

## การประเมินค่าพลังงานความร้อนของจานพาราโบลา

### SOLAR THERMAL ENERGY EVALUATION OF A PARABOLIC CONCENTRATOR

อากาศ เสนิงศ์ ณ อยุทยา<sup>1</sup> สุชาติ แย้มเม่น<sup>2</sup> วัฒนพงษ์ รักรวีเชียร<sup>1</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

โทร 0-5526-1000 ต่อ 3186 โทรสาร 0-5526-1067 E-mail: akart\_3@yahoo.com

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

โทร 0-5526-1000 ต่อ 4377 โทรสาร 0-5526-1061 ต่อ 4366 E-mail: suchart@ieee.org

Akart Seni Wong Na Ayuthaya<sup>1</sup> Suchart Yam-men<sup>2</sup> Wattanapong Rakvichian<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

Tel: 0-5526-1000 exp 3186 Fax: 0-5526-1067 E-mail: akart\_3@hotmail.com

<sup>2</sup>Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University,

Phitsanulok 65000, Thailand, Tel. 0-5526-1000 exp 4377 Fax 0-5526-1061 exp 4366 E-mail: suchart@ieee.org

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและประเมินค่าพลังงานความร้อนของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานพาราโบลา โดยศึกษาถึงการกระจายอุณหภูมิบนแผ่นเหล็กวงกลมสำหรับดูดซับพลังงานความร้อนและคำนวณหาค่าพลังงานที่ได้รับจากการรวมแสงอาทิตย์ที่ระยะห่างระหว่างจุดรวมแสงกับจานพาราโบลาสามระยะ ระบบจานรวมแสงนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน สำคัญได้แก่ จานรวมแสงพาราโบลา, ระบบติดตามดวงอาทิตย์อย่างง่ายด้วยมือ และแผ่นเหล็กดูดซับพลังงานความร้อนจากการรวมแสง ชุดจานพาราโบลานี้ประกอบด้วยจานรวมแสงพาราโบลาย่อยจำนวนห้าใบ แต่ละใบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 [เซนติเมตร] ความยาวโฟกัส 170 [เซนติเมตร] หนีวด้วยแถบแผ่นสะท้อนแสงชนิดอลูมิเนียมอะโนไดซ์ โดยมีพื้นที่รับแสงรวมทั้งห้าใบเท่ากับ 0.98 [ตารางเมตร]

ผลการประเมินค่าพลังงานความร้อนทั้งหมดจากแผ่นจานรวมแสงที่ได้รับได้ในสภาวะที่ไม่มีกำบังการพาและการแผ่รังสีความร้อนพบว่า การกระจายอุณหภูมิบนแผ่นรวมแสงทั้งสามระยะรวมแสงยังคงลักษณะเป็นเส้นโค้งระฆังคว่ำและที่ระยะโฟกัส 170 [เซนติเมตร] ได้ค่าประสิทธิภาพออปติคัลเฉลี่ยตลอดวันของระบบนี้เท่ากับ 35.04 [%] โดยที่อุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ ที่จุดกึ่งกลางแผ่นดูดซับความร้อนเท่ากับ 187 [องศาเซลเซียส]

#### Abstract

This paper is an investigation of a small multi faced parabolic disk system for thermal energy and includes temperature profile on a steel absorber plate for 3 concentrate distances as 165, 170 and 175 [cm] respectively. The system composes of 3 main parts as: 1) five parabolic disks with diameter of 50 [cm] and focus length of 170 [cm] each and total

reflecting area of disks is 0.98 [m<sup>2</sup>], 2) manual solar tracker, 3) a steel plate absorber with diameter of 20 [cm].

With non-protecting of convection and radiation of energy losses from absorber, the experimental result show temperature profiles on the absorber are as normal curve. At focus length of 170 [cm], maximum temperature at absorber center can be raised up to 187 [°C] and average optical efficiency for a day of system is 35.04 [%].

#### 1. บทนำ

หัวใจสำคัญของการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานความร้อนคืออุปกรณ์รวมแสง(Concentrator) การรวมแสงแบบเป็นจุดที่มีอุณหภูมิสูงมีข้อดีคือการสูญเสียจากการถ่ายเทความร้อนมีออกนอกระบบน้อยกว่า เพราะพื้นที่รวมแสงมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรวมแสงที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมักต้องมีพื้นที่รับแสงมากกว่า อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างกว่า โดยเฉพาะการรวมแสงโดยใช้จานพาราโบลา จะทำให้การรวมแสงเป็นจุดที่เล็กกว่าการใช้อุปกรณ์ชนิดอื่น ดังนั้นปัญหาที่สำคัญของจานพาราโบลา คือ การที่ส่วนโค้งที่ทำหน้าที่หักเหแสงมารวมกัน ซึ่งถ้ายังมีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีมากเท่าไร ประสิทธิภาพทางออปติคัลของมันก็จะยิ่งน้อยลง

ในระดับการใช้งานของระบบจานพาราโบลาขนาดเล็ก โดยมากมักใช้ในการหุงต้มอาหารซึ่งได้มีการใช้งานในหลายประเทศ เพื่อลดค่าครองชีพของประชาชนที่ยากจนและลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อมาเป็นเชื้อเพลิง เช่น อินเดีย จีน หลายประเทศในแอฟริกา หรือแม้แต่ในแถบยุโรป

W Scheffler [1] ได้ออกแบบจานพาราโบลาที่สร้างจากการเรียงแผ่นสะท้อนแสงขนาดเล็กๆจำนวนมาก สำหรับใช้หุงต้มในครัวเรือนขนาด 8 ตารางเมตร ทำอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1,020 องศาเซลเซียส มี

ประสิทธิภาพออปติคส์ 70 [%] Seifert [1] ได้ออกแบบจานพาราโบลาขนาดเล็กกรุ่น SK14 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 140 เซนติเมตร ให้กำลังสูงสุด 700 วัตต์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร

R.Y. Nuwayhid , F.Mrad, R. Abu-Said [2] ได้ดัดแปลงจานดาวเทียมโดยบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมแผ่นขัดมัน 4 แผ่นสำหรับจาน 1 ใบ แต่คุณภาพการขัดไม่ดีนัก ขนาดจาน 160 ซม. ทำอุณหภูมิได้ 250 องศาเซลเซียส และแบบใช้แถบแผ่นสเตนเลสรูปสามเหลี่ยม 24 แผ่นสำหรับ จาน 1 ใบ ขนาดจาน 200 ซม. โดยมีการติดตามดวงอาทิตย์ที่ไม่ดีนัก ได้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันในช่วง 80 – 200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการวิจัยเพื่อนำไปทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าจากอุปกรณ์ Thermoelectric generator N.D. Kaushika , K.S. Reddy [3] ได้ดัดแปลงจานดาวเทียมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 เมตร บุกด้วยแผ่นโพลีเมอร์เคลือบด้วยเงิน ทำอุณหภูมิได้สูงสุด 469 องศาเซลเซียส ซึ่งทุกงานวิจัยที่มีการดัดแปลงจานดาวเทียม จะมีปัญหาเกี่ยวกับการบวมของแผ่นสะท้อนแสงบนตาข่ายของจานดาวเทียม เพราะตาข่ายจะมีส่วนที่เสื่อมกันในการประกอบ ทำให้ไม่ได้โค้งพาราโบลาที่ดีนัก

จะเห็นได้ว่าจานรวมแสงชนิดพาราโบลา ได้ถูกนำมาพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้งานได้แม้ระบบขนาดเล็ก ซึ่งด้านทั้งศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ของรังสีตรงในประเทศไทยก็มีมากพอสมควร จากข้อมูลของมหาวิทยาลัยศิลปากร [4] พบว่าปริมาณรังสีตรงในประเทศไทยโดยเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 55 [%] ซึ่งสามารถนำมาโฟกัสเพื่อให้เกิดความร้อนได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์คือการทดลองสร้างระบบขนาดเล็กที่รวมแสงด้วยจานพาราโบลาแบบหลายใบ (Multi faced) โดยมีพื้นที่รับแสงของจานทั้งสิ้นประมาณ 1 ตารางเมตรและทดสอบหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนที่แผ่นดูดซับความร้อน (Absorber) ที่ระยะห่างระหว่างจุดรวมแสงและจานพาราโบลาที่ 3 ระยะ เพื่อจะแสดงสมรรถนะในภาพรวมของระบบ เพราะถ้าเป็นจานที่มีขนาดเล็กลงแต่มีหลายใบมากขึ้น และให้มีความโค้งของพาราโบลาลดลง จะช่วยให้ลดปัญหาการบวมด้วยวัสดุสะท้อนแสง และผลที่ได้เป็นข้อมูลอันหนึ่งในการพัฒนาและออกแบบสร้างระบบการผลิตความร้อนด้วยการรวมแสงอาทิตย์ ขนาดเล็กเพื่อใช้ครัวเรือนซึ่งอาจจะนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการหุงต้มหรืองานอื่นๆที่ต้องใช้ความร้อน โดยให้เป็นระบบที่ง่ายต่อการสร้างและหาวัสดุ ซึ่งระบบการรวมแสงนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ 1) จานรวมแสง 5 ใบ, 2) อุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ และ 3. อุปกรณ์ดูดซับความร้อนจากการรวมแสง

โดยหลักการทำงานเบื้องต้นของระบบคือแสงอาทิตย์ที่เป็นรังสีตรงจะถูกรวมโดยจานพาราโบลาเป็นจุดๆหนึ่ง ซึ่งความร้อนที่จุดนั้นจะถูกดูดซับไว้ด้วยอุปกรณ์ดูดซับความร้อน ซึ่งจานพาราโบลาและอุปกรณ์ดูดซับความร้อนจะต้องเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ เพื่อรักษาตำแหน่งของจุดรวมแสงให้อยู่ที่กึ่งกลางของอุปกรณ์ดูดซับความร้อนอย่างคงที่ตลอดวัน

## 2. การออกแบบและสร้างระบบรวมแสงด้วยจานพาราโบลา

### 2.1 จานพาราโบลา (Parabolic disks)

จานพาราโบลาสำหรับรวมแสง ประกอบด้วยจานรวมแสงพาราโบลาย่อยจำนวนห้าใบที่มีลักษณะเหมือนกันทุกใบ แต่ละใบมีส่วนโค้งตาม

สมการ  $y = x^2/4f$  โดยที่จานมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 [เซนติเมตร] และมีความยาวโฟกัส 170 [เซนติเมตร] ซึ่งจานแต่ละใบสร้างโดยการหล่อไฟเบอร์กลาสจากแม่แบบปูนพลาสติกและบุผิวด้วยแถบแผ่นสะท้อนแสงชนิดอลูมิเนียมอะโนไดซ์ ซึ่งมีพื้นที่รับแสงรวมทั้งห้าใบเท่ากับ 0.98 [ตารางเมตร] จานแต่ละใบมีอุปกรณ์เสริมความแข็งแรงด้านหลังจาน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวลดความบิดของจาน ทั้งยังเป็นตัวยึดและปรับแต่งตำแหน่งในการติดตั้งจานเข้ากับโครงเหล็กเมื่อประกอบเข้าเป็นระบบ

### 2.2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracker)

การติดตามดวงอาทิตย์จะใช้แบบอะซิมูท [5] ซึ่งเหมาะกับระบบจานพาราโบลา ซึ่งในการวิจัยนี้เป็นระบบที่ใช้มือในการติดตามดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ตลอดวัน โดยมีช่วงการใช้งานตั้งแต่ 0 [องศา] ในแนวราบ ถึง 90[องศา](Elevation angle) ในแนวตั้ง และหมุนรอบตัวได้ถึง 360 [องศา] (Azimuth angle) ซึ่งใช้หลักการกลไกที่ขับเคลื่อนด้วยเกียร์และระบบเฟืองตัวหนอน(Screw and Worm gears)เพื่อการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง(Elevation angle) และใช้ระบบเฟืองตัวหนอนอีกชุดในการหมุนแนว (Azimuth angle) เนื่องจากเฟืองตัวหนอนสามารถล็อกตัวเองได้ทุกตำแหน่ง

### 2.3 อุปกรณ์ดูดซับความร้อน (Absorber)

ทำจากแผ่นเหล็กเหนียวที่ไม่มีการห่อหุ้มขนาดใดๆ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร หนา 8 มิลลิเมตร ติดตั้งอยู่บนแขนที่สามารถปรับให้มีระยะห่างจากจานพาราโบลาถึงแผ่นดูดซับความร้อนนี้ได้ตามต้องการ

## 3. การประกอบอุปกรณ์เข้าเป็นระบบ

จานพาราโบลาทั้งห้าใบจะถูกติดตั้งบนโครงเหล็กอันหนึ่งและโครงเหล็กนี้จะถูกติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ จากนั้นแขนปรับระยะพร้อมแผ่นดูดซับความร้อนก็จะถูกติดตั้งบนอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์นี้ด้วย เพื่อให้ทั้งจานพาราโบลาและแผ่นดูดซับความร้อนเคลื่อนที่พร้อมกันไปในขณะที่ติดตามดวงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบทั้งหมดที่ประกอบด้วย จานพาราโบลา 5 ใบ, อุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ และ อุปกรณ์ดูดซับความร้อนที่จุดรวมแสง

หลังจากนั้นงานพาราโบล่าแต่ละใบและแผ่นดูดซับความร้อน จะถูกปรับแต่งให้ได้แนวที่ถูกต้อง (Alignment) ด้วยสกรูสำหรับปรับแต่งที่อุปกรณ์แต่ละตัว โดยจะปรับแต่งที่ระยะโฟกัสของงานพาราโบล่า 170 เซนติเมตร และให้จุดโฟกัสของงานแต่ละใบ อยู่ที่กึ่งกลางแผ่นดูดซับความร้อน ในการปรับแต่ง จะต้องทำการปรับแต่งในขณะที่ระบบนี้อยู่ในช่วงเวลาที่แดดจ้าเพื่อให้เห็นจุดโฟกัสที่เป็นดวงสว่างอย่างชัดเจน

#### 4 การพิจารณาสสมรรถนะของระบบ

##### 4.1 ประสิทธิภาพออปติคัล (Optical efficiency)

ประสิทธิภาพออปติคัล คืออัตราส่วนของพลังงานที่อุปกรณ์ดูดซับความร้อนดูดซับไว้ได้ ต่อพลังงานของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นที่ของงานพาราโบล่า [6] ดังสมการ

$$\eta_o = \frac{q_{abs}}{Q_a} \times 100 \quad (1)$$

$\eta_o$  = ประสิทธิภาพออปติคัล [%]

$q_{abs}$  = ปริมาณพลังงานทั้งหมดบนตัวดูดซับความร้อน

$Q_a$  = ปริมาณพลังงานจากรังสีตรงที่ตกกระทบบนงานพาราโบล่า

ทั้งนี้เป็นผลรวมทั้งหมดของผลกระทบจากการสูญเสียจากการสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสง (Reflectance) ความไม่สมบูรณ์ของส่วนโค้งของงานพาราโบล่า (Imperfect of Parabolic curve) ความผิดพลาดจากการติดตามดวงอาทิตย์ (Accuracy of tracking) ฯลฯ

##### 4.2 อัตราส่วนความเข้มข้นของการรวมแสง(Concentration ratio)

อัตราส่วนความเข้มข้นการรวมแสงทางเรขาคณิต  $C_g$  หาได้จากสมการ[6,7]

$$C_g = \frac{A_{abs}}{A_t} \quad (2)$$

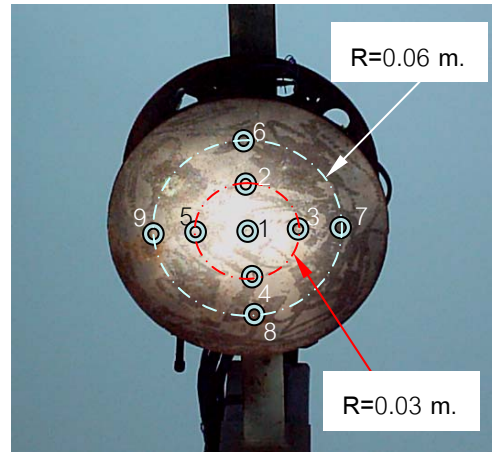
$A_{abs}$  = พื้นที่ของจุดรวมแสงบนแผ่นดูดซับความร้อน

$A_t$  = พื้นที่รับแสงทั้งหมดของงานพาราโบล่า

#### 5. ขบวนการทดลองและการวิเคราะห์ผล

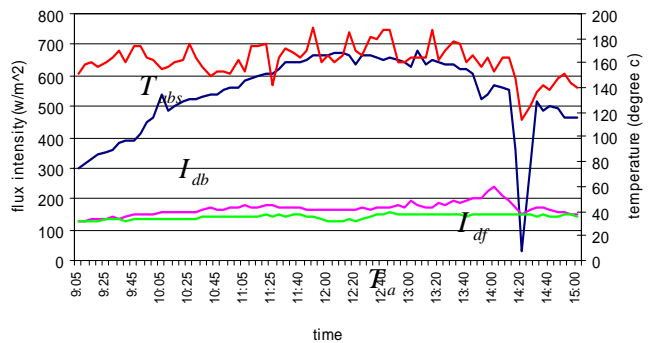
ในการหาพลังงานความร้อนที่แผ่นดูดซับความร้อนโดยการนำการกระจายตัวของอุณหภูมิ(Temperature profile) ที่วัดได้บนแผ่นดูดซับความร้อนมาทำเป็นสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากนั้นนำสมการดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณพลังงานในแผ่นดูดซับความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

การวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อนโดยการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิชนิดโลหะ 2 ชนิด (Thermocouple) จำนวน 9 หัวบนแผ่นดูดซับความร้อนในลักษณะเชิงขั้ว (Polar coordinate) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบนอุปกรณ์ดูดซับความร้อน

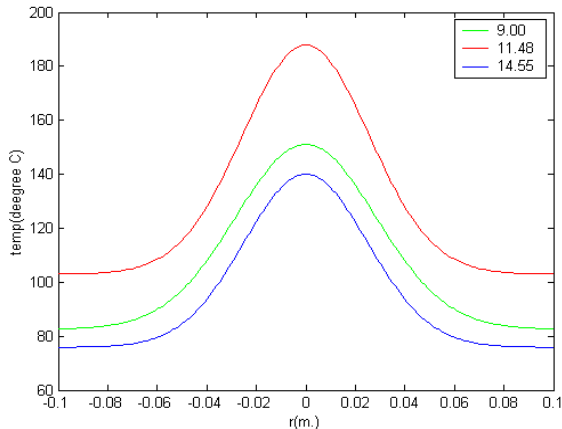
โดยการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิของตัวดูดซับความร้อน ที่ระยะห่างของงานพาราโบล่ากับแผ่นดูดซับความร้อน 3 ระยะคือที่ระยะ 165, 170 และ 175 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการทดลองตั้งแต่วันที่ 9.00 น. ถึง 15.00 น. มีการปรับทิศทางของระบบเพื่อติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมือทุกๆ ประมาณ 2.5 นาที และสังเกตความถูกต้องของทิศทางของระบบในการติดตามดวงอาทิตย์โดยการเล็งด้วยสายตา โดยยังคงให้จุดรวมแสงให้ตกที่กึ่งกลางตัวดูดซับความร้อน จากนั้นมีการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิทั้ง 9 จุด ทุกๆ 5 นาที พบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อนมีรูปทรงของการกระจายตัวไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดทั้งวัน แต่สิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปคือระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามวัฏจักรของกลางวันและกลางคืน



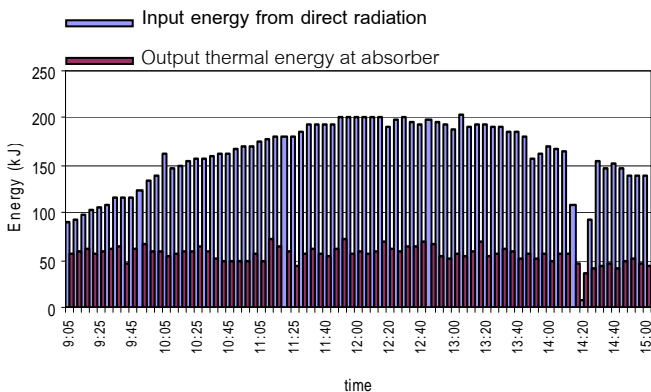
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีตรง ( $I_{db}$ ), อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางแผ่นดูดซับความร้อน ( $T_{abs}$ ), รังสีกระจาย ( $I_{df}$ ) และอุณหภูมิบรรยากาศ ( $T_a$ ) ต่อช่วงเวลาทุกๆ 5 นาที ที่ระยะ 170 ซม. ของวันที่ 7 พ.ย.47 ตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 15.00 น.

จากนั้นในทุกๆ 5 นาที นำอุณหภูมิที่วัดได้ที่จุดที่มีรัศมีเดียวกันจากศูนย์กลางบนแผ่นดูดซับอุณหภูมิมาเฉลี่ย เพื่อให้ทราบว่าเป็นแต่ละ 5 นาทีนั้นมีรูปทรงการกระจายตัวของอุณหภูมิเป็นอย่างไร โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม มาสร้างแบบจำลองของรูปทรงการกระจายตัวของอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อนของทุกๆ 5 นาที ดังในภาพที่ 4

นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่มีทุก 5 นาทีนั้นมาคำนวณหาปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้แผ่นดูดซับความร้อนนั้นสูงขึ้นจากระดับอุณหภูมิบรรยากาศและประสิทธิภาพทางความร้อนทุก ๆ 5 นาที และรวมตลอดวัน ของทั้ง 3 ระยะจุดรวมแสงดังกล่าว ผลปรากฏดังภาพที่ 7 และในตารางที่ 1



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการกระจายตัวของอุณหภูมิมบนแผ่นดูดซับความร้อนที่ระยะ 170 [เซนติเมตร] ของวันที่ 7 พ.ย. 47



ภาพที่ 5 แสดงระดับพลังงานของแผ่นดูดซับความร้อน เปรียบเทียบกับระดับพลังงานจากรังสีตรง ในแต่ละ 5 นาที ที่ระยะห่างของจานกับอุปกรณ์ดูดซับความร้อน 170 [เซนติเมตร] ของวันที่ 7 พ.ย. 47

ว/ด/ป	f	$Q_a$ (kJ)	$q_t$ (kJ)	$\eta_o$
6/11/47	165	11,544.21	3,994.93	34.61
7/11/47	170	11,958.04	4,190.47	35.04
8/11/47	175	12,755.48	4,127.44	32.36

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบพลังงานจากรังสีตรงตลอดวัน ( $Q_a$ ) กับปริมาณพลังงานที่ทำให้แผ่นดูดซับความร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศตลอดวัน ( $q_t$ ) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่แผ่นดูดซับความร้อนเฉลี่ยตลอดวัน ( $\eta_o$ ) ที่ทั้ง 3 ระยะห่างของจานพาราโบลา กับอุปกรณ์ดูดซับความร้อน

สาขาพลังงานทดแทน

## 6. สรุปผลการวิจัย วิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองภายใต้สภาวะที่ไม่มีกำบังกั้นการถ่ายเทความร้อนออกนอกแผ่นดูดซับความร้อน และที่ระยะห่างระหว่างจานพาราโบลา กับอุปกรณ์ดูดซับความร้อนทั้ง 3 ระยะ พบว่าพลังงานความร้อนที่ได้ที่แผ่นดูดซับความร้อนและประสิทธิภาพเชิงออปติคัล ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ คือ 187 [องศาเซลเซียส] ณ ช่วงเวลาเวลา 11.45 ถึง 11.50 [นาฬิกา] ที่ระยะโฟกัส 170 [เซนติเมตร] ที่ระยะ 170 [เซนติเมตร] ค่าอัตราส่วนความเข้มข้นรวมแสงจากการวัดจริงจากภาพที่ 2 จะเห็นว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของจุดโฟกัสมีขนาดประมาณ 0.05 [เมตร] ดังนั้น จากสมการ (2) อัตราส่วนความเข้มข้นรวมแสงจะมีค่าประมาณ 499.1

### 6.2 วิเคราะห์

จากกราฟในภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่า รังสีกระจายในวันนั้นเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอดทั้งวัน แต่สังเกตเห็นว่าอุณหภูมิที่ได้จะแปรผันในช่วงที่แคบกว่า ในขณะที่ปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มีค่าที่แกว่งแปรผันมากกว่า อาจจะมีผลมาจากปัจจัยหลายประการเช่น ความสูญเสียพลังงานไปเนื่องจากการแผ่รังสีซึ่งยังมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อนกับบรรยากาศมากเท่าใด ก็ยิ่งทำให้มีพลังงานที่ออกไปกับการแผ่รังสีมากขึ้นเท่านั้น

ค่าอัตราส่วนความเข้มข้นของการรวมแสงนั้นไม่สามารถวัดขนาดของมันได้อย่างชัดเจน เพราะแสงที่ตกลงบนแผ่นดูดซับความร้อนนั้นมีการกระจายตัวแบบระฆังคว่ำ[8] ดังนั้นอัตราส่วนความเข้มข้นเรขาคณิตก็ไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน ซึ่งในทางปฏิบัติโดยทั่วไป การใช้อัตราส่วนความเข้มข้นจะให้ค่าที่ถูกต้องกว่า เพราะเป็นความเข้มข้นฟลักซ์ที่ผ่านการสูญเสียต่างๆมาแล้ว แต่ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มีการวัดความเข้มข้นฟลักซ์ที่ตกกระทบอุปกรณ์ดูดซับความร้อน ซึ่งต้องการเครื่องมือที่มีความซับซ้อนมาก ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่กระจายบนอุปกรณ์ดูดซับความร้อนจะกระจายตัวเป็นระฆังคว่ำก็ตาม แต่มันไม่ได้หมายความว่าจะมีการกระจายตัวเท่ากับการกระจายตัวของฟลักซ์ เพราะแผ่นดูดซับความร้อนเป็นโลหะซึ่งมีการนำความร้อนในเนื้อของมันออกสู่ด้านแนวรัศมี

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากรายงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในภาพรวมของระบบ ซึ่งอันที่จริงแล้ว ส่วนที่สำคัญของการเปลี่ยนรูปพลังงานคือจานพาราโบลา ที่ควรจะมีการแยกศึกษาออกมาต่างหาก เพื่อให้ได้คุณลักษณะที่ดีที่สุดตามต้องการ ซึ่งความต้องการนั้นก็ขึ้นอยู่กับนำไปใช้ เพราะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวจานพาราโบลานั้นยังคงมีอยู่อีกมาก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของอัตราส่วนความเข้มข้นของการรวมแสง ความไม่สมบูรณ์ของโค้งพาราโบลา การบุผิวด้วยวัสดุสะท้อนแสง การออกแบบโครงสร้าง ฯลฯ

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้

#### เอกสารอ้างอิง

1. <http://www.teriin.org/renew/tech/solth/ongoing.htm>
2. R.Y. Nuwayhid., F. Mrad., R.Abu-Said, “ The realization of a simple solar tracking concentrator for university research applications” Renewable Energy 24 (2001), pp. 207-222
3. N.D. Kaushika., and K.S. Reddy, “ Performance of a low cost solar paraboloidal dish steam generating system” Energy Conversion & Manangement 41 (2000), pp. 713-726
4. Ministry of science technology and environment co-operating with faculty of science, Silapakorn University (1998) The map of solar radiation potential the data from satellite of area in Thailand.
5. Sol Wieder An Introduction to Solar Energy for Scientist and Engineers. 1<sup>st</sup> ed. John Wiley & Sons,1982, pp.135-136.
6. H.P. Garg, T.C. Kandal (1999) Laboratory Manual SOLARTHERMAL EXPERIMENTS. Narosa Publishing House, New Delhi, pp. 72-74.
7. C.J. Winter,R.L.Sizmann,L.L.Vant – Hull, “Solar Power Plants fundamental, technology, Systems, Economics. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg,1991, pp.250-253.
8. John A. Duffie, “Solar Engineering of Thermal process”John Wiley & Sons, USA, 1991, pp.342