



ระแนงดูความขึ้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อลดความขึ้นในห้องนอน

โดย

นางสาวณัฏกชิตา พิณจรรย์นพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระแนงดูความขึ้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อลดความขึ้นในห้องนอน

โดย

นางสาวณัฏกชิตา พิณจรรย์นพพันธ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

DESICCANT LOUVERS INTEGRATED IN SOLAR CHIMNEY FOR
DEHUMIDIFICATION IN THE BEDROOM

BY

MISS NANCHIDA PINITRATANAPUN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE
ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2017
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวณัฏกชิตา พินิจรัตนพันธ์

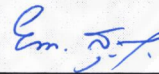
เรื่อง

ระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในห้องนอน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

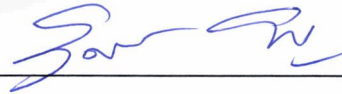
เมื่อ วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2561

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอด สุขะมงคล)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในห้องนอน
ชื่อผู้เขียน	นางสาวณัฏกชิตา พินิจรัตนพันธ์
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

ความชื้นส่งผลต่อสภาวะสบายของผู้ใช้งานห้องนอนในเวลากลางคืน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะลดความชื้นในห้องนอนด้วยวัสดุดูดความชื้นที่ผลิตขึ้นใหม่ วิธีการศึกษาประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่สามารถดูดและคายได้ของวัสดุดูดความชื้นที่ได้จากวัสดุผสมระหว่างไส้ในมันสำปะหลังกับสารละลายเกลือแกง 10% โดยมวล แล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ในปล่องรังสีอาทิตย์ในรูปแบบของระแนงดูดความชื้น ในช่วงเวลากลางคืนมีการเปิดใช้พัดลมดูดอากาศให้อากาศผ่านระแนงในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อนำอากาศที่ลดความชื้นแล้วเข้ามาภายในห้อง ในช่วงเวลากลางวันใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความชื้นออกจากวัสดุเพื่อให้วัสดุแห้งแล้วนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในช่วงเวลากลางคืน

การทดสอบภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงพบว่า วัสดุดูดความชื้นไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือแกงนั้นสามารถดูดความชื้นได้เมื่อมีอากาศค่าความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 68% ขึ้นไป และมีความเร็วลมที่ผ่านในปล่องรังสีอาทิตย์ไม่เกิน 0.3 เมตร/วินาที โดยวัสดุดูดความชื้นสามารถดูดความชื้นได้ตลอดทั้งคืนโดยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.4 g H₂O/kg dry air ในส่วนของการทดสอบการคายความชื้นพบว่าเมื่ออากาศมีอุณหภูมิตั้งแต่ 45 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดการพาความชื้นที่ออกจากวัสดุดูดความชื้นออกไปสู่ภายนอกปล่องรังสีอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าวัสดุดูดความชื้นจากวัสดุธรรมชาตินั้นสามารถลดความชื้นในอากาศได้ อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์ และเพิ่มคุณค่าจากของเหลือทางการเกษตรอีกด้วย

คำสำคัญ: ไส้ในมันสำปะหลัง, ปล่องรังสีอาทิตย์, สารดูดความชื้น

Thesis Title	DESICCANT LOUVERS INTEGRATED IN SOLAR CHIMNEY FOR DEHUMIDIFICATION IN THE BEDROOM
Author	Miss Nanchida Pinitratapun
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Faculty of Architectural and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Sudaporn Sudprasert
Academic Years	2017

ABSTRACT

The high humidity affect thermal comfort of occupants in the bedroom during the night. The study aims to reduce humidity in the non-air conditioned room by using desiccant material. The desiccant made of cassava pith and sodium chloride 10% by weight placed on the lovers shelves in the solar chimney attached to the bedroom. During the nighttime, exhaust fan was turned on to drive the ambient air through the desiccant louvers and dehumidified before entering the room. During the daytime, the solar chimney was heated to regenerate a desiccant to be used again during the nighttime.

The experiment processes were conducted indoor under simulated solar radiation. The experimental results showed that the desiccant absorbed air moisture when the relative humidity of air above 68% and wind speed at the chimney's outlet was less than 0.3 m/s. The desiccant was capable to absorb moisture from the air during the nighttime with the highest moisture content loss from the air of 2.4 g H₂O/kg dry air at 6.45 a.m. The regeneration of the desiccant occurred under air temperature inside solar chimney above 45 degree Celsius. This study successfully used the cassava pith, an agricultural residue, to produce a new desiccant and showed that the operation of desiccant in solar chimney to reduce air humidity function moderately.

Keywords: cassava pith, solar chimney, desiccant

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุตาภรณ์ สุดประเสริฐ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยอด สุขะมงคล และรองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เพื่อการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับให้ถูกต้อง สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณบุคลากรของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดการ การยืมอุปกรณ์และการจัดเตรียมเอกสารต่าง ๆ ในการสอบวิทยานิพนธ์ ในทุก ๆ ครั้งให้ผ่านไปได้อย่างถูกต้อง และสมบูรณ์ตามระยะเวลาที่กำหนด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และแม่บ้านของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง ที่ช่วยจัดการเรื่องการใช้พื้นที่ และห้องเพื่อใช้ในการทดลองในแต่ละครั้งทั้งในช่วงวัน เวลาราชการ และวันหยุดต่าง ๆ ทำให้มีความสะดวกราบรื่นในการทำทดลองที่มากขึ้น และผ่านไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และบุคคลรอบข้างทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้ความ สนับสนุนในทุก ๆ ด้านอยู่ตลอดเวลา ทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ นำมาใช้ในงานวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

นางสาวณัฏกชิตา พิณจรรย์นพันธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	3
1.5 ตัวแปรในงานวิจัย	4
1.6 คำจำกัดความในงานวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar chimney)	6
2.1.1 หลักการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์	6
2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์	7
2.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปล่องรังสีอาทิตย์ในปัจจุบัน	8
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น	11

2.2.1	กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น	12
2.2.2	การถ่ายเทความชื้น	12
2.2.3	การดูดซับความชื้น	12
2.2.4	การคายความชื้น	13
2.2.5	วัสดุดูดซับความชื้น	13
2.2.6	วัฏจักรการทำงานของสารดูดความชื้น	14
2.2.7	ตัวแปรการติดตั้งวัสดุดูดความชื้น	15
2.3	สภาพภูมิอากาศในประเทศไทย	16
2.3.1	ค่าความชื้นสัมพัทธ์	17
2.3.2	อิทธิพลของความชื้นภายในอาคาร	17
2.3.3	วิธีการควบคุมความชื้น	17
บทที่ 3	วิธีการวิจัย	18
3.1	วิธีการวิจัย	18
3.1.1	ขั้นตอนการเตรียมไส้ในผนังสำเร็จ	18
3.1.2	การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดความชื้นด้วยสารละลายเกลือ	19
3.1.3	การขึ้นรูปไส้ผนังสำเร็จ	20
3.1.3.1	การขึ้นรูปด้วยสารละลายเกลือ	20
3.1.3.2	การขึ้นรูปด้วยการบรรจุในซองชา	20
3.1.4	การทดลองการดูดความชื้นของไส้ผนังสำเร็จ	21
3.1.4.1	การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการวางไส้ ผนังสำเร็จบนวัสดุที่มีความชื้น	21
3.1.4.2	การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการนำไส้ ผนังสำเร็จไปไว้ในสภาพอากาศจริง	21
3.2	การทำงานของระบบดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	22
3.3	การออกแบบอุปกรณ์ระบบดูดซับความชื้น	23
3.4	การออกแบบกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์	23
3.5	การติดตั้งระบบดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์ และการจัดการตัวแปร ในการติดตั้งระบบ	27

3.6	ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน	29
3.7	ขั้นตอนการทดสอบความสามารถในการดูดความชื้นด้วยระแนงดูด ความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	29
3.8	ขั้นตอนการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นที่ติดตั้งใน ปล่องรังสีอาทิตย์	31
3.9	อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	32
3.10	แผนดำเนินงานวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล		34
4.1	ผลการทดลองความสามารถในการดูดและคายความชื้นของสารดูด ความชื้น	34
4.1.1	การทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการดูดความชื้นด้วยสารละลายเกลือ	34
4.1.2	การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นได้ในมันสาปะหลังผสม กับสารละลายเกลือที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน	35
4.2	ผลการทดลองการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ของกล่องทดลองปล่องรังสี อาทิตย์	37
4.2.1	อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์	37
4.2.2	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์	38
4.2.3	ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์	39
4.3	ผลการทดลองการทำงานของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	40
4.3.1	อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้งระแนงดูด ความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	41
4.3.2	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้ง ระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	42
4.3.3	ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูด ความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	43
4.3.4	ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์	44
4.4	ผลการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์	45
4.4.1	อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคาย ความชื้นของระแนงดูดความชื้น	46

4.4.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลอง การคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น	47
4.4.3 ความเร็วลมเฉลี่ยของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลอง การคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น	48
4.4.4 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลอง การคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
5.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่ดูด และคายของไส้ในมันสาปะหลัง	50
5.2 สร้างต้นแบบระแนงดูดความชื้นสำหรับห้องนอนที่ใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ อาทิตย์ในการคายความชื้น	52
5.3 ทดสอบการลดความชื้นของระแนงในห้องปฏิบัติการที่มีสภาวะแวดล้อม ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง	54
5.4 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม	56
5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย	57
รายการอ้างอิง	58
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	62
ภาคผนวก ข	76
ภาคผนวก ค	78
ประวัติผู้เขียน	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในส่วนของมันสำปะหลัง	2
3.1 ตารางดำเนินงานวิจัย	33
4.1 น้ำหนัก, พฤติกรรมการดูดความชื้นของไส้ในมันสำปะหลัง และค่าสูงสุด-ต่ำสุด ของน้ำหนักไส้มันสำปะหลังในช่วงทำการทดลอง	36
5.1 น้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลังหลังอบเตาอบ และหลังจากโดนแสงอาทิตย์ ตลอดวัน	51
5.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุต่อน้ำหนักของวัสดุไว้ในมันสำปะหลังแต่ละชนิด	52



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	2
1.2	4
2.1	7
2.2	9
2.3	10
2.4	11
2.5	14
2.6	15
2.7	16
3.1	18
3.2	18
3.3	19
3.4	19
3.5	19
3.6	19
3.7	20
3.8	20
3.9	21
3.10	22
3.11	24
3.12	25
3.13	26
3.14	27
3.15	28
3.16	29

3.17 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า (หลังติดตั้งระบบทำความร้อน)	30
3.18 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า (ทดลองการคายความร้อน)	31
4.1 การทดลองไส้หลอดไฟหลังวางบนวัสดุที่มีความร้อน	34
4.2 การทดลองไส้หลอดไฟหลังผสมสารละลายเกลือวางบนวัสดุที่มีความร้อน	35
4.3 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์	38
4.4 ความร้อนสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์	39
4.5 ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่อยรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์	40
4.6 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบทำความร้อน	41
4.7 ความร้อนสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบทำความร้อน	43
4.8 ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบทำความร้อน	44
4.9 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบทำความร้อน	45
4.10 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ของแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดสอบการคายความร้อนของระบบทำความร้อน	46
4.11 ความร้อนสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดสอบการคายความร้อนของระบบทำความร้อน	47
4.12 ความเร็วลมเฉลี่ยของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความร้อนของระบบทำความร้อน	48
4.13 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ของแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดสอบการคายความร้อนของระบบทำความร้อน	49
5.1 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์บริเวณตรงกลาง และทางออกของปล่อยรังสีอาทิตย์	53
5.2 ปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางเข้า และทางออกของปล่อยรังสีอาทิตย์ เมื่อเปิดพัดลมด้วยความเร็วปกติ	54
5.3 ปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางเข้า และทางออกของปล่อยรังสีอาทิตย์ เมื่อเปิดพัดลมด้วยความเร็วที่ลดลง	55
5.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ปล่อยรังสีอาทิตย์กับห้องนอน	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอาคารประเภทที่อยู่อาศัย ห้องนอนเป็นที่พักอาศัยที่มนุษย์ใช้เวลาอยู่นานมากที่สุดแห่งหนึ่งในชีวิต โดยเฉพาะในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศสูง ส่งผลให้ผู้ใช้งานห้องนอนต้องทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งผู้ใช้งานมักจะเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ และทำการปิดหน้าต่างกับประตูของห้องนอน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่านอนหลับสนิท และรู้สึกสบายเวลานอน (Wong N.H., 2002) อย่างไรก็ตามยังมีทางเลือกอื่นเพื่อใช้ในการสร้างภavnนำสบายในการนอนที่นอกเหนือไปจากการปรับอากาศ นั่นคือ วิธีการระบายอากาศ และลดความชื้นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน จากข้อมูลสภาวะอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่าอุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืนหลังเวลา 21.00 น. อยู่ที่ประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้ามีการเปิดพัดลมด้วยความเร็วลมประมาณ 0.2-0.5 เมตร/วินาที และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50-60% จะทำให้เกิดสภาวะนำสบายขึ้น (Joseph K., 2000) แต่เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกนั้นพบว่ามีค่าค่อนข้างสูง คือ 70-90% ซึ่งถ้าสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ลงได้จนอยู่ที่ 60% จะสามารถทำให้เกิดสภาวะนำสบายทางอุณหภูมิได้

จากสถิติของกระทรวงพลังงานพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นปีละ 600 เมกะวัตต์ เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ใช้วิธีการลดความร้อนด้วยการเปิดเครื่องปรับอากาศ (กรมพลังงาน, 2559) จะเห็นได้ว่าถ้าสามารถลดการใช้งานเครื่องปรับอากาศได้จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ จากการใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องนอนในช่วงเวลากลางคืนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกสูงนั้น ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ต้องทำการลดความชื้นอากาศที่มีค่าสูงภายในห้องนอนเพื่อให้เกิดสภาวะนำสบาย ซึ่งใช้พลังงานมากกว่าการลดอุณหภูมิของอากาศถึง 2-3 เท่า เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของไอน้ำในอากาศไปเป็นหยดน้ำ ต้องใช้พลังงานสูงถึง 608 kcal/kg ณ อุณหภูมิอากาศ 25 องศาเซลเซียส (Busch J.F., 1992)

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ คือ การลดความชื้นในอากาศในห้องนอน โดยใช้วัสดุดูดความชื้นทำการดูดความชื้นออกจากอากาศภายนอกก่อนจะเข้าสู่ห้องนอน ซึ่งวัสดุดูดความชื้นที่ทำการผลิตขึ้นมาเองนั้นผลิตจากวัสดุธรรมชาติ คือ ใสน้ำในแห้งมันสำปะหลัง ผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากอากาศในช่วงเวลากลางคืน และคายความชื้นออกจาก

วัสดุในช่วงเวลากลางวันได้ นอกจากนั้น เหน้้ำมันสำปะหลัง ยังเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ตารางที่ 1.1

ตารางแสดงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของมันสำปะหลัง, ข้อมูลเพาะปลูก พ.ศ. 2556

ชนิด	ปริมาณที่เกิด (ตัน)	ปริมาณที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว (ตัน)	ปริมาณคงเหลือ (ตัน)
เหน้้ำมันสำปะหลัง	6,045,508.40	164,196.52	5,881,311.88
กากมันสำปะหลัง	1,813,652.52	1,813,652.52	0
เปลือกมันสำปะหลัง	8,463,711.76	8,463,711.76	0

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าในประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก และส่วนของเหน้้ำมันสำปะหลังนั้นยังมีปริมาณคงเหลือที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อยู่มากถึง 5,881,331.88 ตัน ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพียง 2.72% จากจำนวนที่เกิดขึ้นมาทั้งหมด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2556) ดังภาพที่ 1.1 แสดงลักษณะเหน้้ำมันสำปะหลัง



ภาพที่ 1.1 เหน้้ำมันสำปะหลัง (ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

แนวคิดหลักของงานวิจัยนี้คือ การนำวัสดุความชื้นมาผลิตเป็นระแนงในปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar chimney) แล้วเปิดให้มีอากาศไหลผ่านระแนงดูดความชื้น อากาศที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิต่ำในช่วงเวลากลางคืนจะไหลผ่านระแนงดูดความชื้นเข้ามาภายในห้องนอนด้วยหลักการ Downdraft หรือการใช้พัดลมดูดอากาศขนาดเล็กติดตั้งที่ช่องระบายอากาศออก อากาศที่เข้ามาในห้องนอนนั้นจะมีความชื้นที่ลดลง และอุ่นขึ้นเล็กน้อย แล้วไหลออกทางช่องระบายอากาศออก ส่วนในช่วงเวลากลางวัน ปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงจะทำหน้าที่ดึงอากาศจากภายในห้องนอนออกไป

ทางปล่องรังสีอาทิตย์ ผ่านระแนงดูดความชื้น ซึ่งความร้อนภายในปล่องรังสีอาทิตย์ และอากาศที่ไหลผ่านจะส่งผลให้ระแนงคายความชื้น และถูกนำออกไปสู่ภายนอก ทำให้ระแนงดูดความชื้นแห้งสามารถนำมาใช้งานใหม่ได้ในเวลากลางคืน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

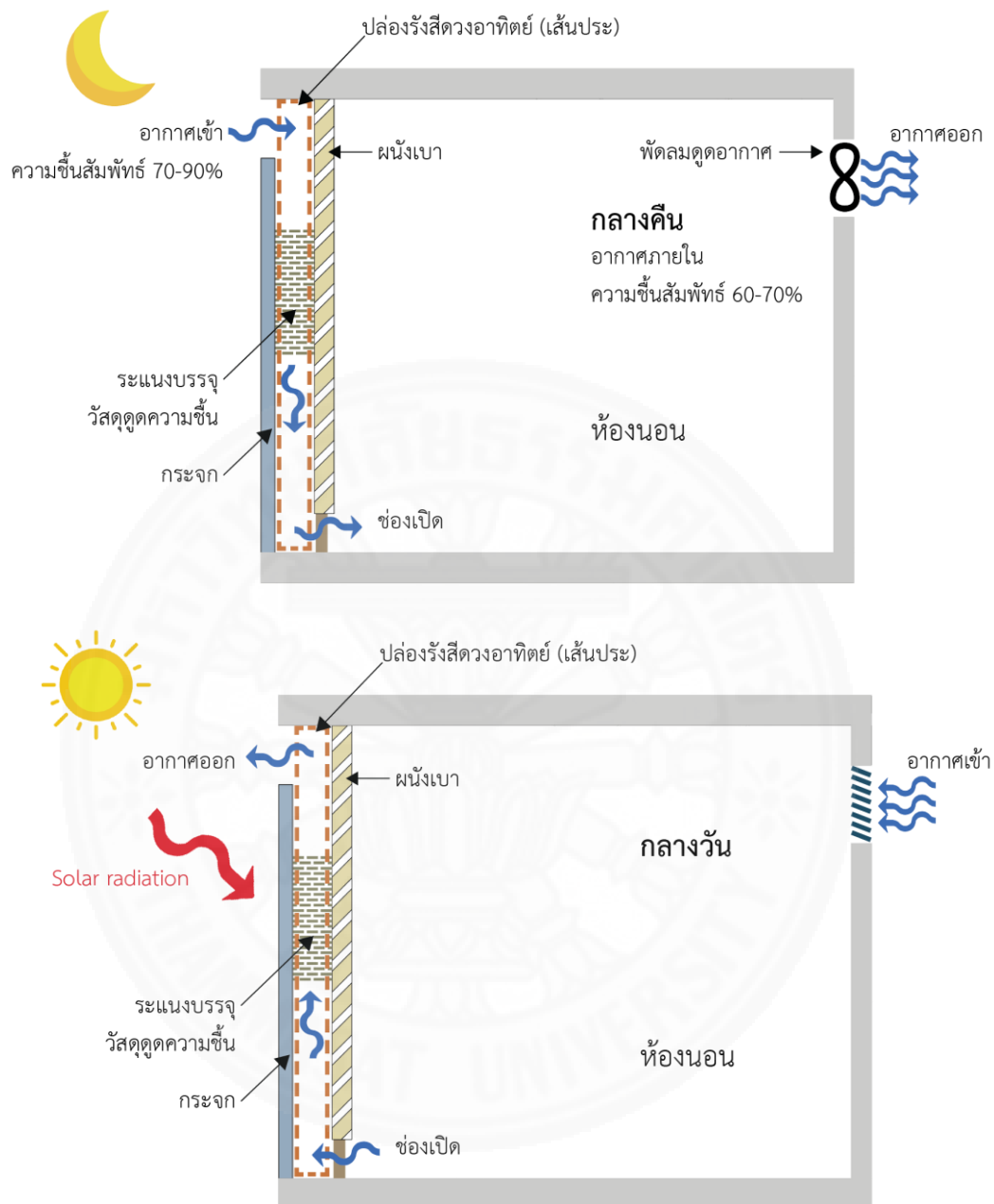
- 1.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่ดูด และคายในไส้รมสำหรับหลัง
- 1.2.2 สร้างต้นแบบระแนงดูดความชื้นสำหรับห้องนอนที่ใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความชื้น
- 1.2.3 ทดสอบการลดความชื้นของระแนงในห้องปฏิบัติการที่มีสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง
- 1.2.4 เสนอแนะการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ในการวิจัยนี้จะทำต้นแบบระแนงเพื่อใช้กับปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีความสูงไม่เกิน 3 เมตร สำหรับห้องพักสูง 2.6 เมตร (floor-to-ceiling)
- 1.3.2 งานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงคุณภาพอากาศภายนอก ผลการวิจัยจึงอยู่บนพื้นฐานว่าอากาศภายนอกเป็นอากาศคุณภาพดี
- 1.3.3 ห้องนอนมีปริมาตรไม่เกิน 3 เมตร x 3 เมตร x 2.6 เมตร

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

- 1.4.1 สมมติฐาน: การใช้ระแนงที่มีวัสดุดูดความชื้นสามารถลดความชื้นของอากาศภายในห้องนอนได้
- 1.4.2 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย: การใช้งานระแนงดูดความชื้นในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืนแสดงไว้ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 แนวคิดในโครงการวิจัย (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

1.5 ตัวแปรในงานวิจัย

1.5.1 ตัวแปรต้น

การใช้งานระแนงดูดความชื้น และไม่ใช้งานระแนงดูดความชื้น

1.5.2 ตัวแปรตาม

ความแตกต่างของความชื้นบริเวณทางเข้า และทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์

1.5.3 ตัวแปรควบคุม

- 1) ขนาดห้องทดลอง
- 2) ความสูงและความกว้างของปล่องรังสีอาทิตย์
- 3) ขนาดช่องอากาศความกว้าง 14 เซนติเมตร
- 4) ขนาดของวัสดุดูดความชื้น
- 5) ระยะห่างระหว่างวัสดุดูดความชื้น
- 6) การจัดวางวัสดุดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์

1.6 คำจำกัดความในงานวิจัย

1.6.1 เหน้้ำมันสำปะหลัง : ส่วนที่อยู่ใต้ดินทำหน้าที่ยึดหัวมันสำปะหลังกับลำต้นที่อยู่เหนือผิวดิน

1.6.2 ใส่น้ำมันสำปะหลัง : ส่วนบริเวณตรงกลางของลำต้น และเหน้้ำมันสำปะหลังที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ และอาหารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของลำต้น

1.6.3 วัสดุดูดความชื้น : วัสดุดูดความชื้นที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ใส่น้ำมันของลำต้น และเหน้้ำมันสำปะหลัง ที่สามารถดูด และคายความชื้นได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 การนำเหน้้ำมันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์และเกิดมูลค่า

1.7.2 เป็นแนวทางในการออกแบบ และประยุกต์ใช้วัสดุดูดความชื้นจากเหน้้ำมันสำปะหลัง

1.7.3 สามารถลดความชื้นในอากาศที่เข้าสู่ห้องนอนได้

บทที่ 2

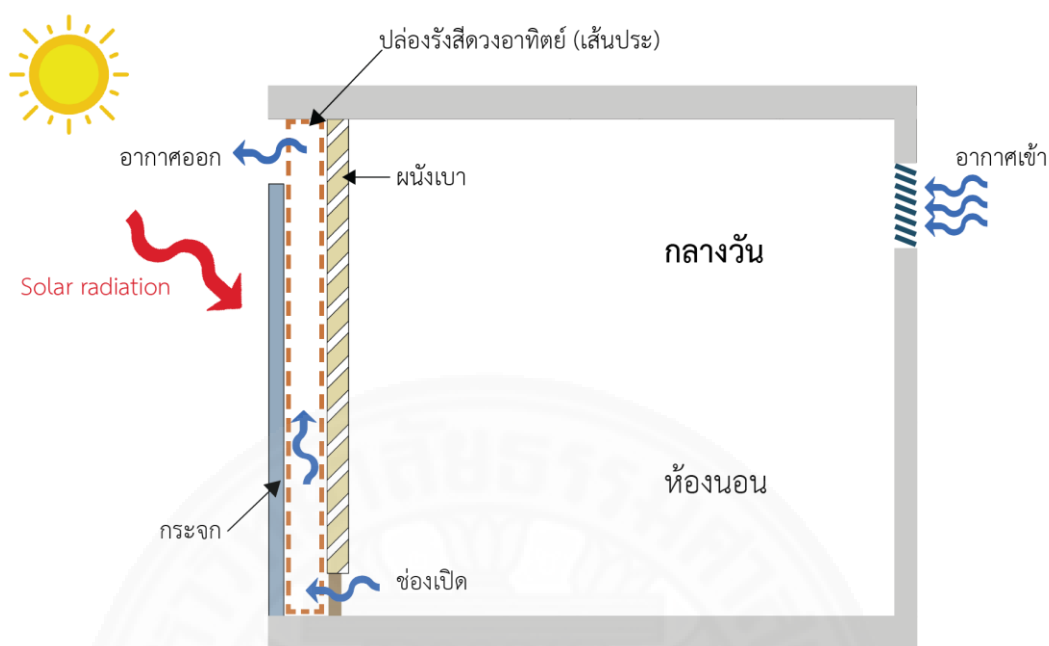
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar chimney)

ผนังที่ถูกออกแบบเป็นผนัง 2 ชั้น โดยมีผนังด้านนอกเป็นกระจก และด้านในเป็นผนังทึบ ซึ่งระหว่างผนังทั้ง 2 ชั้นจะเป็นช่องอากาศเพื่อใช้เป็นช่องในการระบายอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารผ่านทางช่องเปิดบริเวณด้านบน และด้านล่างของปล่อง โดยอาศัยปรากฏการณ์ชั้นความร้อน (Stack Effect) ซึ่งเป็นวิธีการระบายความร้อนให้อาคารโดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานอื่น ๆ

2.1.1 หลักการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์

การทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ จะอาศัยปรากฏการณ์ชั้นความร้อน (Stack Effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นเนื่องจากความหนาแน่นของอากาศลดลง โดยจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศภายในช่องอากาศบริเวณช่องเปิดด้านบน และด้านล่างของปล่องรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นแตกต่างจากอุณหภูมิโดยรอบ จากหลากหลายสาเหตุ เช่น การได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ การได้รับความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศไหลไปตามช่องอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์ อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นจะไหลเข้ามาแทนที่ จึงเกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง ดังภาพที่ 2.1 แสดงการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 2.1 การทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวัน (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์

ปัจจัยที่ผลต่อการระบายอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์มี 5 ปัจจัย ดังนี้

1) ความสูงของผนัง (Wall Height) ส่งผลต่อแรงต้านทานการไหลของอากาศซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงลอยตัวของอากาศ (Buoyancy Force) ส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศ โดยการเพิ่มความสูงของผนัง $1/4$ เทียบเท่ากับการเพิ่มขึ้นของความร้อนที่ได้รับ $3/4$ ส่วน

2) ความกว้างของช่องอากาศ (Air Gap) ส่งผลต่อแรงต้านทานการไหลของอากาศ แรงต้านทานจะน้อยลงเมื่อเพิ่มความกว้างของช่องระบายอากาศ แต่ยังคงผลน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแรงต้านทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากความสูงของช่องอากาศด้านบน และด้านล่างของปล่อง โดยอัตราส่วนของความกว้างของช่องผนังต่อความสูงมีผลต่อการป้องกันความร้อน และการระบายอากาศ (วีรวัฒน์ เทศเกตุด, 2549)

3) ตำแหน่งของช่องเปิด (Opening Position) ตำแหน่งของช่องอากาศด้านบนและด้านล่างของปล่อง สามารถอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ของผนัง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการระบายอากาศที่เกิดขึ้น จากการศึกษางานวิจัย พบว่า ความสูงของช่องเปิดมีผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ และการป้องกันความร้อนของปล่องรังสีอาทิตย์ โดยอัตราการระบายอากาศของผนังมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในกรณีที่ความสูงของช่องระบายอากาศอยู่สูงจากพื้น 50 เซนติเมตร (ทัศนีย์ สุนทรธรรม, 2551)

4) ความร้อนของผนัง (Wall Heat Gain) ยิ่งผนังได้รับความร้อนมากก็จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในปล่องสูงขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างช่องอากาศด้านบนกับด้านล่างมาก จึงส่งผลให้อัตราการระบายอากาศของช่องอากาศเพิ่มมากขึ้น

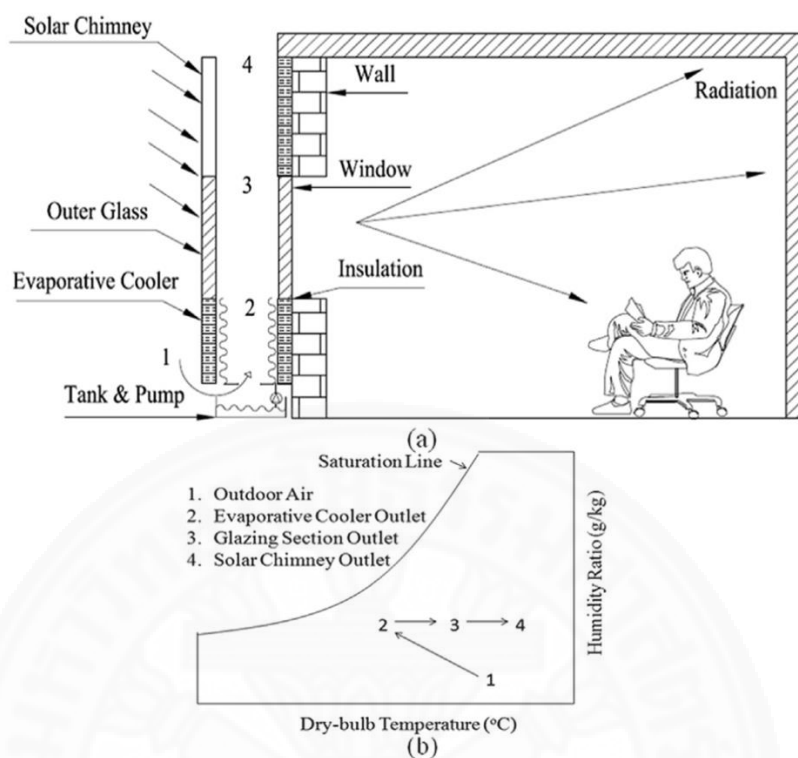
5) การป้องกันความร้อนของผนัง (Thermal Insulation) เนื่องจากความหนาของผนังมีผลต่อค่าความจุความร้อนที่ต่างกัน ผนังที่มีความหนามากจึงมีความจุความร้อนที่มากขึ้นเช่นกัน โดยความหนาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิผนังสูงขึ้น และมีอัตราการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลต่อความร้อนที่จะถูกปล่อยเข้าสู่ช่องอากาศ

6) ความชื้นในอากาศ (Moisture Air) อากาศที่มีความชื้นจะส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศภายในปล่อง ความชื้นในอากาศมากส่งผลให้ความเร็วลดลง เนื่องจากน้ำหนักของอากาศที่มีความชื้นมีน้ำหนักมากกว่าอากาศแห้ง จึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศที่ช้าลงทำให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศลดลง และจึงทำให้อุณหภูมิภายในระบบนั้นสูงกว่าอากาศแห้ง (ชัชวินท์ ชินสรนันท์, 2557)

2.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปล่องรังสีอาทิตย์ในปัจจุบัน

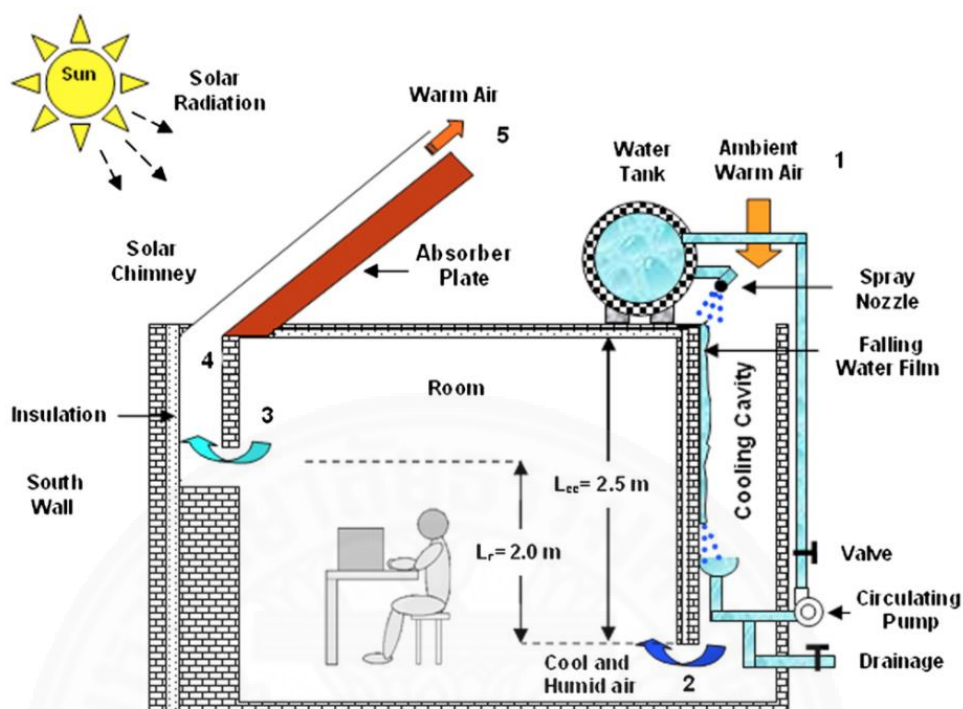
ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ได้นำเทคโนโลยีหรือหลักการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับปล่องรังสีอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือปรับปรุงแก้ไขให้เกิดผลกับอาคารที่ดีขึ้นหรือมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศนั้น ๆ ดังเช่น

งานวิจัยของ Albert, Kamel, Nesreen & Nagham (2016) ได้ทำการนำระบบ Passive Evaporative Cooler และแผ่นกระจก มาประกอบเข้ากับปล่องรังสีอาทิตย์ โดยผนังด้านนอกของปล่องเป็นวัสดุดูดซับรังสีอาทิตย์ที่มีด้านหลังผนังเป็นฉนวน นำไปติดตั้งเข้ากับช่องหน้าต่างของอาคาร โดยในส่วนของ Evaporative Cooler ได้มีการติดตั้งแผ่นดูดซับไอน้ำไว้จำนวน 4 แผ่นที่ผนังของปล่องบริเวณด้านล่าง ซึ่งช่วยทำให้อากาศที่ผ่านบริเวณปล่องนี้มีอุณหภูมิลดลงส่งผลให้ผนังของอาคารนั้นเย็นลงจึงทำให้อุณหภูมิในห้องลดลงเข้าใกล้กับสภาวะน่าสบายมากขึ้น อีกทั้งในส่วน of ผนังกระจกก็ยังคงสามารถมองเห็นภายนอก และรับแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ ดังภาพที่ 2.2 (a) และ 2.2 (b) แสดงส่วนประกอบของปล่องรังสีอาทิตย์ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบน Psychometric Chart



ภาพที่ 2.2 (a) แสดงส่วนประกอบของปล่องรังสีอาทิตย์ (b) ลักษณะของอากาศที่เปลี่ยนแปลงบน Psychrometric Chart (Albert, Kamel, Nesreen & Nagham, 2016)

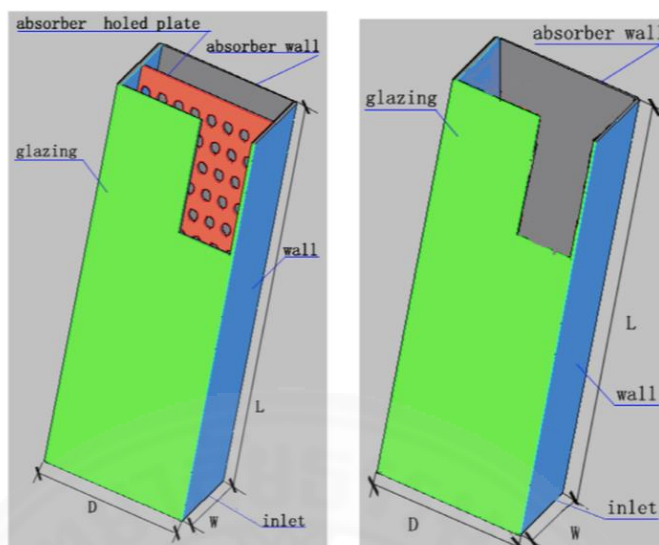
งานวิจัยของ Maerefat & Haghighi (2010) เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการลดการใช้พลังงานด้วยการประยุกต์ใช้ Evaporative Cooling Cavity (ECC) เข้ากับปล่องรังสีอาทิตย์ (SC) ซึ่งจากผลการทดลองเชิงตัวเลขพบว่า การประยุกต์ 2 ระบบนี้เข้าด้วยกันนั้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน เนื่องจากสามารถแก้ไขสภาวะภายในห้องรับแขกในช่วงกลางวันไปในทางที่ดีขึ้นได้ แม้ว่าจะมีความเข้มแสงเพียง 200 วัตต์/ตารางเมตร และอากาศโดยรอบที่สูงถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งประสิทธิภาพของการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศภายนอก โดยจะทำงานได้ดีขึ้นเมื่อมีความชื้นในอากาศต่ำกว่า 50% แม้จะมีอุณหภูมิโดยรอบสูงก็ตาม ซึ่งระบบนี้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนหรือกึ่งเขตร้อน ดังภาพที่ 2.3 แสดงระบบปล่องรังสีอาทิตย์ และ Cooling Cavity



ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงระบบปล่องรังสีอาทิตย์ และ Cooling Cavity (Maerefat & Haghighi, 2010)

งานวิจัยของ Sofia, Inmaculada, F. Javier & Consuelo (2011) เป็นงานวิจัยที่นำแผ่นเซรามิกที่มีรูพรุนเข้าไปติดตั้งภายในปล่องรังสีอาทิตย์ เพื่อให้แผ่นเซรามิกทำหน้าที่เป็น Passive Evaporative System เนื่องจากเมื่อแผ่นเซรามิกนั้นมีรูพรุนจำนวนมากจะสามารถดึงความชื้นไว้ภายในแผ่นได้มากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าระบบนี้ทำงานได้ดีเฉพาะในฤดูร้อนหรือสภาพภูมิอากาศที่ไม่มีความแตกต่างกันมากในแต่ละฤดู โดยประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ และประเภทของดินที่นำมาทำเป็นแผ่นเซรามิก เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นที่แตกต่างกัน

งานวิจัยของ Yonggang, Yuwen, Fei & Xun (2016) เป็นงานวิจัยการนำแผ่น perforated absorber ไปติดตั้งบริเวณตรงกลางปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีผนังฝั่งหนึ่งเป็นกระจก และอีกฝั่งหนึ่งเป็นผนังทึบทำให้ภายในปล่องเกิดการแบ่งของช่องอากาศออกเป็น 2 ส่วน ดังภาพที่ 2.4 แสดงความแตกต่างระหว่างปล่องรังสีอาทิตย์ที่ได้รับการดัดแปลงด้วยการใส่ Perforated Absorber กับปล่องรังสีอาทิตย์โดยทั่วไป โดยแผ่น Perforated Absorber ทำหน้าที่เป็นเหมือนแผ่นเก็บรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มแรงดัน และความร้อนของอากาศภายในปล่อง ทำให้แรงดันและอุณหภูมิภายในปล่องมีแตกต่างจากภายนอกมากขึ้นซึ่งส่งผลต่อการไหลของอากาศภายในปล่องให้เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.4 (ซ้าย) ปล่องรังสีอาทิตย์ที่ได้รับการดัดแปลง (ขวา) ปล่องรังสีอาทิตย์โดยทั่วไป (Yonggang, Yuwen, Fei & Xun, 2016)

จากตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับปล่องรังสีอาทิตย์จะพบว่าส่วนใหญ่จะเป็นการนำระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำมาใช้ หรือการเพิ่มองค์ประกอบภายในปล่องเพื่อเพิ่มความร้อนภายในปล่อง โดยส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการที่คำนึงถึงการใช้งานในช่วงกลางวันเพื่อลดอุณหภูมิที่เข้ามาภายในอาคาร แต่การใช้งานปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาากลางคืนในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น สิ่งที่ส่งผลอย่างมากคือความชื้นในอากาศที่ค่อนข้างสูงจากภายนอกที่จะเข้ามาภายในห้องนอนทำให้อากาศภายในห้องชื้นทำให้เกิดสภาวะไม่สบายในการใช้งาน งานวิจัยชิ้นนี้จึงต้องการศึกษาวิธีการลดความชื้นของอากาศในปล่องรังสีอาทิตย์ก่อนที่จะเข้ามาสู่ห้องเพื่อสามารถใช้งานในช่วงเวลากลางวัน

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น

ความชื้นที่เป็นส่วนประกอบของอากาศนั้นจะอยู่ในรูปของไอน้ำ ซึ่งปริมาณการอิมตัวของไอน้ำในอากาศนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ณ ความดันอากาศคงที่ จึงทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงนั้นจะสามารถรับปริมาณไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งปริมาณความชื้นในอากาศมี 2 ความหมาย ได้แก่

ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ แสดงได้ทั้งหน่วยปอนด์ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง และ Grain ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นการวัดระดับความอึดตัวของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของการอึดตัว เช่น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 100% หมายความว่าในอากาศมีปริมาณไอน้ำอยู่สูงมากจนถึงจุดอึดตัว เป็นต้น

2.2.1 กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น (ชาตรี เกียรติจรูญศิริ, 2552)

การเคลื่อนที่ของความชื้นจะอาศัยกลไกต่าง ๆ ที่แตกต่างกันตามแต่ละสถานะของความชื้น แบ่งได้เป็น 4 วิธี ดังนี้

1) การแพร่ (Vapor Diffusion) ความชื้นจะเคลื่อนที่จากความหนาแน่นของไอน้ำสูงไปยังความหนาแน่นของไอน้ำต่ำโดยผ่านทางอากาศ

2) การพา (Vapor Convection) การเคลื่อนที่หลักของไอน้ำในท่อยาวและกระจายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ

3) การไหลแบบคาปิลลารี (Capillary Suction) การเคลื่อนที่ของความชื้นเหลวผ่านอุปกรณ์ที่เป็นช่องเปิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังความเข้มข้นต่ำอย่างช้า ๆ โดยค่าแรงคาปิลลารีจะแปรผกผันกับขนาดของช่องเปิด และขนาดของช่องเปิดแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลของความชื้น

4) การไหลโดยแรงดึงดูดของโลก (Gravity Flow) การเคลื่อนที่ของความชื้นเหลวที่ถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำ

2.2.2 การถ่ายเทความชื้น

การถ่ายเทความชื้นเป็นไปตามทฤษฎีการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) เป็นการถ่ายเทเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสาร โดยมวลสารจะถ่ายเทจากสารที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังสารที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าจนกว่าแต่ละสารจะมีความเข้มข้นเท่ากัน

2.2.3 การดูดซับความชื้น (ชาตรี เกียรติจรูญศิริ, 2552)

กระบวนการจะเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสด้านนอกของของแข็ง โดยเกิดจากการเกาะของโมเลกุลของของเหลว และก๊าซ ซึ่งวิธีการดูดซับความชื้นนี้ถูกใช้เพื่อการดึงเอาความชื้นออกจากระบบ สามารถแบ่งการดูดซับความชื้นออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1) การดูดซับทางเคมี เกิดจากการที่โมเลกุลของสารดูดความชื้นรวมตัวกับโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจนอึดตัวแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของสารดูดความชื้น และการเปลี่ยนของคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการที่ย้อนกลับไม่ได้

2) การดูดซับทางกายภาพ เป็นการเกิดพันธะระหว่างอะตอมของโมเลกุลของพื้นที่ผิวของของเหลวกับของแข็ง โดยสารดูดความชื้นจะทำการดักความชื้นด้วยโครงสร้างภายในที่

เป็นโพรง และมีรูพรุน การดูดซับทางกายภาพเกิดความร้อนขึ้นแต่น้อยกว่าการดูดซับทางเคมี เนื่องจากแรงพันธะของการดูดซับต่ำกว่า

2.2.4 การคายความชื้น

กระบวนการคายความชื้นจะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นมีค่าสูงความดันไอน้ำในอากาศส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความชื้นออกจากสารดูดความชื้นออกไปสู่อากาศ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการคายความชื้นวัสดุ ได้แก่ อุณหภูมิโดยรอบวัสดุดูดความชื้น อัตราความเร็วลม เป็นต้น

2.2.5 วัสดุดูดซับความชื้น

ชนิดของวัสดุดูดซับความชื้นแบ่งตามที่มาได้ 2 ชนิด ดังนี้

1) สารดูดความชื้นสังเคราะห์ เป็นสารดูดความชื้นที่สังเคราะห์มาจากสารเคมี ซึ่งสารดูดความชื้นสังเคราะห์ที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาถูกและถูกนำมาใช้ในเครื่องปรับอากาศ คือ

ซิลิกาเจล (Silica Gel) สกัดจากทรายขาวผสมกรดกำมะถัน ตัวสารมีโพรงที่เป็นรูพรุนทำให้สามารถดูดความชื้นได้ประมาณ 40% ของน้ำหนักตัวเอง หรือประมาณ 800 ตารางเมตรต่อน้ำหนัก 1 กรัม โดยเมื่ออุณหภูมิโดยรอบซิลิกาเจลเพิ่มขึ้นจะเกิดการคายความชื้นในตัวสารออกมา และเมื่ออุณหภูมิลดลงจะสามารถดูดความชื้นกลับเข้าไปในสารได้อีก

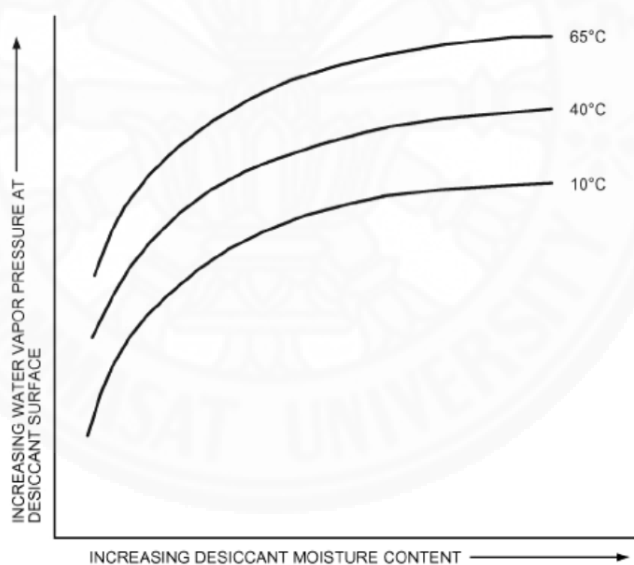
2) สารดูดความชื้นธรรมชาติ เป็นสารดูดความชื้นที่ได้มาจากวัสดุทางธรรมชาติ ที่มีโพรงและรูพรุนทำให้มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นขึ้น เช่น แกลบที่สามารถสกัดออกมาเป็นซิลิกาที่มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (ธนาชัย จงสุวรรณไพศาล, 2549) หรือวัสดุที่พบมากในธรรมชาติที่มีคุณสมบัตินี้ คือ

เส้นใยพืช (Plant Fibres) เส้นใยพืชถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในพืช ซึ่งอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ผล เมล็ดและลำต้น (Bast Fibres) ความยาวของเส้นใยจะแตกต่างกันตามส่วนของพืช โดยบริเวณลำต้น และใบ จะมีความยาวมากกว่าส่วนของเมล็ด และผล (Blackburn, 2005) ในเส้นใยยาว (Bast Fibres) ที่มีเซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้เส้นใยของลำต้นหรือเห้านั้นมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (Hygroscopic) ได้มากถึง 20-40% ของน้ำหนักตัว และยังมีความทนต่อแรงดึง (Tensile) หลังจากดูดซับน้ำ (University of the arts, London, 2011) โดยนอกจากความเป็นโพรงและรูพรุนแล้ว ยังมีคุณลักษณะอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการดูดความชื้น เช่น ลักษณะพื้นผิววัสดุ ความหนาแน่นวัสดุ ค่าความเค้นของวัสดุ เป็นต้น (Nilofar A., 2014)

เกลือแกง (Sodium chlorides: NaCl) เป็นแร่ธาตุที่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ มีผลึกรูปร่างไม่คงที่ แต่จัดเป็นแบบ ลูกบาศก์ (Cubic System) เกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Hygroscopic) คือ คุณสมบัติของสารที่แสดงแนวโน้มถึงการดูดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอของความชื้นในอากาศนั้นสูงกว่าความดันไอของสารละลายอิ่มตัว เมื่อความชื้นบริเวณโดยรอบสูงขึ้นเกลือจะดูดความชื้นเข้าไปจนกลายเป็นสารละลาย และเมื่อความชื้นโดยรอบลดลงหรืออุณหภูมิสูงขึ้น เกลือจะระเหยน้ำออกไป โดยเกลือสามารถดูด และคายความชื้นได้อยู่ตลอดเวลาตามสภาพแวดล้อม ซึ่งในเกลือแต่ละชนิดจะมีอัตราในการดูดความชื้นที่แตกต่างกัน

2.2.6 วัฏจักรการทำงานของสารดูดความชื้น

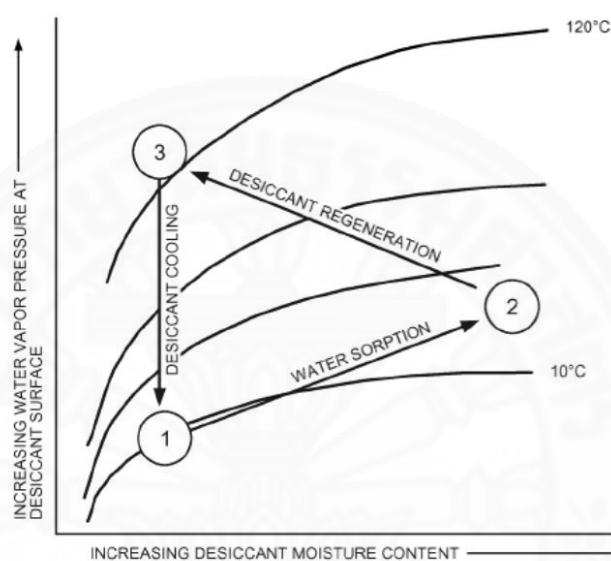
ในสารดูดความชื้นทุกชนิดจะมีวัฏจักรการดูดความชื้นที่คล้ายกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นที่แปรผันตามปริมาณความชื้นที่ผิวของสารดูดความชื้น และสารดูดความชื้นจะเริ่มดูดความชื้นในอากาศเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นมีค่าต่ำกว่าความดันไอน้ำในอากาศ



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นกับปริมาณความชื้นในสารดูดความชื้นในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (ASHRAE, 2009)

จากภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่อยู่ในสารดูดความชื้น จะเห็นว่าความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นและปริมาณความชื้นในสารดูดความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่พื้นผิวสารดูดความชื้นที่สูงขึ้น จนถึงจุดที่ความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำในอากาศจะเกิดการถ่ายเทความชื้น

ภายในสารดูดความชื้นออกสู่อากาศ เรียกว่า กระบวนการคายความชื้น (Regeneration Process) จึงทำให้วิธีการในการไล่ความชื้นออกจากสารดูดความชื้นนั้นคือการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น หรือการนำไปอบ จะสามารถทำให้สารดูดความชื้นแห้ง และสามารถนำกลับมาใช้ในการดูดความชื้นได้ ซึ่งจะเกิดเป็นวัฏจักรในการทำงานของสารดูดความชื้นที่ประกอบด้วยกระบวนการดูดความชื้น การคายความชื้น และการเย็นตัวของสารดูดความชื้น ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 วัฏจักรการทำงานของสารดูดความชื้น (ASHRAE, 2009)

2.2.7 ตัวแปรการติดตั้งวัสดุดูดความชื้น (Sukamongkol Y., 2010)

การนำวัสดุดูดความชื้นไปใช้งานเพื่อลดความชื้น ในกรณีที่ต้องมีการติดตั้งวัสดุดูดความชื้นจำนวนหลายแผ่น นอกจากต้องคำนึงถึงขนาดของวัสดุดูดความชื้นยังต้องคำนึงถึงขนาดของระยะห่างระหว่างวัสดุดูดความชื้น ดังภาพที่ 3.15 แสดงตัวแปรที่นำมาใช้ในสูตร จะสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$R_e = \frac{2\dot{m}_a}{\mu(C+H)} \quad (\text{C. Berner et al., 1984})$$

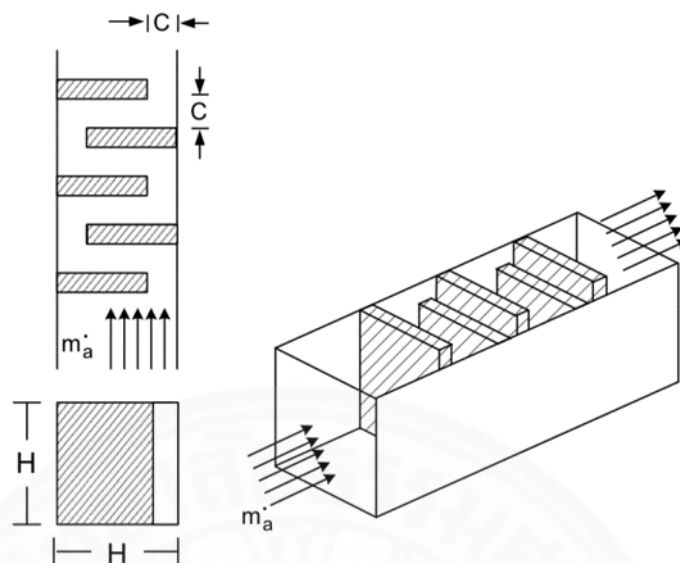
R_e = Reynolds Number

\dot{m}_a = การไหลของมวลอากาศ (kg/s)

μ = ค่าความหนืดการไหลของอากาศ (kg/s-m)

H = ขนาดความกว้างของแผ่นดูดความชื้น (m)

C = ขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นดูดความชื้น (m)



ภาพที่ 2.7 แสดงตัวแปรที่นำมาใช้ในสูตร (Sukamongkol Y., 2010)

2.3 สภาพภูมิอากาศในประเทศไทย (วิรัช มณีสาร, 2538)

ประเทศตั้งอยู่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอยู่ในเขตร้อนและฤดูฝนที่มีระยะเวลาค่อนข้างยาวนานจึงทำให้ประเทศไทยนั้นมีสภาพอากาศโดยทั่วไปที่ร้อน และชื้นเกือบตลอดปี โดยสามารถแบ่งลักษณะอากาศในประเทศออกได้ 2 แบบ ดังนี้

1) ภูมิอากาศแบบผสมหรือแบบมรสุม (Composite or Monsoon Climates) พบในเขตภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก เป็นสภาพอากาศที่แบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาล ซึ่งทำให้ทั้งมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันไปตามแต่ละฤดูกาล คือ

ฤดูร้อน	ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม	อากาศร้อน
ฤดูฝน	ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม	อากาศอบอุ่นและชื้น
ฤดูหนาว	ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม	อากาศเย็นและแห้ง

2) ภูมิอากาศแบบอบอุ่นชื้น (Warm Humid Climates) พบในเขตภาคตะวันตกและภาคใต้ เป็นสภาพอากาศที่ไม่มีความแน่นอนในเรื่องของอุณหภูมิในช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ปริมาณฝนมากส่งผลให้ความชื้นในอากาศสูง ความเร็วลมค่อนข้างต่ำ และได้รับแสงอาทิตย์ในปริมาณมากเกือบตลอดปี

2.3.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์

เนื่องจากประเทศไทยนั้นมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศไทยตลอดทั้งปีนั้นอยู่ระหว่าง 63-84% ซึ่งถือว่ามีความชื้นค่อนข้างสูง โดยความชื้นในช่วงหนึ่งวันของประเทศไทยนั้นแปรผันตามสภาวะอุณหภูมิของอากาศในช่วงนั้น ในช่วงเวลากลางวันที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะต่ำลง และในช่วงเวลากลางคืนที่มีอุณหภูมิต่ำค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะสูงขึ้น แต่เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนของประเทศไทยนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกันไม่มากจึงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีความแตกต่างกันไม่มากเช่นกัน

2.3.2 อิทธิพลของความชื้นภายในอาคาร

เนื่องจากประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืนมีความชื้นในอากาศอยู่ในเกณฑ์สูง ส่งผลให้การนำอากาศภายนอกเข้ามาใช้นั้นต้องทำการลดความชื้นเพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบายต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการลดความชื้นออกจากอากาศ ซึ่งใช้พลังงานมากกว่าการลดอุณหภูมิอย่างมาก (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) จะเห็นว่าจึงต้องให้ความสำคัญกับเรื่องความชื้นในอากาศในกรณีที่น่าอากาศภายนอกมาใช้ภายในห้องนอน โดยเฉพาะการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนที่มีความชื้นสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน ด้วยการลดความชื้นก่อนเข้ามาภายในห้องเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในห้องนอนตลอดช่วงเวลากลางคืน

2.3.3 วิธีการควบคุมความชื้น (ชาตรี เกียรติจรูญศิริ, 2552)

การควบคุมความชื้นของอากาศ คือ การทำให้ความชื้นในอากาศนั้นมีความเหมาะสมหรือตามความต้องการในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งเป็นได้ทั้งการลด และการเพิ่ม ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 การลดอุณหภูมิของอากาศขึ้นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว ส่งผลให้ไอน้ำที่อยู่ในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำทำให้อัตราส่วนของความชื้นในอากาศลดลง

วิธีที่ 2 การดูดไอน้ำในอากาศออกด้วยสารดูดความชื้น (Desiccant) เพื่อให้อากาศชื้นกลายเป็นอากาศแห้ง โดยสารดูดความชื้นสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามสถานะของสาร ได้แก่ สารดูดความชื้นชนิดแข็ง (Solid Desiccants) และสารดูดความชื้นชนิดเหลว (Liquid Desiccants) โดยสารดูดความชื้นทั้ง 2 ประเภทมีวัฏจักรเทอร์โมไดนามิกพื้นฐาน (Basic Thermodynamic Cycle) แต่การนำไปใช้ในการทดลองหรือออกแบบงานวิจัยต้องใช้เครื่องมือ การดำเนินงาน และความเป็นไปได้ในการปรับปรุงวัฏจักรพื้นฐานแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

เนื้อหาประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การทดสอบการดูด-การคายความชื้นของไส้ในมันสำปะหลัง และส่วนที่ 2 การทดสอบการดูด-การคายความชื้นของระแนงติดตั้งวัสดุความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์

3.1 วิธีการวิจัย

เนื้อหาในส่วนนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมไส้มันสำปะหลัง ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการผสมสารละลายเกลือ และวิธีการขึ้นรูปไส้มันสำปะหลังดูดความชื้น

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมไส้ในมันสำปะหลัง

ไส้ในของเหง้ามันสำปะหลังจะอยู่บริเวณตรงกลางของลำต้น เมื่อนำไส้ในออกมาทดลองต้องผ่าลำต้นแล้วนำไส้ในออกมา จากนั้นนำไปปั่นเพื่อให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดูดความชื้น ก่อนจะนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5-10 นาทีเพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ในไส้ออก เพื่อป้องกันความชื้นที่สะสมอยู่ภายในมาก และเกิดเป็นเชื้อราได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย ดังภาพที่ 3.1 – 3.4 ที่แสดงการเตรียมไส้ในของมันสำปะหลัง



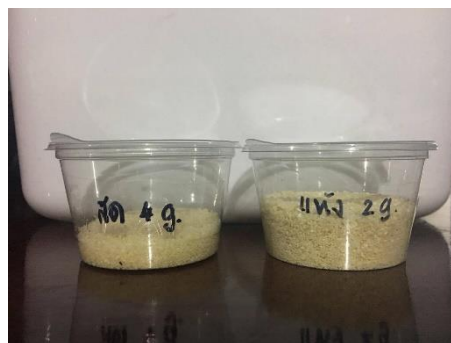
ภาพที่ 3.1 ไส้ของเหง้าและลำต้นมันสำปะหลัง
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.2 ไส้มันสำปะหลังบด
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.3 ไขมันสำปะหลังหลังแกะออกจากลำตัน
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.4 น้ำหนักไขมันสำปะหลังหลังอบ
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

3.1.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดความชื้นด้วยสารละลายเกลือ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดความชื้นด้วยสารละลายเกลือ (NaCl) ที่มีคุณสมบัติในการดูดและคายความชื้นได้เช่นกัน โดยนำสารละลายเกลือไปผสมกับไขมันสำปะหลังอบแห้ง คุณสมบัติของเกลือสามารถความชื้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30% ขึ้นไป ซึ่งสามารถเกิดการดูด และคายสลับกันไปได้ตามสภาพแวดล้อม เกลือจึงเป็นวัสดุหนึ่งที่มาจากธรรมชาติ และมีประสิทธิภาพในการดูดความชื้น จากภาพที่ 3.5 แสดงเกลือที่นำมาใช้ในการทดลอง และภาพที่ 3.6 แสดง สารละลายเกลือเข้มข้น 10% โดยมวลต่อปริมาตร ซึ่งเตรียมด้วยการตวงเกลือ 10 กรัมด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล และตวงน้ำด้วยถ้วยตวงปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยนำเกลือมาละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้ในการผสมกับไขมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนไขมันสำปะหลัง 1 กรัมต่อ สารละลายเกลือแคง 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพที่ 3.5 เกลือแคงที่นำมาใช้ในการทดลอง
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.6 สารละลายเกลือเข้มข้น 10%
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

3.1.3 การขึ้นรูปไส้มันสำปะหลัง

ในงานวิจัยได้ทำการทดลองวิธีการขึ้นรูปไส้มันสำปะหลัง 2 วิธี ดังนี้

3.1.3.1 การขึ้นรูปด้วยสารละลายเกลือ

เมื่อนำสารละลายเกลือผสมกับไส้มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดความชื้น หลังจากผสมกันต้องนำไปอบเพื่อไล่น้ำในสารละลายเกลือออกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที เมื่อนำออกมาจะเกิดการเกาะเป็นแผ่นของไส้มันสำปะหลัง แต่เปราะ และหลังจากนำไปทดลองดูดความชื้นแล้วเมื่อเกลือดูดความชื้นเข้าไปจะเกิดการละลายทำให้จากเดิมที่เป็นแผ่นจะแตกออกจากกัน ดังภาพที่ 3.7 – 3.8



ภาพที่ 3.7 การขึ้นรูปด้วยสารละลายเกลือหลังอบ
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.8 เมื่อดูดความชื้นเข้าไปในวัสดุ
(ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

3.1.3.2 การขึ้นรูปด้วยการบรรจุในซองชา

ซองชาผลิตมาจากเส้นใยที่มีความแข็งแรง 2 ชนิด ได้แก่ ปอมะลิลาที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ และใยพลาสติก ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงมาก และทนความร้อน มีคุณสมบัติที่สามารถให้น้ำผ่านเข้าออกได้ จึงเหมาะแก่การนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาบรรจุไส้มันสำปะหลัง โดยประสิทธิภาพในการดูดความชื้นไม่ลดลง แต่เนื่องจากซองชามีรูขนาดเล็กอยู่ทั่วทั้งซองจึงทำให้ไส้มันที่มีขนาดเล็กกว่ารูสามารถหลุดออกมาได้ จากภาพที่ 3.9 แสดงการบรรจุไส้ในซองมันสำปะหลังในซองชา ขนาด 10.00 เซนติเมตร x 8.00 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.9 ใ้มันสำปะหลังบรรจุในซองชา (ถ่ายโดยผู้วิจัย , 2561)

3.1.4 การทดลองการดูดความชื้นของใ้มันสำปะหลัง

ขั้นตอนการทดลองความสามารถในการดูดความชื้นของวัสดุได้ทำการทดลองเพื่อดูพฤติกรรมการทำงานของวัสดุในเรื่องการดูดและคายความชื้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการวางใ้มันสำปะหลังบนวัสดุที่มีความชื้น และส่วนที่ 2 การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการนำใ้มันสำปะหลังไว้ในสภาพอากาศจริง โดยมีวิธีการดังนี้

3.1.4.1 การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการวางใ้มันสำปะหลังบนวัสดุที่มีความชื้น

การทดลองด้วยการนำวัสดุไปวางบนวัสดุที่มีความชื้น ได้ทำการทดลอง 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เป็นการทดลองด้วยการใช้ใ้มันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว และแบบที่ 2 เป็นการทดลองด้วยการใช้ใ้มันสำปะหลังที่ผสมสารละลายเกลือ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดความชื้นของแต่ละแบบว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และเพื่อพิสูจน์ว่าสารละลายเกลือนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดความชื้นได้ วัสดุที่มีความชื้นที่นำมาทำการทดลอง คือ เชียงไม้ โดยเตรียมวิธีการทดลองด้วยการนำเชียงไม้แช่น้ำไว้เป็นระยะเวลา 15 นาทีเพื่อให้เชียงไม้จะทำการดูดน้ำเข้าไปจนขึ้น ก่อนจะนำวัสดุที่ต้องการทดลองวางบนเชียงไม้ที่มีความชื้น และจับเวลาเพื่อดูระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากเชียงไม้

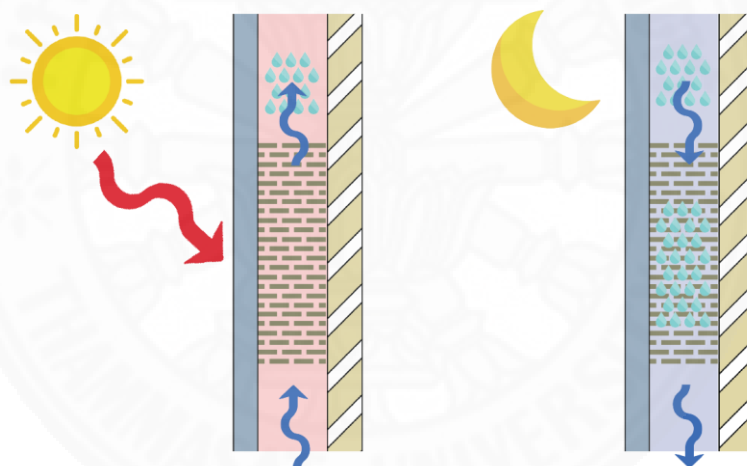
3.1.4.2 การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการนำใ้มันสำปะหลังไปไว้ในสภาพอากาศจริง

การนำวัสดุดูดความชื้นใ้มันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความเข้มข้น 10% โดยมวลต่อปริมาตร และความเข้มข้น 20% โดยมวลต่อปริมาตร แล้วบรรจุในซองชา ก่อนนำไปไว้ในสภาพอากาศจริง เพื่อศึกษาพฤติกรรมดูด-คายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น และความแตกต่างของความสามารถในการดูดความชื้นของ

เข้มข้นของสารละลายเกลือที่นำไปผสมน้ำมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยจะทำการวัดด้วยการชั่งน้ำหนักวัสดุความชื้นในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ทั้งกลางวัน และกลางคืน ในช่วงเวลากลางวันจะมีการนำออกไปไว้ภายนอกในบริเวณที่โดนแสงแดดเพื่อสังเกตพฤติกรรมการคายความชื้นของวัสดุความชื้น และช่วงกลางคืนจะตั้งไว้ภายนอกอาคารเพื่อสังเกตพฤติกรรมการดูดความชื้น โดยทำการทดลองติดต่อกันเพื่อดูความสามารถในการดูดและคายในระยะเวลาติดต่อกัน และนำน้ำหนักที่ต่ำสุด และสูงสุดมาหาค่าความสามารถในการดูดความชื้นเป็นค่าร้อยละของน้ำหนักวัสดุ

3.2 การทำงานของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์

ระแนงดูดความชื้นที่ติดตั้งในปล่องรังสีอาทิตย์จะทำงานวนสลับระหว่างการดูด และการคายความชื้น โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศภายในปล่องรังสีอาทิตย์ ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การทำงานของระแนงในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

จากภาพที่ 3.10 จะเห็นการทำงานของระแนงที่จะขึ้นในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน โดยในช่วงเวลากลางคืน เมื่ออากาศที่มีความชื้นสูงจากภายนอกไหลผ่านระแนงจะเกิดการดูดความชื้นจากอากาศไว้ก่อนจะผ่านเข้าสู่ห้องนอน และเมื่อถึงช่วงเวลากลางวันเมื่ออุณหภูมิภายในปล่องสูงขึ้น ระแนงจะทำการคายความชื้นออก และอากาศที่ผ่านปล่องจะพาความชื้นออกไปสู่ภายนอก ทำให้ระแนงสามารถใช้งานได้ในช่วงเวลากลางคืนอีกครั้ง ซึ่งเป็นไปตามวัฏจักรการทำงานของสารดูดความชื้น

3.3 การออกแบบอุปกรณ์ระแนงดูดซับความชื้น

การนำระแนงดูดความชื้นไปใช้ในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในการดูดความชื้นอากาศที่ผ่านภายในปล่องนั้นต้องคำนึงถึงทิศทางในการติดตั้งระแนงเพื่อให้อากาศไหลผ่าน และสามารถดูดขึ้นออกจากอากาศได้มากที่สุด และต้องคำนึงถึงการคายความชื้นของระแนง เพื่อป้องกันการอึดตัวของระแนงดูดความชื้นซึ่งจะส่งผลต่อการดูดความชื้นในครั้งต่อไป ตำแหน่งและทิศทางการติดตั้งจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยต้องมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศที่เข้ามาภายในปล่อง และต้องมีความร้อนที่เพียงพอต่อการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นในช่วงเวลากลางวัน ทางผู้วิจัยจึงออกแบบระแนงดูดความชื้นโดยการเลือกการขึ้นรูปด้วยการบรรจุในช่องขามาใช้ในการทำแผ่นวัสดุ เนื่องจากมีน้ำหนักเบา มีรูพรุนให้อากาศผ่านได้ และทนต่อความร้อน โดยตัวแผ่นวัสดุต้องทำการวางบนโครงคร่าวเหล็ก เป็นการเพิ่มความร้อนให้กับแผ่นดูดความชื้นด้วยการนำความร้อนของโลหะเพื่อใช้ในการคายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น

3.4 การออกแบบกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์

การศึกษาจะทำการสร้างกล่องทดลองขึ้นใช้ในการทดลองประสิทธิภาพในการดูดความชื้นของระแนงในปล่องรังสีอาทิตย์ในห้องนอน โดยกล่องทดลองประกอบด้วย

กล่องทดลอง ขนาด กว้าง 1.00 x ยาว 2.00 x สูง 2.00 เมตร ซึ่งประกอบด้วย

แผ่นไม้กระดาน ขนาด 2.00 x 2.00 เมตร จำนวน 2 แผ่น

แผ่นไม้กระดาน ขนาด 1.00 x 2.00 เมตร จำนวน 3 แผ่น

เหล็กกล่อง ขนาด 1½ นิ้ว x 1½ นิ้ว ความยาว 2.00 เมตร จำนวน 8 เส้น

เหล็กกล่อง ขนาด 1½ นิ้ว x 1½ นิ้ว ความยาว 1.00 เมตร จำนวน 6 เส้น

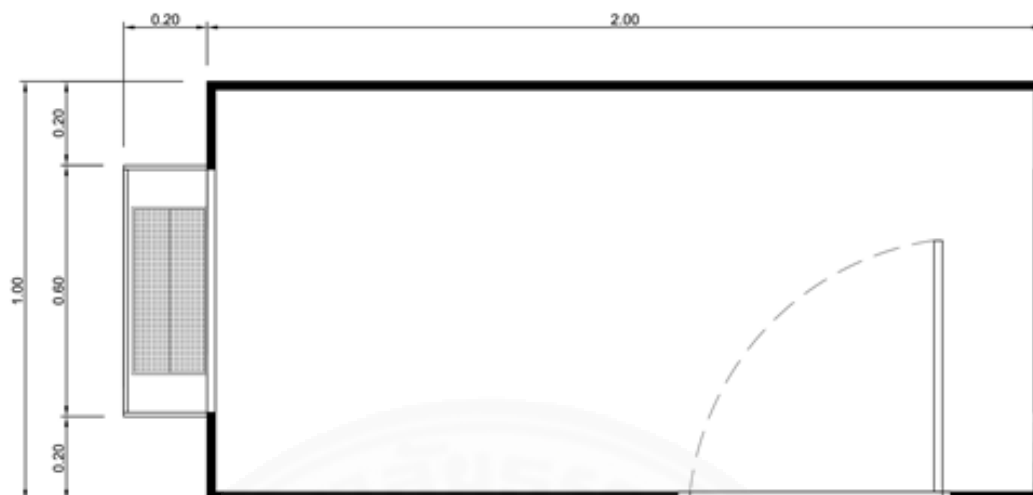
เหล็กฉาก ขนาด 1½ นิ้ว x 1½ นิ้ว ความยาว 1.00 เมตร จำนวน 5 เส้น

ปล่องรังสีอาทิตย์ ขนาด กว้าง 0.20 x ยาว 0.60 x สูง 2.00 เมตร ประกอบด้วย

กระจก Temper glass หนา 4 มิลลิเมตร ขนาด 0.45 x 0.60 เมตร จำนวน 4 แผ่น

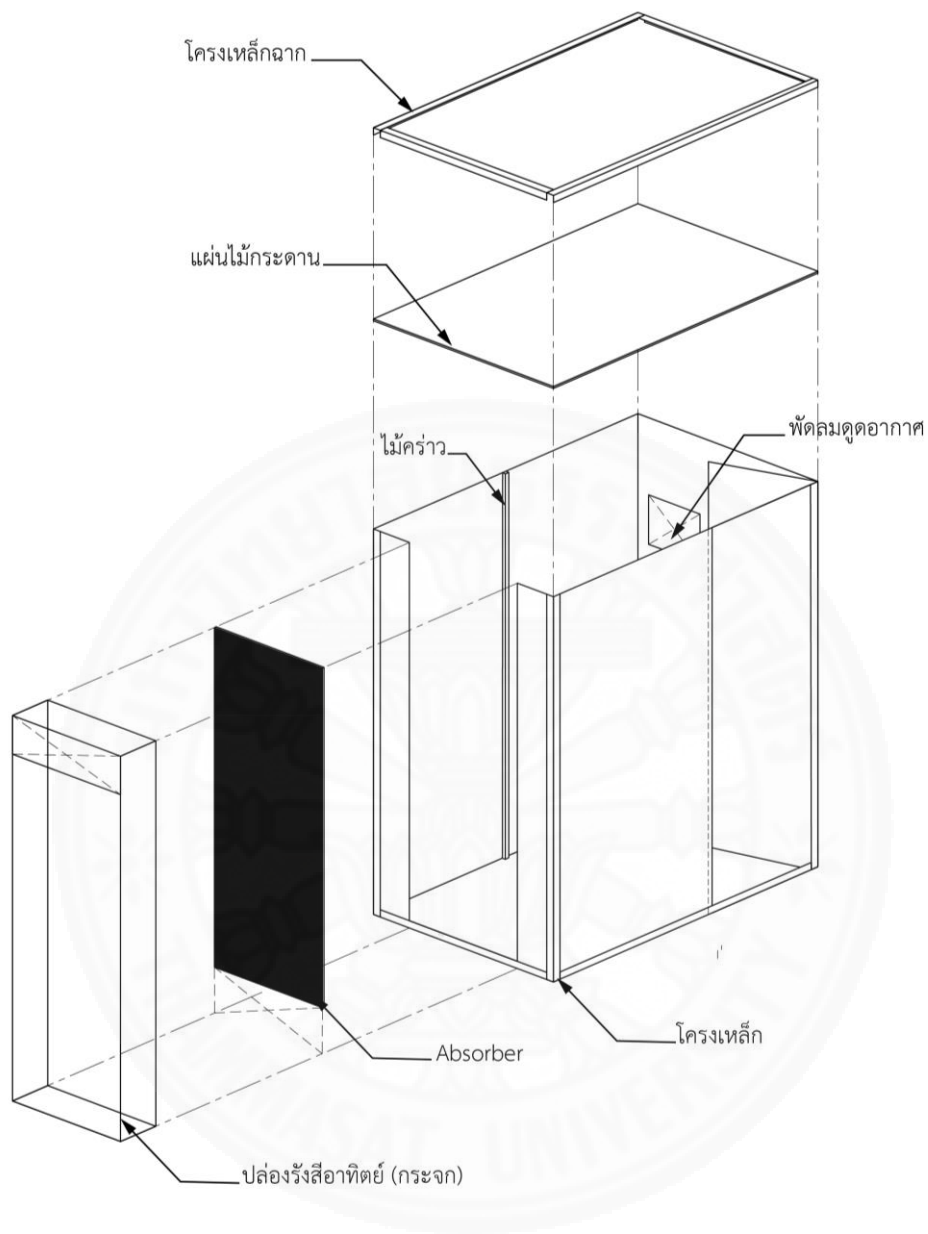
โครงคร่าวเหล็กเจาะรู ความหนา 1.8 มิลลิเมตร

โครงเหล็กฉาก พร้อมรางเสียบกระจก

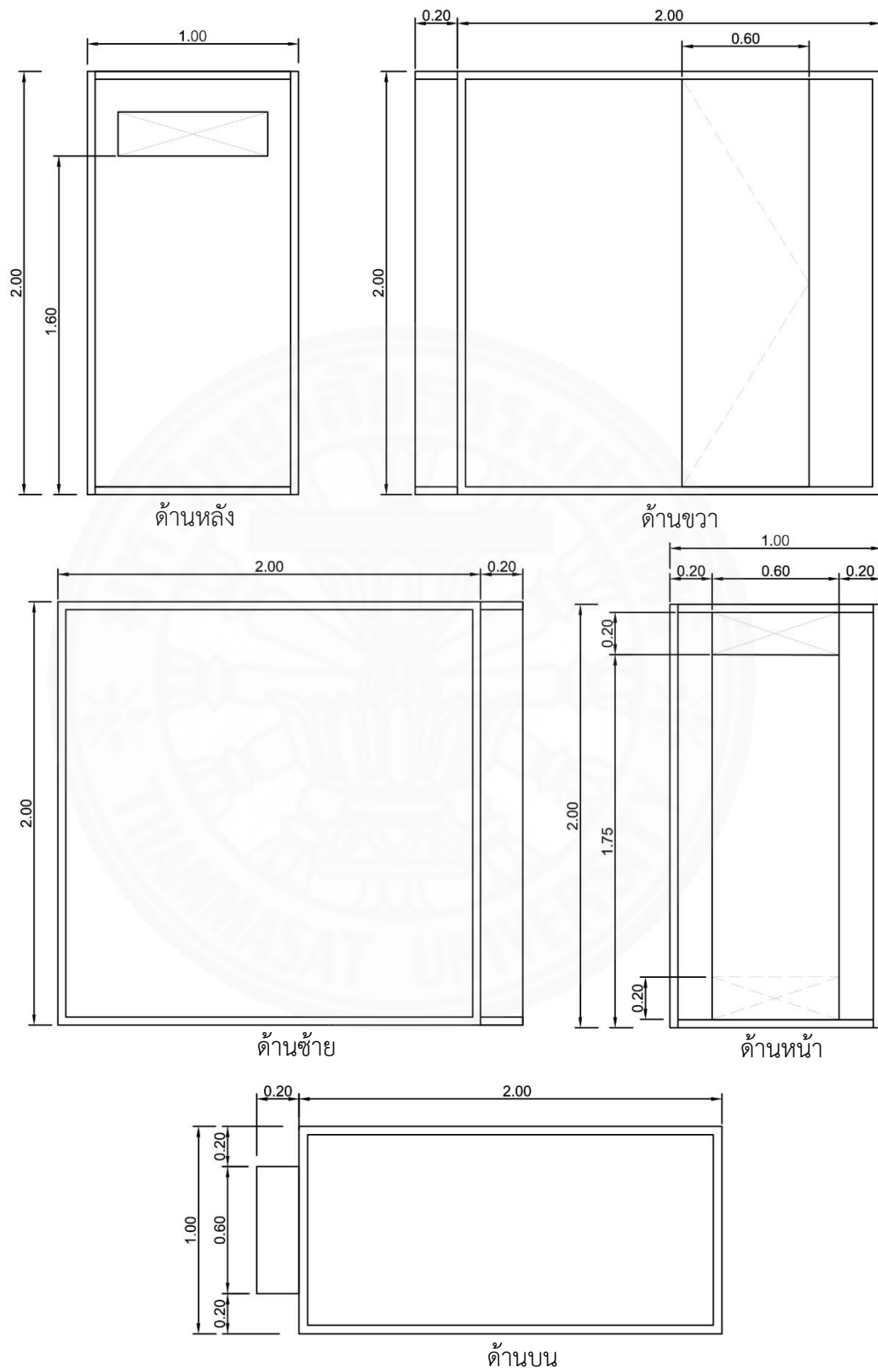


ภาพที่ 3.11 แพลนของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ (จัดทำโดยผู้วิจัย , 2561)

กล่องทดลองได้ออกแบบให้คนสามารถเข้าไปภายในกล่องทดลองได้เพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และบันทึกผลการทดลอง ซึ่งบริเวณปล่องรังสีอาทิตย์สามารถเปิดเข้าไปได้จากภายในห้องเพื่อทำการติดตั้งแผ่นระแนงดูดความชื้น อีกฝั่งของห้องมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาดเล็กสำหรับเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในห้องในเวลากลางคืนเนื่องจากมีความแตกต่างด้านอุณหภูมิภายใน และภายนอกน้อยกว่าในช่วงเวลากลางวัน ดังภาพที่ 3.11 แสดงแพลนของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ ภาพที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ และภาพที่ 3.13 แสดงรูปด้านของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 3.12 ส่วนประกอบของกล่องทดลองรังสีอาทิตย์ (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)



ภาพที่ 3.13 รูปด้านของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ (จัดทำโดยผู้วิจัย ,2561)

3.5 การติดตั้งระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์ และการจัดการตัวแปรในการติดตั้งระแนง

ภายในปล่องรังสีจะมีการติดตั้งโครงเหล็กไว้ใช้สำหรับติดตั้งวัสดุดูดความชื้น โดยโครงเหล็กจะทำการเจาะรูทุก ๆ 5 เซนติเมตร เพื่อสามารถทำการเลื่อนหรือปรับระดับระแนงที่ไว้สำหรับทำการติดตั้งวัสดุดูดความชื้นให้ได้ระดับตามที่ต้องการได้ โดยบริเวณด้านในกล่อง และบริเวณปล่องสามารถเปิดเพื่อทำการติดตั้งวัสดุดูดความชื้นได้ ดังภาพที่ 3.14

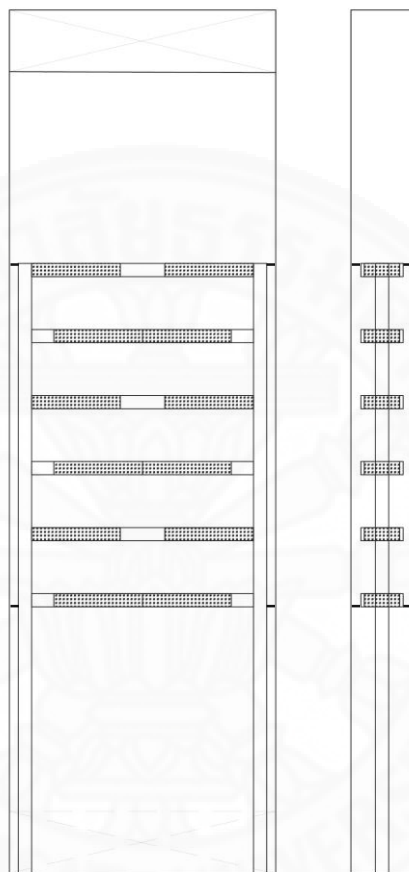


ภาพที่ 3.14 การติดตั้งระแนงวัสดุดูดความชื้น และวัสดุดูดความชื้น (จัดทำโดยผู้วิจัย ,2561)

เนื่องจากระแนงนี้ได้ทำการติดตั้งในปล่องรังสีอาทิตย์ซึ่งผนังด้านหนึ่งเป็นกระจก และอีกด้านหนึ่งเป็นผนังทึบซึ่งส่งผลต่อการยึดระแนงกับปล่อง โดยจากงานวิจัยพบว่าการไหลของอากาศในปล่องที่มีค่ามากที่สุดนั้นส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณใกล้กับผนังทั้งสองฝั่งภายในปล่องรังสี (ชัชวินทร์ ชินสรนันท์, 2557) จึงต้องคำนึงถึงทิศทางและพฤติกรรมการไหลของอากาศที่เข้ามาในปล่อง โดยระแนงดูดความชื้นต้องติดตั้งในทิศทางฉากกับทิศการไหลของอากาศ และต้องมีการป้องกันการรั่วของอากาศที่ไม่ไหลผ่านระแนงด้วยการอุดช่องว่างบริเวณด้านข้างของระแนงเพื่อเป็นการบังคับการไหลของอากาศที่เข้ามาให้ผ่านระแนงดูดความชื้นก่อนเข้าสู่ห้อง

เพื่อให้ระแนงดูดความชื้นสามารถทำการดูดความชื้นในช่วงเวลากลางคืนให้ได้ระยะเวลานานที่สุด และสามารถคายความชื้นในช่วงเวลากลางวันจนสามารถใช้งานอีกครั้งได้ในเวลากลางคืน จึงได้จัดวางระแนงดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ในปล่องรังสีอาทิตย์ขนาด 14 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.16 โดยการสลับการวางแผ่นระแนงดูดความชื้นส่งผลต่อการไหลของอากาศที่จะผ่านภายในปล่อง เป็นการเพิ่มเวลาในการไหลของอากาศทำให้เกิดการระเหยเวลาในการให้ระแนง

สามารถดูดความชื้นได้มากขึ้น แต่ปริมาณของแผ่นดูดความชื้นก็ส่งผลต่อการไหลของอากาศ ถ้ามีการวางแผ่นระแนงดูดความชื้นในชั้นที่มากขึ้นจะส่งผลให้การไหลของอากาศนั้นลดลง อีกทั้งระยะห่างระหว่างแผ่นที่มีผลต่อการไหลของอากาศ ถ้าระยะห่างระหว่างแผ่นมากจะส่งผลให้การไหลของอากาศนั้นมากขึ้นเช่นกัน

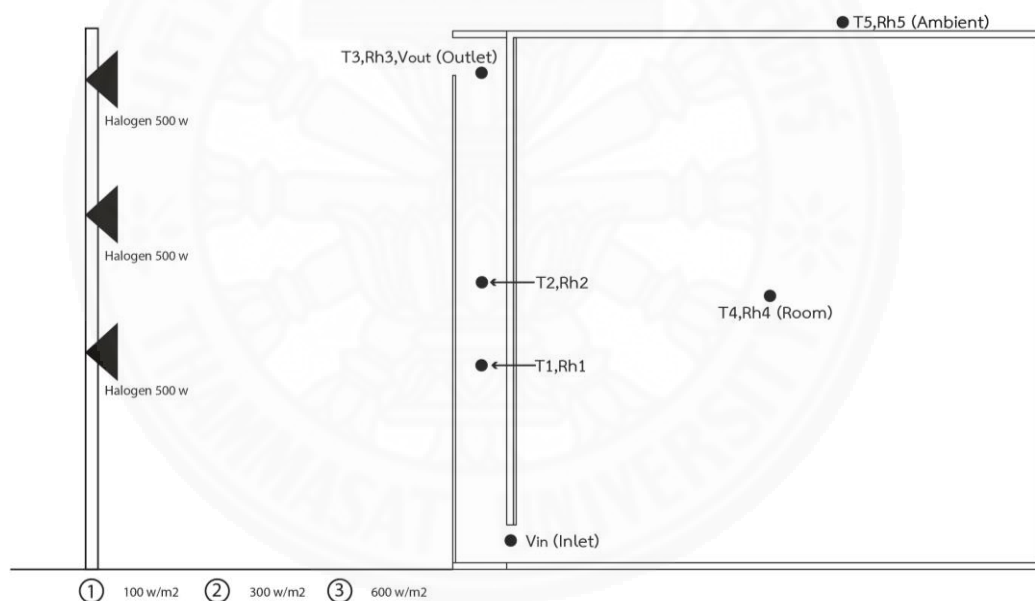


ภาพที่ 3.15 รูปแบบการติดตั้งระแนงดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

จากภาพที่ 3.16 ทำการติดตั้งระแนงจำนวน 6 ชั้น ระยะห่างชั้นละ 10 เซนติเมตร การวางวัสดุดูดความชื้นในรูปแบบนี้จะต้องใช้ไส้กรองสำหรับหลังปะหลังผสมสารละลายเกลือที่ทำการบรรจุในซองชาขนาด 10.00 x 8.00 เซนติเมตร ทั้งหมด 24 ซอง โดยแต่ละซองมีความหนา 2 เซนติเมตร และน้ำหนักไส้กรองสำหรับหลังปะหลังผสมสารละลายเกลือซองละ 8 กรัม

3.6 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน

การทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันที่จะส่งผลต่อขั้นตอนการคายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น โดยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความเร็วลม อุปกรณ์วัดค่าความชื้น และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ บริเวณตามจุดต่าง ๆ ของปล่องรังสีอาทิตย์ และกล่องทดลอง และสร้างแสงอาทิตย์จำลองด้วยหลอดไฟฮาโลเจนขนาด 500 วัตต์ จำนวนทั้งหมด 3 หลอด โดยตั้งในระยะที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ 100, 300 และ 600 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางวัน (กนก นพวงศ์, 2557) โดยมีการปรับให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่ทำการทดลองทุก ๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาที่นำมาใช้ในการทดลอง คือช่วง 11.00 น. ถึง 17.00 น. ดังภาพที่ 3.17 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าเพื่อทดสอบการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 3.16 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า (ก่อนติดตั้งระแนงดูดความชื้น) (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

3.7 ขั้นตอนการทดสอบความสามารถในการดูดความชื้นด้วยระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์

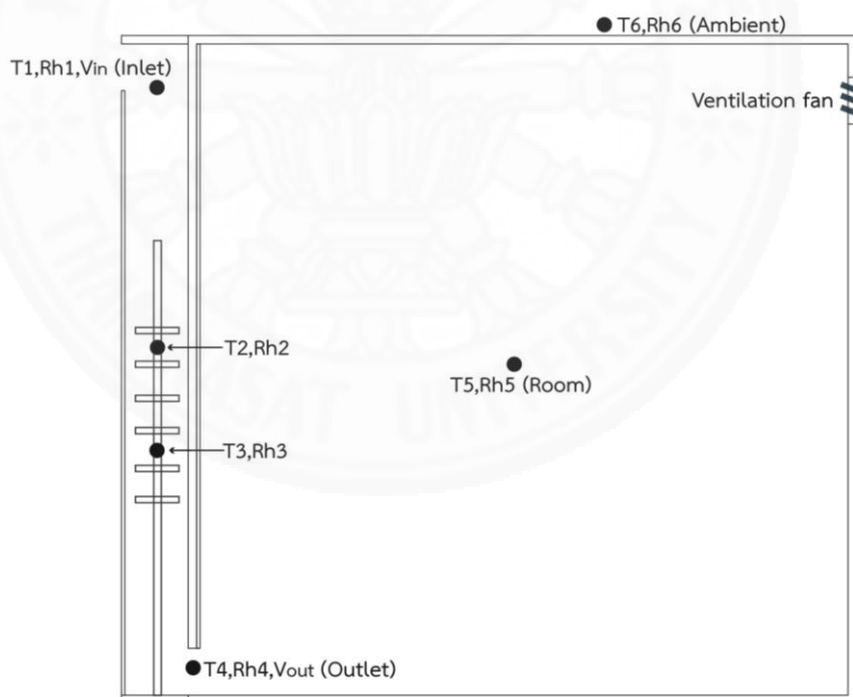
ในการทดลองจะทำการทดลองในพื้นที่ปฏิบัติการที่มีสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริงโดยการทำแบบจำลองส่วนหนึ่งของห้องนอนที่มีการติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์ โดยปล่องรังสีอาทิตย์จะมีผนังด้านนอกสุดเป็นกระจก และมีการติดตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนรอบให้บริเวณที่ปล่องเชื่อมต่อกับด้านในของห้องนอนที่เป็นผนังทึบเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในห้อง

1) นำวัสดุดูดความชื้นที่ทำการไล่ความชื้นในตัววัสดุออกแล้ว มาติดตั้งบนระแนงภายใน ปล่องรังสีอาทิตย์จำลอง

2) การทดลองจะเริ่มทำการติดตั้งวัสดุดูดความชื้น โดยใช้ความชื้นในสภาพอากาศจริง ณ เวลา 20.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ผู้อยู่อาศัยเริ่มใช้งานห้องนอน

3) ทำการเปิดใช้งานพัดลมดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว ที่มีอัตราการดูดอากาศที่ 270 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง หรือความเร็วลม 0.42 เมตร/วินาที เพื่อเพิ่มอัตราการไหลเวียนของอากาศให้มากขึ้น เนื่องจากในช่วงเวลากลางคืนความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมีค่าน้อยทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในปล่องรังสีอาทิตย์

4) การวัดความชื้นจะทำการเปรียบเทียบระหว่างก่อนทำการติดตั้งระแนงดูดความชื้น และหลังทำการติดตั้งระแนงดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ โดยวัดค่าความชื้นบริเวณปากปล่องที่มีการไหลเข้าของอากาศเข้าไปภายในปล่อง และวัดค่าความชื้นอากาศที่เข้ามาภายในห้องหลังจากที่ผ่าน และไม่ผ่านระแนงดูดความชื้น ดังภาพที่ 3.18 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าเพื่อทดสอบการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางคืน



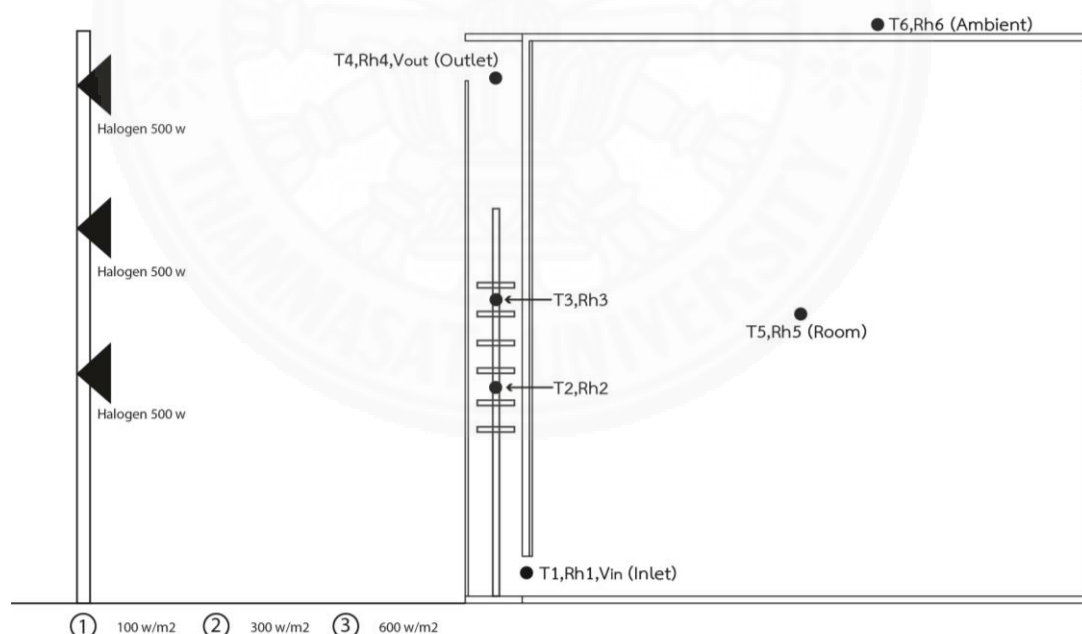
ภาพที่ 3.17 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า (หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น) (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

5) หาความสามารถในการดูดความชื้นของระแนงดูดความชื้น ด้วยการคำนวณผลต่างของอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศก่อนเข้า และหลังจากผ่านระแนงดูดความชื้น ด้วยสมการ

$$\Delta w = w_{\text{before}} - w_{\text{after}}$$

3.8 ขั้นตอนการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นที่ติดตั้งในปล่องรังสีอาทิตย์

การทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นเมื่อทำการติดตั้งระแนงดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ หลังจากทำการทดสอบความสามารถในการดูดความชื้นในช่วงเวลากลางคืนในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 07.00 น. จะเริ่มทำการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นในช่วงเวลากลางวัน โดยจำลองกรณีที่ปล่องรังสีอาทิตย์ถูกตั้งในตำแหน่งที่โดนแสงอาทิตย์ในช่วงบ่ายในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 17.00 น. ด้วยการเปิดใช้หลอดไฟฮาโลเจนจำลองแสงอาทิตย์ 500 วัตต์จำนวน 3 หลอด ส่องไปที่ปล่องรังสีอาทิตย์ โดยใช้เครื่องวัดค่าแสงอาทิตย์ปรับค่าแสงอาทิตย์ที่ส่องลงไปที่ผนังกระจกของปล่องรังสีอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ได้แก่ เวลา 11.00 น. ติดตั้งหลอดไฟให้มีค่าแสงอาทิตย์ที่ 100 วัตต์/ตารางเมตร, เวลา 12.00 น. ติดตั้งหลอดไฟให้มีค่าแสงอาทิตย์ที่ 300 วัตต์/ตารางเมตร, เวลา 13.00 น. ติดตั้งหลอดไฟให้มีค่าแสงอาทิตย์ที่ 600 วัตต์/ตารางเมตร, เวลา 14.00 น. ติดตั้งหลอดไฟให้มีค่าแสงอาทิตย์ที่ 300 วัตต์/ตารางเมตร และเวลา 15.00 น. ติดตั้งหลอดไฟให้มีค่าแสงอาทิตย์ที่ 100 วัตต์/ตารางเมตร เป็นเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3.19 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 3.18 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า (ทดลองการคายความชื้น) (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1) อุปกรณ์เครื่องอบไล่ความชื้น

เตาอบไฟฟ้า ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสถึง 250 องศาเซลเซียส

2) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

เครื่องชั่งดิจิทัล ยี่ห้อ TSCALE รุ่น NB-1500+ ค่า Readability 0.02 กรัม (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) ค่า Linearity 0.04 กรัม

3) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์

เครื่องบันทึกข้อมูล และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ Kestrel รุ่น DROP D2 ที่มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสถึง 55 องศาเซลเซียส ค่า Accuracy ± 1 องศาเซลเซียส และช่วงการวัดความชื้น 10% ถึง 90% RH ค่า Accuracy 3.0% RH

เครื่องบันทึกข้อมูล และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ Lt-Lutron รุ่น WBG-2010SD ที่มีช่วงการวัดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส ค่า Accuracy ± 0.8 องศาเซลเซียส ค่าความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส ช่วงการทำงานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส

4) อุปกรณ์วัดค่าความเร็วลม และอุณหภูมิ

เครื่องบันทึกข้อมูลวัดค่าความเร็วลม และอุณหภูมิ ยี่ห้อ Lt-Lutron รุ่น AM-4214SD ค่าความเร็วลม ค่า Accuracy $\pm 5\%$ ของค่าที่อ่านได้ ค่าความละเอียด 0.01 เมตร/วินาที ค่าอุณหภูมิ ค่า Accuracy ± 0.8 องศาเซลเซียส ช่วงการทำงานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส

เครื่องบันทึกข้อมูลวัดค่าความเร็วลม และอุณหภูมิ ยี่ห้อ Lt-Lutron รุ่น AM-4224SD ค่าความเร็วลม ค่า Accuracy $\pm 5\%$ ของค่าที่อ่านได้ ค่าความละเอียด 0.01 เมตร/วินาที ค่าอุณหภูมิ ค่า Accuracy ± 0.8 องศาเซลเซียส ช่วงการทำงานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส

เครื่องวัดค่าความเร็วลม และอุณหภูมิ ยี่ห้อ TESTO รุ่น 435-2 วัดค่าความเร็วลม 0 ถึง 20 เมตร/วินาที ค่าความละเอียด 0.01 เมตร/วินาที วัดค่าอุณหภูมิช่วง -50 องศาเซลเซียสถึง 150 องศาเซลเซียส ค่า Accuracy ± 0.2 องศาเซลเซียส (-25.0 ถึง +74.9 องศาเซลเซียส), 0.1 องศาเซลเซียส ± 0.4 องศาเซลเซียส (-50.0 ถึง -25.1 องศาเซลเซียส) และ ± 0.4 องศาเซลเซียส (+75.0 ถึง +99.9 องศาเซลเซียส) ค่าความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส

5) อุปกรณ์วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องบันทึกข้อมูล และค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Lt-Lutron รุ่น SPM-1116SD ค่า Accuracy 10 วัดต่อตารางเมตรหรือ $\pm 5\%$ ของค่าที่อ่านได้ ช่วงการทำงานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส

6) อุปกรณ์ให้แสงอาทิตย์จำลอง

หลอดไฟฮาโลเจน ขนาด 500 วัตต์

7) อุปกรณ์วัดความชื้นในวัสดุแบบเข็มเจาะ

เครื่องวัดความชื้นในวัสดุแบบหัวเจาะ ยี่ห้อ TESTO รุ่น 606-1 โดยวัดค่าความชื้นจากการนำความชื้นในวัสดุ โดยค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อน้ำหนักของวัสดุ อัตราความเร็วในการวัดอยู่ที่ 1 วินาที ค่า Accuracy $\pm 1\%$

3.10 แผนดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3.1

แผนดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือน	2017					2018					
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1) การเขียนโครงร่างการวิจัย												
1.1) การกำหนดโจทย์/ปัญหาวิจัย		■										
1.2) การกำหนดชื่อเรื่อง		■										
1.3) การกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัย		■										
1.4) การกำหนดกรอบแนวคิด/สมมุติฐานงานวิจัย		■										
1.5) การกำหนดขอบเขตการศึกษา		■										
1.6) การเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา			■									
1.7) การศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง			■	■								
1.8) การออกแบบงานวิจัย			■	■	■							
1.9) การกำหนดขั้นตอนการวิจัย				■	■							
2) การสอบหัวข้องานวิจัย					■							
3) การสร้างเครื่องมืองานวิจัย/ติดต่อช่าง						■						
4) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล							■	■				
5) สอบความคืบหน้า								■	■			
6) การสรุปผลงานวิเคราะห์									■	■		
7) เขียนรายงานวิจัย									■	■	■	
8) การสอบวิทยานิพนธ์											■	■
9) การเผยแพร่งานวิจัย												■
10) ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ ฉบับสมบูรณ์												■

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารดูดความชื้นที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติที่ติดตั้งในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในห้องนอนในช่วงเวลากลางคืน โดยทำการศึกษาการทำงานของสารดูดความชื้นจากวัสดุธรรมชาติที่ผลิตจากไส้มันสำปะหลังผสมกับสารละลายเกลือ และการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ก่อนจะทำการติดตั้งสารดูดความชื้นเข้าไปภายในปล่องรังสีอาทิตย์และทำการเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนทำการติดตั้งสารดูดความชื้น และหลังทำการติดตั้งสารดูดความชื้น เพื่อความสามารถในการดูดและคายความชื้นของสารดูดความชื้นที่ทำงานร่วมกับปล่องรังสีอาทิตย์

4.1 ผลการทดลองความสามารถในการดูดและคายความชื้นของสารดูดความชื้น

สารดูดความชื้นจากวัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ในการทดลองทำมาจากไส้ในมันสำปะหลังผสมกับสารละลายเกลือ โดยเริ่มทำการทดลองด้วยการเปรียบเทียบระหว่างไส้ในมันสำปะหลังกับไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือเพื่อดูความแตกต่างในการดูดความชื้น และทดสอบการดูดความชื้นของไส้ในมันสำปะหลังที่ผสมสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดความชื้นด้วยสารละลายเกลือ

การทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดความชื้นของไส้ในมันสำปะหลัง โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 ไส้ในมันสำปะหลัง และแบบที่ 2 ไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือ ได้ผลดังนี้

แบบที่ 1 ไส้ในมันสำปะหลัง ตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การทดลองไส้ในมันสำปะหลังวางบนวัสดุที่มีความชื้น (ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

แบบที่ 2 ใส่น้ำมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือ ตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การทดลองใส่น้ำมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือบนวัสดุที่มีความชื้น (ถ่ายโดยผู้วิจัย, 2561)

จากภาพที่ 4.1 วางใส่น้ำมันสำปะหลังเปล่าบนวัสดุที่มีความชื้นเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงจะเห็นได้ว่าบริเวณที่ทำการวางใส่น้ำมันสำปะหลัง และบริเวณขอบวัสดุที่ไม่ได้วางใส่น้ำมันสำปะหลัง มีความแห้งที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่แสดงให้เห็นว่าใส่น้ำมันสำปะหลังนั้นสามารถดูดความชื้นออกจากวัสดุที่มีความชื้นไม่ได้ และจากภาพที่ 4.2 ทำการวางใส่น้ำมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือบนวัสดุที่มีความชื้นเป็นระยะเวลา 15 นาที จะเห็นได้ว่าบริเวณที่ทำการวางใส่น้ำมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือแห้งอย่างเห็นได้ชัด จากบริเวณที่ไม่ได้ทำการวางวัสดุ แสดงให้เห็นว่าการผสมสารละลายเกลือเพิ่มเข้าไปทำให้ประสิทธิภาพการดูดความชื้นของใส่น้ำมันสำปะหลังนั้นดีขึ้น

จากการทดลองทั้ง 2 แบบจะเห็นได้ว่าใส่น้ำมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือมีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นที่เร็วกว่าใส่น้ำมันสำปะหลังเปล่าอย่างชัดเจน และหลังจากการทดลองทั้ง 2 รูปแบบได้นำไปอบเพื่อไล่ความชื้นในตัววัสดุออก และนำมาทดลองดูดความชื้นด้วยวิธีเดิมอีกครั้ง พบว่าวัสดุทั้งสองแบบยังสามารถดูดความชื้นได้อีกครั้ง

4.1.2 การทดลองความสามารถในการดูดความชื้นใส่น้ำมันสำปะหลังผสมกับสารละลายเกลือที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ในการทดลองความสามารถในการดูดความชื้นได้ทำการทดลองด้วยการนำใส่น้ำมันสำปะหลังผสมกับสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดความชื้นในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายเกลือ นำสารดูดความชื้นไปไว้ในสภาพอากาศจริง และทำการชั่งน้ำหนักในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนักของใส่น้ำมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ 10% และ 20% อย่างละ 2 ตัวอย่าง คือ 10%-1, 10%-2, 20%-1 และ 20%-2 เพื่อสังเกตพฤติกรรมการดูด-คายความชื้นของใส่น้ำมันที่ความเข้มข้นที่

แตกต่างกัน และค่าสูงสุด-ต่ำสุดของน้ำหนักไขมันสำปะหลัง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ในการทดลอง
ความสามารถในการดูดและคายความชื้นของไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือ

ตารางที่ 4.1

น้ำหนัก, พฤติกรรมการดูดความชื้นของไส้ในมันสำปะหลัง และค่าสูงสุด-ต่ำสุดของน้ำหนักไขมัน
สำปะหลังในช่วงทำการทดลอง

วันที่ทดลอง เวลาที่วัด	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3			วันที่ 4				
	17:10 น.	21:00 น.	23:30 น.	9:00 น.	10:40 น.	21:55 น.	8:30 น.	12:15 น.	14:00 น.	18:45 น.	0:20 น.	9:15 น.	14:00 น.	17:50 น.
ความเข้มข้นเกลือแคง														
ความเข้มข้น 10%-1	9.78	9.86	10.08	11.55	10.03	10.17	11.14	9.63	9.43	9.76	10.11	10.57	9.35	9.57
ความเข้มข้น 10%-2	10.61	10.73	10.92	12.52	10.95	11.18	12.2	10.48	10.41	10.75	11.17	11.61	10.43	10.63
ความเข้มข้น 20%-1	14.28	14.43	14.65	16.35	14.68	14.91	16.06	14.29	14.09	14.36	14.89	15.47	14.00	14.21
ความเข้มข้น 20%-2	14.58	14.64	14.85	16.31	14.86	14.96	15.78	14.32	14.32	14.56	14.88	15.28	14.28	14.48

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าวัสดุดูดความชื้นที่นำมาทดลองนั้นมี
พฤติกรรมการดูดและคายความชื้นที่ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในช่วงเวลากลางคืนเมื่อค่าความชื้น
สัมพัทธ์ในอากาศสูงขึ้น วัสดุดูดความชื้นจะดูดความชื้นเข้าไปในวัสดุส่งผลให้น้ำหนักของวัสดุดูด
ความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อในช่วงเวลากลางวันที่มีการนำวัสดุดูดความชื้นไปไว้บริเวณที่โดนแสงแดด วัสดุดูด
ความชื้นจะคายความชื้นภายในตัววัสดุออกสู่อากาศภายนอกส่งผลให้น้ำหนักของวัสดุดูดความชื้น
ลดลง จากตารางที่ 4.1 จะเห็นการทำงานที่เกิดการหมุนเวียนระหว่างการดูดความชื้น และการคาย
ความชื้นของวัสดุดูดความชื้นในสภาพอากาศจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระยะเวลา
ทั้งหมด 4 วัน โดยสามารถดูพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้โดยดูได้จากความเข้ม-อ่อนของสีบนตารางที่จะเข้มขึ้น
เมื่อมีการดูดความชื้นเข้าไป และอ่อนลงเมื่อมีการคายความชื้นออกจากวัสดุ ซึ่งค่าสูงสุดของสารดูด
ความชื้นแต่ละอันนั้นอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน คือ วันที่ 2 ของการทดลอง ที่เวลา 9.00 น. และค่าต่ำสุด
ของสารดูดความชื้นแต่ละอันอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันเช่นกัน คือ วันที่ 4 ของการทดลอง ที่เวลา 14.00
น. โดยทำการหาค่าความสามารถในการดูดความชื้นของวัสดุดูดความชื้นด้วยการนำน้ำหนักของไส้ใน
มันสำปะหลังที่มีค่าสูงสุดที่สามารถดูดได้ และค่าต่ำสุดที่สามารถคายได้มาหาค่าร้อยละความแตกต่าง
ของน้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลังในแต่ละความเข้มข้นที่ได้จากผลการทดลอง ดังตัวอย่างเช่น การ
คำนวณหาค่าร้อยละความแตกต่างของน้ำหนักไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือความเข้มข้น
10% หมายเลข 1 ได้แก่

หาค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น $11.55 \text{ กรัม} - 9.35 \text{ กรัม} = 2.2 \text{ กรัม}$

หาค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น $[2.2 \text{ กรัม} \times 100] \div 9.35 \text{ กรัม} \approx 23.53\%$

ดังนั้นจากตัวอย่างวิธีการคำนวณจะได้ผล ดังนี้

1) ไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือความเข้มข้น 10%

หมายเลข 1 สามารถดูดความชื้นได้ 23.53% ของน้ำหนัก

หมายเลข 2 สามารถดูดความชื้นได้ 20.04% ของน้ำหนัก

2) ไขมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือความเข้มข้น 20%

หมายเลข 1 สามารถดูดความชื้นได้ 16.79% ของน้ำหนัก

หมายเลข 2 สามารถดูดความชื้นได้ 14.22% ของน้ำหนัก

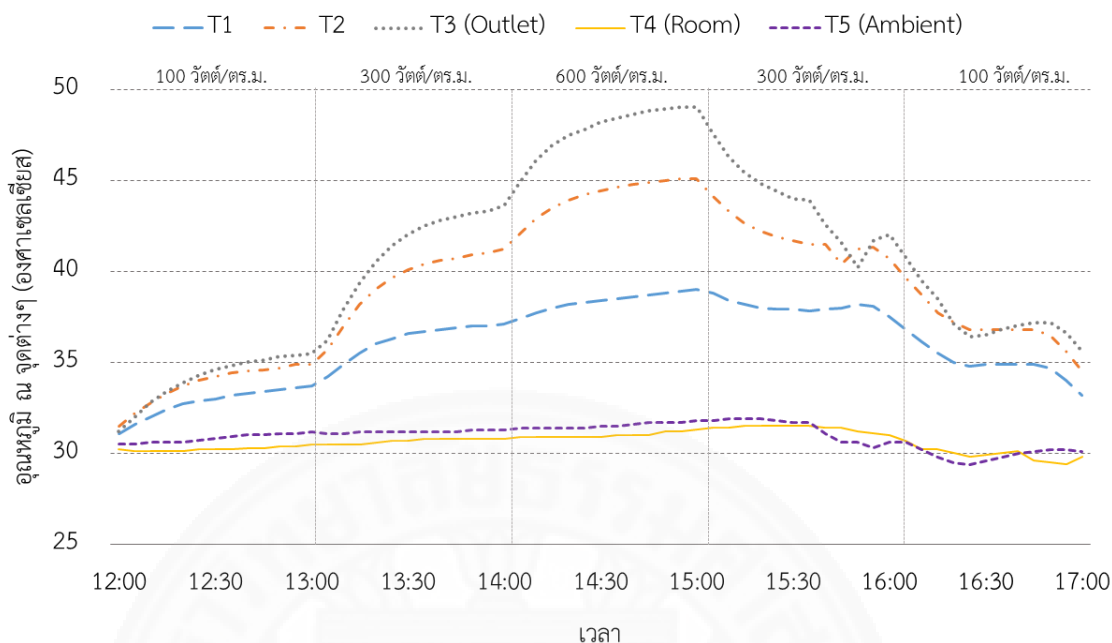
จากผลการคำนวณความสามารถในการดูดความชื้นที่ได้ จะเห็นได้ว่าไขมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือความเข้มข้น 10% นั้นมีความสามารถในการดูดความชื้นมากกว่าไขมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือความเข้มข้น 20% จึงแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้นที่มากขึ้นของสารละลายเกลือที่นำไปผสมในไขมันสำปะหลังนั้นไม่ส่งผลให้ความสามารถในการดูดความชื้นเพิ่มขึ้น

4.2 ผลการทดลองการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวันด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จำลอง เพื่อวัดอุณหภูมิและค่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ ซึ่งส่งผลต่อการคายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น และการนำความชื้นที่คายออกมาออกไปสู่ภายนอกปล่องรังสีอาทิตย์ โดยมีการปรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด 5 ช่วง ได้แก่ 100 วัตต์/ตารางเมตร, 300 วัตต์/ตารางเมตร, 600 วัตต์/ตารางเมตร, 300 วัตต์/ตารางเมตร และ 100 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริงในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 17.00 น. ได้ผลดังนี้

4.2.1 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ ได้แก่ บริเวณทางเข้าปล่อง บริเวณภายในปล่องรังสีอาทิตย์ คือ T1 กับ T2 บริเวณทางออกปล่อง คือ T3 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ T4 (Room) กับ T5 (Ambient) ดังภาพที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิในแต่ละจุด ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

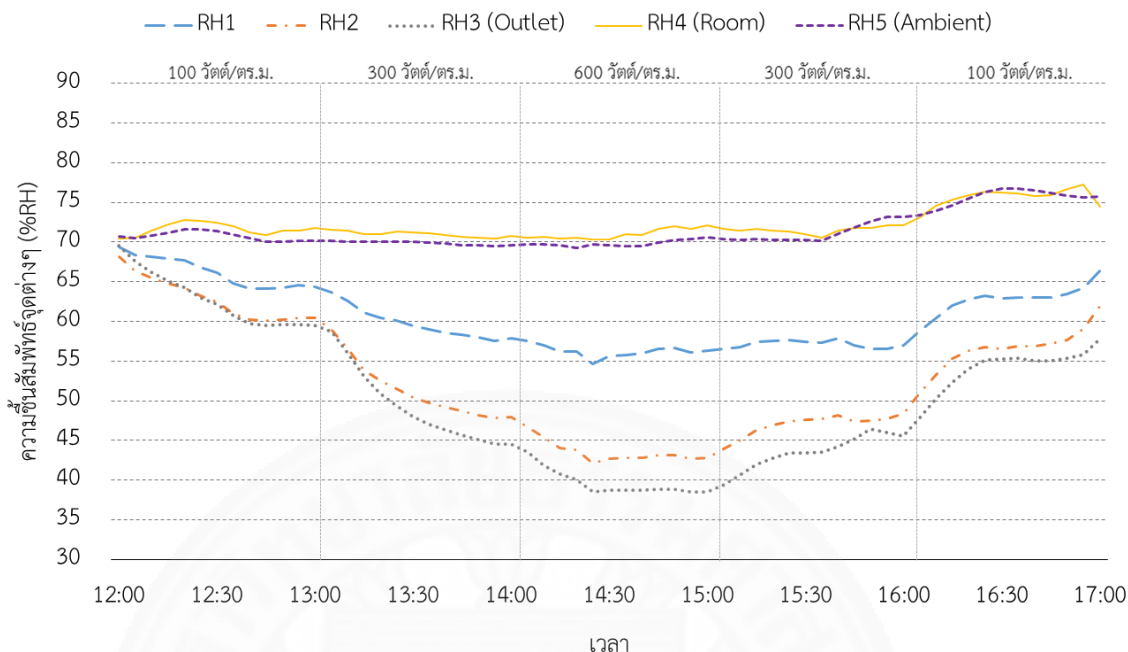


ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิมีค่าแปรผันตรงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะมีค่าสูงขึ้นตามเช่นกัน โดยเฉพาะอุณหภูมิบริเวณปล่อยรังสีอาทิตย์ที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อบริเวณภายในปล่อยรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการไหลของอากาศร้อนขึ้นสู่ด้านบนของปล่อยรังสีอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในปล่อย (T1) กับ (T2) เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ จนถึงอุณหภูมิบริเวณทางออกปล่อยรังสีอาทิตย์ (T3) จะมีค่าสูงที่สุดถึง 49 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้อง (T4) ที่มีค่า 31.3 องศาเซลเซียส กับบริเวณทางออก (T3) ของปล่อยรังสีอาทิตย์แตกต่างกันถึง 17.7 องศาเซลเซียส

4.2.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์

การทดลองวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ ได้แก่ บริเวณภายในปล่อยรังสีอาทิตย์ คือ RH1 กับ RH2 บริเวณทางออกปล่อย คือ RH3 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ RH4 (Room) กับ RH5 (Ambient) ดังภาพที่ 4.3 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละจุด ในช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่างกัน

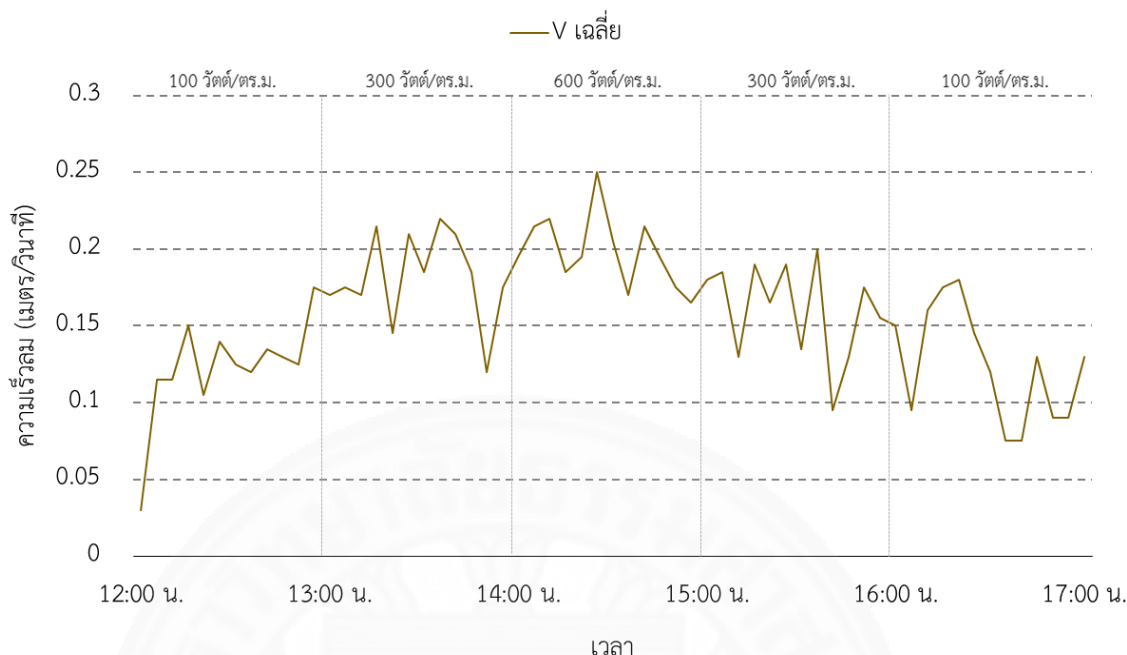


ภาพที่ 4.4 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าแปรผกผันกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าลดลง โดยเฉพาะบริเวณทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ (RH3) จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 38.5% เนื่องจากเป็นจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด (T3) และค่าความชื้นสัมพัทธ์จะค่อย ๆ สูงขึ้นในบริเวณ (RH2) และ (RH1) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณภายในปล่องรังสีอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณในห้อง (RH4) และบริเวณภายนอกห้อง (RH5) จะเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ค่าความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีค่าต่ำมากนั้นส่งผลต่อการคายความชื้นของวัสดุความชื้น ซึ่งจะคายความชื้นออกมาจากวัสดุเมื่อค่าความชื้นโดยรอบนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นภายในวัสดุ

4.2.3 ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองวัดค่าความเร็วบริเวณทางเข้าของปล่องรังสีอาทิตย์ (V_{inlet}) และบริเวณทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ (V_{outlet}) เพื่อดูความเป็นไปได้ในการพาความชื้นที่คายออกมาจากวัสดุความชื้นออกไปสู่ภายนอกปล่องรังสีอาทิตย์ ทำให้ภายในปล่องรังสีอาทิตย์ไม่มีความชื้นขังอยู่ภายใน พร้อมสำหรับการใช้งานในช่วงเวลาครึ่งอีกครั้ง โดยการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์นั้นเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณทางเข้าที่มีค่าต่ำกว่าทางออก ส่งผลให้เกิดการไหลของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นสู่ด้านบนของปล่องรังสีอาทิตย์ ดังภาพที่ 4.5 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.5 ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 4.5 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์มีแปรผันตรงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นก่อนจะลดลงเมื่อลดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ลงเป็นผลจากอุณหภูมิที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มค่าพลังงานแสงอาทิตย์ และลดลงเมื่อลดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งค่าความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าดังนี้ 100 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.12 เมตร/วินาที, 300 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.17 เมตร/วินาที และ 600 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.20 เมตร/วินาที

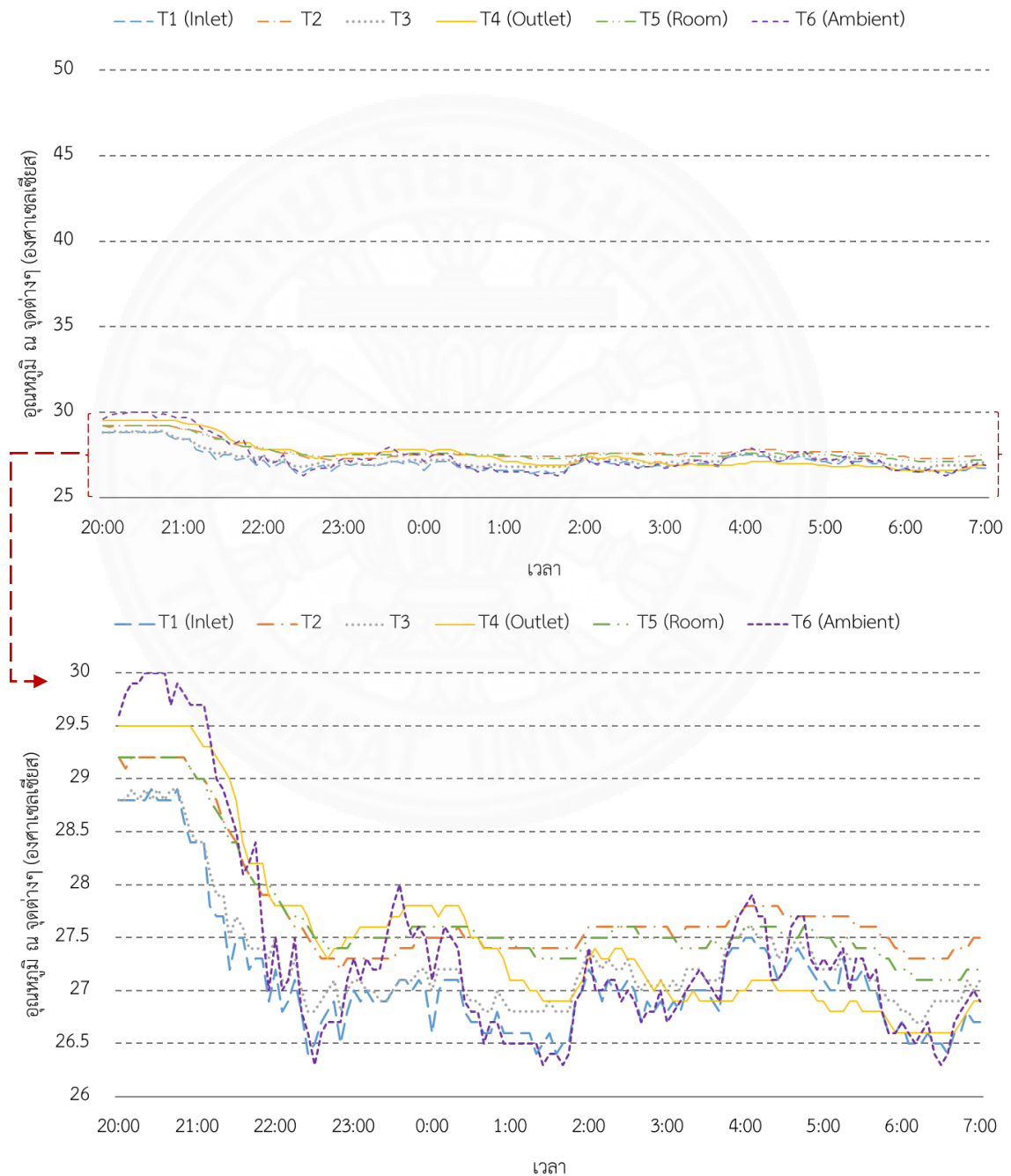
จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการทำงานของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์นั้นเป็นไปตามหลักทฤษฎี และแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการติดตั้งวัสดุดูดความร้อนขึ้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์ เนื่องจากอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และการไหลของอากาศนั้นมีผลต่อการทำงานของวัสดุดูดความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของการคายความร้อนออกจากวัสดุดูดความร้อนเพื่อการเตรียมพร้อมนำมาใช้ใหม่ในช่วงเวลากลางคืนอีกครั้ง

4.3 ผลการทดลองการทำงานของระบบดูดความร้อนขึ้นในปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองการทำงานของระบบดูดความร้อนขึ้น โดยใช้สภาพอากาศจริงในช่วงเวลากลางคืนในการทดลอง และเปิดใช้งานพัดลมดูดอากาศ เริ่มทำการทดลองเวลา 20.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่ผู้อยู่อาศัยเริ่มใช้งานห้องนอน จนถึง 7.00 น. ที่เป็นช่วงเวลาที่ผู้อยู่อาศัยเลิกใช้งานห้องนอน

ซึ่งได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ตามจุดต่าง ๆ ของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ เพื่อวัดค่าความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ได้ผลดังนี้

4.3.1 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้งระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น และภาพขยาย

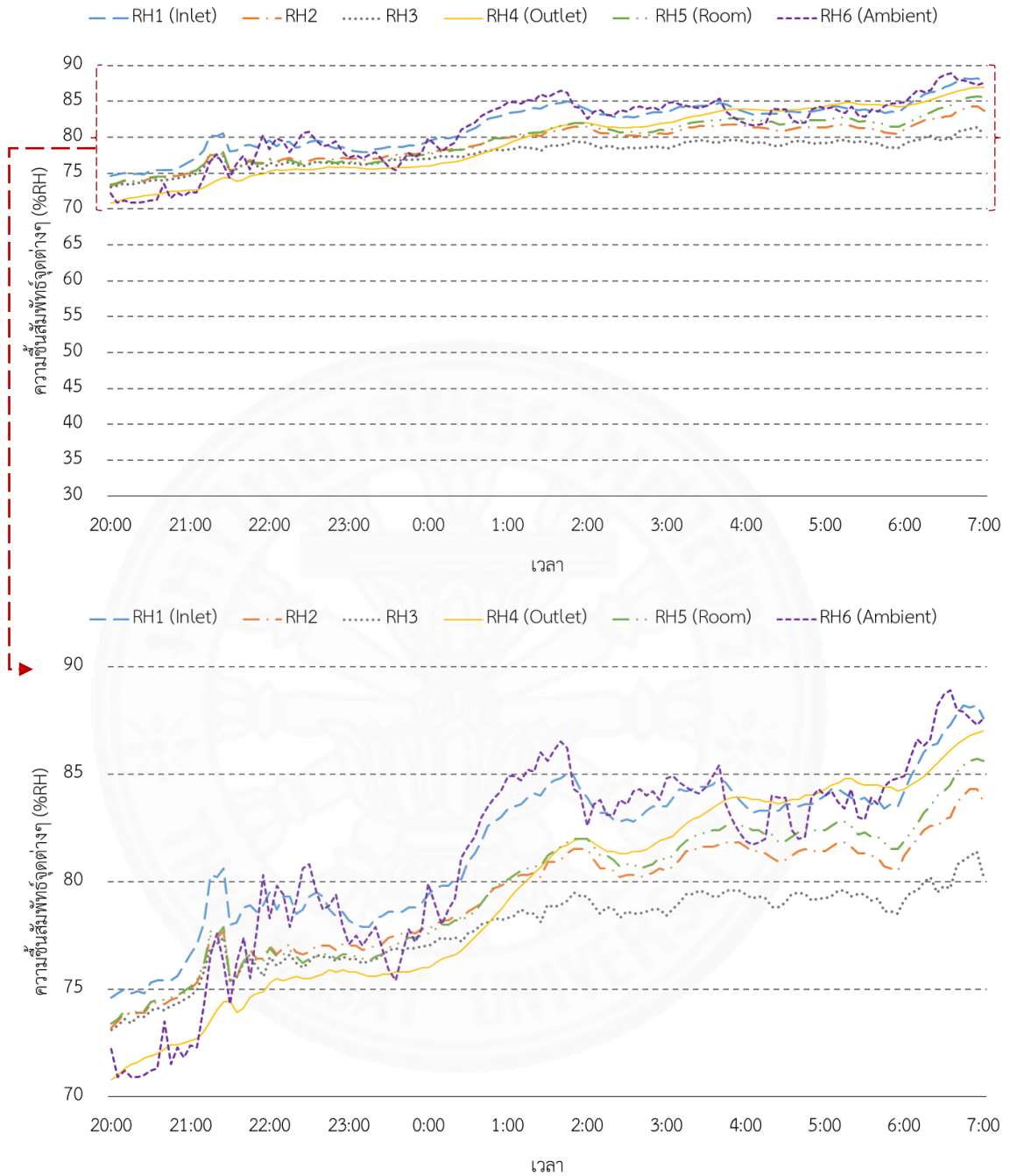
การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ ได้แก่ บริเวณทางเข้าปล่อง คือ T1 (Inlet) บริเวณภายในปล่องรังสีอาทิตย์ คือ T2 กับ T3 บริเวณทางออกปล่อง คือ T4 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ T5 (Room) กับ T6 (Ambient) ดังภาพที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิในแต่ละจุดของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้นภายในปล่องรังสีอาทิตย์

จากภาพที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิ ในของปล่องรังสีอาทิตย์ขณะทำการทดลอง โดยการทดลองเริ่มทำเวลา 20.00 น. จนถึง 7.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มใช้งานห้องนอน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเริ่มลดต่ำลงเล็กน้อยในช่วงเวลา 21.00 น. ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส จนค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลา 22.00 น. ไปจนถึง 7.00 น. ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียส

4.3.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้งระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ใน ของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้งระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์ ได้แก่ บริเวณภายในปล่องรังสีอาทิตย์ คือ RH2 กับ RH3 บริเวณทางออกปล่อง คือ RH4 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ RH5 (Room) กับ RH6 (Ambient)

จากภาพที่ 4.7 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น เริ่มทำการทดลองเวลา 20.00 น. ถึง 07.00 น. จะเห็นว่ามีความแปรผันกับอุณหภูมิ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในช่วงเวลากลางคืนจนถึงช่วงเช้า ตั้งแต่ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70% ขึ้นไปจนถึงประมาณ 88% ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในบริเวณที่มีการไหลผ่านวัสดุดูดความชื้น (RH3) นั้นจะมีค่าต่ำกว่าบริเวณทางเข้าของปล่อง (RH1) ทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ (RH4) นั้นลดลงก่อนจะไหลเข้าสู่ห้อง แต่เนื่องจากการรั่วของอากาศขึ้นมาภายในห้องทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (RH5) สูงกว่าบริเวณทางออกปล่อง (RH4) เล็กน้อย

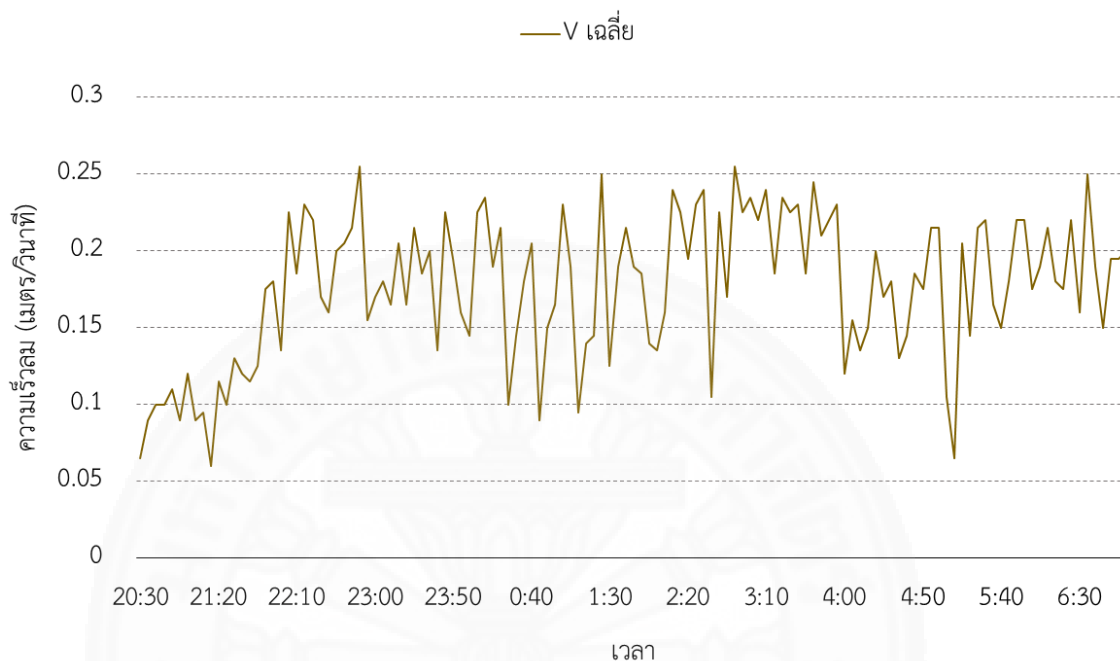


ภาพที่ 4.7 ความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น และภาพขยาย

4.3.3 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้นในปล่อยรังสีอาทิตย์

การทดลองวัดค่าความเร็วบริเวณทางเข้าของปล่อยรังสีอาทิตย์ (V_{inlet}) และบริเวณทางออกของปล่อยรังสีอาทิตย์ (V_{outlet}) หลังจากเปิดทำงานพัดลมดูดอากาศ และติดตั้งระแนง

ดูความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์ เพื่อดูผลของระแนงที่มีผลต่อค่าความเร็วลมที่เข้ามาภายในปล่อง ดังภาพที่ 4.8 แสดงค่าความเร็วลมบริเวณทางเข้าและทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์หลังจากติดตั้งระแนงดูความชื้น

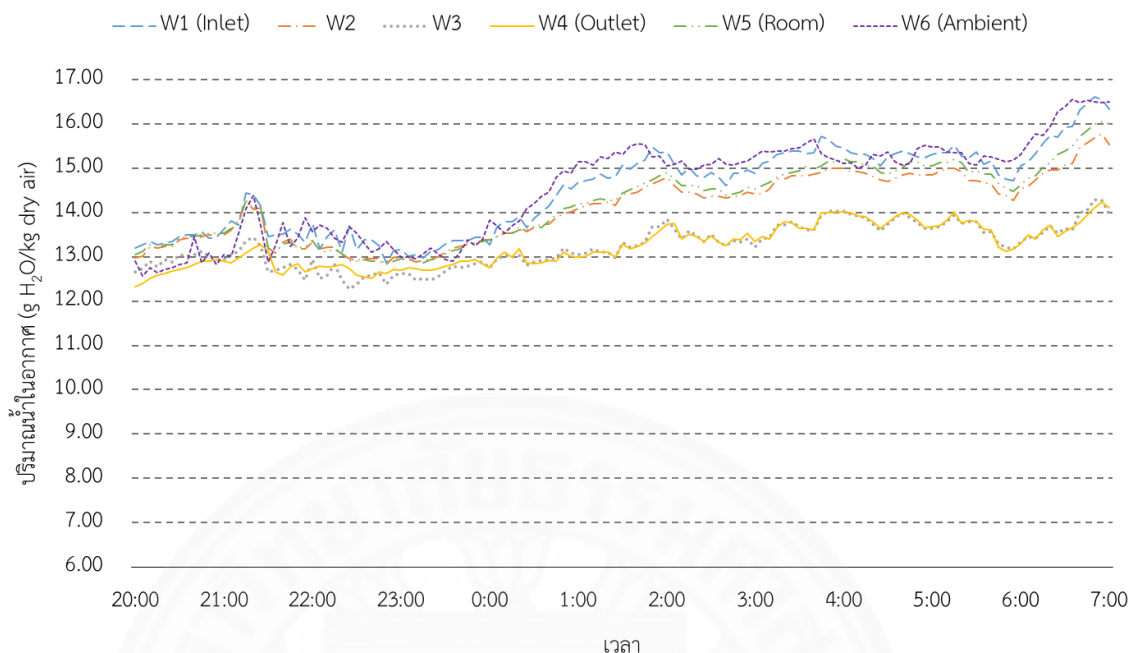


ภาพที่ 4.8 ความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูความชื้น

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูความชื้นจะมีค่าต่ำสุดที่ 0.06 เมตร/วินาที และค่าสูงสุดที่ 0.25 เมตร/วินาที โดยความเร็วที่เข้ามาภายในปล่อง (Inlet) เมื่อไหลออกสู่ทางด้านล่างของปล่อง (Outlet) จะมีค่าลดลงเนื่องจากลมต้องการไหลผ่านระแนงดูความชื้นที่ติดตั้งบริเวณตรงกลางด้านในของปล่องรังสีอาทิตย์ แต่ในการทดลองการดูความชื้นนั้นมีการเปิดใช้งานพัดลมดูดอากาศเพื่อเพิ่มการไหลของอากาศ ทำให้ความเร็วลมที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ค่อนข้างคงที่ และทำการทดลองในช่วงเวลากลางคืนจึงไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน

4.3.4 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์

หลังจากทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลหาค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์จะสามารถนำ 2 ค่านี้มาคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณน้ำในอากาศ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นปริมาณน้ำในอากาศ ในของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ และความสามารถในการดูความชื้นของวัสดุดูความชื้นที่นำไปติดตั้งในปล่องรังสีอาทิตย์ ดังภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณน้ำในอากาศ ในปล่องรังสีอาทิตย์หลังทำการติดตั้งระแนงดูความชื้น



ภาพที่ 4.9 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น

จากภาพที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณที่ติดตั้งระแนงดูดความชื้นในช่วงแรก (W2) จะเกิดการรวมตัวของอากาศจึงทำให้ปริมาณน้ำในอากาศสูงกว่าบริเวณทางเข้าปล่อง (W1) เนื่องจากอากาศสามารถไหลผ่านได้น้อยลงจากการติดตั้งระแนงขวางทางลม แต่เมื่ออากาศไหลผ่านระแนงดูดความชื้นมาจำนวนหลายชั้นแล้ว (W3) จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในอากาศลดลงจนเหลือต่ำกว่าอากาศบริเวณทางเข้า ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอากาศที่เข้ามาภายในห้องนั้นน้อยกว่าปริมาณน้ำในอากาศที่เข้ามาภายในปล่องรังสีอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าระแนงดูดความชื้นสามารถดูดความชื้นในอากาศที่ไหลผ่านปล่องรังสีอาทิตย์ก่อนเข้ามาภายในห้องได้ โดยช่วงที่มีค่าปริมาณน้ำในอากาศที่บริเวณทางเข้าและทางออกปล่องรังสีอาทิตย์มีความแตกต่างกันมากที่สุดหรือช่วงที่สามารถดูดความชื้นได้มากที่สุด คือ ช่วงเวลา 6.45 น. ซึ่งสามารถดูดน้ำในอากาศได้ $2.40 \text{ g H}_2\text{O/kg dry air}$

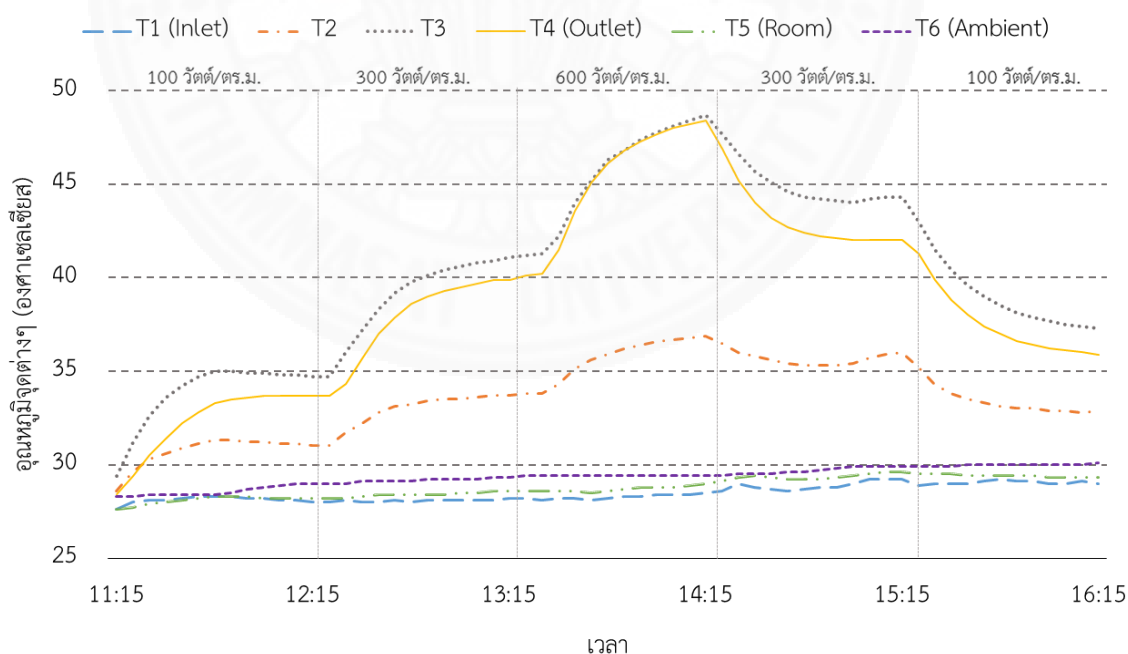
4.4 ผลการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์

การทดลองการคายความชื้นหลังจากที่วัสดุดูดความชื้นผ่านการดูดความชื้นในช่วงเวลา กลางคืน ด้วยการใช้ความร้อนที่สร้างขึ้นจากหลอดไฟแทนดวงอาทิตย์ในแต่ละค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อสร้างความร้อนให้กับปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อให้เกิดการไหลของอากาศภายในปล่องพาความชื้นที่ คายออกจากวัสดุดูดความชื้นเนื่องจากความร้อนออกสู่ภายนอก โดยมีการปรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งหมด 5 ช่วง ได้แก่ 100 วัตต์/ตารางเมตร, 300 วัตต์/ตารางเมตร, 600 วัตต์/ตารางเมตร, 300

วัตต์/ตารางเมตร และ 100 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งเริ่มทำการทดลองในช่วงเวลา 11.00 น. จนถึง 16.00 น. จำลองการโดนแดดเพียงในช่วงระยะเวลาหนึ่งในหนึ่งวัน

4.4.1 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

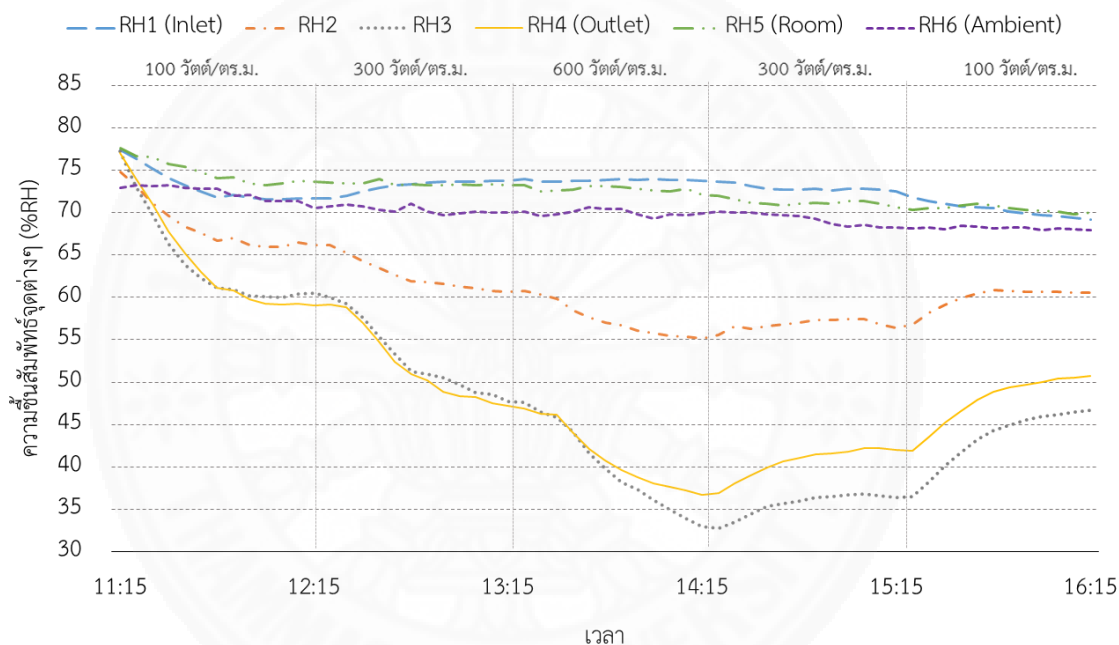
ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ ใน ในระหว่างการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น ได้แก่ บริเวณทางเข้าปล่อง คือ T1(Inlet) บริเวณภายในปล่องรังสีอาทิตย์ คือ T2 กับ T3 บริเวณทางออกปล่อง คือ T4 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ T5 (Room) กับ T6 (Ambient) ดังภาพที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิในแต่ละจุดของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น จะเห็นว่าอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของปล่องรังสีอาทิตย์แปรผันตรงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อมีการเพิ่มค่าพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิบริเวณปล่องก็จะเพิ่มสูงขึ้นตาม โดยบริเวณส่วนบนของปล่องรังสีอาทิตย์ (ตำแหน่ง T3 กับ T4) จะมีค่าสูง เนื่องจากเกิดการลอยตัวของอากาศร้อนขึ้นสู่ที่สูงจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากระหว่างทางเข้าปล่อง (Inlet) และทางออกของปล่อง (Outlet)



ภาพที่ 4.10 อุณหภูมิในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ของแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

4.4.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดต่าง ๆ ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

ผลการทดลองวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในช่วงการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น ได้แก่ บริเวณภายในปล่อยรังสีอาทิตย์ คือ RH2 กับ RH3 บริเวณทางออกปล่อย คือ RH4 (Outlet) และภายในกับภายนอกกล่องทดลอง ได้แก่ RH5 (Room) กับ RH6 (Ambient) ดังภาพที่ 4.11 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละจุดของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันของการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

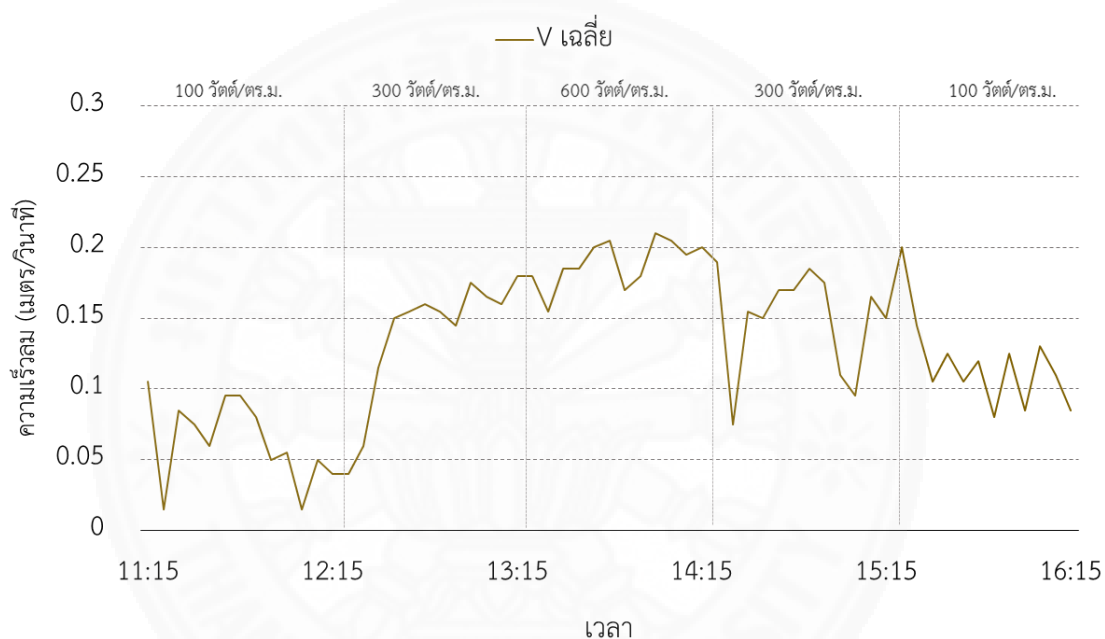


ภาพที่ 4.11 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

จากภาพที่ 4.11 จะเห็นว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณปล่อยรังสีอาทิตย์แปรผกผันกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์นั้นต่ำลง โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณด้านบนของปล่อยรังสีอาทิตย์ (RH3 และ RH4) มีค่าต่ำกว่าจุดอื่นๆของปล่อยเนื่องจากมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่น ๆ ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 32.7%

4.4.3 ค่าความเร็วมเฉลี่ยของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

ผลการทดลองวัดค่าความเร็วมเฉลี่ยบริเวณทางเข้าของปล่องรังสีอาทิตย์ (inlet) และบริเวณทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ (outlet) ในช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่าง ๆ ของการทดลองการคายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น เพื่อดูความเร็วมเฉลี่ยของลมภายในปล่องที่จะสามารถพาความชื้นที่คายออกจากวัสดุดูดความชื้นออกไปสู่ภายนอกของปล่องรังสีอาทิตย์ ดังภาพที่ 4.12 แสดงความเร็วมเฉลี่ยของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

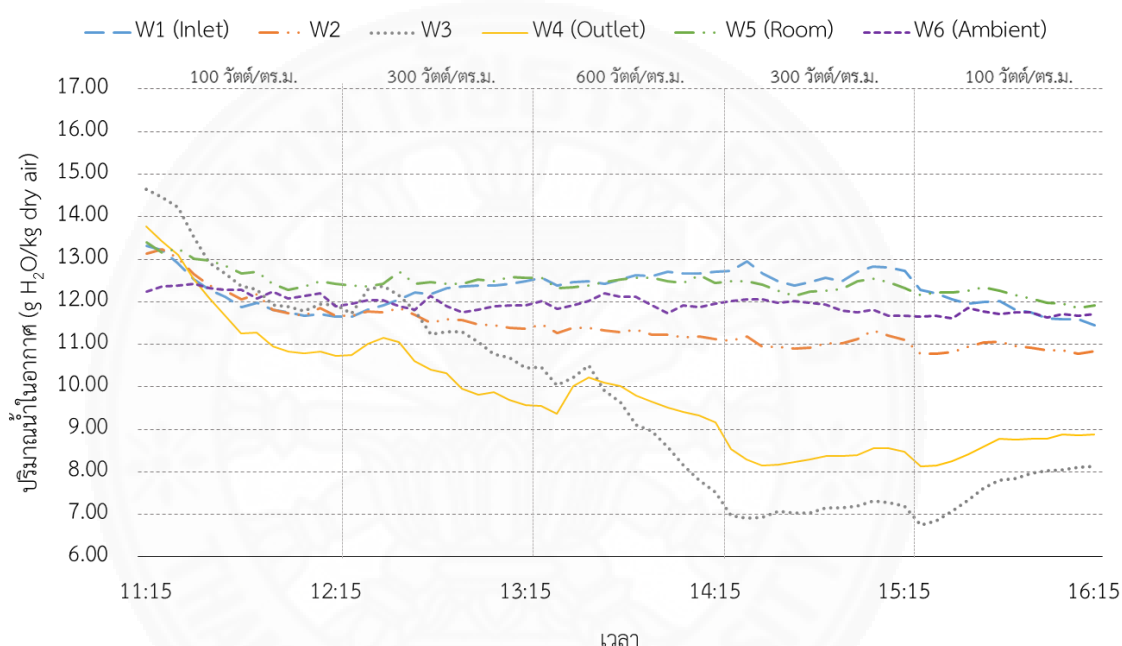


ภาพที่ 4.12 ความเร็วมเฉลี่ยของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

จากภาพที่ 4.12 ค่าความเร็วมเฉลี่ยมีค่าแปรผันตามค่าพลังงานแสงอาทิตย์จึงส่งผลให้เมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นค่าความเร็วมก็จะสูงขึ้นตาม โดยค่าความเร็วมจากทางเข้าของปล่อง (Inlet) จะถูกความร้อนภายในปล่องรังสีอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและไหลขึ้นสู่ด้านบนของปล่องรังสีอาทิตย์ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นก่อนไหลออกสู่ทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ (Outlet) แสดงให้เห็นว่าภายในปล่องรังสีอาทิตย์นั้นเกิดการไหลของอากาศที่จะพาความชื้นที่คายออกมาจากวัสดุดูดความชื้นได้ และจะได้อากาศมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายในปล่องนั้นสูงขึ้น ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าความเร็วมเฉลี่ยดังนี้ 100 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วมเฉลี่ย 0.10 เมตร/วินาที , 300 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วมเฉลี่ย 0.14 เมตร/วินาที และ 600 วัตต์/ตารางเมตร มีค่าความเร็วมเฉลี่ย 0.18 เมตร/วินาที

4.4.4 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

เมื่อได้ผลค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของจุดต่าง ๆ ของการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นแล้ว จะสามารถนำมาหาค่าปริมาณน้ำในอากาศได้ เพื่อดูปริมาณน้ำในอากาศที่เปลี่ยนแปลงภายในปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.13 แสดงปริมาณน้ำในอากาศ ณ จุดต่าง ๆ ของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่าง ๆ ของการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น



ภาพที่ 4.13 ปริมาณน้ำในอากาศในกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดสอบการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

จากภาพที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณน้ำภายในปล่องที่ตำแหน่ง W2 และ W3 ซึ่งเป็นตำแหน่งของระแนงดูดความชื้นนั้นมีค่าลดลงเรื่อย ๆ และลดลงมากที่สุดในช่วงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 600 วัตต์/ตารางเมตร เนื่องจากมีอุณหภูมิที่สูงที่สุดจากทุกช่วงของการทดลอง โดยตำแหน่งที่ W3 ในช่วงเวลา 11.15 น. ถึง 13.15 น. นั้นเกิดการคายความชื้นก่อนจะเกิดการพาความชื้นขึ้นไปสู่ตำแหน่งทางออกของปล่อง W4 ในช่วงเวลา 13.35 น. ส่งผลให้ค่าความชื้นบริเวณทางออกของปล่อง W4 นั้นสูงกว่าตำแหน่ง W3 ในช่วงหลังของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าปล่องรังสีอาทิตย์สามารถใช้ในการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการติดตั้งระแนงดูดความชื้นจากวัสดุธรรมชาติที่ติดตั้งภายในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อใช้กับห้องนอน โดยทำการทดลองด้วยกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ที่ทำการจำลองสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริง และเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำในอากาศ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

- 1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่ดูด และคายของไส้ในมันสำปะหลัง
- 2) สร้างต้นแบบระแนงดูดความชื้นสำหรับห้องนอนที่ใช้ปล่องรังสีอาทิตย์อาทิตย์ในการคายความชื้น
- 3) ทดสอบการลดความชื้นของระแนงในห้องปฏิบัติการที่มีสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง
- 4) เสนอแนะการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 4 ส่วนหลัก โดยเริ่มจากการศึกษาความสามารถในการดูดและคายความชื้นของวัสดุดูดความชื้น ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ไส้ในมันสำปะหลัง และเกลือแกง จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาการทำงานของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ที่ได้จัดทำขึ้นมาเพื่อดูการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนด้วยแสงอาทิตย์จำลองจากหลอดไฟฮาโลเจนโดยมีการปรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมตามช่วงเวลาที่ทำการทดลอง หลังจากพบว่ากล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์มีการไหลของอากาศ จึงเริ่มทำการศึกษาการดูดความชื้นของระแนงดูดความชื้นที่ติดตั้งภายในปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางคืน และหลังจากศึกษาการดูดความชื้นของระแนงดูดความชื้นแล้วจึงทำการศึกษาการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นด้วยการใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ต่อในช่วงเวลากลางวัน ได้ผลสรุปดังนี้

5.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่ดูด และคายของไส้ในมันสำปะหลัง

จากทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของไส้มันสำปะหลังเปล่า กับไส้มันสำปะหลังที่ทำการผสมสารละลายเกลือแกงแล้ว พบว่าสามารถดูดความชื้นบนวัสดุที่มีความชื้นได้เร็วขึ้นถึง 4 เท่า ซึ่งการดูดความชื้นด้วยการนำไปไว้ในสภาพแวดล้อมจริง และทำการวัดความสามารถในการดูดความชื้นด้วยการชั่งน้ำหนักเป็นระยะ พบว่าไส้ในมันสำปะหลังจะเริ่มดูดความชื้น เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยรอบสูงกว่า 68% ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นที่สะสมอยู่ในไส้ในมันสำปะหลัง

ก่อนหน้าด้วยเช่นกัน ในการทดลองพบว่าไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือแกงความเข้มข้น 10% สามารถดูดความชื้นได้ 23.53% ของน้ำหนักตัว โดยที่ไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือแกงความเข้มข้น 20% นั้นสามารถดูดความชื้นได้มากที่สุดเพียง 16.79% ของน้ำหนักตัว แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงที่นำมาผสมถ้ามีความเข้มข้นที่มากขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อความสามารถในการดูดความชื้นที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองการคายความชื้นด้วยการนำไปไว้ในสภาพแวดล้อมจริงที่มีการโดนแสงแดดในช่วง 11.00 น. ถึง 17.00 น. โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนนำไปไว้บริเวณที่โดนแสงแดด และทำการชั่งน้ำหนักเป็นระยะ พบว่าน้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลังค่อย ๆ ลดลงตลอดช่วงเวลาที่โดนแสงแดดจนเหลือใกล้เคียงหรือต่ำกว่าน้ำหนักหลังจากนำไปใส่ในมันสำปะหลังออกมาจากการอบด้วยเตาอบ แสดงให้เห็นว่าสามารถทำการคายความชื้นของไส้ในมันสำปะหลังได้ด้วยการใช้แสงอาทิตย์ได้เพื่อการนำกลับมาใช้งานใหม่อีกครั้งในช่วงกลางคืน ดังตารางที่ 5.1 แสดงน้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลังหลังจากทำการอบด้วยเตาอบ และน้ำหนักของมันสำปะหลังหลังจากโดนแสงแดดตลอดวัน

ตารางที่ 5.1

น้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลังหลังอบเตาอบ และหลังจากโดนแสงอาทิตย์ตลอดวัน

ชนิด	น้ำหนักของไส้ในมันสำปะหลัง (กรัม)	
	หลังอบ	ตากแดด
A	10.36	10.43
B	15.45	14.28
C	14.07	14.00

วิธีการขึ้นรูปเพื่อนำไส้ในมันสำปะหลังไปใช้งานนั้น ได้ทำเลือกใช้การขึ้นรูปด้วยการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ซองชา ที่มีคุณสมบัติยอมให้ของเหลวและอากาศไหลผ่านได้ แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถของไส้ในมันสำปะหลังที่ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์กับไส้ในมันสำปะหลังที่บรรจุในซองชา ได้ผลดังตารางที่ 5.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุของไส้ในมันสำปะหลังแต่ละรูปแบบ

ตารางที่ 5.2

เปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุต่อน้ำหนักของวัสดุของไส้ในมันสำปะหลังแต่ละรูปแบบ

ชนิด	เวลา	เปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุต่อน้ำหนักของวัสดุ				
		9.50 น.	11.35 น.	13.27 น.	16.54 น.	22.45 น.
แบบหนา		75.80%	77.50%	71.90%	62.30%	61.80%
แบบบาง		75.20%	76.70%	64.30%	63%	60.20%
แบบถุง		64.40%	77.40%	64.50%	57.30%	57.10%

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าไส้มันสำปะหลังที่บรรจุในซองชา นั้นสามารถดูดและคายความชื้นได้ผลใกล้เคียงกับไส้มันสำปะหลังที่ไม่ได้ใส่ในบรรจุภัณฑ์ รวมถึงพฤติกรรมที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไส้มันสำปะหลังบรรจุในซองชาได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดและการคายของไส้มันสำปะหลัง

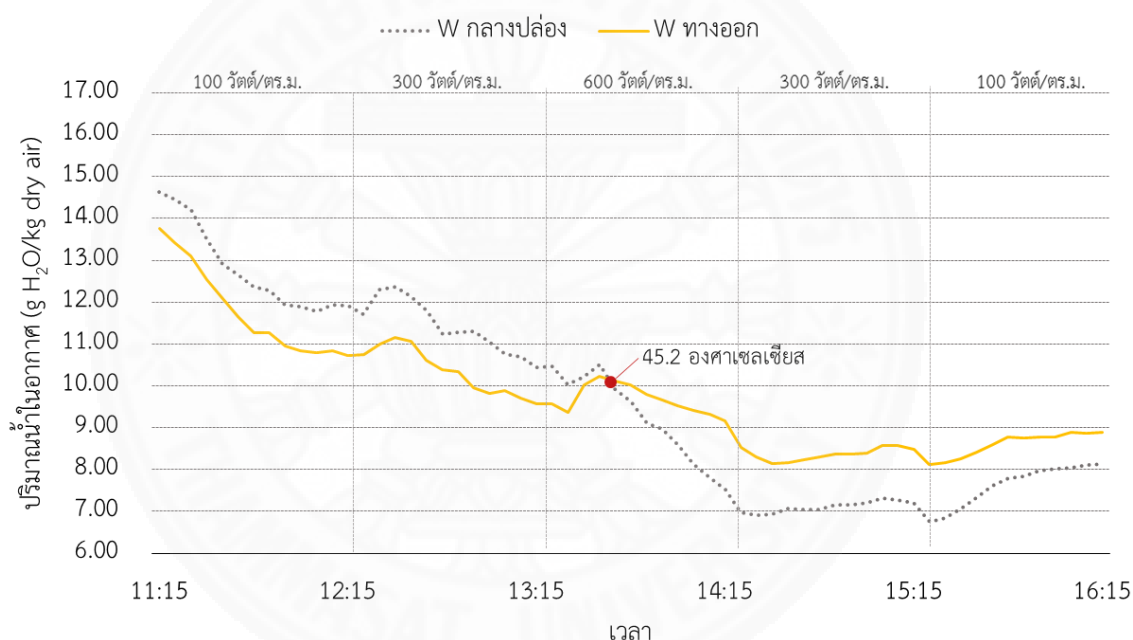
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าไส้ในมันสำปะหลังผสมสารละลายเกลือแกงมีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุดูดความชื้นได้ เนื่องจากสามารถดูดความชื้นเมื่อความชื้นในอากาศมากขึ้น และสามารถคายความชื้นได้เมื่อโดนแสงแดดพร้อมนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง

5.2 สร้างต้นแบบระบบดูแลรักษาความชื้นสำหรับห้องนอนที่ใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความชื้น

ในการศึกษาพบว่าเกิดการไหลของอากาศจากด้านล่างขึ้นไปสู่ด้านบนปล่องด้วยการไหลขึ้นสู่ที่สูงของอากาศที่มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยมีความเร็วของการไหลของอากาศที่มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การไหลของอากาศที่เกิดขึ้นนั้นจะส่งผลต่อระบบดูแลรักษาความชื้นในขั้นตอนการคายความชื้นที่ต้องมีการนำความชื้นที่คายออกมาจากระบบดูแลรักษาความชื้นออกไปภายนอกปล่องเพื่อให้ระบบดูแลรักษาความชื้นมีความพร้อมในการใช้งานอีกครั้ง ดังนั้น ระบบดูแลรักษาความชื้นจึงควรมีทิศทางตั้งฉากกับทิศการไหลของอากาศภายในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อให้อากาศพาความชื้นในวัสดุดูดความชื้นออกไป และโครงสร้างระบบต้องให้อากาศสามารถไหลผ่านได้

การศึกษาคายความชื้นของระบบดูแลรักษาความชื้นด้วยปล่องรังสีอาทิตย์นั้นทำหลังจากการศึกษาคายความชื้นของระบบดูแลรักษาความชื้น เพื่อคุณภาพรวมในการดูดและคายของระบบดูแลรักษาความชื้นใน 1 รอบการทำงาน จากผลที่ได้พบว่าเมื่อทำการเปิดหลอดไฟฮาโลเจนในช่วง 2 ชั่วโมงแรกปริมาณน้ำในอากาศบริเวณระบบดูแลรักษาความชื้นจะมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำในอากาศที่

บริเวณทางออกปล่องซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น และเกิดการสะสมอยู่ในบริเวณตรงกลางปล่องรังสีอาทิตย์ ดังภาพที่ 5.1 จะเห็นว่าจนเมื่อถึงในช่วงที่ 3 ที่เป็นการใช้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 600 วัตต์/ตารางเมตร ส่งผลให้อุณหภูมิภายในปล่องสูงขึ้นจนเมื่อถึงจุดที่อุณหภูมิภายในปล่องรังสีอาทิตย์เพิ่มจนถึง 45 องศาเซลเซียสจึงเริ่มเกิดการพาความชื้นที่คายออกมาจากระแนงออกขึ้นสู่ด้านบนของปล่องรังสีอาทิตย์ โดยสังเกตได้จากค่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณกลางปล่องนั้นค่อย ๆ ลดลงจนเหลือ 6.74 g H₂O/kg dry air จากที่ในช่วงแรกมีค่าสูงถึง 13.77 g H₂O/kg dry air รวมถึงค่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางออกปล่องนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าการไหลของอากาศที่พาความชื้นออกไปสู่ภายนอกปล่องรังสีอาทิตย์ จึงไม่เกิดการขังของความชื้นบริเวณด้านบนของปล่องรังสีอาทิตย์



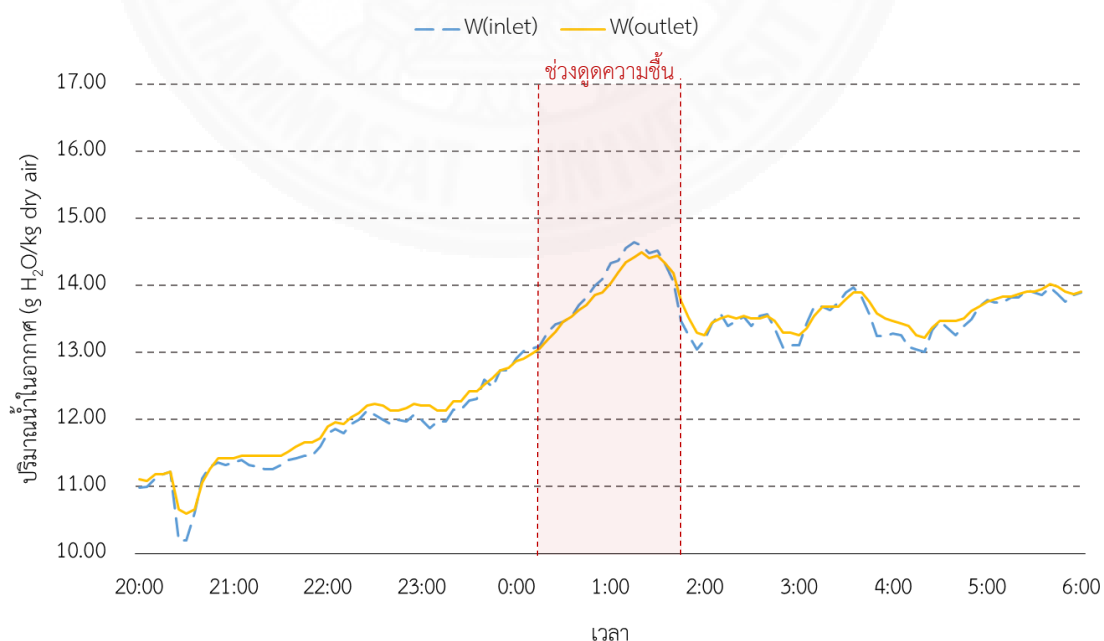
ภาพที่ 5.1 ปริมาณน้ำในอากาศของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์บริเวณตรงกลาง และทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์

โดยหลังจากการทดสอบการคายความชื้นได้ทำการนำวัสดุดูดความชื้นมาชั่งน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของวัสดุดูดความชื้นก่อนนำมาใช้งาน กับหลังการใช้งานที่ผ่านการคายความชื้นด้วยปล่องรังสีอาทิตย์แล้ว พบว่า การคายความชื้นด้วยปล่องรังสีอาทิตย์สามารถลดความชื้นในวัสดุดูดความชื้นได้จนใกล้เคียงกับก่อนนำมาใช้งาน โดยก่อนนำมาใช้งานวัสดุดูดความชื้นมีน้ำหนัก 8 กรัม และหลังจากคายความชื้นด้วยปล่องรังสีอาทิตย์จะมีน้ำหนักต่ำสุดที่ 8.15 กรัม

5.3 ทดสอบการลดความชื้นของระแนงในห้องปฏิบัติการที่มีสถานะแวดล้อมใกล้เคียงกับการใช้งานจริง

เมื่อทำการศึกษาความสามารถในการดูดและคายความชื้นของไส้ในมันสำปะหลังและการทำงานของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์แล้ว จึงเริ่มทำการศึกษาการทำงานของระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อดูการลดความชื้นของระแนงดูดความชื้นในห้องปฏิบัติการที่มีสถานะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง โดยทำการทดลองในช่วงเวลาตั้งแต่ 20.00 น. ถึง 7.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เริ่มมีการใช้งานห้องนอน และบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม นำมาคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในอากาศ

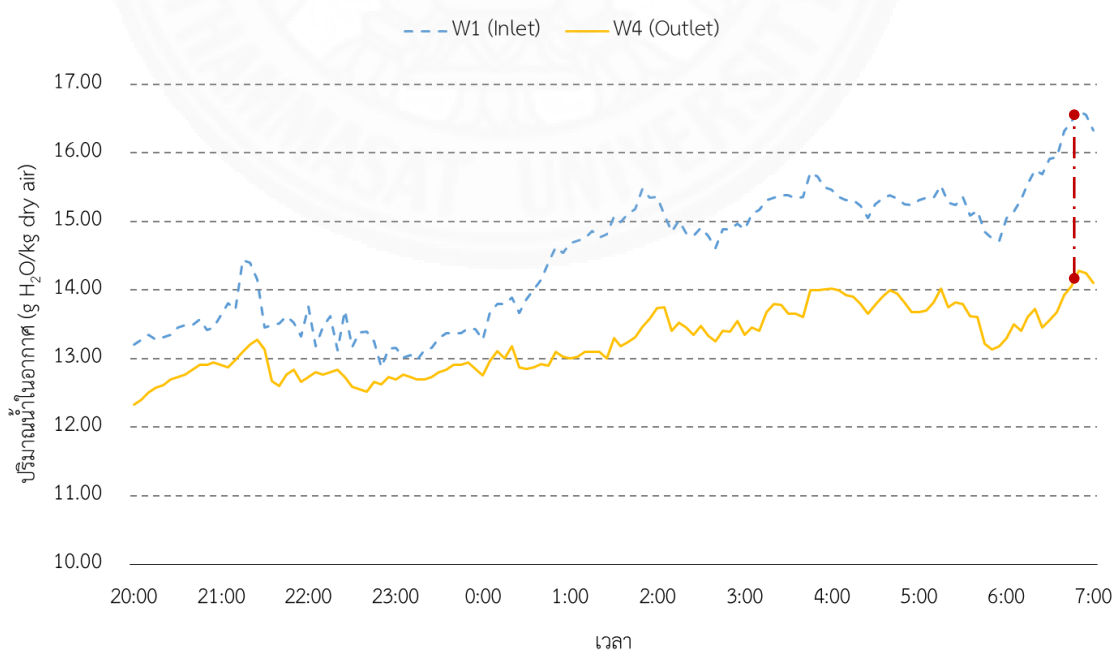
ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณการดูดความชื้นในอากาศของวัสดุดูดความชื้นที่พบในการทดลองนั้น คือ ความเร็วลม ซึ่งความเร็วลมที่ไหลผ่านระแนงนั้นมีผลต่อปริมาณการดูดความชื้นของวัสดุดูดความชื้นอย่างมาก ซึ่งในการทดลองได้เปิดใช้งานพัดลมดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว ที่มีความเร็วลมอยู่ที่ 0.42 เมตร/วินาที ติดบริเวณผนังของห้องในทิศตรงข้ามกับช่องทางออกลมของปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อทำให้เกิดการไหลของอากาศเข้ามาภายในเพราะในช่วงเวลากลางคืนนั้นมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่น้อยทำให้ปล่องรังสีไม่สามารถทำให้เกิดการไหลของอากาศโดยอาศัยปรากฏการณ์ชั้นความร้อนตามหลักทฤษฎีได้ โดยในการทดลองในช่วงแรกได้ทำการเปิดพัดลมดูดอากาศด้วยอัตราการดูดของพัดลมตามปกติ พบว่าระแนงดูดความชื้นนั้นไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านนั้นมีความเร็วกว่าความเร็วในการดูดความชื้นของวัสดุ ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 ปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางเข้า และทางออกของปล่องรังสีอาทิตย์ เมื่อเปิดพัดลมด้วยความเร็วลมปกติ

จากภาพที่ 5.2 จะเห็นว่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางออกของปล่องรังสีอาทิตย มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำในอากาศในห้องเป็นส่วนใหญ่ และสามารถลดความชื้นของอากาศที่เข้ามาภายในปล่องอย่างชัดเจนได้เพียงแค่ช่วงเดียว คือ ช่วงเวลา 0.00 น. ถึง 1.30 น. นอกเหนือจากช่วงเวลาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในอากาศที่ออกมาบริเวณทางออกปล่อง นั้นส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางเข้าของปล่อง แสดงให้เห็นว่าระแนงดูดความชื้นไม่สามารถลดความชื้นในอากาศได้เท่าที่ควร

เมื่อพบว่าความเร็วของอากาศที่ไหลเข้ามาในปล่องรังสีอาทิตยนั้นมีผลต่อการดูดชื้นของระแนงดูดความชื้นจึงทำการลดความเร็วของพัดลมดูดอากาศลง และพบว่าผลการทำงานของระแนงดูดความชื้นนั้นสามารถลดความชื้นในอากาศได้มากขึ้นอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 5.3 ซึ่งค่าปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางออกของปล่อง นั้นมีค่าต่ำกว่าบริเวณทางเข้าของปล่อง ส่งผลให้ค่าความชื้นภายในห้องนั้นต่ำกว่าความชื้นของอากาศที่เข้ามาภายในปล่องก่อนไหลผ่านระแนงดูดความชื้น โดยสามารถดูดได้มากที่สุดในช่วงเวลา 6.45 น. ที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 88.2%Rh เป็นปริมาณ 2.40 g H₂O/kg dry air จากผลการทดลองจึงทำให้ได้ข้อสรุปว่าระแนงดูดความชื้นสามารถลดความชื้นของอากาศก่อนเข้ามาภายในห้องได้ แต่ระแนงดูดความชื้นก็ยังไม่สามารถลดปริมาณความชื้นในอากาศให้ลดลงไปจนอยู่ในสภาวะสบายได้ โดยจากการศึกษามีปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดความชื้นของระแนง ได้แก่ ความชื้นในอากาศ และความเร็วลมที่ไหลผ่านระแนงดูดความชื้น ซึ่งความเร็วลมที่เข้ามาภายในปล่องรังสีควรมีค่าไม่เกิน 0.3 เมตร/วินาที



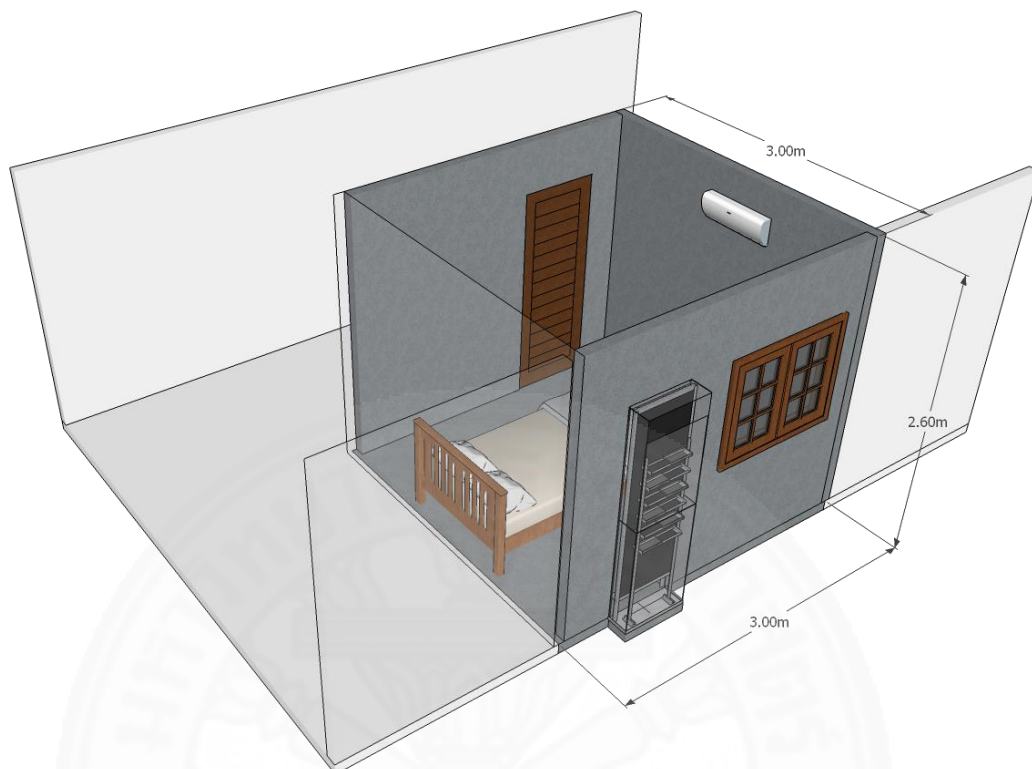
ภาพที่ 5.3 ปริมาณน้ำในอากาศบริเวณทางเข้า และทางออกของปล่องรังสีอาทิตย เมื่อเปิดพัดลมด้วยความเร็วลมที่ลดลง

5.4 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการนำปล่องรังสีอาทิตย์ไปประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมอยู่จำนวนมาก โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาที่มีใช้งานปล่องรังสีให้เกิดประโยชน์ทั้งในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน ซึ่งในช่วงเวลากลางคืนจะทำหน้าที่ในการดูดความชื้นของอากาศก่อนที่จะเข้าสู่ห้องนอน และใช้พัดลมดูดอากาศในการช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ และในช่วงเวลากลางวันจะใช้ในการคายความชื้นของระแนง เพื่อพร้อมที่จะใช้งานได้ใหม่อีกครั้งในช่วงเวลากลางคืน จากภาพที่ 5.4 แสดงตัวอย่างห้องนอนที่ติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์

โดยจากผลการทดลองจะพบว่ามีความชื้นที่ลดลงได้แต่เป็นความสามารถในการดูดความชื้นที่ทดลองกับห้องขนาด กว้าง 1.00 เมตร x ยาว 2.00 เมตร x สูง 2.00 เมตร กับปล่องรังสีขนาด กว้าง 0.14 เมตร x ยาว 0.60 เมตร x สูง 2.00 เมตร ดังนั้น เมื่อนำไปใช้ในห้องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจึงต้องเพิ่มขนาด หรือปริมาณปล่องรังสีอาทิตย์ โดยต้องหาให้มีค่าสัดส่วนที่เหมาะสมต่อไป

การติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์ควรติดตั้งทางทิศที่ปล่องรังสีอาทิตย์จะได้รับแสงแดดในช่วงบ่าย เช่น ทิศใต้ หรือตะวันตกเฉียงใต้ เป็นต้น เพื่อให้ปล่องรังสีอาทิตย์สามารถทำการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้นได้ ปล่องรังสีอาทิตย์ทำงานได้ดีเมื่อไม่มีการรั่วของความชื้นจากภายนอกเข้ามาภายในห้องนอนทางช่องทางอื่น จึงควรเป็นห้องนอนที่เมื่อใช้งานแล้วจะทำการปิดหน้าต่างและประตู หรือห้องนอนที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ซึ่งปล่องรังสีอาทิตย์นี้จะทำหน้าที่ในการนำอากาศภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศเสียภายใน โดยที่ไม่นำความชื้นจากภายนอกเข้ามาด้วยส่งผลให้เครื่องปรับอากาศไม่ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ปล่องรังสีอาทิตย์กับห้องนอน (จัดทำโดยผู้วิจัย, 2561)

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1) งานวิจัยทำการจำลองสภาพสภาวะแวดล้อมให้มีความใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริง โดยใช้แสงอาทิตย์จำลองจากหลอดไฟฮาโลเจน การใช้แสงจากดวงอาทิตย์จริงส่งผลให้ผลการทดสอบมีความแม่นยำและถูกต้องที่มากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความสม่ำเสมอของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบผนังปล่องรังสีอาทิตย์ที่มากกว่า

2) งานวิจัยนี้เป็นการทดลองออกแบบต้นแบบของระแนงดูดความชื้น และวัสดุดูดความชื้นไส้ในมันสำปะหลัง โดยระแนงดูดความชื้น และวัสดุดูดความชื้นสามารถออกแบบ และปรับเปลี่ยนให้มีการทำงานที่ดีขึ้นได้ เพื่อทำการศึกษาการนำระแนงดูดความชื้นเข้าไปประยุกต์ใช้กับปล่องรังสีอาทิตย์ ซึ่งแนวทางในการพัฒนาควรทำการทดลองปรับเปลี่ยนรูปแบบการวางระแนง เช่น การเว้นระยะระหว่างระแนง หรือการเอียงกันของระแนง เป็นต้น และการติดตั้งวัสดุดูดความชื้น เช่น การปรับเปลี่ยนปริมาณ หรือการเว้นช่วงในแต่ละชั้น เป็นต้น รวมถึงการพัฒนาวัสดุให้สามารถดูดความชื้นเพิ่มมากขึ้นได้ ดังเช่น การเพิ่มส่วนประกอบที่มีคุณสมบัติดูดความชื้นเข้าไป เช่น ดินดูดความชื้น เป็นต้น

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

สุนทร บุญญาธิการ. (2542). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า*.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2009). *2009*

ASHRAE Handbook: Fundamentals, I-P Edition. United States of America:

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Blackburn. & Richard, S. (2005) *Biodegradable and sustainable fibres*, Edited by R.S.

Blackburn. England: Woodhead Pub.

เอกสารวิชาการ

วิรัช มณีสาร, เรือโท. (2538). *ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่างๆ ในประเทศไทย*. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-02-2538, ISBN: 974-7567-25-3, กันยายน 2538.

วิรัช มณีสาร, เรือโท. (2538). *สถิติองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาของภาคต่างๆ ในประเทศไทย คาบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533)*. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-03-2538, ISBN: 974-7567-24-5, กันยายน 2538.

บทความวารสาร

Albert, A.T., Kamel, G., Nesreen, G., & Nagham, I. (2016) solar chimney integrated with passive evaporative cooler applied on glazing surfaces. *Energy 115 (2016) 169-179*. Retrieved August 30, 2016.

- Busch, J.F., (2003) A tale of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. *Energy and Buildings* 18 (1992) 235-249. Retrieved February 12, 2003.
- Cui, x., Islam, M.R., Mohan, B., & Chua K.J. (2016) Theoretical analysis of a liquid desiccant based indirect evaporative cooling system. *Energy* 95 (2016) 303-312. Retrieved November 17, 2015.
- Farhah, R., Mazlan, M., Mohd, M.A.B.A., Noorhafiza, M., & Rozyanty, R. (2016) Sustainable use of cassava plant waste (branches) as raw material for bio-composite development: particleboard properties due to plant maturity. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, No. 9, May 2016. Retrieved June 6, 2016.
- Gan, G., & Riffat, S.B. (1997) A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery. *Applied Thermal Engineering* 18 (1998) 1171-1187. Retrieved November 22, 1997
- Joseph Khedari, Nuparb Yamtraipat, Naris Pratintong, & Jongjit Hirunlabh. (2000) Thailand ventilation comfort chart. *Energy and Buildings* 32 (2000) 245-249 Retrieved February 24, 2000.
- Maerefat, M., & Haghghi, A.P. (2010) Natural cooling of stand-alone house using solar chimney and evaporative cooling cavity. *Renewable Energy* 35 (2010) 2040-2052. Retrieved December 24, 2008.
- Nilofar, A., Zeynab, E., Masita, M., M.A, Yarmo., & K, Sopian. (2014) Agricultural solid wastes for green desiccant applications: an overview of research achievements, opportunities and perspectives. *Journal of Cleaner Production* 91 (2015) 26-35. Retrieved November 26, 2014.
- Omidreza, S., Sopian, K., Lim, C.H., Nilofar, A., & Sulaiman, M.Y. (2012) Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 6340-6351. Retrieved August 31, 2012.

- Preeda Chantawong & Jongjit Hirunlabh. (2005) Investigation on thermal performance of glazed solar chimney walls. *Solar Energy* 80 (2006) 288-297. Retrieved March 31, 2005.
- Sofia, M., Inmaculada, M., F. Javier, N., & Consuelo, A. (2011) Passive Evaporative Cooling by porous ceramic elements integrated in a trombe wall. *PLEA 2011: Architecture & Sustainable Development: Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve, Belgium, 13-15 July, 2011, 1st*. 267-272.
- Sukamongkol, Y., Chungpaibulpatana, S., Limmeechokchai, B., & Sripadungtham, P. (2009) Condenser heat recovery with a PV/T air heating collector to regenerate desiccant for reducing energy use of an air conditioning room. *Energy and Buildings* 42 (2010) 315-325. Retrieved September 17, 2009.
- Wonh, N.H., (2001) Thermal Comfort evaluation of Naturally Ventilated Public Housing in Singapore. *Building and Environment* 37 (2002) 1267-1277. Retrieved November 12, 2001.
- Yonggang, L., Yuwen, Zh., Fei, W., & Xun, W. (2016) Enhancement of natural ventilation of novel roof solar chimney with perforated absorber plate for building energy conservation. *Applied Thermal Engineering* 107 (2016) 653-661. Retrieved June 15, 2016.

วิทยานิพนธ์

- กนก นพวงศ์. (2557) การศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะทางความร้อนของปล่องรังสีดวงอาทิตย์ไม้ธรรมชาติร่วมกับการระเหยน้ำ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- ชัชวรินทร์ ชินสรนันท์. (2557). การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของความชื้นต่อสมรรถนะผนังปล่องรังสีดวงอาทิตย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ชาตรี เกียรติจรูญศิริ. (2552). *การลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยใช้สารดูดความชื้นเพื่อการประหยัดพลังงาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ทัศนีย์ สุนทรธรรม. (2551). *การออกแบบผนังทროมบ์โดยใช้คอนกรีตบล็อก*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมพลังงาน.

ธนาชัย จงสุวรรณไพศาล. (2549). *ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

วีรวัฒน์ เทศเกตู, เดช ดำรงค์ศักดิ์ และณัฐ วรยศ. (2549). *การใช้ผนังทროมบ์แบบปรับปรุงเพื่อลดอุณหภูมิในอาคารและลดภาระการปรับอากาศ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมพลังงาน.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2556) *ผลการประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลแต่ละชนิด*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2560, จาก http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html.

University of the arts, London. (2011) *Bast fibres properties*. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2560, จาก <http://sff.arts.ac.uk/Fibre%20Properties/bastproperties.html>.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 1

อุณหภูมิของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ก่อนติดตั้งระแนงดูดความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	อุณหภูมิในปล่องรังสีอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)				
	T1	T2	T3 (Outlet)	T4 (Room)	T5 (Ambient)
12:00	31.1	31.5	31.2	30.2	30.5
12:05	31.6	32.2	32	30.1	30.5
12:10	32	32.8	32.8	30.1	30.6
12:15	32.4	33.3	33.4	30.1	30.6
12:20	32.7	33.7	33.9	30.1	30.6
12:25	32.9	34	34.3	30.2	30.7
12:30	33	34.2	34.6	30.2	30.8
12:35	33.2	34.4	34.8	30.2	30.9
12:40	33.3	34.5	35	30.3	31
12:45	33.4	34.6	35.1	30.3	31
12:50	33.5	34.7	35.3	30.4	31.1
12:55	33.6	34.9	35.4	30.4	31.1
13:00	33.7	34.9	35.5	30.5	31.2
13:05	34.2	35.7	36.2	30.5	31.1
13:10	34.9	37	37.9	30.5	31.1
13:15	35.5	38.2	39.4	30.5	31.2
13:20	36	39	40.5	30.6	31.2
13:25	36.3	39.6	41.4	30.7	31.2
13:30	36.6	40.1	42	30.7	31.2
13:35	36.7	40.4	42.5	30.8	31.2
13:40	36.8	40.6	42.8	30.8	31.2
13:45	36.9	40.7	43	30.8	31.2
13:50	37	40.9	43.2	30.8	31.3
13:55	37	41	43.3	30.8	31.3
14:00	37.1	41.2	43.6	30.8	31.3
14:05	37.4	42.1	44.9	30.9	31.4
14:10	37.7	42.9	46.1	30.9	31.4
14:15	38	43.5	46.9	30.9	31.4
14:20	38.2	43.9	47.5	30.9	31.4
14:25	38.3	44.2	47.8	30.9	31.4
14:30	38.4	44.4	48.2	30.9	31.5
14:35	38.5	44.6	48.4	31	31.5
14:40	38.6	44.8	48.6	31	31.6
14:45	38.7	44.9	48.8	31	31.7
14:50	38.8	45	48.9	31.2	31.7
14:55	38.9	45.1	49	31.2	31.7
15:00	39	45.1	49	31.3	31.8
15:05	38.8	44.1	47.6	31.4	31.8
15:10	38.4	43.3	46.3	31.4	31.9
15:15	38.2	42.6	45.4	31.5	31.9
15:20	38	42.2	44.8	31.5	31.9
15:25	37.9	41.9	44.4	31.5	31.8
15:30	37.9	41.7	44	31.5	31.7
15:35	37.8	41.5	43.9	31.5	31.7
15:40	37.9	41.5	42.6	31.4	31.1
15:45	38	40.4	41.6	31.4	30.6
15:50	38.2	41.2	40.2	31.2	30.6
15:55	38.1	41.3	41.7	31.1	30.3
16:00	37.5	40.7	42	31	30.6
16:05	36.8	39.6	40.8	30.7	30.6
16:10	36.1	38.7	39.5	30.2	30.2
16:15	35.5	37.7	38.5	30.2	29.8
16:20	35	37.2	37.1	30	29.5
16:25	34.8	36.8	36.4	29.8	29.4
16:30	34.9	36.8	36.5	29.9	29.6
16:35	34.9	36.8	36.8	30	29.8
16:40	34.9	36.8	37	30.1	30
16:45	34.9	36.8	37.2	29.6	30.1
16:50	34.7	36.5	37.2	29.5	30.2
16:55	34	35.6	36.6	29.4	30.2
17:00	33.2	34.5	35.6	29.8	30.1

ตารางที่ 2

ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ก่อนติดตั้งระแนงดูดความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ในกล่องรังสีอาทิตย์ (%Rh)				
	RH1	RH2	RH3 (Outlet)	RH4 (Room)	RH5 (Ambient)
12:00	69.4	68.1	69.5	70.4	70.7
12:05	68.4	66.4	67.5	70.6	70.5
12:10	68.2	65.5	66.2	71.5	70.8
12:15	67.9	64.8	65.1	72.2	71.2
12:20	67.7	64.3	64.3	72.8	71.6
12:25	66.8	63.2	63	72.7	71.6
12:30	66.2	62.5	62.2	72.4	71.4
12:35	64.8	61	60.7	72	71
12:40	64.1	60.2	59.7	71.2	70.5
12:45	64.1	60.1	59.5	70.9	70.1
12:50	64.3	60.2	59.6	71.4	70.1
12:55	64.6	60.4	59.6	71.5	70.2
13:00	64.4	60.4	59.5	71.8	70.2
13:05	63.7	59	58.7	71.6	70.2
13:10	62.6	56.6	56	71.4	70.1
13:15	61.1	53.9	53	71	70
13:20	60.5	52.5	50.9	71	70
13:25	60.1	51.5	49.4	71.3	70.1
13:30	59.4	50.4	48	71.2	70
13:35	59	49.7	47	71.1	69.9
13:40	58.6	49.2	46.3	70.9	69.8
13:45	58.3	48.7	45.7	70.7	69.6
13:50	58	48.2	45.1	70.6	69.6
13:55	57.6	47.8	44.6	70.4	69.5
14:00	57.9	47.9	44.6	70.8	69.6
14:05	57.6	46.7	43.5	70.6	69.7
14:10	57	45.4	41.9	70.7	69.7
14:15	56.2	44.1	40.7	70.4	69.6
14:20	56.2	43.8	40.1	70.6	69.3
14:25	54.6	42.2	38.5	70.3	69.7
14:30	55.6	42.7	38.8	70.3	69.6
14:35	55.8	42.8	38.8	71	69.5
14:40	56	42.8	38.7	70.9	69.5
14:45	56.5	43.1	38.9	71.7	69.9
14:50	56.7	43.2	38.9	72	70.3
14:55	56.1	42.7	38.5	71.7	70.4
15:00	56.3	42.8	38.5	72.1	70.6
15:05	56.5	43.9	39.4	71.7	70.4
15:10	56.8	45	40.6	71.5	70.3
15:15	57.4	46.3	42	71.7	70.4
15:20	57.6	46.9	42.8	71.5	70.3
15:25	57.7	47.4	43.4	71.3	70.3
15:30	57.4	47.6	43.4	71	70.3
15:35	57.3	47.7	43.5	70.5	70.2
15:40	57.9	48.2	44.2	71.5	71.1
15:45	57	47.4	45.2	71.8	71.8
15:50	56.5	47.5	46.5	71.8	72.6
15:55	56.6	47.7	46	72.1	73.2
16:00	57	48.4	45.6	72.1	73.2
16:05	58.8	51	47.9	73.1	73.4
16:10	60.4	53.3	50.2	74.6	74
16:15	62	55.3	52.4	75.3	74.6
16:20	62.8	56.3	54	75.9	75.5
16:25	63.2	56.8	55.1	76.4	76.3
16:30	62.9	56.6	55.3	76.2	76.8
16:35	63	56.9	55.4	76.1	76.8
16:40	63	56.9	55	75.8	76.5
16:45	63	57.2	55	75.9	76.2
16:50	63.5	57.7	55.4	76.7	75.9
16:55	64.2	59.1	55.8	77.2	75.6
17:00	66.4	61.9	57.8	74.5	75.8

ตารางที่ 3

อุณหภูมิของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความร้อน

ตำแหน่ง เวลา	อุณหภูมิในปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (องศาเซลเซียส)					
	T1 (Inlet)	T2	T3	T4 (Outlet)	T5 (Room)	T6 (Ambient)
20:00	28.8	29.2	28.8	29.5	29.2	29.6
20:05	28.8	29.1	28.8	29.5	29.2	29.8
20:10	28.8	29.2	28.9	29.5	29.2	29.9
20:15	28.8	29.2	28.8	29.5	29.2	29.9
20:20	28.8	29.2	28.9	29.5	29.2	30
20:25	28.9	29.2	28.8	29.5	29.2	30
20:30	28.8	29.2	28.9	29.5	29.2	30
20:35	28.8	29.2	28.8	29.5	29.2	30
20:40	28.8	29.2	28.9	29.5	29.2	29.7
20:45	28.9	29.2	28.9	29.5	29.2	29.9
20:50	28.6	29.2	28.7	29.5	29.2	29.8
20:55	28.4	29.1	28.5	29.5	29.1	29.7
21:00	28.4	29	28.4	29.4	29	29.7
21:05	28.4	29	28.4	29.3	29	29.7
21:10	27.8	28.9	28.1	29.3	28.8	29.4
21:15	27.7	28.8	27.9	29.2	28.7	29
21:20	27.7	28.6	27.9	29.1	28.6	28.9
21:25	27.2	28.5	27.5	29	28.4	28.7
21:30	27.5	28.4	27.7	28.8	28.4	28.5
21:35	27.5	28.2	27.6	28.4	28.2	28.1
21:40	27.2	28.1	27.4	28.2	28.1	28.2
21:45	27.3	28	27.4	28.2	28	28.4
21:50	27.3	27.9	27.4	28.2	28	27.6
21:55	26.9	27.9	27.3	27.9	28	27
22:00	27.2	27.8	27.5	27.8	27.9	27.5
22:05	26.8	27.8	27.1	27.8	27.8	27
22:10	26.9	27.7	27.1	27.8	27.7	27.1
22:15	27.1	27.6	27.3	27.8	27.7	27.5
22:20	26.8	27.6	27	27.8	27.7	26.8
22:25	26.4	27.5	26.8	27.7	27.6	26.6
22:30	26.5	27.4	26.8	27.5	27.5	26.3
22:35	26.7	27.3	26.9	27.4	27.5	26.6
22:40	26.8	27.3	27	27.3	27.4	26.7
22:45	26.9	27.3	27.1	27.4	27.4	26.7
22:50	26.5	27.2	26.8	27.4	27.4	26.7
22:55	26.8	27.3	27	27.5	27.4	27.1
23:00	27	27.3	27.1	27.5	27.5	27.3
23:05	26.9	27.3	27.1	27.6	27.5	27.1
23:10	27	27.3	27	27.6	27.5	27.3
23:15	26.9	27.3	27	27.6	27.5	27.2
23:20	26.9	27.3	26.9	27.6	27.5	27.2
23:25	26.9	27.3	26.9	27.6	27.5	27.5
23:30	27	27.3	27	27.7	27.5	27.8
23:35	27.1	27.4	27.1	27.7	27.5	28
23:40	27.1	27.4	27.1	27.8	27.5	27.7
23:45	27	27.4	27.1	27.8	27.6	27.5
23:50	27.1	27.5	27.2	27.8	27.6	27.6
23:55	27	27.5	27.2	27.8	27.6	27.5
0:00	26.6	27.5	27	27.8	27.6	27.1
0:05	27	27.5	27.2	27.7	27.6	27.4
0:10	27.1	27.5	27.2	27.8	27.6	27.6
0:15	27.1	27.5	27.2	27.8	27.6	27.5
0:20	27.1	27.6	27.2	27.8	27.6	27.4
0:25	26.8	27.5	27	27.7	27.6	26.9
0:30	26.7	27.5	26.9	27.5	27.6	26.8
0:35	26.7	27.5	26.9	27.5	27.5	26.8
0:40	26.6	27.4	26.8	27.4	27.5	26.5
0:45	26.6	27.4	26.8	27.4	27.5	26.7
0:50	26.8	27.4	27	27.4	27.5	26.7
0:55	26.6	27.4	26.9	27.3	27.5	26.5
1:00	26.6	27.4	26.8	27.1	27.5	26.5

ตารางที่ 3

อุณหภูมิของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบดูดความชื้น (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	อุณหภูมิในปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบ (องศาเซลเซียส)					
	T1 (Inlet)	T2	T3	T4 (Outlet)	T5 (Room)	T6 (Ambient)
1:05	26.6	27.4	26.8	27.1	27.4	26.5
1:10	26.6	27.4	26.8	27.1	27.4	26.5
1:15	26.6	27.4	26.8	27	27.4	26.5
1:20	26.4	27.4	26.8	27	27.3	26.5
1:25	26.5	27.4	26.8	26.9	27.3	26.3
1:30	26.6	27.4	26.9	26.9	27.3	26.4
1:35	26.4	27.4	26.8	26.9	27.3	26.4
1:40	26.5	27.4	26.8	26.9	27.3	26.3
1:45	26.5	27.4	26.8	26.9	27.3	26.4
1:50	26.9	27.4	27.1	27	27.3	26.9
1:55	27	27.5	27.2	27.1	27.4	27
2:00	27.2	27.6	27.4	27.3	27.5	27.4
2:05	27.1	27.6	27.3	27.4	27.5	27
2:10	26.9	27.6	27.2	27.3	27.5	27
2:15	27.1	27.6	27.3	27.3	27.5	27.1
2:20	27	27.6	27.2	27.4	27.6	27.1
2:25	27	27.6	27.2	27.4	27.6	26.9
2:30	27.1	27.6	27.3	27.3	27.6	27
2:35	27	27.6	27.1	27.3	27.6	26.9
2:40	26.7	27.6	27	27.2	27.5	26.7
2:45	26.9	27.6	27.1	27.1	27.5	26.8
2:50	26.8	27.6	27	27	27.5	26.8
2:55	26.9	27.6	27.1	27.1	27.5	27
3:00	26.8	27.6	27	27	27.5	26.7
3:05	26.9	27.5	27.1	26.9	27.5	26.8
3:10	26.8	27.5	27	26.9	27.4	26.9
3:15	27	27.6	27.2	26.9	27.4	27
3:20	27	27.6	27.2	27	27.4	27.1
3:25	27	27.6	27.2	26.9	27.4	27.2
3:30	27	27.6	27.1	26.9	27.4	27.1
3:35	26.9	27.6	27.1	26.9	27.5	27
3:40	26.8	27.6	27.1	26.9	27.4	26.9
3:45	27.3	27.6	27.4	26.9	27.4	27.3
3:50	27.4	27.7	27.5	26.9	27.5	27.5
3:55	27.4	27.7	27.5	27	27.5	27.7
4:00	27.5	27.8	27.6	27	27.6	27.8
4:05	27.5	27.8	27.6	27.1	27.6	27.9
4:10	27.4	27.8	27.5	27.1	27.6	27.7
4:15	27.4	27.8	27.5	27.1	27.6	27.7
4:20	27.3	27.8	27.5	27.1	27.6	27.1
4:25	27.1	27.8	27.3	27	27.6	27.1
4:30	27.2	27.7	27.4	27	27.5	27.2
4:35	27.3	27.7	27.4	27	27.5	27.6
4:40	27.4	27.7	27.5	27	27.5	27.7
4:45	27.3	27.7	27.4	27	27.6	27.7
4:50	27.2	27.7	27.4	27	27.6	27.3
4:55	27.1	27.7	27.2	26.9	27.5	27.2
5:00	27.1	27.7	27.2	26.9	27.5	27.3
5:05	27	27.7	27.2	26.8	27.5	27.2
5:10	27	27.7	27.2	26.8	27.4	27.3
5:15	27.3	27.7	27.4	26.8	27.5	27.4
5:20	27.1	27.7	27.3	26.9	27.5	27
5:25	27.1	27.6	27.3	26.9	27.4	27.3
5:30	27.2	27.6	27.3	26.8	27.4	27.3
5:35	27	27.6	27.1	26.8	27.4	27.1
5:40	27	27.6	27.1	26.8	27.4	27.2
5:45	26.8	27.5	27	26.8	27.3	26.8
5:50	26.6	27.5	26.9	26.7	27.3	26.6
5:55	26.6	27.4	26.9	26.6	27.2	26.6
6:00	26.7	27.4	26.8	26.6	27.2	26.7
6:05	26.5	27.3	26.8	26.6	27.2	26.6

ตารางที่ 3

อุณหภูมิของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความร้อน (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	อุณหภูมิในปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (องศาเซลเซียส)					
	T1 (Inlet)	T2	T3	T4 (Outlet)	T5 (Room)	T6 (Ambient)
6:10	26.5	27.3	26.7	26.6	27.1	26.5
6:15	26.5	27.3	26.7	26.6	27.1	26.6
6:20	26.6	27.3	26.8	26.6	27.1	26.7
6:25	26.5	27.3	26.9	26.6	27.1	26.4
6:30	26.5	27.3	26.9	26.6	27.1	26.3
6:35	26.4	27.3	26.9	26.6	27.1	26.4
6:40	26.6	27.4	26.9	26.6	27.1	26.7
6:45	26.6	27.4	26.9	26.7	27.1	26.8
6:50	26.8	27.4	27.1	26.8	27.2	26.9
6:55	26.7	27.5	27	26.9	27.2	27
7:00	26.7	27.5	27.1	26.9	27.2	26.9



ตารางที่ 4

ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ในปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (%RH)					
	RH1 (Inlet)	RH2	RH3	RH4 (Outlet)	RH5 (Room)	RH6 (Ambient)
20:00	74.6	73.2	73.1	70.8	73.4	72.2
20:05	74.8	73.5	73.3	71	73.6	70.9
20:10	75	73.9	73.6	71.3	74	71.2
20:15	74.8	73.8	73.4	71.5	73.8	70.9
20:20	74.9	73.9	73.7	71.6	74	70.9
20:25	74.8	73.9	73.7	71.8	74	71
20:30	75.3	74.3	74	71.9	74.4	71.2
20:35	75.4	74.4	74.1	72	74.5	71.3
20:40	75.4	74.3	74	72.2	74.5	73.5
20:45	75.4	74.5	74.2	72.4	74.6	71.5
20:50	75.6	74.6	74.3	72.4	74.7	72.3
20:55	76.1	74.8	74.5	72.5	74.9	71.8
21:00	76.6	75	74.7	72.6	75.1	72.4
21:05	77.1	75.3	75	72.7	75.4	72.3
21:10	78.1	76.1	75.8	73	76.2	74.3
21:15	80.3	77.5	76.9	73.5	77.7	76.6
21:20	80.2	77.4	77.1	74	77.5	77.6
21:25	80.6	77.7	77.4	74.4	77.9	76.2
21:30	78	75.4	75.3	74.4	75.4	74.3
21:35	78.1	75.5	75.6	73.9	75.5	76.2
21:40	78.8	76.4	76.2	74.1	76.3	77.4
21:45	78.9	76.8	76.4	74.6	76.6	75.5
21:50	78.6	76.4	76.1	74.8	76.3	77.7
21:55	78.9	76.4	75.6	74.9	76.3	80.3
22:00	79.5	77	76.5	75.3	76.9	78.3
22:05	78.7	76.6	76.1	75.5	76.5	79.8
22:10	79.3	76.9	76.3	75.4	76.6	79.4
22:15	79.3	77.1	76.6	75.5	76.8	77.9
22:20	78.5	76.7	76.2	75.6	76.5	79.1
22:25	78.7	76.6	76	75.5	76.2	80.6
22:30	79.3	76.7	76.3	75.5	76.4	80.8
22:35	79.5	77	76.6	75.6	76.5	79.5
22:40	79.3	77	76.5	75.7	76.6	78.7
22:45	78.7	77	76.5	75.9	76.6	78.9
22:50	78.4	76.8	76.3	75.8	76.4	79.4
22:55	78.6	77.1	76.5	75.9	76.6	78
23:00	78.2	77	76.4	75.8	76.6	77.1
23:05	78	77	76.4	75.8	76.5	77.5
23:10	77.9	76.8	76.2	75.7	76.4	77
23:15	77.9	76.9	76.3	75.6	76.3	77.5
23:20	78.3	77	76.4	75.6	76.5	77.9
23:25	78.4	77.1	76.6	75.7	76.6	76.9
23:30	78.6	77.4	76.8	75.7	76.9	75.9
23:35	78.6	77.5	76.9	75.8	77.1	75.4
23:40	78.6	77.6	76.8	75.8	77.2	76.6
23:45	78.8	77.7	76.9	75.8	77.4	77.8
23:50	78.8	77.6	76.9	75.9	77.4	77.2
23:55	79	77.8	77	76	77.5	77.8
0:00	79.4	77.8	77	76	77.6	79.9
0:05	79.7	78	77.2	76.2	77.8	78.9
0:10	79.8	78.2	77.4	76.4	78	78
0:15	79.8	78.2	77.3	76.5	78	78.7
0:20	80.1	78.4	77.4	76.6	78.2	79.2
0:25	80.1	78.3	77.2	76.8	78.2	81.1
0:30	80.9	78.6	77.6	77.1	78.4	81.6
0:35	81.3	78.8	77.7	77.4	78.6	82.1
0:40	81.9	79	78	77.7	79	83
0:45	82.6	79.4	78.1	78	79.4	83.5
0:50	82.8	79.7	78.3	78.4	79.8	83.9
0:55	83	79.8	78.2	78.7	79.9	84.2
1:00	83.4	80	78.3	79.1	80.1	84.9

ตารางที่ 4

ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ในปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (%RH)					
	RH1 (Inlet)	RH2	RH3	RH4 (Outlet)	RH5 (Room)	RH6 (Ambient)
1:05	83.5	80.2	78.4	79.5	80.3	84.9
1:10	83.6	80.3	78.7	79.8	80.5	84.7
1:15	83.9	80.3	78.5	80.1	80.6	85.2
1:20	84.1	80.4	78.5	80.4	80.7	85.1
1:25	84	80.2	78.1	80.7	80.7	86
1:30	84.5	80.9	78.9	81	81.2	85.6
1:35	84.7	80.9	78.8	81.3	81.4	86.1
1:40	84.8	81	78.9	81.6	81.6	86.5
1:45	85	81.3	79.1	81.7	81.8	86.2
1:50	84.9	81.5	79.5	81.9	82	84.3
1:55	84.3	81.5	79.3	82	82	84.1
2:00	83.9	81.5	79.3	82	82	82.6
2:05	83.4	81	78.9	81.8	81.6	83.6
2:10	83.2	80.6	78.5	81.6	81.2	83.8
2:15	83.2	80.6	78.8	81.4	81.2	83.1
2:20	82.9	80.5	78.7	81.4	81	83.1
2:25	82.8	80.2	78.3	81.3	80.7	83.8
2:30	82.9	80.3	78.6	81.3	80.8	83.6
2:35	82.8	80.3	78.5	81.4	80.8	84.2
2:40	83	80.2	78.5	81.4	80.6	84.3
2:45	83.3	80.3	78.6	81.5	80.7	84
2:50	83.5	80.4	78.7	81.7	80.8	84.2
2:55	83.5	80.6	78.7	81.9	81.1	83.8
3:00	83.5	80.5	78.4	82	81	84.8
3:05	83.9	80.7	78.7	82.1	81.2	84.9
3:10	84.3	81	79	82.4	81.6	84.6
3:15	84.2	81.4	79.4	82.7	81.9	84.4
3:20	84.3	81.4	79.4	82.9	82.1	84.2
3:25	84.4	81.6	79.6	83	82.2	84.1
3:30	84.4	81.6	79.5	83.2	82.3	84.4
3:35	84.5	81.6	79.3	83.4	82.4	84.9
3:40	84.8	81.7	79.3	83.6	82.4	85.4
3:45	84.6	81.8	79.6	83.8	82.6	83.6
3:50	84.2	81.8	79.6	83.9	82.7	82.9
3:55	83.8	81.8	79.6	83.9	82.6	82.3
4:00	83.5	81.6	79.4	83.9	82.6	81.9
4:05	83.2	81.4	79.2	83.8	82.4	81.7
4:10	83.3	81.4	79.3	83.8	82.4	81.8
4:15	83.3	81.3	79.2	83.7	82.2	82
4:20	83.3	81.1	78.8	83.7	82.2	84
4:25	83.3	80.9	78.8	83.6	81.8	83.9
4:30	83.6	81	79	83.7	81.9	83.9
4:35	83.6	81.2	79.4	83.8	82.1	82.4
4:40	83.5	81.4	79.5	83.8	82.3	82
4:45	83.6	81.5	79.4	84	82.4	82.1
4:50	83.6	81.4	79.1	84	82.4	83.9
4:55	83.8	81.4	79.2	84.1	82.4	84.3
5:00	84	81.4	79.2	84.3	82.4	84
5:05	84.3	81.6	79.3	84.5	82.6	84.2
5:10	84.3	81.8	79.6	84.6	82.8	83.7
5:15	84.1	81.8	79.6	84.8	82.8	83.4
5:20	83.9	81.6	79.3	84.8	82.6	84.3
5:25	83.8	81.3	79.4	84.6	82.2	83
5:30	83.9	81.3	79.4	84.5	82.3	82.9
5:35	83.6	81.2	79.1	84.5	82.1	83.9
5:40	83.8	81.1	79.2	84.5	82.1	83.6
5:45	83.4	80.7	78.6	84.4	81.8	84.4
5:50	83.6	80.6	78.6	84.4	81.5	84.7
5:55	83.5	80.5	78.5	84.2	81.5	84.8
6:00	84.2	81.2	79.1	84.3	81.9	84.9
6:05	84.9	81.6	79.5	84.5	82.3	85.8

ตารางที่ 4

ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ในปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (%RH)					
	RH1 (Inlet)	RH2	RH3	RH4 (Outlet)	RH5 (Room)	RH6 (Ambient)
6:10	85.4	82	79.6	84.7	82.7	86.6
6:15	86	82.4	80	84.9	83.2	86.3
6:20	86.3	82.6	80.2	85.2	83.5	86.6
6:25	86.4	82.6	79.5	85.5	84	88.2
6:30	87	82.9	79.8	85.8	84.2	88.7
6:35	87.3	83	79.7	86.1	84.5	88.9
6:40	87.8	83.7	80.8	86.4	85.1	88
6:45	88.2	84	81	86.6	85.4	87.9
6:50	88.1	84.3	81.2	86.8	85.6	87.6
6:55	88.2	84.3	81.4	86.9	85.7	87.3
7:00	87.6	83.7	80.3	87	85.6	87.6



ตารางที่ 5

ปริมาณน้ำในอากาศของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบดูดความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	ปริมาณน้ำในอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบ (g H ₂ O/kg dry air)					
	W1 (Inlet)	W2	W3	W4 (Outlet)	W5 (Room)	W6 (Ambient)
20:00	13.20	12.98	12.66	12.33	13.05	12.90
20:05	13.27	13.02	12.73	12.40	13.13	12.57
20:10	13.34	13.24	12.91	12.51	13.27	12.75
20:15	13.27	13.20	12.77	12.58	13.20	12.64
20:20	13.31	13.24	12.95	12.62	13.27	12.71
20:25	13.34	13.24	12.88	12.69	13.27	12.75
20:30	13.45	13.38	13.05	12.72	13.42	12.82
20:35	13.49	13.42	13.02	12.76	13.46	12.86
20:40	13.49	13.38	13.05	12.83	13.46	13.46
20:45	13.56	13.46	13.13	12.91	13.49	12.86
20:50	13.41	13.49	13.02	12.91	13.53	13.08
20:55	13.45	13.49	12.95	12.94	13.53	12.83
21:00	13.63	13.49	12.95	12.91	13.53	13.05
21:05	13.81	13.60	13.05	12.87	13.64	13.01
21:10	13.72	13.82	13.12	12.98	13.78	13.53
21:15	14.44	14.27	13.36	13.09	14.26	14.09
21:20	14.40	14.07	13.43	13.20	14.11	14.39
21:25	14.15	14.11	13.24	13.27	14.10	13.71
21:30	13.45	13.19	12.66	13.13	13.19	12.88
21:35	13.49	13.08	12.69	12.66	13.08	13.26
21:40	13.51	13.33	12.76	12.59	13.30	13.77
21:45	13.62	13.40	12.83	12.77	13.33	13.23
21:50	13.52	13.18	12.72	12.84	13.22	13.42
21:55	13.32	13.18	12.48	12.66	13.22	13.89
22:00	13.76	13.32	12.93	12.73	13.36	13.56
22:05	13.18	13.18	12.51	12.80	13.15	13.71
22:10	13.46	13.21	12.58	12.76	13.11	13.65
22:15	13.61	13.21	12.82	12.80	13.18	13.42
22:20	13.11	13.07	12.48	12.83	13.07	13.32
22:25	13.69	12.97	12.28	12.73	12.90	13.69
22:30	13.17	12.93	12.37	12.59	12.90	13.53
22:35	13.38	12.96	12.54	12.55	12.93	13.31
22:40	13.39	12.96	12.58	12.52	12.89	13.11
22:45	13.26	12.96	12.65	12.66	12.89	13.18
22:50	12.87	12.82	12.37	12.62	12.83	13.35
22:55	13.15	12.99	12.58	12.73	12.89	13.16
23:00	13.16	12.96	12.62	12.69	12.97	12.99
23:05	13.02	12.96	12.62	12.76	12.93	12.99
23:10	13.05	12.89	12.48	12.73	12.90	12.96
23:15	12.98	12.93	12.51	12.69	12.86	13.06
23:20	13.12	12.96	12.48	12.69	12.93	13.20
23:25	13.15	12.99	12.54	12.73	12.97	13.07
23:30	13.29	13.10	12.68	12.80	13.07	12.94
23:35	13.37	13.21	12.78	12.83	13.14	12.91
23:40	13.37	13.24	12.75	12.90	13.17	13.11
23:45	13.36	13.28	12.78	12.90	13.32	13.38
23:50	13.44	13.31	12.85	12.94	13.32	13.25
23:55	13.43	13.38	12.89	12.85	13.35	13.38
0:00	13.28	13.38	12.75	12.75	13.39	13.82
0:05	13.68	13.45	12.96	12.97	13.46	13.70
0:10	13.79	13.53	13.03	13.11	13.53	13.53
0:15	13.79	13.53	12.99	13.00	13.53	13.70
0:20	13.89	13.67	13.03	13.18	13.60	13.80
0:25	13.67	13.56	12.82	12.87	13.60	14.09
0:30	13.87	13.67	12.88	12.85	13.67	14.19
0:35	14.01	13.74	12.91	12.87	13.67	14.37
0:40	14.14	13.73	12.94	12.92	13.81	14.46
0:45	14.39	13.88	12.98	12.90	13.95	14.80
0:50	14.62	13.98	13.19	13.10	14.10	14.94
0:55	14.54	14.02	13.08	13.02	14.13	14.89
1:00	14.68	14.09	13.05	13.00	14.21	15.14

ตารางที่ 5

ปริมาณน้ำในอากาศของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนงดูดความชื้น (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	ปริมาณน้ำในอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระแนง (g H ₂ O/kg dry air)					
	W1 (Inlet)	W2	W3	W4 (Outlet)	W5 (Room)	W6 (Ambient)
1:05	14.72	14.16	13.08	13.02	14.20	15.14
1:10	14.75	14.20	13.18	13.10	14.27	15.07
1:15	14.86	14.20	13.11	13.10	14.31	15.25
1:20	14.77	14.24	13.11	13.10	14.27	15.21
1:25	14.81	14.16	12.98	13.00	14.27	15.37
1:30	15.08	14.42	13.32	13.30	14.45	15.31
1:35	14.98	14.42	13.22	13.18	14.52	15.50
1:40	15.10	14.45	13.25	13.24	14.59	15.56
1:45	15.18	14.56	13.32	13.31	14.67	15.53
1:50	15.48	14.64	13.68	13.46	14.74	15.26
1:55	15.34	14.72	13.69	13.58	14.82	15.27
2:00	15.36	14.80	13.84	13.74	14.90	15.04
2:05	15.09	14.61	13.62	13.75	14.76	15.08
2:10	14.85	14.47	13.41	13.40	14.61	15.16
2:15	15.02	14.47	13.59	13.52	14.61	14.98
2:20	14.82	14.43	13.48	13.45	14.61	14.98
2:25	14.79	14.32	13.34	13.34	14.50	15.07
2:30	14.91	14.36	13.52	13.48	14.54	15.08
2:35	14.79	14.36	13.33	13.33	14.54	15.22
2:40	14.62	14.32	13.26	13.25	14.39	15.09
2:45	14.89	14.36	13.37	13.40	14.42	15.06
2:50	14.88	14.39	13.33	13.39	14.46	15.14
2:55	14.96	14.47	13.40	13.54	14.57	15.16
3:00	14.88	14.43	13.23	13.35	14.53	15.27
3:05	15.11	14.42	13.40	13.45	14.61	15.39
3:10	15.17	14.53	13.43	13.40	14.67	15.37
3:15	15.30	14.76	13.72	13.67	14.78	15.38
3:20	15.34	14.76	13.72	13.80	14.86	15.39
3:25	15.38	14.84	13.79	13.78	14.90	15.44
3:30	15.38	14.84	13.68	13.65	14.93	15.46
3:35	15.33	14.84	13.61	13.65	15.05	15.57
3:40	15.36	14.87	13.61	13.61	14.97	15.67
3:45	15.71	14.91	13.95	13.99	15.04	15.33
3:50	15.65	14.99	14.02	14.00	15.17	15.24
3:55	15.50	14.99	14.02	14.01	15.13	15.18
4:00	15.47	15.00	14.03	14.02	15.21	15.12
4:05	15.35	14.93	13.96	14.00	15.14	15.12
4:10	15.31	14.93	13.92	13.92	15.14	14.99
4:15	15.31	14.89	13.88	13.90	15.06	15.07
4:20	15.22	14.81	13.74	13.80	15.06	15.31
4:25	15.05	14.74	13.59	13.65	14.91	15.28
4:30	15.25	14.70	13.73	13.78	14.87	15.36
4:35	15.33	14.77	13.88	13.90	14.94	15.14
4:40	15.38	14.84	13.99	14.00	15.02	15.07
4:45	15.33	14.88	13.88	13.95	15.14	15.11
4:50	15.25	14.84	13.77	13.82	15.14	15.45
4:55	15.24	14.84	13.65	13.67	15.05	15.51
5:00	15.31	14.84	13.65	13.68	15.05	15.49
5:05	15.34	14.92	13.69	13.70	15.13	15.48
5:10	15.34	14.99	13.79	13.82	15.12	15.37
5:15	15.52	14.99	13.95	14.02	15.20	15.34
5:20	15.28	14.92	13.76	13.75	15.13	15.34
5:25	15.24	14.73	13.80	13.82	14.90	15.11
5:30	15.36	14.73	13.80	13.80	14.93	15.07
5:35	15.08	14.69	13.54	13.62	14.86	15.28
5:40	15.16	14.65	13.58	13.61	14.86	15.25
5:45	14.84	14.42	13.29	13.21	14.67	15.21
5:50	14.75	14.39	13.22	13.13	14.56	15.15
5:55	14.72	14.27	13.19	13.18	14.48	15.19
6:00	15.05	14.53	13.32	13.30	14.62	15.31
6:05	15.14	14.59	13.46	13.50	14.77	15.56

ตารางที่ 5

ปริมาณน้ำในอากาศของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบดูดความชื้น (ต่อ)

ตำแหน่ง เวลา	ปริมาณน้ำในอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์หลังติดตั้งระบบ (g H ₂ O/kg dry air)					
	W1 (Inlet)	W2	W3	W4 (Outlet)	W5 (Room)	W6 (Ambient)
6:10	15.32	14.74	13.42	13.40	14.83	15.77
6:15	15.55	14.89	13.56	13.60	15.02	15.74
6:20	15.74	14.96	13.70	13.72	15.13	15.94
6:25	15.69	14.96	13.53	13.45	15.31	16.28
6:30	15.92	15.07	13.64	13.56	15.39	16.38
6:35	15.94	15.11	13.60	13.67	15.50	16.55
6:40	16.31	15.46	13.99	13.93	15.73	16.48
6:45	16.46	15.57	14.06	14.06	15.84	16.53
6:50	16.61	15.69	14.29	14.28	16.01	16.51
6:55	16.56	15.77	14.28	14.24	16.05	16.48
7:00	16.32	15.54	13.97	14.10	16.01	16.51



ตารางที่ 6

อุณหภูมิของกล่องทดลองปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความร้อน

ตำแหน่ง เวลา	อุณหภูมิของปล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความร้อน (องศาเซลเซียส)					
	T1 (Inlet)	T2	T3	T4 (Outlet)	T5 (Room)	T6 (Ambient)
11:15	27.6	28.6	29.4	28.4	27.6	28.3
11:20	28	29.6	31.2	29.4	27.7	28.3
11:25	28.1	30.3	32.6	30.5	27.9	28.4
11:30	28.1	30.6	33.6	31.4	28	28.4
11:35	28.2	30.9	34.2	32.2	28.1	28.4
11:40	28.3	31.1	34.7	32.8	28.2	28.4
11:45	28.3	31.3	35	33.3	28.3	28.4
11:50	28.3	31.3	35	33.5	28.3	28.5
11:55	28.2	31.2	34.9	33.6	28.3	28.7
12:00	28.2	31.2	34.9	33.7	28.2	28.8
12:05	28.1	31.1	34.8	33.7	28.2	28.9
12:10	28.1	31.1	34.8	33.7	28.2	29
12:15	28	31	34.7	33.7	28.2	29
12:20	28	31	34.7	33.7	28.2	29
12:25	28.1	31.7	36	34.3	28.2	29
12:30	28	32.2	37.2	35.7	28.3	29.1
12:35	28	32.8	38.3	37	28.4	29.1
12:40	28.1	33.1	39.2	37.9	28.4	29.1
12:45	28	33.2	39.8	38.6	28.4	29.1
12:50	28.1	33.4	40.1	39	28.4	29.2
12:55	28.1	33.5	40.4	39.3	28.4	29.2
13:00	28.1	33.5	40.6	39.5	28.5	29.2
13:05	28.1	33.6	40.8	39.7	28.5	29.2
13:10	28.1	33.7	40.9	39.9	28.6	29.3
13:15	28.2	33.7	41.1	39.9	28.6	29.3
13:20	28.2	33.8	41.2	40.1	28.6	29.4
13:25	28.1	33.8	41.3	40.2	28.6	29.4
13:30	28.2	34.3	42.2	41.5	28.6	29.4
13:35	28.2	35.1	44	43.6	28.6	29.4
13:40	28.1	35.6	45.2	45.1	28.5	29.4
13:45	28.2	35.9	46.3	46.1	28.6	29.4
13:50	28.3	36.2	46.8	46.8	28.7	29.4
13:55	28.3	36.4	47.4	47.3	28.8	29.4
14:00	28.4	36.6	47.8	47.7	28.8	29.4
14:05	28.4	36.7	48.1	48	28.8	29.4
14:10	28.4	36.8	48.4	48.2	28.9	29.4
14:15	28.5	36.9	48.7	48.4	29	29.4
14:20	28.6	36.5	47.7	46.9	29.1	29.4
14:25	29	36	46.6	45.2	29.3	29.5
14:30	28.8	35.8	45.7	44	29.4	29.5
14:35	28.7	35.6	45.1	43.2	29.3	29.5
14:40	28.6	35.4	44.6	42.7	29.2	29.6
14:45	28.7	35.3	44.3	42.4	29.2	29.6
14:50	28.8	35.3	44.2	42.2	29.2	29.7
14:55	28.8	35.3	44.1	42.1	29.3	29.8
15:00	29	35.4	44	42	29.4	29.9
15:05	29.2	35.7	44.2	42	29.5	29.9
15:10	29.2	35.9	44.3	42	29.6	29.9
15:15	29.2	36	44.3	42	29.6	29.9
15:20	28.9	35.2	43	41.3	29.5	29.9
15:25	29	34.3	41.5	39.9	29.5	29.9
15:30	29	33.8	40.4	38.8	29.5	29.9
15:35	29	33.5	39.6	38	29.4	30
15:40	29.1	33.3	39	37.4	29.4	30
15:45	29.2	33.1	38.5	37	29.4	30
15:50	29.1	33	38.1	36.6	29.4	30
15:55	29.1	33	37.9	36.4	29.4	30
16:00	29	32.9	37.7	36.2	29.3	30
16:05	29	32.9	37.5	36.1	29.3	30
16:10	29.1	32.8	37.4	36	29.3	30
16:15	29	32.9	37.3	35.9	29.3	30.1

ตารางที่ 7

ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องทดลองปล่อยรังสีอาทิตย์ในการทดลองการคายความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ของกล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความชื้น (%RH)					
	RH1 (Inlet)	RH2	RH3	RH4 (Outlet)	RH5 (Room)	RH6 (Ambient)
11:15	77.4	74.8	77.2	77	77.6	72.9
11:20	76.3	73.1	73.1	74	76.7	73.2
11:25	75.2	71.2	69.8	71	76.6	73.1
11:30	74.1	69.6	66.3	67.8	75.7	73.2
11:35	73.2	68.3	63.8	65.2	75.4	72.9
11:40	72.5	67.6	62.3	63	74.8	72.8
11:45	71.8	66.7	61.1	61.1	74.1	72.8
11:50	72.1	67	60.9	60.8	74.2	72
11:55	71.8	66.2	60.2	59.8	73.4	72.1
12:00	71.6	66	60.1	59.3	73.2	71.4
12:05	71.6	66	60	59.2	73.4	71.4
12:10	71.7	66.5	60.4	59.3	73.8	71.4
12:15	71.7	66.2	60.5	59	73.6	70.5
12:20	71.7	66.2	60	59.1	73.5	70.7
12:25	72	65.2	59.3	58.8	73.4	70.9
12:30	72.5	64.3	57.6	57	73.4	70.7
12:35	72.9	63.5	55.4	54.8	74	70.3
12:40	73.2	62.6	53.3	52.4	73.2	70.1
12:45	73.3	61.9	51.2	50.9	73.3	71
12:50	73.5	61.8	50.9	50.2	73.2	70.1
12:55	73.6	61.6	50.5	48.9	73.2	69.7
13:00	73.7	61.3	49.7	48.3	73.3	69.9
13:05	73.7	61.1	48.8	48.2	73.2	70.1
13:10	73.8	60.8	48.5	47.5	73.3	70
13:15	73.8	60.7	47.7	47.2	73.2	70
13:20	74	60.8	47.6	46.9	73.2	70.1
13:25	73.7	60.3	46.5	46.3	72.5	69.6
13:30	73.7	59.8	45.8	46.2	72.6	69.8
13:35	73.8	58.5	44.2	44.1	72.7	70.1
13:40	73.8	57.6	41.6	42.1	73.1	70.6
13:45	73.9	57	39.8	40.8	73.1	70.4
13:50	74	56.7	38.2	39.6	73	70.4
13:55	73.9	56.1	37.3	38.8	72.8	69.8
14:00	74	55.8	36.1	38.1	72.6	69.3
14:05	73.9	55.5	34.9	37.6	72.5	69.8
14:10	73.9	55.4	33.9	37.2	72.8	69.7
14:15	73.8	55.1	33	36.7	72.1	69.9
14:20	73.7	55.6	32.7	36.9	72	70.1
14:25	73.5	56.6	33.5	38.1	71.6	70
14:30	73.1	56.3	34.4	39	71.2	70
14:35	72.8	56.6	35.3	39.9	71	69.8
14:40	72.7	56.8	35.7	40.6	70.8	69.7
14:45	72.7	57	36	41.1	71.1	69.6
14:50	72.8	57.3	36.4	41.5	71.2	69.3
14:55	72.6	57.3	36.5	41.6	71.1	68.7
15:00	72.8	57.4	36.7	41.8	71.4	68.4
15:05	72.8	57.4	36.8	42.2	71.4	68.6
15:10	72.7	56.8	36.6	42.2	71	68.2
15:15	72.5	56.4	36.4	42	70.6	68.2
15:20	71.8	56.8	36.5	41.9	70.3	68.1
15:25	71.4	58.2	38.3	43.6	70.5	68.2
15:30	71	59.1	40.1	45.2	70.5	68
15:35	70.7	59.9	41.7	46.6	70.8	68.5
15:40	70.6	60.5	43.2	47.9	71	68.3
15:45	70.5	60.9	44.3	48.9	70.8	68.1
15:50	70.1	60.8	44.9	49.4	70.5	68.2
15:55	69.9	60.7	45.5	49.7	70.3	68.2
16:00	69.7	60.7	45.9	50	70.2	67.9
16:05	69.6	60.7	46.2	50.4	70.1	68.1
16:10	69.4	60.6	46.5	50.5	69.8	68
16:15	69.2	60.6	46.7	50.7	70	67.9

ตารางที่ 8

ปริมาณน้ำในอากาศของการทดลองการคายความชื้นของระแนงดูดความชื้น

ตำแหน่ง เวลา	ปริมาณน้ำในอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์ในการคายความชื้น (g H ₂ O/kg dry air)					
	W1 (Inlet)	W2	W3	W4 (Outlet)	W5 (Room)	W6 (Ambient)
11:15	13.32	13.13	14.63	13.77	13.39	12.25
11:20	13.22	13.23	14.46	13.42	13.14	12.35
11:25	12.91	13.04	14.21	13.11	13.26	12.39
11:30	12.52	12.65	13.52	12.54	13.01	12.42
11:35	12.28	12.38	12.92	12.10	12.98	12.32
11:40	12.11	12.26	12.66	11.66	12.84	12.28
11:45	11.88	12.06	12.37	11.26	12.66	12.28
11:50	11.98	12.17	12.28	11.27	12.70	12.08
11:55	11.81	11.81	11.93	10.96	12.42	12.24
12:00	11.74	11.74	11.89	10.83	12.28	12.07
12:05	11.68	11.67	11.79	10.79	12.35	12.14
12:10	11.71	11.85	11.95	10.83	12.49	12.20
12:15	11.65	11.68	11.92	10.72	12.42	11.89
12:20	11.65	11.68	11.72	10.76	12.39	11.96
12:25	11.81	11.77	12.29	11.00	12.35	12.03
12:30	11.91	11.76	12.38	11.16	12.42	12.03
12:35	12.05	11.85	12.15	11.06	12.70	11.89
12:40	12.22	11.70	11.80	10.61	12.42	11.82
12:45	12.18	11.50	11.24	10.39	12.46	12.13
12:50	12.32	11.59	11.29	10.33	12.42	11.88
12:55	12.35	11.58	11.29	9.96	12.42	11.75
13:00	12.39	11.46	11.05	9.82	12.52	11.82
13:05	12.39	11.45	10.77	9.88	12.49	11.88
13:10	12.42	11.40	10.69	9.70	12.59	11.92
13:15	12.49	11.36	10.45	9.58	12.56	11.92
13:20	12.56	11.46	10.46	9.56	12.56	12.02
13:25	12.39	11.27	10.03	9.36	12.31	11.84
13:30	12.46	11.39	10.22	10.01	12.35	11.91
13:35	12.49	11.38	10.50	10.22	12.38	12.02
13:40	12.42	11.33	9.92	10.10	12.45	12.19
13:45	12.52	11.28	9.63	10.02	12.52	12.12
13:50	12.63	11.35	9.11	9.80	12.56	12.12
13:55	12.59	11.22	8.97	9.66	12.56	11.91
14:00	12.70	11.23	8.58	9.52	12.49	11.74
14:05	12.66	11.16	8.14	9.42	12.45	11.91
14:10	12.66	11.19	7.80	9.32	12.63	11.88
14:15	12.70	11.12	7.51	9.16	12.45	11.95
14:20	12.73	11.08	6.98	8.53	12.48	12.02
14:25	12.95	11.18	6.90	8.30	12.48	12.05
14:30	12.66	10.94	6.93	8.14	12.40	12.05
14:35	12.49	10.94	7.07	8.16	12.27	11.98
14:40	12.38	10.90	7.04	8.23	12.13	12.01
14:45	12.45	10.91	7.04	8.30	12.23	11.97
14:50	12.56	11.03	7.16	8.37	12.27	11.93
14:55	12.49	11.03	7.16	8.36	12.30	11.79
15:00	12.70	11.13	7.20	8.40	12.48	11.75
15:05	12.84	11.32	7.32	8.56	12.54	11.82
15:10	12.80	11.20	7.28	8.56	12.47	11.68
15:15	12.73	11.10	7.20	8.48	12.33	11.68
15:20	12.27	10.78	6.74	8.12	12.15	11.64
15:25	12.20	10.78	6.85	8.15	12.22	11.68
15:30	12.06	10.82	7.07	8.26	12.22	11.61
15:35	11.96	10.93	7.33	8.41	12.26	11.85
15:40	11.99	11.04	7.62	8.60	12.33	11.78
15:45	12.02	11.06	7.80	8.78	12.26	11.71
15:50	11.82	10.96	7.84	8.76	12.16	11.74
15:55	11.75	10.93	7.97	8.78	12.09	11.74
16:00	11.62	10.87	8.02	8.79	11.98	11.64
16:05	11.58	10.87	8.04	8.88	11.95	11.71
16:10	11.58	10.77	8.10	8.87	11.85	11.67
16:15	11.45	10.83	8.13	8.89	11.92	11.70

ภาคผนวก ข
ตารางข้อมูลอื่นๆ

ตารางที่ 1

สถิติอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่างๆ ค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปี
(พ.ศ. 2524-2553)

อุณหภูมิ	ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เฉลี่ย	เหนือ	23.4	28.1	27.3
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	24.2	28.6	27.6
	กลาง	26.2	29.7	28.2
	ตะวันออก	26.7	29.1	28.3
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	26.3	28.2	27.8
- ฝั่งตะวันตก	27.0	28.4	27.5	
สูงสุดเฉลี่ย	เหนือ	31.1	36.1	32.4
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	30.6	35.2	32.6
	กลาง	32.3	36.2	33.4
	ตะวันออก	32.0	34.1	32.3
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	30.4	33.0	32.7
- ฝั่งตะวันตก	32.0	34.1	31.6	
ต่ำสุดเฉลี่ย	เหนือ	17.5	21.8	23.8
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	18.7	23.2	24.4
	กลาง	21.2	24.6	24.8
	ตะวันออก	22.3	25.2	25.2
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	22.8	24.1	24.4
- ฝั่งตะวันตก	23.2	24.0	24.3	

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) ในอากาศของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ ค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปี
(พ.ศ. 2524-2553)

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ตลอดปี
เหนือ	74	63	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	66	80	73
กลาง	70	68	78	73
ตะวันออก	71	75	81	76
ใต้				
- ฝั่งตะวันออก	81	78	79	79
- ฝั่งตะวันตก	78	77	84	80

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวก ค

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และภาพการทดลอง



ภาพที่ 1 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล



ภาพที่ 2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์



ภาพที่ 3 เครื่องบันทึกความเร็วลม



ภาพที่ 4 เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5 การทดสอบการทำงานปล่องรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 6 การทดสอบการคายความร้อน



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวณัฏกชิตา พินิจรัตนพันธ์
วันเดือนปีเกิด 8 ตุลาคม พ.ศ. 2536
วุฒิการศึกษา ปีการศึกษา 2558: วิทยาศาสตร์บัณฑิต
(สถาปัตยกรรม)
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ณัฏกชิตา พินิจรัตนพันธ์. (2561). *ระแนงดูดความชื้นในปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในห้องนอน*. การประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference (BERAC) ครั้งที่ 9 (หน้า 127-133). ปทุมธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.