การออกแบบระบบสูบน้ำเพื่อการชลประทาน ของเทศบาลบ้านโคก จังหวัดขอนแก่น

DESIGN OF A PUMPING SYSTEM FOR IRRIGATION OF BANKOK MUNICIPALITY, KHON KAEN PROVINCE

วินัย ศรีอำพร[1] สกลเกียรติ กวีพิชชาพัชร[2] สุริยะ ผลพูน[3]
[1] รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2, 3] วิศวกรโยธา, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกระบวนการออกแบบเครื่องสูบน้ำ และระบบท่อส่งน้ำ ของสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทาน ซึ่งประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมควบคู่ไปกับการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อให้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตร กิจกรรมการออกแบบประกอบด้วย การสำรวจพื้นที่โครงการ จัดทำแผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน คำนวณความต้องการใช้น้ำในแปลง ความต้องการใช้น้ำชลประทานที่หัวงานและค่าชลภาระ ออกแบบแนวท่อและขนาดของท่อส่งน้ำ คำนวณการสูญเสียความสูงหัวน้ำในระบบท่อ หาค่าความสูงหัวน้ำรวม ออกแบบขนาดและเลือกประเภทของเครื่องสูบน้ำ และออกแบบองค์ประกอบต่างๆ ของโครงการ พร้อมทั้งจัดประชุมชี้แจงและรับฟังความคิดเห็นผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับโครงการ จำนวน 3 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้คือแบบแปลนฉบับสมบูรณ์ของโครงการที่พร้อมจะนำไปใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งเอกสารประกวดราคา และคู่มือการบริหารจัดการสถานีสูบน้ำ

คำสำคัญ: การออกแบบระบบสูบน้ำ ระบบชลประทาน การมีส่วนร่วมของประชาชน

ABSTRACT

This article presents a design procedure of pump and piping system of a pumping station for irrigation. It was an application of engineering knowledge parallel with people participation, which aimed to be a guide in designing of pumping systems for agriculture. The design activities were including, site surveying, mapping of the land ownership plots, calculation of the crop water requirement, irrigation water demand and water duty, design layout and the size of pipeline, head losses and total dynamic head computation, design the size and select the type of pump, and design the project components. Besides, 3

public hearing meetings with the stakeholders were also organized. The outputs were a complete set of the project blueprint which would be used in the construction, tender documents and the pumping station management manual.

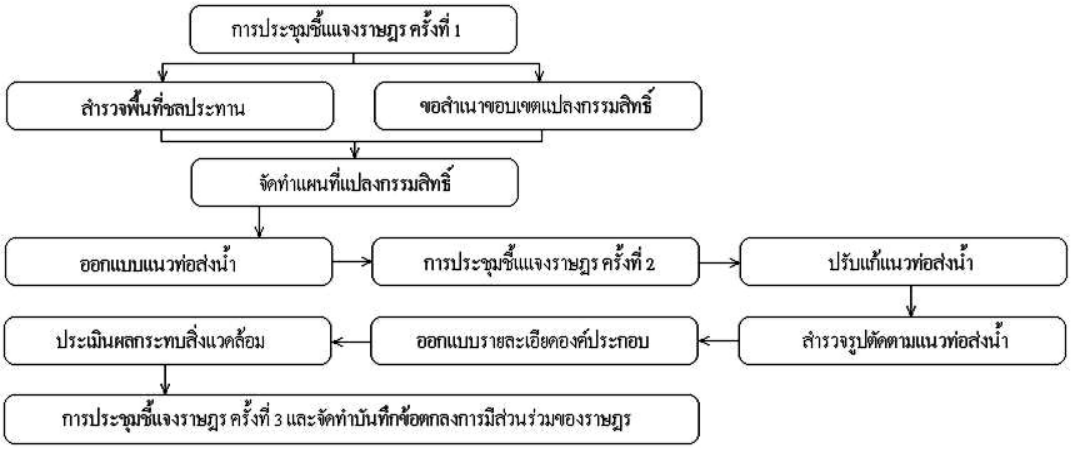
KEYWORDS: pumping system design, irrigation system, people participation

1. บทนำ

การส่งน้ำชลประทานผิวดินโดยทั่วๆ ไปสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำลงสู่คลองแล้วส่งต่อไปยังแปลงเพาะปลูกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือการสูบน้ำจากแหล่งน้ำขึ้นสู่คลองส่งน้ำแล้วส่งไปยังแปลง หรือสูบน้ำแล้วส่งไปตามท่อเข้าสู่แปลงเพาะปลูก ซึ่งในกรณีที่มีการสูบน้ำนั้นเกษตรกรจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้า ดังนั้น จึงควรมีการออกแบบเครื่องสูบน้ำและระบบส่งน้ำที่เหมาะสมภายใต้การมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อให้เกษตรกรได้รับประโยชน์สูงสุด บทความนี้แสดงรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการคำนวณในการออกแบบเครื่องสูบน้ำและระบบท่อส่งน้ำ ของสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทานเทศบาลบ้านโคก อ.โคกโพธิ์ไชย จ.ขอนแก่น เพื่อให้เป็นแนวทางในการออกแบบสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทานต่อไป

2. กระบวนการออกแบบ

การออกแบบสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทานของเทศบาลบ้านโคก ประกอบด้วยกิจกรรมและการคำนวณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการจัดประชุมชี้แจงและรับฟังความคิดเห็นของเกษตรกรในพื้นที่โครงการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบสถานีสูบน้ำของเทศบาลบ้านโคก

3. การออกแบบแนวท่อส่งน้ำ

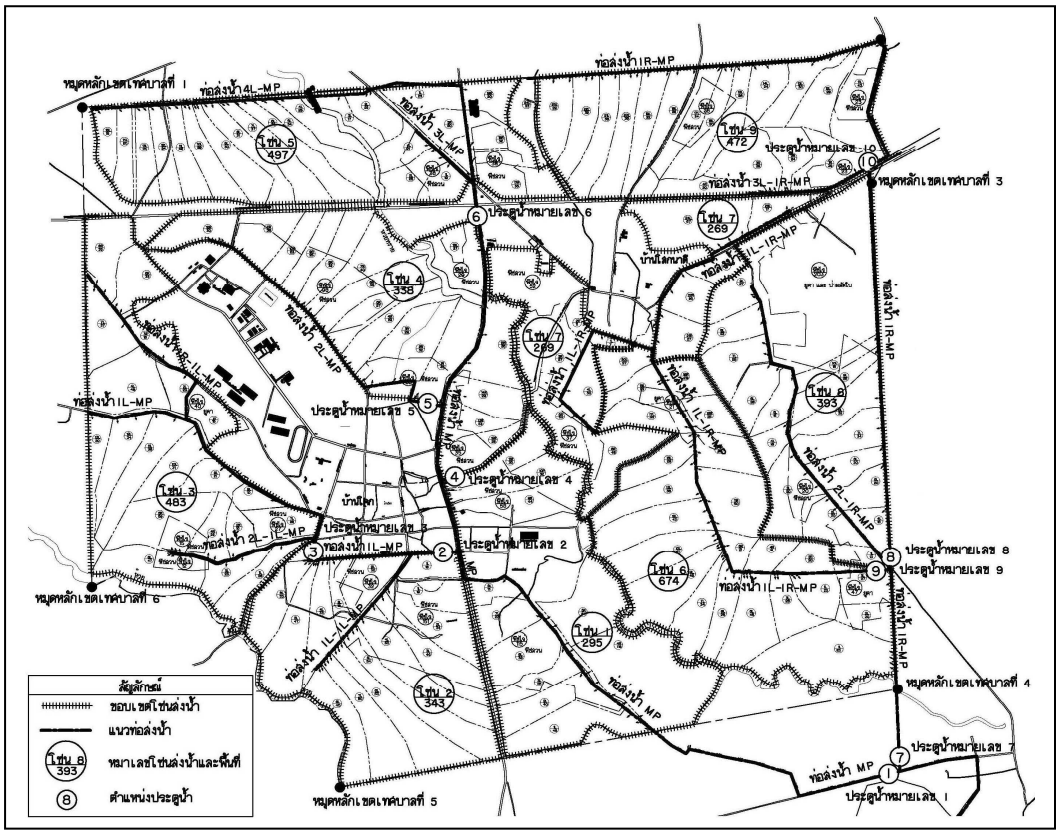
โครงการชลประทานของเทศบาลบ้านโคกมีพื้นที่นาข้าว 3,764 ไร่ ซึ่งในการวางแผนการส่งน้ำชลประทานได้แบ่งออกเป็นโซนส่งน้ำ 9 โซน โดยมีแผนที่ขอบเขตโซนส่งน้ำ แนวท่อส่งน้ำ และตำแหน่งของประตูน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 และมีรายละเอียดการออกแบบแนวท่อส่งน้ำ ดังนี้

1) สำรวจพื้นที่โครงการเพื่อจัดทำแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:4,000 และสำรวจ Site plan

2) จัดทำแผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน แล้วนำมาซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศที่ได้ในข้อ 1)

3) ออกแบบระบบส่งน้ำเป็นระบบท่อ โดยใช้ท่อ PVC ฝังใต้ดิน เพราะสภาพพื้นที่ชลประทานมีลักษณะสูงๆ ต่ำๆ และจากการประชุมรับฟังความคิดเห็นพบว่าประชาชนในพื้นที่ต้องการให้เป็นระบบท่อ เนื่องจากไม่ต้องการจะเสียที่ดินบางส่วนไปเพื่อการก่อสร้างคลองส่งน้ำ

4) การออกแบบแนวท่อส่งน้ำเบื้องต้น จะเลือกแนวที่เป็นสันเนิน และเป็นแนวเส้นตรงที่สั้นที่สุดเพื่อประหยัดค่าก่อสร้าง โดยพยายามเลือกแนวข้างถนนเพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง และ/หรือ แนวที่ผ่านขอบแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินให้มากที่สุด



รูปที่ 2 แผนที่ขอบเขตโซนส่งน้ำ แนวท่อส่งน้ำ และตำแหน่งประตูน้ำของโครงการ

5) ระบบท่อส่งน้ำประกอบด้วย ท่อสายประธาน และท่อสายซอย พร้อมทั้งติดตั้งประตูน้ำ (Gate valve) ที่ต้นทางของท่อแต่ละสายเพื่อความสะดวกในการจัดรอบเวรส่งน้ำ

6) สำรวจรูปตัดตามยาวและรูปตัดขวาง (Profile and cross section) ของพื้นดินตามแนวท่อส่งน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบรายละเอียดของระบบท่อส่งน้ำ ต่อไป

4. การคำนวณค่าชลภาระ

การคำนวณความต้องการใช้น้ำในแปลงนาข้าว ความต้องการน้ำชลประทานที่หัวงาน และค่าชลภาระ (Water duty) มีรายละเอียดดังนี้

1) ความต้องการใช้น้ำสำหรับนาข้าว ประกอบด้วยปริมาณน้ำ 3 ส่วนคือ

(1) ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการเตรียมแปลง มีค่าเท่ากับ 200 mm โดยใช้เวลาในการเตรียมแปลง 4 สัปดาห์ [1]

(2) ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตของข้าว รวมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการระเหยจากแปลงนา (Evapotranspiration, ET: mm) สามารถคำนวณได้จาก

$$ET = K_c.ET_p \quad (1)$$

โดยที่ K_c คือค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว ซึ่งมีค่ารายสัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ET_p คือศักย์การคายระเหยของพืชอ้างอิง (mm) ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยของจังหวัดขอนแก่น โดยใช้วิธี Penman-Monteith (FAO)

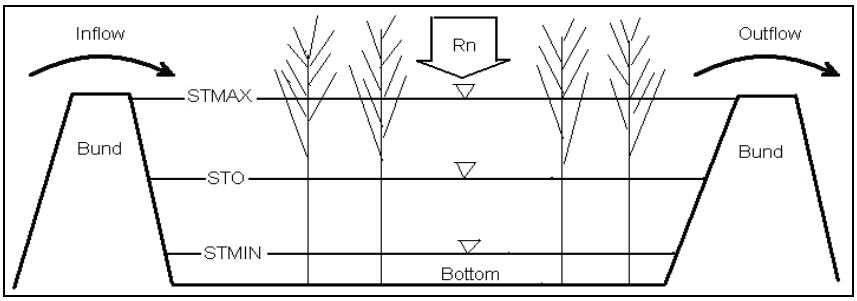
(3) ปริมาณน้ำเพื่อตกกล้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) โดยใช้ค่า K_c = 1.0 [1]

ตารางที่ 1 ค่า K_c รายสัปดาห์ของข้าวนาปีปักดำ [1]

สัปดาห์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K_c	0.90	0.94	0.98	1.13	1.21	1.27	1.32	1.30	1.26	1.21	1.11	0.85	0.75

2) ปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน (Percolation) จากการวัดค่าอัตราการซึมในพื้นที่ชลประทานของโครงการ พบว่ามีอัตราการซึมลงดินเฉลี่ยเท่ากับ 2 mm/d

3) ฝนใช้การ (Effective rainfall) คือปริมาณน้ำฝนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำชลประทาน และสามารถคำนวณได้จากปริมาณฝนรายวัน โดยใช้แบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งฝนใช้การจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนรายวัน และระดับน้ำในแปลงนา โดยมีเกณฑ์กำหนดดังนี้ [2]



รูปที่ 3 แบบจำลองการคำนวณฝนใช้การรายวันของนาข้าว [2]

$$St_n = St_{n-1} + R_n - a_n \quad (2)$$

ถ้า $St_n > STMAX$, $R_e = STMAX = a_n - St_{n-1}$, $St_n = STMAX$ (3)

ถ้า $St_n < STMAX$, $R_e = R_n$, $St_n = St_{n-1} + R_n - a_n$ (4)

ถ้า $St_n < STNIN$, $R_e = R_n$, $St_n = STO$ (5)

โดยที่ R_n คือปริมาณฝนที่ตกในวันที่ n (mm), St_{n-1} คือระดับน้ำในแปลงนาเมื่อเริ่มต้นวันที่ n, St_n คือระดับน้ำในแปลงนาเมื่อสิ้นสุดวันที่ n, a_n คือปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการในวันที่ n (mm), STMIN คือระดับน้ำต่ำสุดในแปลงนาที่ใช้เพื่อกำจัดวัชพืชและเป็นระดับที่จะต้องให้น้ำชลประทาน, STO คือระดับน้ำหลังจากให้น้ำชลประทาน, STMAX คือระดับน้ำสูงสุดก่อนการล้นข้ามคันนา และ R_e คือปริมาณฝนใช้การในวันที่ n (mm)

ในการคำนวณใช้ค่า STMIN = 50 mm, STO = 100 mm และ STMAX = 150 mm และใช้ข้อมูลฝนรายวันของสถานีอำเภอโคกโพธิ์ไชย โดยเริ่มเตรียมแปลงประมาณวันที่ 1 มิถุนายน

4) จากการคำนวณ พบว่าข้าวนาปีในเขตพื้นที่โครงการ มีความต้องการใช้น้ำในแปลงสุทธิสูงสุดเท่ากับ 30.8 mm/week หรือเท่ากับ 4.4 mm/d

5) กำหนดให้การสูบน้ำแต่ละวันจะใช้เวลาไม่เกิน 15 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงการสูบน้ำในช่วงเวลา 18:00 – 20:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในรอบวัน เพราะอาจประสบปัญหาแรงดันกระแสไฟฟ้าตก ส่งผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำ

6) การส่งน้ำโดยระบบท่อจะมี On farm efficiency = 90% [3] ดังนั้น จึงใช้ประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการเท่ากับ 90%

7) คำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานที่หัวงาน ได้ดังนี้

$$WR = \frac{ET + I - R_e}{E_i} \quad (6)$$

โดยที่ WR คือความต้องการน้ำชลประทานที่หัวงาน (mm), ET คือความต้องการใช้น้ำในแปลงสูงสุด (mm), I คือปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน (mm), R_e คือปริมาณฝนใช้การ (mm), และ E_i คือประสิทธิภาพการชลประทาน

8) หลังจากนั้น ก็นำความต้องการน้ำชลประทานที่หัวงานมาคำนวณค่าชลภาระของโครงการ ซึ่งจะได้เท่ากับ 7.04 ลบ.ม./วัน/ไร่ หรือ 0.13 ลิตร/วินาที/ไร่

5. การคำนวณอัตราการสูบน้ำและความสูงหัวน้ำรวม

การคำนวณหาอัตราการสูบน้ำและความสูงหัวน้ำรวม (Total Dynamic Head, TDH) ของเครื่องสูบน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

1) อัตราการไหลที่ใช้ในการออกแบบ (Q_{design}) สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = W_d \,.A \tag{7}$$

โดยที่ W_d คือค่าชลภาระ และ A คือพื้นที่ชลประทานของโครงการ ซึ่งจากการคำนวณจะได้ Q เท่ากับ 489.32 L/s ดังนั้น จึงออกแบบให้ Q_{design} หรืออัตราการสูบน้ำที่ต้องการ เท่ากับ 500 L/s

2) การออกแบบขนาดของท่อ เนื่องจากเป็นการส่งน้ำตามความต้องการของเกษตรกร หรือแบบหมุนเวียน จึงออกแบบให้ท่อมีขนาดเท่ากันทั้งโครงการ ซึ่งการออกแบบขนาดของท่อสามารถทำได้โดยใช้สมการสภาพต่อเนื่อง (Continuity equation) ของอัตราการไหลในท่อ ดังนี้ [4]

$$Q = A.v = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) v \tag{8}$$

โดยที่ Q คืออัตราการไหลในท่อ (m^3/s), A คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ (m^2), v คือความเร็วของการไหล (m/s), และ D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

การออกแบบขนาดของท่อส่งน้ำ มีเกณฑ์กำหนดให้ความเร็วของการไหลในท่อไม่ควรจะมีค่าเกิน 3 m/s เพราะถ้ามีความเร็วสูงเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียความสูงหัวน้ำมาก แต่ถ้าความเร็วต่ำเกินไปก็แสดงว่าท่อที่ใช้มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นจะส่งผลให้ค่าก่อสร้างมีราคาสูง ทั้งนี้ ในการออกแบบขนาดของท่อ จำเป็นจะต้องใช้การลองผิดลองถูก (Trial and error) โดยเลือกขนาดของท่อ PVC ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แล้วแทนค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลงในสมการที่ (8) จากนั้นก็ตรวจสอบดูค่าความเร็วของการไหลในท่อที่ได้ ถ้าหากได้ความเร็วอยู่ในเกณฑ์กำหนดก็แสดงว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดังกล่าวนั้นมีความเหมาะสม

จากการคำนวณ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 0.60 m โดยมีความเร็วของการไหลในท่อเท่ากับ 1.77 m/s

3) ความสูงหัวน้ำรวม (Total head) ของเครื่องสูบน้ำ ประกอบด้วยความสูงที่จะต้องส่งน้ำ ซึ่งเป็นความแตกต่างของระดับผิวน้ำด้านดูดกับระดับสูงสุดของพื้นดินตามแนวท่อส่งน้ำ รวมกับการสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ (Friction Loss) และการสูญเสียรอง (Minor Losses) ในระบบท่อ

4) การสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ สำหรับท่อที่ใหญ่กว่า 2 นิ้ว และมีความเร็วไม่เกิน 3 m/s สามารถคำนวณได้โดยสมการ Hazen-Williams ที่ปรับรูปใหม่ดังนี้ [4]

$$h_f = L\left\{\frac{v}{0.85C\left(D/4\right)^{0.63}}\right\}^{1.85} \qquad (9)$$

โดยที่ h_f คือการสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ (m), L คือความยาวของท่อ (m), และ C คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทานซึ่งมีค่าเท่ากับ 130 สำหรับท่อ PVC

ทั้งนี้ จะพิจารณาแนวท่อเส้นที่ยาวที่สุดและท่อที่ยาวลำดับสองเป็นท่ออ้างอิงในการคำนวณการสูญเสียความสูงหัวน้ำ คือท่อ MP-4L-MP และ MP-1R-MP ซึ่งยาว 8,891.30 m และ 7,465.72 m โดยได้ค่าการสูญเสียความสูงหัวน้ำเท่ากับ 28.26 m และ 23.67 m ตามลำดับ

5) การสูญเสียรอง (h') คือการสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาด และทิศทางของความเร็วในท่อ และการสูญเสียความสูงหัวน้ำที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในระบบท่อ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก [4]

$$h' = k\frac{v^2}{2g} \qquad (10)$$

โดยที่ k คือค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียรองชนิดต่างๆ ในระบบท่อ ซึ่งจากการคำนวณจะได้ค่าการสูญเสียรองในท่อ MP-4L-MP และ MP-1R-MP มีค่าเท่ากับ 4.36 m และ 3.43 m ตามลำดับ

6) จากการสำรวจ Site plan พบว่า ที่สถานีสูบน้ำมีระดับน้ำต่ำสุดเท่ากับ 158.64 m (รสม.) และตามแนวท่อ MP-4L-MP และ MP-1R-MP มีระดับพื้นดินสูงที่สุด 184.06 m (รสม.) และ 191.00 m (รสม.) จึงมีค่าความสูงในการส่งน้ำเท่ากับ 26.42 m และ 32.36 m ตามลำดับ

7) ดังนั้น จึงใช้ MP-1R-MP เป็นท่ออ้างอิงหลักเพราะมีค่า TDH สูงกว่า คือเท่ากับ 59.47 m และเพื่อความปลอดภัยจึงเผื่อค่า TDH อีกประมาณ 10% จึงได้ TDH สุทธิเท่ากับ 65.00 m

8) ในระบบท่อจะต้องติดตั้งวาล์วระบายอากาศ เพื่อระบายอากาศออกจากระบบท่อ และลดความดันที่จะเกิดจาก Water Hammer เพราะถ้ามีฟองอากาศค้างอยู่ในท่อจะเกิด Water Hammer ได้มากกว่าในกรณีที่ไม่มีฟองอากาศ และฟองอากาศที่ค้างอยู่ในท่อจะต้านทานและกีดขวางการไหลของน้ำ (Air lock) ทำให้เกิดการสูญเสียความสูงหัวน้ำมากกว่าปกติ พร้อมทั้งติดตั้งวาล์วป้องกันสุญญากาศ เพื่อทำหน้าที่ดูดอากาศเข้าท่อในกรณีที่ความดันในท่อลดลงเนื่องจากการระบายน้ำออกจากท่อในช่วงที่ต้องการซ่อมบำรุง

9) นอกจากนี้ จะต้องมีอาคาร Blow off ในตำแหน่งที่ต่ำที่สุดตามแนวท่อทุกเส้น เพื่อทำหน้าที่ระบายน้ำและตะกอนออกจากท่อ ในช่วงที่ซ่อมบำรุงหรือระบายตะกอนออกจากท่อ

10) ท่อส่งน้ำเข้านา (Farm turnout) จะติดตั้งบริเวณต้นแปลง และอยู่ในที่สูงซึ่งสามารถกระจายน้ำได้ทั่วถึงแปลง โดยติดตั้งท่อส่งน้ำเข้านา 1 แห่งสำหรับพื้นที่ชลประทานประมาณ 15 ไร่

6. การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องสูบน้ำ

การออกแบบขนาด และเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม มีรายละเอียดดังนี้

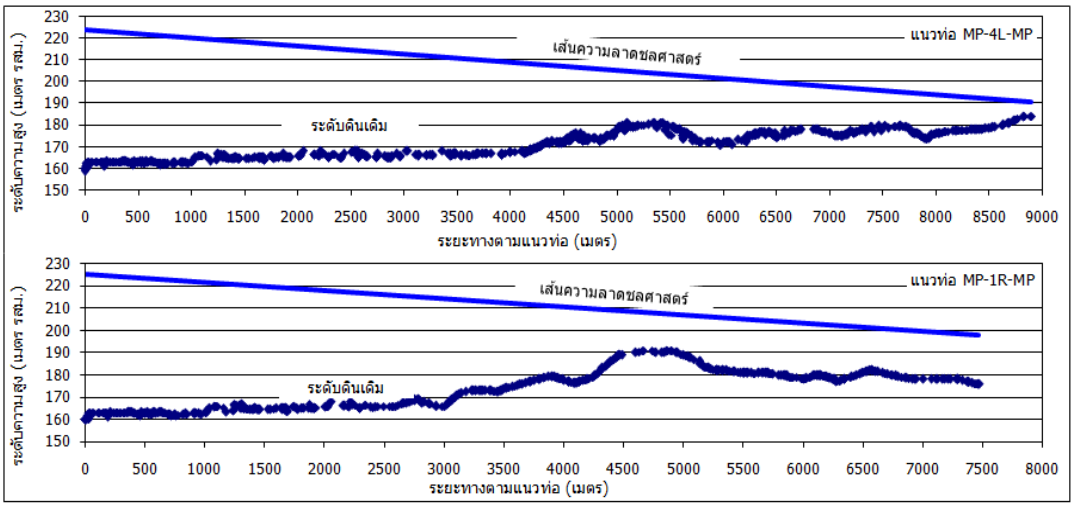
1) จากการคำนวณพบว่า Q_{design} เท่ากับ 500 L/s (หรือ 0.50 m^3/s) ดังนั้น จึงออกแบบให้ใช้เครื่องสูบน้ำจำนวน 2 เครื่องที่ทำงานพร้อมกัน แต่ละเครื่องมีอัตราการสูบน้ำ 0.25 m^3/s และมีความสูงหัวน้ำ 65 m โดยมีรูปตัดตามยาวของระดับดินเดิมและเส้นความลาดชลศาสตร์ (Hydraulic Grade Line, HGL) ตามแนวท่อ MP-4L-MP และ MP-1R-MP ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะพบว่าความดันตลอดแนวท่อทั้งสองมีค่าไม่ต่ำกว่า 5 m แสดงว่าตลอดแนวตามความยาวของท่อส่งน้ำมีความสูงหัวน้ำมากพอที่จะส่งน้ำเข้าแปลงนาได้สะดวก

2) การเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาจากค่าความเร็วจำเพาะ (Specific speed, N_s) ของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก [5]

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \tag{11}$$

โดยที่ N คือความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ (rpm), Q คืออัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำ (m^3/min) และ H คือความสูงหัวน้ำรวมของเครื่องสูบน้ำ (m)

ทั้งนี้ค่าความเร็วจำเพาะที่ได้ จะสามารถนำไปใช้สำหรับเลือกชนิดของใบจักรเครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีชนิดของเครื่องสูบน้ำและค่าความเร็วจำเพาะดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผลจากการคำนวณได้ค่าความเร็วจำเพาะเท่ากับ 346.93 rpm ดังนั้น จึงเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump)



รูปที่ 4 รูปตัดตามยาวของดินเดิม และ HGL ตามแนวท่อ MP-4L-MP และ MP-1R-MP

ตารางที่ 2 ชนิดของเครื่องสูบน้ำและค่าความเร็วจำเพาะ [5]

ชนิดของเครื่องสูบน้ำ	หอยโข่ง	ไหลผสม	ไหลตามแกน
ค่าความเร็วจำเพาะ	100 – 600	400 – 1,400	1,300 – 2,000

3) ขั้นตอนต่อไป ต้องพิจารณาโค้งคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำ (Pump characteristic curve) โดยอ้างอิงจากผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำที่ได้มาตรฐานและมีจำหน่ายแพร่หลาย เพื่อเลือกรุ่นและขนาดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้เลือกเครื่องสูบน้ำแบบ Horizontal Split Case Centrifugal จำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องมีขนาดท่อดูดและท่อส่งเท่ากับ 300 mm และ 250 mm ตามลำดับ โดยมี Required Net Positive Suction Head ($NPSH_R$) เท่ากับ 5.50 m มีประสิทธิภาพ 83% มีกำลังที่เพลาเท่ากับ 280 kW ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส 380V และหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 rpm

4) การคำนวณระดับติดตั้งเครื่องสูบน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดโพรง (Cavitation) ทำได้ดังนี้ [6]

$$z_{s.max.} = \frac{p_o}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - NPSH_R - h_L \qquad (12)$$

โดยที่ $z_{s.max.}$ คือระดับติดตั้งสูงสุด (m), p_o คือความดันบรรยากาศ (Pa), p_v คือความดันไอของน้ำ (Pa), γ คือน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3), และ h_L คือการสูญเสียความสูงหัวน้ำในท่อดูด (m)

จากการคำนวณจะได้ค่าระดับติดตั้งสูงสุดของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 3.70 m ซึ่งเป็นระยะจากผิวน้ำด้านดูดขึ้นมาจนถึงจุดศูนย์กลางใบพัด หรือจุดศูนย์กลางของท่อดูดตรงปากทางเข้าเครื่องสูบน้ำ

5) อาคารสูบน้ำ ออกแบบให้เป็นแพเหล็กลอยอยู่ในร่องชักน้ำริมตลิ่ง ซึ่งเมื่อติดตั้งเครื่องสูบน้ำกับแพแล้วพบว่ามีระดับติดตั้งเท่ากับ 0.90 เมตร ดังนั้น เครื่องสูบน้ำจึงปลอดภัยจากการเกิดโพรง

6) การคำนวณหาค่าความดันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก Water Hammer ที่เกิดจากการปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้าเกิด Water Hammer ก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบสูบน้ำ โดยสามารถคำนวณค่าความดันที่เพิ่มขึ้นได้จาก [6]

$$\Delta h = \frac{c.v}{g} \tag{13}$$

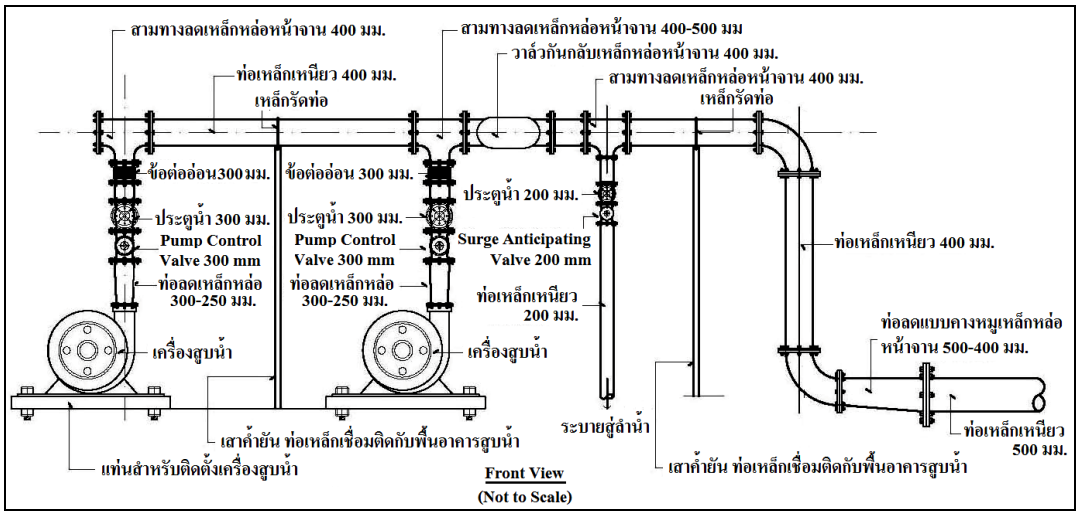
โดยที่ Δh คือความดันที่เพิ่มขึ้นในระบบท่อ (m), v คือความเร็วของการไหลในท่อ (m/s), c คือความเร็วของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ในน้ำ (m/s) และ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากการคำนวณพบว่าค่าความดันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก Water Hammer เท่ากับ 266.9 m ของน้ำ

7) จากการคำนวณข้างต้น แสดงว่าระบบท่อส่งน้ำของโครงการไม่ปลอดภัยจากความดันที่เกิดจาก Water Hammer ดังนั้น จึงจำเป็นต้องป้องกันโดยการติดตั้งวาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำ (Pump Control Valve) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยระบบไฟฟ้า

ลักษณะการทำงานของวาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำคือ เมื่อเปิดสวิทช์ให้เครื่องสูบน้ำทำงานวาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำจะค่อยๆ เปิดมากขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการไหลในระบบท่อทีละน้อยโดยอัตโนมัติ ในทำนองเดียวกันเมื่อปิดสวิทช์ให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงาน วาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำก็จะค่อยๆ ปิดลง ในขณะที่เครื่องสูบน้ำยังคงทำงานอยู่ และหลังจากที่วาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำปิดสนิทแล้ว Limit Switch ที่วาล์ว จึงสั่งให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงานอย่างสมบูรณ์ ซึ่งการที่ค่อยๆ เปิด - ปิด วาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำดังกล่าว ก็เป็นการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลของน้ำในระบบท่อทีละน้อยแบบนี้จะไม่ก่อให้เกิด Water Hammer ในระบบท่อ จึงช่วยให้ปลอดภัยขึ้น

ทั้งนี้ ได้ออกแบบให้ใช้วาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำขนาด 300 mm จำนวน 2 ตัว โดยติดตั้งเข้ากับเส้นท่อทางด้านส่งของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง

8) นอกจากนี้ สำหรับกรณีฉุกเฉินที่กระแสไฟฟ้าดับกะทันหันในระหว่างที่กำลังเดินเครื่องสูบน้ำ ซึ่งวาล์วควบคุมเครื่องสูบน้ำจะไม่สามารถทำงานได้ จึงจำเป็นต้องติดตั้ง Surge Anticipating Valve เพื่อระบายความดันที่จะเกิดจาก Water Hammer โดยออกแบบให้ใช้ Surge Anticipating Valve ขนาด 200 mm จำนวน 1 ตัว ติดตั้งกับข้อต่อสามทางด้านหน้าของวาล์วกันกลับ (check valve) ทางด้านท่อส่ง โดยมีผังการติดตั้งเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผังการติดตั้งเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ต่าง ๆ

7. การประชุมชี้แจงและรับฟังความคิดเห็นของประชาชน

ในการดำเนินงาน ได้เปิดโอกาสให้ประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบ โดยจัดประชุมชี้แจงและรับฟังความคิดเห็นของราษฎรจำนวน 3 ครั้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้ [7]

1) การประชุมครั้งที่ 1 เพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ของโครงการ และเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกรผู้ใช้น้ำจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำ และผู้เป็นเจ้าของที่ดินตรงที่ตั้งสถานีสูบน้ำจะต้องยินดีบริจาคที่ดินเพื่อการก่อสร้างโดยไม่เรียกร้องค่าชดเชยใดๆ จากทางราชการ ตลอดจนราษฎรจะต้องร่วมกันจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อบริหารจัดการสถานีสูบน้ำ จัดรอบเวรการส่งน้ำอย่างยุติธรรม เก็บค่าไฟฟ้าจากสมาชิกตามสัดส่วนของพื้นที่การเกษตร และรับผิดชอบการบำรุงรักษาระบบสูบน้ำและระบบส่งน้ำของโครงการ เป็นต้น

นอกจากนั้น ยังได้อธิบายวิธีการและข้อดีข้อเสียของการส่งน้ำโดยระบบคลองกับระบบท่อปิดรับแรงดัน และในช่วงท้ายของการประชุมได้สอบถามความเห็นของที่ประชุมว่าต้องการจะใช้ระบบกระจายน้ำแบบคลองหรือแบบระบบท่อฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งก็ได้ข้อสรุปว่าผู้เข้าร่วมประชุมเห็นพ้องกันว่าต้องการให้เป็นระบบท่อฝังดิน เนื่องจากไม่ต้องการเสียที่ดินไปเพื่อการก่อสร้างคลองส่งน้ำ

หลังจากประชุมเสร็จแล้ว จึงไปสำรวจสถานที่พร้อมกับตัวแทนของผู้เข้าร่วมประชุม เพื่อพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งสถานีสูบน้ำ และสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพแหล่งน้ำต้นทุนในฤดูฝนและฤดูแล้ง

2) การประชุมครั้งที่ 2 เป็นการนำแผนที่แสดงแนวท่อส่งน้ำเบื้องต้นไปนำเสนอต่อที่ประชุม พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย สถานที่ตั้งสถานีสูบน้ำ รูปแบบของสถานี แผน

ที่แสดงขอบเขตแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินและแนวท่อส่งน้ำ โดยขอให้ที่ประชุมร่วมกันพิจารณาแนวท่อส่งน้ำของโครงการ โดยเปิดโอกาสให้ราษฎรแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวาง

จากการประชุมพบว่า มีราษฎรบางส่วนเสนอให้ปรับเปลี่ยนแนวท่อ และ/หรือ ขอให้เพิ่มความยาวของท่อส่งน้ำในบางพื้นที่ ซึ่งถ้าหากมีความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคก็ยินดีรับมาดำเนินการให้ โดยเปิดโอกาสให้ตัวแทนจากทุกโซนส่งน้ำได้นำเสนอความคิดเห็นของกลุ่ม พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนตามข้อเสนอจนกระทั่งได้แนวท่อส่งน้ำที่ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดพอใจ

3) การประชุมครั้งที่ 3 เพื่ออธิบายรายละเอียด และแบบแปลนฉบับสมบูรณ์ของโครงการ ซึ่งประกอบด้วย แนวท่อส่งน้ำที่ได้ปรับเปลี่ยนจากการประชุมครั้งที่ 2 รายละเอียดและลักษณะการทำงานขององค์ประกอบต่างๆ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมแสดงความคิดเห็นและพิจารณาความเหมาะสมอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง มีบางท่านเสนอขอให้ปรับเปลี่ยนตำแหน่งหรือขอเพิ่มจำนวนของท่อส่งน้ำเข้านา ซึ่งผู้ออกแบบก็ยินดีรับมาดำเนินการให้จนได้ข้อสรุปที่ทุกคนเห็นชอบ

4) ในช่วงท้ายของการประชุมครั้งที่ 3 ได้แนะนำแนวทางการบริหารจัดการสถานีสูบน้ำ เช่น การจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ หลักการทำงานของระบบสูบน้ำและระบบส่งน้ำ แนวทางการจัดรอบเวรส่งน้ำ ช่วงเวลาที่ควรและไม่ควรเปิดเครื่องสูบน้ำ และแนวทางการบริหารการเงินของกลุ่มผู้ใช้น้ำ รวมทั้งอธิบายรายละเอียดของ “บันทึกข้อตกลงการมีส่วนร่วมของราษฎร”

5) หลังจากนั้น ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดซึ่งยินดีเข้าร่วมจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ ได้ลงชื่อแนบท้ายบันทึกข้อตกลงการมีส่วนร่วมของราษฎร เพื่อแสดงเจตจำนงว่ายินดีจะอำนวยความสะดวกในการก่อสร้างสถานีสูบน้ำและองค์ประกอบต่างๆ รวมทั้งจะร่วมกันจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำและบริหารจัดการสถานีสูบน้ำของตนเอง ซึ่งบันทึกข้อตกลงฯ ดังกล่าว ได้มอบให้กับเทศบาลพร้อมทั้งสำเนาให้ผู้นำหมู่บ้านเก็บไว้เป็นเอกสารอ้างอิงต่อไป

8. สรุป

การออกแบบระบบสูบน้ำ ท่อส่งน้ำ และองค์ประกอบต่างๆ ของสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทานของเทศบาลบ้านโคก อ.โคกโพธิ์ไชย จ.ขอนแก่น ที่นำเสนอนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ทฤษฎีและหลักการทางด้านวิศวกรรมมาใช้ในงานเชิงวิชาชีพ ซึ่งประกอบด้วยการคำนวณต่างๆ บนพื้นฐานของข้อกำหนดและมาตรฐานทางด้านวิศวกรรม พร้อมทั้งดำเนินกิจกรรมต่างๆ ภายใต้การมีส่วนร่วมของประชาชน โดยที่การออกแบบสถานีสูบน้ำเพื่อการชลประทานจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในหลายสาขาวิชาชีพ ทั้งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์สาขาต่างๆ และทางด้านสังคมศาสตร์ ผนวกกับความละเอียดรอบคอบในการดำเนินงาน จึงส่งผลให้ได้ผลลัพธ์เป็นแบบแปลนฉบับสมบูรณ์ที่พร้อมจะนำไปประกวดราคาก่อสร้างต่อไป รวมทั้งจัดทำเอกสารประกวดราคา และคู่มือการบริหารจัดการสถานีสูบน้ำ

ทั้งนี้ เครื่องสูบน้ำที่เลือกใช้จะต้องออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ไม่ควรเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาด (หมายถึงอัตราการสูบและความสูงหัวน้ำ) เล็กหรือใหญ่เกินความจำเป็นเพราะจะส่งผลกระทบต่อการใช้งาน กล่าวคือ ถ้าเครื่องสูบน้ำมีขนาดเล็กเกินไปก็จะสูบน้ำได้ไม่พอกับความต้องการ แต่ถ้าออกแบบให้มีขนาดใหญ่เกินไปก็จะเป็นภาระของเกษตรกรที่จะต้องจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ามากกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งจะเป็นภาระที่คงอยู่ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำ นอกจากนี้ สิ่งที่สำคัญยิ่งในกระบวนการออกแบบคือจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียและประชาชนในเขตพื้นที่โครงการ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้เข้ามามีส่วนร่วมในโครงการอย่างจริงจัง เพื่อให้ได้แบบแปลนก่อสร้างที่สอดคล้องกับความต้องการของทุกภาคส่วน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความรู้สึกภาคภูมิใจและมีความเป็นเจ้าของ จึงพร้อมที่จะร่วมมือร่วมใจกันใช้ประโยชน์ และดูแลบำรุงรักษาอย่างดี นำไปสู่ความสำเร็จของโครงการที่ยั่งยืน

ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าแนวทางการออกแบบระบบสูบน้ำเพื่อการชลประทานที่นำเสนอนี้ น่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจที่อาจจะนำไปประยุกต์ใช้ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณเทศบาลบ้านโคก ที่กรุณาสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานโครงการศึกษาสำรวจออกแบบโครงการชลประทานระบบท่อในเขตเทศบาลบ้านโคก อำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น ในปีงบประมาณ 2551

เอกสารอ้างอิง

[1] ฉลอง เกิดพิทักษ์. (2538). **การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] ฉลอง เกิดพิทักษ์. (2540). “การศึกษาหาพื้นที่ชลประทานโครงการฝายกุมภวาปี ด้วยแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์”. **วิศวกรรมสาร มก**. 11(32): 35-44.

[3] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2544). **งานศึกษาแผนหลักโครงการเพิ่มประสิทธิภาพแหล่งน้ำ และการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบท่อส่งน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ภาคผนวก ข ลุ่มน้ำชี กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. เล่มที่ 2/3.

[4] วินัย ศรีอำพร. (2541). **กลศาสตร์ของไหล**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] ธำรง เปรมปรีดิ์ และดำรงศักดิ์ มลิลา. (2533). **เครื่องสูบน้ำ การออกแบบ การใช้งาน และการบำรุงรักษา**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ. บริษัท เอเชียเพรส จำกัด. กรุงเทพฯ.

[6] Sanks, R.L. (1989), **Pumping Station Design**, Butterworth-Heinemann, a division of Reed Publishing (USA) Inc.

[7] วินัย ศรีอำพร. (2550). “การออกแบบสถานีสูบน้ำขนาดเล็กบนพื้นฐานการมีส่วนร่วมของราษฎร”. **วิศวกรรมสาร มข**. 34(6): 693 - 705.

ประวัติผู้เขียนบทความ

รองศาสตราจารย์วินัย ศรีอำพร เกิดวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2500 ที่ตำบลแควอ้อม อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม การศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2523 และ M.Eng. (Water Resources Engineering) สถาบัน AIT พ.ศ. 2532 เข้ารับราชการสังกัดภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 จนถึงปัจจุบัน มีประสบการณ์ทางด้านการจัดการฝึกอบรม เป็นวิทยากรในการฝึกอบรมเกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งน้ำ และการมีส่วนร่วมของประชาชน รวมทั้งการศึกษาความเหมาะสมและการออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการชลประทาน การวางแผนและบริหารจัดการลุ่มน้ำขนาดเล็ก มีความสนใจงานบริการวิชาการและงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและอุทกภัย

สถานที่ติดต่อ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ที่ 16 ถนนมิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002 โทรศัพท์ 043 202846 โทรสาร 043 202846 ต่อ 102 E-mail: winsri@kku.ac.th