

ปริญญาโทปีการศึกษา 2530

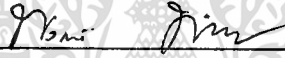
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (solar still)

ผู้จัดทำ

นายมนตรี ผ่องอำไพ



อาจารย์ที่ปรึกษา

(พงษ์เจต พรหมวงศ์)



เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์

มนตรี ผ่องอำไพ

พงษ์เจต พรหมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนย้ายได้ที่มีฝาปิดทำด้วยกระจกเอียงด้านเดียว ทำมุม 14 องศา กับแนวนอน ได้ถูกออกแบบ สร้างและทดสอบอัตราการกลั่นที่ระดับความลึกของน้ำต่าง ๆ กัน ตัวถังทำด้วยสแตนเลส พื้นที่ผิวรับพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด 1.3775 ตารางเมตร ไปด้วยยางทความร้อนสีดำ มีผ้าผ้ายี่สิบดำบุเงด้านหลัง เพื่อช่วยดูดแสงและเพิ่มอุณหภูมิ และมีโพลีไทรีนโฟมหนา 2.5 เซนติเมตรเป็นฉนวน พบว่า ที่ระดับความลึก 3 เซนติเมตรให้อัตราการกลั่นสูงสุด 2.75 ลิตรต่อวัน ต่อจากนั้น ได้ออกแบบให้เครื่องกลั่นน้ำนี้ให้มุดตามดวงอาทิตย์เป็นรูปครึ่งวงกลมในแนวระนาบแนอน พบว่า ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ให้อัตราการกลั่นสูงสุด 2.97 ลิตรต่อวัน

SOLAR STILL

MONTRI PONGUMPAI

PONGJET PROMWONGSE ADVISOR

ACADEMIC YEAR 1987

ABSTRACT

A movable solar still with glass cover inclined at 14 degrees to the horizontal plane was designed, built and tested for distillation rates at different levels of raw water. The still made of stainless steel lined with black rubber sheet as an absorbing surface with an area of 1.3775 square metres. The back wall was covered by a black cotton fabric in order to absorb additional solar radiation and increase temperature. The still also had a 2.5 centimetres thick insulator made of polystyrene foam. It was found that for a stationary still, the maximum average distillation rate was 2.75 litres per day at the level of 3 centimetres. Then, the solar still was designed to track the sun by semicircular path in the horizontal plane. The maximum average distillation rate in this latter case was 2.97 litres a day at the level of 5 centimetres.

สารบัญ

1. บทนำ	
1.1 แหล่งพลังงานธรรมชาติ	1
1.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	1
1.3 การค้นคว้า วิจัย และพัฒนาด้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาในอดีต	1
2. ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ดวงอาทิตย์	5
2.2 ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	6
2.3 การติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์แบบ solar cell	14
2.4 การวัดรังสีดวงอาทิตย์	16
2.5 การระเหย	18
3. การสร้างและการคำนวณ	
3.1 การสร้าง	20
3.2 การติดตามดวงอาทิตย์	22
3.3 การคำนวณ	24
4. การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลอง	26
4.2 ผลการทดลอง	27
5. บทวิจารณ์และสรุป	34
ภาคผนวก	37
กิตติกรรมประกาศ	39
หนังสืออ้างอิง	40

สารบัญรูปภาพ

รูป 2.1 โครงสร้างดวงอาทิตย์	5
รูป 2.2 ตำแหน่งการโคจรของโลก	6
รูป 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโลกกับแนวแสงอาทิตย์	7
รูป 2.4 ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในระบบอักษรมุขและอัลติจูด	8
รูป 2.5 เส้นรุ้งและเส้นแวงของตำแหน่งกรุงเทพฯ และกรุงลอนดอน	8
รูป 2.6 ก. การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆ	10
รูป 2.6 ข. การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆแบบ 3 มิติ	10
รูป 2.7 ก. การเปลี่ยนตำแหน่งขึ้นของดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปี	11
รูป 2.7 ข. การเปลี่ยนตำแหน่งตกของดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปี	11
รูป 2.8 เส้นทางเดินสุริยวิถีและเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า	12
รูป 2.9 ลักษณะของค่า Declination	12
รูป 2.10 ตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ที่เส้นรุ้ง 14 องศาเหนือ	13
รูป 2.11 ทรงกลมท้องฟ้า	13
รูป 2.12 ระบบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial mounting)	15
รูป 2.13 ระบบเส้นท้องฟ้า (Azimuth mounting)	15
รูป 2.14 เครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์	17
รูป 3.1 ลักษณะของเครื่องกลั่น	21
รูป 3.2 การติดตามดวงอาทิตย์ในแนวระนาบ	22
รูป 3.3 ระบบรองรับของเครื่องกลั่น	23
รูป 3.4 ระบบควบคุมการหมุน	24
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่น (1) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่	29
รูป 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่น (1) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์	30
รูป 4.3 ก. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่นโดยเฉลี่ย (1) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่	31
รูป 4.3 ข. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่นโดยเฉลี่ย (1) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์	31

สารบัญตาราง

ตาราง 2.1	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จังหวัดต่างๆต่อวัน (10 ชั่วโมง)	18
ตาราง 4.1	ผลการทดลองขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่	27
ตาราง 4.2	ผลการทดลองขณะเครื่องกลั่นหมุนตามดวงอาทิตย์	28
ตาราง 4.3	วิเคราะห์ผลการทดสอบน้ำกลั่น	33



สัญลักษณ์

A_c	cover surface area
C	specific heat of raw water
h_{fg}	latent heat of vaporization
h_r	coefficient of thermal radiation
h_w	coefficient of thermal convection
I_c	total radiation incident on the cover
k_i	thermal conductivity of the insulator
q_i	heat losses by conduction through the wall
Q_i	total heat loss
Q_c	heat loss from the top of the cover
Q_u	useful heat gain
t_a	atmospheric temperature
t_c	temperature of the outside surface of the cover
t_i	temperature difference across the insulator
t_w	surface temperature of raw water in the still
t_{sky}	sky temperature
V	wind speed
x_i	thickness of the insulator
η	efficiency of the solar still
σ	Stefan-Boltzman constant
ϵ	emittance of the cover
$\tau\alpha$	transmittance-absorptance product of the cover and absorbing surface
ζ	azimuth angle
α	altitude angle

บทที่ 1.

บทนำ

1.1 แหล่งพลังงานธรรมชาติ

เนื่องจากวิกฤตการณ์เกี่ยวกับราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดของโลกในขณะนี้ อีกทั้งปริมาณน้ำมันก็ลดน้อยลงทุกที หลายๆ ประเทศจึงได้เริ่มหาทางประหยัดการใช้ น้ำมัน และขณะเดียวกันก็หาพลังงานทดแทนอย่างอื่นที่มีอยู่ภายในประเทศของตน เช่น ถ่านหิน พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น

ปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญของมนุษย์ จึงมีการค้นคว้า วิจัย และออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเอามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันกันอย่างแพร่หลาย เช่น เซลแสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า , เครื่องผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในอาคาร, ตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์, เครื่องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ฯลฯ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งๆ ขึ้น และต้นทุนในการผลิตก็ต่ำลงจนสามารถที่จะผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นทุกที

1.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

1.2.1 แบบไม่รวมแสง (non-focusing) ออณหภูมิต่ำ ได้แก่ เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องกลั่นน้ำ เครื่องอบแห้ง

1.2.2 แบบรวมแสง (focusing) ออณหภูมิปานกลาง ได้แก่ เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำความเย็น เครื่องกำเนิดไอน้ำความดันต่ำ

1.2.3 แบบรวมแสง ออณหภูมิสูง ได้แก่ เตาส่งแสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าแบบเทอร์ไบน์

1.2.4 แบบเปลี่ยนโดยตรง (direct conversion) ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ โฟโต้เซลล์ ขบวนการสังเคราะห์แสง

1.3 การค้นคว้า วิจัย และพัฒนา ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาในอดีต

มีหลักฐานแน่ชัดว่าในปีพ.ศ.2415 ที่เมือง Las Salinas. ประเทศชิลี เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องแรกได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดสำหรับใช้ในเหมืองไนเตรด โดยมีพื้นที่รับแสง 51,000 ตารางฟุต สามารถทำการกลั่นได้ถึงวันละ 6,000 แกลลอน และมีอายุการใช้งานถึง 40 ปี

ส่วนในประเทศไทย การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ในเชิงวิชาการ และการพัฒนาเศรษฐกิจได้เริ่มเมื่อประมาณปี 2500 ผู้ที่ทำการบุกเบิกในด้านนี้ได้แก่ศาสตราจารย์ พงศ์ศักดิ์ วรสุนทรโรสถ (ขณะนั้นท่านดำรงตำแหน่งรองอธิบดีกรมอาชีวศึกษา) ท่านเป็นผู้ที่สนใจทางด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และ Geo-thermal Energy เป็นอย่างมาก โดยได้เป็นสมาชิกสมาคม Association for Applied Solar Energy จากประเทศไทยเพียงผู้เดียว ในปีพ.ศ.2501 ท่านได้ออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนแบบกระจกสองชั้นซึ่งมีความจุประมาณ 100 ลิตร

โดยติดตั้งที่หลังคาบ้านเมื่อก่อนดีคือจ้อเสียง จ.สมุทรปราการ. การติดตั้งและทดลองใช้ได้ผลดี โดยน้ำที่ได้มีความร้อนถึง 75 องศาเซลเซียส

ระหว่างปีพ.ศ.25๐2-25๐5 สภาวิจัยแห่งชาติได้อนุมัติเงินจำนวน 133,392 บาท ให้แก่ ศาสตราจารย์นิมล กลกิจและคณะ (ประกอบด้วย ศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, น.อ.ดร. ขจิต บัวจิตติ และอาจารย์ยรรยง ณ ตะกั่วทุ่ง) เพื่อทำการวิจัยพลังงานจากลมและแสงอาทิตย์ที่ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมาในปีพ.ศ.25๐5 ศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ วรสุนทรโรสถ ได้นำเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และ โซลาร์เซลล์ ไปแสดงและเผยแพร่ทางวิชาการที่งานศิลปหัตถกรรมฯ บริเวณโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

ต่อมา หน่วยงานต่างๆในประเทศไทยก็ได้มีการศึกษาในเรื่องเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์กันอย่างแพร่หลายพอสมควร ซึ่งได้มีการวิจัย ออกแบบ สร้าง และทดสอบตามสถาบันต่างๆ เป็นจำนวนมาก เช่น

1. เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ของนายอานนท์ โพธิ์หอม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : พ.ศ. 252๐

" เครื่องกลั่นน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นแบบกระจกเอียงด้านเดียว มีมุมเอียง 14 องศา กับแนวนอน โดยเลือกใช้วัสดุที่ทนเป็นวัสดุทำตัวถังสำหรับเครื่องกลั่นแบบอยู่กับที่ และอลูมิเนียมสำหรับเครื่องกลั่นแบบเคลื่อนย้ายได้ พื้นเครื่องกลั่นฉาบผิวด้วยไอออนออกไซด์สีดำ หรือปูด้วยยางดำทนความร้อน ผลปรากฏว่า แบบที่สร้างด้วยวัสดุที่ทนผลิตน้ำกลั่นได้ถูกกว่าการกลั่นโดยใช้พลังงานจากน้ำมันหรือไฟฟ้าประมาณเกือบ 1๐ เท่า "

2. เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ มีกระจกเอียงสองด้านของนายกมล อูปราณะ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : พ.ศ. 2522

" เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่มีกระจกเอียงสองด้าน แต่ละด้านทำมุม 14 องศา กับแนวนอน ได้ถูกสร้างเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่มีกระจกเอียงด้านเดียว ซึ่งเอียงทำมุม 14 องศา กับแนวนอน โดยตัวถังของเครื่องกลั่นทั้งสองต่างก็ทำด้วยวัสดุทนร้อน พื้นฉาบผิวด้วยไอออนออกไซด์สีดำ ผลการทดลองปรากฏว่า แบบกระจกเอียงด้านเดียวผลิตน้ำกลั่นได้ประหยัดกว่าเล็กน้อย แต่เครื่องกลั่นแบบกระจกเอียงสองด้านช่วยลดการแตกรั่วจากการตัดโค้งที่พื้นได้ดีกว่า เพราะมีขนาดตัวถังสั้นกว่า และทั้งสองแบบประหยัดกว่าการผลิตน้ำกลั่นโดยใช้พลังงานไฟฟ้ามาก "

3. เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลาสติกเป็นฝาปิดของนายสุวรรณ สุนทรวิรัตน์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : พ.ศ. 2522

" เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลาสติกเป็นฝาปิดเอียงด้านเดียว ได้รับการออกแบบและสร้างให้มีมุมเอียงต่างๆกันคือ 20,30,35,40,45 และ 50 องศาตามลำดับ พื้นรับแสงอาทิตย์ปูด้วยยางสีดำทนความร้อน ผลการทดลองปรากฏว่า มุม 40 องศาให้อัตราการกลั่นได้ดีที่สุด ประมาณ 2 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ราคา น้ำกลั่นประมาณ 0.4 บาทต่อลิตร "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นได้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่มีฝาปิดทำด้วยอะครีลิกพลาสติก ของนายสุววรรณ สุนทรวิรัตน์และคณะ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : พ.ศ. 2524 ^{2.3}

" เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่มีฝาปิดทำด้วยอะครีลิกพลาสติกใส มีมุมเอียง 40 องศาให้อัตราการกลั่นน้ำเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1.7 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน การกลั่นตัวของไอน้ำใต้แผ่นพลาสติกใสจะมีลักษณะเป็นหยด ซึ่งแตกต่างไปจากการกลั่นตัวใต้ผิวกระจกที่มีลักษณะเป็นฟิล์ม ความแตกต่างนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มุมเอียงของแผ่นพลาสติกใสชันกว่ามุมเอียงของกระจกมาก และยังทำให้อัตราการกลั่นน้ำต่ำกว่าอัตราการกลั่นเมื่อใช้กระจกใสเป็นฝาปิดด้วย แต่พลาสติกมีข้อดีที่ไม่แตกง่ายเหมือนกระจก

เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่มีผิวดำดูดแสงเป็นทรงกระบอกในแนวตั้ง มีฝาปิดทำด้วยอะครีลิกพลาสติกใสอยู่ในแนวตั้งเช่นเดียวกัน ปรากฏว่าเครื่องกลั่นน้ำนี้ให้อัตราการกลั่นเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1.73 ลิตร ต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งต่ำกว่าอัตราการกลั่นของเครื่องกลั่นน้ำที่มีผิวดูดแสงในระนาบนอนและใช้กระจกใสเป็นฝาปิด แต่มีข้อดีตรงใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่า "

5. การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ ของนายสมยศ ทัดเทียม และนายปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : พ.ศ. 2525 ^{4.3}

" เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ ใช้อะครีลิกพลาสติกเป็นฝาปิด ทำมุมเอียง 40 องศา กับแนวระดับ ขนาดพื้นอ่าง ๑.6 ตารางเมตร ทดสอบโดยใช้วัสดุดูดแสงสองชนิดคือ แผ่นยางบิวไทล์สีดำและถ่านไม้ ปรากฏว่าให้อัตราการกลั่นใกล้เคียงกันคือ เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1.7 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน

ต่อมาปรับปรุงเครื่องกลั่นโดยเปลี่ยนผนังสังกะสีด้านหลัง เป็นผนังแผ่นเหล็กไร้สนิมขัดมัน ทำหน้าที่สะท้อนแสงลงสู่ก้นอ่าง แล้วทำการทดสอบในกรณีที่มีการปรับระดับน้ำดิบภายในอ่างทุกเช้า และกรณีที่ป้อนน้ำดิบสัมผัสผิวหน้าของผนังด้านหลังด้วยอัตราการไหลประมาณ ๑.8 ลิตรต่อชั่วโมง ในเวลาที่เครื่องกลั่นทำงาน ปรากฏว่าทั้งสองกรณีให้อัตราการกลั่นใกล้เคียงกันประมาณ 1.91 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน แต่ในการใช้งาน การเติมน้ำดิบทุกเช้าจะสะดวกกว่าเพราะไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ป้อนน้ำ

วิธีสุดท้าย ปรับปรุงเครื่องกลั่นโดยใช้ผ้าฝ้ายสีดำบุกับผนังสะท้อนแสงภายในเครื่องกลั่น ทำหน้าที่ดูดแสงช่วยเพิ่มอุณหภูมิ และดูดซับน้ำดิบขึ้นมาระเหย ปรากฏว่าให้อัตราการกลั่นประมาณ 1.95 ลิตร ต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งดีกว่าอัตราการกลั่นของเครื่องกลั่นที่มีผิวด้านหลังเป็นผิวสะท้อนแสง และเครื่องกลั่นแบบธรรมดา ประมาณร้อยละ 2 และ 12 ตามลำดับ "

จากผลงานวิจัยที่รวบรวมมาได้เหล่านี้ ทำให้เกิดแนวความคิดว่า

1. ความสูงของระดับน้ำในเครื่องกลั่น น่าจะมีผลต่ออัตราการกลั่นหรือไม่อย่างไร

2. ถ้าเครื่องกลั่นได้รับการออกแบบให้สามารถหมุนติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้รับแสงอาทิตย์

ได้ตลอดทั้งวันแล้ว อัตราการกลั่นจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการสร้างเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นี้ขึ้น เพื่อทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขอบเขตในการวิจัยดังนี้ คือ

1. ทำการทดลองวัดอัตราการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ ขณะอยู่กับที่ ที่ระดับความลึกของน้ำดิบเท่ากับ 1.0 , 2.0 , 3.0 , 4.0 , และ 5.0 เซ็นติเมตร ตามลำดับ
2. ต่อจากนั้น ทำการทดลองวัดอัตราการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ ขณะเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ที่ระดับความลึกของน้ำดิบ 1.0 , 2.0 , 3.0 , 4.0 และ 5.0 เซ็นติเมตร ตามลำดับ
3. ทำการเปรียบเทียบอัตราการกลั่นที่ได้จากทั้งสองกรณี ว่ามีค่ามากน้อยแตกต่างกันอย่างไร

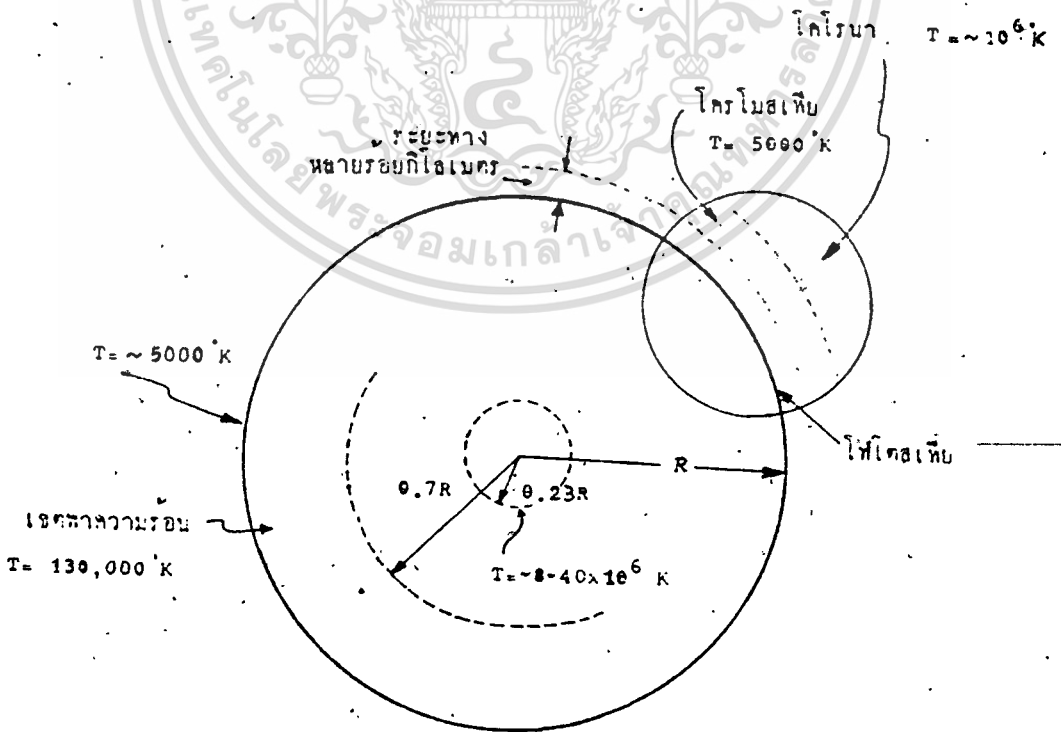


บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ดวงอาทิตย์

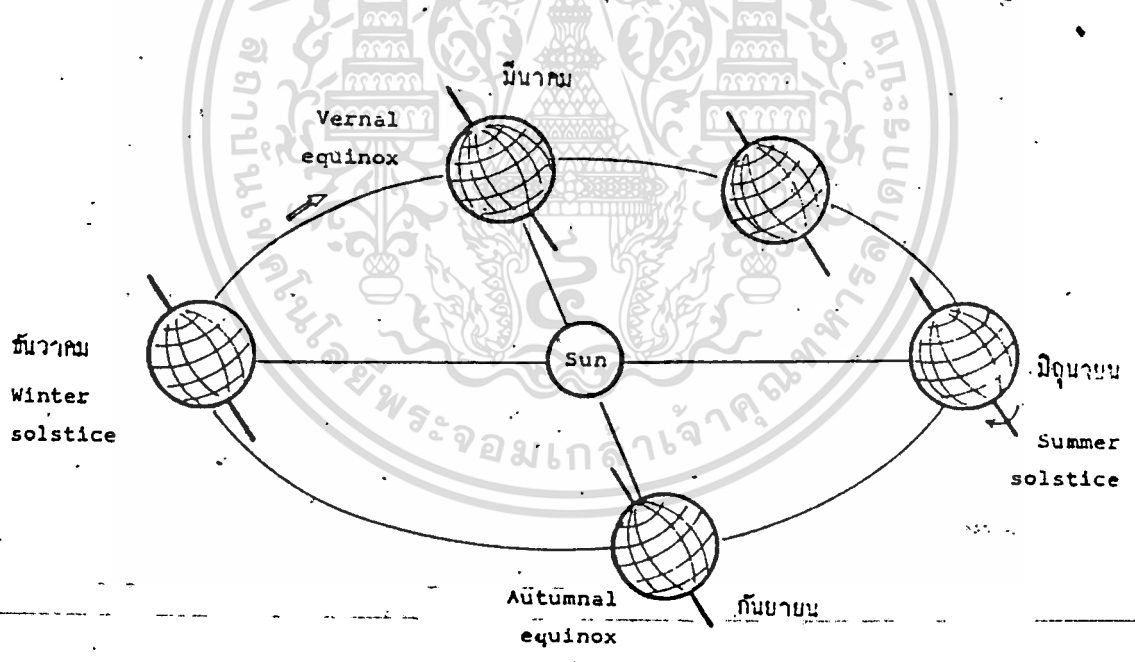
ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานสำคัญที่แผ่รังสีออกมาสู่อวกาศและมาถึงโลก ซึ่งอยู่ห่างเป็นระยะทางเฉลี่ย 149.6×10^6 กิโลเมตร หรือ 1 AU (Astronomical Unit) ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.39×10^6 กิโลเมตร ประกอบด้วยไฮโดรเจนร้อยละ 80 และฮีเลียมร้อยละ 20 พลังงานของดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัว (Fusion) ของไฮโดรเจน 4 โมเลกุล ได้เป็นฮีเลียม 1 โมเลกุล จากรูปแสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์พบว่า ร้อยละ 90 ของพลังงานที่แผ่ออกมานั้นมาจากช่วงระยะ 0 ถึง $0.23R$ (โดยที่ R เป็นรัศมีของดวงอาทิตย์) ซึ่งประกอบด้วยมวลร้อยละ 40 ของมวลทั้งหมดของดวงอาทิตย์ ที่ระยะ $0.7R$ จากศูนย์กลางจะมีอุณหภูมิประมาณ 130,000 K ซึ่งบริเวณนี้จะมีพฤติกรรมแบบการพาความร้อน และเรียกระยะจาก $0.7R$ ถึง $1.0R$ ว่าเขตพาความร้อน (Convection Zone) ภายในเขตนี้ อุณหภูมิจะลดเหลือประมาณ 5,000 K บริเวณพื้นผิวของดวงอาทิตย์นี้ประกอบด้วยกรานูล (Granules) ซึ่งมีลักษณะเป็นลำ มีความยาวตั้งแต่ 1,000 ถึง 3,000 กิโลเมตร แต่จะปรากฏตัวในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่นานที่ กล่าวคือ เมื่อมันแผ่รังสีความร้อนแล้วมันจะไหลเวียนกลับลงไป



เขตพลาความร้อนชั้นบนสุดเรียกว่า โฟโตสเฟีย (Photosphere) รั้งสีแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่มาจากเขตโฟโตสเฟียนี้ บริเวณที่ถัดขึ้นไปจากโฟโตสเฟียเป็นช่วงระยะ 10,000 กิโลเมตร เรียกว่า โครโมสเฟีย (Chromosphere) บรรยากาศชั้นนี้อุณหภูมิสูงกว่าชั้นโฟโตสเฟีย บรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์เรียกว่า โคโรนา (Corona) ชั้นนี้มีอุณหภูมิสูงมาก ประมาณหนึ่งล้านองศาเคลวิน แต่ให้แสงสว่างเพียงประมาณหนึ่งในล้านของความสว่างจากชั้นโฟโตสเฟีย จึงเป็นการยากที่จะสำรวจนอกจากจะกระทำในขณะที่เกิดสุริยุปราคา เนื่องจากโครงสร้างของโคโรนาเป็นเส้นสายไหลออกไปจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของดวงอาทิตย์จึงไม่คงที่แน่นอน ในการคำนวณทั่วไปจึงให้พิจารณาว่า ดวงอาทิตย์ส่งพลังงานออกมาในอัตรา 3.8×10^{23} กิโลวัตต์ แต่โลกเราได้รับพลังงานเพียงเล็กน้อย คือ 1.7×10^{14} กิโลวัตต์เท่านั้น ซึ่งพลังงานจำนวนนี้ 30% จะถูกสะท้อนกลับไปสู่ห้วงบรรยากาศ 47% ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และสะท้อนกลับไปสู่บรรยากาศ 22.5% ถูกใช้ไปในการระเหย และอีกประมาณ 0.5% ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลในรูปของลม คลื่น และถูกสะสมไว้ในพืชโดยการสังเคราะห์แสง

2.2 ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

โลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์โดยมีวงโคจรเป็นรูปวงรี ใช้เวลาหนึ่งปีต่อรอบ (ดังรูป 2.2)

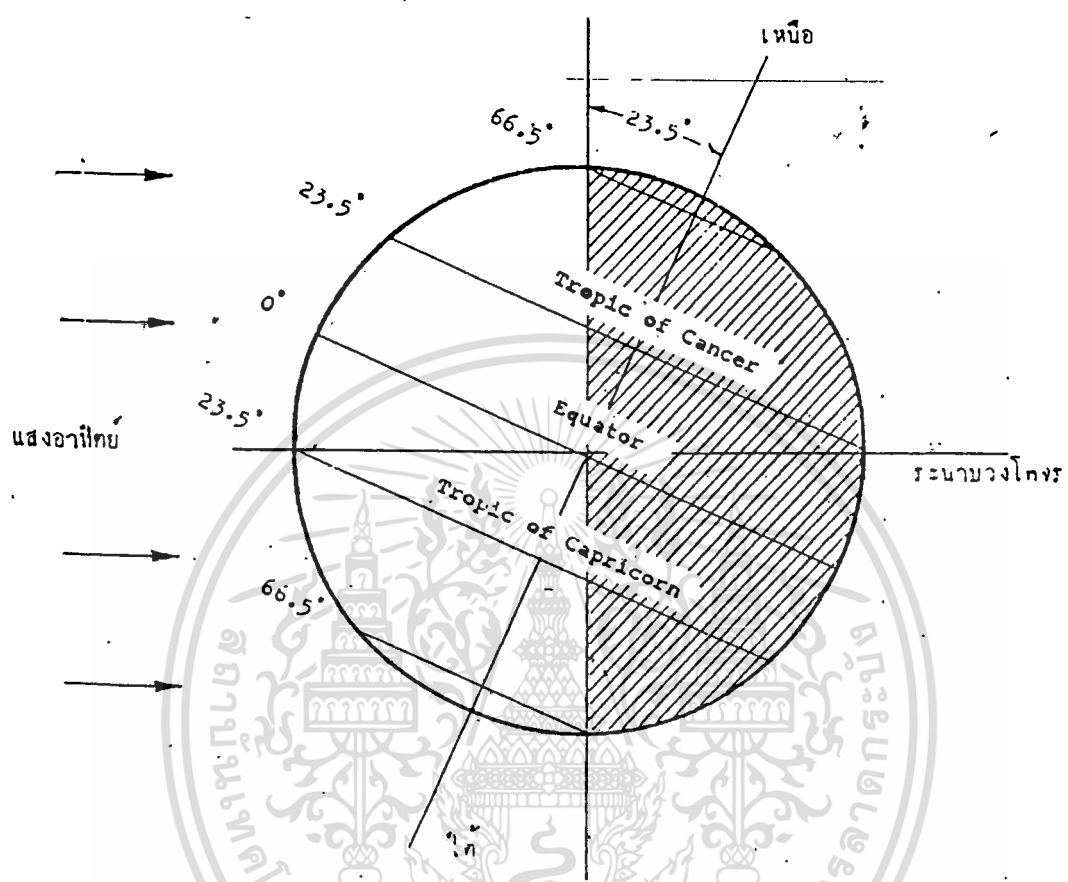


รูป 2.2 ตำแหน่งการโคจรของโลก

ขณะเดียวกันโลกก็หมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปสู่ทิศตะวันออก จึงทำให้เราเห็นเป็นว่า ดวงอาทิตย์ขึ้นจากทิศตะวันออกแล้วไปตกทางทิศตะวันตก ซึ่งสวนทางกับการหมุนของโลก แกนหมุนของโลกทำมุมเอียงคงที่เท่ากับ 23.5 องศา กับเส้นที่ตั้งฉากกับระนาบการโคจรตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อขั้วโลกเหนือหันเข้าใกล้ดวงอาทิตย์จึงเกิดฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ และฤดูหนาวในซีกโลกใต้ ในทำนองเดียวกัน เมื่อขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ก็จะทำให้เกิดฤดูร้อนในซีกโลกใต้ และฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ

เอกซอร์เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากต้องการนำเอกสารนี้ไปใช้ กรุณาติดต่อขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อน

ในซีกโลกเหนือ ดังรูปที่ 2.3



รูป 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโลกกับแนวแสงอาทิตย์

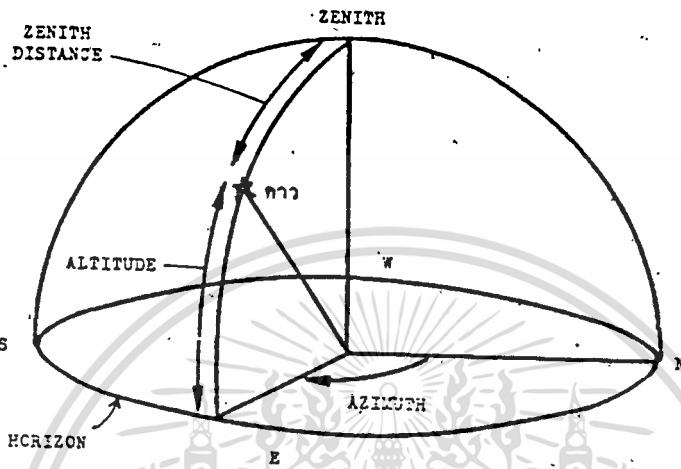
จากการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้คนมองเห็นดวงอาทิตย์มีลักษณะต่างกันไปในแต่ละชั่วโมง แต่อย่างไรก็ดี ตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า อาจกำหนดได้โดยมุมและระนาบต่างๆ ในทางดาราศาสตร์ได้ดังนี้

- Zenith เป็นจุดยอดของทรงกลมของโลกที่อยู่เหนือและตรงกับศีรษะของผู้สังเกต
- Nadir เป็นจุดยอดของทรงกลมของโลกที่อยู่ตรงข้ามจุด zenith
- Hour circle เป็นเส้นวงกลมใหญ่ที่ลากผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ของทรงกลมของโลก และตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร
- Horizon circle เป็นวงกลมแนวระนาบที่แสดงเส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต ซึ่งตั้งฉากกับเส้นที่ต่อระหว่างจุด zenith และจุด nadir
- Meridian เป็นเส้น hour circle ที่ลากผ่านจุด zenith

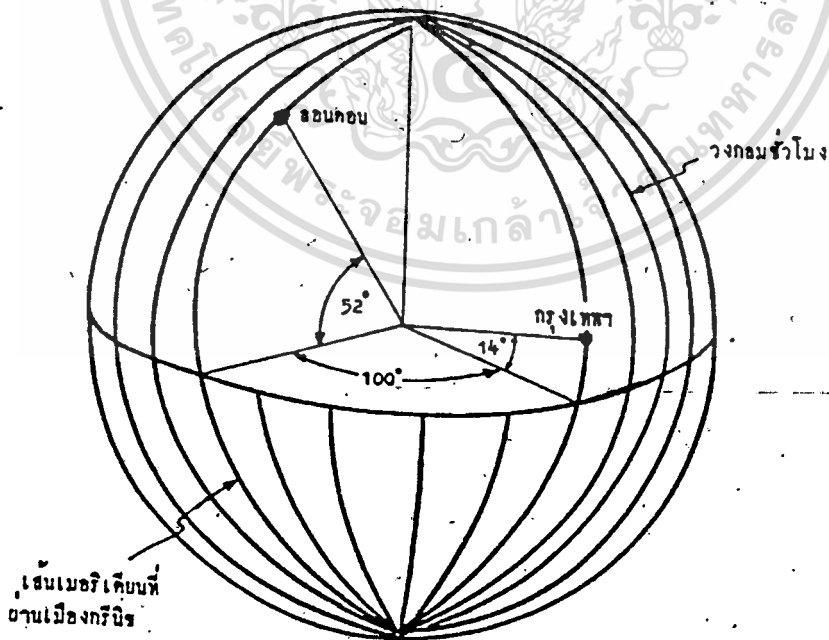
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Altitude เป็นค่าของมุมที่วัดจากวงกลมระนาบขึ้นไปตามทรงกลมของโลก จนถึงจุดสูงสุด ในแนวตั้ง ทำให้มุมนี้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 90 องศา (ดูรูป 2.4)

- Azimuth เป็นค่าของมุมที่วัดจากจุดแสดงทิศเหนือของทรงกลมของโลกไปทางตะวันออก ตามวงกลมระนาบจนกลับมาถึงจุดเดิม ทำให้มุมนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 360 องศา (ดูรูป 2.4)



รูป 2.4 ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในระบบขั้วโลกและอัลติจูด



รูป 2.5 แสดงเส้นรุ้งและเส้นแวงของตำแหน่งกรุงเทพฯ และกรุงลอนดอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ผู้อื่นใช้โดยอิสระโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Latitude (เส้นรุ้ง) เป็นวงกลมบอกตำแหน่งบนผิวโลกที่เริ่มต้นจากเส้นศูนย์สูตร (ซึ่งนับเป็น 0 องศา) วัดไปตาม hour circle ขึ้นไปทางเหนือ และลงมาทางใต้ (ดูรูป 2.5)

- Longitude (เส้นแวง) เป็นเส้น hour circle บนผิวโลก โดยแต่ละเส้นห่างกันช่วงละ 15 องศา (เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง 360 องศาในเวลา 24 ชั่วโมง หรือชั่วโมงละ 15 องศา) และใช้เส้น meridian ที่ผ่านเมือง Greenwich ประเทศอังกฤษ เป็นจุดเริ่มต้น วัดไปทางตะวันออกและตะวันตกทีละ 15 องศาจนครบ 180 องศา (ดูรูป 2.5)

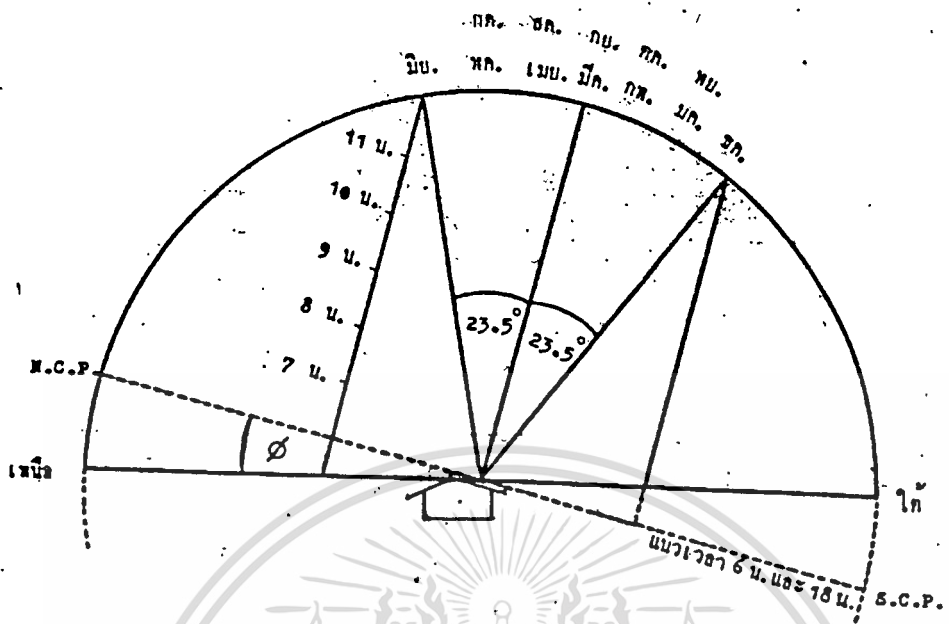
- Declination คือมุมระหว่างรังสีแสงอาทิตย์กับเส้นในแนวตั้งที่ผ่านจุด zenith ซึ่งมุม declination นี้จะแปรเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง +23.5 องศา ถึง -23.5 องศา ปรากฏการณ์นี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมตกกระทบของแสงแดดบนผิวโลก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวของกลางวันตามฤดูกาล เช่น ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร (เส้นรุ้ง 0 องศา) เวลากลางวันจะนานประมาณ 12 ชั่วโมงนับจากพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกตลอดทั้งปี แต่ในบริเวณที่มีเส้นรุ้งสูงขึ้นไปนั้น ในฤดูหนาวจะมีเวลากลางวันสั้นเพียง 8 ชั่วโมง แต่ในฤดูร้อนจะมีเวลากลางวันนานถึง 16 ชั่วโมง (ดูรูป 2.6) ส่วนตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นและตกก็เปลี่ยนแปลง (ดูรูป 2.7 และ 2.10)

- Equinox เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่บนเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้า เวลากลางวันและกลางคืนยาวเท่ากัน (เท่ากับ 12 ชั่วโมง) ปีละ 2 วันคือ วันที่ 21 มีนาคม เรียกว่า (Vernal equinox) และวันที่ 22 กันยายน เรียกว่า (Autumnal equinox) ดูรูป 2.8

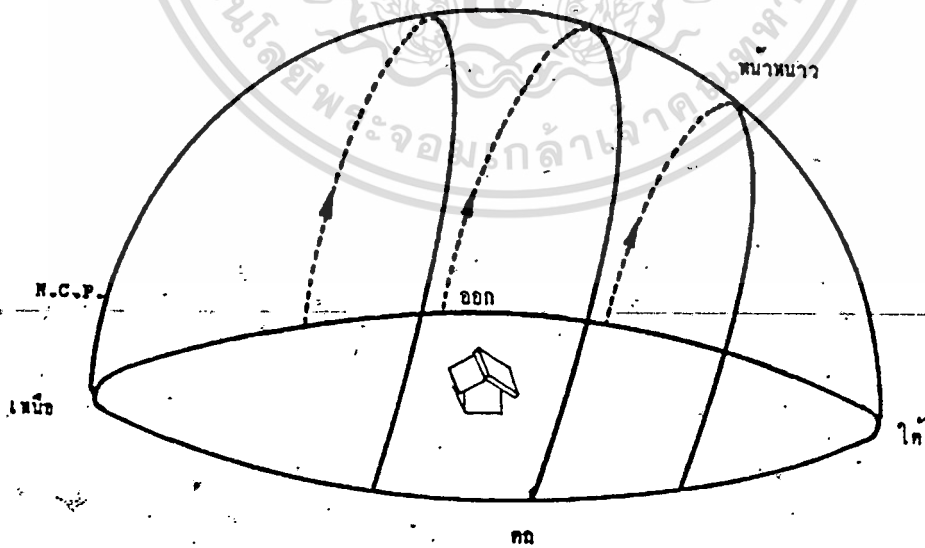
- Solstice เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้ามากที่สุด ปีละ 2 วันคือ

1. วันที่ 21 มิถุนายน เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้ามากที่สุด เรียกว่า Summer solstice ดวงอาทิตย์จะขึ้นเร็วที่สุดและตกช้าที่สุด ทำให้เวลากลางวันยาวที่สุด และกลางคืนสั้นที่สุด (ดูรูป 2.8)

2. วันที่ 22 ธันวาคม เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้ามากที่สุด เรียกว่า Winter solstice เป็นวันที่ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าที่สุดและตกเร็วที่สุด ทำให้เวลากลางวันสั้นที่สุด และเวลากลางคืนยาวที่สุด (ดูรูป 2.8)

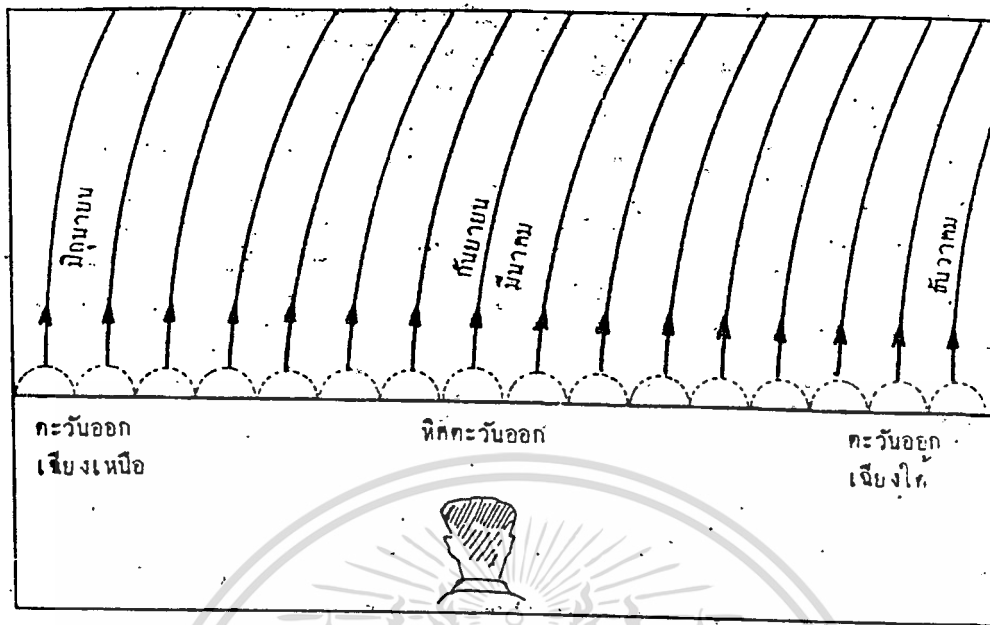


รูป 2.6 ก. การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆ

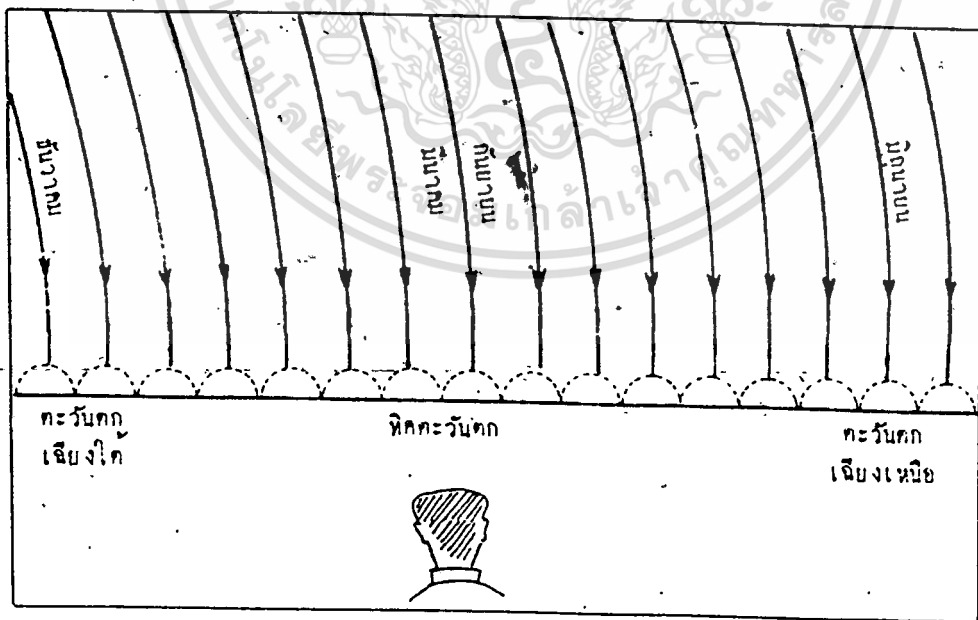


รูป 2.6 ข. การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

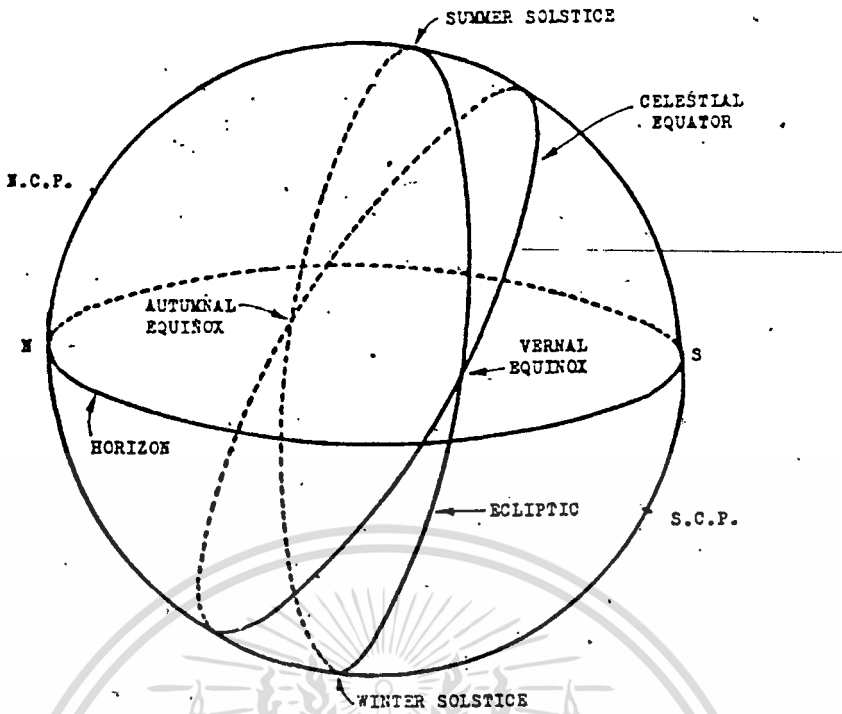


รูป 2.7 ก. การเปลี่ยนตำแหน่งขึ้นของดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปี

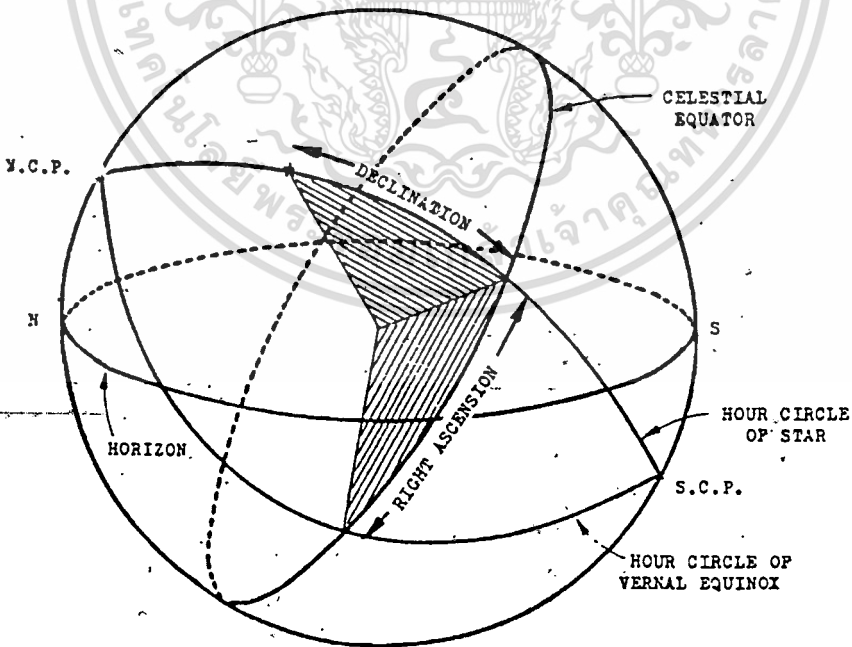


รูป 2.7-ข. การเปลี่ยนตำแหน่งตกของดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

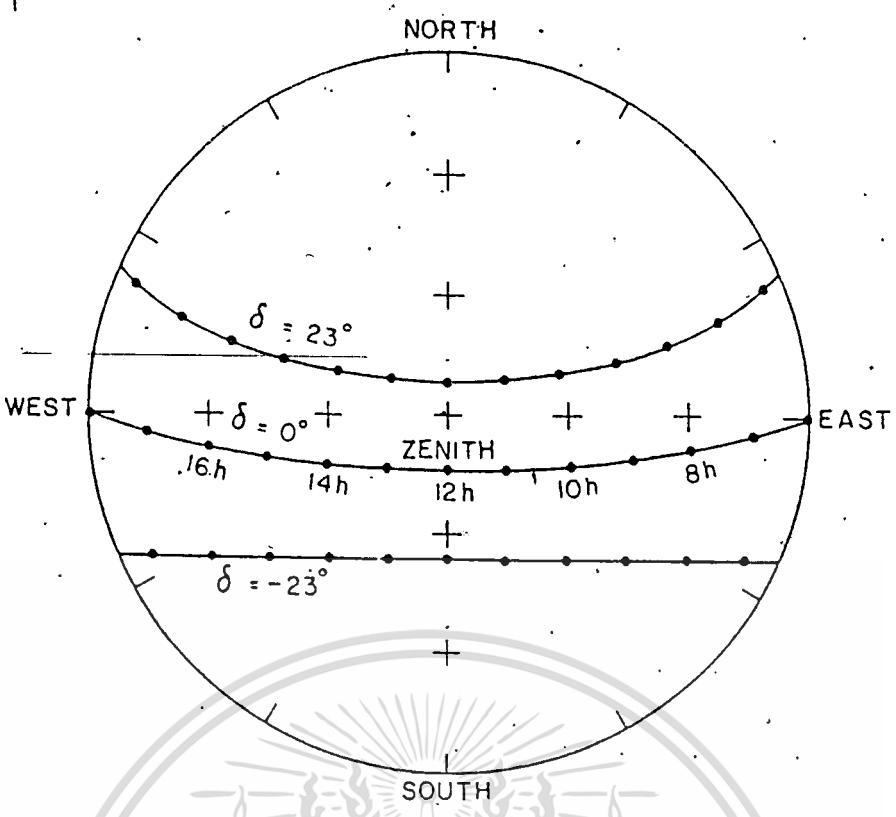


รูป 2.8 แสดงเส้นทางเดินสุริยวิถีและเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า

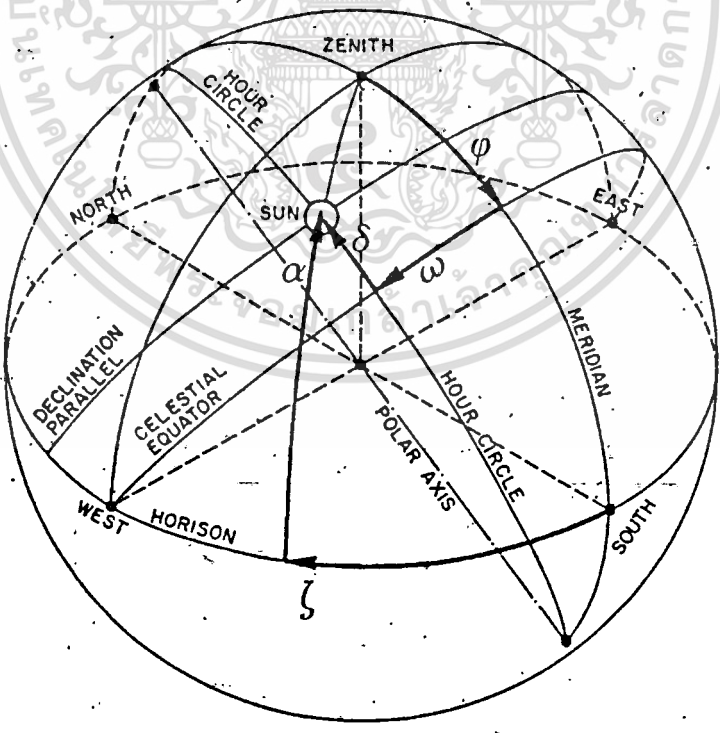


รูป 2.9 แสดงลักษณะของค่า Declination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.10 แสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ที่เส้นรุ้ง 14 องศาเหนือ สำหรับค่า Declination 3 ค่า โดยมองจากด้านบนเหนือแผ่นดิน



รูป 2.11 แสดงทรงกลมท้องฟ้า โดย α เป็นค่าอัลติจูดและ ζ เป็นค่าอิมุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

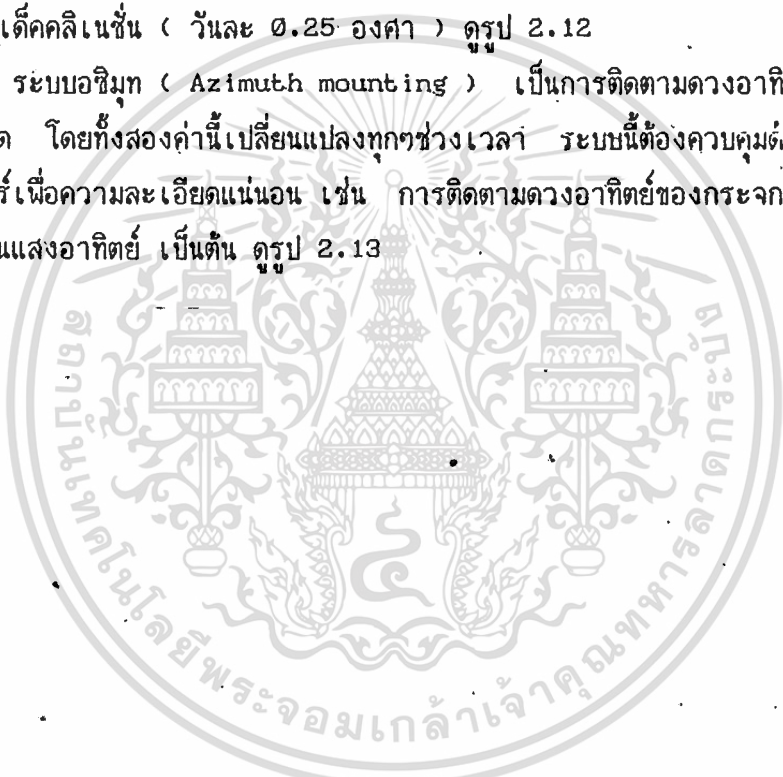
2.3 การติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์แบบ solar cell

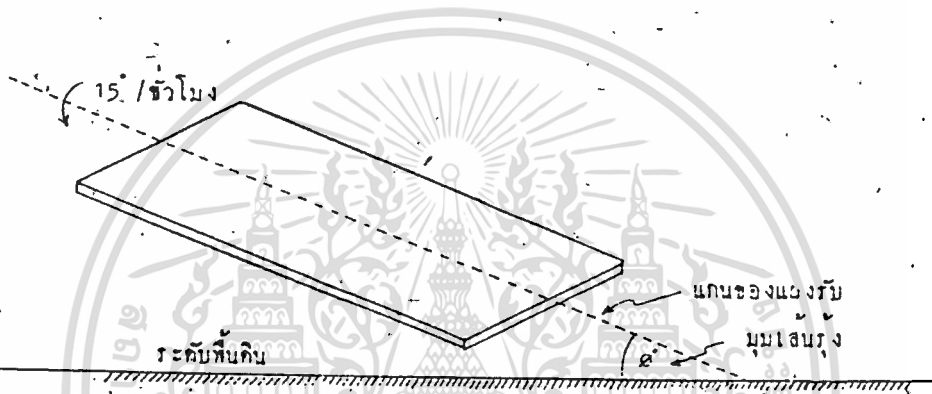
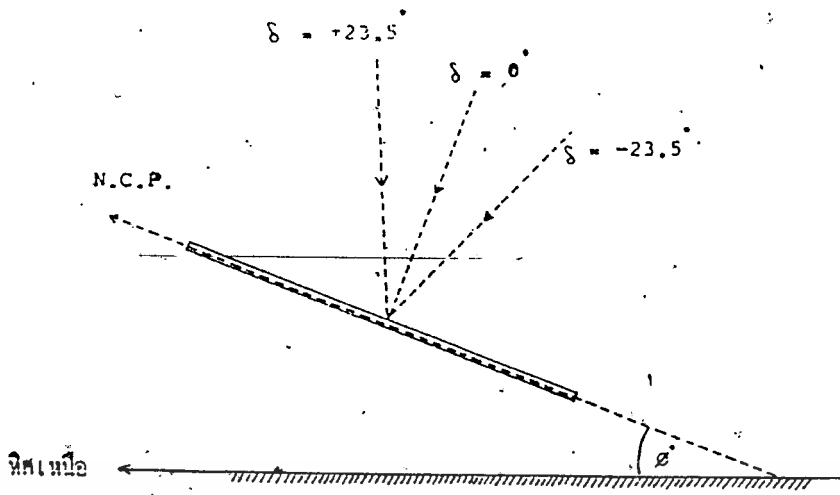
2.3.1 ในกรณีที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะต้องวางให้แกนของแผงรับอยู่ในแนวเหนือใต้ คือ มุมเอียงเท่ากับศูนย์องศา และแกนของแผงรับทำมุมยกขึ้นกับพื้นดินเท่ากับเส้นรุ้งของตำบลนั้น เช่น ที่กรุงเทพฯ มุมอัลติจูดเท่ากับ 14 องศา จึงต้องวางให้แกนของแผงรับชี้ไปทางเหนือ และทำมุมยกขึ้น 14 องศา

2.3.2 กรณีติดตั้งให้หมุนติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) มีสองระบบคือ

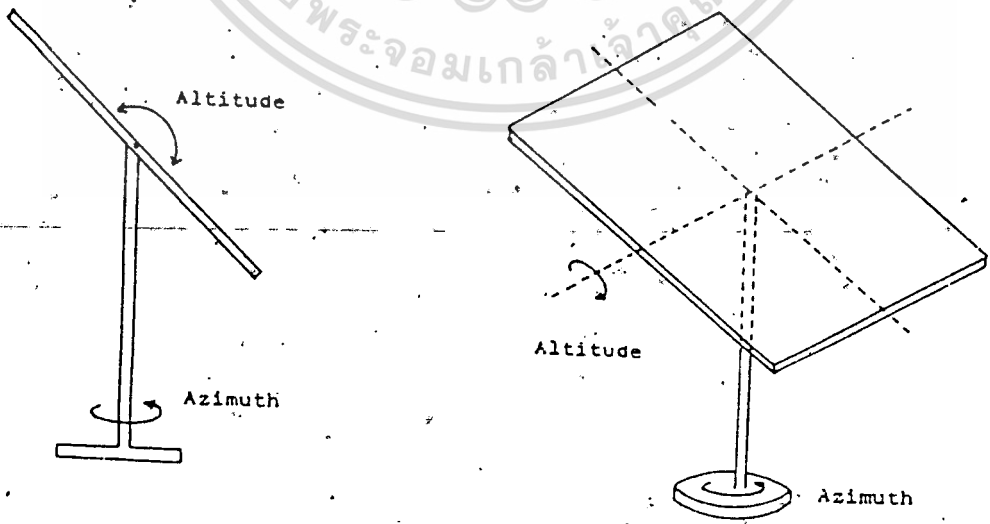
- ระบบอีควาเตอร์ (Equatorial mounting) ติดตั้งแบบเดียวกับกรณีติดตั้งอยู่กับที่ เพียงแต่ใช้อุปกรณ์ขับให้แผงรับแสงหมุนรอบแกนของแผงด้วยอัตราวันละ 1 รอบ และในกรณีต้องการให้ถูกต้องมากขึ้น (เช่น การจัดรังสีตรง) ก็ต้องปรับให้เคลื่อนตามดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล คือ มุมเด็คคลิเนชัน (วันละ 0.25 องศา) ดูรูป 2.12

- ระบบอิมัท (Azimuth mounting) เป็นการติดตามดวงอาทิตย์ในระบบมุมอิมัทและอัลติจูด โดยทั้งสองค่านี้เปลี่ยนแปลงทุกๆช่วงเวลา ระบบนี้ต้องควบคุมด้วยอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อความละเอียดแน่นอน เช่น การติดตามดวงอาทิตย์ของกระจกสะท้อนแสงในระบบหอนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ดูรูป 2.13





รูป 2.12 แสดง Equatorial mounting หรือ ระบบเส้นศูนย์สูตร



รูป 2.13 แสดง Azimuth mounting หรือ ระบบเส้นท้องฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การวัดรังสีดวงอาทิตย์

เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเทอร์โมจังชัน (Thermojunction) ซึ่งมีหลักการทำงานโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ มีลักษณะเป็นโลหะพิเศษชุบสารเคมีให้มีผิวสีดำและสีขาวสลับกัน ซึ่งมีผลให้เกิดแรงดันทางไฟฟ้าเล็กน้อยแปรผันโดยตรงกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวโลหะ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้นี้จะถูกนำไปต่อเข้ากับเครื่องนับรังสี (Integrator) และเครื่องเขียนกราฟ (Recorder) เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่มีราคาสูงและต้องการกำลังคนในการเอาใจใส่ดูแลใกล้ชิดตลอดเวลา แบ่งได้เป็นสองชนิดคือ

2.4.1 เครื่องวัดรังสีรวม เรียกว่า ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้วัดรังสีรวมที่ตกบนพื้นราบแนวระดับโดยรอบทิศทาง และเฉพาะครึ่งทรงกลมของท้องฟ้า ไพราโนมิเตอร์นี้จะต้องมีควมทนทานต่อลมฟ้าอากาศได้ดีมาก นอกจากนี้บริเวณที่ตั้งเครื่องมือจะต้องไม่มีร่มเงาจากสิ่งแวดล้อม และต้องไม่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงสิ่งก่อสร้างที่ทาสีทึบสว่างด้วย หลักการทำงานโดยทั่วไปของไพราโนมิเตอร์คือ ส่วนมากเป็นเทอร์โมไพล์ (Thermopile) มี 50 รอยต่อ เทอร์โมไพล์นี้วางอยู่ใต้วงแหวนโลหะเงินพิเศษซึ่งยอมให้ความร้อนผ่าน แต่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ทั้งหมดนี้บรรจุอยู่ในโคมแก้วครึ่งทรงกลมสองชั้น เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 75 มิลลิเมตร แก้วดังกล่าวเป็นแก้วทำพิเศษ ซึ่งจะให้รังสีแสงแดดผ่านเฉพาะช่วงคลื่นสั้นระหว่าง 0.3 ไมโครเมตร ถึง 3 ไมโครเมตร (ดูรูป 2.14)

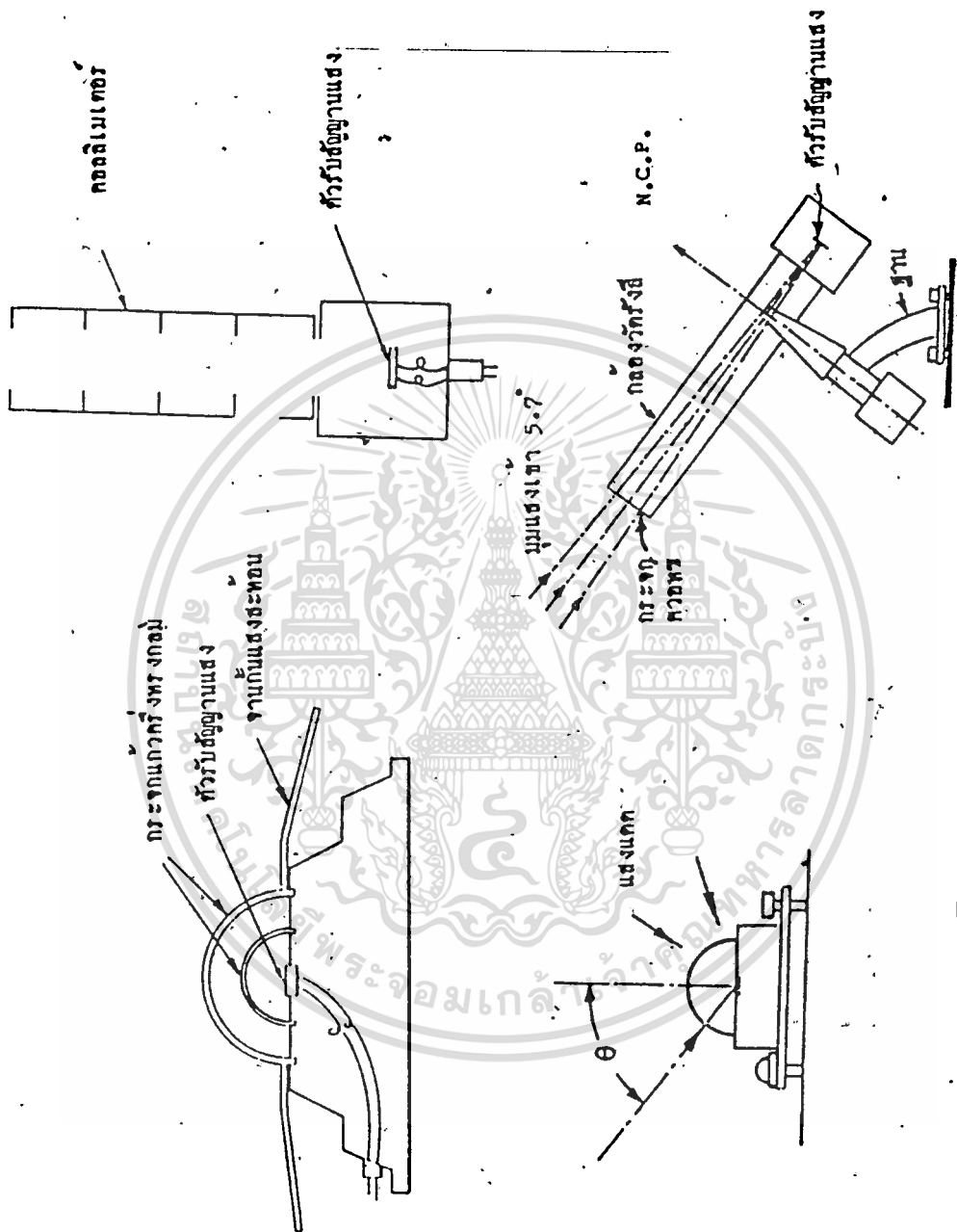
ส่วนวงแหวนโลหะเงินพิเศษนั้น จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ วงแหวนชั้นในและนอก วงในจะฉาบด้วยสีดำที่เรียกว่า Black lacquer ด้านหลังของวงแหวนนี้จะแตะกับ Hot junction ของเทอร์โมไพล์ วงแหวนส่วนนอกจะฉาบด้วยสีขาวเรียกว่า Magnesium oxide ซึ่งมีการสะท้อนแสงสูง ทำให้ตัวมันเหมือนหมึกดำ ด้านหลังของวงแหวนนี้จะต่อกับ Cold junction ของเทอร์โมไพล์ โวลเตจที่เกิดขึ้นจะเล็กน้อยแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรังสีแสงที่มากกระทบบ เมื่อนำไปต่อเข้ากับเครื่องบันทึกกราฟและเครื่องนับพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ ก็สามารถทราบพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ได้ ดูรูป หน่วยที่วัดคือ W/m^2 , $MJ/m^2 - day$, $Cal/cm^2 - min$

2.4.2 เครื่องวัดรังสีตรง เรียกว่า ไพริลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer) หรือ บางทีเรียกว่า แอกติโนมิเตอร์ (Actinometer) มีหลักการทำงานเหมือนเครื่องวัดรังสีรวม แต่ในเครื่องวัดรังสีตรงนั้น ผิวที่รับแสงจะตั้งฉากกับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดเวลาที่วัด โดยที่รังสีแสงแดดจะต้องผ่านช่องท่อสำหรับแสงเข้า (Collimated aperture) ดังนั้น พลังงานที่วัดได้จะเป็นรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น มุมรับแสงที่ปากกล้องเท่ากับ 5.7 องศา

ในการวัดรังสีตรงในระยะเวลาสั้นๆ กล้องนี้สามารถรับมุมซิมุมและมุมอัลติจูดได้ แต่ในกรณีที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่อง จะต้องติดตั้งกับเครื่องติดตามดวงอาทิตย์โดยวิธี Equatorial mounting โดยให้แกนหลักวางขนานกับแกนหมุนของโลก และข้อสำคัญที่สุดก็คือ แกนหลักนี้จะต้องวางให้อยู่ในแนวเหนือใต้ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งมุมเอียงจะต้องเท่ากับมุมเส้นรุ้งของตำแหน่งที่ตั้งเครื่องดังกล่าว นอกจากนี้ ฐานที่ตั้งจะต้องอยู่ในแนวระดับ และมีคนแข็งแรง ดูรูป 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.14 แสดงเครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์

2.5 การระเหย

พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปรังสีตรงและรังสีกระจาย รังสีตรง คือรังสีที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง ส่วนรังสีกระจาย เป็นรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ โดยการสะท้อน ตลอดจนการกระจายของแสงเมื่อผ่านบรรยากาศ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า รังสีรวม

อนึ่ง พลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง เวลาและสภาพภูมิอากาศของ ประเทศนั้นๆสำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ประมาณเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 101 องศาตะวันออก จึงจัดได้ว่าเป็นประเทศที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มาก แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนจึงมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าอยู่มาก ทำให้ค่ารังสีตรงมีค่าไม่มากนัก โดยทั่วไปพบว่า ค่ารังสีรวมเฉลี่ยต่อวันจะมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน คือประมาณ 20 MJ/m^2 ส่วนค่าเฉลี่ยต่อวันต่ำสุด ประมาณ 15 MJ/m^2 ในขณะที่ค่ารังสีกระจาย มีค่าเฉลี่ยต่อวันประมาณ 8.4 MJ/m^2

EXELL^{๕๖} ได้วัดและหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีรวม ที่จังหวัดต่างๆของประเทศไทยดังแสดงในตารางข้างล่าง

ตาราง 2.1 แสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จังหวัดต่างๆต่อวัน (10 ชั่วโมง)

จังหวัด	พลังงานแสงอาทิตย์	
	$\text{cal/cm}^2 \text{ d}$	$\text{MJ/m}^2 \text{ d}$
กรุงเทพฯ	400	16.8
เชียงใหม่	414	17.4
ขอนแก่น	413	17.3
สงขลา	399	16.7
เฉลี่ย	406.5	17.0

จากตารางพบว่าค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเป็น $406.5 \text{ cal/cm}^2 \text{ d}$ หรือ $17.0 \text{ MJ/m}^2 \text{ d}$ เมื่อเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานจากเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซหรือน้ำมันเตา ซึ่งมีค่าความร้อนจำเพาะประมาณ 42 MJ/kg จะเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรต่อวัน สามารถทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงได้ 0.4 kg (เมื่อยังไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงาน) เมื่อเครื่องกลันได้รับรังสีทั้งตรงและกระจายจากดวงอาทิตย์รวมทั้งการแผ่รังสีอินฟราเรดจากสิ่งแวดล้อม รังสีที่มีความยาวคลื่นมากจะถูกดูดซับโดยแผ่นเอกสารเป็นเอกสารทสวงนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักเรียนเห็นประโยชน์ของการนำไฟฟ้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจก รังสีที่เหลือส่วนหนึ่งจะส่องถึงผิวน้ำ อีกส่วนหนึ่งจะส่องทะลุถึงพื้นเครื่องกลั่นและถูกดูดซับไว้ สำหรับพลังงานที่ถูกดูดซับที่พื้นเครื่องกลั่นนั้น ส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปกับจนวนโดยการนำความร้อน อีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับมายังผิวน้ำ ทำให้น้ำเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำที่อยู่บริเวณผิวหน้าจะระเหยกลายเป็นไอและเพิ่มความชื้นมากยิ่งขึ้น ไอน้ำที่ระเหยนี้จะลอยตัวขึ้นสูงมากกระทบกับฝาปิดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้อิอน้ำเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับฝาปิดแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เมื่อหยดน้ำมีปริมาณมากพอ มันก็จะรวมตัวกันแล้วไหลลงมาตามความลาดเอียงของแผ่นกระจก ลงมารวมกันที่รางรับน้ำกลั่นซึ่งจะต่อท่อมาเข้าภาชนะบรรจุ น้ำกลั่นที่ได้นี้มักจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในสองลักษณะคือ ลักษณะแรกทำจากน้ำดิบ (น้ำไม่สะอาด) หรือน้ำทะเลสำหรับแหล่งที่หาน้ำจืดได้ยาก เช่น บริเวณที่ฝนตกน้อย บริเวณทะเลทราย บริเวณเกาะกลางทะเลที่น้ำจืดมีราคาแพง สถานีขุดเจาะน้ำมัน บนเรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ เป็นต้น อีกลักษณะหนึ่งก็คือ การผลิตน้ำกลั่นที่มีคุณภาพสูงเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ โรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงพยาบาล เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การสร้างและการคำนวณ

3.1 การสร้าง

ในการออกแบบสร้างเครื่องกลั่นน้ำนี้ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น องค์ประกอบทางด้านเศรษฐกิจ สภาพแวดล้อม ประสิทธิภาพ และความคงทนถาวรของวัสดุ ฯลฯ จากการศึกษารายงานการวิจัยเกี่ยวกับเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มีผู้จัดทำไว้ จึงได้นำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำต้นแบบซึ่งเป็นแบบเคลื่อนที่ได้ มีขนาดพื้นที่ผิวรับแสงประมาณ 1.4 ตร.เมตร วางอยู่ในแนวอ่อน วัสดุที่ใช้ทำตัวถังได้เลือกใช้แผ่นสแตนเลส ซึ่งมีข้อดีในด้านความทนทาน ปลอดภัย และขึ้นรูปได้ง่าย ร้อยต่อต่างๆ ได้ใช้วิธีการบัดกรีด้วยตะกั่วให้สนิทแน่น ด้านผนังข้างทั้งสี่ด้านบุด้วยโพลีสไตรีนโฟมหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตรเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน พื้นด้านใต้บุด้วยโพลีสไตรีนโฟมเช่นกัน แต่มีความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อช่วยป้องกันการเสียรูปร่างของตัวถังสแตนเลส เนื่องจากน้ำหนักของปริมาณน้ำดิบ เพราะแผ่นสแตนเลสที่ใช้ทำตัวถังมีขนาดค่อนข้างบาง (ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร) ส่วนผิวรับแสงอาทิตย์ได้เลือกใช้ผ้าพลาสติกทนความร้อนสีดำ หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร เพราะจากการศึกษารายงานพบว่า มีประสิทธิภาพในการดูดแสงค่อนข้างสูงกว่าวัสดุอื่นเช่น ถ่านไม้ ซีเมนต์เคลือบ หรือยางมะตอย อีกทั้งอายุการใช้งานก็มีระยะเวลาค่อนข้างนาน สำหรับพื้นผิวภายในหลังที่ทำหน้าที่ช่วยสะท้อนแสงนั้น พบว่า ถูบด้วยผ้าฝ้ายสีดำจะทำให้เครื่องกลั่นมีอัตราการกลั่นสูงขึ้นจากเดิมประมาณ 2% เพราะผ้าฝ้ายสีดำจะช่วยดูดแสงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นสูงขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยดูดซับน้ำดิบขึ้นมาระเหยอีกด้วย สำหรับตัวถังภายนอก ได้เลือกใช้แผ่นเหล็กดำธรรมดา ซึ่งมีความหนาประมาณ 0.8 มิลลิเมตร เพื่อจุดประสงค์ในด้านความประหยัด สำหรับปัญหาด้านการเกิดสนิมนี้ ได้แก้ไขโดยการทาสีกันสนิมบนตัวถังภายนอกทั้งหมด ทั่วถึงทั้งภายนอกและภายในจะถูกรองรับด้วยเหล็กฉากขนาด 1 นิ้วที่ทำเป็นโครงไว้โดยรอบเพื่อความแข็งแรง

ส่วนฝาปิด ได้พิจารณาเลือกใช้แผ่นกระจกใสที่มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร เพราะถึงแม้ว่าจะมีราคาแพง และต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงานสูงเนื่องจากแตกง่าย แต่แผ่นกระจกมีข้อดีคือ มีสภาพการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ทำให้มีอัตราการกลั่นที่สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ แผ่นกระจกยังมีความคงทนและทำความสะอาดง่ายอีกด้วย

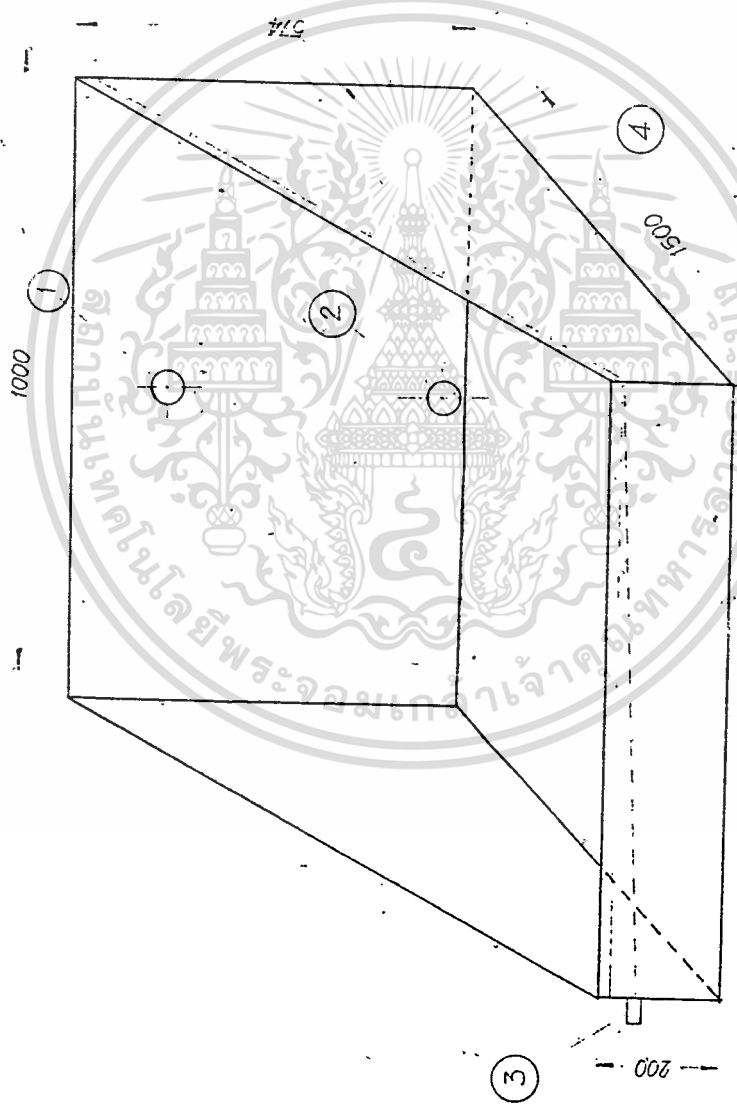
อนึ่ง วัสดุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ทำฝาปิดก็คือแผ่นพลาสติกใส เพราะมีราคาไม่แพง อายุการใช้งานสั้น ไม่ผุพัง แต่ก็มีข้อเสียคือมีสภาพการส่งผ่านรังสีต่ำกว่าแผ่นกระจก นอกจากนี้ ถ้าวางแผ่นพลาสติกให้เอียงทำมุมต่ำๆ หยดน้ำที่กลั่นตัวบนผิวมักจะหยดลงสู่พื้นเครื่องกลั่นมากกว่าที่จะรวมตัวกันแล้วไหลไปตามผิว ทำให้ได้อัตราการกลั่นที่น้อยลง

สำหรับมุมเอียงที่เหมาะสมของแผ่นกระจกใสจะอยู่ประมาณ 14 องศา เพราะว่า ถ้าหากเอียงเป็นมุมชันกว่านี้ ไอน้ำที่ระเหยขึ้นมาจะเกาะกับผิวกระจกได้ยาก แต่ถ้าเอียงเป็นมุมต่ำกว่านี้ หยดน้ำที่กลั่นตัวบนผิวกระจกจะไหลลงรางได้ช้า และอาจหยดกลับลงสู่พื้นเครื่อง

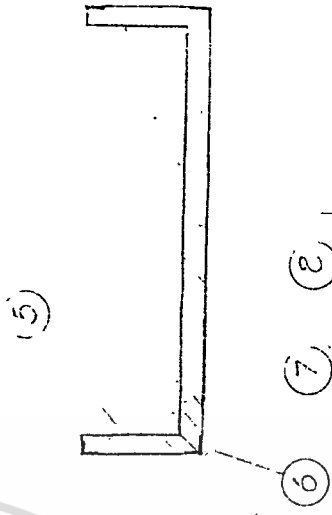
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ก่อเริ่มหน้าตัด
2. หักมุมบนหน้าตัด
3. กางและทอส่วนที่ 4
4. แผงกระดาษของเขยอนซ์จึมิ. ๕๐.๓
5. แผงกระดาษ. ๔.๕.๕
6. ตรีศกวม
7. แผงเหล็ก
8. ไซลิ่งสี่เหลี่ยม



รูป ๓.๑ แสดงลักษณะของเครื่องกลั่น



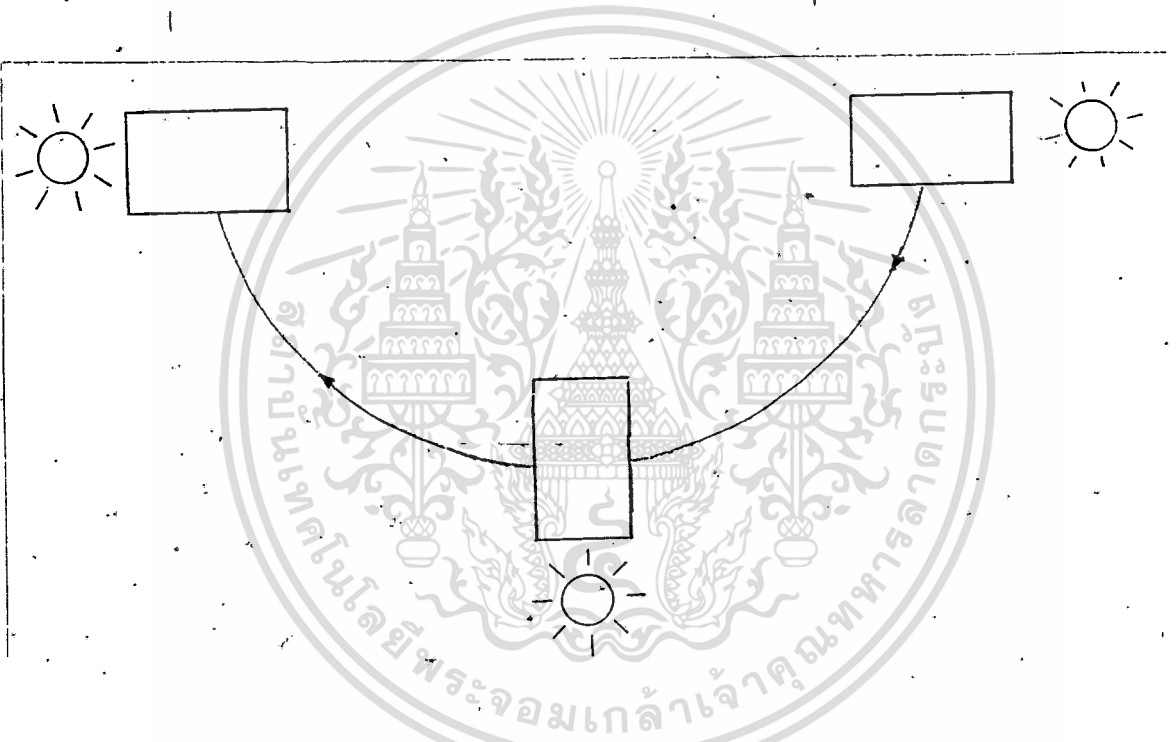
รูปที่ 2' แสดงภาคตัดขวางของเครื่องกลั่น

รูปที่ 1 แสดงแผนภาพเครื่องกลั่น

กลับหรือระเหยเป็นไอไปอีกครั้ง

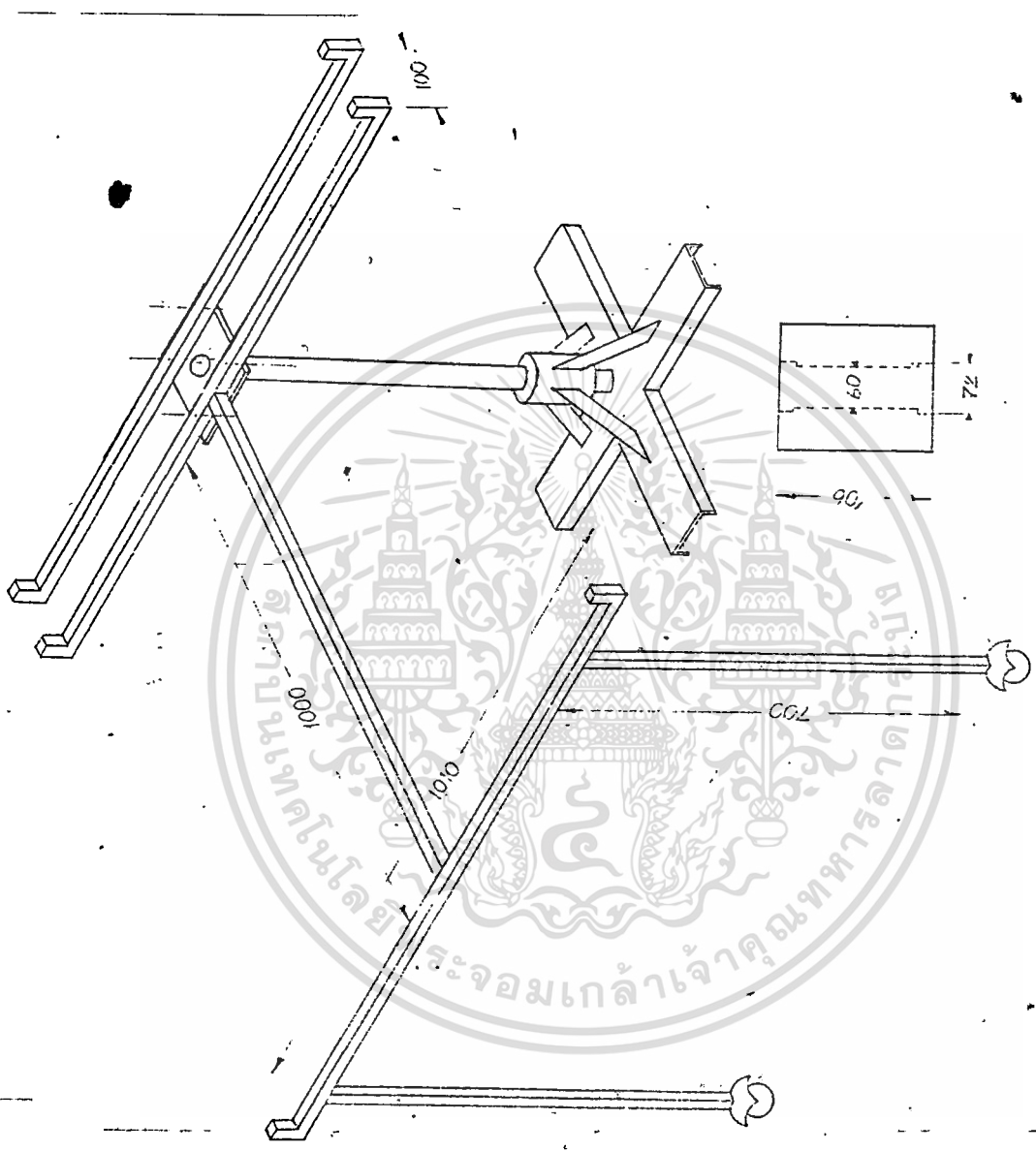
3.2 การติดตามดวงอาทิตย์

เนื่องจากลักษณะของ เครื่องกลั่น เป็นเครื่องแบบที่ทำการกลั่นในแนวระนาบ ดังนั้น ในการติดตามดวงอาทิตย์ ลักษณะของตัวถังก็ต้องอยู่ในแนวระนาบตลอดเวลา ไม่เช่นนั้น เครื่องกลั่นก็ไม่สามารถที่จะทำการกลั่นได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้ เครื่องกลั่นหมุนติดตามดวงอาทิตย์เป็นรูปครึ่งวงกลมในแนวระนาบ ดังรูป 3.2



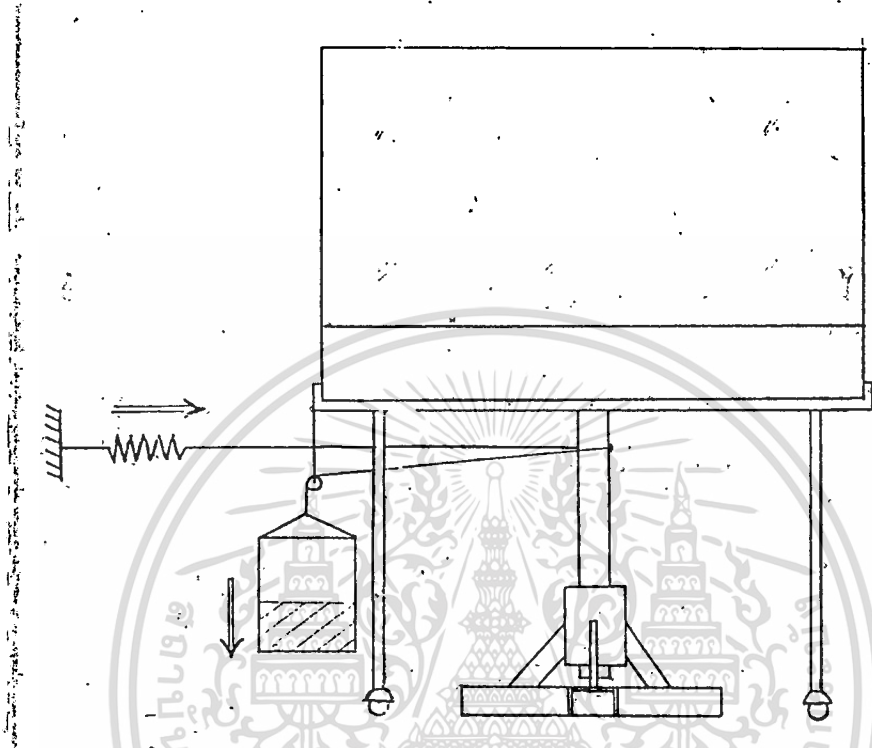
รูป 3.2 การติดตามดวงอาทิตย์ในแนวระนาบ

เพื่อที่จะให้ เครื่องกลั่นน้ำนี้สามารถหมุนได้ จึงได้ออกแบบระบบรองรับซึ่งประกอบด้วยเพลลาและแบร็ง ประกอบเข้าด้วยกันดังรูป 3.3 และยังได้ทำลูกล้อติดบริเวณโครงเหล็กด้านหน้า เพื่อช่วยรับแรง และช่วยให้การหมุนเป็นไปได้โดยสะดวกยิ่งขึ้น



รูป 3.3 แสดงระบบรองรับของเครื่องกลั่น

ส่วนระบบควบคุมการหมุน ได้ออกแบบที่จะให้เครื่องกลั่นน้ำนี้หมุน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำที่กลั่นได้กับกลไกแบบคานระหว่างถังรับน้ำกลั่นและเพลาของเครื่องกลั่น ดังรูป 3.4



รูป 3.4 ระบบควบคุมการหมุน

จากรูปแสดงระบบควบคุมการหมุน สามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เริ่มจากในเวลาเช้า เครื่องกลั่นจะหันด้านหน้าไปรับแสงอาทิตย์ทางทิศตะวันออก เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเครื่องกลั่นและถูกดูดซับไว้ จะมากขึ้นเรื่อยๆ การกลั่นก็จะเริ่มต้นขึ้นแล้วดำเนินต่อไปจนเมื่อน้ำหนักของน้ำกลั่นในถังมากพอที่จะเอาชนะแรงต้านจากสปริง เครื่องกลั่นก็จะเริ่มหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เป็นการเริ่มต้นการติดตามดวงอาทิตย์ โดยน้ำหนักของน้ำกลั่นที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆนี้จะ เป็นตัวที่ทำให้เครื่องกลั่นหมุนติดตามดวงอาทิตย์ไปเรื่อยๆเช่นเดียวกัน

จนกระทั่งตอนเย็น เมื่อนำน้ำกลั่นออกจากถังไปใช้งาน แรงจากสปริงก็จะดึงให้เครื่องกลั่นหมุนกลับไปยังจุดเริ่มต้นในตอนเช้าดังเดิม วัฏจักรการทำงานก็จะเริ่มขึ้นใหม่ในวันต่อไป

3.3 การคำนวณ

เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น และคำนวณหาอัตราการกลั่นโดยประมาณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{efficiency } (\eta) = \frac{\text{useful heat gain}}{\text{total radiation incident on the cover}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ I_c = total radiation incident on the cover
 A_c = cover surface area
 $(\tau\alpha)$ = transmittance-absorptance product of the cover and absorbing surface

q_1 = total heat loss through six surfaces of the still

ค่า q_1 นี้ มีค่าเท่ากับค่า heat loss ที่สูญเสียไปกับผนังทั้งสี่ด้าน รวมกับ heat loss ที่สูญเสียผ่านพื้นเครื่องกลั่นและฝาปิด ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$q_1 = k_i \Delta t_i A_i / x_i$$

โดยที่ k_i = thermal conductivity of the insulator
 Δt_i = temperature difference across the insulator

A_i = area of the insulator

และ x_i = thickness of the insulator

heat loss ที่สูญเสียผ่านฝาปิด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q_c = [h_w (T_c - T_a) + h_r (T_c - T_{sky})] A_c$$

โดยที่ $h_w = 5.7 + 3.8V$ W/m² K

V = wind speed in m/s

T_c = temperature of the outside surface of the cover

T_a = atmospheric temperature

$$h_r = 6\epsilon (T_c^2 + T_{sky}^2) (T_c + T_{sky})$$

6 = Stefan-Boltzman constant

ϵ = emittance of the cover

$$T_{sky} = sky\ temperature = T_a - 6 \quad \text{deg.K}$$

ส่วนอัตราการกลั่นโดยประมาณ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง

$$\text{useful heat gain} = [m h_{fg} + m C (T_w - T_a)]$$

โดยที่ m = rate of distillation

h_{fg} = latent heat of vaporization

C = specific heat of raw water

T_w = surface temperature of raw water in the still

$$\text{ดังนั้น } m = [\tau\alpha * I_c * A_c] / [h_{fg} + C (T_w - T_a)]$$

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

เมื่ออุปกรณ์ได้ถูกสร้างขึ้นจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ได้เริ่มทำการทดลอง ณ บริเวณตาดฟ้าของอาคารเรียน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง น้ำดิบที่นำมาทำการทดลองคือน้ำบาดาล เนื่องจากสะดวกแก่การขนย้าย การทดลองจะเริ่มประมาณ 8.30 น. ของทุกวัน โดยการเติมน้ำดิบเข้าไปในเครื่องกลั่นให้ได้ระดับความลึกตามที่ต้องการ ที่ระดับความลึกหนึ่งๆ จะทำการทดลอง 3 ครั้ง การเก็บน้ำตัวอย่างจะกระทำในเวลาประมาณ 8.15 น. ของอีกวันหนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณน้ำกลั่นคือ บีกเกอร์แก้วขนาด 500 มิลลิลิตร เริ่มทำการทดลองเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2531 สิ้นสุดการทดลองในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2531 ผลการทดลองดังปรากฏในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ตามลำดับ



ตารางที่ 4.1
ผลการทดลองขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่

ระดับน้ำดิบ(cm)	ปริมาณน้ำกลั่น(ลิ)	ค่าเฉลี่ย(ลิ)	ลักษณะอากาศ
1	1.40		อากาศแจ่มใส
1	1.54	1.40	อากาศแจ่มใส
1	1.26		มีเมฆบางส่วน
2	2.13		อากาศแจ่มใส
2	2.25	2.13	อากาศแจ่มใส
2	2.02		อากาศแจ่มใส
3	2.90		อากาศแจ่มใส
3	2.41	2.75	มีเมฆมาก
3	2.94		อากาศแจ่มใส
4	1.78		มีเมฆบางส่วน
4	1.85	1.83	อากาศแจ่มใส
4	1.86		อากาศแจ่มใส
5	1.95		อากาศแจ่มใส
5	2.03	1.92	อากาศแจ่มใส
5	1.78		มีเมฆมาก

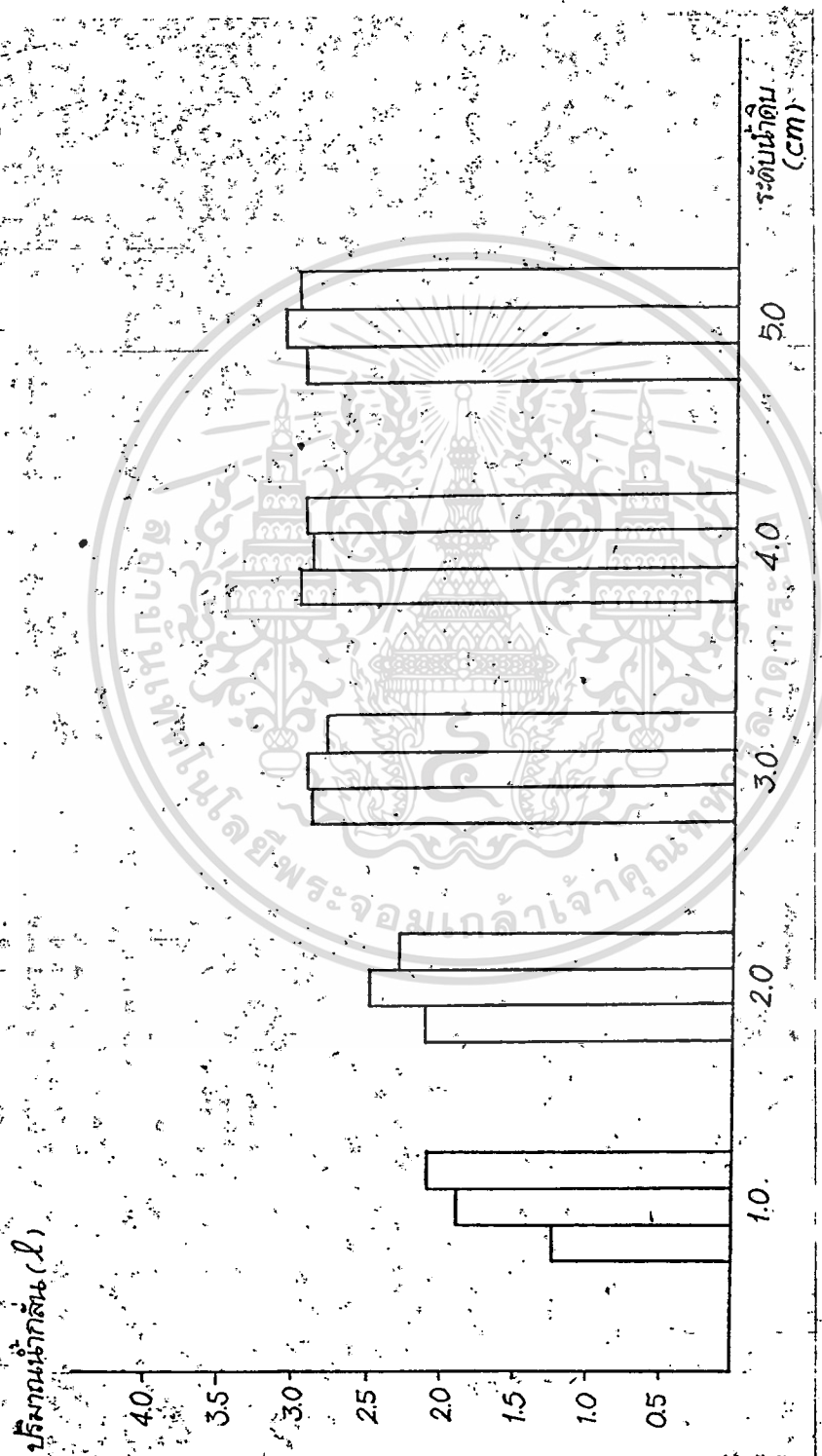
ตารางที่ 4.2

ผลการทดลองขณะเครื่องกลั่นนมตามดวงอาทิตย์

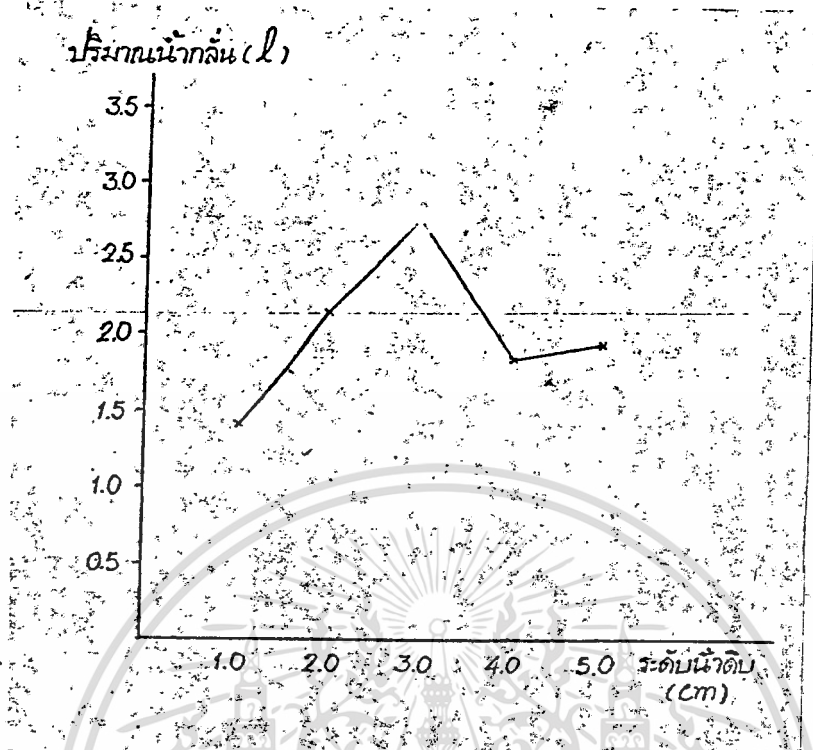
ระดับน้ำดิบ(cm)	ปริมาณน้ำกลั่น(l)	ค่าเฉลี่ย(l)	ลักษณะอากาศ
1	1.20	1.70	มีเมฆมาก
1	1.85		อากาศแจ่มใส
1	2.05		มีเมฆบางส่วน
2	2.13	2.27	มีเมฆมาก
2	2.45		อากาศแจ่มใส
2	2.24		อากาศแจ่มใส
3	2.86	2.83	อากาศแจ่มใส
3	2.88		อากาศแจ่มใส
3	2.76		มีเมฆบางส่วน
4	2.94	2.90	อากาศแจ่มใส
4	2.85		อากาศแจ่มใส
4	2.90		อากาศแจ่มใส
5	2.90	2.97	มีเมฆบางส่วน
5	3.05		อากาศแจ่มใส
5	2.95		มีเมฆบางส่วน



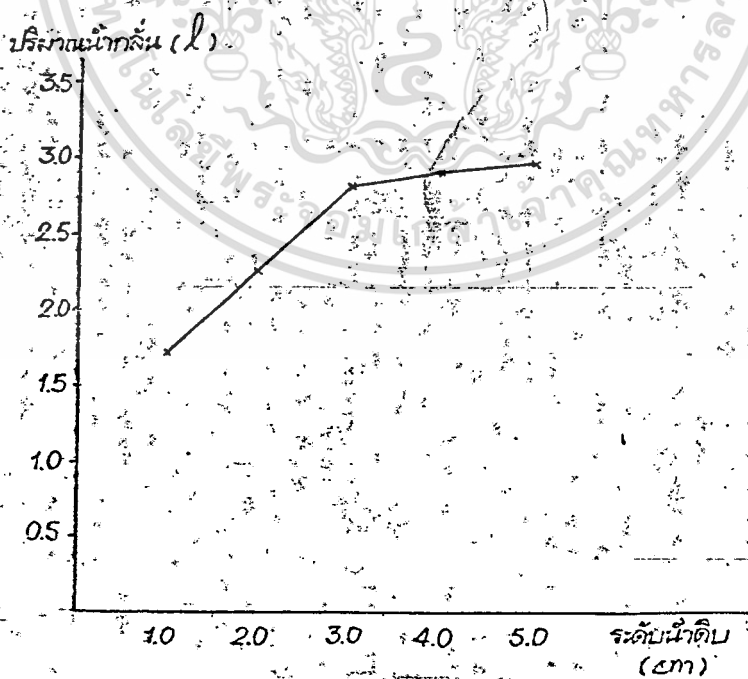
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่น (1) กับระดับหัตถิ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่



รูป 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่น (ลิ) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์



รูป 4.3 ก. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่นโดยเฉลี่ย (l) กับระดับน้ำดิบ (cm) ในเครื่องกลั่น ขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่

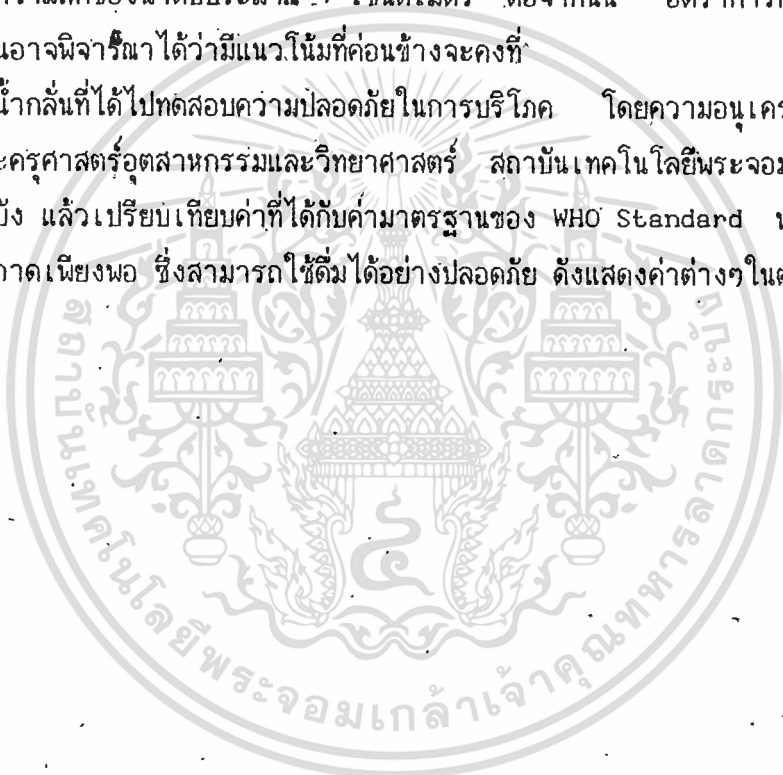


รูป 4.3 ข. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกลั่นโดยเฉลี่ย (l) กับระดับน้ำดิบ (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ได้ จากรูป 4.3 ก. พบว่า ขณะเครื่องกลั่นอยู่กับที่ จะได้อัตราการกลั่น โดยเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 2.75 ลิตรต่อวันที่ระดับความลึกของน้ำดิบ 3 เซ็นติเมตร ในขณะที่เดียวกันถ้าเครื่องกลั่นหมุนตามดวงอาทิตย์ จากรูป 4.3 ข. ผลปรากฏว่าอัตราการกลั่นโดยเฉลี่ยจะสูงขึ้นกว่าเดิมที่ทุกระดับความลึกของน้ำดิบ และที่ระดับความลึก 5 เซ็นติเมตร จะให้อัตราการกลั่น โดยเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 2.97 ลิตรต่อวัน นอกจากนี้ จากรูป 4.1 จะเห็นว่าในขณะที่เครื่องกลั่นอยู่กับที่ ถ้าระดับความลึกของน้ำดิบเพิ่มขึ้น อัตราการกลั่นที่ได้จะเพิ่มขึ้น จนถึงที่ระดับความลึก 4 เซ็นติเมตร อัตราการกลั่นจะเริ่มลดลงเล็กน้อย ส่วนเครื่องกลั่นที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์นั้น จากรูป 4.2 พบว่า ถ้าเพิ่มระดับน้ำดิบในเครื่องกลั่นให้มากขึ้น อัตราการกลั่นก็จะมากขึ้นไปด้วยจนถึงระดับความลึกของน้ำดิบประมาณ 4 เซ็นติเมตร ต่อจากนั้น อัตราการกลั่นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนอาจพิจารณาได้ว่ามีแนวโน้มที่ค่อนข้างจะคงที่

เมื่อนำน้ำกลั่นที่ได้ไปทดสอบความปลอดภัยในการบริโภค โดยความอนุเคราะห์ของภาค วิชาเคมี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับค่ามาตรฐานของ WHO Standard พบว่าน้ำกลั่นที่ได้นั้นมีความสะอาดเพียงพอ ซึ่งสามารถใช้ดื่มได้อย่างปลอดภัย ดังแสดงค่าต่างๆในตาราง 4.3



physical and chemical properties	tested water		WHO standard maximum
	raw	distilled	
pH	7.2	7.2	6.5-9.2
total solid mg/l	20	5	500
hardness(as CaCO ₃) mg/l	110	32	100
iron (as Fe) mg/l	0.33	0.084	0.10
chloride(as Cl) mg/l	120	1.0	200

ตาราง 4.3 ตารางวิเคราะห์ผลการทดสอบน้ำกลั่น

ทางเศรษฐิจจึงยังไม่แพร่หลายนัก ส่วนใหญ่จึงเป็นการสร้างเพื่อทำการศึกษาและวิจัย หรือเพื่อใช้ในลักษณะงานพิเศษเฉพาะอย่าง

2. ปัญหาเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง จากการศึกษาผลงานที่ได้เคยมีผู้ทำมาในอดีต จะเห็นได้ว่า เครื่องกลั่นแบบอยู่กับที่ที่ตัวถังสร้างด้วยอิฐฉาบปูนจะมีข้อได้เปรียบตรงที่มีอายุการใช้งานนานกว่า อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการรั่วบริเวณรอยต่ออีกด้วย ซึ่งเครื่องกลั่นที่ตัวถังทำจากแผ่นโลหะจะมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องนี้มากกว่า

3. จากผลการทดลอง ปริมาณน้ำกลั่นที่ได้รับในแต่ละวันจะแตกต่างกันออกไป ซึ่งนอกจากลักษณะภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งแล้ว เราอาจสังเกตพบจากผลการทดลองได้ว่า ปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จะแตกต่างกันออกไปตามความลึกของระดับน้ำดิบที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องกลั่นที่อยู่กับที่ จะให้อัตราการกลั่นสูงขึ้นเรื่อยๆเมื่อปริมาณน้ำดิบในเครื่องกลั่นเพิ่มขึ้น แล้วอัตราการกลั่นจะค่อยๆลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุว่า ที่ระดับความลึกของน้ำมากขึ้น ปริมาณน้ำดิบในเครื่องกลั่นก็จะมีมากขึ้น แต่เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูง ดังนั้น น้ำที่มีปริมาณมากจึงต้องการปริมาณความร้อนมากขึ้นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนเพียงพอต่อการเกิดการระเหย ด้วยเหตุนี้จึงอาจเป็นสาเหตุให้อัตราการกลั่นลดลง

ส่วนเครื่องกลั่นที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์นั้น สามารถรับปริมาณความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้มากกว่า จึงทำให้อัตราการกลั่นโดยเฉลี่ยดีกว่า นอกจากนี้ อัตราการกลั่นยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับน้ำดิบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆด้วย

อย่างไรก็ดี ผลการทดลองอาจมีโอกาที่จะผิดพลาดได้ เนื่องจากระยะเวลาในการทำการทดลองและเก็บข้อมูลค่อนข้างน้อย ค่าที่ได้จากการทดลองจึงอาจคลาดเคลื่อนไปบ้าง

4. จากการทดลอง พบว่า น้ำกลั่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นหยดน้ำไหลอย่างช้าๆที่ละหยด น้ำกลั่นหยดแรกจะเกิดขึ้น เมื่อน้ำดิบในเครื่องกลั่นได้รับปริมาณความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์มากเพียงพอแก่การระเหย ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาพอสมควร อีกประการหนึ่ง ในการทดลองครั้งนี้ เครื่องกลั่นที่สร้างขึ้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีน้ำหนักมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การติดตามดวงอาทิตย์ของเครื่องกลั่นโดยวิธีที่ได้เสนอไปนั้น ไม่อาจกระทำได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในการทำการทดลองจึงได้แก้ปัญหานี้โดยการให้เครื่องกลั่นติดตามดวงอาทิตย์โดยอาศัยคนเป็นผู้ทำการหมุนแทน โดยที่ลักษณะของการหมุนยังคงเป็นไปในรูปเดิม คือ ติดตามดวงอาทิตย์เป็นรูปครึ่งวงกลมในแนวระนาบนอน

5. เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลงานวิจัยที่มีผู้ทำมาในอดีต (หัวข้อ 1.3 บทที่ 1) พบว่า ในการทดลองครั้งนี้ ได้อัตราน้ำกลั่นโดยเฉลี่ยสูงสุดขณะเครื่องกลั่นหมุนตามดวงอาทิตย์ ที่ระดับน้ำดิบ 5 เซ็นติเมตรมีค่าเท่ากับ 2.97 ลิตร หรือ เท่ากับ 2.1 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน (ขนาดของพื้นที่รับแสงประมาณ 1.4 ตร. เมตร) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบที่มีฝาปิดทำด้วยอะคริลิคพลาสติก ของนายสุวรรณ สุนทรรัตน์ ซึ่งได้อัตราการกลั่นสูงสุด ประมาณ 2 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน จึงเห็นได้ว่า เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบ

ให้กรจะยกเป็นฝาปิดในครั้งนี้ ให้อัตราการกลั่นโดยเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม สิ่งหนึ่งที่น่าจะมีให้อุดหนุนปัญหา และต้องอ้างอิงถึงอำนาจของเอกสารทดลองที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะในกรณีที่มีอาการทดลองเพิ่มเติมคือ

1. ทำการทดลองต่อจากการทดลองในครั้งนี้ โดยเพิ่มปริมาณน้ำดิบในเครื่องกลั่นให้มีระดับที่สูงขึ้นจาก 5 เซ็นติเมตร แล้ววัดอัตราการกลั่นที่ได้เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในครั้งนี้
2. สำหรับระบบการติดตามตัวอากาศ การใช้อุปกรณ์ภายนอกเป็นเครื่องมือทำการติดตามจะให้ผลการทดลองที่แม่นยำกว่า เช่น การชั่งด้วยมอเตอร์ในอัตราทดที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของเครื่องกลั่น ซึ่งเป็นมุม 180 องศาในแนวระนาบ



ภาคผนวก

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น จากสมการที่ได้กำหนดมาแล้วในหัวข้อ 3.3 เมื่อแทนค่าต่างๆที่ได้จากการทดลอง จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น และอัตราการกลั่นโดยประมาณได้ ค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองคือ

temperature of the water surface in the still (T_w)	= 65.0 C
temperature of the outside surface of the cover (T_c)	= 46.3 C
atmospheric temperature (T_a)	= 36.5 C
latent heat of vaporization of water (h_{fg})	= 2376 kJ/kg
specific heat of water (C)	= 4.19 kJ/kg K
wind speed (V)	= 4 m/s
total radiation incident on the cover (I_c)	= 775 W/m ²
cover surface area (A_c)	= 1.546 m ²
cover emissivity (ϵ)	= 0.90
transmittance-absorptance product ($\tau\alpha$)	= 0.80
insulator thermal conductivity (k)	= 0.037 W/m K
Stefan-Boltzman constant (σ)	= 56.7×10^{-9} W/m ² K ⁴
insulator thickness (x)	
bottom	= 0.050 m
wall	= 0.025 m

	inside surface temperature, C	outside surface temperature, C	surface area, m ²
front wall insulator	53.4	32.7	0.200
back wall insulator	63.3	30.2	0.574
left wall insulator	53.7	34.3	0.581
right wall insulator	53.1	35.3	0.581
bottom insulator	57.9	35.0	1.500

ต่อไปจะทำการคำนวณหาค่าต่างๆ ตามสมการในหัวข้อ 3.3 ดังนี้

1. ความร้อนที่สูญเสียไปกับผนังทั้ง 4 ด้าน (q_1) มีค่าเท่ากับ

$$0.037 [(53.4 - 32.7) 0.200 + (63.3 - 30.2) 0.574 + (53.7 - 34.3) 0.581 + (53.1 - 35.3) 0.581] / 0.025$$

$$= 65.89 \text{ W}$$

2. ความร้อนที่สูญเสียผ่านเพดาน (q_2) มีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

0.037 (57.9 - 35.0) / 0.050

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ผิดทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 16.95 W

3. ความร้อนที่สูญเสียผ่านฝาปิด (q_u) มีค่าเท่ากับ

[h_w (T_c - T_u) + h_r (T_c - T_{sky})] / A_c

h_w = 5.7+3.8 V
= 5.7+3.8 (4)
= 20.9 W/m² K

h_r = 6ε (T_c² + T_{sky}²) (T_c + T_{sky})
= 56.7*10⁻⁹ *0.9 (319.3² + 303.5²) (319.3+303.5)
= 6.17 W/m² K

ความร้อนที่สูญเสียผ่านฝาปิด มีค่าเท่ากับ

[20.9 (319.3-309.5) + 6.17 (319.3-303.5)] * 1.546
= 467.37 W

4. ความร้อนสูญเสียรวมทั้งหมด (q₁)

= 467.37 + 16.95 + 65.89
= 550.21 W

5. useful heat gain (q_u) มีค่าเท่ากับ

I_c (τα) A_c - q₁
= 772 * 0.8 * 1.546 - 550.21
= 404.60 W

6. ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น (η) มีค่าเท่ากับ

q_u / I_c A_c
= 404.6 / 772 * 1.546
= 0.339
= 33.90 %

7. อัตราการกลั่นโดยประมาณ มีค่าเท่ากับ

q_u / [h_{fg} + C (T_c - T_u)]
= 0.4046 / [2376 + 4.19 (338-309.5)]
= 0.000162 1/s
= 0.5832 1/hr

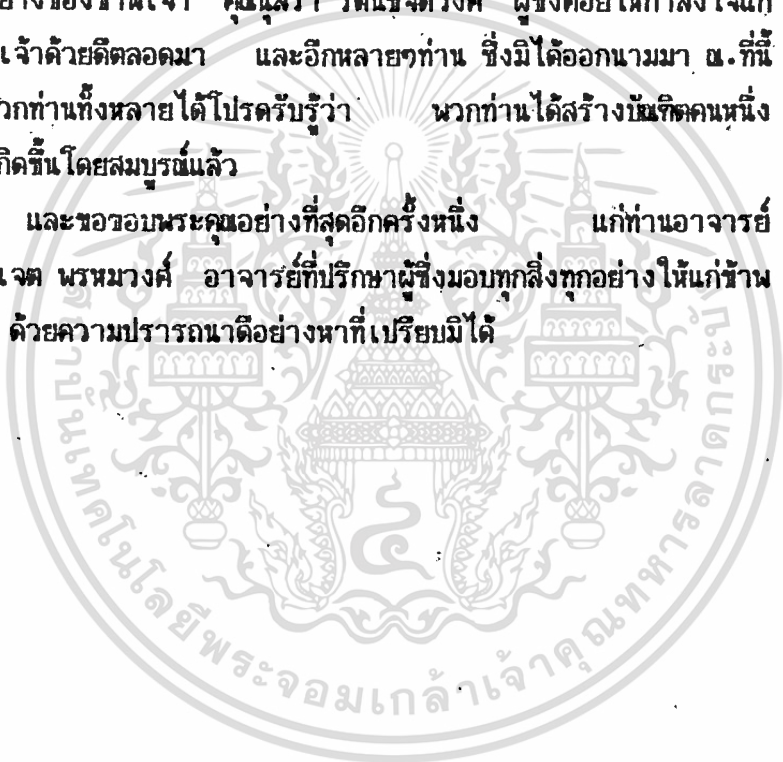
ดังนั้น เราจึงอาจคำนวณหาอัตราการกลั่นโดยประมาณ จากข้อมูลค่าต่างๆดังที่ได้เสนอมานี้แล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวเป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น จึงอาจผิดพลาดไปจากค่าที่แท้จริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ทั้งกำลังกายและกำลังใจที่มอบให้ จะอยู่ในความทรงจำของข้าพเจ้า ตลอดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณพ่อประสารและคุณแม่อุทร ผู้เป็นทุกอย่างทุกอย่างของข้าพเจ้า คุณเสรา รัตนะจิตวงศ์ ผู้ซึ่งคอยให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา และอีกหลายท่าน ซึ่งมีได้ออกนามมา ณ. ที่นี้ ขอทุกท่านทั้งหลายได้โปรดรับรู้ ว่า พวกท่านได้สร้างบัณฑิตคนหนึ่ง ให้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์แล้ว

และขอขอบพระคุณอย่างที่สุดอีกครั้งหนึ่ง แก่ท่านอาจารย์ พงษ์เจต พรหมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ซึ่งมอบทุกอย่างทุกอย่างให้แก่ข้าพเจ้า ด้วยความปรารถนาดีอย่างหาที่เปรียบมิได้



หนังสืออ้างอิง

1. กองแผนงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า " บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ของนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า " ปีการศึกษา : 2523-2524
2. สุวรรณ สุนทรรัตน์ และคณะ " การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่มีฝาปิดทำด้วยอะคริลิคพลาสติก " หนังสือประชุมวิชาการปัญหาพลังงานและการแก้ไข มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กรกฎาคม 2524
3. สมยศ ทัดเทียม และ ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ " การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ " บทความเสนอในการประชุมทางวิชาการ เทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาชนบท ครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กุมภาพันธ์ 2526
4. ธงชัย ศิริประยุกต์ " ผลงานแสงแดด " สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2528
5. รศ.ดร. วิทยา ยงเจริญ และคณะ " รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาระบบปรับสภาวะอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ " สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526
6. EXELL , et al , The availability of solar energy
7. UNESCO KMITT USAID " REGIONAL SEMINAR ON SIMULATION & DESIGN IN SOLAR APPLICATION " May 1984
8. FRANK KREITH and JAN F. KREIDER., " Principle of Solar Engineering", McGRAW-HILL., 1978
9. SOLAR THERMAL PROCESSES IN THAILAND STUDIES ON SOLAR DISTILLATION AND SOLAR REFRIGERATION , King Mongkut Institute of Technology Thonburi , 1984 p. 65