# การออกแบบและพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย

# The Design and Development of a Pumping System with a Floating Turbine

พิสิษฏ์ มณีโชติ,[1*] วรวุฒิ เผ่าวงศ์,[2] วิกานต์ วันสูงเนิน,[3] มัทนี สงวนเสริมศรี[4]

Pisit Maneechot,[1*] Worawuth Paowong,[2] Wikarn Wansungnern,[3] Mathanee Sa-nguansermsri[4]

Received: 25 December 2015; Accepted: 28 March 2016

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อใช้ในชุมชนที่มีพื้นที่ใกล้กับแม่น้ำ สามารถนำน้ำจากแม่น้ำขึ้นมาใช้ได้โดยอาศัยแรงจากกระแสน้ำ โดยมีข้อกำหนดในการออกแบบที่ระดับความสูงในการส่งน้ำ (ระยะเฮด) 20 เมตร และอัตราการไหล 1,500 ลิตร/ชั่วโมง ที่ความเร็วกระแสน้ำ 0.5 เมตร/วินาที ผลการออกแบบโดยใช้หลักการของการออกแบบกังหันน้ำเพื่อสูบน้ำสำหรับชุมชนพบว่าจะต้องใช้ขนาดของกังหันน้ำที่มีความกว้าง 2.4 เมตร ใบพัดมีลักษณะโค้งกินน้ำลึก 0.5 เมตร จำนวนใบพัดทั้งหมด 12 ใบ ผลการทดลองของระบบสูบน้ำพบว่าระบบสามารถสูบได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อนาที โดยความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.34 - 0.43 เมตรต่อวินาที เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 1 เดือน เมื่อประหยัดค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำจำนวน 5 ปี ต้นทุนต่อหน่วย 0.0018 บาทต่อลิตร ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่สร้างขึ้น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อใช้กำลังในการสูบน้ำเท่ากับ 500 วัตต์

**คำสำคัญ:** กังหันน้ำชุมชน กังหันสูบน้ำ กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย

## Abstract

This research focused on the design and development of a pumping system with a floating turbine. A system of this description would be mainly used in a community that typically obtains its water from a nearby river using the power of the tide. A design was determined for a 20 meter head at a flow rate of 1500 l/h. Consequently, a water velocity of 0.5 m/s acquired the turbine structure which is 2.4 meters in width. The turbine vane has a parabolic shape with 12 vanes that become submerged to 0.5 meters. The study results (assuming an average flow rate of pumped water) are 7.02 L/min, at a water velocity of 0.34 -0.43 m/s. In addition, an economic analysis of the system was undertaken considering a payback period of 1 year 1 month. The cost per unit was 0.0018 baht/L. Carbon dioxide emission reduction was 2,457.2 $kgCo_2$ equivalents per year.

**Keywords:** floating turbine, turbine pumping system, pumping system with floating turbine

---

*[1] อาจารย์, [2]นิสิตปริญญาโท,[3] เจ้าหน้าที่วิจัย, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000*

*[4] รองศาตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000*

*[1] Lecturer, [2]Master degree student, [3]Researcher, School of Renewable Energy Technology, Naresuan University ,Phitsanulok, 65000, Thailand.*

*[4] Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.*

** Corresponding author; Pisit Maneechot, Renewaboy@gmail.com*

## บทนำ

วัดกำแพงมณี อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก เป็นวัดที่มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำน่านซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักทางภาคเหนือ มีการใช้น้ำจากแม่น้ำเพื่อใช้รดต้นไม้ ทำความสะอาดบริเวณวัดอีกทั้งยังเป็นแหล่งแจกจ่ายน้ำให้กับชุมชนที่มีความต้องการน้ำใช้ในช่วงที่ไม่สามารถใช้น้ำประปาได้ ซึ่งในอดีตจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าในการสูบน้ำจากแม่น้ำ ทำให้ทางวัดมีภาระค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะฤดูที่น้ำขาดแคลน เช่น ฤดูร้อน วัดกำแพงมณีจึงมีแนวความคิดในการที่จะนำพลังงานน้ำจากแม่น้ำ ซึ่งมีความเร็วของกระแสน้ำประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที มาผลักกังหันที่ต่อกับเครื่องสูบน้ำมาใช้ในกิจการของวัดที่มีความสูง จากระดับน้ำถึงตลิ่งตั้งแต่ 15 - 20 เมตร จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนากังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อให้สามารถสูบน้ำที่มีความเร็วของกระแสน้ำอยู่ที่ ประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งต้องใช้ใบพัดที่มีแรงต้านสูงมีลักษณะเป็นรูปตัวซี และมีระดับความสูงต่างกันระหว่างผิวน้ำกับริมฝั่งแม่น้ำ 15 - 20 เมตร เพื่อทางวัดกำแพงมณีจะสามารถใช้ระบบสูบน้ำแบบทุ่นลอยในการสูบน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค และยังสามารถสร้างระบบต้นแบบเพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านพลังงานทดแทน ในการนำพลังงานจากกระแสน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงมีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้เล็งเห็นและให้ความสำคัญในเรื่องดังกล่าวดังจะเห็นได้จากงานวิจัยหลายๆ ชิ้น[1] ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้โดยสร้างเครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานกลจากกังหันน้ำ ซึ่งตัวกังหันทำจากเหล็ก ใบกังหันเป็นแบบใบตรง กำลังจากกังหันถูกส่งผ่านเพลาไปยังชุดทดรอบซึ่งประกอบด้วยชุดโซ่ และสายพาน เพื่อเพิ่มความเร็วรอบที่ใช้ขับเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชัก[2] ออกแบบสร้างกังหันน้ำสำหรับสูบน้ำแบบทุ่นลอยโดยมุ่งใช้วัสดุที่มีราคาต่ำ และหาได้ง่ายตามท้องตลาด เพื่อใช้กับแหล่งน้ำในชนบท กังหันน้ำประกอบไปด้วยใบพัดซึ่งทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตรผ่าซีกให้มีขนาดความกว้าง 0.90 เมตร สูง 0.5 เมตร จำนวน 16 ใบ[3] กังหันน้ำสูบน้ำทุ่นลอยเหมาะที่จะนำไปใช้สูบน้ำในแม่น้ำลำธาร หรือคลองส่งน้ำที่ความเร็วของกระแสน้ำตั้งแต่ 1 เมตรต่อวินาที ขึ้นไป โดยที่แม่น้ำจะต้องมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร กังหันน้ำสูบน้ำขับเคลื่อนด้วยความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลเข้าไปผลักดันใบพัดให้หมุนแล้วส่งกำลังไปยังเครื่องสูบน้ำด้วยเฟืองจานโซ่และสายพาน สามารถสูบน้ำได้ตั้งแต่ 16.67 - 166.67 ลิตรต่อนาที ยกน้ำได้สูงถึง 45 เมตร ปริมาณน้ำจะสูบได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสูงในการยกน้ำในขณะที่ความเร็วของกระแสน้ำไหลคงที่

## สมการพลังงาน (Energy Equation)

เครื่องกังหันน้ำและเครื่องสูบน้ำ ในพฤติกรรมของเครื่องจักรกลชลศาสตร์ล้วนมีการสูญเสียพลังงานในการเคลื่อนที่ดังนั้นสมการพลังงาน สามารถปรับเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับการไหลจริง ในสภาวะการไหลคงที่ได้เป็น

$$z_1+\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+H_{pump}=z_2+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+H_{turbine}+h_{\ell_T} \qquad (1)$$

เมื่อ $\frac{p_1}{\gamma}$ คือ หัวพลังงานเนื่องจากความดัน (Pressure head)

$z_1$ คือ หัวพลังงานเนื่องจากความสูง (elevation head)

$\frac{V_1^2}{2g}$ คือ หัวพลังงานเนื่องจากความเร็วการไหล (Velocity head

$H_{pump}$ คือ หัวพลังงานของเครื่องสูบน้ำ

$H_{turbine}$ คือ หัวพลังงานของกังหันน้ำ

$h_{\ell_T}$ คือ หัวพลังงานสูญเสียรวม

การสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อ (head loss by pipe friction) ของ Hazen-Williams สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$h_{\ell} = \frac{RLQ^{1.852}}{D^{4.8704}} \qquad (2)$$

เมื่อ R ในระบบ SI = $\frac{10.675}{C^{1.852}}$

L คือ ความยาวท่อ (เมตร)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาตร์เมตรต่อวินาที)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (เมตร)

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (discharge coefficient) โดยที่ค่า C เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ ดัง (Table 1)

**Table1** Discharge Coefficient

| Type of pipe | C |
|---|---|
| Smooth and straight pipe | 140 |
| Asbestos cement pipes | 140 |
| Concrete pipe, New Cast Iron Pipe | 130 |
| Mild Steel pipes | 120 |
| Earthen pipe, Riveted steel pipe | 110 |
| Old Cast Iron Pipe | 100 |
| Very old pipes | 60-80 |

Note. Manual assembly for teaching hydraulics and fluid mechanics [4]

## หลักการออกแบบกังหันน้ำเพื่อสูบน้ำสำหรับชุมชน

### 1. การออกแบบลักษณะและขนาดของใบพัด

การออกแบบลักษณะและขนาดของใบพัด จะคำนึงถึงลักษณะของการต้านการไหลของใบพัดกับขนาดความกว้างและความยาวของใบกังหัน โดยในการหาขนาดของใบพัดจะใช้ความสัมพันธ์กันระหว่างกำลังที่ต้องใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำกับพื้นที่ในการต้านการไหลของวัตถุ

เครื่องสูบน้ำที่นำมาใช้ในระบบ เลือกเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบ เนื่องจากใช้กำลังต่ำแต่ให้แรงดันสูง จึงเลือกเครื่องสูบน้ำรุ่น UMA 1500 ซึ่งใช้กำลังน้อย สามารถสูบน้ำได้ 1500 ลิตรต่อชั่วโมง (0.00042 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ที่ประสิทธิภาพ 60 % ดังนั้นจึงต้องหากำลังที่ใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำ

จากสมการพลังงาน (1)

$$z_1+\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+H_{pump}=z_2+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+H_{turbine}+h_{\ell_T}$$

กำหนดให้

$p_1 = p_2 =$ ความดันบรรยากาศท้องถิ่น = 0

$v_1 = v_2 =$ ความเร็วเท่ากัน = 0

หาความสูงของระบบ

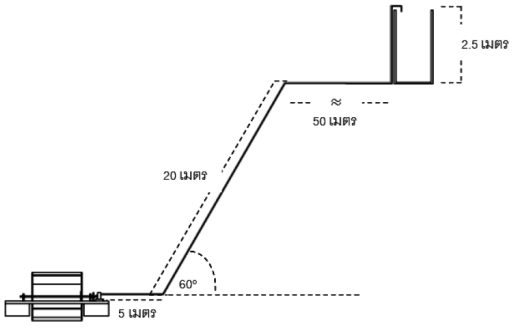



**Figure 1** The pumping system with floating turbine

จาก (Figure 1) ความสูงของระบบ = 20sin60º + 2.5 = 19.7 เมตร

การสูญเสียพลังงานในท่อใช้สมการของ Hazen-Williams (2)

$$h_{\ell} = \frac{10.675 \times 75 \times 0.00042^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.025^{4.8704}} = 3.0\text{m}$$

โดยการสูญเสียพลังงานรองในท่อคิดเป็น 10% ของการสูญเสียพลังงานหลักในท่อเท่ากับ 0.3 เมตร ดังนั้นการสูญเสียพลังงานรวมในท่อจะเท่ากับ

$$h_{\ell_T} = h_{\ell} + h_{\ell_m} = 3.3 \text{ m}$$

ดังนั้น $H_{pump} = z_2 - z_1 + h_{\ell_T} = 23$ m

การหากำลังเชิงชลศาสตร์[5]

$$P = \gamma Q H_{pump}$$

$$P = 94.76 \text{ W} \quad (3)$$

P = 94.76 W

กำลังที่คำนวณได้เป็นกำลังทางทฤษฎี ดังนั้นในกรณีที่เครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพ 60% คำนวณหากำลังจริงที่ต้องให้แก่เครื่องสูบน้ำจะได้เท่ากับ

$$\eta_p = \frac{P_{p,the}}{P_{p,act}}$$

$$P_{p,act} = \frac{94.76}{0.6} = 157.9 \text{ W} \quad (4)$$

ในการออกแบบระบบใส่ค่า safety factor สำหรับค่ากำลังของชุดกังหันน้ำเท่ากับ 1.1 ดังนั้นกำลังที่ต้องให้กับเครื่องสูบน้ำจะมีค่าเท่ากับ 173.69 วัตต์ นำค่ากำลังของกังหันนี้มาหาค่าแรงบิดของกังหัน[6]

จาก $P_T = \frac{2\pi TN}{60}$ (5)

จะได้ $T = \frac{60P_t}{2\pi N}$ (6)

จากสมการข้างต้นจะต้องหาความเร็วรอบ(*N*) ของกังหันก่อน โดยในขณะที่กังหันหมุนในสภาวะคงตัว ความเร็วของใบกังหันจะมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วของกระแสน้ำที่เข้าปะทะ ดังนั้นจะมีค่าเท่ากับ $V_T$ = 0.5 เมตรต่อวินาที รัศมีของใบกังหัน ใช้ค่าเฉลี่ยที่กึ่งกลางใบ (Figure 2) ดังนั้นจะสามารถหาค่าได้จาก R = 0.5+(0.5/2) = 0.75 เมตร นำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ (7)

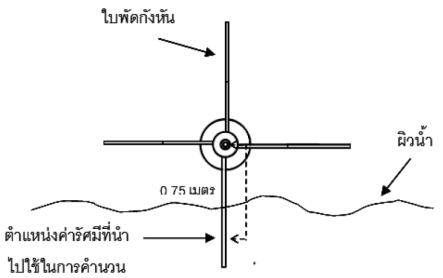



**Figure 2** Position the radius

จาก $$V_T = \frac{2\pi RN}{60} \quad (7)$$

จะได้ $N = \frac{60V_T}{2\pi R}$ = 6.37 rpm

แทนค่า N ในสมการ (6)

$$T = \frac{60 \times 173.69}{2\pi(6.37)} = 260.53 \text{ N.m}$$

การหาค่าแรงที่กระทำ

$$F = \frac{T}{R} \quad (8)$$

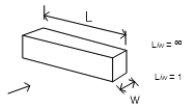
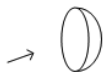
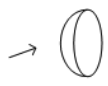
ดังนั้น F = 347.37 N

นำค่าแรงที่ได้ไปหาขนาดของพื้นที่ใบกังหัน จากสมการที่ (9) ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการไหล (drag coefficient)[7]

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (9)$$

จากสมการข้างต้น ค่า $C_D$ ที่นำมาใช้ เลือกที่มีค่า $C_D$ สูงเพื่อให้เกิดแรงต้าน ดังนั้นตามตารางค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านสำหรับวัตถุรูปทรงต่าง ๆ เลือกค่า $C_D$ =2.3 ใบของกังหันจะมีลักษณะโค้งเป็นรูปตัว C

**Table 2** Drag Coefficient[5]

| Material | | $C_D$(Re≥$10^5$) |
|---|---|---|
| Square cylinder |  | 2.05<br>1.05 |
| Disk | | 1.17 |
| Hemispher shell |  | 1.42 |
| Hemispher shell |  | 0.38 |
| Half-tube | | 2.30 |
| Half-tube | | 1.20 |

จะได้ $A = \frac{2 \times 347.37}{2.3 \times 1000 \times 0.5^2} = 1.2\text{m}^2$

พื้นที่ใบที่ได้จากการคำนวณเท่ากัน 1.20 ตารางเมตร ต้องการให้ความลึกในการกินน้ำของใบกังหันเท่ากับ 0.5 m (ด้านกว้าง) จะสามารถหาความยาวของใบกังหันจาก

ความยาวของใบกังหัน $= \frac{1.20}{0.5} = 2.40$ m

ดังนั้นจะได้ขนาดของใบกังหันที่มีลักษณะโค้ง ด้านกว้าง 0.5 เมตร ด้านยาว 2.4 เมตร

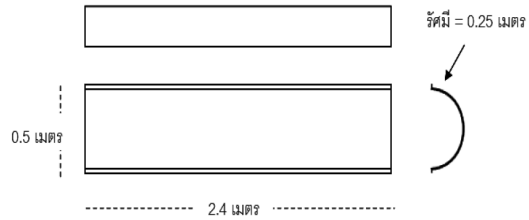



**Figure 3** Size turbine blades (top view, front view, beside view)

2. การออกแบบชุดทดรอบ

เครื่องสูบน้ำรุ่น UMA 1500 ที่ใช้ สามารถสูบน้ำได้ 1,500 ลิตร/ชั่วโมง เท่ากับ 0.00042 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ (*D*) เท่ากับ 0.043 เมตร รัศมีของล้อตุนกำลัง(*R*) เท่ากับ 0.05 เมตร สามารถหาความเร็วรอบในการหมุนของล้อตุนกำลังได้จากสมการ (10)

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{2\pi RN}{60} \quad (10)$$

ความเร็วรอบของการหมุนของล้อตุนกำลังจะได้ว่า

$$N = 0.00042 \times \frac{4}{(3.14) \times (0.043)^2} \times \frac{60}{(2 \times 3.14 \times 0.05)}$$

N = 55.29 rpm

ดังนั้น ความเร็วรอบในการหมุนล้อตุนกำลังต้องมีความเร็วรอบอย่างต่ำ 56 รอบ

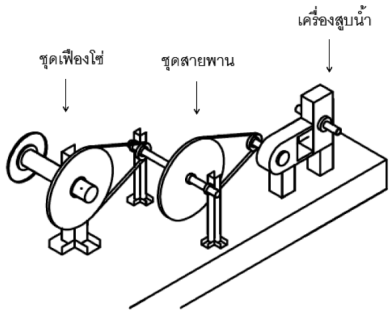



**Figure 4** The reduction series

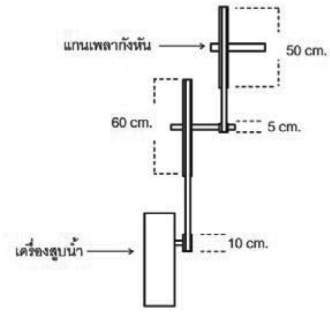



**Figure 5** The reduction series (top view)

การออกแบบการทดรอบช่วงที่ 1 จากเฟืองโซ่ที่ติดกับเพลาของกังหัน ใช้โซ่ในการส่งแรงหาอัตราทดรอบจากสมการ (11)[8]

$$m_{\omega} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (11)$$

โดยเฟืองโซ่ที่ติดกับเพลากังหันมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 cm.ส่วนอีกเฟืองโซ่หนึ่งที่ติดกับชุดทดรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5 cm. ดังนั้นจะได้อัตราทดรอบจากชุดสายพานดังนี้

เมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{1 \times 50}{5} = 10$$

ดังนั้นเมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ เฟืองโซ่ที่ติดกับชุดทดรอบจะหมุน 10 รอบ

การออกแบบการทดรอบช่วงที่ 2 จากแกนของชุดทดรอบเข้าสู่ล้อตุนกำลังของเครื่องสูบน้ำ ใช้พูเล่ย์ในการส่งแรง โดยพูเล่ย์ที่ติดอยู่กับชุดทดรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 60 cm. ส่วนพูเล่ย์ที่ติดกับเครื่องสูบน้ำ (ล้อตุนกำลัง) มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 cm. ดังนั้นจะได้อัตราทดรอบจากชุดเฟืองโซ่เท่ากับ

เมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{10 \times 60}{10} = 60$$

ดังนั้นเมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ ล้อตุนกำลังของเครื่องสูบน้ำจะหมุน 60 รอบ ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เพียงพอสำหรับการสูบน้ำ

### 3. การออกแบบชุดทุ่นลอย

การออกแบบชุดทุ่นลอย ใช้แพไม้ยึดติดกับถังพลาสติก 200 ลิตร เป็นตัวรับน้ำหนัก โดยมวลรวมของกังหันน้ำ ชุดเครื่องสูบน้ำและแพไม้มีค่าน้ำหนักประมาณ 500 กิโลกรัม

ดังนั้นจึงออกแบบหาจำนวนถังพลาสติกเพื่อรับน้ำหนัก โดยหาได้จากปริมาตรน้ำหนักของชุดกังหัน จากสมการ (12)

$$V = \frac{W}{\rho g} \qquad (12)$$

$$V = \frac{500 \times 9.81}{1000 \times 9.81} = 0.5 m^3$$

โดยในการติดตั้งจะใช้ถังพลาสติก 200 ลิตรเป็นทุ่นลอย แต่ละถังจะมีความจุ 200 ลิตร หรือ 0.2 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นจะต้องใช้ถังจำนวน $\frac{0.5}{0.2} = 2.5$ ถัง (3 ถัง) แต่ในการติดตั้งจริง จะเลือกใช้ถังจำนวน 4 ถังเป็นทุ่นลอยเพื่อให้เกิดการสมดุลและง่ายต่อการก่อสร้าง

ดังนั้นการออกแบบระบบกังหันน้ำแบบทุ่นลอยจะสรุปตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ (Table 3)

**Table3** Parameters for design system

| Specification | |
|---|---|
| Head | 23 m |
| Power | 173.69 W |
| Speeds | 6.37 rpm |
| Force | 347.37 N |
| Area of turbine blades | 1.2 $m^2$ |
| Radius of turbine blades | 0.25 m |
| Length of turbine blades | 2.4 m |
| Ratios of sprockets sets | 1:10 |
| Ratios of belt | 1:60 |
| Buoys | 4 |

## การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากงานวิจัยได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัย คือ การออกแบบและพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยและการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยที่ทำการออกแบบ

**1. การสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย**

จากแบบที่ได้จากการคำนวณ จึงทำการสร้างกังหันน้ำขึ้น โดยทำการแบ่งขั้นตอนในการสร้างออกเป็นการขึ้นโครงสร้าง การประกอบและการติดตั้ง และการวางระบบส่งน้ำ

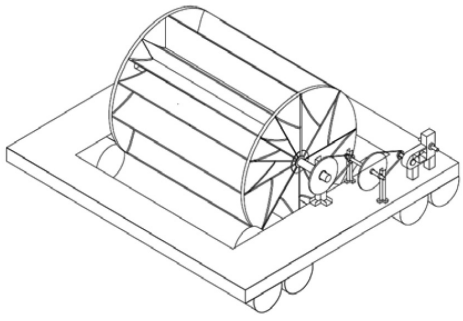


**Figure 6** The design of pumping system with floating turbine

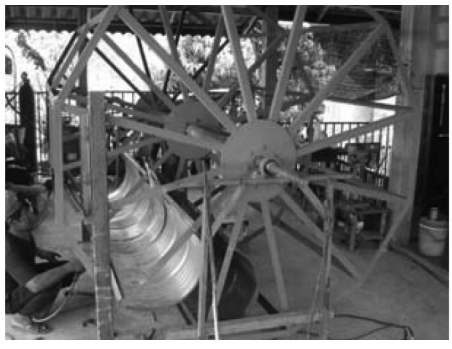


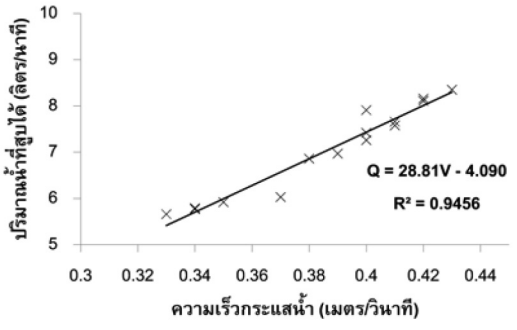
**Figure 7** The creation for floating turbine

**Figure 8** The assembly and installation

**Figure 9** The water supply systems

**2. ผลการทดลองสมรรถนะของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย**

2.1 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อความเร็วของกระแสน้ำที่ความสูงคงที่เป็นการเก็บผลการทดลองระหว่าง เดือนเมษายน - มิถุนายน โดยจะทำการเก็บผลการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละเดือน




Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที) V = ความเร็วของกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

**Figure 10** The Correlation between quantity with height

(Figure 10) เป็นผลการทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระหว่างช่วงเดือน เมษายน - มิถุนายน จะพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ระดับความสูงระหว่างผิวน้ำกับริมฝั่งแม่น้ำมีความสูงที่ประมาณ 11 - 12 เมตร และความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 เมตรต่อวินาที โดยน้ำที่ระบบสามารถสูบได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อนาที โดยความเร็วของกระแสน้ำมีผลต่อปริมาณน้ำที่ได้โดยยิ่งมีความเร็วมากขึ้นปริมาณน้ำที่ได้ก็มากยิ่งขึ้น โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วของกระแสน้ำ (Miniature current meter ยี่ห้อ Rickly Hydrological Co. รุ่น OSS PC1) (Figure 11)

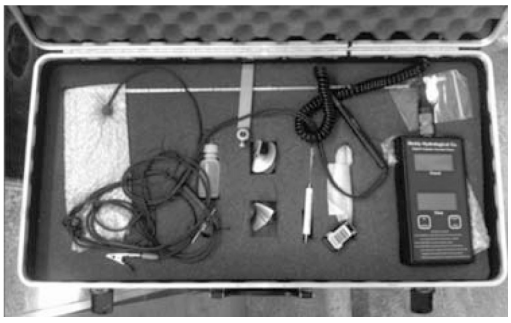


**Figure 11** Miniature current meter

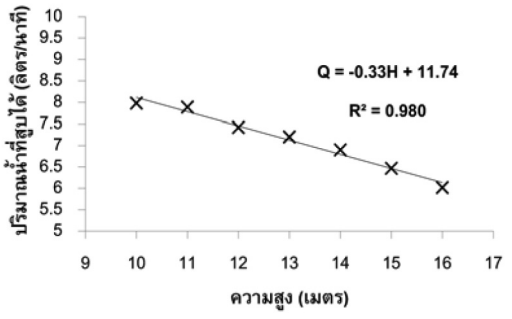
โดยเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำต่อความเร็วของกระแสน้ำได้ดังนี้

$$Q = 28.81V - 4.09 \quad (13)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที)

V = ความเร็วของกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

2.2 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อความสูงของหัวยกน้ำที่ความเร็วคงที่เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้กับระดับความสูงที่ได้จากระบบสูบน้ำ




Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที) H = ระดับความสูงที่สูบ (เมตร)

**Figure 12** The Correlation between quantity with height

จาก (Figure 12) พบว่าที่ความเร็วของกระแสน้ำเท่ากัน (0.4 เมตรต่อวินาที) ปริมาณน้ำที่สูบได้จะขึ้นอยู่กับระดับหัวยกน้ำที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นที่สูงมากขึ้น ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงแปรผกผันกันโดยที่ระดับ 11 เมตรสามารถสูบได้เฉลี่ย 7.98 ลิตรต่อนาที แต่เมื่อสูบขึ้นไปที่ระดับความสูง 17 เมตร ระบบสูบน้ำได้ลดลงเหลือเฉลี่ยที่ 6.02 ลิตรต่อนาที โดยสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = -0.33H + 11.74 \quad (14)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่ได้จากการสูบ (ลิตร/นาที)

H = ระดับความสูงที่ทำการสูบ (เมตร)

โดยเมื่อแทนค่าลงไปจะพบว่าปริมาณน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นสูงมากเท่าไหร่ ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงตามความสูงที่ทำการสูบ โดยใช้การวัดปริมาณน้ำเฉลี่ยเทียบกับเวลา ดัง (Figure 13)

**Figure 13** Testing water content

**3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์**

3.1 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ทำการออกแบบเมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำโดยใช้ไฟฟ้าภายในวัดกำแพงมณี

**Table 4** Cost of electric pumping systems and pumping system with floating turbine

| Costs | Cost of electric pumping systems (Baht) | Cost of pumping system with floating turbine (Baht) |
|---|---|---|
| Material costs | 5,000 | 30,100 |
| Construction costs | 2,000 | 3,000 |
| Electric costs / year | 6,000 | - |
| Total | 13,000 | 33,100 |

ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยที่ทำการสร้างจะสามารถคืนทุนในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน เมื่อประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าจากปั๊มน้ำ 5 ปี เป็นจำนวนเงิน 30,000 บาท

3.2 ต้นทุนต่อหน่วยของระบบ

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการใช้น้ำภายในวัดกำแพงมณีเฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 1,750 บาท ซึ่งคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.017 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 17 บาทระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีต้นทุนในการก่อสร้างอยู่ที่ 33,100 บาท โดยสามารถสูบน้ำได้ปริมาณ 302,400 ลิตรต่อเดือน เท่ากับ 3,628,800 ลิตรต่อปี

โดยระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี ดังนั้นภายในเวลา 5 ปีจะสามารถสูบน้ำได้ 18,144,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.0018 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 1.8 บาท

3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ระบบสูบน้ำไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำที่วัดกำแพงมณี ใช้กำลังในการสูบน้ำเท่ากับ 500 วัตต์ โดยกำลังสูงสุดต่อปีที่ใช้ในการสูบน้ำมีค่าเท่ากับ 4,380 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

โดยในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง = 0.561 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (grid emission factor 2555)[9]

ระบบสูบน้ำไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำที่วัดกำแพงมณี จะเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ

4380 x 0.561 = 2457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่นำมาใช้แทนระบบสูบน้ำไฟฟ้า จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

## สรุปผลการวิจัย

**1. การออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย**

จากผลการทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระหว่างช่วงเดือน เมษายน - มิถุนายน จะพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ระดับความสูงระหว่างผิวน้ำกับริมฝั่งแม่น้ำมีความสูงที่ประมาณ 11- 12 เมตร และความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 เมตรต่อวินาที โดยที่ระบบสามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อนาที โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำต่อความเร็วของกระแสน้ำ สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ Linear Regression ได้ดังนี้

$$Q = 28.81V - 4.09$$

ที่ค่าความเชื่อมั่น $R^2 = 0.945$

จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้กับระดับความสูงที่ได้จากระบบสูบน้ำ ที่ความเร็วของกระแสน้ำเท่ากัน ปริมาณน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นสูงมากเท่าไหร่ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงตามความสูงที่ทำการสูบ โดยสามารถเขียนเป็นสมการ Linear Regression แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = -0.33H + 11.74$$

ที่ค่าความเชื่อมั่น $R^2 = 0.98$

2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

- ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยที่ทำการสร้างเมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำโดยใช้ไฟฟ้าภายในวัดกำแพงมณีจะสามารถคืนทุนในเวลา 1 ปี 1 เดือน

- ต้นทุนต่อหน่วยของระบบ

ระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีต้นทุนในการก่อสร้างอยู่ที่ 33,100 บาท โดยสามารถสูบน้ำได้ปริมาณ 302,400 ลิตรต่อเดือน โดยระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี ดังนั้นภายในเวลา 5 ปีจะสามารถสูบน้ำได้ 18,144,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.0018 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 1.8 บาท

- การศึกษาด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่สร้างขึ้น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยพบว่า ในส่วนของการออกแบบขนาดใบพัด ลักษณะโครงสร้างของกังหันและอัตราการทดรอบนั้น สามารถปรับขนาดต่างๆ ของกังหันน้ำได้ตามลักษณะสภาพภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ ตามความเหมาะสม โดยมีปัจจัยหลักๆในการออกแบบเช่นความเร็วของกระแสน้ำ ทิศทางของกระแสน้ำ ระดับความสูงที่ต้องการสูบ เป็นต้น โดยในส่วนของประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำและระดับความสูงที่ต้องการสูบ โดยที่ถ้าความเร็วของกระแสน้ำในแม่น้ำมีความเร็วสูง ยิ่งทำให้ระบบสูบน้ำทำงานได้ดียิ่งขึ้น และถ้าระบบไม่จำเป็นต้องสูบน้ำขึ้นที่สูงมากๆ ปริมาณของน้ำที่สูบก็จะได้มากยิ่งขึ้นเช่นกัน ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 1 ปี 1 เดือน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้สร้าง ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยเป็นกังหันสูบน้ำที่ใช้พลังงานจากแม่น้ำซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติ ยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำที่ใช้ไฟฟ้าหรือน้ำมัน ซึ่งถือว่าเป็นการช่วยกันแก้ปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง

## ข้อเสนอแนะ

1. การติดตั้งระบบริมฝั่งแม่น้ำให้ระวังในช่วงที่น้ำขึ้นและน้ำลงฉับพลัน เพราะอาจทำให้ระบบได้รับความเสียหาย

2. ควรมีการวิจัยต่อยอดเกี่ยวกับการสร้างกังหันน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อใช้พลังงานจากแม่น้ำในการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ครอบครัวที่อาศัยบนแพหรือริมแม่น้ำ

3. ระบบสูบน้ำที่ใช้พลังงานจากแม่น้ำจะมีปัญหามากเกี่ยวกับ ขยะมูลฝอย ซาก เศษกิ่งไม้ ที่มากับกระแสน้ำ ซึ่งเมื่อเข้ามาติดที่ระบบ จะทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพลดลง

## เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยลักษณ์ เส้นเศษ และคณะ.2548) ). เครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานกลจากกังหันน้ำ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. ตาก.

[2] ประพันธ์ ร้องกาศ และวิสรัส เอี่ยมประชา.2526) ). การออกแบบและสร้างกังหันน้ำสำหรับสูบน้ำแบบทุ่นลอย. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

[3] บรรจง วรรธนะพงษ์. (2542). เครื่องสูบน้ำพลังงานน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริพระเจ้าอยู่หัว. กรุงเทพมหานคร. เซ็นจูรี จำกัด. หน้า 107

[4] ไพฑูรย์ กิติสุนทร. (ม.ป.ป.). ชลศาสตร์. คู่มือประกอบการเรียนการสอนในวิชาชลศาสตร์และกลศาสตร์ของไหล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.หน้า 109 - 114.

[5] สุธรรม นิยมวาส และบัญญัติ นิยมวาส. (2549). เครื่องจักรกลของไหล. กรุงเทพฯ:วิทยาพัฒน์ จำกัด. หน้า 53-143,151-189.

[6] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. (2541). การออกแบบเครื่องกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. หน้า 22-23,251-253,308-309,314-316.

[7] อนุรัตน์ เทวตา. (2548). โครงการเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก. ตาก. หน้า 9-10.

[8] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์2547) .). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 409

[9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2550). กลไกการพัฒนาที่สะอาด. สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view =section&id=6&Itemid=38.