



การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา



นายประดิษฐ์ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



Seawater Solar Distillation by Parabolic Plate



Mr. Pradit Limsamphuncharoen

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Engineering Management
Graduate School
Siam University
2019**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม
 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
 ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม
 (สาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย
 (คณะ)

เรื่อง การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา
 Seawater Solar Distillation by Parabolic Plate

ผู้แต่ง นายประดิษฐ์ ลิมสัมพันธ์เจริญ
 Mr. Pradit Limsamphuncharoen

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ..... *[Signature]*เมื่อวันที่ 31 เดือน ส.ค. พ.ศ. 62

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเท็งจิตร)

อาจารย์ที่ปรึกษาที่หลัก..... *[Signature]*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ไสตร โยม)

อาจารย์ที่ปรึกษาที่ร่วม..... *[Signature]*

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธีรจิรนิช)

กรรมการ..... *[Signature]*

(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุตินา)

กรรมการ..... *[Signature]*

(รองศาสตราจารย์ ศันสนีย์ สุภาภา)

..... *[Signature]*

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเท็งจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตร

วันที่ 31 เดือน ส.ค. พ.ศ. 62

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จาก
จานรับแสงพาราโบลา

โดย : นายประดิษฐ์ ติมสัมพันธ์เจริญ

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : อทศร โสทรโยธ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสทรโยธ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม :
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วิจิรวนิช)
..... ๖1 ๘ ๕ ๖

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดเพื่อนำมาใช้ในการบริโภค โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด และพลังงานหมุนเวียน จากพลังงานแสงอาทิตย์


วิธีการวิจัยจะใช้เครื่องต้นแบบจานรับแสงพาราโบลาส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำให้น้ำทะเลในหม้อต้มเกิดการระเหยกลายเป็นไอ แล้วทำให้ไอระเหยตกกระทบกับภาชนะที่เย็นกว่าเกิดการควบแน่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้เป็นน้ำจืดเก็บลงในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น การศึกษาจะวัดความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิหม้อต้ม และปริมาณการกลั่นสะสมในช่วงเวลาทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการกลั่นตามปริมาณน้ำทะเลที่แตกต่างกันในช่วงเวลาเดียวกัน


ผลการวิจัยพบว่าเมื่อให้เครื่องกลั่นน้ำทะเลทำงาน โดยการใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมงที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 30%, 50% และ 70% ของหม้อต้ม ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมอยู่ที่ประมาณ 28.89%, 12.10% และ 4.48% ตามลำดับ เมื่อให้เครื่องกลั่นน้ำทะเลทำงาน โดยการใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยอัตโนมัติ ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเพิ่มขึ้น 33.00%, 13.70% และ 5.05% ตามลำดับ จากการทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของน้ำจืดที่กลั่นได้พบว่า น้ำกลั่นที่ได้เป็นน้ำที่มีคุณสมบัติและคุณภาพสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก ต้นทุนน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำโดยวิธีหมุนจานด้วยมือเท่ากับ 3.44 บาท/ลิตร

คำสำคัญ : การกลั่นน้ำทะเล การกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จานรับแสงพาราโบลา
เทคโนโลยีสะอาด พลังงานหมุนเวียน

Abstract

Title : Seawater Solar Distillation by Parabolic Plate
 By : Mr. Pradit Limsamphuncharoen
 Degree : Master of Engineering
 Major Field : Engineering Management

Thesis Advisor: 
 (Asst. Prof. Dr. Arthit Sode-Yome)


 (Asso. Prof. Dr. Vanchai Rijiravanich)

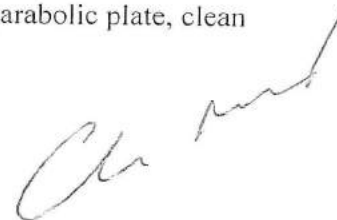
..... 31 / 8 / 19

This research aimed to study seawater solar distillation from parabolic plate to make freshwater from seawater using clean technology and renewable energy from solar energy.

The research methodology dealt with the utilizing solar heat reflection from a parabolic plate to make the seawater in the boiler to evaporate. The evaporation of the vapors was cooled by condensation and condensed into fresh water in a bottle. The measurements of solar intensity, seawater boiler temperature and the amount of distillation accumulated during the test period were tested for the efficiency of distillation according to the amount of seawater in boiler at the same period.

The study results showed that when the distillation machine was operated by using the method of rotating the parabolic plate every hour at the seawater volume at 30%, 50% and 70% of the boiler, the efficiency of cumulative distillation were 28.89%, 12.10% and 4.48% accordingly. When the distillation machine was operated by using the solar tracking system, the efficiency of cumulative distillation were 33.00%, 13.70% and 5.05% accordingly. The laboratory test on the properties and quality of distilled fresh water found that the properties and quality of the distilled water was higher than the water quality standards for consumption proposed by the World Health Organization. The cost of the distilled water obtained from the distillation machine by rotating the parabolic plate was 3.44 baht/liter.

Keywords : seawater distillation, seawater solar distillation, parabolic plate, clean technology, renewable energy



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสทรโยม และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ และติดตามทั้งในการศึกษา การทำงานวิจัย และการให้ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณท่าน ดร.พรชัย มงคลวนิช อธิการบดีมหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้ความกรุณาอบทุนสนับสนุนการศึกษา ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายประดิษฐ์ ติมสัมพันธ์เจริญ



สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญกราฟ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.3 ขั้นตอนการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1.1 งานรับพลังงานแสงอาทิตย์	8
2.1.2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking System)	10
2.1.3 การระเหย (Evaporation)	11
2.1.4 การกลั่น (Distillation)	13
2.1.5 ความร้อนแฝง (Latent Heat)	15
2.1.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค	16
2.1.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	20
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการวิจัย	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.2 การออกแบบและการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำทะเล	27
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องกลั่นน้ำทะเล และเครื่องมือทดสอบ	33
3.4 วิธีทำการทดลอง	39
3.5 ขั้นตอนการทดลอง	41
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 ผลการทดลอง	48
4.2 การวิเคราะห์ผล	54
4.3 การคำนวณต้นทุน	60
4.4 ผลทดสอบคุณภาพน้ำ	61
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก : รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ	66
ประวัติผู้วิจัย	69

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 แหล่งน้ำบนโลก	1
รูปที่ 1.2 เทอร์โมไคลน์ และเฮโลไคลน์	3
รูปที่ 1.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)	5
รูปที่ 2.1 หน้าที่ของจานรับพลังงานแสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.2 ขนาดของจานพาราโบลา และความยาวโฟกัส	10
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว	11
รูปที่ 2.4 การกลั่นขั้นตอนเดียว	14
รูปที่ 2.5 การกลั่นลำดับส่วน	15
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานวิจัย	26
รูปที่ 3.2 แนวความคิดในการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำทะเล	27
รูปที่ 3.3 เครื่องกลั่นน้ำทะเล	29
รูปที่ 3.4 แนวความคิดในการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำทะเล	30
รูปที่ 3.5 จานรับแสงพาราโบลาทำจากจานรับสัญญาณดาวเทียม	33
รูปที่ 3.6 ภาชนะหม้อต้มบรรจุน้ำทะเล	34
รูปที่ 3.7 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทำเครื่องควบแน่น	34
รูปที่ 3.8 ภาชนะบรรจุน้ำกลั่น	35
รูปที่ 3.9 ภาชนะวัดปริมาณน้ำ	35
รูปที่ 3.10 ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำกลั่น	36
รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์	36
รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	37
รูปที่ 3.13 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล	38
รูปที่ 3.14 การประกอบฐาน และ โครงสร้างรองรับจานพาราโบลา	41
รูปที่ 3.15 การติดตั้งจานพาราโบลา และหม้อต้มน้ำ	42
รูปที่ 3.16 การติดตั้งกล่องชุดควบคุม	42
รูปที่ 3.17 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ Mono Crystalline	43
รูปที่ 3.18 การติดตั้งชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Actuator Motor)	43
รูปที่ 3.19 การติดตั้งชุดควบแน่น และภาชนะเก็บน้ำกลั่น	44
รูปที่ 3.20 เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว	44

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 3.21 การเติมตัวอย่างน้ำทะเลที่จะทดสอบลงในหม้อต้ม	45
รูปที่ 3.22 วัดค่าอุณหภูมิที่หม้อต้มขณะทำการทดสอบ	45
รูปที่ 3.23 วัดค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ขณะทำการทดสอบ	46
รูปที่ 3.24 วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ และปริมาณน้ำทะเลที่เหลือ ขณะทำการทดสอบ	46
รูปที่ 3.25 การเก็บตัวอย่างน้ำที่กลั่นได้ไปทดสอบหาคุณภาพน้ำ	47



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 ประจุเกลือในน้ำทะเล	2
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทย	16
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก	19
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางผลการทดลองที่บันทึกได้	32
ตารางที่ 4.1 การทดลองวันที่ 29 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้วิธีหมუნจนทุกชั่วโมง	48
ตารางที่ 4.2 การทดลองวันที่ 30 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	49
ตารางที่ 4.3 การทดลองวันที่ 31 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้วิธีหมუნจนทุกชั่วโมง	50
ตารางที่ 4.4 การทดลองวันที่ 1 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	51
ตารางที่ 4.5 การทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้วิธีหมუნจนทุกชั่วโมง	52
ตารางที่ 4.6 การทดลองวันที่ 3 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	53
ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกลั่นที่เพิ่มขึ้น ของปริมาณน้ำทะเลที่ 30%, 50% และ 70% ของหม้อต้มที่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ แทนการใช้วิธีหมუნจนทุกชั่วโมง	59
ตารางที่ 4.8 ต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำทะเล	60

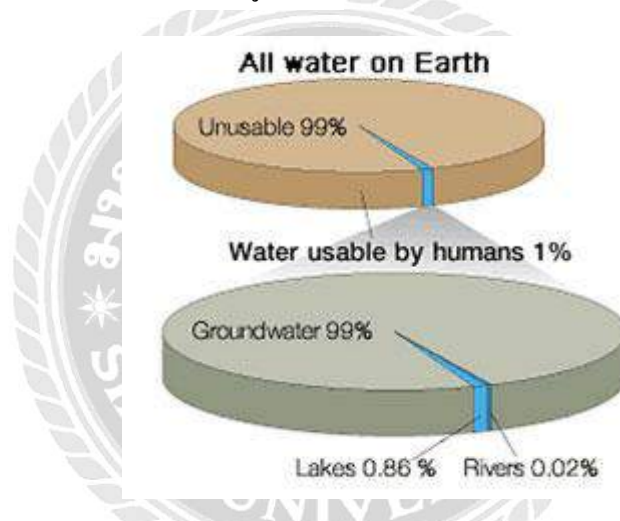
สารบัญกราฟ

	หน้าที่
กราฟที่ 4.1 การทดลองวันที่ 29 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้วิธีหมูนานทุกชั่วโมง	54
กราฟที่ 4.2 การทดลองวันที่ 30 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	55
กราฟที่ 4.3 การทดลองวันที่ 31 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้วิธีหมูนานทุกชั่วโมง	55
กราฟที่ 4.4 การทดลองวันที่ 1 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	56
กราฟที่ 4.5 การทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้วิธีหมูนานทุกชั่วโมง	56
กราฟที่ 4.6 การทดลองวันที่ 3 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	57
กราฟที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ โดยใช้วิธีหมูนานทุกชั่วโมง และใช้ระบบติดตาม ดวงอาทิตย์	58

บทที่ 1

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มนุษย์ต้องการน้ำสำหรับใช้ดำรงชีวิตในการบริโภค มนุษย์สามารถขาดอาหารได้หลายวัน แต่ถ้าขาดน้ำมนุษย์จะเสียชีวิตภายใน 2-3 วัน น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเซลล์สัตว์หรือพืช มนุษย์และสัตว์มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ในพืชบกมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50-75 โดยน้ำหนัก และพืชน้ำอาจมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้น้ำยังใช้ประโยชน์ในภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมต่อการพัฒนาประเทศอีกด้วย ขณะนี้แหล่งน้ำจืดบนโลกที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มีเพียง 1 % ที่เหลืออีกประมาณ 99 % เป็นน้ำทะเล ตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แหล่งน้ำบนโลก

ที่มา: <http://sustainability.psu.edu/live/what-penn-state-doing/environment/water>

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

เนื่องจากน้ำทะเลมีเกลือซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ปะปนอยู่ในรูปของสารละลายจึงมีรสเค็ม โดยน้ำทะเล 1 ลิตร (1,000 กรัม) จะมีเกลืออยู่ประมาณ 35 กรัม ความเค็มของน้ำทะเลในโลกมีค่าแตกต่างกัน บริเวณขั้วโลกที่หนาวเย็น แสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบเป็นมุมเฉียงกับพื้นผิวโลกทำให้พลังงานที่ตกกระทบน้อย การระเหยของปริมาณน้ำย่อมน้อยตามไปด้วย น้ำทะเลจึงมีความเค็มน้อย ขณะที่บริเวณใจกลางมหาสมุทร หรือบริเวณเส้นศูนย์สูตร แสงจากดวงอาทิตย์จะมีความเข้มสูงมากทำให้น้ำทะเลมีอุณหภูมิสูง น้ำจึงระเหยเป็นไอได้มากแล้วทิ้งแร่ธาตุไว้ในทะเล น้ำทะเลบริเวณนี้จึงมีความเค็มมากกว่า

เกลือในน้ำทะเลเกิดมาจากแร่ธาตุบนพื้นโลก โดยแหล่งน้ำบนพื้นโลก และน้ำฝนจะละลายแร่ธาตุที่มีอยู่ในดินและหิน แล้วไหลรวมตัวกันจากคูคลองไหลต่อลงแม่น้ำแล้วไหลลงไปสู่ทะเล แร่ธาตุของเกลือเหล่านี้อยู่ในรูปประจุที่สำคัญ ได้แก่ ประจุโซเดียม (Na⁺) และประจุคลอไรด์ (Cl⁻) เมื่อน้ำระเหยออกไปประจุเหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นสารประกอบ ได้แก่ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และเกลืออื่น ๆ ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ประจุเกลือในน้ำทะเล

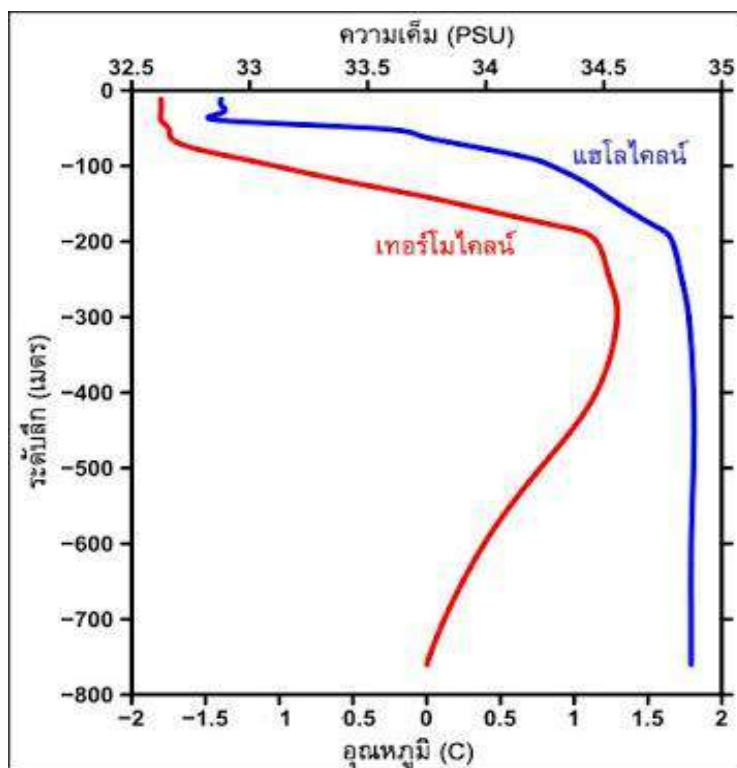
คลอไรด์ (Cl ⁻)	54.30%
โซเดียม (Na ⁺)	30.20%
ซัลเฟต (SO ₄ ⁺⁺)	7.60%
แมกนีเซียม (Mg ⁺⁺)	3.70%
แคลเซียม (Ca ⁺⁺)	1.20%
โปแตสเซียม (K ⁺)	1.10%
ประจุอื่นๆ	1.90%

ที่มา: <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/sea-water>

นอกจากนี้ค่าความเค็มของน้ำทะเลยังขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำทะเลอีกด้วย เมื่อแบ่งระดับความลึกของน้ำทะเลเป็น 3 ระดับ คือ น้ำชั้นบน เทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) น้ำชั้นบน (Surface water) ได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์และบรรยากาศ จึงมีน้ำฝนและน้ำท่า (น้ำจาก แม่น้ำลำคลอง) ปะปนอยู่ จึงมีความความหนาแน่นของเกลือต่ำกว่าน้ำชั้นล่าง
- 2) เทอร์โมไคลน์ (Thermocline) อยู่ใต้ระดับน้ำชั้นบน เป็นบริเวณที่อุณหภูมิของน้ำทะเลลดลงอย่างรวดเร็วตามความลึกที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 1.2 และความเค็มจะเพิ่มขึ้นตามความลึก
- 3) น้ำชั้นล่าง (Deep water) มีอุณหภูมิต่ำ ความเค็ม และความหนาแน่นของเกลือสูงมาก

น้ำชั้นบนบริเวณพื้นผิวมหาสมุทร ได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ บรรยากาศ น้ำฝน และน้ำจาก แม่น้ำลำธารปนอยู่ จึงมีความเจือจางและมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำชั้นล่าง เมื่อดูกราฟในรูปที่ 1.2 จะพบว่าใต้ระดับผิวน้ำลงไปอุณหภูมิลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเรียกว่า "เทอร์โมไคลน์" (Thermocline) ใต้ระดับผิวน้ำลงไปความเค็มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเรียกว่า "แฮโลไคลน์" (Halocline) ซึ่งอุณหภูมิและความเค็มเป็นปัจจัยที่ทำให้ น้ำทะเลมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก



รูปที่ 1.2 เทอร์โมโคลน และแฮโลโคลน

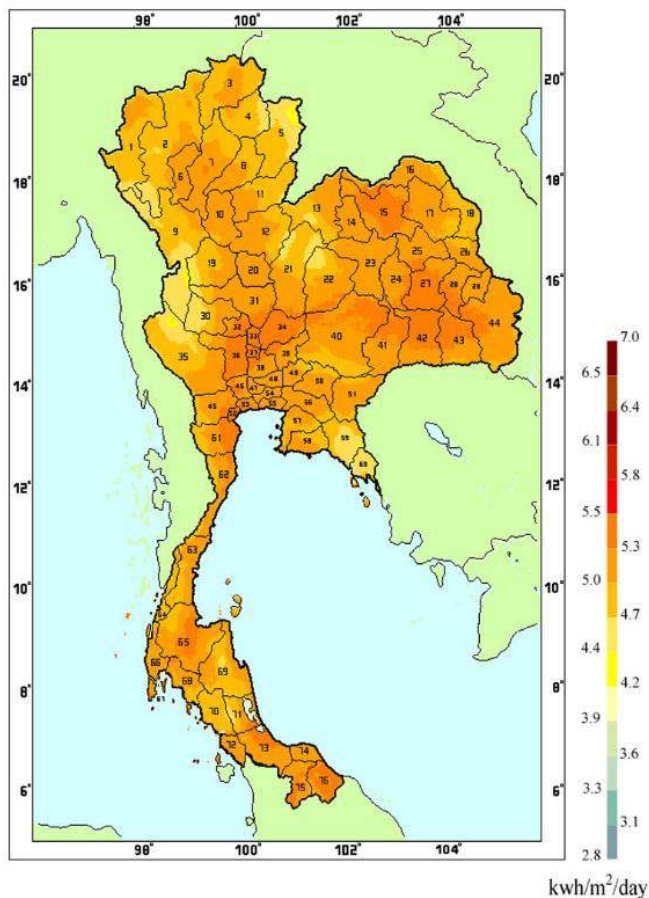
ที่มา: <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/sea-water>

จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาจะพบว่าแหล่งน้ำจืดบนโลกที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณน้อยมาก ส่วนแหล่งน้ำส่วนใหญ่ที่เป็นน้ำทะเลที่มีอยู่บนโลกก็มีระดับความเค็มสูงไม่สามารถนำมาใช้บริโภคและอุปโภคได้โดยตรง การเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว การเติบโตทางธุรกิจ การใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม และปัญหาภาวะโลกร้อน ก่อให้บนโลกเกิดแนวโน้มที่จะเกิดการขาดแคลนน้ำจืดมากขึ้น สำหรับประเทศไทยแม้ยังไม่ถึงขั้นขาดแคลนน้ำ แต่ก็มีหลายพื้นที่ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด เช่น พื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำกร่อย พื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยทะเล เป็นต้น จึงทำให้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนปริมาณน้ำจืดที่ใช้ในการอุปโภค และบริโภคเป็นเรื่องที่สำคัญ

พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วไม่หมดไป การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ถือเป็นเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) และไม่มีต้นทุนของตัวพลังงาน เพราะแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่ได้เปล่าจากธรรมชาติ ถึงแม้ว่าสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ปริมาณการใช้ยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับมา มนุษย์รู้จักการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาตั้งแต่อดีต และคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยี

ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรง หรือการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในอนาคตเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพราะนอกจากจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของต้นทุนพลังงานแล้ว ยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ได้แก่ ผลิตรกระแสไฟฟ้า ทำให้อาหารแห้ง สร้างความอบอุ่นให้แก่ร่างกาย ให้แสงสว่างในการมองเห็น ช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงเจริญเติบโตเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์ เป็นต้น ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรบริเวณละติจูด 14 องศาเหนือ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์สูง ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) ตามรูปที่ 1.3 พบว่าการกระจายของความเข้ม รังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละเดือนของประเทศไทย ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม บริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลาง โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี $5.28-5.56 \text{ kWh/m}^2 - \text{day}$ พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 % ของพื้นที่ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 % ของพื้นที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง $5-5.28 \text{ kWh/m}^2 - \text{day}$ และมีเพียง 0.5 % ของพื้นที่ทั้งหมดที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า $4.45 \text{ kWh/m}^2 - \text{day}$ ตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)

ที่มา: http://www3.egat.co.th/re/egat_pv/sun_thailand.htm

จากรูปที่ 1.3 จะเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยได้รับค่อนข้างสูงและเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานหมุนเวียน สำหรับการนำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้านั้นจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานความร้อน เช่น การกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง เป็นต้น การกลั่นน้ำจืดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด การกลั่นเป็นวิธีที่ใช้แยกเกลือและสารแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำทะเลที่เป็นของเหลวให้เป็นน้ำจืดได้ โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด วิธีการคือนำน้ำทะเลที่เป็นของเหลวมาให้ความร้อนจนระเหยกลายเป็นไอน้ำที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอน้ำออกมาก่อนเกลือและสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่มีจุดเดือดสูงกว่า แล้วทำให้อิของน้ำที่แยกได้เกิดการควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง ดังนั้นการกลั่นจึงเป็นวิธีที่สะดวก และใช้ทั่วไป เพื่อแยกของผสมที่เป็นของเหลว หรือสารละลายที่มีสารระเหยยากเป็นตัวถูกละลาย ดังนั้นในพื้นที่ที่ติดทะเล เช่น บนเกาะ หรือพื้นที่ที่ขาดแคลนแหล่งน้ำจืด ก็สามารถนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ได้ ก็จะทำได้น้ำ

บริสุทธิ์ สะอาด ทำได้ง่าย และสะดวก สำหรับใช้ในยามขาดแคลนได้ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยสำหรับการผลิตน้ำกลั่น ยังจัดว่ามีการศึกษาน้อยมาก เนื่องจากปัญหาทางด้านงานวิจัยที่ยังไม่สามารถสร้างเครื่องกลั่นน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถผลิตน้ำกลั่นออกมาในเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับงานวิจัยนี้ได้จัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา โดยคำนึงถึงการใช้วัสดุที่หาง่ายราคาถูก มีอายุการใช้งานยาวนาน และการออกแบบไม่ยุ่งยากซับซ้อนเพื่อการพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยคือ

- 1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา เพื่อผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลที่มีคุณภาพเทียบเท่ากับมาตรฐานได้
- 2) คำนวณต้นทุนของเครื่องต้นแบบ และต้นทุนการผลิตน้ำ

1.3 ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาปัญหา
- 2) ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) ศึกษาหลักการรับแสง และสะท้อนแสงอาทิตย์ด้วยจานพาราโบลา
- 4) จัดทำเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา
- 5) ทำการทดลอง และบันทึกผล
- 6) วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 7) สรุปผล และข้อเสนอแนะ
- 8) จัดทำรายงานการวิจัย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยมีขอบเขต ดังนี้

- 1) ใช้น้ำทะเลจากธรรมชาติในการทดสอบ
- 2) ทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 30%, 50% และ 70% ของหม้อต้มขนาด 30 ลิตรในช่วงเวลาเดียวกัน
- 3) ใช้จานรับแสงอาทิตย์พาราโบลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.45 เมตร

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยมีดังนี้

- 1) สามารถนำเครื่องมือต้นแบบนี้ไปใช้กลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดได้
- 2) สามารถนำอุปกรณ์ต้นแบบไปเผยแพร่ และอบรมให้แก่ผู้สนใจ
- 3) สามารถนำผลวิจัยที่ได้มาต่อยอดงานวิจัย ในการกลั่นน้ำจากแหล่งน้ำอื่น ๆ และปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำจืดต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ผู้ศึกษาวิจัยได้รวบรวมนำเสนอทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์เป็นแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไป

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 จานรับพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในรูปของแสงแดด ที่ประกอบ ด้วยพลังงานแสง และพลังงานความร้อน ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีอยู่สองส่วนด้วยเช่นกัน ก็คือพลังงานแสง และพลังงานความร้อน โดยพลังงานทั้งสองส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้สองรูปแบบ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน จานรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้จานกลม โค้งเว้าทรงพาราโบลาทำหน้าที่และมีลักษณะดังนี้

2.1.1.1 หน้าที่ของจานรับพลังงานแสงอาทิตย์

จานรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา จะทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ที่ส่องมาบนพื้นโลก แล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัสซึ่งเป็นจุดที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนด้วย โดยพื้นผิวของจานรับพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เป็นกระจกเงา หรือวัสดุอื่นที่สามารถสะท้อนแสง และสะท้อนความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดี ซึ่งความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยจานรับพลังงานแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ ตามรูปที่ 2.1 ดังนี้

- เป็นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Receiver) ที่บริเวณพื้นผิวโค้งเว้าของจาน
- เป็นตัวรวมพลังงานแสงอาทิตย์ (Concentrator) โดยสะท้อนไปยังบริเวณจุดโฟกัส

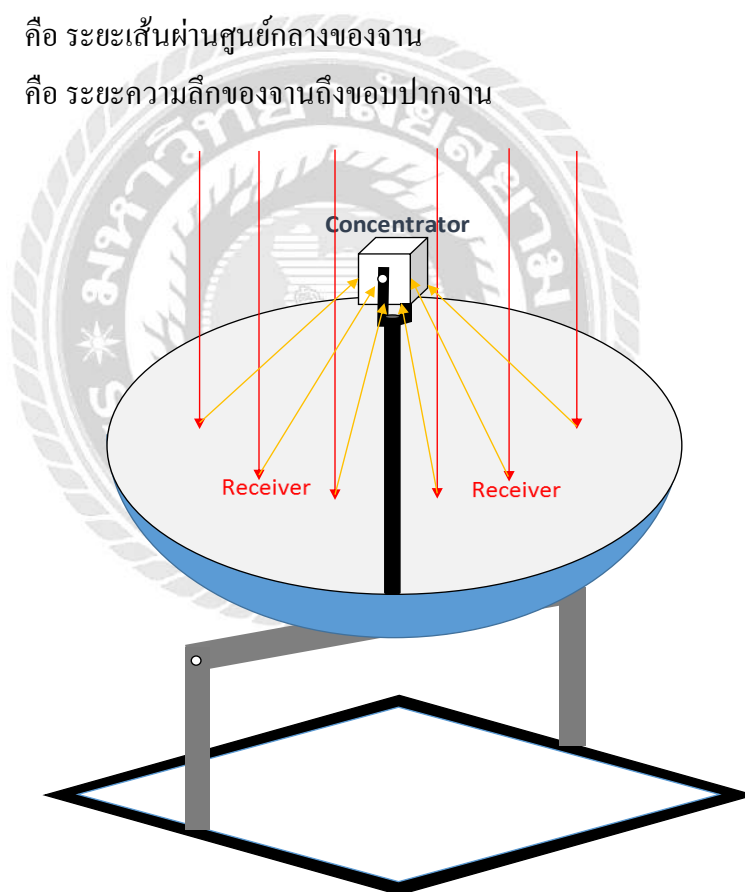
2.1.1.2 ลักษณะของจานพาราโบลา

จานสะท้อนแบบพาราโบลา (Parabolic reflector) คืออุปกรณ์สะท้อน หรือกระจก ที่ใช้สะสมหรือรวบรวมพลังงาน เช่น แสง เสียง หรือคลื่นวิทยุ รูปร่างของมันคล้ายกับพาราโบลอยด์กลม (Circular

paraboloid) งานสะท้อนแบบพาราโบล่าสามารถมีรูปร่างเป็นคลื่นระนาบตามแนวแกน ไปจนถึงคลื่นทรงกลมที่มีมวลวนเข้าสู่จุดโฟกัส งานสะท้อนแบบพาราโบล่าใช้ในการรวบรวมพลังงานจากที่ไกลๆ (เช่น คลื่นเสียง หรือแสงจากดาวฤกษ์ หรือคลื่นวิทยุ) และนำพลังงานนั้นรวมเข้าไปสู่จุดโฟกัส เมื่อนำหลักการสะท้อนมาดำเนินกลับทาง งานสะท้อนแบบพาราโบล่าก็อาจนำมาใช้ส่งพลังงานจากจุดกำเนิดที่อยู่ที่โฟกัสและส่งออกเป็นลำพลังงานแบบขนานก็ได้ เป็นหลักการที่ใช้งานใน สปอตไลท์ และไฟหน้าของรถยนต์ สำหรับในงานวิจัยนี้เราสามารถหาขนาดส่วนโค้งของงานพาราโบล่า ตามรูปที่ 2.2 โดยใช้สมการ (2.1) (Abdelkader Dendane, 2007)

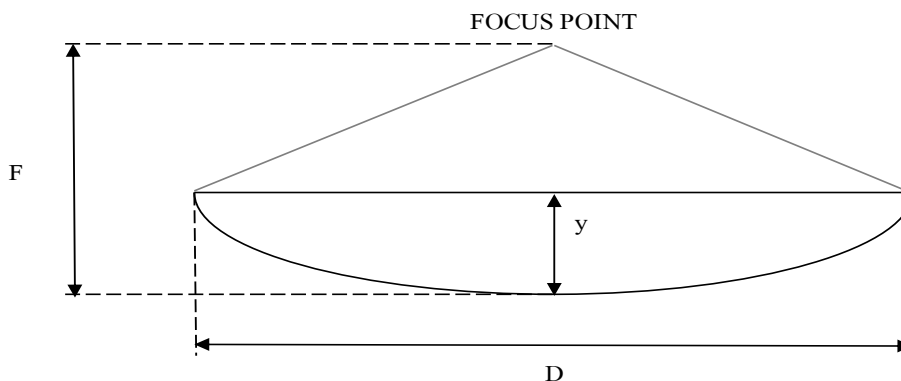
$$F = D^2 / (16y) \quad (2.1)$$

โดยที่ F คือ ระยะความยาวโฟกัส
 D คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของงาน
 y คือ ระยะความลึกของงานถึงขอบปากงาน



รูปที่ 2.1 หน้าที่ของงานรับพลังงานแสงอาทิตย์

ตำแหน่งจุดโฟกัส (Focus Point) จะเป็นที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์ (Concentrator)



รูปที่ 2.2 ขนาดของจานพาราโบลาและความยาวโฟกัส

เราสามารถหาพื้นที่ผิวส่วนโค้งเว้าของจานพาราโบลา ตามรูปที่ 2.2 โดยใช้สมการ (2.2) (Ross Millikan, 2015)

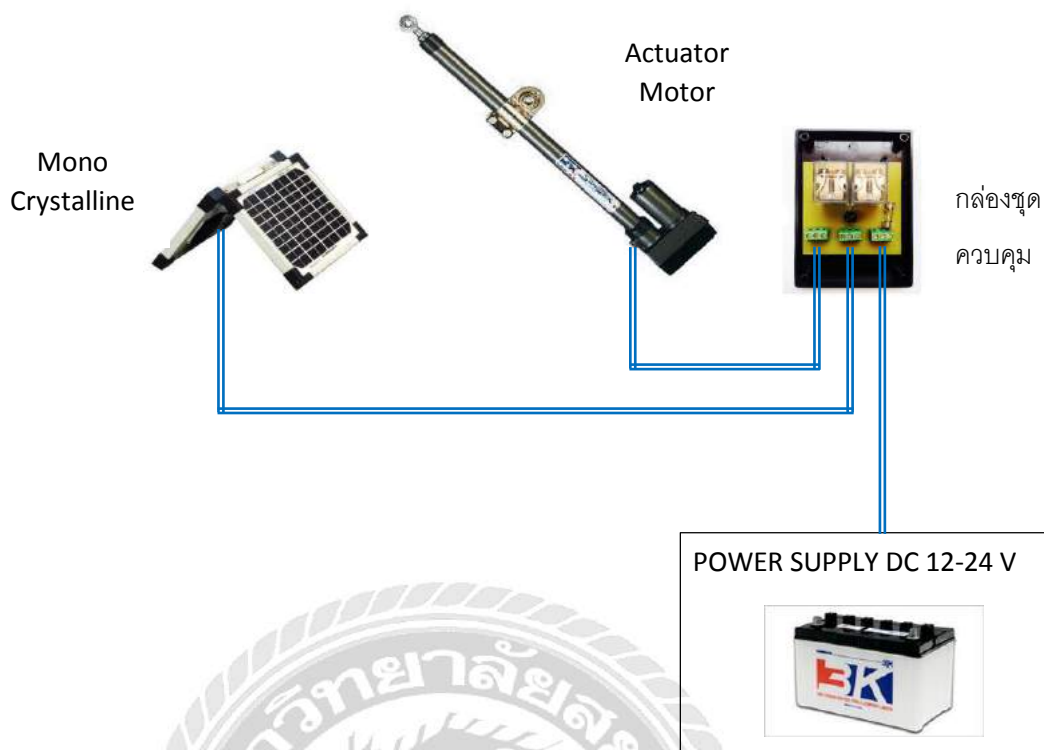
$$A = \pi/6 * (r/y)^2 * [(r + 4y)^2 - r^2] \quad (2.2)$$

โดยที่ A คือ พื้นที่ผิวส่วนโค้งเว้าของจานพาราโบลา
 r คือ รัศมีของจานพาราโบลาที่ขอบปากจาน
 y คือ ระยะความลึกของจานถึงขอบปากจาน

ซึ่งพื้นที่ผิวส่วนโค้งเว้าของจานพาราโบลา จะทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Receiver) แล้วสะท้อนต่อไปยังจุดโฟกัส

2.1.2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking System)

ระบบติดตามดวงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ระบบติดตามดวงอาทิตย์ใช้สำหรับควบคุมหน้าจานพาราโบลาให้หมุนตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ตลอดเวลา โดยระบบที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (Single Axis Tracking System) ใช้ควบคุมหน้าจาน โดยปรับหมุนจานติดตามดวงอาทิตย์ในทิศทางตะวันออกไปทิศตะวันตกในแต่ละวัน รายละเอียดการติดตั้งตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว

ที่มา: <http://www.โซลาร์ตามตะวัน.com>

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย Mono Crystalline, Actuator Motor, กล่องชุดควบคุม และแบตเตอรี่ 12 V นำมาต่อวงจรกัน สำหรับหลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ตามรูป โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ Mono Crystalline 5 watt 12 V จำนวนสองแผงประกอบกันเป็นมุมฉากแล้วต่อสายไฟเชื่อมระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับกล่องชุดควบคุม ซึ่งภายในกล่องชุดควบคุมจะประกอบด้วยวงจรรีเลย์จำนวนสองตัวที่จะทำงานตามแผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองตัว และควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของแกนมอเตอร์ (Actuator Motor) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยพลังงานจากแบตเตอรี่ 12 V ตัวแกนมอเตอร์จะเคลื่อนที่เข้าหรือออก จนกว่าเมื่อใดที่แผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองตัวรับแสงอาทิตย์ได้เท่ากัน เมื่อนั้นรีเลย์ก็จะตัดการทำงานทำให้แกนมอเตอร์หยุดการเคลื่อนที่ จากหลักการทำงานของระบบนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตั้งควบคุมการหมุนของจานพาราโบลาสำหรับในงานวิจัยนี้

2.1.3 การระเหย (Evaporation)

ก่อนที่จะทราบความหมายของการระเหย เราควรที่จะทราบความหมายของคำว่า การกลายเป็นไอ ก่อน การกลายเป็นไอ (Vaporization) หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เมื่อได้รับ

พลังงานความร้อนพอที่จะทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงพอจนเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลก่อนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ในทางตรงกันข้ามถ้าไอคายพลังงานความร้อนออกมา โมเลกุลก็จะมีพลังงานจลน์น้อยลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากขึ้นและในที่สุดจะสามารถทำให้โมเลกุลรวมกันเป็นสารในสถานะของเหลว การที่สารเปลี่ยนสถานะจากไอหรือแก๊สเป็นของเหลว เรียกว่า การควบแน่น หรือการกลั่นตัว (Distillation)

การระเหย (Evaporation) หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไออย่างช้า ๆ และเกิดขึ้นเฉพาะผิวหน้าของของเหลวเท่านั้น นอกจากนั้นการระเหยยังสามารถเกิดได้ทุก ๆ อุณหภูมิที่ยังมีของเหลวนั้นอยู่ เช่น น้ำสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิ 0-100°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เป็นต้น การระเหยเป็นกระบวนการที่ของเหลว เปลี่ยนสภาพโดยธรรมชาติเป็นแก๊ส โดยไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิถึงจุดเดือด โดยเป็นกระบวนการตรงกันข้ามกับการควบแน่น โดยทั่วไปเราสามารถรับรู้ถึงการระเหยได้ โดยดูจากน้ำที่ค่อย ๆ หายไปที่ละน้อย เมื่อมันกลายตัวเป็นไอน้ำ การที่โมเลกุลของของเหลวจะระเหยได้จะต้องเป็นโมเลกุลที่อยู่บนพื้นผิว อยู่ในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานจลน์ภายในมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส เนื่องจากการระเหยจะต้องเกิดบนพื้นผิวด้านบนจึงทำให้อัตราการเกิดการระเหยจึงมีน้อย ซึ่งการที่โมเลกุลจะมีพลังงานจลน์ได้ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของมัน กระบวนการระเหยจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่สูง เมื่อโมเลกุลได้กระจายตัวออกไปกับการระเหย โมเลกุลที่เหลือจะมีพลังงานจลน์โดยเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ และอุณหภูมิจะลดลงตามไปด้วย ปรัชญาการเช่นนี้เรียกว่า การเย็นลงโดยการระเหย

จากทฤษฎีจลน์ โมเลกุลของของเหลวเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และเกิดการชนกันเอง ในการชนโมเลกุลของของเหลวจะมีการถ่ายเทพลังงานให้แก่กัน ภายหลังจากการชน บางโมเลกุลของของเหลวจะมีพลังงานจลน์น้อยลง และบางโมเลกุลมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ถ้าโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นอยู่ที่ผิวหน้าของของเหลวหรือสามารถเคลื่อนที่มาอยู่ที่ผิวหน้าได้ และสามารถเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลก็จะหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นไอ ซึ่งเรียกว่า การระเหย เนื่องจากโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงกลายเป็นไอ จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของของเหลวลดลง ของเหลวก็จะดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาแทนที่พลังงานที่เสียไปกับโมเลกุลที่กลายเป็นไอ และการระเหยเป็นปรากฏการณ์ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น เมื่อเทเอทิลแอลกอฮอล์ใส่มือจะรู้สึกเย็น ทั้งนี้เพราะว่าเอทิลแอลกอฮอล์มีจุดเดือดต่ำระเหยได้ง่าย จึงดูดพลังงานความร้อนจากมือเราไปช่วยในการระเหย ทำให้มือเราเย็นลง

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหย มีดังนี้

1) อุณหภูมิ

- ที่อุณหภูมิสูง ของเหลวจะระเหยได้มาก
- ที่อุณหภูมิต่ำ ของเหลวจะระเหยได้น้อย

2) ชนิดของของเหลว

- ของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก จะระเหยได้ยาก จึงระเหยได้น้อย
- ของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย จะระเหยได้ง่าย จึงระเหยได้มาก

3) พื้นที่ผิวของของเหลว

- ของเหลวที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก จะระเหยได้มาก
- ของเหลวที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย จะระเหยได้น้อย

4) ความดันบรรยากาศ

- ที่ความดันบรรยากาศสูง ของเหลวจะระเหยได้ยาก จึงระเหยได้น้อย
- ที่ความดันบรรยากาศต่ำ ของเหลวจะระเหยได้ง่าย จึงระเหยได้มาก

5) อากาศเหนือของเหลว

- บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทหรือมีลมพัดตลอดเวลา ของเหลวจะระเหยได้มาก
- บริเวณที่ไม่มีอากาศถ่ายเทหรือไม่มีลมพัดตลอดเวลา ของเหลวจะระเหยได้น้อย

6) การคนหรือกวน เมื่อมีการคนหรือกวนของเหลวของเหลวนั้นก็ระเหยได้เร็วขึ้น

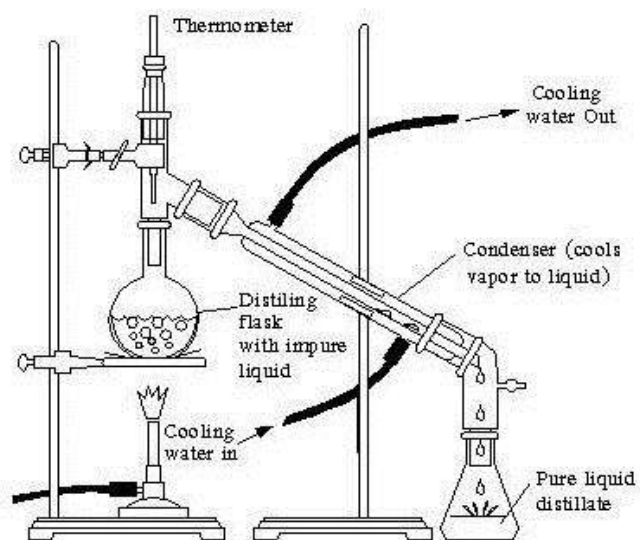
2.1.4 การกลั่น (Distillation)

การกลั่นเป็นวิธีที่ใช้แยกสารออกจากสารละลายที่เป็นของเหลว โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด การกลั่นจึงเป็นกระบวนการที่ทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีก ในขณะที่กลั่นของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำ จะกลายเป็นไอแยกออกมาก่อน ของเหลวที่มีจุดเดือดสูงขึ้น จะกลั่นแยกออกมาทีหลัง ซึ่งการกลั่นแบ่งเป็น 2 วิธี ดังนี้

- 1) การกลั่นขั้นตอนเดียว (Simple Distillation)
- 2) การกลั่นลำดับส่วน (Fractional Distillation)

การกลั่นขั้นตอนเดียว เป็นการแยกตัวถูกละลายออกจากตัวทำละลาย โดยตัวถูกละลายและตัวทำละลายจุดเดือดต่างกันมาก (ประมาณ 80°C ขึ้นไป) สารที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยได้เร็วกว่าสารที่มีจุด

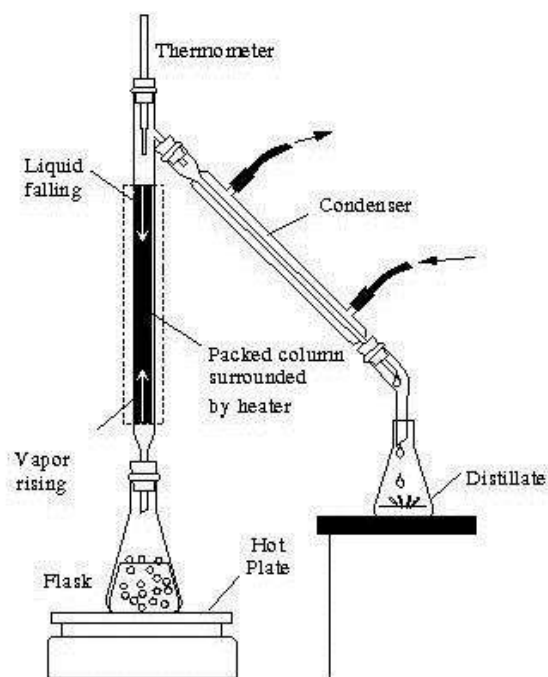
เดือดสูง เช่น น้ำเกลือ ประกอบด้วยน้ำมีจุดเดือด 100°C และเกลือแกงมีจุดเดือด 1413°C พบว่ามีจุดเดือดต่างกันมาก เราจึงสามารถใช้การกลั่นขั้นตอนเดียวแยกออกจากกันได้ โดยน้ำซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าจะแยกตัวออกมาก่อน การกลั่นขั้นตอนเดียวมีรายละเอียดตามรูปที่ 2.4 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการกลั่นอย่างง่าย ประกอบด้วย แหล่งให้ความร้อน ฟลากลั่น เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับสารที่กลั่นได้



รูปที่ 2.4 การกลั่นขั้นตอนเดียว

ที่มา: http://e-chemistry.tripod.com/sasan/s3_1.htm

การกลั่นลำดับส่วน เป็นการแยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่างกันเล็กน้อย (น้อยกว่า 80°C) โดยจะมีคอลัมน์บรรจุแก้ว หรือที่รู้จักกันว่า "หอกกลั่น" เพิ่มขึ้นมา ซึ่งหอกกลั่นนี้จะทำหน้าที่ให้สารระเหยออกมาได้ช้าลง โดยหอกกลั่นยิ่งสูงเท่าไร สารที่ออกมาก็จะมีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น แต่ก็จะทำให้เราต้องเสียค่าเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วยรายละเอียดตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การกลั่นลำดับส่วน

ที่มา: http://e-chemistry.tripod.com/sasan/s3_1.htm

จากรูปที่ 2.5 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการกลั่นลำดับส่วน ประกอบด้วย แหล่งให้ความร้อน ฟลasks กลั่น คอลัมน์บรรจุแก้ว เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับสารที่กลั่นได้

การเลือกวิธีกลั่นว่าจะกลั่นขั้นตอนเดียว หรือกลั่นลำดับส่วน ปกติจะดูที่จุดเดือดเป็นหลัก ดังนั้นเราจึงประยุกต์ใช้ได้ โดยให้เราคิดว่าถ้าเรานำของเหลวขึ้นไปเผาแล้วมีสารเหลืออยู่ให้ใช้วิธีกลั่นขั้นตอนเดียว เพราะของแข็งกับของเหลวย่อมมีจุดเดือดต่างกันมาก แต่ถ้าคิดว่าเผาแล้วไม่เหลือสารโดยอยู่เลยระเหยไปหมดก็ให้ใช้การกลั่นลำดับส่วนแทน ตัวอย่างเช่น

น้ำ + แอลกอฮอล์ ใช้กลั่นลำดับส่วน

น้ำ + เกลือ ใช้กลั่นขั้นตอนเดียว

น้ำหอมใช้กลั่นลำดับส่วน

น้ำมันปิโตรเลียมใช้กลั่นลำดับส่วน

น้ำโคลนใช้กลั่นขั้นตอนเดียว

น้ำทะเลใช้กลั่นขั้นตอนเดียว

2.1.5 ความร้อนแฝง (Latent Heat)

ความร้อนแฝง หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยอุณหภูมิในขณะที่สารกำลังเปลี่ยนสถานะนั้นคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นความร้อนแฝงกลายเป็นไอ หมายถึง ปริมาณ

ความร้อนที่สารใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้กลายเป็นไอโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง และความร้อนแฝงของการกลั่นตัว หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สารใช้เปลี่ยนสถานะจากไอให้กลายเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความร้อนแฝงของการกลั่นตัวนี้จะมีค่าเท่ากับความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

2.1.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค

มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

1) มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทย มีดังนี้

- มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคของกรมอนามัย
 - มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคขององค์การอาหารและยา
 - มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- รายละเอียดมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทย ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทย

พารามิเตอร์	กรมอนามัย ⁽¹⁾	อย. ⁽²⁾	สมอ. ⁽³⁾
คุณภาพน้ำทางกายภาพ/ฟิสิกส์			
- ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5
- ความขุ่น (turbidity)	ไม่เกิน 5 NTU	ไม่เกิน 5 ซิลิกาสะเทิล	ไม่เกิน 5 NTU
- สี (Colour)	ไม่เกิน 15 หน่วย แพลทินัม-โคบอลต์	ไม่เกิน 20 ฮาเซนยูนิต	ไม่เกิน 5 หน่วย แพลทินัมโคบอลต์
- กลิ่น	ไม่กำหนด	ต้องไม่มีกลิ่น แต่ไม่รวมถึง	ไม่กำหนด

คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป - สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS) - ความกระด้าง (Hardness) - ซัลเฟต (SO_4^{2-}) - คลอไรด์ (Cl^-) - ไนเตรท (NO_2^- as NO_3^-) - ฟลูออไรด์ (F^-) - ลิเธียมหรือลิเทียมเบนซีนซัลโฟเนต - ฟีนอลิกซัสแดนซ์	ไม่เกิน 1,000 มก./ล. ไม่เกิน 500 มก./ล. ไม่เกิน 250 มก./ล. ไม่เกิน 250 มก./ล. ไม่เกิน 50 มก./ล. ไม่เกิน 0.7 มก./ล. ไม่กำหนด ไม่กำหนด	ไม่เกิน 500 มก./ล. ไม่เกิน 100 มก./ล.* ไม่เกิน 250 มก./ล. ไม่เกิน 250 มก./ล. ไม่เกิน 4 มก./ล.** ไม่เกิน 0.7 มก./ล. ไม่เกิน 0.2 มก./ล. ไม่เกิน 0.001 มก./ล.	ไม่เกิน 500 มก./ล.(600) ⁴ ไม่เกิน 100 มก./ล.*(300) ⁴ ไม่เกิน 200 มก./ล.(250) ⁴ ไม่เกิน 250 มก./ล. ไม่เกิน 4 มก./ล.** (10) ⁴ ไม่เกิน 0.7 มก./ล. (1) ⁴ ไม่เกิน 0.2 มก./ล. ไม่เกิน 0.001 มก./ล.(0.005) ⁴
คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป - เหล็ก (Fe) - แมงกานีส (Mn) - ทองแดง (Cu) - สังกะสี (Zn) - อะลูมิเนียม (Al)	ไม่เกิน 0.5 มก./ล. ไม่เกิน 0.3 มก./ล. ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 3.0 มก./ล. ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.3 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 5.0 มก./ล. ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	ไม่เกิน 0.3 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล.(0.1) ⁴ ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 3.0 มก./ล. ไม่กำหนด
คุณภาพน้ำทางโลหะหนักที่เป็นพิษ - ตะกั่ว (Pb) - โครเมียม (Cr) - แคดเมียม (Cd) - สารหนู (As) - ปรอท (Hg) - ซีลีเนียม (Se) - ไซยาไนด์ (CN^-) - แบเรียม (Ba) - เงิน (Ag)	ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 0.003 มก./ล. ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.001 มก./ล. ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 0.005 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 0.002 มก./ล. ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.1 มก./ล. ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.05 มก./ล. ไม่เกิน 0.003 มก./ล. ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.001 มก./ล. ไม่เกิน 0.01 มก./ล. ไม่เกิน 0.07 มก./ล. ไม่เกิน 0.7 มก./ล. ไม่กำหนด

คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย/จุลินทรีย์ - โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) - เฟคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform bacteria) - จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	ไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่กำหนด	น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภคน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็มพี เอ็น ไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล ต้องไม่มี	น้อยกว่า 1.1 ต่อน้ำบริโภคน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็มพี เอ็น อีโคไลต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ชาลโมเนลลา (Salmonella) คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
---	--	---	---

หมายเหตุ

- (1) ประกาศรณามัยเรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้
- (2) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท (ฉบับที่ 2) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 6)
- (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภค มาตรฐานเลขที่ มอก.257-2549
 4 ตัวเลขในวงเล็บหมายถึง เกณฑ์ที่อนุโลมได้ชั่วคราวสำหรับน้ำดื่มประเภทไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ
 - * จำนวนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต
 - ** จำนวนเป็นไนโตรเจน
 ที่มา: วารสารความปลอดภัย และสุขภาพ เรื่องมาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคของประเทศไทย
- 2) มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก มีรายละเอียดมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
ความเป็นกรด-ด่าง	-	-
สี	แพลตตินัมโคบอลท์	ไม่เกิน 15
ความขุ่น	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1,000
ความกระด้าง	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
เหล็ก	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.1
ทองแดง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3
ตะกั่ว	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
โครเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.003
สารหนู	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
ปรอท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.001
ซัลเฟต	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
คลอไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
ไนเตรท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
แบคทีเรียประเภท โคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
อี. โคไลหรือเทอร์โมโซเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.7
ฟีนอล	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ซลิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
เงิน	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
อลูมิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.07
นิเกิล	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.02

ที่มา: Guidelines for drinking – water quality (WHO, Geneva, 1996)

จากตารางที่ 2.1 เป็นค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันมีอยู่สามหน่วยงานที่กำกับดูแลควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคภายในประเทศ ได้แก่ กรมอนามัย องค์การอาหารและยา และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ส่วนจากตารางที่ 2.2 เป็นค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก เป็นหน่วยงานที่กำกับดูแลควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคสำหรับทุกประเทศ จากตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 เกณฑ์ค่ามาตรฐานของพารามิเตอร์ที่ตรวจสอบบางตัวอาจมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากความเหมาะสมของแต่ละหน่วยงาน ดังนั้นในการตรวจสอบคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้สำหรับงานวิจัยนี้ จึงต้องพิจารณาค่าพารามิเตอร์ให้ครอบคลุมทุกมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

2.1.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (วันชัย ริจิรวณิช และช่อม พลอยมีค่า, 2520)

ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลา (Uniform Annual Series) เราสามารถแปลงต้นทุนในปีปัจจุบันให้เป็นค่าใช้จ่ายเท่ากันรายปีได้ โดยใช้สมการ (2.3) ดังนี้

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - L \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2.3)$$

โดยที่ A	คือ ค่าใช้จ่ายเท่ากันรายปี
P	คือ ต้นทุนในปีปัจจุบัน
L	คือ มูลค่าทรัพย์สินในปีที่ n
i	คือ อัตราดอกเบี้ย
n	คือ ระยะเวลาเป็นปี

ซึ่งจะนำมาใช้คำนวณต้นทุนการผลิตน้ำที่กลั่นได้จากงานวิจัย การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลา อยู่ภายใต้ขอบเขตและเงื่อนไขที่ค่าอัตราดอกเบี้ย ราคาและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่พิจารณา นอกจากนี้การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับระบบบัญชี เพราะการทำงานบัญชีต้องทำเป็นรายปี อีกทั้งการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลาสามารถเปรียบเทียบทางเลือกโครงการต่าง ๆ ทั้งที่โครงการที่เปรียบเทียบมีอายุเท่ากัน และโครงการที่เปรียบเทียบมีอายุไม่เท่ากันได้ โดยไม่ต้องคำนวณหาระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบก่อน โดยคำนวณหาจากค่าตัวคูณร่วมน้อยของอายุโครงการของแต่ละทางเลือก ดังเช่นวิธีวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน หรือวิธีวิเคราะห์มูลค่าในอนาคต หากทางเลือกโครงการใดที่การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลามีค่าน้อยกว่าก็จะถือว่าทางเลือกโครงการนั้นมีความเหมาะสมที่จะตัดสินใจเลือกที่จะทำหรือลงทุน จึงทำให้การเปรียบเทียบทางเลือกโครงการต่าง ๆ โดยการ

วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแบบอนุกรมเท่ากันทุก ๆ ช่วงเวลา มีความสะดวกรวดเร็ว และได้รับความนิยมนกว่าการคำนวณด้วยวิธีอื่น ๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเครื่องกลั่นน้ำทะเล และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกลั่นน้ำทะเล เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย ดังนี้

ปกรณั พรหมแก้ว (2555) ศึกษาการออกแบบสร้างเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานรังสีอาทิตย์ทรงพีระมิดที่ใช้พลังงานรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบกับการใช้พลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่วมกับการลดอุณหภูมิผิวกลั่นในกระบวนการกลั่นน้ำที่มีระบบการทำงานแบบกะ เพื่อศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการกลั่นน้ำทะเล โดยระบบกลั่นน้ำประกอบด้วยเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานรังสีอาทิตย์ทรงพีระมิดขนาด $400 \times 400 \text{ mm}^2$ ฝาครอบทำด้วยกระจกหนา 3 mm เอียงทำมุม 35° กับแนวระดับ มีระดับความลึกของน้ำทะเลในเครื่องกลั่นน้ำทะเล 30 mm และ 50 mm ภายในเครื่องกลั่นน้ำทะเลมีท่อทองแดงคดคียบระบายความร้อนเพื่อให้น้ำร้อนที่ไหลออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบไหลผ่าน โดยใช้หลักการเทอร์โมไซฟอนในการหมุนเวียนน้ำและถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำทะเลทำการทดลองในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล, อุณหภูมิกระจก, อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, ปริมาตรรังสีอาทิตย์ และระดับความลึกของน้ำทะเลในเครื่องกลั่นน้ำทะเลมีผลต่ออัตราการกลั่นน้ำทะเล การใช้พลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่วมกับการลดอุณหภูมิผิวกลั่นที่ระดับความลึกของน้ำทะเลในเครื่องกลั่นน้ำทะเล 30 mm มีอัตราการกลั่นน้ำทะเลสูงสุดคือ $8.4 \text{ L/m}^2 \text{ day}$ ที่ปริมาณรังสีอาทิตย์ $18.3 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับอุณหภูมิกระจกมีผลต่ออัตราการกลั่นน้ำทะเลมากกว่าปริมาณความร้อนที่เครื่องกลั่นน้ำทะเลได้รับประสิทธิภาพรวมของระบบกลั่นน้ำที่ใช้พลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่วมกับการลดอุณหภูมิผิวกลั่น และใช้พลังงานรังสีอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 71.23% และ 60.88%

ณภัทส์วรัญญ์ ลิพัฒนา (2557) ศึกษาการกลั่นน้ำทะเล ด้วยเทคนิคปั๊มฟอง โดยพิจารณาถึงผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการกลั่น ซึ่งได้แก่ อัตราการให้ความร้อน ความเข้มข้นของน้ำทะเล และระดับของไหลภายในท่อให้ความร้อน ในการทดสอบจะใช้หลอดไฟฟ้าขนาด 800 1,000 และ 1,200 วัตต์ ในการให้ความร้อน และใช้เกลือผสมน้ำทะเลเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยควบคุมให้มีสภาพและ

ความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำทะเลธรรมชาติ อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 4.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปรับระดับของไหลในท่อให้ ความร้อน 2 ระดับ คือ 70 และ 90 เปอร์เซ็นต์ (ท่อให้ความร้อนสูง 65 ซม.) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการกลั่นมากที่สุดคือ ระดับของไหลภายในท่อให้ความร้อน รองลงมาคือ ความเข้มข้นของน้ำ ทะเล และอัตราการให้ความร้อนตามลำดับ โดยระบบการกลั่นจะทำงานได้ดี ที่ระดับของไหลภายในท่อให้ความร้อน 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเข้มข้นของน้ำทะเล 3.0 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการให้ความร้อน 1,000 วัตต์ ที่อัตราการกลั่นน้ำ ทะเล 0.3 ลิตรต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 18.80 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ได้ว่า ต้นทุนการกลั่นน้ำทะเล ด้วยเทคนิคปั๊มฟอง อยู่ที่ประมาณ 20.55 บาทต่อลิตร

ลิเฮง พวย (2558) ศึกษากระบวนการกลั่นน้ำทะเล โดยเทคนิคปั๊มฟอง ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งความร้อน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสมรรถนะระบบ พัฒนาโมเดลเพื่อจำลองการทำงาน และประเมินต้นทุนต่อหน่วยของน้ำกลั่นที่ได้ การทดสอบดำเนินการที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้มีพื้นที่ 2.8 m² พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ระดับสารละลายในตัวปั๊มฟอง อุณหภูมิของไหลทำงานที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์และความเข้มข้นของเกลือในสารละลายมีค่า 3, 3.5 และ 4% โดยมวล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นจริงของน้ำทะเลธรรมชาติ ระดับสารละลายในถัง อยู่ที่ 162, 216, และ 270 mm (หรือ 60, 80 และ 100% เทียบกับความสูงถังปั๊มฟอง) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของเกลือที่ลดลง และการลดระดับของน้ำเกลือในถังปั๊มฟองจะทำให้อัตราการกลั่นเพิ่มขึ้น ที่ความสูงของระดับน้ำ เกลือ 60% และความเข้มข้นของเกลือ 3% สามารถผลิตน้ำกลั่น 3.84-6.46 ลิตรต่อวัน ขึ้นกับชั่วโมงที่มีรังสีอาทิตย์ ราคา น้ำกลั่นอยู่ที่ 4.32 บาทต่อลิตร

บัญญัติ นิยมวาส และบรรเจิด ไปฏกรัตน์ (2559) ศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำทะเล ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีน้ำไหลผ่านกระจกต่อเนื่อง ซึ่งออกแบบให้น้ำทะเลไหลผ่านกระจก ด้านบนของตัวเครื่องก่อนที่จะนำน้ำทะเลเข้าในเครื่องกลั่น โดยอัตราการไหล 5 ลิตรต่อชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วย ท่อปล่อยน้ำทะเลขนาดรูเจาะ 1 มิลลิเมตร ระยะห่างของรูเจาะ 5 มิลลิเมตร ถาดรับน้ำทะเลในเครื่องแบบราบเรียบสี่เหลี่ยมทำด้วยสังกะสีทาสีดำด้านขนาด 600 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร กระจกบนตัวเครื่องใสหนา 3 มิลลิเมตร เอียงลาดด้านเดียวทำมุม 15 องศา ทำการทดลองในช่วงเวลา 9.00-16.00 น. โดยมีการทดลองเปรียบเทียบในสภาวะเดียวกันเป็นเวลา 3 วัน เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบระหว่างแบบที่มีน้ำไหลผ่านกระจกกับแบบที่ไม่มีน้ำไหลผ่านกระจก จากการทดลองพบว่าสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำทะเลแบบมีน้ำไหลผ่านกระจกให้สมรรถนะสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำทะเลแบบไม่มีน้ำไหลผ่าน

กระจก พบว่าให้อัตราการกลั่นน้ำอยู่ที่ 0.675 ลิตรต่อตารางเมตร และ 0.382 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยแบบที่มีน้ำไหลผ่านกระจกมีสมรรถนะสูงกว่าประมาณ 43.36 %

บัญญัติ นิยมวาส (2556) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยจะเปรียบเทียบระหว่างที่มี และไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีขนาด 0.62 เมตร x 0.62 เมตร ด้านบนเป็นกระจกหนา 3 มิลลิเมตรวางเอียงทำมุม 15 องศา ถาดรองน้ำแบบลอนสี่เหลี่ยมทำจากแผ่นสังกะสีทาสีดำ มีขนาด 0.6 เมตร x 0.6 เมตร มีขอบสูง 0.047 เมตร บริเวณก้นถาดจะมีลอนคลื่นสี่เหลี่ยมจำนวน 5 ลอน บรรจุน้ำทะเลไว้ภายในถาดโดยให้มีระดับความสูงจากก้นถาดเท่ากับ 0.03 เมตร ทำการทดลองวันละ 6 ชั่วโมง จากเวลา 9.00 น. – 15.00 น. พบว่า อัตราการกลั่นเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสีได้เท่ากับ 0.398 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง หรือ 2.389 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแบบที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรังสีได้เท่ากับ 0.305 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง หรือ 1.833 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสีมีอัตราการกลั่นน้ำทะเลที่สูงกว่าแบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสีเท่ากับ 30.33%

Schmack M, Ho G & Anda M. (2016) ศึกษาการพัฒนาและการประเมินผลการทดลองการระเหยไอน้ำแบบปั๊มฟองอากาศแบบคอลัมน์สำหรับการกลั่นน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน และจากน้ำทะเล สำหรับในพื้นที่ห่างไกลขนาดเล็ก ต้นแบบการระเหยแบบปั๊มฟองถูกสร้างขึ้นและใช้คู่กับคอนเดนเซอร์ชนิดแบนแบบแผ่นเรียบ การประเมินแสดงอัตราการระเหยไอน้ำแบบปั๊มฟองอากาศระหว่าง 80 ถึง 88 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ต้นแบบตัวคอนเดนเซอร์แบบง่าย ๆ ที่ผลิตจากท่อพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ และแผ่นทองแดงเป็นวัสดุที่มีการนำความร้อนสูงซึ่งสามารถนำพลังงานความร้อนได้อย่างรวดเร็ว คอนเดนเซอร์ขนาดยาว 1,500 มม. และความกว้าง 100 มม. ทำให้อัตราการควบแน่นอยู่ที่ประมาณ 73% ต้นแบบคอนเดนเซอร์ได้รับการทดสอบที่แตกต่างกันคือการระบายความร้อนด้วยน้ำ และการไหลเวียนของอากาศโดยใช้โครงสร้างรังผึ้งภายใน เครื่องควบแน่นขนาด 1m² สามารถผลิตน้ำกลั่นได้ประมาณ 19 ลิตรต่อวัน

R.Saidur, E.T.Elcevadi, S.Mekhilef, A.Safar, & H.A.Mohammed (2011) พบว่าหลายประเทศประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด ดังนั้น 125 ประเทศทั่วโลก จึงได้ใช้วิธีการกลั่นน้ำจืดจากน้ำกร่อยและน้ำทะเล เนื่องจากวิธีการกลั่นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตน้ำจืดที่สามารถนำมาใช้เพื่อการบริโภค การชลประทาน และอุตสาหกรรมได้ ในทศวรรษที่ผ่านมา นักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาการลดต้นทุนของกระบวนการนี้ และพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ในการกลั่นให้ดีที่สุด และประหยัดที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง

สำหรับการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล มีการวิจัยเกี่ยวกับการกลั่นน้ำขนาดเล็ก การศึกษาครั้งนี้จะเน้นไปที่วิธีการกลั่นแบบต่าง ๆ สำหรับการผลิตน้ำดื่มที่มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ห้องปฏิบัติการและการใช้ในกรณีฉุกเฉิน การศึกษาได้นำเสนอเทคโนโลยีต่าง ๆ สำหรับการกลั่นแบบขนาดเล็กโดยเน้นระบบ Refro-distiller ดังนั้นจึงได้มีการนำเสนอการวิเคราะห์ทางทฤษฎีเพื่อหาประสิทธิภาพ และต้นทุนด้านพลังงาน

Hazim Mohameed Qiblawey, & Fawzi Banat (2008) ศึกษาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในกระบวนการกลั่นด้วยการให้ความร้อนเป็นหนึ่งในการใช้งานที่มีนิยมนมากที่สุดของการใช้พลังงานทดแทน การกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้ได้โดยตรง และใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้ทางอ้อม (ROF), การกลั่นด้วยเมมเบรน (MD) และ electro dialysis โดยใช้ตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสร้างความร้อน การกลั่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีทางอ้อมต้องใช้พื้นที่ดินขนาดใหญ่และมีผลผลิตค่อนข้างต่ำ การศึกษานี้กล่าวถึงเทคโนโลยีการกลั่นน้ำทะเลหลายชนิดในขั้นตอนการพัฒนาเชิงพาณิชย์ และขั้นตอนการนำร่อง จุดสนใจหลักคือเทคโนโลยีเหล่านี้เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกลโดยที่สามารถใช้ระบบพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้

Alpesh Mehta, Arjun Vyas, Nitin Bodar, & Dharmesh Lathiya (2011) ศึกษาพบว่าเกือบจะไม่มีน้ำที่เหลืออยู่บนโลกที่สามารถดื่มได้อย่างปลอดภัยจากนี้ผ่านไป 20-25 ปีนับจากวันนี้ นี่เป็นสิ่งที่ดูเหมือนจะเป็นความจริง เพราะน้ำจืดเพียง 1% ในโลกตกอยู่ในสถานะที่เป็นมลพิษจากทั้งโรค และสารเคมีที่เป็นพิษ ด้วยเหตุนี้การทำให้น้ำบริสุทธิ์จึงเป็นเรื่องสำคัญมาก ได้มีการคิดค้น โมเดลซึ่งจะแปลงน้ำสกปรก / น้ำเกลือให้กลายเป็นน้ำบริสุทธิ์ / ดื่มได้ โดยใช้แหล่งพลังงานทดแทนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดลองกลั่นน้ำด้วยอ่างรูปทรงสี่เหลี่ยมติดตั้งกระจกใสลาดเอียง ผลลัพธ์ที่ได้จากการระเหยน้ำสกปรก / น้ำเกลือ สามารถแยกน้ำบริสุทธิ์ได้ โมเดลที่ออกแบบสามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ 1.5 ลิตรจากน้ำสกปรก 14 ลิตร ในช่วงเวลาหกชั่วโมง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการกลั่นน้ำทะเลยังเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยพัฒนาจนถึงปัจจุบัน และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้ประโยชน์ในการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดได้ แต่งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าต้นทุนของเครื่องกลั่นน้ำทะเลยังสูง และยังมีประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำจืดน้อยอยู่ ส่วนงานวิจัยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการกลั่นน้ำทะเลพบว่าต้นทุนของเครื่องกลั่นน้ำทะเลจะสูงมาก และไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ติดตั้งในพื้นที่ทุรกันดาร ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการกลั่นน้ำทะเล โดยจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ซึ่งใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยคำนึงถึงการใช้

วัสดุที่หาง่ายราคาถูก มีอายุการใช้งานยาวนาน และการออกแบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน เพื่อความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ติดตั้งในพื้นที่ทุรกันดารได้ จึงนำไปสู่การวิจัยครั้งนี้



บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

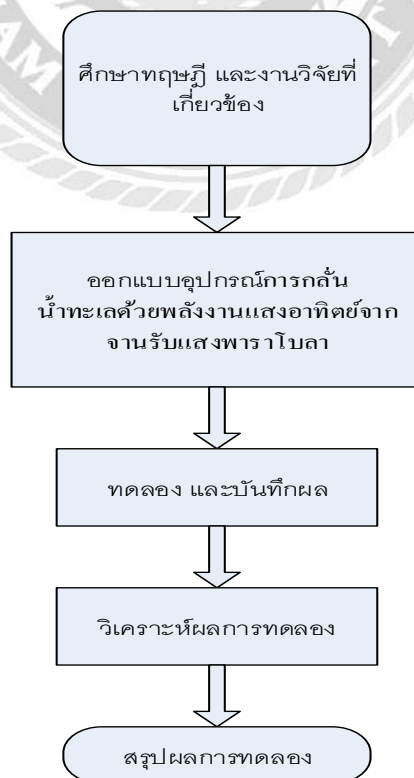
งานวิจัยนี้จัดทำเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา แบบกลั่นขั้นตอนเดียว มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากบทที่ 2
- 2) ออกแบบอุปกรณ์การกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในบทนี้
- 3) ทำการทดลอง และบันทึกผล ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในบทนี้ รวมทั้งกล่าวถึงในบทที่ 4
- 4) วิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากบทที่ 4
- 5) สรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากบทที่ 5

รายละเอียดของขั้นตอนการวิจัย สามารถเขียนเป็น Flow Chart ได้ตามรูปที่ 3.1

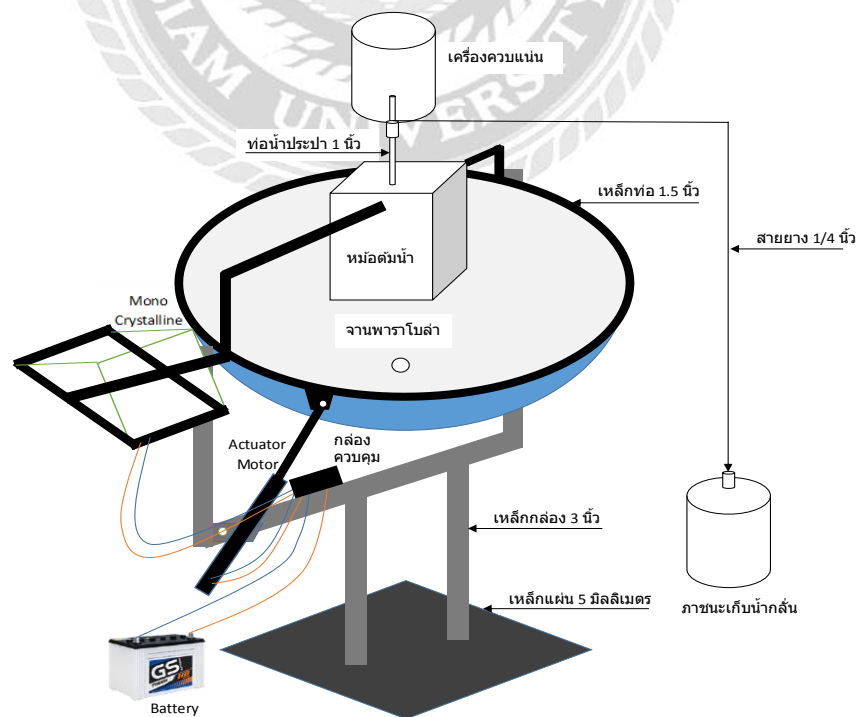


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

บทที่ 2 ได้กล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทนี้จะได้กล่าวถึงการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องกลั่นน้ำทะเล เครื่องมือทดสอบและวิธีการทดลอง ในบทที่ 4 จะได้กล่าวถึงผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

3.2 การออกแบบและการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำทะเล

งานวิจัยนี้เสนอแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากการนำความร้อนของแสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานหมุนเวียนและพลังงานสะอาดมาใช้ในกระบวนการกลั่นน้ำทะเล โดยการใช้จานรับแสงอาทิตย์ที่มีรูปโค้งเว้าทรงพาราโบลาซึ่งผิวภายในจานจะติดตั้งด้วยแผ่นสแตนเลสแบบเกรดกระจกเงา ทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสีจากแสงอาทิตย์ที่มากกระทบบนจานรับแสงแล้วสะท้อนความร้อนที่รับได้ให้ไปรวมกันบริเวณจุดโฟกัสของจาน ซึ่งบริเวณจุดโฟกัสนี้จะติดตั้งหม้อต้มสแตนเลส เพื่อรับความร้อนที่ได้ให้กับน้ำทะเลภายในหม้อต้ม โดยจานพาราโบลาสามารถปรับหมุนรับแสงอาทิตย์ได้ตามแนวทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก และสามารถควบคุมการหมุนของจานพาราโบลาได้ทั้งการปรับทิศทางการหมุนด้วยมือ หรือใช้การปรับทิศทางการหมุนด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อจะได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทั้งสองวิธีดังกล่าว โดยแนวความคิดในการออกแบบเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 3.2 แนวความคิดในการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำทะเล

จากรูปที่ 3.2 เครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา จะประกอบด้วยฐานเป็นหลักแผ่นขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร โครงสร้างส่วนบนเป็นหลักกอล่งขนาด 3 นิ้ว รองรับจานพาราโบลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.45 เมตร และมีจุดหมุนที่ปลายแขนยึดจับจานพาราโบลา เพื่อให้จานพาราโบลาสามารถหมุนรอบจุดหมุนได้ จึงสามารถควบคุมตำแหน่งหน้าจานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ได้ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ทั้งโดยการใช้มือปรับทิศทางการหมุนจานพาราโบลา หรือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมทิศทางการหมุนจานพาราโบลา และมีหม้อต้มน้ำสแตนเลสขนาด 30 ลิตร ติดตั้งที่บริเวณตำแหน่งจุดโฟกัสของจานพาราโบลา โดยหิวด้วยโครงสร้างเหล็กท่อนขนาด 1.5 นิ้ว ที่ปลายมีจุดหมุนเพื่อให้หม้อต้มน้ำสามารถหมุนรอบตัวได้ ด้านบนของหม้อต้มจะมีท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ติดตั้งอยู่เหนือหม้อต้มเพื่อทำหน้าที่ให้อิออระเหยที่เกิดจากน้ำทะเลในหม้อต้มสามารถลอยตัวเข้าสู่เครื่องควบแน่นได้ โดยเครื่องควบแน่นจะใช้ถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตรวางคว่ำยึดติดกับท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ที่ต่อมาจากหม้อต้มน้ำ ทำหน้าที่ให้อิออระเหยจากน้ำทะเลในหม้อต้มลอยตัวผ่านท่อน้ำประปาเข้าสู่เครื่องควบแน่นได้ เมื่ออิออระเหยกระทบกับผิวภายในเครื่องควบแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอิออระเหยก็จะทำให้เกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนผิวภายในเครื่องควบแน่น เมื่อหยดน้ำเกิดการสะสมรวมตัวกันก็จะไหลลงสู่ด้านล่างของเครื่องควบแน่น ซึ่งมีการต่อท่อด้วยสายยางขนาด 0.25 นิ้ว เพื่อให้ น้ำที่กลั่นตัวได้ไหลผ่านสายยางไปเก็บยังภาชนะเก็บน้ำกลั่น ซึ่งเป็นถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร ที่วางตั้งอยู่บนพื้น

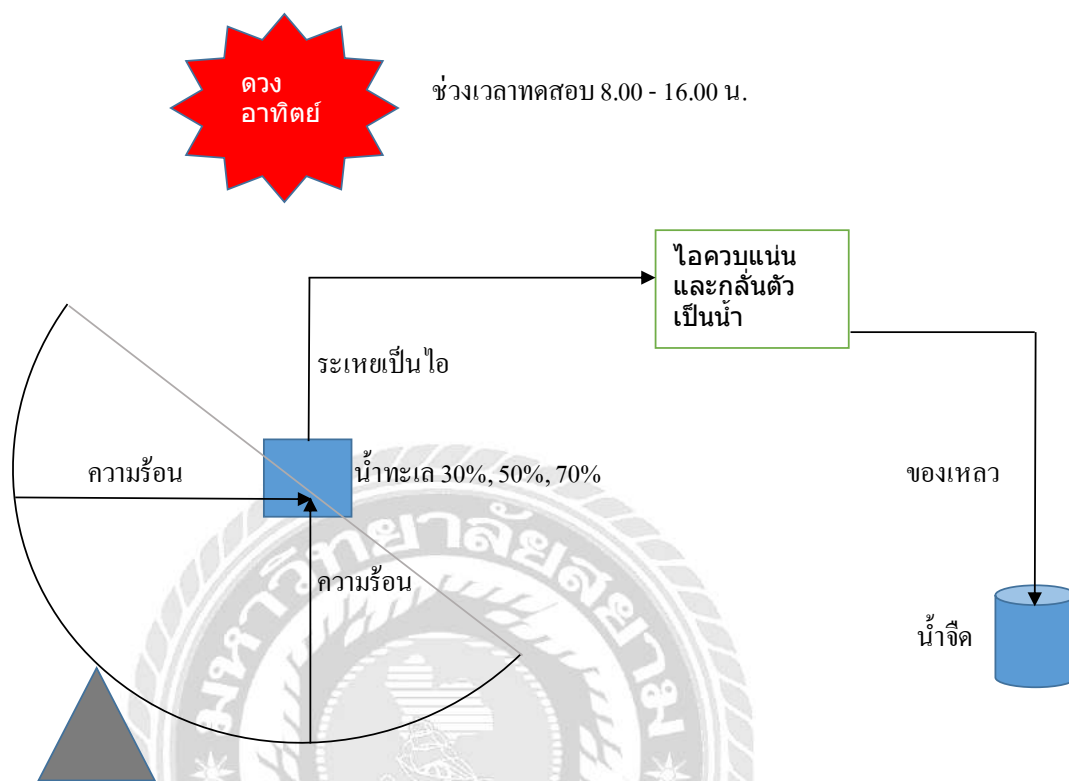
ลักษณะเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ที่ประกอบและติดตั้งแล้วเสร็จ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.3 เป็นเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา จะประกอบด้วยฐานเป็นหลักแผ่นขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร โครงสร้างส่วนบนเป็นหลักกอล่งขนาด 3 นิ้ว รองรับจานพาราโบลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.45 เมตร และมีจุดหมุนที่ปลายแขนยึดจับจานพาราโบลา เพื่อให้จานพาราโบลาสามารถหมุนรอบจุดหมุนได้ จึงสามารถควบคุมตำแหน่งหน้าจานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ได้ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ทั้งโดยการใช้มือปรับทิศทางการหมุนจานพาราโบลา หรือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมทิศทางการหมุนจานพาราโบลา และมีหม้อต้มน้ำสแตนเลสขนาด 30 ลิตร ติดตั้งที่บริเวณตำแหน่งจุดโฟกัสของจานพาราโบลา โดยหิวด้วยโครงสร้างเหล็กท่อนขนาด 1.5 นิ้ว ที่ปลายมีจุดหมุนเพื่อให้หม้อต้มน้ำสามารถหมุนรอบตัวได้ ด้านบนของหม้อต้มจะมีท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ติดตั้งอยู่เหนือหม้อต้มเพื่อทำหน้าที่ให้อิออระเหยที่เกิดจากน้ำทะเลในหม้อต้มสามารถลอยตัวเข้าสู่เครื่อง

ควมแน่นได้ โดยเครื่องควมแน่นจะใช้ถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตรวางคว่ำยึดติดกับท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ที่ต่อมาจากหม้อต้มน้ำ ทำหน้าที่ให้ไอน้ำระเหยจากน้ำทะเลในหม้อต้มลอยตัวผ่านท่อ น้ำประปาเข้าสู่เครื่องควมแน่นได้ เมื่อไอน้ำระเหยกระทบกับผิวภายในเครื่องควมแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิ ต่ำกว่าไอน้ำระเหยก็จะทำให้เกิดการควมแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนผิวภายในเครื่องควมแน่น เมื่อหยดน้ำเกิดการสะสมรวมตัวกันก็จะไหลลงสู่ด้านล่างของเครื่องควมแน่น ซึ่งมีการต่อ ท่อด้วยสายยางขนาด 0.25 นิ้ว เพื่อให้น้ำที่กลั่นตัวได้ไหลผ่านสายยางไปเก็บยังภาชนะเก็บน้ำกลั่น ซึ่ง เป็นถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร ที่วางตั้งอยู่บนพื้น



รูปที่ 3.3 เครื่องกลั่นน้ำทะเล

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำทะเลที่ออกแบบไว้ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.4 ดังนี้



รูปที่ 3.4 แนวความคิดในการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำทะเล

จากรูปที่ 3.4 เมื่อติดตั้งเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาแล้ว จะทำการทดสอบดังนี้

ครั้งที่ 1 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 30% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 9,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางของจานตามทิศทางเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ครั้งที่ 2 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 30% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 9,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะสามารถหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ครั้งที่ 3 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 50% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 15,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะสามารถหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ครั้งที่ 4 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 50% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 15,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะสามารถหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ครั้งที่ 5 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 70% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 21,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะสามารถหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ครั้งที่ 6 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 70% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 21,000 ml. จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

การทดสอบจะทำทั้งสิ้นจำนวนหกครั้งดังกล่าวข้างต้น โดยทุกครั้งจะมีการบันทึกผลรายละเอียดตามตัวอย่างตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางผลการทดลองที่บันทึกได้

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	25	680	0	
9.00	62	880	0	
10.00	85	914	0	
11.00	123	930	20	
12.00	156	941	145	
13.00	185	966	365	
14.00	220	918	480	
15.00	243	866	620	
16.00	215	765	480	
16.00 - 8.00			490	
		รวม	2,600	28.89 %
		น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม	5,964	66.27 %
		น้ำทะเลที่ระเหยหายไป	436	4.84 %

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องกลั่นน้ำทะเล และเครื่องมือทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องกลั่นน้ำทะเล และเครื่องมือทดสอบ มีดังนี้

1) จานรับแสงพาราโบลาจากดวงอาทิตย์ ใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.45 เมตร นำมาติดตั้งแผ่นสแตนเลสแบบเกรดกระจกเงาที่ผิวโค้งหน้าจาน เพื่อเป็นตัวรับรังสีแสงจากดวงอาทิตย์ แล้วสะท้อนพลังงานความร้อนไปยังจุดโฟกัสของจานรับแสง โดยคำนวณพื้นที่ผิวส่วนโค้งเว้าของจานพาราโบลาได้จากสมการที่ 2.2 โดยที่ $r = 0.725 \text{ m}$, $y = 0.28 \text{ m}$. ดังนั้นได้ $A = 1.88 \text{ m}^2$ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 จานรับแสงพาราโบลาทำจากจานรับสัญญาณดาวเทียม

2) ภาชนะหม้อต้มบรรจุน้ำทะเล ชุดหม้อต้มน้ำเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลในหม้อต้มนั้นเกิดมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยวัสดุที่ใช้หม้อต้มจะต้องเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดี และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ง่าย และที่สำคัญจะต้องไม่เกิดมลพิษ หรือก่อให้เกิดสารเคมีที่จะทำให้เป็นอันตรายต่อการอุปโภคและบริโภคเมื่อได้รับความร้อน สำหรับการทดสอบนี้ใช้หม้อต้มขนาดความจุ 30 ลิตรทำด้วยวัสดุ สแตนเลส และพนัสนิหม้อต้มภายนอกด้วยสีดำ ซึ่งการพ่นด้วยสีดำจะช่วยทำให้การดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดี ส่วนด้านบนของหม้อต้มจะมีการติดตั้งท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว อยู่เหนือหม้อต้มเพื่อให้ไอน้ำระเหยจากน้ำทะเลในหม้อต้มสามารถลอยตัวเข้าสู่เครื่องควบแน่นต่อไปได้ และจะทำการติดตั้งหม้อต้มบริเวณจุดโฟกัสของจานรับแสง โดยคำนวณระยะโฟกัสได้จากสมการที่ 2.1 โดยที่ $D = 1.45 \text{ m}$, $y = 0.28 \text{ m}$. ดังนั้นได้ $F = 0.47 \text{ m}$. มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพขณะหม้อต้มบรรจุน้ำทะเล

3) เครื่องควบคุมแน่น ใช้บรรจุภัณฑ์น้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร วางคว่ำยึดกับท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ที่ต่อมาจากหม้อต้ม ทำให้อิอน้ำที่ระเหยจากน้ำทะเลในหม้อต้มสามารถลอยตัวผ่านท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว เข้าสู่เครื่องควบคุมแน่นได้ เมื่ออิอน้ำระเหยกระทบกับผิวภายในเครื่องควบคุมแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอิอน้ำที่ระเหย ก็จะทำให้เกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนพื้นที่ผิวภายในเครื่องควบคุมแน่น แล้วสะสมรวมตัวกันไหลลงสู่ด้านล่างของเครื่องควบคุมแน่น มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทำเครื่องควบแน่น

4) ภาชนะบรรจุน้ำกลั่น ใช้บรรจุภัณฑ์น้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร สำหรับใช้เก็บน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ภาชนะบรรจุน้ำกลั่น

5) ภาชนะตวงน้ำ ใช้วัดปริมาณน้ำทะเล และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ในระหว่างการทดสอบ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ภาชนะวัดปริมาณน้ำ

6) ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบ เพื่อใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบส่งไปตรวจสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำกลั่น

7) เครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ Solar Power Meter หรือ Pyranometer ใช้สำหรับวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ทดสอบ มีหน่วยวัดเป็น W/m^2 มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์

โดยเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติ ดังนี้

Specifications

Range: 2000W/m^2 , $634\text{BTU/ft}^2\cdot\text{h}$)

Resolution: 1W/m^2 , $1\text{BTU}/(\text{ft}^2\cdot\text{h})$

Accuracy: typically within $\pm 10\text{W/m}^2$ [$\pm 3\text{ BTU}/(\text{ft}^2\cdot\text{h})$] or $\pm 5\%$,

whichever is greater in sunlight; Additional

temperature induced error $\pm 0.38\text{W/m}^2 / ^\circ\text{C}$ [$\pm 0.12\text{ BTU} / (\text{ft}^2\cdot\text{h}) / ^\circ\text{C}$] from 25°C

Angular accuracy: Cosine corrected $< 5\%$ for angles $< 60^\circ\text{C}$

Sampling Time: Approx. 0.25 second

Display : 3 1/2 digits LCD with maximum-reading of 3999

Power: 2 * 1.5V AAA batteries

Size (LxWxH) : $108\text{mm} \times 48\text{mm} \times 23\text{mm}$

Weight : 80g

8) เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิที่หม้อต้มในช่วงเวลาที่ทดสอบ มีหน่วยวัดเป็น $^\circ\text{C}$ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

โดยเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติ ดังนี้

Specifications

หน้าจอ LCD มีแสง Black light สามารถใช้งานได้ในที่มืด

วัดค่าอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด สามารถวัดค่าวัตถุได้ทั้งของแข็งและของเหลว

มีฟังก์ชัน HOLD ในการเก็บค่าอุณหภูมิที่วัดได้

มี Laser Pointer ช่วยชี้จุดที่ต้องการวัดให้เจาะจงมากขึ้น

ช่วงอุณหภูมิ : - 50 - 380 °C

Accuracy : +2 °C / +2 %

Resolution : 0.1 °C / 0.1 °F

Response time : (8 - 14) um & 500 ms

ขนาดเครื่อง : 3.8 x 8.0 x 14.6 cm

โหมดปิดเครื่องอัตโนมัติ

โหมดการเก็บค่าอุณหภูมิที่วัดได้ (Hold)

9) ตัวอย่างน้ำทะเลที่ใช้ทดสอบ เก็บจากริมหาดบางแสน โดยวิธีจ้วงตักแล้วเทใส่ถังแกลอน รายละเอียดตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

3.4 วิธีทำการทดลอง

การทดลองมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ติดตั้งเครื่องกลั่นน้ำทะเล ที่ชั้นดาดฟ้าอาคารพิกัดที่ตั้ง N13.791167, E100.602417
- 2) ทดสอบครั้งที่ 1 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 30% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 9,000 ml.
- 3) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 4) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 5) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 6) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 7) ทดสอบครั้งที่ 2 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 30% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 9,000 ml.
- 8) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 9) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 10) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 11) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบแล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 12) ทดสอบครั้งที่ 3 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 50% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 15,000 ml.
- 13) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศ

ทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในตาราง

- 14) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 15) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 16) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบแล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 17) ทดสอบครั้งที่ 4 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 50% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 15,000 ml.
- 18) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 19) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 20) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 21) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบแล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 22) ทดสอบครั้งที่ 5 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 70% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 21,000 ml.
- 23) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 24) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 25) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 26) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบแล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 27) ทดสอบครั้งที่ 6 โดยบรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 70% ของขนาดหม้อต้ม หรือเท่ากับ 21,000 ml.

- 28) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และ ปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 29) วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้ว บันทึกผลลงในตาราง
- 30) หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 31) วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบแล้วบันทึกผลลงในตาราง
- 32) หาประสิทธิภาพการกลั่นที่ได้จากการทดสอบ
- 33) หาคความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกลั่น, ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิของภาชนะหม้อต้มน้ำทะเล ในแต่ละวัน
- 34) หาดัชนีทุนน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบ
- 35) นำตัวอย่างน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบไปทดสอบหาคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ติดตั้งเครื่องกลั่นน้ำทะเล รายละเอียดตามรูปที่ 3.14 ถึง 3.20



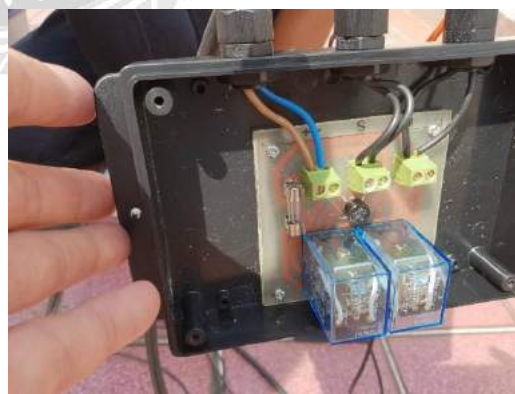
รูปที่ 3.14 การประกอบฐาน และ โครงสร้างรองรับจานพาราโบลา

จากรูปที่ 3.14 โครงสร้างจะประกอบด้วยฐานรองรับเป็นเหล็กแผ่นขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร โครงสร้างส่วนบนที่เป็นเสา และคานเป็นเหล็กกล่องขนาด 3 นิ้ว



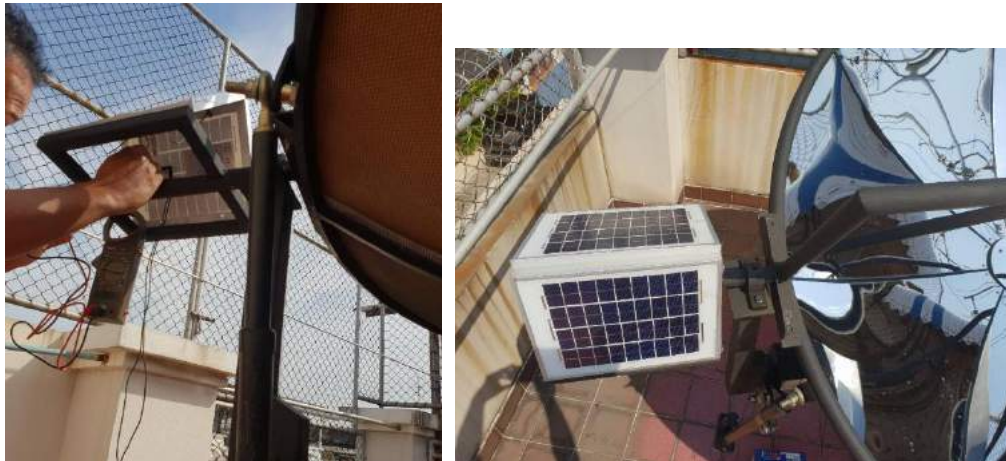
รูปที่ 3.15 การติดตั้งงานพาราโบลา และหม้อต้มน้ำ

จากรูปที่ 3.15 ทำการติดตั้งงานพาราโบลา และหม้อต้มน้ำ เข้ากับ โครงสร้างคาน



รูปที่ 3.16 การติดตั้งกล่องชุดควบคุม

จากรูปที่ 3.16 ติดตั้งกล่องชุดควบคุมไว้ที่ตำแหน่งโครงสร้างคาน และต่อวงจรพร้อมเดินสายไฟให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.17 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ Mono Crystalline

จากรูปที่ 3.17 ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ Mono Crystalline 5 watt 12 V จำนวนสองแผงประกอบกันเป็นมุมฉาก แล้วเดินสายไฟเชื่อมต่อระหว่างแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับกล่องชุดควบคุม



รูปที่ 3.18 การติดตั้งชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Actuator Motor)

จากรูปที่ 3.18 ติดตั้งชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Actuator Motor) ที่โครงสร้างคานและปลายแขนมอเตอร์ยึดเข้ากับขอบงานพาราโบลา แล้วเดินสายไฟเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์ แผงโซลาร์เซลล์ Mono Crystalline กล่องชุดควบคุม และแบตเตอรี่



รูปที่ 3.19 การติดตั้งชุดควบคุมแน่น และภาชนะเก็บน้ำกลั่น

จากรูปที่ 3.19 ติดตั้งชุดควบคุมแน่นโดยใช้บรรจุภัณฑ์น้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร วางคว่ำยึดกับท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ที่ต่อมาจากหม้อต้ม และต่อท่อด้วยสายยางขนาด 0.25 นิ้ว เพื่อให้ น้ำที่กลั่นตัวได้ไหลผ่านสายยางไปเก็บยังภาชนะเก็บน้ำกลั่น ซึ่งเป็นถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร ที่วางตั้งอยู่บนพื้น



รูปที่ 3.20 เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาที่ติดตั้งเรียบร้อย

จากรูปที่ 3.20 เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2) บรรจุน้ำทะเลที่จะทดสอบลงในหม้อต้ม รายละเอียดตามรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเติมตัวอย่างน้ำทะเลที่จะทดสอบลงในหม้อต้ม

จากรูปที่ 3.21 บรรจุน้ำทะเลที่จะทดสอบลงในหม้อต้มผ่านท่อขนาด 1 นิ้วของหม้อต้ม ตามปริมาณที่ต้องการทดสอบ

3) บันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. รายละเอียดตามรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 วัดค่าอุณหภูมิที่หม้อต้มขณะทำการทดสอบ

จากรูปที่ 3.22 วัดค่าอุณหภูมิที่หม้อต้มที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

4) บันทึกค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. รายละเอียดตามรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วัดค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ขณะทำการทดสอบ

จากรูปที่ 3.23 วัดค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ Solar Power Meter หรือ Pyranometer ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

5) บันทึกค่าปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และช่วงเวลา 16.00 - 8.00 น. และปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม รายละเอียดตามรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ และปริมาณน้ำทะเลที่เหลือ ขณะทำการทดสอบ

จากรูปที่ 3.24 วัดค่าปริมาณน้ำที่กลั่นได้จากการทดสอบด้วยภาชนะตวงน้ำ ทุกชั่วโมง ระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และช่วงเวลา 16.00 - 8.00 น. และปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้มหลังสิ้นสุดการทดสอบในแต่ละวัน

6) จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. โดยปรับทิศทางการหมุนของจานตามทิศทางเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ทุกชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในตาราง วัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ที่เกิดจากความร้อนแฝงในช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. แล้วบันทึกผลลงในตาราง หาปริมาณน้ำกลั่นรวมทั้งหมดที่ได้ (ml.) จากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง วัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) และหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปจากการทดสอบ แล้วบันทึกผลลงในตาราง ตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกผลตามตารางที่ 3.1

7) เก็บตัวอย่างน้ำที่กลั่นได้จากการทดสอบ บรรจุใส่ภาชนะเพื่อส่งไปทดสอบหาคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดตามรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การเก็บตัวอย่างน้ำที่กลั่นได้ไปทดสอบหาคุณภาพน้ำ

จากรูปที่ 3.25 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่กลั่นได้จากภาชนะเก็บน้ำกลั่นจากถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร ที่วางตั้งอยู่บนพื้น แบ่งใส่ภาชนะบรรจุขนาด 1 ลิตรเพื่อนำไปทดสอบหาคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การทดสอบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ตามวิธีและขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

จากการทดลอง สามารถบันทึกผลการทดลองที่ได้ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การทดลองวันที่ 29 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง

เวลา	อุณหภูมิ °C	ความเข้มแสง W/m ²	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	25	680	0	
9.00	62	880	0	
10.00	85	914	0	
11.00	123	930	20	
12.00	156	941	145	
13.00	185	966	365	
14.00	220	918	480	
15.00	243	866	620	
16.00	215	765	480	
16.00 - 8.00			490	
รวม			2,600	28.89 %
น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม			5,964	66.27 %
น้ำทะเลที่ระเหยหายไป			436	4.84 %

จากตารางที่ 4.1 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 9,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หม้อรับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการ ใช้มือปรับหม้อจนทุกชั่วโมง ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่ กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวม ได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหย หายไปได้

ตารางที่ 4.2 การทดลองวันที่ 30 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	26	710	0	
9.00	67	904	0	
10.00	92	928	0	
11.00	130	940	55	
12.00	166	955	175	
13.00	192	972	395	
14.00	245	946	545	
15.00	267	915	675	
16.00	238	820	565	
16.00 - 8.00			560	
539.00		รวม	2,970	33.00 %
		น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม	5,580	62.00 %
		น้ำทะเลที่ระเหยหายไป	450	5.00 %

จากตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 9,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หมูนับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการ ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวมได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ตารางที่ 4.3 การทดลองวันที่ 31 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้วิธีหมูนานทุกชั่วโมง

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	26	712	0	
9.00	59	915	0	
10.00	81	934	0	
11.00	108	953	10	
12.00	127	965	80	
13.00	148	972	205	
14.00	162	957	310	
15.00	180	878	325	
16.00	168	845	360	
16.00 - 8.00			525	
รวม			1,815	12.10 %
น้ำน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม			12,865	85.77 %
น้ำทะเลที่ระเหยหายไป			320	2.13 %

จากตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 15,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการใช้มือปรับหมุนงานทุกชั่วโมง ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวมได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ตารางที่ 4.4 การทดลองวันที่ 1 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	26	732	0	
9.00	61	935	0	
10.00	85	946	0	
11.00	121	966	20	
12.00	134	974	90	
13.00	156	980	235	
14.00	178	965	340	
15.00	212	928	370	
16.00	182	855	390	
16.00 - 8.00			610	
รวม			2,055	13.70 %
น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม			12,540	83.60 %
น้ำทะเลที่ระเหยหายไป			405	2.70 %

จากตารางที่ 4.4 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 15,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการไ้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวมได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ตารางที่ 4.5 การทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้วิธีหมุนงานทุกชั่วโมง

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	28	734	0	
9.00	56	932	0	
10.00	75	964	0	
11.00	84	976	0	
12.00	92	982	10	
13.00	114	988	60	
14.00	125	964	80	
15.00	137	916	155	
16.00	128	875	95	
16.00 - 8.00			540	
รวม			940	4.48 %
น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม			19,780	94.19 %
น้ำทะเลที่ระเหยหายไป			280	1.33 %

จากตารางที่ 4.5 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 21,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการใช้มือปรับหมุนงานทุกชั่วโมง ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวมได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

ตารางที่ 4.6 การทดลองวันที่ 3 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก

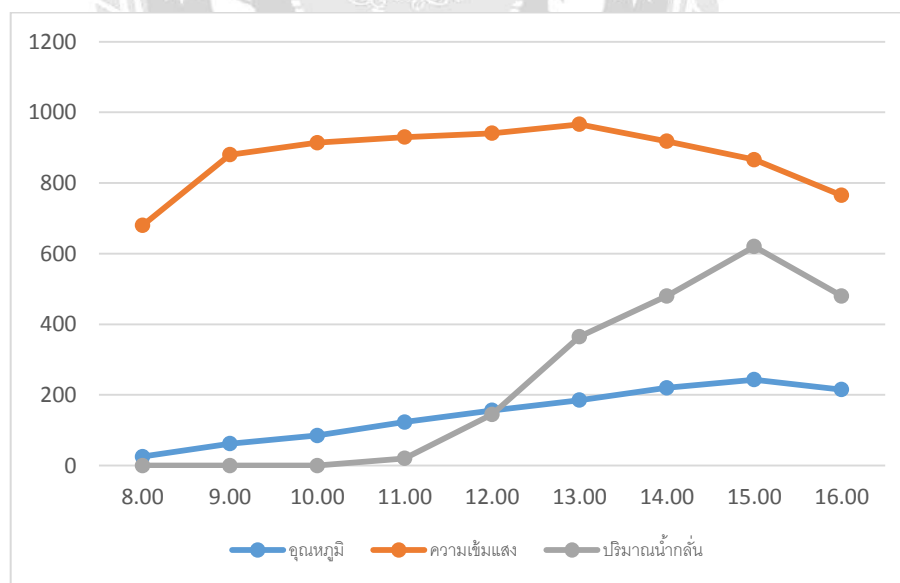
ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

เวลา	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	ความเข้มแสง W/m^2	ปริมาณน้ำกลั่น ml.	
8.00	28	735	0	
9.00	62	946	0	
10.00	80	965	0	
11.00	95	982	0	
12.00	105	986	10	
13.00	120	988	65	
14.00	132	978	85	
15.00	145	936	160	
16.00	138	890	105	
16.00 - 8.00			635	
รวม			1,060	5.05 %
น้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม			19,550	93.10 %
น้ำทะเลที่ระเหยหายไป			390	1.86 %

จากตารางที่ 4.6 ผู้วิจัยทำการทดสอบปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม หรือปริมาณ 21,000 ml. กรณีควบคุมตำแหน่งหน้างานพาราโบลาให้หมุนรับแสงอาทิตย์ในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยการใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้ม ($^{\circ}\text{C}$) ความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m^2) และปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ทุกชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และวัดปริมาณน้ำที่กลั่นได้ (ml.) ช่วงเวลา 16.00 – 8.00 น. ที่เกิดจากความร้อนแฝง ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นรวมได้ (ml.) หลังจากนั้นวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม (ml.) ก็จะสามารถหาปริมาณน้ำทะเลที่ระเหยหายไปได้

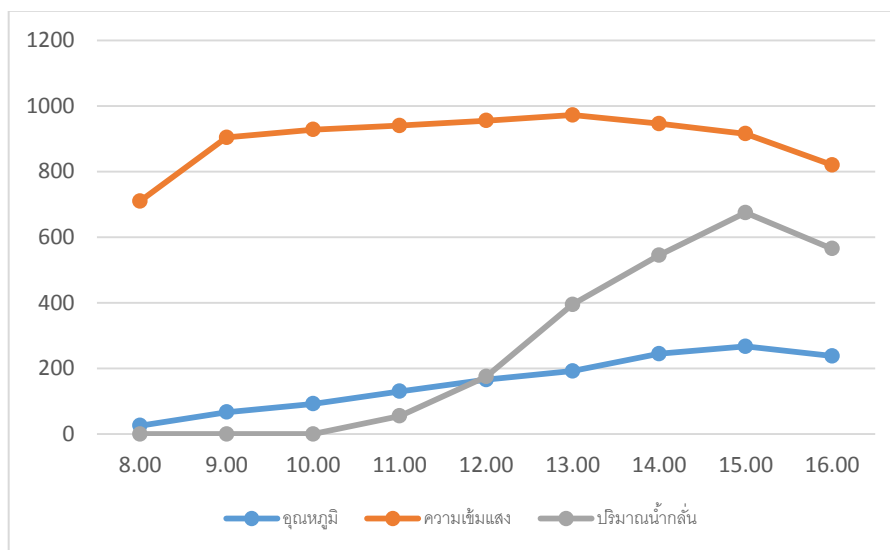
4.2 การวิเคราะห์ผล

จากการบันทึกผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. เกิดจากความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ขณะที่ดวงอาทิตย์ยังขึ้นอยู่ แต่ปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ในช่วงเวลา 16.00-8.00 น. เกิดจากความร้อนแฝงที่ยังมีอยู่ในหม้อต้มน้ำทะเล เมื่อนำผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6 มาสร้างเป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง, ปริมาณน้ำกลั่น และช่วงเวลา เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลต่อไป จะได้กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ดังนี้



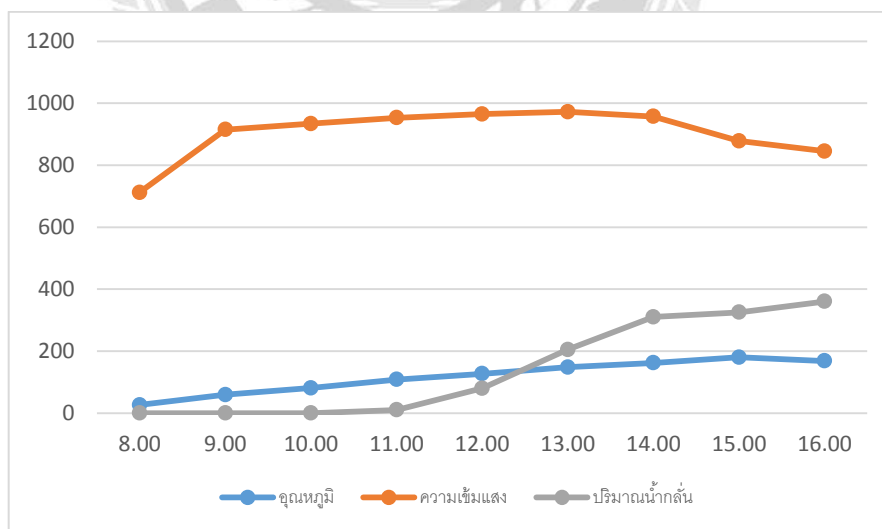
กราฟที่ 4.1 การทดลองวันที่ 29 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้วิธีหมุนงานทุกชั่วโมง

จากกราฟที่ 4.1 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.1



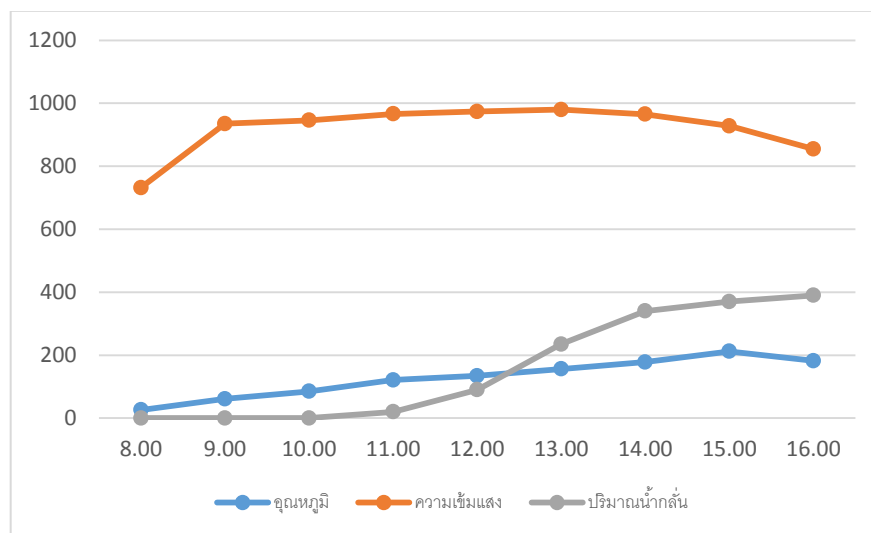
กราฟที่ 4.2 การทดลองวันที่ 30 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม ปริมาณ 9,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากกราฟที่ 4.2 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.2



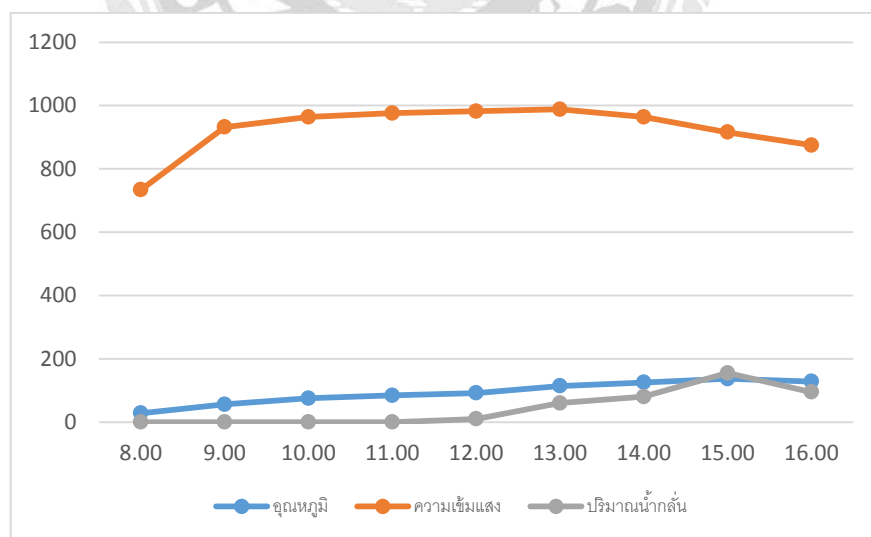
กราฟที่ 4.3 การทดลองวันที่ 31 ตุลาคม 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง

จากกราฟที่ 4.3 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.3



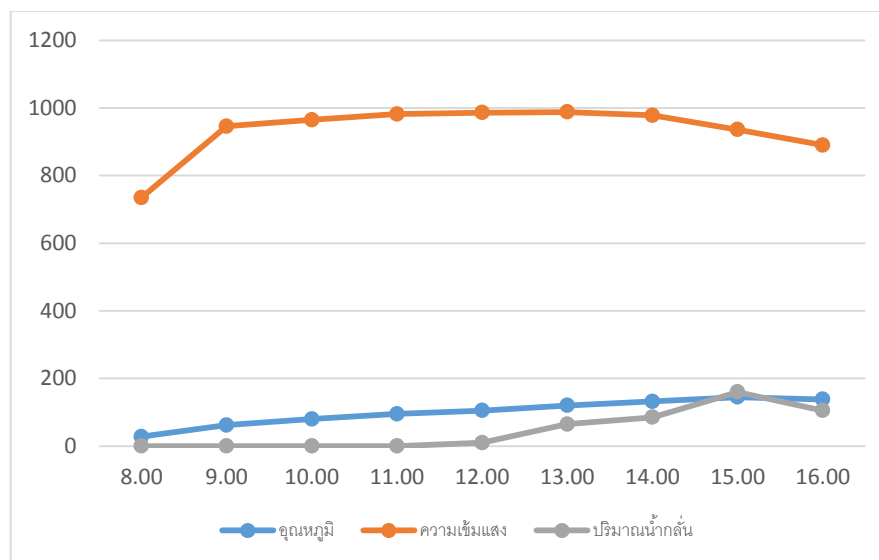
กราฟที่ 4.4 การทดลองวันที่ 1 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้ม ปริมาณ 15,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากกราฟที่ 4.4 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.4



กราฟที่ 4.5 การทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง

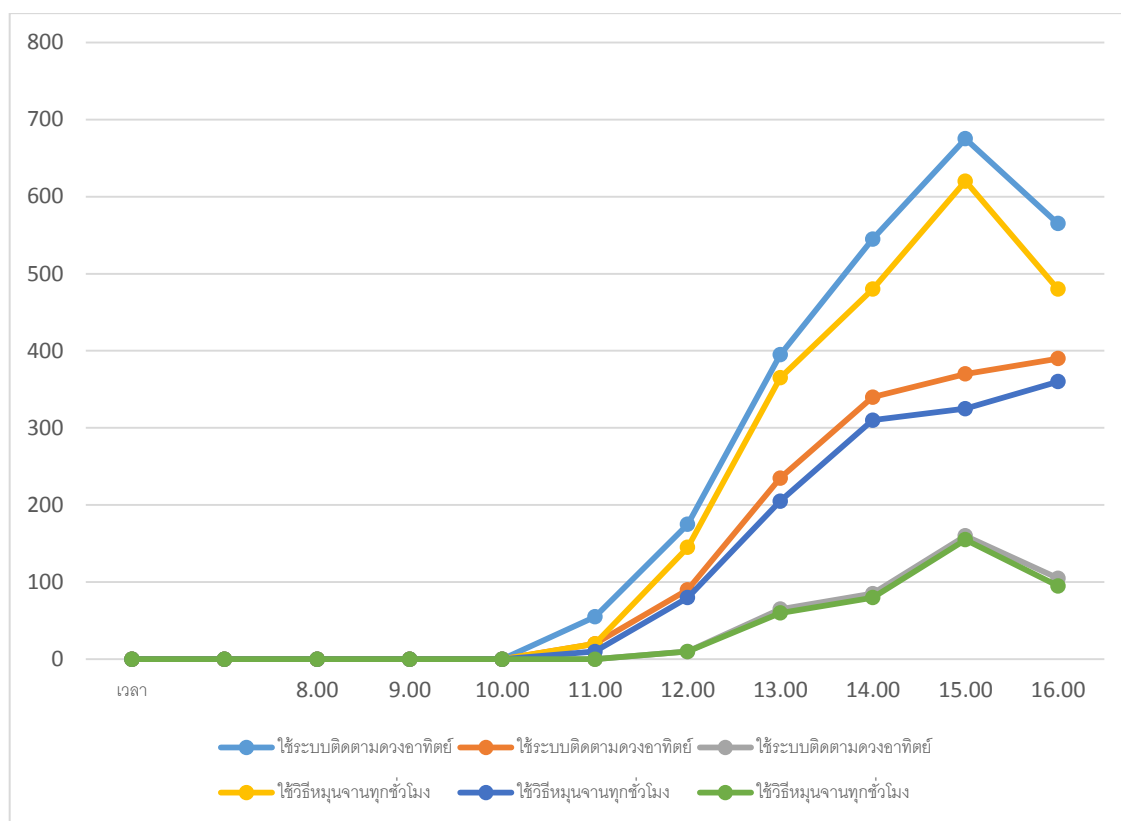
จากกราฟที่ 4.5 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.5



กราฟที่ 4.6 การทดลองวันที่ 3 พฤศจิกายน 2561 สภาพอากาศร้อน มีแสงแดดมาก ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้ม ปริมาณ 21,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากกราฟที่ 4.6 เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.ที่บันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.6

เมื่อนำปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00-16.00 น.จากการบันทึกผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6 ซึ่งใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง และใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ มาสร้างเป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ จะได้กราฟที่ 4.7 ดังนี้



กราฟที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ โดยใช้วิธีหมนงานทุกชั่วโมง และใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากกราฟความสัมพันธ์ กราฟที่ 4.1 ถึงกราฟที่ 4.7 ที่ได้จากการบันทึกผลการทดลองตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6 พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ที่หม้อต้มจะสูงขึ้นตามความเข้มแสงอาทิตย์ และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่หม้อต้มสูงขึ้นตามช่วงเวลาที่ทดสอบ 8.00 ถึง 16.00 น. นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำที่กลั่นได้มากจะอยู่ในช่วงเวลา 12.00 – 16.00 น. และปริมาณน้ำที่กลั่นได้สูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พลังงานความร้อนสะสมในหม้อต้มน้ำทะเลมีค่ามาก จากการบันทึกผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6 นำมาหาประสิทธิภาพการกลั่นที่เพิ่มขึ้นเมื่อให้เครื่องกลั่นน้ำทำงานโดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ แทนการใช้วิธีหมนงานทุกชั่วโมง ของปริมาณน้ำทะเลที่ 30%, 50% และ 70% ของหม้อต้ม ได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกลั่นที่เพิ่มขึ้น ของปริมาณน้ำทะเลที่ 30%, 50% และ 70% ของหม้อต้มที่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ แทนการใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง

ปริมาณน้ำทะเล ในหม้อต้ม	น้ำกลั่นสะสม (ml/d)		ประสิทธิภาพการ กลั่นที่เพิ่มขึ้น (%)
	วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง	วิธีติดตามดวงอาทิตย์	
30 %	2,600	2,970	14.23
50 %	1,815	2,055	13.22
70 %	940	1,060	12.77

จากการทดสอบพบว่าเมื่อให้เครื่องกลั่นน้ำทำงาน โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ แทนการใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมงจะทำให้ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์จะปรับทิศทางของจานพาราโบลาให้รับแสงดวงอาทิตย์ในทิศทางตั้งฉากตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตลอดเวลา ทำให้มีประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าวิธีการปรับจานพาราโบลาโดยวิธีหมุนจานทุกชั่วโมง กรณีที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเพิ่มขึ้น 14.23 % ที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเพิ่มขึ้น 13.22 % และที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเพิ่มขึ้น 12.77 %

นอกจากนี้พบว่าเมื่อปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมจะลดลง โดยดูได้จากตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.5 จะพบว่าเมื่อให้เครื่องกลั่นน้ำทำงานโดยการใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมงที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 28.89 % ที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 12.10 % และที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 4.48 % เมื่อดูจากตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.6 ที่ให้เครื่องกลั่นน้ำทำงานโดยการใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 33.00 % ที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 13.70 % และที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสม 5.05 % ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ต้องใช้พลังงานความร้อนในการทำให้น้ำทะเลในหม้อต้มระเหยเป็นไอน้ำมากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมลดลง

4.3 การคำนวณต้นทุน

การหาต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำทะเลดำเนินการได้ตาม ตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำทะเล

งบประมาณ	ใช้วิธีหมุนงาน	ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์
รายการ	ราคาบาท	ราคาบาท
งานดาวเทียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.45 m.	800	800
ชุดอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์		2,500
อุปกรณ์อื่นๆ	200	200
ค่าประกอบ และติดตั้ง โครงสร้าง	16,000	16,000
แบตเตอรี่		1,800
รวม	17,000	21,300

จากตารางที่ 4.8 ผู้วิจัยหาต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำทะเลแล้ว พบว่าเครื่องกลั่นน้ำทะเลโดยใช้วิธีหมุนงานด้วยมือมีราคา 17,000 บาท และเครื่องกลั่นน้ำทะเลโดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์มีราคา 21,300 บาท เพื่อความเหมาะสมในการนำเครื่องกลั่นน้ำทะเลไปใช้งานในสภาพพื้นที่ทุรกันดาร จึงควรพิจารณาใช้เครื่องกลั่นน้ำโดยวิธีหมุนงานด้วยมือเพราะไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในการควบคุมการหมุนงานรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีความเหมาะสมในการใช้งานจริงมากกว่า และจะไม่พิจารณาคิดค่าแรงงานในการปรับหมุนงานทุกชั่วโมงในการคิดเป็นต้นทุนของน้ำกลั่น จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่ากรณีปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้ม สามารถกลั่นน้ำได้ปริมาณสูงสุดจะใช้น้ำมาเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหาต้นทุนของน้ำที่กลั่นได้ ดังนี้

- ต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำโดยใช้วิธีหมุนงานด้วยมือ 17,000 บาท
- กำหนดค่าบำรุงรักษาที่ 2 % ของต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำทุกปีเท่ากับ 340 บาท/ปี
- กำหนดอายุการใช้งาน 10 ปี และมูลค่าเครื่องกลั่นน้ำในปีที่ 10 เท่ากับ 50 % ของต้นทุนเครื่องในปีแรก
- กำหนดให้เครื่องทำงาน 8 เดือนต่อปี เท่ากับ 240 วัน/ปี
- อัตราดอกเบี้ย 7 % ต่อปี
- ปริมาณน้ำที่กลั่นได้ 2.60 ลิตร/วัน เท่ากับ 624 ลิตร/ปี

จากข้อมูลข้างต้นนำไปคำนวณหาต้นทุนน้ำกลั่น โดยแทนค่าในสมการที่ 2.3 จะได้

$$\begin{aligned}
 A &= P * [i * (1+i)^n / ((1+i)^n - 1)] - L * [i / ((1+i)^n - 1)] \\
 &= 17,000 * [0.07 * (1+0.07)^{10} / ((1+0.07)^{10} - 1)] - 8,500 * [0.07 / ((1+0.07)^{10} - 1)] \\
 &= 2,420.42 - 615.21 \\
 &= 1,805.21 \quad \text{บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

รวมกับค่าบำรุงรักษา 340 บาท/ปี

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรายปีเท่ากับ $1,805.21 + 340 = 2,145.21$ บาท/ปี

ปริมาณน้ำที่กลั่นได้เท่ากับ 624 ลิตร/ปี

ดังนั้นต้นทุนน้ำกลั่นเท่ากับ $2,145.21 / 624 = 3.44$ บาท/ลิตร

4.4 ผลทดสอบคุณภาพน้ำ

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำกลั่นที่ได้จากการทดลองเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2561 ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้มปริมาณ 9,000 ml. ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ไปทดสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ โดยส่งไปทดสอบที่บริษัท เอ็นไวร์โพร จำกัด และให้ทางบริษัทผู้ทดสอบคุณภาพน้ำเปรียบเทียบคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก ซึ่งผลทดสอบคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รายละเอียดผลการทดสอบหาค่าคุณสมบัติของน้ำอยู่ในภาคผนวกท้ายเล่มงานวิจัย จากผลทดสอบคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแสดงให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา สามารถนำมาใช้ในการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดเพื่อใช้ในการบริโภคได้อย่างปลอดภัย

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบตามวัตถุประสงค์ และตามขอบเขตของการวิจัยที่กำหนด และสามารถสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1) อุณหภูมิที่วัดได้ที่หม้อต้มจะสูงขึ้นตามความเข้มแสงอาทิตย์ และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่หม้อต้มสูงขึ้นตามช่วงเวลาที่ทดสอบ 8.00 ถึง 16.00 น.
- 2) ปริมาณน้ำที่กลั่นได้มากจะอยู่ในช่วงเวลา 12.00 – 16.00 น. และปริมาณน้ำที่กลั่นได้สูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 15.00-16.00 น.
- 3) เครื่องกลั่นน้ำที่ทำงานโดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ จะให้ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะอาดเพิ่มขึ้นมากกว่าเครื่องกลั่นน้ำที่ทำงานโดยการใช้วิธีหมุนจานทุกชั่วโมง โดยที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น 14.23 % ที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น 13.22 % และที่ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% ของหม้อต้มมีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น 12.77 %
- 4) ปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะอาดจะลดลง
- 5) เพื่อความสะดวกในการนำเครื่องกลั่นน้ำไปใช้งานในสภาพพื้นที่จริงควรใช้เครื่องกลั่นน้ำโดยวิธีหมุนจานด้วยมือ โดยมีต้นทุนเครื่องกลั่นน้ำ 17,000 บาท
- 6) ต้นทุนน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำโดยวิธีหมุนจานด้วยมือเท่ากับ 3.44 บาท/ลิตร
- 7) ตัวอย่างน้ำกลั่นที่ได้จากการทดสอบพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก จึงสามารถให้บริการได้อย่างปลอดภัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบเครื่องดันแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1) เครื่องกลั่นน้ำจะทำงานได้ดี เมื่อแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในช่วงฤดูฝนที่มีเมฆมาก และแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงต่ำ

2) จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมจะลดลง จึงควรลองปรับขนาดภาชนะหม้อต้มให้มีขนาดเล็กลง ก็อาจทำให้ได้ผลผลิตน้ำกลั่นสูงขึ้น และจะส่งผลทำให้ต้นทุนน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำลดลงได้อีกด้วย

3) จากการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำ ท่อไอน้ำที่ให้ไอน้ำระเหยผ่านมีขนาด 1 นิ้ว ทำให้ปริมาณไอน้ำระเหยผ่านท่อไปยังอุปกรณ์ควบแน่นได้น้อยและช้า บางส่วนควบแน่นกลับตัวซ้ำอยู่ภายในหม้อต้ม จึงควรลองออกแบบชุดอุปกรณ์ใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำกลั่นสูงขึ้น และจะส่งผลทำให้ต้นทุนน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำลดลงได้อีกด้วย

4) จากการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำ ใช้จานรับแสงพาราโบลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.45 เมตร ซึ่งมีพื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ 1.88 ตารางเมตร จึงควรลองเพิ่มขนาดจานรับแสงให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำกลั่นสูงขึ้น และจะส่งผลทำให้ต้นทุนน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำลดลงได้อีกด้วย

5) สามารถนำงานวิจัยนี้ไปศึกษาทดสอบกลั่นน้ำจากแหล่งน้ำปนเปื้อนอื่นๆ และศึกษาพัฒนาปรับปรุงอุปกรณ์ดันแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำให้ได้มากขึ้นต่อไป

บรรณานุกรม

- ณภัตส์วรัญญ์ ลิพัฒนา. (2557). *การกลั่นน้ำทะเลด้วยเทคนิคปั๊มฟอง*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บัญญัติ นิยมवास. (2556). *การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสี*. (รายงานการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- บัญญัติ นิยมवास และบรรเจิด ไปฏกรัตน์. (2559). *การเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์*. (รายงานการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ปกรณ์ พรหมแก้ว. (2555). *การใช้พลังงานรังสีอาทิตย์ในกระบวนการกลั่นน้ำทะเล*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ลีเฮง พวย. (2558). *การกลั่นน้ำทะเลด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยเทคนิคปั๊มฟอง*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วันชัย ธิจิรวนิช และช่อม พลอยมีค่า. (2520). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- Dendane Abdelkader. (2007). *Find The Focus of Parabolic Dish Antennas*. Retrieved from https://www.analyzemath.com/parabola/parabola_focus.html
- Mehta Alpesh, Vyas Arjun, Bodar Nitin, & Lathiya Dharmesh. (2011). Design of Solar Distillation System. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29, 67-74.
- Qiblawey Hazim Mohameed, & Banat Fawzi. (2008). Solar thermal desalination technologies. *Desalination*, 220, 633-644.
- Saidur, R., Elceevadi, E.T., Mekhilef, S., Safar, A., & Mohammed, H.A.. (2011). An overview of different distillation methods for small scale applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4756-4764.
- Millikan Ross. (2015). *How to calculate the area of a parabolic dish*. Retrieved from <https://math.stackexchange.com/questions/1341251/how-to-calculate-the-area-of-a-parabolic-dish>

บรรณานุกรม (ต่อ)

Schmack, M, Ho G & Anda, M. (2016). A bubble column evaporator with basic flat-plate condenser for brackish and seawater desalination. *Environmental Technology Journal*, 37(1), 74-85.

WHO, Geneva. (1996). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq2v1/en/index1.html



ภาคผนวก

รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ



ANALYSIS REPORT

Customer Name : บริษัท สมาร์ทเอ็นจิเนียริ่ง แอนด์คอนซัลแต้นส์ จำกัด
 Address : 109/19 หมู่ 10 ซอยสำนักสงฆ์ ถนนนวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10230
 Sampling Location : Sampling Time :-
 Sampling Method : Grab Receive Date : 1 Nov 18
 Sample No. : W01 Analysis Date : 1 - 12 Nov 18
 Sampling By : Customer Report Date : 15 Nov 18
 Sampling Date : 1 Nov 18 Report No. :

Item	Parameter	Analysis Method	Result	Standard ^{1,2}	Unit
1	pH at 25.0 °C	Electrometric	7.5	6.5-8.5	-
2	Color	Visual Comparison	<5	≤20	Hazen
3	Turbidity	Nephelometric Method	0.09	≤5	NTU
4	Total Hardness	EDTA Titrimetric	2.01	≤100	ppm as CaCO ₃
5	Total Dissolved Solids	Dried at 180 °C	26.0	-	mg/l
6	Sulfate	Turbidimetric	<0.100	≤250	mg/l
7	Nitrate Nitrogen ³	Brucine Method	<0.001	≤4	mg/l
8	Chloride	Argentometric	1.81	≤250	mg/l
9	Fluoride	SPADNS	<0.1	≤1.5	mg/l
10	Copper	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.004	≤1	mg/l
11	Iron	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.01	≤0.3	mg/l
12	Manganese	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.004	≤0.05	mg/l
13	Zinc	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.003	≤5	mg/l
14	Arsenic	Continuous Hydride Generation, AAS	<0.0001	≤0.05	mg/l
15	Cadmium	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.001	≤0.005	mg/l
16	Chromium	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.01	≤0.05	mg/l
17	Lead	Digestion, Direct Air-Acetylene FAAS	<0.003	≤0.05	mg/l
18	Mercury	Cold Vapor, AAS	<0.0005	≤0.002	mg/l

ANALYSIS REPORT

Customer Name : บริษัท สมาร์ทเอ็นจิเนียริ่ง แอนด์คอนซัลแต้นส์ จำกัด
Address : 109/19 หมู่ 10 ซอยสำนักสงฆ์ ถนนนวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10230
Sampling Location : **Sampling Time** : -
Sampling Method : Grab **Receive Date** : 1 Nov 18
Sample No. : W01 **Analysis Date** : 1 - 12 Nov 18
Sampling Date : **Report No.** :

Item	Parameter	Analysis Method	Result	Standard ^{1,2}	Unit
19	Selenium	Continuous Hydride Generation, AAS	<0.0002	≤0.01	mg/l
20	Barium	Digestion, Direct Nitrous Oxide-Acetylene FAAS	<0.06	≤1	mg/l
21	Total Coliform ³	MPN Test	<1.1	<2.2	MPN/100 ml
22	Escherichia Coli ³	Colonies Count	ตรวจไม่พบ	ต้องตรวจไม่พบ	CFU/ml

Remark: /1 Notification of the Ministry of Public Health of Thailand, No. 61 B.E. 2524
 /2 Notification of the Ministry of Public Health of Thailand, No. 135 B.E. 2534
 /3 Analysed By Special Lab Envi & Consultant Co.,Ltd

(Miss Orapim Punyafao)

Analyst

๖-156-๓-7294

(Mr. Weratep Geeratithadaniyom)

General Manager

๖-156-๓-3424

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายประดิษฐ์ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ
วัน เดือน ปี เกิด	26 ตุลาคม 2509
ภูมิลำเนา	99/808 หมู่ที่ 4 ต.บางโหลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2533 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2535
สถานที่ทำงาน	บริษัท สมาร์ทเอ็นจิเนียริง แอนด์คอนซัลแต้นส์ จำกัด ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ และวิศวกรที่ปรึกษา

