

**การใช้แผ่นสังกะสีเป็นตัวดูดซับความร้อนในเครื่องกลั่นน้ำ  
พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นเอียงด้านเดียว  
Using of Zinc as a Heat Absorber in Double Slope Solar Still**

ชวิศร ปุคะภาค<sup>1</sup> และ รัชพล สันติวรารกร<sup>2</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์: (043) 244296 ต่อ 121, โทรสาร: (043) 245878

E-mail: [chawis\\_champion@yahoo.com](mailto:chawis_champion@yahoo.com)<sup>1</sup>, [srapat@kku.ac.th](mailto:srapat@kku.ac.th)<sup>2</sup>

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบขนาดของแผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นเอียงด้านเดียว โดยได้นำแผ่นสังกะสีมาใช้เป็นตัวดูดซับความร้อนและวางไว้บนผิวน้ำชั้นที่สองของเครื่องกลั่นน้ำ ซึ่งในการทดลองได้ทำการเปลี่ยนขนาดของแผ่นสังกะสีจากขนาด 10% ไปถึง 90% ของพื้นที่ผิวน้ำชั้นสองจากนั้นทำการวัดปริมาณน้ำกลั่นที่ได้และคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำ พบว่าแผ่นสังกะสีขนาด 10% ได้ปริมาณน้ำกลั่นมากที่สุดเท่ากับ 0.95 ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 25.91% และสังกะสีขนาด 90% ได้ปริมาณน้ำกลั่นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.61 ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 15.02% ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำมีค่าลดลงเมื่อขนาดของแผ่นสังกะสีเพิ่มมากขึ้นโดยพื้นที่ของแผ่นสังกะสีที่มีพื้นที่น้อยจะทำให้เครื่องกลั่นน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่ที่มีมากกว่า เนื่องจากแผ่นสังกะสีที่มีพื้นที่มากจะบดบังแสงอาทิตย์ที่จะส่งผ่านความร้อนไปยังชั้นที่หนึ่งของเครื่องกลั่นน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำลดลง

**คำหลัก:** เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพ ตัวดูดซับความร้อน สังกะสี

**Abstract**

This paper presents the effect of size of the heat absorber from Zinc on the efficiency of double slope solar still. Zinc was chosen to use as heat absorber and was put on the water surface in the second layer of the solar still. The size of Zinc used in the experiment has divided in to 9 sizes from 10% to 90% of the surface of the water in the second layer of the solar still. The temperature, condensed water and efficiency of solar still were measured and calculated in the experiment. The result was showed that using the size of 10% of Zinc absorber has the maximum condensed water at 0.95 *liters / m<sup>2</sup>* and has the efficiency at 25.91%. The minimum efficiency is 15.02% at the size of 90% of Zinc absorber has the maximum condensed water at 0.61 *liters / m<sup>2</sup>*. The result was also revealed that the efficiency of solar still was decreased according to the increasing of the size of Zinc absorber.

**Keywords:** Solar still, Efficiency, Absorber, Zinc

## 1. บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกโดยเฉพาะมนุษย์เรานั้นมีความต้องการน้ำที่ถูกสุขลักษณะเพื่อการอุปโภคบริโภคอย่างเพียงพอ แต่ในปัจจุบันประชากรมนุษย์ได้เพิ่มสูงขึ้นทุกวันจึงเกิดความต้องการน้ำสะอาดเพิ่มขึ้นด้วยในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาดตามชนบท จึงทำให้เกิดการวิจัยที่จะทำให้น้ำกร่อยหรือน้ำเค็มเหล่านั้นกลายมาเป็นน้ำจืดที่มีความเหมาะสมต่อการบริโภคด้วยวิธีการกลั่นน้ำด้วยเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถกลั่นน้ำที่มีความสกปรกมากๆ ได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอตลอดปี และเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้นและลดการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจุบันมีราคาแพงมากขึ้นเรื่อยๆ และส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตน้ำกลั่นด้วย ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะหาพลังงานมาทดแทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานในการทำน้ำกลั่นในประเทศไทยเพราะมีต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนัก แต่เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันยังมีค่าประสิทธิภาพไม่สูงมากนักผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจึงมีนักวิจัยจำนวนมากได้ทำการออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว จึงได้นำเอาแนวความคิดการเพิ่มปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในเครื่องกลั่นน้ำมาทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยทำการปรับปรุงเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบสองชั้นของ เกรียงไกร และคณะ [1] ซึ่งได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบสองชั้น โดยอาศัยแนวคิดของ Hamdan et al. [2]

ซึ่งมีขนาดพื้นที่ฐานเท่ากับ  $1.5 \times 1$  ตารางเมตรโดยมีความสูงของแต่ละชั้นเป็น 20 เซนติเมตร กระจกเอียงด้านเดียวและมีมุมเอียงของกระจก 14 องศา ชั้นบนได้ออกแบบเป็นลักษณะแบบขั้นบันไดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของน้ำให้สามารถรับแสงแดดได้มากขึ้น ตามแนวคิดของไพฑูรย์ เม้นทอง และคณะ [3] และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำที่ได้พัฒนามาจากของ เกรียงไกร และคณะ [1] ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์จะศึกษาหาผลกระทบของตัวดูดซับต่อประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำโดยจะทดลองนำตัวดูดซับสังกะสีซึ่งมีการนำความร้อนสูงมาใช้ ซึ่งการนำมาใช้จะต้องวางบนน้ำชั้นสอง ซึ่งการเพิ่มตัวดูดซับความร้อนตามแนวคิดของ Nafey et al. [4] ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพมากกว่ากรณีที่ไม่มีการใช้ตัวดูดซับความร้อน แต่ในปัจจุบันยังไม่ทราบขนาดที่เหมาะสมจึงได้ทำการศึกษาผลกระทบขนาดของแผงสังกะสีที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

## 2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1 อุปกรณ์

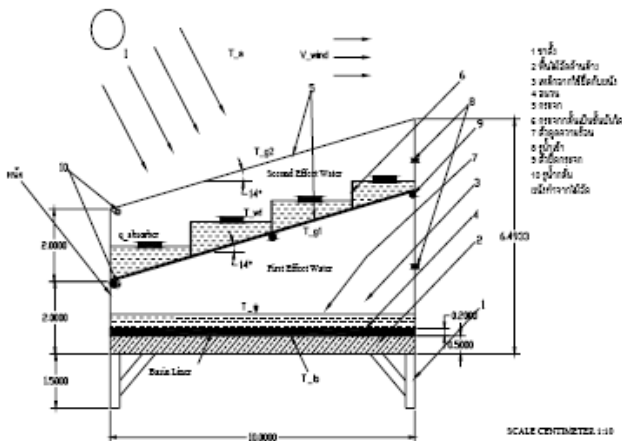
การวิจัยในครั้งนี้ได้นำเครื่องกลั่นน้ำแบบกระจกสองชั้นเอียงด้านเดียวที่พัฒนาโดย เกรียงไกร และคณะ [1] มาใช้ซึ่งมีขนาดพื้นที่ฐานเท่ากับ  $1.5 \times 1$  ตารางเมตร โดยมีความสูงของแต่ละชั้นเป็น 20 เซนติเมตร และแต่ละชั้นยังมีรูระบายน้ำเข้า-ออก อยู่ภายในของแต่ละชั้น ที่พื้นด้านล่างของเครื่องกลั่นน้ำบรรจุด้วยฉนวนและตัวดูดซับความร้อน กระจกเอียงด้านเดียวและมีมุมเอียงของกระจก 14 องศา ชั้นบนได้ออกแบบเป็นลักษณะแบบขั้นบันได ซึ่งการที่ทำให้ชั้นบนเป็นขั้นบันไดเพื่อต้องการเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำให้ได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้นโดยจะทำการเพิ่มตัวดูดซับความร้อนโดยใช้แผ่นสังกะสีไว้ที่ชั้นบนเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำ

### 2.2 วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการหา ค่าความเข้มแสงอาทิตย์รายชั่วโมง การกลั่นน้ำสะสมตลอดทั้งวันในแต่ละชั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล เพื่อหาประสิทธิภาพ

ของระบบซึ่งมีตัวดูดซับความร้อนใช้แผ่นสังกะสีมา ใช้ในการทดลอง โดยแบ่งเป็นขนาดของแผ่นสังกะสีจาก 10% จนไปถึง 90% ของพื้นที่ผิวน้ำชั้นบน โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ติดตั้ง Thermo Couple Type J ตามจุดต่างๆ 5 จุด ที่  $T_b$ ,  $T_w$ ,  $T_{g1}$ ,  $T_{wf}$ ,  $T_{g2}$  (ดังแสดงในรูปที่ 1) แล้วต่อ Thermo Couple เข้ากับ Thermometer Digital เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิในแต่ละจุดเติมน้ำที่จะทำการทดลองที่ชั้นล่าง 75 ลิตร ( $m_w = 75$ ) และชั้นบน 24 ลิตร ( $m_{wf} = 24$ )
2. นำตัวดูดซับความร้อนที่ทำจากสังกะสีมาทดสอบ โดยแบ่งเป็นขนาด 10% จนไปถึง 90% ของพื้นที่ผิวน้ำ โดยติดตั้งที่ชั้นบนของเครื่องลาดเอียงไปทางทิศใต้
3. วัดปริมาณน้ำกลั่นด้วยถ้วยตวง ใช้ Flow meter วัดความเร็วลมใช้ Thermometer แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งวัดอุณหภูมิ เพื่อหาความชื้นสัมพัทธ์
4. วัดค่าที่ได้ต่างๆ ทุกๆ 1 ชั่วโมงเริ่มวัดเมื่อเวลา 01.00 จนไปถึงเวลา 24.00 ของวันต่อมา



รูปที่ 1 รูปแบบของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ศึกษา [1]

### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ

#### 3.1 การกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทํางาน การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จะถูกส่งผ่านไปยังแผ่นปิดโปร่งแสงที่อยู่ด้านบน ซึ่ง ทำด้วยกระจก รังสีดังกล่าวจะถูกดูดด้วยน้ำดิบและอ่าง เมื่อน้ำถูกทำให้ร้อนขึ้น น้ำก็จะระเหยตัวเนื่องจาก ความดันไอเพิ่มขึ้นและไอน้ำระเหยตัวขึ้นไปยังแผ่น

กระจก ด้านบนโดยการพาความร้อนซึ่งไอน้ำจะถูก กลั่นตัวบริเวณด้านล่างของแผ่น กระจก ดังนั้นแผ่น กระจกจึงต้องมีความลาดเอียงอย่างเพียงพอที่จะทำให้ น้ำกลั่นไหลไปยังรางน้ำโดยปราศจากการหยดของน้ำ กลับลงไปยังอ่าง รางน้ำจะต้องมีความลาดเอียงอย่าง เหมาะสมไปตามความยาวของเครื่องกลั่น เพื่อที่จะทำ ให้น้ำที่กลั่นได้ไหลไปยังภาชนะรองรับที่อยู่ส่วนล่าง ของเครื่องกลั่นต่อไป

#### 3.2 การคำนวณค่ารังสีของแสงอาทิตย์

ค่ารังสีของแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (I) สามารถ คำนวณจากผลคูณของค่ารังสีรวมรายวันจากการ ตรวจวัด (H) กับ อัตราส่วนรังสีรวมรายชั่วโมงต่อรังสี รวมรายวัน ( $r_i$ ) ดังนี้

$$I = Hr_i \quad (1)$$

เมื่อ

$$r_i = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \left(\frac{2\pi\omega_s}{360}\right) \cos \omega_s} \quad (2)$$

โดยที่  $a = a_1 + a_2 \sin(\omega_s - 60)$  และ

$b = b_1 + b_2 \sin(\omega_s - 60)$  เมื่อ  $\omega_s$  คือ มุมชั่วโมงที่ดวง อาทิตย์ตกดิน (Sunset hour angle) เป็นมุมตก กระทบระหว่างค่ารังสีตรงกับพื้นในแนวระดับและ ค่า  $a_1, a_2, b_1, b_2$  คือ ค่าคงที่ที่สถานี่ต่าง ๆ ของประเทศ ไทยโดยในการทดลองครั้งนี้ได้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ของสถานีอุบลราชธานีซึ่งมีค่า:  $a_1 = 0.76, a_2 = -0.031, b_1 = 0.207$  และ  $b_2 = 0.238$  [5].

#### 3.3 การส่งผ่านพลังงานในเครื่องกลั่นน้ำพลังงาน แสงอาทิตย์

การส่งผ่านพลังงานส่วนใหญ่ที่เข้าไปใน เครื่องกลั่นน้ำ จะเกิดการสูญเสียขึ้นภายในระบบซึ่งจะ มีผลต่ออัตราการกลั่นน้ำให้มีค่าสูงสุด เมื่อการส่งผ่าน รังสีดวงอาทิตย์ไปยังเครื่องกลั่นน้ำจะมีเพียงรังสีส่วน หนึ่งที่สามารถผ่านเข้าไปยังเครื่องกลั่นน้ำได้

เนื่องจากการสะท้อนของรังสีที่บริเวณฝาครอบเครื่อง กลั่นน้ำนั่นเอง รังสีที่ผ่านเข้าไปสู่ภายในเครื่องกลั่นน้ำ ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนสะสมอยู่ภายใน เครื่องกลั่นน้ำ และรังสีส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับไว้ที่ผิวดูด

รับรังสี ความร้อนที่สะสมภายในเครื่องกลั่นน้ำ จะเกิดการสูญเสียออกไปในหลายๆลักษณะด้วยกัน ดังนี้

1. พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งถูกดูดกลืนเข้าไปในฝาครอบ ( $Q_{S,AG}$ )
2. พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านฝาครอบ ( $Q_{TR}$ )
3. พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านฝาครอบและถูกดูดกลืนโดยน้ำ ( $Q_{S,AW}$ )
4. พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวฝาครอบออกไปสู่บรรยากาศด้วยการแผ่รังสีความร้อน ( $Q_{RO}$ )
5. พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวฝาครอบออกไปสู่บรรยากาศด้วยการพาความร้อน ( $Q_{CO}$ )
6. พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากพื้นผิวน้ำไปสู่ฝาครอบด้วยการแผ่รังสีความร้อน ( $Q_{RI}$ )
7. พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากพื้นผิวไปสู่ฝาครอบด้วยการพาความร้อน ( $Q_{CI}$ )
8. พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปตามด้านข้างและด้านล่างของเครื่องกลั่นน้ำ ( $Q_L$ )
9. พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากน้ำไปสู่ฝาครอบด้วยการแผ่ไปกับไอที่ระเหย ( $Q_E$ )
10. พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำที่กลั่นได้ออกไปสู่ภายนอกตัวเครื่องกลั่นน้ำ ( $Q_{distill.}$ )

ซึ่งสามารถคำนวณหาพลังงาน Zurigat et al. [6] ในส่วนต่างๆของเครื่องกลั่นน้ำได้ โดยอาศัยการสมดุลพลังงานในเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้

1. สมดุลพลังงานความร้อนที่ฉนวน
 
$$m_b C_{pb} \frac{dT_b}{dt} = I(t)A_b - q_{cbw} - q_{loss} \quad (3)$$
2. สมดุลพลังงานความร้อนที่น้ำชั้นที่ 1
 
$$m_w C_{pw} \frac{dT_w}{dt} = I(t)A_w + q_{cbw} - q_{rwg1} - q_{cwg1} - q_{ewg1} \quad (4)$$
3. สมดุลพลังงานความร้อนที่ผิวกระจกชั้นที่ 1
 
$$m_g C_{pg} \frac{dT_{g1}}{dt} = I(t)A_{g1} + q_{rwg1} + q_{cwg1} + q_{ewg1} - q_{cg1wf} \quad (5)$$
4. สมดุลพลังงานความร้อนที่น้ำชั้นที่ 2
 
$$m_{wf} C_{pw} \frac{dT_{wf}}{dt} = I(t)A_{wf} + q_{cg1wf} - q_{cwf g2} - q_{rwfg2} - q_{ewfg2} + q_{absorber} \quad (6)$$

5. สมดุลพลังงานความร้อนที่ผิวกระจกชั้นที่ 2

$$m_g C_{pg} \frac{dT_{g2}}{dt} = I(t)A_{g2} + q_{cwf g2} + q_{rwfg2} + q_{ewfg2} - q_{rg2,sky} - q_{cg2,a} \quad (7)$$

6. อัตราการควบแน่นรวมทั้งสองชั้น

$$\frac{dm_c}{dt} = h_{ewg1} \frac{(T_w - T_{g1})}{h_{fg @ T_w}} + h_{ewfg2} \frac{(T_{wf} - T_{g2})}{h_{fg @ T_{wf}}} \quad (8)$$

โดยที่  $T_b, T_w, T_{g1}, T_{wf}, T_{g2}$  คืออุณหภูมิที่ ฉนวนชั้นล่าง ผิวน้ำชั้นล่าง ผิวกระจกชั้นล่าง ผิวน้ำชั้นบน ผิวกระจกชั้นบน ตามลำดับโดยกำหนดค่าเริ่มต้นของการทดลองที่อุณหภูมิดังกล่าวเป็น 25 องศาเซลเซียส และ  $m_b, m_w, m_g, m_{wf}, m_c$  คือมวลของฉนวนชั้นล่าง น้ำชั้นล่าง กระจก น้ำชั้นบน และมวลน้ำกลั่น และกำหนดค่าตัวแปรค่าต่างๆ ดังนี้ :

- $m_g = 6 \text{ kg}, m_b = 10 \text{ kg}, C_{pg} = 800 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, C_{pb} = 473 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, C_{pw} = 4,178 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, \epsilon_g = 0.88, \epsilon_w = 0.96, \alpha = 0.09, \alpha_g = 0.0475, \alpha_w = 0.05, \alpha_b = 0.95, \rho_g = 0.0735, U_b = 14 \text{ W/m}^2\text{K}, h_{bw} = 135 \text{ W/m}^2\text{K}, h_{cg1wf} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 3.4 การหาค่าพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซึมโดยวัตถุ

ในการคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซึมโดยวัตถุสามารถหาได้ดังนี้ [7]

$$q_{absorber} = \alpha(I_b \tau_{wb} + I_d \tau_{wd}) \quad (9)$$

เมื่อ  $\alpha$  คือค่าการดูดซึมรังสีของวัตถุ,  $I_b$  คือค่ารังสีอาทิตย์ตรงรายชั่วโมงบนระนาบในแนวระดับ,  $I_d$  คือค่ารังสีอาทิตย์กระจายรายชั่วโมงบนระนาบในแนวระดับ,  $\tau_{wb}$  คือค่าการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ของบรรยากาศเนื่องจากการดูดกลืนโดยไอน้ำ,  $\tau_{wd}$  คือค่าการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ของบรรยากาศเนื่องจากการกระเจิงโดยไอน้ำ

### 3.5 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหาได้ดังนี้ [4]

$$\eta = \frac{\sum \dot{m}_c h_{fg}}{\sum I} \quad (10)$$

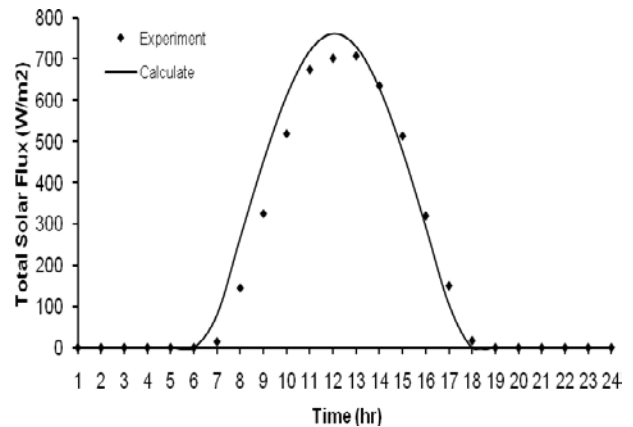
เมื่อ  $\dot{m}_c$  คืออัตราการควบแน่น,  $h_{fg}$  คือค่าความร้อนแฝงของน้ำ และ  $I$  คือค่าความเข้มแสงอาทิตย์

#### 4. วิธีการคำนวณและการทดลอง

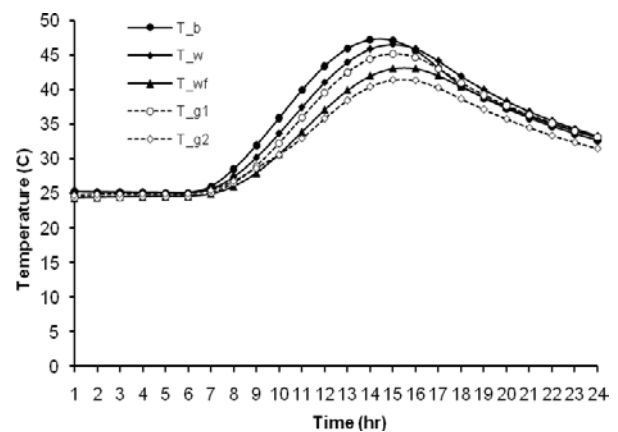
การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้ใช้โปรแกรม EES โดยเริ่มต้นจะต้องกำหนดค่าคงที่ต่างๆ ในหัวข้อข้างต้น โดยค่าความเข้มแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการ (1) ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาค่าอุณหภูมิ  $T_b$ ,  $T_w$ ,  $T_{g1}$ ,  $T_{wf}$ ,  $T_{g2}$  โดยใช้สมการที่ (3)-(8) ได้ ต่อจากนั้นก็คำนวณหาพลังงานความร้อนแฝง ( $h_{fg}$ ) ของน้ำทั้งสองชั้นเพื่อที่หาอัตราการควบแน่น ( $\dot{m}_c$ ) เมื่อได้อัตราการควบแน่นก็จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากสมการที่ (10) ได้ ในการคำนวณดังกล่าวข้างต้นจะต้องอาศัยข้อมูลจากการทดลองซึ่งประกอบไปด้วย วัน เดือน ปีที่ทำการทดลองและอุณหภูมิเริ่มต้นของ  $T_b$ ,  $T_w$ ,  $T_{g1}$ ,  $T_{wf}$ ,  $T_{g2}$  ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำภายในเครื่องกลั่นน้ำ อัตรการกลั่นน้ำและประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำ

#### 5. ผลการวิจัยและอภิปราย

ในการทดสอบ โดยใช้แผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีที่มีพื้นที่ 10%-90% ของพื้นผิวของน้ำ ชั้นสอง ซึ่งได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ภายในเครื่องกลั่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณน้ำกลั่น และคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของน้ำกลั่น โดยในเบื้องต้นขอเสนอผลการคำนวณและการทดลอง กรณีใช้แผ่นดูดซับความร้อนขนาด 10% ซึ่งได้ดำเนินการทดลองในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2551 โดยการคำนวณมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน  $427.05 \text{ W/m}^2$  ค่าความเข้มแสงมากที่สุด มีค่าเป็น  $761.52 \text{ W/m}^2$  และการทดลองมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน  $393.80 \text{ W/m}^2$  ค่าความเข้มแสงมากที่สุดมีค่าเป็น  $708.33 \text{ W/m}^2$  (2)

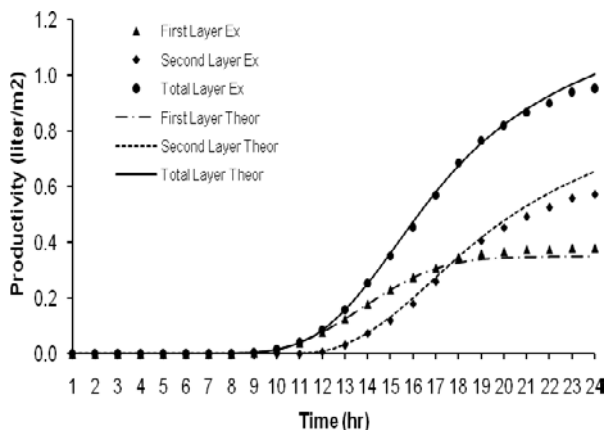


รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2551



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นน้ำ เมื่อใช้แผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีขนาด 10% จากรูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงค่าอุณหภูมิจากการคำนวณและการทดลอง ณ จุดต่างๆภายในเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดลอง พบว่าอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างที่ผิวกระจกชั้นที่หนึ่ง ( $T_{g1}$ ) กับผิวน้ำชั้นที่หนึ่ง ( $T_w$ ) มีค่าแตกต่างกับอุณหภูมิแตกต่างของผิวกระจกชั้นที่สอง ( $T_{g2}$ ) กับผิวน้ำชั้นที่สอง ( $T_{wf}$ ) โดยพบว่า ในชั้นที่สองมีความแตกต่างกันระหว่างผิวน้ำกับผิวกระจกมากกว่าในชั้นที่หนึ่ง ณ เวลา 15.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดระหว่างที่ผิวกระจกกับผิวน้ำของทั้งสองชั้น และจากการคำนวณอุณหภูมิสูงสุดตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 4 7.22 องศาเซลเซียส โดยชั้นที่สองมีความแตกต่างระหว่างผิวน้ำ

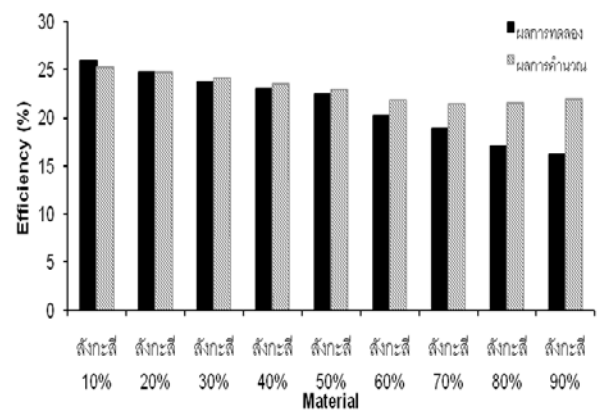
กับผิวกระจกเป็น 1.67 องศาเซลเซียส ส่วนในชั้นที่หนึ่งมีความแตกต่างระหว่างผิวน้ำกับผิวกระจกเป็น 1.37 องศาเซลเซียส และจากการทดลองอุณหภูมิสูงสุดตลอดทั้งวันซึ่งมีค่าเท่ากับ 53.8 องศาเซลเซียส โดยชั้นที่สอง มีความแตกต่างระหว่างผิวน้ำกับผิวกระจกเป็น 6.9 องศาเซลเซียส ส่วนในชั้นที่หนึ่ง มีความแตกต่างระหว่างผิวน้ำกับผิวกระจกเป็น 5.2 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชั้นที่ 2 มีอัตราการควบแน่นมากกว่าชั้นที่ 1 (ดังแสดงในรูปที่ 4) และน้ำจะยังคงมีการควบแน่นอยู่เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ เพราะมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวกระจกและผิวน้ำยังคงเกิดขึ้นอยู่แต่มีค่าน้อยทำให้อัตราการควบแน่นลดน้อยลง



รูปที่ 4 อัตราการกลั่นน้ำสะสมตลอดทั้งวันกรณีใช้แผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีขนาด 10%

จากรูปที่ 4 เป็นกราฟแสดงอัตราการกลั่นน้ำสะสมตลอดทั้งวันรวมทั้งสองชั้น โดยการคำนวณได้ อัตราการกลั่นน้ำชั้นที่หนึ่งเท่ากับ 0.351 ลิตรต่อตารางเมตร อัตราการกลั่นน้ำชั้นที่สองเท่ากับ 0.653 ลิตรต่อตารางเมตรและอัตราการกลั่นน้ำรวมของทั้งสองชั้นเท่ากับ 1.004 ลิตรต่อตารางเมตร และการทดลองได้จำนวนน้ำกลั่นชั้นที่หนึ่งเท่ากับ 0.38 ลิตรต่อตารางเมตร ได้จำนวนน้ำกลั่นชั้นที่สองเท่ากับ 0.57 ลิตรต่อตารางเมตร และมีจำนวนน้ำกลั่นรวมทั้งสองชั้นเท่ากับ 0.95 ลิตรต่อตารางเมตร และเมื่อมีน้ำกลั่นเมื่อเวลา 09.00น. ซึ่งช่วงเวลา 13.00น. ถึง 18.00น.

มีอัตราการกลั่นน้ำที่ดีกว่าช่วงอื่น เนื่องจากกราฟมีความชันมากที่สุดของตลอดทั้งวัน ในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์คือช่วงเวลา 07.00น. ถึง 09.00น. แต่เครื่องยังไม่มีอัตราการกลั่นน้ำเนื่องมาจากน้ำต้องใช้เวลาในการสะสมความร้อนจนถึงค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอพอถึงค่าดังกล่าวก็จะระเหยไปสู่ผิวกระจกและทำการควบแน่นต่อไป



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพสะสมเฉลี่ยตลอดทั้งวันกรณีใช้แผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีขนาด 10%

จากรูปที่ 5 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพสะสมเฉลี่ยตลอดทั้งวันเมื่อใช้แผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีขนาด 10% และจากการใช้สมการที่ 10 คำนวณจากการคำนวณพบว่าเครื่องกลั่นน้ำมีประสิทธิภาพสะสมเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 25.26% และจากการทดลองเครื่องกลั่นน้ำมีประสิทธิภาพสะสมเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 25.91% โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 2.57% ซึ่งพบว่าผลการทดลองและผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันจึงสรุปได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม Engineering Equation Solver (EES) สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้ จากนั้นได้ทำการทดลองกลั่นน้ำโดยใช้เครื่องกลั่นน้ำแบบเดิม แต่เปลี่ยนให้ขนาดของแผ่นดูดซับความร้อนสังกะสีที่มีขนาดแตกต่างกันจาก 10% ไปถึง 90% โดยมีผลลัพธ์ของการทดลองและการคำนวณหาประสิทธิภาพดังแสดงในตารางที่ (1)-(2)

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแผ่นดูดซับความร้อนสังกะสี  
ขนาดต่างๆ

วัน/เดือน/ปี	ขนาดของ แผ่น สังกะสี	ความเข้มข้น เฉลี่ย $W / m^2$	ปริมาณน้ำ กลั่น (liter)	ประสิทธิภาพ (%)
4/12/2551	Zn 10%	427.05	1.004	25.26
9/12/2551	Zn 20%	466.15	0.983	24.71
11/12/2551	Zn 30%	466.22	0.959	24.11
13/12/2551	Zn 40%	466.26	0.936	23.51
20/12/2551	Zn 50%	466.22	0.913	22.92
9/2/2552	Zn 60%	408.11	0.829	21.81
10/2/2552	Zn 70%	445.07	0.816	21.48
13/2/2552	Zn 80%	407.59	0.817	21.50
16/2/2552	Zn 90%	407.15	0.845	21.98

หมายเหตุ สำหรับการทดลองที่ไม่มีตัวดูดซับความ  
ร้อนมีประสิทธิภาพ 25.34%

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณแผ่นดูดซับความร้อนสังกะสี  
ขนาดต่างๆ

วัน/เดือน/ปี	ขนาดของ แผ่น สังกะสี	ความเข้มข้น เฉลี่ย $W / m^2$	ปริมาณน้ำ กลั่น (liter)	ประสิทธิภาพ (%)
4/12/2551	Zn 10%	393.80	0.95	25.91
9/12/2551	Zn 20%	395.39	0.87	23.71
11/12/2551	Zn 30%	393.87	0.82	22.35
13/12/2551	Zn 40%	390.53	0.79	21.8
20/12/2551	Zn 50%	377.89	0.76	21.56
9/2/2552	Zn 60%	391.94	0.72	19.72
10/2/2552	Zn 70%	404.10	0.68	18.07
13/2/2552	Zn 80%	432.22	0.65	16.07
16/2/2552	Zn 90%	438.03	0.61	15.02

จากตารางที่ 1 โดยจากการคำนวณพบว่า  
เครื่องกลั่นน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 10% มีค่าเท่ากับ  
25.26% และต่ำสุดที่ 90% โดยประสิทธิภาพต่ำสุดที่  
21.98% และจากตารางที่ 2 จากการทดลองพบว่า  
เครื่องกลั่นน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 10% มีค่าเท่ากับ  
25.91% และต่ำสุดที่ 90% โดยประสิทธิภาพต่ำสุดที่  
15.02% จะเห็นว่าประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีขนาดแผ่น  
ดูดซับความร้อนของสังกะสีมากขึ้น สำหรับรูปแบบ  
กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กราฟปริมาณน้ำกลั่น

สะสมตลอดทั้งวัน และกราฟแสดงประสิทธิภาพสะสม  
เฉลี่ยตลอดทั้งวัน โดยเมื่อใช้ขนาดแผ่นดูดซับความ  
ร้อนของสังกะสีขนาด 20% ไปถึง 90% จะมีลักษณะ  
ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ของกราฟขนาดแผ่นดูดซับความ  
ร้อนของสังกะสี 10% จึงไม่น่ามากกล่าวถึงรายละเอียด  
ในที่นี้

## 6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่าแผ่นสังกะสีสามารถนำ  
มาใช้เป็นตัวดูดซับความร้อนได้ และขนาดของแผ่น  
สังกะสีมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงาน  
แสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นเอียงด้านเดียว โดย  
ขนาดพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงโดย  
แผ่นสังกะสีขนาด 10% ได้ปริมาณน้ำกลั่นมากที่สุด  
เท่ากับ 0.95 ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ย  
สะสมตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 25.91% และแผ่นสังกะสี  
ขนาด 90% ได้ปริมาณน้ำกลั่นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.61  
ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยสะสมตลอด  
ทั้งวันมีค่าเท่ากับ 15.02% สำหรับการทดลองที่ไม่มี  
ตัวดูดซับความร้อนมีประสิทธิภาพ 25.34% พบว่าแผ่น  
ดูดซับความร้อนสังกะสีขนาด 10% มีประสิทธิภาพสูงที่สุด  
และเป็นเพียงชนิดเดียวที่มีค่ามากกว่าประสิทธิภาพ  
ของกรณีที่ไม่ใช้แผ่นดูดซับความร้อน แผ่นดูดซับ  
ความร้อนสังกะสีขนาด 20% เป็นต้นไปจะมี  
ประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น  
น้ำมีค่าลดลงเมื่อขนาดของแผ่นสังกะสีเพิ่มมากขึ้นโดย  
พื้นที่ของแผ่นสังกะสีที่มีพื้นที่น้อยจะทำให้เครื่องกลั่น  
น้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่ที่มีมากกว่า เนื่องจาก  
แผ่นสังกะสีที่มีพื้นที่มากจะบดบังแสงอาทิตย์ที่จะ  
ส่งผ่านความร้อนไปยังชั้นที่หนึ่งของเครื่องกลั่นน้ำซึ่ง  
เป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำ  
ลดลง

## 7. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการนำตัวดูดซับความร้อนชนิดอื่นมา  
ทดสอบร่วมกันเพื่อนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง  
อุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นน้ำ ปริมาณน้ำที่กลั่นได้  
และประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงาน  
แสงอาทิตย์

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่เอื้อเพื่อ  
สถานที่และอุปกรณ์การทดลองในการทำวิจัยครั้งนี้  
และขอขอบคุณสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น (EMCO) ที่ให้การสนับสนุน  
ทุนการศึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

## 9. เอกสารอ้างอิง

[1] เกียรติไกร นามุดดา, ประพัทธ์ สันติวารากร, สมนึก  
ธีระกุลพิศุทธิ์ และ สมหมาย ปรีเปรม, การปรับปรุง  
สมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, การ  
ประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่  
2, 27-29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
สุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

[2] M.A. Hamdan, A.M. Musa and B.A Jubran,  
Performance of solar still under Jordanian  
climate, Energy Conversion & Management 40  
(1999) 495-503.

[3] ไพฑูรย์ เม่นทอง, ปรัชญา อารยางค์กูร และ เดชา  
มีระเสน ,การออกแบบและทดสอบเครื่องกลั่นน้ำ  
พลังงานแสงอาทิตย์ ,ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(2528).

[4] A.S. Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip  
and A.A. Mabrouk, Solar still productivity  
enhancement, Energy Conversion and Management  
43 (2002) 937-946.

[5] ธีระพงษ์ ว่องรัตนไพศาล. การผลิตเอทานอลโดย  
ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน . กรุงเทพฯ:  
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; 2546.

[6] Y. H. Zurigat and M. K. Abu-Arabi, Modeling  
and performance analysis of a regenerative solar  
desalination unit, Applied Thermal Engineering 24  
(2004) 1061-1072.

[7] H. Al-Hinai, M.S. Al-Nassri, B.A. Jubran, Effect  
of climatic, design and operational parameters on  
the yield of a simple solar still, Energy Conversion  
and Management 43 (2002) 1639–1650.