATERAL, 26(2R)

Ditch	Thur.1	Fr.2	Sat.3	Sun.4	Mon.5	Tue.6	Wed.7
2	15	15	15	15	15	15	15
4	35	35	35	35	35	35	35
6	40	40	40	40	40	40	40
8	50	50	50	50	50	50	50
10	50	50	50	50	50	50	50
Total							

รูปที่ 17 : Example of report presenting the distribution over the tertiary units along a canal section.



WHERE

INMON = INput MONitoring programme, storing the data in the files: HISTorical(HIST)
Weekly Zone RAIN (WZRAIN)
DAily DIScharges (DADIS).

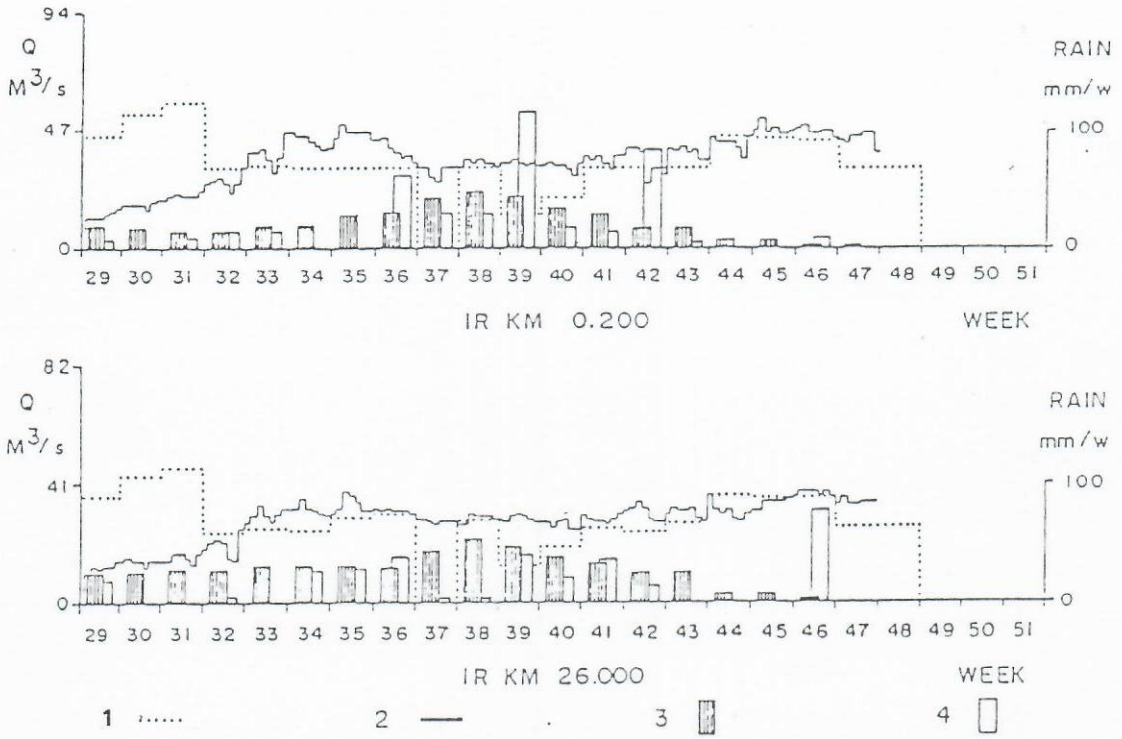
PLZMON = PLotting Zone MONitoring reports resulting in the Zone Monitoring PLOT (ZMPLOT)

PLDMON = PLotting Daily MONitoring reports resulting in the Daily Monitoring PLOT (DMPLOT)

รูปที่ 18 Relation Diagram of the Monitoring Process

การแพร่กระจายน้ำ
ท่ามะกา
รายงานระบบสายใหม่
วันที่ 9 กรกฎาคม 2528

WATER DISTRIBUTION MONITORING
THA MAKA
Main System Report
date : 9 JULY 1985



ปริมาณน้ำที่แนะนำ (ลบ.ม./วินาที) – 1 – ADVICED DISCHARGE (m^3/s)
ปริมาณน้ำที่ใช้จริง (ลบ.ม./วินาที) – 2 – ACTUAL DISCHARGE (m^3/s)
ฝนคาดการ (มม./สัปดาห์) – 3 – EXPECTED RAINFALL (mm/w)
ฝนตกจริง (มม./สัปดาห์) – 4 – ACTUAL RAINFALL (mm/w)

ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT ILACO/EMPIRE H&T

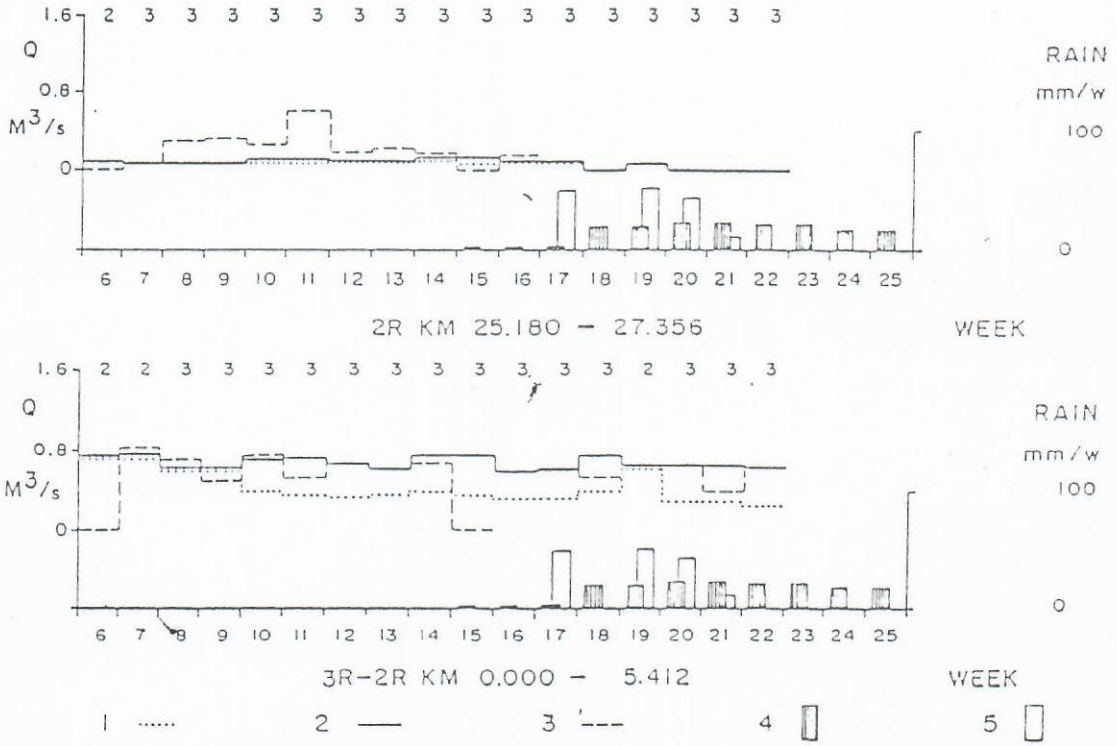
รูปที่ 19 Example of a main system monitoring report

การแพร่กระจายน้ำ — WATER DISTRIBUTION MONITORING

ท่ามะกา — THA MAKA

เสนอ พนักงานส่งน้ำ โซนที่ 8 — Zone mon report Zone 8

วันที่ 13 มิถุนายน 2528 — date : 13 JUNE 1985



Comment : Non availability of water in week 6 and 15 due to too high offtakes of higher lying zones.

ผลคำนวณความต้องการน้ำ (ลบ.ม./วินาที) – 1 – CALCULATED REQUIREMENT (m^3/s)

ปริมาณน้ำที่แนะนำ (ลบ.ม./วินาที) – 2 – ADVICED SUPPLY (m^3/s)

ปริมาณน้ำที่ใช้จริง (ลบ.ม./วินาที) – 3 – ACTUAL DISCHARGE (m^3/s)

ฝนคาดการ (มม./สัปดาห์) – 4 – EXPECTED RAINFALL (mm/w)

ฝนตกจริง (มม./สัปดาห์) – 5 – ACTUAL RAINFALL (mm/w)

ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT — ILACO/EMPIRE M&T

รูปที่ 20 Example of a Zone monitoring report

12 **เงื่อนไข** ในการใช้โปรแกรม WASAM

1. อาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆ ต้องอยู่ในสภาพดี	GOOD INFRASTRUCTURE.
- คลอง	(CANALS)
- ถนน	(ROADS)
- อาคารต่างๆ	(STRUCTURES)
2. กำลังคน	MAN POWER
- ต้องเพียงพอ	(SUFFICIENT)
- มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	(MOTIVATED)
- มีการร่วมมือกันในการปฏิบัติงาน	(WELL ORGANISED)
- มีการฝึกอบรม	(WELL TRAINED)
3. ด้านการติดต่อสื่อสาร	COMMUNICATION
- วิทยุหรือโทรศัพท์	(RADIO/TELEPHONE)
- ถนน	(ROADS)
- การนำส่งข้อมูล	(TRANSPORT)
4. ด้านการบำรุงรักษา	MAINTENANCE
- มีการสำรวจ	(SURVEYS)
- มีผู้ปฏิบัติงานทางด้านนี้	(STAFF)
- มีเครื่องมือ-อุปกรณ์ต่างๆ	(EQUIPMENTS)

สุดท้าย :

WASAM สามารถช่วยลดความยุ่งยากของงานจัดสรรน้ำ งานส่งน้ำและบำรุงรักษาของโครงการต่างๆในเขตโครงการแม่กลองใหญ่ ซึ่งมีระบบส่งน้ำเชื่อมโยงและต่อเนื่องระหว่างหลายโครงการได้

****

13. ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลเพื่อการ Run โปรแกรม WASAM

ตัวอย่างการ Run โปรแกรม WASAM กับโครงการสมมติ คือ DEMON PROJECT ใน KU Irrigation System ซึ่งประกอบด้วย 2 งานส่งน้ำและบำรุงรักษา มีสถานีตรวจวัดข้อมูลภูมิอากาศเพื่อการคำนวณค่า ETo 2 สถานี มีสถานีวัดน้ำฝน 2 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 21 จากลักษณะโครงการดังแสดงในรูปที่ 21 สามารถเขียน Schematic Diagram แสดงการกระจายน้ำให้ข่วงคลองส่งน้ำต่าง ๆ ได้ดังแสดงในรูปที่ 22 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการ Run โปรแกรม WASAM และข้อมูลพื้นที่ส่งน้ำแสดงอยู่ในรูปที่ 23 ตัวอย่างการป้อนข้อมูลทั่วไป ข้อมูลข่วงคลองส่งน้ำ ข้อมูลสำหรับการจัดพิมพ์รายงานระดับต่าง ๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 24

14. เอกสารอ้างอิง

1. ภราดา มีอำพล และวราวุธ วุฒิวณิชย์. โปรแกรม WASAM Version 1.1 วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 20 ปีที่ 7. สิงหาคม - พฤศจิกายน 2536.

2. วราวุธ วุฒิวณิชย์ และวัชระ. การพัฒนาโปรแกรม WASAM Version 2. วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 25 ปีที่ 9. เมษายน - กรกฎาคม 2538.

3. วิทยาลัยการชลประทานและ NEWMASIP คู่มือการใช้โปรแกรม WASAM (Windows Version). กรมชลประทาน. สิงหาคม 2537.

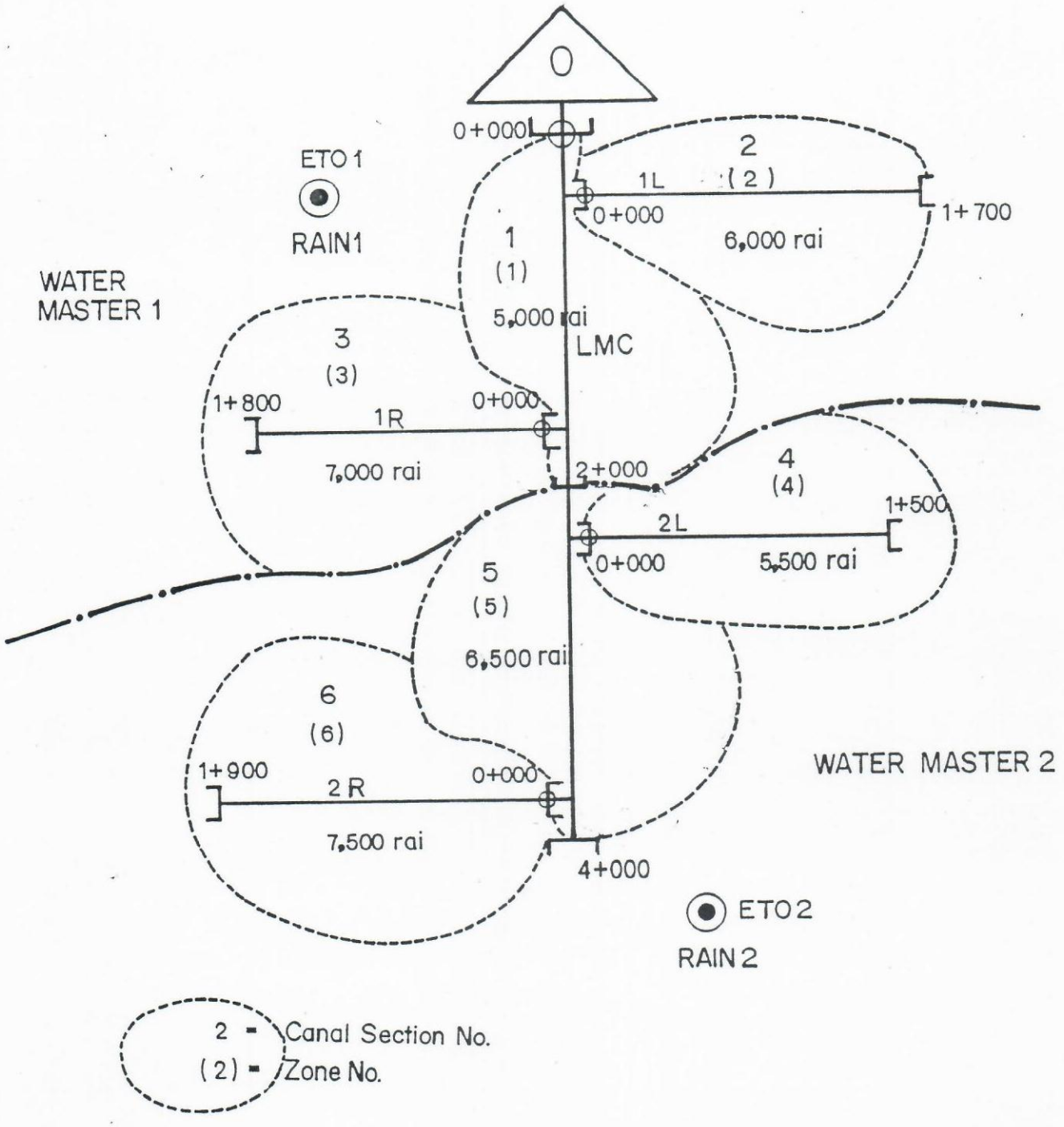
4. Ilaco/Empire M&T. Water Allocation Scheduling and Monitoring. General Program Description. Royal Irrigation Department. April 1988(a).

5. Ilaco/Empire M&T. Water Allocation Scheduling and Monitoring. WASAM Computer Manual. Royal Irrigation Department. April 1988(b)

6. Vudhivanich, V., Water Allocation Scheduling & Monitoring, CEC/ AIT-Training Document, Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University. Kamphaeng-saen Campus, Nakorn Pathom, September 1988.

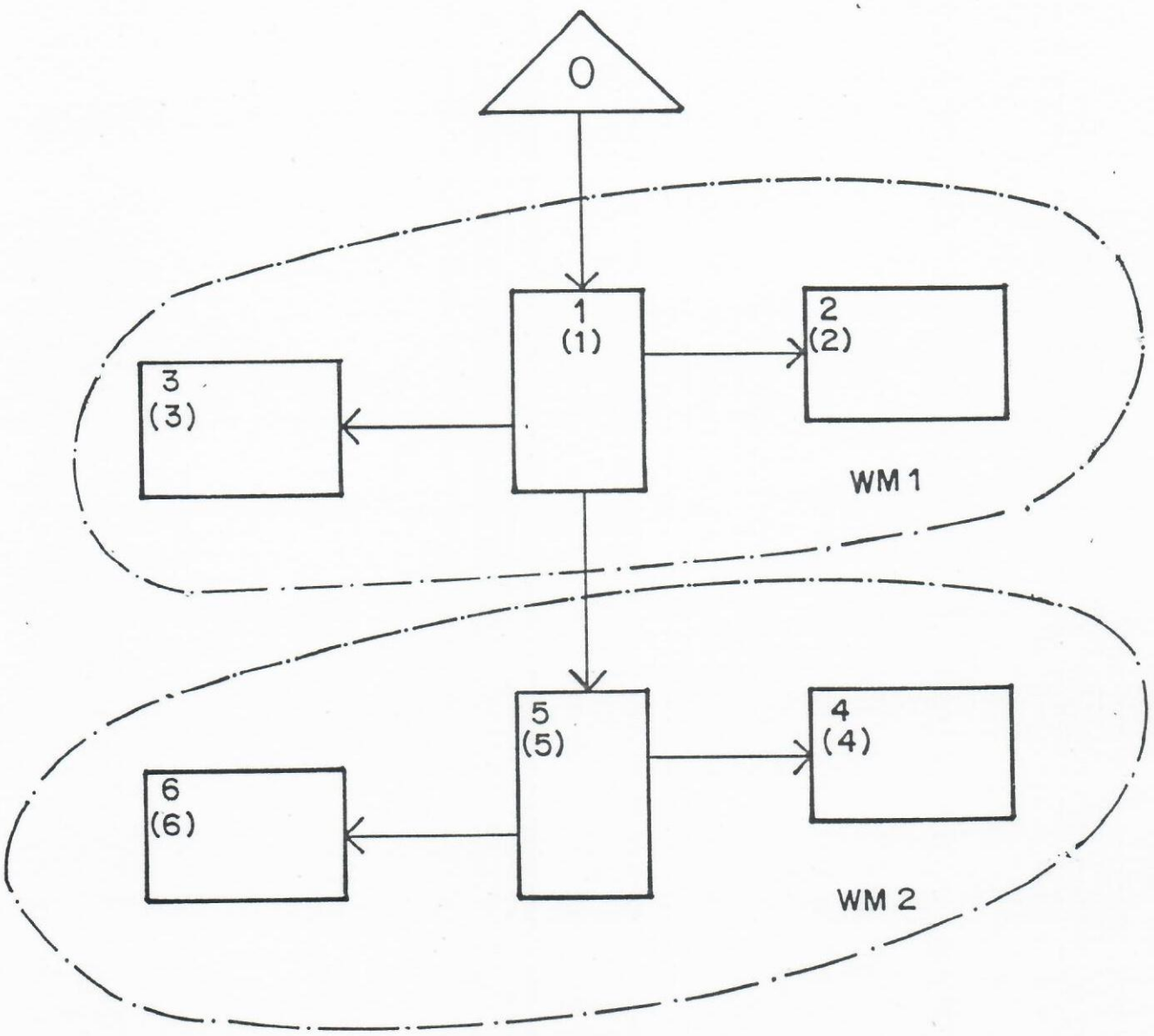
รูปที่ 21

WASAM Demonstration
KU Irrigation System
DEMON Project (Project 1)



รูปที่ 22

Schematic Diagram of Demon Project



Data for Demon Project

1. First Thursday 1995 - 5 January 1995
2. Dry Season 1995 - start week 6 (9 Febuary 1995)
   - only paddy in dry season
3. Monitoring Points 1 , 5
4. Report
   - project engineer = 1 , 5
   - water master 1 = 1 , 2 , 3
   - water master 2 = 4 , 5 , 6

Command Area + Cultivated Area

Ditch Characterstics

WM	ZONE	ZONE COMMAND AREA (rai)	Ditch No.	Ditch Capacity l/s	Ditch Area (rai/ditch)	Total Ditch Area
1	1	5,000	1-4	60	260	4,550
			5-9	90	390	
			10-12	120	520	
	2	6,000	1-4	60	260	5,980
			5-10	90	390	
			11-15	120	520	
	3	7,000	1-5	120	520	6,500
			6-11	150	650	
2	4	5,500	1-3	60	260	5,330
			4-8	90	390	
			9-13	120	520	
	5	6,500	1-5	120	520	6,500
			6-11	150	650	
	6	7,500	1-6	120	520	7,020
			7-12	150	650	

รูปที่ 24

GENERAL DATA

FOR IRRIGATION SYSTEM: AIT

```
NUMBER OF PROJECTS:                              1
PROJECT NAMES:                                   DEMON

NUMBER OF EVAPOTRANSPIRATION STATIONS:   2
NUMBER OF RAINFALL STATIONS:             2
MAXIMUM NUMBER OF CANAL SECTIONS:        300
MAXIMUM NUMBER OF ZONES PER PROJECT:     50
MAXIMUM NUMBER OF DITCHES PER SECTION:   25

FIRST DAY OF THE FIRST POSSIBLE IRR.WEEK:     5/ 1/1995   Thursday

TYPE OF CROPS:                        Padd DS   Padd WS   Sugar C   Other C
DAILY MONITORING POINTS:                 1  5

TOTAL NO. OF DAILY MONITORING POINTS:    2
MONITORING GRAPHS START WEEK:            6
NO. OF WEEKS ON GRAPHS(MAX=23):          21
```

CANAL SYSTEM DATA

FOR IRRIGATION SYSTEM : AIT

Name	Begin	End	Nr	Fat	QMax	QMin	Eff.	ZoWP	Ev	Er	COMAR
LMC	0.000	2.000	1	0	8.625	3.450	.0010	111	1	1	5000
1L	0.000	1.700	2	1	1.380	0.000	.0020	211	1	1	6000
1R	0.000	1.800	3	-1	1.610	0.000	.0020	311	1	1	7000
LMC	2.000	4.000	5	-1	4.485	1.800	.0010	521	2	2	6500
2L	0.000	1.500	4	5	1.265	0.000	.0020	421	2	2	5500
2R	0.000	1.900	6	-5	1.725	0.000	.0020	621	2	2	7500

```
PROGRAM  PRREPMS.BAS
'=====================================================================
' input data line
'=====================================================================
100   DATA  DEMON                                        : 'project area

      '==== WM,{CS(main),CS..CS(branches),0},0   ==> for section 1,2,..
      DATA 1,1,2,3,0,0                                 : 'wm section 1
      DATA 2,5,4,6,0,0                                 : 'wm section 2
      DATA 0

      '====CS,..,CS,0,CS,..,CS,0
      DATA 1,0,0:    '==== Total discharge in and out of the project area

      '==== Water master reports
      '==== WM,FZ(first zone),LZ(last zone),...,FZ,LZ,0,0
      DATA 1,1,3,0,0
      '====CS,..,CS,0,CS,..CS,0
      DATA 1,0,5,0:    '====  Total discharge in and out w.m. sector 1

      DATA 2,4,6,0,0
      DATA 5,0,0 :     '====  Total discharge in and out w.m. sector 2

      DATA 0
      DATA "END"

'=====================================================================
PROGRAM PRREPZO.BAS
'=====================================================================
' input data line
'=====================================================================
      DATA " DEMON ":      '==== project area
      'FZ,LZ,....,FZ,LZ,0,0
      DATA 1,6,0,0
      DATA "END"
'=====================================================================
```

บทที่ 10

การส่งน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง

(Operation of Huai Aeng System)

1. บทนำ

การส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดส่งน้ำชลประทานให้พืชตามเวลาที่พืชต้องการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวการส่งน้ำจะต้องประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) การวางแผนการส่งน้ำ (Planning the operation) เพื่อเตรียมแผนการส่งน้ำตามความต้องการของพืชและสอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่

(2) การปฏิบัติงานตามแผน (Implementation of the plan)

(3) การติดตามผลการปฏิบัติงาน (Monitoring of the operation) เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการใช้น้ำและการจัดเตรียมรายงาน

เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนดังกล่าวได้ผลดี เจ้าหน้าที่ชลประทานจำเป็นต้องมีความรู้ความชำนาญทางด้านเทคนิคอย่างเพียงพอ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขนบธรรมเนียมประเพณีของสังคม และมีขีดความสามารถในการติดต่อสื่อสารที่ดีพอ

2. ระบบส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง

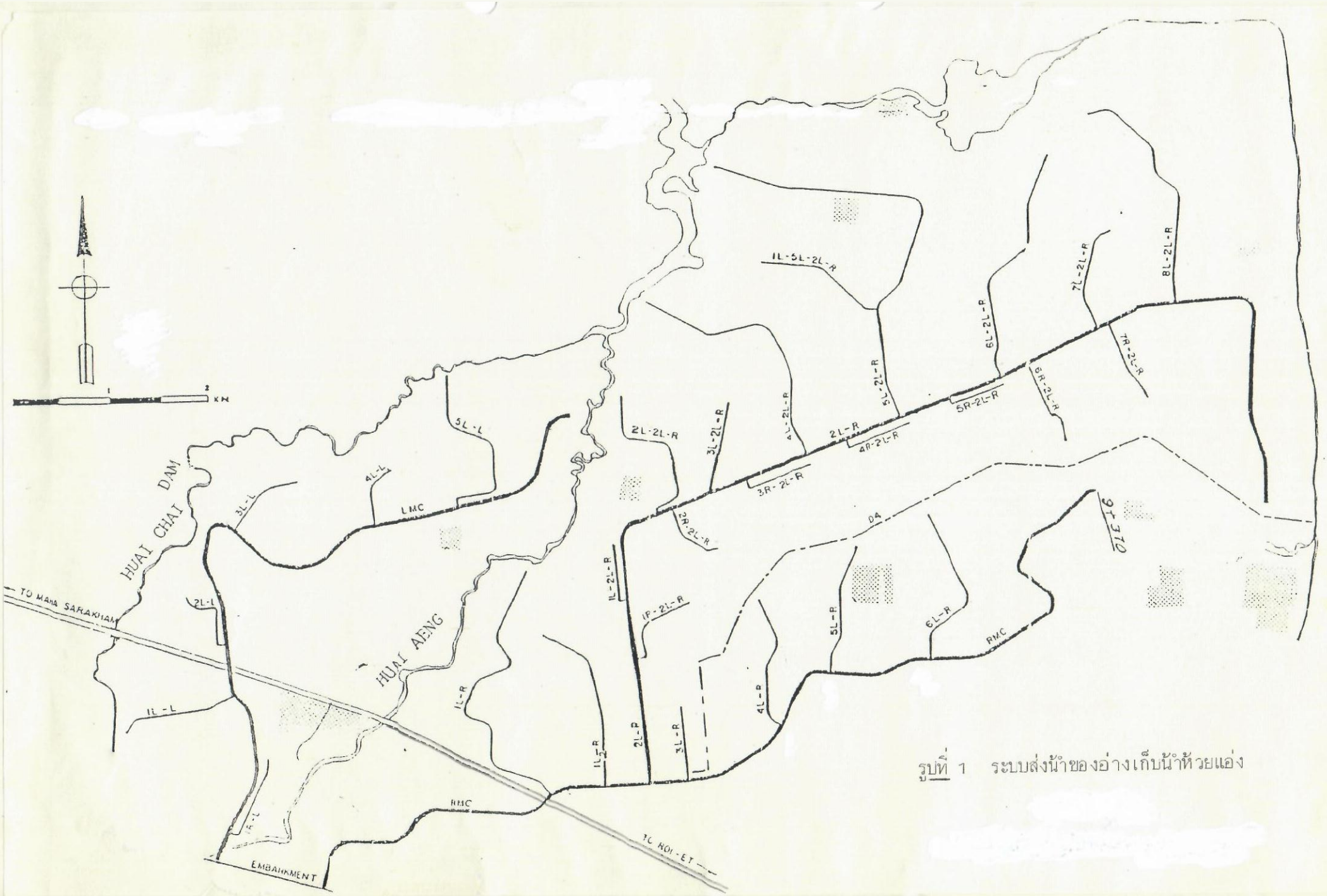
ระบบส่งน้ำชลประทานห้วยแอ่ง (ดูรูปที่ 1) แบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อยคือ ระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ และระบบคูน้ำในไร่นา

2.1 ระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ (Main System)

ประกอบด้วยคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย คลองสายใหญ่ฝั่งขวา และคลองซอย 2L-R ซึ่งเป็นคลองที่ดาดด้วยคอนกรีตทั้งหมด

2.2 ระบบคูน้ำในไร่นา (On-Farm System)

ประกอบด้วยคูส่งน้ำสายใหญ่ (Main Ditch) ซึ่งดาดด้วยคอนกรีต เพื่อนำน้ำจากระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ไปส่งให้คูน้ำในไร่นา (Farm Ditch) ซึ่งต่อไปจะเรียกสั้น ๆ ว่า คูน้ำ



รูปที่ 1 ระบบส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง

รูปที่ 2 แสดงการแบ่งระบบคลองส่งน้ำและระบบคูส่งน้ำให้เห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น น้ำจากอ่างเก็บน้ำจะถูกปล่อยผ่านคลองเข้าสู่คูส่งน้ำสายใหญ่และจากคูส่งน้ำสายใหญ่เข้าสู่คูน้ำตามลำดับ คูน้ำจะทำหน้าที่กระจายน้ำผ่านท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout) เข้าสู่แปลงต่าง ๆ ในแฉกอีกทีหนึ่ง แต่ละแฉกจะมีเนื้อที่ 100 - 150 ไร่

3. การแบ่งเขตรับผิดชอบในการส่งน้ำและบำรุงรักษา

กรมชลประทานจะรับผิดชอบการส่งน้ำและบำรุงรักษาเฉพาะระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ ส่วนระบบคูน้ำในไร่นาจะเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของกลุ่มผู้ใช้น้ำหรือเกษตรกร (ดูรูปที่ 2) การแบ่งเขตรับผิดชอบดังกล่าวเป็นนโยบายของกรมชลประทานที่จะดึงเกษตรกรให้เข้ามามีส่วนร่วมในการส่งน้ำและบำรุงรักษาโครงการชลประทาน

4. การวางแผนการส่งน้ำ (Planning the operation)

การส่งน้ำของโครงการห้วยแอ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ

(1) ช่วงเตรียมแปลง (Land Preparation Period)

(2) ช่วงการส่งน้ำปกติ (Normal Irrigation Period)

และได้มีการกำหนดแนวทางการส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำและในระบบคูน้ำในไร่นาไว้ดังนี้

4.1 แนวความคิดในการส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่

(Main System Operation Concept)

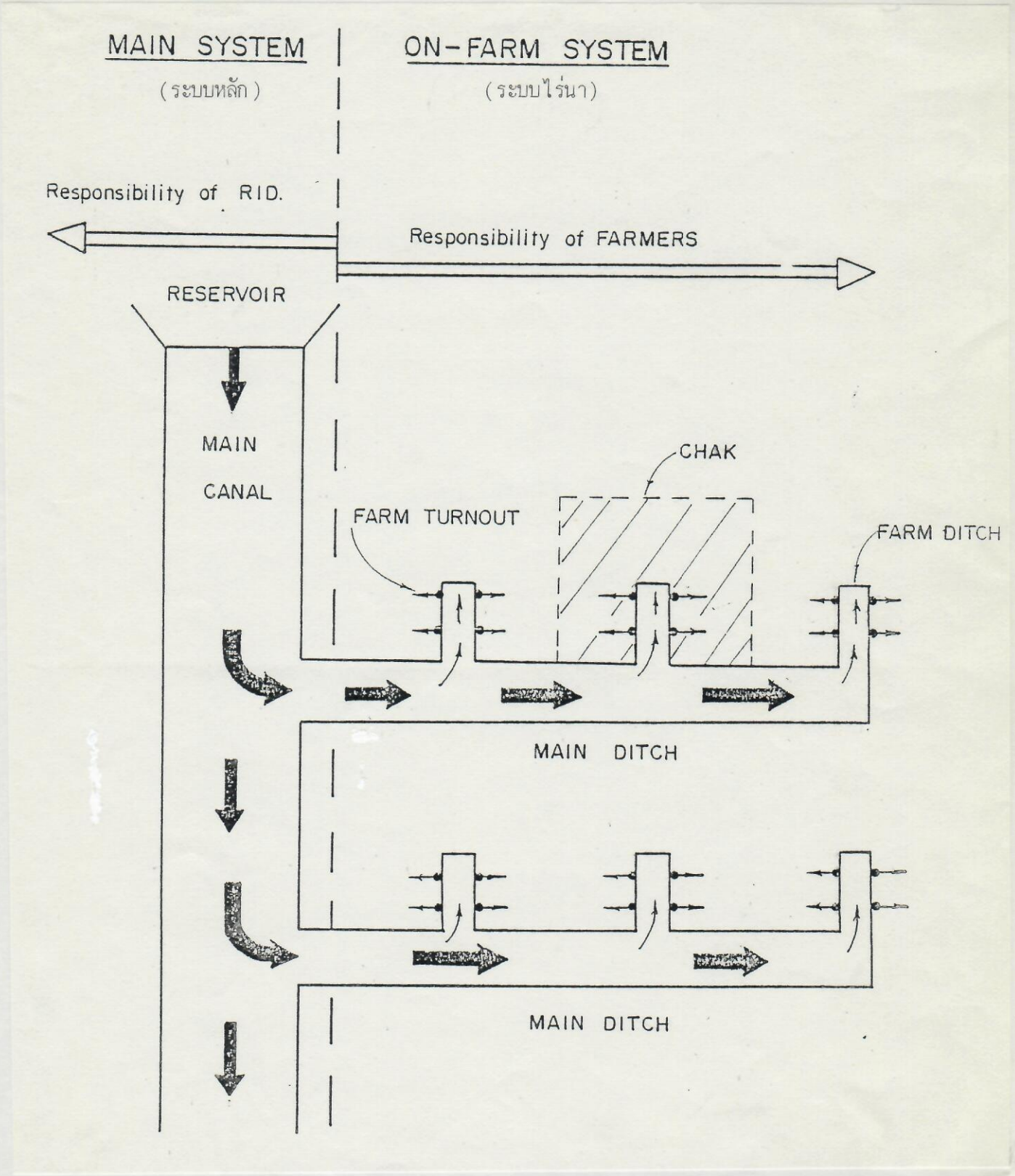
แนวความคิดในการส่งน้ำในระบบคลองแสดงอยู่ในรูปที่ 3

4.1.1 ช่วงการเตรียมแปลง (90 วันแรก)

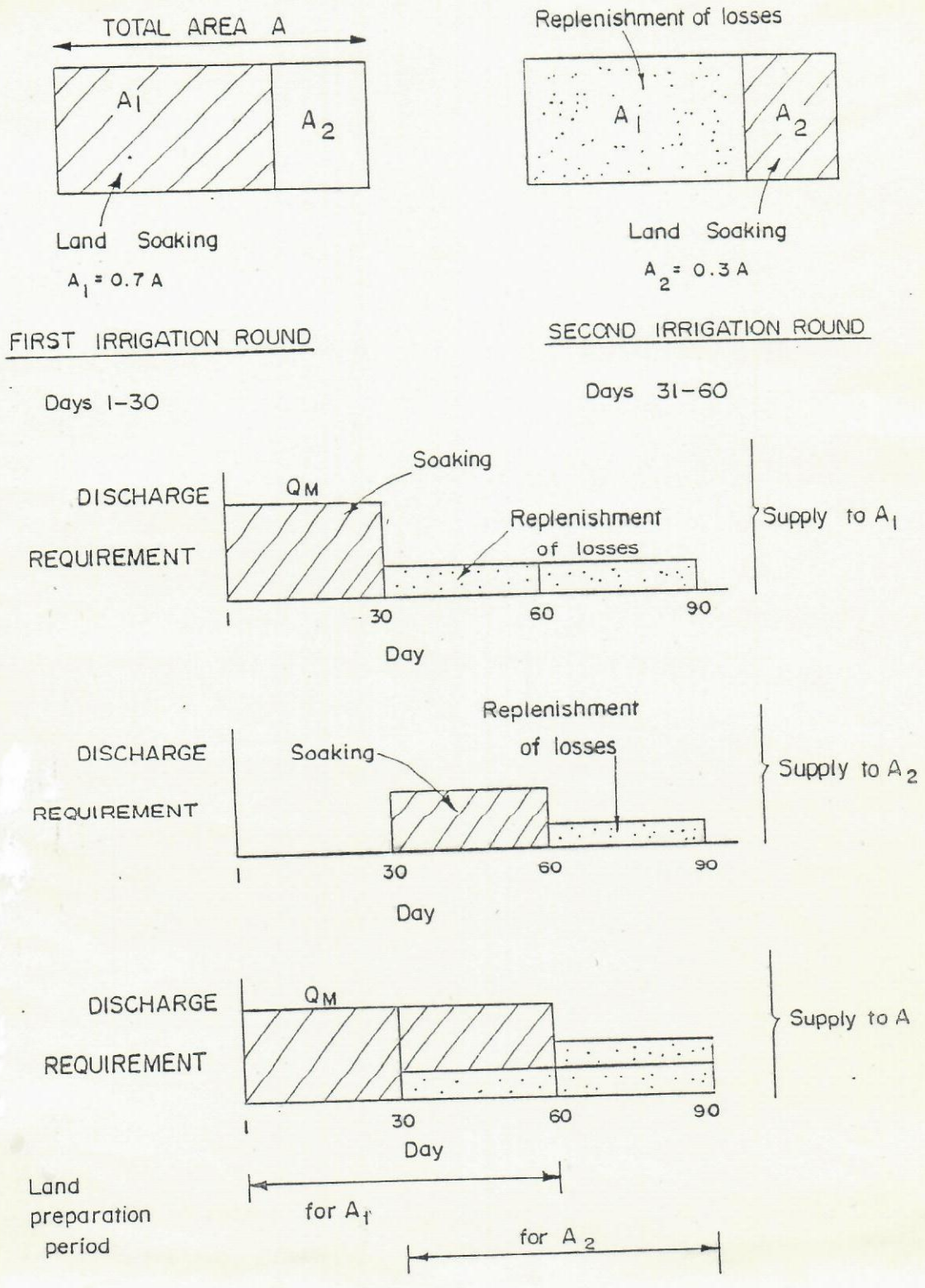
การส่งน้ำในระบบคลองในช่วงเตรียมแปลงจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ

(1) ช่วงทำให้ดินอิ่มตัว (Soaking Period) การส่งน้ำรอบแรกระหว่างวันที่ 1 - 30

พื้นที่โครงการทั้งหมด A จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ A_1 และ A_2 A_1 มีพื้นที่ 70% และ A_2 มีพื้นที่ 30% ในช่วงนี้จะส่งน้ำเฉพาะเพื่อการเตรียมแปลงในพื้นที่ A_1 เท่านั้น ยังไม่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_2



รูปที่ 2 การจัดแบ่งระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่และระบบคูน้ำในไร่นา



รูปที่ 3 แนวความคิดในการส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่และคลองซอย
ในช่วงเตรียมแปลง

(2) ช่วงทำให้ดินอิ่มตัวและชดเชยน้ำที่สูญหายไป (Soaking and Replenishment Period): การส่งน้ำรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 31 - 60

ในช่วงนี้จะส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวในพื้นที่ A_2 และขณะเดียวกันก็จะส่งน้ำไปชดเชยน้ำที่สูญเสียไปในพื้นที่ A_1

(3) ช่วงชดเชยน้ำที่สูญหายไป (Period of Replenishment Only): ระหว่างวันที่ 61 - 90

จะต้องส่งน้ำไปชดเชยน้ำที่สูญหายไปทั้งพื้นที่ A ปริมาณน้ำที่ต้องส่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของข้าว ฝนใช้การและการรั่วซึมในแปลงนา

การแบ่งพื้นที่เตรียมแปลงในการส่งน้ำในรอบแรกและรอบที่สองออกเป็น A_1 = 70 % และ A_2 = 30 % มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ Q_m มีค่าคงที่ในการส่งน้ำทั้ง 2 รอบ

และเพื่อลดปัญหาทางด้านสังคม ควรเลือกพื้นที่ A_1 ให้อยู่ในช่วงต้นคลอง และ A_2 อยู่ในช่วงท้ายคลอง

4.1.2 ช่วงการส่งน้ำปกติ (หลังจากเริ่มการส่งน้ำ 90 วัน)

การส่งน้ำให้พื้นที่ทั้งหมด ในช่วงนี้จะเป็นไปตามความต้องการน้ำชลประทานของแปลง (Field Requirement) ในทำนองเดียวกับช่วงชดเชยน้ำที่สูญหายไป (Replenishment Only) (วันที่ 61 - 90)

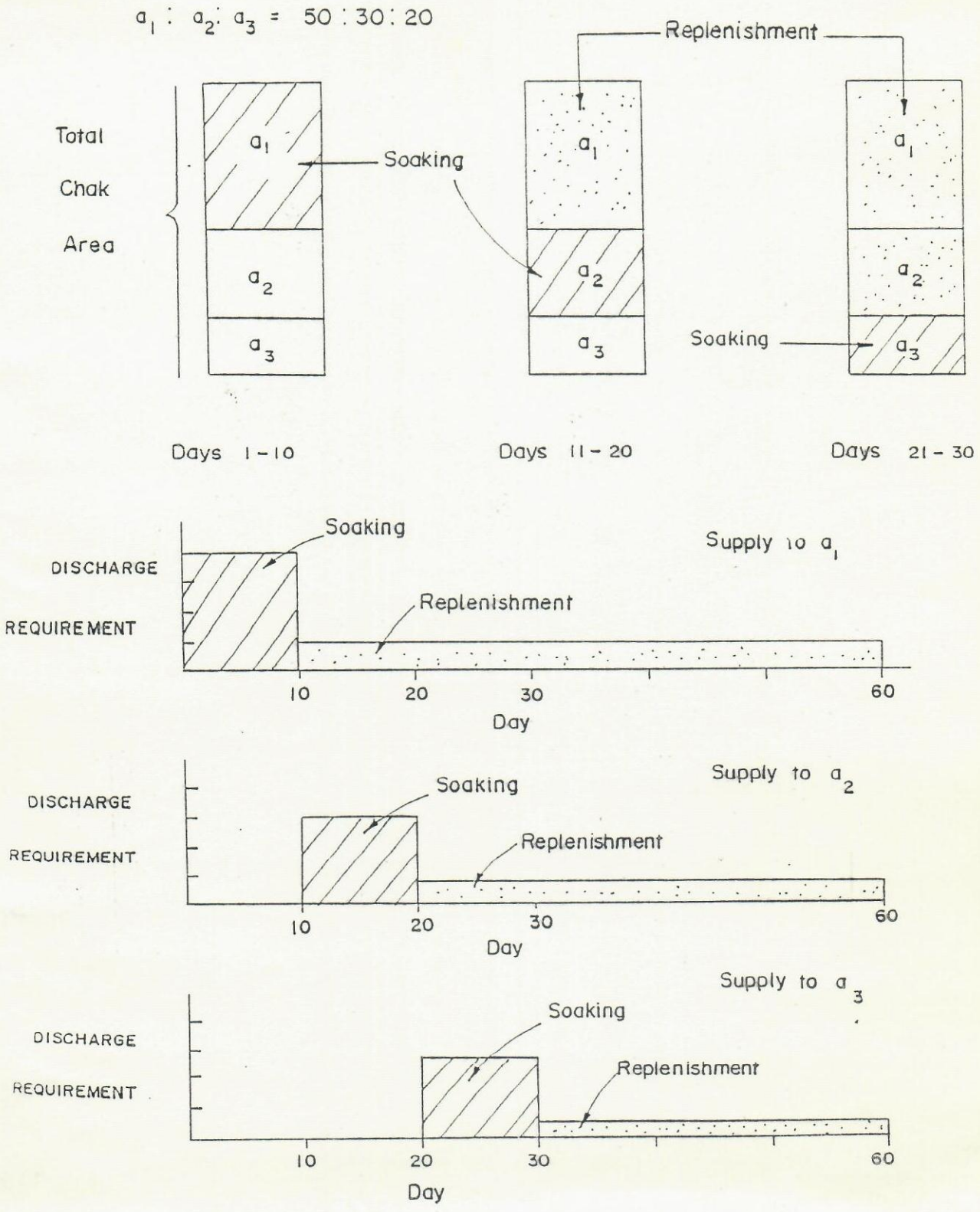
4.2 แนวความคิดในการส่งน้ำในระบบคูน้ำในไร่นา

4.2.1 ช่วงเตรียมแปลงรอบแรก

ในช่วงนี้จะส่งน้ำให้คูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำในพื้นที่ A_1 โดยจะแบ่งการส่งน้ำออกเป็น 2 ช่วงคือ

(1) ช่วงทำให้ดินอิ่มตัว (วันที่ 1 - 30)

แนวความคิดในการส่งน้ำในช่วงนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 4 พื้นที่แต่ละแฉก (Irrigation Unit) จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ a_1, a_2 และ a_3 ซึ่งมีพื้นที่ 50 %, 30 % และ 20 % ของพื้นที่แฉกตามลำดับ เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคูมีค่าคงที่ แนวความคิดในการส่งน้ำให้พื้นที่ a_1, a_2 และ a_3 มีดังนี้.-



รูปที่ 4 แนวความคิดในการส่งน้ำให้ดูน้ำในช่วงเตรียมแปลง

วันที่ 1 - 10 ส่งน้ำให้ a_1 เพื่อทำให้ดินอิ่มตัว

วันที่ 11 - 20 ส่งน้ำให้ a_2 เพื่อทำให้ดินอิ่มตัวและชดเชยส่วนที่สูญหายไปในพื้นที่ a_1

วันที่ 21 - 30 ส่งน้ำให้ a_3 เพื่อทำให้ดินอิ่มตัวและชดเชยส่วนที่สูญหายไปใน a_1 และ a_2

(2) ช่วงชดเชยส่วนที่สูญหายไป (Replenishment Period) วันที่ 31 - 60

ในช่วงนี้จะส่งน้ำให้เกษตรกรทั้งแฉกเพื่อปักดำให้เสร็จ การส่งน้ำจะส่งตามความต้องการน้ำชลประทานของข้าว

4.2.2 ช่วงเตรียมแปลงรอบสอง

ช่วงนี้จะเป็นการส่งน้ำให้คูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำ ในพื้นที่ A_2 เพื่อการเตรียมแปลงในทำนองเดียวกับรอบแรก แต่เริ่มช้ากว่า 30 วัน

4.2.3 ช่วงการส่งน้ำปกติ

หลังจากเสร็จการเตรียมแปลงทั้ง 2 รอบ การส่งน้ำให้ทุกแฉกในพื้นที่ A_1 และ A_2 จะทำเพื่อชดเชยส่วนที่สูญหายไปตามปริมาณความต้องการน้ำของแปลงข้าว

4.3 เกณฑ์การส่งน้ำสำหรับช่วงฤดูฝน (Operation Criteria for Wet Season)

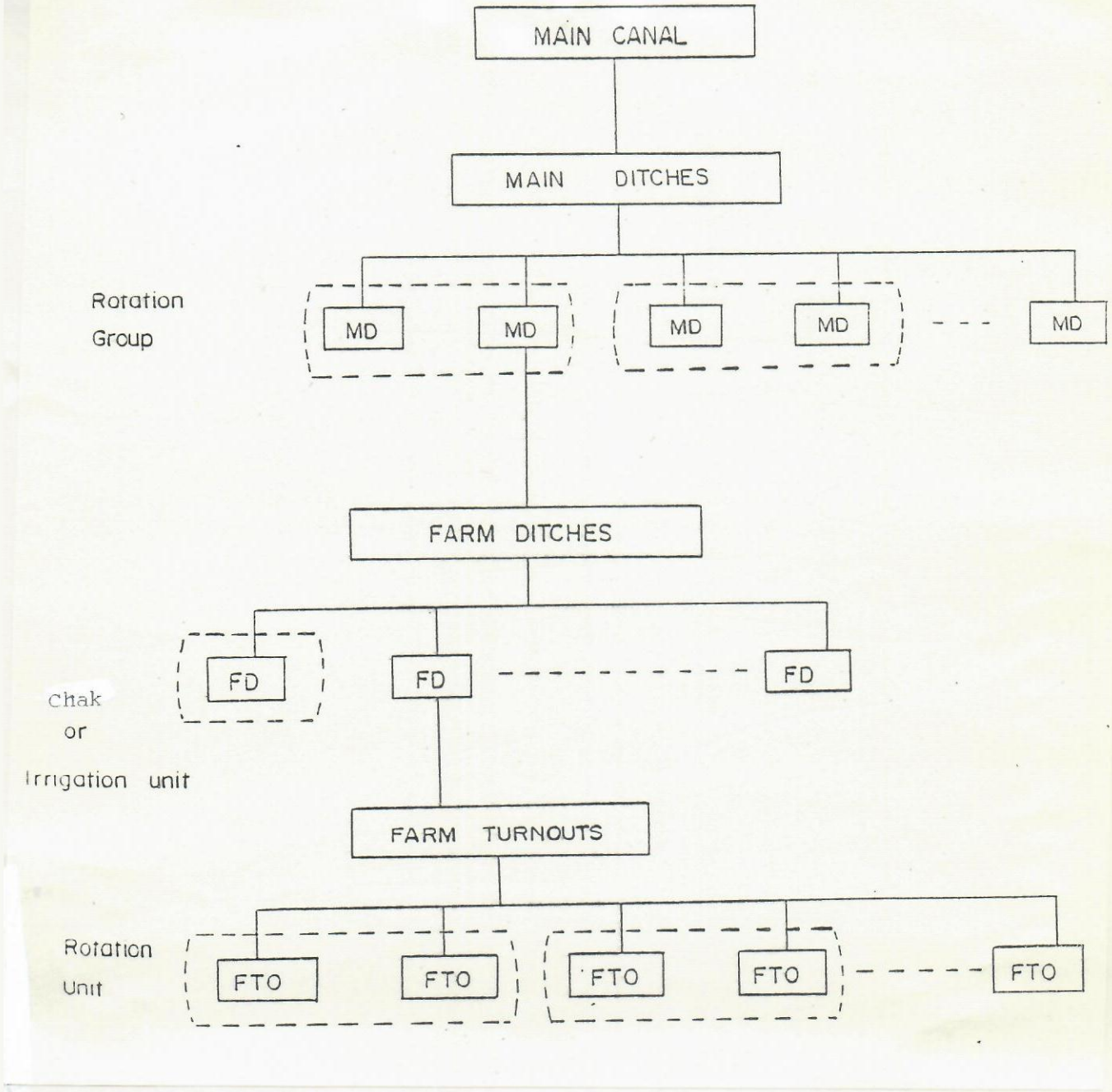
สมมติว่าปลูกข้าวเพียงอย่างเดียวในช่วงฤดูฝน และโครงสร้างตามลำดับของระบบส่งน้ำแสดงอยู่ในรูปที่ 5

4.3.1 เกณฑ์การส่งน้ำในคลองส่งน้ำสายใหญ่

ทั้งในช่วงเตรียมแปลงและช่วงปกติมีดังนี้

(1) ให้ส่งน้ำแบบหมุนเวียนในคลองส่งน้ำสายใหญ่ ซึ่งเฉพาะคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำที่ต่อกับคลองในช่วงนั้นจะได้รับน้ำ

(2) ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่มีค่าคงที่ในแต่ละเดือน โดยจะมีการปรับปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองในช่วงเดือนให้น้อยที่สุด การปรับปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่จะทำเฉพาะวันที่ฝนตกหนักเท่านั้น



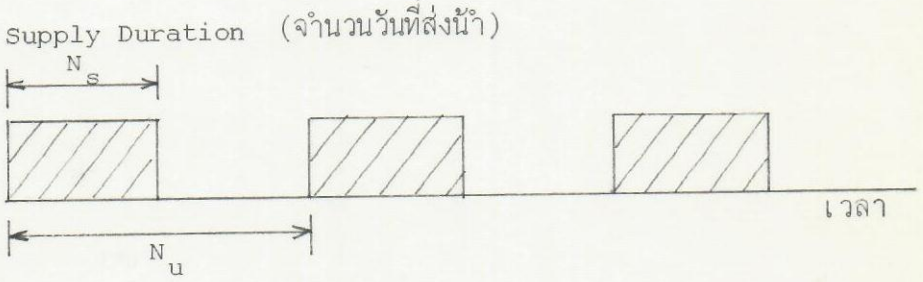
รูปที่ 5 โครงสร้างตามลำดับของระบบส่งน้ำ

(3) คำนวณปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ล่วงหน้า จากตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของคูส่งน้ำสายใหญ่ หรือคูน้ำที่รับน้ำจากคลองสายใหญ่ในช่วงนั้น ๆ

(4) ต้องมีการปรับอาคารอัดน้ำกลางคลองส่งน้ำสายใหญ่ในแต่ละเดือน เพื่อรักษาระดับน้ำในคลองให้ไหลเข้าคูน้ำได้ตามที่ต้องการ การปรับอาคารอัดน้ำจะต้องทำให้สอดคล้องกับรอบเวรการส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำ

4.3.2 เกณฑ์การส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่

เนื่องจากส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่เกี่ยวข้องกับการส่งน้ำหมุนเวียน จึงขอนิยามคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการส่งน้ำแบบหมุนเวียนไว้ในรูปที่ 6 ไว้ดังนี้



รูปที่ 6 ตัวอย่างตารางการส่งน้ำ (Supply Schedule)

จำนวนวันที่ส่งน้ำ (Supply Duration, N_s) หมายถึงจำนวนวันที่ส่งน้ำด้วยอัตราที่กำหนดให้เข้าคูส่งน้ำสายใหญ่หรือคูน้ำในช่วงวันระหว่างการส่งน้ำ (Supply Interval)

จำนวนวันระหว่างการส่งน้ำ (Supply Interval, N_u) หมายถึงจำนวนวันระหว่างการเริ่มส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่ หรือคูน้ำ

แฟคเตอร์จำนวนวันที่ส่งน้ำ (Supply Duration Factor, r) หมายถึงอัตราส่วนระหว่าง N_s ต่อ N_u

เกณฑ์ในการส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำมีดังต่อไปนี้

(1) ช่วงการส่งน้ำปกติ

1. ส่งน้ำเข้าคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำให้ถึงระดับที่ออกแบบไว้ (Design Capacity) ในช่วงวันที่ส่งน้ำ (N_s) และงดการส่งน้ำในช่วงวันที่เหลือของช่วงวันระหว่างการส่งน้ำ (N_u) จะไม่ส่งน้ำน้อยกว่าระดับที่ออกแบบไว้

2. วันที่ส่งน้ำ (N_s) และวันระหว่างการส่งน้ำ (N_u) ในคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำจะมีค่าเท่ากัน ค่า N_s จะกำหนดเพื่อให้การส่งน้ำทำได้สะดวกและจะกำหนดให้คงที่ตลอด ส่วน N_u จะมีค่าเปลี่ยนไปในแต่ละเดือนตามปริมาณความต้องการน้ำชลประทานในแต่ละเดือน

3. ไม่ส่งน้ำหมุนเวียนในคูส่งน้ำสายใหญ่ ซึ่งจะทำให้คูน้ำได้รับน้ำจากคูส่งน้ำสายใหญ่พร้อมกันในวันที่ส่งน้ำ (N_s)

4. จะส่งน้ำแบบหมุนเวียนในคลองส่งน้ำสายใหญ่ โดยการแบ่งคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำตามแนวคลองส่งน้ำสายใหญ่ออกเป็น G กลุ่มหมุนเวียน (Rotation Groups) โดยกำหนดให้อัตราการส่งน้ำให้แต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้ก็เพื่อให้อัตราการส่งน้ำในคลองส่งน้ำสายใหญ่มีค่าคงที่

5. ค่า G จะเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน ตามแฟคเตอร์วันที่ส่งน้ำ (r) และเพื่อให้การส่งน้ำทำได้สะดวก

6. เตรียมตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของคูส่งน้ำสายใหญ่ล่วงหน้าทุกเดือน และประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรทราบล่วงหน้าโดยการเขียนกำหนดการส่งน้ำลงในแผ่นป้าย (Sign-Board) ที่ติดตั้งอยู่ใกล้ประตูระบายปากคูส่งน้ำสายใหญ่ หรือสถานที่ที่กลุ่มผู้ใช้น้ำเลือกขึ้น ตัวอย่างตารางการส่งน้ำหมุนเวียนสำหรับค่า N_u ต่าง ๆ เมื่อ $N_s = 4$ แสดงอยู่ในรูปที่ 7

(2) ช่วงเตรียมแปลง

1. ใช้เกณฑ์การส่งน้ำในช่วงการเตรียมแปลงตามที่กล่าวมาแล้ว

2. การจัดกลุ่มหมุนเวียนสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่มีแนวทางดังนี้

(ก) วันที่ 1-30 ให้หมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_1 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 70 % สำหรับการทำให้ดินอิ่มตัว

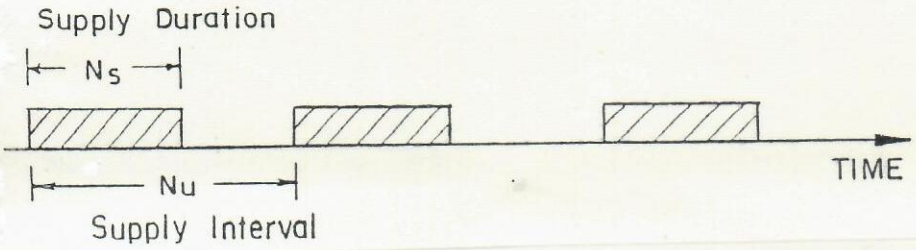
SUPPLY DURATION N_S = 4 DAYS

Ns/Nu	Nu (Days)	No. of Groups, G	Group No.	Day 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
.80	5	5 (lag = 1)	1																
			2																
			3																
			4																
			5																
.67	6	3 (lag = 2)	1																
			2																
			3																
.57	7	7 (lag = 1)	1																
			2																
			3																
			4																
			5																
			6																
			7																
.50	8	2 (lag = 4)	1																
			2																
.44	9	9 (lag = 1)	1																
			2																
			3																
			4																
			5																
			6																
			7																
			8																
			9																
.40	10	5 (lag = 2)	1																
			2																
			3																
			4																
			5																

รูปที่ 7 ตัวอย่างการกำหนดจำนวนกลุ่มหมุนเวียนและตารางการส่งน้ำ

SUPPLY DURATION N_s = 4 DAYS

Ns / Nu	Nu (Days)	No. of Groups, G	Group No.	Day 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
.36	11	11 (lag = 1)	1	———	———	———	———												
			2		———	———	———	———											
			3			———	———	———	———										
			4				———	———	———	———									
			5					———	———	———	———								
			6						———	———	———	———							
			7							———	———	———	———						
			8								———	———	———	———					
			9	———								———	———	———					
			10	———	———								———	———					
			11	———	———	———	———							———					
.33	12	3 (lag = 4)	1	———	———	———	———	———											
			2					———	———	———	———								
			3									———	———	———	———				
.28	14	7 (lag = 2)	1	———	———	———	———												
			2			———	———	———	———										
			3					———	———	———	———								
			4							———	———	———	———						
			5									———	———	———	———				
			6											———	———	———	———		
			7	———											———	———	———		
.25	16	4 (lag = 4)	1	———	———	———	———												
			2					———	———	———	———								
			3									———	———	———	———				
			4													———	———	———	———



รูปที่ 7 (ต่อ)

(ข) วันที่ 31-60 ให้หมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_1 สำหรับการส่งน้ำเพื่อชดเชยน้ำที่สูญหายไป

(ค) วันที่ 31-60 ให้หมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_2 สำหรับการทำให้ดินอิ่มตัว

การจัดตารางการส่งน้ำหมุนเวียนสำหรับ (ข) และ (ค) ควรทำในลักษณะที่ทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่มีค่าคงที่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.3.3 เกณฑ์การส่งน้ำในคูน้ำ (Farm Ditch)

(1) ช่วงการส่งน้ำปกติ (เริ่มวันที่ 31 หลังจากส่งน้ำเข้าคูครั้งแรก)

1. ส่งน้ำเข้าคูน้ำถึงระดับที่ออกแบบไว้ตลอดช่วงวันที่ส่งน้ำ N_s และไม่ส่งน้ำในช่วงวันที่เหลือ

2. พื้นที่แฉก (Chack or Irrigation Unit) ซึ่งรับน้ำจากคูน้ำจะแบ่งออกเป็นหน่วยหมุนเวียน (Farm Turnout) ซึ่งแต่ละหน่วยหมุนเวียนจะรับน้ำจากท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout) 1 ท่อหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของคูน้ำดังนี้

- ตามปกติหน่วยหมุนเวียนจะประกอบด้วย ท่อส่งน้ำเข้านา 1 ท่อ ซึ่งส่งน้ำให้แปลงใดแปลงหนึ่งหรือเพียงบางส่วนของแปลง

- ถ้าขนาดความจุคูน้ำมากกว่าขนาดท่อส่งน้ำเข้านา จะส่งน้ำให้หลายท่อส่งน้ำเข้านาพร้อม ๆ กัน เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ส่งผ่านท่อส่งน้ำเข้านาทั้งหมดเท่ากับขนาดความจุคูน้ำที่ออกแบบไว้ ในกรณีนี้หน่วยหมุนเวียนจะประกอบด้วยกลุ่มของท่อส่งน้ำเข้านา ซึ่งส่งน้ำให้กับกลุ่มของแปลงหรือบางส่วนของแปลงหลาย ๆ แปลง

3. ส่งน้ำแบบหมุนเวียนในคูน้ำ แต่ละหน่วยหมุนเวียนจะได้รับน้ำตามส่วนของพื้นที่ในแต่ละรอบเวรการส่งน้ำตามตารางการส่งน้ำหมุนเวียนที่กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มฤดูกาล

4. ตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของหน่วยหมุนเวียนในแต่ละแฉกจะคงเดิมตลอดช่วงการส่งน้ำปกติ เมื่อพิจารณาจาก N_s ทั้งนี้เพื่อให้การจัดการน้ำในไร่นา (Farm) โดยกลุ่มผู้ใช้น้ำทำได้ง่ายเข้า

5. ต้องมีการปิด-เปิด (Operate) อาคารแบ่งน้ำ (Division Box) ให้สอดคล้องกับตารางการส่งน้ำหมุนเวียน

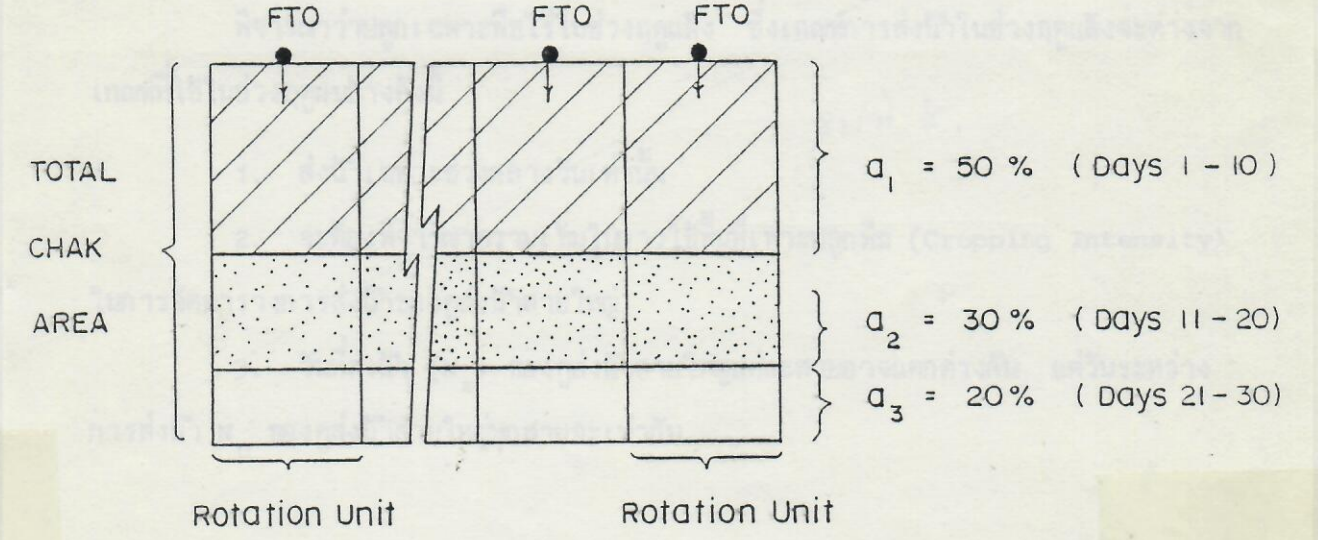
6. ใช้อาคารอัดน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ (Movable Check) ในคูน้ำในไร่นา (Farm Ditch) เพื่ออัดน้ำให้ได้ระดับตามที่ท่อส่งน้ำทางด้านเหนือน้ำต้องการ ซึ่งเป็นหน้าที่ของกลุ่มผู้ใช้น้ำ

(2) ช่วงเตรียมแปลง

1. ใช้เกณฑ์การส่งน้ำเช่นเดียวกับการส่งน้ำในช่วงปกติ

2. ในช่วงทำให้ดินอิ่มตัว (Soaking Period) วันที่ 1-30 พื้นที่ในแต่ละแฉกจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามที่แสดงในรูปที่ 8 กลุ่มที่ 1, 2 และ 3 จะมีพื้นที่ 50 %, 30 % และ 20 % ของพื้นที่แฉกตามลำดับ จะส่งน้ำให้พื้นที่แต่ละกลุ่มเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวเป็นเวลา 10 วัน

3. หน่วยหมุนเวียนต่าง ๆ อาจมีตารางการรับน้ำต่างกันในแต่ละช่วง 10 วัน แต่ตารางการรับน้ำจะต้องสอดคล้องกับตารางการส่งน้ำของคูน้ำในไร่นาในช่วงเวลาเดียวกัน



รูปที่ 8 ไดอะแกรมแสดงหน่วยหมุนเวียนและการแบ่งพื้นที่แต่ละหน่วยหมุนเวียนเป็น 3 กลุ่ม

4.4 เกณฑ์การส่งน้ำในช่วงฤดูแล้ง

พิจารณาว่าปลูกเฉพาะพืชไร่ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเกณฑ์การส่งน้ำในช่วงฤดูแล้งจะต่างจากเกณฑ์ที่ใช้ในช่วงฤดูฝนบ้างดังนี้

1. ส่งน้ำเฉพาะช่วงกลางวันเท่านั้น

2. จะต้องพิจารณาความเข้มในการใช้พื้นที่เพาะปลูกพืช (Cropping Intensity) ในการจัดตารางการส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่

3. วันที่ส่งน้ำ (N_s) ของคูส่งน้ำสายใหญ่แต่ละสายอาจแตกต่างกัน แต่วันระหว่างการส่งน้ำ N_u ของคูส่งน้ำสายใหญ่ทุกสายจะเท่ากัน

4. ถ้าความเข้มในการใช้พื้นที่เพาะปลูกของแต่ละแฉกแตกต่างกันมาก การส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่อาจไม่ถึงระดับความจุที่ออกแบบไว้ได้

4.5 ขั้นตอนในการวางแผนการส่งน้ำในช่วงฤดูฝน

การวางแผนการส่งน้ำจะต้องทำล่วงหน้า 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มฤดูฝน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินค่าความต้องการน้ำของพืชในแต่ละเดือนและความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำและคูส่งน้ำสายใหญ่ประจำเดือน โดยใช้ค่าประสิทธิภาพในการให้น้ำและการส่งน้ำที่เหมาะสม

2. แบ่งกลุ่มหมุนเวียนและเตรียมตารางการส่งน้ำสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำ

3. หาอัตราการส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ในแต่ละเดือนตามตารางการส่งน้ำหมุนเวียน

4. จัดแบ่งหน่วยหมุนเวียนในแต่ละแฉกและจัดตารางการส่งน้ำหมุนเวียนภายในคูน้ำแต่ละสายให้สอดคล้องกับตารางการส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่ ทั้งในช่วงเตรียมแปลงและช่วงส่งน้ำปกติ

ในทางปฏิบัติจะต้องทำตามขั้นตอนการวางแผนการส่งน้ำดังกล่าวเฉพาะในช่วง 2-3 ปีแรก ซึ่งการก่อสร้างระบบชลประทานยังไม่เสร็จและยังไม่ทราบพื้นที่เพาะปลูกแน่ชัด เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ออกไปเรื่อย ๆ ตามพื้นที่ชลประทานที่ขยายออกไป แต่หลังจากก่อสร้างระบบเสร็จตารางการส่งน้ำจะเข้าสู่รูปมาตรฐาน แต่อาจจะมีการดัดแปลงแก้ไขบ้างเล็กน้อยในแต่ละปีเท่านั้น

ในการวางแผนการส่งน้ำ ขั้นแรกต้องกำหนดปฏิทินการปลูกพืช (Crop Calendar) ของโครงการ เช่น ปลูกข้าว 100 % เต็มพื้นที่ในช่วงฤดูฝน แต่ควรสำรวจพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกเพื่อการวางแผน

4.5.1 ความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Water Requirements)

(1) ช่วงการส่งน้ำปกติ (Normal Irrigation)

วิธีการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานแสดงอยู่ในรูปที่ 9

1. ความต้องการน้ำของพืช (Crop Water Requirement, CWR)

นอกเหนือจากเดือนที่เตรียมแปลง ความต้องการน้ำของพืชจะหาได้จากสมการ

$$CWR = K_c \times ET_o + P \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

เมื่อ CWR = ความต้องการน้ำของพืชเป็น มม./วัน

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 1 โดยกำหนดว่าข้าวโพดเป็นตัวแทนของพืชไร่

ET_o = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเป็น มม./วัน ซึ่งคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศโดยสูตร Modified Penman ดังแสดงในตารางที่ 2

P = อัตราการรั่วซึมเป็น มม./วัน และเนื่องจากดินในเขตพื้นที่ของห้วยแอ่งเป็นดินทรายปนดินร่วน จึงกำหนดว่าค่า P เฉลี่ย = 3 มม./วัน

($P = 0$ สำหรับพืชไร่)

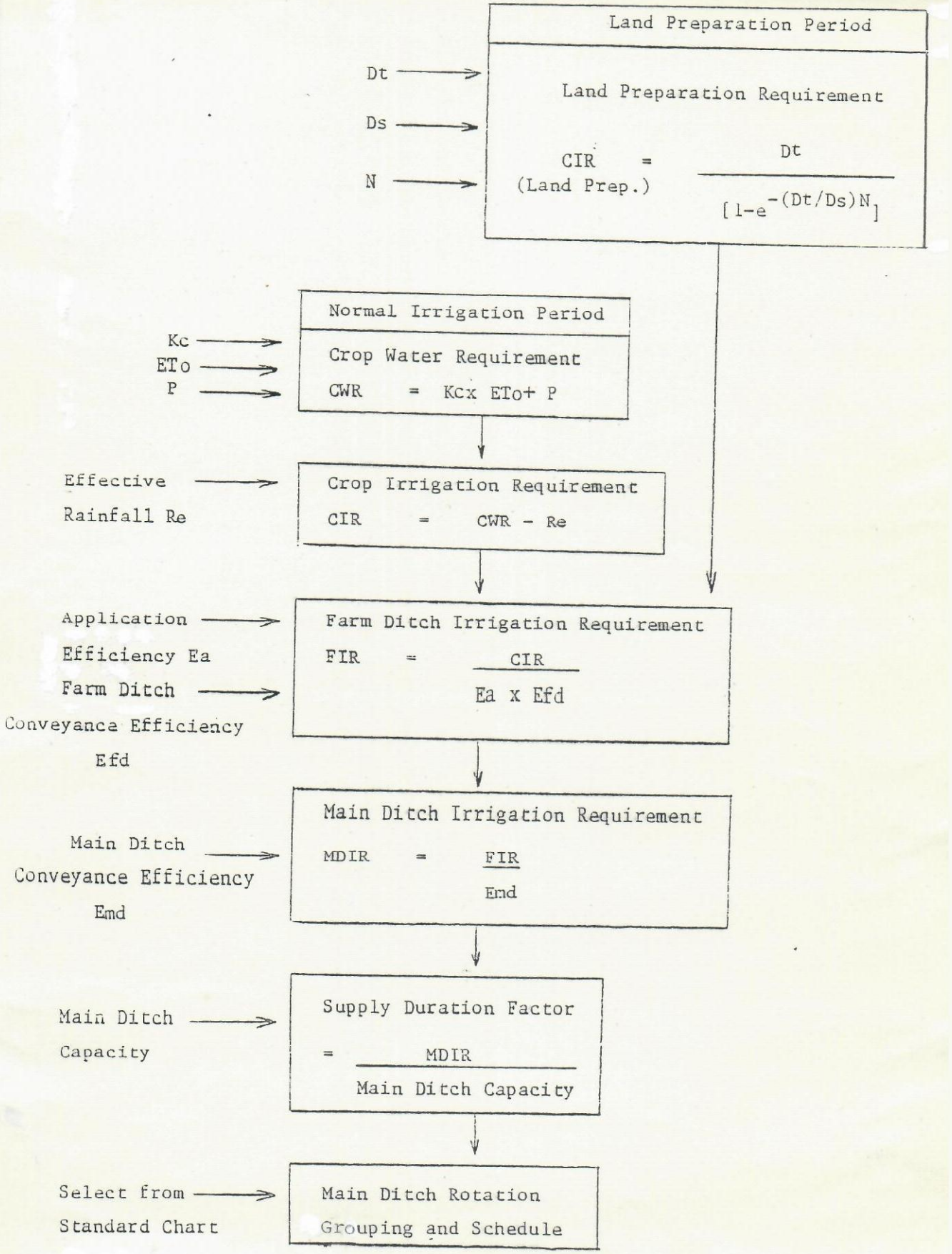
2. ความต้องการน้ำชลประทานของพืช (Crop Irrigation Requirement, CIR)

$$CIR = CWR - R_e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

เมื่อ CIR = ความต้องการน้ำชลประทานของพืชเป็น มม./วัน

R_e = ปริมาณฝนใช้การ มม./วัน

ฝนใช้การประจำเดือนหาได้จากการทำ Simulation ของฝนประจำวันระหว่าง 1964 ถึง 1981 ดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 9 ขั้นตอนในการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน และการจัดตารางส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)

Crop	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1*	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2*	2	2
Maize	0.40	0.79	1.07	0.76	0.48	0.81	1.05	0.74	0.52	0.85	1.10	0.79
	0.47	1.05	1.05		0.54	1.03	1.03		0.58	1.08	1.08	
Long Duration Rice		0.95	1.10	1.10	1.05	1.05	1.00					
		0.95	1.10	1.10	1.05	1.05	1.00					
Short Duration Rice	1.00		0.95	1.10	1.10	1.05	1.00		0.95	1.10	1.20	1.20
	1.00		0.95	1.10	1.10	1.05	1.00		0.95	1.10	1.20	1.20

1* and 2* denote 1st and 2nd half of the month respectively.

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และข้อมูลอากาศของสถานีร้อยเอ็ดที่ใช้คำนวณ

Items	Apr	May	Jan	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
Air Temperature (^{o}C)													
Mean	30.2	29.6	28.8	28.4	27.8	27.5	26.9	25.1	23.2	23.7	26.0	28.7	27.2
Relative Humidity (%)													
Mean	61.0	72.0	76.0	77.0	80.0	82.0	76.0	70.0	66.0	63.0	62.0	60.0	70.6
Cloudiness (0-8)													
Mean	4.5	5.8	6.5	6.5	6.9	6.3	4.8	3.6	3.0	2.8	3.3	3.7	4.8
Wind (km/day)													
Mean Wind Speed*	125.41	125.41	149.88	146.82	134.59	97.88	119.29	143.76	143.76	128.47	122.53	128.47	130.5
Potential Evapotranspiration													
mm/month	190.95	177.66	157.65	159.21	142.44	132.66	146.77	131.52	122.06	127.68	142.45	185.60	1816.65
mm/day	6.36	5.73	5.25	5.14	4.59	4.42	4.73	4.38	3.94	4.12	4.91	5.99	-

Note: * Mean wind speed at height 2 meters above the ground surface computed by using the equation

$$U_2 = U_Z \left(\frac{2.0}{Z}\right)^{0.20}$$ in which U_Z is mean wind speed at height Z meters above the ground surface.

ตารางที่ 3 ฝนใช้การประจำเดือนและประจำวัน (มม.)

Year		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1964	EFR	6.5	0.0	0.0	0.0	178.0	81.4	168.6	174.3	170.0	17.2	0.0	0.0	796.0
	RF	6.5	0.0	0.0	0.0	188.6	92.4	180.8	203.2	596.6	28.4	2.1	0.0	1298.6
	PER EFR	100.0	0.0	0.0	0.0	94.4	88.1	93.3	85.8	28.5	60.6	0.0	0.0	61.3
1965	EFR	0.0	0.0	76.8	48.8	122.6	79.8	176.0	150.0	85.9	0.0	0.0	0.0	739.9
	RF	0.0	4.5	76.8	57.8	122.6	81.0	238.0	169.0	246.8	0.0	0.0	0.0	996.5
	PER EFR	0.0	0.0	100.0	84.4	100.0	98.5	73.9	88.8	34.8	0.0	0.0	0.0	74.2
1966	EFR	0.0	21.5	0.0	31.0	202.0	110.0	39.0	214.0	120.0	93.5	0.0	0.0	831.0
	RF	0.0	21.5	0.0	31.0	434.0	190.7	51.0	291.5	323.9	93.5	0.0	0.0	1437.1
	PER EFR	0.0	100.0	0.0	100.0	46.5	57.7	76.5	73.4	37.0	100.0	0.0	0.0	57.8
1967	EFR	0.0	0.0	0.0	97.5	130.0	150.8	116.3	39.1	179.2	17.1	22.0	0.0	752.0
	RF	0.0	0.0	0.0	101.3	196.7	214.4	119.3	48.6	446.9	21.6	22.0	0.0	1170.8
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	96.2	66.1	70.3	97.5	80.5	40.1	79.2	100.0	0.0	64.2
1968	EFR	0.0	0.0	0.0	52.5	185.0	126.2	60.0	175.2	191.6	0.0	0.0	0.0	790.5
	RF	0.0	0.0	0.0	60.0	187.8	146.5	72.0	178.1	375.5	0.0	0.0	0.0	1019.9
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	87.5	98.5	86.1	83.3	98.4	51.0	0.0	0.0	0.0	77.5
1969	EFR	0.0	0.0	0.0	212.5	108.7	109.7	152.9	64.7	183.5	11.7	16.2	0.0	859.9
	RF	0.0	0.0	0.0	231.0	153.3	124.8	196.7	74.5	256.7	17.4	16.2	0.0	1070.6
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	92.0	70.9	87.9	77.7	86.8	71.5	67.2	100.0	0.0	80.3
1970	EFR	0.0	26.1	0.0	83.1	167.8	115.1	169.7	103.7	142.2	43.2	0.0	0.0	850.7
	RF	0.0	28.7	0.0	90.8	193.9	180.6	171.0	104.2	146.2	46.0	0.0	0.0	961.4
	PER EFR	0.0	90.9	0.0	91.5	86.4	63.7	99.2	99.5	97.3	93.9	0.0	0.0	88.5
1971	EFR	0.0	54.1	0.0	19.6	54.7	152.9	172.2	194.1	167.6	72.4	0.0	0.0	887.6
	RF	0.0	54.1	8.6	19.6	61.4	276.9	254.5	202.4	265.4	72.4	0.0	0.0	1215.3
	PER EFR	0.0	100.0	0.0	100.0	89.1	55.2	67.7	95.9	63.1	100.0	0.0	0.0	73.0
1972	EFR	0.0	0.0	0.0	55.2	43.6	202.0	155.4	157.1	99.5	142.0	8.5	0.0	863.3
	RF	0.0	0.0	0.0	55.2	52.2	312.5	220.4	199.0	146.7	234.6	8.5	0.0	1229.1
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	100.0	83.5	64.6	70.5	78.9	67.8	60.5	100.0	0.0	70.2
1973	EFR	13.6	13.9	24.5	6.0	92.2	168.7	196.0	134.9	202.6	12.2	0.0	0.0	864.6
	RF	13.6	13.9	24.5	10.5	105.5	175.7	208.1	145.0	265.6	16.5	0.0	0.0	978.9
	PER EFR	100.0	100.0	100.0	57.1	87.4	96.0	94.2	93.0	76.3	73.9	0.0	0.0	88.3

ตารางที่ 3 (ต่อ) ฝนใช้การประจำเดือนและประจำวัน

Year		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1974	EFR	0.0	59.0	0.0	47.5	113.2	112.2	124.0	195.0	85.0	64.2	33.0	0.0	833.1
	RF	0.0	59.0	0.0	54.2	131.6	117.2	196.6	320.0	104.1	67.7	33.0	0.0	1093.4
	PER EFR	0.0	100.0	0.0	87.6	86.0	95.7	63.1	59.1	81.7	94.8	100.0	0.0	76.2
1975	EFR	0.0	0.0	11.3	0.0	189.4	156.0	171.0	157.1	219.4	36.5	0.0	20.4	961.1
	RF	0.0	0.0	11.3	0.0	229.1	248.0	243.9	164.5	263.5	41.9	0.0	20.4	1222.6
	PER EFR	0.0	0.0	100.0	0.0	82.7	62.9	70.1	95.5	83.3	87.1	0.0	100.0	78.6
1976	EFR	0.0	0.0	0.0	119.3	84.2	94.2	184.3	185.5	72.6	115.9	26.5	0.0	882.5
	RF	0.0	0.0	0.0	119.3	107.5	94.2	207.1	263.0	76.4	129.3	26.5	0.0	1023.3
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	100.0	78.3	100.0	89.0	70.5	95.0	89.6	100.0	0.0	86.2
1977	EFR	0.0	0.0	0.0	93.1	68.7	119.9	77.3	161.0	127.2	25.8	0.0	0.0	693.0
	RF	0.0	1.8	0.0	94.5	77.3	119.9	82.3	192.6	258.0	25.8	0.0	0.0	852.2
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	98.5	88.9	100.0	93.9	84.0	49.3	100.0	0.0	0.0	81.3
1978	EFR	0.0	0.0	0.0	48.1	94.8	122.6	166.5	138.2	232.0	25.5	0.0	0.0	827.7
	RF	0.0	0.0	0.0	50.9	99.2	131.7	307.5	149.6	388.3	27.0	0.0	0.0	1154.2
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	94.5	95.6	93.1	54.1	92.4	59.7	94.4	0.0	0.0	71.7
1979	EFR	39.5	0.0	0.0	96.5	204.0	103.0	6.1	112.0	139.4	0.0	0.0	0.0	700.5
	RF	39.5	4.7	0.0	151.8	339.7	117.4	12.3	124.1	219.6	0.0	0.0	0.0	1009.1
	PER EFR	100.0	0.0	0.0	63.6	60.1	87.7	49.6	90.2	63.5	0.0	0.0	0.0	69.4
1980	EFR	0.0	0.0	10.5	82.0	120.0	163.7	194.5	60.8	205.7	32.1	0.0	0.0	869.3
	RF	0.0	0.0	10.5	88.3	219.4	193.4	224.4	64.7	363.2	32.4	0.0	0.0	1196.3
	PER EFR	0.0	0.0	100.0	92.9	54.7	84.6	86.7	94.0	56.6	99.1	0.0	.0	72.7
1981	EFR	0.0	0.0	0.0	50.8	76.6	76.0	188.4	130.7	12.1	22.0	0.0	0.0	556.6
	RF	0.0	0.0	0.0	50.8	76.8	78.7	260.3	154.9	12.1	22.8	0.0	0.0	656.4
	PER EFR	0.0	0.0	0.0	100.0	99.7	96.6	72.4	84.4	100.0	96.5	0.0	0.0	84.8
MEAN EFR		3.3	9.7	6.8	63.5	124.2	124.7	139.9	142.6	146.4	40.6	5.9	1.1	808.9
MEAN RF		3.3	10.5	7.3	70.4	165.4	160.9	180.3	169.9	264.2	48.7	6.0	1.1	1088.1
MEAN PER EFR		100.0	92.4	93.2	90.2	75.1	77.5	77.6	81.9	65.4	83.4	98.3	100.0	74.3

3. ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำ (Farm Ditch Irrigation Requirement, FIR)

$$FIR = \frac{CIR}{E_a \times E_{fd}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

เมื่อ

FIR = ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำ เป็น มม./วัน

E_a = ประสิทธิภาพในการให้น้ำ

E_{fd} = ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคูน้ำ

กำหนดว่า $E_a = 0.85$ และ $E_{fd} = 0.8$

4. ความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่ (Main Ditch Irrigation Requirement, MIR)

ความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่คือปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคูส่งน้ำสายใหญ่ ตามความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำ และการสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะส่งน้ำในคูส่งน้ำสายใหญ่ หาได้จากสมการ

$$MIR = \frac{FIR}{E_{md}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

เมื่อ

MIR = ความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่ เป็น มม./วัน

E_{md} = ประสิทธิภาพในการส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่ ซึ่งมีค่า 0.9

ค่า MIR อาจแสดงในหน่วยอื่น ๆ นอกเหนือจาก มม./วัน ได้เช่น ลิตร/วินาที/ไร่ หรือ $ม.^3$/วินาที

(2) ช่วงเตรียมแปลง

การหาความต้องการน้ำในช่วงเตรียมแปลง ใช้สูตร WEN ซึ่งสมมติว่าน้ำที่ส่งไปทำการเตรียมแปลงส่วนหนึ่งจะถูกใช้เพื่อชดเชยส่วนที่สูญหายไป (หรือเพื่อรักษาระดับน้ำในแปลงข้าว) ในพื้นที่ที่เตรียมแปลงแล้ว และอีกส่วนหนึ่งจะถูกใช้เพื่อทำให้ดินอิ่มตัวเพื่อเตรียม

แปลง และอัตราการส่งน้ำจะมีค่าคงที่ตลอดช่วงเตรียมแปลง สูตรของ WEN คือ

$$CIR = \frac{D_t}{[1 - e^{-(D_t/D_s)N}]} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

เมื่อ

CIR(LP) = ความต้องการน้ำชลประทานในการเตรียมแปลง เป็น มม./วัน

D_t = ความต้องการน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในแปลงข้าว เป็น มม./วัน

D_s = ความต้องการน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัว เป็น มม.

N = จำนวนวันที่จะเตรียมแปลงเสร็จทั่วทั้งพื้นที่

กำหนดว่า

N = 30 วัน สำหรับคูน้ำ และคูส่งน้ำสายใหญ่

N = 60 วัน สำหรับคลองส่งน้ำสายใหญ่ และคลองซอย

D_s = 180 มม. (สำหรับฤดูฝน)

$$D_t = K_c \times ET_o + P - R_e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

เมื่อ

ET_o และ R_e เป็นค่าเฉลี่ยในช่วง N วัน

K_c ในช่วงเริ่มงอก (Initial Period) = 0.95

การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำและคูส่งน้ำสายใหญ่ในช่วงเตรียมแปลงจะทำได้ในทำนองเดียวกับช่วงการส่งน้ำปกติ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 9 ดังนี้

$$FIR\ (LP) = \frac{CIR\ (LP)}{E_a \cdot E_{fd}}$$

$$= \frac{1}{E_a \cdot E_{fd}} \frac{D_t}{[1 - e^{-(D_t/D_s)N}]} \quad \text{มม./วัน}$$

ถ้าให้ q = ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำ สำหรับการเตรียมแปลง เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

$$q = \frac{D_t}{54\ E_a \cdot E_{fd}} \frac{1}{[1 - e^{-(D_t/D_s)N}]}$$

$$= q' \times \frac{1}{[1 - e^{-(D_t/D_s)N}]} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

เมื่อ $q' = \frac{D_t}{54\ E_a \cdot E_{fd}}$ ..... (8)

= ค่าที่เปรียบเสมือนความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำสำหรับการรักษาระดับน้ำในนาข้าว เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

$q_{md} = \frac{q}{E_{md}}$ ..... (9)

เมื่อ q_{md} = ความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่ เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

4.5.2 <u>การแบ่งกลุ่มหมุนเวียนและการจัดตารางการส่งน้ำสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่</u>

เมื่อทราบความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่ จะสามารถแบ่งกลุ่มหมุนเวียนและจัดตารางการส่งน้ำสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่ได้ดังนี้

กำหนดให้

N_s = จำนวนวันที่ส่งน้ำ

N_u = จำนวนวันระหว่างการส่งน้ำ

r = แฟคเตอร์วันที่ส่งน้ำ

$\bar{Q}_{md}$ = ขนาดความจุคูส่งน้ำสายใหญ่ที่ออกแบบไว้ เป็น $ม.^3$/วินาที

Q_{md} = อัตราการส่งน้ำที่ต้องการน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่ในเดือนที่กำหนดให้ เป็น $ม.^3$/วินาที

เนื่องจากปริมาตรน้ำทั้งหมดที่ส่งเข้าคูส่งน้ำสายใหญ่ในช่วง N_s ต้องเท่ากับปริมาตรความต้องการน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่ในช่วง N_u จึงสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$N_s \times \bar{Q}_{md} = N_u \times Q_{md}$$

หรือ

$$\frac{N_s}{N_u} = \frac{Q_{md}}{\bar{Q}_{md}} = r \quad \text{..... (10)}$$

หรือ

$$r = \frac{q_{md}}{\bar{q}_{md}} \quad \text{..... (11)}$$

เมื่อ q_{md} = ความต้องการน้ำชลประทานของคูส่งน้ำสายใหญ่ในเดือนที่กำหนดให้ เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

$\bar{q}_{md}$ = ชลภาระของคูส่งน้ำสายใหญ่ที่ออกแบบไว้ เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

ในแต่ละเดือน N_s และ N_u ของคูส่งน้ำสายใหญ่ใด ๆ จะมีค่าคงที่ $\bar{q}_{md}$ จะคำนวณหาได้จากชลภาระที่ออกแบบไว้ของคูส่งน้ำสายใหญ่เฉลี่ยดังนี้

$$\bar{q}_{md} = \frac{\Sigma \bar{Q}_{md}}{A} \times 1,000 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

เมื่อ $\Sigma \bar{Q}_{md}$ = ผลรวมของความจุออกแบบของคูส่งน้ำสายใหญ่ทุกสาย และคูน้ำทุกสายรวมกัน, $ม.^3$/วินาที

A = พื้นที่ทั้งหมด, ไร่

เมื่อ $\bar{q}_{md}$ มีค่าคงที่ ค่า r จะเปลี่ยนไปในแต่ละเดือนตาม q_{md} เมื่อคำนวณค่า r ได้แล้ว ก็จะสามารถแบ่งกลุ่มหมุนเวียนและจัดตารางการส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่สำหรับเดือนนั้นได้ดังนี้

(1) <u>ช่วงการส่งน้ำปกติ</u>

1. จากประสบการณ์การส่งน้ำที่อ่างเก็บน้ำห้วยแอ่ง ใช้ $N_s = 4$

2. จากรูปที่ 7 เลือก N_s/N_u ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า r ที่คำนวณได้ จะรู้ค่า N_u และ G

3. สำหรับคลองแต่ละสาย (LMC, RMC หรือคลองซอย 2L-R) จัดคูส่งน้ำสายใหญ่ และคูน้ำตามแนวคลองออกเป็น G กลุ่มหมุนเวียน โดยให้แต่ละกลุ่มมีอัตราการส่งน้ำรวมใกล้เคียงกัน

4. เตรียมตารางการส่งน้ำสำหรับแต่ละกลุ่มตามรูปแบบการส่งน้ำมาตรฐาน (Standard Pattern) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 7 ในกรณีที่ใช้ N_s ไม่เท่ากับ 4 สามารถหารูปแบบการส่งน้ำมาตรฐานในทำนองเดียวกับรูปที่ 7 ได้ดังนี้

ก. เริ่มจากค่า N_s ที่กำหนด เริ่มการคำนวณโดยกำหนดให้ $N_u = N_s + 1$

ข. คำนวณหา $r = \frac{N_s}{N_u}$

ค. หาจำนวนกลุ่มหมุนเวียน G จากสูตร

$$\frac{N_s}{N_u} = \frac{i \times L}{L \times G} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

เมื่อ L = ตัวแฟคเตอร์ร่วมที่มีค่ามากที่สุดของ N_s และ N_u

i = เลขจำนวนเต็ม

ง. กลุ่มหมุนเวียนทั้ง G กลุ่มจะถูกจัดรูปแบบการหมุนเวียนตามลำดับ โดยให้มี Lag Time ในการเริ่มส่งน้ำระหว่างกลุ่มเท่ากับ L

L = Lag Time ระหว่างกลุ่ม

ยกตัวอย่าง $N_s = 4$, $N_u = 10$ (ดูรูปที่ 7)

$$\frac{N_s}{N_u} = \frac{4}{10} = \frac{2 \times 2}{2 \times 5}$$

จะได้

L = 2

G = 5

จ. เพิ่มค่า N_u ทีละ 1 แล้วดำเนินการตามขั้น 2 - 4 จนกระทั่ง N_u มีค่ามากพอที่จะครอบคลุมจำนวนวันระหว่างการส่งน้ำที่มากที่สุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

(2) ช่วงเตรียมแปลง

ในช่วงเตรียมแปลงการส่งน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 รอบ จึงต้องคำนวณหาพื้นที่ส่งน้ำเพื่อการเตรียมในแต่ละรอบ รอบแรกส่งน้ำให้พื้นที่ A_1 และรอบที่สองส่งน้ำให้พื้นที่ A_2 $A_1 : A_2$ โดยประมาณจะเท่ากับ 70 : 30 อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการหาค่าที่ถูกต้องแน่นอน จะสามารถทำได้ดังนี้

ให้ A_1 = พื้นที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวในรอบแรก (วันที่ 1 - 30) เป็น ไร่

A_2 = พื้นที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวในรอบที่สอง (วันที่ 31 - 60) เป็น ไร่

A = พื้นที่ทั้งหมด เป็น ไร่

q_1 = ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำในรอบแรก เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

q_2 = ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำในรอบที่สอง เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

q' = ความต้องการน้ำชลประทานของคูน้ำสำหรับการรักษาระดับน้ำในแปลงนา เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

q_1, q_2 และ q' คำนวณตามวิธีของ WEN โดยใช้สมการที่ 7 และ 8

เนื่องจากความต้องการน้ำชลประทานในคลองส่งน้ำสายใหญ่ในรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ต้องมีค่าเท่ากัน จะได้ว่า

$$q_1 A_1 = q' A_1 + q_2 A_2$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{q_2}{q_1 - q'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

หรือ

$$\frac{A_1}{A} = \frac{A_1}{A_1 + A_2} = \frac{q_2}{q_1 + q_2 - q'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

จึงต้องมีตารางการส่งน้ำหมุนเวียนแยกเป็น 3 แบบ สำหรับการส่งน้ำชลประทานทั้ง 2 รอบ ดังนี้.-

<u>ตารางที่ 1</u> (วันที่ 1 - 30) ตารางสำหรับการหมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_1 เพื่อทำให้ดินอิ่มตัว

<u>ตารางที่ 2</u> (วันที่ 31 - 60) ตารางสำหรับการหมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_1 เพื่อรักษาระดับน้ำในแปลงนา

<u>ตารางที่ 3</u> (วันที่ 31 - 60) ตารางสำหรับการหมุนเวียนคูส่งน้ำสายใหญ่ ที่ส่งน้ำให้พื้นที่ A_2 เพื่อทำให้ดินอิ่มตัว

สามารถนำวิธีการที่ได้กล่าวถึงไปแล้วมาใช้ในการจัดตารางทั้ง 3 แบบ

4.5.3 <u>การคำนวณปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่</u>

อัตราการส่งน้ำที่ต้องการในคลองส่งน้ำสายใหญ่ในแต่ละเดือนจะสามารถคำนวณจากตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของคูส่งน้ำสายใหญ่ โดยบวกค่าการสูญเสียต่าง ๆ เพิ่มขึ้น

กำหนดว่า.-

$\bar{Q}_{md}$ = ขนาดความจุออกแบบของคูส่งน้ำสายใหญ่ หรือคูน้ำตามแนวคลองส่งน้ำสายใหญ่ เป็น ม.^{3}/วินาที

l = ความยาวของคลองส่งน้ำสายใหญ่จากหัวงานถึงคูส่งน้ำสายใหญ่ที่กำหนดให้ เป็น เมตร

l_c = ความยาวคลองสายใหญ่ทั้งหมด เป็น เมตร

E_c = ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองส่งน้ำสายใหญ่ (กำหนดว่าถ้าไม่มีข้อมูลให้ใช้ $E_c = 0.95$)

ΔQ_m = อัตราการส่งน้ำที่ต้องการในคลองส่งน้ำสายใหญ่ เพื่อให้สามารถส่งน้ำเข้าคูส่งน้ำสายใหญ่ได้ ตามขนาดความจุออกแบบ $\bar{Q}_{md}$

อัตราการส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ที่ต้องการสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่ที่กำหนดให้จะคำนวณได้จาก

$$\Delta Q_m = \bar{Q}_{md} + [\bar{Q}_{md} \times \frac{l}{l_c} \times (1.0 - E_c)]$$

$$= \bar{Q}_{md} [\ 1 + \frac{l}{l_c} (1.0 - E_c)] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

อัตราการส่งน้ำของคลองส่งน้ำสายใหญ่ทั้งหมด Q_m จะเท่ากับผลบวกของ ΔQ_m หรือ

$$Q_m = \Sigma\ \Delta Q_m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

4.5.4 <u>การจัดตารางการส่งน้ำหมุนเวียนในคูน้ำ</u>

การส่งน้ำในคูน้ำซึ่งทำโดยกลุ่มผู้ใช้น้ำต้องสอดคล้องกับการส่งน้ำในระบบใหญ่ ดังนั้น ตารางการส่งน้ำในคูน้ำต้องจัดตามตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของระบบใหญ่ จึงควรจัดทำตารางการส่งน้ำให้กลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อจะได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำในคูน้ำ

(1) <u>การหาหน่วยหมุนเวียน</u>

หน่วยหมุนเวียนในแฉกส่งน้ำจะเกี่ยวข้องกับขนาดความจุออกแบบของคูน้ำและท่อรับน้ำเข้านา (Farm Turnout) สำหรับห้วยแอ่งใช้ท่อส่งน้ำเข้านาขนาด 20 ซม. ซึ่งปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะขึ้นอยู่กับเฮดดังนี้ (FAO. No. 26/1, 1975)

เฮดของน้ำเหนือจุดศูนย์กลางท่อ (ø 20 ซม.)	ปริมาณการไหลของน้ำ (ลิตร/วินาที)
5	19
10	27
15	33
20	39
25	43

ตามที่ออกแบบไว้ ระดับน้ำในคูน้ำจะต้องสูงกว่าจุดศูนย์กลางท่อ 15 ซม. แต่อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างอาจต่างไปจากที่ออกแบบไว้ และคาดว่าเฮดของน้ำจะอยู่ระหว่าง 10 - 15 ซม. ซึ่งจะทำให้ปริมาณการไหลเฉลี่ยเท่ากับ (27 + 33)/2 เท่ากับ 30 ลิตร/วินาที

จำนวน FTO ในหนึ่งหน่วยหมุนเวียนจะหาได้จากเกณฑ์ดังต่อไปนี้

ความจุออกแบบของคูน้ำ $\bar{Q}_{fd}$ (ลิตร/วินาที)	จำนวน FTO ในหนึ่งหน่วยหมุนเวียน
$\bar{Q}_{fd} < 30$	1
$30 < \bar{Q}_{fd} < 60$	2
$60 < \bar{Q}_{fd} < 90$	3
$90 < \bar{Q}_{fd}$	4

จากเกณฑ์ที่กำหนดให้ จะหาหน่วยหมุนเวียนได้ดังนี้

1. กำหนดเบอร์ของ FTO แต่ละตัวเป็น 1, 2, 3, ...
2. จัด FTO เข้าเป็นหน่วยหมุนเวียนตามที่กล่าวมาแล้ว
3. หาพื้นที่ที่ FTO หรือกลุ่มของ FTO ที่จะต้องส่งน้ำให้ ในขั้นนี้ควรมีแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน และมีแผนที่ระดับเพื่อการกำหนดพื้นที่ในแต่ละหน่วยหมุนเวียน

(2) การจัดตารางการส่งน้ำหมุนเวียน

1. ช่วงการส่งน้ำปกติ

ช่วงการส่งน้ำปกติ จำนวนวันที่ส่งน้ำ N_s ของคูส่งน้ำสายใหญ่และคูน้ำจะมีค่าคงที่ตลอด ดังนั้นจึงสามารถใช้ตารางการส่งน้ำเพียงอันเดียวสำหรับแต่ละแฉก เวลาที่จ่ายน้ำให้แต่ละหน่วยหมุนเวียนจะคำนวณตามสัดส่วนของพื้นที่ได้ดังนี้

$$\theta = \frac{N_s}{a} \times 24 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

$$t_i = \theta \times a_i \quad (i = 1, 2, \ldots, N) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

เมื่อ

N_s = จำนวนวันที่ส่งน้ำ เป็น วัน

a = พื้นที่ส่งน้ำของแฉก เป็น ไร่

θ = จำนวนชั่วโมงการส่งน้ำให้พื้นที่ 1 ไร่

a_i = พื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนที่ i ในแฉกที่กำหนดให้ เป็น ไร่
เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, N$

t_i = จำนวนชั่วโมงที่ส่งน้ำให้หน่วยหมุนเวียนที่ i
ในช่วงวันที่ส่งน้ำ N_s

N = จำนวนหน่วยหมุนเวียนในแฉก

หน่วยหมุนเวียนจะได้รับน้ำเป็นเวลา t_i โดยเริ่มจากหน่วยหมุนเวียนที่อยู่ต้นคูน้ำ กลุ่มผู้ใช้น้ำควรจัดตารางการส่งน้ำหมุนเวียนเอง โดยใช้ค่า t_i ที่คำนวณได้เป็นแนวทาง และควรแนะนำทางกลุ่มผู้ใช้น้ำให้รู้ค่า θ ตลอดจนวิธีการคำนวณหา θ เพื่อว่าทางกลุ่มผู้ใช้น้ำจะได้สามารถปรับตารางได้เอง

เมื่อทางกลุ่มผู้ใช้น้ำมีประสบการณ์และข้อมูลมากขึ้น ควรได้มีการปรับค่า t_i โดยลดค่า t_i จากที่คำนวณได้ สำหรับหน่วยหมุนเวียนที่อยู่ต้นคู และเพิ่มค่า t_i จากที่คำนวณได้สำหรับหน่วยหมุนเวียนที่อยู่ท้ายคู เพื่อเป็นการชดเชยต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียขณะส่งน้ำในคูน้ำ

2. ช่วงการเตรียมแปลง

ในช่วง 30 วันแรก พื้นที่แฉกจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ a_1, a_2 และ a_3 การเตรียมแปลงในแต่ละส่วนจะใช้เวลา 10 วัน ในขั้นวางแผนจะใช้ $a_1 : a_2 : a_3 = 50 : 30 : 20$ % ส่วนค่าที่ถูกต้องแน่นอนจะคำนวณได้จากความต้องการน้ำในการเตรียมแปลง และข้อกำหนดที่ว่าปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคูน้ำควรมีค่าคงที่ (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก ก.)

หลังจากที่แบ่งพื้นที่แฉกออกเป็น 3 กลุ่มแล้ว ควรแนะนำกลุ่มผู้ใช้น้ำถึงเกณฑ์ในการแบ่งน้ำในช่วงการเตรียมแปลงเช่น

สำหรับการส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัว $\theta = \frac{1}{a_1} T$ ..... (20)

สำหรับการส่งน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในแปลงข้าว $\theta = \frac{1}{a_1} [1 - \frac{a_2}{a_1})] T$ .. (21)

เมื่อ

θ = จำนวนชั่วโมงการส่งน้ำให้พื้นที่ 1 ไร่

a_1 = พื้นที่กลุ่มแรกที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัว เป็น ไร่ ประมาณ 50 % ของพื้นที่แฉก

a_2 = พื้นที่กลุ่มที่ 2 ที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัว เป็น ไร่ ประมาณ 30 % ของพื้นที่แฉก

T = ช่วงเวลาที่ส่งน้ำสำหรับคูน้ำในช่วง 10 วัน เป็น ชั่วโมง

ดูวิธีการหาสมการในการแบ่งน้ำในช่วงเตรียมแปลงในภาคผนวก ก.

4.6 ขั้นตอนการวางแผนการส่งน้ำในช่วงฤดูแล้ง

ขั้นตอนการวางแผนการส่งน้ำสำหรับฤดูแล้งจะคล้ายกับขั้นตอนที่ใช้สำหรับฤดูฝน แต่แตกต่างกันที่ฤดูแล้งพืชที่ปลูกคือพืชไร่ และน้ำไม่ค่อยพอสำหรับการเพาะปลูกเต็มพื้นที่

ในการวางแผนขั้นแรกต้องมีการสำรวจเพื่อหาพื้นที่ที่จะปลูกพืชต่าง ๆ ซึ่งการสำรวจควรทำก่อนเริ่มการส่งน้ำในฤดูแล้งประมาณ 1 เดือน

หาความต้องการน้ำของพืชโดยใช้สมการที่ (1) และ (2) แต่ไม่พิจารณา P และความต้องการน้ำชลประทานประจำเดือนจะหาได้ในทำนองเดียวกับฤดูฝน เนื่องจากความเข้มในการใช้พื้นที่เพาะปลูกพืช (Cropping Intensity) ในคูส่งน้ำสายใหญ่แต่ละสายจะต่างกันออกไป

ค่า N_s ของคูส่งน้ำสายใหญ่จึงต่างกันออกไปด้วย ขั้นตอนการวางแผนอย่างง่าย ๆ สำหรับการหมุนเวียนคูน้ำสายใหญ่มีดังนี้.-

1. สมมติความเข้มในการใช้พื้นที่ปลูกพืชไร่ 100 % สำหรับทุกคูส่งน้ำสายใหญ่
2. หา N_u และ N_s โดยใช้วิธีการเดียวกับการวางแผนในช่วงฤดูฝน
3. สำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่แต่ละสาย ให้ดูแค่ N_s ด้วยความเข้มในการใช้พื้นที่ปลูกพืชของคู เพื่อหาค่า N_s ใหม่ ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าเดิม ค่า N_u ของทุกคูส่งน้ำสายใหญ่จะมีค่าเหมือนกัน
4. หาตารางการส่งน้ำหมุนเวียนโดยการ Trial and Error ซึ่งให้ค่าปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่มีค่าคงที่ วิธีนี้ทำได้ง่ายแต่เสียเวลามาก ทางเลือกคือใช้วิธี Bottle Cap ซึ่งพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เจ้าหน้าที่สนามใช้ วิธีนี้คล้ายกับการเล่น Checker Game และเป็นวิธีที่อาศัยเทคนิคของ Newton Search Optimization

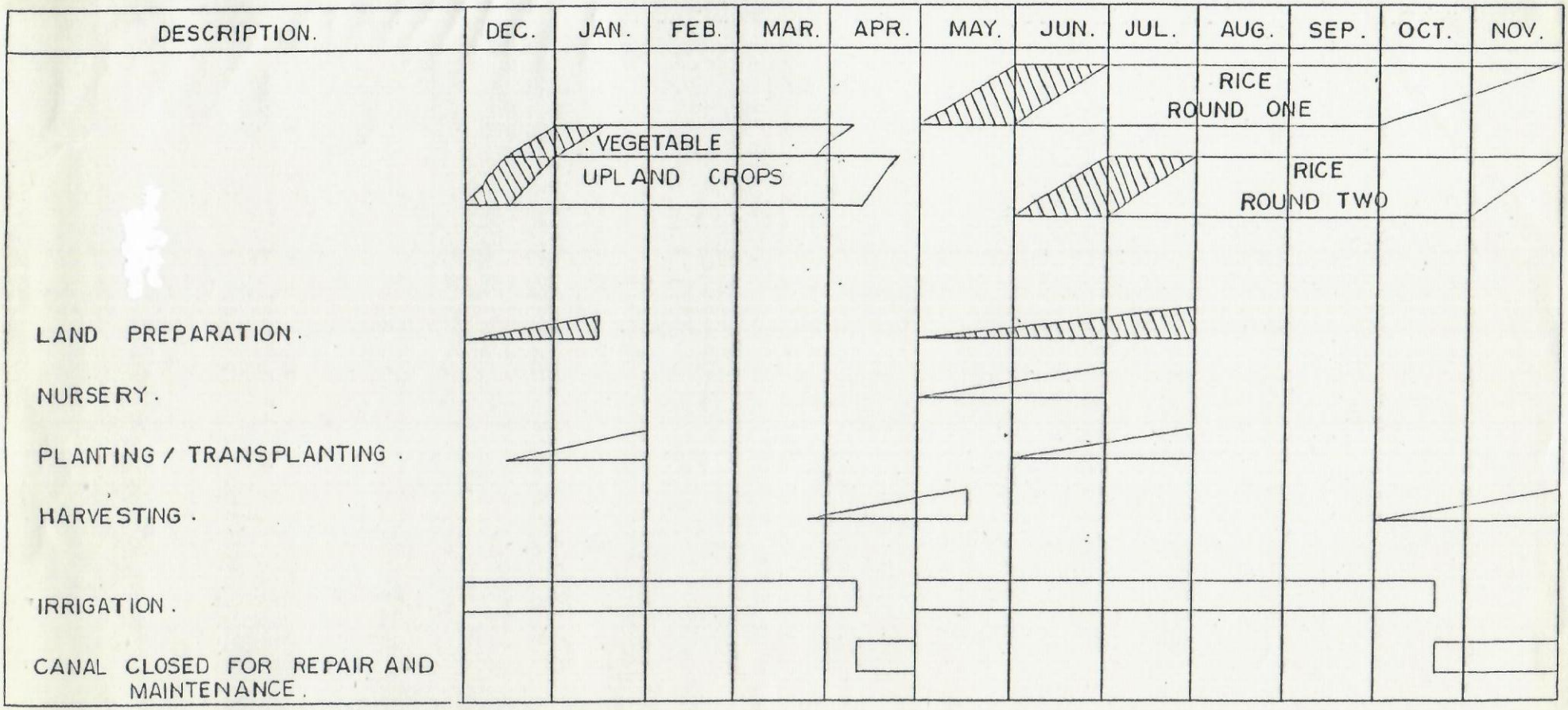
4.7 แผนการส่งน้ำในช่วงฤดูฝนของห้วยแอ่ง

เพื่อแสดงตัวอย่างการจัดทำแผนการส่งน้ำในช่วงฤดูฝนของห้วยแอ่ง สมมติว่าปฏิทินการปลูกพืชมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งพืชที่ปลูกคือข้าวแต่เพียงอย่างเดียว พันธุ์ที่แนะนำคือ กข.6 กข.7, กข.8, กข.9, ขาวดอกมะลิ 105 และสันป่าตอง ฤดูกาลส่งน้ำเริ่มวันที่ 1 พฤษภาคม และสิ้นสุดวันที่ 20 ตุลาคม หรือพิจารณาให้เริ่มช้าไปอีกครึ่งเดือน

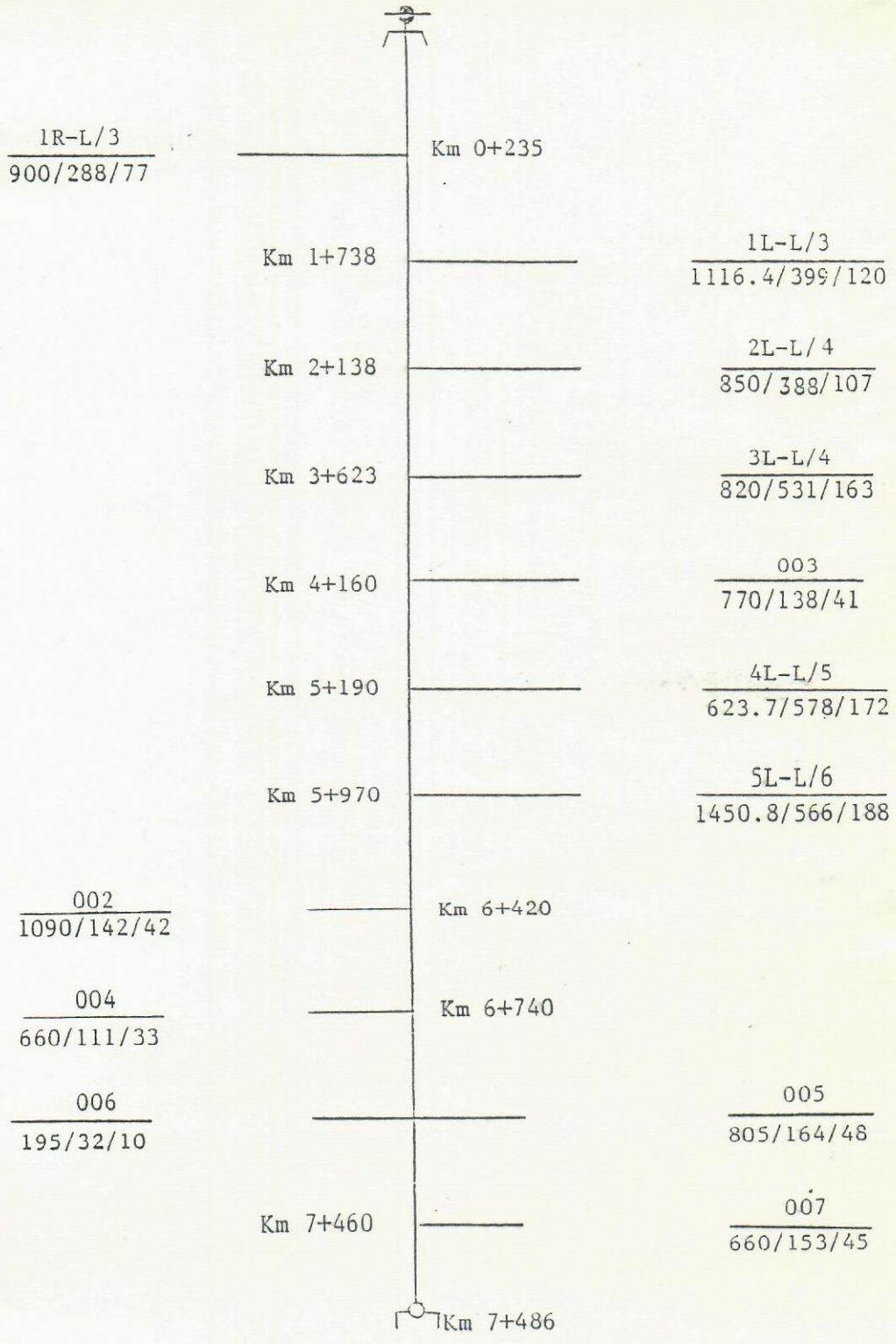
4.7.1 คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย

รายละเอียดระบบส่งน้ำของคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย แสดงอยู่ในรูปที่ 11 ส่วนรายละเอียดการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ แสดงอยู่ในตารางที่ 4

คำนวณความต้องการน้ำประจำเดือนจากปริมาณการใช้น้ำของพืช การรั่วซึมและฝนใช้การ ใช้วิธีการของ Wen ในการคำนวณหาความต้องการน้ำในการเตรียมแปลง ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.1 สมมติฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 5 และรายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ในตารางที่ 6



รูปที่ 10 ปฏิทินการปลูกพืชและการส่งน้ำของห้วยแอ่ง



รูปที่ 11 ระบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ซึ่งแสดงถึงคูส่งน้ำสายใหญ่

ตารางที่ 4 การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย

Main Ditch/ Farm Ditch	Service Area (rai)	Design Capacity $\bar{Q}md$ (CMS)	Discharge Required in LMC ΔQm (CMS)
1R-L	288	.077	$.077 \left(1 + \frac{235}{5970} \times .05\right) =$ .077
1L-L	399	.120	$.120 \left(1 + \frac{1738}{5970} \times .05\right) =$ .122
2L-L	455	.107	$.107 \left(1 + \frac{2138}{5970} \times .05\right) =$ .109
3L-L	531	.163	$.163 \left(1 + \frac{3623}{5970} \times .05\right) =$ .168
003	138	.041	$.041 \left(1 + \frac{4160}{5970} \times .05\right) =$ .042
4L-L	578	.172	$.172 \left(1 + \frac{5190}{5970} \times .05\right) =$ .179
5L-L	566	.188	$.188 \left(1 + \frac{5970}{5970} \times .05\right) =$ .197
002	142	.042	$.042 \times 1.05 =$ .044
004	111	.033	$.033 \times 1.05 =$ .035
005	164	.048	$.048 \times 1.05 =$ .050
006	32	.010	$.010 \times 1.05 =$ .010
007	153	.045	$.045 \times 1.05 =$ .047
Total	3,557	1.046	1.080

Note : ΔQ_m is computed according to equation 16

: Service area of 2L-L was reduced to 388 rai in actual construction.

ตารางที่ 5 สมมติฐานในการคำนวณหาความต้องการน้ำ

1. Potential evapotranspiration, ETo	Modified Penman method
2. Percolation rate, P	3 mm/day
3. Effective rainfall, Re	Simulation of daily rainfall
4. Water requirement for land preparation (soaking, saturation), Ds	180 mm (Wet Season) 200 mm (Dry Season)
5. Water requirement for maintaining water depth, Dt	Computed from: $Dt = K_{rice}\ ET_{av} + P - Re$ where $ET_{av} = \frac{\text{ETo during land prep.(mm)}}{\text{N (days)}}$
6. Duration of land preparation, N	Farm ditch : 30 days Main canal and lateral canal : 60 days
7. Efficiency Application, Ea	Rice .85 Upland crops .60 (Wet Season) .60 (Dry Season)
Conveyance, Ec Farm ditch Main ditch Main canal and lateral	.80 .90].72 .95].68
8. Cropping intensity factor, C	1.00 all cases
9. Irrigable area	92 % of total
10. Irrigation period	May 1 - October 20] Wet or May 15 - November 5] Season December 1 - April 10] Dry or December 15 - April 25] Season

ตารางที่ 6 ความต้องการน้ำของห้วยแอ่ง (ฤดูฝน)

Item	Month					
	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
1. ETo (mm/day)	5.73	5.25	5.14	4.59	4.42	4.73
(mm/month)	(177.66)	(157.65)	(159.21)	(142.44)	(132.66)	(146.77)
2. Percolation (mm/day)	3	3	3	3	3	3
3. Effective rainfall (mm/day)	4.01	4.16	4.51	4.60	4.68	1.31
(mm/month)	124.2	124.7	139.9	142.6	146.4	40.6
4. Land preparation and transplanting						
a. No. of days : 1st round	30	30				
: 2nd round		30	30			
b. Water for land soaking, Ds (mm)	180	180				
c) Water for depth maintaining, Dt (mm/day)						
1st round	4.43	4.62				
2nd round		3.83	4.33			
Equivalent farm ditch water duty q' (l/s/rai)						
1st round	.121	.126				
2nd round		.104	.118			
d) Area for land preparation (%) approx.		30-35				
5. Kc for rice : 1st round	65-70	1.10	1.10	1.10	1.05	1.00
: 2nd round		.95	1.10	1.10	1.05	1.00
6. Crop irrigation requirement (mm/day) KcETo + P - Re				3.45	2.76	6.42
(l/s/rai)				.064	.051	.119
7. Land preparation requirement (Wen's)						
a. q (l/s/rai)	.231	.220				
b. mm/day	12.47	11.90				
c) mm/30 days						
(after deducting Re)	374.2	357.1				
(Combined with Re)	498.4	481.8				
8. Irrigation requirement (l/s/rai)						
q : 1st round	.231	0.126	.118	.094	.075	.175
: 2nd round		.220				
q': 1st round	.121	.126				
: 2nd round		.104				
9. Adjustment for 92% irrigable area (l/s/rai)						
q : 1st round	.213	0.116	.109	.086	.069	.161
: 2nd round		.202				
q': 1st round	.111	.116				
2nd round		.096				
10. Irrigation requirement for main ditch (l/s/rai)						
qmd : 1st round	.237	0.128	.121	.096	.077	.179
: 2nd round		.227				
q'md : 1st round	.123	.128				
2nd round		.106				

หมายเหตุสำหรับตารางที่ 6

1. ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ET_o ได้จากตารางที่ 2

2. สมมติดินในโครงการเป็นดินทรายบนดินร่วน ซึ่งควรมีการหาค่าอัตราการรั่วซึมที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่

3. ฝนใช้การ ได้จากตารางที่ 3

4. ค่า c (แฟคเตอร์ความเข้มของการใช้พื้นที่ปลูกพืช) ในรายการที่ 8 ของตารางที่ 5

ตัวอย่าง เดือนพฤษภาคม

$$D_t = K_c . ET_{ave} + P - R_e$$

$$= 0.95 \times \frac{177.66}{31} + 3 - 4.01$$

$$= 4.43 \quad \text{มม./วัน}$$

$$q' = \frac{C D_t}{6.25 (8.64) E_c . E_a}$$

$$= \frac{1.0 \times 4.43}{6.25 (8.64) \times 0.8 \times 0.85} \quad \text{(ดูรายการ 5 ถึง 8 ตารางที่ 5)}$$

$$= 0.121 \quad \text{ลิตร/วินาที/ไร่}$$

5. จากตารางที่ 1

6. ความต้องการน้ำชลประทานของพืชสำหรับช่วงการส่งน้ำปกติ

7. (a) $$q = \frac{C D_t}{6.25(8.64) E_c . E_a} \frac{1}{1-e^{-(D_t/D_s)N}}$$

$$= q' \frac{1}{1-e^{-(D_t/D_s)N}}$$

สำหรับเดือนพฤษภาคม

$$q = 0.121 \times \frac{1}{1-e^{-(4.43/180)30}}$$

$$= 0.231 \quad \text{ลิตร/วินาที/ไร่}$$

8. q, q' : สำหรับพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม จากรายการ 4 และ 7
: สำหรับสิงหาคมถึงตุลาคม รายการ 6 หารด้วย E_c และ E_a

9. ดูรายการ 9 ของตารางที่ 5

10. รายการ 9 × 1.1 ($1.1 = \frac{1}{E_{md}} = \frac{1}{0.9}$)

(1) ตารางการส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่

จากตารางที่ 4 ค่าชลภาระออกแบบเฉลี่ย (Average design water duty) ของคูส่งน้ำสายใหญ่มีค่าเท่ากับ

$$\bar{q}_{md} = \frac{\Sigma \bar{Q}_{md}}{A} = \frac{1.046}{3,557} \quad \frac{ม.^3/วินาที}{ไร่} \times 1,000$$

$$= 0.294 \quad ลิตร/วินาที/ไร่$$

จากความต้องการน้ำชลประทานประจำเดือนที่คำนวณไว้สำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่ จะหาค่า r, N_s, N_u และ T ได้จากสมการที่ 11 และ รูปที่ 7 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 และสามารถจัดแบ่งกลุ่มหมุนเวียนได้ดังแสดงในตารางที่ 8

จากตารางที่ 7 และ 8 จะสามารถจัดทำตารางการส่งน้ำหมุนเวียนสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่ในแต่ละเดือนได้ ดังแสดงในรูปที่ 12 ถึง 17 ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งเข้าคลองสายใหญ่ฝั่งซ้ายสูงสุดในแต่ละเดือนจะเป็นเป้าหมายการส่งน้ำ (Target Release) ปริมาณน้ำส่วนที่เกิน (Surplus) เป้าหมายการส่งน้ำคือส่วนที่สูญเสียโดยเปล่าประโยชน์และมีส่วนทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำลง เพื่อลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด ต้องมีการปรับ ปตร. ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายเล็กน้อย โดยเฉพาะวันที่มีน้ำส่วนเกินมาก สิ่งสำคัญที่ต้องจำไว้คือ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้โดยการเพิ่มจัดการ

(2) ตารางการส่งน้ำของคูน้ำ

ในที่นี้จะแสดงการจัดตารางเฉพาะสำหรับคูน้ำ 02 ของ 1L-L แผนที่แสดง FTO ขอบเขตแปลง และเส้นระดับแสดงอยู่ในรูปที่ 18 แบ่งพื้นที่แฉกออกเป็น 10 หน่วยหมุนเวียน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 4.5.4 พื้นที่หน่วยหมุนเวียนประเมินเคร่า ๆ จากข้อมูลแปลงกรรมสิทธิ์

ตารางที่ 7 สรุปค่าพารามิเตอร์สำหรับการจัดตารางการส่งน้ำสำหรับคูส่งน้ำสายใหญ่

Parameter	Month					
	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
q (l/s/rai)	.213	0.116 (.203)	.109	.086	.069	.161
q' (l/s/rai)	.111	.116 (.096)				
q_{md} (l/s/rai) = 1.1 q	.237	.128 (.224)	.126	.096	.077	.179
q'_{md} = 1.1 q'	.123	.128 (.106)				
r = $q_{md}/\bar{q}_{md}$ or $q'_{md}/\bar{q}_{md}$	.80	.44 (.76)	.41	.32	.26	.60
Supply duration Ns, days	4	4 (4)	4	4	4	4
Supply interval Nu, days	5	10 (5)	10	12	16	6
Number of groups, G	5	5 (2)	5	3	4	3

Notes 1. Figures in parentheseses are for land preparation in the 2nd irrigation round.

2. q , q' , q_{md} q'_{md} are from Table 6

ตารางที่ 8 ทางเลือกในการจัดกลุ่มคูส่งน้ำสายใหญ่สำหรับห้วยแอ่ง

No. of Rotational Groups	Group No.	Combination of Main Ditch Farm ditch	Required Discharge in LMC (CMS)
3	1	1R-L, 1L-L, 2L-L, 003	.077+.122+.109+.042 =.350
	2	3L-L, 4L-L	.168+.179 =.347
	3	5L-L, 002, 004, 005, 006, 007	.197+.186 =.383
4	1	1R-L, 1L-L, 002, 004	.077+.122+.044+.035 =.278
	2	2L-L, 3L-L	.109+.168 =.277
	3	4L-L, 003, 005	.179+.042+.05 =.271
	4	5L-L, 006, 007	.197+.010+.047 =.254
5	1	1R-L, 1L-L	.077+.122 =.199
	2	2L-L, 002, 004, 005	.109+.044+.035+.050 =.238
	3	3L-L, 003	.168+.042 =.210
	4	4L-L, 007	.179+.047 =.226
	5	5L-L, 006	.197+.010 =.207

Land Preparation

5 (First Round)	1	1R-L, 003	.077+.042 =.119
	2	1L-L	.122
	3	3L-L	.168
	4	2L-L	.109
	5	4L-L	.179
2 (Second Round)	1	5L-L	.197
	2	002, 004, 005, 006, 007	.186

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH/ FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 003	.119																	Soaking First Round for 30 days
2	1L-L	.122																	
3	3L-L	.168																	
4	2L-L	.109																	
5	4L-L	.179																	
6																			
7																			
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			.575		.529		.588		.518		.578								
LMC TARGET RELEASE (CMS)			.588																
SURPLUS (CMS)			.013		.059		-		.070		.010								

Note Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

รูปที่ 12 ตารางการส่งน้ำของคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย บองห้วยแอ่งสำหรับเดือนพฤษภาคม

MONTH : June

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH / FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 003	.119																	Replenisment for 30 days
2	1L-L	.122																	
3	3L-L	.168																	
4	2L-L	.109																	
5	4L-L	.179																	
6	5L-L	.197																	Soaking Second Round for 30 days
7	002, 004, 005, 006, 007	.186																	
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			.484		.624		.673		.660		.485								
LMC TARGET RELEASE (CMS)			.485				.673				.485								
SURPLUS (CMS)			.001		.049		-		.013		-								

Note: Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

รูปที่ 13 Irrigation Schedule for LMC of Huai Aeng for June.

MONTH : July

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH / FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 1L-L	.199																	Normal Irrigation
2	2L-L, 002, 004, 005	.238																	
3	3L-L, 003	.210																	
4	4L-L, 007	.226																	
5	5L-L, 006	.207																	
6																			
7																			
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			.406		.437		.448		.436		.433								
LMC TARGET RELEASE (CMS)			.448																
SURPLUS (CMS)			.042		.011		-		.012		,015								

Note: Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

รูปที่ 14 Irrigation Schedule for LMC of Huai Aeng for July.

MONTH : August

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH/ FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 1L-L, 2L-L, 003	.350																	Normal Irrigation
2	3L-L, 4L-L	.347																	
3	5L-L, 002, 004, 005, 006, 007	.383																	
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			.350				.347				.383								
LMC TARGET RELEASE (CMS)			.383																
SURPLUS (CMS)			.033				.036				-								

Note: Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

รูปที่ 15 Irrigation Schedule for LMC of Huai Aeng for August.

MONTH : September

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH / FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 1L-L, 002, 004	.278																	Normal Irrigation
2	2L-L, 3L-L	.277																	
3	4L-L, 003, 005	.271																	
4	5L-L, 006, 007	.254																	
5																			
6																			
7																			
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			,278				,277				,271				,254				
LMC TARGET RELEASE (CMS)			,278																
SURPLUS (CMS)			-				.001				,007				,024				

Note: Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

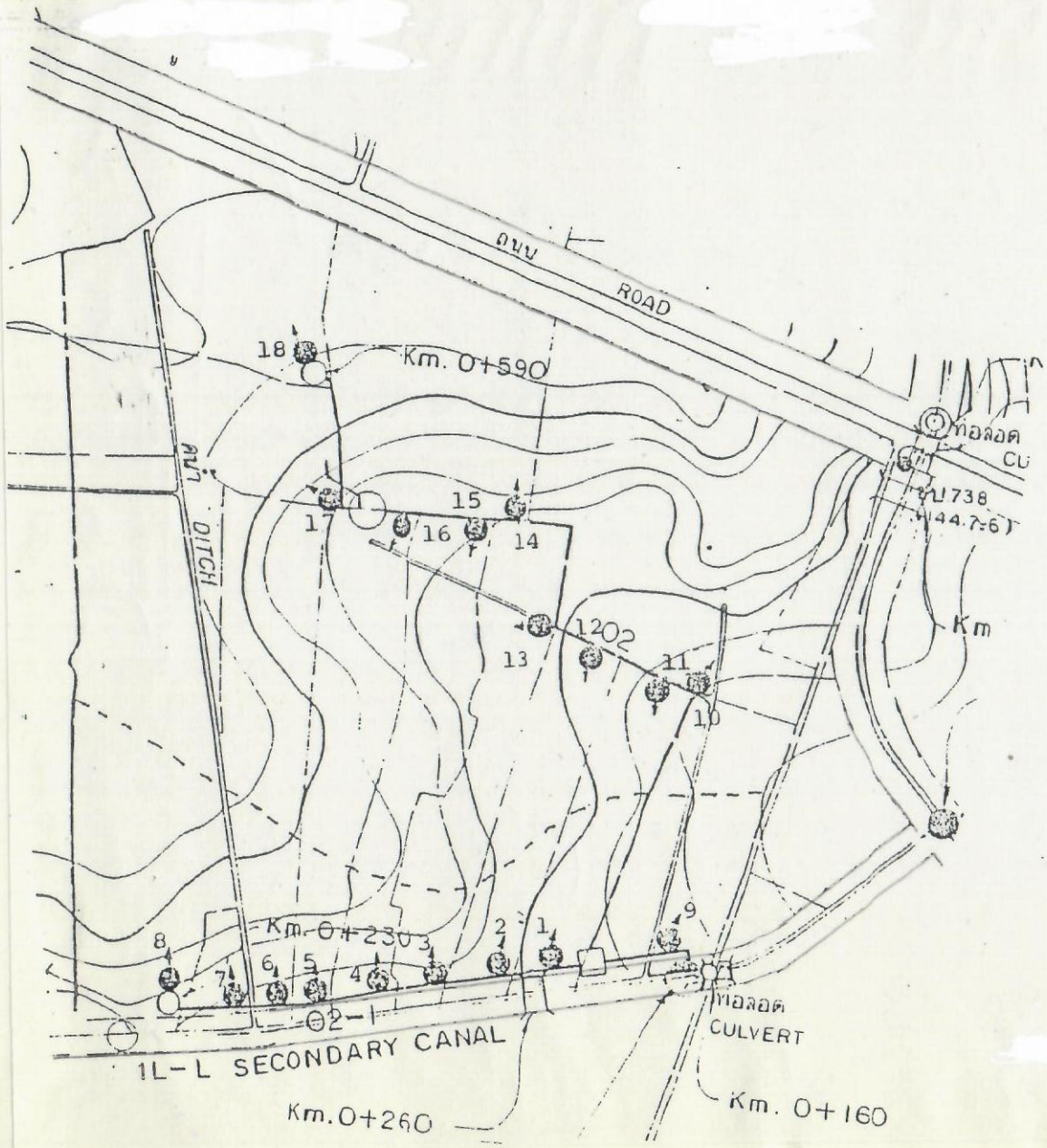
รูปที่ 16 Irrigation Schedule for LMC of Huai Aeng for September.

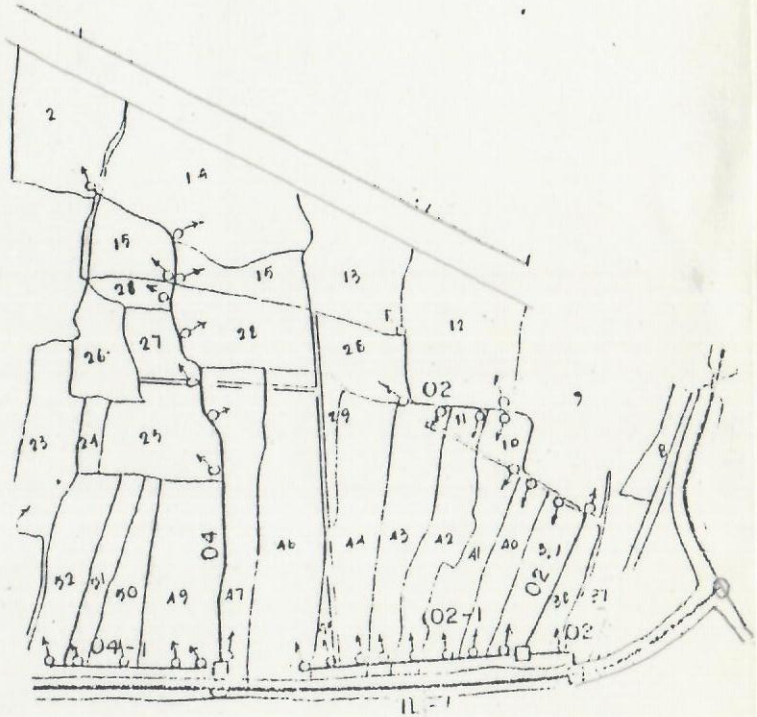
MONTH : October

ROTATION GROUP NUMBER	MAIN DITCH / FARM DITCH	GROUP DISCHAGE (CMS)	DAY 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	REMARK
1	1R-L, 1L-L, 2L-L, 003	.350																	Normal Irrigation
2	3L-L, 4L-L	.347																	
3	5L-L, 002, 004, 005, 006, 007	.383																	
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
TOTAL DISCHARGE REQUIREMENT (CMS)			.733		.697		.730												
LMC TARGET RELEASE (CMS)			.733																
SURPLUS (CMS)			-		.036		.003												

Note: Schedule shows for Ns = 8, Nu = 10 as an alternative to Ns = 4, Nu = 5, during land preparation period

รูปที่ 17 Irrigation Schedule for LMC of Huai Aeng for October.





รูปที่ 18 คูน้ำ 02 ของ 1L-L

ตัวอย่างการคำนวณเวลาการส่งน้ำให้แต่ละหน่วยหมุนเวียนแสดงอยู่ในตารางที่ 9 ควรแจ้งเวลาส่งน้ำที่คำนวณได้ให้กลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อเป็นแนวทางในการจัดตารางการส่งน้ำ หัวหน้าแฉกจำเป็นต้องเรียกประชุมเพื่อปรึกษาถึงแผนการส่งน้ำต่าง ๆ และเลือกแผนที่ทุกคนเห็นชอบด้วย

4.7.2 คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา : พื้นที่นำร่อง (Pilot Area)

เนื่องจากการออกแบบคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาและคลองซอย 2L-R เหมือนกับคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย จึงสามารถใช้ขั้นตอนการวางแผนการส่งน้ำตามที่ได้กล่าวมาแล้วมาปรับใช้ได้ อย่างไรก็ตามเกณฑ์การออกแบบของพื้นที่นำร่องต่างจากเกณฑ์ทั่ว ๆ ไปของโครงการ NESSI ดังนั้น วิธีการวางแผนการส่งน้ำที่จะกล่าวถึงต่อไปจึงอาจแตกต่างจากที่กล่าวมาแล้วบ้าง

ระบบส่งน้ำในไร่นาของพื้นที่นำร่องแสดงอยู่ในรูปที่ 19 ซึ่งประกอบด้วยคูน้ำ 03, 05A และ 05B ส่งน้ำให้พื้นที่ 313, 111 และ 115 ไร่ ตามลำดับ เกณฑ์การออกแบบของพื้นที่นำร่องแตกต่างจากเกณฑ์ของโครงการ NESSI

(1) เกณฑ์การส่งน้ำของพื้นที่นำร่อง

1. ใช้ระบบส่งน้ำหมุนเวียนเป็นบล็อคในแต่ละแฉก

แฉก 03 มี 7 บล็อค ซึ่งจะหมุนเวียนในช่วงวันที่ส่งน้ำ 7 วัน

แฉก 05A มี 4 บล็อค

แฉก 05B มี 3 บล็อค

แฉก 05A และ 05B จะถูกจัดตารางหมุนเวียนเป็นบล็อคในช่วงวันที่ส่งน้ำ 7 วัน ในลักษณะที่รวม 2 แฉกเข้าด้วยกันเป็น 1 แฉก

2. เวลาที่จ่ายน้ำสำหรับแต่ละบล็อคเป็นสัดส่วนกับพื้นที่บล็อค และมีค่าคงที่ตลอดช่วงฤดูกาลส่งน้ำ ซึ่งหมายความว่าจะมีตารางการส่งน้ำอันเดียวสำหรับแต่ละแฉกตลอดฤดูกาลส่งน้ำ

3. การส่งน้ำให้แต่ละคูน้ำจะถูกปรับให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำชลประทานประจำเดือนของแฉก และมีค่าคงที่ตลอดเดือน การปรับอัตราการไหลเข้าคูน้ำแต่ละสายทำได้โดยการปรับประตูท่อระบายปากคูตามตารางการส่งน้ำที่กำหนดไว้ล่วงหน้าตอนต้นฤดูกาลส่งน้ำ ผู้รักษาอาคาร (Gate Operator) หรือพนักงานส่งน้ำจะสามารถควบคุมปริมาณน้ำได้โดยการติดตั้งฝายสันกว้าง (Broad-Crested Weir)

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการจัดเวลาการส่งน้ำในแฉก (คูน้ำ 02 ของ 1L-L)

Rotation Unit No.	FTO No.	Plot No.	Area (rai) (Rough estimate)	Allocated time, hrs	
				Land preparation (each 10-day period)	Normal (each 4-day period
1	1, 2	39, 40	3.91	8	4
2	3, 4	41, 42	3,91	8	4
3	5, 5	43, 44	6.10	12	6
4	7, 8	45, 46	7.70	16	8
5	9, 10	37, 38, 8, 9	19.89	40	20
6	11, 12	39, 40	5.49	11	5.5
7	16, 17	28, 29, 43 44, 46	22.95	46	23
8	18	13, 15	6.98	14	7
9	13, 14	10, 12, 41	13.57	28	14
10	15	11, 42	4.44	9	4.5
	Total		94.94	192	96

Notes:- 1. Normal irrigation: Ns = 4 days, from equation (3.19) :

$$\theta = \frac{4 \times 24}{94.94} = 1 \text{ hrs/rai}$$

2. Soaking period Ns = 4 days, Nu = 5 days

i.e. Supply 8 days in 10 days

Assume a1 : a2 : a3 = 50 : 30 : 20

= 47.47 : 28.48 : 18.99 (rai)

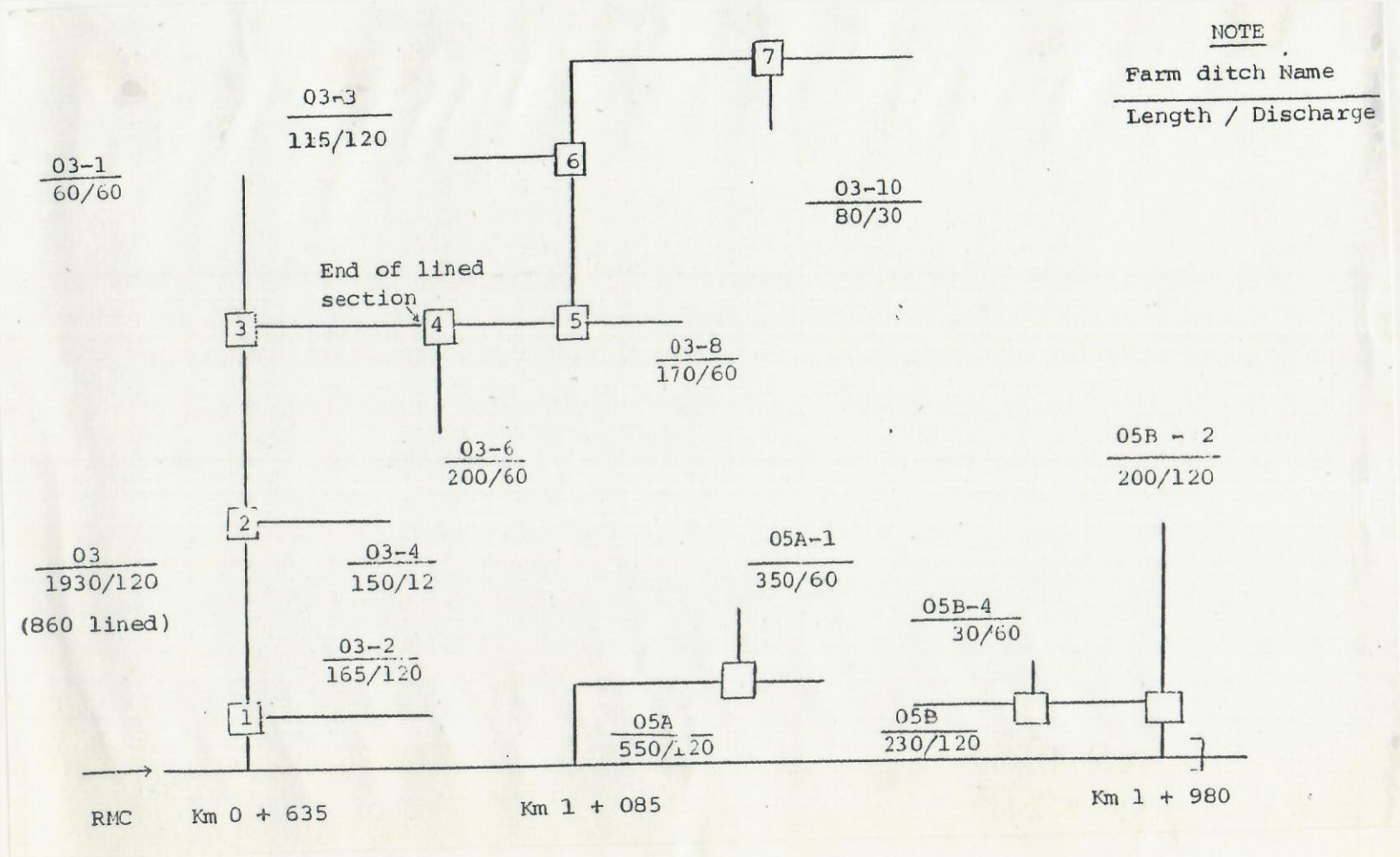
Soaking : $\frac{T}{a1} = \frac{8 \times 24}{47.47} = 4$ hrs/rai

Replenishing : $\frac{1}{a1} \left[1 - \frac{a2}{a1} \right] T$

$$= \frac{1}{47.47} \left[1 - \frac{28.48}{47.47} \right] \times 8 \times 24 = 1.6 \text{ hrs/rai}$$

Example of time allocation in Rotation Unit 5 during soaking period.

	Area (rai)	Time in hrs		
		Days 1-10	11 - 20	21 - 30
	10.0	40	16	16
	6.0	-	24	9
	3.89	-	-	15
Total	19.89	40	40	40



รูปที่ 19 ระบบส่งน้ำในไร่นาของพื้นที่นำร่องโครงการห้วยแอ่ง

4. ปิด-เปิดอาคารแบ่งน้ำ (Division Box) ตามตารางการส่งน้ำหมุนเวียน โดยกลุ่มผู้ใช้น้ำจะเป็นผู้รับผิดชอบการส่งน้ำตามแนะนำของเจ้าหน้าที่ชลประทาน

(2) ตารางการส่งน้ำ (Delivery Schedule)

บล็อคหมุนเวียนทั้งหมดของทั้ง 3 แฉก แสดงอยู่ในรูปที่ 20 ชั่วโมงการจ่ายน้ำ (Supply Time) สำหรับแต่ละบล็อคจะคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$t_i = \frac{a_i}{a} \times t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

เมื่อ

t_i = ชั่วโมงการจ่ายน้ำสำหรับบล็อค i (i = 1, 2, ... , 7)

t = ชั่วโมงการจ่ายน้ำ (Supply Duration) สำหรับคูน้ำ เป็นชั่วโมง

a_i = พื้นที่บล็อค i เป็น ไร่

a = พื้นที่แฉก เป็น ไร่

คูน้ำสายที่ 03

สมมติ t = 164 ชั่วโมง สำหรับส่งน้ำให้ 7 บล็อค

สมมติว่าตารางการส่งน้ำหมุนเวียนเริ่มจากท้ายคูเช่น บล็อค 7 การคำนวณเวลาการส่งน้ำหมุนเวียนซึ่งรวมถึงเวลาการเดินทางของน้ำแสดงอยู่ในตารางที่ 10 คูน้ำ 03 มีทั้งส่วนที่คาดและไม่คาด ดังนั้นการสูญเสียน้ำขณะส่งน้ำจึงต่างกันระหว่างสองส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ ให้ใช้ค่า $\bar{t}_c = 0.8$

คูน้ำ 05A และ 05B

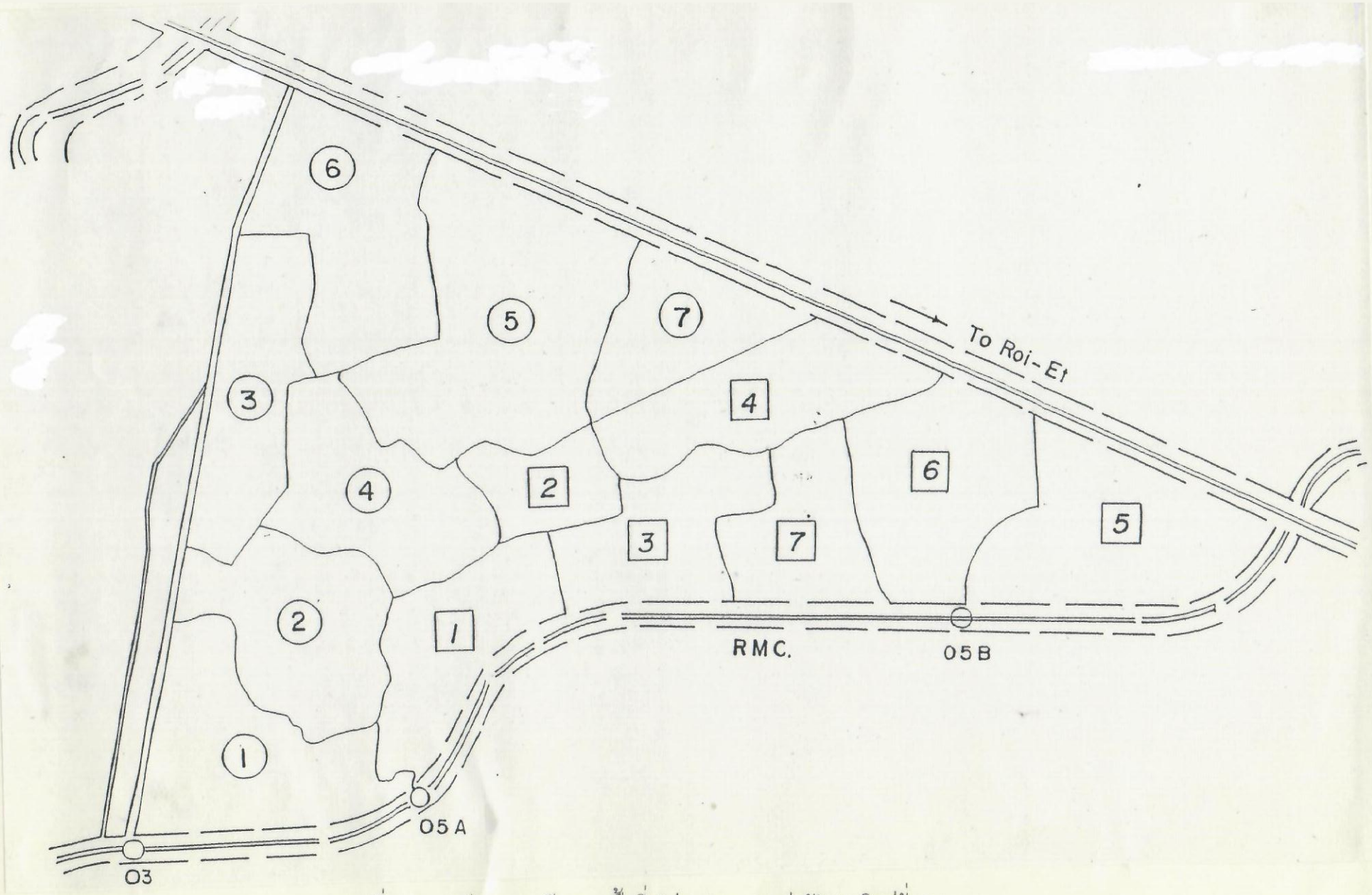
สองแฉกนี้จะพิจารณารวมเป็นแฉกเดียวรวมเป็น 7 บล็อค สมมติ t = 166 ชั่วโมง การคำนวณเวลาการส่งน้ำหมุนเวียนจะแสดงอยู่ในตารางที่ 11

ตารางการส่งน้ำสำหรับพื้นที่นำร่องของห้วยแอ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 12

(3) ปริมาณน้ำที่ต้องการ (Discharge Requirement)

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่นำร่องคำนวณได้ดังนี้

$$Q_i = q\, a_i \left(\frac{7 \times 24}{t}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$



รูปที่ 20 บล็อคหมุนเวียนของพื้นที่นำร่องของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา

ตารางที่ 10 การคำนวณเวลาการส่งน้ำหมุนเวียนสำหรับคูน้ำ 03 ของพื้นที่น้ำร่องของห้วยแอ่ง

Block No.	Area (rai)	Irrig. Time (hrs)	Estimated travel Time (hrs)	Total Time (hrs)	Final Time (hrs)
7	45	23.58	2.81	26.39	26.5
6	50	26.20	.30	26.50	26.5
5	56	29.34	.56	29.9	30.0
4	43	22.53	0	22.53	23.0
3	35	18.34	0	18.34	18.0
2	41	21.48	.17	21.65	21.5
1	43	22.53	.18	22.71	22.5
	313	164.00	4.02	168.02	168.0

Note Schedule has to be revised when data on losses in lined and unlined ditches are available. The present calculation assumes Ec = 0.8 thoughout.

ตารางที่ 11 การคำนวณเวลาการส่งน้ำหมุนเวียนสำหรับคูน้ำ 05A และ 05B ของพื้นที่ร่องของห้วยแอ่ง

Farm Ditch	Block No.	Area (rai)	Irrig. Time (hrs)	Estimated travel Time (hrs)	Total Time (hrs)	Final Time (hrs)
05 A	4	32	23.50	.56	46.1	46.0
	3	30	22.04			
	2	16	11.75	.65	12.4	12.5
	1	33	24.24	0	24.24	24.0
	Sub total	111	81.53	1.21	82.74	82.5
05 B	5	48	35.26	.19	35.45	35.5
	6	41	30.11	.19	30.30	30.5
	7	26	19.10	.14	19.24	19.5
	Sub total	115	84.47	.52	84.99	85.5
Total		226	166.00	1.73	167.73	168.0

Note Block No. 4 is assumed to receive water through Block No. 3 since no ditch exists. The schedule has to be revised if it is found that Block No. 4 should be combinded with Block No. 7 of Farm ditch No. 03.

ตารางที่ 12 ตารางการส่งน้ำของพื้นที่นำร่องของห้วยแอ่ง

Farm Ditch	Block No.	Duration (hrs)	M	T	W	Th	F	S	Su	TIME FOR ON	TIME FOR OFF
03	7	26.5								07.00	09.30
	6	26.5								09.30	12.00
	5	30.0								12.00	18.00
	4	23.0								18,00	17.00
	3	18.0								17,00	11,00
	2	21,5								11,00	08,30
	1	22.5								08,30	07,00
05 A	4, 3	46.0								07,00	05.00
	2	12.5	OPEN 05A			CLOSE 05A				05,00	17,30
	1	24.0								17,30	17,30
05 B	5	35.5								17.30	05.00
	6	30.5	CLOSE 05B			OPEN 05B				05,00	11.30
	7	19.5								11,30	07,00

เมื่อ

Q_i = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แฉก i เป็น ลิตร/วินาที

q = ค่า q ประจำเดือน หรือ q' ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 เป็น ลิตร/วินาที/ไร่

a_i = พื้นที่แฉก i เป็น ไร่

t = จำนวนชั่วโมงที่ส่งน้ำ

สมมติให้การเตรียมแปลงในพื้นที่นำร่องทำเสร็จในการส่งน้ำครั้งแรก ปริมาณน้ำที่ต้องการที่คำนวณได้สำหรับแต่ละแฉกแสดงอยู่ในตารางที่ 13 ในช่วงการส่งน้ำปกติอาจใช้วิธีการส่งน้ำ "แบบส่งน้ำสัปดาห์เว้นสัปดาห์" เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคูเป็น 2 เท่าก็ได้

5. การส่งน้ำ (Operation Implementation)

5.1 การกระจายน้ำ (Distribution of Water)

หลังจากที่ได้จัดทำตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของคูส่งน้ำสายใหญ่สำหรับเดือนที่กำหนดไว้แล้ว จะต้องแจ้งให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องกับการส่งน้ำของโครงการทราบก่อนเริ่มต้นเดือนนั้น ขอแนะนำวิธีการแจ้งข่าวดังต่อไปนี้

1. ใช้กระดานติดตั้งที่ใกล้ประตูระบายปากคูส่งน้ำสายใหญ่ หรือจุดที่กลุ่มผู้ใช้น้ำเลือก บนกระดานควรแสดงตารางการส่งน้ำของทั้งเดือนของคูส่งน้ำสายใหญ่นั้น เจ้าหน้าที่กรมชลประทานจะเป็นผู้เขียนตารางส่งน้ำของทุก ๆ เดือนตามแผนการส่งน้ำที่วางไว้

2. ติดประกาศตารางการส่งน้ำหมุนเวียนของคูส่งน้ำสายใหญ่ทุกสายในแต่ละเดือนที่บอร์ดข่าวของหมู่บ้าน ในทุกหมู่บ้านในเขตโครงการ

3. กระจายข่าวเกี่ยวกับตารางการส่งน้ำไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางด้านการเกษตรของโครงการเช่น เจ้าหน้าที่กรมส่งเสริม

สิ่งสำคัญทุ่ดคือเจ้าหน้าที่กรมชลประทานต้องส่งน้ำตามตารางที่แจ้งแก่เกษตรกรอย่างเคร่งครัด มิฉะนั้นความเชื่อถือในตัวเจ้าหน้าที่จะลดน้อยถอยลง และเป็นผลให้ความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการส่งน้ำและบำรุงรักษาลดลง อาคารควบคุมน้ำทุกตัวจะต้องได้รับการปรับ (ปิด-เปิด) อย่างถูกต้องเหมาะสมตามตารางส่งน้ำหมุนเวียน

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสำหรับพื้นที่น้ำร่อง

Farm Ditch	Area (rai)	Design Capacity $\overline{Q}$ (l/s)	Required Discharge Q (l/s)					
			May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
03	313	120	69	37 (74)	35 (70)	28 (56)	22 (44)	52 (104)
05A	111	120	49 (98)	27 (54)	25 (50)	20 (40)	16 (32)	37 (74)
05B	115 226	120						

Notes

$$Q_{03} = q \frac{313\ (7x24)}{164}$$ (From equation 16)

$$Q_{05A} = Q_{05B} = q' \frac{226\ (7x24)}{166}$$

q or q' from Table 7

Figures in parentheses are required discharges for supplying every other week.

(1) การปิด-เปิดอาคารหัวงาน

โค้งอัตราการไหล (Discharge Curves) ผ่านประตูระบายปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา แสดงอยู่ในรูปที่ 21 และ 22 ตามลำดับ ควรมีการจัดทำโค้งในลักาณะเดียวกันนี้หลังจากที่ได้มีการสอบเทียบอาคารแล้ว (Structure Calibration) และแนะนำให้จัดทำโค้งให้เป็นตารางสำหรับผู้รักษาอาคารชลประทาน

เนื่องจากปริมาณการไหลของน้ำในคลองสายใหญ่มีค่าคงที่ตลอดทั้งเดือน จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับบานบ่อยนัก อย่างไรก็ตาม ในช่วงฝนตกหนัก ผู้รักษาอาคารต้องเฝ้าดูอย่างใกล้ชิด

ปัจจุบันผู้รักษาอาคารชลประทานจะบันทึกขนาดการเปิดบานและระดับน้ำเป็นประจำวัน ซึ่งควรปฏิบัติต่อไป

(2) การส่งน้ำในคลองส่งน้ำสายใหญ่และคลองซอย

ต้องปิด-เปิดอาคารอัดน้ำทุกตัวตามตารางส่งน้ำหมุนเวียนประจำเดือนของคูส่งน้ำสายใหญ่ ปรับอาคารอัดน้ำแต่ละตัวตามอัตราการไหลที่ต้องการเพื่อรักษาระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำของอาคารอัดน้ำให้อยู่ที่ระดับใช้การ (FSL)

(3) การส่งน้ำของคูส่งน้ำสายใหญ่

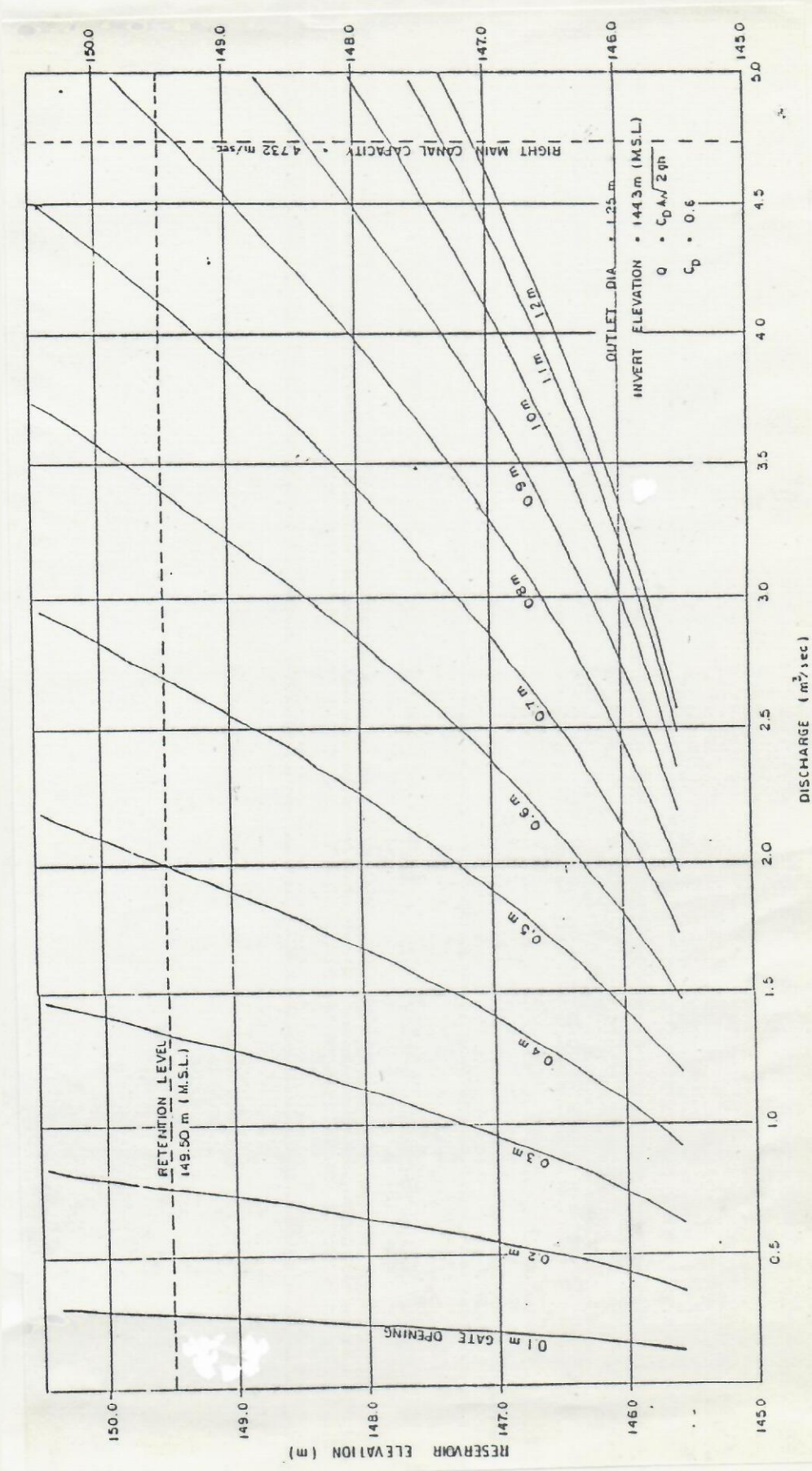
ปกติเจ้าหน้าที่ชลประทานเพียงทำหน้าที่ปิดหรือเปิดประตูระบายปากคูส่งน้ำสายใหญ่ตามตารางการส่งน้ำโดยไม่มีการปรับ อย่างไรก็ตาม ควรบันทึกระดับน้ำที่ฝายสันกว้างในคูส่งน้ำสายใหญ่ และตรวจสองว่าปริมาณการไหลเป็นไปตามที่ออกแบบหรือเปล่า จึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบฝายวัดน้ำทุกตัว

5.2 การเปลี่ยนตารางการส่งน้ำ

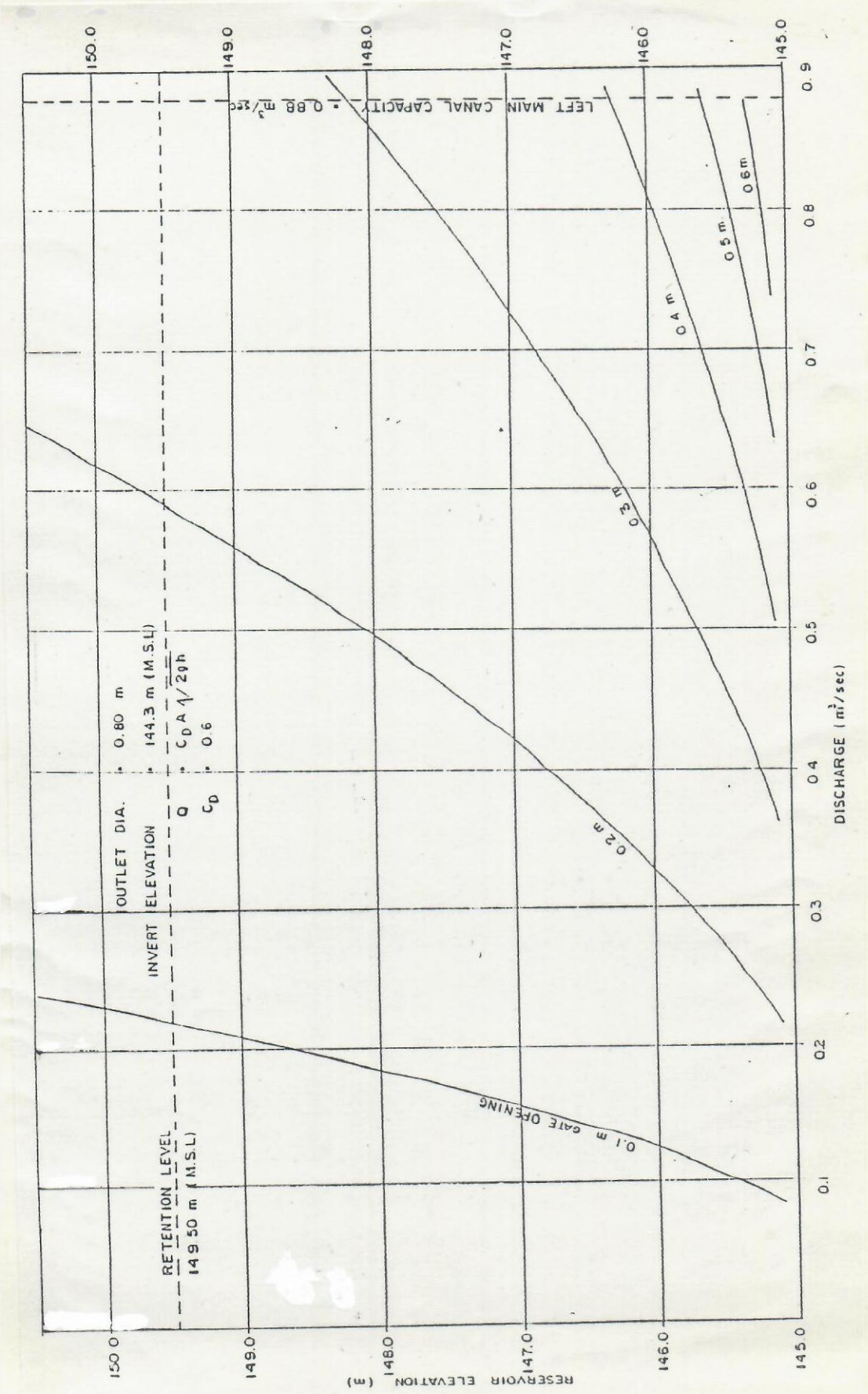
อาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนตารางส่งน้ำเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

(1) ระบบส่งน้ำพังใช้การไม่ได้ หรือต้องการซ่อมแซม ซึ่งควรแจ้งกลุ่มผู้ใช้น้ำที่เกี่ยวข้องและจัดตารางการส่งน้ำใหม่

(2) กลุ่มผู้ใช้น้ำขอ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมการเกษตรในคลองส่งน้ำสายใหญ่บางสายล่าช้าออกไป ควรเตรียมตารางการส่งน้ำใหม่ และมีการประสานงานกับกลุ่มผู้ใช้น้ำ



รูปที่ 21 โค้งอัตราการไหลผ่านประตูระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาของห้วยแม่ง



รูปที่ 22 โค้งอัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำคลองส่งน้ำสายใหม่ฝั่งท้ายของท้ายแม่ง

(3) ฝนตกหนัก ควรใช้น้ำฝนให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการลดปริมาณน้ำหรือเลื่อนการส่งน้ำออกไป จะช่วยลดความต้องการน้ำจากอ่าง ซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่ส่งน้ำชลประทานในฤดูถัดไป และช่วยลดปัญหาการระบายน้ำในไร่นา แนวทางการเลื่อนการส่งน้ำออกไปแสดงอยู่ในตารางที่ 14 ค่าในตารางขึ้นอยู่กับในใช้การประจำเดือนเฉลี่ยในตารางที่ 3

ตารางที่ 14 เกณฑ์สำหรับการปรับการส่งน้ำเนื่องจากฝน

Period	Rainfall Intensity mm/day	No. of Days for Suspension
Land Preparation	21-41	1
	42-62	2
	63-83	3
	> 83	4
September	16-31	1
	32-47	2
	48-63	3
	> 63	4
Normal Irrigation	12-23	1
	24-35	2
	36-47	3
	48-59	4
	> 59	5

Note: Suspension is to be made one day after the beginning of the rain.

6. การติดตามผลการส่งน้ำ (Monitoring the Operation)

การติดตามผลการส่งน้ำมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการคือ

1. จุดมุ่งหมายระยะสั้น เพื่อการควบคุมการส่งน้ำโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ส่งจริงกับแผน และหาเหตุผลถ้าการส่งน้ำจริงไม่เป็นไปตามแผน

2. จุดมุ่งหมายระยะยาว เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ส่ง ความต้องการน้ำ และผลการส่งน้ำในฤดูที่ผ่านมาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและปฏิบัติการส่งน้ำในฤดูต่อไป

กิจกรรมของการติดตามผลการส่งน้ำประกอบด้วยการบันทึกปริมาณการไหลประจำวันที่อาคารควบคุมน้ำต่าง ๆ ในคลองสายใหญ่และคลองซอย และบันทึกปัญหาและกิจกรรมที่เกี่ยวกับเกษตรกรประจำวัน เจ้าหน้าที่สนามควรเป็นผู้รวบรวมจัดทำรายงานประจำปีและส่งให้นายช่างหัวหน้าโครงการชลประทานจังหวัด

กิจกรรมการติดตามผลการส่งน้ำที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการตรวจวัดน้ำ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

7. การวัดน้ำชลประทาน (Irrigation Water Measurement)

ตารางการส่งน้ำที่จัดทำขึ้นจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพถ้าปราศจากการวัดและควบคุมน้ำ ควรวางโปรแกรมการวัดน้ำเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้แน่ใจว่ามีการควบคุมน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อให้การกระจายน้ำเป็นไปอย่างทั่วถึง

2. เพื่อให้แน่ใจว่าเกษตรกรได้รับน้ำตามตาราง

3. เพื่อหาปริมาณน้ำที่สูญเสียในระบบส่งน้ำ เพื่อจะได้นำมาดัดแปลงแก้ไขตารางการส่งน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดีขึ้น

4. เพื่อให้มีข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการส่งน้ำในการออกแบบ และในการดำเนินงานด้านอื่น ๆ ของโครงการ ฯ

5. เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำ เช่น ข้อมูลปริมาณการไหลสำหรับการเก็บค่าบำรุงรักษาระบบในไร่นาในอนาคต

โปรแกรมการวัดน้ำอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. โปรแกรมการวัดน้ำปกติ โปรแกรมประเภทนี้ประกอบด้วยการวัดน้ำตามปกติ ซึ่งกระทำที่จุดต่าง ๆ ในระบบส่งน้ำและที่ความถี่ที่เหมาะสม ควรวางแผนโปรแกรมเพื่อว่าสามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องมือวัดน้ำที่มีอยู่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. โปรแกรมการวัดน้ำพิเศษ จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษเช่น การหาสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำ การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำในพื้นที่ที่กำหนดให้ (การศึกษาสมดุลย์ของน้ำ) และคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของการไหลของน้ำในคลองอันเป็นผลจากการส่งน้ำในคลอง โปรแกรมประเภทนี้ต้องการเครื่องมือวัดน้ำพิเศษนอกเหนือจากที่ใช้งานในปัจจุบัน

7.1 โปรแกรมการวัดน้ำปกติ

โปรแกรมการวัดน้ำปกติที่เสนอแนะไว้สรุปอยู่ในตารางที่ 15 ซึ่งเชื่อว่าโปรแกรมนี้อยู่ในขีดความสามารถของเจ้าหน้าที่ส่งน้ำและบำรุงรักษาของห้วยแอ่งในปัจจุบันจะสามารถทำได้ ถึงแม้ว่าจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพิเศษ ช่วงเวลาในการตรวจวัดจะขึ้นอยู่กับตารางการส่งน้ำที่ใช้

7.2 โปรแกรมการวัดน้ำพิเศษ

การตรวจวัดน้ำพิเศษจะให้ข้อมูลสำหรับการจัดการน้ำ ตัวอย่างการวัดน้ำพิเศษมีดังนี้

1. การหาองค์ประกอบของการสูญเสียน้ำต่าง ๆ ทั้งการสูญเสียแบบคงที่ (Steady State) และแบบไม่คงที่ (Transient)
2. ศึกษาสมดุลย์ของน้ำในพื้นที่ที่ต้องการ
3. คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของการไหลของน้ำในคลองเนื่องจากการส่งน้ำแบบหมุนเวียน
4. ประสิทธิภาพการให้น้ำในแฉก

7.3 การตรวจวัดอื่น ๆ

นอกเหนือจากโปรแกรมการตรวจวัดน้ำตามปกติ แนะนำให้ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดทางอุทกวิทยาต่าง ๆ ดังนี้

1. ถาดวัดการระเหยใกล้เครื่องวัดน้ำฝน
2. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นใกล้เครื่องวัดน้ำฝน
3. Anemometer สำหรับวัดความเร็วลม
4. ท่อวัดน้ำใต้ดินในบริเวณที่ลุ่มและบริเวณที่อาจมีปัญหาเรื่องเกลือ ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำได้

ตารางที่ 15 โปรแกรมการวัดน้ำปกติ

Delivery Component	Objective	Procedure	Recommended Frequency
Main and lateral canals	Calibration of Head Regulator for proper flow control	Measurement using current meter	Once in 5 years
	Structures Calibration	Current meter measurement	Annual
	Determination of conveyance loss	Ponding loss or Inflow-outflow loss measurement, making use of existing hydraulic structures (e.g. check, drop, culvert, siphon, tail regulator)	Twice per year
	Regular flow controlling and recording	Install staff gauges at various hydraulic structures	Daily staff gage reading
Main ditch	Broad-crested weir calibration	Measurement using current meter	Once in 2 years
	Requlr flow controlling and recording	Make use of existing broad-crested weir at turnout	Daily reading
	Determination of conveyance loss	Similar to main canal	Once in 2 years
Farm ditch	Ditch turnout calibration	Use cut-throat flume at farm turnout	Once in 2 years
	Regular monitoring and recording	Install staff gauge showing normal water level and undesirable level due to channel friction change	Monthly
	Determination of conveyance loss	Ponding loss, or Inflow-outflow loss measurement, using cut-throat flume	Once in 2 years

8. เอกสารอ้างอิง

1. The Royal Irrigation Department 1985, Operations and Maintenance Manual, Huai Aeng, for The Northeast Small Scale Irrigation Project, Parsons-Team Consultant Task Force.

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์เวลาการส่งน้ำในคูน้ำในช่วงเตรียมแปลง

การส่งน้ำในคูน้ำในช่วงเตรียมแปลงค่อนข้างจะซับซ้อน เพราะมีการแบ่งพื้นที่แฉกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีพื้นที่ไม่เท่ากัน และการส่งน้ำแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ๆ ละ 10 วัน การหาเวลาการส่งน้ำให้แต่ละกลุ่มในแต่ละช่วงเวลาจะทำได้ดังแสดงในเมทริกต่อไปนี้

เมทริกเวลาการส่งน้ำ (Matrix of Supply Time Allocation)

พื้นที่	วัน		
	1 - 10	11 - 20	21 - 30
a_1 (50 %)	t_{11}	t_{12}	t_{13}
a_2 (30 %)	-	t_{22}	t_{23}
a_3 (20 %)	-	-	t_{33}
พื้นที่ทั้งหมด a (100 %)	T	T	T

เมื่อ

T = จำนวนวันที่ส่งน้ำเข้าคูน้ำในช่วงเวลา 10 วัน ซึ่งก็คือ N_s เมื่อ N_u เท่ากับ 10 นั่นเอง

t_{11}, t_{22}, t_{33} = เวลาที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวในพื้นที่ a_1, a_2 และ a_3 เป็น วัน

t_{12}, t_{13} = เวลาที่ส่งน้ำเพื่อชดเชยน้ำที่สูญหายไปสำหรับพื้นที่ a_1 เป็น วัน

t_{23} = เวลาที่ส่งน้ำเพื่อชดเชยน้ำที่สูญหายไปสำหรับพื้นที่ a_2 เป็น วัน

ค่าพารามิเตอร์ t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{22}, t_{23} และ t_{33} จะหาได้ดังนี้.-

วันที่ 1-10 (ทำให้พื้นที่ a_1 อิ่มตัว)

$$t_{11} = T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

เวลาการส่งน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เพื่อทำให้ดินอิ่มตัว (θ_s)

$$\theta_s = \frac{T}{a_1} \quad \text{.....} \quad (2)$$

<u>วันที่ 11-20</u> (ทำให้พื้นที่ a_2 อิ่มตัว และชดเชยน้ำที่สูญหายไปจาก a_1)

$$t_{22} = a_2 \theta_s$$

$$= a_2 \frac{T}{a_1} \quad \text{.....} \quad (3)$$

$$t_{12} = T - \frac{a_2}{a_1} T$$

$$= (1 - \frac{a_2}{a_1}) T \quad \text{.....} \quad (4)$$

เวลาที่ส่งน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เพื่อชดเชยน้ำที่สูญหายไปจากพื้นที่ a_1 (θ_R)

$$\theta_R = \frac{1}{a_1} (1 - \frac{a_2}{a_1}) T \quad \text{.....} \quad (5)$$

<u>วันที่ 21-30</u> (ทำให้ a_3 อิ่มตัวและชดเชยน้ำที่สูญหายไปจาก a_1 และ a_2)

$$t_{33} = a_3 \theta_s$$

$$= a_3 \frac{T}{a_1} \quad \text{.....} \quad (6)$$

$$t_{13} = a_1 \theta_R$$

$$= a_1 \frac{1}{a_1} (1 - \frac{a_2}{a_1}) T$$

$$= (1 - \frac{a_2}{a_1}) T \quad \text{.....} \quad (7)$$

$$t_{23} = T - \frac{a_3}{a_1} T - (1 - \frac{a_2}{a_1}) T$$

$$= T (1 - \frac{a_3}{a_1} - 1 + \frac{a_2}{a_1})$$

$$= T (\frac{a_2}{a_1} - \frac{a_3}{a_1})$$

$$= \frac{a_2}{a_1} T \left[1 - \frac{a_3}{a_1} \times \frac{a_1}{a_2}\right]$$

$$= \frac{a_2}{a_1} T \left[1 - \frac{a_3}{a_2}\right]$$

IMPROVED IRRIGATION PROJECT MAINTENANCE PRACTICES

Section I.

INTRODUCTION

Most countries in the world, including Thailand, have already constructed the most economical irrigation projects. Consequently, the major focus in the future will be on improving management practices to increase crop production on existing lands. However, deteriorating irrigation channels and inadequate operating procedures often preclude any significant improvement. To overcome these problems, an "Operations and Maintenance Learning Process" has been introduced. This process was developed in Thailand to provide a technological and institutional framework for operating an irrigation system.

An irrigation system can be divided into four major subsystems:

1. Water Source;
2. Water Delivery;
3. Farm; and
4. Water Removal.

The Farm subsystem is considered to be the "heart" of an irrigation system; it performs the system's primary function, that of food growth for humans and animals. The Water Source, Water Delivery and Water Removal subsystems support the Farm subsystem. An adequate technological and institutional framework for operating the irrigation system in accordance with design criteria must be established. If these frameworks are not in place, system failure or low agricultural production levels are likely to result even if the four irrigation subsystems have been properly designed.

A common problem in irrigation systems is the continual cycle of irrigation system construction, followed by deterioration because of inadequate maintenance, followed by rehabilitation (which ends up being major re-construction), followed again by deterioration. This significantly inhibits the development of irrigated agriculture. As irrigation channel networks deteriorate, the capability of delivering water equitably throughout the system is decreased. The adequacy and dependability of the irrigation water supply decreases for some farmers, depending upon their location; thus, they are less likely to risk other expensive agricultural inputs such as fertilizer. In some cases, a portion of the lands have to be abandoned for lack of water. The consequences are very slow progress in agricultural development.

As mentioned, the emphasis in the future will be improving water management practices and increasing crop production on existing irrigated lands. Technology alone will not bring about the necessary improvements. Instead, technological changes and institutional modifications will usually help existing irrigated lands become more productive.

For example, it is not sufficient to rehabilitate a network of irrigation channels; the channels must be maintained season-after-season so that a dependable water supply can be delivered to every farmer. Likewise, it is not sufficient to just fill the channels with water, flow measurement devices are needed so that irrigation supplies are equitably delivered to each farmer. First of all, in order to operate and maintain an irrigation system on a long-term basis, high-ranking government officials need to provide the necessary manpower, equipment and budget. Secondly, the personnel responsible for

maintenance and operations must provide farmers with timely and equitable water deliveries.

Recognizing the "site specific" nature of irrigated agriculture, where each project area is uniquely different, an effective approach must be process oriented, rather than an emphasis on technology alone. Such a process must be capable of being adapted to each "site specific" situation in order to be transferable.

The Operations and Maintenance "Learning Process" provides one technological approach for effectively sustaining an irrigation network over a long period of time. This process emphasizes:

1. maintaining rather than rehabilitating;
2. documenting maintenance needs to improve financial management and accountability;
3. using existing flow control structures in irrigation channels for water management;
4. developing more detailed physical knowledge about what is occurring within the system;
5. increasing sensitivity about operating the system to meet the needs of farmers; and
6. documenting the need and costs for irrigation system improvements.

In discussing operations and maintenance (O&M) issues, it is useful to subdivide the water delivery subsystem into the main subsystem, usually called the main system, and the tertiary subsystem. The tertiary system is the land served by the last flow control structure along the main system. An irrigation project consists of a main system channel network that serves numerous tertiary systems. Most irrigation projects have a division of O&M responsibilities between the main system and the tertiary systems. Usually, RID is

responsible for O&M activities in the main system, while the farmers are responsible for O&M activities in the tertiary channel network.

This O&M process focuses upon the water delivery subsystem, but the same principles would apply to the water removal subsystem, which is the surface and subsurface drainage channel network. Most likely, the farmers would be responsible for maintaining the drainage channels in the tertiary subsystems.

For new irrigation projects, and recently rehabilitated systems, the initial emphasis of the O&M Learning Process would be the operations phase followed shortly afterwards with initiating activities under the maintenance phase. In contrast, for irrigation systems that are deteriorating, the term M&O Learning Process would be more appropriate, because the initial emphasis should be the maintenance phase followed by an increasing emphasis on the operations phase as more and more of the maintenance needs are corrected.

Section II.

MAINTENANCE PHASE OF THE OPERATIONS AND MAINTENANCE LEARNING PROCESS

The Main System of an irrigation project consists of irrigation channels. The channels start from the dam or river, and end at the outlets along each lateral and sub-lateral. Each outlet provides irrigation to a Water Users Group. The network of irrigation channels downstream from each outlet is defined as the tertiary system.

The Royal Irrigation Department is responsible for the maintenance of the main system, but not the operation and maintenance of the tertiary system.

The first step in the Maintenance Phase of the O&M Learning Process is to Conduct a Operations Control Maintenance Survey. The Maintenance Survey should be conducted at each structure that has been identified as being important for flow control and water measurement.

The most important flow control structures are the gates at the dam that regulate the flow rate into the main canals, or the river diversion structure, the Head Regulators for the laterals and sub-laterals, and CHO or outlet structure serving the tertiary system at each Water Users Group. In addition, check structures are valuable for flow control.

Any necessary repairs, such as malfunctioning or leaky gates, should be written in detail in a field book. Any maintenance needed on existing flow control and/or water measurement structures should be adequately described in the field book. All deficiencies should be

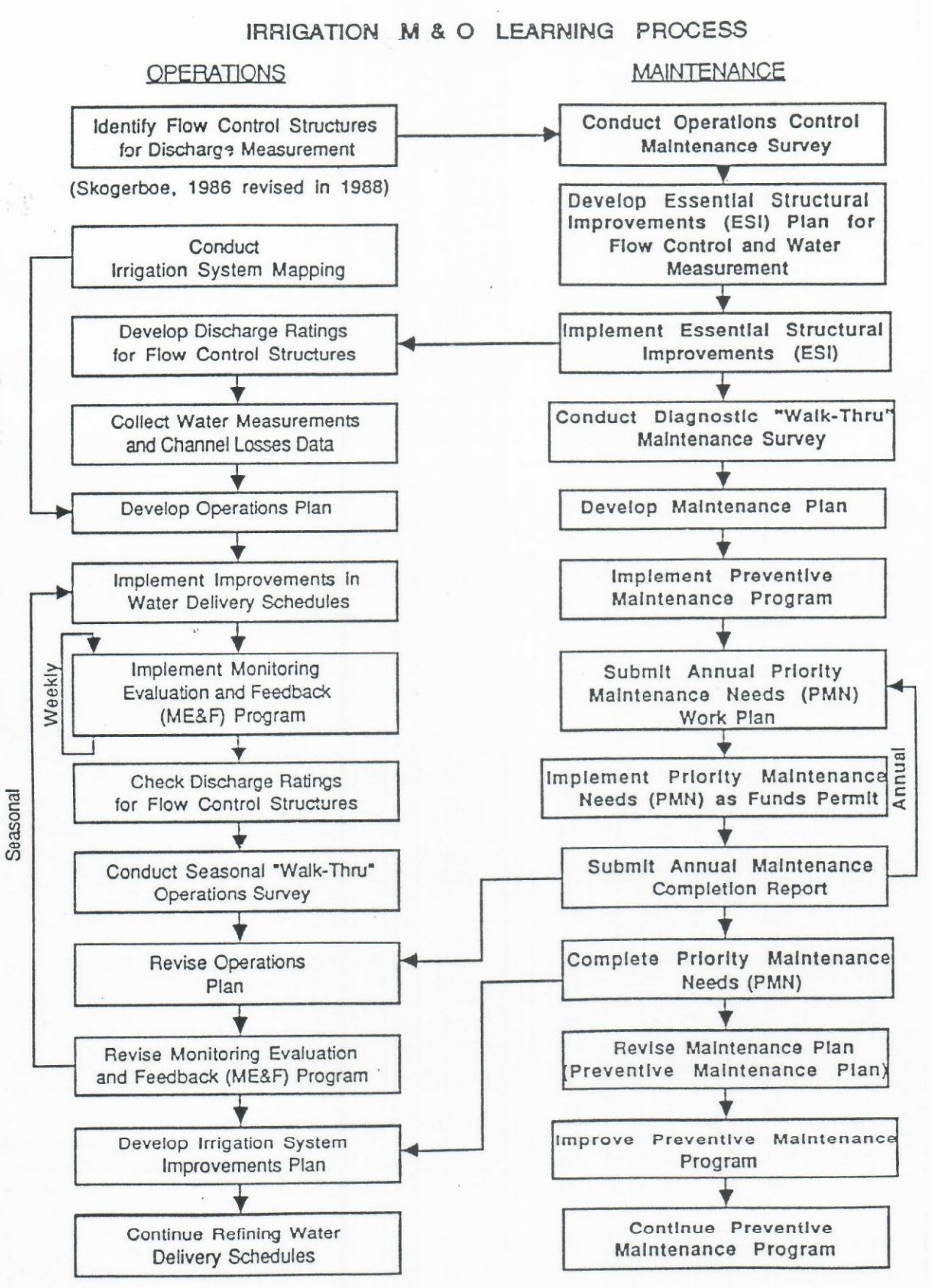


Figure M-02-01. Maintenance Phase of the Operations and Maintenance Learning Process.

noted. In some cases, structures may need to be replaced or additional structures constructed.

The term "Essential Structural Improvements" refers to those structures in the irrigation channels that are important for:

1. controlling the flow of water; and
2. measuring the discharge rate.

Fortunately, the same structure can often be used for both purposes. A detailed "Essential Structural Improvements Plan" should be prepared that includes:

1. Physical description of irrigation system;
2. Proposed flow measurement program for equitably distributing water supplies;
3. Proposed flow measurement program for evaluating channel losses;
4. Essential Structural Improvements (ESI);
5. Costs of Essential Structural Improvements; and
6. ESI Implementation Plan.

Once the Essential Structural Improvements Plan has been approved, then detailed cost records should be kept of actual expenditures during implementation. This is important for planning similar investments in other irrigation networks because these costs reflect the minimum investment that should be made in upgrading the irrigation channels operation. Accumulating this information for many irrigation systems will allow planners to allocate more realistic funding for upgrading other irrigation projects in their region.

The next step in the maintenance phase of the "Operations and Maintenance Learning Process" is to Conduct a Diagnostic "Walk-Thru" Maintenance Survey which is a detailed field survey that lists all

maintenance needs along each canal, lateral and sub-lateral, including the outlet structures to each tertiary system. This survey requires two to three individuals, such as a Water Master and Zonemen, walking along each irrigation channel, taking notes on each maintenance need.

"Walk-thru" rather than "riding-thru" is very important to be sure that all of the maintenance needs, such as small cavities, are actually seen. When "riding-thru," only the major maintenance problems are observed. A "walk-thru" will allow observations of minor maintenance problems that can readily be corrected at low level costs before they become expensive major problems.

It is important to understand the physical phenomena "causing" the problems. This allows the observers to "diagnose" the maintenance problems as to their actual causes so that recommended maintenance needs will correct the "cause" of the problem rather than treat the "symptoms." In this manner, the causes of maintenance problems can be eliminated so that they do not recur year after year.

Typical detailed field notes during a diagnostic "walk-thru" survey would include: (1) reaches of channel requiring sediment removal, including an estimate of the volume of sediment in cubic meters; (2) cavities along the concrete lining that need to be filled, along with an estimate of the cavity volume; (3) cavities at structures such as bridge abutments and gate structures; (4) repair of holes in concrete lining panels; (5) replacement of failed concrete lining panels; (6) grading of roadway; (7) repair or replacement of gates; and (8) sodding.

A report should be prepared by the staff of each irrigation project that describes a "Maintenance Plan" that will correct all

maintenance needs within five years, or less. This report should include: (1) Essential Structural Improvements for water control and flow measurement; (2) costs of Essential Structural Improvements; (3) inventory of required maintenance; (4) maintenance costs; (5) Priority Maintenance Needs and costs; (6) maintenance equipment requirements; (7) maintenance manpower requirements; and (8) maintenance plan. The maintenance plan should include: (a) maintenance issues such as eliminating sediment sources, reducing deterioration of channel lining, and minimizing seepage losses; (b) method of implementation, such as force account maintenance, private contractor maintenance, or contract main system maintenance with Water Users Groups; (c) implementation schedule including the first-year priority maintenance needs work plan and proposed work plans for the second, third, fourth and fifth years.

For each fiscal year, a Priority Maintenance Needs Work Plan would be forwarded to appropriate RID authorities in the provincial, regional and central offices for approval and funding. Although most maintenance work is done between irrigation seasons, this work plan should also describe what maintenance activities can be completed during each irrigation season. The allocated funds may not be sufficient to correct all of the maintenance needs listed in the annual work plan, so the highest Priority Maintenance Needs should be corrected first, then the next highest priority, until all allocated maintenance funds have been expended, or all Priority Maintenance Needs have been corrected.

At the end of each fiscal year, the Irrigation Engineer for each project would prepare a Annual Maintenance Completion Report that lists each maintenance need that had been corrected and its actual cost.

This procedure will provide experience and documentation for more reliable estimates of maintenance costs in the future.

Documenting the maintenance phase with a Maintenance Plan, an annual Priority Maintenance Needs Work Plan, and an Annual Maintenance Completion Report allows for accountability between the project, provincial, regional and central offices. This documentation provides the necessary information for properly monitoring and evaluating the improvement in the main system and the effectiveness of the expenditures.

When the operations phase of the O&M Learning Process has proceeded to the point where channel losses are being measured in the main system, then the maintenance plan should be refined. The periodic measurement of channel losses is an excellent indicator of the quality of the maintenance program; good maintenance reduces channel losses. Revisions in the previous maintenance plan can be made based on new information and experience gained during implementation.

If a program on "Irrigation Water Management In Tertiary Systems" has been undertaken, then the results can be incorporated into the revised maintenance plan. As a minimum, the Water Master, the Water Users Group Leader for the particular tertiary system being inspected, and the Zoneman responsible for delivering water at the main system outlet to the tertiary system should walk along the tertiary channel network and collectively prepare detailed notes on maintenance needs.

A Preventive Maintenance Plan should be prepared that would be the basis for continued maintenance activities after completion of the Priority Maintenance Needs. This plan should discuss: (1) physical causes of maintenance problems; (2) anticipated extent of maintenance

problems; (3) maintenance equipment requirements; (4) maintenance manpower requirements; (5) maintenance requirements for Water Users Groups; (6) estimated annual maintenance costs; and (7) preventive maintenance plan.

This document should be forwarded to the provincial, regional and central headquarters offices for appropriate review and approval. If the maintenance phase of the Operations and Maintenance Learning Process is pursued and followed properly, it will greatly assist in the correction of problems and improved operation of the irrigation system.

the Head of the Operation and Maintenance Section looks after operations activities at medium-scale irrigation projects on behalf of the Project Engineer (Provincial Irrigation Engineer). In this handbook, this position is referred to as the Head of Operations.

A. MAINTENANCE SURVEY OF FLOW CONTROL STRUCTURES

- The Head of Operations provides to the Head of Engineering the Flow Control Structures to be calibrated for discharge measurement in the Operations Phase of the O&M Learning Process.
- The Head of Engineering provides the listing of flow control structures required by each Water Master for the area under his jurisdiction.
- The Water Master conducts the maintenance survey, accompanied by the Zoneman when in that portion of the area serviced by the Zoneman.

B. ESSENTIAL STRUCTURAL IMPROVEMENTS PLAN

- The Head of Operations prepares the first three sections of the ESI Plan and submits this material to the Head of Engineering.
- The Water Master(s) rewrite their notes and sketches in a format for inclusion in the final section of the ESI Plan and submits this material to the Head of Engineering.
- The Head of Engineering completes the ESI Plan and submits it to the Project Engineer for comments.
- The completed ESI Plan is submitted by the Project Engineer to the Irrigation Regional Office.

C. DIAGNOSTIC "WALK-THRU" MAINTENANCE SURVEY

♦ The "walk-thru" survey is conducted by the Water Master, who prepares all of the field notes and sketches.

♦ The Water Master should provide field training experience to each Zoneman; in particular, when conducting the "walk-thru" in the area serviced by a Zoneman, then he should accompany the Water Master so experience is gained of the maintenance problems in the Zoneman's area and the causes of these problems.

D. PREPARATION OF MAINTENANCE PLAN

♦ The Water Master(s) rewrite their field notes and sketches in a format suitable for inclusion in the final section of the Maintenance Plan and submit this material to the Head of Engineering.

♦ The Water Master(s) compile the Inventory of Required Maintenance for their area, plus prepare cost estimates, and submit this material to the Head of Engineering.

♦ The Head of Engineering compiles the Maintenance Plan in consultation with the Water Master(s) and the Project Engineer, then submits the complete Maintenance Plan to the Project Engineer for comment.

♦ The Project Engineer submits the Maintenance Plan to the Irrigation Regional Office.

E. ANNUAL MAINTENANCE WORK PLAN

♦ The Head of Engineering prepares the Annual Maintenance Work Plan in consultation with the Water Master(s) and the Project Engineer, then submits a completed copy to the Project Engineer for comment.

♦ The Project Engineer submits the Annual Maintenance Work Plan to the Irrigation Regional Office.

F. ANNUAL MAINTENANCE COMPLETION REPORT

♦ The Water Master provides a monthly report to the Head of Engineering on completed maintenance activities, including manpower, equipment, time and materials used for each maintenance task.

♦ The Head of Engineering determines the costs of completing each maintenance activity based on the monthly reports submitted by the Water Master(s).

♦ The Head of Engineering compiles the Annual Maintenance Completion Report in consultation with the Water Master(s) and the Project Engineer, then submits a completed copy to the Project Engineer for comment.

♦ The Project Engineer submits the Annual Maintenance Completion Report to the Irrigation Regional Office.

G. PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN

♦ The Head of Engineering prepares the "Preventive Maintenance Plan" in consultation with the Water Master(s) and the Project Engineer, then submits a copy to the Project Engineer for comment.

♦ The Project Engineer submits the Preventive Maintenance Plan to the Irrigation Regional Office.

Section IV.

PHYSICAL PHENOMENA CAUSING MAINTENANCE PROBLEMS

A general description of the physical phenomena occurring in irrigation systems needs to be presented in order to understand the relationship between the field maintenance inventory and the proposed solutions contained in the form of maintenance needs, including activities, costs, and manpower. There are five distinct areas of concern. The most serious problem is the formation of cavities behind the concrete lining panels which eventually leads to the actual failure of the panels themselves. Second, seepage losses from earthen channels can be quite significant in canals, laterals, sub-laterals and tertiary channels, particularly when operating at high water levels. Third, sedimentation is a serious problem in some channels, but not others; the theoretical approach to this problem is to prevent the sediment from ever entering the irrigation channels. Fourth, aquatic growth is a difficult problem, especially as the present level of technology generally allows for such growth to be removed only by hand or mechanically. The fifth area of major concern is a problem unique to Thailand -- the extensive use of the irrigation system for fishing; fishing practices have resulted in considerable maintenance being required, and in some cases extensive damages have occurred.

To provide further insight into solutions to the various maintenance problems, the role of drainage is discussed. To complete the general picture about maintenance needs in an irrigation system, the impact of various structures upon maintenance requirements is presented.

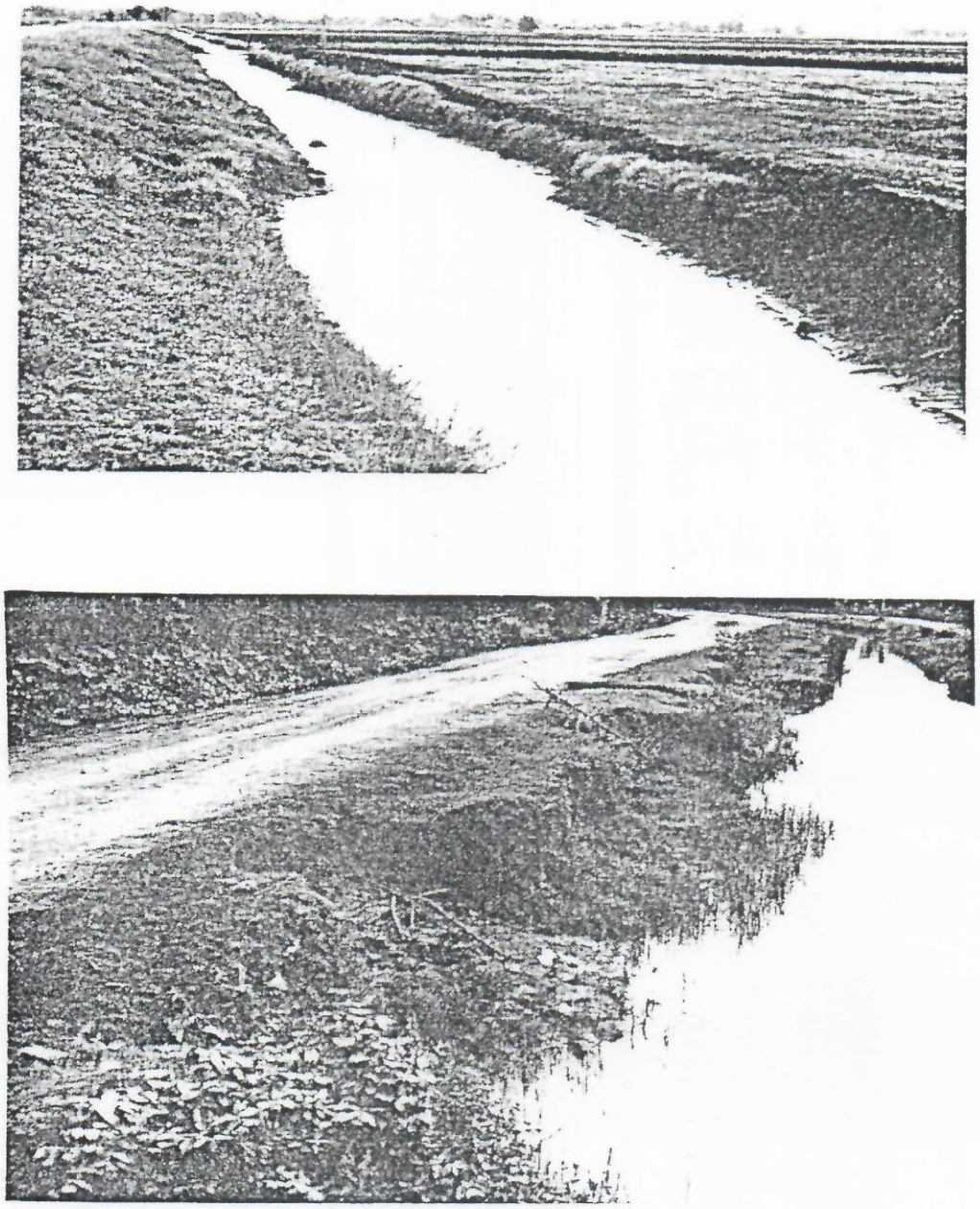


Figure M-04-1. Earthen Irrigation Channel in a Cut Area with Bank Sloughing and Erosion.

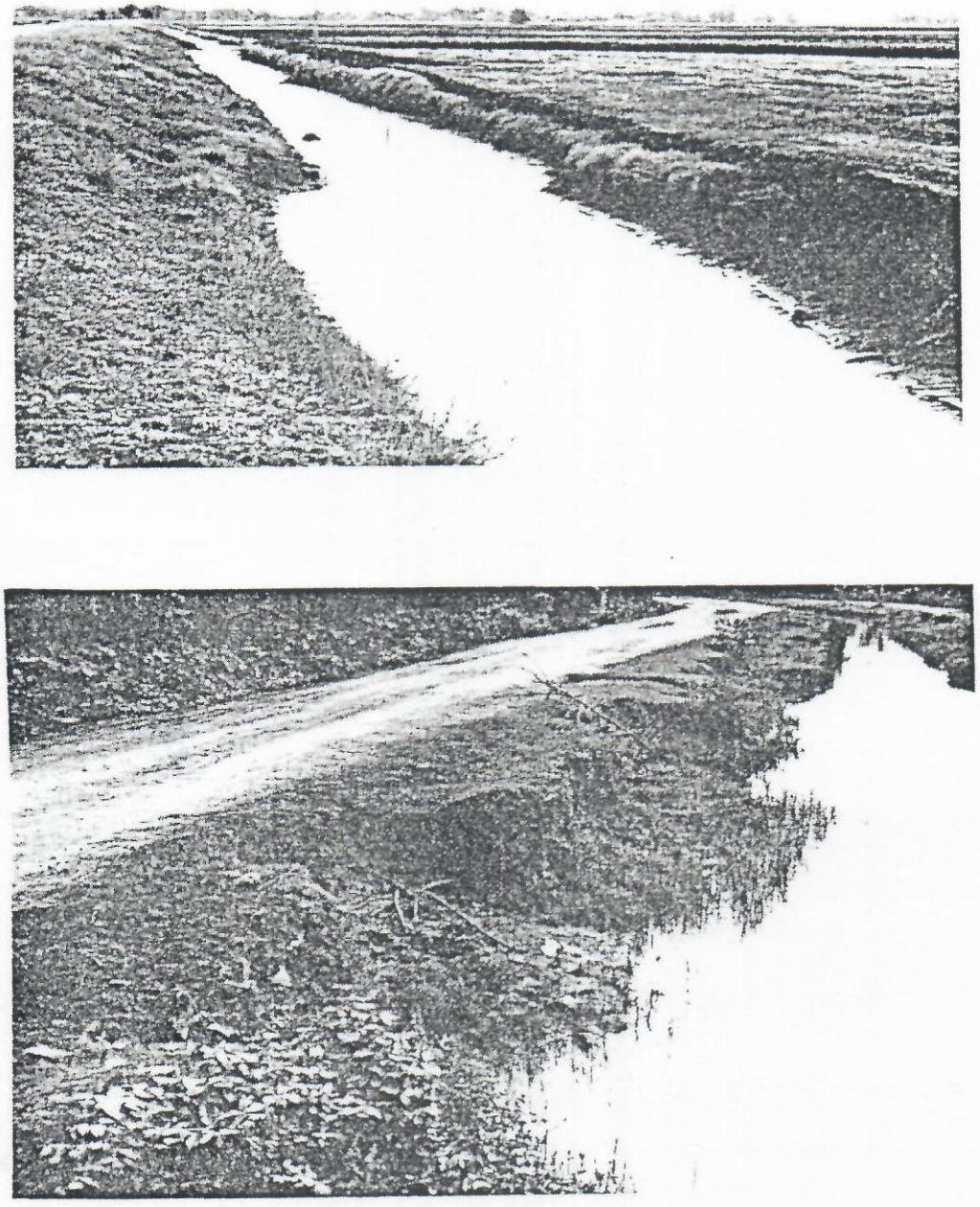


Figure M-04-1. Earthen Irrigation Channel in a Cut Area with Bank Sloughing and Erosion.

The greatest contributing factor to high seepage losses in earthen channels is the biological life existing in the channel banks. This is particularly the case in the capillary fringe above the phreatic line, which by definition is the line demarcating saturated soil moisture flow from unsaturated flow. The capillary fringe immediately above the saturated soil provides an ideal living environment for many forms of biological life, including rodents, worms and insects. Excavation of a channel bank is likely to disclose small caverns and numerous very small diameter channels. In fact, careful inspections of the channel banks may show small leakage holes in the embankment (Figure M-04-2). In some cases, there will be hundreds of these small leakage holes near the base of the channel embankments along a reach length of only one kilometer. Consequently, even irrigation channels constructed in clay soils may have very high seepage loss rates, particularly when the operating water levels in the channel are high.

Another problem, particularly in tertiary channels, is that farmers will cut the bank of the channel in order to take water. With time, this results in many cuts along the channel. Besides increasing seepage losses, some of these cuts also provide small holes through the channel bank that allows leakage. Without adequate maintenance, the seepage and leakage losses from earthen channels will continue to increase with time. Many times, the channel banks (or embankments) need to be rebuilt in order to decrease water losses.

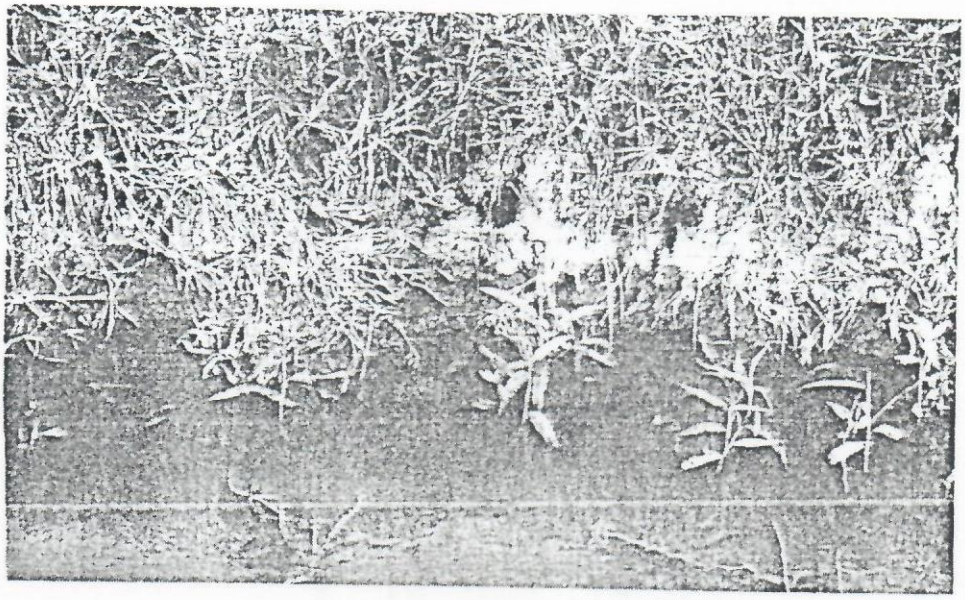




Figure M-04-2. Leakage Along the Berm Embankment of an Earthen Irrigation Channel.

B. CONCRETE-LINED CHANNELS

The most serious long-term damage to the concrete-lined irrigation channels is the formation of cavities behind the wall panels such as shown in Figures M-04-3 and M-04-4. The systematic physical process of cavity formation followed by eventual failure of the concrete panel(s) results from the combination of lining panel joints and monsoon rains, with many other contributing factors. This problem is further aggravated in the Northeast because of sandy soils.

Generally, the concrete lining panels are three meters in length. Alternate panels are formed with wood strips and then poured in-place. Later, the wood strips are removed and the open space three meters in length is completely filled with concrete. A triangular-shaped piece of wood is used shortly after pouring to etch a joint about 1-2 cm deep. However, upon drying, there is frequently an open joint between the concrete panels that is 2-5 mm wide. These open joint openings are the result of concrete shrinkage. The wider joint openings are most likely caused by the more rapid drying of the poured concrete due to inadequate curing, with the thickness of the lining as a possible contributing factor.

The process of cavity formation most commonly begins with seepage through the joint into the irrigation channel. This seepage also carries some sediment into the channel, which results in a small cavity near the joint. Since the easiest path of the seepage water is vertically along the joint, it does not take too long for the cavity to progress upwards until there is an actual opening at the top of the

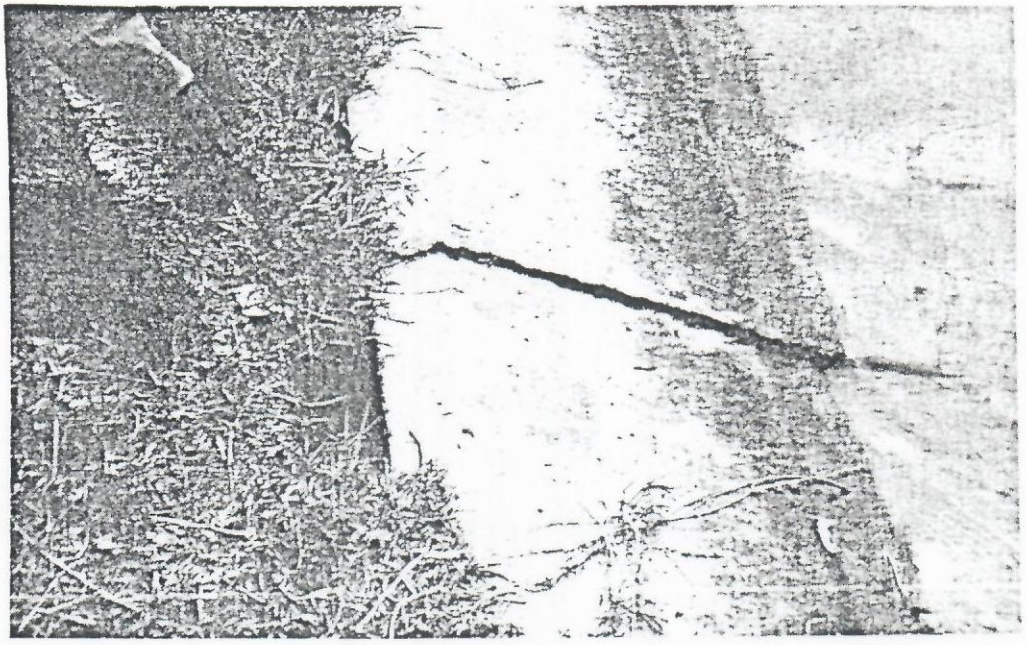


Figure M-04-3. Medium-Sized Cavity Behind Concrete Lining.

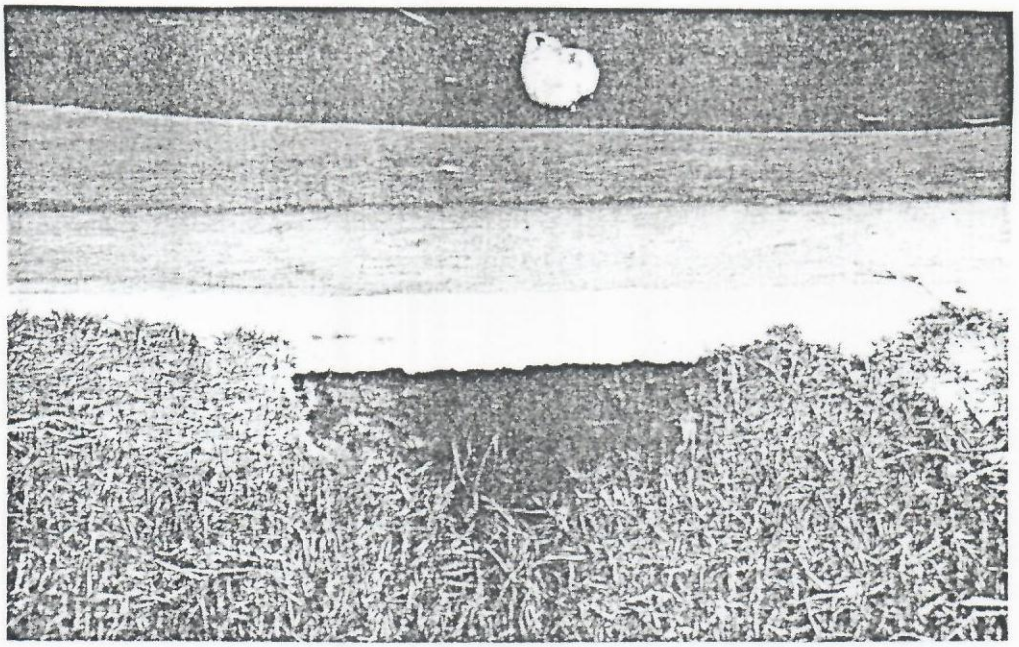


Figure M-04-4. Huge Cavity Behind Concrete Lining.

lining wall panel. Then, as surface runoff during the monsoon rains starts running down into the open cavity, it enlarges even more.

During this process of cavity enlargement, the concrete panel begins to deteriorate. First of all, very small amounts of concrete on the sides of the joint opening begin to break off, most commonly just above the floor level, but sometimes much higher. Next, hairline cracks will likely occur, first near the joint but perhaps later across the full width or height of the panel. Soon, a small chunk of concrete adjacent to the joint will break off, thereby leaving a small hole in the lining (Figure M-04-5). This small hole further aggravates the problem by allowing the cavity underneath to further enlarge, so that larger chunks of concrete eventually break off (Figure M-04-6). At this point, water in the irrigation channel is also eroding the underlying soil. The filling and emptying of the irrigation channel, which occurs frequently, further aggravates this process of soil erosion. The eventual outcome of this physical phenomena is the failure of the concrete lining panel. This process is accelerated if surface runoff from the roadway or berm is allowed to flow towards the irrigation channel. If the cavity has formed an opening to the top of the lining, then some of the surface runoff will flow into the cavity, thereby increasing the seepage flow and sediment transport through the joint. Thus, the cavity becomes enlarged even more rapidly. If the soil surface is depressed below the top of a panel, then the surface runoff will pond behind the panel and is likely to move along the interface between the soil and concrete, eventually reaching a joint as an outlet.

Concrete-lined irrigation channels located in cut areas are highly susceptible to cavity formation and eventual failure of the lining panels (Figure M-04-7). (In contrast, concrete lining in fill areas, such as shown in Figure M-04-8, are usually in excellent condition unless the fill was not properly compacted). The cut banks are easily eroded and eventually surface runoff containing high sediment concentrations are being transported into the irrigation channel (Figure M-04-9). Also, the soil is saturated to a height higher than the top of the panels; this results in seepage flow over the panels in some cases, as well as definitely increasing the seepage rate and sediment transport through the joints. In addition, seepage continues to occur for many more days after a rainfall event or canal closure because of the large volume of stored soil-water.



Figure M-05-5. Damaged Concrete Lining with Berm Surface Erosion.

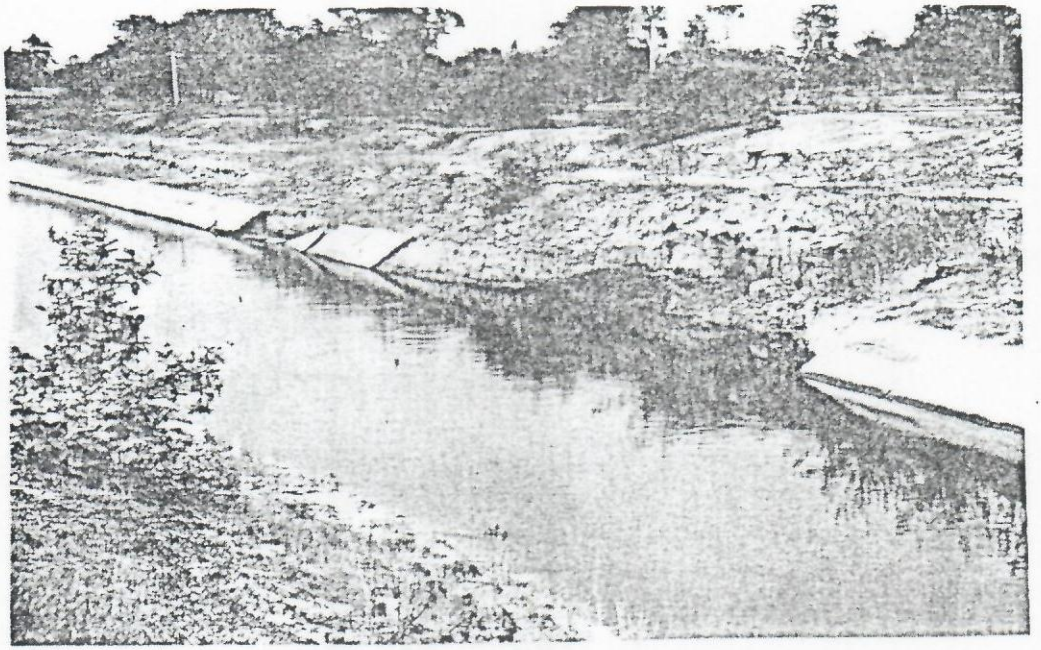


Figure M-04-6. Damaged Concrete Lining in a Cut Area.

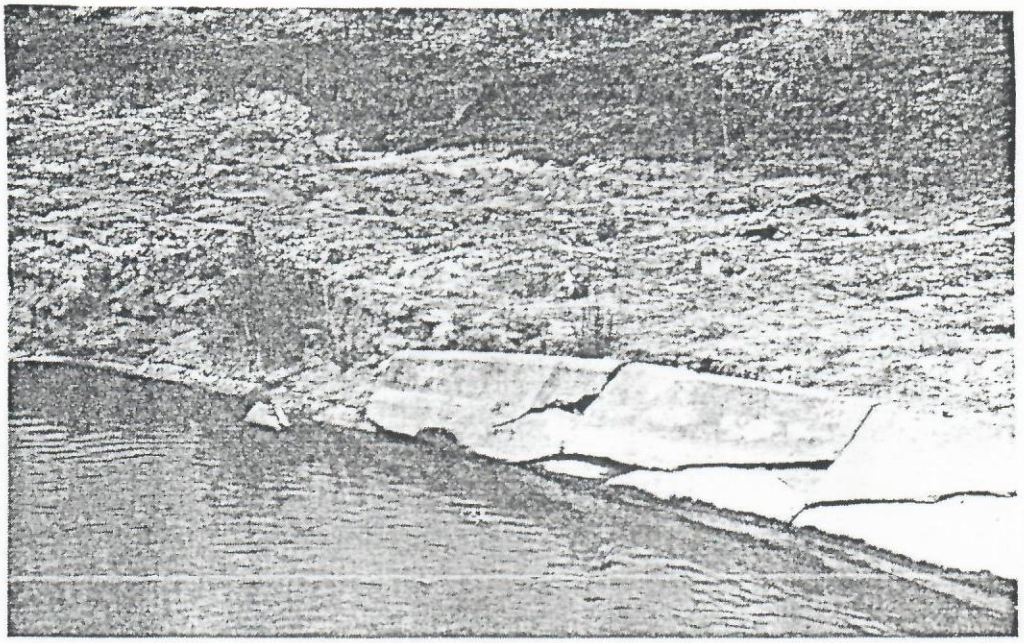


Figure M-04-7. Damaged Concrete-Lined Canal in a Deep Cut Area.

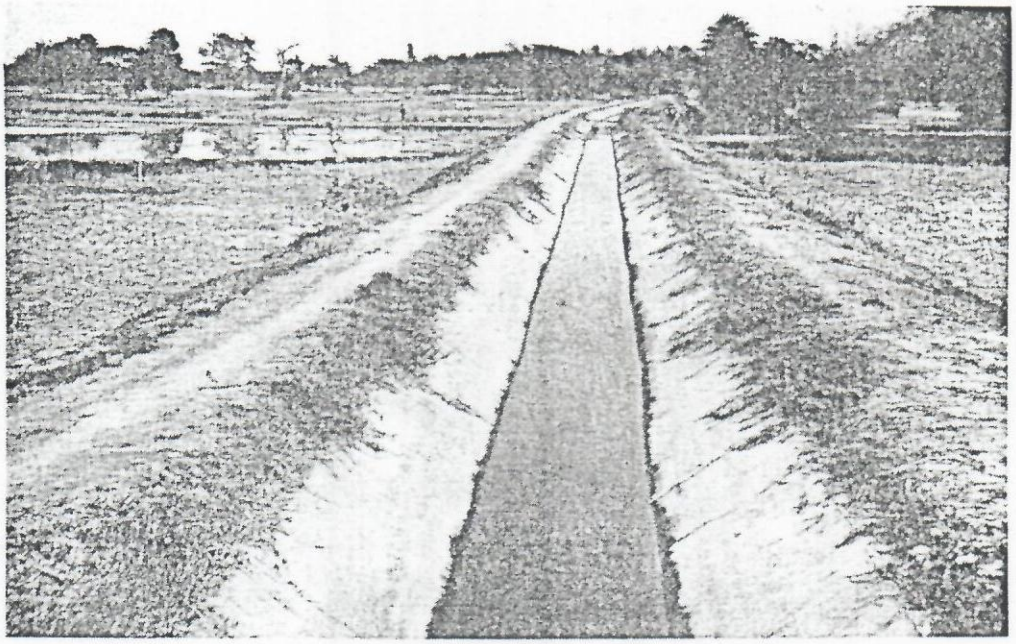


Figure M-04-8. Concrete-Lined Channel in Excellent Condition Because Adjacent Land is Below the Invert Elevation.

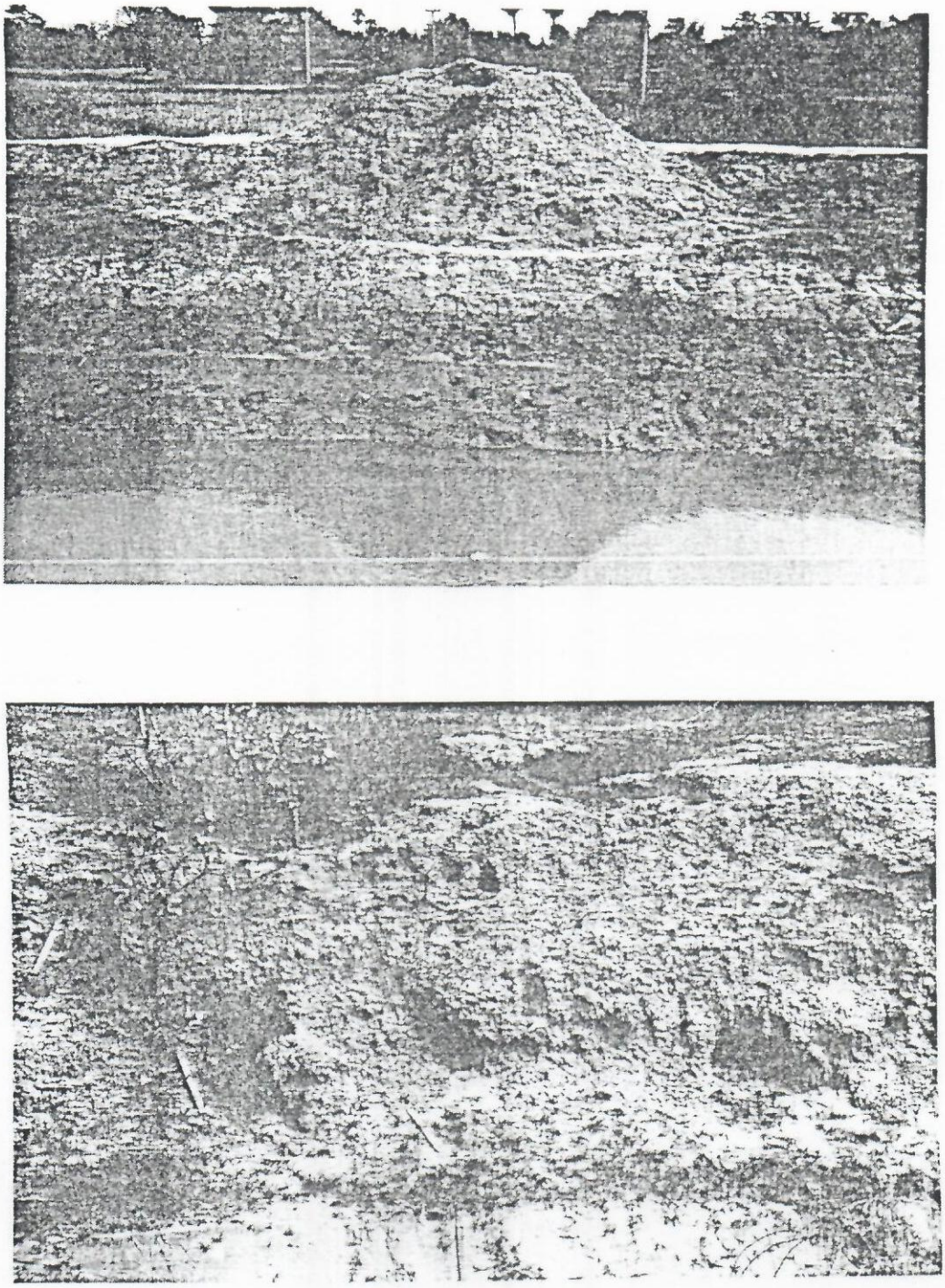


Figure M-04-9. Sediment Lying on Berm Embankment that will Erode and Wash Sediment into the Irrigation Channel During the Next Monsoon Season.

C. ROADS AND BERMS

Roads

In general, the roads are in good condition; however, there are a few locations that definitely need attention. The major problem with roads is that they are not always graded so that surface runoff flows away from the irrigation channel.

The second major problem with roads is bank erosion on the bank opposite to the irrigation channel (Figure M-04-10). This erosion can be the result of:

1. The cross-slope grading of the roadway being too steep so that surface runoff has a relatively high velocity;
2. The bank slope being too steep; or,
3. The bank height being too high.

Another important problem with roads is that they are often constructed too high above the top of the irrigation channels (Figure M-04-11). This situation results in more surface runoff moving at a higher velocity into the irrigation channel, thereby resulting in more sediment entering the irrigation channel. Also, this condition will result in higher soil-water pressures behind the lining panels in a concrete-lined channel, which will cause more cracked, broken, and failed panels. The best remedy is to lower the road elevation to a level about 15 cm above the top of the concrete lining panels. Although the ideal solution would be to place the roadway at the same elevation as the top of the lining panels, there are two advantages in placing it 15 cm higher. First, vehicles will be prevented from riding on the edge of the panels and inflicting damage. Secondly, the grader

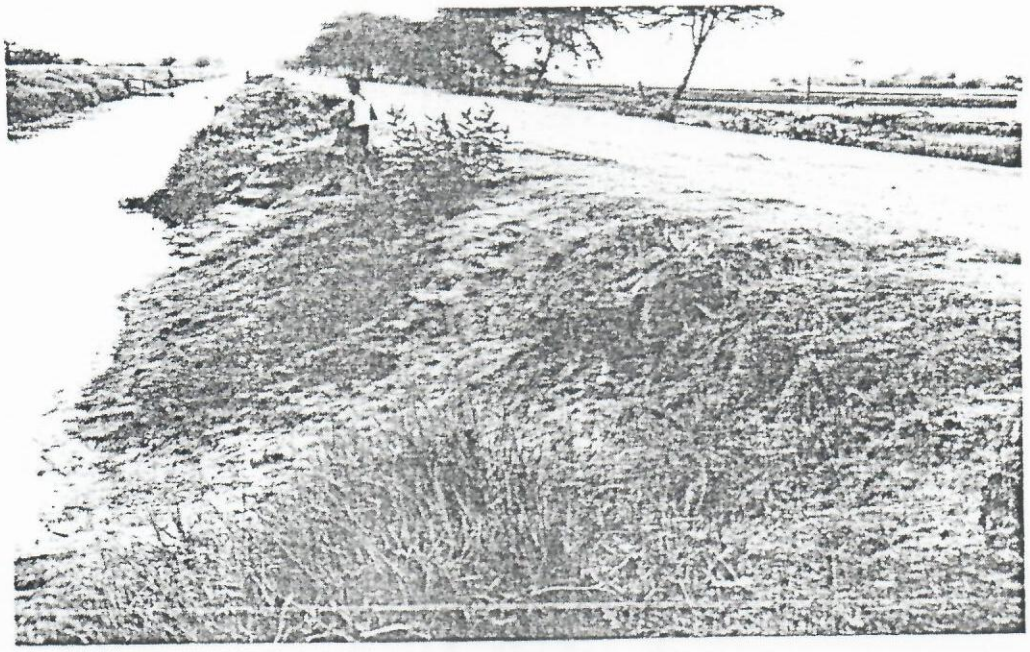


Figure M-04-10. Bank Erosion Along Roadway Embankments.

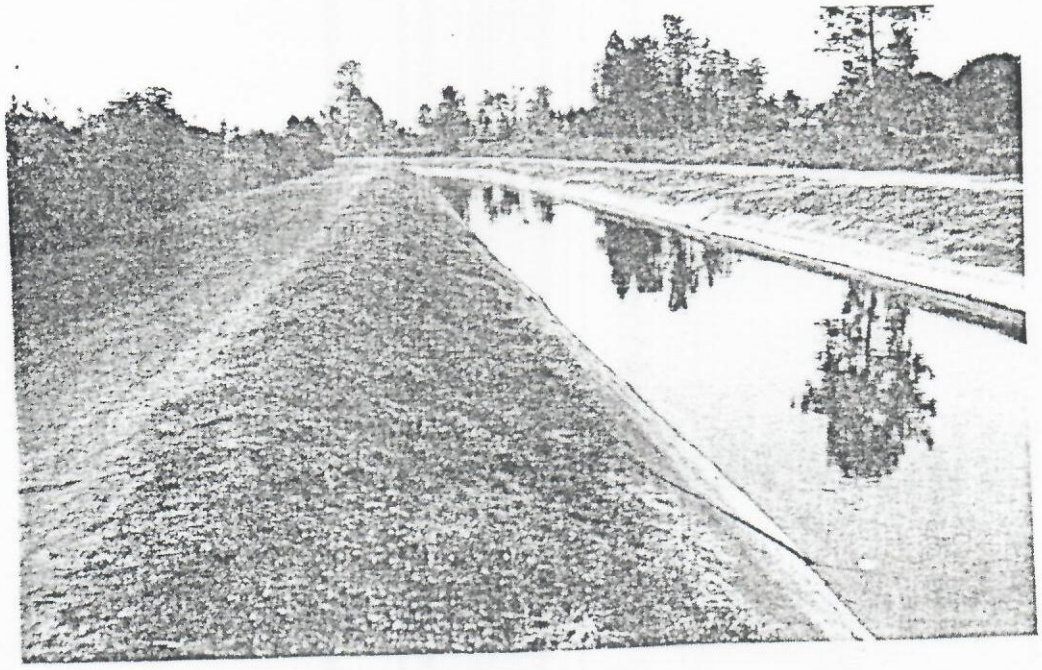


Figure M-04-11. Road Constructed High Above an Irrigation Channel.

will avoid catching the machine's blade on the top of the panels, a problem which has occurred, thereby causing their displacement and subsequently, possible failure.

Berms

The biggest problem with berms is that the soil is not as well compacted as under roadways. Secondly, berms are not as wide as roads.

For earthen channels, the berm embankments are likely to contain more biological life than the road embankments. Thus, the seepage loss rates will be much greater through the berm embankment as compared with the roadway embankment because of: (1) more biological life; (2) less width; and (3) less compaction.

For concrete-lined channels, soil settlement in the berm embankment can be detected by horizontal cracks in the concrete lining panels (Figure M-04-12). In some reaches, all of the concrete lining panels along the berm embankment will have horizontal cracks, while the concrete lining panels on the opposite side of the channel along the road embankment will not have any horizontal cracks. Also, if the seepage losses are high in a concrete-lined channel because of wide joint openings or deteriorated lining, the outlying bank of the berm embankment should be inspected for small leakage holes.

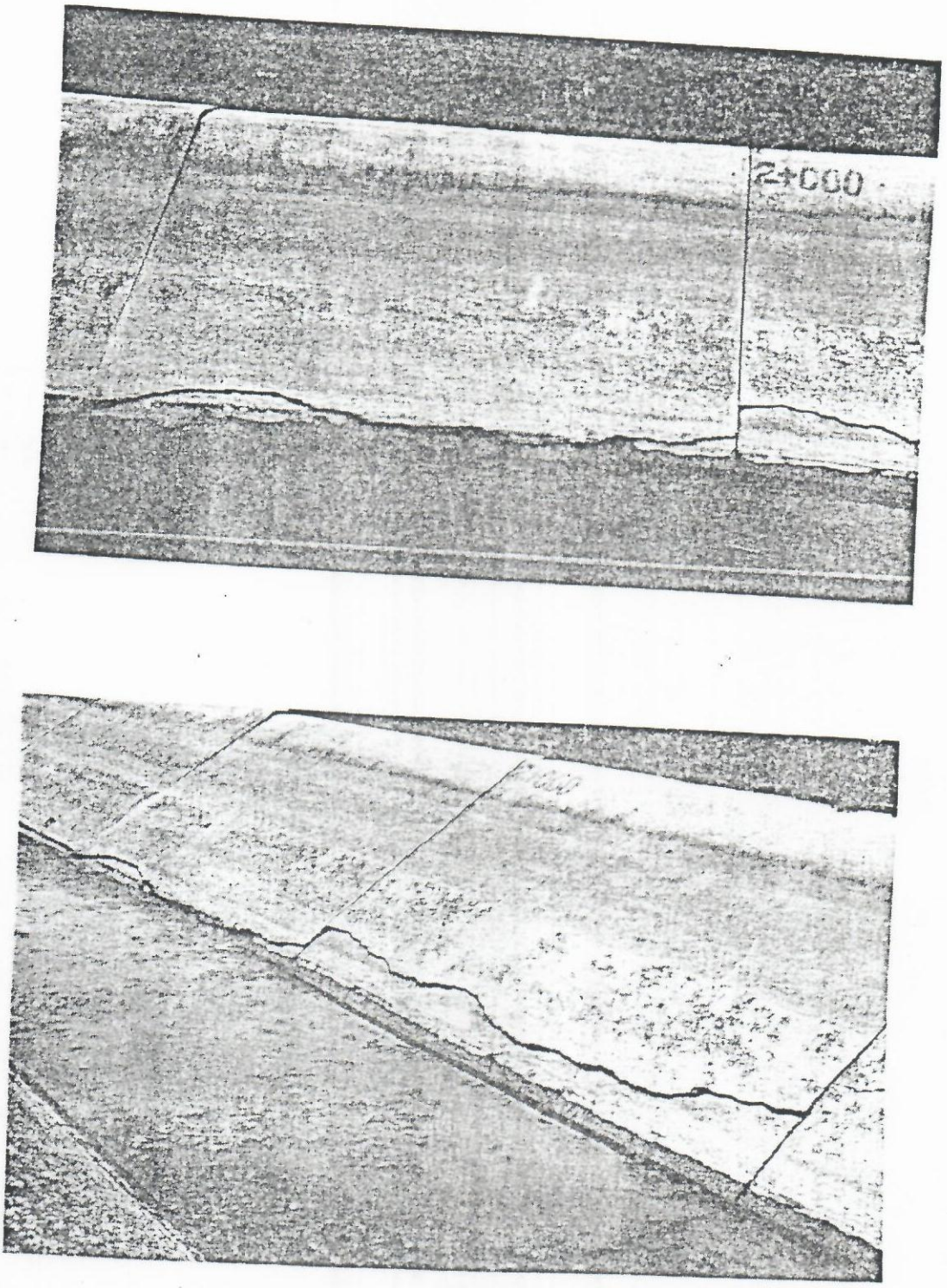


Figure M-04-12. Horizontal Cracks in Concrete Lining Panels as a Result of Soil Settlement in the Berm Embankment.

D. SEDIMENTATION

There is a tremendous variation in the amount of sedimentation that occurs in the canals and laterals. This sediment comes from surface drainage inflows into the irrigation channel (Figures M-04-13 and M-04-14) -- some of which are planned, such as at concrete surface drainage inlet structures, while most is the result of:

1. Roadway and berm erosion;
2. Erosion from cut banks;
3. Erosion resulting from farmers and persons fishing (includes men, women, boys and girls) tampering with the control gates, thereby resulting in overtopping of the concrete lining panels and serious erosion and even failure of the panels;
4. Overflow from adjoining earthen irrigation channels or ponds into the concrete-lined channel; and,
5. Animals crossing the earthen or concrete-lined laterals, with subsequent erosion resulting in the animal pathways.

The basic philosophical approach towards sedimentation should be the elimination of all sources of sediment, so that no sediment enters the irrigation channels. However, the complete elimination of all sediment sources is nearly impossible, although it is quite possible to eliminate the majority of it, that is, some 90 percent. (Certainly, the situation illustrated in Figure M-04-9 could easily be eliminated.)

Roadway and berm erosion can be greatly reduced by lowering the roadway to only 15 cm above the top of the concrete lining panels, then sodding the bank adjoining the panels, and grading the roadway so that surface runoff flows away from the irrigation channel. The berm should be cut down to the level of the top of the panels, and then graded so that surface runoff flows away from the irrigation channel.

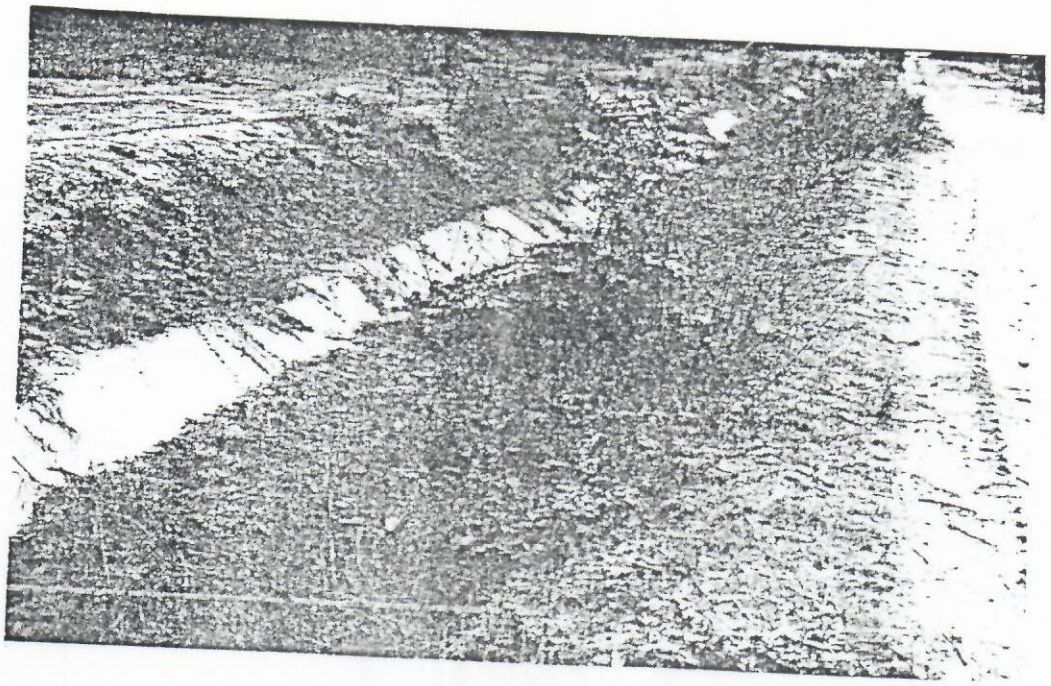


Figure M-04-13. Concrete-Lined Irrigation Channel with Much Sediment.



Figure M-04-14. Cut Bank which is a Source of Sediment into the Irrigation Channel.

Erosion from cut banks can be prevented from entering the irrigation channel by constructing a large open drain at the base of the cut bank. This open drain will require frequent maintenance; otherwise, it will soon fill with sediment. Consequently, the cut bank should be sodded to minimize erosion. Also, at the top of the cut bank, surface runoff should be diverted so that the flow over the cut bank is minimized.

The most difficult erosion problems to correct have occurred as the result of gate tampering by farmers and people fishing creating subsequent disastrous events. Unfortunately, the precedent has already been set that allows farmers to operate the Constant Head Orifice turnout structures to regulate their irrigation water deliveries. Attempts have been made to improve the locks on the Constant Head Orifice gates, but they have not been particularly successful. A combination of better locks, public education, and sanctions appears to be in order to overcome this problem.

Overflow erosion from adjoining earthen irrigation channels and ponds can be avoided by investigating each location and constructing the necessary control structures. In some cases, a higher berm between the two channels is needed. This could result in more surface drainage and erosion from the berm, a situation which can be alleviated by proper grading, shaping, and sodding of the berm. In some cases, the problem results from adjoining buffalo wallows, which can be prevented by providing other nearby sites for buffalo wallows and informing farmers about the damage their animals can cause.

Animal crossings are not generally a major problem, but they are a definite source of erosion and sedimentation. At animal crossings,

there is no vegetative growth, so that the soils in the pathway are easily eroded during rainfall, with the runoff and sediment being conveyed into the irrigation channel. Animal crossings are particularly destructive of earthen banks, even resulting in higher seepage losses for the smaller channels. For concrete-lined channels, animal crossings can also lead to cavity formation because of the surface runoff not flowing into the channel, but rather behind the concrete lining panels.

E. AQUATIC AND VEGETATIVE GROWTH

One of the most persistent maintenance problems, besides sedimentation, is aquatic growth. The most difficult of the aquatic growths are underwater (submerged) weeds, most of which require some sediment for establishing roots, while a few species can attach to concrete. This is a frustrating problem because once the aquatic growth has been removed from a channel, it will return to the same degree of growth within one or two months. The amount of aquatic growth that commonly occurs results in considerable reduction of the discharge capacity of the irrigation channel, often by 20-50 percent. This is also the case for vegetative growth that has its roots in the sediment lying in the channel bottom.

For concrete-lined channels, vegetative growth can be largely eliminated by removing the sediment in the irrigation channels and by employing corrective measures to prevent sediment from entering the channel in the future. Any remaining vegetative growth would be found in broken joints and in holes in the lining panels; therefore, aspha

sealing of the joints and repair of the holes should eliminate this possibility.

Unfortunately, eliminating aquatic growth is an extremely difficult task. One alternative is to use chemicals; a procedure which should be attempted on an experimental basis. Presently, the only sure technique for removing aquatic growth is by hand or improvised mechanical tools. There is no known commercial machine for removing aquatic growth, but some irrigated areas in the world have developed a machine for their own use, usually a boat with cutters. A floating platform with power-driven cutters would appear to be a possible approach. Another approach is to drag a very heavy chain along a channel using two large tractors or bulldozers, one on each side of the channel. In order to get rid of the vegetative material, a large wasteway structure located downstream that can carry the full discharge of the irrigation channel can then be used to discharge all of the vegetative material, perhaps during one day.

F. FISHING

Another significant maintenance problem is the result of fishing, an activity that is seemingly undertaken by everyone living within the boundaries of each irrigation system (Figures M-04-15 and M-04-16). Considerable damage has resulted from fishing activities, but at the same time, fishing is major benefit of each irrigation system. The reservoir, canals, laterals, and adjoining earthen channels and ponds are extensively fished. The argument can be made that in order to be a good designer of irrigation systems in Thailand, an extensive knowledge of fishing practices is definitely needed.

The most serious problem resulting from fishing activities is the opening and closing of gates. This practice not only interferes with the operation of the system, but also has caused considerable damage on a few occasions. Many of the prefabricated concrete walkway panels installed on the Constant Head Orifice turnout structures have been removed by people wanting to catch fish by damming of the irrigation channel to trap fish. Nowadays, the Royal Irrigation Department neither installs these walkway panels on Constant Head Orifice structures, nor replaces them on the existing structures. Riprap placed at the end of Constant Head Orifice outlet structures for erosion control is commonly removed to build temporary dams in the downstream earthen channel in order to trap fish in the outlet structure and in downstream channels. In addition, riprap is removed from the compacted backfills surrounding USBR Stilling Basin VI structures in order to pond the stilling basin. As a consequence, rubble masonry is being recommended rather than riprap alone. In other cases, soil is removed from the irrigation channel bank to from an earthen dam, allowing rainfall runoff to quickly erode more soil from the disturbed area into the channel.

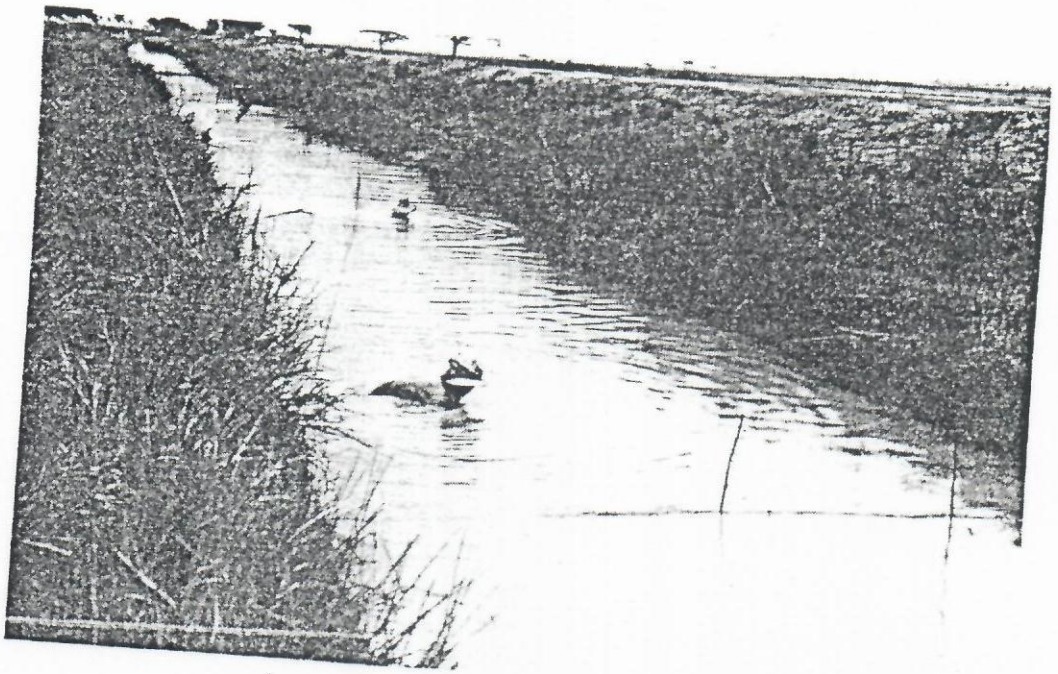


Figure M-04-15. Many People Enjoy Fishing the Irrigation Channels.



Figure M-04-16. A fish pond with Water Provided by an Irrigation Project is a Productive Business for a Farmer.

G. ROLE OF DRAINAGE

Surface Drainage

The primary purpose in providing surface drainage is to prevent surface runoff from entering the irrigation channel because of: (a) the sediment load being conveyed by the surface runoff; and (b) the potential for cavity enlargement or formation in concrete-lined channels. A second purpose in providing surface drainage is to prevent the ponding of water alongside the irrigation channel. Most of this ponded water will eventually percolate into the soil, thereby raising the underlying groundwater table, which in turn increases the seepage rate that weakens earthen channel banks and sediment transport through the joints in concrete-lined channels. Consequently, the emphasis of a surface drainage system should be the rapid conveyance of surface runoff to a drain culvert or natural drainage channel.

Subsurface Drainage

When concrete-lined irrigation channels are constructed in cut areas, the soil-water pressures behind the concrete panels can increase significantly, particularly during the monsoon season. This condition results in higher seepage rates, and consequently, greater sediment transport through the lining joints. Also, these increased hydraulic pressures can cause side panels to fail by sliding, or floor panels to fail by increased hydraulic uplift pressures.

Cut areas, in particular, require that the design of the irrigation channel include effective subsurface drainage. This can be usually accomplished by excavating open drains alongside the roadway and berm provided they are sufficiently deep. Preferably, the invert

elevation of the open drain should correspond with the invert elevation of the irrigation channel, or be even lower.

Subsurface drainage is provided naturally when the irrigation channel is located in a fill area so that the adjacent land alongside the roadway and berm is below the water surface level in the irrigation channel. Preferably, the adjacent land will be at, or below, the invert elevation of the irrigation channel.

H. IMPACT OF STRUCTURES

Constant Head Orifice Outlet Structures

Constant Head Orifice outlet structures are usually in good structural condition if the adjacent land is above the invert elevation of the irrigation channel. If the drop in water surface elevation between the Constant Head Orifice outlet structure and the downstream earthen channel is 10 cm or more, then the outlet structure will likely fail because of soil erosion immediately downstream from the outlet structure as shown in Figures M-04-17 and M-04-18. This erosion soon undermines the end panels, which crack, then break, and eventually fall into the scour hole. If the drop in water surface elevation is sufficiently great, then the entire outlet structure will fail soon. In some cases, even the concrete pipe sections between the Constant Head Orifice and the outlet structure have failed.

For small drops in water surface elevation, say 10-30 cm, rubble masonry can be placed at the end of the outlet structure along the walls, and even more importantly, in the downstream channel floor in such a manner as to dissipate the excess hydraulic energy. This serves as a good temporary measure until the on-farm facilities are

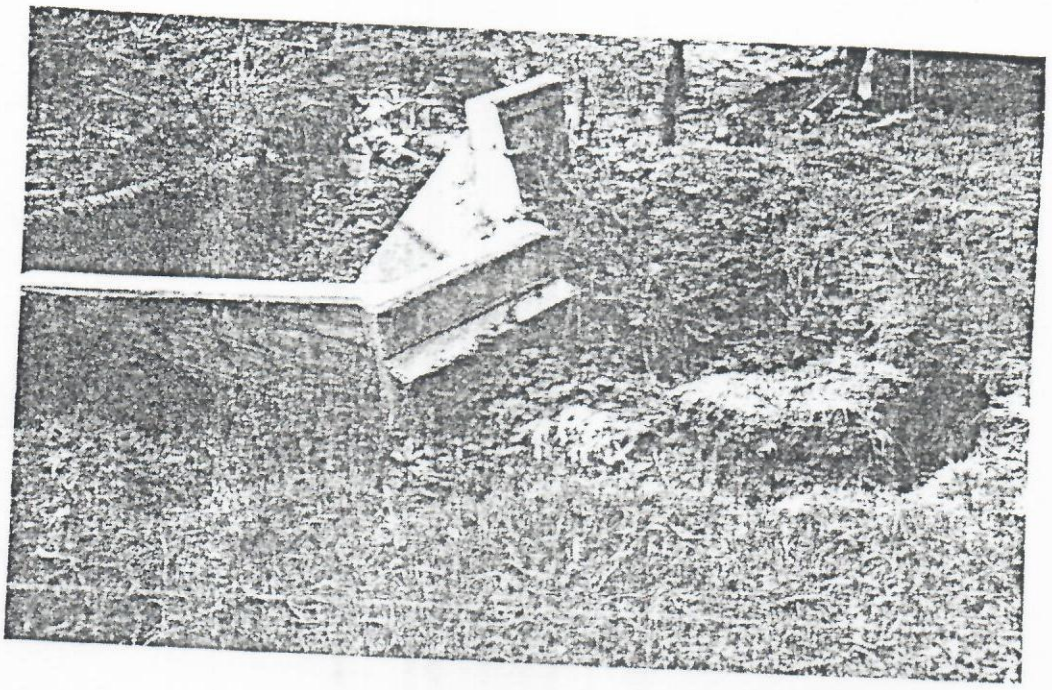


Figure M-04-17. Failed Constant Head Orifice (CHO) Outlet Structure Because of Too Much Drop.

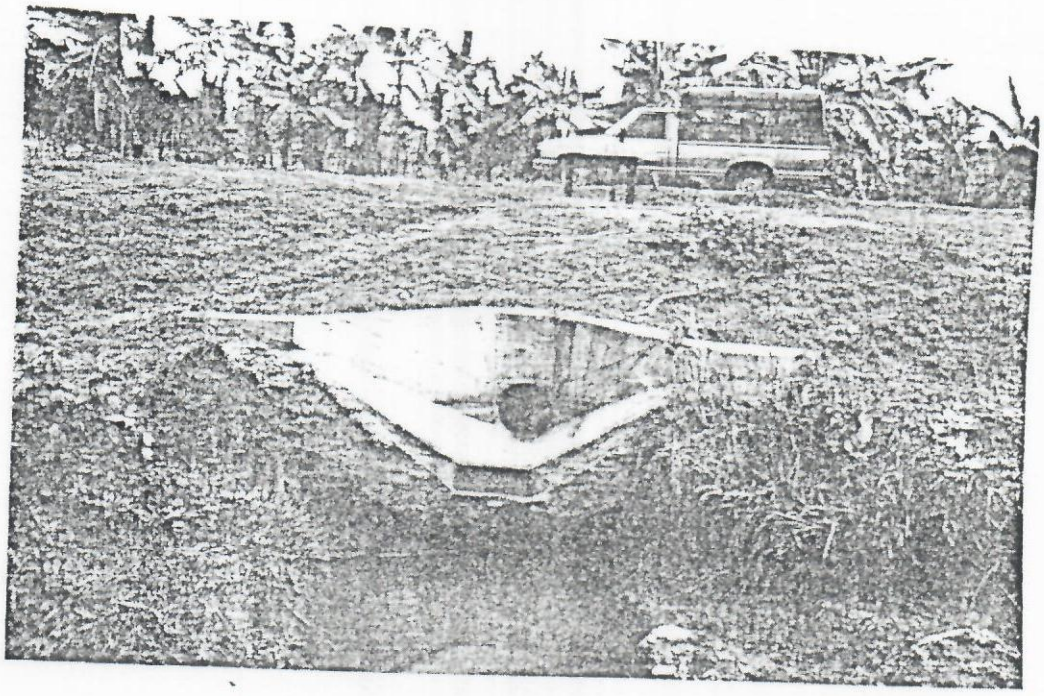


Figure M-04-18. Failed CHO Outlet Structure, and Pipe Outlet Structure Which is Undermined and Will Soon Fail.

constructed which will solve the problem on a more permanent basis. When the drop in water surface elevation is more than 30 cm, then a rubble masonry or concrete chute should be constructed, along with a lined stilling basin for dissipating the hydraulic energy such as shown in Figures M-04-19 and M-04-20.

Drop Structures

Drop structures usually consist of: (a) an inlet structure that may, or may not, have a gate for controlling the upstream water level; (b) a concrete pipeline between the inlet and outlet structures; and (c) a USBR Stilling Basin VI and an outlet transition structure.

Sometimes, cavities form near the headwall of the inlet structure and in the embankment overlying the concrete pipeline. These cavities can result from: (a) surface drainage into depressions; or (b) leaking concrete pipe joints. Quite frequently, a hole has formed in the joint between the end of the outlet transition structure and the beginning of the downstream irrigation channel section as shown in Figure M-04-21. This primarily occurs because the outlet is structurally stronger than the irrigation channel concrete lining panels; the large hydraulic pressures, resulting from the high nearby roadway and berm, are most easily relieved at this particular joint. This problem can be partially relieved by: (a) lowering the roadway ahead of the inlet structure so that the roadway will not be so high above the outlet structure; (b) placing an open drain alongside the roadway and berm that is sufficiently deep to provide subsurface drainage, as well as surface drainage; and (c) installing more small-diameter weep holes in the outlet transition structure.



Figure M-04-19. CHO Outlet Structure with Downstream Channel Concrete Lined to Prevent Structure Failure.

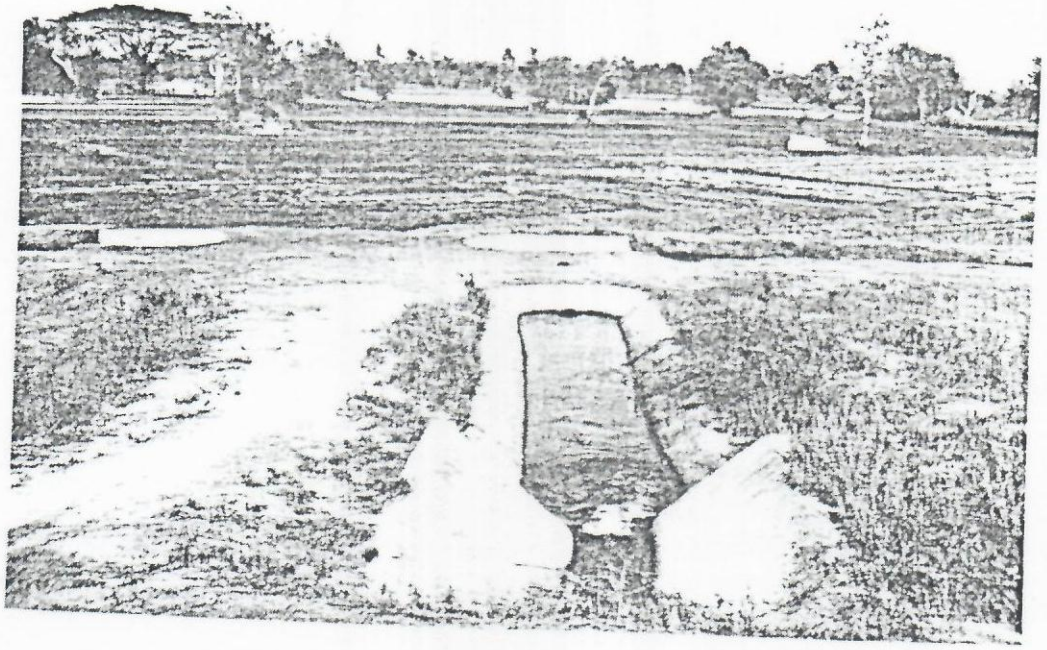


Figure M-04-20. CHO Outlet Structure with Concrete-Lined Chute to Prevent Failure of the Outlet Structure.

Bridges

Generally, concrete bridges are in very good structural condition. The only structural problem usually found is the breaking of railings as a result of large trucks having to make sharp turns.

Oftentimes, cavities have formed behind the concrete lining panels underneath the bridge because of surface runoff near the abutments as shown in Figures M-04-22 and M-04-23. To prevent such cavities from forming underneath bridges, rubble masonry should be placed between the top of the concrete lining panels and the bridge abutments. If the bridge settles, then the rubble masonry will crack, and the cracks can be filled with asphalt or mortar.

Other Structures

In general, the concrete structures are usually in good structural condition. The quality of the construction work is usually very good. The primary difficulties have been the grading and shaping of the soil surface surrounding the structure and behind adjoining concrete lining panels. Only in a few instances have these cavities endangered the structure (an exception would be the Constant Head Orifice outlet structures) but frequently they have resulted in cracked, broken, or failed concrete lining panels. The remedy for this situation is to fill the cavities with mortar and then properly shape the surrounding soil surface.



Figure M-04-21. Small Hole in Concrete Lining Joint Commonly Found at the End of USBR Stilling Basin VI Outlet Transition Structures.

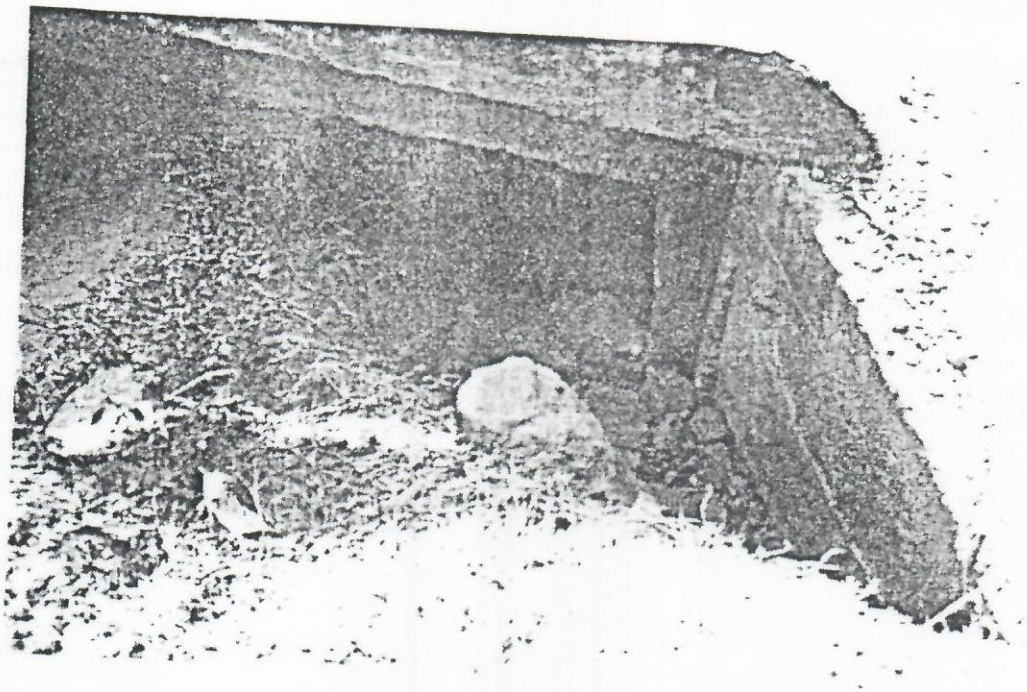


Figure M-04-22. Large Cavity at a Bridge Abutment.

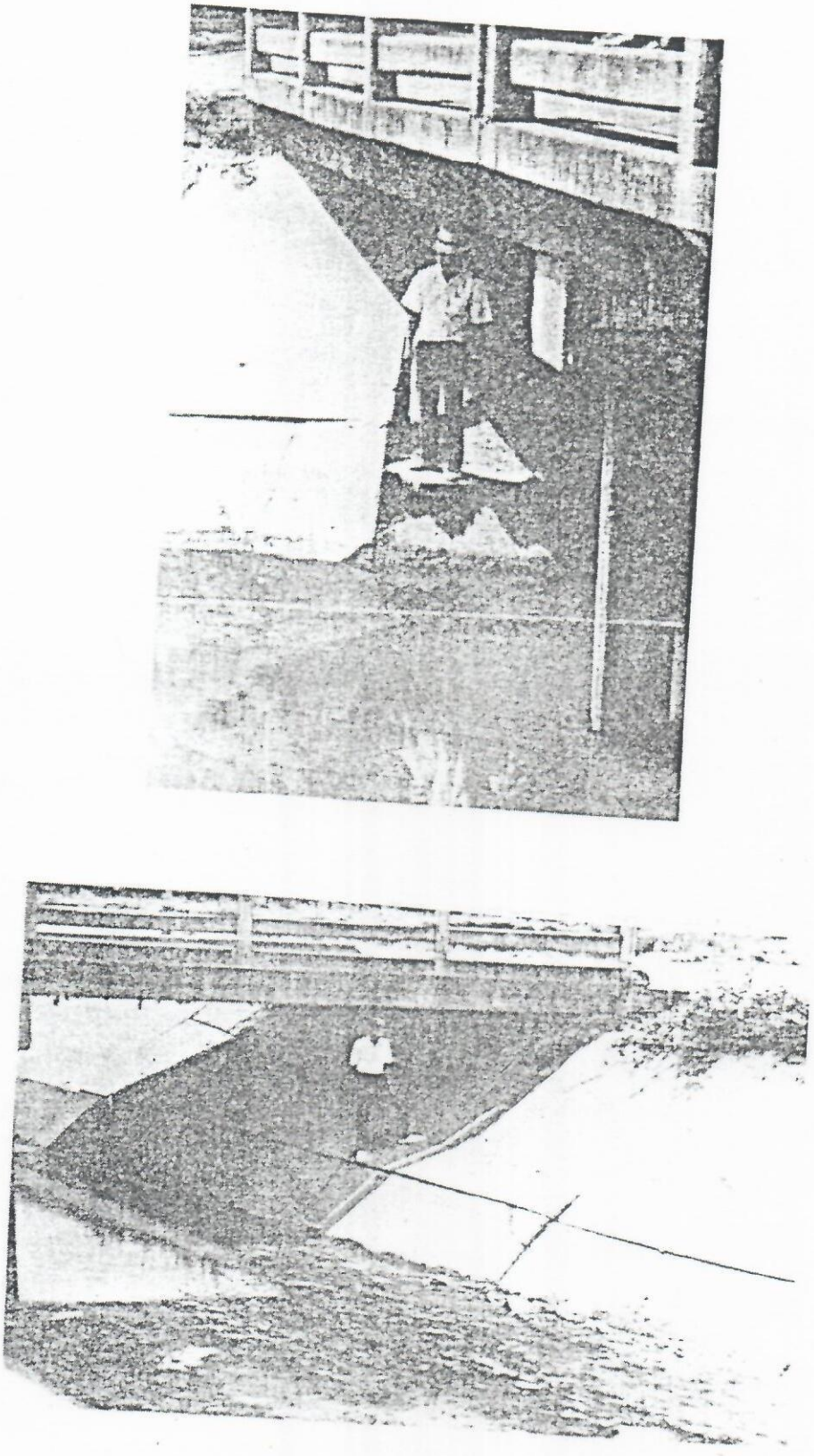


Figure M-04-23. Broken Concrete Lining Panels Underneath a Bridge.

Culvert Drains

In general, the culvert drains are another example of excellent concrete construction. In some cases, more compacted backfill should have been placed behind the headwalls of the inlet and outlet structure. The maintenance problem associated with drain culverts is the removal of sediment and shrubbery in the outlet and inlet structures. These drain culverts are very important as potential outlets for open drains or pipe drains alongside the roadway or berm embankments, if required, even though they were primarily installed to convey the flow in natural channels underneath the irrigation channel.

Section V.

MAINTENANCE OF CHANNELS

The order of the topics discussed in this section are not necessarily presented in their order of priority. Instead, those topics that pertain to both earthen channels and concrete-lined channels are presented first. In this way, these same topics do not have to be repeated at the end of this section when discussing the maintenance of lined and unlined channels.

A. AQUATIC AND VEGETATIVE GROWTH

For clearing aquatic and vegetative weeds growing in irrigation channels, the common practice is to use hired temporary laborers. Pulling weeds from the bed sediments by wading laborers (Figure M-05-1) has proved more effective than cutting by hand blade because the regrowth rate is reduced. Thus, no tools are required.

In the future, the use of mechanical methods will likely be used on the large-scale irrigation projects, at least for the main canals and large laterals.

B. EROSION AND SEDIMENTATION

For each irrigation project, maintenance planning should include a program for eliminating as many sources of sediment that enter the irrigation channels that can feasibly be accomplished. Some "Irrigation System Improvements" may be required to control sediment inflows; however, a large proportion of the sources of sediment can be eliminated with improved maintenance practices.

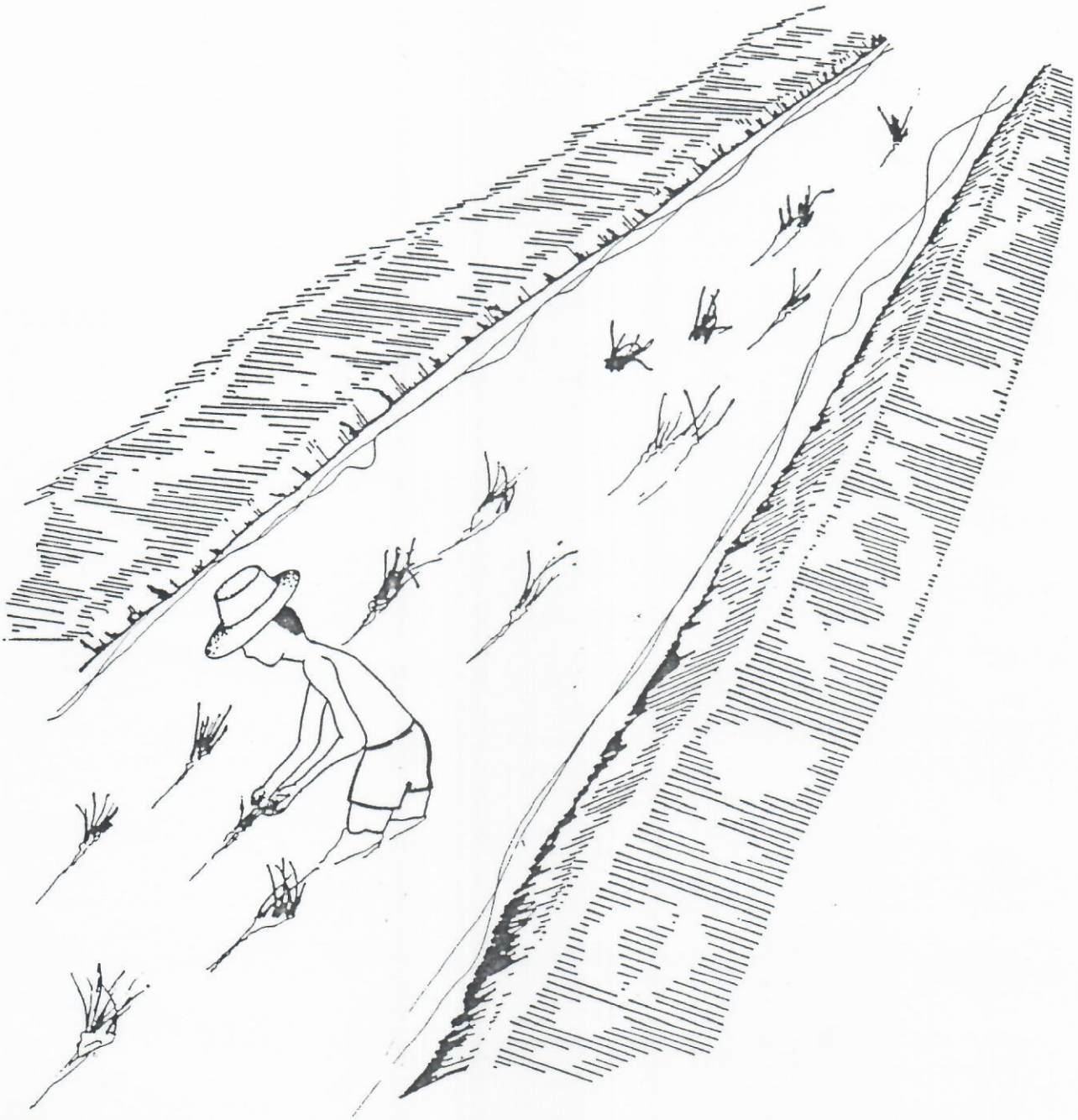


Figure M-05-1. Wading Laborer Pulling Weeds by Hand from an Irrigation Channel.

Roadway and Berm Erosion

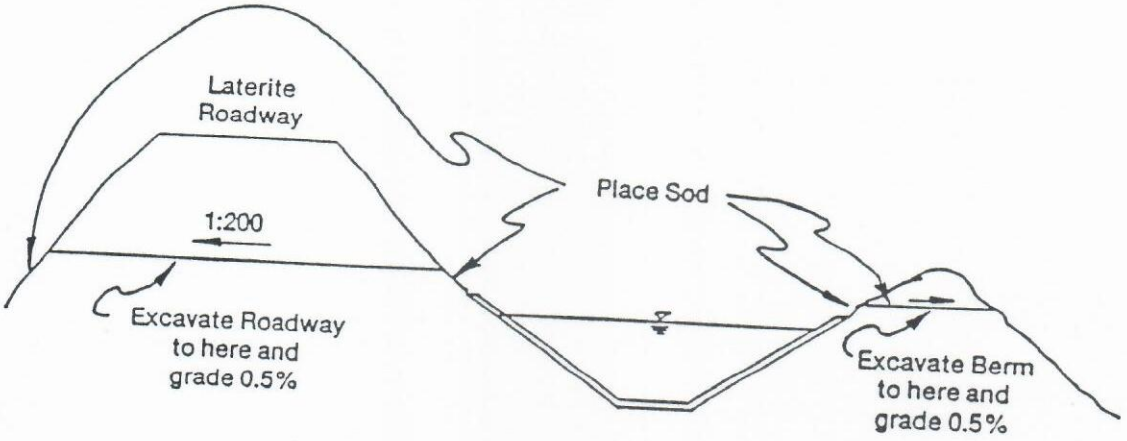
Lowering roadway and berm embankments to only the required heights would reduce the degree of erosion and result in less maintenance costs. For example, these embankments do not have to be higher than 30 centimeters above "Full Supply Level" (FSL) for earthen channels and 15 centimeters above the top of the lining panels for concrete-lined channels. The roadways and berms need to be periodically graded so that runoff from rainfall flows away from the irrigation channel; this may be particularly cumbersome on the berms because of narrow widths and sediment that has been removed from the channel piled on top of the berm (Figure M-05-2).

Erosion from Cut-Banks

The most significant maintenance problems usually occur where irrigation channels have had to be constructed in cut areas. A typical cut-bank cross-section is shown in Figure M-05-3. Usually, the earthen toe drain fills with sediment each monsoon season. Removing the sediment from the toe drain is crucial, otherwise the surface runoff during and immediately following a rainfall event will then transport considerable sediment into the irrigation channel. Also, the berm should be sloped away from the irrigation channel towards the toe drain. Then, the placement and maintenance of vegetative cover on the berm, and even more importantly on the cut-bank, will minimize erosion.

Overflow from Adjoining Channels and Ponds

There are situations where tertiary system channels flow nearby main system channels, usually sub-laterals. Also, there are cases where small ponds or buffalo wallows exist nearby an irrigation



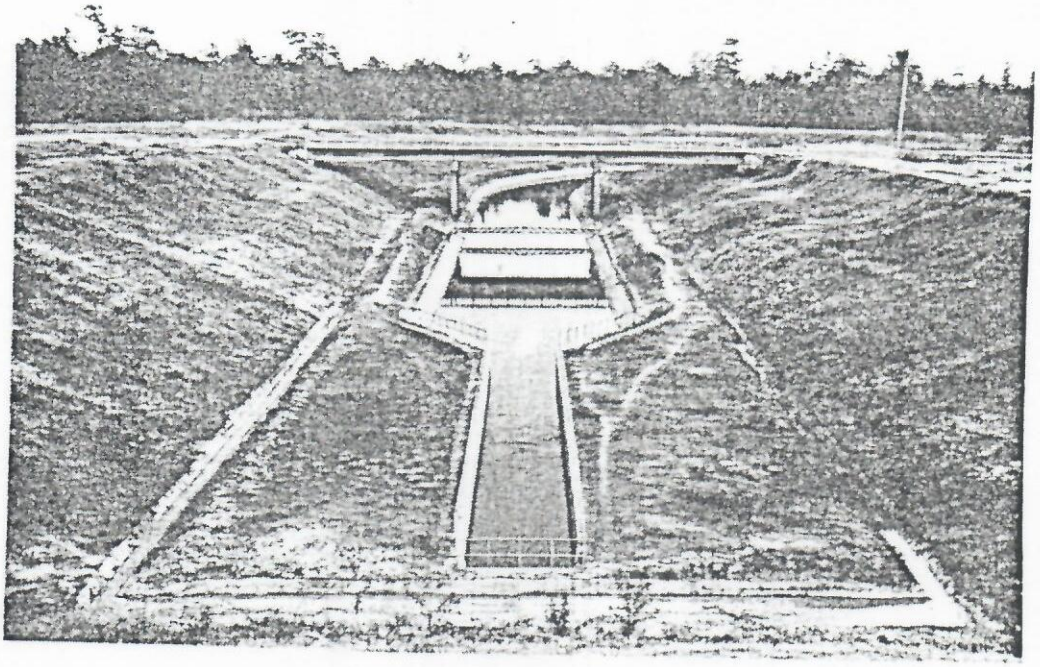


Figure M-05-2. Some Recommended Practices for Controlling Erosion and Sedimentation from Roadway and Berm Embankments.



Figure M-05-3. Typical Cross-Section of a Cut-Bank.

channel. The first remedy is to request that the farmer move to other buffalo wallows, then excavate the buffalo wallow, replace with compacted soil, and then shape the embankment so that it will not collect or pond water in the future (Figure M-05-4).

For the situation with adjoining irrigation channels (Figure M-05-5), it is necessary to have a berm of adequate height so that one of the channels cannot overtop and flow into the other channel. Also, this berm should be well-compacted, particularly if one (or both) of the channels is concrete-lined. If the compaction of the existing berm is doubtful, then the berm material should be excavated and the berm reconstructed, with the berm height being plenty adequate to prevent flow from one channel into the other, even under unusual operating conditions, such as having higher than design water levels.

Animal Crossings

Erosion resulting from animal crossings could be eliminated for the most part by installing a concrete bridge, but care should be taken to provide adequate measures to prevent surface erosion near the abutments. In some cases, farmers may need to be encouraged to use a nearby bridge for an animal crossing.

Fishing Activities

One of the lessons learned is not to place riprap downstream from any type of outlet structure, because the rocks will be removed to trap fish during canal closure. Instead, rubble masonry is required.

For the situations where gates have been tampered with, or banks cut to obtain soil for trapping fish, the best remedy is to inform the

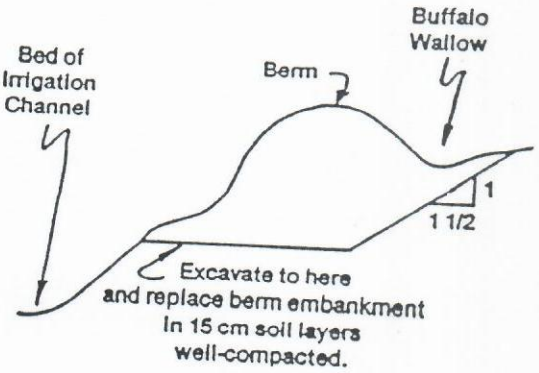




Figure M-05-4. Removal of Buffalo Wallow and Reshaping of Embankment.

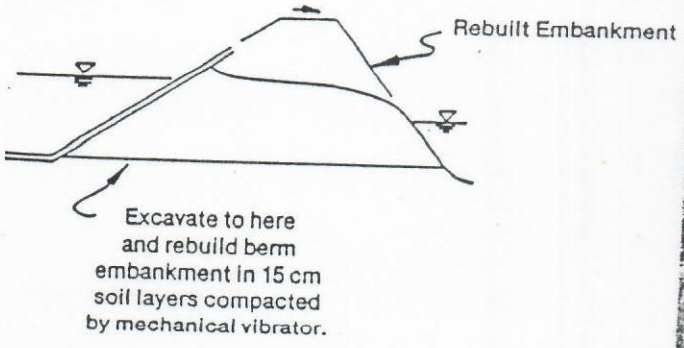




Figure M-05-5. Reconstruction of Berm Embankment Between Adjoining Irrigation Channels.

farmers and villagers of the damage they cause. This needs to be done many times, including showing the situation where damage has occurred.

C. SODDING

One of the most effective techniques for preventing erosion is good vegetative cover. Thus, as part of a long-term effort to eliminate sources of sediment flowing into irrigation channels, the provision of vegetative cover, oftentimes by sodding, is a primary activity. Once this job is completed for an irrigation project, then an important preventive maintenance activity is maintaining the vegetative cover.

Proper sodding requires meticulous care. First of all, appropriate plant species should be selected that are drought resistant, the plants must be grown in relatively fertile soil, periodic fertilizer applications may be required particularly during the first year of growth, and the plants may have to be irrigated to establish good root development. Then, cattle should not be allowed to graze on newly planted areas for at least one year.

Preventive maintenance requires monitoring of areas where the sodding has failed and then determining the causes of failure, periodic irrigation during the dry season, and periodic fertilizer applications.

D. ROAD AND BERM EMBANKMENTS

Road and berm embankments have already been discussed above in terms of "Erosion and Sedimentation." More detail will be provided below on surface drainage from embankments. Also, embankment compaction and subsurface drainage will be discussed below.

Compaction

For concrete-lined channels, horizontal cracks are evidence of inadequate compaction, usually of the berm embankment. If the concrete lining panels are being endangered, then the embankment should be excavated, perhaps to half of the height, then heavily compacted, and good soil material placed in layers of 10-15 cm and heavily compacted (Figure M-05-6). If there are also cavities, then the appropriate maintenance procedures would be to first fill the cavities after excavating the embankment, then reconstruct the embankment.

Other visual evidence of the necessity for reconstructing the embankment is numerous leakage holes discharging along the outside bank, usually near the toe of the embankment. In such cases, a determination must be made as to the origin of the leakage holes. Usually, they begin on the inside bank just above the usual operating water level. A reach where this problem is most serious should first be slowly excavated by laborers and visually inspected for holes and small caverns. Perhaps, the embankment only needs to be excavated slightly below the usual water levels in the channel. This is particularly important for concrete-lined channels since it may allow long reaches to be excavated by mechanical equipment, and only a short upper portion of the lining panels would be exposed (Figure M-05-7).

The necessity for reconstruction of embankments may not be realized until implementing the Operations Phase of the O&M Learning Process. The measurement of seepage loss rates with various water levels will disclose the magnitude of the seepage losses and how rapidly the seepage loss rate is changing near the usual operating water levels; rapidly increasing values of seepage loss rate indicates

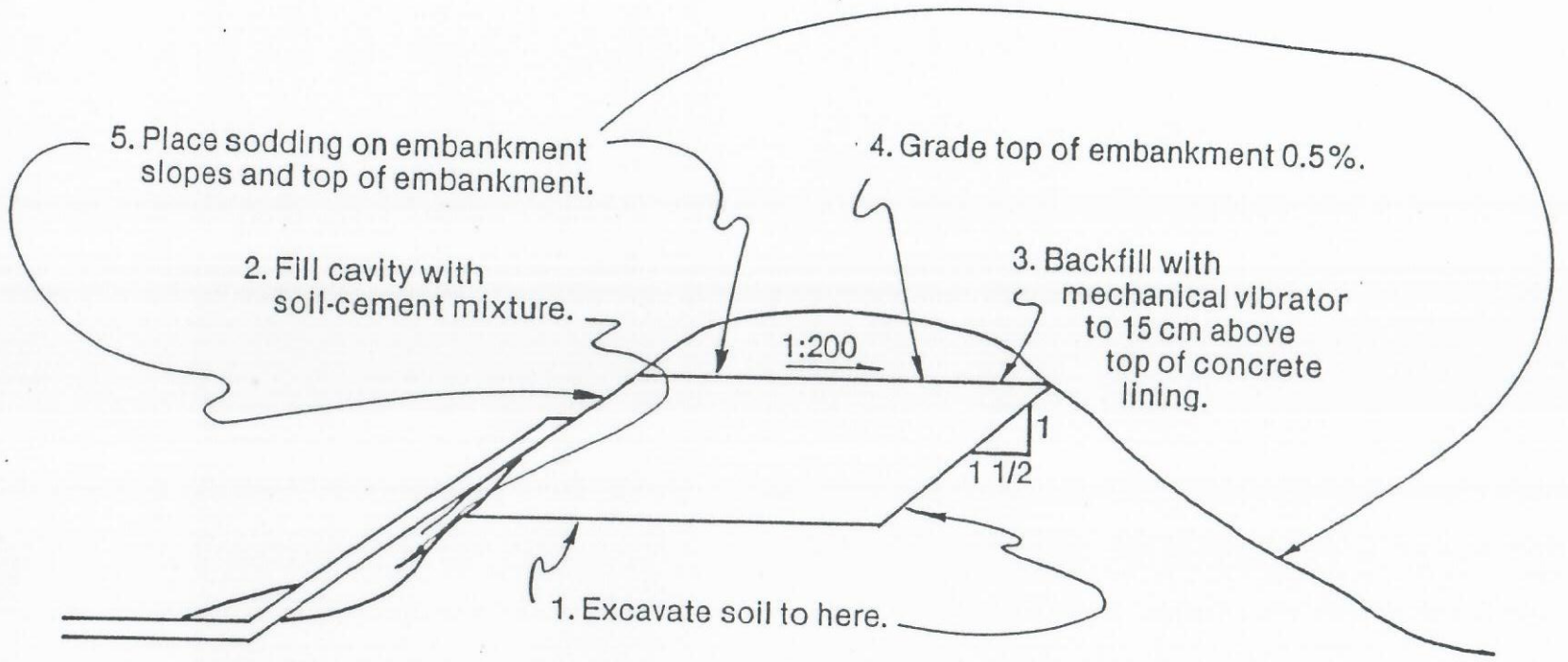


Figure M-05-6. Reconstruction of an Inadequately Compacted Embankment.

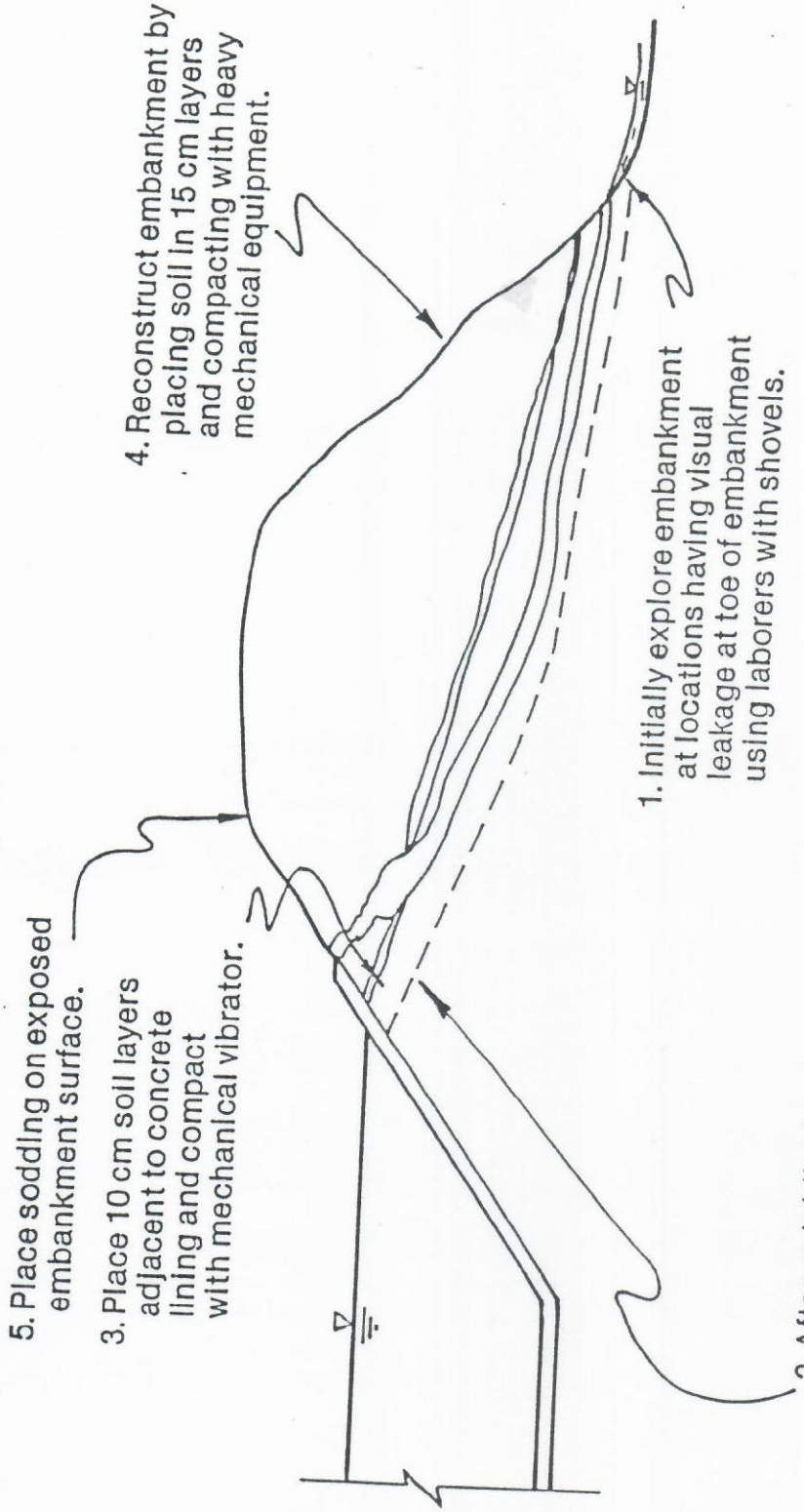


Figure M-05-7. Exploration for Leakage Holes and Embankment

that the embankments should be explored, using laborers, for determining if small holes and caverns exist. This situation is more likely to occur for earthen channels than concrete-lined channels, but certainly does occur for either lined or unlined channels. Reconstruction of the embankment may be done as shown in Figure M-05-7.

Surface Drainage

In order to eliminate the sources of sediment entering irrigation channels, the roadway and berm need to be graded so that surface runoff flows away from the irrigation channel. On road bends where super-elevation has been purposely constructed to facilitate vehicle traffic, there are two possible solutions for right turning bends (in the downstream direction) which result in surface runoff into the irrigation channel:

1. Place a curb of concrete or asphalt on the inside of the bend near the irrigation channel and convey the water from the curb to the irrigation channel in a concrete-lined chute (Figure M-05-8); or

2. Remove the super-elevation and grade the roadway so surface runoff will be conveyed away from the irrigation channel, then place a sign warning motorists to reduce the speed of their vehicle.

Sometimes, the cross-slope of the roadway is too steep so that the surface runoff has a relatively high velocity, which increases even erosion of the roadway. This problem can be easily corrected by using compacted backfill in the eroded area if required, then grade the cross-slope to be much flatter (1/2 of 1 percent, or flatter), then cover with laterite.

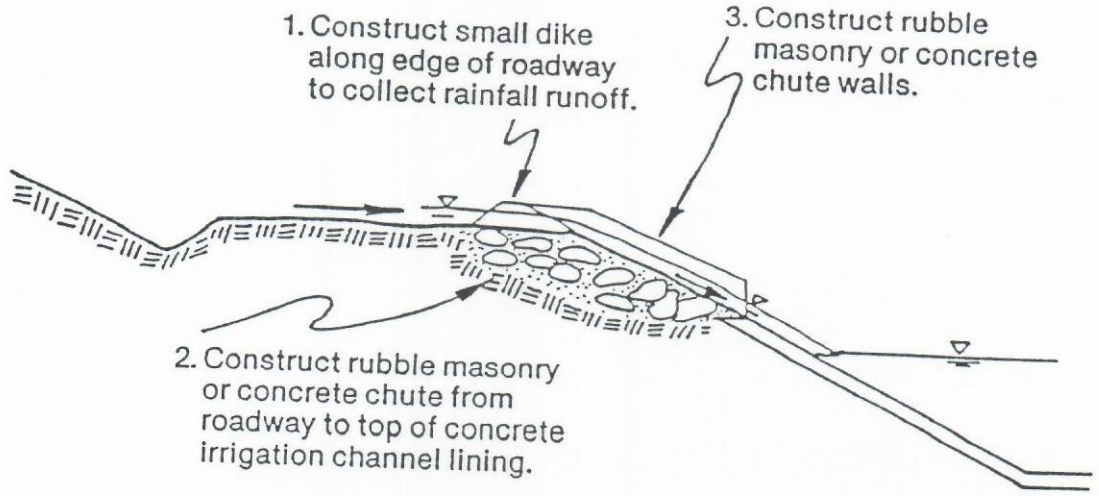


Figure M-05-8. Collection of Surface Drainage from a Roadway and Conveyance into the Irrigation Channel.

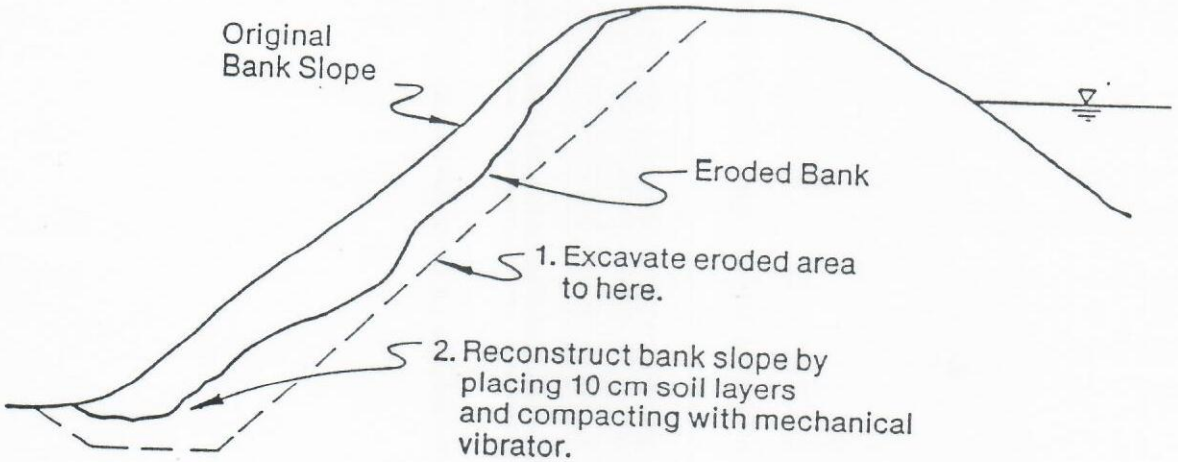


Figure M-05-9. Reconstruction of an Eroded Bank.

Sometimes the bank slope is too steep, or too high, or both. This results in bank erosion. The eroded bank needs to be reconstructed, usually by excavating a small amount of the exposed eroded soil, then replacing with good soil that is compacted in small layers of 5-10 cm, and finally, sodding the exposed soil surface and meticulously looking after the vegetative growth until it is will established (Figure M-05-9). To prevent bank erosion in the future, it will be required that the surface runoff from the embankment surface be collected and then conveyed down the bank surface. In order to collect the surface runoff from the roadway or berm, a curb will have to be constructed along the outside edge of the top of the embankment (Figure M-05-10). The curb would serve to collect the surface runoff and then it would be conveyed down the bank slope in a concrete-lined or rubble masonry chute. At the toe of the outside bank, special measures will be required to avoid erosion, which will require a stilling pond lined with concrete or rubble masonry.

Subsurface Drainage

Where irrigation channels have been constructed in cut areas, there are oftentimes enormous maintenance problems and costs because subsurface drainage was not used as a design criteria. Thus, it may be required to construct facilities that provide subsurface drainage.

The possible alternatives for providing subsurface drainage are: (1) open drains; and (2) interceptor pipe drains. Another alternative is to provide relief from the hydraulic pressures using either weep holes or filters.

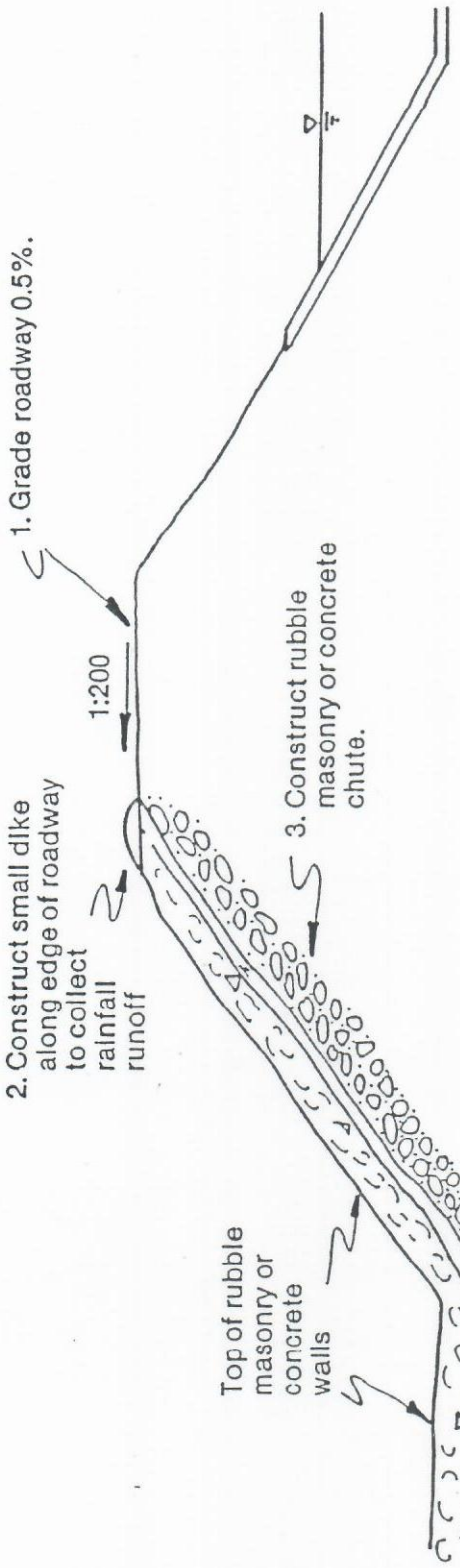


Figure M-05-10. Collection of Surface Runoff on Top of an Embankment, Conveyance Down the Bank Slope, and Erosion Protection at the Toe of the Bank.

If the roadway embankment already has asphalt pavement, but the roadway is too high, then it may become too expensive to lower the roadway in order to provide better surface and subsurface drainage. Some alternatives are shown in Figure M-05-11 where open drains are used to provide both surface and subsurface drainage, or Figure M-05-12 which illustrates the use of a surface Runoff Interceptor Drain for surface drainage and a Perforated Pipeline Drain for subsurface drainage. Figure M-05-12 also illustrates the use of a Perforated Pipeline Drain to provide subsurface drainage for a cut-bank.

Weep holes can be used to relieve hydraulic pressures behind concrete lining panels as shown in Figure M-05-13. Also, rubble masonry that is porous, or any other porous material can also be used as shown in Figure M-05-14. These are lower cost measures that treat the symptoms rather than the cause of the maintenance problems. However, this is very satisfactory if these measures continue to function well with time and do not become clogged, or they do not allow soil behind the concrete lining panels to be washed into the irrigation channel.

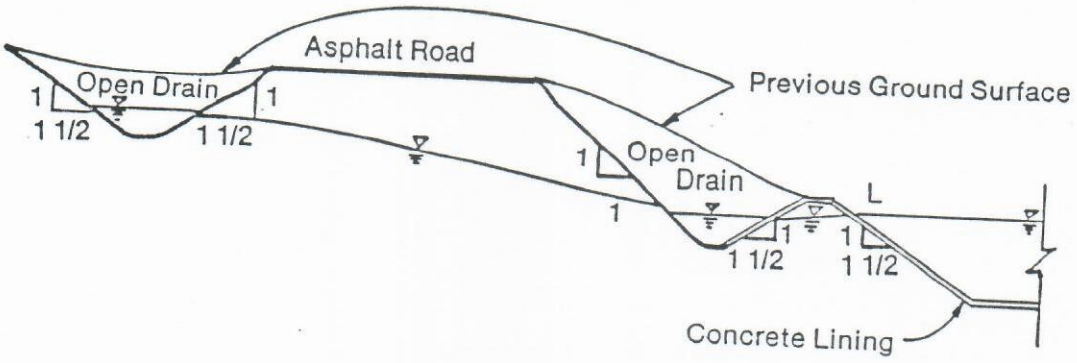


Figure M-05-11. Typical Cross-Sections for Open Drains for a High Roadway Embankment in a Cut Area.

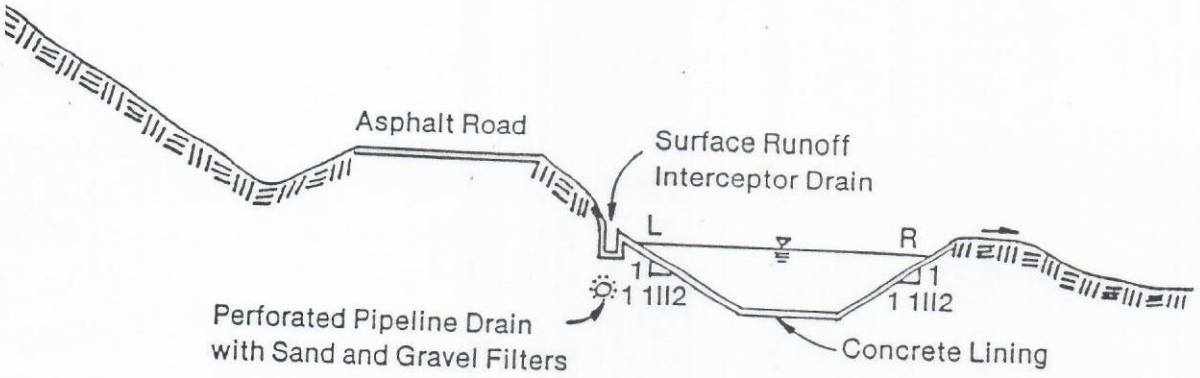


Figure M-05-12. Typical Cross-Sections for Open Drains and Use of a Surface Runoff Interceptor Drain and a Perforated Pipeline Drain for Providing both Surface and Subsurface Drainage.

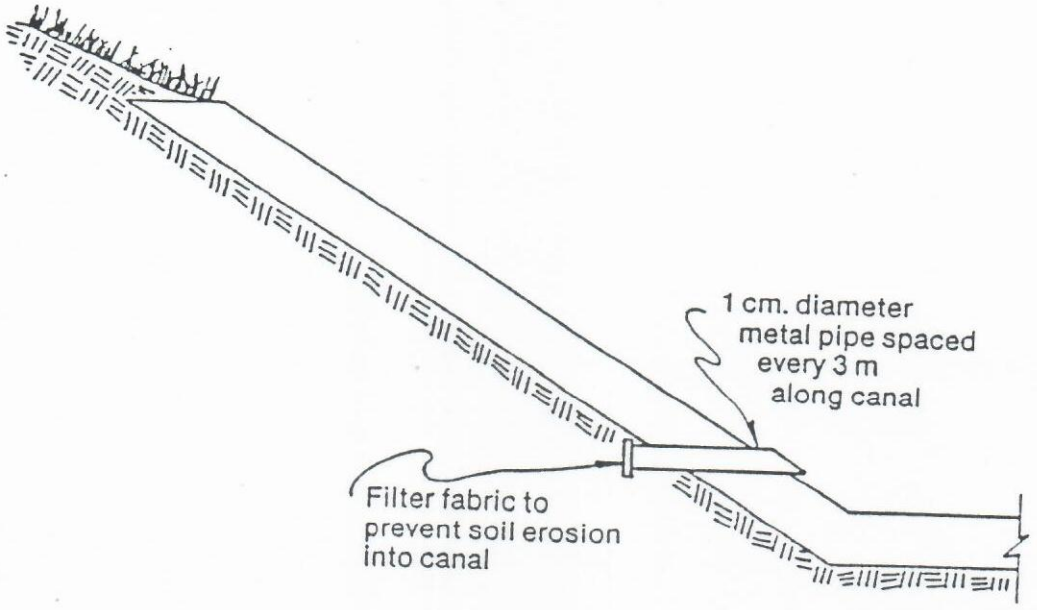


Figure M-05-13. Use of Weep Holes to Relieve Hydraulic Pressure Behind Concrete Lining.

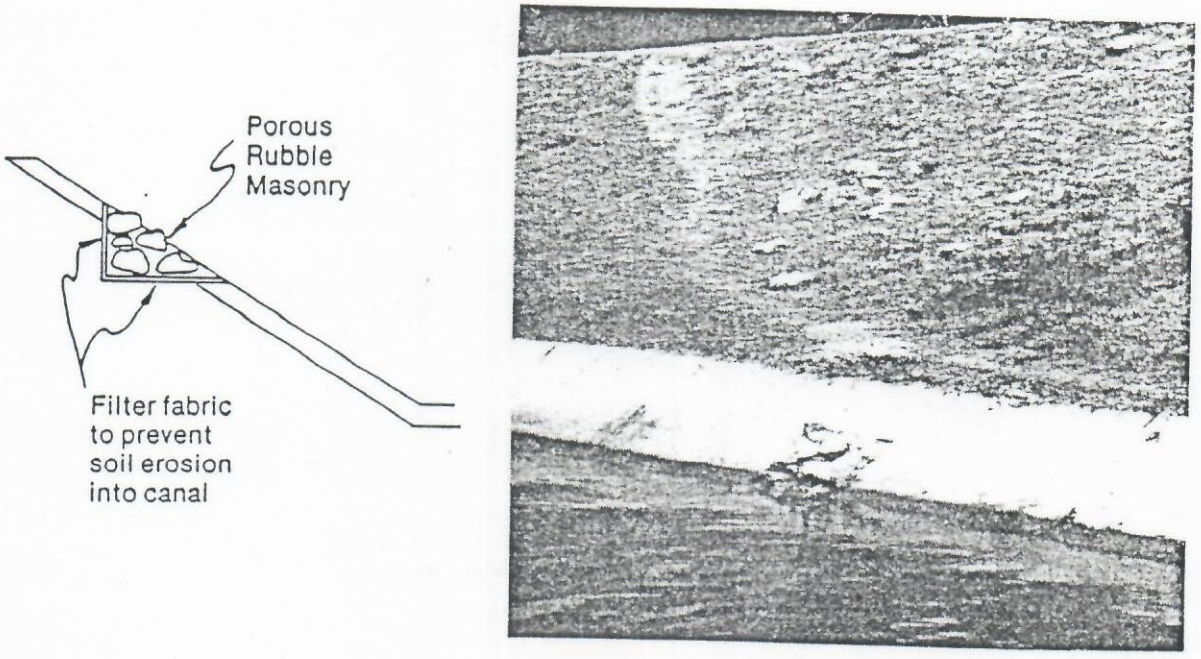


Figure M-05-14. Use of Porous Rubble Masonry with Filter to Relieve Hydraulic Pressure Behind Concrete Lining.

E. CONCRETE-LINED CHANNELS

The formation of cavities behind the inclined concrete lining panels causes the most deterioration of concrete-lined channels. This is the most important of all maintenance activities, because of the great loss in capital or investment costs each year and the tremendous cost of rehabilitation in a relatively short time period of 5-15 years, rather than 50 years, which would be the case if proper maintenance practices were being employed.

The filling of cavities is an expensive maintenance cost. Usually, by the time a cavity is being filled it has become a huge cavernous opening that may extend 1-3 meters in width on each side of the joint opening, thereby leaving an extensive area of concrete lining unsupported. Also, there may be a sizeable hole in the lining. If so, one procedure is to remove the broken pieces of concrete so that the size of the cavity can be seen. If the cavern size is quite large, then remove soil from the top of the cavity downward until a large opening has been made. Then, place a small amount of heavy soil (clay or silty clay) in the opening and compact this soil by hand labor using a wooden compactor. If only sandy soil is available, then consider using a mixture of sand and cement. Then, place a small amount of additional soil in the cavity and compact this soil. Continue this process until the cavity has been filled. Then repair the concrete lining.

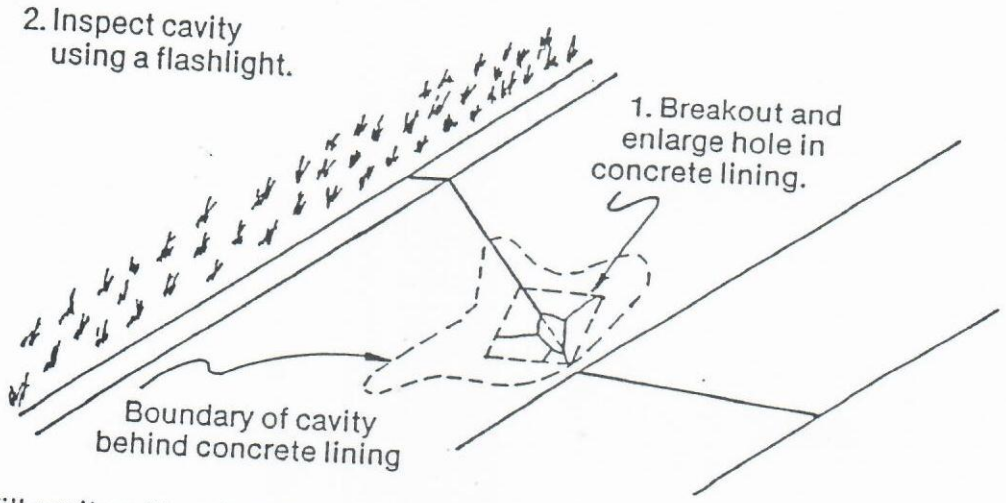
If the cavity cannot be detected at the top of the concrete lining panels, but only by a small opening in the joint, then the best procedure is to break the concrete that is already showing

deterioration. Inspect the cavity, using a flashlight if necessary. If the cavern is small, then fill it with grout or a soil-cement mixture. If the cavity proves to be quite large, then excavate from the top of the lining down to the cavity and follow the procedure described in the paragraph above.

Preferably, the joint opening should be sealed with asphalt or some other sealant. If the cavity formation has resulted from the lack of subsurface drainage, and subsurface drainage is not going to be provided, then a weep hole should be placed when the concrete is repaired as shown in Figure M-05-15.

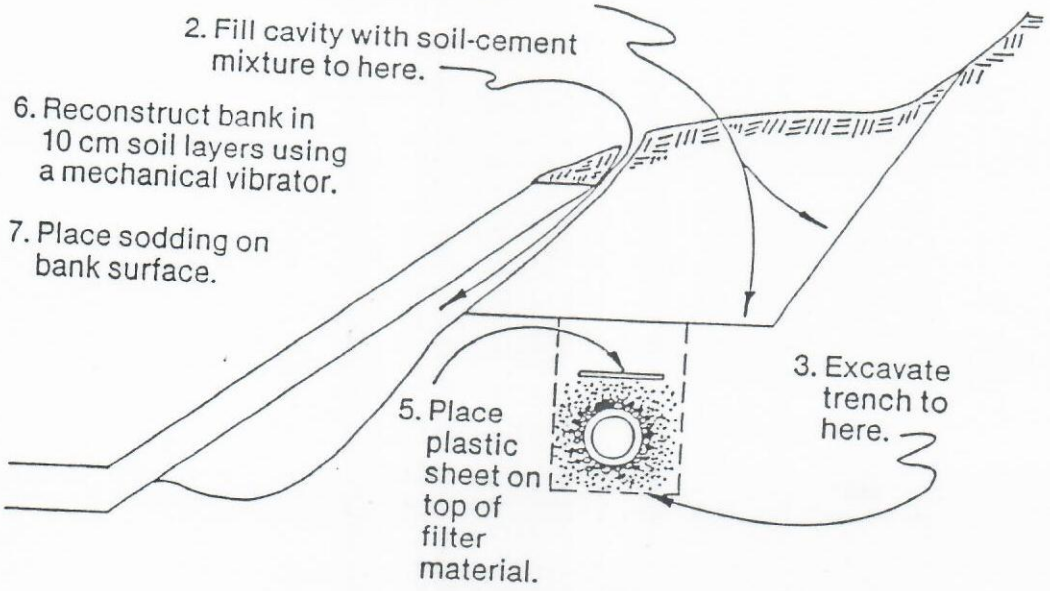
If there is extensive damage in a channel reach resulting from the lack of subsurface drainage, then the facilities shown in Figures M-05-11, M-05-12 and M-05-14 should be considered and appropriate measures implemented.

Finally, the roadway bank or berm bank adjacent to the lining panels having the cavities must be graded and shaped. Then sod (vegetation) should be placed on the bank to prevent erosion. This sodding should be inspected weekly for a few months afterwards to be sure that proper vegetative cover is being provided, then inspected later as appropriate. If proper vegetative growth does not occur, then the soil should be removed and replaced with a more fertile soil then sodded again, and taken better care of than before.



3. Fill cavity with soil-cement mixture.

4. Place weep hole with filter fabric in hole in concrete lining and fill hole with concrete.



4. Install perforated corrugated plastic drainage pipe with gravel and sand filter surrounding pipe for subsurface drainage.

Figure M-05-15. Procedures for Filling of Cavities and Repair of Concrete Panels.

F. EARTHEN CHANNELS

For earthen channels, the most obvious maintenance problems are sedimentation and aquatic and vegetative growth. Removal of these materials from the channels and sodding of the channel banks will be important maintenance activities.

The most important maintenance problems will perhaps only be discovered while implementing the Operations Phase of the O&M Learning Process. The seepage loss rate measurements, particularly at high operating water levels, will disclose whether or not the embankments may require reconstruction, or if concrete lining should be considered. This type of field data should also be collected in the tertiary channels; then, the Water Users Group Leader and the farmers should be informed of the results. RID field personnel could provide technical advice to the farmers on reconstruction of their channels if the seepage losses are significant.

G. DRAINS

The open drain network often suffers from a lack of maintenance. Also, the hydraulic effectiveness of the drainage channels are rarely evaluated. The biggest problem is clogging from extensive vegetative growth, followed by an accumulation of sediment. In some low-lying areas, it is difficult to move machinery into the area, such as draglines or backhoes, which is the preferred methods for cleaning large drains. In the tertiary systems, where the drains are much smaller, the farmers will clean their drains by their own labor.

Section VI

MAINTENANCE OF STRUCTURES

Usually, the concrete structures will be in excellent structural condition. The quality of the construction work has been very good. For concrete-lined channels, the primary difficulty with structures has been their impact on deterioration of the nearby concrete lining panels. For both earthen and concrete-lined channels, there are problems with the flow control structures, primarily with the maintenance of gates.

A. DRAIN CULVERTS

The most common maintenance requirement for drain culverts is the removal of sediment and shrubbery at the inlet and outlet. The fact that shrubs exist, and often the growth is quite dense, is a good indicator that maintenance has been neglected.

In some cases, there has been erosion of the banks near the headwalls. This situation should be remedied by refilling and compacting soil in the eroded area, careful grading, and sodding, with special attention given for some time afterwards to assure that good vegetative growth is occurring in the sodded area and that the erosion problem has been corrected.

The drain culverts are valuable structures for serving as outlets for either open drains or pipe interceptor drains constructed along an irrigation channel to provide subsurface drainage. In some cases, it may be desirable to construct additional drain culverts to provide outlets for subsurface drainage facilities.

B. BRIDGES

Bridges are usually a problem for concrete-lined canals Commonly, surface runoff from rainfall causes erosion at the bridg abutments and the formation of cavities behind the concrete linin panels. The required maintenance is to place rubble masonry betwee the top of the concrete lining and the bridge abutments as shown i Figure M-06-1. This remedy should be incorporated into the desig criteria for such structures in the future.

C. DROP STRUCTURES

The inlet to a drop structure needs to be inspected for cavitie along the outside walls and immediately upstream in the transitio inlet structure. If cavities exist, or erosion is occurring, then th appropriate maintenance remedies should be applied.

If an open channel chute is used between the inlet and outlets fo the drop structure, then the walls can be inspected for cavit formation and soil erosion, with the appropriate maintenance remedie applied. If a pipeline is used between the inlet and outlet, then th major concern is water leaking at one or two joints, usually because o soil settlement in the embankment. The visual evidence tha significant leaking of the joints is occurring would be a cavity in th soil above the pipeline (Figure M-06-2). If so, the overlying soil needs to excavated, the pipeline inspected and repaired as appropriate the backfill properly compacted, the top of the embankment proper shaped to minimize the potential for erosion, and then sodded with th sodding being given special attention during the following year.

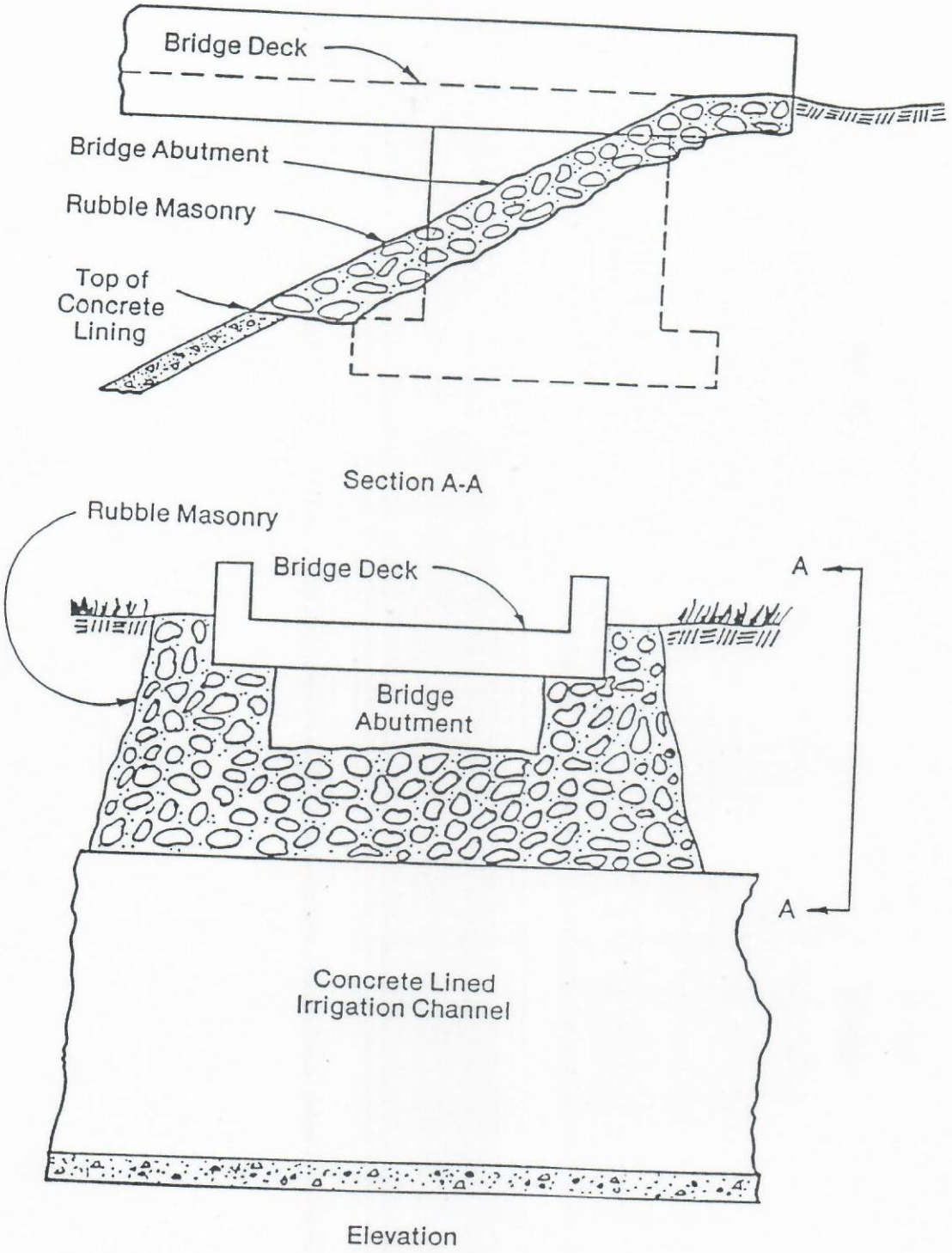
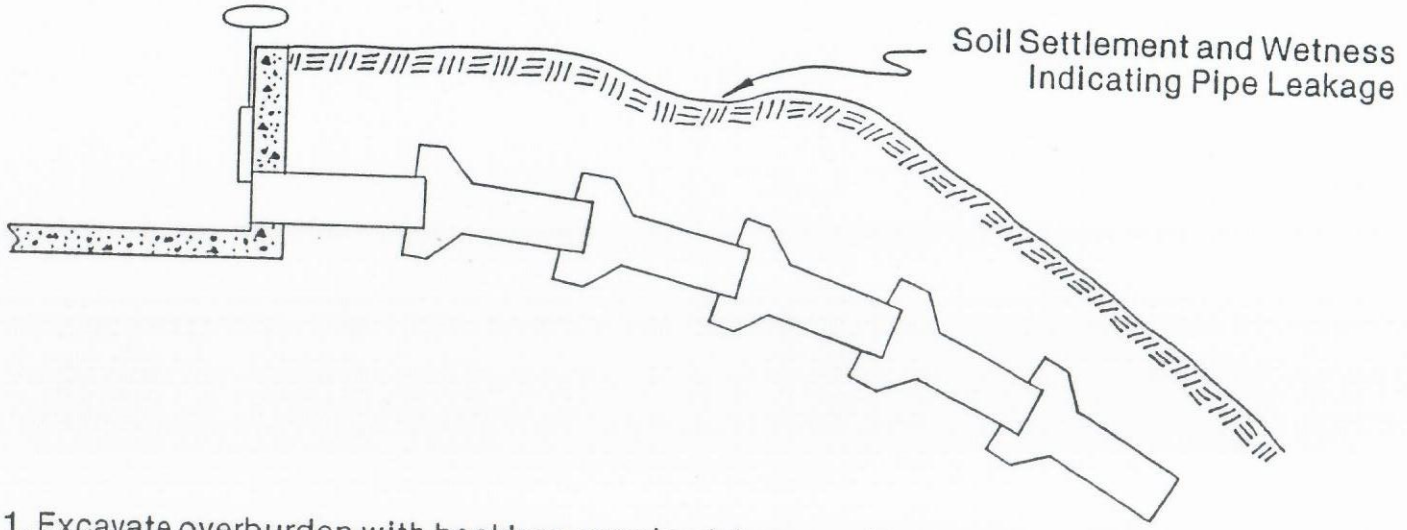


Figure M-06-1. Construction of Rubble Masonry Above Concrete Lining to Bridge Abutments.



1. Excavate overburden with backhoe or using laborers with shovels.
2. Remove soil surrounding pipeline using laborers with shovels.
3. Inspect a minimum of 3 pipe joints for leakage.
4. Replace any broken pipe and caulk the pipe joints.
5. Replace the excavated soil in 10 cm layers using a mechanical vibrator.
6. Grade the ground surface for good surface drainage.
7. Place sodding on ground surface and adequately maintain for at least one irrigation season, or more if required to establish good plant cover.

Figure M-06-2. Maintenance of Leaking Pipeline Drop Structures

Often, a hole will have been created by deterioration of the concrete at the joint opening of the end of the outlet transition structure. This is the result of hydraulic pressures behind the structure. The remedies, as shown in Figure M-06-3, are:

1. Lower the roadway, beginning at the inlet transition structure, so that the roadway will not be so high above the outlet transition structure;

2. Place an open drain, surface runoff interceptor drain, or perforated pipeline drain alongside the roadway and berm embankments that is sufficiently deep to provide subsurface drainage, as well as surface drainage; and,

3. Install either more small-diameter weep holes in the outlet transition structure (Figure M-05-13) or small sections of porous rubble masonry with a filter in the concrete walls (Figure M-05-14).

D. CULVERTS AND INVERTED SIPHONS

Usually, there are only minor maintenance problems with culverts, with the usual maintenance activity being the removal of debris at the culvert inlet. This would also be the case for inverted siphons.

The primary maintenance problem for inverted siphons is accumulating sediment, gravel and rock, twigs and branches, or pieces of lumber. The maintenance is expensive because after canal closure, the water in the inverted siphon has to be pumped out, and then a laborer enter the inverted siphon to remove the accumulated material.

In order to determine whether or not maintenance is required for an inverted siphon (or a culvert,) a useful technique is to periodically check the coefficient of discharge for the structure. This can be done with a single discharge measurement using a current meter, along with the difference between upstream and downstream water

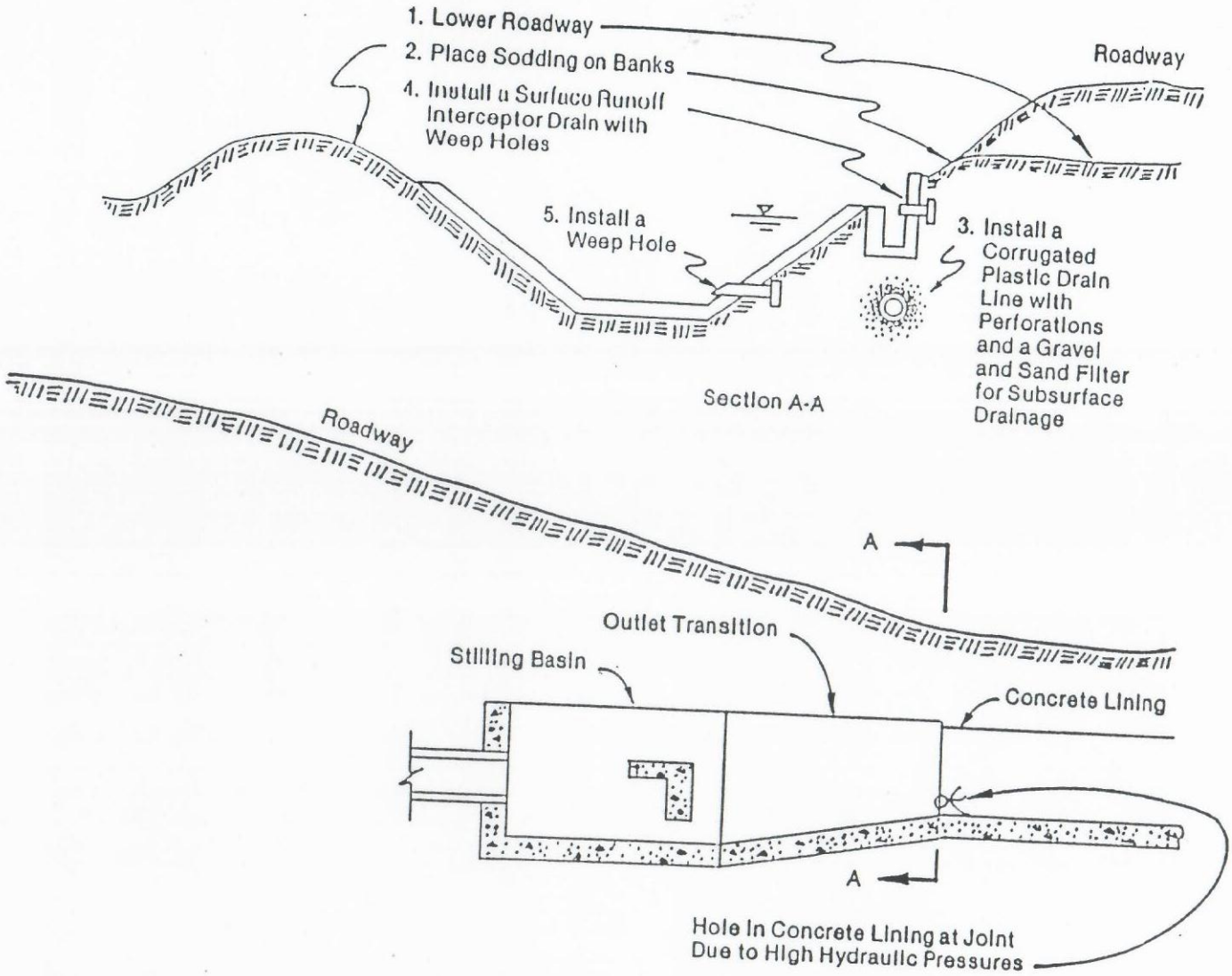


Figure M-06-3. Maintenance Remedies to Relieve Hydraulic Pressure at the Outlet

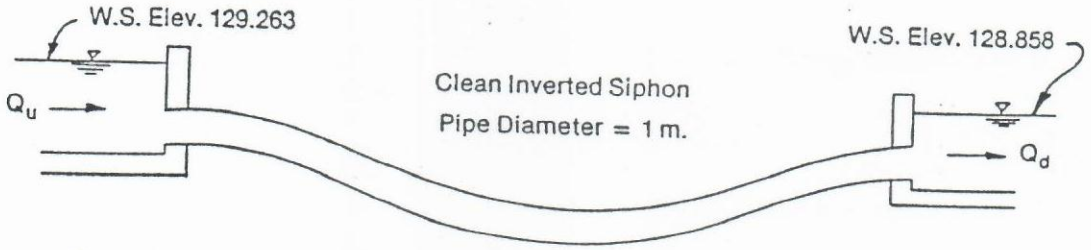
surface elevations (See the Operations Phase of the O&M Learning Process for the activity, "Check Discharge Ratings for Flow Control Structures"). If material is accumulating, either in a culvert or inverted siphon, where submerged outlet control exists, the coefficient of discharge will decrease (Figure M-06-4). When the flow capacity of the structure has been reduced to the point where downstream operations are affected, then the accumulated material should be removed.

E. CONSTANT HEAD ORIFICE OUTLET STRUCTURES

The principal maintenance problem with Constant Head Orifice (CHO) structures is when they are used as the outlet from the main system to serve a tertiary system. The maintenance problem is the transition from the outlet structure to the tertiary channel, where small drops in elevation of only 10 centimeters may result in failure of the CHO outlet structure.

For small drops in water surface elevation, say 10-30 cm, rubble masonry can be placed at the end of the outlet structure along the walls, and even more importantly, in the downstream channel floor. This will allow the excess hydraulic energy to be dissipated (Figure M-06-5).

When the drop in water surface elevation, between the CHO outlet structure and the beginning of the tertiary channel, is more than 30 cm, then a rubble masonry or concrete chute should be constructed. A lined stilling basin for dissipating the hydraulic energy should also be built (Figure M-06-6).



Example:

By current meter measurements,

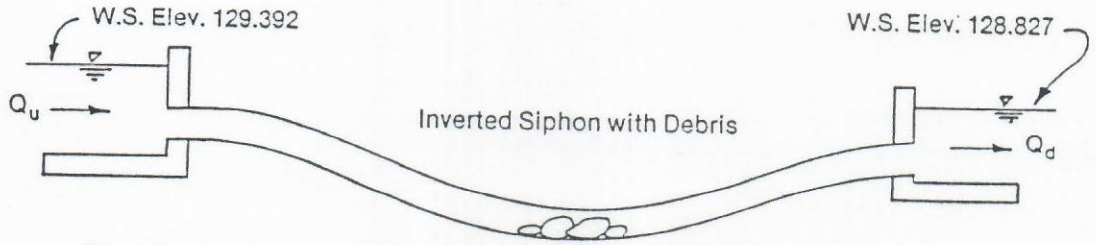
$Q_u = 1.536\ m^3/s$ $\qquad$ $Q_d = 1.561\ m^3/s$

Average $Q = 1.548\ m^3/s$

$$C_d = \frac{Q}{A\sqrt{2g}\,(h_u - h_d)^{0.5}} = \frac{1.548\ m^3/s}{0.7854\ m^2\sqrt{2.9.81\ m/s^2}}$$

$$= \frac{1.548\ m^3/s}{0.7854\ m^2\sqrt{2(9.81\ m/s^2)}\ \ (129.263m - 128.858m)^{0.5}}$$

$$= 0.699$$



Example:

By current meter measurements,

$Q_u = 1.341\ m^3/s$ $\qquad$ $Q_d = 1.318\ m^3/s$

Average $Q = 1.330\ m^3/s$

$$C_d = \frac{1.330\ m^3/s}{0.7854\ m^2\sqrt{2(9.81\ m/s^2)}\ \ (129.392m - 128.827m)^{0.5}}$$

$$= 0.509$$

If this flow reduction is not satisfactory, then schedule the required maintenance.

Figure M-06-4. Discharge Measurement Technique for Determining When Maintenance is Required at an Inverted Siphon or Culvert.

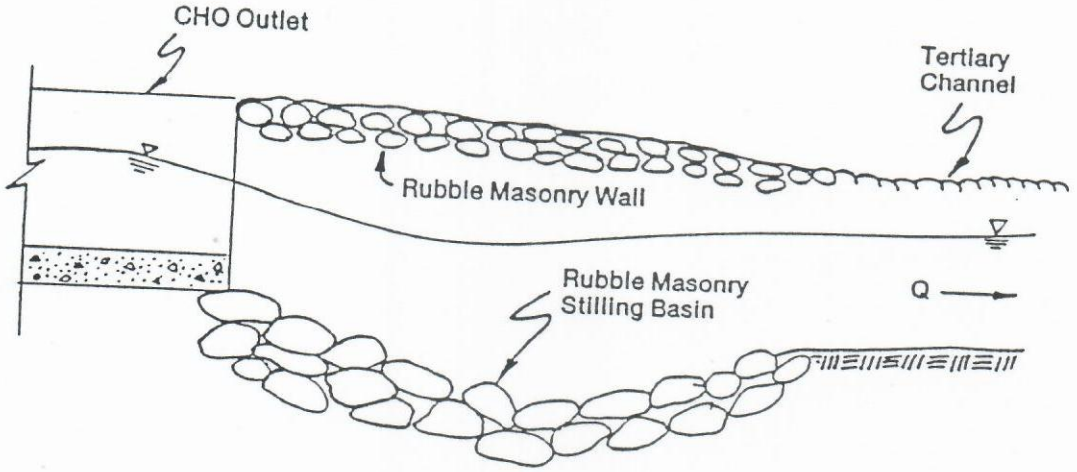


Figure M-06-5. Construction of Rubble Masonry Transition Between CHO Outlet and Tertiary Channel for Drops Less Than 30 cm.

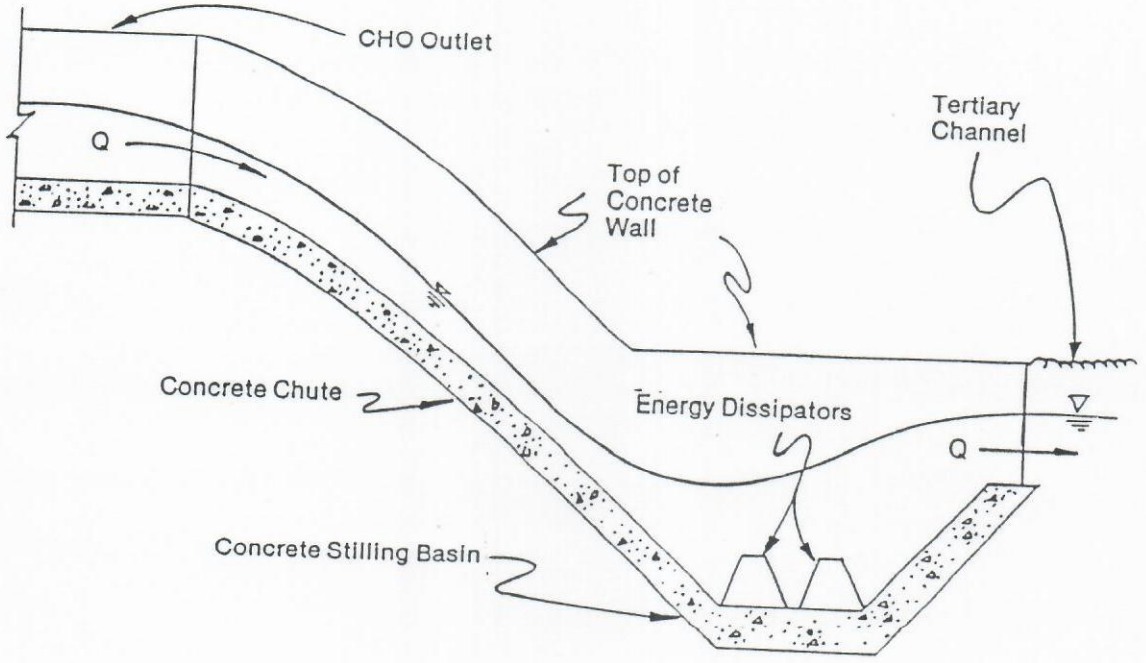


Figure M-06-6. Construction of Concrete Chute Transition Between CHO Outlet and Tertiary Channel for Drops Greater Than 30 cm.

F. GATE STRUCTURES

One of the important activities to support improved operations of an irrigation project is continued good maintenance of gate structures, most of which are used as flow control structures. Fortunately, the design of gate structures is quite standardized, which provides many advantages when improving the hydraulic operation of the irrigation channel network. Usually, the construction, fabrication and installation of gate structures has been very good, except in some cases where standardization was affected by gate frame installation.

The maintenance of gate structures should include maintaining standardization to support the Operations Phase of the O&M Learning Process.

The usual visual indicators of gates and gate frames requiring maintenance are gate leakage, bent gate rods, and poorly installed gate frames. Special attention should be given to correcting these deficiencies and then continually maintaining these gate structures.

If a gate frame was improperly installed, then the frame should be removed and installed properly. In some cases, the gate frame will have to be replaced.

If the gate rod is bent, then it should be removed, taken to a workshop, and straightened or replaced.

If there is much gate leakage, attempt first of all to correct the problem in the field. If this becomes too difficult, then remove the gate and gate frame, haul to an appropriate workshop, and correct the deficiencies.

Gates and gate frames should be cleaned and painted frequently, preferably every year. Commonly, metal gates will corrode and the metal become weak inside without being visible, until the gate buckles. This is usually the result of infrequent cleaning and painting.

G. OTHER STRUCTURES

When inspecting other irrigation structures, the primary maintenance problems will be cavities along a wall and erosion because of improper grading nearby the structure. Correcting these maintenance problems is usually a relatively simple task. Correcting these problems is particularly important for concrete-lined channels because of the damage that often results to nearby concrete lining panels. These simple maintenance problems for the structure may result in significant maintenance costs to salvage the nearby concrete lining panels.

The necessary maintenance practices are the filling of cavities, proper grading around the structure, and sodding. These maintenance problems should be detected early before they result in significant damage, then corrected soon in order to minimize maintenance costs.

Section VII

MAINTENANCE SURVEY OF FLOW CONTROL STRUCTURES

The section on "Identifying Flow Control Structures" in the Handbook of Improved Irrigation Project Operations Practices should be consulted. In this portion of the Maintenance Survey, the intent is to fix all flow control structures required for the improved hydraulic operation of the irrigation project so they can function both as flow control and flow measurement structures. This activity is a crucial linkage between the Maintenance Phase and the Operations Phase of the O&M learning Process. The Operations Phase will identify the flow control structures that need to be calibrated for discharge measurement. The Maintenance Phase will conduct a maintenance survey of these identified flow control structures to determine what is required to have these structures in good condition prior to developing discharge ratings.

Ideally, the maintenance survey of flow control structures should be done twice, once when the channels are operating and once during canal closure. Most of the flow control structures will be gate structures.

During channel operation, each structure should be inspected for visible damage and leakage. The gate structures should be operated to determine if there are any difficulties. In particular, each gate should be completely closed to determine if it can be completely seated and view the amount of leakage. In addition, since the flow conditions can be seen during normal or usual operating conditions, decisions should be made regarding the location of staff gauges, benchmarks, or piezometers for measuring water levels when developing the discharge ratings, and for use in operating the system afterwards. All of this information should be recorded in considerable detail in a field book, including sketches.

During canal closure, each structure should be carefully inspected for required maintenance. For gate structures, the gate and gate frame should be very carefully inspected. The condition of the gate lip should be noted in the field book -- are the edges square or rounded?; are there any dents or encrustations?; is scraping and painting required?; can the maintenance be accomplished in-place or does the gate have to be removed?; or, does the gate have to be replaced?

The gate frame needs to be just as carefully inspected as the gate. Again, the condition of the edges of the gate sill on the gate frame is important -- are the edges square or rounded?; is any of the metal bent? are there any encrustations?; are there any obstacles to prevent full closure of the gate?; is scraping and painting required?; can the required maintenance be done in-place or does the gate frame have to be removed or, does the gate frame have to be replaced? Also, the condition of the gate seat should be especially noted in the field book -- is the seat of the gate frame smooth and level?; are there any encrustations; is there any loose material that can easily be removed?; is scraping and painting required? Finally, measurements should be made of the vertical depth between the gate sill and the gate seat; this should be done at both inside edges and in the middle (3 measurements,) which should be repeated at both ends of the gate opening and at the one-fourth, half and three-fourths of the width, giving a total of 15 measurements (3 measurements at locations). This last information is extremely important in interpreting the field measurements when developing discharge ratings later.

Section VIII

ESSENTIAL STRUCTURAL IMPROVEMENTS PLAN

A detailed "Essential Structural Improvements Plan" should be prepared that includes:

1. Physical description of irrigation system;
2. Proposed flow measurement program for equitably distributing water supplies;
3. Proposed program for evaluating channel losses using the inflow-outflow method;
4. Essential Structural Improvements (ESI);
5. Costs of Essential Structural Improvements;
6. ESI Implementation Plan; and,
7. Field Notes and Sketches.

A. PHYSICAL DESCRIPTION OF IRRIGATION SYSTEM

A general description of the irrigation project should be provided including a small location map and a larger map of the irrigation system showing the main canals, laterals and sub-laterals, each properly labeled. The lengths of each sub-lateral, lateral and main canal can be provided, along with their design discharge capacity and irrigable area served.

B. PROPOSED FLOW MEASUREMENT PROGRAM

This section of the ESI Plan needs to show on the large map and list in a table the structures selected for flow control and water measurement. The listing of structures should state the type of structure, important dimensions pertinent to flow measurement, and the

design discharge capacity. The role of the various structures in controlling the discharges in the system and equitably delivering water to the outlets serving the tertiary systems needs to be clearly presented.

C. PROPOSED PROGRAM FOR EVALUATING CHANNEL LOSSES

Assuming the completion of Essential Structural Improvements and the Development of Discharge Ratings for the flow control structures, state an operational program for evaluating seepage loss rates in various reaches of the main canals, laterals and sub-laterals using the Inflow-Outflow Method. First of all, serious consideration needs to be given to operating the system at different water levels, either by adjusting gate settings, or varying the discharge rates, or a combination of the two. If there are some reaches of the irrigation channel network where there is some doubt as to whether the Inflow-Outflow Method will provide satisfactory data, then these reaches should be delineated, and consideration given to whether or not the Ponding Method will be used in these reaches. A time schedule for conducting the channel loss measurements should be given; this requires some thought as to how much of the system could be evaluated on a single day, taking into account the availability of personnel. Also, for large-scale projects, it may be preferable to evaluate an entire lateral for one discharge on a single day, which would require three days, not necessarily consecutive days, to collect the necessary field measurements, so that the variation in seepage loss rate with water surface elevation will be known.

D. ESSENTIAL STRUCTURAL IMPROVEMENTS

The results from the "Maintenance Survey of Flow Control Structures" described in the previous section provides all of the field data required to prepare this particular section of the ESI Plan. In this section, the results of the field survey will be summarized. The major categories of maintenance requirements could be listed under: (1) In-Place Maintenance Requirements; (2) Workshop Maintenance Requirements; and (3) Replacement of Gates, Gate Rods and Gate Frames. Then, under each of these three major categories, the specific maintenance activities can be listed and the quantities of maintenance required.

E. COSTS OF ESSENTIAL STRUCTURAL IMPROVEMENTS

This is a relatively short section that utilizes the lists of required maintenance activities, and the quantities from the previous section of the ESI Plan. Then, unit costs are applied to these activities to arrive at estimated total costs for each activity and the total cost for Essential Structural Improvements. If there are any particular problems with some of the unit costs being used, this should be presented in the writing.

F. ESI IMPLEMENTATION PLAN

A proposed time schedule for completing the Essential Structural Improvements should be presented. The discussion should state any particular problems that might disrupt the proposed time schedule.

Also, a statement should be made as to the possibilities of completing the work in a shorter time period, and under what conditions.

The proposed time schedule will dictate the cost schedule. Consideration should also be given as to how much of these costs could be met with present project resources, the remaining being a Budget Request for additional funds.

G. FIELD NOTES AND SKETCHES

Preferably, a copy of the field written notes and sketches should be appended to the ESI Plan. To type the written comments and draft the sketches may be too much of an unnecessary burden on the project, so rewritten field notes and redrawn freehand sketches are very acceptable.

Section IX

DIAGNOSTIC "WALK-THRU" MAINTENANCE SURVEY

There is only one activity in the Maintenance Phase of the O&M Learning Process that is more important than conducting the diagnostic "walk-thru" maintenance survey -- that is completing priority maintenance needs in the field. The "causes" of maintenance problems was discussed in Section IV, while the "remedies" were presented in Sections V and VI. Conducting the diagnostic "walk-thru" maintenance survey provides the field personnel a greater understanding and sensitivity regarding the causes of maintenance problems. Participating in the actual maintenance by completing the priority maintenance needs provides field personnel with extremely valuable experience in the application of remedies to maintenance problems.

The Water Masters should have already received field training prior to undertaking this activity, or they should be receiving supervised training while conducting this "walk-thru" survey. If the Water Master(s) have received training previously, then they can conduct this survey in conjunction with the Zonemen under their supervision, thereby extending the training to these Zonemen. However, it must be strongly emphasized that the Water Master is expected to do this "walk-thru" survey over every meter of canal, laterals and sub-laterals under his jurisdiction. The Zonemen can participate by also walking along with the Water Master.

Prior to conducting this field survey, the Water Master should have compiled a complete listing of structures and their location for his area of jurisdiction, which may be a medium-scale irrigation

project or a portion of a large-scale irrigation project. Also, stations should be marked along each channel, preferably every 100 meters, so that the field notes can fairly accurately describe the location of any particular maintenance problem.

In conducting a diagnostic "walk-thru" maintenance survey, both sides of the irrigation channel have to be carefully inspected. This is where the Zonemen can help. Either one or two Zoneman can assist the Water Master. Certainly, when conducting the "walk-thru" in the area of operation for a Zoneman, he should participate with the Water Master in this survey since it is his area of responsibility. Initially, when training the Zonemen, the Water Master will have to walk along both channel embankments to be sure that all of the maintenance problems are being detected. Then, when the Water Master has a high degree of confidence in the capability of a Zoneman, he can allow the Zoneman to walk along one of the embankments, while the Water Master walks along the opposite bank.

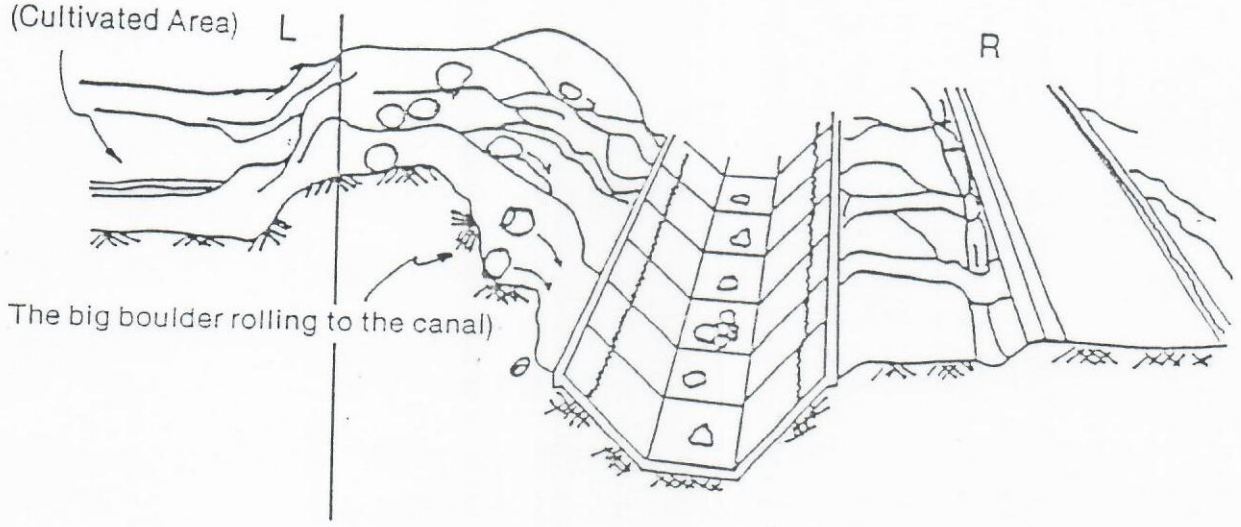
All of the field notes should be written by the Water Master. A very important part of the field notes should be numerous sketches illustrating the maintenance problem being described, along with any proposed remedies. Another important point is to provide sufficient detail in the field notes so that quantities of materials can be calculated and cost estimates can be prepared for correcting the maintenance problems.

Examples of field notes are shown below. Some have been extracted from the Maintenance Plan for the Lam Nam Oon Irrigation Project. Other examples have been taken from the Maintenance Plan which was the output from a 15 calendar day training course wherein the participants

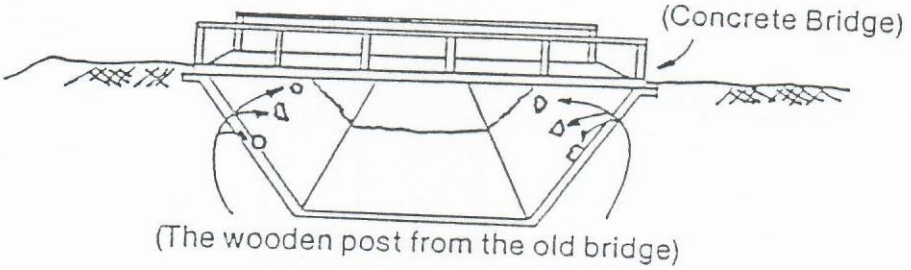
prepare the main report. Many of the sketches prepared by the participants were excellent in portraying the maintenance problems.

Table M-09-01. Examples of Field Notes and Sketches Extracted from the "Maintenance Plan for the Lam Phra Plerng Irrigation Project".

8+813 - 8+930	The left embankment is too high. The farmer prepared the cropping area by placing the big boulders along the embankment, which caused the boulders to roll into the canal. There were two holes (size 0.2 x 6.0 x 2.0 m) along the concrete berm. The concrete is in good condition. The right embankment is much lower than the top of the concrete lining.

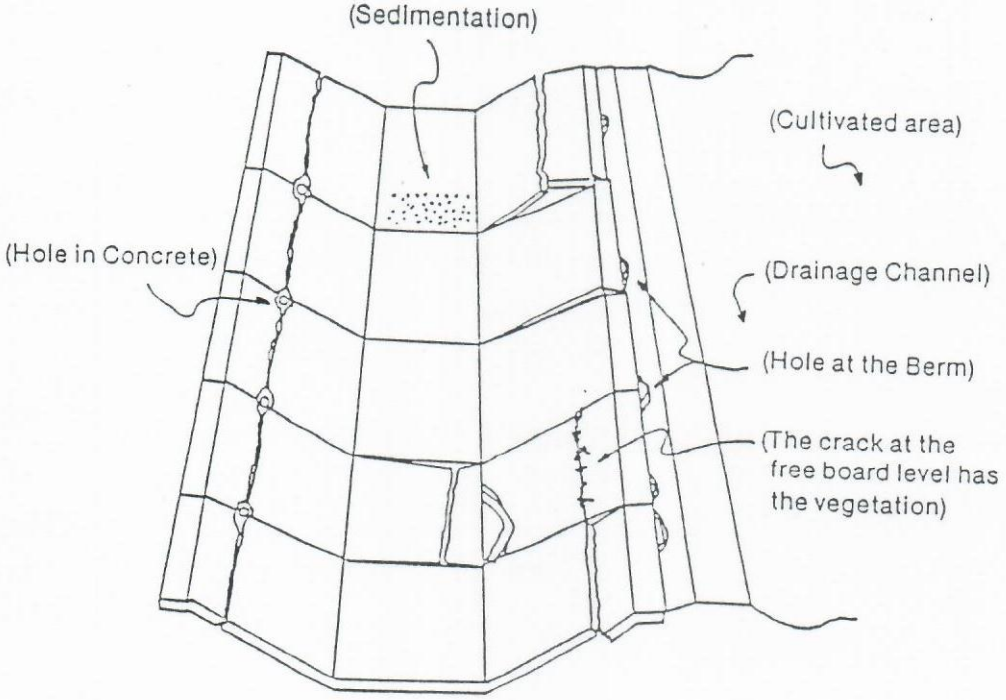


13+500 The bridge is in good condition, but there are six holes in the concrete panel underneath the bridge due to the original wooden bridge columns.

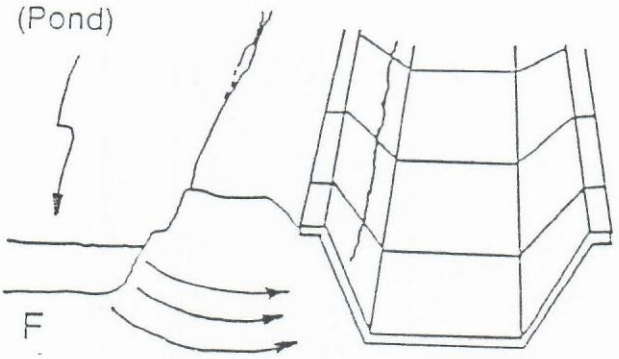


KM 20 + 000 - 20 + 475

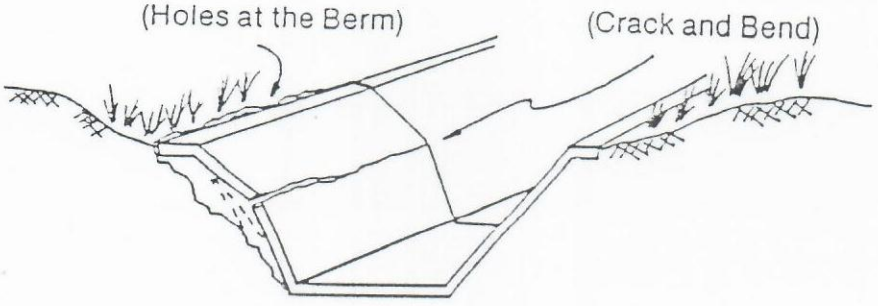
The concrete panels should be replaced due to 20 holes at the berm diameter size 0.30 m., which maka the extended concrete panel at the free broad collapsed. The water table pressure has cracked the concrete panels and isplaced and formed cavities under neath and at the connection of the old and the new concrete. There are 23 concrete panels that were damaged, 3 concrete beds were cracked. There are 60 holes at the concrete panels along the extended concrete joint which 60 holes at the concrete panels along the extended concrete joint which also has vegetation in the holes. The depth of weeds and silt is 0.05 m.



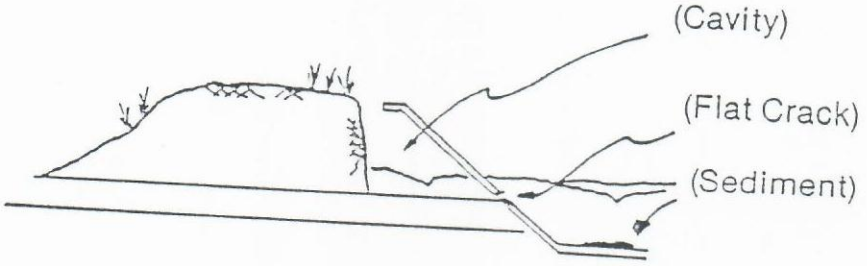
33+000 – 35-200 At the left side of the canal is a pond which caused damage to the concrete panels along the left side of the canal because of the hydraulic gradient when the canal was empty.



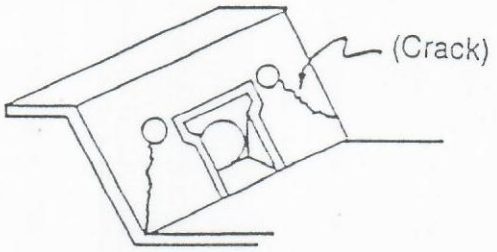
36+146 A concrete panel is cracked at the left side of the canal. Soil volume = 0.15 x 3.00 x 2.70 = 1.215 m^3. Concrete volume = 0.05 x 3.00 x 2.85 = 0.428 m^3.

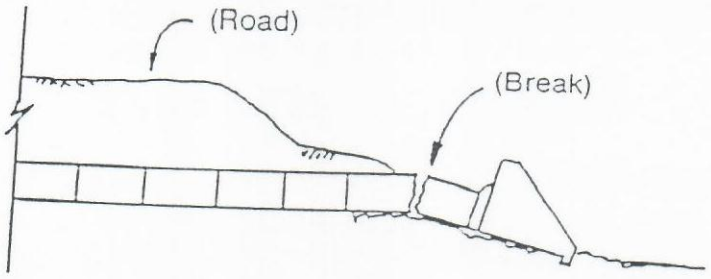


37+476 A large cavity has formed behind the concrete lining on the left side of the canal. This was caused by the cracking of the concrete in the old turnout. Water seeps into the canal from above, carrying soil and undermining the lining. This should be repaired as soon as possible. Soil volume = 0.50 x 3.00 x 1.50 = 2.25 m^3.

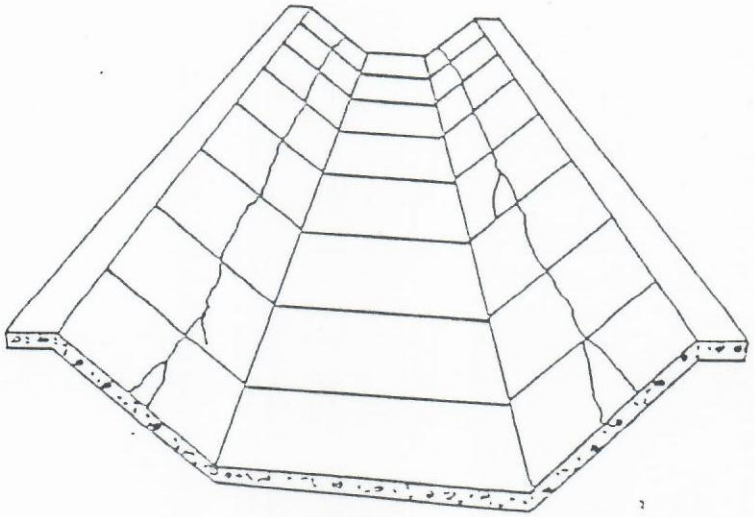


39+663 The inlet transition to the farm turnout is cracked and needs repair. The outlet transition is covered with weeds, and the soil around the structure has been eroded. One of the pipe joints is broken and needs repair.

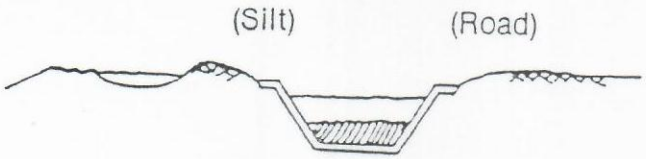


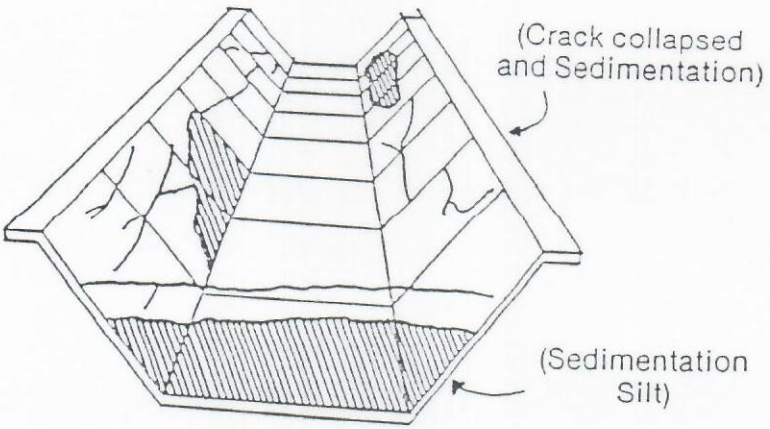


0+018 - 0+102 Lateral 3R-L. There are cracks along both sides of the concrete panels, requiring alphalt sealing. Soil compaction of the embankments was inadequate. Weep holes should be installed to relieve pressure on the lining when the canal is empty.



3+200 - 4+630 Lateral 3R-L. This part of the canal is in a cut area and was constructed with concrete blocks. Vegetation is filling the joints of the concrete blocks, and in some places these blocks have collapsed. The silt in the canal is about 0.30 m deep.





69+857 The inlet pipe (0.20 m diameter) at the left side extends into the canal, beyond the concrete lining. The embankment has eroded partially, depositing soil in the canal.

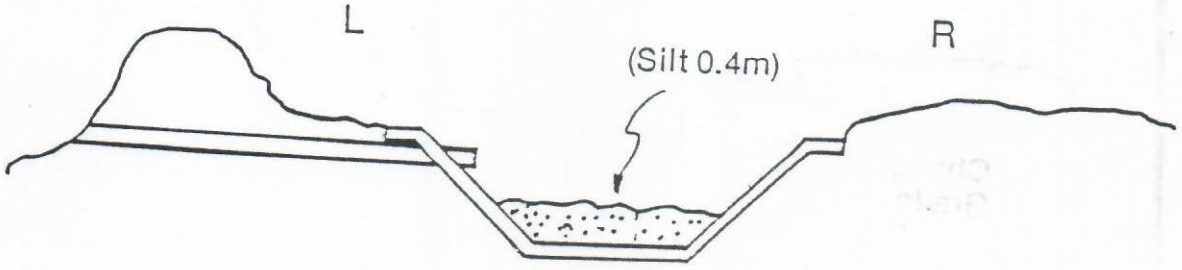
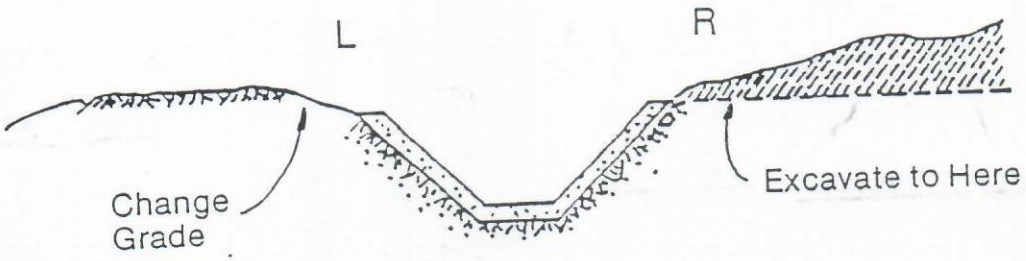


Table M-09-02. Examples of Field Notes and Sketches Extracted from the "Maintenance Plan for the Lam Nam Oon Irrigation Project".

≈0+250	Two failed right panels and next downstream panel will fail in one or two monsoon seasons because of cavities. Besides replacing these two panels, surface drainage on right berm is required for 200 m.

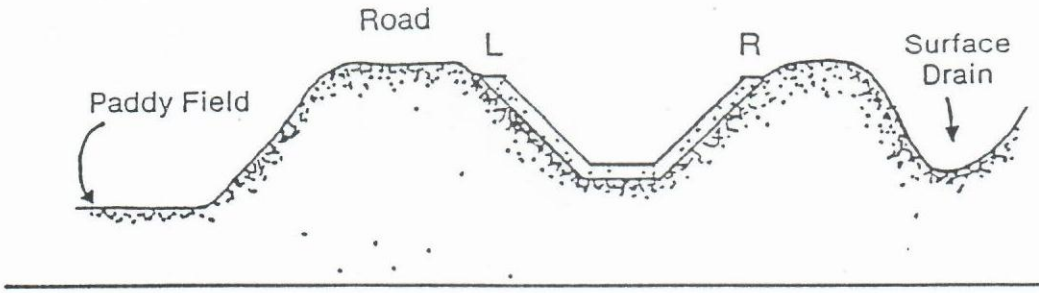


≈6+940	Nine m of left panels have failed.
≈6+950	Hole in righ panel.
	To solve the problems, from ≈6+800 to 7+000 will require subsurface drainage on <u>both</u> sides.
6+994	Bridge. There are cavities at left downstream and right upstream abutments that have resulted from bridge deck drain holes running water onto soil above lining and creating these cavities. Plug drain holes (2) and fill cavities.

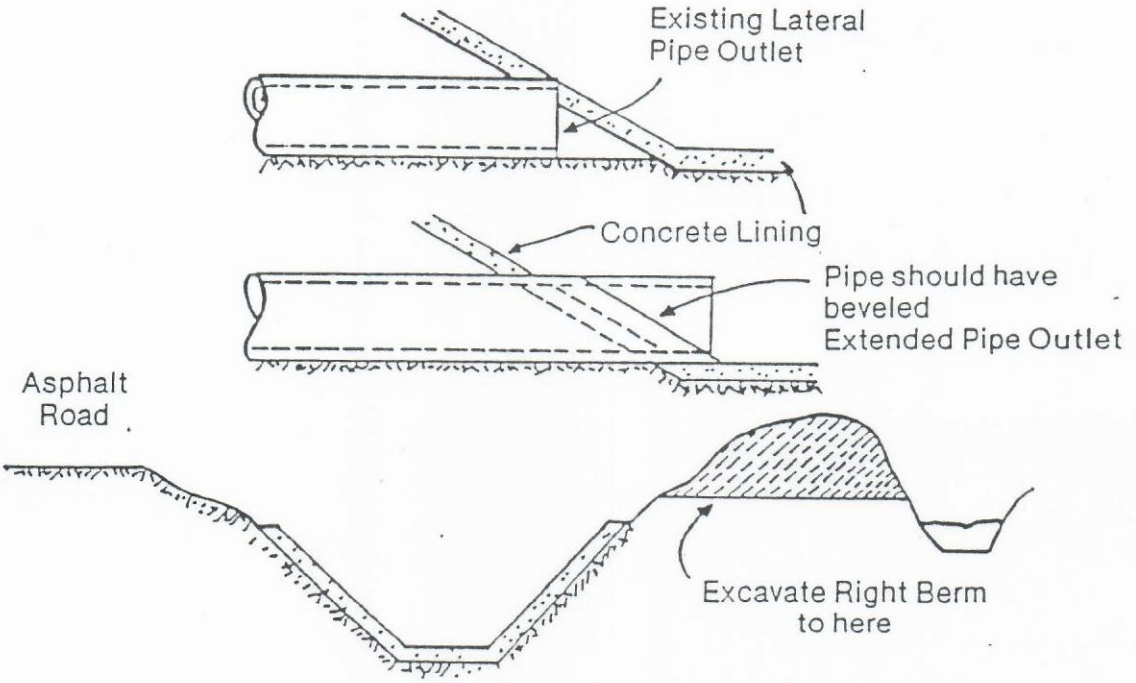
<u>Sub-Lateral R-6L-2L-IL-IR (5.400 km)</u>

0+000	Double CHO Regulator. The two gates on the downstream CHO are not operable, so that when the water level is raised in Lateral R-6L-2L-IL, then water will flow through these gates. The gates on the upstream CHO canfunction, but they still need repair. Outlet structure, good. Aquatic growth.
≈0+150	Roadway erosion on right bank. (Road on right of lateral.)

0+300 to 1+200 Lining looks very good in this area because land on both sides is lower than lateral.



1+125 Last month, a concrete pipe outlet was installed that has a circular concrete lid for a gate. Unfortunately, the concrete lid does not fit the concrete pipe.



2+000 Many cracked left and right panels, but only a few small holes in panels. Cracked floor panels. Therefore subsurface drainage is needed, which can be accomplished by having invert of surface drains as low as possible, but at least below F.S.L. of IMC.

2+590 Concrete Bridge is structurally good, but one railing pipe has been broken off. No cavities or cracks in undelying panels.

2+600 Two CHO's Right CHO has first gate missing. Rith oulet structure is good, but downstream lining has been busted in many places. Left CHO is good, but has one concrete walkway panel lyning in lateral and another inside CHO structure. Left outlet structure is good.

One-tenth sediment.

3+000 Tail Regulator. Inlet structure is good. Outlet structure is good.

3+010 Final CHO Outlet Structure. CHO is very good. Pipe outlet structure is good.

This was an excellent design. The lateral invert is above the adjacent lands along nearly the full length. As a consequence, this lining, which was constructed nine years ago, is in excellent condition.

Section X

PREPARATION OF A MAINTENANCE PLAN

As described above in this handbook, a Maintenance Plan should document a proposed program for catching-up on deferred maintenance, so that afterwards the irrigation project can function properly on a routine or preventive maintenance program. The proposed outline for preparing a Maintenance Plan is:

1. Physical Description of Irrigation Project
2. Essential Structural Improvements (ESI)
3. Status and Costs of ESI Plan
4. Inventory of Required Maintenance
5. Maintenance Costs
6. Priority Maintenance Needs (PMN) and Costs
7. Maintenance Equipment Requirements
8. Maintenance Manpower Requirements
9. Maintenance Plan
    a. Maintenance Issues
    b. Method of Implementation
    c. Implementation Schedule
10. Field Notes and Sketches

A. PHYSICAL DESCRIPTION OF IRRIGATION PROJECT

The material contained in the first section of the Essential Structural Improvements (ESI) Plan should be included here. In addition, more background about channel sizes might be provided in a list included in a table. Also, the number of outlets along different

sub-laterals and laterals should be listed, as well as along various reaches of the main canals.

B. ESSENTIAL STRUCTURAL IMPROVEMENTS

The material for this section of the Maintenance Plan would be taken directly from the ESI plan. If there have been any modifications to the original plan resulting from experience gained while implementing the essential structural improvements for flow control structures, then this should be presented in this section of the report.

C. STATUS AND COSTS OF ESI PLAN

First of all, the present status of the ESI plan should be presented. Has it been approved ? If so, what fraction of the work has been completed ? Then, the costs of the ESI plan can be presented; if the program is underway, or completed, then revised cost estimates can be presented.

D. INVENTORY OF REQUIRED MAINTENANCE

This section of the report is a summary of the field notes written during the Diagnostic "Walk-Thru" Maintenance Survey. All of the required maintenance can be summarized in tables similar to the forms presently used in preparing a Budget Request for maintenance. Also, the topic listing for the sub-sections in Sections V and VI on Maintenance of Channels and Maintenance of Structures can be used as a guide.

E. MAINTENANCE COSTS

Each irrigation project has unit costs for various types of maintenance activities that they commonly use in preparing a Budget Request. In preparing the estimated costs for this section of the Maintenance Plan, there may be some difficulty if, for example, the project field staff are not experienced in the filling of cavities. If this is the case, then the Project Engineer at an irrigation project that has been doing this maintenance activity should be consulted. The unit costs are used in conjunction with the tables listing Maintenance Requirements to arrive at the estimated costs for catching-up on deferred maintenance.

F. PRIORITY MAINTENANCE NEEDS AND COSTS

In most all cases, the degree of deferred maintenance will exceed the capacity of the irrigation project to complete in a single year. Thus, there is a need to prioritize the proposed maintenance activities, so that the highest Priority Maintenance Needs (PMN) are completed during the first year following approval of the Maintenance Plan, followed by the second highest PMN for the second year, and so on until all of the deferred maintenance would be alleviated. The same tabular format used in presenting the "Inventory of Required Maintenance" and "Maintenance Costs" would be used in this section.

G. MAINTENANCE EQUIPMENT REQUIREMENTS

In general, most irrigation projects will have to undertake these deferred maintenance activities without receiving additional equipment.

But, if it is obvious that the proposed maintenance activities cannot be economically done without some additional items of equipment, then the required equipment should be presented and a strong justification provided.

All of the presently available equipment should be listed. Then, the capacity of this equipment for completing the PMN should be stated. For example, how much concrete can be placed in a year, how much sediment can be removed, how much sodding can be accomplished, what percentage of the drains can be cleaned annually, etc.

H. MAINTENANCE MANPOWER REQUIREMENTS

First of all, the capacity of the present irrigation project staff to undertake the deferred maintenance activities should be presented. Then, if certain staff vacancies exist that would seriously hamper the implementation of the Maintenance Plan, then this deficiency should be clearly stated and good justification provided for filling such vacancies. Finally, the amount of temporary labor usually employed by the irrigation project, and the annual capacity of this temporary labor to undertake the proposed maintenance activities should be presented. If additional temporary labor will be required, then the number of man-days and costs should be presented for the first year, second year, and so on until the deferred maintenance is proposed to be completed.

I. MAINTENANCE PLAN

Maintenance Issues

The Maintenance Plan should address, as a minimum, the following three issues:

1. Eliminating sediment sources;
2. Reducing deterioration of channel lining; and,
3. Minimizing seepage losses.

The first issue, eliminating sediment sources, should clearly come from the field notes while conducting the "walk-thru" maintenance survey. However, it is very important that the Maintenance Plan clearly address this issue, so that when the deferred maintenance is completed, the quantities of sediment entering the irrigation channels afterwards will only be a very small fraction of what is presently entering the channels.

The second issue, reducing deterioration of channel lining, should also clearly address how the completion of the Maintenance Plan will significantly decrease the degree of cavity formation behind concrete-lined channels and irrigation structures. Again, the intent is that eventually, the level of required maintenance for concrete channels and structures should be significantly less than the present situation.

Finally, the problem of minimizing seepage losses will be an issue of increasing importance with each passing year. This question is difficult to address unless the Operations Phase of the O&M Learning Process has also been implemented. Thus, for irrigation projects that have earthen channels, this issue should be addressed in a very quantitative manner, because the Operations Phase would likely be

implemented prior to this Maintenance Phase. However, for irrigation projects that have predominantly concrete-lined channels, then the Maintenance Phase would likely be implemented prior to the Operations Phase, so this issue can only be addressed qualitatively.

Method of Implementation

There are three primary methods that can be used in completing the proposed maintenance activities:

1. Force account maintenance;
2. Private contractor maintenance; and
3. Contract main system maintenance with the Water Users Groups.

The method of implementation should be stated. Also, if a combination of methods will be employed, then the amount of maintenance to be accomplished by each method should be presented.

Implementation Schedule

The number of years proposed for completing the Maintenance Plan should be stated. Then, summarized versions of the proposed Work Plan for each year should be presented. The summary for the first-year Work Plan should be based on the preparation of a detailed Work Plan, which is a separate Budget Request document that could be forwarded following review and approval of the Maintenance Plan. The summarized Work Plan for the succeeding years would not be based on so much detail, but would be best estimates based on subdividing the total maintenance requirements and costs into annual workloads that can be accommodated by the irrigation project staff.

J. FIELD NOTES AND SKETCHES

Based upon the original field notes and sketches, this work would be recopied and appended to the Maintenance Plan. This material can be recopied by hand and appended in order to save time. Or, the field notes can be typed and the sketches drafted. In the future, it will be more common to place the field notes on a micro-computer, which will greatly facilitate the preparation of an Annual Maintenance Work Plan or the Annual Maintenance Completion Report. Although appending all of the field notes and sketches to the Maintenance Plan adds a lot of bulk, it is extremely important documentation for use during implementation of the Maintenance Plan.

Section XI

ADMINISTRATIVE ACCOUNTABILITY IN IMPLEMENTING A MAINTENANCE PLAN

A. REVIEW AND APPROVAL OF MAINTENANCE PLAN

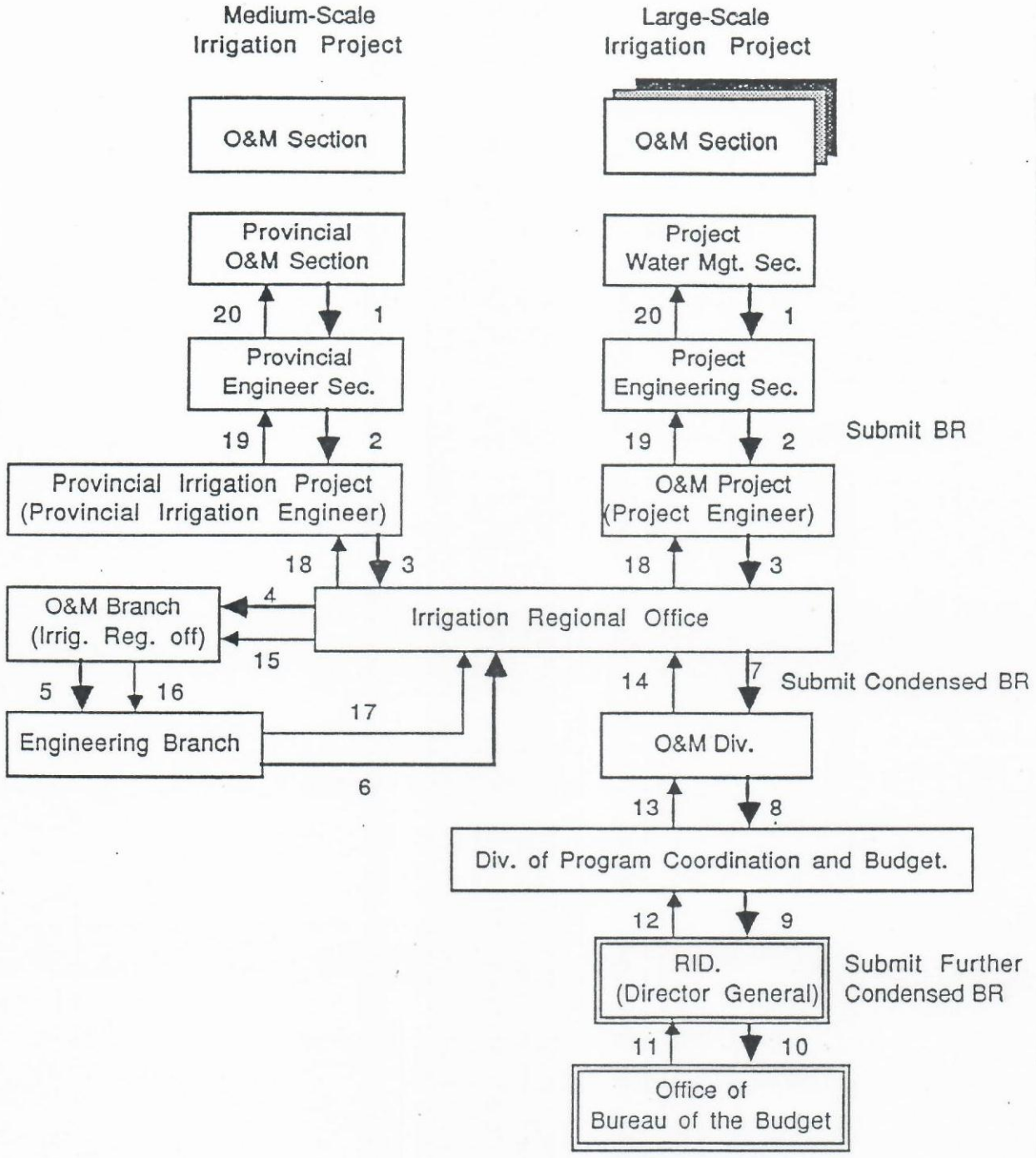
The review and approval process for any Budget Request (BR) pertaining to proposed operation and maintenance activities at either a large-scale or medium-scale irrigation project is shown in Figure M-11-1. For a medium-scale irrigation project, the individual serving in the capacity as Project Engineer is the Provincial Irrigation Engineer.

An O&M Section does the actual field work for one or more medium-scale irrigation projects, while for a large-scale irrigation project, there would be a number of O&M Sections. The Head of an O&M Section is a Water Master, who supervises a number of Zonemen and each Zoneman has a crew of Gate Tenders and Laborers.

The Head of the Provincial O&M Section looks after the project operations on behalf of the Provincial Irrigation (Project) Engineer. The Head of the Provincial Engineering Section, or the Head of the Project Engineering Section, is usually called the Office Engineer, in both cases.

The Operation and Maintenance Division is located at RID headquarters in Bangkok; the Director answers to the Deputy Director General (O&M). The Director of the Division of Program Coordination and Budget answers directly to the Director General of RID.

The Bureau of the Budget is a separate agency that receives Budget Requests from many government agencies.



M-11-1 RID Review and Approval Process for a Budget Request Regarding Operations and Maintenance.

To begin the review and approval process, the Project Engineer should submit copies of the Maintenance Plan to the RID Irrigation Regional Office. In this case, approval is needed up to the Director General of RID (see Figure M-11-1).

B. SUBMITTING A BUDGET REQUEST (BR)

In order to provide an understanding of the procedures involved in obtaining funds for improved maintenance practices, the standard procedures presently used by RID will be briefly described. Figure M-11-1 illustrates the steps in obtaining approval (Steps 1-10), as well as the reverse process for disbursing funds (Steps 11-20).

First of all, the O&M Section(s) collect the basic field data which is recorded on standard RID forms, such as:

A1. Manual excavation of sediment from irrigation channels;

A2. Repair of concrete-lined irrigation channels;

A3. Maintenance of irrigation channels;

A4. Repair and maintenance of pumps;

A5. Repair of buildings, houses and other facilities;

A6. Sodding of earthen embankments (dam and channels);

A7. Manual compaction of replaced embankments;

A8. Weed control and removal;

A9. Maintenance of service roads along irrigation channels; and

A10. Improvement of irrigation structures.

These forms are compiled by the Head of Operations (Head of Provincial O&M Section for a medium-scale irrigation project, or Head of Water Management Section for a large-scale irrigation project) and

submitted to the Engineering Section. The Office Engineer, who is the Head of the Engineering Section, is responsible for preparing the Budget Request (BR) under the direction of the Project Engineer (Provincial Irrigation Engineer for medium-scale irrigation projects). Again, there are a series of forms, in which the first form is the summary and the last forms in this list provides the detailed information:

B1. Summary of BR by items, quantities, unit costs and total costs;

B2. Presentation of BR and the approved budget for each item;

B3. Breakdown of Central (Bangkok) costs and local Provincial costs for Repair and Improvement for each 4-month period during the fiscal year;

B4. Breakdown of Central (Bangkok) costs and local Provincial costs for Administration for each 4-month period during the fiscal year;

B5. Action Plan for monthly expenditures for each activity item;

B6. Action Plan for monthly expenditures for Construction;

B7. Plan of Improvements by item, cost, drawing number, and reasons; and

B8. Detailed compilation of work activities to be undertaken.

The BR is submitted by the Project Engineer (or Provincial Irrigation Engineer) to the appropriate Irrigation Regional Office, where a review process occurs as indicated in Figure M-11-1. After approval, the Regional Director submits a condensed version of the BR to the O&M Division at central headquarters in Bangkok.

After approval by the O&M Division, the condensed BR is forwarded to the Division of Program Coordination and Budget, which answers directly to the Director General of RID. After approval by the

Director General, the BR is further condensed by the Division of Program Coordination and Budget. Then, the Director General submits the very condensed BR to the Office of Bureau of the Budget for final approval and funding.

The Provincial Irrigation Engineer or the Project Engineer are notified by the Irrigation Regional Office of the approval and the amount of funding that they will actually be provided. After being informed of the funding levels, they have four forms to prepare regarding the expenditure of these funds:

C1. List of construction materials to be purchased;

C2. List of office and O&M materials to be purchased;

C3. Plan for using materials by month; and

C4. Plan for purchasing and employment.

There are a series of reporting forms that have to be completed by the Project Engineer or Provincial Irrigation Engineer during, and at the end, of the fiscal year:

D1. Monthly report of outputs and expenditures;

D2. Road laterite maintenance output report for 4-month period;

D3. Road asphalt maintenance output report for 4-month period;

D4. A set of 3 forms showing goals and actual accomplishments for maintenance activities for each 4-month period;

D5. Output report for each activity for 4-month period;

D6. Report of plan and output for each 4-month period during the fiscal year; and

D7. Listing of activities, units of work, and expenditures of Central funds and Provincial funds for the fiscal year.

This reporting using standard forms are submitted to the Irrigation Regional Office for review, then the O&M Division, Division of Program Coordination and Budget, and finally the Director General.

C. SUBMITTING ANNUAL MAINTENANCE WORK PLAN

Once the Maintenance Plan is approved, it should take a very short time for the Project Engineer to submit the Annual Maintenance Work Plan. The reason is that this document should have been prepared while completing the preparation of the Maintenance Plan.

The format for submitting the Annual Maintenance Work Plan would be identical with Submitting a Budget Request. There are numerous standard forms that allow the various types of proposed maintenance activities to be listed, such as sediment removal, repair of concrete-lined channels, maintenance of irrigation channels, repair and maintenance of pumps, sodding, earth backfill and compaction, irrigation structures, weed protection, and maintenance of roads.

D. REVIEW AND APPROVAL OF ANNUAL MAINTENANCE WORK PLAN

The review and approval process for the Annual Maintenance Work Plan would be identical to the RID review and approval process for a Budget Request pertaining to an operation and maintenance activity.

E. BUDGET CONTROL AND ACCOUNTABILITY

In order to document the costs of various maintenance activities, it is very important for RID to have good records of the actual costs, including the variability that occurs for each type of activity. This

provides the necessary records for obtaining appropriate levels of funding for maintenance at irrigation projects. This type of documentation is also very useful for future planning to improve the maintenance at other irrigation projects.

There are many advantages in conducting the diagnostic "walk-thru" maintenance survey, one of them being the more precise documentation of actual maintenance requirements. One of the additional benefits is the accountability provided by listing each maintenance need. The items to be included in the Annual Maintenance Work Plan can be selected; when a maintenance activity is completed it can be moved to the Maintenance Completion List and the costs added.

This type of process documentation also facilitates inspection of the work by the Head of Engineering to assure quality control in the maintenance procedures and for the Project Engineer to quickly review the progress being made.

The maintenance documentation also facilitates periodic evaluation by RID personnel in the Irrigation Regional Office or the Operation and Maintenance Division.

F. SUBMITTAL OF ANNUAL MAINTENANCE COMPLETION REPORT

The "Annual Maintenance Completion Report" should list each maintenance need contained in the Field Notes appended to the Maintenance Plan that has been corrected during the year, along with the actual cost. Then, these results should be summarized onto the same forms used in preparing a Budget Request for the Annual Maintenance Work Plan.

A discussion should follow on "Comparison of Actual Costs with Estimated Costs." The reason for these variations should be given, including if the reasons are "site specific" to the irrigation project, or more general in nature that would also apply to other projects.

The next section should be on "Lessons Learned" during implementation of this Maintenance Phase of the O&M Learning Process. First of all, any improved techniques for accomplishing particular maintenance activities should be presented in sufficient detail that the information could be transferred to other irrigation projects that might benefit from such information. Also, the lessons learned might be with respect to administrative aspects of implementation.

The final section of this report should be "Recommendations for Improving the Implementation of the Maintenance Plan." When completed, copies of the Annual Maintenance Completion Report should be forwarded to the RID Irrigation Regional Office by the Project Engineer.

G. COMPUTERIZED MAINTENANCE PLANNING AND REPORTING (COMPARE)

Obviously, the documentation required while implementing the Maintenance Phase is quite substantial. Yet, if the Maintenance Plan was prepared on the microcomputer, then all of the later reporting--the Annual Maintenance Work Plan and the Annual Maintenance Completion Report--could be readily done. In the near future, microcomputer software will be available that will greatly reduce the administrative workload during the implementation of this Maintenance Phase.

Section XII

PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN

By the time that the Priority Maintenance Needs have been nearly completed, the irrigation project staff will have a very good knowledge about the causes of maintenance problems, as well as the most effective measures for minimizing or eliminating these causes. Because of the experience gained at this point in time, preparing a Preventive Maintenance Plan will be a relatively easy task.

This is a revised or updated maintenance plan that recognizes that the deferred maintenance is nearly corrected. Therefore, the irrigation project is ready to enter a new phase of maintenance activity that will require much fewer resources. Another term commonly used is Routine Maintenance. If there is a distinction between Preventive Maintenance and Routine Maintenance, it would be that Preventive Maintenance represents a minimized form of Routine Maintenance because the deferred maintenance has already been corrected, and many of the causes of maintenance problems have been eliminated.

The greatest danger when implementing a Preventive Maintenance Plan is the field staff becoming lax in their maintenance procedures. If this occurs, then the maintenance requirements will begin to increase again. Thus, a Preventive Maintenance Plan should anticipate the procedures required to continue good maintenance practices, and the level of required resources is expected to be minimized, but certainly kept adequate to maintain the irrigation project in good condition.

A. PHYSICAL CAUSES OF MAINTENANCE PROBLEMS

Again, at this point in time, all of the irrigation project field staff should know very will what the causes are for the maintenance problems that they see. The presentation in section IV can be used as a guide; however, the presentation in the Preventive Maintenance Plan should be very specific to the irrigation project.

B. EXTENT OF MAINTENANCE PROBLEMS

This section of the Preventive Maintenance Plan should describe what the anticipated, or expected, maintenance requirements will be for the project after completion of the Priority Maintenance Needs. The type of maintenance activities that will be required and the annual magnitude of these activities should be presented. The magnitude of each activity should be a quantitative listing for reaches of the main canals, and for each lateral and sub-lateral.

C. MAINTENANCE EQUIPMENT REQUIREMENTS

The maintenance equipment available for correcting Priority Maintenance Needs is expected to be sufficient for implementing the Preventive Maintenance Plan. However, perhaps some equipment needs special repair or replacement. Also, there may be some pieces of equipment that can be identified which would make the Preventive Maintenance Program more cost-effective; if so, then the justification for purchasing such equipment should be presented.

D. MAINTENANCE MANPOWER REQUIREMENTS

The expectations are that the Preventive Maintenance Program will require less manpower. Certainly, all of the permanent RID field staff will continue to function with the maintenance activities as before, but the amount of time that they spend will be slightly less, and the amount of time required for temporary employees will be less, and for part-time laborers much less. The manpower requirements and annual costs for the Preventive Maintenance Program should be presented, and then compared with the manpower requirements while completing the Priority Maintenance Needs.

E. MAINTENANCE REQUIREMENTS FOR WATER USERS GROUPS

Hopefully, at the time of preparing this Preventive Maintenance Plan, the irrigation project field staff will have spent sometime collecting field data in the tertiary systems as part of the Operations Phase of the O&M Learning Process. If not, then it is suggested that a Diagnostic "Walk-Thru" Maintenance Survey be conducted on a sample of tertiary system channels in order to make a preliminary evaluation of the extent of maintenance problems and requirements for alleviating these problems by the Water Users Groups. The Preventive Maintenance Plan should discuss how the irrigation project field staff might provide technical assistance to the Water Users Groups so they can do a better job, if required, in maintaining their tertiary channels. Since the tertiary channels are most likely unlined, field data from the Operations Phase will be very helpful in assessing seepage and leakage

losses, which would be indicative of the need for improved maintenance practices.

F. ANNUAL MAINTENANCE COSTS

An estimate of the annual maintenance costs under a Preventive Maintenance Program should be presented. The format required in preparing a Budget Request should be used.

G. PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN

Maintenance Issues

The maintenance issues addressed in preparing the Maintenance Plan should also be addressed in the Preventive Maintenance Plan, which are:

1. Eliminating sediment sources;
2. Reducing deterioration of channel lining; and
3. Minimizing seepage losses.

This section should state to what degree these issues have been accomplished as a result of completing the Priority Maintenance Needs. Then, the role of the Preventive Maintenance Program in addressing these issues should be presented.

Preventive Maintenance Activities

A summary of Sections A, B and E should be presented. This would state in summary form the causes of maintenance problems in the irrigation project, the anticipated extent of preventive maintenance activities, and the proposed program for project staff to provide technical assistance to Water Users Groups to improve their maintenance practices on the tertiary channels.

บทที่ 12

การบำรุงรักษาระบบชลประทานโครงการอ่างเก็บน้ำแม่ง

(Maintenance of The Huai Aeng Reservoir System)

12.1 GENERAL

Maintaining an irrigation system means in general the repair or replacement of deficient facilities, the prevention or removal of detrimental materials, and the control of harmful processes. Proper maintenance is one of the basic requirements for the successful functioning of any irrigation system since it not only results in better service to the farmer but will also prolong the useful life of the system. If maintenance is neglected, all efforts during the design, the construction, and the operation will be wasted.

12.1.1 Factors Affecting Maintenance Requirement

The requirement for irrigation system maintenance depends very much on its design and method of construction. A careful design will prevent or minimize failures of the various system components. The construction work which lacks good quality control with respect to soil compaction and concrete works will result in very difficult maintenance work and the system may, in fact, require a complete rehabilitation within a short time.

As soon as the operation begins, the system maintenance is needed to counteract the negative effects arising from both the physical phenomena and the users. System maintenance can therefore be viewed as a restoring effort against external disturbances as displayed conceptually in Figure 12.1

The disturbing factors which dictate maintenance requirements can be divided into two categories as follows.

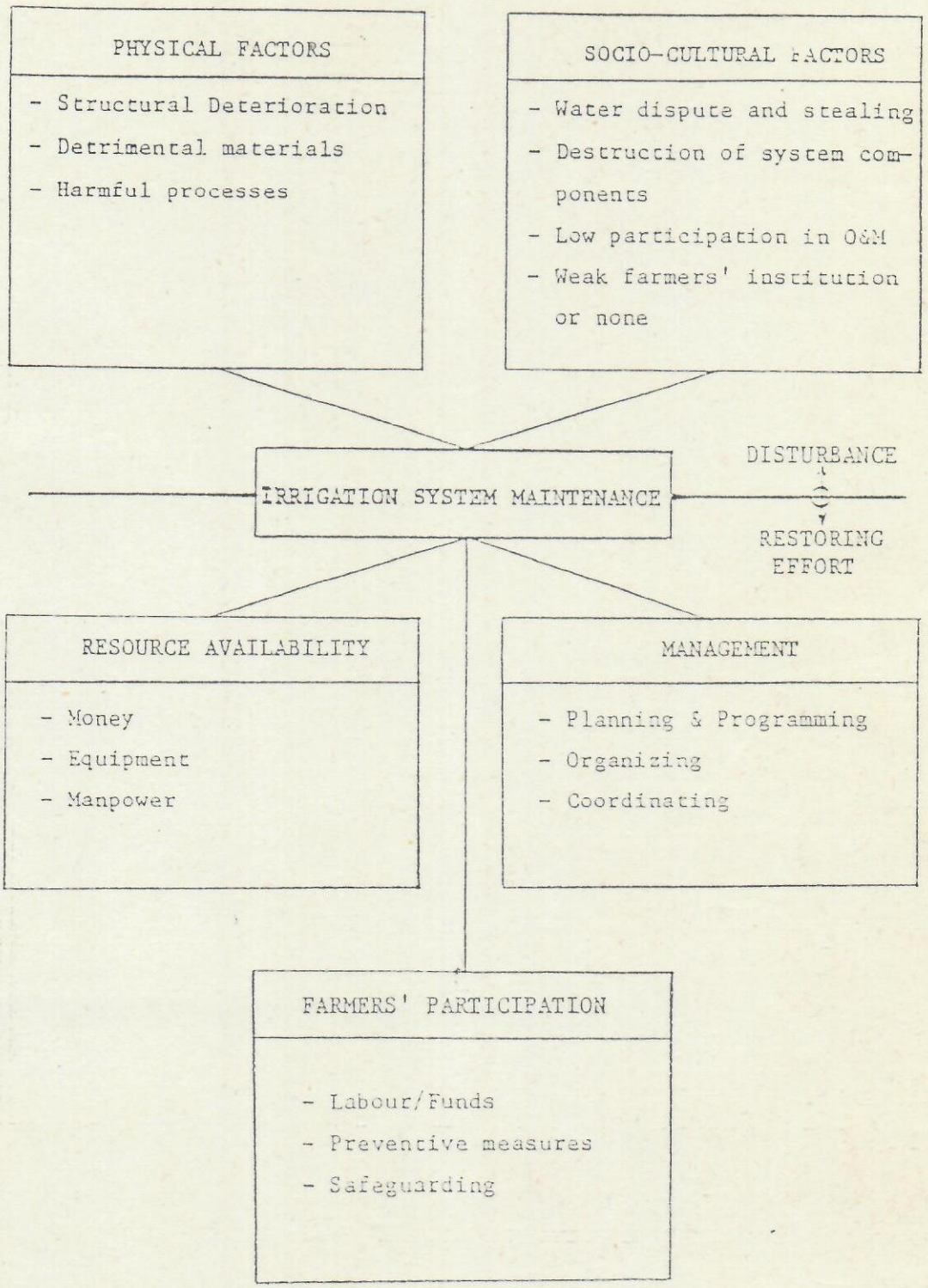


FIGURE 12.1 FACTORS AFFECTING IRRIGATION SYSTEM MAINTENANCE

(1) Physical Factors: These include undesirable detrimental materials brought into the system by some natural phenomena and deterioration of facilities due to various causes ranging from physical to biological processes. A list of damage or defect due to the physical factors is given for various irrigation system components in Table 12.1

TABLE 12.1

DAMAGE OR DEFECT COMMONLY FOUND IN IRRIGATION SYSTEM

Description of damage or defect		Irrigation System Component			
		Conveyance and Drainage Canals	Structures	Service Road	On-farm facilities
Deterioration	Crack, cavity	X	X		X
	Broken concrete	X	X		X
	Broken lining	X			
	Loss of paint		X		
	Loss of protective surface			X	
	Rot		X		
	Corrosion		X		
	Mechanical failure		X		
	Loss of lubrication		X		
	Loss of rip rap	X	X		
Detrimental materials	Silt	X	X		X
	Debris	X	X		X
Harmful physical/ biological processes	Settlement	X	X	X	X
	Seepage	X	X		X
	Erosion	X	X	X	X
	Local scour	X	X	X	X
	Undermining		X		
	Dislocation		X		
	Weed	X	X		X
	Vegetation	X		X	X

These are normally well recognized by an experienced O&M staff. Most of the factors are related to the movement of water.

(2) Socio-cultural Factors: These are different from project to project since they depend on the characteristics of users which are usually not clearly understood. However, information from other projects indicate the following to be commonly expected.

(a) Water dispute and stealing.

(b) Vandalism or wilful destruction of irrigation system components due to lack of favorable attitude towards these components.

(c) Low or no participation in operation and maintenance. For example, canal obstruction or modification of existing structure for fishing, damaging lined canal by letting cattle walk across.

(d) Weak farmers' institution or none. The behaviours described above are dependent upon one another and are closely related to the farming practice of the farmers. If a traditional farming practice is adopted, these unfavorable negative behaviours will be strong. The change toward modern irrigated farming is a fundamental requirement for the behavioural change favorable to the irrigation system maintenance.

12.1.2 Maintenance Components

Three maintenance components displayed in Figure 12.1 are required to counteract the adverse effect of the two factors mentioned above.

(1) RID Resources: These include annual funds, manpower, and equipment available from the Roi-et RID Office. Although the policy of RID now gives increasing emphasis on O&M work, it is still difficult to secure these resources from the government in sufficient quantities. The constraint on this maintenance component should therefore be recognized and considered conservatively in the overall maintenance program.

(2) Farmers' Participation: Farmers who benefit from the project are no doubt the most important maintenance component. Their participation can be in terms of both labour and funds which will supplement the RID limited resources. The fact that the maintenance activity like silt removal can be done manuallly makes it most suitable to utilize the locally available farm labour. After the income of each farmer has significantly increased as a result of their use of water for cropping, farmers' contribution in terms of maintenance funds is quite feasible.

Maintenance work will also be reduced through farmers' cooperation in taking various preventive measures and in safeguardilng the system. This requires that farmers have a good understanding about and favorable attitude towards the irrigation system.

(3) Management: If the two components above are regarded as the "hardware" elements of the maintenance program then management is the "software" element. It includes normal management activities which enable other inputs to become effective, namely, maintenance planning and programming, work organizing, and work coordination. A major management effort is needed to integrate the farmers' participation with the RID resources so that an effective and smooth maintenance program can be realized. Evaluation of the present status reveals that there is still much room for the exploitation of the management potential. In particular, the management skill of RID O&M staff can be developed and increased through an appropriate training program. Manpower development is thus the manipulatable variable that will have the greatest impact to the overall program.

In summary, the maintenance components which represent the restoring effort are identified to consist of good management, maximum farmers' participation, and efficient use of the limited RID resources.

12.2 TYPE OF MAINTENANCE

For both the Main system and the On-farm system, two types of maintenance should be identified, namely regular maintenance and emergency repair.

12.2.1 Regular Maintenance

Regular maintenance consists of planned or scheduled activities which are periodically performed throughout the year. It may be subdivided into two categories as follows.

(1) Preventive or Routine Maintenance: This consists of routine inspection for damage or defects which should be attended to as soon as they appear. By applying preventive maintenance relevant to each system component, potential problems can be detected early and solved at a relatively low cost since the required maintenance effort will be generally small. Preventive maintenance also includes various measures to reduce or eliminate possible major repairs, such as:

- elimination of sources of sediment
- provision of surface and subsurface drainage where necessary
- regrading road cross slope to let water run away from canals
- sodding on berms to prevent erosion
- preventing wilful damage
- adding earth cover on culverts
- ripraping around bends and structures in ditches
- strengthening ditch embankments

(2) Annual Maintenance: This is to be regularly performed during the close down periods between the irrigation seasons. The main system maintenance may be done only once between the dry season and the wet season due to the budgetary constraint. However, some part of the works like silt removal in the upper reaches of main canals should be planned with special arrangement for farmers' participation before the dry season. The result of an inspection survey is used for planning and programming the required activities, materials, equipment, manpower, and budget. Examples of annual maintenance are:

- removal of sediment
- removal of weeds and vegetation
- repair and replacement of concerte lining panels
- filling of cavities
- embankment backfilling

12.2.2 Emergency or Unscheduled Repairs

Sometimes damage to a system component occurs or is discovered after the regular maintenance program is set. The causes might be due to various kinds of unforseen events such as heavy rain, floods, or certain accidents. The unforeseeable nature of such natural phenomena makes it very difficult to take specific preventive action. If the damage is serious such that the damaged componet ceases to perform its normal function or personal security, safety of property, or system operation is threatened, then the appropriate repair work or replacement should be implemented without delay. Since some parts of Huai Aeng irrigation area, such as the lower reach of LMC and RMC, are flood prone areas, a special reserve fund or budget allocation should be established for possible emergency repair work.

12.3 MAINTENANCE ACTIVITIES

Some of the key regular maintenance activities required for specific system components are listed in Table 12.2

In addition, routine inspection for damage or defects shown as a check list in Table 12.1should be conducted regularly.

TABLE 12.2 SUMMARY OF KEY REGULAR MAINTENANCE ACTIVITIES

MAINTENANCE ACTIVITY	REMARKS
a) DAM AND RESERVOIR	
a.1 Aquatic weed control	Water hyacinth (most common) - is ideal environment for mosquito larvae - has an evaporation much greater than an open water surface (approx. 2-13 times)
a.2 Debris removal	Floating debris may damage hydraulic works or block the flow.
a.3 Water quality monitoring	To detect possible pollution and to monitor salt content.
a.4 Sedimentation survey (5-year cycle)	To determine the reduction of reservoir storage capacity due to solid deposition.
a.5 Head gates lubrication and anti-corosion treatment	To prolong service lives.
b) MAIN CANALS, LATERAL, AND MAIN DITCHES	
b.1 Replacement of joints, damaged concrete slabs	To restore proper function and to prevent further damage.
b.2 Crack and cavity filling	To prevent further damage and eventual failure of slabs.
b.3 Weed control in joints and on the concrete surface	Weed growth will damage joints and concrete slabs.
b.4 Silt and weed removal	Canal discharge is reduced by silt and weed in the bottom of canal.
b.5 Debris removal	Same as for a.2. Debris may cause flow to overtop canal liming.
b.6 Maintaining grass cover on berms of canal banks	To prevent berm erosion which causes canal siltation.
b.7 Embankment backfilling	To prevent further major damage.

TABLE 12.2 (Continued)

MAINTENANCE ACTIVITY	REMARKS
b.8 Cleaning of filter (weep holes)	To ensure their proper function in reducing sub-surface pressure which is harmful to concrete slabs.
c) DRAINAGE CANAL	
c.1 Silt removal	Same as for b.4.
c.2 Debris removal	Same as for b.5.
c.3 Maintaining grass cover on banks	Same as for b.6
c.4 Embankment backfilling	Same as for b.7.
c.5 Aquatic and earth weeds removal	Weeds under water level will obstruct flow. Weeds on embankments obstruct O&M activities.
d) O&M ROADS	
d.1 Spot repairs and compaction	To prevent further damage
d.2 Maintaining proper road cross slope	Road should always be graded so that surface runoff flows away from the canal to prevent inflow of sediment into canal.
d.3 Grass cutting and ditching	To facilitate surface drainage.
d.4 Removal of debris and obstructions	To facilitate O&M activities.
e) STRUCTURES	
e.1 Removal of debris	Debris in front of structures will obstruct flow.
e.2 Repairing and refacing broken concrete	To prevent further damage.
e.3 Recompacting earth around structures	To maintain structural stability.
e.4 Replacing broken pipe	To restore proper function

TABLE 12.2 (Continued)

MAINTENANCE ACTIVITY	REMARKS
e.5 Painting	To prevent corosion of metal parts.
e.6 Lubricating gate lifting devices	To prolong service lives.
f) FARM DITCHES	
f.1 Silt and weed removal	Same as for b.4
f.2 Debris removal	Same as for b.5
f.3 Maintaining grass cover on banks	Same as for b.6
f.4 Embankment backfilling and strengthening	Same as for b.7. Embankment may need widening or height increase
f.5 Aquatic and earth weeds removal	Same as for c.5
f.6 Repair of gaps and holes in the bank	To reduce leakage and to prevent further damage.
f.7 Ditch reshaping	Restore ditch shape by maintaining correct cross-section and bottom elevation.
f.8 Ripraping and/or concrete lining repair at bends and structures	To prevent erosion.

12.4 DIVISION OF RESPONSIBILITY

In principle, as much responsibility as possible should be delegated by RID from its own staff to the farmers. This will not only ease the RID resource limitation problem but will also enhance active farmers' participation in the management of their own development process. There are, however, limits to the amount of responsibility that can be fruitfully delegated to the farmers. The most important factors are the farmers' level of education and their economic status. For Huai Aeng, the division of responsibility for the system maintenance which is similar to that for the system operation is to be as follows.

(1) The Main System: The maintenance of main canals and the main drainage canal, O&M roads, and all related structures are the responsiblity of RID. The activities requiring only labour, small amount of materials or funds should be the responsibility of the Huai Aeng field staff while those requiring special equipment, machine, sizable amount of materials or funds should be the responsibility of the O&M staff of the Provincial RID Office. The reservoir sedimentation survey which is relatively costly is normally conducted by the Hydrology Division of RID in Bangkok.

(2) The On-farm System: All main ditches, farm ditches, farm drains, cross drains, culverts, and road crossing are the responsibility of WUGs. RID is to provide support in terms of technical advice, materials, and equipment.

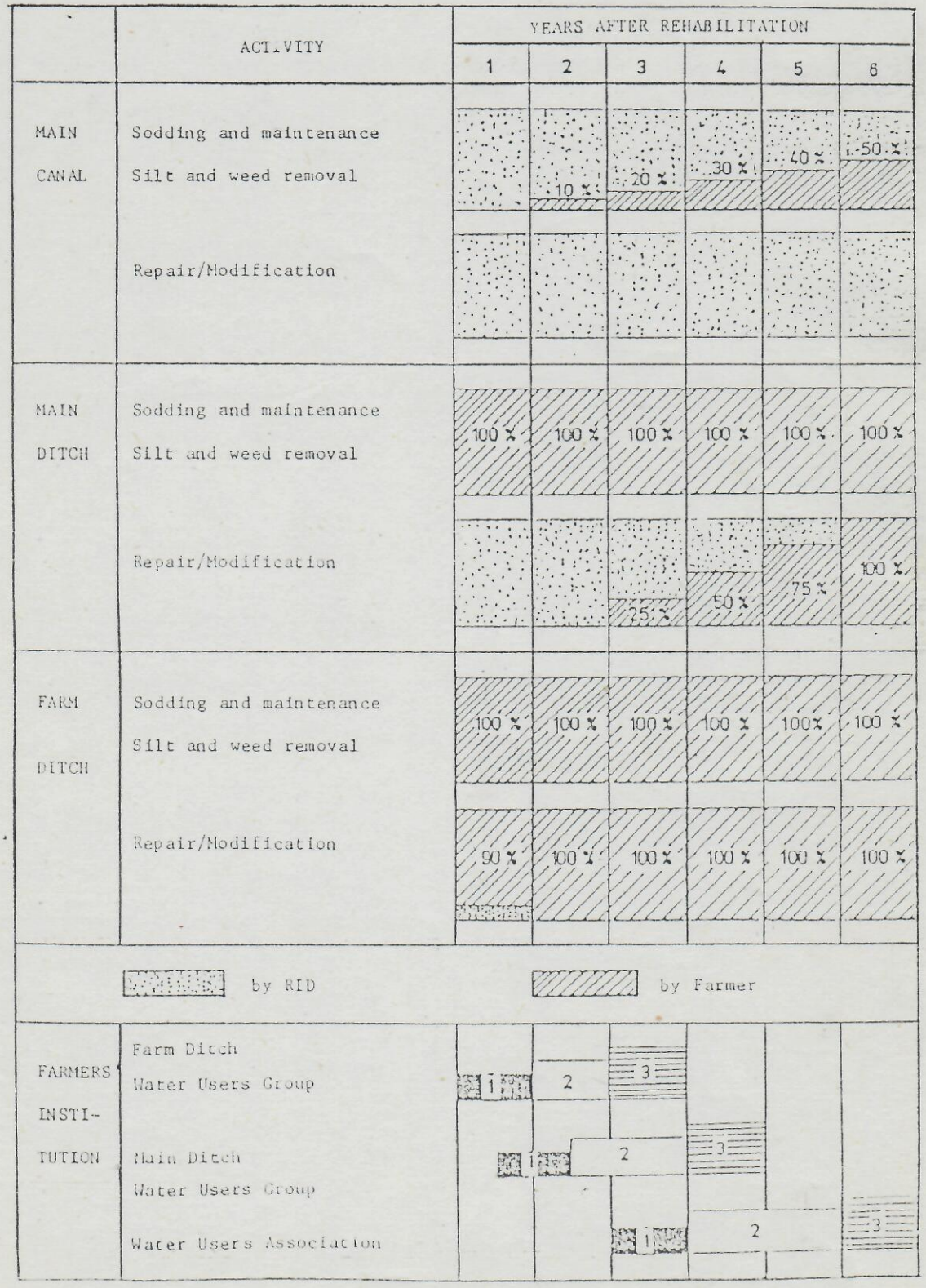
12.4.1 Responsibility Transfer

The delegation of maintenance responsibility to the farmers should be done in stages and in harmony with their socio-economic status and technical know-how. By taking this approach maximum farmers' participation will be realized in a smooth and long-lasting manner. For successful implementation of the proposed approach a definite plan showing the schedule of responsibility transfer is essential in the early stage of water users groups establishment. The plan should broadly define key maintenance activities together with their targeted amount of responsibitity to be transfered to farmers in each year.

A responsibility transfer schedule showing annual targets for some major maintenance activities is shown in Figure 12.2

For simple activities related to farm-ditch, like sediment removal, the transfer of responsibility can be fully effected immediately upon the completion of rehabilitation. However, farm-ditch repair/modification may be needed in the first year due to some minor construction defects or unexpected floods and it will be discouraging to farmers if they have to do the repair work prior to getting any benefit out of the system. Some support from RID should therefore be targeted for this activity in the first year. A similar schedule applies for the main ditch maintenance since the repair works involve concrete technology and sometimes earth compaction which are normally beyond the skill and economic capability of the farmers. For main canals, farmers' participation should begin with simple tasks with emphasis on preventive measures, such as maintaining grass cover for embankments, removing debris, and some portion of the silt removal work.

FIGURE 12.2 SCHEDULE AND TARGET FOR MAINTENANCE RESPONSIBILITY SHARING



1 = Establishment 2 = Growth 3 = Maturity

This is recommended for adoption as an initial plan only. An evaluation program must be conducted annually to determine the suitability of the plan in terms of farmers' acceptance, problems and difficulties, and target achievement. The plan should then be updated and modified accordingly.

12.5 MAINTENANCE OF THE MAIN SYSTEM

12.5.1 Planning Maintenance Activities

In order to formulate an annual maintenance programme for the main system, the following steps should be taken by the O&M staff:

1. inspection survey for maintenance work
2. estimation of quantities and volumes of work
3. costing and establishing maintenance priorities

Since the prepared maintenance programme needs to be approved for a budget allocation by Irrigation Regional Office 5 (IRO 5) at Ubol, a sufficient lead time must be allowed for a timely implementation. The schedule shown in Figure 12.3 is recommended as a guideline for maintenance programme at the end of the dry season.

12.5.1.1 Annual inspection survey

The annual inspection survey of the condition of various components should be conducted first by a team consisting of Huai Aeng zonemen and assitants in October. Upon the receipt of the report from the Huai Aeng team, a special team consisting of the Roi-Et O&M staff should be assigned by the Provincial O&M Chief to conduct a second survey to inspect and verify major problems or damage.

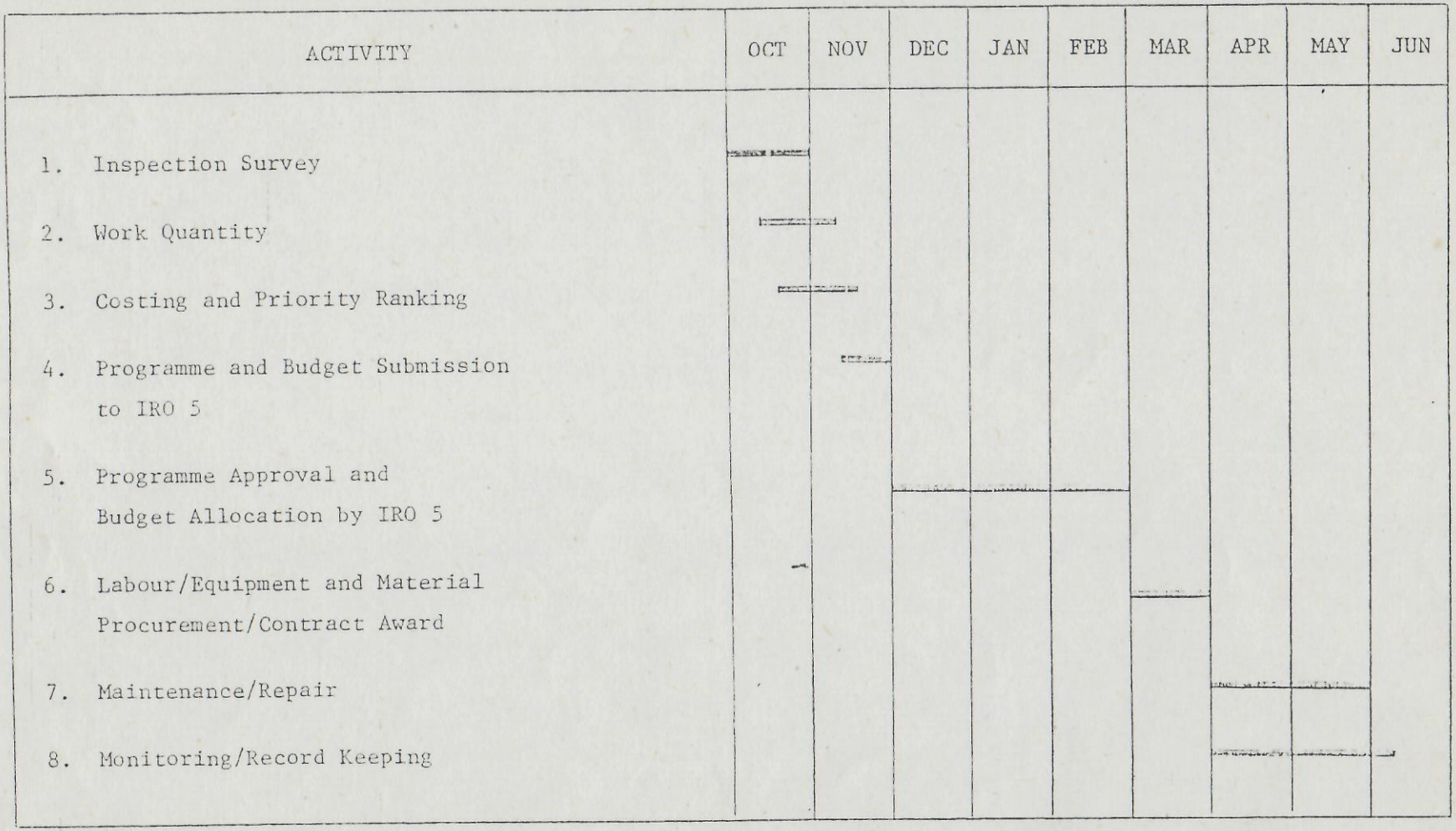


FIGURE 12.3 SCHEDULE FOR MAIN SYSTEM REGULAR MAINTENANCE

The survey by the Huai Aeng field staff should contain the following details of damage or problems:

- the location
- the extent or severity
- the nature and the possible causes

In order to perform this task effectively the team needs to have the following:

- maps, list of structures, design data
- survey tape and measuring tape
- small sign-boards to show damage locations
- RID standard inspection form
- field book
- camera
- motor cycle

The manpower requirement is estimated as 10 km. length of canal per working pair (a zoneman plus an assistant), or 5 km. per person. This means 3 pairs of staff are needed as follows:

Pair 1 : LMC + Headworks

Pair 2 : RMC + Service Center

Pair 3 : 2L-R lateral

The survey team should be able to complete their work within one week. After the survey, the team should perpare a report in two parts to describe:

1. Silt and weed problems in canals
2. Condition of headworks, lining of the main canals and the lateral canal, structures, earth embankments, O&M roads, the Service Center and other buildings including facilities in the buildings.

12.5.1.2 Work Quantity

The amount of work to be undertaken is in most cases determined by visual inspection, followed by detailed measurement of the volume, area, or unit lengths of each task. It has been found that the field staff regard the estimate of the silt and weed volume in the canal as their most complex and time consuming task.

There is no real justification to determine accurately the volume of silt and weed in the canals. The survey should be regarded as an annual monitoring measure to watch for any abnormality in various reaches of the canals. Therefore, the survey method should be very simple and fast with regard to both the field work and the calculation work in the office. This will also allow the survey team to have more time to devote to the other part of the survey which is related to damage of concrete and earth components. The acceptance of low accuracy survey of silt volume is also related to the method of its control and removal through farmers' participation described in section 12.5.3

The recommended method of survey and volume estimate is as follows.

1. Mark on top of the canal lining with permanent paint at an interval of 100 meters along the canal length. The station distance should also be clearly indicated. These marks are to become references for the survey as well as for any other purposes. This step needs to be performed only once in the first year; later, if the paint fades, new paint can be easily applied with little effort since there is no need to take a measurement.

2. Measure and record the thickness of silt at the marked stations. The volume of silt for each reach of length L will be:

$$Vs = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) L \qquad (12.1)$$

where

Vs = volume of silt to be removed, m^3

L = length of the canal reach, m

A_1, A_2 = cross-sectional end area of the silt, m^2

For the canal reach having constant section, we have:

$$Vs = \left\{ \frac{1}{2} (A_1 + A_n) + A_2 + \ldots\ldots + A_{n-1} \right\} \times 100 \qquad (12.2)$$

where

A_i = silt cross-sectional area at the marked location i along the canal, m^2

A_1, A_n = beginning and ending cross-sectional areas of silt, m^2

100 = length of 100 m between sections

TABLE 12.3

CROSS-SECTIONAL AREA OF SILT DEPOSITION

(m^3)

DEPTH, D (m)	CANAL BED WIDTH, B (m)						
	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
0.01	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008
0.02	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017
0.03	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.024	0.025
0.04	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
0.05	0.029	0.031	0.034	0.036	0.039	0.041	0.044
0.06	0.035	0.038	0.041	0.044	0.047	0.050	0.053
0.07	0.042	0.046	0.049	0.053	0.056	0.060	0.063
0.08	0.050	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070	0.074
0.09	0.057	0.062	0.066	0.071	0.075	0.080	0.084
0.10	0.065	0.070	0.075	0.080	0.085	0.090	0.095
0.11	0.073	0.079	0.084	0.090	0.095	0.101	0.106
0.12	0.082	0.088	0.094	0.100	0.106	0.112	0.118
0.13	0.090	0.097	0.103	0.110	0.116	0.123	0.129
0.14	0.099	0.106	0.113	0.120	0.127	0.134	0.141
0.15	0.109	0.116	0.124	0.131	0.139	0.146	0.154
0.16	0.118	0.126	0.134	0.142	0.150	0.158	0.166
0.17	0.128	0.137	0.145	0.154	0.162	0.171	0.179
0.18	0.139	0.148	0.157	0.166	0.175	0.184	0.193
0.19	0.149	0.159	0.168	0.178	0.187	0.197	0.206
0.20	0.160	0.170	0.180	0.190	0.200	0.210	0.220
0.21	0.171	0.182	0.192	0.203	0.213	0.224	0.234
0.22	0.183	0.194	0.205	0.216	0.227	0.238	0.249
0.23	0.194	0.206	0.217	0.229	0.240	0.252	0.263
0.24	0.206	0.218	0.230	0.242	0.254	0.266	0.278
0.25	0.219	0.231	0.244	0.256	0.269	0.281	0.294
0.26	0.231	0.244	0.257	0.270	0.283	0.296	0.309
0.27	0.244	0.258	0.271	0.285	0.298	0.312	0.325
0.28	0.258	0.272	0.286	0.300	0.314	0.328	0.342
0.29	0.271	0.286	0.300	0.315	0.329	0.344	0.358
0.30	0.285	0.300	0.315	0.330	0.345	0.360	0.375
0.31	0.299	0.315	0.330	0.346	0.361	0.377	0.392
0.32	0.314	0.330	0.346	0.362	0.378	0.394	0.410
0.33	0.328	0.345	0.361	0.378	0.394	0.411	0.427
0.34	0.343	0.360	0.377	0.394	0.411	0.428	0.445
0.35	0.359	0.376	0.394	0.411	0.429	0.446	0.464
0.36	0.374	0.392	0.410	0.428	0.446	0.464	0.482
0.37	0.390	0.409	0.427	0.446	0.464	0.483	0.501
0.38	0.407	0.426	0.445	0.464	0.483	0.502	0.521
0.39	0.423	0.443	0.462	0.482	0.501	0.521	0.540
0.40	0.440	0.460	0.480	0.500	0.520	0.540	0.560
0.41	0.457	0.478	0.498	0.519	0.539	0.560	0.580
0.42	0.475	0.496	0.517	0.538	0.559	0.580	0.601
0.43	0.492	0.514	0.535	0.557	0.578	0.600	0.621
0.44	0.510	0.532	0.554	0.576	0.598	0.620	0.642
0.45	0.529	0.551	0.574	0.596	0.619	0.641	0.664

NOTE
$A = D(B+Z\times D)$
$Z = 1.5$

12.5.2 Implementation of the Maintenance Programme

After the maintenance programme and budget has been approved by IRO 5, the O&M staff need to take immediate action for the procurement of necessary equipment and material. Every effort should be made to secure labour from the local farmers in the project area to reduce social problem and to sustain good relationship between staff and farmers.

Good planning is particularly important in maintenance work since the time and resources available for its execution are limited. Certain work must be started very early and completed before the beginning of the irrigation season while others may be carried out later without too much disturbance to the water delivey operation. The use of planning techniques such as bar charts is recommended for the O&M staff.

According to the current practice, repair work costing 400,000 Baht or more is carried out by a contractor. In this case, close supervision should be maintained by the O&M staff.

During the implementation of maintenance and repair work, a monitoring team should be set up from the Huai Aeng staff to control and keep a record of work progress and various data useful for feedback to the planning process. The items to be kept as records for each task should include the following:

- the number of man-days
- the number of machine-days
- actual quantities of materials
- actual unit prices
- start and finish dates

- output productivity
- problems or difficulties

After the completion of the maintenance work, details of the work undertaken for each system component should be recorded in the maintenance record cards for respective items. These cards are already standardized by RID and kept on file at the Provincial RID Office.

12.5.3 Farmers' Participation in the Main System

As already explained in sections 12.1.2 and 12.3.1 farmers' praticipation in maintenance work of the main system should be strongly encouraged and enforced at Huai Aeng. At present, it appears impossible for the O&M staff to carry out maintenance work at the end of the wet season because of the need to get budget allocation through IRO 5. Since the months of November and December are at the start of the RTG financial year, it is inconvenient to get the budget through the normal approval process. Yet, the need to carry out maintenance work is sometimes critical, such as unexpected damage due to flood and heavy rain. The amount of silt deposition in the canals is also maximum at this time and, if not removed, may drastically reduce the canal delivery capacity such that the dry season operation is nearly impossible.

Certain emergency repair may justify the use of the Provincial RID Office reserve funds but the silt removal is quite costly and is normally not regarded as an urgent category of work. Therefore, it is often deferred until the end of the dry season when the budget is available.

Because of the problems discussed above, it is recommended that farmers' participation should be obtained for the removal of silt from the main canals and the lateral before the start of the dry season. Two alternative approaches are recommended.

1. Maintenance work participation on a voluntary basis
2. Maintenance work participation on a fixed fund basis

The first approach is recommended for implementation in the initial phase of the project. The second approach is recommended later after RID can make an annual fund commitment on a regular basis.

12.5.3.1 Participation on a Voluntary Basis

For this approach, the farmers provide free labour on a voluntary basis to perform the silt removal while RID provides contribution in kind, such as food, transportation, hand tools and other necessary support. Normally, it is quite difficult to obtain the desired level of participation and the volume of work completed is relatively small. However, a test programme which has proved reasonably successful at Huai Aeng in 1984 may be further developed and expanded. The recommended strategy is as follows.

1. Select an important occasion such as around the King's Birthday as the period for maintenance action.
2. Conduct a campaign for participation through the WUGs and the Tambon Councils in the project area. This should start in October to give adequate time for planning and preparation.

3. Organize a meeting of farmer leaders to select the target canal reach. The reach should have a relatively severe silt problem. The upper canal reach should be promoted as having high priority. However, the decision should be made by farmers. It is likely that a reach close to certain village will be selected.

4. Establish the target output with the farmers concurrence. The target shoud always be above that of the previous year.

5. Coordinate closely with the farmer leaders and village headmen about the programme of the event. It should be clear to the farmers what contribution RID will provide. Farmers who cannot contribute labour may contribute food or drink.

6. Arrange for publicity through various kinds of media such as local radio, television, and newspaper.

7. Prepare and secure all necessary support for the event, such as transportation, hand tools, and other facilities.

A special condition at Huai Aeng is that an Army Camp is located near the project area. The opportunity is therefore open to the RID staff to obtain soldiers' participation in this kind of labour intensive activity. The fact that the soldiers desire to establish and maintain a warm relationship with farmers will help to support this concept.

12.5.3.2 Participation on a Fixed Fund Basis

The objective of this approach is to provide an incentive for farmers' participation not only in the canal cleaning but also in the year-round preventive maintenance. The concept is to get farmers to provide labour on a reduced pay rate while RID provides contribution in cash on a regular basis. The strategy is as follows.

1. Divide the main canals and the lateral into reaches by the location of main ditches and allocate to each Main Ditch WUG the maintenance responsibility of the reach upstream of their main ditch.

2. Allocate a fixed fund to each reach for payment of labour. The amount of fund should be proportional to the volume of silt in the reach. The survey from previous years should provide sufficient information for the determination of fund allocation. The total fixed fund for this purpose should be determined by a policy set up by IRO 5 and Provincial RID Office. The policy may, for example, set a target at 50 percent farmers' participation and the budget is then calculated as 50 percent of the cost that would incur if all the silt removal work was done on a normal pay rate basis. It is important that once the total fund is agreed upon the same amount must be available every year.

3. Organize a meeting of Main Ditch leaders to explain the plan and to get a general agreement. Work arrangement is to be the responsibility of the Main Ditch leaders who will have to coordinate with their members through the chak leaders. After the completion of work payment should be made to the Main Ditch leaders who then distribute to their respective members according to their appropriate share.

4. Since it is unlikely that funds will be available in November-December, the farmers should be persuaded to perform the work on credit. A justification is that canal cleaning before the dry season will help recover the system efficiency which is required for the dry season cropping. If they defer the work until the end of the dry season, the potential benefit from the system will be lost for one season.

5. Explain to the farmers the various preventive maintenance measures which they should adopt throughout the year as an attempt to reduce the silt inflow into the canal, such as keeping good grass cover along the embankment. It should be clear to them that the preventive maintenance will reduce their silt removal work while they still get the same payment.

3. Strengthening management capability of WUGs. All the chak leaders and the main ditch leaders should be trained to develop skill in planning and organizing for the farm ditch and the main ditch maintenance, respectively. In the early stage, RID staff should assist them by participating in all steps of works to build up confidence among the leaders.

At present, WUGs perform maintenance work 2-3 times per year. Attempts should be made to ensure this level of maintenance frequency in the future.

12.7 EQUIPMENT

Several methods can be used for the maintenance works, but the first decision is whether it should be manual or mechanical. The availability of local labour and the RID funds are the determining factors. For the project condition, low cost technology based on the manual method should be adopted. However, it is recommended that the Provincial RID Office should secure the equipment and hand tools shown in Table 12.4 as support for an efficient maintenance service. These equipment and hand tools can also be used in other projects in the province.

TABLE 12.4 PROPOSED EQUIPMENT AND HAND TOOLS FOR OPERATION AND MAINTENANCE OF HUAI AENG

Description	Capacity	No. Required	Unit Cost 1/ (Baht)
1. Flat-bed truck	4-wheel 90 HP	1	410,000
2. Dump truck	6-wheel 120 HP	1	470,000
3. Farm tractor Front-end blade		1	600,000
4. Air compressor with 1" Jack hammer	30 cfm	1	180,000
5. Pick-up truck	1 ton	1	150,000
6. Plate vibrator	5-8 HP	1	50,000
7. Concrete mixer	0.1 m^3	1	35,000
8. Motorcycles	100 c.c.	4	22,000
9. Walkie-Talkie		2	20,000
10. Wheel barrow	0.5 m^3	10	1,300
11. Pick		10	200
12. Hand shovel		6	120
13. Hoe		20	40
14. Long blade knife		20	30
15. Hand bucket		100	30

1/ Estimate only.

บทที่ 13

การจัดองค์กรบริหารโครงการ

(Project Organization)

13.1 บทนำ

องค์กรซึ่งวางแผนควบคุมการส่งน้ำ และบริหารโครงการชลประทานห้วยแอ่ง ประกอยไปด้วย 3 องค์กรคือ

1. กรมชลประทาน
2. กลุ่มเกษตรกร
3. คณะทำงาน

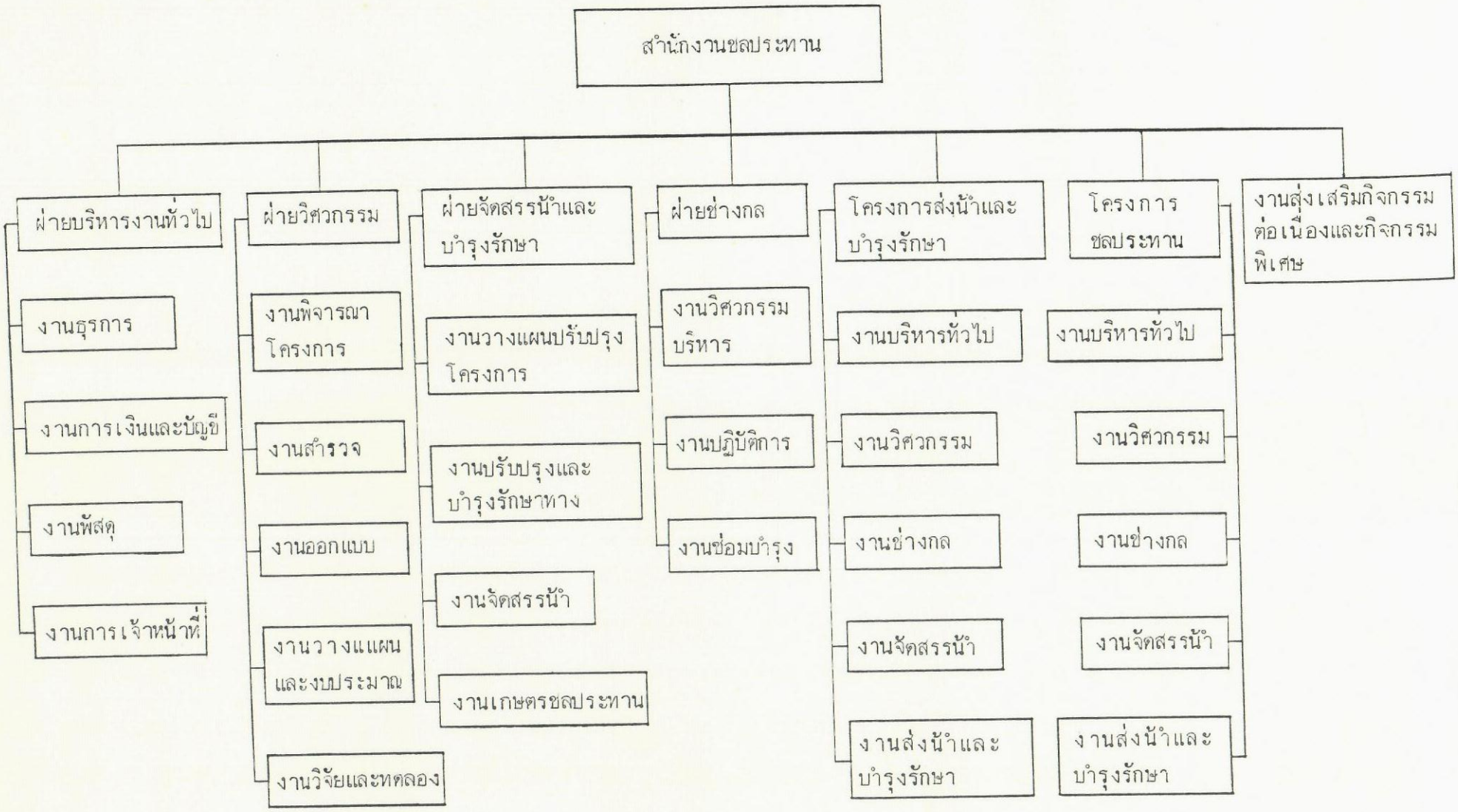
กรมชลประทานรับผิดชอบการส่งน้ำและบำรุงรักษาในระบบส่งน้ำ (Main System) ส่วนในระบบแปลงนา กลุ่มเกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบการส่งน้ำและบำรุงรักษา โดยมีคณะทำงานเป็นผู้ประสานงานระหว่างกรมชลประทานกับกลุ่มเกษตรกรเพื่อให้การส่งน้ำและบำรุงรักษาภายในโครงการมีประสิทธิภาพและสำเร็จตามวัตถุประสงค์คือ เพิ่มผลผลิตและรายได้ให้กับเกษตรกร

13.2 กรมชลประทาน

13.2.1 การแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ

การส่งน้ำและการบำรุงรักษาตัวเขื่อน ห้วงาน คลองสายใหญ่ คลองซอย คลองระบายและถนนภายในโครงการอยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานร้อยเอ็ด ส่วนหน่วยงานในสนามซึ่งตั้งที่ทำการอยู่ที่โครงการชลประทานห้วยแอ่ง เป็นส่วนหนึ่งของงานส่งน้ำและบำรุงรักษาของโครงการชลประทานร้อยเอ็ด

โครงการชลประทานร้อยเอ็ดอยู่ในความควบคุมของสำนักงานชลประทานที่ 5 จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีแผนภูมิการบริหารงานดังแสดงไว้ในรูปที่ 13.1 หน้าที่และความรับผิวชอบในการส่งน้ำและบำรุงรักษาของส่วนต่าง ๆ ในสำนักงานชลประทานสามารถสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 13.1 แผนภูมิการแบ่งส่วนราชการของสำนักงานชลประทาน

สำนักงานชลประทานและโครงการชลประทาน

1. บริหารงานติดต่อประสานงานกับงานส่งน้ำและบำรุงรักษา
2. ควบคุมการใช้จ่ายเงินงบประมาณของโครงการ
3. ให้การอบรม คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้านส่งน้ำและบำรุงรักษา
4. ติดต่อประสานงานกับส่วนราชการอื่น ๆ และคณะกรรมการจัดสรรน้ำระดับจังหวัด

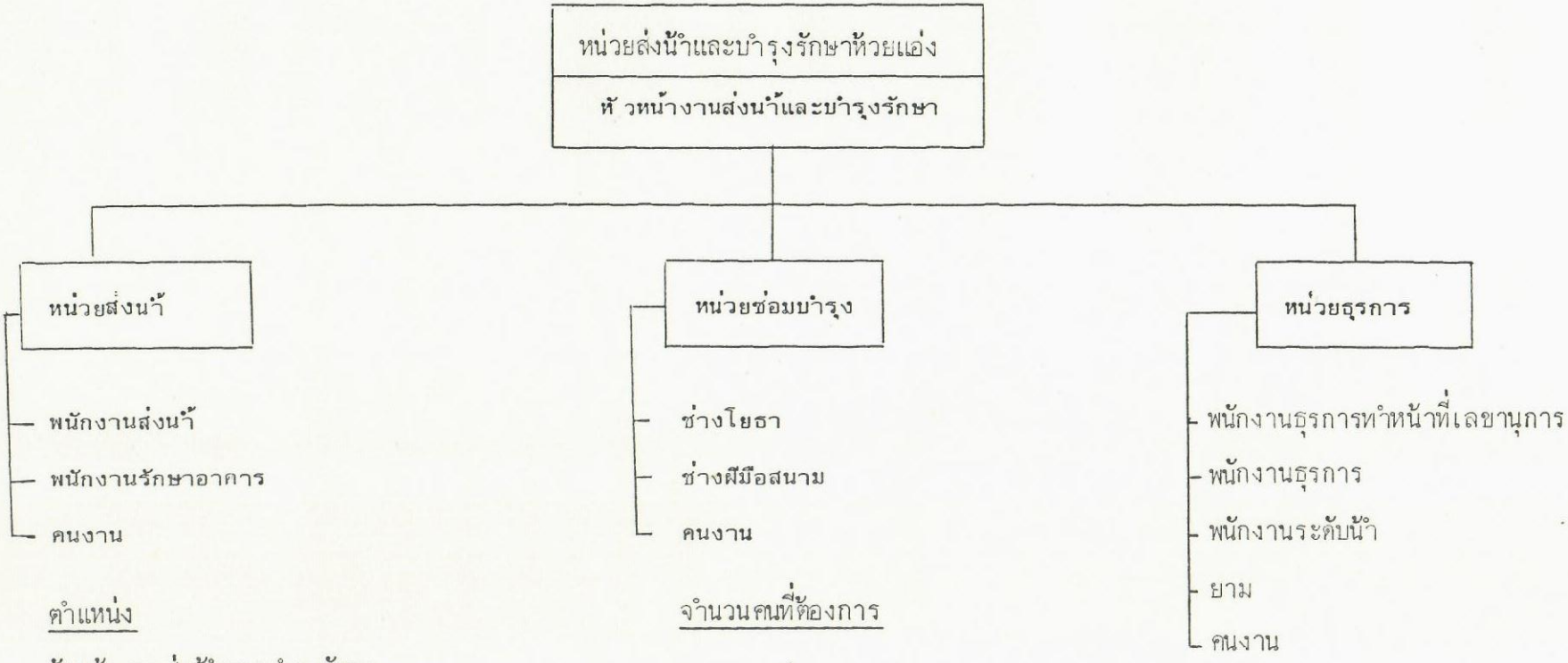
งานส่งน้ำและบำรุงรักษา

1. ปฏิบัติการส่งน้ำและบำรุงรักษาระบบชลประทานของโครงการ
2. ปฏิบัติงานตามนโยบายของโครงการชลประทานและสำนักงานชลประทาน
3. ประสานงานกับคณะทำงานซึ่งตั้งโดยคณะกรรมการจัดสรรน้ำ ระดับจังหวัด
4. ช่วยเหลือในการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำและสมาคมผู้ใช้น้ำ รวมทั้งช่วยเหลือในการปฏิบัติงานของกลุ่มและสมาคมผู้ใช้น้ำจนมั่นคงสามารถดำเนินการด้วยตนเองได้
5. ให้ความรู้แก่เกษตรกรในด้านการส่งน้ำและบำรุงรักษา

13.2.2 **งานส่งน้ำและบำรุงรักษา**

ในการที่จะรับผิดชอบงานดังกล่าวข้างต้นได้สมบูรณ์ จำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในงานส่งน้ำและบำรุงรักษาอย่างเพียงพอและมีคุณภาพที่เหมาะสม ดังแผนภูมิที่แสดงไว้ในรูปที่ 13.2

หัสหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาควรจะต้องไปอยู่ปฏิบัติงานที่ที่ทำการหน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษาตลอดเวลาหลังจากงานก่อสร้างแล้ว 1 ปี นับจากงานก่อสร้างแล้วเสร็จ หลังจากเลยช่วงเวลานี้ไปแล้วอาจจะใช้เวลาเพียงบางส่วนปฏิบัติงานที่นี่ แต่อย่างน้อยที่สุดควรจะปฏิบัติงานที่ที่ทำการหน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษาห้วยแอ่งประมาณ 20 % ของเวลาปฏิบัติงานทั้งหมด



ตำแหน่ง	จำนวนคนที่ต้องการ
หัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษา	1
พนักงานส่งน้ำ	4
พนักงานธุรการ/พนักงานระดับน้ำ	1
ช่างโยธา/ช่างฝีมือสนาม	1
พนักงานรักษาอาคาร	4
ยาม	1
คนงาน	10
รวม	22

รูปที่ 13.2 การจัดส่วนราชการและอัตรากำลังภายในหน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษาห้วยแอ่ง

หน้าที่และความรับผิดชอบของหน่วยงานทั้ง 3 หน่วย ภายในหน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษามีดังนี้

ก. **หน่วยส่งน้ำ** (Operation Unit)

หน่วยนี้ควบคุมและดูแลเรื่องแผนการส่งน้ำ ปฏิบัติการส่งน้ำ และติดต่อประสานงานกับเกษตรกรในเรื่องการใช้น้ำ

พื้นที่ชลประทานในโครงการนี้แบ่งเป็น 4 โซน แต่ละโซนมีพื้นที่ 5,000 ไร่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

โซน 1 คลอง LMC

โซน 2 คลอง RMC

โซน 3 คลอง 2L-R ถึงคลอง 5L-2L-R

โซน 4 คลอง 2L-R ตั้งแต่คลอง 5L-2L-R ถึงปลายคลอง

พนักงานส่งน้ำจะต้องประจำอยู่แต่ละโซน โดยมีพนักงานรักษาอาคารเป็นผู้ช่วยในการปฏิบัติงาน พนักงานส่งน้ำคือหัวหน้าหน่วยส่งน้ำ

ข. **หน่วยซ่อมบำรุง** (Maintenance Unit)

หน่วยนี้รับผิดชอบในการบำรุงรักษาระบบชลประทานตามปกติและการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) รวมทั้งวางแผนและปฏิบัติงานซ่อมแซมคลองและอาคารชลประทานที่เกิดความเสียหายเล็ก ๆ น้อย ๆ นอกจากนี้ยังช่วยเหลือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการวางแผนซ่อมแซมระบบชลประทานประจำปีด้วย

พนักงานส่งน้ำที่ปฏิบัติงานอยู่ใน 4 โซนข้างต้น จะรับผิดชอบงานในหน้าที่บำรุงรักษาด้วย และได้รับแต่งตั้งให้เป็นหัวหน้าหน่วยซ่อมบำรุงด้วย โดยมีช่างฝีมือสนามและคนงานเป็นผู้ช่วยในการปฏิบัติงาน

ค. **หน่วยธุรการ** (Administrative Unit)

ความรับผิดชอบของหน่วยนี้คือช่วยเหลือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการติดต่องานกับโครงการชลประทานในด้านการบริหารงานบุคคลของเจ้าหน้าที่ภายในตอน ด้านงบประมาณการจัดเก็บเอกสาร การรวบรวมข้อมูลและรายงานต่าง ๆ

พนักงานธุรการของหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาจะได้รับแต่งตั้งให้เป็นหัวหน้าหน่วยธุรการ

หน้าที่และความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ที่แสดงไว้ในรูป 13.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

หัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษา (Watermaster)

- ควบคุมการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสนามทุกคนและควบคุมหน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษาทุกประเภทภายในโครงการ
- รวบรวมข้อมูลที่จำเป็นจากพนักงานส่งน้ำเพื่อนำไปวางแผนการส่งน้ำแต่ละฤดู
- ควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำตามแผนการจัดสรรน้ำที่ได้รับมอบหมายมา
- ควบคุมและจัดเตรียมโปรแกรมการวัดน้ำในแต่ละฤดู
- รายงานความเสียหายของอาคารชลประทานซึ่งเจ้าหน้าที่ของหน่วยซ่อมบำรุงไม่สามารถจะทำการซ่อมแซมได้ไปยังโครงการชลประทาน พร้อมกับเตรียมตั้งประมาณการขอเงินมาซ่อมแซมด้วย
- ควบคุมให้มีการตรวจสอบระบบส่งน้ำประจำปี เพื่อให้การปฏิบัติงานส่งน้ำสมบูรณ์ไม่มีอุปสรรค
- ช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการใช้น้ำแก่เกษตรกร
- ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของกรมชลประทานในคณะทำงาน
- เก็บรักษาเอกสารและแบบต่าง ๆ ของโครงการไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งน้ำและบำรุงรักษาต่อ ๆ ไป

พนักงานส่งน้ำ (Zoneman)

- ช่วยเหลือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการจัดตารางการส่งน้ำ
- ปฏิบัติงานส่งน้ำและควบคุมการใช้น้ำในโซน
- จดบันทึกระดับน้ำและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมในโซนให้หัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาทุกวัน
- ควบคุมและบำรุงรักษาระบบชลประทาน ทั้งบำรุงรักษาปกติและป้องกันไม่ให้อาคารชลประทานที่รับผิดชอบอยู่เสียหาย

- สำรวจและตรวจสอบระบบส่งน้ำที่อยู่ในความรับผิดชอบ และรายงานความเสียหายที่จะต้องซ่อมแซมให้หัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาทราบ รวมถึงปริมาณงานที่จะต้องซ่อมแซมด้วย

- ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ระดับสนามของส่วนราชการอื่น ๆ เช่น เกษตรตำบล เป็นต้น

- ช่วยเหลือและให้คำแนะนำกลุ่มผู้ใช้น้ำในการส่งน้ำและบำรุงรักษาระบบชลประทานในระดับแปลงนา

- เก็บรักษาเอกสาร ข้อมูล แบบของระบบชลประทานและข้อมูลของแฉกส่งน้ำที่รับผิดชอบอยู่

ช่างฝีมือสนาม (Foreman/Field Technician)

- ช่วยเหนือพนักงานส่งน้ำทุก ๆ ด้านในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมคลองและอาคาร

- ช่วยเหนือและให้คำแนะนำกลุ่มผู้ใช้น้ำในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบชลประทานในแปลงนา

เจ้าหน้าที่ธุรการ/พนักงานระดับน้ำ (Secretary/Clerk/Hydrographer)

- ช่วยเหนือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการรวบรวมและบันทึกข้อมูลระดับน้ำ รายงานอากาศและข้อมูลการส่งน้ำ

- ช่วยเหนือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการจัดเตรียมเอกสารและรายงานต่าง ๆ

- ช่วยเหนือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาในการบริหารงานบุคคลและงบประมาณ

พนักงานรักษาอาคาร

- ควบคุมการเปิดปิดประตูของอาคารชลประทานที่ตนเองรับผิดชอบอยู่

- ปฏิบัติงานบำรุงรักษาอาคารในระบบส่งน้ำ (Main System)

- รายงานข้อมูลเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบส่งน้ำหรือความเสียหายของอาคารชลประทานหรือคลอง ให้พนักงานส่งน้ำหรือหัวหน้างานส่งน้ำและบำรุงรักษาทราบ

13.3 กลุ่มเกษตรกร (Farmer's Organization)

เพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายในการใช้น้ำชลประทาน จำเป็นจะต้องจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรขึ้นเพื่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานในด้านการส่งน้ำและบำรุงรักษาในเขตโครงการ ก่อนหน้านี้โครงการชลประทานห้วยแอ่งได้จัดตั้งสมาคมผู้ใช้น้ำ (Water Users Association) ขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ข้างต้น อย่างไรก็ตามสมาคมเหล่านี้ดำเนินงานล้มเหลวหรือไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเกษตรกรไม่สนใจและไม่ให้ความร่วมมือ ดังเช่นในปี พ.ศ. 2503 สมาคมผู้ใช้น้ำได้ถูกจัดตั้งขึ้นมาที่โครงการห้วยแอ่งจำนวน 2 สมาคม คือที่ LMC (จ.มหาสารคาม) และ RMC (จ.ร้อยเอ็ด) ปรากฏว่าประสบความล้มเหลว

เมื่อไม่นานมานี้ กรมชลประทานเริ่มจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ (Water Users Group) ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มเกษตรกรกลุ่มเล็ก ๆ โดยมีความคิดว่าองค์กรขนาดเล็กอาจจะสามารถจัดตั้งและพัฒนาขึ้นมาง่าย กลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มเล็ก ๆ หลาย ๆ กลุ่มก็จะกลายเป็นองค์กรขนาดใหญ่ขึ้นมา

13.3.1 กลุ่มผู้ใช้น้ำ (Water Users Groups, WUG)

จากความคิดในการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำนี้ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการชลประทานห้วยแอ่ง โดยกลุ่มเกษตรกรซึ่งมีพื้นที่รับน้ำชลประทานจากคูส่งน้ำ (Farm Ditch) สายเดียวกันหรือ "แฉก" เดียวกัน จะได้รับการจัดตั้งให้อยู่ในกลุ่มผู้ใช้น้ำเดียวกัน หัวหน้าของกลุ่มผู้ใช้น้ำหรือหัวหน้าแฉกจะได้รับการจัดตั้งให้อยู่ในกลุ่มผู้ใช้น้ำเดียวกัน หัวหน้าของกลุ่มผู้ใช้น้ำหรือหัวหน้าแฉกจะได้รับเลือกตั้งจากสมาชิกกลุ่มให้เป็นผู้บริหารงานภายในกลุ่ม

จุดประสงค์ในการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำมีดังนี้

1. เป็นการนำเอาผู้ใช้น้ำจากคูส่งน้ำแต่ละสายมารวมกัน เพื่อให้การจัดสรรน้ำชลประทานเท่าเทียมกันตลอดคูส่งน้ำ รวมทั้งเพื่อให้ช่วยกันบำรุงรักษาคูส่งน้ำให้ทำหน้าที่ได้ดีตลอดเวลา

2. ช่วยลดและแก้ไขปัญหาการจัดสรรน้ำ การเกิดกรณีพิพาทระหว่างแฉกโดยจัดให้มาอยู่ในกลุ่มเดียวกันและทำงานร่วม

3. กลุ่มผู้ใช้น้ำเป็นเสมียนศูนย์กลางของการประสานงานระหว่างเกษตรกรในแต่ละแฉก และเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน

4. กลุ่มผู้ใช้น้ำเป็นกลุ่มแรกที่จะได้รับการบริการต่าง ๆ จากองค์กรของรัฐบาลที่ขยายตัวเข้ามารวมไปถึงการพัฒนาการด้านเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการเกษตร การเพาะพันธุ์เมล็ด การใส่ปุ๋ย และการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร เป็นต้น

คุณสมบัติพิเศษของกลุ่มผู้ใช้น้ำในโครงการนี้คือมีขนาดเล็กกว่าโครงการอื่น ๆ ที่เคยจัดตั้งมา คือพื้นที่ชลประทานในแต่ละแฉกที่รับน้ำจากคูส่งน้ำ 1 สาย มีประมาณ 100-150 ไร่ ซึ่งเหมาะสมกับกลุ่มของเกษตรกรประมาณ 10-15 คน ข้อดีของการจัดตั้งกลุ่มขนาดเล็กคือง่ายต่อการจัดการและบริหารงาน และจากการที่แต่ละกลุ่มมีสมาชิกประมาณ 10-15 คนนี้ ก็เป็นการสะดวกสำหรับหัวหน้ากลุ่มที่จะจัดให้มีการประชุมกลุ่มขึ้นเมื่อใดก็ได้ เมื่อมีหัวข้อหรือปัญหาที่จะต้องเรียกประชุม คนยิ่งน้อยปัญหาก็น้อยตามไปด้วย และเมื่อมีปัญหาหรือเกิดกรณีพิพาทขึ้นก็สามารถแก้ไขได้โดยง่าย เพราะฉะนั้นการจัดตั้งกลุ่มและการจัดให้มีการทำงานร่วมกันก็สามารถจะขจัดปัญหาและทำการงานใด ๆ ให้สำเร็จลงได้

13.3.2 **สมาคมผู้ใช้น้ำ** (Water Users Association, WUA)

เมื่อได้จัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำจนมั่นคงและมีบทบาทในการทำงานแน่นอนแล้ว ก็จัดรวมกลุ่มผู้ใช้น้ำหลาย ๆ กลุ่มที่รับน้ำจากคูส่งน้ำสายเดียวกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่เรียกว่า กลุ่มผู้ใช้น้ำจากคูส่งน้ำสายใหญ่ (Main Ditch Water Users Groups) ผู้นำของกลุ่มนี้ถูกเลือกมาจากผู้นำแฉกต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ความรับผิดชอบของกลุ่มนี้คือร่วมกันจัดการด้านการส่งน้ำและบำรุงรักษาในคูส่งน้ำสายใหญ่ตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

1. จัดระเบียบให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการส่งน้ำและบำรุงรักษาในคูส่งน้ำขนาดเล็ก จนสามารถบริหารงานได้และขยายความรับผิดชอบจากคูส่งน้ำขนาดเล็ก (Farm Ditch) มาร่วมกันรับผิดชอบในคูส่งน้ำสายใหญ่ได้ (Main Ditch)

2. องค์กรนี้ทำหน้าที่เสมือนการพัฒนาทางด้านการจัดการขั้นที่สองเพื่อจะเปลี่ยนสภาพจากกลุ่มผู้ใช้น้ำขนาดเล็กเป็นสมาคมผู้ใช้น้ำ โดยการพัฒนาทีละขั้น ทีละเล็กละน้อย เหมือนการวางระบบชลประทาน

เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการขยายกลุ่มผู้ใช้น้ำให้ใหญ่ขึ้นคือสมาชิกภายในกลุ่มจะต้องรู้จักแบ่งปันผลประโยชน์ซึ่งกันและกันจากการใช้น้ำชลประทาน ซึ่งการบริหารงานของเกษตรกรภายในกลุ่มแสดงไว้ในรูปที่ 13.3

เมื่อกลุ่มผู้ใช้น้ำจากคูส่งน้ำสายใหญ่บริหารงานได้ผลก็สามารถจะจัดตั้งสมาคมผู้ใช้น้ำมาในโครงการนี้ได้ คณะกรรมการที่ถูกเลือกขึ้นมาโดยเกษตรกรจะบริหารสมาคมผู้ใช้น้ำทำนองเดียวกับที่เคยได้รับการฝึกหัดมาจากการบริหารงานในกลุ่มการจัดตั้งองค์กร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มผู้ใช้น้ำขึ้นมาก็เพื่อขยายผลงานจากงานส่งน้ำและบำรุงรักษาไปสู่กิจกรรมด้านอื่น ๆ ซึ่งเกิดขึ้นมาใหม่เรื่อย ๆ เช่น ด้านการตลาดและการใช้เครดิตสินเชื่อเป็นต้น ซึ่งประธานของสมาคมจะเป็นผู้ชี้นำและตัดสินใจในการกระทำด้านต่าง ๆ เหล่านี้ เมื่อสมาคมผู้ใช้น้ำสามารถทำงานได้ครบวงจรแล้วก็สามารถจะรับผิดชอบงานส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้งหมดได้

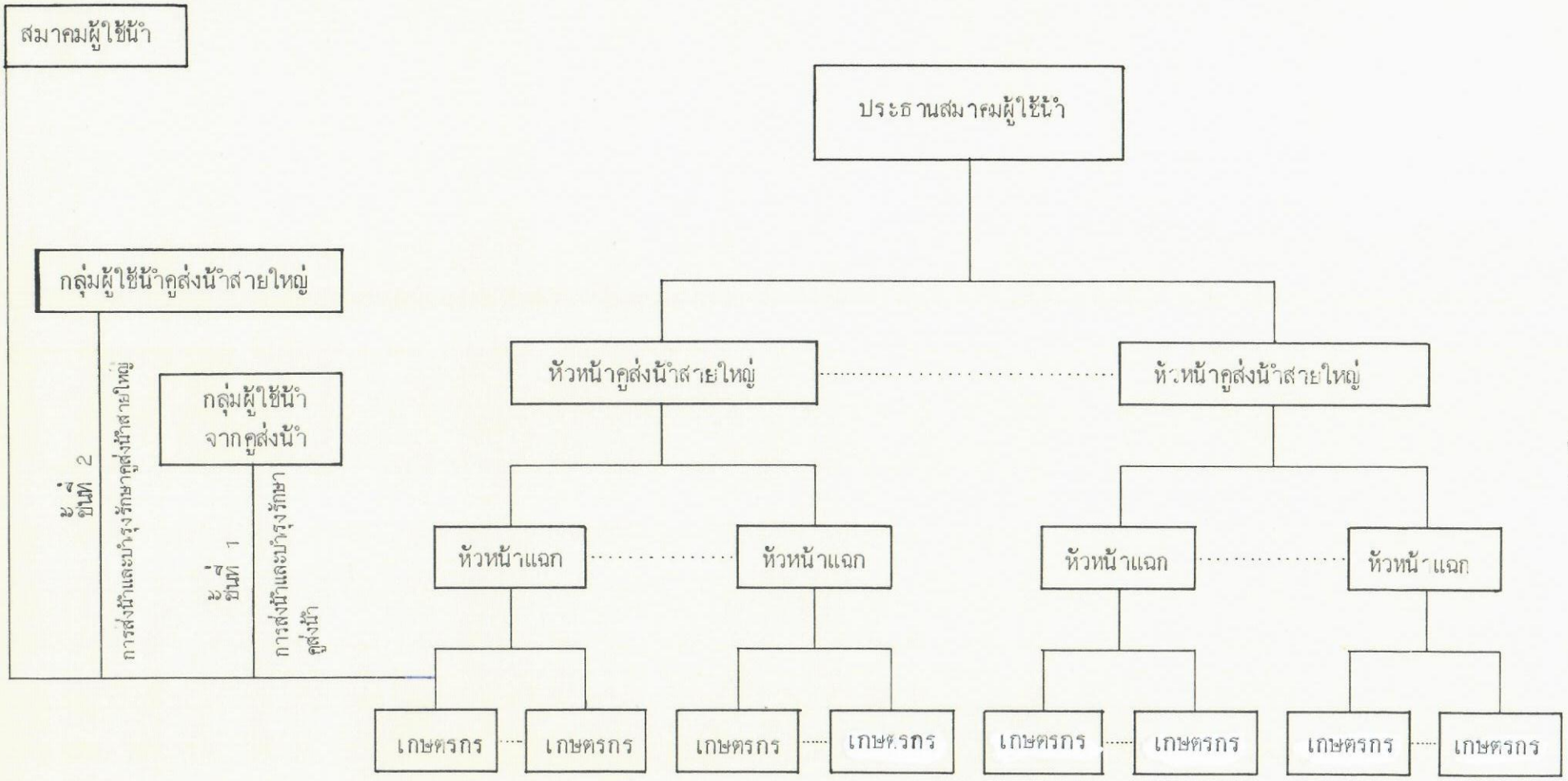
เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ องค์กรที่จัดตั้งขึ้นดังกล่าวแล้วข้างต้นก็จะเปลี่ยนสภาพไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถจะคาดการณ์ได้ว่าจะเปลี่ยนไปในสภาพใด แต่อย่างไรก็ตามถ้าโอกาสและเงื่อนไขอำนวย ภายใน 5-10 ปี การพัฒนาของสมาคมผู้ใช้น้ำก็จะสมบูรณ์ ถ้าโอกาสและเงื่อนไขไม่อำนวยก็อาจจะสมบูรณ์ได้ภายใน 20 ปี หรืออาจจะนานกว่านี้

13.4 <u>คณะทำงาน</u> (The Working Group)

โครงการชลประทานห้วยแอ่งไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องเฉพาะกิจกรรมด้านส่งน้ำและบำรุงรักษาเท่านั้น แต่ต้องเกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านการเกษตรด้วย ดังนั้นจำเป็นจะต้องจัดตั้งหน่วยจัดการ (Management Unit) ขึ้นมาเพื่อทำการประสานงานระหว่างเกษตรกร กรมชลประทาน และองค์กรอื่น ๆ เพื่อลดช่องว่างระหว่างกันและทำให้เกิดผลงานที่ดีที่สุด โดยแต่ละองค์กรจะทำงานในหน้าที่ของตนที่จะทำให้เกิดผลงานที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน

ในปัจจุบัน คณะทำงานได้ถูกจัดตั้งขึ้นโดยคณะกรรมการจัดสรรน้ำระดับจังหวัด เพื่อรับผิดชอบในการพัฒนาด้านการเกษตรจากน้ำชลประทานจนได้ผลผลิตตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

คณะทำงานประกอบด้วยผู้ร่วมงานจากหน่วยงานทั้งหมดซึ่งเกี่ยวข้องเช่น กรมชลประทาน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงมหาดไทย ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ฯลฯ



รูปที่ 13.2 การพัฒนาที่ละระดับ

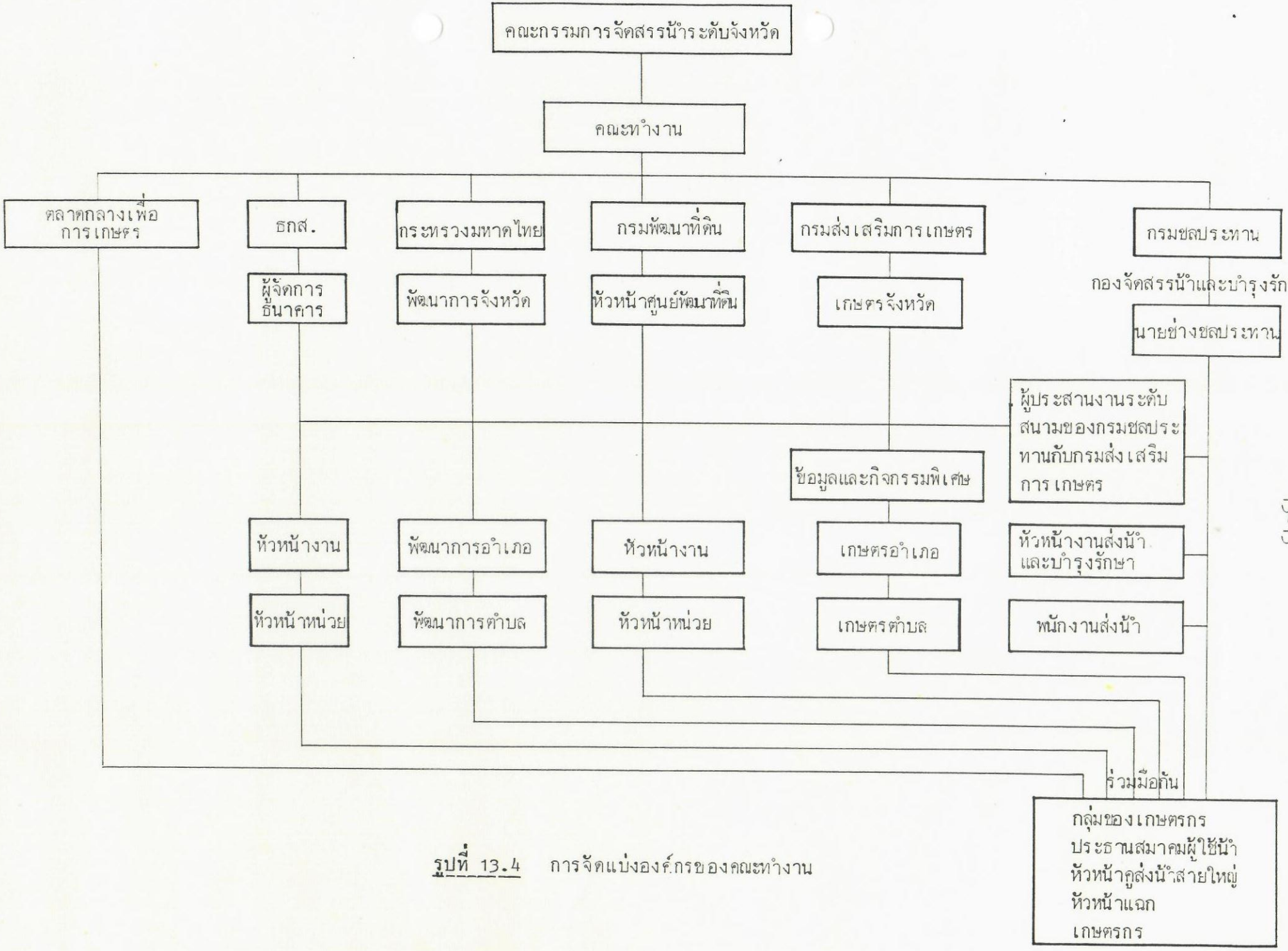
คณะทำงานแบ่งเป็น 2 ระดับคือ

(1) ระดับควบคุมและวางแผน ประกอบไปด้วยหัวหน้าของส่วนราชการในระดับจังหวัดและในระดับเขต

(2) ระดับปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยเจ้าหน้าที่ในระดับสนามซึ่งทำงานในพื้นที่โครงการชลประทานห้วยแอ่งนี้

การร่วมมือกันระหว่างส่วนราชการต่าง ๆ จะสำเร็จลงได้ก็ต้องอาศัยผู้ประสานระดับสนามของกรมชลประทานและกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ดำเนินการ

นอกจากนี้เกษตรกรก็จะต้องเป็นสมาชิกของคณะทำงานนี้ด้วย เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจและมีส่วนร่วมในโครงการ การจัดแบ่งองค์กรของคณะทำงานแสดงอยู่ในรูปที่ 13.4



รูปที่ 13.4 การจัดแบ่งองค์กรของคณะทำงาน

บทที่ 14

การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานชลประทาน

(Monitoring and Evaluation of Irrigation Performance)

1. คำว่า Performance มีความหมายอย่างไร

ในการบริหารธุรกิจ Performance หมายถึงการดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยมีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นคำว่า Performance จึงเกี่ยวข้องทั้งวิธีการที่นำไปสู่ผลการดำเนินงานหรือผลผลิต (Output) และตัวผลของการดำเนินงานหรือตัวผลผลิต (Gross - Output) เอง

การที่ Performance เกี่ยวกับการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ (How things are done) ดังนั้น Performance และ Management จึงมีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน

โดยสรุป Performance จึงหมายถึงการประเมินว่าการจัดการดีมากน้อยเพียงใด และการประเมินว่าผลการดำเนินงานหรือผลผลิตเป็นอย่างไร

ในเรื่องของการจัดการระบบชลประทาน Performance จึงนัยได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก และจากเป็นที่ชัดเจนว่าโครงการชลประทานที่มีหน้าที่บริการระบบชลประทาน จะต้องประเมิน Performance ของโครงการ ตลอดจนหาวิธีการปรับปรุง Performance ของโครงการให้ดีกว่าเดิมอยู่เสมอ

แนวทางในการจัดการเพื่อปรับปรุง Performance ของโครงการชลประทาน ให้ดีขึ้นแสดงอยู่ในรูปที่ 1 ซึ่งแนวทางดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการกำหนดวัตถุประสงค์แล้วแปลงวัตถุประสงค์เป็นเป้าหมายของการดำเนินการ กำหนดแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย วางระบบติดตามและควบคุมผลการดำเนินงานให้เป็นไปตามเป้าหมาย และสุดท้ายคือการทบทวนและประเมินผลการดำเนินงานทั้งหมด ในขั้นนี้จะรวมถึงการประเมินว่าวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่วางไว้ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ด้วย เพื่อดูว่าสามารถตอบคำถามทั้ง 3 ข้อที่จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไปหรือไม่

2. สามคำถามสำหรับ Managers

2.1. เรากำลังทำสิ่งที่ถูกหรือเปล่า

(Am I doing things right?)

ซึ่งหมายถึงว่าเราสามารถตั้งเป้าหมาย และบรรลุเป้าหมายอย่างเหมาะสมหรือไม่

2.2. เรากำลังทำสิ่งที่ถูกหรือเปล่า

(Am I doing the right thing?)

ซึ่งหมายความว่า การที่เราบรรลุเป้าหมายที่ตั้งใจไว้นั้น เราบรรลุวัตถุประสงค์หรือเปล่า

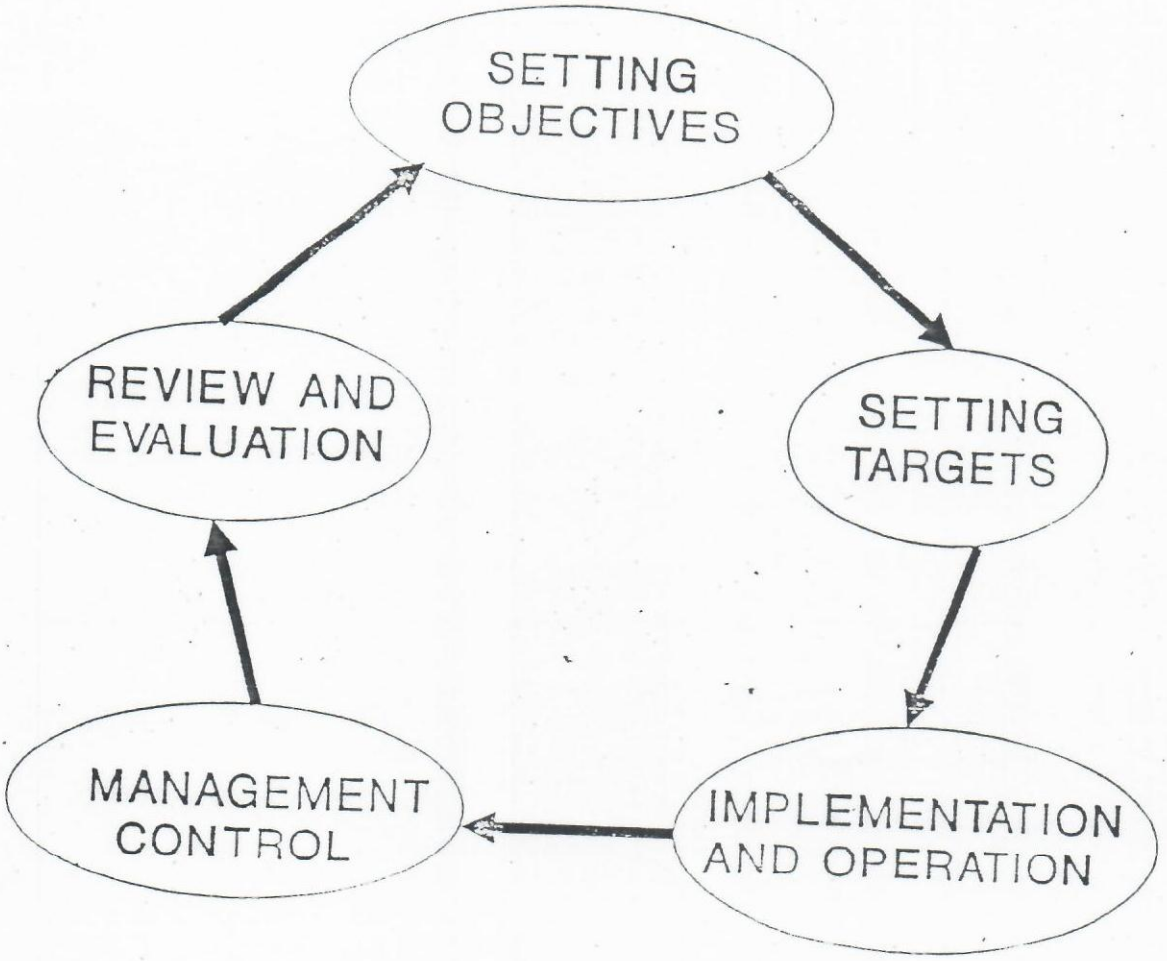
2.3. เรารู้ว่าเรากำลังทำอะไรอยู่หรือเปล่า

(Do I know what I am doing?)

ซึ่งหมายความว่าข้อมูลที่มีอยู่ถูกต้องพอที่ใช้ตรวจสอบหาคำตอบของคำถามที่ 1 และ 2 หรือไม่

รูปที่ 1

A MANAGEMENT FRAMEWORK FOR IMPROVING PERFORMANCE



3. การวัด Performance

3.1 Performance Indicators

Performance Indicators คือดรรชนี ใช้วัดว่าการดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายหรือไม่ ปกติแล้วดรรชนีดังกล่าวคืออัตราส่วนที่เปรียบเทียบผลการดำเนินงานจริงกับเป้าหมายในการดำเนินการ

3.2 Performance Standards

Standards คือตัวที่ใช้บอกว่าผลการดำเนินงานจริงต่างจากเป้าหมายเกินช่วงค่าที่ยอมรับได้หรือไม่

3.3 Monitoring

ถ้าไม่มีการ Monitoring จะไม่สามารถตอบได้เลยว่าเกิดอะไรขึ้นในระบบ

- บรรลุเป้าหมายหรือไม่ ?
  (Are targets being met ?)
- ได้ทรัพยากรตามที่คาดไว้หรือไม่ ?
  (Are resources as expected ?)
- ผู้ปฏิบัติงานทำสิ่งที่ถูกหรือไม่ ?
  (Are staff doing the right things ?)

4. Performance แบบต่าง ๆ

4.1 Output Performance

หมายถึงผลการดำเนินงาน ซึ่งปกติใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อบอกถึงความอยู่รอด (Viability) ของโครงการ

4.2 Operational Performance

เพื่อใช้ตรวจสอบว่าแต่ละคนในระบบดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมายอย่างถูกต้องหรือไม่ และผลการดำเนินงานบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้สำหรับผู้นั้นหรือไม่

4.3 Management Performance

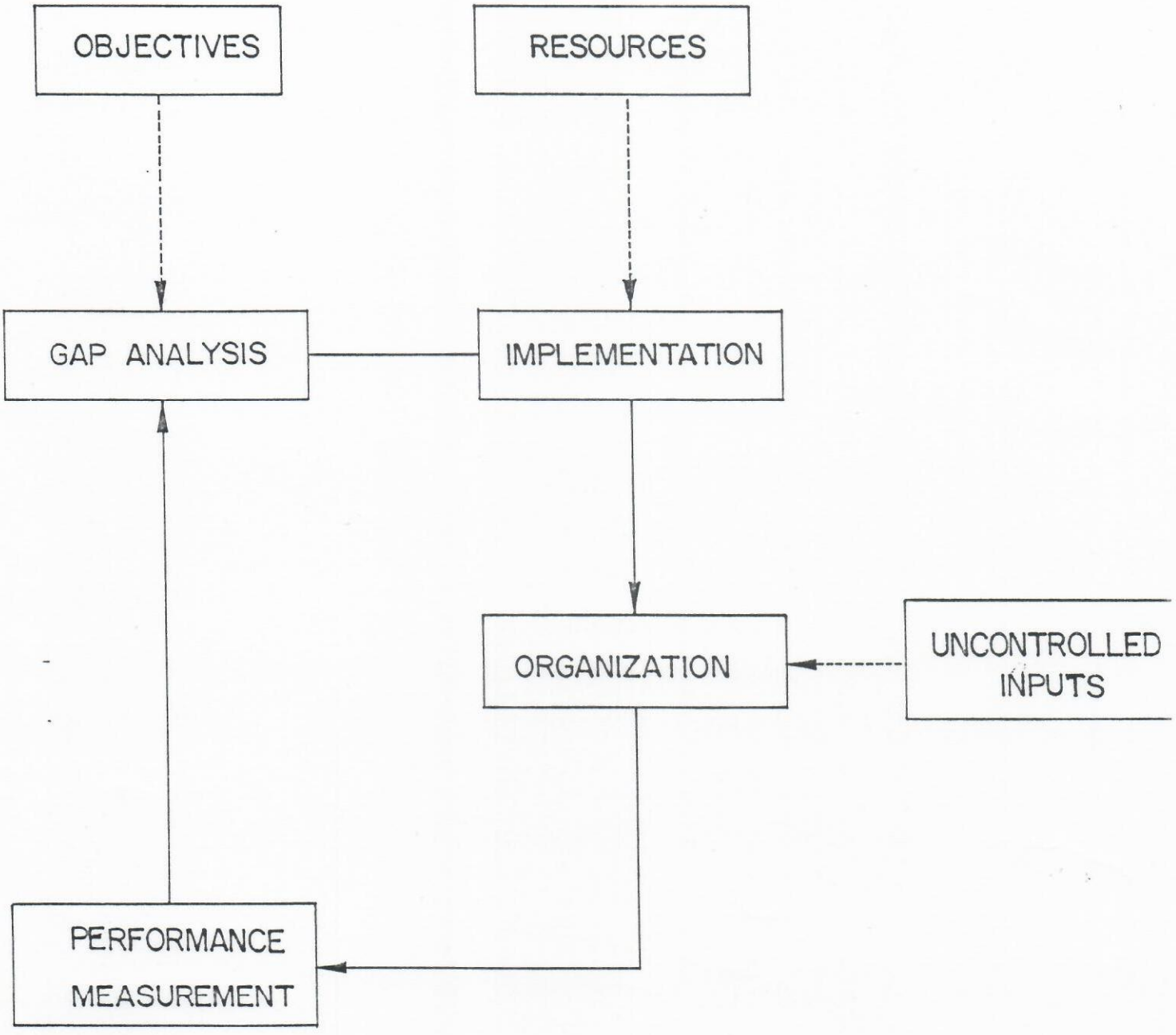
คือการประเมินประสิทธิผลในการดำเนินงานของผู้จัดการในการตั้งวัตถุประสงค์ การจัดหาทรัพยากร การดำเนินงานตามโปรแกรมที่วางไว้ และการปรับปรุงวัตถุประสงค์ตามผลการดำเนินการที่ทำไปแล้ว (Past Performance) อย่างไรก็ตามการประเมิน Management Performance มี 2 แนวทางขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แนวทางเช่นเดียวกันคือ

(1) Operational Management
ดังแสดงในรูปที่ 2

(2) Strategic Management
ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งองค์ประกอบของ Strategic Decision Making Process แสดงอยู่ในรูปที่ 3

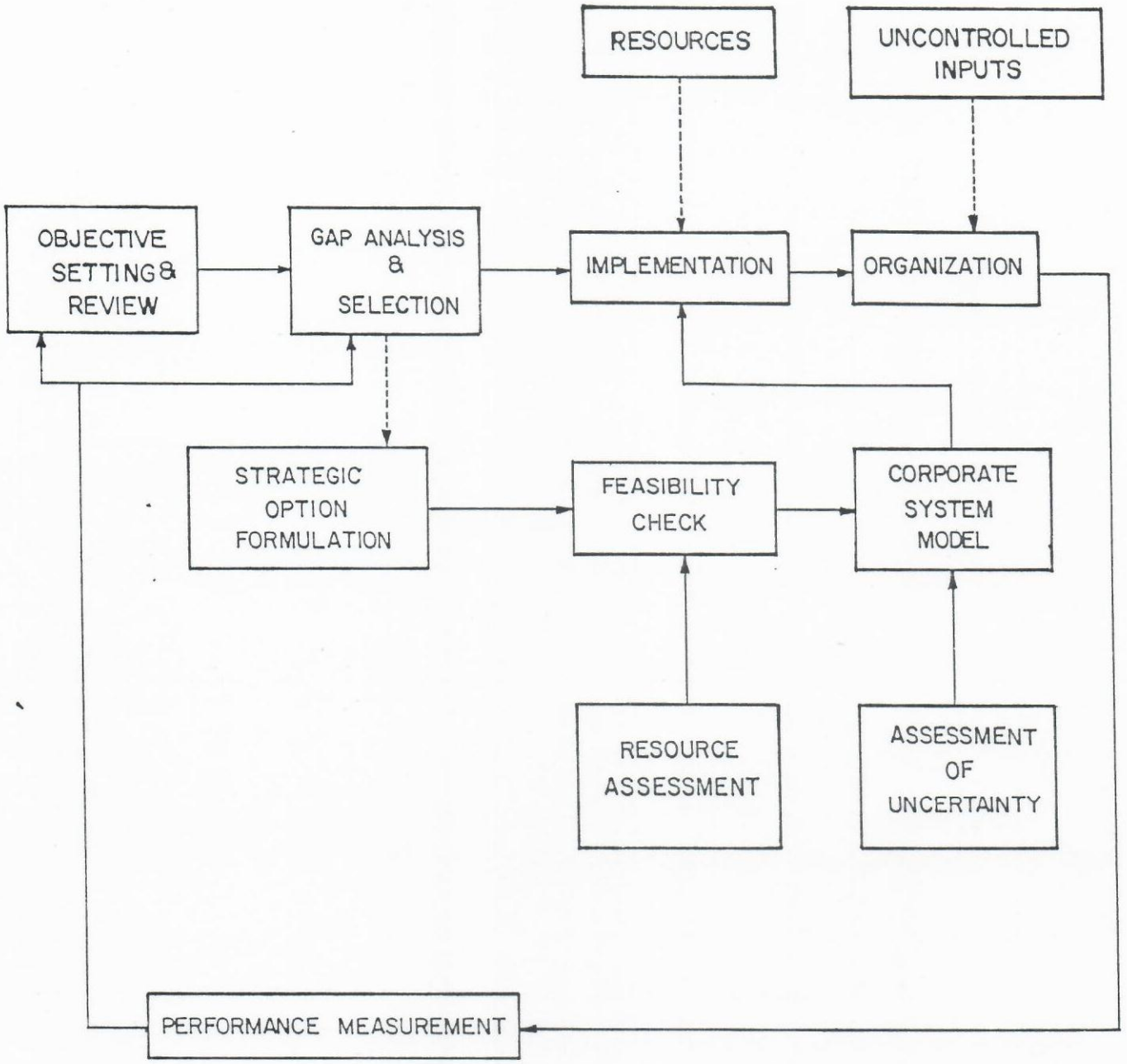
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แนวความคิด Management Performance กับงานทรัพยากรน้ำและการชลประทาน แสดงอยู่ในรูปที่ 4

OPERATIONAL MANAGEMENT



รูปที่ 2 Operation Management

STRATEGIC MANAGEMENT



รูปที่ 3 Strategic Management

ESSENTIAL ELEMENTS OF STRATEGIC DECISION MAKING PROCESS

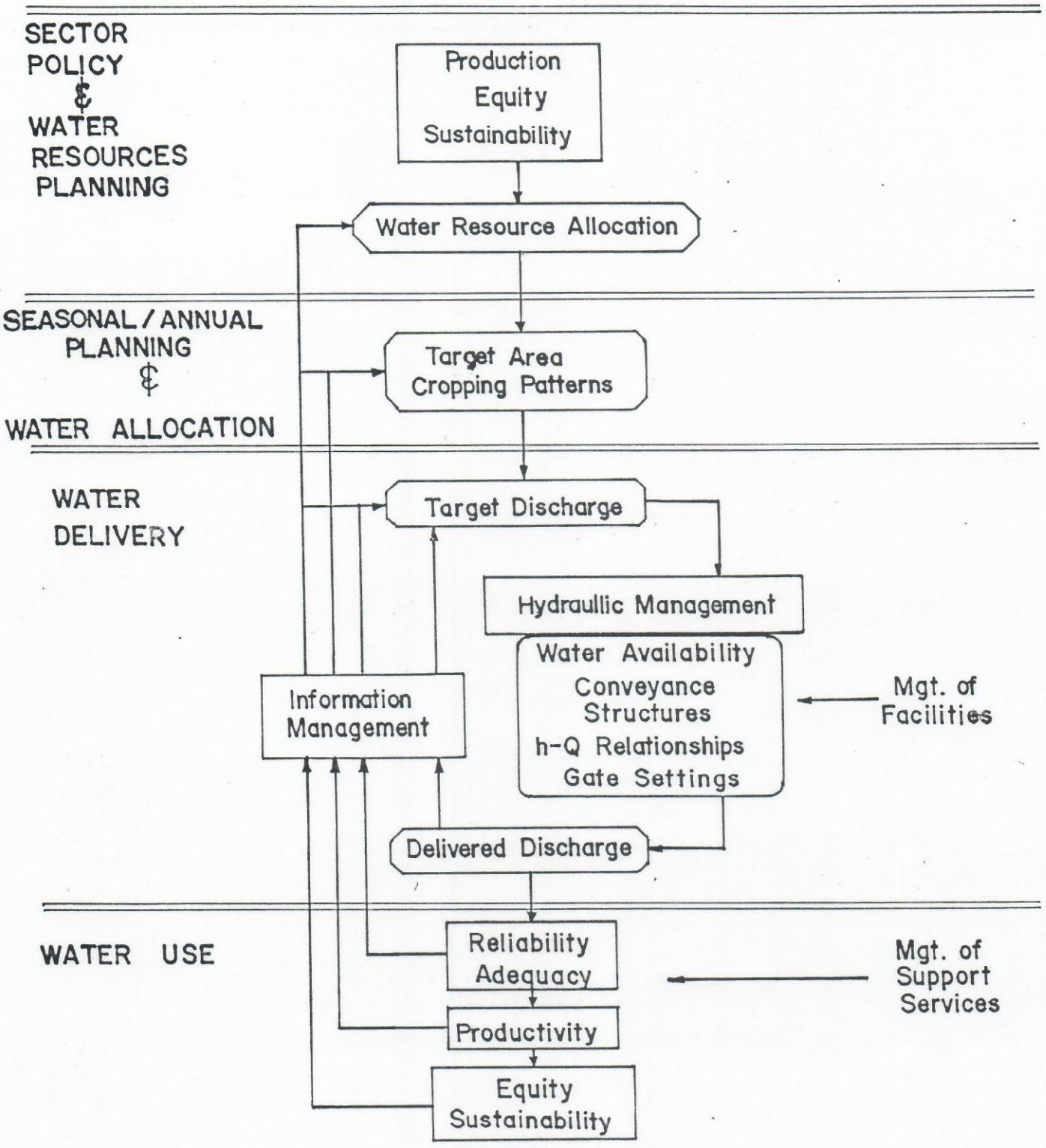
1. Objective setting & review.
2. Strategic option formulation.
3. Feasibility check.
4. Resource assessment.
5. Assessment of uncertainty.
6. Corporate system model.
7. Performance measurement.
8. Feedback signal.
9. Gap analysis & selection.
10. Implementation process.
11. Resources.

1– 9 Constitute strategic planning–management process.

#10–11 Necessary for implementation.

รูปที่ 3 Strategic Management (ต่อ)

Management of Water Resources



รูปที่ 4 Management of Water Resources

5. ค่าจำกัดความของ Monitoring and Evaluation (M+E)

5.1 ความหมายของ Monitoring

Monitoring หมายถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินผลการดำเนินงานโครงการ (Project Performance) Monitoring สามารถช่วยผู้ที่ทำหน้าที่จัดการระบบหรือโครงการ ปรับแก้วิธีการดำเนินงานหรือปัจจัยการผลิต (Inputs) เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่วางไว้ (Stay on track)

ตามนัยดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า Monitoring มีลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

- เป็นกิจกรรมที่ทำอย่างต่อเนื่อง (Continuous)
- เป็นกิจกรรมที่ทำภายในระบบ (Internal Activity)
- เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานประจำวัน (Part of day to day Operation)
- มี Workplan and Schedule ในการดำเนินงาน

5.2 ความหมาย Evaluation

Evaluation คือ กระบวนการในการประมวลผลข้อมูล เพื่อตรวจสอบจุดมุ่งหมาย (Goals) และกลยุทธในการดำเนินงาน (Strategies) เพื่อตรวจสอบว่าที่ดำเนินการไปแล้วถูกต้อง (Right track) หรือไม่ โดยพิจารณาถึงความถูกต้องของสมมุติฐาน และประสิทธิผลของกลยุทธในการดำเนินงานโครงการ

ตามนัยดังกล่าว Evaluation จะมีลักษณะที่สำคัญคือ

- เป็นกิจกรรมที่กระทำเป็นช่วง ๆ (Periodic)

  เช่น mid-term , final , ex-post evaluation ดังแสดงในรูปที่ 5
- เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบ (Impact Analysis)
- ต้องการข้อมูลจากภายนอก

5.3 M+E Some Overlapping Characteristics

ตามความหมายของ (M+E) ที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 5.1 และ 5.2 จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตาม M+E ก็มีคุณลักษณะที่สำคัญหลายประการที่คล้ายคลึงและ ซ้ำซ้อนกัน ดังรูปที่ 6

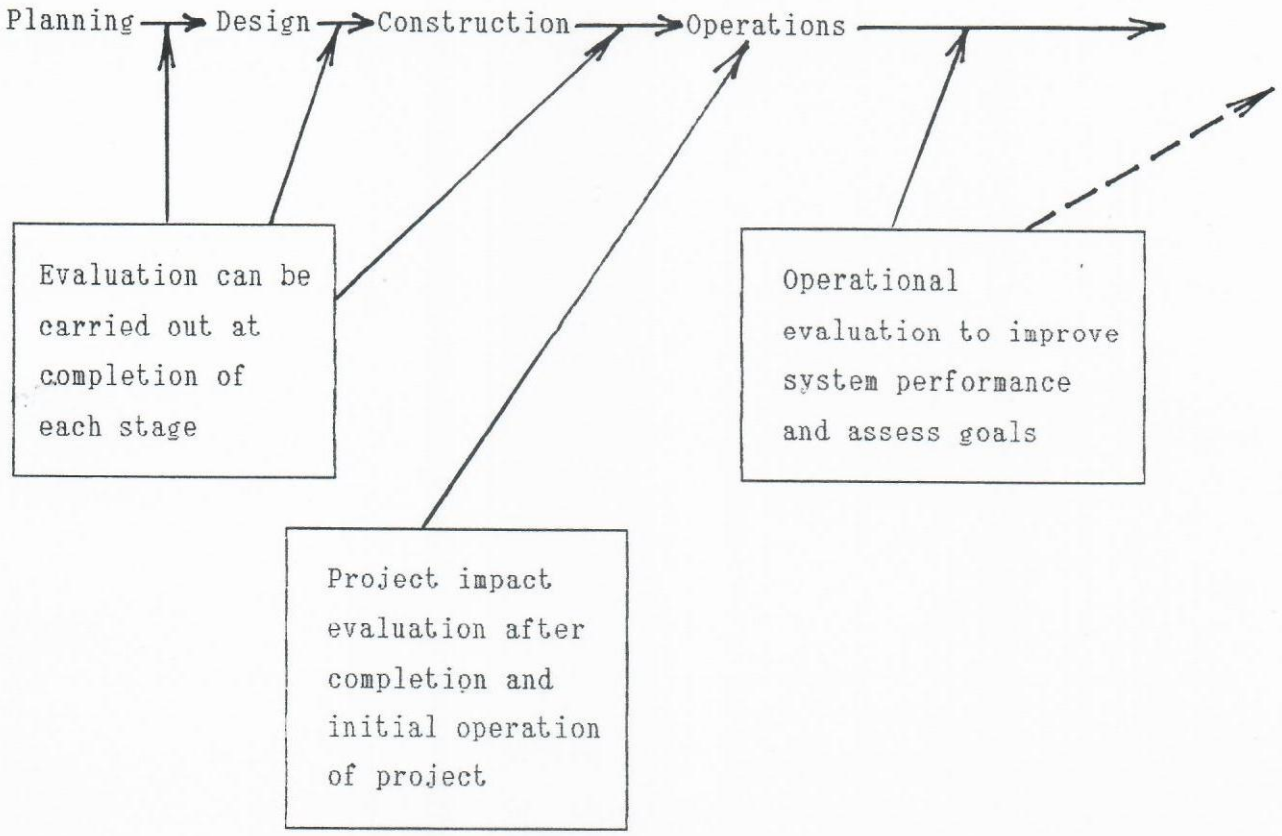
ส่วนซ้ำซ้อนกันของ M และ E คือมีกระบวนการที่เหมือนกันคือ การเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ข้อมูลการนำข้อมูลและผลการวิเคราะห์มาใช้ปรับแก้การดำเนินงาน

5.4 จุดมุ่งหมายของการ Monitoring

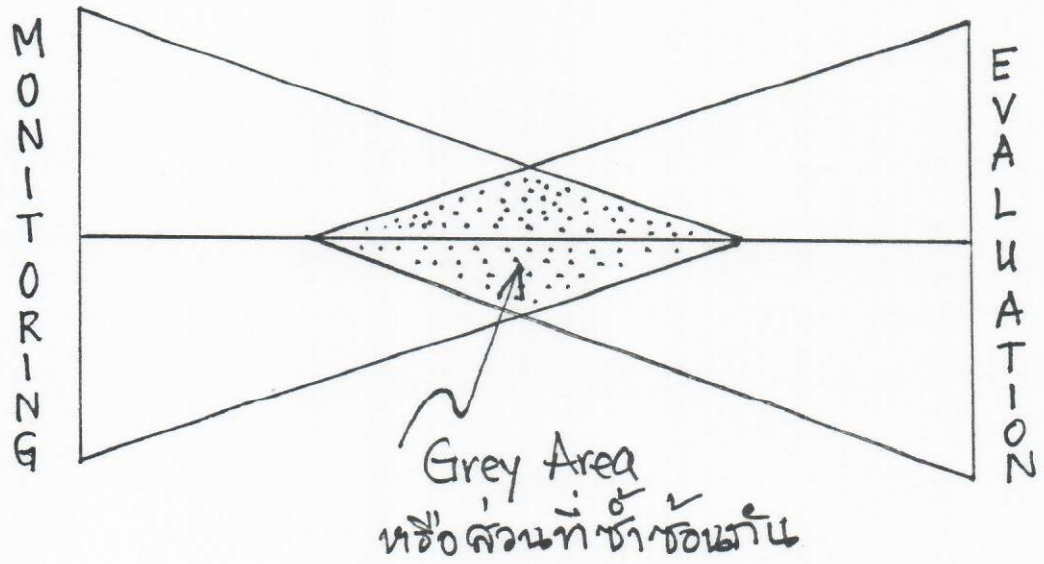
ระบบ Monitoring จะช่วยทำให้ผู้จัดการรู้ผลการดำเนินงานแต่ละแผนงานเป็นระยะ ๆ (Periodically) เช่น

- อาคารตัวไหนต้องได้รับการบำรุงรักษา ควรดำเนินการเมื่อไร ค่าใช้จ่ายเท่าใด
- ประสิทธิภาพในการส่งน้ำของระบบ
- น้ำต้นทุนที่มี
- จุดอ่อน จุดแข็งขององค์กรผู้ใช้น้ำ

ผลการ Monitoring จะช่วยทำให้ Performance ดีขึ้นเกือบจะอัตโนมัติ เนื่องจากเมื่อทุกคนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทราบผลการดำเนินของตัวเองก็จะปรับแก้ เพื่อให้ดีขึ้นโดยอัตโนมัติ ระบบ Monitoring ที่ดีจะมี Feedback ที่ทำให้คนที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดแนวทางการดำเนินงานของตัวเองเพื่อให้ทำงานได้ดีขึ้น



รูปที่ 5 Evaluation "Timeline"



รูปที่ 6 Overlapping Characteristice of M+E

5.5 ใครควรรับผิดชอบงานด้าน Monitoring

ระบบ Monitoring เป็นความรับผิดชอบร่วมกันของทุกคนที่ทำหน้าที่จัดการระบบชลประทาน ซึ่งรวมทั้งเจ้าหน้าที่และเกษตรกร เกษตรกรควรมีหน้าที่ Monitor ข่าวสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวเกษตรกรเอง และโดยเฉพาะเรื่องที่เกษตรกรสามารถ Monitor ได้ดีกว่าคนอื่น เช่นการไหลของน้ำในคูส่งน้ำ (Tertiary Canals) นอกจากนี้เกษตรกรควร Monitor องค์กรเกษตร โดยเฉพาะเรื่องการเงิน

5.6 กลยุทธในการ Monitor

หลักเบื้องต้นในการ Monitor คือการรวบรวมข้อมูลอย่างระมัดระวัง และรวบรวมข้อมูลให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นในการวิเคราะห์

การทำความเข้าใจระบบชลประทาน ถือเป็นขบวนการเรียนรู้อย่างหนึ่งซึ่งต้องพยายามศึกษาซ้ำแล้วซ้ำอีก (Iterative Learning Process) ระบบ Monitoring สามารถขยายออกครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อผู้จัดการระบบรู้จักและคุ้นเคยกับระบบชลประทานมากขึ้น

นอกจากนี้ยังต้องมีการ Monitor ระบบ Monitoring System ด้วยเพื่อตรวจสอบว่ามีการใช้ข้อมูลที่ Monitor ในการปรับปรุง Performance ของระบบหรือไม่ ถ้าข้อมูลที่ Monitor มาไม่ได้ถูกนำไปใช้ ก็ให้ยกเลิกการ Monitor ข้อมูลส่วนนั้น ๆเสีย เพื่อพัฒนาระบบ M+E ให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ระบบ M+E ที่ดีต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลจำเพาะเพื่อตอบคำถามบางอย่างได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการ Monitor ข้อมูลส่วนนั้นเป็นประจำเช่น Farm Budgets ที่เกี่ยวกับระบบการเกษตร

5.7 การนำเอาระบบ M+E ไปใช้งาน

(Implementing an M+E System)

จำเป็นต้อง Integrate ระบบ M+E เข้าไปในการบริหารงานตามปกติ (Operational Management) เพื่อหลีกเลี่ยงการแบ่ง M+E ออกจากระบบการบริหารงานจนเป็นเหตุให้ไม่สามารถ Feedback ผลการ M+E ไปที่การบริหารงานตามปกติได้

5.8 การรายงาน (Reporting)

ในระบบ M+E จำเป็นต้องมีระบบการรายงานผลที่เป็นระบบ และสอดคล้องกับระบบการบริหารงานตามปกติ เช่น การรายงานผลการ Monitor ที่สำคัญในที่ประชุมผู้บริหารโครงการชลประทานซึ่งมีการประชุมกันตามปกติเป็นประจำ โดยมีการจัดทำรายงานเสนอในที่ประชุมเพื่อพิจารณาผลและมีการบันทึกการประชุมเป็นทางการ

6. องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการในการเพิ่ม Performance

มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการที่จำเป็นต้องรู้และเข้าใจในเพิ่ม Performance ของทั้งระดับระบบชลประทาน และระดับประเทศ คือ

- Performance Framework
- Performance Indicators
- Performance-Oriented Management

6.1 Performance Assessment Framework

มีผู้เสนอแนะแนวทาง การประเมิน Performance ของระบบชลประทาน 2 แนวทางคือ

(1) Nested System Framework (Small and Svendsen, 1992)

(2) Performance Assessment and Diagnosis (Murray - Rust and Snellen, 1993)

ถึงแม้ว่า 2 แนวทางจะถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับบุคคลเป้าหมายที่แตกต่างกัน แต่ก็เป็นแนวทางที่เสริมซึ่งกันและกัน

6.1.1 Nested System Approach

จุดมุ่งหมายของแนวทางนี้ คือเพื่อแยกแยะกรอบในการประเมิน Performance ของระบบชลประทานออกเป็น 5 ระดับ หรือ 5 ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเมื่อพิจารณาว่าถ้าจุดยืนเปลี่ยนจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง เช่นเปลี่ยนจากเจ้าหน้าที่ผู้ Operate คลอง เป็นเจ้าหน้าที่ของสำนักงานชลประทาน วัตถุประสงค์ในการทำงานของบุคคลผู้นั้นย่อมเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

สิ่งสำคัญที่ต้องเน้นตามแนวความคิดของ Nested System คือผลการดำเนินงานหรือผลผลิตจากระบบหนึ่ง จะเป็นปัจจัยการดำเนินงานหรือปัจจัยการผลิตในระดับที่สูงขึ้นไป หรือ อาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า

"Performance ที่ระดับต่ำกว่า จะมีผลต่อ Performance ที่ระดับสูงกว่า"

การวัด Performance ตามแนวความคิดนี้ทำได้ 3 แนวทางดังแสดงในรูปที่ 8 คือ

(1) Process Measures ซึ่งนำไปสู่ผลการดำเนินงานขั้นสุดท้าย หรือผลผลิตขั้นสุดท้ายของระบบ

(2) Output Measures ซึ่งหมายถึงปริมาณและคุณภาพของ Outputs ที่เปลี่ยนจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงกว่า

(3) Impact Measures โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสภาพแวดล้อมทั่วไป

คุณค่าของ Nested System Framework คือสามารถช่วยผู้จัดการในการกำหนดเป้าหมายและหน้าที่ความรับผิดในการดำเนินงานในแต่ละระดับให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 9 เช่น สามารถระบุว่า

- องค์ประกอบตัวไหนของระบบซึ่งเขาสามารถควบคุมได้โดยตรง และมีหน้าที่ต้องรับผิดชอบโดยตรง
- องค์ประกอบตัวไหนของระบบซึ่งเขาสามารถควบคุมได้เพียงบางส่วน และมีหน้าที่ร่วมรับผิดชอบบางส่วน
- องค์ประกอบตัวไหนของระบบ ซึ่งเขาไม่สามารถควบคุมได้ และไม่มีหน้าที่รับผิดชอบ แต่อาจต้องเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเข้าใจเกี่ยวกับ Nested System Framework จะช่วยทำให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการ Performance Assessment and Diagnosis ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

6.1.2 Performance Assessment and Diagnosis (PAD)

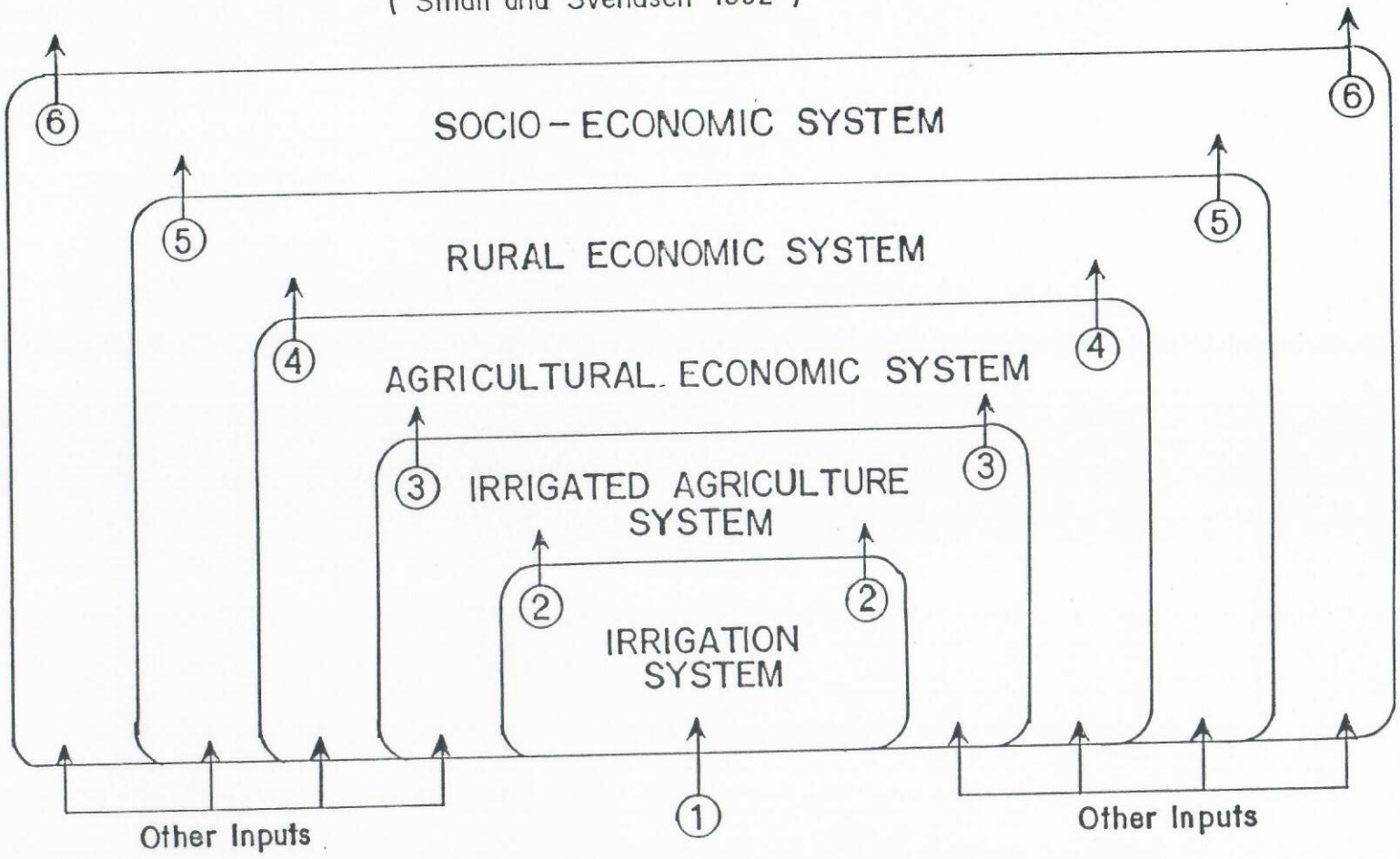
แนวความคิดนี้มองที่สภาพความเป็นจริงแล้วประเมินว่า Performance อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

จุดมุ่งหมายของวิธีนี้เพื่อช่วยผู้จัดการทั้งระดับระบบชลประทานและระบบเกษตรชลประทานในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัย (Diagnosis) Performance ที่เป็นอยู่ของระบบ

การประเมินและวินิจฉัย Performance ตามแนวความคิดของ Murray-Rust and Snellen เป็นกระบวนการต่อเนื่องในการประเมินและทบทวน (Assessment and Review) ซึ่งผลลัพธ์จากช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลต่อช่วงเวลาถัดไป

Figure 7 – Inputs and Outputs & Irrigation in the Context of Nested Systems

(Small and Svendsen 1992)



Key to Inputs / Outputs:

① Operation of Irrigation Facilities

② Supply of Water to Crops

③ Agricultural Production

④ Incomes in Rural Sector

⑤ Rural Economic Development

⑥ Socio – Economic Development

Figure 8

Model of Irrigation Systems in Terms of Inputs, Outputs and Impacts

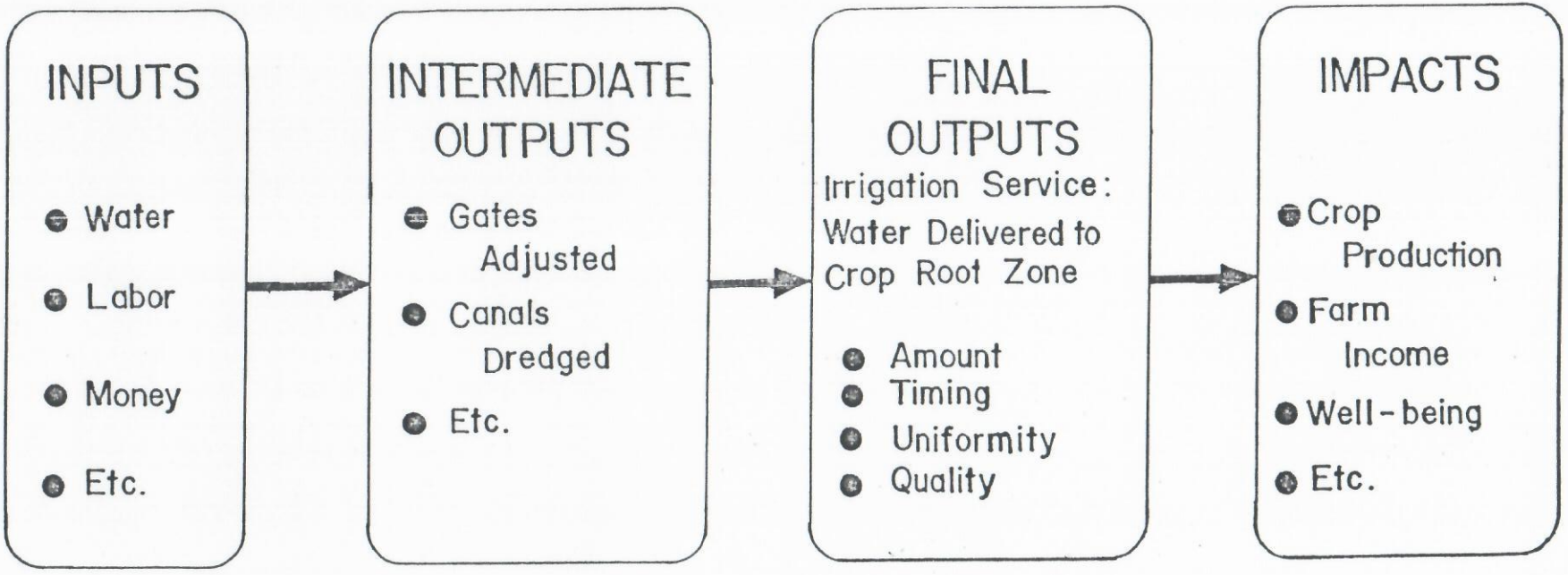
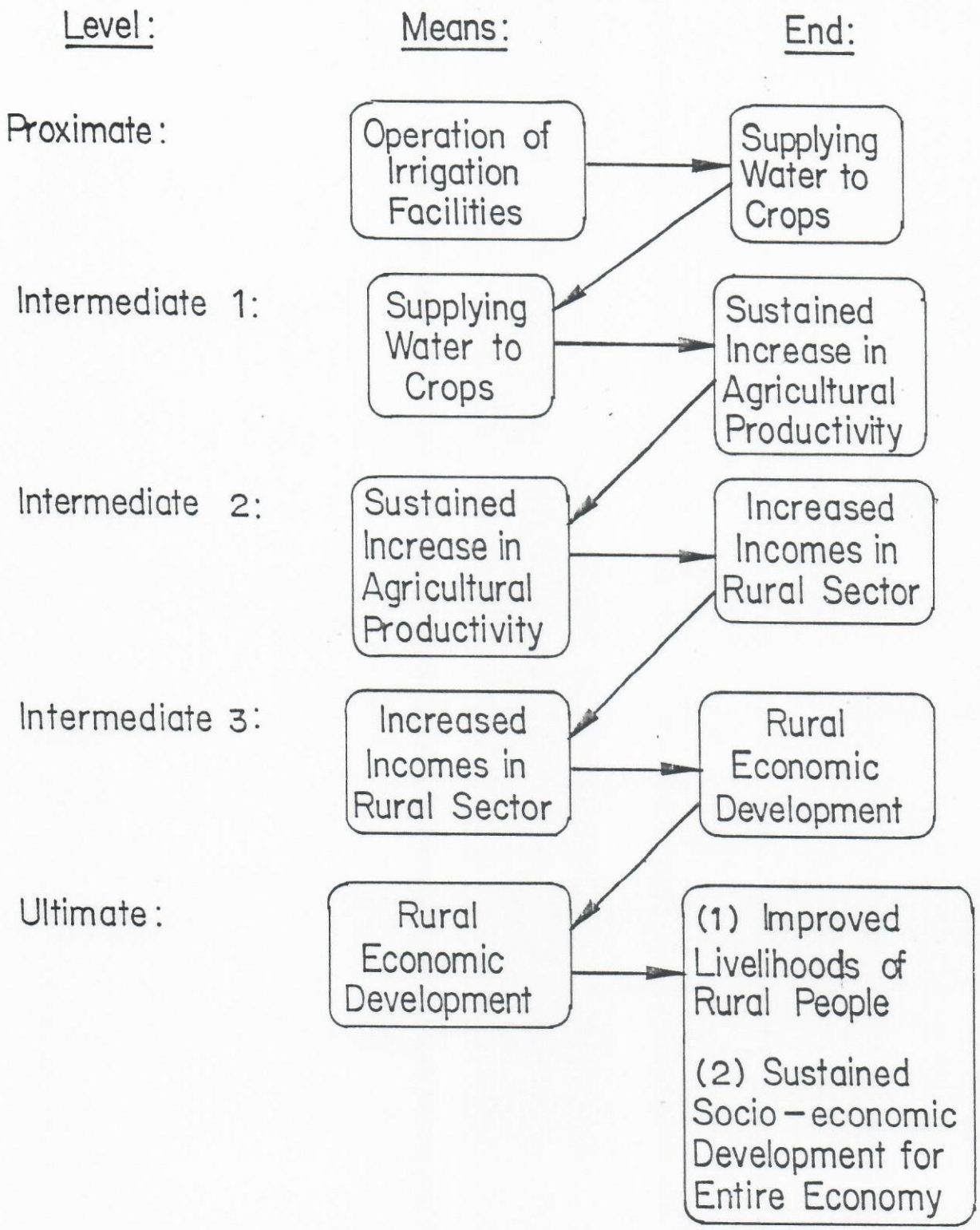


Figure 9

Irrigation Purposes as Nested Means and Ends



ช่วงเวลาในการประเมินและวินิจฉัยอาจแตกต่างกันดังนี้.

- Daily
- Irrigation Rotation
- Seasonal
- Five Year Plan

ตามแนวความคิดของ PAD Performance แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

- Operational Performance ส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานประจำวันของระบบชลประทานซึ่งเป้าหมายการดำเนินงานได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ในส่วนนี้จึงเกี่ยวกับการดำเนินงานตามแผน การติดตามผล และการควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

- Strategic Performance ส่วนนี้จะเกี่ยวกับการประเมินผลว่าการดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่ มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ แล้วกำหนดว่าควรดำเนินการต่อไปในอนาคตอย่างไร

Operational และ Strategic Performance จะเกี่ยวข้องกับการประเมิน Management Performance ตามที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 4

การประเมิน Performance จะต้องทำเปรียบเทียบกับศักยภาพในการเพิ่ม Performance (Performance Potential Audit) ดังนั้นในการประเมินจะต้องมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับ Performance Potential ดังนี้

(1) ระบบถูกออกแบบตามวัตถุประสงค์ของระบบหรือไม่

(2) การดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบเป็นไปเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่

(3) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ Performance หรือไม่

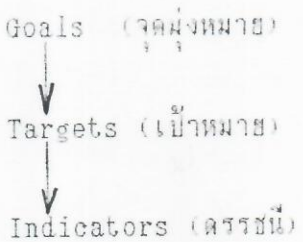
(4) มีระบบ MIS เพื่อแปลงข้อมูลทั่วไปเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหาร (Information for Managers) หรือไม่

(5) มีความตั้งใจ (Commitment) จริงที่จะพัฒนา Performance หรือไม่

6.2 Performance Indicators

การประเมินผลการดำเนินงานของระบบชลประทานนั้นเกี่ยวข้องกับกำหนดจุดมุ่งหมาย การกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน (เช่น หน่วยงานที่ทำหน้าที่วางแผน เกษตรกร ผู้จัดการโครงการ) ซึ่งรูปแบบการประเมินอาจแบ่งออกเป็น Process, Output และ Impact ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 6.1

ในที่นี้ต้องการเน้นว่าการประเมิน Performance นั้นเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายและเป้าหมายในการดำเนินงานทั้งจุดมุ่งหมายโดยตรง และจุดมุ่งหมายที่ซ้อนเร้น ซึ่งจะต้องมีการแปรจุดมุ่งหมายต่าง ๆ ออกเป็นเป้าหมายในการดำเนินงาน และสุดท้ายคือการแปรเป้าหมายเป็นดรรชนีที่สามารถใช้วัด Performance ของการดำเนินงานได้ดังรูป



C.Abernethy (1990) สรุปว่าจุดมุ่งหมายที่สำคัญในการจัดการระบบชลประทานมี 5 ประการ คือ

(1) Productivity ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลผลิตรายปีต่อปัจจัยการผลิตที่ขาดแคลนเช่น น้ำ แรงงานและอื่น ๆ

(2) Equity โดยมองว่าระบบชลประทาน คือทรัพยากรที่สำคัญ ซึ่งจะต้องมีการจัดสรรแก่ผู้ที่ควรได้รับผลประโยชน์อย่างทั่วถึงและยุติธรรม (Fairness) แต่ไม่ได้หมายความว่าต้องแบ่งเท่ากัน (Equality) การจัดสรรทรัพยากรจากระบบชลประทานต้องพิจารณาจากสิทธิ ลำดับความสำคัญ โดยนำเอาพื้นที่ถือครอง และสภาพดินมาพิจาณาประกอบด้วย

(3) Profitability โดยมองว่าผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นเกษตรกรต้องได้ผลกำไรจากการทำการเกษตรในเขตชลประทาน

(4) Sustainability โดยมองว่าการจัดการระบบต้องเป็นไปแบบยั่งยืนตลอดไป ไม่เฉพาะด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำใต้ดินต้องไม่เสื่อมลงเท่านั้น แต่ต้องมองถึงสถาบันและชุมชนเกษตรกรซึ่งจะต้องเจริญเติบโตและพัฒนาต่อไปอย่างดีด้วย

(5) Quality of Life คุณภาพชีวิตของคนในโครงการต้องดีขึ้น การดำเนินงานโครงการไม่ควรทำให้คนบางกลุ่มมีคุณภาพชีวิตแย่ลงกว่าที่เป็นอยู่ คำว่าคุณภาพชีวิตมีความหมายครอบคลุมถึงสุขภาพอนามัย การจ้างงาน การพัฒนาชุมชนในเขตนิคม ผลกระทบต่อผู้หญิงและเด็ก และผลกระทบต่อผู้คนที่อาศัยทางด้านท้ายน้ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำ

จากจุดมุ่งหมายทั่วไปที่กล่าวมาแล้ว ผู้ที่ทำหน้าที่บริหารโครงการจะต้องแปรจุดมุ่งหมายออกเป็นเป้าหมายที่สามารถวัดได้ (Quantifiable Targets) รูปแบบในการกำหนดเป้าหมาย (target-setting) ในระบบธุรกิจจะกระทำเป็นลำดับ (Hierarchic System) ผู้บริหารระดับสูงจะมีจุดมุ่งหมายและทิศทางอย่างกว้าง ๆ และจะวางระยะเวลายาว กว่าจะบรรลุจุดมุ่งหมายนั้น ในขณะที่ผู้บริหารระดับต่ำลงมาจะมีเป้าหมายแคบลงภายใต้สภาพที่สามารถควบคุมได้ เพื่อให้การบรรลุเป้าหมายนั้น ๆ สามารถส่งผลดีต่อการบรรลุจุดมุ่งหมายระดับสูงกว่าได้

อย่างไรก็ตามระบบชลประทานนั้นต่างจากระบบธุรกิจ ประการแรกคือระบบชลประทานไม่มี General Manager หรือ Board of Directors ซึ่งรับผิดชอบต่อ Performance ของระบบทั้งหมด แต่ปกติจะฝ่ายส่งน้ำ (Water Delivery Sector) ทำหน้าที่จัดการระบบและฝ่ายส่งเสริมและให้บริการทางการเกษตร (Agricultural-Services Sector) ทำหน้าที่อื่น ส่วนชุมชนเกษตรไม่มีผู้นำที่เด่นชัด

การกำหนดเป้าหมายไม่ใช่ขบวนการแบบ Top Down นอกจากจะมีการปรึกษาพูดคุยกับเกษตรกรเสียก่อน มิฉะนั้นเป้าหมายนั้นจะไม่ใช่เป้าหมายจริงที่เกษตรกรต้องการ ซึ่งจะทำให้ขาดแรงจูงใจแก่เกษตรกรในการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย และส่งผลทำให้ Performance ต่ำลง

หลังจากกำหนดเป้าหมายแล้วขั้นต่อไปคือ การแปรเป้าหมายเป็นดรรชนี (Indicators)

มีผู้ศึกษาเรื่องดรรชนีแสดงผลการดำเนินงานมากมาย ซึ่งผลการศึกษาที่สำคัญคือ ของ Mao Zhi (1989)ซึ่งได้กำหนดดรรชนี 16 ตัว สำหรับประเมินผลการดำเนินงานของโครงการ Zhanghe ในประเทศจีนก่อนและหลังการปรับปรุงโครงการ (Rehabilitation) Charles Abernethy (1986) ได้เสนอดรรชนีในประเมิน Equity ในการส่งน้ำ และ Relative Potential Yield Bos and Nugeteren (1982) ได้แบ่งประสิทธิภาพรวมของระบบชลประทานออกเป็นประสิทธิภาพของส่วนต่าง ๆ ของระบบดังแสดงในรูปที่ 10

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าในการประเมินผลการส่งน้ำชลประทานมีดรรชนีที่สำคัญ 3 ตัว ได้แก่

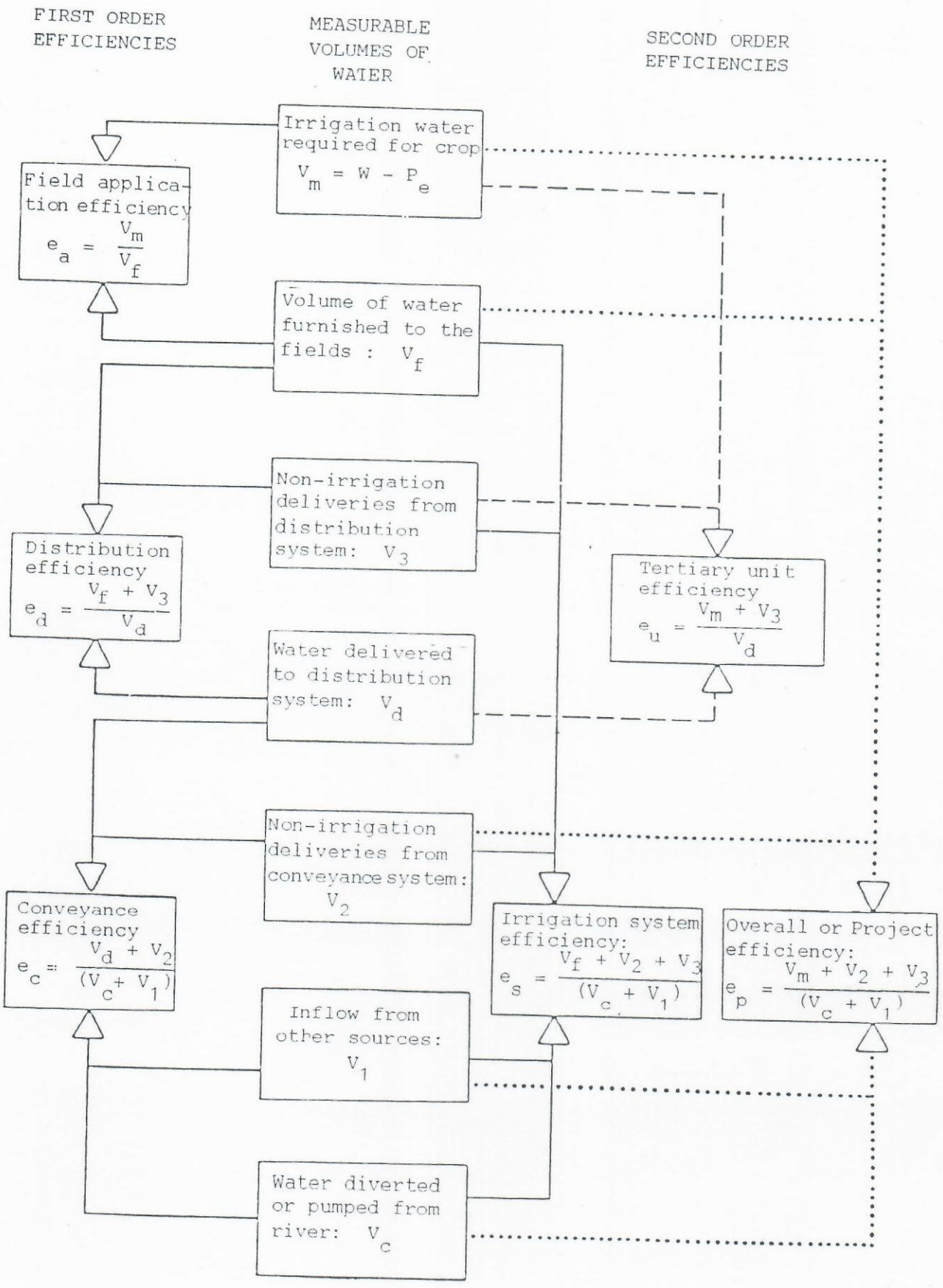


Figure 10 Various Efficiencies of Irrigation Water Use

(Bos and Nugeteren, 1982)

- Adequacy (ความเพียงพอ)
- Timeliness (ความตรงต่อเวลาหรือความเชื่อถือได้)
- Equity (ความทั่วถึงและยุติธรรม)

ซึ่งบางครั้งอาจถูกพูดถึงในรูปอื่น ๆ แต่มีความหมายใกล้เคียงกัน คือ

- Efficiency in Water use
- Perdictability and reliability of Water supply

คำว่า "Adequacy" มีความหมายเกี่ยวข้องกับคำว่า Irrigation Efficiencies และ Relative Water Supply ในระบบชลประทานที่ปลูกข้าวเป็นหลัก คำว่า Irrigation Efficiencies และ Relative Water Supply เป็นส่วนกลับซึ่งกันและกัน

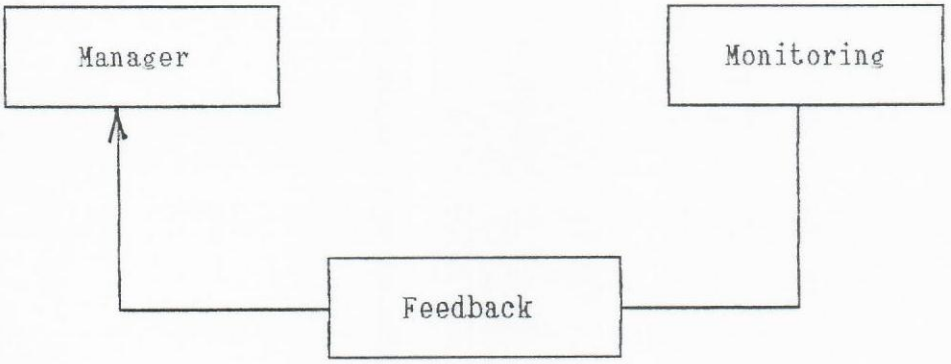
คำว่า "Timeliness" หรือ "Reliability" หมายถึงความตรงต่อเวลาและความเชื่อได้ในการส่งน้ำ ซึ่งเป็นดรรชนีตัวสำคัญต่อผลผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับระบบ Crop Diversification

คำว่า "Equity" มีความหมายที่ได้กล่าวถึงมาแล้ว

รายละเอียดเกี่ยวกับดรรชนีแสดงผลการทำงานของระบบชลประทานแสดงอยู่ในภาคผนวก A

6.3 Performance-Oriented Management

หลังจากกำหนดกรอบในการประเมิน Performance และกำหนด Indicators ที่สะท้อนให้เห็นถึง Performance ในส่วนต่าง ๆ ของระบบชลประทานตามที่กล่าวมาแล้ว องค์ประกอบตัวสุดท้ายคือการกำหนดระบบการจัดการซึ่งต้องมีการ Monitor Performance ในส่วนต่าง ๆ ของระบบ แล้วมีกระบวนการที่จะ Feedback กลับมาที่ผู้จัดการระบบ เพื่อใช้ข้อมูลเกี่ยวกับ Performance มาพิจารณาตัดสินใจในการปรับปรุงระบบชลประทานให้ทำงานมีประสิทธิผลมากขึ้น ดังรูป



การ Feedback ถือว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากใน Performance-Oriented Management และผู้บริหารต้องให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ Feedback เข้ามาและดำเนินการแก้ไขจุดบกพร่องโดยเร็ว

7. โปรแกรมในการศึกษาเกี่ยวกับ Performance

ปัจจุบันการประเมินผลและเพิ่ม Performance ของระบบชลประทานนับว่าได้รับความสนใจและสนับสนุนจากองค์กรระหว่างชาติหลายองค์กร เช่น FAO, IIMI, และ IFPRI (International Food Policy Rosearch Institute) ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักคือการให้ความสนใจกับ Performance ในการบริหารระบบชลประทานมากขึ้น ทำให้มีการศึกษาอย่างจริงจังและค่อนข้างประสบผลในเรื่องใหญ่ ๆ 8 เรื่องคือ

(1) การพัฒนา Conceptual Framework และ Standardized Sets of Indicators

(2) กลยุทธในการตรวจวัดในสนาม และการระบุค่า Indicators เป็นตัวเลข ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ข้อมูลที่ตรวจวัดต้อง Reliable, Accurate และ Inexpensive

(3) Case studies of specific indicators or performance levels of many systems

(4) การพัฒนาฐานข้อมูลเกี่ยวกับค่าของ Indicator ระบบชาติ ภูมิภาค และของโลก

(5) การประยุกต์ใช้ Indicators สำหรับการเปรียบเทียบการดำเนินงานระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบ (Inter-system Comparators) ซึ่งเรื่องนี้จำเป็นต้องมีนิยามกลางของ Indicators

(6) การวิเคราะห์เกี่ยวกับ Performance เพื่อหาจุดซึ่งผู้บริหารสามารถเข้าไปดำเนินการเพื่อเพิ่ม Performance ของระบบได้

(7) Internalization of performance-oriented attitudes, behavior and managerial systems ภายในองค์กรจัดการระบบชลประทานระดับชาติ

(8) วิเคราะห์แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของระดับ Performance ในระบบชลประทาน

คาดว่าในอนาคตแนวความคิดเกี่ยวกับการติดตามและประเมินผล Performance ของระบบชลประทานจะได้รับความสนใจ และมีการนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารระบบชลประทานอย่างได้ผล เช่นเดียวกับที่ใช้อย่างได้ผลมาแล้วในระบบธุรกิจทั่วไป

8. ตัวอย่างการจัดทำ Monitoring Plan

ภาคผนวก B แสดงรายละเอียดการศึกษาเพื่อจัดทำ Monitoring Plan สำหรับโครงการชลประทาน แม่งัด-แม่แฝก ใน จ.เชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. Abernathy, C.(1986), Performance Measurement in Canal Water Management, 2nd ed, ODI/IIMI Network Paper.
2. Abernathy, C.(1990), Indicators and Criteria of The Performance of Irrigation Systems, Regional Workshop on Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture held at Bangkok, FAO.
3. Bos, M.G. and J. Nugeteren, 1982, On Irrigation Efficiencies, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherland.
4. Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Johnson, H.G. and W.B. Snellen (1993), Methodologies for Assessing Performance of Irrigation and Drainage Management, 15th International Congress of ICID, Hague, Netherland.

5. Mao Zhi (1989), Identification of Causes of Poor Performance of a Typical Larger Sized Irrigation Scheme in South China, Asian Regional Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Schemes, Wallingford, England/ADB/NIA.

6. Small, L.E. and M. Svendsen, 1991, A Framework for Assessing Irrigation Performance, International fool Policy Research Institute, Washingtor, D.C., USA.

ภาคผนวก A

ดรรชนีแสดงผลการทำงานในการจัดการชลประทาน

(Performance Indicators in Irrigation Management)

ดรรชนีแสดงผลการทำงานในการจัดการชลประทาน (Performance Indicators in Irrigation Management)

วราวุธ วุฒิวณิชย์ [1]

ดรรชนีแสดงผลการทำงานที่จะกล่าวถึงในที่นี้จะมุ่งวัดผลการทำงานที่ระดับหัวหน้าโครงการ หรือหัวหน้า (สบ คบ.) ในการบริหารการชลประทาน ซึ่งอาจมีประโยชน์ต่อการตัดสินใจปรับปรุงการบริหารงานของโครงการ จึงจำเป็นต้องมีการเลือกดรรชนีที่เหมาะในการประเมินผลการทำงานในแต่ละกรณี

1. ประเภทของดรรชนี (Classification of Indicators)

ดรรชนีแสดงผลการทำงานอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ (Bos, M.G., and et al., 1993)

1.1 **ดรรชนีแสดงผลทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Performance Indicators)** ซึ่งถือเป็นหน้าที่หลักของหัวหน้าโครงการหรือหัวหน้าตอนที่จะต้องใช้อาคารชลประทานต่าง ๆ ให้สามารถส่งน้ำจากแหล่งน้ำและกระจายไปยังแปลงเกษตรกรได้อย่างเหมาะสม

1.2 **ดรรชนีแสดงผลทางการเกษตร (Agricultural Performance Indicators)** แสดงถึงผลกระทบโดยตรงของปัจจัยด้านการจัดการที่ใส่เข้าไปในรูปของพื้นที่ชลประทานและผลผลิต ซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการบางส่วนแต่ไม่ใช่ทั้งหมด ผลทางด้านการเกษตรคือผลลัพธ์โดยตรง (Direct Outcome) ของการส่งน้ำ

1.3 **ดรรชนีแสดงผลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมและสภาพแวดล้อม (Non-Agricultural Performance Indicators)** แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยที่ใส่เข้าไปทั้งทางด้านการจัดการและด้านการเกษตรต่อความมั่นคงและความ อยู่รอดของระบบเกษตรชลประทาน ผลกระทบที่กล่าวรวมถึงทั้งผลกระทบด้านกายภาพ และความอยู่รอดทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมของ ระบบเกษตรชลประทาน ซึ่งเกิดจากอิทธิพล (Effect) จากผลการส่งน้ำ

---

1 รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2. ดรรชนีแสดงผลทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Performance Indicators)

ในการประเมินผลของการส่งน้ำในระบบหลัก (Main System) ก่อนที่จะส่งให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกร พารามิเตอร์ที่แสดงผลทางชลศาสตร์ (Hydraulic Performance Parameters) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการส่งน้ำและบำรุงรักษาเป็นสำคัญ

2.1 ดรรชนีการส่งน้ำ (Conveyance Indicators)

หน้าที่หลักขององค์กรที่ทำหน้าที่จัดการระบบชลประทานคือการส่งน้ำให้ได้ตามแผน ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรจะได้มีการติดตามผลการส่งน้ำเป็นประจำวัน ดรรชนีที่แสดงผลการส่งน้ำในเชิงชลศาสตร์ที่สำคัญได้แก่

2.1.1 ดรรชนีแสดงผลการส่งน้ำ (Water Delivery Performance Indicator)

เป็นดรรชนีที่แสดงเปรียบเทียบระหว่างอัตราการส่งน้ำจริงและเป้าหมายการส่งน้ำ ซึ่งแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\text{Delivery Performance Ratio} = \frac{\text{Actual Discharge}}{\text{Target Discharge}} \quad \text{.....(1)}$$

ดรรชนีแสดงผลการส่งน้ำตัวนี้จะบอกให้ทราบว่าน้ำที่ส่งรอบเวรต่างๆ และที่ส่งให้พื้นที่ต่างๆ ในโครงการตรงตามแผนหรือว่าแตกต่างจากแผนที่วางไว้มากน้อยเท่าใด (IIMI, 1989)

กรณีที่ใช้ดรรชนีแสดงผลการส่งน้ำในช่วงเวลาที่ยาวนานกว่าวัน เช่น เดือน ควรใช้ปริมาตรน้ำแทนอัตราการส่งน้ำดังนี้

$$\text{Delivery Performance Ratio} = \frac{\text{Actual Volume}}{\text{Target Volume}} \quad \text{..... (2)}$$

2.1.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) แบ่งเป็น

$$\text{Overall Project Efficiency} = \frac{\text{Crop Water Requirement}}{\text{Total Inflow into Canal System}} \quad \text{..... (3)}$$

$$\text{Conveyance Efficiency} = \frac{\text{Total Outflow from Canal}}{\text{Total Inflow into Canal}} \quad \text{..... (4)}$$

$$\text{Distribution Efficiency} = \frac{\text{Field Level Delivery}}{\text{Total Inflow into Canal System}} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

$$\text{Field Application Efficiency} = \frac{\text{Crop Water Requirement}}{\text{Water Delivery to Field}} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

2.2 ดรรชนีการบำรุงรักษา (Maintenance Indicators)

การบำรุงรักษาอาคารมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 3 ประการคือ เพื่อความปลอดภัย เพื่อให้อาคารต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ และเพื่อรักษาคลองให้อยู่ในสภาพดีมีการสูญเสียน้ำขณะส่งน้อย และน้ำไหลได้สะดวก ดรรชนีที่แสดงภาพการบำรุงรักษาที่สำคัญได้แก่

$$\text{Efficiency of Infrastructure} = \frac{\text{No. of Functioning Structures}}{\text{Total No. of Structures}} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

ในการประเมินควรได้มีการจัดลำดับความสำคัญของอาคาร เช่น อาคารในคลองส่งน้ำสายใหญ่ สายซอย หรือคูน้ำแล้ววิเคราะห์ในแต่ละระดับ

ดรรชนีที่สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางน้ำและคุณสมบัติในการไหลเนื่องจากการตกตะกอนและการกัดเซาะคือ

$$\text{Seepage Loss Ratio} = \frac{\text{Actual Seepage Rate}}{\text{Target Seepage Rate}} \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

$$\text{Water Surface Elevation Ratio} = \frac{\text{Actual Water Surface Elevation at FSD*}}{\text{Target Water Surface Elevation at FSD}} \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

ถ้าระดับน้ำสูงขึ้นกว่าเป้าหมาย (FSD Elevation) แสดงถึงการตกตะกอน ถ้าต่ำกว่าแสดงถึงการกัดเซาะ

2.3 ดรรชนีแสดงประสิทธิภาพผลของการส่งน้ำ (Utility of Water Supplied)

ดรรชนีการส่งน้ำตามที่กล่าวมาแล้วไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของการส่งน้ำว่าเกษตรกรได้รับน้ำเพียงพอกับความต้องการและตรงกับเวลาที่ต้องการหรือไม่ การตรวจวัดประสิทธิผลของการส่งน้ำจึงถือว่ามีความสำคัญต่อการประเมินกลยุทธ์ในการปฏิบัติงาน ดรรชนีที่แสดงประสิทธิผลของการส่งน้ำที่สำคัญจะกล่าวถึงต่อไปคือ

2.3.1 ความเพียงพอ (Adequacy)

Levine (1982) เสนอสมการที่แสดงถึงความเพียงพอในการส่งน้ำคือ

---

* FSD คือ Full Supply Discharge

$$\text{Relative Water Supply} = \frac{\text{Irrigation + Rainfall}}{\text{Evaporation + Seepage + Percolation}} \quad \text{..... (10)}$$

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการประเมินความเพียงพอของการชลประทาน คือ 1 รอบของการส่งน้ำ ซึ่งอาจเป็น 7 วัน หรือ 10 วัน

2.3.2 **ความเชื่อถือได้ (Reliability)**

ความเชื่อถือได้ของการส่งน้ำนับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อเกษตรกรและต่อผลผลิต ถ้าเกษตรกรไม่สามารถคาดคะเนว่าเมื่อไรจะได้น้ำจะไม่สามารถวางแผนการเพาะปลูกให้เหมาะสมได้

Palmer (1990) และ Permer et al. (1991) เสนอ สมการในการคำนวณหาความเชื่อถือได้ของการชลประทานดังนี้

$$\text{Overall Reliability} = \frac{\text{Volume Delivered} \times \text{Actual Duration Supply}}{\text{Target Volume} \times \text{Target Duration Supply}} \quad \text{..... (11)}$$

2.4 **ดรรชนีความสม่ำเสมอ (Equity and the Achievement of Water Allocation Plans)**

ถ้าการส่งน้ำมีวัตถุประสงค์ว่าต้องส่งให้เกษตรกรทุกรายอย่างทั่วถึงและยุติธรรมจะต้องมีการตรวจวัดน้ำแล้วมาคำนวณหาดรรชนีความสม่ำเสมอ ซึ่ง Abernethy (1986) เสนอไว้ดังนี้

$$\text{Modified Interquartile Ratio} = \frac{\text{Average DPR of Best 25\% of the System*}}{\text{Average DPR of Worst 25\% of the System}} \quad \text{..... (12)}$$

หรือการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างน้ำที่เกษตรกรที่อยู่เหนือน้ำและท้ายน้ำได้รับ (Vander Velde, 1991)

$$\text{Head : Tail Equity Ratio} = \frac{\text{Average DPR of Upper 25\% of the System}}{\text{Average DPR of Tail 25\% of the System}} \quad \text{..... (13)}$$

3. ดรรชนีแสดงผลทางเกษตร (Agricultural Performance Indicators)

การประเมินผลของการจัดชลประทานต่อการเพาะปลูก ควรต้องทำเป็นรายฤดูกาลหรือรายปีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและตารางการเพาะปลูกเป็นสำคัญ

3.1 **ดรรชนีพื้นที่ (Area Indicators)**

เกี่ยวกับการตรวจวัดพื้นที่เพาะปลูก ความหนาแน่นของการเพาะปลูก (Cropping Intensity) และความหนาแน่นของการชล-

* DPR = Delivery Performance Ration

ประทาน (Irrigation Intensity)

Mao Zhi (1989) เสนอดรรชนี 2 ตัว คือ

$$\text{Irrigated Area Performance} = \frac{\text{Actual Area}}{\text{Target Area}} \quad \text{..... (14)}$$

และ

$$\text{Cropping Intensity Performance} = \frac{\text{Actual Cropping Intensity}}{\text{Target Cropping Intansity}} \quad \text{..... (15)}$$

3.2 ดรรชนีผลผลิต (Production Indicators)

ได้แก่ผลผลิตรวม ผลผลิตต่อไร่ และผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยน้ำ

$$\text{Production Performance} = \frac{\text{Total Production}}{\text{Target Production}} \quad \text{..... (16)}$$

$$\text{Yield Performance} = \frac{\text{Actual Yield}}{\text{Target Yield}} \quad \text{..... (17)}$$

$$\text{Water Producitivity Performance} = \frac{\text{Actual Water Productivity}}{\text{Target Water Productivity}} \quad \text{..... (18)}$$

4. ดรรชนีแสดงผลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมและสภาพแวดล้อม (Non-Agricultural Performance Indicators)

นโยบายด้านการเกษตรและการบริหารโครงการจะก่อให้เกิดผลกระทบระยะยาวต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจะประเมินได้ดังนี้

4.1 ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Viability)

กลุ่มบุคลลที่เกี่ยวกับการจัดการ ชลประทาน ไม่ว่าจะเป็นนักวางแผน เจ้าหน้าที่โครงการ และเกษตรกร มีความคิดเห็นแตกต่างกันเกี่ยวกับผลทางเศรษฐศาสตร์ของการชลประทาน เช่นหัวหน้าโครงการจะสนใจเกี่ยวกับงบประมาณและแหล่งเงินในการดำเนินการมากกว่าผลผลิตและผลกำไรจากการเกษตรของโครงการ

4.1.1 ความเหมาะสมทางด้านการเงิน (Financial Viability of Irrigation Agencies)

เพื่อดูว่างบประมาณที่ได้รับเพียงพอ สำหรับการบริหารงานส่งน้ำการบำรุงรักษาและการปรับปรุงระบบชลประทานหรือไม่

$$\text{Total Financial Viability} = \frac{\text{Actual O\&M Allocation}}{\text{Required O\&M Allocation}} \quad \text{..... (19)}$$

กรณีที่มีการเก็บเงินจากผู้ใช้น้ำ National Irrigation Administration ในฟิลิปปินส์ (Svendsen, 1992) เสนอสมการดังนี้

$$\text{Fee Collection Performance} = \frac{\text{Irrigation Fees Collected}}{\text{Irrigation Fees Due}} \quad \text{..... (20)}$$

4.1.2 ผลกำไรของการเกษตรชลประทาน (Profitability of Irrigated Agriculture)

ปกติเกษตรกรจะสนใจเฉพาะผลกำไรของการลงทุนในฟาร์มมากกว่างบประมาณในการบริหารงานส่งน้ำและบำรุงรักษา Mao Zhi (1989) เสนอดรรชนี 2 ตัวคือ

$$\text{Area Based Profitability} = \frac{\text{Incremental Benefit/Unit Area}}{\text{Total Irrigation Expenses/Unit Area}} \quad \text{..... (21)}$$

และกรณีที่น้ำขาดแคลนจะพิจารณาผลกำไรต่อหนึ่งหน่วยน้ำแทน

$$\text{Water Based Profitability} = \frac{\text{Incremental Benefit/Unit Water}}{\text{Total Irrigation Expenses/Unit Water}} \quad \text{..... (22)}$$

4.1.3 สำหรับนักวางแผนและผู้บริหาร (Planners and Policy Makers)

สิ่งที่นักวางแผนและผู้บริหารมองคือผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งดรรชนีที่ใช้กันทั่วๆ ไปคือ Economic Internal Rate of Return (EIRR) ซึ่งจะบอกให้ผู้บริหารทราบว่าการลงทุนในการชลประทานจะให้ผลกำไรมากน้อยเท่าใด และสามารถตัดสินใจว่าควรลงทุนในการชลประทานหรือนำเงินไปลงทุนทำกิจการอื่น ผลตอบแทนการลงทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ (EIRR) จะเป็นดรรชนีสำคัญในการนำไปจัดลำดับ ความสำคัญของการลงทุน ยกเว้นโครงการมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญทางด้านสังคมและการเมือง

4.2 ความยั่งยืนทางด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environmental Sustainability)

การจัดการชลประทาน อาจมีผลต่อความยั่งยืนทางด้านกายภาพของสภาพแวดล้อม ได้แก่การให้น้ำมากหรือน้อยเกินไปอาจทำไปสู่ปัญหาน้ำท่วมขังในแปลงและปัญหาเรื่องเกลือ

ในเขตราก (Waterlogging or Salinity) ดรรชนีที่ใช้วัดความยั่งยืนของสภาพแวดล้อมทาง กายภาพได้แก่

$$\text{Sustainability of Irrigated Area} = \frac{\text{Current Irrigable Area}}{\text{Initial Irrigable Area}} \quad \ldots\ldots\ldots (23)$$

ดรรชนีดังกล่าวจะบอกให้หัวหน้าโครงการชลประทานได้ทราบว่ามีการสูญเสียพื้นที่ชลประทานไปแล้วเท่าไร เนื่องจากปัญหาน้ำท่วมขังและเกลือ

นอกจากนี้หลายประเทศที่มีปัญหาอันเกิดจากการชลประทาน จะมีการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบการเสื่อมสลายของสภาพแวดล้อม เช่น

- ระดับน้ำใต้ดิน
- คุณภาพน้ำชลประทานที่ยอมรับได้
- คุณภาพน้ำที่ระบายออกจากแปลง
- ระดับเกลือในดิน
- Sodium Absorption Ratios
- ปริมาณสารพิษอันเกิดจากการใช้สารเคมี

การตรวจวัดดรรชนีที่กล่าวถึงจะทำให้มองเห็นแนวโน้มที่อาจเกิดกับสภาพแวดล้อมในอนาคต และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการในการปฏิบัติงาน การกำหนดกฎระเบียบเพื่อควบคุมการใช้ปัจจัยบางตัว การลงทุนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวโน้มดังกล่าวตลอดจนการให้การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาที่ต้นตอ

4.3 ความอยู่รอดของสังคม (Social Viability)

ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีผลงานวิจัยยืนยันแน่ชัดเกี่ยวกับผลของการจัดการชลประทานต่อสภาพสังคมและความอยู่รอดของสังคม แต่สามารถแบ่งดรรชนีความอยู่รอดของสังคมออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

4.3.1 ผลกระทบต่อสังคม (Social Impact)

ซึ่งหมายถึงผลของการชลประทานต่อคน ความเป็นอยู่ของคน การจัดองค์กร และอื่น ๆ การตรวจวัดทำได้โดยการเปรียบเทียบพารามิเตอร์บางตัวของพื้นที่ชลประทานและของพื้นที่นอกเขตชลประทาน เช่น

$$\text{Irrigation Employment Generation} = \frac{\text{Annual Person Days/Ha Labor in Scheme}}{\text{Annual No. Official Working Days}} \quad \ldots\ldots\ldots (24)$$

$$\text{Irrigation Wage Generation} = \frac{\text{Annual Average Rural Income}}{\text{Annual National or Regional Average Income}} \quad \ldots\ldots\ldots (25)$$

Relative Poverty

$$= \frac{\text{Percent Population Above Poverty Line in Scheme}}{\text{Percent Population Above Poverty Line in Nationally}} \quad \text{..... (26)}$$

4.3.2 ขีดความสามารถของสังคม (Social Capacity)

หมายถึงขีดความสามารถบุคคลและองค์กรในสังคม ในการจัดการและค้ำจุนระบบเกษตรชลประทานให้ยั่งยืนต่อไป ดรรชนีที่สำคัญได้แก่

Technical Knowlege of Staff

$$= \frac{\text{Knowledge Required to Fulfill Job}}{\text{Actual Technical Knowledge of Staff}} \quad \text{..... (27)}$$

Users' Stake in Irrigation System

$$= \frac{\text{Active Water Users Organizations}}{\text{Total No. of Water Users Organizations}} \quad \text{..... (28)}$$

ความรู้ทางด้านเทคนิคจริงของเจ้าหน้าที่จะหาได้โดยการทดสอบ ส่วนระดับความรู้ที่ต้องการจะดูได้จาก Job Description ความตื่นตัวขององค์กรผู้ใช้น้ำจะทราบได้จากความถี่ในการจัดประชุมสมาชิก เปอร์เซนต์สมาชิกที่เข้าร่วมประชุมกลุ่ม หรือจำนวนองค์กรที่ประสบความสำเร็จในหน้าที่ เช่น การจัดเก็บค่าธรรมเนียม (Fee) ค่าบำรุงรักษา หรือการจัดรอบเวรการส่งน้ำ

5. แรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิผลในการทำงาน (Incentive to Improve Performance)

โดยทั่ว ๆ ไปจะพบว่ายังไม่มีการให้รางวัลกับโครงการที่มีผลการปฏิบัติงานดีและลงโทษโครงการที่ปฏิบัติงานล้มเหลว ยิ่งกว่านั้นโครงการต่าง ๆ ยังไม่มีระบบการตรวจวัด และประเมินผลการทำงานเสียด้วยซ้ำ ปราศจากแรงจูงใจต่อผู้ที่ทำงานหนักขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการทำงาน จะทำให้หัวหน้าโครงการไม่ให้ความสำคัญและความสนใจต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโครงการ และการหาดรรชนีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

การดรเปลี่ยนแปลงจะต้องมีความตั้งใจจริงที่จะเปลี่ยนไปสู่ระบบการจัดการที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ มากขึ้น ช่วงเวลาในการเปลี่ยนอาจยาวนานมากเนื่องจากหน่วยงานอาจไม่มีกลไกที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการให้รางวัลกับผลการปฏิบัติงานได้แก่

ตัวอย่างของประเทศฟิลิปปินส์(Svendsen, 1992) ซึ่งมุ่งไปสู่ Performance Responsive Mode สิ่งที่ทำให้ National Irrigation Administration (NIA) ตัดสินใจเข้าสู่ระบบพึ่งพาตนเองทางด้านการเงิน (Self-Financing) อย่างน้อยก็สำหรับค่า O&M มาจากสมมติฐานที่ว่าเกษตรกรยินดีที่จะจ่ายค่าบริการ ด้านการชลประทาน (Irrigation Service Fees) ถ้าเกษตรได้รับการบริการที่น่าพอใจ แรงจูงใจเพื่อเพิ่มการเก็บค่าบริการได้ถูกนำมาใช้และการเลื่อนขั้นของเจ้าหน้าที่ ขึ้นอยู่กับผลการทำงานในการ

เก็บค่าบริการ ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวพันโดยตรงระหว่างผลการทำงานและรางวัลที่เจ้าหน้าที่ได้รับ

ตัวอย่างที่สองคือกรณีของกรมชลประทานศรีลังกา ซึ่งนำเอาระบบกิจกรรมสนับสนุนนโยบายการจัดการชลประทาน (Irrigation Management Policy Support Activity, IMPSA มาใช้ (IMPSA, 1992) ซึ่งระบบดังกล่าวได้พิจารณาให้รางวัลตอบแทนแก่เจ้าหน้าที่ตามผลการปฏิบัติงานแทนระบบเก่า (ระบบอาวุโส) โดยการนำระบบการประเมินผลการทำงานประจำปีมาใช้

6. เอกสารอ้างอิง

1. Abernethy, C.L. (1989), Performance Measurement in Canal Water Management, ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper 86/2d.
2. BOS, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.I., Johnson, H.G. and W.B. Snellen (1993), Methodologies for Assessing Performance of Irrigation and Drainage Management, A Paper presented at 15th International Congress of ICID, Hague, Netherland.
3. International Irrigation Management Institute (1989), Efficient Irrigation Management and System Turnover, ADB Technical Assistant TA 937-INO, Indonesia, Final Report Volume 2.
4. Levine, G. (1982) Relative Water Supply : An Explanatory Variable for Irrigation systems, Technical Report No. 6, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
5. Mao Zhi (1989), Identification of Causes of Poor Performance of a Typical Large Sized Irrigation Scheme in South China, Asian Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Systems, Hydraulics Research Institute-Wallingford; ADB; NIA of Philippines.
6. Palmer, J.D. (1990), Delivering Appropriate Quantities of Water to the Farm, In Irrigation and Drainage, Proceedings of the 1990 National conference, Steven C. Harris, ed., ASCE.
7. Plamer, J.D., Clemmens, A.F., Dedrick, A.R., Replogle, J.A. and Clyma, W. (1991) Delivery System Performance Case Study: Welton-Mohawak Irrigation and Drainage District, USA., Irrigation and Drainage Systems 5: 89-109
8. Svendson, M. (1992) Assessing Effects of Policy Change on Philippines Irrigation Performance, Working Paper on Irrigation Performance 2, Washington, D.C. : International Food Policy Research Institute.
9. Vander Velde, E.J. (1991), Performance Assessment in a Large Irrigation System in Pakistan : Opportunities for Improvement at the Distributary Level, Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Proceedings of the Regional workshop organized by FAO, 22-26 October 1990 , Bangkok.

ภาคผนวก B

ตัวอย่างการศึกษาเพื่อจัดทำ M+E plan ของโครงการชลประทานแม่งัด-แม่แฝก

MONITORING PLAN FOR OPERATION OF THE MAE NGAT AND MAE FAK IRRIGATION SYSTEM

22 May 1992

INTRODUCTION

The Mae Ngat reservoir was completed in 1982. In addition to increasing the area irrigated by the former Mae Ngat weir, the reservoir allowed excess water in the rainy season to be stored for use in the dry season. Water has been sufficient to irrigate dry season crops in Mae Ngat and also release water through the hydro-electric generators for dry season irrigation in the Mae Fak, Mae Ping Koa, and peoples irrigation systems along the Mae Ping River near Chiang Mai city.

Because of the severe drought in 1992, a new policy was put into effect that reallocates some of the water stored in the Mae Ngat reservoir to the Central Plains of Thailand. The new policy stipulates that compared to 1989 when the reservoir was full at the end of the rainy season, 50% less water will be released to the Mae Ngat and Mae Fak irrigation systems. The policy also states that priority will be given to hydro power generation.

GOALS FOR OPERATION OF THE MAE NGAT AND MAE FAK IRRIGATION SYSTEMS

The new water allocation policy initiated by the government shifts the water availability status from "water abundant" to "water scarce" in the Mae Ngat and Mae Fak systems. This calls for modification of the operation and maintenance plan for the systems. The goals of the systems have been revised so that procedures for operation can be clearly specified. The new goals are:

Optimum water use through:

1. Improved irrigation efficiency,
2. Promotion of crop diversification,
3. Introduction of deficit irrigation, and
4. Equitable distribution of water.

REPORT ON

DESIGN OF MONITORING SYSTEM

FOR

MAE FAK - MAE NGAT IRRIGATION PROJECT

ADMINISTRATION / ORGANIZATION , FINANCE AND WATER USER GROUP ISSUES

BY

GROUP I.

1. Dr. Varawoot Vrdhivanich	Thailand.
2. Mr. Vitoon Thititanapak	Thailand.
3. Mr. Carlos M.Pascual	Phillipines.
4. Mr. Margasito Cabadan	Phillipines.
5. Mr. I Gde Pitana	Indonesia.
6. Ms. Ermayeni Djohan	Indonesia.
7. Dr. David Groenfeldt.	USA.

1. DESCRIPTION OF PRESENT MONITORING SYSTEM

1.1 ADMINISTRATIVE / ORGANIZATION

There are 9 government officals and 179 employee working on the project right now. 50 employee are working in the office while the rest, 129, working in the field. Most of the 129 field employee are assigned for the maintenance works including repair and rehabilitation of the canal lining and control structures.

There is quite a well-defined project organization for Mae Fak - Mae Ngat irrigation project as shown in Figure 1. The job description of each function or staff of the organization is defined in general as shown in Table 1. However the job description of the project staff is not specific enough to give a good quideline for effective management.

Project engineer only evaluates his staff annually based on the personnel record of each individual provided by Administration Section and task performance according to his judgement. This task performance evaluation is done twice a year. The annual staff performance evaluation aims to identify the top ten best performance for special double annual promotion, not really for improving project performance.

Meeting among the project staff (only government officials) is held before starting of the irrigation season to plan for water allocation and delivery. During the season, the meeting may be held as need arise, but these is no regular meeting.

1.2 Project Finance

The project is wholy finaned by the government budget. The budget fiscal year is from October to September. Engineering section prepares the required annual budget including the following items:

- Estimated Repair and Rehalilitation costs
- Management Costs
- Salary of the government officials and Employees.

The estimated annual budget of the project is proposed to regional office No.1 during September. Where the budget can be modified before it is sent to RID (Bangkok) and finally to Ministry of Agriculture and Agricultural Cooperative, Cabinet and Parliament. It takes one year before the requested bedget is authorized.

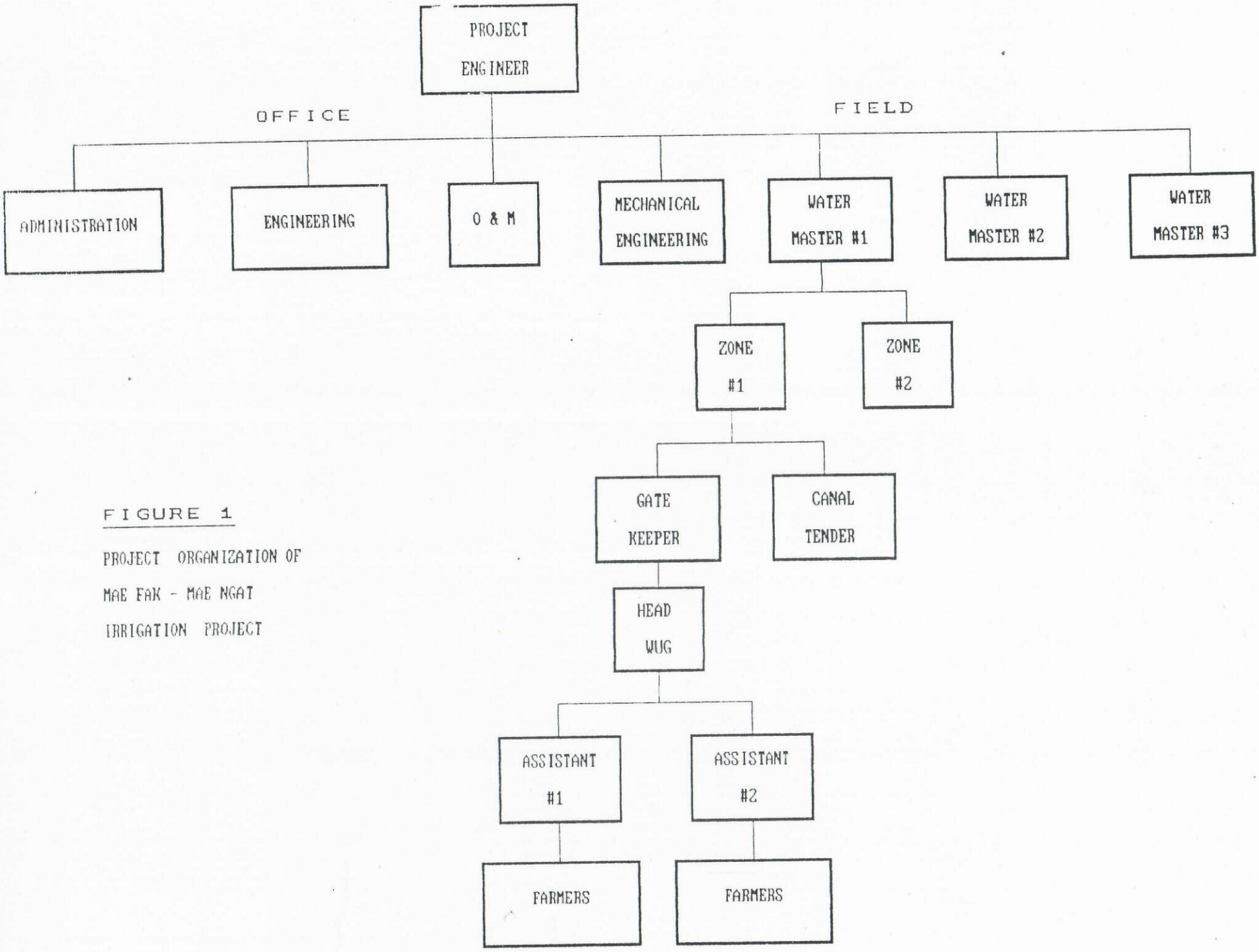


FIGURE 1

PROJECT ORGANIZATION OF

MAE FAK - MAE NGAT

IRRIGATION PROJECT

Table 1 General Job Descriptions of Project Staff and WUG

Staff	Job Descriptions
Project Engineer.	Manage the project.
Administration Section Chief.	Assist the project engineer on the administration of project personnel.
Engineering Section Chief.	Assist the project engineer on budget planning and control.
O & M Section Chief.	Assist the project engineer on planning for operation and maintenance of the project.
Water Master	Plan and supervise zonemen in the field of O & M works in his command area.
Zoneman	Plan and supervise Gate Keeper and Cannal tender, collecting and reporting the crop and water delivery data.
Gate Keeper	Open, Close and adjust the gate opening.
Canal Tender	Clean the main canal at 2.5 Km. per each person
WUG Head	Supervise and coordinate the farmer members on use of irrigation water and maintain the lateral coordination between officials and farmers.
Assistant of WUG Head	Assist the WUG Head in the water of delivery and maintaining the lateral coordination.
Farmers	

At the beginning of the fiscal year (October), the project by engineering section will design an annual plan to use the budget. The amount and period of budget to be used must be identified and submited to the Budget Bureau. The Budget Bureau releases the budget 3 times a year. Each covers 4 months period; October - January, February - May, and June - September.

Engineering section uses Gant Chart to present the annual plan for using the budget and the actual disbursement is superimposed on the planned to see the deviation between the planned and the actual. Usually the budget release is a few month late from the planned besides the release request is given a few month in advance.

1.3 Farmer User Group Issues

At the present time, there are water user groups exist in both Mae Fak and Mae Ngat Irrigation Project. The degree of farmer participation and organization of water user group is different between those in Mae Fak and those in Mae Ngat area. The main cause of the differences is the way the projects were initiated and developed. Mae Fak was transformed from an old traditinal project constructed by frarmers more than 60 years ago. While Mae Ngat is a newly developed project by Royal Irrigation Department. Farmers are more actively participate in canal water distribution and maintenance in Mae Fak Irrigation Project than in Mae Ngat.

There are rules and regulations established indepandently for each water user group. However the main rules are quite similar. There are rules to fine (penalize) the farmers who do not obey the rule for example not participating on seasonal canal cleaning ; stealing water, etc. The leader of WUG is elected by farmers and usually the term of the leader is very long. Many of the WUG leaders are the village headman or local administration people who are very respective people in the area. The WUG leaders select their assistants as needed. The responsililily on lateral canal water delivery is dicided in terms of area.

There are seasonal meetings just before starting of the growing season. The main issues discussed in the meeting are schedule for canal cleaning, crop types and area to be grown and rotational schedule.

Farmers pay service fee to the leader and assistants seasonally (wet and dry seasons) based on the growing area.

Nothing is being monitored systematically on the farmer user group issue both from farmers' and project side.

2. ASSUMPTIONS

Analysing the present situation of the irrigation system along the Mae Ping river brin, speciaely Mae Fak & Mae Ngat irrigation system. A new of monitoring system is hereby introduced. The newly-developed monitoring system is established base on the following assumption:

1. The goals of the irrigation system are changed or reoriented, namely the above mentioned goals;
2. Social - economic setting of the Mae Fak system do not change drastically;
3. Agricultural sector shall dominate the economy of the villages where the system is located (most of the villages depend on agricultural production).
4. Rice sufficiency is no longer the highest priority of the irrigation development ;
5. The policy of operating the system is not delivery driven by the central government; and
6. Existing indicators are not permanent. Addition and adjustment may be necessary for future applications.

3. NEW MONITORING PLAN

3.1 ADMINISTRATION INDICATORS

The set of administrative indicators presented here do not claim completeness. Addition and adjustments may be necessary for future applications in Mae Ngat/Mae Fak Irrigation Systems.

3.1.1 Target: Monthly meeting with well-kept minutes.

The conduct of regular and well-attented meetings provide a venue to discuss relevant/substantiate issues regarding the over-all operation plan to achieve the goal(s) of the project. The regular meeting will somehow be a problem-solving session, review of past, revise the present and plan future activities.

High attendance of staff in the monthly meeting is considered necessary to ensure the smooth functioning of the administration during the season.

Data Needed / Measurement / Processing and Communication :

Minutes of each meeting will be recorded by the assigned secretariate to keep track on various activities such as attendance, number of meetings, resolutions in solving problems. Corrected and certified copies of minutes will be furnished to all concerned staff for reference and information.

3.1.2 Target : The administration perceived division of responsibility. This pertains to the specific job description, hireling of qualified staff to do specific tasks assigned to him/her. The division might be based on the area, linear length, number of structures and equipments used in the project.

Indicator : The indicator gap and overlap measures personnel capacity on the specific tasks given to him/her.

Data Needed / Measurement / Processing and Communication : Thus written accomplishment reports should be well accomplished by each assigned staff to be submitted to the immediate supervisor for record keeping.

3.1.3 Target : The Administration should look into the promotion of the staff based on their performance. This provides an incentive to staff with excellent or very satisfactory performance. This might as well encourage low performing staff to improve themselves. If individual evaluation provoke some problems, team work evaluation should be followed.

Indicator : Task/accomplishment should correctly stated the various activities done by the individual or group. Honest and integrity of work done may reflect good values of concerned staff.

Data Needed/ Measurement/ Processing and Communication : Annual assessment of performance among personnel/group should be accomplished by each supervisor to their subordinate(s) and endorsed well-performing staff to the head of agency for due consideration on their promotion.

3.2 FINANCE INDICATOR

An issue encountered in this aspect in the implementation of the irrigation system's programs and projects were the delayed release of fund, and the reduction of the amount approved by the Budget Department as compared to the original budget proposal. Encountering this situation may affect the agricultural cropping pattern and production, and also, may not attain the overall system's Goal.

3.2.1 TARGET/STANDARD Under the new moritoring scheme of this aspects in the system emphasis will be focused on the amount and timing in the release of fund to the project office. The purpose of this target is to level on the approved budget with that of the proposal submitted by the project office.

Releasing the fund on time and meeting the fund requirement as proposed will provide more benefits to the end users, and the attainment of the systems goal.

INDICATOR : Deviation and time of release of fund was considered to be an indicator in this aspect. This is useful as a basis in moritoring the actual fund releases versus the amount programmed for the project activities including the timing. On this matter management may as this for the systems realistic operation base on the financial resources available.

MEASUREMENT OBSERVATION/PROCESSING : The information related to the aforementioned indicator can be gathered by gathering it every four months in a year. This can be collected from the disbursement record of the Accounting Section and through the actual finanial performaince in the field.

The information is then being compared by the Engineering Division with that of the programmed amount and post it in the bulletin board for public consumption.

INFORMATION COMMUNICATION : Actual fund disbursement should be processed in the accounting section then submit it to the Engineering Division for analysis and comparison to the programmed amount. This imformation will be feedbacked to the Project Manager through staff consultation meeting.

3.3 FARMERS' ORGANIZATION

3.3.1 Target : Effective Water users' Association

To support the goal of irrigation system mentioned above, partnership relation between RID staff and farmers group benefited from the irrigation system must be effective. The effective WUA will enable the WUA to manage the irrigation system.

Indicator : Several indicators can be seen in monitoring the effectiveness of the WUA namely :

a. Regularity of meeting
b. Percentage of members attending WUA meeting
c. The success of discussing substantive issues
d. The ability of WUA in minutes keeping
e. The regular election of WUA leaders.

Data needs, measurements and frequency : Data needed in relation to these indicators include the regularity and frequency of meeting conducted by the WUA in a season ; number of members participating the meeting out of the total number of members; whether the meetings are able to discuss the substantial issues sucessfully and acceptable for the majority of the members; the ability of WUA official to write down the meeting minutes and have them well kept; and the regularity of WUA in conducting chairmanship election.

These data can not be measured directly. Method offered/suggested to collect these data is observation, interviews with farmers leaders, and document/record examination. This can be done seasonally.

Processing : These kind of data do not need indepth analysis as long as monitoring is concerned. They only need comparison to the standard set for each indicator.

Comunication : Results of monitoring process must be comunicated to the manager before to the planting season comes.

3.3.2 Target: Effective conflict resolution

Inevitably, conflicts always occure in every organization. So too, for WUAs. Conflicts, at some extent, might bring the organization dynamics. However WUA has to have mechanism in overcoming conflict occured among the members.

Indicators : Indicators recommended in monitoring the conflict resolution are :

a.) The ability of WUA to record its activities, labour used in any activities, number of present and absent members, and financial involved.

b.) The ability of WUA leader to record water allocation, cropping pattern, and cropping intensity of its individual members.

c.) The ability of WUA leader to monitor the field condition of the farm.

d.) Number of complaints and mumber of problems solved.

Data needs, measurements, and frequency : In line with the indicators proposed, data needed include records made and kept by WUAs leaders in every activities done, i.e. record of labor used, record of income and expenditure, record/minutes of agreement, records of rules violation and its fines; record of individual cropping pattern and cropping intensity; records of water condition both at farm level and canal level; and record of conflict and their resolution.

These data obtained through interview with the leaders of WUAs and examination of record kept by WUAs leaders. This should be done seasonaly.

Processing : Data processing is done qualitatively.

Communication : Communication of the monitoring results have to be done at once, to give chance to the agency concerned to plan the guidance needed for WUAs.

3.3.3 Target: Farmers Participation in O and M.

High farmers participation ensure the better distribution of irrigation water, to be more equitably and smoothly distributed. It will increase the planted areas and the production. Frequency of conflict can be reduced because the more equitable water distribution.

Indicators :

- farmers involvement in decision making process and in the implementaion of the decision;
- farmers involvement in canal cleaning;
- regular discussion of irrigation by the farmers.

Measurement/Observation : Interview and record examination.

Processing : Descriptively analyzed.

Communication : Monthly report.

3.3.4 Target : High women participation.

Women come to know the general picture of the WUA activities and the role of irrigation service. This is important because plant grown in the irrigation area is usually decided by housewife. At least, the wife is consulted in this sense.

Indicators :

- Increased women participation in irrigation activities;
- Women attend the WUA meeting and discussion about irrigation.

Measurement/observation : Observation and record studies.

Processing : Descriptively analyzed

Communication : quarterly report.

3.3.5 Target : "FARMER RESOURCE MOBILIZATION" such as farmers' experience in O&M management, farmers used to give cooperation in cleaning canal, weed cutting that convey water to the field on time and as they required.

In doing so they might raised problems and introduce many methods. Local community have their own customs and traditions solve their own local problem which may not the same with others. In order to improved the irrigation efficiency we much look at the appropriate method that will achieve and fulfill the gap if they have.

Indicator : In Mae Fak and Mae Ngat Irrigation Project most WUAs have no fund to be used in the O&M work. They always utilized farmer labour which may seem the waste time. If WUA have their own fund, machine may be lead to support the O&M work. And farmers will have time to take more income in any way. WUA should scnerate fund through contribution from the member to set their own fund.

Data Needed /Measurement /Processing /Communication : Irrigation Project Manager and staff should be involved in convincing WUA to set their own fund. If WUA can achieve O&M activity in their respond area, it will decrease RID resources in O&M work at on-farm level. And utilize it in anothetr useful way irrigation project. The Manager can monitor this target by looking at the WUAs' activity record, their account books and observation in the field. It's better to monitor this issue twice a year before cropping.

3.3.6 Target : "EFFECTIVE AGRICULTURAL PLANNING" The main goal of RID is to provide enough water for sufficiant agriculture use and increase the income. Presently as we know the water in the dam seems to have less volume. So, RID try to increase irrigation efficiency and encourage farmer to efficiency use of water could be attain in agriculture. If farmer can do that the higher production.

Indicator : Farmer can find their agriculture situation by looking at the ratio of previous record of cropping pattern and other input used.

Data Needed /Measurement /Processing and Communication: Irrigation project staff should give farmer the knowleage how to use of cropping data. And should monitor at least once a year in the field. Also on the cropping's record to monitor if the farmer is achieving an acceptable level.

4. Recomendation

For safe record/data keeping, eary retrival and accuracy of database in the whole system, a Management Information System (MIS) unit in the administration should be created or formed. The MIS unit will be the central data bank/library of all collected data, records, operational seasonal maps, operations manuals, minutes of meetings, annual reports and other.

All other pertinent data collected such as irrigation deliveries will be stored, control of quality and process of data, if necessary; agricultural data which pertains or needed in the project will be filed.

The MIS unit will be backup by trained personnel in database management using computers for easy handling of large volume of data, fast operation and ready reference of information.

To make the inforation by the decision maker (i.e. the project engineer) or interested staff, there must be continuous information flow to the P.E. This can be done through regular meetings.

Monitoring Plan

on

Water Delivery and Management Issues

By :

1. Vichai	Sriboonlue	Thailand
2. Tienchai	Sundusadee	Thailand
3. Nakorn	Wongphayak	Thailand
4. Afwan	Syubie	Indonesia
5. Augustin	M. Ferrer	Philippines
6. Samuel	M. Contreras	Philippines
7. Robert	Yoder	USA.

I. PRESENT MONITORING SYSTEM

1. Planning on System Water Delivery

The system's irrigation water delivery planning process start in the irrigation system's office, which among other considered the available water supply to the irrigation system. The project office staff made the initial plan based on the water duty of 0.000176 cu.m/sec/rai or equivalent to 1.1 li/sec/ha.

Letter is then sent to the leader of water user group (WUG), after which consultation within the WUG is made by the leader. In turn, the leader submit the WUG consensus to the project office regarding the water allocation plan for each of the 16 leterals. After consolidation of the responses made by the WUG leaders, a meeting between the project office staff, leader of WUG and the district office staff is held to finalize the plan.

2. Main System

The gate in each of the 16 laterals is being managed by the gatekeeper (GK) who manipulates it upon the instruction of his water master (WM). The GK also records the discharges twice a day and report it to the project office. The project office staff consolidate the reported discharges and compare it with the targets, then submit a report to the regional office.

To prevent over topping of the main canal(MC), 5 strategic spots along the MC were selected and monitored its elevation 2 tines a day during dry season or every hour during the peak rainy season. These are being monitored and recorded by project office staff and submitted soonest at the project office.

Rotation along the MC is also being followed. Water is being allocated for 3 days in laterals 1-9, and 4 days allocation in laterals 10-16.

3. On-Farm Level

Water distribution within the laterals is the responsibility of the WUG, through their leaders. Farmers condition of their field water status will be reported to their leader and the leader will report it the zoneman.

The zoneman checks equity of water allocation among farmers within the laterals as well as consolidate reports and submit it to his WM.

4. Maintenance Aspect

Maintenance of irrigation facilities within the lateral is the responsebility of the WUG. However, Zoneman also monitors the functionality of these facilities and structures within the lateral and along the MC and report it to the Project Engineer. The Project Engineer, through the Engineer section check reported problems and provide appropriate action.

II. ASSUMPTIONS FOR NEW PLANS

1. Water supply adequate to serve the total command area for paddy during rainy season
2. During the dry season, 50% of the 1989 water supply is available
3. No paddy rice during the dry season.
4. For field crops, CWR and related data are available

III. NEW MONITORING PLAN

The most important target for water management aspect is amount of water supply to be allocated into all the lateral canals in the irrigation system. The amounts of discharge from the main canal to flow into any lateral can be planned by calculating from the irrigated area and water duty which depends on crop type. The actual water delivery should coincide with the planned. Therefore, the indicator for this is the ratio between the actual discharge and the allocated discharge from the main canal into each lateral. To meet with this target, however, measurement of discharge must be correct. The frequency of monitoring of actual discharge and the ratio should be done daily by the operation staff in the office. This monitoring message will report to the project engineer in a written form.

The allocated amount of water supply in the system is targetted to be divided proportionately among the laterals in the main canal, while the plan previously prepared reflect the flow in each lateral. Daily measurement will be undertaken to get the actual flow. The gate keeper will gather the data twice daily and will be submitted to water master for analysis and computation. A delivery index indicating actual Q_1/planned Q_1 will be prepared and will serve as an indicator for each lateral. Process data will be submitted to a prescribed form to the project engineer for appropriate action.

4. Maintenance Aspect

Maintenance of irrigation facilities within the lateral is the responsebility of the WUG. However, Zoneman also monitors the functionality of these facilities and structures within the lateral and along the MC and report it to the Project Engineer. The Project Engineer, through the Engineer section check reported problems and provide appropriate action.

II. ASSUMPTIONS FOR NEW PLANS

1. Water supply adequate to serve the total command area for paddy during rainy season
2. During the dry season, 50% of the 1989 water supply is available
3. No paddy rice during the dry season.
4. For field crops, CWR and related data are available

III. NEW MONITORING PLAN

The most important target for water management aspect is amount of water supply to be allocated into all the lateral canals in the irrigation system. The amounts of discharge from the main canal to flow into any lateral can be planned by calculating from the irrigated area and water duty which depends on crop type. The actual water delivery should coincide with the planned. Therefore, the indicator for this is the ratio between the actual discharge and the allocated discharge from the main canal into each lateral. To meet with this target, however, measurement of discharge must be correct. The frequency of monitoring of actual discharge and the ratio should be done daily by the operation staff in the office. This monitoring message will report to the project engineer in a written form.

The allocated amount of water supply in the system is targetted to be divided proportionately among the laterals in the main canal, while the plan previously prepared reflect the flow in each lateral. Daily measurement will be undertaken to get the actual flow. The gate keeper will gather the data twice daily and will be submitted to water master for analysis and computation. A delivery index indicating actual Q_1/planned Q_1 will be prepared and will serve as an indicator for each lateral. Process data will be submitted in a prescribed form to the project engineer for appropriate action.

Water distribution within lateral in the system, is relied on the farmers themselves and coordinated by the head of WUA. Therefore, equitability of water distribution will depend upon the conciousness, governments and coorperation among the farmers themselves. Measurement and observation of water distribution will be done daily by the farmers and checked and recovered by the head of WUG and under supervision of zoneman. Equitability of water distribution is indicated by farmers' satisfaction in internal meeting of WUG. It has to be monitored in the field by head of WUG.

An in-depth process in monitoring the equity of water distribution at farm level is by suggesting to the WUG to select strategically a specified farm area (sample) within each lateral. It will be monitored daily by an appointed member of the WUG and reported accordingly to their leader. This will serve as a basis of knowing the farm level water condition and will serve as an indicator in making decision in the equitable allocation of water among farmers within the programmed area of each lateral.

Another target which must be given emphasis in the light of scarce water supply is to attain high irrigation system efficiency. The probable indicators are conveyance efficiency and distribution efficiency. Measurement or reading from calibrated staff gauges along the main canal and laterals will be undertaken by the gate keeper. The water master will do the analysis computation of the gather data and entered results into a prescribed form for submission to the project engineer.

The last but not least target on water delivery system and maintenance is that all structures must be functional. The indicator for functional structures is good condition. By occasionally checking and calibrating every structure involved in the system. The frequency of calibration should be done just before each irrigation season. Normally a zoneman has his responsibility to oversee the irrigation structures within his zone area, therefore he should investigate and listen to farmers concerning the structure conditions. Then, he should report to water master and the project engineer, respectively. The zoneman should do the structure calibration.

Water distribution within lateral in the system, is relied on the farmers themselves and coordinated by the head of WUA. Therefore, equitability of water distribution will depend upon the conciousness, governments and coorperation among the farmers themselves. Measurement and observation of water distribution will be done daily by the farmers and checked and recovered by the head of WUG and under supervision of zoneman. Equitability of water distribution is indicated by farmers' satisfaction in internal meeting of WUG. It has to be monitored in the field by head of WUG.

An in-depth process in monitoring the equity of water distribution at farm level is by suggesting to the WUG to select strategically a specified farm area (sample) within each lateral. It will be monitored daily by an appointed member of the WUG and reported accordingly to their leader. This will serve as a basis of knowing the farm level water condition and will serve as an indicator in making decision in the equitable allocation of water among farmers within the programmed area of each lateral.

Another target which must be given emphasis in the light of scarce water supply is to attain high irrigation system efficiency. The probable indicators are conveyance efficiency and distribution efficiency. Measurement or reading from calibrated staff gauges along the main canal and laterals will be undertaken by the gate keeper. The water master will do the analysis computation of the gather data and entered results into a prescribed form for submission to the project engineer.

The last but not least target on water delivery system and maintenance is that all structures must be functional. The indicator for functional structures is good condition. By occasionally checking and calibrating every structure involved in the system. The frequency of calibration should be done just before each irrigation season. Normally a zoneman has his responsibility to oversee the irrigation structures within his zone area, therefore he should investigate and listen to farmers concerning the structure conditions. Then, he should report to water master and the project engineer, respectively. The zoneman should do the structure calibration.

IV. RECOMMENDATION :

1. The project management office must initiate to the formalization of the WUG to strengthen their participation in irrigation-related activities.
2. Provision of calebrated staff qauge after the lateral gate for accurate measurement of lateral flows.
3. Undertake a study of Pumping Units water requiremat along the main canal which affect the systems plan during data scarcity
4. Establish flow measuring device along drainage channel of irrigation system flow to monitor excess water.

III. NEW MONITORING PLAN

STANDARD TARGET	INDICATOR	MEASUREMENT OBSERVATION	FREQUENCY	PROCESSING	REPORTING
1. Allocated amount of water supply in the system	actual Qs / allocated Qs	Qs measurement	Daily	Operational staff analyzes actual and allocated Qs measurement	Thru prescribed form to project engineer
2. Equitable water distribution among laterals	actual QI / planned QI	QI measurement @ lateral	Daily	Water master receives data from gate keepers for analysis	Thru prescribed form to project engineer
3. Equiptable water distribution within laterals	- Farmers' satisfaction - (No. of complains)	- According to farmers	Daily	- Checking by WUG Head and zoneman - Recording by WUG Head	Internal reporting thru WUG meeting
4. Equitable water distribution at farm-level	Healthy/robust plant growth	Sample farm area observation	Once in two days	WUG leader recieves report from appointed farmer-member	WUG leader report to Zoneman

STANDARD TARGET	INDICATOR	MEASUREMENT OBSERVATION	FREQUENCY	PROCESSING	REPORTING
5. High Irrigation System Efficiency	Conveyance eff. $= \frac{\Sigma Q_1}{Q_s}$ Distribution eff. $= \frac{\Sigma Q_t}{Q_1}$	Q_s measurement Q_1 measurement Q_t measurement (turnout)	Daily Daily Daily	GK collect data for analysis by WM.	Thru prescribed form to project engineer
6. Functional Structures	– Good condition	– Calibration – Check condition	– Seasonal – Occasional	– Zoneman checks/assesses condition of structures & receives informantion from concerned persons	P.E W.M Zonemen Concerned Persons

MONITORING PLAN ON

AGRICULTURE , LAND AND WATER RIGHT ISSUES

GROUP 3

1.	Romualdo	B. Firmalino	Philippines
2.	Victorino	T. Taylan	Philippines
3.	Josefino	M. Aban	Philippines
4.	Thavesilp	Loomcharoen	Thailand
5.	Sununtha	Kingpaiboon	Thailand
6.	Wayan	Windia	Indonesia

1. Description of the Present Monitoring System

Monitoring of Agricultural activities in the project area is done by the Extension worker of the Department of Agricultural Extension. The average area serviced by each extension worker is about 1,000 ha.

Data gathered includes:

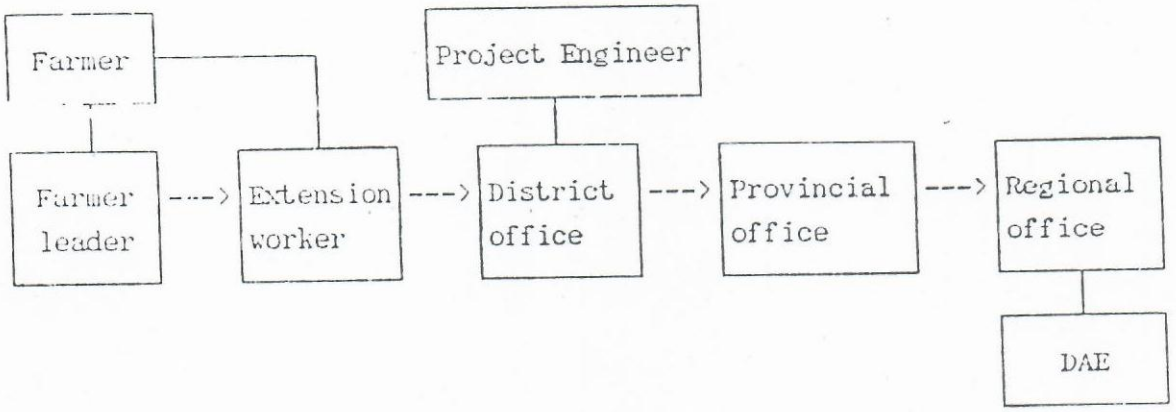
1. Types of crop planted.
2. Area planted at the beginning of the month.
3. New area planted during the month.
4. Total area planted at the end of the month.
5. Area for replanting.
6. Totally damaged area.
7. Harvested area.
8. Remaining cropped area after harvesting.
9. Yield per unit area.

These data is collected by farmer leader and submitted to the extension worker. Sometimes the extension worker directly collect the data from the farmers through interview and ocular survey. The information collected by the extension worker is tabulated in standard monitoring forms and forwarded to the agricultural extension district office.

The interaction between the project engineer's office and the District Agricultural Extension Office happen only once a year. Usually at the beginning of the summer planting season when the area to be planted is being planned , based on the quantity of water in the reservoir.

On the other hand, the project engineers office make its own informal monitoring by doing some field survey to determine the area irrigated during the season. This is aside from the information provided by the WUG and Extension office during the annual meeting.

The flow of agriculture information is shown in the following schematic diagram.



II. Development of New Monitoring System.

The existing method of monitoring system is based on the assumption that water supply condition is not limiting or critical. However, demand for water or supply conditions may drastically change in the future. An operation to cope-up with the changing situation has to be evolved and hence, an efficient monitoring plan has to be developed.

The development of the new monitoring plan is based on the following assumptions:

1. Water supply in the reservoir is limiting.
2. Land suitability is considered in selecting the crops to be grown.
3. People concerned has the "political will" to implement the plan.
4. Willingness and full cooperation of the farmers to adopt with the situation/"reality".
5. Agricultural support services is readily available.
6. Farmer's preference for crops to be grown will be considered in planning the cropping pattern.

III. New Monitoring Plan

The new monitoring plan is aimed at providing the irrigation system's manager a feed back mechanism on how the project performs in meeting the goal of optimizing the use of water under a limited supply condition.

A. Target/Standard

- To make crop production per unit area at par with or better than the average regional production level.

1. Indicators.

- Yield (crops produced)

2. Data needed, measurement and frequency.

- Farmers submit their crop yield to the head of WUG during seasonal meeting with the extension worker.

3. Data processing.

Head of WUG report the farmer's crop yield to the extension worker. These will be consolidated and summarized for submission to the District Agricultural Extension Officer and a written reports will be rendered to the Provincial Extension Office and the Project O & M Section of RID.

4. Communication/Reporting

The head of WUG should maintain a written record of agricultural activities in his area. He then should submit a forthnightly report, written in standard monitoring forms , to the extension worker. The extension worker consolidate the data in his district and submit a report, also in standard monitoring forms, to the District Agricultural Extension Officer every end of the month. The data is summarized and a seasonal progress report should be accomplished. A copy of this report should be immediately submitted to the Project O & M section of RID. The flow of information under the new monitoring scheme is shown in Figure 1.

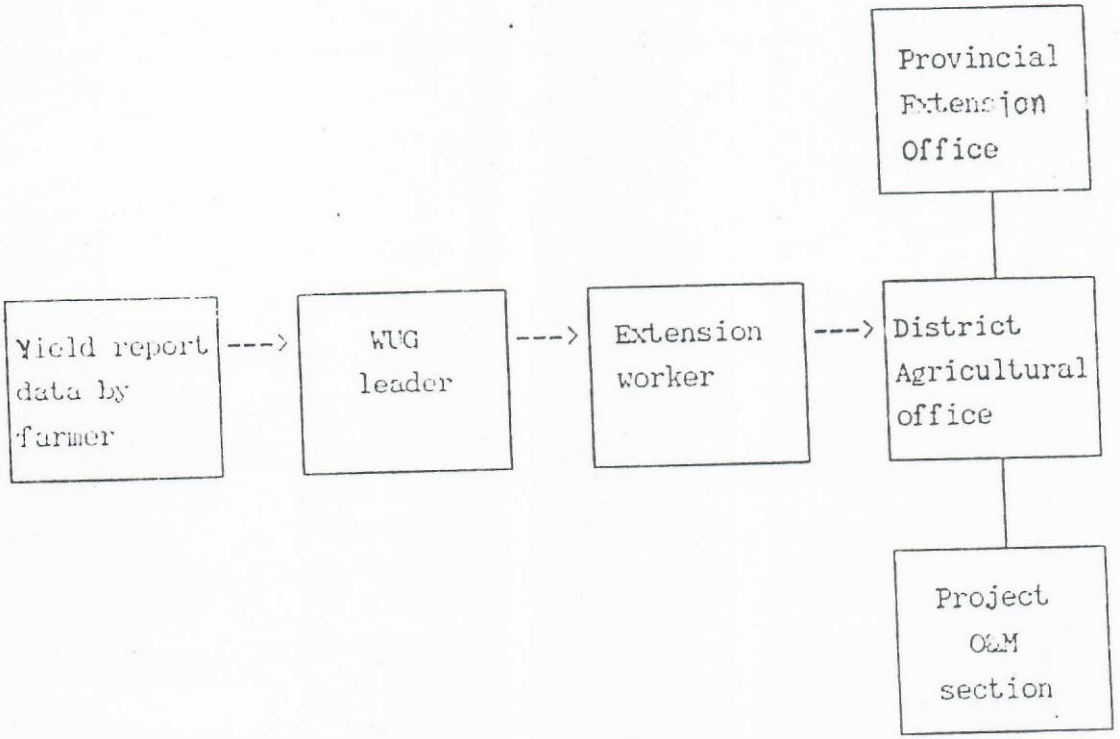


Fig. 1 Information flow chart.

B. Target / Standard.

- Maximum possible area to be irrigated based on available water supply.

1. Indicator

- Percentage of actual irrigated area ,

$$\left[\frac{\text{actual area}}{\text{targetted area}} \times 100 \right]$$

2. Data needed, measurement & frequency

- Same as in A.2

3. Data Processing

- from A

4. Communication / reporting

- Same as in A.4

IV. Recommendations :

- Information campaign aimed at making the farmers aware and understand the new monitoring scheme.
- Farmers training on improved water and crops management pratices.
- Training of extension workers about on-farm water management.
- Price subsidies on their products and farm inputs.
- Regular meeting between the District Agricultural Extension Office and Project Engineers Office (at least once every 3 months).

V. ANNEX ON INDICATORS :

TARGET/ STANDARD	INDICATOR	MEASUREMENT/ OBSERVATION	FREQUENCY
A. Regional average crop production per unit area 1. Paddy 2. Tomato 3. Potato 4. Soybean 5. Vegetable 6. Orchard	Yield	Farmers report their yield data to WUG	Every seasonal meeting
B. Maximum possible area to be irrigated based on available water supply Wet Season Paddy Tomato Soybean Dry Season Tomato Potato Soybean Vegetable Orchard	Percentage of actual irrigated area	Measure area cropped through field observation and interview of farmers	End of land preparation period