บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาถึงวิธีการที่เหมาะสม ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า เพื่ออบกล้วย
2. ออกแบบและสร้างเครื่องอบกล้วย โดยใช้พลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดจำลอง เพื่อทดสอบ

<u>วิธีดำเนินการวิจัย</u>

เครื่องอบกล้วยไฟฟ้า ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีปัญหาหลายประการ ประการแรกเป็นเรื่องเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้า ที่ต้องจ่ายประมาณเดือนละ 10,000 บาท ถึง 15,000 บาท ต่อ 1 ตู้อบ โดยอบได้ 8 ครั้ง เป็นอย่างสูง อบครั้งละ 7,000 ผล ปัญหาอีกประการหนึ่ง คือ เครื่องอบกล้วยทำงานได้ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ ไม่สามารถอบกล้วยให้แห้งอย่างสม่ำเสมอตลอดตู้ได้ โดยทางด้านหัวตู้จะแห้งเร็วกว่าทางท้ายตู้ จะต้องเสียเวลาในการกลับตะแกรงบรรจุกล้วยใหม่ ดังนั้น ในการวิจัยนี้ จึงหาทางแก้ไขปัญหาทั้ง 2 ประการ ประการแรก จะต้องนำพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยเสริมพลังงานไฟฟ้า ประการที่สอง จะต้องปรับปรุงตัวตู้อบเสียใหม่ เพื่อต้องการให้กล้วยภายในตู้แห้งอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้นในการออกแบบเครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นโดยใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน ส่วนที่สองเป็นการปรับปรุงตัวตู้อบที่ใช้อยู่เดิม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบแบน

ก่อนอื่น จะต้องทราบถึงความต้องการพลังงานที่ใช้ในการอบกล้วยเสียก่อน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลต่างของความชื้นเริ่มแรก และความชื้นสุดท้ายของกล้วยตาก ซึ่งมีรายละเอียดคือ

กล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 7,000 ผล จะมีน้ำหนักประมาณ 582 กิโลกรัม และมีความชื้น 66 % (มาตราฐานเปียก) กล้วยเมื่ออบเป็นกล้วยตากเรียบร้อยแล้ว จะมีความชื้นลดลงเหลือ 20 % (มาตราฐานเปียก) (2)

จากสมการที่ 2

$$m_w = \frac{W_i (M_i - M_f)}{(100 - M_f)}$$

เมื่อ

m_w = ปริมาณของน้ำที่ระเหยออกจากกล้วยน้ำว้าสุกในขณะที่อบแห้ง kg

W_i = น้ำหนักเริ่มแรกของกล้วยน้ำว้าสุก = 582 kg

M_i = ความชื้นเริ่มแรกของกล้วยสุก = 66 % (มาตราฐานเปียก)

M_f = ความชื้นสุดท้ายของกล้วยตาก = 20 % (มาตราฐานเปียก)

$$m_w = \frac{582 (66 - 20)}{(100 - 20)}$$

$$= 335 \text{ kg}$$

เพราะฉะนั้น ในการอบกล้วยแต่ละครั้ง จึงต้องการความร้อนจำนวนหนึ่ง ที่จะทำให้น้ำจำนวน 335 kg นี้ ระเหยออกไปจากกล้วยน้ำว้าสุก ให้ความร้อนจำนวนนี้มีค่าเท่ากับ Q_1 ซึ่ง

$$Q_1 = m_w \cdot h_{fg}$$

เมื่อ

m_w = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยออกจากกล้วย kg

h_{fg} = ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำที่อยู่ในเนื้อกล้วย (MJ/kg)

ค่าของ h_{fg} (Latent heat of evapolation) ของน้ำที่อยู่ในเนื้อกล้วย มีค่าแปรตามอุณหภูมิของเนื้อกล้วย ดังนั้นถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบกล้วย จะต้องใช้ค่าเฉลี่ยของระดับอุณหภูมิ อนึ่ง สำหรับวัสดุอบแห้งที่เป็นผลไม้ เช่นกล้วย การหาค่า h_{fg} ที่แท้จริงนั้นหาได้ยาก เพราะน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของผลไม้ จะมีค่าความดันไอ (vapor pressure) ต่ำกว่าน้ำที่อยู่ในบรรยากาศปกติ เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากัน

Dr. Exell (7) ได้กล่าวถึงค่า h_{fg} ของผลไม้ที่อบนี้ว่า ค่าของ h_{fg} ที่ใช้คำนวณ ควรจะมีค่ามากกว่าค่าของความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำในสภาพปกติที่อยู่ในระดับอุณหภูมิเดียวกันอยู่ 10 % เสมอ

ค่าของความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำ ได้แสดงในตารางที่ 1

ในการอบกล้วย อุณหภูมิที่ใช้จะมีค่า 50 °C จากตารางที่ 1 นี้ ค่า h_{fg} จะมีค่าเป็น 2.383 MJ/kg

h_{fg} ที่ใช้ในการคำนวนจะเป็น = 2.383 × 1.1

= 2.63 MJ/kg

ดังนั้น ปริมาณความร้อน ที่ต้องการระเหยน้ำจำนวน 335 kg ออกจากกล้วย 7,000 ผล จะมีค่าเป็น

Q_1 = 335 × 2.63

= 882 MJ

นอกจากปริมาณความร้อนจำนวนนี้ที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำแล้ว ยังจะต้องสูญเสียปริมาณความร้อนอีกจำนวนหนึ่งจากตัวตู้อบให้กับบรรยากาศรอบ ๆ ตู้ นอกจากนี้ยังต้องสูญเสียความร้อนไปกับอากาศที่ออกจากตู้อบ และความร้อนที่ติดไปกับไอน้ำที่ระเหยออกจากกล้วย

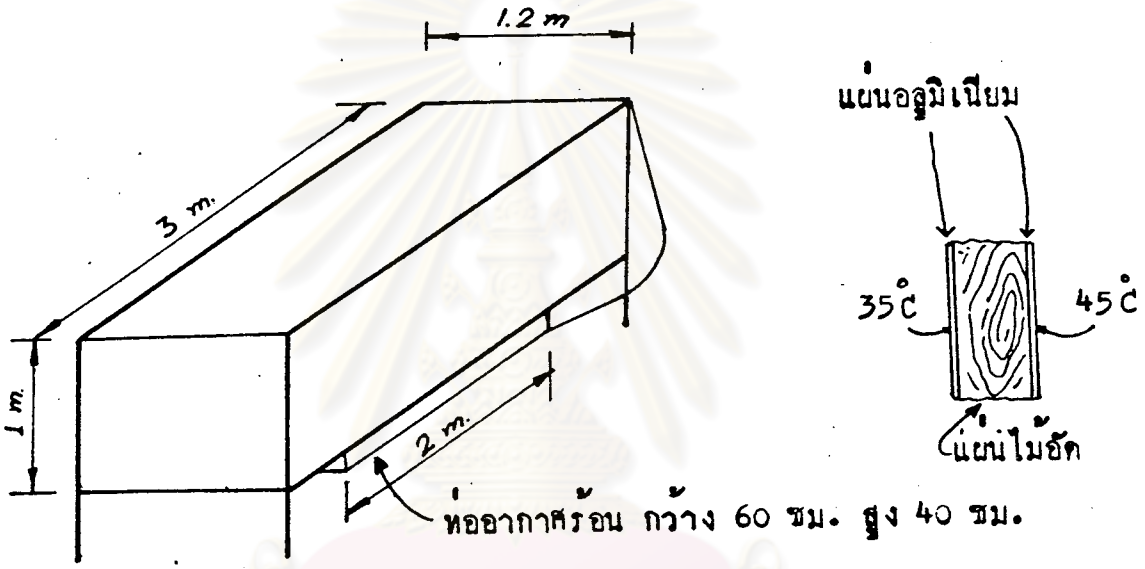
008499

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของไอน้ำ และ อากาศที่ผสมกับไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความดันไอ และค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ (7)

อุณหภูมิ °C	ความดันไอ (kPa)	ความร้อนแฝง (MJ/kg)
10	1.23	2.491
15	1.71	2.467
20	2.34	2.455
25	3.17	2.442
30	4.25	2.431
35	5.63	2.419
40	7.38	2.407
45	9.59	2.395
50	12.30	2.383
55	15.80	2.371
60	19.90	2.359

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบของผนังตู้อบ ด้านในเป็นแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นจะเป็นไม้อัดหนา 1 เซนติเมตร และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.5 มิลลิเมตร อีกชั้นหนึ่ง ขนาดของตู้อบนี้ กว้าง 1.2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1 เมตร นอกจากนี้ ยังมีท่ออากาศร้อนที่เดินอยู่ใต้ตู้ มีขนาดกว้าง 60 ซม. สูง 40 ซม. ยาว 2 เมตร ทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม หนา 0.5 มิลลิเมตร พับเป็นท่อสี่เหลี่ยม หุ้มด้วยไม้อัดหนา 1 ซม. แล้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.5 มิลลิเมตรอีกชั้นหนึ่ง อุณหภูมิที่ผนังภายในตู้อบ เฉลี่ยแล้วประมาณ 45 °C ส่วนอุณหภูมิของผนังภายนอกเฉลี่ยแล้วประมาณ 35 °C



รูปที่ 5. แสดงรูปร่างและขนาดของตู้อบไฟฟ้า

พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการนำความร้อน $= -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$

เมื่อ

k = สัมประสิทธิการนำความร้อน

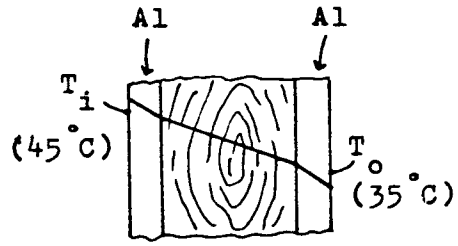
สำหรับแผ่นอลูมิเนียม = 204 W/m.°c

สำหรับไม้อัด = 0.059 W/m.°c

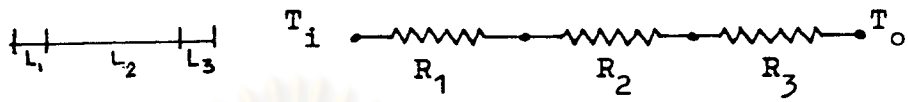
A = พื้นที่ที่ตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของความร้อน

x = ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

ผนังของตู้อบกับทางเดินอากาศ เป็นผนังอลูมิเนียม หุ้มไม้อัดและหุ้มด้วยอลูมิเนียมอีกชั้น อยู่ในกรณีของ Composite wall



$$Q = \frac{T_i - T_o}{\sum_{n=1}^{n=3} R_n}$$



$$R_n = \frac{L_n}{K_n A_n}$$

L = ความหนาของผนังแต่ละชั้น m.

$A_n = A_1 = A_2 = A_3$ = พื้นที่ผิวของตู้อบและทางเดินอากาศ m^2.

$$= \{(3 \times 1 \times 2) + (1.2 \times 1 \times 2) + (3 \times 1.2 \times 2)\} + \{(0.6 \times 2 \times 2) + (0.4 \times 2 \times 2)\}$$

$$= 15.6 + 4 = 19.6 \quad m^2$$

$$R_1 = R_3 = \frac{5 \times 10^{-4}}{204 \times 19.6} = 1.2505 \times 10^{-7} \quad °C/W$$

$$R_2 = \frac{1 \times 10^{-2}}{0.059 \times 19.6} = 8.647 \times 10^{-3} \quad °C/W$$

พลังงานความร้อนที่สูญเสีย Q_{loss}

$$= \frac{(45 - 35)}{(1.2505 \times 10^{-7}) + (8.647 \times 10^{-3}) + (1.2505 \times 10^{-7})}$$

$$= 1156.44 \quad \text{Watts}$$

$$= 1156.44 \quad J/_{Sec}$$

เวลาในการอบทั้งหมด = 49 ชั่วโมง

พลังงานความร้อนที่สูญเสียให้กับบรรยากาศ ตลอดเวลา 49 ชั่วโมง มีค่า

$$= 1156.44 \times 49 \times 3600 \quad J$$

$$= 2.0399 \times 10^{8} \quad J$$

$$= 204 \quad MJ$$

พลังงานความร้อนที่ใช้อบกล้วยนั้น หาค่าได้ 2 ค่า คือ การใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากกล้วย และความร้อนที่ตู้อบสูญเสียให้กับบรรยากาศรอบๆ ส่วนความร้อนที่สูญเสียไปกับอากาศและไอน้ำที่ออกจากตู้อบแห้งนั้น ยังไม่ทราบค่า เพราะอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบนั้นไม่คงที่ จะหาได้จากการทดลอง ดังนั้นในตอนนี้จะคิดเฉพาะความร้อนที่ทราบค่าแล้วคือ

$$Q = 882 + 204 = 1086 \quad MJ$$

จากที่กล่าวมาแล้วในบทนำถึงกรรมวิธีการอบกล้วยโดยใช้ตู้อบไฟฟ้า ว่าจะต้องนำกล้วยสุกมาอบในตู้อบ 2 ช่วง ช่วงแรกจะใช้เวลา 18 ชั่วโมง ช่วงที่สองใช้เวลา 31 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิในการอบแต่ละช่วง จะคงที่ที่ 50°C รวมเวลาในการอบทั้งสิ้น 18 + 31 = 49 ชั่วโมง เพื่อความสะดวกในการคำนวณ จึงสมมุติให้อัตราการใช้พลังงานความร้อนแต่ละชั่วโมงมีค่าคงที่

ดังนั้น อัตราการใช้พลังงานต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ

$$= \frac{\text{พลังงานที่ต้องการทั้งหมด}}{\text{เวลาในการอบทั้งหมด}}$$

$$= \frac{1086}{49} = 22.16 \quad MJ/hr$$

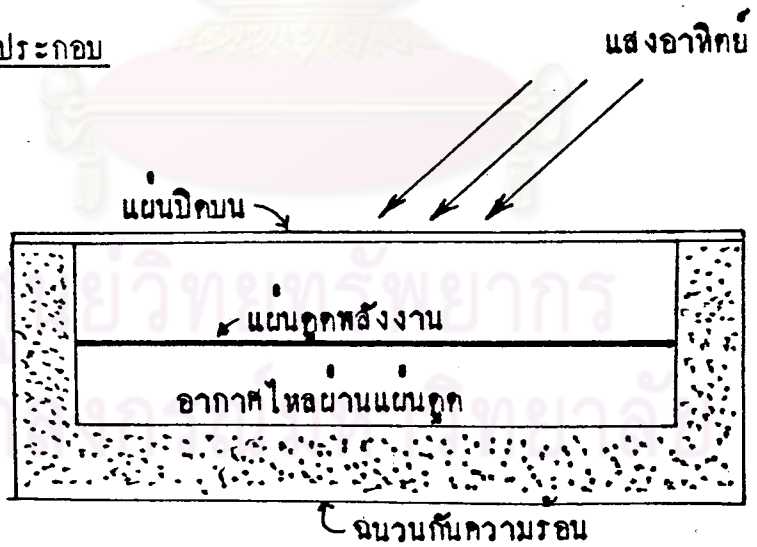
ในแต่ละวัน จะมีแสงแดดที่ใช้ได้เต็มที่ประมาณ 6 ชั่วโมง (จากเวลา 9.00 ถึง 16.00 น.) ซึ่งภายในเวลา 6 ชั่วโมงนี้ การอบกล้วยจะต้องการพลังงานจำนวน $22.16 \times 6 = 132.96$ MJ พลังงานจำนวนนี้จะเอามาจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเป็นอุปกรณ์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน เพราะว่าการอบกล้วยใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 50°C ซึ่งอยู่ในช่วงที่แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น (Flat Plate Collector) (8)
เป็นอุปกรณ์ สำหรับรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกบนระนาบและแผ่เป็นบริเวณกว้าง แล้วแปลงเป็นพลังงานความร้อนซึ่งสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์ ในกรณีของเครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์นี้ แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นจะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนแผง แล้วแปลงเป็นพลังงานความร้อนที่แผ่นดูดจากนั้นแผ่นดูด

จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศที่ถูกเป่าผ่านแผง ทำให้อากาศร้อนขึ้น อากาศร้อนนี้จะไหลผ่านขดลวดไฟฟ้าอีกครั้ง ถ้าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงยังไม่ถึง 50 °C ขดลวดไฟฟ้าจะทำงาน เพื่อให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นถึง 50 °C พออุณหภูมิถึง 50 °C แล้ว ขดลวดไฟฟ้าจะหยุดทำงาน การทำงานของขดลวดไฟฟ้านี้จะใช้ THERMOSTAT เป็นตัวควบคุมการทำงาน อากาศที่ผ่านขบวนการให้ความร้อนนี้จะถูกเป่าเข้าตู้อบ ผ่านชั้นกล้วยต่าง ๆ ทำให้น้ำในเนื้อกล้วยระเหยออกมา ไอน้ำจะถูกพาออกจากตู้อบโดยอากาศนี้อุณหภูมิของอากาศนี้จะลดต่ำลง อากาศบางส่วนจะถูกทิ้งออกจากตู้อบ อากาศที่เหลือจะผสมกับอากาศภายนอก จากนั้นอากาศจำนวนนี้ จะถูกเป่าเข้าแผงรับแสงอาทิตย์วนเวียนเช่นนี้ตลอดไป

ส่วนประกอบสำคัญของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น จะประกอบด้วย แผ่นดูดพลังงาน (Absorber Plate) ซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงานความร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูดด้านบนของแผ่นดูดจะเป็นวัสดุโปร่งใส เช่นกระจก แผ่นด้านบนนี้เรียกว่า แผ่นปิดด้านบน (Top Cover) มีหน้าที่ ช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผ่นดูดที่จะไหลกลับสู่บรรยากาศภายนอก

<u>รูปร่างและส่วนประกอบ</u>



<u>รูปที่</u> 6. แสดงรูปร่างและส่วนประกอบของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น โดยใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน

พลังงานแสงอาทิตย์จะส่องผ่านแผ่นปิดด้านบน (Top Cover) ซึ่งทำด้วยวัสดุโปร่งใส เช่น กระจก ลงสู่แผ่นดูด (Absorber Plate) แผ่นดูดจะทำด้วยวัสดุที่มีการนำความร้อนสูง เช่น โลหะจำพวกเหล็ก , อลูมิเนียมหรือเหล็กชุบสังกะสี ผิวด้านบนของแผ่นดูด ซึ่งเป็นด้านที่รับแสงอาทิตย์จะเคลือบด้วยสารที่มีค่าการดูดแสงอาทิตย์สูง เช่น สีดำ หรืออาจเคลือบด้วยสารที่มีค่าการดูดแสงอาทิตย์สูงแต่มีค่าการปล่อยรังสีความร้อนต่ำ ที่เรียกกันทั่วไปว่า ผิวซีเลคทีฟ (Selective Surface) พลังงานความร้อนที่สะสมในแผ่นดูดจะถ่ายเทให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูด ซึ่งอากาศนี้อาจไหลบนแผ่นดูด หรือใต้แผ่นดูด หรือทั้งบนและใต้แผ่นดูดก็ได้ อย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อนจากแผ่นดูดสู่บรรยากาศภายนอก ด้านข้างและด้านล่างจึงต้องบุไว้ด้วยฉนวนกันความร้อน เช่น ใยแก้ว เป็นต้น

<u>สมการพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์</u>

จะมีรูปของสมการเป็นดังนี้

$$A_c\left\{H\ R.(\tau\alpha)_b + H\ R.(\tau\alpha)_d\right\} = Q_u + Q_l + Q_s$$

เมื่อ

A_c = พื้นที่รับแสงอาทิตย์ของแผง ซึ่งเท่ากับ ความกว้างxความยาวของแผ่นปิดด้านบน

H = อัตราพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งตกบนระนาบระดับ

R = แฟคเตอร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกบนระนาบระดับให้อยู่บนระนาบที่แผงรับแสงวางอยู่

$\tau\alpha$ = ผลคูณของค่าการยอมให้รังสีผ่านแผ่นปิดบนกับค่าการดูดของแผ่นดูดรังสีแสงอาทิตย์ (Transmittance and Absorbtance product)

b,d = รังสีตรง , รังสีกระจาย

Q_u = อัตราพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

Q_l = อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงสู่บรรยากาศ

Q_s = อัตราพลังงานความร้อนที่สะสมในแผง

ดังนั้น ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ คือ อัตราส่วนของ พลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ต่อ พลังงานที่ตกบนแผงรับแสงคือ

$$\eta = \frac{\int_\theta Q_u \, d\theta}{A_c \int_\theta H \, R. \, d\theta}$$

θ = เวลาใด ๆ

ดังนั้นการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ หมายถึงว่าจะต้องเพิ่มค่าของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ Q_u และจะต้องลดการสูญเสียความร้อน Q_l และ Q_s ให้น้อยลง พิจารณาถึง Q_u ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากแผ่นดูดพลังงานให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูด ซึ่งอยู่ในรูปของการพาความร้อน คือ

$$Q_u = \bar{h} . A_s . (T_w - T_a)$$

เมื่อ

$\bar{h}$ = สัมประสิทธิการพาความร้อนระหว่างแผ่นดูดกับอากาศที่ผ่านแผง

A_s = พื้นที่ผิวของแผ่นดูดที่สัมผัสกับอากาศที่ไหลผ่าน

$(T_w - T_a)$ = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวของแผ่นดูดกับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูด

เพราะฉะนั้น ถ้าจะเพิ่ม Q_u ก็จะต้องเพิ่มค่าของตัวแปร 3 ตัว คือ $\bar{h}$, A_s , $(T_w - T_a)$

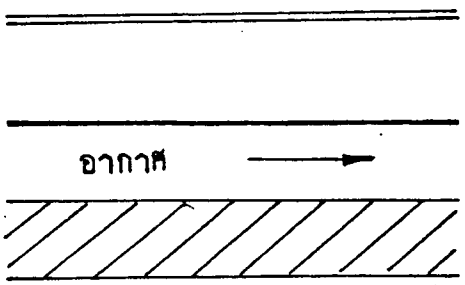
จากการพิจารณาค่าอัตราการพาความร้อน $\bar{h}$ ของ Whillier (9) สำหรับแผงรับแสงแบบแผ่นพบว่า ถ้าต้องการเพิ่มค่าของ $\bar{h}$ ให้มากขึ้นจะต้องเพิ่มอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับแสงให้มากขึ้น หรือเป็นการเพิ่มค่า Reynold Number (R_e) ของอากาศที่ไหลผ่านแผงให้สูงขึ้นนั่นเอง

จากผลการทดลองของ B.E. Cole Apple and R.D.Haberstroh (6) ที่ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นที่มีลักษณะแตกต่างกัน 5 แบบโดยใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน รายละเอียดในการทดสอบแผงเหล่านี้ได้บรรจุอยู่ในหัวข้อ การสำรวจผลงานวิจัยที่ผ่านมา ผลการทดสอบที่แสดงในกราฟรูปที่ 1 นั้น พอสรุปได้ดังนี้

1. ไม่ว่าความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีค่าเป็นเท่าใด แผงรับแสงอาทิตย์แบบที่สี่จะมีประสิทธิภาพสูงสุด
2. ความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าตั้งแต่ 283 W/m^2 ขึ้นไป แผงรับแสงอาทิตย์แบบที่สองและแบบที่ห้าจะมีประสิทธิภาพเท่าๆกัน

สำหรับความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยใน 1 ปี ที่วัดที่กรุงเทพ ฯ จะมีค่าประมาณวันละ 16.74 MJ/m^2 หรือมีค่าประมาณ 500 W/m^2 นั้นจากกราฟรูปที่ 1 จะเห็นได้ชัดว่าแผงรับแสงอาทิตย์แบบที่สี่มีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 60 % รองลงมาจะเป็นแบบที่สองและแบบที่ห้าซึ่งมีประสิทธิภาพ 55 % รองลงมาจะเป็นแบบที่สามซึ่งมีประสิทธิภาพ 52 % แบบที่หนึ่งมีประสิทธิภาพต่ำสุดคือ 50 %แต่ถ้าความเข้มของแสงอาทิตย์สูงขึ้นไปจาก 500 W/m^2แล้วประสิทธิภาพของแผงแต่ละชนิดจะมีค่าสูงขึ้นไปอีก ถ้าเปรียบเทียบทางด้านราคาในการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ แล้ว แผงรับแสงแบบที่หนึ่งจะมีราคาในการสร้างน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้งทางด้านประสิทธิภาพและราคาแล้วจะเห็นว่า แผงรับแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง เหมาะสมในการสร้างใช้งานมากที่สุด เพราะราคาถูกและประสิทธิภาพก็ไม่ต่ำนัก

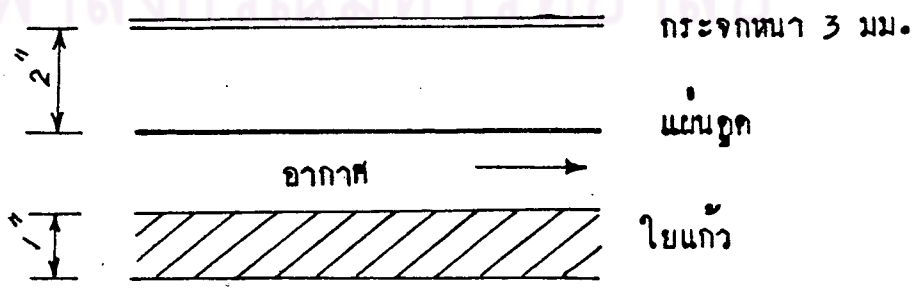
ดังนั้น แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น ที่เลือกมาใช้งาน จะมีลักษณะดังนี้



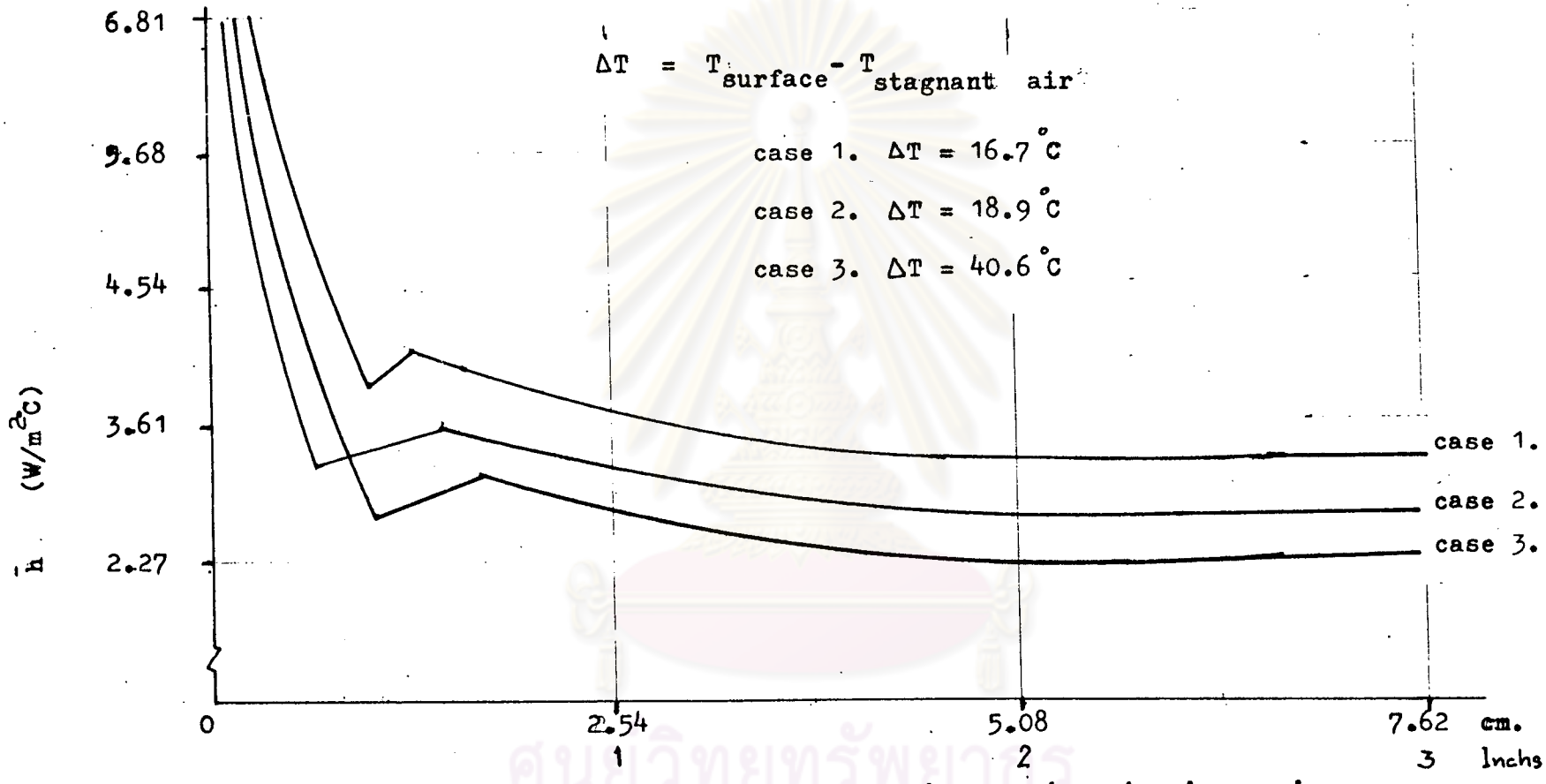
เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน จากแผ่นดูดสู่บรรยากาศภายนอก จำเป็นที่จะต้องให้อากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นดูดกับแผ่นปิดบนเป็นอากาศนิ่ง เพื่อลดอัตราการพา ความร้อนของอากาศ โดยที่ค่าของการพาความร้อนนี้จะมีค่าเป็นส่วนกลับของระยะห่างระหว่างแผ่นปิดบนกับแผ่นดูด Dropkin และ Somerscales (10) ได้ทำการทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น โดยที่แผงแต่ละแผง มีระยะห่างระหว่างแผ่นปิดบนกับแผ่นดูดต่างๆ กัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.25 นิ้วถึง 3 นิ้ว การทดลองนี้ได้เปลี่ยนค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างผิวแผ่นดูดกับอากาศนิ่ง ให้มีค่าเป็น 16.7°c, 18.9°c และ 40°c แล้ววัดอัตราการพาความร้อนของอากาศนิ่งนั้น ผลการทดลองได้สรุปมาเป็นกราฟรูปที่ 2.

จากกราฟรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า ค่าการพาความร้อนจะสูงมาก ถ้าระยะห่างระหว่างแผ่นปิดบนกับแผ่นดูดมีค่าต่ำกว่า 0.5 นิ้ว แต่ค่าการพาความร้อนจะน้อยลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างแผ่นปิดบนกับแผ่นดูดมีค่าตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป ไม่ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นดูดกับแผ่นปิดบนจะมากขึ้นหรือน้อยลง ข้อสรุปข้างต้นจะเหมือนกันหมด ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า ระยะห่างระหว่างแผ่นปิดบนกับแผ่นดูดควรจะมีค่า 2 นิ้วถึง 4 นิ้ว

ดังนั้นแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นที่ใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน จะมีรูปร่างลักษณะดังรูปที่ 7. โดยที่ช่องว่างระหว่างแผ่นดูดกับแผ่นปิดบนจะห่างกัน 5 ซม. (2นิ้ว) ส่วนขนาดของช่องอากาศที่เหมาะสม จะคำนวณได้จากปริมาณการไหลของอากาศที่ไหลผ่านแผง โดยหาได้จากการทดลอง รายละเอียดการหาขนาดของช่องอากาศได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.



รูปที่ 7. แสดงรูปร่างและขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ



กราฟที่ 2. แสดงค่าการพาความร้อน จากแผ่นดูดสู่บรรยากาศภายนอก โดยผ่านอากาศนิ่งระหว่างแผ่นดูดกับแผ่นปิดบน โดยทดลองที่ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดกับแผ่นปิดบนต่างๆกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวันมีค่าเป็น 132.96 MJ.

ค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับได้ที่กรุงเทพภายในหนึ่งวันมีค่าเท่ากับ

400 cal/cm^2 = 16.74 MJ/m^2

สมมุติให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่า 55%

$$\text{พื้นที่รับแสงอาทิตย์} = \frac{\text{จำนวนพลังงานที่ต้องการ}}{\text{พลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่}}$$

$$= \frac{132.96}{16.74 \times 0.55}$$

$$= 14.44 \ m^2$$

เนื่องจากพื้นที่ของแผงนี้ได้ออกแบบตามลักษณะการทำงานของเครื่องอบเดิม ดังนั้นเมื่อปรับปรุงตัวตู้อบแล้ว ต้องทดลองการทดลองอีกครั้ง เพื่อหาขนาดของแผงรับแสงที่เหมาะสมต่อไป

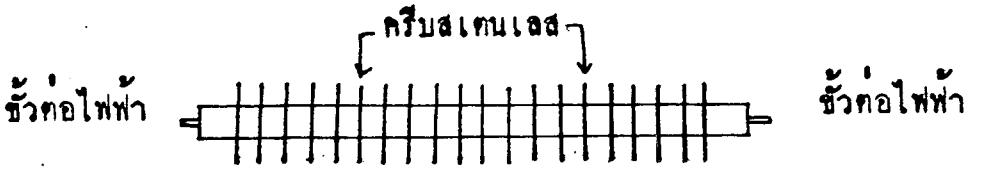
2 <u>การปรับปรุงตัวตู้อบ</u>

ส่วนนี้เป็นการปรับปรุงตัวตู้อบที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อให้ตัวตู้อบมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น เพราะตู้อบกล้วยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีปัญหาในการไหลของอากาศ, อากาศร้อนที่เข้าทางท้ายตู้อบ กว่าจะไหลมาถึงทางด้านหน้าของตัวตู้ อุณหภูมิก็เย็นลงเสียก่อน ทำให้กล้วยที่อบในตู้อบแห้งไม่เท่ากัน ตรงจุดที่อากาศร้อนเป่าเข้าตู้อบกล้วยจะแห้งได้ที่ แต่ช่วงปลายๆ ตู้กล้วยจะไม่แห้ง เพราะตัวตู้อบยาวถึง 3 เมตร ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ปลายตู้ลดลงเหลือประมาณ 35 °C

อีกประการหนึ่งตัวตู้อบภายในเป็นอลูมิเนียมแผ่นแล้วหุ้มภายนอกด้วยไม้อัด ทางเดินของอากาศจากพัดลมเป่าอากาศผ่านขดลวดไฟฟ้าแล้วเป่าเข้าตู้อบ ก็ทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมไม่มีฉนวนหุ้มเลย ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียความร้อนจากตัวตู้อบสู่บรรยากาศรอบนอกมาก

รูปร่างและขนาดของตัวตู้อบกล้วยที่ใช้ในปัจจุบันได้แสดงรายละเอียดในรูปที่ 9.

อีกประการหนึ่ง ขดลวดความร้อนที่อยู่ในตู้อบมีลักษณะเป็นแผ่นแบน มีแผ่นเหล็กวางบนขดลวดอีกที เพื่อให้อากาศที่ไหลผ่านได้สัมผัสกับแผ่นเหล็กนี้ จึงควรแก้ไขขดลวดความร้อนให้เป็นแท่งยาว และมีครีบ (FIN) หุ้มรอบๆ ขดลวดความร้อนดังรูปที่ 8 เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้น



รูป 8. แสดงลักษณะของขดลวดไฟฟ้า

จากปัญหาที่กล่าวมาในตอนต้น นั่นคือ ทางเดินของอากาศร้อน ที่ไหลผ่านกล้วยภายในตู้อบนั้น ยาวเกินไป ทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนนั้นต่ำลง ดังนั้น เพื่อที่จะให้กล้วยแห้งอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งตู้ จึงเปลี่ยนแปลงทางเดินของอากาศร้อนที่เข้าตู้อบใหม่ โดยให้อากาศร้อนเข้าทางด้านข้างของตู้อบ แล้วไหลผ่านชั้นของกล้วยตามความกว้างของตู้อบ วิธีการนี้จะทำให้ระยะทางในการไหลของอากาศนั้นสั้นลง ซึ่งยาวตามความกว้างของตู้เพียง 1.2 เมตร โดยแต่เดิมไหลตามความยาวถึง 3 เมตร วิธีนี้อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ปลายตู้จะลดลงเหลือประมาณ 45°C ทำให้กล้วยที่อบภายในตู้แห้งสม่ำเสมอตลอดทั้งตู้

สำหรับตัวตู้อบ และท่ออากาศร้อน จะหุ้มด้วยฉนวนความร้อน เช่น ใยแก้ว เพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากระบบให้กับบรรยากาศภายนอก

ลักษณะและขนาดของตู้อบที่ออกแบบใหม่ ได้แสดงรายละเอียดในรูปที่ รูปที่ 10 และรูปที่ 11, 12

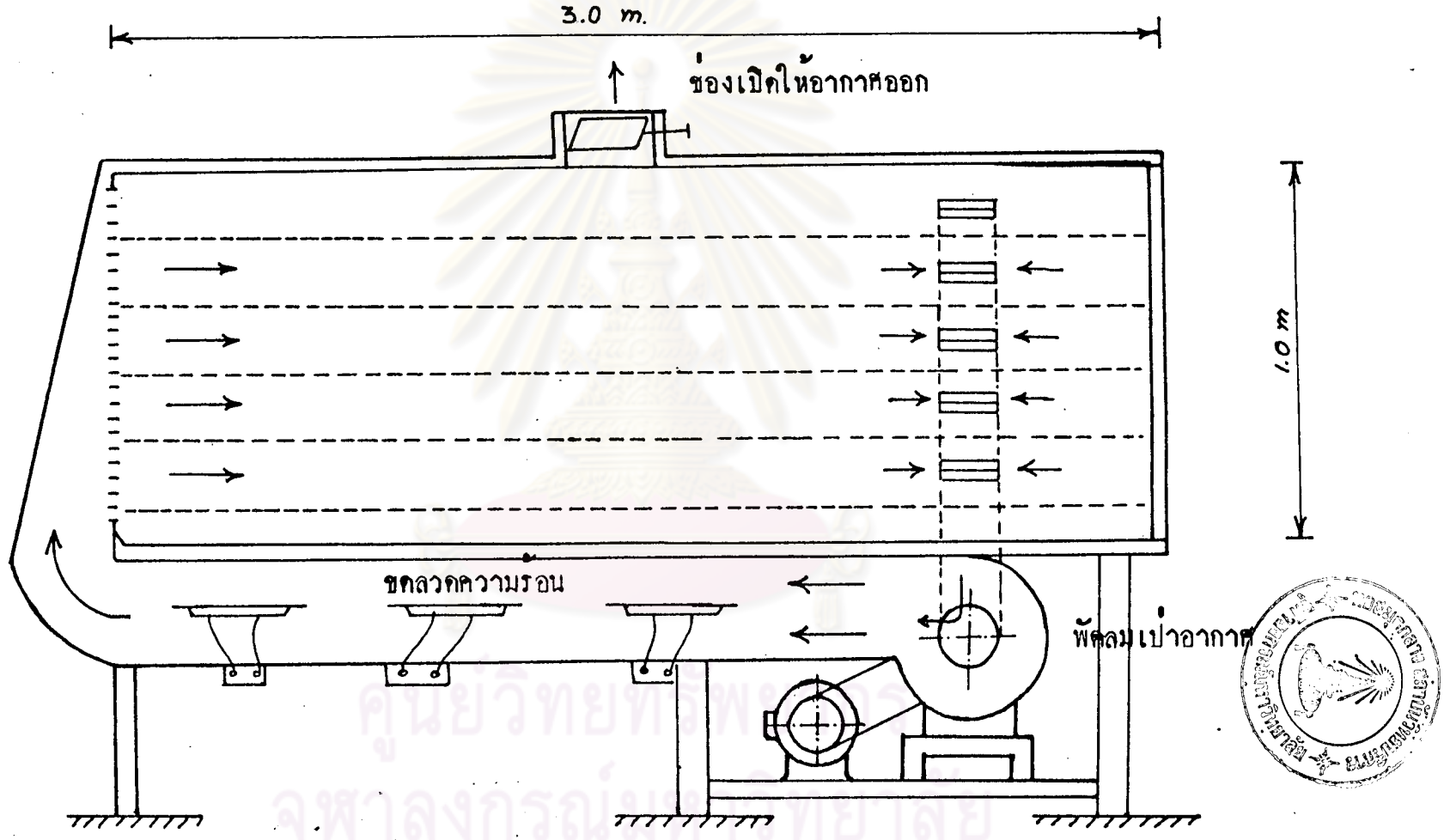
เนื่องจากขนาดของเครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบแสงอาทิตย์ที่เป็นขนาดจริงนั้น มีขนาดใหญ่มาก ไม่เหมาะที่จะสร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบสมรรถภาพการทำงาน ด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น ปริมาณในการอบกล้วยแต่ละครั้งต้องใช้ถึง 7000 ลูก จึงจะเต็มตู้อบ ดังนั้นเพื่อความเหมาะสม จึงได้สร้างเครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบแสงอาทิตย์ขนาดจำลองขึ้น โดยอบกล้วยได้ครั้งละ 200 ลูก รูปร่างของตู้อบกล้วยขนาดจำลองนี้ ได้มาจากการตัดส่วนหนึ่งตามความกว้าง ของตู้อบกล้วยที่เป็นขนาดจริง

เครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบแสงอาทิตย์ ขนาดจำลองจะมีขนาดดังนี้ ความกว้างของตู้ 35 ซม. ความยาว 120 ซม. ความสูงของตัวตู้ 20 ซม. ภายในบรรจุตระแกรงขนาด 120 ซม. x 35 ซม. จำนวน 3 ตระแกรง ช่วงตระแกรงห่างกัน 3 ซม.

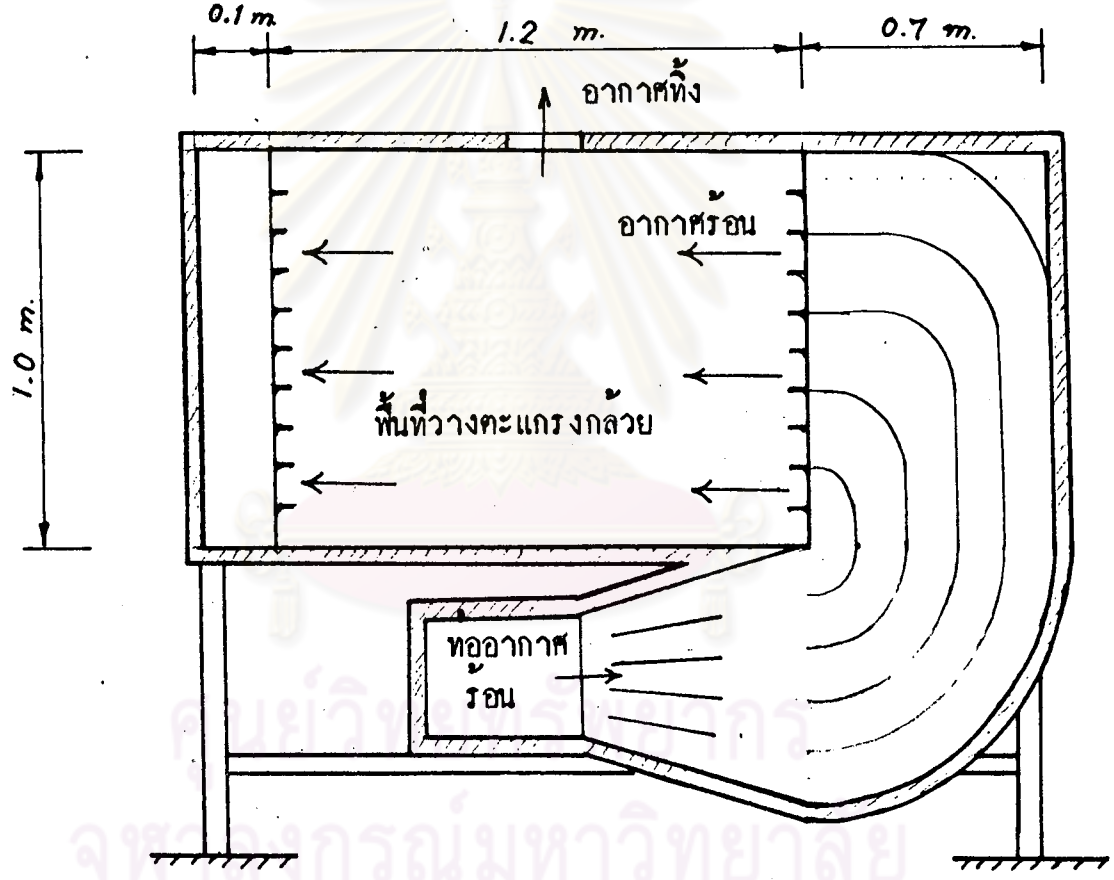
แผงรับแสงอาทิตย์ ขนาดจำลอง ได้ลดจากขนาดจริง 35 เท่า พื้นที่ของแผงจริงมีพื้นที่ 14.44 m^2 ดังนั้น พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ขนาดจำลองจะลดลงเหลือ 4125 ตารางเซ็นติเมตร แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดกว้าง 41.24 เซ็นติเมตร ยาว 100 เซ็นติเมตร

รูปร่างและขนาดของเครื่องอบกล้วย พลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดจำลอง ได้แสดงในรูปที่ 13 และรูปที่ 14

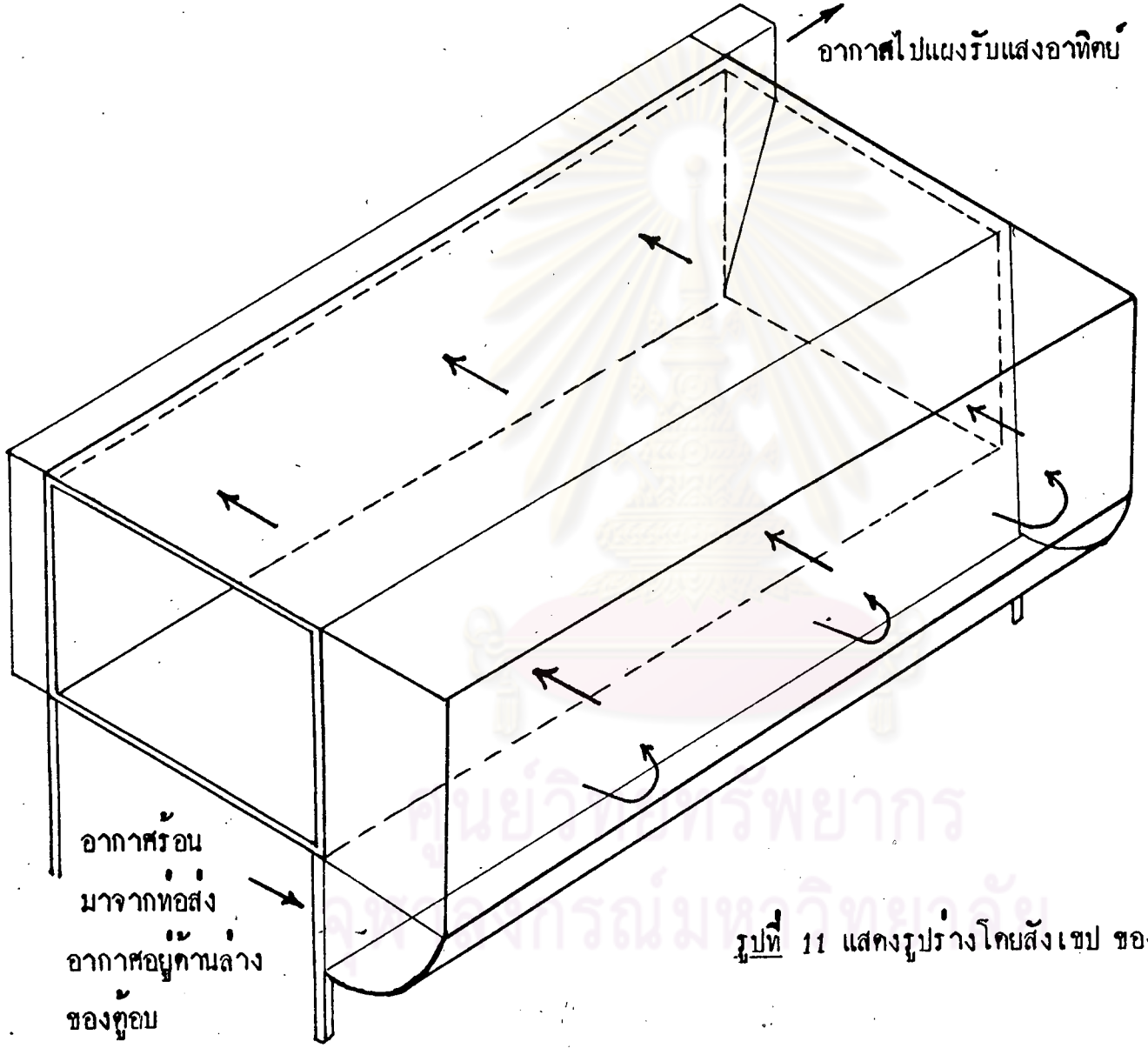
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



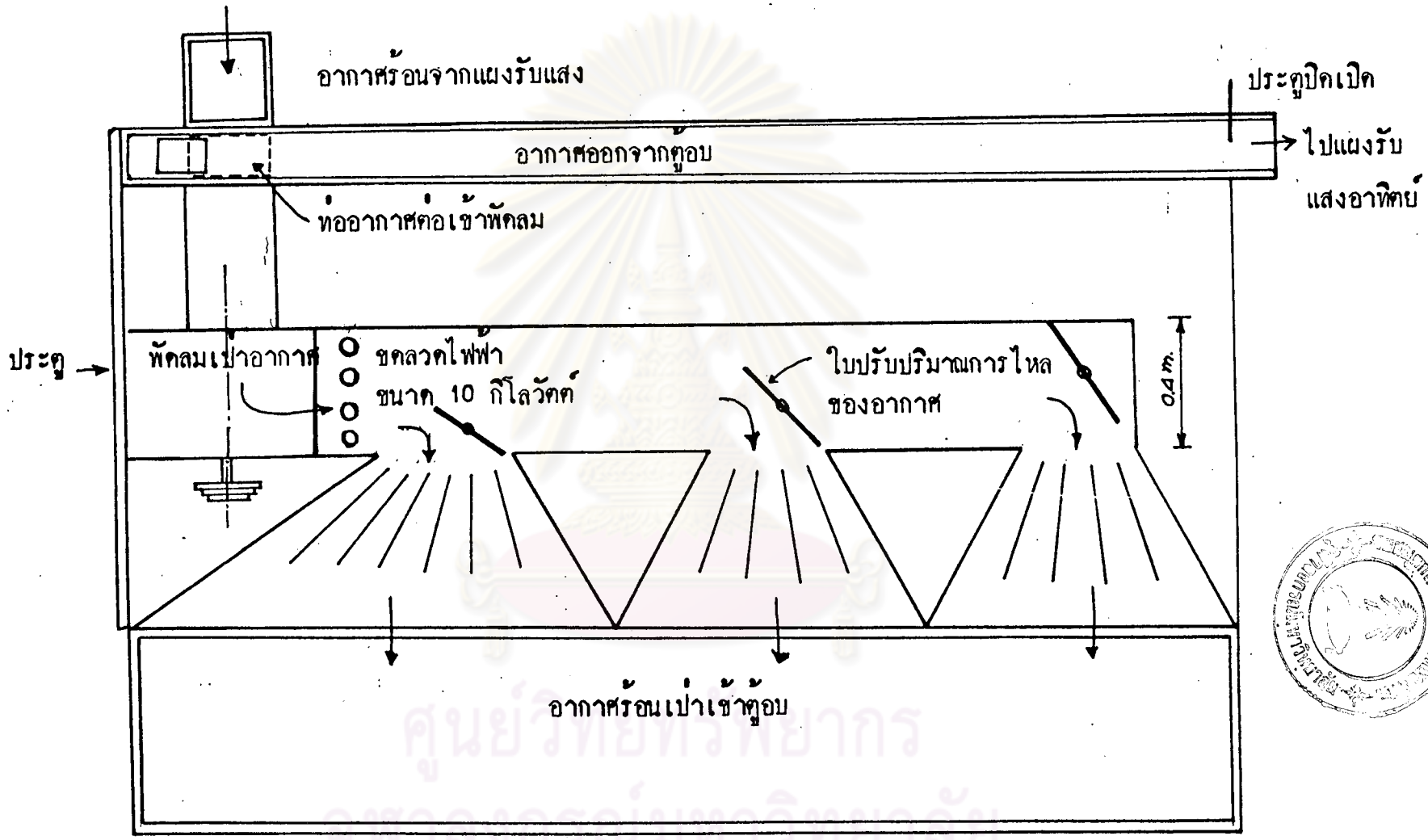
รูปที่ 9. ลักษณะของตู้อบกล้วยพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 10 แสดงหน้าตัดตามความกว้างของเครื่องอบกล้วยที่ปรับปรุงแล้ว

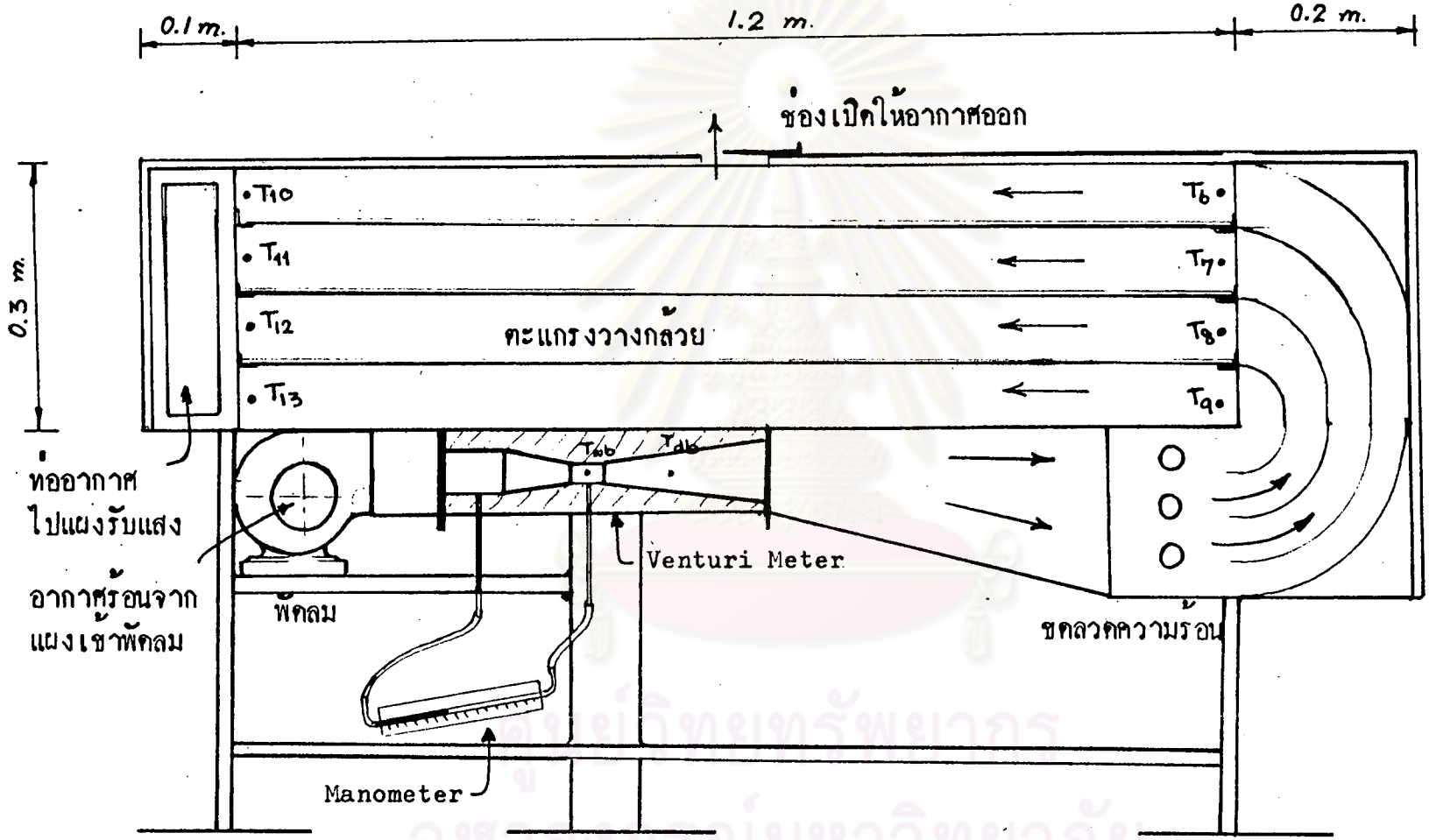


รูปที่ 11 แสดงรูปร่างโดยสังเขป ของเครื่องอบกล้วยที่ปรับปรุงใหม่

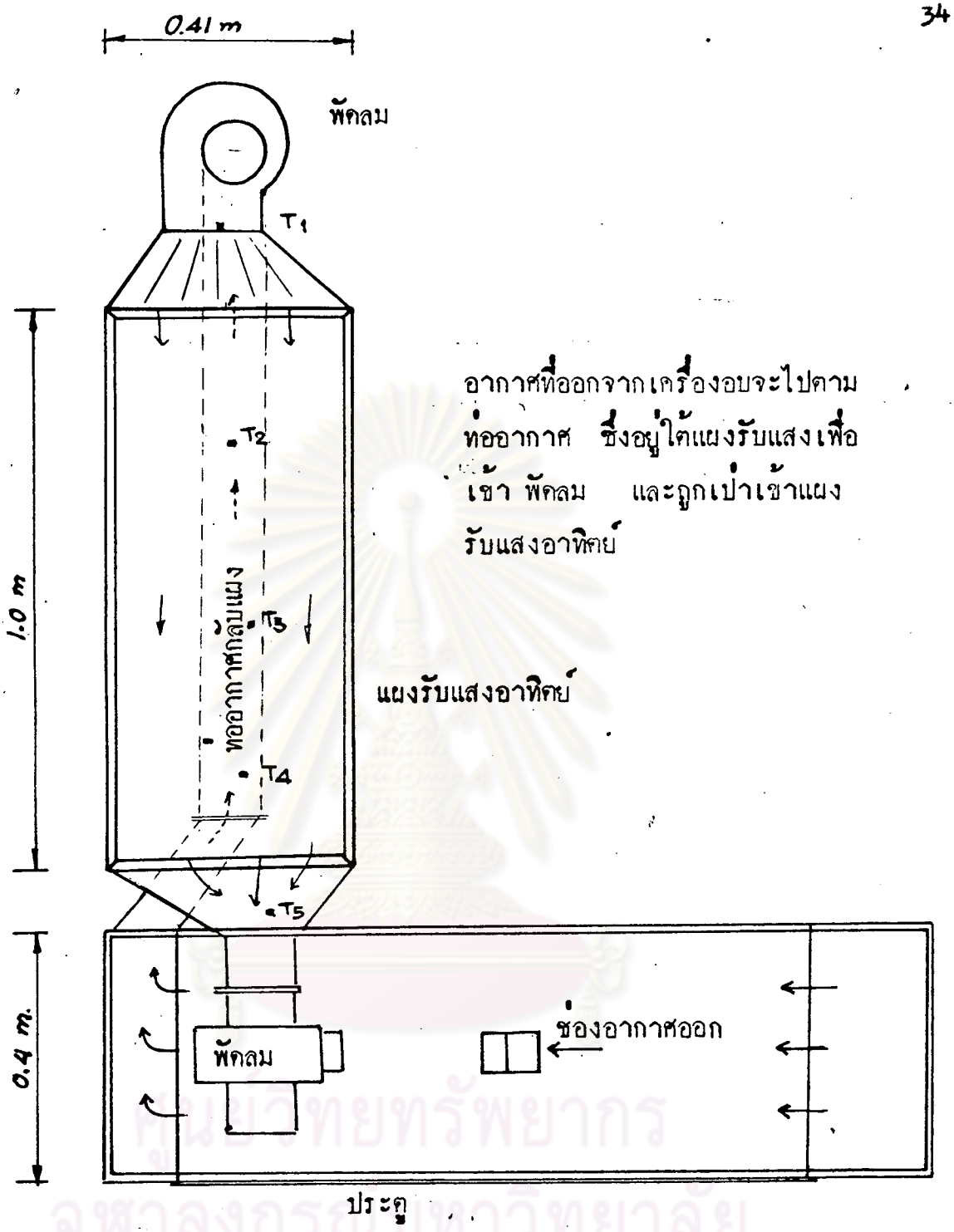


รูปที่ 12 แสดงทางเดินของอากาศร้อน ซึ่งอยู่ด้านล่างของเครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

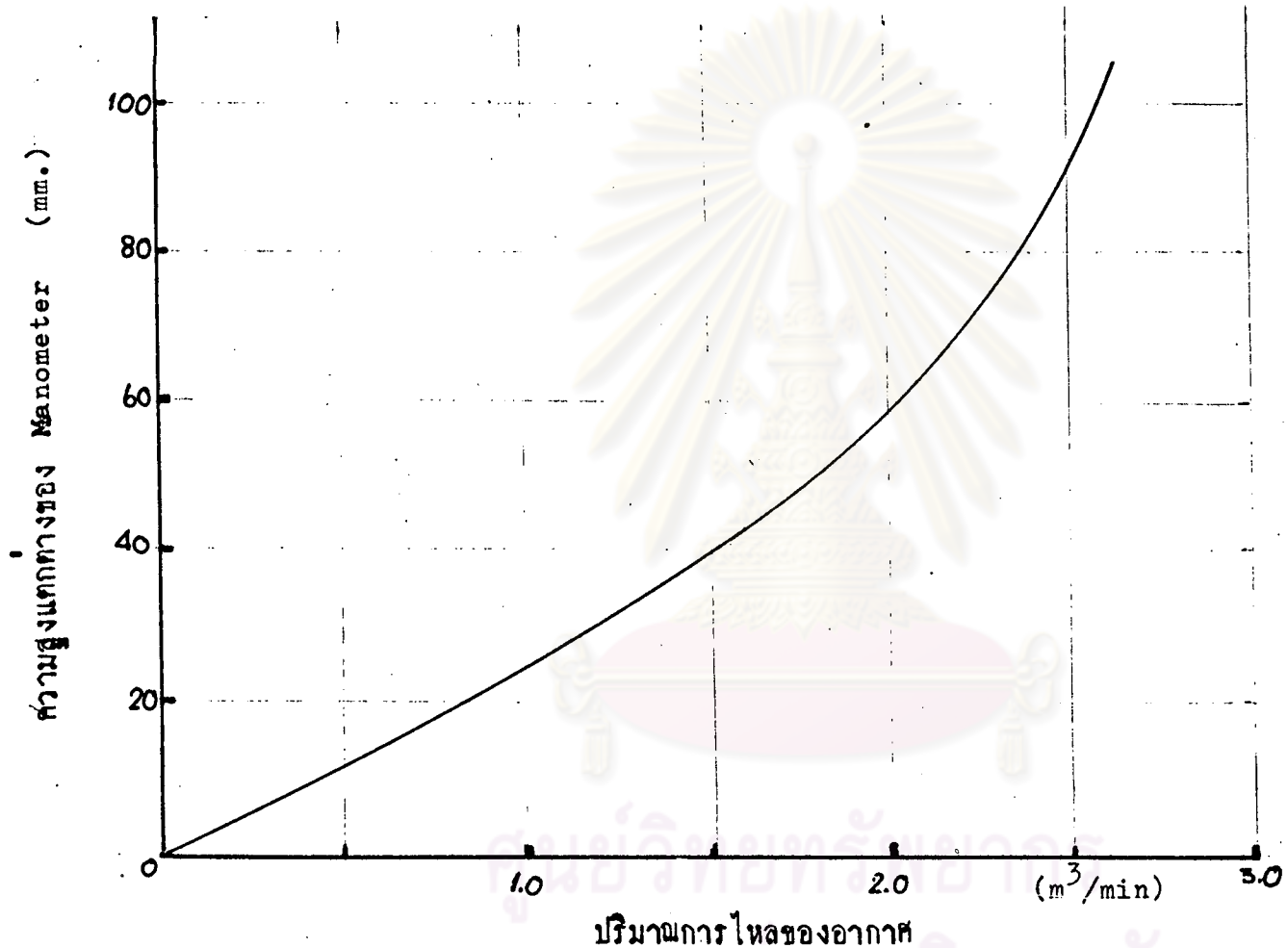


รูปที่ 13 แสดงรูปร่างและขนาด ของเครื่องอบกล้วยขนาดจำลอง ประกอบด้วยตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิต่างๆ

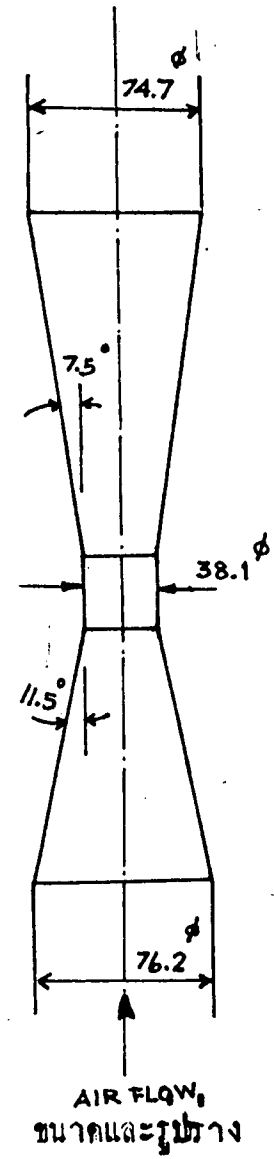


รูปที่ 14 แสดงทางเดินของอากาศระหว่างเครื่องอบกับแผงรับแสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

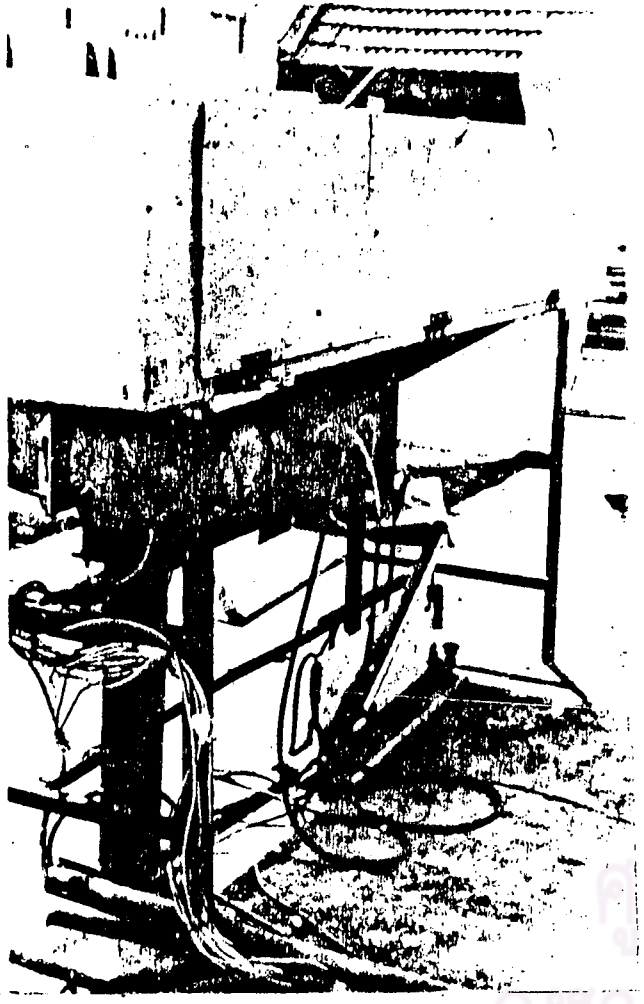


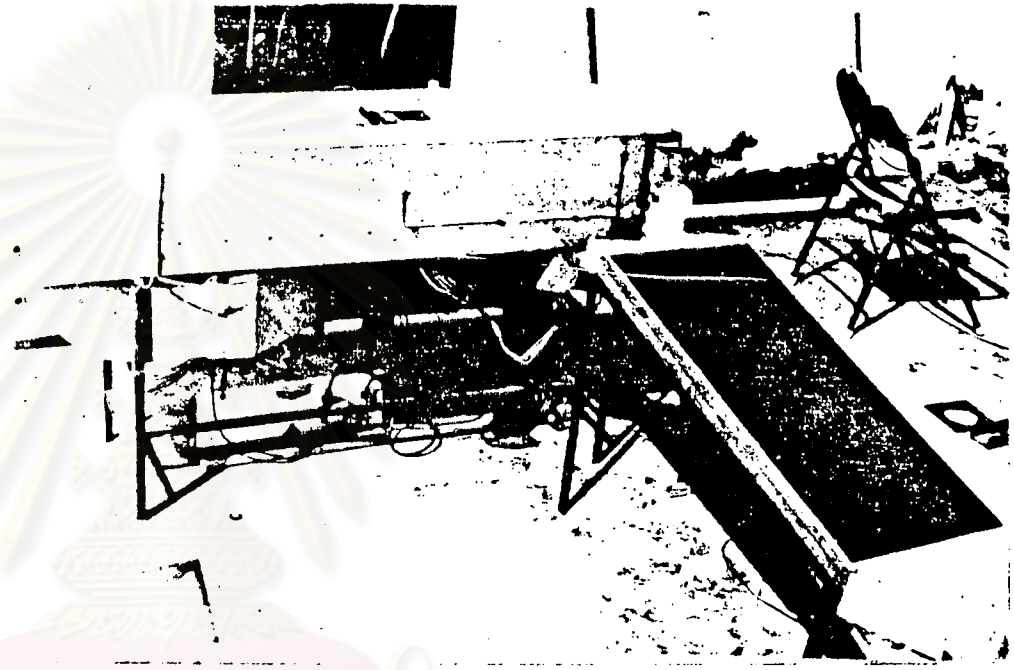
กราฟที่ 2 แสดงปริมาณการไหลของอากาศ เมื่อวัดด้วย Venturi Meter ที่ติดตั้งที่เครื่องอบกล้วยจำลอง



ขนาดและรูปร่าง ของ Venturi Meter

I19480821X





รูปที่ 15,16 เครื่องอบกล้วยพลังงานไฟฟ้าควบพลังงานแสงอาทิตย์
ขนาดจำลอง บรรจุกล้วยได้ครั้งละ 200 ผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย