การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา

กิตติคุณ ปวงแก้ว

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง
สิงหาคม 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา

กิตติคุณ ปวงแก้ว

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง
สิงหาคม 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

STUDY ON THE SUITABILITY OF WATER SUPPLY TO SUPPORT UNIVERSITY OF PHAYAO

KITTIKHUN POUNGKAEW

An Independent Study in Partial Fulfillment of Requirements

for the Master of Engineering in Construction Managerment

August 2018

Copyright of University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุน

มหาวิทยาลัยพะเยา

ของ กิตติคุณ ปวงแก้ว

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

(รองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(อาจารย์ เทอดศักดิ์ โกไศยกานนท์)

เรื่อง: การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุน มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ศึกษาค้นคว้า: กิตติคุณ ปวงแก้ว, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (การบริหารงานก่อสร้าง), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์

คำสำคัญ พื้นที่ลุ่มน้ำ, น้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี, ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี, อ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยามีการพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ สำหรับจำนวนนักศึกษาและพนักงาน ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ดังนั้น ความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค– บริโภคและการดำเนินกิจกรรมต่างๆก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย และการพัฒนาแหล่งน้ำที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จไปนั้นยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อการพัฒนาด้านต่างๆได้ทั่วถึง

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา ได้พิจารณาความเหมาะสมของลำน้ำห้วยขวัญ โดยลำห้วยขวัญเป็นลำห้วยสาขาของน้ำงาว มีระดับสูง 680 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลำน้ำห้วยขวัญมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2.75 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1,176 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 861,039 ลูกบาศก์เมตร และได้พิจารณาเลือกจุดที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ ในเขต ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปาง ซึ่งผลจากการศึกษาปรากฏว่าอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ สามาถเก็บกักน้ำได้ประมาณ 800,000 ลูกบาศก์เมตร และสามารถส่งมาสนับสนุนได้ตามความต้องการของมหาวิทยาลัยพะเยา

ผลการศึกษาพบว่าความเหมาะสมทางการเงินของโครงการ ให้ผลตอบแทนน้อยกว่าเงินลงทุนที่ลงทุนไป จึงเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน อย่างไรก็ตาม โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่ต้องการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนให้แก่มหาวิทยาลัยพะเยา มหาวิทยาลัย สามารถที่จะนำน้ำเหล่านี้ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ซึ่งจะก่อเกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ในภายหลัง ดังนั้น จึงเห็นสมควรพิจารณานำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

Title: STUDY ON THE SUITABILITY OF WATER SUPPLY TO SUPPORT UNIVERSITY OF PHAYAO

Author: Kittikhun Poungkaew, Independent Study: M.Eng. (Construction Managerment), University of Phayao, 2018

Advisor: Assistant Professor Kittipong Vuthijumnonk

Keyword Water Shed Area Average Rainfall Average Runoff Huay Kwang Reservoir

ABSTRACT

At present, Phayao University is developing its activities for the increasing number of students and staffs in the future. Therefore, the demand of water for consumption and other activities is also increasing. The completed water resources development projects cannot meet the needs of water for the university development.

The study on the Suitability of Water Supply to Support University of Phayao is done by considering the suitability of Huai Khwan River. The Huai Khwan is a tributary of the Ngao River with an elevation of 680 meters above mean sea level. It's water shed area is about 2.75 square kilometers. The average annual rainfall was 1,176 millimeters, the average annual runoff was about 861,039 cubic meters and the appropriate site was selected for the construction of Huay Kwang Reservoir at Ban Rong, Ngao District, Lampang Province. The capacity of Huai Khwan Reservoir is about 800,000 cubic meters which can be delivered to support the demands of the University of Phayao.

The results reveal that the financial suitability of the project is less than the investment cost. The project is not worth investing. However, the project aims to provide water resources to Phayao University. The university can use water for other activities which will regulate other benefits to the university in the future. Therefore, it should be included in investment making decision process

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง ของรองศาสตราจารย์ กิตติพงศ์ วุฒิจำนงค์ ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการสำนักชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง ผู้อำนวยการโครงการชลประทานพะเยา ผู้อำนวยการโครงการชลประทานลำปาง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่ง ในการเก็บข้อมูลและเอื้อเฟื้อสถานที่ และคุณประทีป ต่ายใหญ่เที่ยง ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจ กำลังทรัพย์และทุกๆด้าน จนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้ศึกษาค้นคว้าที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

กิตติคุณ ปวงแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของงานวิจัย 2

บทที่ 2 3

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

ความหมายของการชลประทาน 4

ขบวนการเกิดน้ำท่า (Runoff Process) 6

นิยามของลุ่มน้ำ (Definition of Watershed) 6

โครงข่ายของลำน้ำ (Stream Networks) 8

ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration or Consumptive Use) 9

ปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลง (Water Requirement) 10

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Requirement) 11

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่ท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout Requirement) 12

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการ (Diversion Requirement or Project Irrigation Water Requirement) 12
ฝนใช้การได้ (Effective Rainfall) 13
ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency) 14
ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Water Conveyance Efficiency) 14
โครงการ (Projects) 16
การวางโครงการ (Project Planning) 17
การคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุน Runoff Estimation 18
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด 26
เทคนิคและวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำ 28
การหาความจุของ Dead Storage อ่างเก็บน้ำ 33
การทำ Reservoir Operation Study (R.O.S.) 34
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 35
การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ 36
บทที่ 3 38
วิธีดำเนินงานวิจัย 38
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่โครงการ (Rainfall Analysis) 38
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านหัวงาน (Runoff Analysis) 38
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด 42
การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำของโครงการ 42
การพิจารณาวางโครงการ 43
การประมาณราคาก่อสร้าง 45
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 45
บทที่ 4 47

ผลการวิจัย.....47
ที่ตั้งโครงการ.....47
สภาพภูมิประเทศ.....48
สภาพภูมิอากาศ.....49
การวิเคราะห์การแพร่กระจายของน้ำท่ารายเดือน.....50
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด (PEAK FLOOD).....56
การคำนวณปริมาณตะกอนที่คาดว่าจะตกจมก้นอ่างเก็บน้ำ (Dead Storage).....57
การพิจารณาวางโครงการ.....57
ความต้องการใช้น้ำของโครงการ.....59
การหาพื้นที่ชลประทาน.....61
ผลการวิเคราะห์ด้านการประมาณราคาก่อสร้าง.....63
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....64
บทที่ 5 บทสรุป.....67
สรุปผล.....67
ข้อเสนอแนะ.....68
บรรณานุกรม.....77
ประวัติผู้วิจัย.....79

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูก 5

ตาราง 2 แสดงคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลผ่านหัวงานทั้งปี 51

ตาราง 3 แสดง RUNOFF ESTIMATION.....52

ตาราง 4 แสดงข้อมูลแสดงการแพร่กระจายปริมาณน้ำต้นทุน อ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ 55

ตาราง 5 แสดงการหา EVAPORATION AND SEEPAGE 61

ตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของโครงการอ่างเก็บน้ำ 64

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการอ่างเก็บน้ำขวัญ 66

ตาราง 8 แสดงโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ 71

ตาราง 9 แสดงน้ำท่ารายเดือน สถานีบ้านหลวงเหนือ อ.งาว จ.ลำปาง (Y13A. น้ำงาว) 72

ตาราง 10 แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือน 73

ตาราง 11 แสดงการคำนวณ R.O.S. รอบที่ 1.....74

ตาราง 12 แสดงการคำนวณ R.O.S. รอบที่ 2.....75

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราราคางานเฉลี่ยของงานก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ 76

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงขอบเขตของลุ่มน้ำ 7
ภาพ 2 แสดงกราฟพื้นที่ลุ่มน้ำสะสมที่จุดต่างๆ ในลุ่มน้ำ 7
ภาพ 3 แสดงตัวอย่างการจัดลำดับลำน้ำของลุ่ม 9
ภาพ 4 แสดงการสูญเสียของน้ำในแปลงนาข้าว 10
ภาพ 5 แสดงสัญลักษณ์ของการทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ 29
ภาพ 6 แสดงตัวแปรของระบบอ่างเก็บน้ำ 30
ภาพ 7 แสดงลักษณะการวางตัวของอ่างเก็บน้ำ 32
ภาพ 8 แสดงที่ตั้งโครงการจัดหาแหล่งน้ำสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา 47
ภาพ 9 แสดงสภาพลำน้ำห้วยขวัญ 48
ภาพ 10 แสดงเส้นทางเดินพายุผ่านประเทศไทย 49
ภาพ 11 แสดงแผนที่ 1:50,000 แสดงพื้นที่รับน้ำฝน 50
ภาพ 12 แสดงแผนที่แสดงน้ำท่ารายปี 53
ภาพ 13 แสดง Runoff Coefficient Char 54
ภาพ 14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและพื้นที่อ่างเก็บน้ำ 56
ภาพ 15 แสดงผังบริเวณทำดินอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ 59
ภาพ 16 แสดงตารางประมาณความต้องการใช้น้ำในมหาวิทยาลัยพะเยา 60
ภาพ 17 แสดงการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปให้แก่พื้นที่เพาะปลูก 62

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยามีแผนงานก่อสร้างอาคารสถานที่เพิ่มขึ้นสำหรับรองรับการจัดการเรียนการสอนตามนโยบายและทิศทางการพัฒนามหาวิทยาลัย รวมถึงการพัฒนาภูมิทัศน์เพิ่มมากขึ้นและในอนาคตจะทำการเปิดโครงการศูนย์การแพทย์และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา และการพัฒนาแหล่งน้ำของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการแล้วเสร็จไปนั้น ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันก็ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อการพัฒนาด้านต่าง ๆ ได้ทั่วถึงจึงทำให้ประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนน้ำหรือความเดือดร้อนในเรื่องน้ำที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้นทุก ๆ ปี จากสถิติการใช้น้ำภายในมหาวิทยาลัยพะเยา ปริมาณการความต้องการใช้น้ำในอนาคตของมหาวิทยาลัยพะเยามีความต้องการใช้ในการดำเนินกิจกรรมตามภารกิจของมหาวิทยาลัย คิดเป็นอัตรา 2,000,000–2,500,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำต้นทุนที่มีอยู่นั้นไม่สามารถรองรับการใช้งานได้เพียงพอต่อความต้องการ

จากเหตุผลข้างต้นมหาวิทยาลัยพะเยาต้องมีการเตรียมการและจัดหาแหล่งน้ำใช้ภายในมหาวิทยาลัยให้เพียงพอต่อการอุปโภค–บริโภคและกิจกรรมต่างๆภายในมหาวิทยาลัย ดังนั้นการศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยาจึงพิจารณาการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปางและเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า การจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา แนวทางใดจะมีความเหมาะสมและใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ ถูกต้องตามหลักวิชาการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของน้ำท่าที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

2. เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจของการเลือกจุดที่ตั้งของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาเฉพาะพื้นที่กรณีศึกษาเขตพื้นที่ลำน้ำห้วยขวัญ พิกัด 47 QPB 905-005 ระวาง 4947 II ลำดับชุด L 7018 ตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง เพื่อพิจารณาก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

1. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านหัวงาน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการตรวจสอบจากสถานที่จริง รวมทั้งการเก็บรวบรวบ ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสูงสุด

4. การศึกษาความต้องการใช้น้ำของโครงการ

5. การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุน มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ความหมายของชลประทาน
2. ขบวนการเกิดน้ำท่า
3. นิยามของลุ่มน้ำ
4. โครงข่ายของลำน้ำ
5. ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช
6. ปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลง
7. ปริมาณความต้องการใช้น้ำชลประทาน
8. ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่ท่อส่งน้ำเข้านา
9. ปริมาณความต้องการใช้น้ำชลประทานของโครงการ
10. ฝนใช้การได้
11. ประสิทธิภาพการชลประทาน
12. ประสิทธิภาพการส่งน้ำ
13. โครงการ
14. การวางโครงการ
15. คำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนหรือ Runoff Estimation
16. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด
17. เทคนิคและวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำ
18. การหาความจุของ Dead Storage อ่างเก็บน้ำ
19. การทำ Reservoir Operation Study (Ros)
20. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

21. การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

ความหมายของการชลประทาน

เมื่อกล่าวถึงคำว่า “การชลประทาน” สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียมหาวิทยาลัยขอนแก่น (2524) (เอกสารประกอบการฝึกอบรม การพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก สำหรับวิศวกรและช่างเทคนิค) กล่าวไว้ว่า ส่วนใหญ่แล้วมักจะนึกถึง เขื่อนใหญ่ ๆ อ่างเก็บน้ำ คลองส่งน้ำชลประทาน และอาคารชลประทานต่าง ๆ ที่จริงแล้วการชลประทานเป็นทั้งวิทยาศาสตร์ และศิลปะ ที่นำเอาความรู้จากหลายแขนงเข้ามาใช้รวมกัน อันได้แก่ วิศวกรรม การเกษตร เศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี เป็นต้น ความหมายของการชลประทานจึงกว้างมาก อาจจะกล่าวได้แตกต่างกันออกไปมากมายหลายอย่าง แล้วแต่ว่าใครจะมองในแง่ไหน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าความหมายจะแตกต่างกันไปบ้างแต่ก็มีจุดประสงค์ใหญ่อันเดียวกันคือ

การชลประทาน หมายถึง การนำน้ำจากทางน้ำหรือแหล่งน้ำใด ๆ ไปใช้ในการเพาะปลูก หรืออุปโภค–บริโภค ในเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นดินในบริเวณนั้น ๆ ไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับแก่การเจริญเติบโตของพืชและการอุปโภค–บริโภค

เหตุใดจึงจำเป็นต้องมีการชลประทาน

หลักการสำคัญในการเพาะปลูกคือการจัดหาน้ำมาให้เพียงพอแก่ความต้องการของพืชโดยไม่ให้น้ำมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ซึ่งตามปกติน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพาะปลูกเพียงพออย่างเดียวมักไม่พอเหมาะที่จะอำนวยประโยชน์ในการเจริญเติบโตแก่พืชในวัยต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ การชลประทานจึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นเพราะน้ำเปรียบเสมือนชีพจรของการเกษตร เนื่องจากผลผลิตจะเพิ่มขึ้น คุณภาพจะดี และทำให้ผลผลิตคงที่ก็เมื่อมีการชลประทานช่วย กล่าว คือ

1. การชลประทานเป็นหลักประกันได้ว่าพืชจะมีน้ำเพียงพอกับความต้องการอยู่ตลอดเวลา

2. การชลประทานช่วยให้สามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชต่อไร่ได้มากขึ้น

3. การชลประทานช่วยให้สามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ทำให้สามารถปลูกพืชใหม่ ๆ ที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น

5. ทำให้สามารถปลูกพืชที่ให้ผลกำไรตอบแทนสูง

6. ทำให้การเพาะปลุก เช่น การตกกล้า การปักดำ และการเก็บเกี่ยวให้เสร็จตามแผนการผลิตของความต้องการของตลาด

7. ทำให้สามารถปลูกพืชหมุนเวียนกันได้ทุกฤดูกาลหรือตลอดทั้งปี

8. ทำให้สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกให้ได้ประโยชน์มากขึ้น

9. สามารถป้องกันวัชพืช

10 ช่วยชำระล้างความเต็มของดิน

หรือถ้าจะแยกความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูกที่อาศัยการชลประทานกับการเพาะปลูกที่ไม่อาศัยการชลประทานให้เห็นข้อแตกต่างกันได้ดังนี้

ตาราง 1 แสดงความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูก

อาศัยการชลประทาน	ไม่อาศัยการชลประทาน
ฤดูปลูกที่ยาวนานกว่า	ฤดูปลูกสั้น
ปลูกพืชได้มากชนิดกว่า	จำกัดชนิดพืชในการปลูก
ปลูกพืชหลายอย่างในขณะเดียวกัน	ปลูกพืชได้น้อยอย่าง
มีความมั่นคงและได้ผลผลิตสูง	ไม่มั่นคงและได้ผลผลิตต่ำ
มีค่าลงทุนสูงโดยได้รับค่าตอบแทนสูง	ค่าลงทุนต่ำแต่มีผลตอบแทนต่ำ
ช่วงระยะเวลาการทำงานนานและมีงานที่จะต้องปฏิบัติมากกว่า	ช่วงระยะเวลาการทำงานสั้นและมีงานน้อย

อย่างไรก็ตามต้องขอกล่าวเน้นไว้ที่นี้ว่า การจัดหาน้ำเพื่อวัตถุประสงค์นี้ควรทำต่อเมื่อผลประโยชน์ที่จะได้รับเพิ่มขึ้นคุ้มกับค่าลงทุนเท่านั้น ถ้าหากไม่คุ้มก็ไม่ควรมีการชลประทานในการที่จะใช้น้ำชลประทานให้มีประสิทธิภาพสูงได้นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 อย่างด้วยกันคือ ระบบชลประทานได้รับการออกแบบไว้ดี และมีการจัดการที่ดี ระบบชลประทานที่ดีต้องมีข้อมูลที่ใกล้เคียงความจริงที่สุด นอกจากนี้ยังต้องการผู้ออกแบบที่มีความรู้และประสบการณ์สูง ส่วนการจัดการที่ดีก็จำเป็นจะต้องใช้ผู้มีความรู้หลักการเท่าเทียมกันในอันที่จะทำให้มีประสิทธิภาพในการชลประทานที่ดี

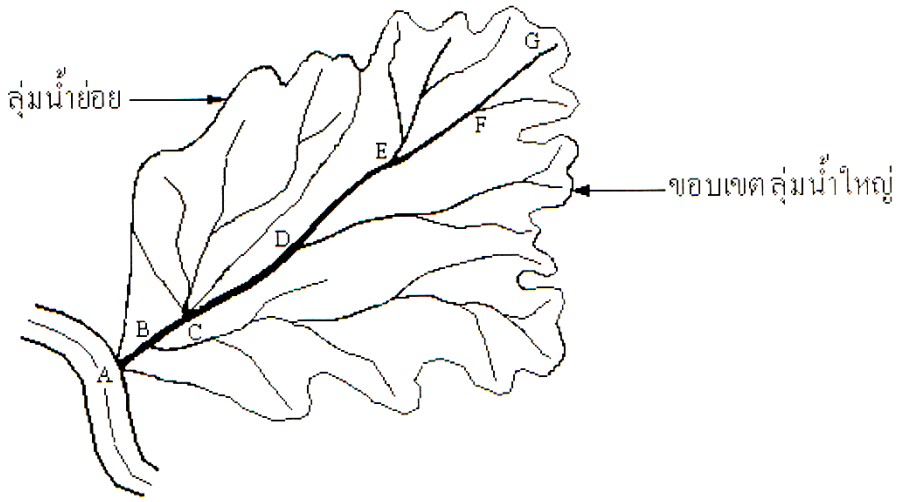
ขบวนการเกิดน้ำท่า (Runoff Process)

ฝนที่ตกลงบนผิวดิน วราวุธ วุฒิวณิชย์, (2533, หน้า 1-4) กล่าวว่า เมื่อหักปริมารการเก็บกักบนผิวดิน (Surface Storage) การซึมลงไปในดินและการระเหยแล้ว ที่เหลือจะเป็นน้ำท่าผิวดิน (Surface Storage) ในช่วงที่ฝนเริ่มตกน้ำไหลเป็นแผ่นบาง ๆ ไปบนผิวดิน การไหลของน้ำในลักษณะนี้เรียกว่าการไหลบนผิวดิน (Overland Flow) คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของการไหลบนผิวดินยังคงไม่สามารถอธิบายได้แน่ชัด (Chow, V.T. and Linsley et. Al, 1960) น้ำท่าที่ไหลไปบนผิวดินนี้จะไหลไปรวมตัวกัน (Concentrating) ในร่องน้ำเล็ก ๆ หรือเริ่มกัดเซาะดินเป็นร่องน้ำเล็กในเวลาอันรวดเร็ว หลังจากนั้นการไหลของน้ำจะเปลี่ยนเป็นการไหลในทางน้ำ (Channel Flow) จากลำน้ำเล็กสู่ลำน้ำที่ใหญ่ขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงลำน้ำที่ใหญ่ที่สุดในลุ่มน้ำ และในที่สุดจะไหลออกสู่ทางออก (Outlet) ของลุ่มน้ำ

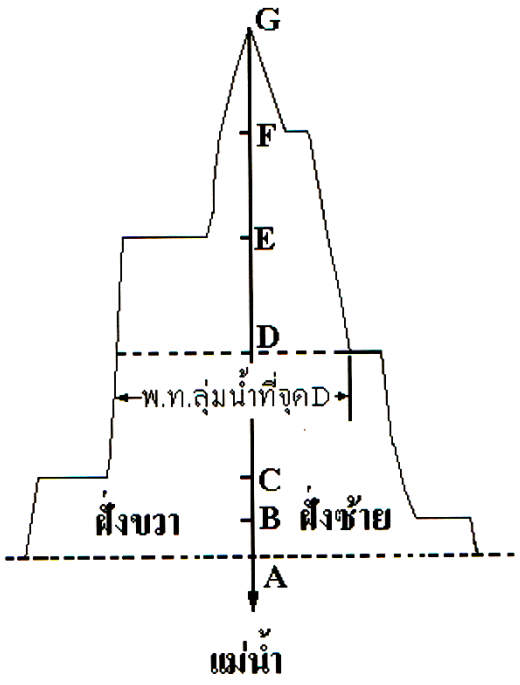
จุดที่น้ำซึ่งเกิดจากฝนที่ตกในลุ่มน้ำไหลมารวมกันเรียกว่าทางออก (Point of Concentration) เช่นจุด A (ภาพ1) คือทางออกของลุ่มน้ำระยะเวลาที่น้ำไหลจากจุดที่ไกลที่สุดในเชิงชลศาสตร์ถึงทางออกของลุ่มน้ำเรียกว่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Time of Concentration)

นิยามของลุ่มน้ำ (Definition of Watershed)

ลุ่มน้ำหมายถึงพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดซึ่งน้ำท่าผิวดิน (Surface unoff) ที่เกิดจากฝนที่ตกลงบนพื้นที่นี้จะไหลออกสู่ทางออก (Point of Concentration) โดยนัยนี้ลุ่มน้ำจึงเกี่ยวข้องกับทางออกอันใดอันหนึ่งโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น จุด A (ภาพ 1) คือ ทางออกจุดสุดท้ายของลุ่มน้ำที่กำหนดให้ ขณะที่จุด H เป็นทางออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (บริเวณที่แรงเงา) ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่พูด-ถึงพื้นที่ลุ่มน้ำควรต้องพูดให้ชัดว่าเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือจุดใด เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อยที่เขื่อนเขาแหลม อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่เท่ากับ 3,720 กม.^{2} เป็นต้น



ภาพ 1 แสดงขอบเขตของลุ่มน้ำ



ภาพ 2 แสดงกราฟพื้นที่ลุ่มน้ำสะสมที่จุดต่างๆ ในลุ่มน้ำ

เส้นแบ่งเขตลุ่มน้ำหรือสันปันน้ำ (Watershed Divide) ซึ่งเป็นเส้นที่วิ่งไปตามแนวสูงสุดของพื้นที่ ฝนที่ตกลงในพื้นที่อยู่นอกสันปันน้ำจะไหลลงลุ่มลำน้ำอื่น (ภาพ 1)

ทางออก (Point of Concentration) ยิ่งอยู่ทางด้านท้ายน้ำมากขึ้นก็จะมีลำน้ำสาขาไหลลงมารวมกันมากขึ้น และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำจะมากขึ้นตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ลุ่มน้ำตามแนวลำน้ำสายใหญ่เมื่อทางออกเคลื่อนตัวไปทางด้านท้ายน้ำจะสามารถแสดงด้วยกราฟดังจุดที่มีลำน้ำสาขาไหลเข้ามาบรรจบลำน้ำใหญ่ ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำตามแนวลำน้ำใหญ่เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลำน้ำสาขา ส่วนช่วงที่พื้นที่ลุ่มน้ำค่อย ๆ เพิ่มขึ้นคิดจากพื้นที่ซึ่งน้ำไหลบนผิวดิน (Overland Flow Area)

โครงข่ายของลำน้ำ (Stream Networks)

วิชากลศาสตร์ของของไหล ใช้ทฤษฎีการศึกษาความคล้ายคลึง (Similarity) ในการไหลของของไหลเป็นเครื่องมือสำคัญในการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการศึกษาในแบบจำลอง (Model) กับในสภาพจริง (Prototype) ในทำนองเดียวกันวิชาอุทกวิทยา ก็ได้อาศัยวิชาที่เกี่ยวกับรูปร่างลักษณะทางธรณีวิทยา (Geomorphology) หรือการศึกษารูปร่างลักษณะพื้นที่ผิวดินในเชิงปริมาณ เพื่อบ่งบอกถึงความคล้ายคลึงระหว่างลุ่มน้ำต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคล้ายคลึงของโครงข่ายลำน้ำต่าง ๆ

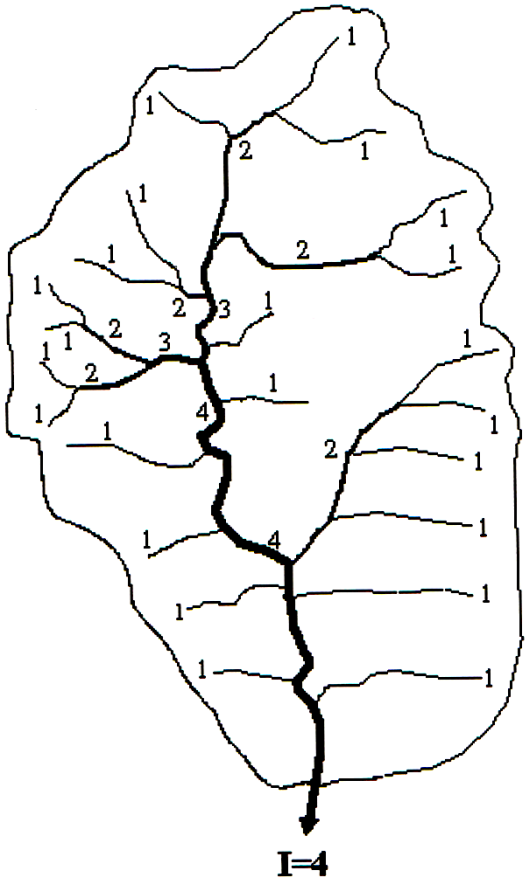
Horton, R.E (1945) เป็นคนแรกที่ได้ศึกษา เกี่ยวกับโครงข่ายลำน้ำ และเป็นผู้พัฒนาระบบในการจัดการลำดับโครงข่ายลำน้ำพร้อมทั้งคิดสูตรในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวน (Number) และความยาว (Length) ของลำน้ำกับลำดับ (Oder) ของลำน้ำ ระบบการจัดลำดับลำน้ำ (Stream Ordering System) ของ Horton ซึ่งได้รับการพัฒนาแก้ไขโดย Strahler, A.N. (1964) กล่าวว่า

1. ลำน้ำเล็กที่สุดในลุ่มน้ำคือ ลำน้ำลำดับที่ 1 ซึ่งปกติจะมีน้ำไหลเฉพาะช่วงที่มีฝนตก

2. ลำน้ำลำดับที่ 1 สองลำน้ำหรือมากกว่าไหลมารวมตัวกัน จะเกิดเป็นลำน้ำลำดับที่ 2 ในทำนองเดียวกันลำน้ำลำดับที่ 2 ตั้งแต่ 2 ลำน้ำขึ้นไปไหลมารวมตัวกันจะเกิดเป็นลำน้ำลำดับที่ 3 หรือโดยทั่ว ๆ ไปอาจกล่าวได้ว่า ลำน้ำลำดับที่ i ตั้งแต่ 2 ลำน้ำขึ้นไปไหลมารวมตัวกันจะเกิดเป็นลำน้ำลำดับที่ i +1

3. ลุ่มน้ำที่เกิดจากลำน้ำที่มีลำดับต่ำกว่าไหลไปรวมตัวกับลำน้ำที่มีลำดับสูงกว่าจะมีลำดับเท่ากับลำดับที่สูงกว่า เช่น ลำดับที่ 1 รวมกับลำดับที่ 2 จะมีลำดับเท่ากับ 2

4. ลำดับของลุ่มน้ำจะกำหนดตามลำดับของลำน้ำที่ระบายน้ำออกสู่ทางออก (Outlet) ซึ่งก็คือลำดับที่สูงสุดในลุ่มน้ำและกำหนดให้เท่ากับ 1



ภาพ 3 แสดงตัวอย่างการจัดลำดับลำน้ำของลุ่ม

ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration or Consumptive Use)

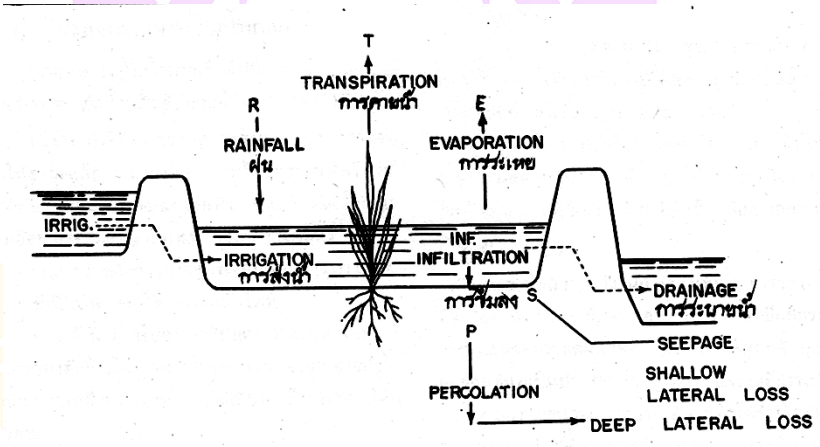
สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, (2526, หน้า 29-30) กล่าวไว้ว่า หมายถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง รวมกับปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปโดยการระเหยจากผิวดินหรือผิวน้ำในแปลงเพาะปลูกนั้นด้วย (ภาพ 4)

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่พืชใช้สำหรับการหล่อเลี้ยงลำต้นและอวัยวะต่าง ๆ ของพืชแล้วคายน้ำออกทางใบ กรรมวิธีต่อเนื่องที่พืชดูดน้ำขึ้นมาแล้วคายออกทางใบนี้ มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า “การคายน้ำ” (Transpiration)

การระเหยของน้ำ (Evaporation) จากผิวดินหรือผิวน้ำในแปลงเพาะปลูกนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะพืชต้องปลูกบนดินและใช้น้ำ

ฉะนั้น การที่พืชต้องการใช้น้ำเท่าใด จึงนิยมคิดรวมกันทั้งที่พืชใช้จริงและที่ระเหยไปด้วย รวมเรียกว่า Evapotranspiration ซึ่งก็มาจากคำว่า Evaporation + Transpiration นั่นเองนั่นก็คือ

Evapotranspiration = Evaporation + Transpiration



ภาพ 4 แสดงการสูญเสียของน้ำในแปลงนาข้าว

ปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลง (Water Requirement)

น้ำที่ต้องใช้สำหรับการเพาะปลูกในแปลงนั้น นอกจากจะเป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ๆ รวมกับปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยจากผิวดินหรือผิวน้ำ

(Evapotranspiration) แล้วยังต้องรวมปริมาณน้ำอีกส่วนหนึ่งที่สูญเสียไปเนื่องจากการซึมลึกลงในดิน (Percolation) ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการปลูกข้าว

ฉะนั้น ปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลงก็คือผลรวมของปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration) กับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการซึมลึกลงในดิน (Percolation) นั่นก็คือ

Water Requirement = Evapotranspiration + Percolation

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Requirement)

เมื่อเราทราบว่าพืชแต่ละชนิดที่ปลูกในฤดูกาลหนึ่ง ๆ มีปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชเท่าใดและมีปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลงเท่าใดแล้ว เราก็สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ทั้งหมดตลอดฤดูกาลได้ หรืออาจจะคำนวณหาความต้องการใช้น้ำทั้งหมดเป็นวัน เป็นเดือน หรือเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ก็ได้ ปริมาณน้ำจำนวนที่พืชต้องการใช้นี้จะได้รับมาจาก 2 ทาง คือ จากน้ำฝนทางหนึ่ง และจากน้ำชลประทานอีกทางหนึ่ง สำหรับน้ำฝนนั้นจะต้องพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนที่ใช้ประโยชน์ได้ หรือปริมาณฝนที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกเรียกว่า ฝนใช้การได้ (Effective rainfall)

ดังนั้น ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานก็คือปริมาณความต้องการใช้น้ำในแปลงลบด้วยปริมาณฝนที่ใช้ประโยชน์ หรือฝนใช้การได้ หรือนั่นก็คือ

Irrigation Requirement = Water Requirement – Effective Rainfall

อนึ่งสำหรับน้ำชลประทานที่ส่งไปหากมีบางส่วนนอกจากจะสูญเสียไปเนื่องจากการคาย ระเหยและรั่วซึมแล้ว ก็จะมีน้ำชลประทานบางส่วนสูญเสีย โดยการไหลล้นออกจากแปลงเพาะปลูก (Runoff) และไม่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก ในการชลประทาน จึงต้องคิดปริมาณน้ำเผื่อไว้สำหรับน้ำที่ต้องสูญเสียเหล่านี้ด้วย

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่ท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout Requirement)

ในการส่งน้ำชลประทานนั้นเราไม่สามารถส่งให้พืชใช้โดยไม่มีการสูญเสียเลยได้ และไม่นิยมส่งให้พืชใช้โดยตรงจากท่อส่งน้ำเข้านา แต่จะมีคูส่งน้ำรับน้ำจากท่อส่งน้ำเข้านา เพื่อนำน้ำไปแจกจ่ายให้แก่แปลงนาอีกทอดหนึ่ง ฉะนั้น ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจึงไม่มีอยู่เพียงในแปลงเพาะปลูกเท่านั้นแต่จะมีปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในคูส่งน้ำอีกส่วนหนึ่งด้วย

ดังนั้น ปริมาณความต้องการน้ำที่ท่อส่งน้ำเข้านาจึงหมายถึงปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน รวมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในคูส่งน้ำ (Farm ditch losses) ด้วย นั่นคือ

Farm Turnout Requirement = Irrigation Requirement + Farm Ditch Losses

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการ (Diversion Requirement or Project Irrigation Water Requirement)

การส่งน้ำชลประทานให้แก่พืชนั้น จะต้องคิดเผื่อปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างทางด้วยนอกเหนือไปจากการสูญเสียในแปลงเพาะปลูก ทั้งนี้ เพื่อให้มีปริมาณน้ำเหลือเพียงพอสำหรับปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช ดังนั้น ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการจึงต้องรวมปริมาณการสูญเสียของน้ำนับตั้งแต่เริ่มส่งเข้ามาทางปากคลองสายใหญ่ คลองซอย และคลองแยกซอย คูส่งน้ำ จนถึงแปลงเพาะปลูกด้วย

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการจึงหมายถึงปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่ท่อส่งน้ำเข้านา รวมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในคลองส่งน้ำสายใหญ่และสายซอย (Conveyance losses) จนถึงท่อส่งน้ำเข้านา นั่นคือ

Diversion Requirement = Farm Turnout Requirement + Conveyance Loss

ฝนใช้การได้ (Effective Rainfall)

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, (2526, หน้า 57) กล่าวไว้ว่า การประเมินหาปริมาณของฝนใช้การได้ (Effective Rainfall) หรือปริมาณฝนที่ใช้ประโยชน์ได้นับว่ามีความสำคัญต่อการชลประทานมาก เพราะค่าปริมาณฝนใช้การได้นั้นมีอิทธิพลและเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่พืชต้องการจากการชลประทาน ดังที่ได้แสดงไว้ในสมการที่ว่า

Irrigation Requirement = Water Requirement (+Farm Waste) – Effective Rainfall

ฝนใช้การได้ (Effective Rainfall) หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกนั้น บางคราวก็ไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด เช่น ถ้ามีฝนลงมาเกินกว่าความต้องการใช้น้ำของพืชแล้ว ส่วนที่เหลือจากการไหลซึมลงดินก็จะไหลล้นออกจากแปลงเพาะปลูกสูญเสียไป น้ำฝนที่ตกระหว่างฤดูกาลเพาะปลูกจะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็เมื่อยังเป็นความชุ่มชื้นอยู่ในดิน ในลักษณะที่พืชจะดูดไปใช้ได้เท่านั้นดังนั้นปริมาณฝนที่จะเป็นประโยชน์แก่การเพาะปลูกจึงมีแต่เพียงบางส่วนเท่านั้นไม่ใช่ร้อยเปอร์เซ็นต์ และน้ำฝนในส่วนที่จะเป็นประโยชน์แก่พืชได้รับ เราเรียกว่าปริมาณฝนที่ใช้การได้ (Effective Rainfall)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝนใช้การได้ (Effective Rainfall)

ปัจจัยหรือองค์ประกอบที่มีผลต่อจำนวนฝนใช้การได้ คือ

1. ชนิดของดิน
2. ความชื้นในดิน หรือระดับของน้ำในแปลงนาก่อนฝนตก
3. ระดับน้ำใต้ดิน
4. ความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช
5. ความสามารถในการเก็บกักน้ำของคันนา
6. อัตราหรือปริมาณของฝน
7. ลักษณะของฝน
8. ชนิดและอัตราการใช้น้ำของพืชที่ปลูก
9. ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก
10. วิธีการชลประทาน

ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency)

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, (2526, หน้า 63) กล่าวไว้ว่า ประสิทธิภาพการชลประทาน หมายถึงอัตราส่วนที่คิดเปอร์เซ็นต์ ระหว่างปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องจัดหามาให้แก่พืช (Net Water Requirement) หรือ

$$\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องจัดหามาให้แก่พืช}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องจัดส่งให้}} \times 100$$

คำว่า ประสิทธิภาพการชลประทานนั้นกว้างขวางมาก คือ ครอบคลุมตั้งแต่จุดที่ทำการวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จัดส่งให้แก่พืชไปจนถึงแปลงเพาะปลูก ซึ่งในทางปฏิบัติเรามีวิธีแยกคิดทีละส่วน เพื่อที่จะได้ทราบว่า ในช่วงตอนใดมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน

การหาประสิทธิภาพการชลประทานนั้น อาจทำได้หลายแห่ง คือ

1. ถ้าวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จัดส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก

2. ถ้าวัดที่คลองส่งน้ำก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่ปากคลองส่งน้ำ

3. ถ้าวัดที่หัวงานของโครงการชลประทาน ก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่หัวงาน หรือประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน

ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Water Conveyance Efficiency)

การสูญเสียของน้ำที่ส่งมาตามระบบส่งน้ำซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการรั่วซึมของคลอง การระเหย จากผิวน้ำในคลอง ถูกวัชพืชที่ขึ้นอยู่ในหรือริมคลองใช้ ซึ่งประสิทธิภาพการส่งน้ำจะคิดรวมเป็นประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำทั้งหมด คือ คลองส่งน้ำสายใหญ่ และคลองส่งน้ำสายซอย

ถ้าหากเป็นประสิทธิภาพการส่งน้ำทั้งหมด

$$\text{ประสิทธิภาพการส่งน้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ได้รับที่พื้นที่เพาะปลูก}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบส่งน้ำ}} \times 100$$

แต่ถ้าแบ่งตามระบบการส่งน้ำได้ 2 อย่าง คือ

ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองซอย

$$\text{ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองซอย} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ได้รับในพื้นที่เพาะปลูกของคลองซอย}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปให้ในพื้นที่คลองซอย}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองสายใหญ่ (ประมาณ 90%)

$$\text{ประสิทธิภาพการส่งน้ำคลองสายใหญ่} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่คลองซอยทั้งหมด}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งในพื้นที่ของคลองสายใหญ่}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก

ซึ่งเป็นการสูญเสียทั้งที่อยู่ที่คลองส่งน้ำ ซึ่งรับน้ำจากท่อส่งน้ำเข้านาที่จะนำน้ำไปแจกจ่ายให้แก่แปลงนา อีกทอดหนึ่งและการสูญเสียที่แปลงเพาะปลูก

$$\text{ประสิทธิภาพการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการที่แปลงเพาะปลูก}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าที่ท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout)}} \times 100$$

ดังนั้นประสิทธิภาพของหัวงานหรือ ประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน จะได้จากผลรวมของประสิทธิภาพของแต่ละส่วนที่แยกออกมาดังกล่าว

ประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน = ประสิทธิภาพการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองซอย + ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองสายใหญ่

โครงการ (Projects)

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, (2526, หน้า 105) กล่าวไว้ว่า กิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร

1. เป็นกิจกรรมที่ทำขึ้นเพื่อหวังผลประโยชน์ตอบแทนทั้งทางตรงและทางอ้อม
2. เป็นกิจกรรมที่สามารถจะวิเคราะห์ วางแผนและนำไปปฏิบัติ
3. เป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการบริหารได้โดยอิสระ
4. เป็นกิจกรรมที่มีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดไว้
5. เป็นกิจกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

ประเภทโครงการ

โครงการต่าง ๆ โดยทั่วไปอาจจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. โครงการประเภทหวังผลกำไร (Profit making projects)
2. โครงการประเภทไม่หวังผลกำไร (Non–profit making projects)

1. โครงการประเภทหวังผลกำไร ส่วนใหญ่ เป็นโครงการในภาคเอกชน (Private Sector) ซึ่งโดยเป้าหมายของการดำเนินงานมุ่งแสวงหาผลกำไรจากการลงทุนตัวอย่างเช่น การสร้างโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานน้ำตาล โรงงานทอผ้า โรงงานผงซักฟอก โรงงานสับปะรดกระป๋อง โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ทั้งขนาดใหญ่และเล็ก ฯลฯ

2. โครงการประเภทไม่หวังผลกำไร ส่วนใหญ่เป็นโครงการในภารรัฐบาล (Government Sector) ซึ่งโดยเป้าหมายของการดำเนินงานไม่มุ่งหวังผลกำไร มุ่งเพียงแต่การใช้คืนเงินลงทุนในการก่อสร้าง รวมทั้งการดูแลบำรุงรักษาโครงการเท่านั้น ตัวอย่างเช่น โครงการพื้นฐานทางเศรษฐกิจ (Infrastructures) ต่าง ๆ เช่น ไฟฟ้า ประปา ถนน ชลประทาน ฯ ล ฯ หรือโครงการพื้นฐานทางสังคมต่าง ๆ เช่น การศึกษา สาธารณสุข สวัสดิการสังคม ฯ ล ฯ หรือโครงการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ

การวางโครงการ (Project Planning)

การวางโครงการ สมเกียรติ ประจำวงษ์, (2542) หมายถึงการนำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด มาใช้อย่างฉลาดระมัดระวัง โดยมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า และมีการดำเนินงานที่ต่อเนื่อง

การวางโครงการ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทำงาน เพราะเป็นขั้นที่ต้องกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์ และวิธีการปฏิบัติ เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายรวมตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

การวางโครงการ จะช่วยให้การทำงานดำเนินไปอย่างมีระบบ (Systematic) สามารถควบคุมการดำเนินงานได้ทุกขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ได้โดยรวดเร็ว

การวางโครงการ เป็นการวางแผนเพื่อผลประโยชน์ในอนาคต เพื่อให้ผู้ตัดสินใจสามารถจะตัดสินใจได้ในปัจจุบัน ว่าโครงการใดควรดำเนินการ โครงการใดควรชะลอการดำเนินงานไว้ก่อน หรือโครงการใดควรระงับ

กล่าวโดยสรุป การวางโครงการก็คือการศึกษารายละเอียดและการจัดทำรายงานความเหมาะสม (Feasibility Study) ของโครงการนั้นเอง

1. อุทกวิทยาเพื่อการชลประทาน

การชลประทาน สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, (2526, หน้า 153–154) กล่าวไว้ว่า กิจการทุกประเภทที่กระทำขึ้นเพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์กับการเพาะปลูก กิจการต่าง ๆ ที่กระทำขึ้นนั้น กินความรวมตั้งแต่ การตักน้ำไปรดต้นไม้ซึ่งเป็นกิจการขนาดเล็กนิด ก็เป็นการชลประทานแล้ว ตลอดไปจนถึงกิจการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ มีระบบชักน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกซึ่งเป็นกิจการขนาดใหญ่ที่มีการลงทุนเป็นจำนวนมาก กับต้องใช้วิทยาการและเทคโนโลยีในกิจการดังกล่าวอีกด้วย โครงการชลประทานหนึ่ง ๆ จึงจะต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบเป็นสาระบบมีกิจการย่อยอื่น ๆ ไว้รองรับ คือจะต้องมีแผนงานการสำรวจ การวางโครงการ การออกแบบ การก่อสร้าง การจัดสรรน้ำ และการบำรุงรักษาโครงการ ฯลฯ ในทุกกิจการดังกล่าวนี้วิชาการทางอุทกวิทยาจะสามารถประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ทุกกิจการ

2. อุทกวิทยาสำหรับงานวางโครงการ

การวางโครงการชลประทานนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกก็คือ มีพื้นที่จำทำการเพาะปลูกหรือไม่ถ้ามีเป็นจำนวนเท่าใด และมีแหล่งน้ำที่จะนำไปใช้ในการเพาะปลูกบนพื้นที่แห่งนั้นหรือไม่ ถ้ามีแหล่งน้ำ จะต้องรู้เพิ่มขึ้นอีกว่ามีน้ำอยู่ทั้งหมดแต่ละปีเป็นจำนวนเท่าใดการแผ่กระจายของน้ำแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีเป็นเช่นใด เดือนใดมีน้ำมากที่สุด เดือนใดมีน้ำน้อยที่สุด ในฤดูน้ำมีน้ำอยู่กี่เดือน เดือนใดบ้าง ฯลฯ สิ่งที่ต้องการรู้เกี่ยวกับเรื่องน้ำดังกล่าวนี้ จะรู้ได้ต้องทำการสำรวจตรวจตราวัดดูล่วงหน้าเป็นระยะเวลายาวนานพอสมควรจึงจะพอจับเกณฑ์พฤติการณ์ธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ เมื่อมีข้อมูลของแหล่งน้ำแห่งนั้นยาวนานพอสมควรแล้ว จะต้องคำนวณหาค่าสมดุลเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่เพาะปลูกของโครงการแห่งนั้น กับจำนวนน้ำที่มีอยู่หากจำนวนน้ำมีอยู่เหลือเฟือทุกช่วงเวลาของการเพาะปลูกก็อาจวางโครงการชลประทานในรูปของเหมืองฝาย หรือเขื่อนระบาย โดยยกระดับน้ำให้สูงขึ้น และส่งไปให้พื้นที่เพาะปลูกที่ต้องการก็เพียงพอแล้ว แต่เนื่องจากส่วนมากช่วงเวลาที่ต้องการเพาะปลูกมักมีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำเป็นจำนวนมาก ก็เป็นช่วงเวลาที่พื้นที่เพาะปลูกไม่ต้องการน้ำ การวางโครงการชลประทานในรูปเขื่อนเก็บกัก การวางโครงการชลประทานในรูปเขื่อนเก็บกักนั้น ก็เพื่อเก็บกักน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำมาก ไว้ใช้ในช่วงเวลาที่ไม่มีน้ำ หัวใจสำคัญของการเก็บกักก็คือการกำหนดความจุของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำของโครงการแห่งนั้น ซึ่งลำดับขั้นตอนที่ควรดำเนินการดังต่อไปนี้

การคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุน Runoff Estimation

Runoff สำนักชลประทานที่ 5, (2530), หน้า 15–30) หมายถึง น้ำฝนส่วนที่ตกลงบนผิวดินแล้วไหลตามผิวดินไปลงลำน้ำ หลังจากที่บางส่วนได้ระเหยและรั่วซึมลงไปในดินแล้ว ในระหว่างที่น้ำไหลไปตามผิวดิน เรียกว่า Overland flow ไหลไปลงลำน้ำแล้วเรียกว่า Stream flow

ตามปกติปริมาณน้ำในส่วนที่ไหลไปลงลำน้ำจะมีค่าประมาณ 14%–35% ของปริมาณฝนที่วัดได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สภาพลุ่มน้ำ สภาพดิน สภาพทางน้ำ สภาพพื้นที่ และสภาพป่าในเขตลุ่มน้ำ ฯลฯ

ในการพิจารณาวางโครงการชลประทานนั้น ปริมาณน้ำนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญว่า ควรจะทำโครงการชลประทานหรือไม่ และควรทำเป็นโครงการชลประทานประเภทใด กล่าวคือ ถ้าเป็นลำน้ำที่มีปริมาณน้ำไหลสม่ำเสมอเกือบตลอดปี ก็อาจจะเปิดเป็นโครงการประเภทเหมืองฝาย หรือประเภทสูบน้ำได้ แต่ถ้าเป็นลำน้ำที่มีบริเวณน้ำไหลมากในช่วงที่มีฝนตก ถ้าฝนไม่ตกจะมีปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ในกรณีเช่นนี้ก็อาจจะสร้างเป็นโครงการประเภทอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

นอกจากนี้ การแผ่กระจาย (Distribution) ของน้ำในแต่ละวัน แต่ละเดือน จะเป็นเครื่องกำหนดขนาดพื้นที่ของโครงการว่า ควรจะเปิดโครงการขนาดเนื้อที่เท่าใด เป็นต้น

การเลือกหาสถานีวัดน้ำฝน เพื่อใช้เป็นสถิติในการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุน ให้เลือกสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงและคาดว่าจะอาศัยใช้เป็นตัวแทนของฝนที่ตกในเขตลุ่มน้ำนั้นได้ โดยวิธีการวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ (ดูภาคผนวก) และในกรณีที่สถิติฝนของสถานีที่เลือกมีสถิติติดต่อกันน้อยกว่า 15 ปี ให้เลือกใช้สถิติฝนของสถานีอื่นแทน

การคำนวณหาปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน: เป็นการคำนวณปริมาณน้ำเฉลี่ยรวมทั้งปี โดยสูตร

$$\sum_{i=1}^{n} Ci.Ri.A$$

จากผลการคำนวณดังกล่าว จะทราบค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรวมทั้งปีบริเวณหัวงานที่กำหนดไว้นอกจากนี้จะต้องหาค่า Runoff Coefficient และ Specific Yield เพื่อใช้ตรวจสอบกับผลการวัดน้ำที่มีอยู่แล้วว่าถูกต้องและนำไปใช้งานได้หรือไม่

$$\text{Runoff Coefficient} = \frac{\text{ARV.} \quad \%}{\text{ปริมาณน้ำทั้งหมดเมื่อไม่คิด R.O. COEFF.}}$$

$$\text{Specific Yield} = \frac{[\text{ARV.}] \times [1{,}000]}{[\text{เวลาเป็นวินาที ใน 1 ปี}] \times [A]} \text{ ลิตร/วินาที/กม.}^2$$

เมื่อ ARV. =ซ Annual Runoff Volume – m^3

Ci. = Runoff Coefficient – %

(อ่านจากภาพที่ 17 Runoff Estimation Chart)

Ri. = Average Monthly Rainfall – m

A = Drainage Area – sq.m.

การตรวจสอบค่า Runoff Coefficient ที่คำนวณได้ ให้ตรวจสอบกับค่า Runoff Coefficient ของสถานีวัดน้ำที่มีอยู่ในบริเวณใกล้เคียง และเป็นลุ่มน้ำที่มี Basin Characteristics แบบเดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 14%–35% และค่า Specific Yield ตรวจสอบจาก Yield Map ในภาพที่ 2ที่กองอุทกวิทยาจัดทำไว้ หากมีค่าแตกต่างกันมาก ให้ตรวจสอบโดยละเอียดและหาเหตุผลมาประกอบหรือปรับปรุงค่าดังกล่าวเสียใหม่ โดยเปลี่ยนค่า Runoff–Coefficient ที่ใช้คำนวณใหม่จนกว่าจะได้ค่าที่ยอมรับได้

การหาค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง: ในการพิจารณาวางโครงการถ้าหากยึดเอาเฉพาะข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียวผลการประเมินที่ได้จะไม่ถูกต้องเท่าที่ควร ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการนำเอาข้อมูลปริมาณน้ำท่าของบริเวณหัวงานหรือบริเวณใกล้เคียงมาประกอบการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาด้วย

ในการเลือกข้อมูลให้พิจารณาเลือกใช้ข้อมูลของลุ่มน้ำที่บริเวณใกล้เคียงหรือลุ่มน้ำเดียวกันที่มีสภาพต่าง ๆ เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดและสถิติที่เลือกใช้ควรเป็นสถิติในปีเดียวกับสถิติของน้ำฝนที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุน (ตารางคำนวณหาปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน) สำหรับการรวบรวมข้อมูลและการคำนวณให้ดำเนินการเป็นตาราง (ตารางแสดงปริมาณน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง)

การคำนวณการแผ่กระจายของน้ำต้นทุน: ให้ใช้วิธีเปรียบเทียบระหว่างการแผ่กระจายของน้ำฝนกับการกระจายของน้ำท่าของสถานีที่เลือก (ตารางแสดงปริมาณน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง) จะมีกี่สถานีก็ได้ โดยติดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วหาค่าการแผ่กระจายน้ำต้นทุนหรือ Monthly Runoff Distribution ด้วยวิธีกราฟ และให้ค่าน้ำเฉลี่ยรวมทั้งปีมีค่าเป็น 100% ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำในเดือนต่าง ๆ (ซึ่งอาจมีทุกเดือนหรือมีเฉพาะในช่วงที่มีน้ำไหล) เมื่อรวมกันแล้วต้องเท่ากับ 100%

เมื่อหากค่า Monthly Runoff Distribution ได้แล้วก็สามารถปรับการแผ่กระจายของน้ำต้นทุนตามที่คำนวณไว้ (ตารางคำนวณหาปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน) ได้โดยถือยอดน้ำต้นทุนเฉลี่ยรวมทั้งปีเท่าเดิมและผลรวมของน้ำต้นทุนรายเดือน หลังจากปรับเสร็จแล้วก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมสามารถดำเนินการได้ (ตารางแสดงการแผ่กระจายปริมาณน้ำต้นทุน)

อย่างไรก็ดีการปรับค่าการแผ่กระจายของน้ำในแต่ละเดือนนั้น มีข้อควรสังเกต ดังนี้

1. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็ก สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำเป็นป่าที่ถูกทำลายแล้วและไม่มีพื้นที่เพาะปลูกในเขตลุ่มน้ำและทางน้ำนั้นเป็นลำน้ำแบบ Ephemeral Stream คือมีน้ำไหลมากเมื่อมีฝนตก เมื่อฝนหยุดตกก็ไม่มีน้ำไหลหรือมีปริมาณเพียงเล็กน้อย ตามปกติในฤดูแล้งไม่มีน้ำไหล ลำน้ำแบบนี้ลักษณะการแผ่กระจายต้องน้ำท่าจะใกล้เคียงกับลักษณะการแผ่กระจายของน้ำฝน

2. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดค่อนข้างใหญ่ สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำ เป็นป่าสภาพดีและป่าที่ถูกทำลายแล้ว มีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ด้วยประปรายและเป็นทางน้ำแบบ คือ มีน้ำไหลเฉพาะในช่วงฤดูฝนส่วนนอกฤดูฝนมีปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยหรือน้ำแห้ง ลำน้ำแบบนี้ลักษณะการแผ่กระจายของน้ำท่าจะใกล้เคียงกับเกณฑ์การแผ่กระจายของน้ำ จากสถานีวัดน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงและมี Basin Characteristics แบบเดียวกัน

3. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำมีทั้งเป็นป่าสภาพดี ป่าที่ถูกทำลายแล้วและมีพื้นที่เพาะปลูกแปลงใหญ่อยู่ และเป็นทางน้ำแบบ Perennial Stream คือ มีน้ำไหลตลอดปีการแผ่กระจายชองน้ำในทางน้ำแบบนี้จะเป็นไปตามธรรมชาติ คือ เหมือนกับลำน้ำขนาดใหญ่ ๆ โดยทั่วไปตามปกติลำน้ำประเภทนี้ จะมีสถานีวัดน้ำอยู่แล้ว แต่ช่วงเวลาการวัดน้ำอาจจะสั้นหรือยาวก็แล้วแต่ความสำคัญของลำน้ำแต่ละสาย ดังนั้น ลำน้ำประเภทนี้จึงมักจะไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องการหา Monthly Distribution

การคำนวณหา Monthly Correlation Factor ให้นำเอาค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่ปรับค่าแล้ว (ตารางแสดงการแผ่กระจายปริมาณน้ำต้นทุน) หารด้วยปริมาณฝนเฉลี่ยจาก (ตารางคำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน) ก็จะได้ค่า Monthly Correlation Factor ของฝน 1 มม. ในแต่ละเดือน การคำนวณสามารถดำเนินการได้ (ตารางคำนวณหา Monthly Correlation Factor) โดยใช้สูตร

$$\text{Monthly Correlation Factor} = \frac{\text{Avg. Monthly Flow}}{\text{Avg. Monthly Rainfall}}$$

การทำ Flow Generation : สามารถทำได้โดยการคูณ Correlation Factor ในแต่ละเดือนตามที่หาได้ (ตารางคำนวณหา Monthly Correlation Factor) กับฝนในแต่ละเดือนตามช่วงเวลาที่มีสถิติน้ำฝนอยู่ ตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีสถิติฝนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2495–2519 รวม 25 ปี เราก็สามารถหา Monthly Flow ในช่วง 25 ปี ในขณะเดียวกันก็จะสามรถหาค่าน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนและค่าน้ำท่าเฉลี่ยรวมทั้งปีใหม่โดยการคำนวณ (ตารางคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนเฉลี่ยรายเดือน) ซึ่งค่าน้ำต้นทุนเฉลี่ยที่คำนวณได้ใหม่นี้จะเป็นค่าที่นำไปใช้งานได้ต่อไป

การคำนวณหาค่าการระเหยและการรั่วซึม การระเหยและการรั่วซึม เป็นการสูญเสียน้ำชลประทานที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ สำหรับโครงการชลประทานโดยทั่วไป ในการพิจารณาโครงการจึงต้องคำนึงถึงข้อมูลทางด้านนี้เป็นอย่างมากและข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาควรเลือกใช้สถิติตรวจวัดที่บริเวณโครงการ หรือบริเวณใกล้เคียงสำหรับค่าปริมาณการรั่วซึมของน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทั่วไปใช้ 2.0 มม./วัน

การหาค่าการระเหยจริง จากค่าการระเหยที่อ่านได้จากเครื่องวัด โดยทั่วไปการวัดค่าการระเหยจะใช้เครื่องมือ 2 แบบ คือ แบบ Pan และแบบ Piche ซึ่งเครื่องมือทั้ง 2 แบบ จะมีค่าคงที่เพื่อใช้หาค่าการระเหยจริงและมีค่าแตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. ค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่องมือแบบ Pan ให้คูณด้วย 0.72
2. ค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่องมือแบบ Piche ให้คูณด้วยค่าต่าง ๆ แยกตามภาค ดังนี้
   - 2.1 ภาคเหนือ คูณด้วย 1.505
   - 2.2 ภาคกลางและภาคตะวันออก คูณด้วย 1.289
   - 2.3 ภาคใต้ คูณด้วย 1.397

เมื่อได้ค่าการะเหยจริงและค่าการรั่วซึมแล้วก็สามารถคำนวณค่าการะเหยและการรั่วซึม โดยดำเนินการ (ตารางการระเหย–รั่วซึม)

การหาค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยที่ 60% จุดมุ่งหมายในการหาค่าปริมาณฝนเฉลี่ย 60% ก็เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าปริมาณฝนใช้การ หรือ Effective Rainfall (RE) สำหรับประกอบในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชต่อไป

วิธีการหาค่าปริมาณฝนเฉลี่ยที่ 60% ให้นำสถิติน้ำฝนรายเดือนที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงานของแต่ละเดือนในรอบปีต่าง ๆ มาจัดเรียงใหม่จากค่ามากไปหาค่าน้อย โดยไม่ต้องคำนึงถึงปีก่อนหลังเมื่อทราบจำนวนรอบปี (จำนวนข้อมูล) ของสถิติน้ำฝน ก็สามารถหาลำดับที่เป็นค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนที่ 60% ได้จาก Table Show percent of oceurrence เมื่อนำลำดับที่ได้ไปเทียบกับตารางสถิติน้ำฝนที่จัดเรียงไว้ ค่าที่มีลำดับที่ตรงกันก็คือ ค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยที่ 60% ของเดือนนั้น ๆ

อย่างไรก็ตามการปรับค่าการแผ่กระจายของน้ำในแต่ละเดือนนั้นมีข้อควรสังเกตดังนี้

1. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็ก สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำเป็นป่าที่ถูกทำลายแล้ว และไม่มีพื้นที่เพาะปลูกในเขตลุ่มน้ำ และทางน้ำนั้นเป็นลำน้ำแบบ Ephemeral Stream คือมีน้ำไหลมากเมื่อมีฝนตก เมื่อฝนหยุดตกไม่มีน้ำไหลหรือมีปริมาณเพียงเล็กน้อย ตามปกติในฤดูแล้งไม่มีน้ำไหล ลำน้ำแบบนี้มีลักษณะการแผ่กระจายของน้ำท่าจะใกล้เคียงกับลักษณะการแผ่กระจายของน้ำฝน

2. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดค่อนข้างใหญ่ สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำเป็นป่าสภาพดีหรือป่าที่ถูกทำลายแล้ว และมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ด้วยประปราย และเป็นทางน้ำแบบ Intermittent คือมีน้ำไหลเฉพาะในช่วงฤดูฝน ส่วนฤดูแล้งมีปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยหรือน้ำแห้ง ลำน้ำแบบนี้ลักษณะการแผ่กระจายของปริมาณน้ำท่า จะใกล้เคียงกับเกณฑ์การแผ่กระจายของน้ำจากสถานีวัดน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และมี Basin Characteristics คล้ายกัน

3. ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ สภาพภูมิประเทศในเขตลุ่มน้ำมีทั้งเป็นป่าสภาพดี ป่าที่ถูกทำลายแล้วและมีพื้นที่เพาะปลูกแปลงใหญ่อยู่ เป็นทางน้ำแบบ Perennial Stream คือมีน้ำไหลตลอดปี การแผ่กระจายของน้ำในทางน้ำแบบนี้จะเป็นไปตามธรรมชาติ คือเหมือนกันลำน้ำขนาดใหญ่ ๆ ทั่วไป ตามปกติลำน้ำประเภทนี้มักจะมีสถานีวัดน้ำอยู่แล้ว แต่ช่วงเวลาของการวัดน้ำอาจจะสั้นหรือยาวก็แล้วแต่ความสำคัญของลำน้ำแต่ละสาย ดังนั้น ลำน้ำประเภทนี้จึงมักไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องการหา Monthly Distribution

นอกจากนี้ ยังต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับสภาพน้ำท่าที่ได้จากการสอบถามในสนามมาประกอบการทำ Monthly Distribution อีกด้วย

เมื่อหา Monthly Distribution ได้แล้วก็สามารถปรับการแผ่กระจายของน้ำตามที่คำนวณไว้ได้ โดยถือยอดน้ำเฉลี่ยรวมทั้งปีเท่าเดิมคูณ% Monthly Distribution หาร 100 ของแต่ละเดือน ผลรวมของน้ำรายเดือนหลังจากปรับเสร็จแล้วยังคงมีค่าเท่าเดิม กรณีไม่มีสถิติฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละปีก็อนุโลมใช้เป็นปริมาณน้ำต้นทุนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การนำค่า Runoff ไปใช้ประโยชน์

ค่า Average Annual Runoff Volume รวมทั้งค่า Monthly Runoff and yearly Runoff ที่คำนวณได้ดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

1. ทำให้ทราบค่าน้ำเฉลี่ยทั้งปีที่ไหลผ่านจุดที่ตั้งหัวงานว่ามีปริมาณเท่าใด

2. ทำให้ทราบค่า Yearly Average Runoff Coefficient ของลุ่มน้ำนั้น ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินค่าโดยประมาณของลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้เคียงได้

3. ทำให้ทราบค่า Specific yield ของลุ่มน้ำนั้น ซึ่งสามารถจะนำไปใช้ประเมินหาค่าน้ำเฉลี่ยของลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้เคียงได้เช่นกัน

4. จากค่า Monthly Flow Distribution จะทำให้สามารถกำหนดไว้ว่า โครงการชลประทานที่จะเปิดนั้นควรเป็นโครงการประเภทใด เช่น อ่างเก็บน้ำหรือเหมืองฝาย (โดยต้องพิจารณาองค์ประกอบอย่างอื่น ๆ ด้วย)

5. จากค่า Mean Monthly Flow ที่ได้ ถ้ารู้ Cropping Pattern และ Crop Water Requirement ก็สามารถจะกำหนดพื้นที่ได้ว่า ถ้าเปิดโครงการประเภทเหมืองฝายจะมีพื้นที่ได้รับประโยชน์เท่าใด

6. จากผลการคำนวณ ทำให้ทราบค่าน้ำน้อยและน้ำมากในรอบปีต่าง ๆ ซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

6.1 ถ้าจะหาอัตราการจ่ายน้ำเพื่อการประปา อาจใช้น้ำน้อยในรอบ 10 ปี เป็นเกณฑ์ใน การกำหนดอัตราการใช้น้ำ

6.2 การกำหนดความจุของอ่างฯ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น

6.2.1 ถ้าเป็นอ่างที่สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ทางด้านการชลประทานโดยตรง อาจใช้น้ำมากในรอบ 10 ปี เป็นเกณฑ์ในการกำหนด

6.2.2 ถ้าจะสร้างอ่างฯ เพื่อการบรรเทาอุทกภัย อาจจะใช้น้ำมากรอบ 50 ปี หรือรอบ 100 ปี เป็นเกณฑ์ในการกำหนด แต่ทั้งนี้ย่อมจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย

การหาค่าปริมาณฝนใช้การหรือ Effective Rainfall (RE.) ปริมาณฝนใช้การหรือ Effective Rainfall (RE.) หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกลงมา และสามารถนำน้ำฝนนั้นไปใช้แทนน้ำชลประทานได้ทำได้โดยนำค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยที่ 60% ไปหาค่าฝนใช้การหรือ Effective Rainfall จากโค้งคำนวณค่า Effective Rainfall (RE.) ของ USBR และนำค่าที่อ่านได้ไปกรอกในตาราง (ตารางแสดงค่าฝนใช้การ)

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการเพาะปลูก หรือ Water requirement: สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูก ในขั้นการพิจารณาโครงการในเบื้องต้นได้กำหนดแบ่งช่วงอายุของพืชออกตามการเจริญเติบโตของพืช โดยให้สอดคล้องกับอัตราการใช้น้ำของพืชเป็น 5 ระยะ คือ

1. ระยะเตรียมแปลง–ตกกล้า หรือ Land preparation and nursery (LPN)
2. ระยะปักดำหรือเริ่มต้นหรือ Initial stage (IS.)
3. ระยะเจริญเติบโตหรือ Crop–development stage (CS.)
4. ระยะให้ผลผลิตหรือกลางฤดูเพาะปลูก หรือ Mid–season stage (MS.)
5. ระยะเก็บเกี่ยว หรือท้ายฤดูเพาะปลูก หรือ Late–season stage (LS.)

ในขณะเดียวกันได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับแผนการปลุกพืชที่นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูกไว้ว่าในช่วงฤดูฝนจะปลูกข้าวทั้งโครงการ และฤดูแล้งเป็นการปลูกพืชไร่และแยกระยะการลงมือเพาะปลูกของเกษตรกรออกเป็น 3 กรณี ดังนี้ คือ

1. กรณี 1 เกษตรกรเริ่มทำการเพาะปลูกพร้อมกับที่ทางโครงการเริ่มส่งน้ำโดยคิดเป็นประมาณ 20% ของพื้นที่ทั้งหมด สำหรับการปลูกข้าวและประมาณ 50% ของการเพาะปลูกพืชไร่ในช่วงฤดูแล้ง

2. กรณี 2 เกษตรกรเริ่มทำการเพาะปลูกภายหลังจากที่ทางโครงการเริ่มส่งน้ำไปแล้ว 10 วันและคิดเป็นประมาณ 50% ของพื้นที่ทั้งหมด สำหรับการปลูกข้าว ส่วนในช่วงฤดูแล้งเริ่มภายหลังจากทางโครงการส่งน้ำไปแล้ว 7 วัน และมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 50% ของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ทั้งหมด

3. กรณี 3 เกษตรกรเริ่มทำการเพาะปลูกภายหลังจากที่ทางโครงการเริ่มส่งน้ำ 20 วัน คิดเป็นประมาณ 30% ของพื้นที่ทั้งหมดสำหรับการปลูกข้าว และเกษตรกรกลุ่มนี้จะไม่ทำการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง

การคำนวณและจัดทำ Reservoir of operation study (R.O.S.) การทำ R.O.S. เป็นการศึกษาการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำว่ามีความสามารถที่จะส่งน้ำเพื่อการชลประทานและอื่น ๆ ได้เป็นจำนวนเท่าใด โดยจะต้องมีความจะอ่างเก็บน้ำเท่าใด เพื่อเก็บกักน้ำสำรองไว้ใช้งานได้เพียงพอกับความต้องการ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด

การศึกษาอุทกวิทยาของน้ำหลากที่ไหลผ่านจุดที่ตั้งหัวงานโครงการ เนื่องจากพื้นที่ตั้งหัวงานไม่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่า ดังนั้น การหาปริมาณน้ำนองสูงสุดต้องอาศัยข้อมูลน้ำฝนของสถานีใกล้เคียง วิธีการหาปริมาณน้ำนองสูงสุดที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน คือ

1. วิธี Rational Formula ใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุด (Peak discharge) เพื่อการออกแบบในรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ใช้สำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีพื้นที่ ลุ่มน้ำน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร

สูตรที่ใช้ คือ $Q = 0.278CiA$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำสูงสุด หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/วินาที

C = สัมประสิทธิ์ (Coefficient) ขึ้นอยู่กับลักษณะลุ่มน้ำ

i = ความเข้มของฝนในช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนดหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง

A = พื้นที่ลุ่มน้ำหน่วยเป็น ตารางกิโลเมตร

2. เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit hydrograph technique) ประยุกต์ใช้กับฝนส่วนเกิน (Rainfall excess) ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุด (Peak discharge) และปริมาณน้ำนอง (Flood Volume) ในกรณีที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำมากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ที่ได้จากการ Synthetic Unit Hydrograph โดยวิธีของ Synder หรือสมการที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วในแต่ละลุ่มน้ำในประเทศไทย การออกแบบพายุฝน (Design Strom) เมื่อคำนวณหาฝนส่วนเกิน (Rainfall Exess) โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา

ความถี่การเกิดซ้ำ หรือกราฟ การแพร่กระจายของฝน และค่าปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนด เมื่อคำนวณหาพายุฝนส่วนเกินในช่วงเวลาเดียวกันกับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

ขั้นแรกของวิธี Synder เป็นการคำนวณช่วงเวลาฝนวิกฤต (Critical rainfall duration) จากสูตรต่อไปนี้

$$t_r = \frac{1.5\,L^{0.60}L_1^{0.30}}{5.5}$$

เมื่อ t_r = ช่วงเวลาฝนวิกฤต มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

L = ความยาวของลำน้ำจากจุดไกลสุดถึงจุดที่จะทำการก่อสร้างหัวงาน หรือจุดออก มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

L_1 = อัตราส่วน L_c/L

Lc = ความยาวของลำน้ำจากจุดที่ใกล้จุดศูนย์ต่างมากที่สุดถึงจุดที่จะทำการก่อสร้างหัวงาน มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

เมื่อคำนวณ t_r ได้แล้วต่อไปเป็นการคำนวณค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Peak discharge) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งเกิดจาก Rainfall excess 1 มม. จากสูตร

$$q_p = k_p / t_r$$

เมื่อ q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ามีหน่วยเป็น ลิตร/วินาที/ตร.กม.

k_p = สัมประสิทธิมีค่าประมาณ 28 ถึง 34 ขึ้นอยู่กับความลาดชันของลุ่มน้ำและพืชปกคลุมดิน

ขั้นตอนสุดท้ายคือ การคำนวณปริมาณการไหลสูงสุด (Peak discharge) จากพื้นที่ลุ่มน้ำ A ด้วยสูตรต่อไปนี้

$$Q = 0.001\, q_p(\alpha i - \varnothing)\, t_r A$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดมีหน่วยเป็นลบ.ม./วินาที

α = reduction factor สำหรับลดขนาด Point rainfall intensity ในกรณีลุ่มน้ำขนาดใหญ่

i = ความเข้มน้ำฝนมีหน่วยเป็นมม./ชั่วโมง

$\varnothing$ = ความสามารถซึมผ่านได้ของดิน(Infiltration Capacity) มีหน่วยเป็นมม./ชั่วโมง

A = พื้นที่ลุ่มน้ำมีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ค่าพารามิเตอร์ $\varnothing$ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผิวดินและพืชปกคลุม สำหรับค่า α ขึ้นอยู่กับขนาดของลุ่มน้ำและช่วงเวลาของฝน

วิธี Regression

หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (Q_{Tr}) กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ในรูปสมการ

$Q_{Tr} = aA^{b}$; R = regression coefficient

เมื่อ Q_{Tr} = ปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ – ลบ.ม. /วินาที

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ–ตร.ม.

a , b = สัมประสิทธ์สมการถดถอย

หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ย (Q_F) กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ในรูปสมการ

$Q_F = aA^{b}$; R = regression coefficient

เมื่อ Q_F = ปริมาณน้ำนองสูงสุดเฉลี่ยรายปี–ลบ.ม. /วินาที

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ–ตร.ม.

a , b = สัมประสิทธิ์สมการถดถอย

หาอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ กับปริมาณน้ำนองสูงสุดเฉลี่ยของแต่ละสถานี (Q_{Tr}/Q_F)

เทคนิคและวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำ

ทองเปลว กองจันทร์,(ม.ป.ป., หน้า 3–4) กล่าวไว้ว่า

การทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ เป็นการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำประกอบด้วยหลักการง่าย ๆ 4 อย่างคือ การวางแผนแบ่งปันน้ำ แผนการส่งน้ำ การดำเนินการส่งน้ำ และการตรวจสอบการส่งน้ำเพื่อประเมินผล ดังนั้นในการจัดการที่จะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคหรือวิธีการที่จะคาดการณ์คำตอบล่วงหน้าจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งใน

อดีตและปัจจุบัน เพื่อประกอบการตัดสินใจและเตรียมรับสถานการณ์ของผู้ได้เสียประโยชน์จากการจัดการน้ำ

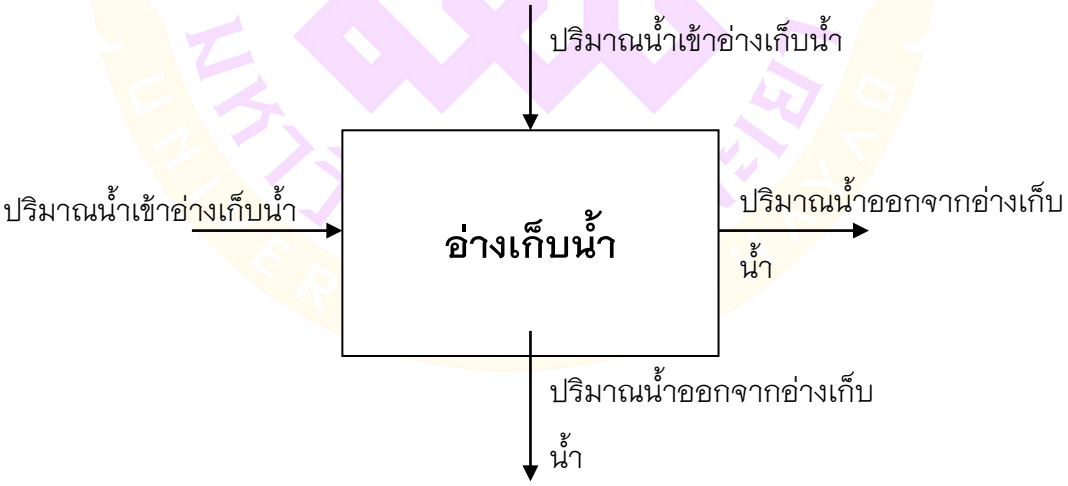
การทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นวิธีการหนึ่งในการหาคำตอบล่วงหน้าหรืออาจจะเรียกว่าเป็นการทำบัญชีน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำที่ช่วงปลาย เวลาพิจารณาตามสภาวะของปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากอ่างเก็บน้ำ ซึ่งใช้สมการทางคณิตศาสตร์ง่าย ๆ ใช้ได้กับอ่างเก็บน้ำทุกขนาด มีหลักการและรายละเอียด ดังนี้

การกำหนดสัญลักษณ์ของการทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

1. อ่างเก็บน้ำซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำและระบายน้ำเปรียบเสมือนภาชนะอย่างหนึ่ง กำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ภาพ 5)

2. ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ กำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็นรูปลูกศร มีหัวลูกศรเข้าหารูปสี่เหลี่ยมและมีค่าเป็นบวก (ภาพ 5)

3. ปริมาณน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ กำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็นรูปลูกศรมีหัวลูกศรออกจากรูปสี่เหลี่ยมและมีค่าเป็นลบ (ภาพ 5

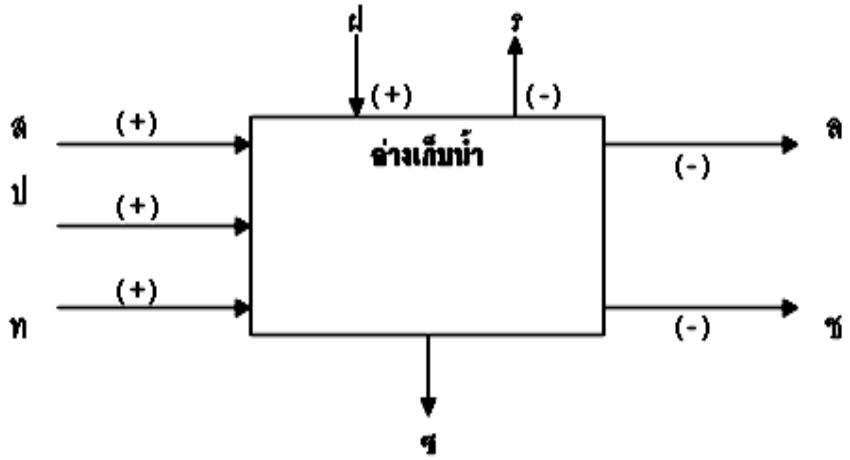


ภาพ 5 แสดงสัญลักษณ์ของการทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

1. ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ (ท) ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำ (ส)

2. ปริมาณน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วยปริมาณน้ำจากการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ (ร) ปริมาณน้ำจากการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ (ซ)ปริมาณน้ำไหลล้นออกจากอ่างเก็บน้ำ (ล) และปริมาณน้ำที่ส่งจากอ่างเก็บน้ำสำหรับผู้ใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ (ช)

3. ปริมาณน้ำที่ส่งจากอ่างเก็บน้ำสำหรับผู้ใช้น้ำที่สำคัญ ประกอบด้วย การเกษตร การอุปโภค–บริโภค การอุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศ และอื่น ๆ ตามลักษณะจำเพาะของสภาพพื้นที่ ซึ่งสามารถเขียนสัญลักษณ์ของระบบอ่างเก็บน้ำได้ดังแสดง (ภาพ 6)



ภาพ 6 แสดงตัวแปรของระบบอ่างเก็บน้ำ

1. ตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงลักษณะจำเพาะของอ่างเก็บน้ำ และมีความจำเป็นต้องใช้ในการควบคุมความสามารถของอ่างเก็บน้ำและใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำเข้าและออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นสำคัญ ประกอบด้วย โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำ–พื้นที่ผิวน้ำ–ระดับน้ำ พื้นที่รับน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำ ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ควรจะรักษาไว้ในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูแล้ง ปริมาตรน้ำที่ระดับสูงสุด–เก็บกัก–ต่ำสุด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลประจำแต่ละอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้ว

2. ตัวแปรทั่วไป เป็นตัวแปรที่จะใช้ประเมินปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำและกำหนดช่วงเวลาของข้อมูลในอดีตประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์การระเหยของอ่างเก็บน้ำเมื่อเทียบกับการระเหยจากถาดวัดการระเหยหรืออาจจะเรียกว่า สัมประสิทธิ์การระเหย ปกติจะอยู่ระหว่าง 70–80 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาของการบันทึกข้อมูล จะขึ้นอยู่กับการจัดเก็บและอายุการใช้งานของแต่ละอ่างเก็บน้ำ

3. ตัวแปรผันแปร เป็นตัวแปรที่เปลี่ยนไปตามสภาพการณ์ ประกอบด้วย 2 ตัวแปรหลัก คือ

ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย

1. ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำทำการหาได้ 2 วิธี คือ จากการตรวจวัดจริง และจากการประเมินข้อมูลจากการตรวจวัดจริงนั้นจะมีความละเอียดถูกต้องมากกว่าการประเมิน แต่มีอ่างเก็บน้ำน้อยแห่งที่จะตั้งสถานีวัดน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นส่วนมากจะใช้วิธีการประเมิน ซึ่งการประเมินปริมาณน้ำท่ามีหลายวิธีเช่น การใช้สูตรสำเร็จรูปการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน–น้ำท่า หรือการวิเคราะห์ความถี่เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่พบว่าจะใช้สูตรของ Rational ดังนี้

$$Q = C I A$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลของน้ำท่า (ลบ.ม./ปี)

C = ค่าสัมประสิทธิ์ Runoff Coefficient

I = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ของสถานีวัดน้ำฝน (มม.)

A = พื้นที่รับน้ำฝนบริเวณที่เลือก (กม.^{2})

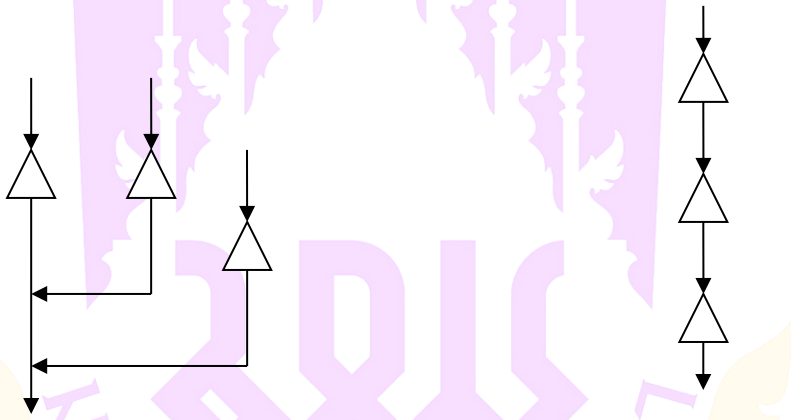
การใช้สูตรนี้มีข้อสมมุติฐานคือฝนตกพร้อมกันหยุดพร้อมกันครอบคลุมพื้นที่รับน้ำทั้งหมดและมีพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 25 ตร.กม. ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าพบว่าส่วนใหญ่ใช้ค่าระหว่าง 0.2–0.3 ซึ่งความจริงไม่ถูกต้องนักเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์จะผันแปรไปตามลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำความชื้นในดินฤดูกาล เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามในเบื้องต้น ควรตรวจสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน–น้ำท่า ในลุ่มน้ำทั้งในรายเดือนและรายปี จากบันทึก

ข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากนั้นจึงนำมาพิจารณาว่าสัมประสิทธิ์ควรจะเป็นเท่าใด แต่ในช่วงเวลาหรือทั้งปี

2. ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำ คำนวณได้จากปริมาณฝนที่วัดได้จากเครื่องมือวัดน้ำฝนคูณกับพื้นที่ผิวน้ำในช่วงเวลาที่พิจารณา

3. ปริมาณน้ำฝนที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำด้านเหนือน้ำ ตำแหน่งที่ตั้งของอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำมี 2 ลักษณะ คือ แบบขนาน และแบบอนุกรม

อ่างเก็บน้ำแบบขนาน หมายถึง อ่างเก็บน้ำที่เก็บกักน้ำในลำน้ำที่ขนานกัน ดังแสดง (ภาพ 7)ส่วนอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม หมายถึง การวางตัวของอ่างเก็บกักน้ำ จะอยู่ในลำน้ำเดียวกันดัง (ภาพ 7)



แบบขนาน **แบบอนุกรม**

ภาพ 7 แสดงลักษณะการวางตัวของอ่างเก็บน้ำ

ดังนั้น อ่างเก็บน้ำแบบอนุกรมจะมีปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำด้านล่างจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำถัดขึ้นไป ซึ่งข้อมูลนี้จะได้จากการตรวจวัดและบันทึกไว้ โดยพิจารณาว่าถ้าปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำด้านเหนือน้ำลงลำน้ำธรรมชาติลงมาสู่อ่างเก็บน้ำด้านท้ายน้ำ จะต้อง

คิดค่าสูญเสียในระหว่างทางด้วย เมื่อหักค่าการสูญเสียออกจากปริมาณน้ำที่ส่งมาจากอ่างเก็บน้ำด้านเหนือน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่เข้าอ่างเก็บน้ำด้านล่าง

4. ปริมาณน้ำจากการสูบเข้ามาในอ่างเก็บน้ำ กรณีจะเป็นการผันน้ำจากแหล่งน้ำหรือจากลุ่มน้ำอื่นเข้ามาเติมลงอ่างเก็บน้ำโดยการสูบน้ำซึ่งข้อมูลนี้จะพิจารณาว่าสูบผ่านท่อส่งน้ำหรือผ่านคลองส่งน้ำประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแล้วหักปริมาณน้ำสูญเสียระหว่างส่งน้ำ จึงจะได้ปริมาณน้ำที่เข้าอ่างเก็บน้ำ

การหาความจุของ Dead Storage อ่างเก็บน้ำ

ความจุของ Dead Storage ของอ่างฯ มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนที่ไหลมาตามน้ำ เพราะมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของอ่างฯ และระบบการชลประทานที่เกี่ยวข้อง ตะกอนที่มีความสำคัญต่องานชลประทานมีอยู่ 2 ชนิด คือ Bed Load และ Suspended Load ซึ่งโดยปกติทั่วไป คือ Bed Load จะมีค่าประมาณ 5–20% ของ Suspended Load

1. Bed Load คือตะกอนที่ไหลกลิ้งไปตามท้องน้ำอาทิ เช่น ก้อนหิน กรวด ทราย การวัดค่าตะกอนแบบนี้ทำได้โดยใช้เครื่องมือแบบ Basket, Pan, Pressure Difference, Structures โดยการตรวจวัดเป็นเวลานาน ๆ หรืออาจคำนวณจากสูตรซึ่งมีอยู่มากมาย แต่ก่อนใช้ควรตรวจสอบดูว่าเหมาะสมกับลำน้ำในพื้นที่โครงการหรือไม่

2. Suspended Load คือตะกอนที่ไหลปนมากับน้ำเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 100 Microns ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวก Silt หรือ Clay ตะกอนประเภทนี้สามารถตรวจวัดได้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Suspended Load Sampler เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์หาตะกอนให้ห้องทดลองโดยหาค่า ppm. ของ Suspended Load .

การเกิดตะกอนส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงฤดูฝน ซึ่งจะมีน้ำไหลมาตามลำน้ำต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ลำน้ำที่มี Suspended Load มากจะสังเกตเห็นว่าในฤดูน้ำหลาก น้ำจะขุ่นมากหรือมีสีต่าง ๆ ตามลักษณะตะกอน ส่วนในฤดูแล้งหรือหลังจากหมดฝนแล้วจะมีปริมาณตะกอนน้อยลงมาก

องค์ประกอบสำคัญที่มีผลกระทบกับการเกิดตะกอนในลำน้ำต่าง ๆ มีดังนี้

1. ฝนซึ่งหมายถึง ทั้งปริมาณและความเข้มของฝน

2. ลักษณะของดินและหินในบริเวณลุ่มน้ำ ซึ่งถ้าเป็นดินร่วนหรือดินที่มีขนาดเม็ดเล็กก็จะถูกพัดพาไปได้ง่าย

3. ลักษณะของสิ่งปกคลุม ถ้าเป็นป่าทึบจะมีตะกอนน้อยกว่าป่าเปิด

4. ลักษณะการใช้ที่ดิน ถ้าเป็นบริเวณที่มีการปลูกพืชคลุมดินอยู่เสมอ อัตราการ กัดเซาะก็ น้อยลง

5. สภาพภูมิประเทศ ถ้าลาดชันมากน้ำก็จะไหลแรงมีโอกาสเกิดการกัดเซาะได้มาก

6. องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ขนาดพื้นที่ รูปร่างของพื้นที่ และสภาพการใช้พื้นที่ ฯลฯ

การทำ Reservoir Operation Study (R.O.S.)

การวางโครงการโดยวิธี Reservoir Operation Study นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำ และขนาดพื้นที่ชลประทานที่เหมาะสม

กำหนดขนาดพื้นที่ชลประทานแล้วคำนวณหาปริมาณความต้องการใช้น้ำรายเดือน เมื่อรู้ปริมาณน้ำที่เวลาต้นเดือน ก็สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่เวลาสิ้นเดือนได้โดย

ปริมาณน้ำที่เวลาสิ้นเดือน = ปริมาณน้ำที่เวลาต้นเดือน + ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างฯ + ปริมาณฝนที่ตกลงอ่างฯ–ปริมาณน้ำที่ระเหยและซึมลงดิน–ปริมาณน้ำที่ปล่อยออก

ปริมาณน้ำที่เวลาสิ้นเดือนนี้ก็คือปริมาณน้ำที่เวลาต้นเดือนของเดือนถัดไป ดังนั้น ถ้าทำเช่นนี้ครบ 12 เดือน ก็จะทราบว่าในแต่ละเดือนจะมีปริมาณน้ำอยู่ในอ่างเก็บน้ำเท่าไร เกิดการขาดแคลนน้ำหรือไม่ ถ้ายังมีการขาดแคลนน้ำอยู่ก็จะต้องปรับแก้ค่าบางอย่างให้เหมาะสมจนกว่าจะได้ค่าที่พอดี

การทำ R.O.S. จะต้องทำให้ครบรอบ 12 เดือน โดยให้ได้ความจุอ่างฯ ที่เหมาะสมและพื้นที่ส่งน้ำมากที่สุด ปริมาณน้ำในเดือนต่ำสุดต้องไม่น้อยกว่าความจุที่ Dead Storage และปริมาณน้ำในเดือนสุดท้ายจะต้องมากกว่าปริมาณความจุอ่างที่กำหนดคือน้ำล้น (Spill) ไม่เกิน 3% ของความจุอ่างฯ ในแต่ละเดือนไม่ควร Operate ให้น้ำล้นอ่างฯ เว้นแต่จะจำกัดความจุอ่างฯ หรือพื้นที่ส่งน้ำ การ Operate นี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ครั้งแรกทำ R.O.S. โดยใช้น้ำปีเฉลี่ยเพื่อ Operate หาพื้นที่ส่งน้ำให้ได้มากที่สุด ครั้งที่สองทำ R.O.S. โดยใช้น้ำท่ารอบ 10 ปี เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดความจุอ่างเก็บน้ำทั่วไป ในกรณีเป็นโครงการบรรเทาอุทกภัยก็ใช้น้ำท่ารอบ 15 ปี เป็นต้น

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการทำ R.O.S. มีดังนี้

1. ผลรวมเฉลี่ยน้ำท่า (Average Annual Runoff Volume ม.^{3}

2. ความจุอ่างที่ระดับ Dead Storage (DeadStorage v.) ม.^{3}

2. ฝนเฉลี่ยรายเดือน (Average Monthly r.f.) มม. จากสถิติ

3. อัตราการระเหยและรั่วซึมรายเดือน (Monthly evaporation and Seepage) มม.

4. น้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (Inflow from runoff) –ม.^{3}

5. ความต้องการใช้น้ำของข้าวต่อไร่ = (Requirement for rice per rai) –ม.^{3}/ไร่

6. ความต้องการใช้น้ำของพืชฤดูแล้ง (Requirement for up–land crop per rai) ม.^{3}/ไร่

7. ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (Quantity required for water supply)

8. ปริมาณน้ำเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม (Quantity required for factory)

9. โค้งความจุและโค้งพื้นที่ผิวอ่างฯ

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ใช้วิธี Discounted cash flow technique ซึ่งเป็นการตัดลดกระแสรายได้และค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นมูลค่าปัจจุบันทั้งหมด เพื่อขจัดปัญหา ความแตกต่างกันของมูลค่าเงินในเวลาที่ต่างกัน (Time Value of money) อันจะให้เกิดการเปรียบเทียบผลประโยชน์กันต้นทุนไปอย่างถูกต้อง โครงการพัฒนาที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ควรจะยอมรับได้เมื่อผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

1. อัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์เทียบกับต้นทุน (Benefit–Cost Ratio: B/C)

อัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์เทียบกับต้นทุนนี้ เป็นอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ทั้งหมดของโครงการในรูปมูลค่าปัจจุบัน เมื่อสร้างโครงการเสร็จแล้ว โครงการจะเริ่มให้ผลประโยชน์และต่อเนื่องจนสิ้นอายุโครงการ สำหรับต้นทุนโครงการนั้นจะประกอบด้วยค่าก่อสร้างโครงการและค่าบริหารโครงการ

อัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์เทียบกับต้นทุน สามารถหาได้จากสมการ

$$\textbf{B/C Ratio} = \sum_{t=0}^{N} B_t(1+i)^{-t} / \sum_{t=0}^{N} C_t(1+i)^{-t}$$

เมื่อ B_t = ประโยชน์ของโครงการในปี t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปี t

i = อัตราส่วนลด

อัตราส่วนระหว่างประโยชน์เทียบกับต้นทุนอาจเท่ากับ 1 หรือมากกว่า 1 หรือน้อยกว่า 1 แต่เกณฑ์ที่ใช้ไปเพื่อยอมรับโครงการก็คืออัตราส่วนจะต้องมากกว่า 1

2. มูลค่าปัจจุบันของประโยชน์สุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ ได้แก่ ผลรวมของประโยชน์สุทธิรายปีชั่วอายุโครงการ ในตอนแรกของโครงการผลประโยชน์สุทธิรายปีจะติดลบ และผลประโยชน์สุทธิรายปีจะเป็นบวกในระยะหลังของอายุโครงการ เมื่อเปลี่ยนผลประโยชน์สุทธิรายปีของแต่ละปีให้เป็นค่าปัจจุบัน แล้วนำมารวมกันก็จะได้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ ดังนั้นการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ได้จาก

$$NPV = \sum_{t=0}^{N} (B_t - C_t)/(1+i)^t$$

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิอาจเท่ากับ 0 หรือมากกว่า 0 หรือน้อยกว่า 0 และเกณฑ์ที่ยอมรับโครงการ คือมูลค่าปัจจุบันของประโยชน์สุทธิมากกว่า

ในที่สุดมูลค่าปัจจุบันของประโยชน์สุทธิเท่ากับ 0

การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

การประเมินผลประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาแหล่งน้ำ จะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของแต่ละโครงการ การวัดผลประโยชน์จะแตกต่างกันไปตามสภาวะเศรษฐกิจและนโยบายของประเทศ ผลประโยชน์บางอย่างอาจยากที่จะวัดได้ แต่มีความสำคัญมากสำหรับโครงการ เช่น การฟื้นฟูความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น มีผลต่อความเจริญเติบโตและเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงของประเทศชาติ เป็นต้น ซึ่งผลประโยชน์ในด้านต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ผลประโยชน์ทางตรง (Direct Benefit)

การสร้างโครงการขึ้นมาก็เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่งและวัตถุประสงค์ที่สามารถบรรลุได้ก็คือผลประโยชน์ทางตรงที่ได้รับจากโครงการ เช่น การดำเนิน

โครงการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิต ดังนั้นผลผลิตที่เพิ่มขึ้นก็เป็นผลประโยชน์ทางตรงของโครงการ บางโครงการถูกสร้างขึ้นมาเพื่อประหยัดต้นทุน (Cost–saving) ดังนั้น ต้นทุนที่ประหยัดได้ก็เป็นประโยชน์ทางตรงของโครงการ ซึ่งประโยชน์ทางตรงทั้งสองรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถประเมินค่าเป็นตัวเงินได้ ผลประโยชน์ทางตรงของโครงการ

2. ผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Benefit)

โครงการอาจนำไปสู่ผลประโยชน์และทุนนอกโครงการ ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ ผลกระทบภายนอก หรือผลประโยชน์ทางอ้อม จะนำมาคิดด้วยถ้าเป็นผลประโยชน์อันเนื่องมาจากการดำเนินโครงการ เรื่องนี้จะไม่มีในการวิเคราะห์ทางการเงิน อย่างไรก็ตามถ้าทุนและผลประโยชน์ของโครงการเป็นมูลค่าของค่าเสียโอกาสเงินทุน โดยลดการเปลี่ยนมือโดยทางตรงและทางอ้อม ไม่ต้องนำไปรวมกับทุนและผลประโยชน์ทางอ้อมของโครงการอีกเพราะจะทำให้มีการนับซ้ำเนื่องจากได้ใช้ราคาเงามาปรับแล้ว ซึ่งง่ายกว่าการพิจารณาทุนและผลประโยชน์ทางอ้อม

3. ผลประโยชน์ที่ไม่มีตัวตน (Intangible Benefit)

เกือบทุกโครงการมีทุนและผลประโยชน์ที่จับต้องไม่ได้ มีหลายประการ คือ การกระจายรายได้ที่ดีขึ้น ทั้งระหว่างตัวบุคคลและระหว่างท้องถิ่นภาคต่าง ๆ ประชาชนในท้องถิ่นมีอาหารการกินดีขึ้น มีถนนหนทางเข้าท้องถิ่นดีขึ้น การศึกษาดีขึ้น ไม่เพียงแต่ต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติส่วนรวม ยังส่งผลดีต่อความมั่นคงของประเทศชาติด้วย ผลประโยชน์เหล่านี้เป็นของจริงและสะท้อนมูลค่าที่แท้จริง แต่เป็นการยากที่สุดในการคิดเป็นมูลค่า การวิเคราะห์ผลประโยชน์เช่นนี้ อาจต้องใช้วิธีการวิเคราะห์จากการลงทุนที่น้อยกว่า ถ้าจะนำเรื่องนี้มาประกอบการพิจารณาเลือกโครงการ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่โครงการ (Rainfall Analysis)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้จากสถานีตรวจวัดของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน สถานีวิจัยทดลองทางด้านการเกษตร หรือสถานีหน่วยจัดการต้นน้ำต่าง ๆ ของ กรมป่าไม้ โดยจะพิจารณาข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่หัวงานโครงการ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนจะแยกออกได้เป็นสภาพฝนโดยทั่วไปในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำของโครงการที่ศึกษา ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์สภาพฝนรายปี รูปแบบการผันแปรตามฤดูกาลการแพร่กระจายตามพื้นที่ ปริมาณฝน รายเดือน และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายเป็นรายเดือนของฝน จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยราย เดือน/รายปี สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนของสถานีหลักจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ในการศึกษา ประโยชน์ของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนที่สามารถนำไปใช้งานได้ มีดังนี้

1. นำไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินปริมาณน้ำท่าในกรณีที่ข้อมูลมีไม่เพียงพอ
2. นำไปใช้คำนวณหาปริมาณฝนใช้การ และคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่พืช ต้องการ
3. ใช้สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม ช่วงเวลา–ความถี่ของฝนเพื่อคำนวณหา ปริมาณน้ำนองสูงสุดสำหรับการออกแบบรายละเอียดอาคารหัวงาน และอาคารประกอบอื่น ๆ
4. ใช้วิเคราะห์ความถี่ของการเกิด (Frequency) ของปริมาณฝนสูงสุดในคาบปี (Return Period)ต่าง ๆ เพื่อคำนวณหากราฟน้ำนองสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ สำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นและอาคารประกอบอื่น ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านหัวงาน (Runoff Analysis)

กล่าวคือ ถ้าเป็นลำน้ำที่มีปริมาณน้ำไหลสม่ำเสมอเกือบตลอดปี ก็อาจพิจารณาโครงการประเภทฝายทดน้ำ หากเป็นลำน้ำที่มีปริมาณน้ำไหลมากเฉพาะในช่วงฤดูฝน ถ้าฝนไม่ตกจะมีปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ในกรณีนี้อาจพิจารณาโครงการในลักษณะอ่าง

เก็บน้ำ นอกจากนี้ การแผ่กระจายของน้ำในแต่ละเดือนจะเป็นเครื่องกำหนดขนาดของพื้นที่โครงการด้วย การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในเขตพื้นที่โครงการ มีแนวทางดังนี้

การคำนวณปริมาณน้ำท่า (Runoff Estimation) มีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

1. ขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลผ่านหัวงาน

2. กำหนดจุดที่ตั้งหัวงาน จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

3. หาพื้นที่รับน้ำฝน (Drainage Area)

พื้นที่ลุ่มน้ำเหนือแนวที่ตั้งหัวงาน ซึ่งมีอาณาเขตล้อมรอบบรรจบกันเป็นวงปิดด้วยแนวสันปันน้ำ (Watershed Divide) หรือสันเนินสูงสุด ภายในพื้นที่รับน้ำนี้หากมีฝนตกจนเกิดน้ำไหลนองแล้ว น้ำทั้งหมดจะไหลลงมายังที่ตั้งหัวงาน การลากเส้นสันปันน้ำจากจุดที่ตั้งหัวงาน ต้องตรวจดูว่าลำน้ำนั้นมีขอบเขตของลำน้ำ และลำน้ำห้วยสาขาครอบคลุมพื้นที่ถึงบริเวณใด เลือกจุดสูงสุด (บริเวณต้นน้ำ) ลากเส้นตามแนวสันเนินลงมายังจุดที่ตั้งหัวงาน การลากเส้นสันปันน้ำต้องสังเกตจุดแสดงระดับความสูงในแผนที่ ขนาดและลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝนดังกล่าว มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลผ่านหัวงาน ตลอดจนอัตราน้ำหลากสูงสุดที่หัวงานจะได้รับ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องอีก เช่น รูปร่างของลุ่มน้ำ ความลาดชันของลำน้ำ ทิศทางรับน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนที่ตกในลุ่มน้ำ ชนิดของดิน ระบบลำน้ำ ชนิดของพืชที่ปกคลุม ฯลฯ การวัดพื้นที่รับน้ำฝน สามารถทำได้โดยใช้เครื่อง Plani meter วัดพื้นที่จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

เลือกสถานีน้ำฝนที่อยู่ใกล้เคียง และคาดว่าจะอาศัยเป็นตัวแทนของฝนที่ตกในเขตลุ่มน้ำที่ตั้งหัวงานได้ โดยใช้วิธี Thiessen Polygon กล่าวคือ กำหนดจุดที่ตั้งหัวงานและพื้นที่รับน้ำฝนลงในแผนที่ ลงจุดที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน บริเวณใกล้เคียงให้ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการอย่างน้อย 3 แห่ง ลากโครงข่ายสามเหลี่ยม โดยลากเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งจะตัดกันที่จุดจุดหนึ่ง ลากเส้นต่อระหว่างจุดตัด จะได้เป็นรูปหลายเหลี่ยมเรียกว่า Thiessen Polygon ด้านแต่ละด้านของ Thiessen Polygon ที่ได้จะเป็นเส้นแบ่งเขตอิทธิพลของแต่ละสถานี ในกรณีที่สถิติน้ำฝนของสถานีที่เลือกมีสถิติการเก็บข้อมูลติดต่อกันน้อยกว่า 15 ปี ให้เลือกใช้ข้อมูลจากสถานีอื่นในบริเวณใกล้เคียงที่มีการเก็บข้อมูลติดต่อกันอย่างน้อย 15 ปี มาใช้แทนได้

การหารายละเอียดประกอบการดำเนินงานหาพิกัดหัวงาน โดยใช้เครื่อง GPS แล้วพิจารณาเปรียบเทียบกับแผนที่จากนั้นให้เทียบเคียงเป็นองศา กำหนดเป็นค่า Latitude และ ค่า Longitude ของจุดที่ตั้งหัวงานโครงการ

1. หาความยาวลำน้ำ โดยวัดความยาวของลำน้ำสายยาวที่สุดจากต้นน้ำถึงจุดที่ตั้งหัวงาน

2. หาค่า Drainage Density (D.D.) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างความยาวรวมของลำน้ำต่อพื้นที่รับน้ำของโครงการ คือ

$$D.D = \frac{L}{D.A.}$$

ค่า D.D. มากกว่า 1 ถือว่าลำน้ำนั้นน่าจะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี

1. หาค่า Slope ของลำน้ำบริเวณหัวงาน

2. หาระดับท้องน้ำบริเวณหัวงาน

3. หาสถิติน้ำฝนและน้ำท่าที่มีอิทธิพลในพื้นที่โครงการ ได้จากการรวบรวมและประมวลผลสถิติทางอุทกวิทยา ประกอบด้วย สถิติน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (Monthly Rainfall–mm.) สถิติน้ำท่ารายเดือน (Monthly Runoff–mm.) ในกรณีที่มีสถานีวัดน้ำท่าอยู่ในลำน้ำเดียวกันกับลำน้ำที่เป็นที่ตั้งหัวงานโครงการ ให้เลือกสถานีวัดน้ำจุดที่อยู่ใกล้สุด สถิติการเก็บข้อมูลไม่ควรน้อยกว่า 15 ปี นำมาเฉลี่ยแล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อประกอบการแผ่กระจายของปริมาณน้ำต้นทุนและคำนวณหา Specific yield สำหรับใช้เป็นหลักในการตรวจสอบผลการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนของโครงการ ส่วนกรณีที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า ควรพิจารณาใช้สถิติปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำบริเวณลุ่มน้ำเดียวกันหรือลุ่มน้ำใกล้เคียง โดยพิจารณาถึงขนาด รูปร่าง และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำฝน ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมากที่สุด

การประมาณปริมาณน้ำที่เกิดจากฝนตกในพื้นที่โครงการ ปกติจะใช้สูตร

Q = C.I.A

Q = ปริมาณน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)

C = Runoff Coefficient

I = Rainfall Intensity (มม./ชม.)

A = Watershed Area (ตร.กม.)

ผลการคำนวณดังกล่าว จะทราบค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมทั้งปี บริเวณหัวงานที่กำหนด นอกจากนี้จะต้องหาค่า Runoff Coefficient และ Specific Yield ไว้ด้วย เพื่อตรวจสอบกับผลการวัดน้ำที่มีสถิติข้อมูลอยู่แล้วต่อไป

$$\text{Runoff Coefficient (\%)} = \frac{\text{ARV}}{\text{ปริมาณน้ำทั้งหมดเมื่อไม่คิด R.O. COEFF.}}$$

$$\text{Specific Yield (ลิตร/วินาที/กม.}^2\text{)} = \frac{[\text{ARV.}] \times [1{,}000]}{[\text{เวลาเป็นวินาที ใน 1 ปี}] \times [\text{A}]}$$

เมื่อ ARV. = Annual Runoff Volume – m^3

A = Drainage Area – sq.m.

ตรวจสอบค่า Runoff coefficient และค่า Specific yield ที่คำนวณได้ กับค่า Runoff coefficient ของสถานีวัดน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และเป็นลุ่มน้ำที่มี Basin Characteristics แบบเดียวกัน รวมทั้งตรวจสอบ จาก Yield Map ที่สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำจัดทำไว้ด้วยว่าค่า ARV. ที่คำนวณได้นั้นเป็นไปได้หรือไม่ หากมีค่าแตกต่างกันมากควรจะตรวจสอบโดยละเอียดและหาเหตุผลมาประกอบหรือปรับปรุงค่าดังกล่าวเสียใหม่จนได้ค่าที่ยอมรับได้

การคำนวณหา Monthly Runoff Distribution โดยเปรียบเทียบการแผ่กระจายของน้ำท่า รายเดือนกับสถานีวัดน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยวิธีกราฟ เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยค่าน้ำเฉลี่ยรวมทั้งปีมีค่าเป็น 100% ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำในเดือนต่าง ๆ (ซึ่งอาจมีทุกเดือนหรือมีเฉพาะในช่วงที่มีน้ำไหล) เมื่อรวมกันแล้วจะต้องเท่ากับ 100%

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด

การศึกษาอุทกวิทยาของน้ำหลากที่ไหลผ่านจุดที่ตั้งหัวงานโครงการ เนื่องจากพื้นที่ตั้งหัวงานไม่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่า ดังนั้นการหาปริมาณน้ำนองสูงสุดต้องอาศัยข้อมูลน้ำฝนของสถานีใกล้เคียง วิธีการหาปริมาณน้ำนองสูงสุดที่นิยมใช้อยู่คือ

Rational Formula ใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุด (Peak discharge) เพื่อการออกแบบในรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ใช้สำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร

สูตรที่ใช้ คือ $Q = 0.278CiA$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำสูงสุดหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/วินาที

C = สัมประสิทธิ์ (Coefficient) ขึ้นอยู่กับลักษณะลุ่มน้ำ

i = ความเข้มของฝนในช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนดหน่วยเป็นมิลลิเมตร/ชั่วโมง

A = พื้นที่ลุ่มน้ำหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำของโครงการ

ความต้องการใช้น้ำของพืช ในการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชหรือค่า Crop Evapotranspiration (Etc) นั้นได้กำหนดค่า Potential Evapotranspiration (ETp) จากวิธีของ Penman–Monteith

ส่วนค่า Crop Coefficien (Kc) ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและอายุการเจริญเติบโตจะมีค่าคงที่สำหรับพืชชนิดเดียวกันที่มีอายุเท่ากันและนำมาใช้ได้ทั่วไป

เมื่อทราบค่า ETp และ Kc ของพืชชนิดต่าง ๆ ในแต่ละเดือนก็จะทราบค่า ETc หรือค่าความต้องการใช้น้ำของพืชชนิดนั้น ๆ ได้จาก

$$ETc = Kc \times ETp$$

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้สำหรับกรณีนาข้าวจะเป็นปริมาณน้ำที่ใช้เป็นการเจริญเติบโตรวมกับปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดิน (Percolation) และได้กำหนดให้ใช้เท่ากับ 1.5 ม.ม./วัน

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม คือปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เพาะปลูกหักด้วยปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) ซึ่งจากการคำนวณปรากฏว่าในพื้นที่ 1 ไร่ สำหรับ

การปลูกข้าวในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมจะต้องส่งน้ำเพิ่มเติมอีก เท่าไร่ กำหนดค่า Irrigation Efficieny เท่ากับ 60%

การหาปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ โครงการชลประทานโดยทั่วไป นอกจากมีวัตถุประสงค์ส่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรมแล้ว ยังส่งน้ำเพื่อกิจการอื่น ๆ อีก เช่น เพื่อการอุปโภคบริโภคในฤดูแล้ง การประปา การอุตสาหกรรม ฯลฯ การคำนวณหาเกณฑ์การใช้น้ำจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของกิจการนั้น ๆ

การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ซึ่งส่งน้ำในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน ปริมาณน้ำที่ส่งเพื่อการอุปโภคบริโภคกำหนดให้ประมาณคนละ 50 ลิตรต่อวันต่อคน (ในเขตพื้นที่ชนบท) ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตโครงการ กรณีที่ไม่ได้ระบุจำนวนประชากรมาให้อาจประมาณจากจำนวนหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ในเขตรัศมี 5 กม. จากอ่างฯ

การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อการประปา วิธีการคิดเช่นเดียวกับการคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค แต่ต้องส่งน้ำตลอดปีและคิดเพื่อปริมาณน้ำที่ส่งประมาณคนละ 100 ลิตรต่อวันต่อคน หรือส่งตามความต้องการของการประปา ส่วนการส่งน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเช่นกัน

การพิจารณาวางโครงการ

การพิจารณาถึงความต้องการและปัญหาที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่โครงการ ทำให้ทราบถึงขอบเขตโครงการและรายละเอียดเบื้องต้นของโครงการ ประกอบด้วย พิกัดจุดที่ตั้งหัวงาน ชื่อลำน้ำ และบริเวณที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการ ซึ่งดูได้จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร WGS 84 ลำดับชุด L7018 ร่วมกับ การตรวจสอบรายละเอียดพื้นที่โครงการในสนาม หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกจุดที่ตั้งหัวงาน มีดังนี้

พิจารณาบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศเหมาะสม (Topo Suitability)

1. ถ้าเป็นหัวงานประเภทอ่างเก็บน้ำ ควรเป็นบริเวณเขาแคบ หรือมีสันเนินอยู่ใกล้กัน บริเวณที่เก็บกักน้ำมีลักษณะเป็นแอ่งกว้าง ทำให้ไม่ต้องสร้างทำนบดินยาวเกินไปหรือสูงเกินไป

2. ถ้าเป็นหัวงานประเภทฝายหรือเขื่อนทดน้ำ ควรเลือกทำเลที่มีช่องลัด แนวลำน้ำบริเวณเหนือน้ำและท้ายน้ำค่อนข้างตรง มีตลิ่งสูงและมั่นคง ลำน้ำมีน้ำไหลตลอดปี ไม่คดเคี้ยวมากนัก และเป็นบริเวณที่น้ำไม่กัดเซาะตลิ่ง

พิจารณาบริเวณที่มีสภาพทางธรณีวิทยาและสภาพฐานรากที่เหมาะสม (Geological and Foundation System)

จากการตรวจสอบชั้นดินหรือชั้นหิน ที่ไม่มีรอยแตกหรือรอยแยกมากเกินไป ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำซึมลอดใต้อาคารหัวงานได้ นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงค่า Bearing Capacity ของดินที่เป็นฐานรากว่าสามารถรองรับน้ำหนักอาคารหัวงานได้โดยปลอดภัย

หัวงานควรตั้งอยู่ในบริเวณที่สูง สามารถส่งน้ำหรือมี Head เพียงพอที่จะส่งน้ำไปยังพื้นที่ที่ต้องการจะช่วยเหลือได้ และหลีกเลี่ยงการเกิดน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกและบริเวณที่อยู่อาศัยของราษฎรเสียหาย จนเป็นเหตุให้ราษฎรในพื้นที่จำนวนมากได้รับความเดือดร้อน

จากการกำหนดจุดที่ตั้งหัวงาน ประกอบการเปรียบเทียบผลการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนของโครงการ และความต้องการใช้น้ำของโครงการ (ส่งน้ำให้แก่พืช หรือสนับสนุนกิจกรรม ด้านต่าง ๆ) สามารถกำหนดประเภทโครงการและพื้นที่ชลประทานได้โดยใช้หลัก ดังนี้

การคำนวณหาพื้นที่ชลประทานโครงการประเภทอ่างเก็บน้ำ

การหาพื้นที่ชลประทานโครงการประเภทอ่างเก็บน้ำกระทำได้โดยวิธี Reservoir Operation Study ซึ่งจะต้องคำนวณรายละเอียดประกอบการทำ R.O.S. ดังนี้

คำนวณหาโค้งความจุและโค้งเนื้อที่ของอ่างฯ

1. จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 กำหนดเส้นชั้น Contour ที่ตัดผ่านทางเหนือแนวทำนบดินอย่างน้อย 2 เส้น กรณีเป็นที่แบนราบเส้นชั้น Contour จะห่างกันอาจจำเป็นต้องสร้างเส้นContour ขึ้นเองและต้องประมาณให้พื้นที่ ๆ ขวัดและคำนวณหาผลรวมความจุไม่ควรน้อยกว่าปริมาณน้ำต้นทุนของโครงการ กรณีที่มีแผนที่สำรวจบริเวณอ่างฯ ซึ่งมีรายละเอียดมากขึ้นควรลงสีชั้น Contour (ชั้นละ 2.5 เมตร) เพื่อสะดวกในการสังเกต

1. วัดหาขนาดพื้นที่ของเส้นชั้น Contour ต่าง ๆ

2. คำนวณหาเนื้อที่และความจุของเส้นชั้น Contour ที่ระดับต่าง ๆ

3. พล๊อตโค้งความจุและโค้งพื้นที่ผิวน้ำด้านเหนืออ่างฯ

4. ในการทำ R.O.S. เพื่อกำหนดขนาดความจุอ่างโดยใช้น้ำท่ารอบ 10 ปี หรือ 25 ปี จะต้องเปลี่ยนข้อมูลใหม่ ดังนี้

4.1 ผลรวมน้ำท่ารอบ 10 ปี หรือรอบ 25 ปี

4.2 ฝนรายเดือนเลือกจากปีที่มีผลรวมน้ำท่าใกล้เคียงกับน้ำท่ารอบ10 ปีหรือ 25 ปี

4.3 ปริมาณน้ำท่ารอบ 10 ปี หรือ 25 ปี

4.4 กำหนดพื้นที่ส่งน้ำฤดูฝน ที่ได้จากการ Operate น้ำท่าปีเฉลี่ยคงเดิม เพิ่มพื้นที่ส่งน้ำฤดูแล้งเท่านั้น

4.5 การกำหนดความจุอ่างฯ ประมาณได้จากผลต่างระหว่างผลรวมน้ำท่ารอบ 10 ปี หรือ 25 ปี กับผลรวมเฉลี่ยน้ำท่าบวกกับความจุอ่างฯ ที่ได้จากน้ำท่าปีเฉลี่ยความจุอ่างฯ ใหม่นี้ไม่ควรมากกว่าปริมาณน้ำต้นทุนเฉลี่ยของโครงการ

การประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคา ตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า “Estimate “ซึ่งแปลว่าการกะประมาณตีราคา คาดคะเน และวิเคราะห์ ซึ่งความหมายในวิชานี้ให้เป็นที่เข้าใจว่า “การประมาณราคาที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายสำหรับงานจริงมากที่สุด

การประมาณราคาค่าก่อสร้าง ใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาในการคิดราคาต่อหน่วย เช่น ค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าขนส่ง ค่าแรงงาน และอื่น ๆ แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลราคากับโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในด้านสภาพภูมิประเทศ รูปแบบ วัตถุประสงค์ของการใช้งาน ตลอดจนสภาพแวดล้อมของโครงการ เพื่อให้ได้ราคาที่ใกล้เคียงกับ ความจริง และได้มาตรฐานมากที่สุด เพื่อสะดวกต่อการจัดหาเงินทุน และการจัดสรรงบประมาณสำหรับการวางแผนพัฒนาต่อไป

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ใช้วิธี Discounted cash flow technique ซึ่งเป็นการตัดลดกระแสรายได้และค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นมูลค่าปัจจุบันทั้งหมด เพื่อขจัดปัญหา ความแตกต่างกันของมูลค่าเงินในเวลาที่ต่างกัน (Time Value of money) อันจะให้เกิดการเปรียบเทียบผลประโยชน์กัน

ต้นทุนไปอย่างถูกต้อง โครงการพัฒนาที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ควรจะยอมรับได้เมื่อผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

1. อัตราผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน Benefit–cost ratio ควรมีค่ามากกว่า 1

2. ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับเพิ่มหรือมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present value) ณ ระดับอัตราค่าเสียโอกาสร้อยละ 12 ต่อปี ควรมีค่ามากกว่า 0

สำหรับข้อกำหนดในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย

1. ค่าเสียโอกาสของเงินทุนที่ใช้เป็นตัวลดของโครงการ เท่ากับร้อยละ 12 ต่อปีซึ่งเป็นค่าเสียโอกาสของเงินทุนในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่เคยมีการศึกษาโดยธนาคารโลก

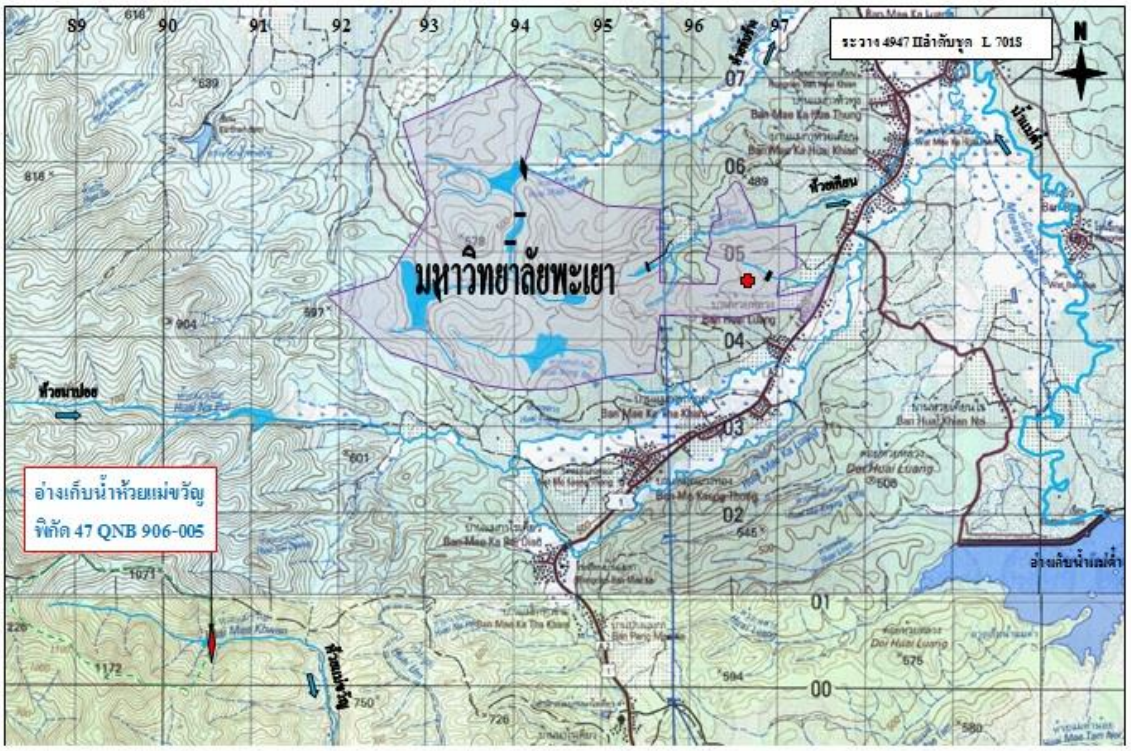
2. อายุของโครงการ เท่ากับ 25 ปี รวมระยะเวลาในการก่อสร้าง 1 ปี รวมเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ 26 ปี

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ที่ตั้งโครงการ

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ พิกัด 47 QPB 905-005ระวาง 4947 II ลำดับชุด L 7018 ตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง



ภาพ 8 แสดงที่ตั้งโครงการจัดหาแหล่งน้ำสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา

จากการพิจารณาแผนที่ กรมแผนที่ทหาร มาตราสวน 1:50,000 ประกอบกับการสำรวจภูมิประเทศจริงในสนาม สามารถสรุปไดวาจุดที่ตั้งหัวงานของอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ พิกัด 47 QNB 905-005 ระวาง 4947II ลำดับชุดL 7018 มีระดับความสูงประมาณ +650.000 ของ

ระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งมีความสูงมากกว่าบริเวณที่ตั้งของมหาวิทยาลัยที่มีระดับความสูงประมาณ +580.000 ของระดับน้ำทะเลปานกลาง ทำให้มีแรงดันน้ำที่จะสามารถส่งน้ำโดยใช้ระบบท่อส่งน้ำโดยระบบแรงโน้มถ่วงได้จากอ่างเก็บน้ำไปยังมหาวิทยาลัยได้

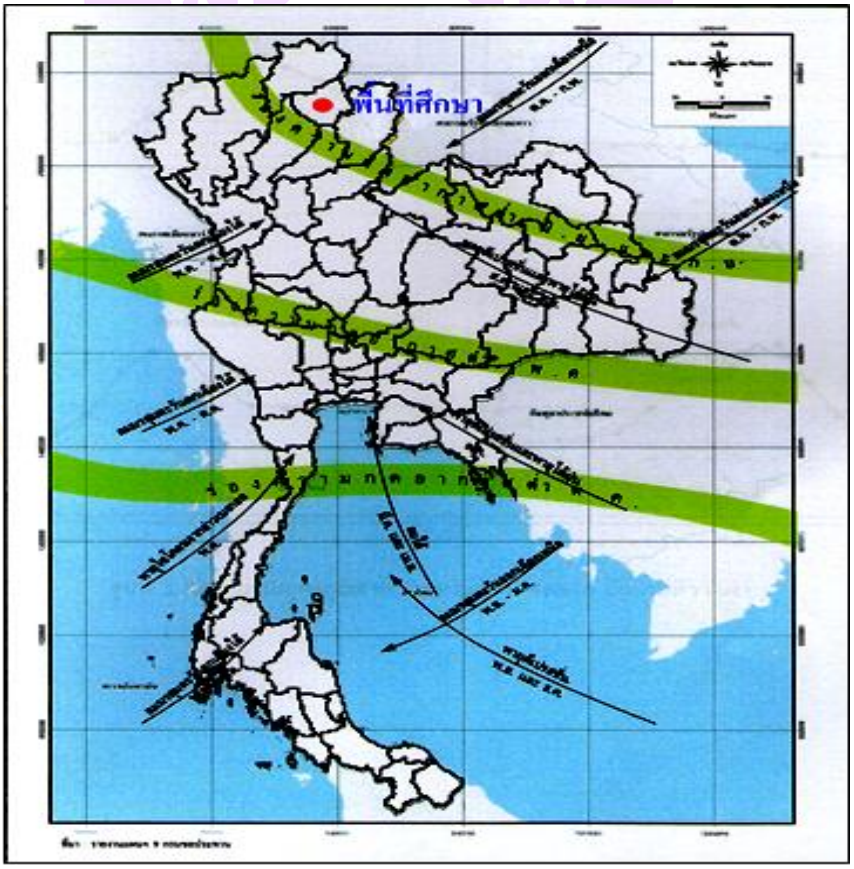
สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปบริเวณที่ตั้งโครงการเป็นเทือกเขาและป่าไม้ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 2.75 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำคล้ายขนนก มีต้นกำเนิดจากยอดดอยที่ระดับความสูงประมาณ 880 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณที่ตั้งโครงการมีลำห้วยขวัญไหล โดยลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดเทจากทิศตะวันตก ไปทางทิศตะวันออก ทางตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ภูเขาและป่าไม้ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำ ลำธาร ส่วนทางตอนล่างเป็นพื้นที่เพาะปลูกและที่อยู่อาศัยของราษฎร สภาพลำห้วยท้องน้ำเป็นกรวดทรายปนหินใหญ่ มีปริมาณน้ำไหลมากในฤดูฝนและไหลน้อยในฤดูแล้ง ลักษณะดินที่พบเห็นโดยทั่วไปเป็นดินร่วนปนทราย

ภาพ 9 แสดงสภาพลำน้ำห้วยขวัญ

สภาพภูมิอากาศ

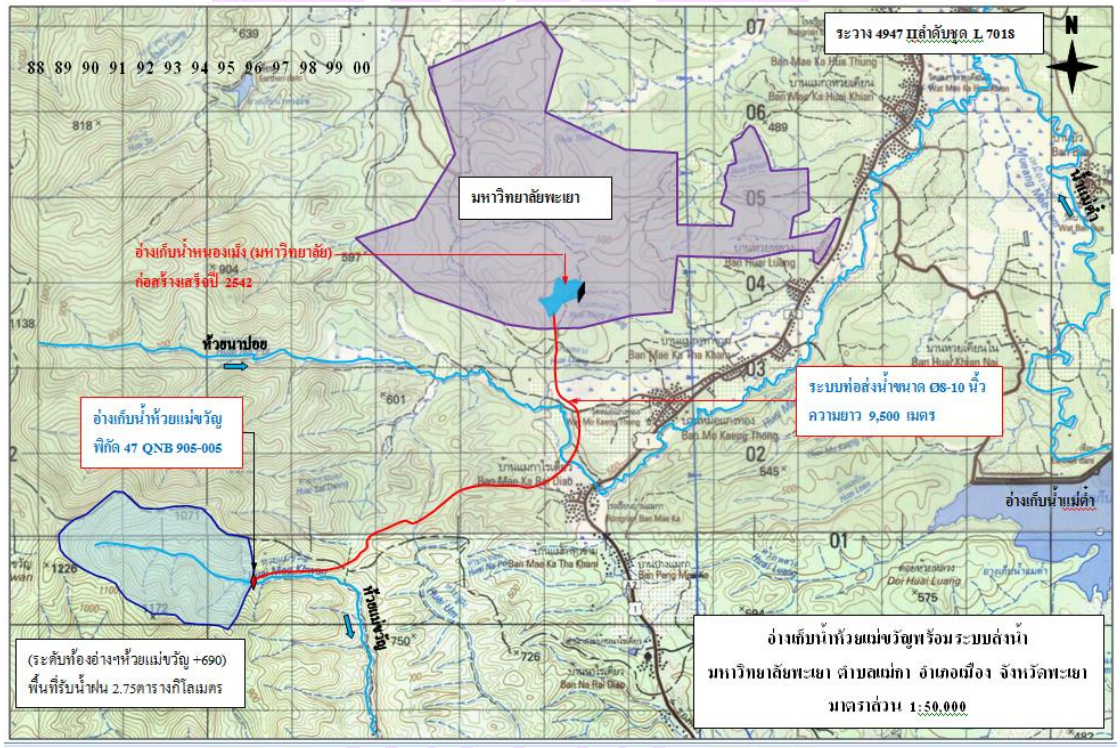
สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปบริเวณพื้นที่โครงการได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พายุโซนร้อน และพายุดีเพรสชั่น ฤดูฝนเริ่มประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดพาความร้อนและความชื้นมาจากมหาสมุทรอินเดียตอนใต้ โดยช่วงปลายฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคมมีพายุใต้ฝุ่นในรูปของพายุดีเปรสชั่น ซึ่งเกิดในทะเลจีนใต้เคลื่อนที่มาเป็นครั้งคราวทำให้ฝนตกชุก ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาวจัดและแห้งพัดมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน และฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม



ภาพ 10 แสดงเส้นทางเดินพายุผ่านประเทศไทย

การวิเคราะห์การแพร่กระจายของน้ำท่ารายเดือน

คำนวณหาการแพร่กระจายของน้ำท่ารายเดือน (Monthly Runoff Distribution) โดยเปรียบเทียบการแผ่กระจายของน้ำท่ารายเดือนกับสถานีวัดน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ที่มีสภาพทางอุทกวิทยาคล้ายคลึงกัน ค่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีอ้างอิงรวมทั้งปีมีค่าเป็น100% ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำในเดือนต่าง ๆ (ซึ่งอาจมีทุกเดือนหรือมีเฉพาะในช่วงที่มีน้ำไหล) เมื่อรวมกันแล้วจะต้องเท่ากับ 100% เช่นเดียวกัน



ภาพ 11 แสดงแผนที่ 1:50,000 แสดงพื้นที่รับน้ำฝน

ตาราง 2 แสดงคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลผ่านหัวงานทั้งปี

เดือน	ฝนเฉลี่ย (มม.)	พื้นที่ลุ่มน้ำ(DA) ($กม.^2$)	R.O.Coeft. (%)	ปริมาณน้ำไหลลงอ่าง ($ม.^3$)	หมายเหตุ
เม.ย.	63.38	2.75	11.77	20,516	1. ค่าฝนเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณ
พ.ค.	160.33	2.75	25.42	112,097	เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนที่
มิ.ย.	139.43	2.75	23.70	90,863	อ.งาว จ.ลำปาง (น้ำยม)
ก.ค.	183.83	2.75	32.49	164,247	รหัส 16092
ส.ค.	250.46	2.75	41.19	283,669	2. เฉลี่ยระหว่างปี
ก.ย.	207.26	2.75	40.55	231,110	พ.ศ. 2500 ถึง พ.ศ. 2555
ต.ค.	104.05	2.75	27.08	77,487	3. D.A. วัดจากแผนที่มาตราส่วน
พ.ย.	22.19	2.75	0.00	-	1:50,000
ธ.ค.	5.44	2.75	0.00	-	4. R.O. Coefficient คำนวณ
ม.ค.	5.38	2.75	0.00	-	
ก.พ.	4.76	2.75	0.00	-	จาก Terrain A
มี.ค.	29.75	2.75	12.38	10,130	
รวม	**1176.24**			**990,118**	

1. Yield from Yield Map 15-20 ลิตร/วินาที/ตร.กม.

2. Specific Yield from calculate 11.42 ลิตร/วินาที/ตร.กม.

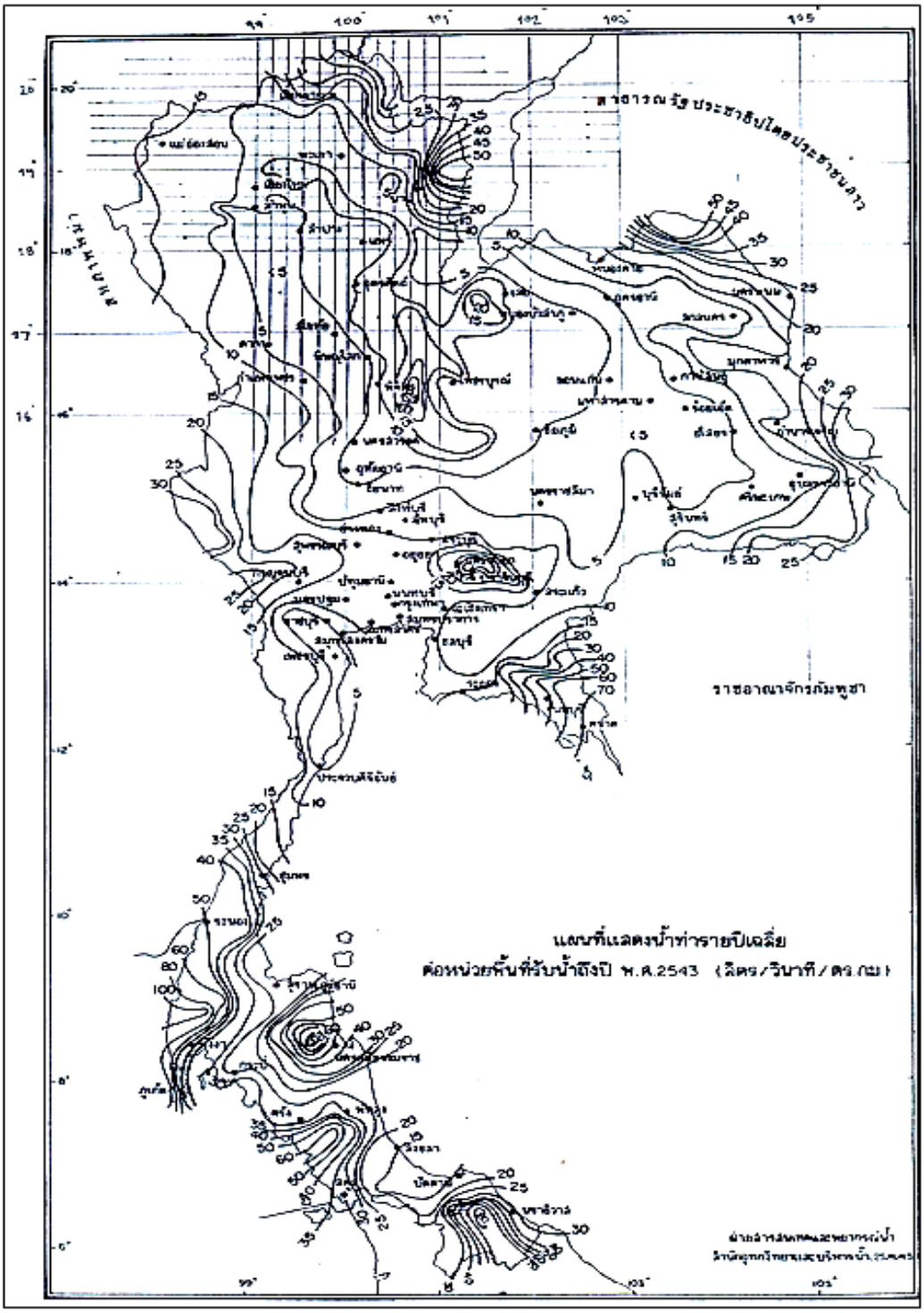
3. Avg. Annual R.O.Coeft. 30.61 %

จากการตรวจสอบ Specific Yield กับแผนที่แสดง Yield ของประเทศไทยที่ทางสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำจัดทำไว้พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่า Terrain ที่เลือกไว้ถูกต้อง

ตาราง 3 แสดง RUNOFF ESTIMATION

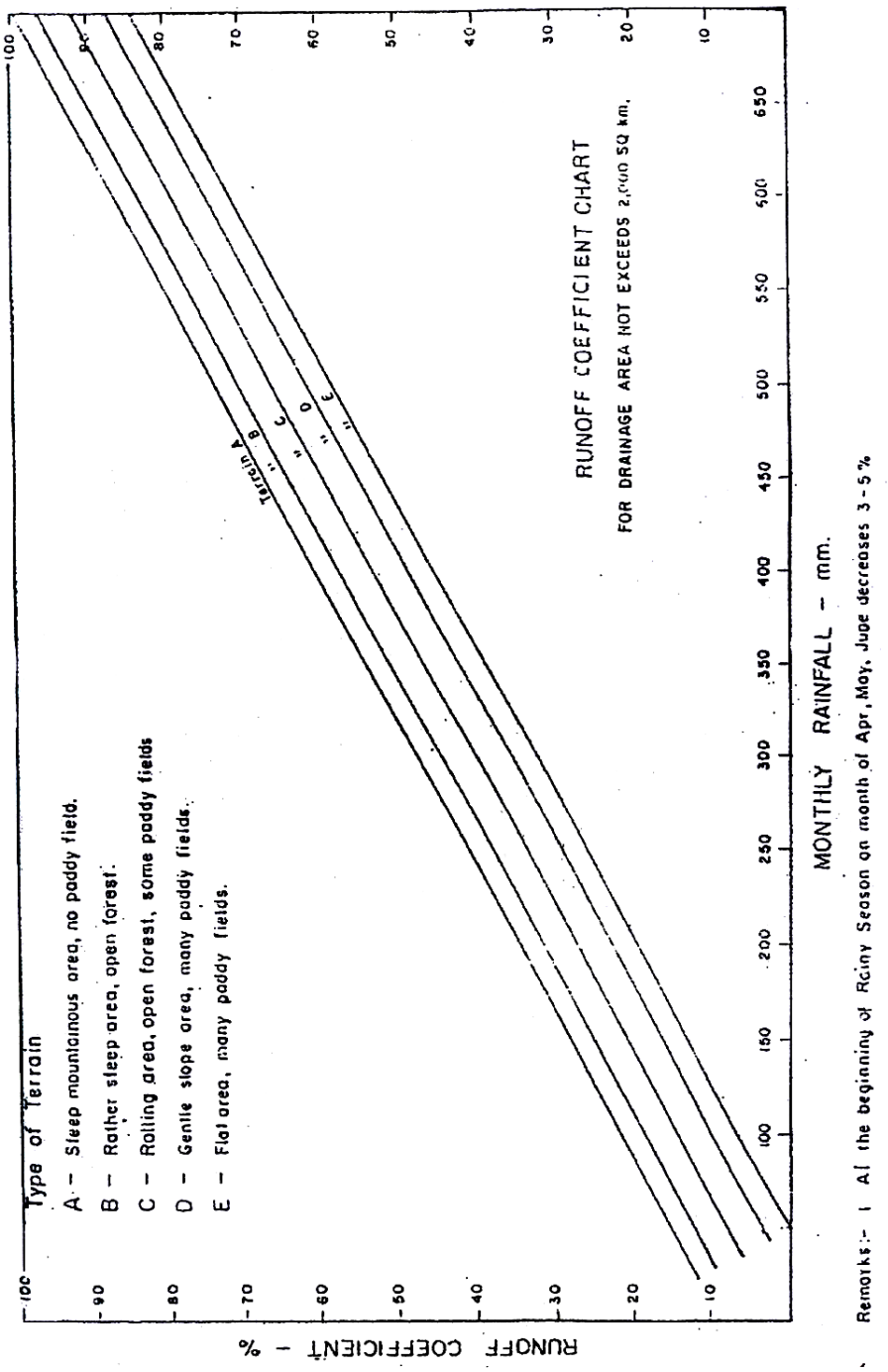
RUNOFF ESTIMATION CHART

Type of Terrain	Equations	Remark	
A	y = 0.1295x + 8.5	(x > 23)	พื้นที่สูงชัน,ไม่มีนาข้าว
B	y = 0.1295x + 5.5	(x > 27)	ค่อนข้างสูงชัน,ป่าเปิด
C	y = 0.1295x + 1.5	(x > 35)	พื้นที่กลิ้ง,ป่าเปิด,มีนาเล็กน้อย
D	y = 0.1295x - 3.0	(x > 42)	ลาดเล็กน้อย,มีนามาก
E	y = 0.1295x - 6.0	(x > 50)	ที่ราบ,มีนามาก



ภาพ 12 แสดงแผนที่แสดงน้ำท่ารายปี

ที่มา : (สำนักกรมชลประทานที่ 3, 2556)



ภาพ 13 แสดง Runoff Coefficient Char

ที่มา : (สำนักชลประทานที่ 3, 2556)

ตาราง 4 แสดงข้อมูลแสดงการแพร่กระจายปริมาณน้ำต้นทุน อ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

เดือน	ฝนเฉลี่ย (มม.)	ปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน %	การแผ่กระจายน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียง สถานี Y.13A	ปรับแก้ปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงาน (%)	ปริมาณน้ำต้นทุนไหลผ่านหัวงาน ลบ.ม./เดือน
เม.ย.	20,516.39	2.07	1.35	1.71	16,955.82
พ.ค.	112,097.06	11.32	5.00	8.16	80,788.96
มิ.ย.	90,862.99	9.18	4.71	6.94	68,730.29
ก.ค.	164,246.64	16.59	5.87	11.23	111,185.37
ส.ค.	283,669.16	28.65	17.19	22.92	226,936.92
ก.ย.	231,109.87	23.34	30.97	27.16	268,869.55
ต.ค.	77,486.67	7.83	17.78	12.81	126,789.02
พ.ย.	0.00	0.00	8.94	4.47	44,254.92
ธ.ค.	0.00	0.00	3.59	1.79	17,748.49
ม.ค.	0.00	0.00	2.17	1.08	10,723.80
ก.พ.	0.00	0.00	1.41	0.70	6,972.27
มี.ค.	10,129.55	1.02	1.03	1.03	10,162.92
รวม	**990,118.33**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**990,118.33**

หมายเหตุ: ปริมาณน้ำต้นทุน

ฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) 883,300.10 ลบ.ม./เดือน

ฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) 106,818.23 ลบ.ม./เดือน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุด (PEAK FLOOD)

1. สูตร Rational ใช้ในกรณีที่พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการมีค่าน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร การศึกษากรณีอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ มีพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการมีค่า 2.75 ตารางกิโลเมตร พื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งหัวงาน (A) = 2.75 ตารางกิโลเมตร

ความยาวของลำน้ำสายหลักจากฝายจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) = 3.25 กิโลเมตร

ความแตกต่างระหว่างพื้นดินที่ตั้งหัวงานและจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (H) = 410 เมตร (รทก.)

Time of Concentration (Tc) จะคำนวณได้จาก , $Tc = (0.87L^3/H)^{0.385}$

ดังนั้น $Tc = (0.87*2.68^3/380)^{0.385}$ = 0.36 ชั่วโมง = 21.60 นาที

กำหนดให้รอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ยเท่ากับ 25 ปี

จากกราฟความเข้มน้ำฝน–ช่วงเวลา–รอบปีการเกิดซ้ำ ของจังหวัดพะเยา

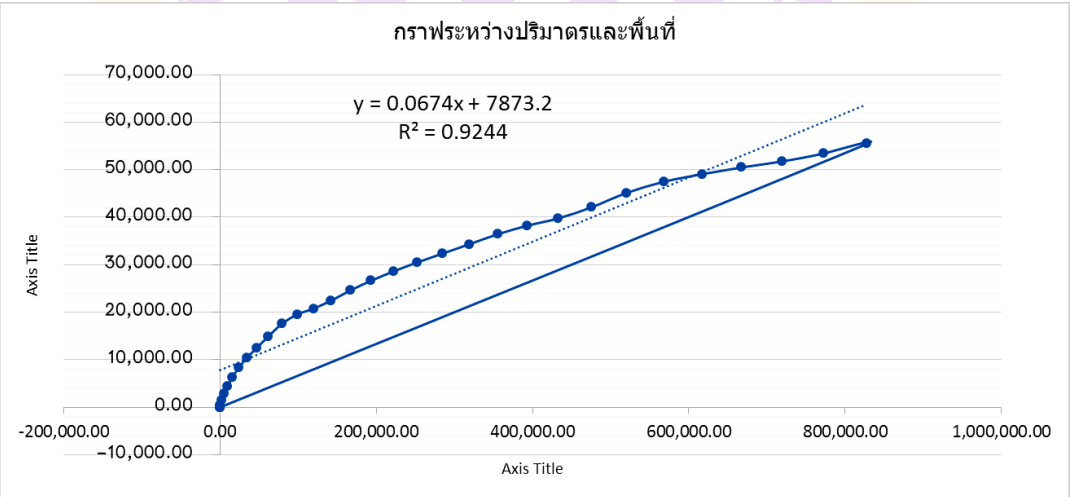
จะได้ค่าความเข้มของฝน (I) เท่ากับ 120 มม./ชั่วโมง

ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) ที่ใช้ในสูตร Rational formula เท่ากับ 0.25

ปริมาณการไหลสูงสุด Q = 0.278*C*I*A = 0.278*0.25*120*2.75

= 22.935 ม.^{3}/วินาที

ดังนั้นปริมาณการไหลสูงสุด , Q เท่ากับ 23.000 ม.^{3}/วินาที



ภาพ 14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

การคำนวณปริมาณตะกอนที่คาดว่าจะตกจมก้นอ่างเก็บน้ำ (Dead Storage)

สูตร $V = c \times d \times A \times n \times 1000$

โดย:

V = ปริมาณตะกอนที่จะตกจมในอ่างฯ–ลบ.ม.

c = Coefficient if Terrain's Slope		1.00
d = อัตราการกัดเซาะผิวดิน	0.25	มม./ปี
A = พื้นที่รับน้ำลงอ่างฯ	2.750	ตร.กม.
n = อายุการใช้งานของอ่างฯ	25.00	ปี

V = 1.00 x 0.25 x 2.750 x 25.00 x 1000

= 17,187.50 ลบ.ม.

ใช้ 18,000.00 ลบ.ม.

ในการกำหนด Dead Storage ต้องไม่ต่ำกว่าความจุข้างต้น จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 กำหนดเส้นชั้น Contour ที่ตัดผ่านทางเหนือแนวทำนบดินอย่างน้อย 2 เส้น กรณีเป็นที่แบนราบเส้นชั้น Contour จะห่างกันอาจจำเป็นต้องสร้างเส้น Contour ขึ้นเองและต้องประมาณให้พื้นที่ ๆ วัดและคำนวณหาผลรวมความจุไม่ควรน้อยกว่าปริมาณน้ำต้นทุนของโครงการ

การพิจารณาวางโครงการ

พิจารณาแผนที่ กรมแผนที่ทหาร มาตราสวน 1:50,000 ประกอบกับการสำรวจภูมิประเทศจริงในสนาม สามารถสรุปไดวาจุดที่ตั้งหัวงานของอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ พิกัด 47 QNB 905–005 ระวาง 4947II ลำดับชุด L 7018 มีระดับความสูงประมาณ +650.000 ของระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งมีความสูงมากกว่าบริเวณที่ตั้งของมหาวิทยาลัยที่มีระดับความสูงประมาณ +580.000 ของระดับน้ำทะเลปานกลาง ทำให้มีแรงดันน้ำที่จะสามารถส่งน้ำโดยใช้ระบบท่อส่งน้ำโดยระบบแรงโน้มถ่วงได้จากอ่างเก็บน้ำไปยังมหาวิทยาลัยได้

มีลักษณะโครงการดังนี้

อ่างเก็บน้ำห้วยขวัญพร้อมระบบส่งน้ำ ที่ตั้ง ตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง พิกัด 4 QNB 905-005 ระวาง 4947II ลำดับชุด L 7018

พื้นที่รับน้ำฝนเหนือจุดที่ตั้งหัวงาน	2.75	ตารางกิโลเมตร	
ความยาวของลำน้ำจากต้นน้ำถึงหัวงาน	3.25	กิโลเมตร	
ความลาดเทของลำน้ำตรงจุดที่ตั้งหัวงาน	1:7.5		
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี	1,176.24	มิลลิเมตร	
จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยทั้งปี	68.3	วัน	
ปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงานทดน้ำเฉลี่ยทั้งปี	990,118	ลูกบาศก์เมตร	

อาคารหัวงาน ประเภททำนบดิน

กว้าง	8.00	เมตร
ยาวประมาณ	130.00	เมตร
สูงสุดประมาณ	30.00	เมตร

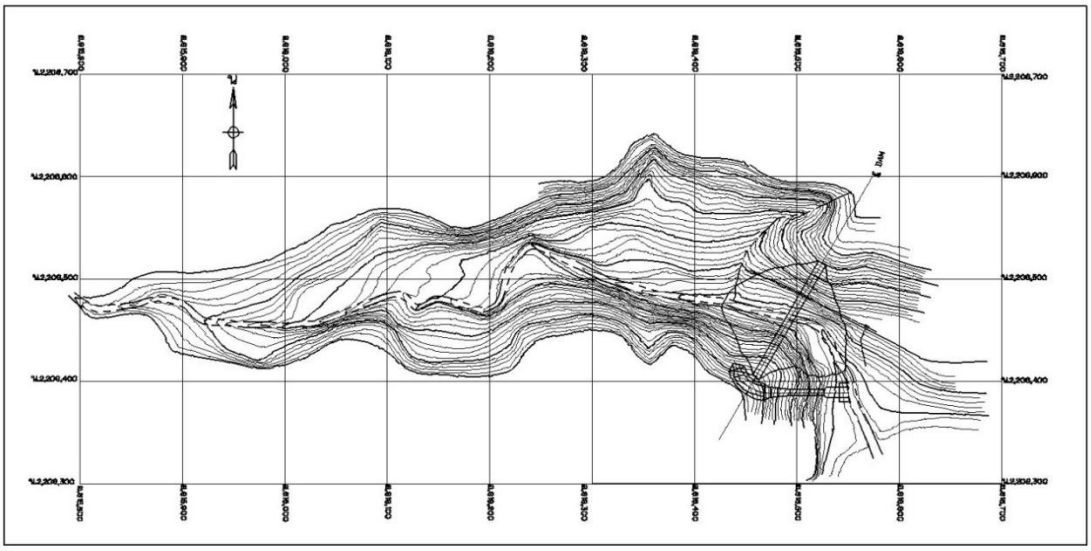
ระดับท้องน้ำประมาณ	+620.000	เมตร (ร.ท.ก.)
ระดับน้ำต่ำสุดประมาณ	+629.000	เมตร (ร.ท.ก.)
ระดับน้ำเก็บกักประมาณ	+645.000	เมตร (ร.ท.ก.)
ระดับน้ำสูงสุดประมาณ	+646.000	เมตร (ร.ท.ก.)
ระดับสันทำนบดินประมาณ	+648.000	เมตร (ร.ท.ก.)
ความจุของอ่างฯ ที่ระดับเก็บกักประมาณ	800,000	ลูกบาศก์เมตร
พื้นที่ผิวอ่างฯ ที่ระดับเก็บกักน้ำประมาณ 30	ไร่	

อาคารประกอบ

ท่อส่งน้ำลงลำน้ำเดิม ชนิดConcrete Steel Liner ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เมตร

อาคารระบายน้ำล้น ชนิดรางเท จำนวน 1 แห่ง

ระบบส่งน้ำโดยระบบแรงโน้มถ่วง (ท่อส่งน้ำ) ความยาวรวมประมาณ 9,500 เมตร

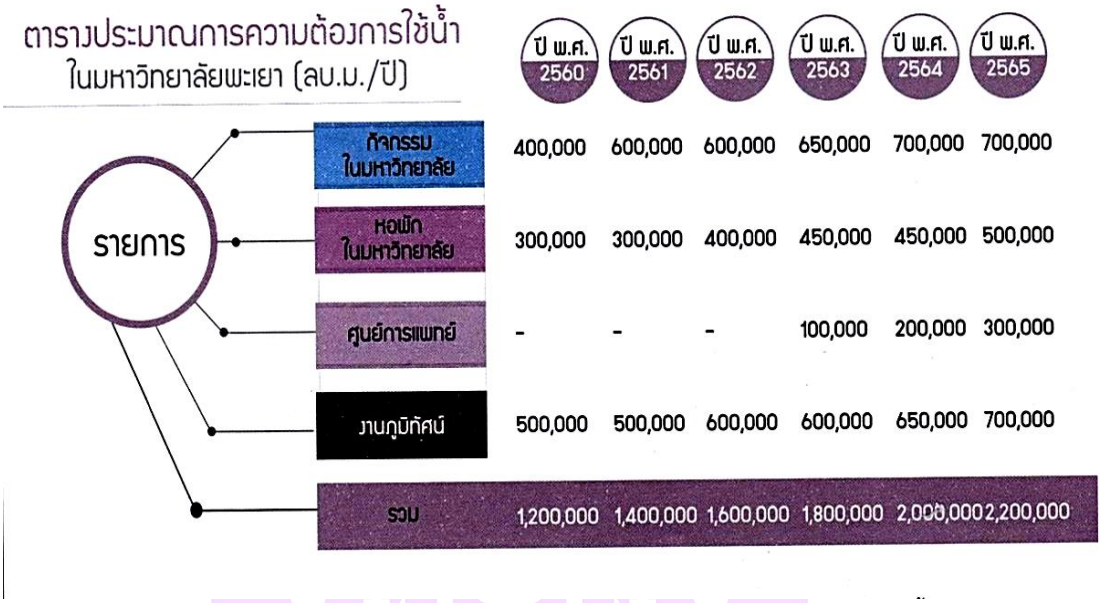


ภาพ 15 แสดงผังบริเวณทำดินอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

ความต้องการใช้น้ำของโครงการ

ข้อมูลการใช้น้ำการใช้น้ำของมหาวิทยาลัยพะเยา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-พ.ศ.2559 (ภูกามยาวนิวส์ ปีที่13 ฉบับเดือนธันวาคม 2559-มกราคม 2560) โดยกองอาคารและสถานที่ได้คาดการณ์ความต้องการใช้น้ำโดยหลักการใช้ข้อมูลเปรียบเทียบจากสถิติการใช้น้ำของมหาวิทยาลัยใน พ.ศ.2558 เป็นฐานการคำนวณความต้องการ และใช้เกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

1. อัตราการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆของมหาวิทยาลัยเฉลี่ย 50 ลิตร/คน/วัน
2. อัตราการใช้น้ำสำหรับที่พักอาศัยในมหาวิทยาลัย 100 ลิตร/คน/วัน
3. อัตราการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมของโรงพยาบาล 1,500 ลิตร/เตียง/วัน
4. อัตราการใช้น้ำสำหรับการเกษตรและงานภูมิทัศน์ 200 ลิตร/ไร่/วัน
5. แนวโน้มความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น เฉลี่ย อัตราร้อยละ 20-25 ต่อปี



ภาพ 16 แสดงตารางประมาณความต้องการใช้น้ำในมหาวิทยาลัยพะเยา

ที่มา : (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2560)

จากสถิติการใช้น้ำภายในมหาวิทยาลัยพะเยา ปริมาณการความต้องการใช้น้ำในอนาคตมหาวิทยาลัยพะเยามีความต้องการใช้น้ำในการดำเนินกิจกรรมตามภารกิจของมหาวิทยาลัย คิดเป็นอัตรา 2,000,000–2,500,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำต้นทุนที่มีอยู่นั้นสามารถรองรับการใช้งานได้มีปริมาณเพียง 1,389,200 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ฉะนั้น มหาวิทยาลัยพะเยายังต้องการปริมาณน้ำต้นทุนอีกประมาณ 800,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตาราง 5 แสดงการหา EVAPORATION AND SEEPAGE

เดือน	อัตราการระเหย มม.	อัตราการระเหยจริง มม.	จำนวนวันของเดือน	SEEPAGE มม.	EVAPORATION AND SEEPAGE
เม.ย.	149.00	107.28	30	45.0	152.3
พ.ค.	148.00	106.56	31	46.5	153.1
มิ.ย.	131.00	94.32	30	45.0	139.3
ก.ค.	124.00	89.28	31	46.5	135.8
ส.ค.	123.00	88.56	31	46.5	135.1
ก.ย.	117.00	84.24	30	45.0	129.2
ต.ค.	110.00	79.20	31	46.5	125.7
พ.ย.	89.00	64.08	30	45.0	109.1
ธ.ค.	78.00	56.16	31	46.5	102.7
ม.ค.	79.00	56.88	31	46.5	103.4
ก.พ.	90.00	64.80	28	42.0	106.8
มี.ค.	132.00	95.04	31	46.5	141.5
รวม	1370.00	986.40	365	547.50	1533.90

การหาพื้นที่ชลประทาน

หลักเกณฑ์ในการคำนวณหาพื้นที่ชลประทานโดยทำการศึกษา Reservoir Operation Study ของอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญและการกำหนดความจุของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมสัมพันธ์กับพื้นที่ที่สามารถส่งน้ำไปช่วยได้อย่างสม่ำเสมอ ปรากฏว่าอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ เป็นอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านหัวงานพอสมควร จากการคำนวณความจุอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 19,000 ลูกบาศก์เมตร สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกในฤดูฝนได้ 550 ไร่ รวมทั้งใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของราษฎรและสามารถส่งมาสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยาได้

การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปให้แก่พื้นที่เพาะปลูก																
โครงการ	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ขัญพร้อมระบบส่งน้ำ						พืชัด	47 QNB 905-005								
ที่ตั้ง	ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปาง						ระวาง	4947II ลำดับชุด L 7018								
ที่	รายการ	หน่วย	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	แผนการปลูกพืช	-	ตกกล้า	เพาะปลูก				เก็บเกี่ยว	พืชไร่				ไม่มีกิจกรรม	
2	ระยะเวลาเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
3	Kc	-	1.00	1.10	1.15	1.17	1.00	0.00	0.30	0.50	1.00	0.90	0.00	0.00
4	Evapotranspiration(ETp)	มม./วัน	4.37	4.00	3.97	3.90	3.55	2.97	2.52	2.55	3.21	4.26	4.97	4.77
5	ETc	มม./วัน	4.37	4.40	4.56	4.56	3.55	0.00	0.75	1.27	3.21	3.83	0.00	0.00
6	Percolation(P) *	มม./วัน	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00
7	ETc+P	มม./วัน	5.87	5.90	6.06	6.06	5.05	0.00	1.50	2.02	3.96	4.58	0.00	0.00
8	ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้	มม./เดือน	176.00	182.90	187.95	181.89	156.50	0.00	46.65	62.75	111.00	142.05	0.00	0.00
9	ฝนเฉลี่ยรายเดือน	มม./เดือน	139.43	183.83	250.46	207.26	104.05	22.19	5.44	5.38	4.76	29.75	63.38	160.33
10	ฝนใช้การ(RE)	มม./เดือน	97.60	128.68	137.75	124.36	72.84	17.75	5.44	5.38	4.76	23.80	50.70	112.23
11	ETc+P-RE	มม./เดือน	78.40	54.22	50.20	57.53	83.66	0.00	41.21	57.37	106.24	118.25	0.00	0.00
12	Irr.Eff.	%	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
13	ความต้องการน้ำชลประทาน	มม./เดือน	195.99	135.55	125.50	143.84	209.16	0.00	103.02	143.43	265.60	295.63	0.00	0.00
14	ปริมาณน้ำชลประทาน	ม.^3/เดือน/ไร่	313.59	216.89	200.79	230.14	334.66	0.00	164.84	229.49	424.96	473.01	0.00	0.00
15	ค่าชลภาระ	ลิตร/วินาที/ไร่	0.12	0.08	0.07	0.09	0.12	0.00	0.06	0.09	0.18	0.18	0.00	0.00
หมายเหตุ*	Percolation คิดดังนี้ ภาคกลาง =1 มม./วัน,ภาค ตอน. =2 มม./วัน,ภาคอื่นๆ = 1.5 มม./วัน													
	Irrigation Eff. ใช้ดังนี้ คลองดิน = 40 %, คลองดาด =50%													

ภาพ 17 แสดงการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปให้แก่พื้นที่เพาะปลูก

ผลการวิเคราะห์ด้านการประมาณราคาก่อสร้าง

พิจารณาจากรายละเอียดแบบก่อสร้าง โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญพร้อมระบบส่งน้ำ ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปาง นำมาวิเคราะห์กิจกรรมด้านต่าง ๆ เมื่อนำมาเทียบกับอัตราราคาต่อหน่วย (Unit Cost) จะได้ราคาค่าก่อสร้างโดยประมาณของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยอาคารหัวงานและอาคารประกอบต่างๆ คิดเป็นเงินรวมทั้งสิ้นประมาณ 38,700,000บาท ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้าง 1 ปี ดังรายละเอียดที่ได้แสดงในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงรายละเอียดราคาค่าก่อสร้างของงานก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

รายการ		**จำนวนเงิน (บาท)**
1. กิจกรรมงานเตรียมพื้นที่ และ งานเบื้องต้น	=	135,000.00
2. กิจกรรมทำนบดิน ขนาด กว้าง 8.00 ม. ยาว 130.00 ม. สูง 30.00 ม.	=	23,127,000.00
3. กิจกรรมทางระบายน้ำล้นแบบรางเท ขนาดระบายกว้าง 10.00 ม.	=	5,861,000.00
4. กิจกรรมท่อส่งน้ำ (ท่อ PVC ยาว 9,500. ม.)	=	8,450,000.00
รวมกิจกรรม	**=**	**37,573,000.00**
ค่าควบคุมงานก่อสร้าง (3%)	**=**	**1,127,190.00**
รวมทั้งสิ้น	**=**	**38,700,190.00**
คิดเป็น	**=**	**38,700,000.00**

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการพิจารณาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการอ่างเก็บห้วยขวัญพร้อมระบบส่งน้ำ ได้พิจารณาจากตัวชี้วัด 2 ตัว ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบัน (Net Present Values–NPV)
2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio–B/C)

ตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของโครงการอ่างเก็บน้ำ

ปีที่	งบลงทุน (A) (ล้านบาท)			ผลประโยชน์ (B)	ผลประโยชน์สุทธิ	D.F.	Discount	Discount	Discount
	ค่าก่อสร้าง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าปลูกป่า	(ล้านบาท)	(A)–(B)	i=12%	Benefit	Cost	Cash Flow
1	38.7	0	0.117	0	-38.817	0.893	0.000	34.658	-34.658
2	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.797	0.239	0.186	0.053
3	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.712	0.214	0.166	0.048
4	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.636	0.191	0.148	0.043
5	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.567	0.170	0.132	0.038
6	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.507	0.152	0.118	0.034
7	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.452	0.136	0.105	0.030
8	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.404	0.121	0.094	0.027
9	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.361	0.108	0.084	0.024
10	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.322	0.097	0.075	0.022
11	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.287	0.086	0.067	0.019
12	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.257	0.077	0.060	0.017
13	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.229	0.069	0.053	0.015
14	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.205	0.061	0.048	0.014
15	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.183	0.055	0.043	0.012
16	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.163	0.049	0.038	0.011
17	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.146	0.044	0.034	0.010

ตาราง 6 (ต่อ)

ปีที่	งบลงทุน (A) (ล้านบาท)			ผลประโยชน์ (B)	ผลประโยชน์สุทธิ	D.F.	Discount	Discount	Discount
	ค่าก่อสร้าง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าปลูกป่า	(ล้านบาท)	(A)-(B)	i=12%	Benefit	Cost	Cash Flow
17	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.146	0.044	0.034	0.010
18	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.130	0.039	0.030	0.009
19	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.116	0.035	0.027	0.008
20	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.104	0.031	0.024	0.007
21	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.093	0.028	0.022	0.006
22	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.083	0.025	0.019	0.006
23	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.074	0.022	0.017	0.005
24	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.066	0.020	0.015	0.004
25	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.059	0.018	0.014	0.004
26	0	0.116	0.117	0.30	0.067	0.053	0.016	0.012	0.004
	B/C =	PVB/PVC	=	0.058			PVB	PVC	NPV
							2.101	36.290	-34.189

1. ทุนโครงการ 38.70 ล้านบาท ค่าบำรุงรักษาคิดปีละ 0.3% ของราคาค่าลงทุน
= 38.70 x 0.30% = 0.116 ล้านบาทต่อปี

2. ผลประโยชน์ที่สูญเสียพื้นที่การเกษตรที่ถูกน้ำท่วม ไม่มีเนื่องจากบริเวณที่ดำเนินการก่อสร้างไม่มีพื้นที่การเกษตรของราษฎร

3. ผลประโยชน์ที่สูญเสียพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกน้ำท่วมเหนืออ่างฯ ประเมินจากพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกน้ำ ท่วม 30 ไร่ ค่าปลูกป่า 3,900 บาทต่อไร่
= 3,900 x 30 = 117,000 บาทต่อปี

4. ผลประโยชน์ด้านอุปโภคบริโภค แก่มหาวิทยาลัยพะเยา คิดจากราคาน้ำต้นทุนที่ส่งมาให้ในปริมาณ 800,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีประสิทธิภาพของระบบชลประทาน 75% ใน ราคาน้ำดิบจากค่าน้ำชลประทาน อัตราราคาลูกบาศก์เมตรละ 0.50 บาท

= 800,000 x 0.75 x 0.50 = 300,000 บาทต่อปี

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการอ่างเก็บน้ำขวัญ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV 12%)	-34.189 ล้านบาท	< 0
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (B/C 12%)	0.058	< 1

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผล

จากการศึกษาลำห้วยขวัญ เป็นลำห้วยที่มีความยาวไม่มากนักและไม่มีสถานีวัดปริมาณน้ำของกรมชลประทานในลำห้วย ดังนั้นในการศึกษาลักษณะของน้ำท่าจึงต้องใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่ใกล้เคียง มาประกอบในการพิจารณาได้แก่ ข้อมูลจากการตรวจสอบภูมิประเทศและสัมภาษณ์ราษฎรที่อาศัยอยู่ใกล้ลำห้วยขวัญ ทำให้ทราบถึงลักษณะการไหลของน้ำท่าโดยเฉพาะในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำน้อย ประกอบกับการพิจารณาข้อมูลจากปริมาณน้ำฝน สภาพลุ่มน้ำ คุณสมบัติของดิน ความลาดเทของลำน้ำ ทำให้สามารถกำหนดค่า Runoff Coefficient สำหรับโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่อยู่ใกล้เคียงกับโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้จากการคำนวณ ซึ่งจากผลการคำนวณปรากฏว่ามีปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 990,118 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม–เดือนตุลาคม) เท่ากับ 883,30 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน–เดือนเมษายน) เท่ากับ 106,818 ลูกบาศก์เมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำไหลมากที่สุดเท่ากับ 268,870 ลูกบาศก์เมตร และเดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำไหลน้อยที่สุดเท่ากับ 6,972 ลูกบาศก์เมตร Specific Yield มีค่าเท่ากับ 11.42 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร Runoff Coefficient เท่ากับ 30.61

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญมีขนาดของทำนบดินยาวประมาณ 130 เมตร สูงประมาณ 30 เมตร สันทำนบกว้าง 8 เมตร สามารถเก็บกักน้ำได้ประมาณ 800,000 ลูกบาศก์เมตร ที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมมีระดับความสูงประมาณ +650.00 ของระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ตั้งของมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีความสูงประมาณ +580 ของระดับน้ำทะเลปานกลาง จึงสามารถส่งน้ำโดยการใช้ระบบท่อส่งน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงมี

ความยาวรวมประมาณ 9,500 เมตร ซึ่งเป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่ทางมหาวิทยาลัยพะเยามีความต้องการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้

ผลการศึกษาพบว่าความเหมาะสมทางการเงินของโครงการ มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 0.058 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ –34.189 ล้านบาท ตามลำดับ กล่าวคือ NPV < 0 และ B/C < 1 อัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุนที่ระดับ ร้อยละ 12 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ พบว่าให้ผลตอบแทนได้รับน้อยกว่าเงินลงทุนที่ลงทุนไป จึงเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน

แต่โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่ต้องการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนให้แก่มหาวิทยาลัยพะเยา ได้นำน้ำต้นทุนจากโครงการไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ แล้วสามารถผลักดันทำให้ภารกิจด้านต่างๆของมหาวิทยาลัยที่จำเป็นต้องใช้น้ำเป็นต้นทุนในการผลิตเช่น การประปาภายในมหาวิทยาลัย เป็นต้น ให้ประสบผลสำเร็จลงได้ และก่อเกิดมูลค่าขึ้นมาภายหลังได้อีกมากมาย จึงเห็นสมควรพิจารณาใช้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจลงทุนแก่โครงการนี้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาความต้องการน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญเป็นส่วนหนึ่งของการการศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยาเท่านั้น ยังไม่ทราบถึงขนาดความสูง ความจุ ของอ่างเก็บที่แน่นอน จำเป็นต้องมีการสำรวจด้านภูมิประเทศอย่างละเอียดเพิ่มเติม

2. ควรมีการพิจารณาบริเวณที่ก่อสร้างหัวงานว่า มีสภาพทางธรณีวิทยาและสภาพฐานราก (Geological and Foundation System) ที่เหมาะสม หรือไม่ และควรมีการตรวจสอบชั้นดินหรือชั้นหิน ที่ไม่มีรอยแตกหรือรอยแยกมากเกินไป ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำซึมลอดใต้อาคารหัวงานได้ นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงค่า Bearing Capacity ของดินที่เป็นฐานรากว่าสามารถรองรับน้ำหนักอาคารหัวงานได้โดยปลอดภัย

3. ควรมีการศึกษาทางด้านรอยเลื่อนจากแผ่นดินไหวที่อาจส่งผลต่อตัวทำนบดินของอ่างเก็บน้ำได้อีกด้วย

เมื่อพิจารณาถึงการก่อสร้างจริงในอนาคต เห็นควรให้ผู้ที่สนใจศึกษาเพิ่มเติมนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นและฆประกอบการศึกษาในเรื่องการออกแบบ ประมาณราคาค่าก่อสร้างและความคุ้มทุนของโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ภาคผนวก

ตาราง 8 แสดงโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำห้วยขวัญ

ความสูง (ม.)	ระดับ ม. (ร.ท.ก.)	พื้นที่ผิวอ่างฯ ตารางเมตร	พื้นที่ผิวอ่างฯ เฉลี่ย ตารางเมตร	ปริมาตร ลบ.ม.	ปริมาตรสะสม ลบ.ม.
0	618	0.00	0.00	0.00	0.00
2	620	2,015.00	1,511.25	1,511.25	2,015.00
4	622	5,236.00	4,430.75	4,430.75	9,266.00
6	624	9,356.00	8,326.00	8,326.00	23,858.00
8	626	13,526.00	12,483.50	12,483.50	46,740.00
10	628	18,956.00	17,598.50	17,598.50	79,222.00
12	630	21,356.00	20,756.00	20,756.00	119,534.00
14	632	25,642.00	24,570.50	24,570.50	166,532.00
16	634	29,563.00	28,582.75	28,582.75	221,737.00
18	636	33,256.00	32,332.75	32,332.75	284,556.00
20	638	37,456.00	36,406.00	36,406.00	355,268.00
22	640	40,546.00	39,773.50	39,773.50	433,270.00
24	642	46,656.00	45,128.50	45,128.50	520,472.00
26	644	49,856.00	49,056.00	49,056.00	616,984.00
27	645	51,106.00	50,481.00	50,481.00	667,465.00
28	646	52,356.00	51,731.00	51,731.00	719,196.00
30	648	56,456.00	55,431.00	55,431.00	828,008.00

ตาราง 9 แสดงน้ำท่ารายเดือน สถานีบ้านหลวงเหนือ อ.งาว จ.ลำปาง (Y13A. น้ำงาว)

ปีน้ำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี ล้าน ลบ.ม.	เฉลี่ย ลบ.ม./วิ
2531	-	4.74	5.49	9.64	13.30	16.20	14.80	5.59	2.18	0.93	0.57	0.48	73.92	2.34
2532	0.30	1.63	2.64	6.38	16.70	18.20	15.20	5.73	3.03	0.90	0.57	0.45	71.75	2.28
2533	0.27	1.83	1.67	3.57	4.61	11.40	7.29	3.64	1.33	0.75	0.38	0.05	36.79	1.17
2534	-	1.00	2.85	1.04	14.00	14.30	-	5.09	1.72	0.95	0.29	0.14	-	-
2535	0.71	6.73	5.11	3.81	17.56	77.54	26.02	14.33	8.95	3.62	1.55	1.30	167.23	5.30
2536	1.88	2.34	1.22	2.73	7.59	37.35	8.17	3.82	2.15	1.53	1.07	1.06	70.90	2.25
2537	1.89	6.42	5.93	6.05	10.99	26.88	6.31	2.90	1.79	0.28	0.02	0.32	69.77	2.21
2538	1.49	2.62	2.32	7.24	12.03	39.41	24.23	9.88	2.65	2.19	1.09	0.82	105.96	3.36
2539	2.19	2.23	7.05	3.55	26.49	41.53	19.64	5.39	2.52	1.78	1.14	0.46	113.99	3.61
2540	0.64	6.20	5.27	3.20	8.80	7.92	8.87	2.45	1.08	1.00	0.96	0.35	46.75	1.48
2541	0.44	2.15	3.58	2.80	5.84	20.44	23.77	21.06	6.05	1.42	1.75	1.31	90.62	2.87
2542	1.24	1.36	2.14	2.53	4.88	6.74	11.48	18.46	1.91	1.50	1.13	0.89	54.25	1.72
2543	0.08	0.76	0.64	1.79	25.84	27.47	8.79	3.48	0.90	0.67	0.37	1.30	72.08	2.29
2544	3.11	19.27	14.17	13.75	42.72	35.82	31.11	8.87	5.04	4.07	2.63	2.21	182.77	5.80
2545	1.11	4.93	2.21	5.12	6.30	24.82	10.15	5.20	1.98	1.45	1.26	1.30	65.81	2.09
2546	1.20	1.54	1.89	2.95	14.17	13.11	10.37	2.36	1.28	0.74	0.44	0.21	50.27	1.59
2547	0.69	8.03	2.70	5.94	18.90	23.52	15.12	8.93	5.32	5.60	4.21	2.84	101.80	3.23
2548	1.05	1.70	1.73	2.75	3.41	6.03	2.07	1.26	1.44	1.24	0.96	0.07	23.70	0.75
2549	0.00	0.03	2.50	3.86	5.61	19.25	11.19	6.63	2.85	2.11	0.89	0.00	54.92	1.74
สูงสุด	3.11	19.27	14.17	13.75	42.72	77.54	31.11	21.06	8.95	5.60	4.21	2.84	182.77	5.80
เฉลี่ย	1.08	3.97	3.74	4.67	13.67	24.63	14.14	7.11	2.85	1.72	1.12	0.82	**79.52**	2.56
ต่ำสุด	0.00	0.03	0.64	1.04	3.41	6.03	2.07	1.26	0.90	0.28	0.02	0.00	23.70	0.75
%	1.35	5.00	4.71	5.87	17.19	30.97	17.78	8.94	3.59	2.17	1.41	1.03	100.00	
		หมายเหตุ 1. ปีน้ำเริ่มตั้งแต่ 1 เม.ย. ถึง 31 มี.ค. ของปีต่อไป												

ตาราง 10 แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือน

สถานี : อ.งาว จ.ลำปาง (นายม)							รหัส : 16092							
ปีน้ำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม	วัน
2500	74.5	125.4	206.6	145.4	306.1	263.5	137.8	0.0	0.0	7.9	0.0	19.3	1286.5	96
2501	73.7	172.7	177.2	118.0	214.1	108.1	97.9	0.0	0.0	0.0	3.8	17.3	982.8	75
2502	57.5	167.5	141.0	243.6	247.1	272.6	39.8	11.4	0.0	32.3	0.0	13.5	1226.3	95
2503	19.9	107.8	72.5	152.5	190.7	315.2	57.4	27.4	22.8	0.0	25.0	77.9	1069.1	84
2504	103.5	290.1	212.2	107.5	427.4	426.1	111.7	0.0	37.3	0.0	0.0	29.4	1745.2	102
2505	93.0	210.6	147.9	148.5	208.4	199.7	193.5	15.9	0.0	0.0	21.7	27.9	1267.1	74
2506	47.6	61.7	288.1	213.9	290.6	106.7	220.0	60.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1288.7	79
2507	57.9	283.8	98.6	202.1	113.0	258.0	152.6	11.4	0.0	0.0	22.1	16.3	1215.8	89
2508	44.3	73.0	204.0	97.4	176.4	216.4	145.5	0.0	0.0	29.9	0.0	0.0	986.9	64
2509	31.4	404.1	54.7	176.4	315.7	115.6	116.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1213.9	53
2510	76.7	102.6	154.0	119.0	127.8	335.9	38.5	9.5	0.0	4.6	29.9	16.5	1015.0	61
2511	141.2	180.6	157.6	106.4	196.1	294.5	55.3	3.9	0.0	8.2	0.0	9.8	1153.6	72
2512	16.8	237.1	119.6	178.5	102.0	140.9	0.0	42.8	21.3	0.0	2.7	82.8	–	–
2513	71.8	265.1	270.6	153.8	278.2	169.1	103.0	24.4	25.6	0.0	0.0	30.9	1392.5	67
2514	36.3	179.2	100.8	265.0	294.0	234.3	96.4	15.1	6.2	0.0	0.0	82.5	1309.8	65
2515	119.7	127.7	113.9	192.1	295.6	140.0	112.6	58.7	12.3	0.0	0.0	53.8	1226.4	68
2516	0.0	171.5	120.1	108.8	425.2	217.2	95.2	20.1	0.0	0.0	0.0	27.8	1185.9	75
2517	116.2	116.5	151.9	172.2	233.0	173.3	201.8	0.0	2.9	45.9	0.0	0.0	1213.7	56
2518	42.6	186.0	153.0	270.8	387.0	137.6	126.8	13.7	0.0	0.0	0.0	18.6	1336.1	79
2519	148.9	122.7	222.4	232.0	192.5	287.1	168.4	10.5	0.0	89.8	0.0	58.8	1533.1	80
2520	58.3	276.4	36.9	227.5	196.7	295.2	120.9	12.1	33.5	16.4	21.2	0.0	1295.1	88
2521	43.3	209.4	162.6	380.2	277.3	151.6	30.0	0.0	2.1	0.0	11.4	1.2	1269.1	81
2522	147.9	175.6	192.9	194.7	223.3	141.9	58.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1134.9	79
2523	43.1	137.5	275.1	210.9	175.0	277.5	73.1	0.0	43.7	1.8	0.0	0.4	1238.1	95
2524	65.6	256.3	73.5	394.6	195.9	151.2	161.3	51.9	1.2	3.4	0.0	0.0	1354.9	96
2525	111.2	127.7	76.0	158.8	133.1	150.0	75.5	9.4	0.0	1.9	0.0	0.9	844.5	91
2526	24.5	96.0	113.1	202.2	127.0	150.5	135.3	56.8	5.2	0.0	9.6	1.0	921.2	76
2527	124.5	163.4	175.4	104.8	198.4	214.9	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1078.1	61
2528	148.7	160.4	166.2	166.9	84.0	252.5	92.5	74.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1146.1	53
2529	60.6	189.2	91.3	208.9	215.7	116.9	154.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1037.2	54
2530	45.3	138.2	168.7	112.8	317.6	201.7	43.8	114.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1142.6	49
2531	71.8	98.9	159.5	90.7	242.7	90.5	96.4	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0	880.7	45
2532	7.4	277.6	130.1	169.9	182.9	0.0	132.8	0.0	0.0	0.0	15.1	43.5	959.3	–
2533	58.5	43.5	71.4	176.5	160.8	145.4	78.2	16.5	0.0	0.0	0.0	13.2	764.0	63
2534	65.3	81.1	152.9	116.6	282.6	91.6	112.4	8.2	0.0	0.4	38.6	0.0	949.7	84
2535	0.0	18.7	89.3	155.7	100.4	122.3	201.7	0.0	80.1	0.0	0.0	35.7	803.9	75
2536	117.9	227.3	122.6	125.8	124.0	133.9	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	201.3	1063.5	77
2537	72.4	292.8	118.1	248.8	364.7	85.1	3.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	1195.4	76
2538	15.3	139.0	61.6	316.0	278.4	87.3	22.1	157.8	0.0	0.0	4.0	17.3	1098.8	74
2539	97.0	35.5	73.2	103.6	237.7	115.8	81.2	55.4	0.0	0.0	19.3	35.2	853.9	101
2540	92.3	52.7	131.0	220.1	278.0	165.2	49.0	26.5	0.0	0.0	0.0	122.0	1136.8	69
2541	53.7	261.6	104.1	226.8	268.5	35.5	52.2	73.2	0.0	0.0	7.5	8.6	1091.7	87
2542	82.1	326.4	400.0	207.8	229.6	401.8	225.9	25.6	0.0	0.0	4.9	1.2	1905.3	104
2543	39.6	39.7	32.9	189.2	241.2	216.3	154.0	0.0	0.0	28.5	0.0	210.7	1152.1	92
2544	45.4	341.9	204.3	321.0	300.9	174.1	263.8	0.0	0.0	21.9	0.0	172.4	1845.7	106
2545	92.3	61.7	131.0	224.1	277.9	165.2	49.0	26.5	0.0	0.0	19.3	35.2	1082.2	70
2546	74.8	118.4	145.3	94.5	147.3	175.2	83.4	73.2	0.0	3.2	0.0	91.4	1006.7	45
2547	21.2	114.0	198.6	163.8	201.3	280.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	979.5	55
2548	84.1	143.7	59.7	128.5	269.2	551.0	170.0	60.0	0.0	0.0	0.0	10.5	1476.7	57
2549	115.0	247.0	115.0	113.0	413.9	205.8	30.0	0.0	0.0	0.0	10.0	11.0	1260.7	50
2550	30.7	40.0	179.3	0.0	330.2	202.8	30.0	4.0	0.0	0.0	0.0	10.0	827.0	61
2551	0.0	91.6	101.1	297.3	435.4	316.5	342.8	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1624.7	68
2552	0.0	0.0	0.0	244.0	191.1	168.9	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	–	–
2553	0.0	100.0	35.0	20.0	740.0	400.0	17.3	0.0	0.0	5.0	0.0	60.0	1377.3	79
2554	40.0	165.2	260.0	405.0	347.0	390.0	50.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1658.0	63
2555	25.8	144.4	33.8	169.4	215.0	370.0	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1052.4	82
สูงสุด	148.90	404.10	400.00	405.00	740.00	551.00	342.80	157.80	80.10	89.80	38.60	210.70	1905.30	106.0
เฉลี่ย	63.38	160.33	139.43	183.83	250.46	207.26	104.05	22.19	5.44	5.38	4.76	29.75	1176.24	74.3
ต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	764.00	45.0

ตาราง 11 แสดงการดำเนินงาน R.O.S. รอบที่ 1

RESERVOIR OPERATION STUDY 1

โครงการ อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ขวัญพร้อมระบบส่งน้ำ ที่ตั้ง ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปาง

Average Annual Runoff Volume 990,118 m.^3

Reservoir Capacity 19,000 m.^3 ; เท่ากับปริมาณตะกอน

Dead Storage 19,000 m.^3 ; เท่ากับปริมาณตะกอน เริ่มทำ R.O.S. เดือน มิ.ย.

แถวที่	รายการ	หน่วย			เดือน											
					ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน
1	Average rainfall (mm.)	มม.			104.05	22.19	5.44	5.38	4.76	29.75	63.38	160.33	139.43	183.83	250.46	207.26
2	Evaporation and Seepage (mm.)	มม.			125.70	109.08	102.66	103.38	106.80	141.54	152.28	153.06	139.32	135.78	135.06	129.24
3	Quantity in storage at start of period (m.^3)	1000 ลบ.ม			271.78	213.89	256.12	271.24	279.17	283.17	290.03	304.31	385.33	19.00	11.18	128.27
4	Inflow from runoff (m.^3)	1000 ลบ.ม			126.79	44.25	17.75	10.72	6.97	10.16	16.96	80.79	68.73	111.19	226.94	268.87
5	Average water surface area of lake (m.^2)	1000 ตร.ม			28.49	23.30	27.09	28.44	29.16	29.51	30.13	31.41	38.68	5.82	5.12	15.62
6	Rainfall over water surface area (m.^3)	1000 ลบ.ม			2.96	0.52	0.15	0.15	0.14	0.88	1.91	5.04	5.39	1.07	1.28	3.24
7	Evaporation and Seepage (m.^3)	1000 ลบ.ม			3.58	2.54	2.78	2.94	3.11	4.18	4.59	4.81	5.39	0.79	0.69	2.02
8	Net total gain or loss (m.^3)	1000 ลบ.ม			126.17	42.23	15.11	7.94	4.00	6.86	14.28	81.02	68.73	111.46	227.53	270.09
9	Total quantity for period (m.^3)	1000 ลบ.ม			397.95	256.12	271.24	279.17	283.17	290.03	304.31	385.33	454.06	130.46	238.71	398.36
10	Requirement for rice per rai (m.^3)	ลบ.ม			334.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.59	216.89	200.79	230.14
11	Requirement for upland crop per rai (m.^3)	ลบ.ม			0.00	0.00	164.84	229.49	424.96	473.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Quantity required for rice-rai (m.^3)	1000 ลบ.ม	550	ไร่	184.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172.47	119.29	110.44	126.58
13	Quantity required for upland crop-rai (m.^3)	1000 ลบ.ม		ไร่	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Requirement for water supply (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Requirement for factories (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Total Quantity Required (m.^3)	1000 ลบ.ม			184.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172.47	119.29	110.44	126.58
17	Shortage (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.82	0.00	0.00
18	Excess or Spill (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	262.59	0.00	0.00	0.00
19	Carried over to next period (m.^3)	1000 ลบ.ม			213.89	256.12	271.24	279.17	283.17	290.03	304.31	385.33	19.00	11.18	128.27	271.78

ตารางที่ 12 แสดงการศึกษาหาค่า R.O.S. รอบที่ 2

RESERVOIR OPERATION STUDY 2

	โครงการ อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ขวัญพร้อมระบบส่งน้ำ						ที่ตั้ง	ต.บ้านร้อง อ.งาว จ.ลำปาง										
	Average Annual Runoff Volume		990,118	m.^3			Drainage Area				m.^2							
	Reservoir Capacity		470,000	m.^3														
	Dead Storage		19,000	m.^3	; เท่ากับปริมาณตะกอน		เริ่มทำ R.O.S. เดือน		มิถุนายน									

แถว ที่	รายการ	หน่วย			เดือน													
					ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน		
1	Average rainfall (mm.)	มม.			104.05	22.19	5.44	5.38	4.76	29.75	63.38	160.33	139.43	183.83	250.46	207.26		
2	Evaporation and Seepage (mm.)	มม.			125.70	109.08	102.66	103.38	106.80	141.54	152.28	153.06	139.32	135.78	135.06	129.24		
3	Quantity in storage at start of period (m.^3)	1000 ลบ.ม			626.61	568.04	607.51	578.35	526.21	421.71	308.93	323.06	470.00	366.26	359.94	480.64		
4	Inflow from runoff (m.^3)	1000 ลบ.ม			126.79	44.25	17.75	10.72	6.97	10.16	16.96	80.79	68.73	111.19	226.94	268.87		
5	Average water surface area of lake (m.^2)	ตร.ม			60.32	55.07	58.61	55.99	51.32	41.94	31.83	33.09	46.27	36.97	36.40	47.23		
6	Rainfall over water surface area (m.^3)	1000 ลบ.ม			6.28	1.22	0.32	0.30	0.24	1.25	2.02	5.31	6.45	6.80	9.12	9.79		
7	Evaporation and Seepage (m.^3)	1000 ลบ.ม			7.58	6.01	6.02	5.79	5.48	5.94	4.85	5.07	6.45	5.02	4.92	6.10		
8	Net total gain or loss (m.^3)	1000 ลบ.ม			125.48	39.47	12.05	5.24	1.74	5.47	14.13	81.03	68.74	112.96	231.14	272.55		
9	Total quantity for period (m.^3)	1000 ลบ.ม			752.10	607.51	619.56	583.59	527.95	427.18	323.06	404.09	538.74	479.22	591.07	753.19		
10	Requirement for rice per rai (m.^3)	ลบ.ม			334.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.59	216.89	200.79	230.14		
11	Requirement for upland crop per rai (m.^3)	ลบ.ม			0.00	0.00	164.84	229.49	424.96	473.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
12	Quantity required for rice-rai (m.^3)	1000 ลบ.ม	550	ไร่	184.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172.47	119.29	110.44	126.58		
13	Quantity required for upland crop-rai (m.^3)	1000 ลบ.ม	250	ไร่	0.00	0.00	41.21	57.37	106.24	118.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
14	Requirement for water supply (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
15	Requirement for factories (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
16	Total Quantity Required (m.^3)	1000 ลบ.ม			184.06	0.00	41.21	57.37	106.24	118.25	0.00	0.00	172.47	119.29	110.44	126.58		
17	Shortage (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
18	Excess or Spill (m.^3)	1000 ลบ.ม			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
19	Carried over to next period (m.^3)	1000 ลบ.ม			568.04	607.51	578.35	526.21	421.71	308.93	323.06	404.09	366.26	359.94	480.64	626.61		

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราราคางานเฉลี่ยของงานก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ

ลำดับ	รายการ	ทำนบดิน				ทางรบายน้ำล้น		
		ยาว (ม.)	สูง (ม.)	ราคางาน (ล้านบาท)	ราคาต่อหนวย (ล้านบาท)	กว้าง (ม.)	ราคางาน (ล้านบาท)	ราคาต่อหนวย (ล้านบาท)
1	อ่างเก็บน้ำห้วยเดื่อ ต.บ้านแลง อ.เมือง จ.ลำปาง	150.00	19.00	15.37	5,400.00	7.00	3.83	0.55
2	อ่างเก็บน้ำแม่เสริม ต.เสริมกลาง อ.เสริมงาม จ.ลำปาง	144.00	26.00	19.10	5,110.00	12.00	6.62	0.55
3	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่เฟือง ต.บ้านดง อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง	256.00	23.00	33.25	5,650.00	12.00	7.66	0.64
		อัตราราคาเฉลี่ยต่อหหน่วย			5,390.00	อัตราราคาเฉลี่ยต่อหหน่วย		0.58

บรรณานุกรม

ฝ่ายวิศวกรรม สำนักชลประทานที่ 5. (2530), **คู่มือการจัดทำรายงานการศึกษาโครงการ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักชลประทาน

ทองเปลว กองจันทร์ (ม.ป.ป.). **เทคนิคและวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำ**. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน.

วราวุธ วุฒิวณิชย์. (2533) **ขบวนการเกิดน้ำท่า (Runoff Process)** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัย พะเยา.(2560). **ภูกามยาวนิวส์**. 6(13). 4

สมเกียรติ ประจำวงษ์. (2542). **การวางโครงการชลประทาน(Irrigation Project Planing).** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมชลประทาน.

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. (2526). **เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงานชลประทาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมชลประทาน.

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. (2526). **ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency) เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงานชลประทาน.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมชลประทาน.

Chow, V.T.1959 and Linsley et. Al, (1960). **คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของการไหลบนผิวดิน**, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงาน กปร.

Horton, R.E. (1945), โครงข่ายลำน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงาน กปร.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	กิตติคุณ ปวงแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	22 ธันวาคม 2521
สถานที่เกิด	ลำปาง
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2545 วศ.บ.(ชลประทาน), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	135 ซ.แสงบัว ถ.พระแก้ว ต.เวียงเหนือ อ.เมือง จ.ลำปาง
ผลงานตีพิมพ์	ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง กิตติคุณ ปวงแก้ว (ผู้บรรยาย). (16 มิถุนายน 2561). การศึกษาความเหมาะสมของโครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อสนับสนุนมหาวิทยาลัยพะเยา. ในการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษา ครั้งที่4 (หน้า 273-282). พะเยา; มหาวิทยาลัยพะเยา
รางวัลที่ได้รับ	-