การศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

A STUDY OF RADIANT COOLING BY THE SKYTHERM SYSTEM FOR BUILDING ENERGY CONCIOUS DESIGN

สุรศักดิ์ สุรศักดิ์ศิลป์

SURASAK SURASAKSIN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-13-1892-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

A STUDY OF RADIANT COOLING BY THE SKYTHERM SYSTEM FOR BUILDING ENERGY CONCIOUS DESIGN

T060566

สุรศักดิ์ สุรศักดิ์ศิลป
SURASAK SURASAKSIN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60566
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2549
.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1892-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF RADIANT COOLING BY THE SKYTHERM SYSTEM FOR BUILDING ENERGY CONCIOUS DESIGN

SURASAK SURASAKSIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1892-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ของอาคารพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงาน
นักศึกษา	นาย สุรศักดิ์ สุรศักดิ์ศิลป
รหัสประจำตัว	43063118
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.กุสุมา ธรรมธำรง
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้นและมีแดดจัด ส่วนของหลังคาเป็นส่วนสถาปัตยกรรมที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด และจะส่งผ่านความร้อนที่สะสมเข้าสู่อาคาร อันจะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในของอาคารสูงขึ้น และหากอาคารนี้มีระบบปรับอากาศ ความร้อนส่วนนี้ก็จะไปเพิ่มภาระให้แก่เครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความประสงค์ที่จะทำการศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารในเขตร้อนชื้น เช่น กรุงเทพมหานคร การทำความเย็นระบบนี้ หลังคาจะมีฉนวนกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และความร้อนจากสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อม โดยที่ฉนวนกันความร้อนนี้สามารถเปิด-ปิดได้และอยู่เหนือหลังคาที่ภายในมีถุงบรรจุน้ำ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันความร้อนในเวลากลางวันและแผ่รังสีคืนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืนที่เปิดฉนวนออก ขั้นตอนการศึกษานั้น จะทำการรวบรวมข้อมูล, ทำการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองเป็นตัวเปรียบเทียบ อุณหภูมิ และ ความชื้นทั้งด้านนอกและด้านในตลอด 24 ชั่วโมง

ผลของการวิจัยพบว่า สภาวะภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นอย่าง กรุงเทพมหานคร ไม่สามารถนำหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" มาใช้ได้ตลอดทั้งวัน เพราะอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันมากระหว่างกลางวัน และกลางคืน แต่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. เนื่องด้วยผลจากการทดลองพบว่า หลักการ "สกายเทิร์ม" สามารถป้องกันความร้อนในช่วงเวลานี้ได้ดีกว่าหลักการป้องกันความร้อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study of Radiant Cooling by the Skytherm System For Housing Energy Concious Design
Student	Mr.Surasak Surasaksin
Student ID	43063118
Degree	Master Degree of Architecture
Program	Tropical Architecture Design
Year	2005
Thesis Adviser	Associate Professor.Kusuma Dhamadamrong
Thesis Co-adviser	Assistance Professor.Chanin Tipyopas

ABSTRACT

Thailand is located in humidity tropical zone and also has strongly sunlight. The most exposed area of the building to sunlight is roof top , the heating from roof will be transfered into the building , which made the building temperature increase . Moreover if the building is air-conditioning system, this heating will effect the system efficiency.

The purpose of this thesis is to research and implement "The radiant cooling by the skytherm system in humidity tropical climate such as BANGKOK" .Concept of this theory is to install the movable insulation on top of building to protect heating from radiation and environment at day time, and can open at night time. The water bags are located between the metal sheet roofing and the movable insulation on the top .The water bags will absorb the heat-gain at daytime and when the insulation on top open at night time the water bags will radiant heat to the sky, this research is to collect datum from various materials by using models to compare temperature and humidity both inside and outside of them.

The result from this research describes that in hot -humid climate like BANGKOK, shall not be used the same passive cooling by skytherm system for whole day long. Because the temperature of daytime and night time is not much different enough to each other. However we can use this skytherm system between 8.00 am – 17.00 pm, because in this period of time the skytherm system works better than present insulation for housing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่ และคุณน้อง ที่ให้การสนับสนุน และกำลังใจเสมอมา ไม่เคยขาดครับ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยคำแนะนำ และการช่วยเหลืออย่างมากมายจาก รศ.กุสุมา ธรรมธำรง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์เป็นอย่างมากครับ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ให้ความรู้ และคำแนะนำที่ดีตลอดมาครับ

ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ร่วมรุ่น สถ.เขตร้อนทุกคน ที่ทำให้ชีวิตมหาวิทยาลัยครั้งที่ 2 มีความหมาย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่สามารถสำเร็จได้ถ้าไม่มีบุคคลเหล่านี้ คุณอนันต์ ศิริพฤกษา, คุณสืบวงศ์ เหมทานนท์ , คุณจารุชัย สุขพันธ์ถาวร , คุณวิชชุดา ลิมป์ศิริพร ,คุณสาธิน ภู่สว่าง , คุณสมหมาย เอี่ยมมงคลสกุล , คุณดวงกมล ปัทมวณิชชา และ คุณกรกฎ ทองพรม ขอบคุณจากใจครับ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานนโยบายและพลังงานแห่งชาติ (ส.พ.ช.) ที่มอบทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณทุก ๆ คนที่ผ่านมามีส่วนร่วมในชีวิตครับ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรศักดิ์ สุรศักดิ์ศิลป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....3

1.3 สมมติฐาน.....3

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

1.7 ข้อจำกัดในการทำวิจัย.....5

บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 ธรรมชาติของความร้อน.....6

2.2 ลักษณะและส่วนประกอบของรังสีดวงอาทิตย์.....7

2.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อน.....11

2.4 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.....13

2.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสีความร้อน.....14

2.6 อิทธิพลจากการแผ่รังสีของพื้นผิว.....15

2.7 แนวทางการลดความร้อนโดยวิธีการธรรมชาติ.....16

2.8 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ “สกายเทิร์ม” 22

2.9 คุณสมบัติเชิงอุณหภาพของวัสดุก่อสร้าง.....26

บทที่ 3 การทดลอง.....32

3.1 สมมติฐานในการวิจัย.....32

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย.....32

3.3 ขอบเขตการวิจัย.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....34
3.4.1 เลือกทำเลที่ตั้งในการทำการทดลอง.....34
3.4.2 เลือกหน่วยทดลองอ้างอิง.....35
3.4.3 กำหนดรูปแบบการทดลอง.....38
3.4.4 กำหนดรูปแบบการศึกษาตัวแปร.....38
3.4.5 ขั้นตอนการทดลอง.....38

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....43
4.1 การทดลองเบื้องต้น.....43
4.2 การทดลองที่ 1.....46
4.3 การทดลองที่ 2.....50
4.4 การทดลองที่ 3.....60
4.5 การทดลองที่ 4.....68
4.6 วิเคราะห์ผลการศึกษาหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม".....76

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....79
5.1 สรุปผลการศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม".....79
5.2 ข้อเสนอแนะ.....81

บรรณานุกรม.....83

ประวัติผู้เขียน.....84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 หลักการของการทำความเย็นโดยการแผ่รังสี....2

2.1 การแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchange) ที่เกิดขึ้นกับผิวโลกในเวลากลางวันและกลางคืน....8

2.2 รังสีดวงอาทิตย์ที่อาคารได้รับ....10

2.3 การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความร้อนของอาคาร....13

2.4 การทำความเย็นโดยการทำพื้นอาคารด้วยก้อนหินที่อากาศไหลผ่านได้....17

2.5 การทำปล่องอากาศแสงอาทิตย์....18

2.6 การทำความเย็นให้อาคารโดยใช้ท่อใต้พื้นดินดูดลมช่วยระบายความร้อน....19

2.7 การทำความเย็นโดยใช้การระเหยของน้ำ....20

2.8 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า....21

2.9 หลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"....23

2.10 มุมมองภายนอกของ The House in Atascadero, California....24

2.11 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิภายในของ The House in Atascadero, California....25

2.12 หลังคาเหล็กซุบสังกะสี....31

3.1 อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"....33

3.2 สถานที่ตั้ง ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"....34

3.3 หน่วยทดลองที่ 1 35

3.4 หน่วยทดลองที่ 2 36

3.5 หน่วยทดลองที่ 3 37

3.6 การทดลองที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิดที่ใช้หลักการ"สกายเทิร์ม"....39

3.7 การทดลองที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง....40

3.8 การทดลองที่ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศและน้ำที่ไม่มีอากาศที่บรรจุอยู่ในถุง....41

3.9 การทดลองที่ 4 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลักการ "สกายเทิร์ม"ที่มีช่องระบายอากาศ....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.1 แสดงค่าปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์....43

4.2 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก....44

4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม"....45

4.4 การทดลองที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิด....46

4.5 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของหลังคาโมเนีย+แผ่นสะท้อนความร้อน, หลังคาเหล็กชุบสังกะสี และหลังคาเหล็กชุบอลูมิเนียมและสังกะสี ที่ใช้หลักการ....47

4.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของหลังคาเหล็กชุบสังกะสี กับ หลังคาชุบอลูมิเนียมและสังกะสีที่ใช้หลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังแบบ....48

4.7 การทดลองที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง....50

4.8 ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 2548 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 2548)....51

4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับ หลังคาโมเนีย+ฉนวน, สกายเทิร์ม 10 ซม. และ สกายเทิร์ม 15 ซม.(การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)....52

4.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, อุณหภูมิภายในหลังคาโมเนีย + ฉนวน กับ สกายเทิร์ม 10 ซม. (การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)....53

4.11 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, อุณหภูมิภายในหลังคาโมเนีย + ฉนวน กับ สกายเทิร์ม 15 ซม (การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)....55

4.12 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 10 ซม. กับ สกายเทิร์ม 15 ซม. (การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)....57

4.13 เปรียบเทียบความชื้นภายนอก, ความชื้นภายในสกายเทิร์มความหนา 10 ซ.ม. กับความชื้น ภายในสกายเทิร์มความหนา 15 ซ.ม. (การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)....59

4.14 ค่าปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)....60

4.15 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน กับสกายเทิร์ม 15 ซม.+ อากาศ 5 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)....61

4.16 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน, สกายเทิร์ม 15 ซม.+ อากาศ 5 ซม. กับสกายเทิร์ม 15 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย.48)..62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน, สกายเทิร์ม 15 ซม.+ อากาศ 5 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย.48).....63
4.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน, สกายเทิร์ม 15 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย.48).....64
4.19 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 15 ซม. + อากาศ 5 ซม. กับสกายเทิร์ม 15 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย.48).....65
4.20 เปรียบเทียบความชื้นอากาศภายนอก, ความชื้นภายในสกายเทิร์ม 15 ซม.+อากาศ 5 ซม. กับ สกายเทิร์ม 15 ซม. (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48).....66
4.21 การทดลองที่ 4 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศ และน้ำที่ไม่มีอากาศ.....69
4.22 ค่าปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. ถึงวันที่ 31 ก.ค.48).....70
4.23 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,หลังคาโมเนีย+ช่องระบายอากาศ , สกายเทิร์ม 15 ซม และสกายเทิร์ม 15 ซม.+ช่องะบายอากาศ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48).....71
4.24 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,หลังคาโมเนีย+ช่องระบายอากาศ และสกายเทิร์ม 15 ซม (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48).....72
4.25 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย+ช่องระบายอากาศ และสกายเทิร์ม 15 ซม.+ช่องระบายอากาศ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48).....73
4.26 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 15 ซม. และสกายเทิร์ม 15 ซม.+ ช่องระบายอากาศ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48).....74
4.27 เปรียบเทียบความชื้นอากาศภายนอก , สกายเทิร์ม 15 ซม และสกายเทิร์ม 15 ซม.+ ช่องระบายอากาศ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48).....75
4.28 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม".....77
4.29 การนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ใช้.....77
4.30 การนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ใช้.....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้นและมีแดดจัด อันเนื่องมาจากที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับการโคจรของดวงอาทิตย์ เหตุนี้ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและเป็นอุปสรรคต่อสภาพความเป็นอยู่ในประเทศไทยก็คือ การได้รับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณมาก ส่วนของหลังคาเป็นส่วนสถาปัตยกรรมที่ได้รับความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด และจะส่งผ่านความร้อนที่สะสมเข้าสู่อาคาร อันจะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในของอาคารสูงขึ้น และหากอาคารนี้ มีระบบปรับอากาศ ความร้อนส่วนนี้ ก็จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นให้แก่เครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงควรลดและป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคาร

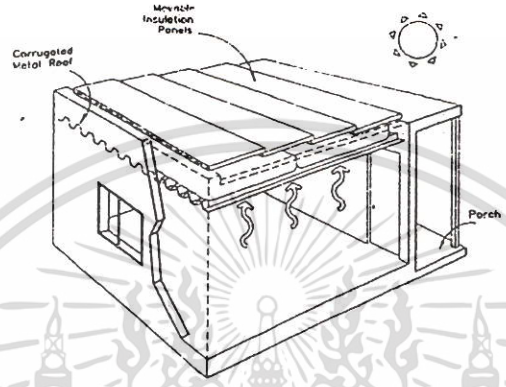
กระบวนการลดความร้อนหรือทำความเย็นจากธรรมชาติมีหลายแนวทางในการเลือกใช้ประกอบ การออกแบบอาคารโดยหนึ่งในกระบวนการลดความร้อนนั้นก็คือ หลักการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี (radiant cooling) โดยหลักการที่ว่าก็คือ ต้องการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารในเวลากลางวัน และทำความเย็นให้แก่อาคารในเวลากลางคืน คือถ้าหลังคามีการเก็บกักอุณหภูมิในตอนกลางวัน และเปิดออกสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน อาคารนั้นจะสามารถเย็นลงได้โดยการแผ่รังสีคลื่นยาว มวลของหลังคาสามารถทำให้อาคารเย็นลงได้ เมื่ออาคารเย็นลง ภายในอาคารและสภาพโดยรอบจะเย็นลงตามไปด้วยในระหว่างเวลากลางวัน ซึ่งเกิดจากการดูดซับความร้อนไว้ที่ใต้หลังคา การทำความเย็นระบบนี้ หลังคาจะมีฉนวนกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ และความร้อนจากสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อม โดยที่ฉนวนกันความร้อนนี้ จะอยู่เหนือหลังคาที่สามารถเปิดออกได้ในช่วงเวลากลางคืน และปิดในช่วงเวลากลางวัน

หลักการ “สกายเทิร์ม” (“The Skytherm System”) นี้ ถูกพัฒนาโดย Harold Hay โดยปรับปรุงจากวิธีการ Passive Solar Heating และ Radiant Cooling โดยใช้หลังคาเหล็กวางในแนวนอน มีถุงพลาสติกบรรจุน้ำวางอยู่บนหลังคา และติดตั้งฉนวนอีกชั้นหนึ่ง โดยที่ฉนวนนี้สามารถทำการเปิด-ปิด ได้ด้วยมอเตอร์

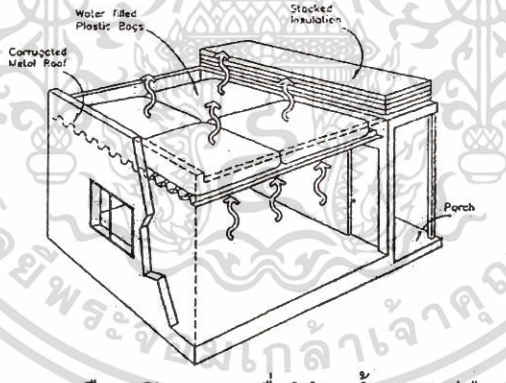
ในฤดูหนาวช่วงกลางวันจะเปิดฉนวน เพื่อให้ถุงน้ำรับแสงอาทิตย์ และปิดฉนวนในเวลากลางคืน สำหรับในฤดูร้อนมีความต้องการความเย็น ฉนวนนี้จะเปิดในเวลากลางคืนเพื่อให้ถุงน้ำแผ่รังสีความร้อนที่สะสมไว้ในตอนกลางวันออกไป และทำให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำลง เก็บไว้ใช้ให้ความเย็นแก่อาคารในเวลากลางวัน ถุงน้ำนี้จะเป็นตัวรับอุณหภูมิโดยตรง โดยที่ตัวโครงหลังคาและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพดานจะเป็นเพียงส่วนประกอบ และบนโครงหลังคาจะมีฉนวนกันความร้อน ฉนวน (Insulated) นี้จะถูกควบคุมด้วยมอเตอร์ ซึ่งจะปิดในเวลากลางวัน และจะเปิดในเวลากลางคืน ซึ่งสามารถพับเก็บได้ ซึ่งระบบนี้จะเป็นระบบปิด คือไม่ต้องการการระบายอากาศโดยธรรมชาติ ไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในอาคาร ซึ่งจะเหมาะกับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ เป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศทางหนึ่ง



เวลากลางวัน ปิดฉนวนเพื่อป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์



เวลากลางคืน เปิดฉนวนเพื่อให้ถุงน้ำแผ่รังสีคืนท้องฟ้า

ภาพที่ 1.1 หลักการของการทำความเย็นโดยการแผ่รังสี

ที่มา : Baruch Givoni, Passive and Low Energy Cooling of Building ,pp102. NY: 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยทดลองที่ 2 ส่วนด้านบนของหุ่นจำลองเป็นหลังคาเหล็กลอนวางบนโครงเคร่าไม้ โดยปิดรอยต่อด้วยซิลิโคนเพื่อไม่ให้มีความร้อนผ่านเข้ามาทางรอยต่อ ด้านบนของหลังคาเหล็กนำถุงพลาสติก ที่บรรจุน้ำมาวางลงบนหลังคาเหล็กจนเต็มพื้นที่หลังคาเหล็ก พยายามให้ถุงน้ำอยู่ชิดกันให้มากที่สุด เพื่อไม่ให้มีพื้นที่ว่างที่ความร้อนสามารถผ่านลงไปได้ ภายในหุ่นจำลอง ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ สูงจากพื้นหุ่นจำลอง 150 เซนติเมตร ส่วนบนสุดเป็นฉนวนกันความร้อนที่สามารถเคลื่อนที่เปิด-ปิดได้ โดยจะปิดฉนวนนี้ในช่วงเวลากลางวัน และจะเปิดฉนวนในช่วงเวลากลางคืน

- หน่วยทดลองที่ 3 เหมือนกับหน่วยทดลองที่ 2 แต่ต่างกันตรงความหนาของน้ำที่บรรจุในถุง, เวลาเปิด-ปิด ฉนวน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ 2

1.4.3 วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก, อุณหภูมิภายในหน่วยทดลองทั้ง 3 หน่วยทดลอง, อุณหภูมิระหว่างผิวถุงน้ำกับหลังคาเหล็ก รวมถึงค่าความชื้นภายในหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตลอดทั้งวัน เก็บค่าที่ได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

1.4.4 นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป

1.4.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น

- datalogger opus 200 , 208
- สายต่อวัดอุณหภูมิ
- เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
- เครื่อง universal use ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาการทำความเย็นให้แก่อาคารโดยวิธีการแผ่รังสี (radiant cooling) แบบ “สกายเทิร์ม” (skytherm)

1.5.2 เป็นการวิจัยที่ให้ความสำคัญแก่ส่วนของหลังคาเท่านั้น ดังนั้นเพื่อลด ผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนทางด้านผนังทั้ง 4 ด้าน จึงเลือกใช้ผนังทึบพร้อมติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้แก่ผนังทั้ง 4 ด้าน ส่วนด้านล่างเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากพื้น จึงยกหุ่นจำลองให้สูงขึ้นจากพื้น และติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ภายใน

1.5.3 เลือกศึกษาและเปรียบเทียบวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ “สกายเทิร์ม” ที่สามารถหาได้ทั่วไปภายในประเทศไทย

1.5.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนระหว่าง หลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ “สกายเทิร์ม”กับ ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

1.5.5 ศึกษาเพื่อใช้เฉพาะกับอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สร้างความรู้ความเข้าใจถึงหลักการ การทำความเย็นด้วยวิธีการแผ่รังสี เพื่อเป็นแนวทางเลือกทางหนึ่ง ในการใช้ออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.6.2 ผลการวิจัยที่ได้ ทำให้ทราบถึงปัญหา ความเหมาะสม และอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลต่อการทำความเย็นด้วยวิธี "สกายเทิร์ม"

1.6.3 นำผลที่ได้จากการทดลองมาใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ออกแบบอาคารหรือปรับปรุงอาคารในเขตร้อนชื้น เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.6.4 เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนา สำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

1.7 ข้อจำกัดในการทำวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อเป็นการศึกษาและทดสอบหาแนวทางในการลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารทางหลังคา โดยใช้หลักการ การทำความเย็นโดยการแผ่รังสี แบบ "สกายเทิร์ม" เท่านั้น โดยการทดลองจะอยู่บนพื้นฐานดังนี้

- การทดลองจะจัดทำขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของหลักการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี แบบ "สกายเทิร์ม" นี้ เปรียบเทียบกับหุ่นจำลองที่ใช้วัสดุมุงหลังคาของบ้าน ชนิดที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน หนึ่งชนิดเท่านั้น
- ตัวแปรที่นำมาทดสอบ เนื่องด้วยข้อจำกัดเรื่องงบประมาณและเวลา จึงเลือกเฉพาะที่ผลิตภายในประเทศ หาได้ง่าย และ ราคาไม่แพง
- ความสะดวกในการทดลอง และการติดตั้งเครื่องมือ
- ระยะเวลาที่มีอยู่จำกัดในการวิจัย ดังนั้นระยะเวลาในการทำวิจัยจึงทำได้แค่ช่วงหน้าร้อนต่อหน้าฝน คือ ตั้งแต่เดือน เมษายน ถึง เดือน กรกฎาคม เท่านั้น
- ความประหยัดของงบประมาณการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ธรรมชาติของความร้อน

ความร้อนเป็นรูปหนึ่งของพลังงาน เมื่อเข้าสู่วัตถุใดก็จะทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้อธิบาย โดยทฤษฎี " The Kinetic Theory of Matter " วัตถุใดก็ตาม จะประกอบขึ้นด้วยโมเลกุล และโมเลกุลเหล่านี้จะขยับเคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลาทุกอุณหภูมิที่มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิศูนย์สมบูรณ์ * (Absolute Zero) หรือที่ – 273.15 °c เมื่อวัตถุได้รับความร้อน โมเลกุลของวัตถุนั้นจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น อุณหภูมิของวัตถุก็จะสูงขึ้นตาม ที่เราเรียกว่า " ร้อนขึ้น " ในทางตรงข้าม ถ้าเคลื่อนย้ายความร้อนออกไปจากวัตถุ โมเลกุลของวัตถุนั้นก็จะเคลื่อนที่ช้าลง ซึ่งเราเรียกว่า " เย็นลง " ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นทั้งในวัตถุที่เป็นของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ เพียงแต่เมื่อได้รับความร้อน การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะเกิดขึ้นเร็วช้าต่างกันตามสถานะของวัตถุ

อุณหภูมิศูนย์สมบูรณ์ เป็นอุณหภูมิทางทฤษฎี ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่โมเลกุลของสสารหยุดการขยับตัว ถ้าวัดโดยมาตรา Celsius ณ อุณหภูมิ 0 °c เป็นอุณหภูมิที่น้ำแข็งเริ่มหลอมละลาย ที่เราเรียกว่า " จุดเยือกแข็ง " และที่อุณหภูมิ 100 °c เป็นอุณหภูมิที่น้ำเริ่มเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่เรียกว่า " จุดเดือด " ค่าอุณหภูมิศูนย์สมบูรณ์มีค่าที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง 273.15 หน่วยที่ใช้วัดมาตรานี้เรียกว่า Kelvin มีตัวย่อว่า " K " อุณหภูมิที่น้ำแข็งละลายเท่ากับ 273.15 K และอุณหภูมิที่น้ำเดือดเท่ากับ 373.15 K ช่วง 1 องศาของมาตรา Kelvin เท่ากับ 1 องศาของมาตรา Celsius

เมื่อความร้อนเข้าสู่วัตถุ อุณหภูมิของวัตถุก็จะสูงขึ้น แต่ปริมาณความร้อนที่เท่ากัน ไม่ได้หมายความว่าต้องมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากันเสมอไป หรือในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเท่ากันไม่ได้หมายความว่า ความร้อนที่เข้าสู่วัตถุมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ และขนาดของวัตถุ เช่น

ภาชนะ 2 ใบ ก. และ ข. บรรจุน้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากัน แต่ปริมาณต่างกัน คือ ภาชนะ ก. บรรจุน้ำปริมาณ 1 ลิตร ส่วน ภาชนะ ข. บรรจุน้ำปริมาณ 2 ลิตร นำภาชนะทั้งคู่ตั้งอยู่บนเตาไฟด้วยกัน ภาชนะ ข. ต้องใช้ระยะเวลานานกว่า ภาชนะ ก. ประมาณ 2 เท่า น้ำในภาชนะจึงจะเดือดเหมือนภาชนะ ก. แสดงให้เห็นว่า การทำให้วัตถุมีอุณหภูมิขึ้นสูงถึงระดับหนึ่ง เช่นที่ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งปรากฏในลักษณะน้ำเดือด ปริมาณความร้อนที่ใส่เข้าไปในวัตถุ (น้ำในภาชนะทั้งคู่)จะมีค่ามากน้อยไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ(ปริมาณน้ำในภาชนะ) ขนาดของวัตถุ ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะจุความร้อนได้มากกว่าวัตถุชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า ดังนั้นจึงมีอุณหภูมิสูงช้ากว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอกอาคารที่สำคัญที่สุด คือ อาทิตย์ซึ่งถ่ายเทพลังงานมายังโลกมายังโลกโดยการแผ่รังสี) Radiation (ในเวลากลางวัน เมื่อรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Extraterrestrial Solar Radiation) ตกกระทบบรรยากาศของโลก ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับออกไปนอกบรรยากาศโลกโดยเมฆหมอก ส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่เข้ามาในบรรยากาศ และบางส่วนจะถูกกระเจิง (Scatter) และดูดกลืน (Absorption) โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำ และฝุ่นละออง สำหรับส่วนที่มาถึงพื้นผิวโลกส่วนหนึ่งจะถูกผิวโลกสะท้อนกลับขึ้นไป ส่วนที่เหลือจะถูกพื้นผิวโลกดูดกลืน ทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และจะถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการพาและการแผ่รังสี และมีบางส่วนถ่ายเทลงสู่ใต้พื้นผิวโลกโดยการนำ นอกจากนี้ความร้อนบางส่วนยังถูกใช้ในการระเหยน้ำที่พื้นผิวโลกด้วย

ในเวลากลางคืน ความร้อนจากพื้นผิวโลกจะถ่ายเทสู่ท้องฟ้าโดยการแผ่รังสี และถ่ายเทให้กับอากาศแวดล้อมโดยการพาความร้อน ส่วนความร้อนจากใต้พื้นผิวจะถ่ายเทขึ้นมายังผิวโลกโดยการนำความร้อน ความร้อนบางส่วนจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ความร้อนที่สูญเสียไปนี้จะทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกลดลง เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศเป็นน้ำค้าง

2.2 ลักษณะและส่วนประกอบของรังสีดวงอาทิตย์

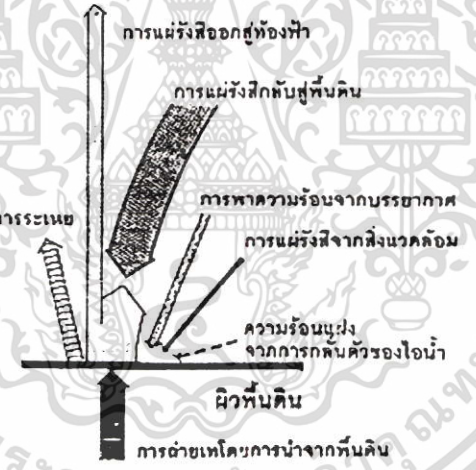
2.2.1 **การแผ่รังสีดวงอาทิตย์** เป็นการถ่ายเทพลังงานผ่านบรรยากาศโลกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ซึ่งก็คือการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างวัตถุโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เป็นการแผ่รังสีใน 2 ลักษณะ คือ

2.2.1.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation) เป็นการคายรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงของดวงอาทิตย์ แลกเปลี่ยนกับบรรยากาศของวัตถุอื่น ๆ ในจักรวาล และมีการแลกเปลี่ยนกับบรรยากาศโลก ณ ระยะห่างของโลกกับดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เป็นไปในการแผ่รังสีทั้งคลื่นยาวและคลื่นสั้น

2.2.1.2 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก (Terrestrial Radiation) เป็นการแผ่รังสีที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก กับวัตถุบนพื้นผิวโลกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นการแผ่รังสีคลื่นยาว (Long-wave Radiation) ในช่วงคลื่นอินฟราเรด ความร้อนที่เกิดขึ้นแก่อาคารจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลกมีจำนวนน้อยมาก เนื่องจากปริมาณที่รับและส่งออกมาจากผิวพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนมากที่เกิดขึ้นมักมาจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศโลกมาแทบทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลากลางวัน (Heat exchange by day)



การแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลากลางคืน (Heat exchange by night)

ภาพที่ 2.1 การแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchange) ที่เกิดขึ้นกับผิวโลกในเวลากลางวันและกลางคืน

ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า30, 2539

2.2.2 ลักษณะช่วงคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์

2.2.2.1 รังสีคลื่นสั้น (Short Wave) ประกอบด้วยรังสีบางส่วนที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 นาโนเมตร มีอยู่ถึงร้อยละ 44 ของรังสีทั้งหมด ประกอบด้วยรังสีช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ช่วงแสงสว่าง (Visible Region) และช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรด (Infrared Region) คิดเป็นสัดส่วนพลังงานเท่ากับ 7%, 39%, 52% ตามลำดับ (ASHRAE 1993)

2.2.2.2 รังสีคลื่นยาว (Long Wave) เป็นรังสีที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ รังสีคลื่นยาวอยู่ในช่วงคลื่นระหว่าง 700-1500 นาโนเมตร มีอยู่ถึงร้อยละ 37 ของรังสีทั้งหมด เมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงผ่านวัตถุ ทำให้เกิดความร้อนส่วนรังสีอินฟราเรด (Infrared) จะมีความยาวคลื่นมากกว่า 1500 นาโนเมตร มีอยู่ร้อยละ 12 ของรังสีทั้งหมด

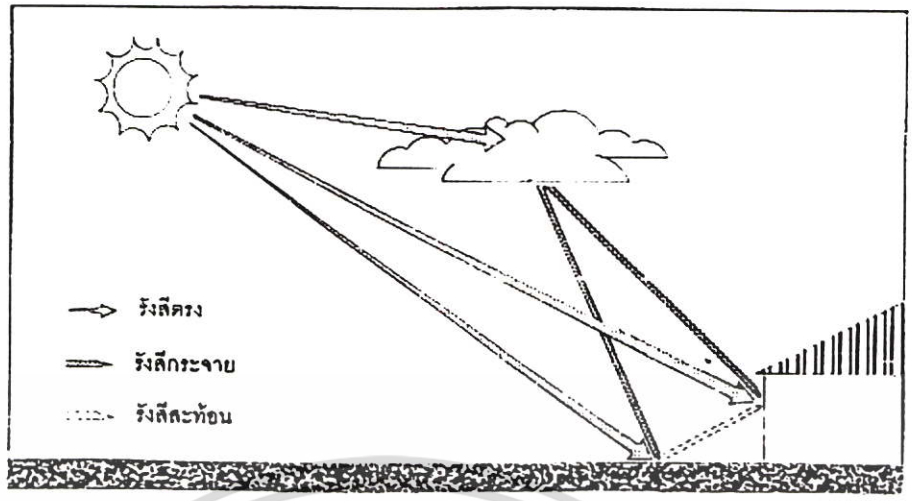
2.2.3 **ส่วนประกอบของรังสีดวงอาทิตย์** ปริมาณของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร จะมีผลมาจากส่วนประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ 3 ส่วน ดังนี้

2.2.3.1 การแผ่รังสีโดยตรง (direct Radiation) เป็นรังสีที่เกิดจากส่องผ่านโดยตรงระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ผ่านสภาพบรรยากาศของโลก โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของโลกและทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ส่งผลทำให้ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มากขึ้นหรือน้อยลงตามระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังจะมีปัจจัยเพิ่มเติมจากสภาพท้องฟ้าอีกด้วย สภาพท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) ก็จะมีปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าวันที่ท้องฟ้ามืดครึ้ม

2.2.3.2 การแผ่รังสีโดยการกระจาย (diffuse radiation) เป็นรังสีที่เกิดจากการแผ่รังสีโดยตรง ตกกระทบฝุ่นละอองในบรรยากาศ หรือกลุ่มเมฆหมอกในท้องฟ้า เหล่านี้แล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลกอีกครั้งหนึ่ง และนอกจากนี้การเกิดการแผ่รังสีโดยการกระจายยังขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม ในบริเวณนั้น ๆ ที่จะเอื้ออำนวยต่อการเกิดรังสีในลักษณะการกระจายข้างต้น การเกิดปรากฏการณ์นี้ในปริมาณมากจะทำให้ปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์มีค่าลดลง

2.2.3.3 การแผ่รังสีโดยการสะท้อน (reflected radiation) เกิดขึ้นจากการที่รังสีโดยตรงและรังสีที่เกิดจากการกระจายทั้ง 2 ส่วนตกกระทบพื้นผิวและสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารในลักษณะต่าง ๆ เช่น คอนกรีต ,ต้นไม้ ,สนามหญ้า เหล่านี้เป็นต้น แล้วสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคาร ปริมาณการเกิดการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์นี้ นอกจากจะสัมพันธ์กับปริมาณของการแผ่รังสี 2 ส่วนข้างต้นแล้ว ก็ยังขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวที่มีผลต่อค่าการสะท้อนของวัตถุอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 รังสีดวงอาทิตย์ที่อาคารได้รับ

ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า31, 2539

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน (Mean Daily March) หรือ วัฏจักรของอุณหภูมิ เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่มขึ้นเวลาประมาณ 06.00 น .และปริมาณรังสีที่โลกได้รับจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงเวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่โลกได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด เนื่องจากความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด จากนั้นปริมาณรังสีจะลดน้อยลงตามลำดับ ขณะที่ผิวโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์ผิวโลกจะแผ่รังสีออกไปด้วย รังสีที่ผิวโลกส่งกลับเป็นรังสีคลื่นยาวทำให้เกิดพลังงานความร้อน ดังนั้น ความร้อนส่วนใหญ่ที่บรรยากาศชั้นล่างได้รับเนื่องมาจากการแผ่รังสีของผิวโลก อย่างไรก็ตาม ขีดสูงสุดของอุณหภูมิประจำวันไม่ใช่เป็นขีดสูงสุดที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์) เที่ยงวัน (แต่เป็นระยะเวลาระหว่าง 14.00-16.00 น .ที่เป็นเช่นนี้เพราะในระหว่างเวลา 12.00-14.00 น. ผิวโลกยังคงได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์อยู่ แม้ว่าปริมาณที่ได้รับจะไม่เท่าเดิม ในช่วงเวลานี้กล่าวได้ว่า โลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าพลังงานความร้อนที่โลกสูญเสียไป แต่หลังจากเวลา 15.00 น ผิวโลกจะสูญเสียพลังงานความร้อนมากกว่าพลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิจะลดลงตามลำดับจนถึงขีดต่ำสุดเวลา 06.00 น.

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในกรุงเทพมหานครจะสูงตลอดปี โดยมากกว่า 60% ของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดเป็นรังสีกระจาย โดยเฉพาะช่วงที่มีความชื้นสูง เช่น ฤดูร้อนและฤดูฝน เนื่องจากมีปริมาณไอน้ำในอากาศสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อน

กระบวนการถ่ายเทความร้อน เป็นการถ่ายเทพลังงานของสสารจากจุดที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังจุดที่มีพลังงานต่ำกว่า ซึ่งอนุภาคของสสารที่มีพลังงานหรือในทางกายที่สามารถตรวจสอบได้คืออุณหภูมิสูงกว่าจะมีการสั่นสะเทือนของอนุภาคมากกว่า และอนุภาคของสสารที่มีพลังงาน (อุณหภูมิ)น้อยกว่า ก็จะมีการสั่นสะเทือนน้อยกว่า กระบวนการถ่ายเทพลังงาน (ความร้อน) นี้เกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยการถ่ายเทจะเป็นไปจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ซึ่งกระบวนการนี้จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอุณหภูมิของทั้งสองสสารเท่ากันหรือที่เรียกว่าภาวะสมดุลของอุณหภูมิ (thermal equilibrium) อัตราของการถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้ 1. ความแตกต่างของอุณหภูมิ 2. พื้นที่ของผิวสัมผัส 3. ความต้านทานความร้อนของสสารที่เป็นตัวกลางการถ่ายเทความร้อน (Bradshaw, 1993)

การถ่ายเทความร้อนของสสารจะเกิดขึ้นใน 3 ลักษณะดังนี้

2.3.1 **การนำความร้อน** (conduction) การนำความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนของสสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง เกิดขึ้นเนื่องจากการที่สสารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ที่มีการเคลื่อนที่ (สั่น)สูงกว่าจะเคลื่อนที่มากกว่า การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อ มีการกระทบกันของอนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงกว่ากับอนุภาคที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ที่อยู่ใกล้เคียงกันและการถ่ายเทพลังงาน (อุณหภูมิ) ของสสารก็จะเกิดขึ้นไปพร้อมๆ กับกระบวนการนี้ ปริมาณการถ่ายเทพลังงานในรูปแบบนี้จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ , พื้นที่ผิวสัมผัส และค่าการนำความร้อนของวัตถุ (thermal conductance-C) ซึ่งจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสามารถในการนำความร้อนของวัตถุสูง หรือมีความเป็นฉนวนน้อย

2.3.2 **การพาความร้อน** (convection) มักเป็นการถ่ายเทความร้อนที่พบมากในวัตถุหรือสสารที่มีสถานภาพเป็นของไหล (fluid) เช่น ของเหลว (liquid) และก๊าซ (gas) การพาความร้อนของสสารที่มีสถานะเป็นก๊าซเช่นอากาศจะเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน จากการที่เมื่ออากาศได้รับความร้อนจะเปลี่ยนแปลงสภาพของตัวเองให้มีความหนาแน่นน้อย และมีน้ำหนักน้อยลง อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ซึ่งมีความหนาแน่นและน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนตัวสู่เบื้องล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนไหวในรูปแบบของการแทนที่กันของอากาศนี้ก็คือลักษณะการพาความร้อน อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนที่ของอากาศในลักษณะนี้ก็อาจเกิดจากการมีแรงกระทำจากภายนอก เช่น การใช้พัดลมหรือเครื่องปรับอากาศเข้าเป็นตัวช่วยให้อากาศเคลื่อนที่ได้ การพาความร้อนนี้นับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการระบายความร้อนจากจุดที่ไม่ต้องการออกไปได้

2.3.3 **การแผ่รังสีความร้อน**(radiation) การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านที่ว่าง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสีความร้อนเกิดจากการที่อนุภาคที่ผิวหน้าของวัตถุสั่นจะเกิดการคายความร้อนในรูปของคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ของคลื่นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุที่คายความร้อนออกมา การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันกับการนำความร้อนที่เกิดขึ้นจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาจะกระทบกับผิวหน้าของอีกสสารหนึ่งและดูดซับพลังงานจากการแผ่รังสีนี้ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการสั่นของโมเลกุลและทำให้อุณหภูมิผิววัตถุนั้นสูงขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการแผ่รังสีความร้อนของสสารหรือวัตถุใดๆ ขึ้นอยู่กับ ค่าการคายความร้อนโดยการแผ่รังสี (emissivity) ของวัตถุและอุณหภูมิของผิววัตถุเป็นสำคัญ

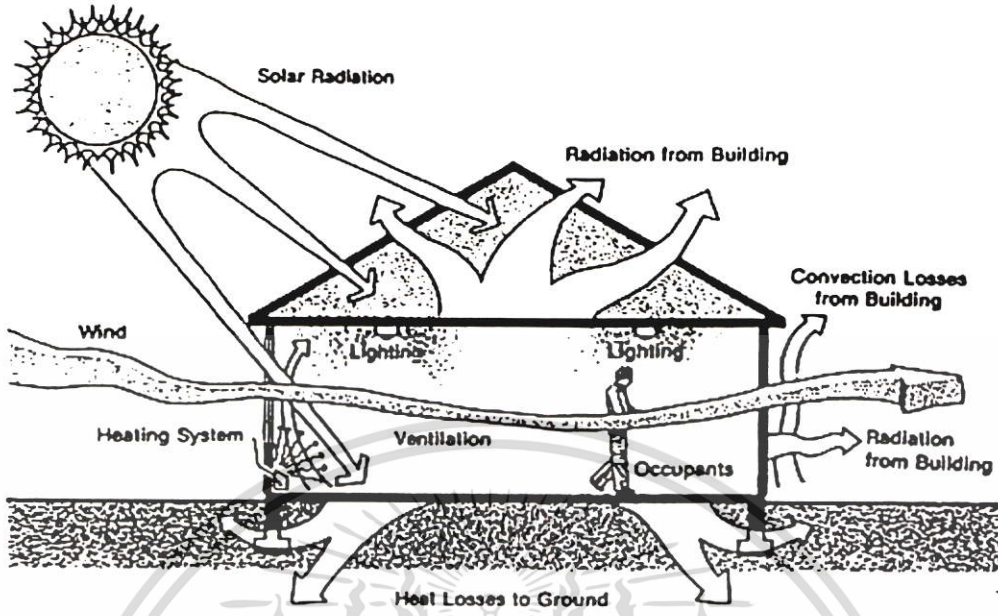
เมื่อรังสีความร้อนกระทบวัตถุทึบแสง บางส่วนจะถูกดูดซึมและสะท้อนออกมาเป็นบางส่วน ส่วนที่ถูกดูดซึมจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศ โดยการแผ่รังสี การหาความร้อน และการถ่ายเทภายในตัวเองวัตถุของโดยกระบวนการนำความร้อน

วัตถุมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติดังนี้

- .ความสามารถในการดูดซึมความร้อน
- .ความสามารถในการสะท้อน
- .ความสามารถในการคายความร้อน โดยการแผ่รังสี

ความสามารถในการดูดซับความร้อนเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณรังสีความร้อนที่ถูกดูดซึมโดยผิววัตถุ วัตถุสีดำสนิทหรือวัตถุที่ผิวดูดรังสีความร้อนหมดและไม่สะท้อนหรือถ่ายเทความร้อนออกมาเลย หน่วยของการดูดความร้อนเป็นจำนวนเต็มเท่ากับ 1.0 และผิวหน้าในลักษณะอื่นที่มีลักษณะต่างกันไปก็จะมีการดูดซึมรังสีความร้อนน้อยกว่า ก็จะมีค่าที่ลดลงไปตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสี ไม่สามารถทำได้สมบูรณ์เต็มที่ไม่ว่าจะใช้การควบคุม ปัจจัยจากการถ่ายเทความร้อน ในทางใดก็ตามข้างต้น ด้วยสาเหตุจากตามสภาพของทั้งวัตถุเองและสภาพแวดล้อม ทางที่ได้ที่สุดก็คือการทำให้ความร้อนผ่านได้ช้าลง โดยการเพิ่มขนาดหรือความหนาของวัสดุ ช่วงเวลาที่ความร้อนถ่ายเทจากภายนอกสู่ภายใน หรือผิวบนสู่ผิวล่างเรียกว่า ค่าความหน่วงเหนี่ยวความร้อน (time lag) ของวัสดุความหนาของวัสดุใดๆ ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาของการถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้น และเพิ่มระยะเวลาของการดูดซึมรังสีความร้อนของวัสดุอีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความร้อนของอาคาร

ที่มา : Bradshaw Vaughn, Building controls system.2nd ed., pp76.New York: John Weiley&Sons.

2.4 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

ความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านทางผนังของอาคาร บางครั้งผนังไม่ได้เป็นผนังทึบชั้นเดียว แต่อาจประกอบขึ้นด้วยผนังซ้อนกันหลายชั้น ในระหว่างชั้นมีชั้นอากาศกั้นอยู่ ชั้นอากาศเหล่านี้อาจเป็นชั้นฉนวนดีขึ้นหรือเลวลง ขึ้นอยู่กับการจัดการกับชั้นอากาศนี้ โดยเฉพาะชั้นอากาศที่อยู่ใต้หลังคา ปกติความร้อนผ่านชั้นอากาศที่กล่าวนี้ด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีด้วยกัน แต่ด้วยวิธีการแผ่รังสีสูงที่สุด ตามด้วยวิธีการพา แล้วจึงเป็นวิธีการนำ ได้เคยมีการทดลองในสภาพช่องอากาศตามตั้งที่ใช้วัสดุก่อสร้างธรรมดากั้นเป็นผนัง เช่น ไม้ หรือยิบซั่มบอร์ด ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านทะลุผนังเข้ามาในแนวนอน ประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามสัดส่วนดังนี้

- โดยวิธีการแผ่รังสี 61%
- โดยวิธีการพา 28%
- โดยวิธีการนำ 11%

เพื่อให้การควบคุมการส่งผ่านความร้อนผ่านชั้นอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของการแผ่รังสีของผิววัตถุก่อน ทั้งนี้เพราะการแผ่รังสีเป็นส่วนสำคัญของวิธีการถ่ายเทความร้อนผ่านชั้นอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสีความร้อน

2.5.1 Black Body เป็นวัตถุสมมติทางทฤษฎี ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีทั้งหมดที่กระทบถูกผิวของ 'Black Body' ไม่มีการสะท้อนกลับ และไม่มีการทะลุออกไป ซึ่งใช้เป็นตัวมาตรฐานในการเปรียบเทียบหาค่าการเปล่งความร้อนของวัตถุทั่วไป

2.5.2 **การเปล่งความร้อน** (Emissivity)_การเปล่งความร้อน คือ "อัตราส่วนของค่าการแผ่รังสีความร้อนจากหน่วยพื้นที่ของผิววัตถุ ชนิดที่ต้องการหาค่าการเปล่งความร้อน ต่อค่าการแผ่รังสีความร้อนจากหน่วยพื้นที่เดียวกันของ "Black Body" ที่อุณหภูมิเดียวกัน" ยกตัวอย่างเช่น ค่าการเปล่งความร้อนอลูมิเนียมฟอยล์ เท่ากับ 0.05 ที่อุณหภูมิผิววัตถุ หมายความว่า อลูมิเนียมฟอยล์เปล่งความร้อนออกมาเพียง 5% ของปริมาณความร้อนที่เปล่งออกมาจาก "Black Body" ในอุณหภูมิเดียวกัน

วัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป เช่น ไม้ กระเบื้อง ฯลฯ มีค่าการเปล่งความร้อนเท่ากับ 0.90 และผิวของวัตถุฉนวนความร้อนชนิดหน่วงความร้อนด้วยมวลก็มีค่าการเปล่งความร้อนประมาณ 0.90 เช่นเดียวกัน หมายความว่าวัตถุทั้งสองกลุ่มนี้มีการเปล่งความร้อนออกจากผิวค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบกับปริมาณความร้อนที่เปล่งออกมาจากผิวของอลูมิเนียมฟอยล์

2.5.3 **การสะท้อนความร้อน** (Reflectivity) คือ "อัตราส่วนของจำนวนรังสีความร้อนที่สะท้อนจากผิวของวัตถุต่อปริมาณรังสีความร้อนทั้งหมดที่ตกลงที่ผิวของวัตถุนั้น" ยกตัวอย่าง เช่น อลูมิเนียมฟอยล์มีประสิทธิภาพการสะท้อนสูง คือมีค่าการสะท้อนความร้อนถึง 0.95 หมายความว่าอลูมิเนียมฟอยล์สะท้อนรังสีความร้อนถึง 95% ของปริมาณความร้อนที่ผิวของ อลูมิเนียมฟอยล์ได้รับ ส่วนวัสดุก่อสร้างทั่วไปรวมทั้งวัตถุฉนวนความร้อนชนิดมวลสารจะมีค่าการสะท้อนความร้อนต่ำ คือประมาณ 0.10 เท่านั้น วัตถุที่มีค่าสะท้อนความสูงจะมีค่าเปล่งความร้อนต่ำเสมอ ค่า 2 ตัวนี้เป็นอัตราส่วนผกผันต่อกัน เมื่อนำค่าการเปล่งความร้อนกับค่าการสะท้อนความร้อนมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ

2.5.4 **คลื่นความร้อน** คุณสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัตถุเปลี่ยนแปลงตามความยาวของช่วงคลื่นความร้อน ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้มีการทดลองวัดหาค่าการสะท้อนของวัตถุ 3 ประเภท คือ อลูมิเนียมขัดเงา ,ผิวทาสีขาวและผิวทาสีดำ ในช่วงคลื่นต่าง ๆ ผลปรากฏดังนี้

2.5.4.1 ผิวอลูมิเนียมขัดเงา เป็นวัตถุสะท้อนรังสีความร้อนดีทุกช่วงคลื่น

2.5.4.2 ผิวทาทีขาว สะท้อนรังสีความร้อนดีในช่วงคลื่นแสงและความร้อนจากดวงอาทิตย์ คือความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 0.3 ถึง 2.5 μm แต่ไม่ดีในระดับช่วงคลื่นความร้อนปกติ คือที่ความยาวช่วงคลื่นเกิน 5 μm

2.5.4.3 ผิวทาสีดำ เป็นผิวที่สะท้อนรังสีความร้อนไม่ดีทุกความยาวช่วงคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการสะท้อนความร้อนและการเปล่งความร้อน ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการแผ่รังสีแล้ว การระบายอากาศในช่องอากาศก็เป็นอีกอิทธิพลหนึ่งที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและมีผลต่อวิธีการพาความร้อน การระบายอากาศในช่องอากาศระหว่างชั้นวัตถุอาจเกิดจากความจงใจหรือความบังเอิญก็ได้ แต่เนื่องจากว่าการเคลื่อนที่ของอากาศไม่มีค่าคงที่ และมีค่าแปรเปลี่ยนมาก ดังนั้น การกำหนดค่าฉนวนความร้อนของการระบายอากาศ จึงเป็นการกำหนดค่าโดยประมาณเท่านั้น

สรุปแล้วความร้อนผ่านอากาศที่อยู่ช่องว่างระหว่างชั้นวัตถุจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายตัว คือ

- ความหนาของชั้นอากาศระหว่างชั้นวัตถุ และรูปลักษณะของชั้นอากาศในช่องว่างนั้น
- สภาพของชั้นอากาศระหว่างชั้นวัตถุ (แนวตั้ง แนวเอียง หรือแนวนอน)
- ทิศทางของการถ่ายเทอากาศ (ไหลขึ้นหรือไหลลง)
- การเปล่งความร้อนของผิวแต่ละด้าน
- ความต่างของอุณหภูมิสองข้างของชั้นอากาศระหว่างชั้นวัตถุ
- การพาความร้อนของชั้นอากาศในช่องว่างที่อยู่ใกล้ชิดกัน
- การระบายอากาศของชั้นอากาศระหว่างชั้นวัตถุ

2.6 อิทธิพลจากการแผ่รังสีของพื้นผิว

รังสีความร้อนเป็นรังสีในรูปคลื่นยาวและพลังงานต่ำ รังสีเมื่อกระทบวัสดุใด ๆ จะสะท้อน ส่งผ่านและดูดซึมไว้ในวัสดุนั้น ๆ วัสดุแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสี ส่งผ่านรังสีและดูดซึมรังสีที่ตกกระทบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.6.1 ทิศทาง (มุม) ของการแผ่รังสี การคายรังสีจะมีค่าสูงที่ทิศทางตั้งฉาก

2.6.2 ความยาวคลื่นของการแผ่รังสี การคายรังสีเชิงสเปกตรัมทิศทางตั้งฉากของโลหะจะลดลง เมื่อความยาวงคลื่นเพิ่มขึ้น

2.6.3 อุณหภูมิของพื้นผิว การคายรังสีของโลหะจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนการคายรังสีของอโลหะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2.6.4 ความขรุขระของพื้นผิว เนื่องจากผลของความขรุขระที่ไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวเสมือนโพรง จึงทำให้เกิดการสะท้อนรังสีได้หลายครั้ง ซึ่งเป็นผลทำให้การดูดซึมรังสีมีค่าสูงขึ้น นั่นคือการคายรังสีมีค่าสูงขึ้น

2.6.5 การเจือปนพื้นผิว สารปนเปื้อนบนพื้นผิวทำให้คุณสมบัติการแผ่รังสีเปลี่ยนไป โดยทำให้การแผ่รังสีมีค่าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของพื้นผิวจะมีอิทธิพลสูงต่อการแผ่รังสีและการดูดซึมรังสี วัสดุต่าง ๆ จะมีค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) และค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) แตกต่างกันออกไปตามลักษณะผิวของวัสดุ วัสดุที่มีค่าการดูดซึมรังสีสูงก็จะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ คุณสมบัตินี้เรียกว่า การแผ่รังสี (Emittance) ค่าการแผ่รังสีจะบ่งบอกถึงความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสี ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของวัสดุที่คายรังสีและของวัสดุที่ดูดซึมรังสี

2.7 แนวทางการลดความร้อนโดยวิธีการธรรมชาติ

กระบวนการลดความร้อนโดยวิธีการธรรมชาติเป็นกระบวนการที่ถูกนำมาใช้เพิ่มเติม เพื่อสร้างสภาวะความน่าสบายให้กับมนุษย์ นอกเหนือจากการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น กระบวนการนี้เป็นการมุ่งเน้นไปที่การขจัดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นออกไปจากอาคาร โดยใช้ตัวแปรจากธรรมชาติในด้านต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและการใช้สอย ความสนใจในการใช้วิธีการธรรมชาติเพื่อการลดความร้อน เริ่มเป็นที่สนใจแพร่หลายต่อสาธารณะและในหมู่ผู้เกี่ยวข้องตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1970 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นผลมาจากปัญหาด้านการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง โดยเฉพาะน้ำมันดิบที่ส่งผลกระทบไปทั่วโลก ทำให้ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน เช่น ค่าไฟฟ้า แก๊สหุงต้ม ฯลฯ ที่มีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สิ่งที่เกิดขึ้นจากการบริโภคพลังงานเชื้อเพลิงอย่างไร้การควบคุมเหล่านี้ ยังก่อให้เกิดปัญหาร้ายแรงต่อสภาวะแวดล้อมและธรรมชาติของโลกมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นภาวการณ์โลกร้อนระอุ (global warming) หรือการทำลายตัวของโอโซนในชั้นบรรยากาศ เมื่อปัญหาเหล่านี้เริ่มรุนแรงขึ้น จึงก่อให้เกิดความสนใจในแนวทางการใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหา แนวทางนี้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องจากนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ แต่ในจุดเริ่มต้นของการวิจัยจะเป็นการศึกษาเพื่อให้เกิดการใช้ความร้อนจากธรรมชาติ คือแสงอาทิตย์เพื่อใช้ทำความอบอุ่นให้กับอาคารในฤดูหนาว (passive-heating) จนกระทั่งเกิดการขยายตัวและอพยพของประชากรในรัฐทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศ ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบประเทศในเขตร้อน และก่อให้เกิดปัญหาในการใช้พลังงานในลักษณะเดียวกัน จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางการใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือในการการทำความเย็นให้กับอาคาร (passive-cooling) จากจุดนี้การวิจัยได้ขยายผลเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง จนถูกใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ประกอบการออกแบบอาคารอย่างเหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศและมีประสิทธิภาพต่อไป (Givoni,1994)

กระบวนการลดความร้อนหรือทำความเย็นจากธรรมชาติมีหลายแนวทางในการเลือกใช้ประกอบการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ และสภาพของธรรมชาติแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยปัจจัยในการจำแนกแนวทางที่ใช้เป็นเครื่องมือประกอบการออกแบบ พิจารณาจากลักษณะของสภาพธรรมชาติที่ถูกใช้เป็นหลักในการใช้งาน เช่น

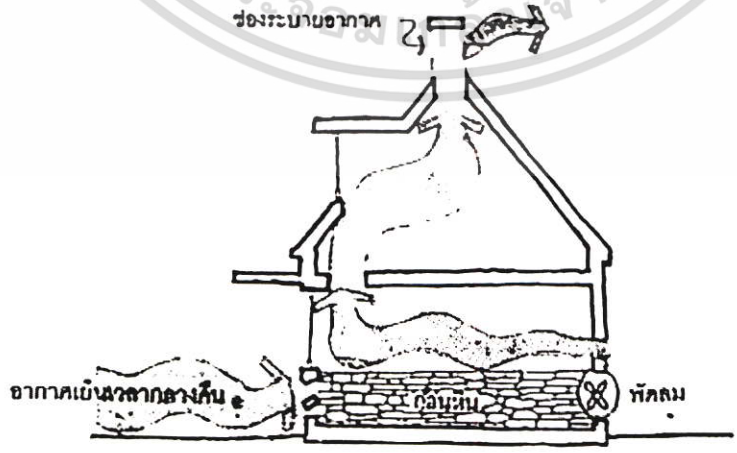
- กระบวนการทำความเย็นโดยการระบายอากาศ
- กระบวนการทำความเย็นโดยดิน
- กระบวนการทำความเย็นโดยการระเหย
- กระบวนการทำความเย็นโดยการแผ่รังสี
- กระบวนการทำความเย็นโดยการลดความชื้น (Lechner,1992)

โดยพอจะยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

2.7.1 **การทำความเย็นจากอากาศในเวลากลางคืน** (Night Air Cooling)

อากาศในเวลากลางคืนจะเย็นกว่าในเวลากลางวันเนื่องจากไม่มีแสงแดด การให้ลมเย็นพัดเข้าอาคารในเวลากลางคืนจึงใช้วิธีระบายอากาศในแบบธรรมชาติหรือใช้พัดลมช่วย แต่ในเวลากลางวันที่มีอากาศร้อนเนื่องจากรังสีจากดวงอาทิตย์ เรามีวิธีทำให้เย็นลงได้โดยทำพื้นของอาคารด้วยการเรียงก้อนหินเป็นชั้น (Rock Bed) แล้วใช้พัดลมดูดอากาศให้ลมกลางคืนพัดผ่านก้อนหินเหล่านั้นลมจะพัดพาเอาความร้อนจากก้อนหินออกไปด้วยทำให้ก้อนหินเย็นลง

ในเวลากลางวัน เมื่อลมพัดเข้าอาคารทางช่องเปิดในระดับต่ำเหนือพื้นก้อนหิน ความร้อนจากอากาศจะไหลผ่านเข้าไปในก้อนหินที่เย็นกว่า ทำให้อากาศภายในห้องเย็นลงกว่าภายนอก พื้น ผนังที่ไม่โดนแดด หรือเพดานที่ทำด้วยวัสดุมีมวล เช่น คอนกรีต หิน อิฐก่อหรือดินนั้นจะเย็นลงในเวลากลางคืน ทำให้ดูดความร้อนจากอากาศภายในห้องในเวลากลางวัน จะสังเกตเห็นได้ว่าอาคารที่ทำพื้นและผนังด้วยคอนกรีตและปูผิวด้วยหินหรือกระเบื้องซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงจะทำให้ภายใน อาคารเย็นกว่าอากาศภายนอก



ภาพที่ 2.4 การทำความเย็นโดยการทำพื้นอาคารด้วยก้อนหินที่อากาศไหลผ่านได้

ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า116, 2539

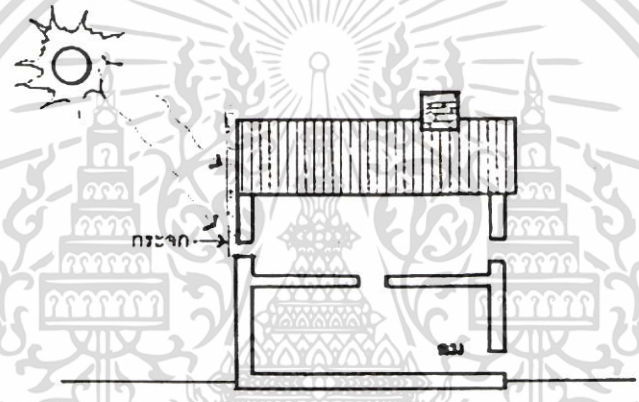
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60566

2.7.2 **การทำความเย็นโดยการระบายอากาศทางปล่อง** (Solar Chimney, Stack Ventilation)

การทำหน้าต่างเปิด (Opening) ให้ถูกวิธี เป็นการทำให้มีการระบายอากาศที่ดี แต่ในขณะที่ไม่มีลม การระบายอากาศทางช่องสูงจะทำให้มีการระบายอากาศได้ดีขึ้น ทำให้สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้

วิธีทำปล่องอากาศแสงอาทิตย์ (Solar Chimney) คือทำผนังด้านนอกที่โดนแดดให้เป็นกระจกและบุผนังด้านในที่อยู่หลังกระจกด้วยฉนวนกันความร้อน ระหว่างกระจกและผนังด้านในให้มีช่องอากาศกว้างไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว เมื่อกระจกโดนแดดจะร้อน ทำให้อากาศในช่องกระจกร้อนขึ้นด้วย และจะลอยตัวขึ้นดึงอากาศเย็นจากภายนอกเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นลมพัดผ่านห้อง



ภาพที่ 2.5 การทำปล่องอากาศแสงอาทิตย์

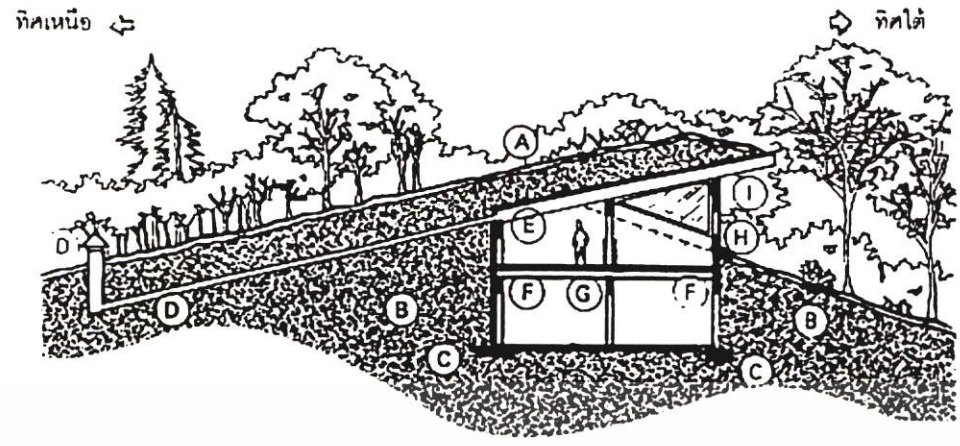
ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า117, 2539

2.7.3 **การทำความเย็นโดยการอาศัยความเย็นจากพื้นดิน** (Ground Cooling, Heat Sink)

ตามปกติในเวลากลางคืนพื้นดินจะเย็นกว่าอากาศ เพราะฉะนั้นการสร้างอาคารไว้ใต้ดินหรือให้มีส่วนที่ติดกับดินได้มากเท่าไร ก็จะทำให้บ้านเย็นลงได้มากขึ้นเท่านั้น

การสร้างอาคารให้ด้านหนึ่งอยู่ติดเนินเขา หรือทำเนินดินขึ้นมาถ้าอาคารตั้งบนที่ราบ จะทำให้อาคารได้อยู่ติดกับส่วนที่เป็นดินมากขึ้นโดยไม่ต้องขุดลงไปมาก หรืออีกวิธีหนึ่งคือทำท่อใต้พื้นดินแล้วดูดลมให้พัดผ่านเข้ามาในท่อ สู่อาคาร จะทำให้ให้ได้รับลมเย็นในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การทำความเย็นให้อาคารโดยใช้ท่อใต้พื้นดินดูดลมช่วยระบายความร้อน

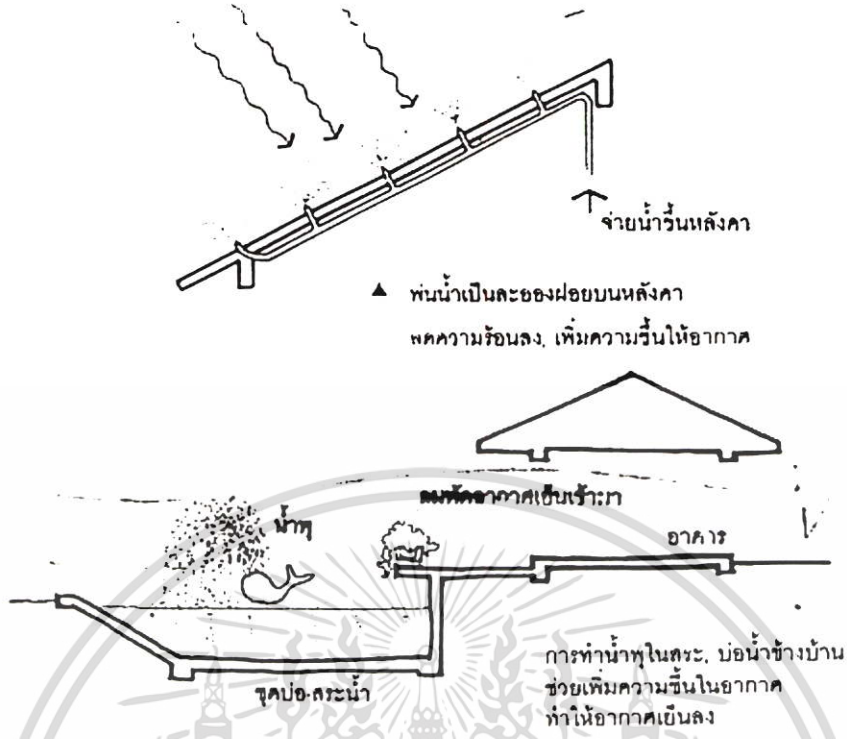
ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า121, 2539

ต้นไม้จำนวนมาก และชายคาที่ยื่นออกไปทางทิศใต้ ช่วยตัดแสงและความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้มาก เพื่อมิให้เข้ามาทางหน้าต่างบานใหญ่ (H) ความร้อนในตัวอาคารจะลอยออกทางหน้าต่าง หรือช่องระบายอากาศส่วนบนสุดของตัวอาคาร (I) โดยมีท่ออากาศเย็นที่ต่อมาจากภายนอกอาคาร วางมาตามใต้ดิน (D) จนถึงภายในอาคาร (E) เป็นอากาศเย็นที่ลอยเข้ามาหมุนเวียนภายในบ้าน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะลอยขึ้นและช่วยดันอากาศร้อนให้ถอยไปที่ช่องระบายอากาศ (I)

2.7.4 **การทำความเย็นโดยการระเหยของน้ำ**

การพ่นน้ำให้เป็นละอองฝอยบนหลังคาที่กำลังร้อนเพราะโดนแดดเผา จะทำให้น้ำระเหยออกไปพร้อมกับความร้อน เป็นการลดความร้อนให้หลังคาทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การทำความเย็นโดยใช้การระเหยของน้ำ

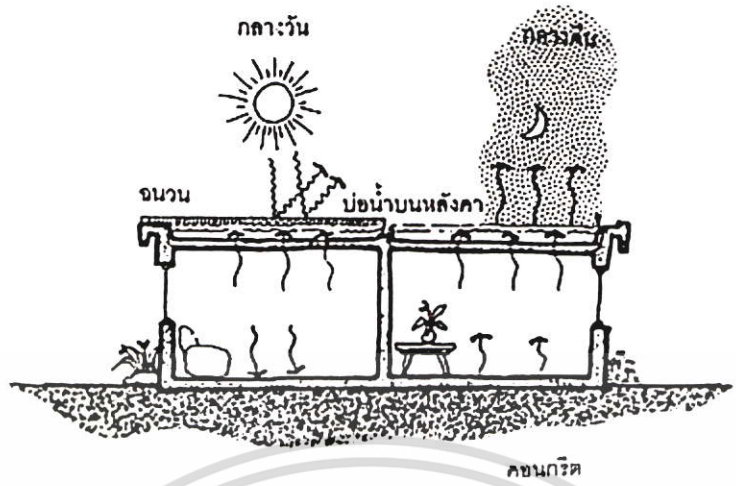
ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า121, 2539

2.7.5 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน (Night Sky Radiation)

ความร้อนจากวัตถุที่ร้อนจะแผ่ไปสู่วัตถุที่เย็นกว่า ตัวอย่างเช่น ความร้อนจากผิวดินจะแผ่รังสีไปสู่ท้องฟ้า ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสจึงทำให้อากาศเย็นขึ้น

การนำวัสดุที่มีมวลสูง เช่น ทำแอ่งน้ำไว้บนหลังคาจึงเป็นวิธีทำความเย็นโดยอาศัยหลักการนี้ เหนือแอ่งน้ำจะมีฝาที่เป็นฉนวนปิดกันแสงแดดในเวลากลางวัน เมื่อเปิดฝาแอ่งน้ำในเวลากลางคืน ความร้อนจากน้ำจะแผ่ออกไปสู่อากาศที่เย็นกว่าจนกระทั่งน้ำเย็นลง เมื่อถึงเวลากลางวันความร้อนภายในห้องก็จะลอยขึ้นมาสู่น้ำที่เย็นบนหลังคา ทำให้อุณหภูมิในห้องลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า

ที่มา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, หน้า119, 2539

กระบวนการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี (Radiant Cooling Processes)ลักษณะของรังสีที่แผ่มากจากพื้นผิวเป็นรังสีคลื่นยาว เช่นเดียวกันเมื่อหลังคาของอาคารหรือผนังได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะมีการแผ่รังสีคลื่นยาวออกมา กลับสู่ท้องฟ้า

รังสีคลื่นยาวแผ่ลงมาจากชั้นบรรยากาศมีค่าที่ต่ำกว่ารังสีคลื่นยาวที่แผ่กลับไป ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน (Heat Loss) โดยวิธีการพาความร้อน จะทำให้อาคารที่สามารถเปิดสู่ท้องฟ้า เย็นได้

ในช่วงเวลากลางวัน รังสีคลื่นยาวที่แผ่ลงมาเป็นส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และที่พื้นผิวมีการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ไว้) ขึ้นอยู่กับ ส.ป.ส .การดูดซับรังสี (ทำให้เกิดความร้อนมากเกินกว่าที่จะนำมาใช้ในการทำความเย็น

ดังนั้น การใช้การแผ่รังสีในการทำความเย็น จะใช้ในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงจากดวงอาทิตย์ และการที่จะใช้หลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีให้เกิดประสิทธิภาพดีนั้น ขึ้นอยู่กับ

- อุณหภูมิ ถ้ามีความแตกต่างของอุณหภูมิที่มาก ระหว่างกลางวันและกลางคืน จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดี
- ความชื้น ถ้าในอากาศมีปริมาณความชื้นที่สูง การแผ่รังสีคืนท้องฟ้าจะเกิดได้น้อย
- ลักษณะของเมฆ ถ้าท้องฟ้ามีเมฆมาก การแผ่รังสีจะเกิดขึ้นได้น้อย ในทางกลับกัน ถ้าท้องฟ้ามีเมฆน้อย หรือไม่มีเมฆ (ฟ้าเปิด หรือ clear sky) การแผ่รังสีจะเกิดขึ้นได้ดี

ขบวนการของการทำความเย็นระบบนี้ หลังคาควรมีฉนวนกันความร้อนจากดวงอาทิตย์และความร้อนจากสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน เพื่อลดความร้อนที่เพิ่มขึ้นจาก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สามารถใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อม ซึ่งวิธีนี้จะประกอบไปด้วยฉนวนกันความร้อนที่อยู่เหนือหลังคาที่สามารถเปิดออกได้ในช่วงเวลากลางคืนและปิดในช่วงเวลากลางวัน

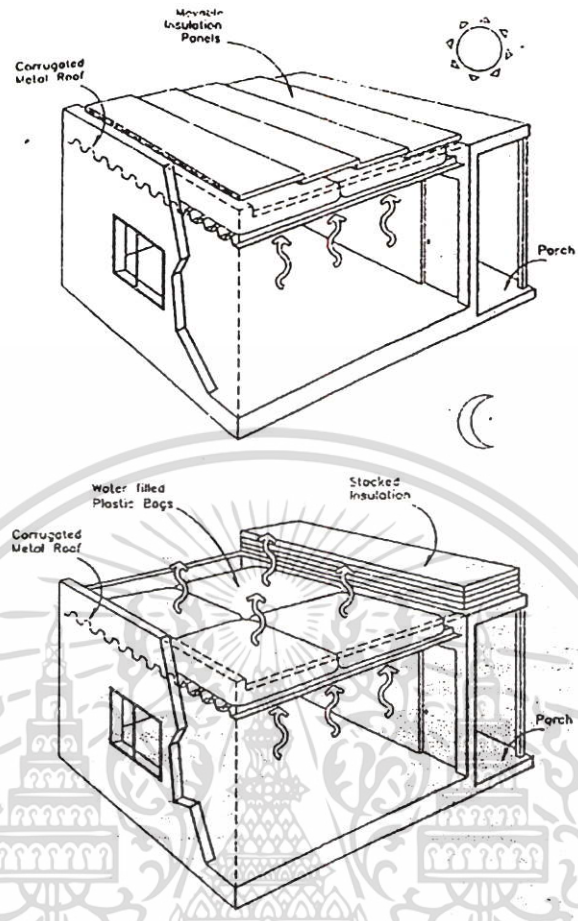
สำหรับแนวทางอื่น ๆ ของอาคารที่เป็นหลังคาแบน โดยมีโครงหลังคาเหล็กซึ่งมีถุงน้ำพลาสติกวางอยู่ และมีฉนวนกันความร้อนที่สามารถเปิดออกได้อยู่เหนือถุงน้ำ เรียกวิธีนี้ว่า Skytherm

2.8 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" (The "Skytherm" System)

การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" นั้น Harold Hay ได้ปรับปรุงวิธี Passive Solar Heating และ Radiant Cooling เข้าด้วยกันโดยใช้ชื่อเรียกใหม่ว่า "Skytherm" โดยใช้หลังคาโครงสร้างเหล็กที่แบนราบในแนวนอน มีถุงบรรจุน้ำวางอยู่เหนือตัวโครงหลังคา (Metal Deck) และติดตั้งฉนวนอีกชั้นหนึ่ง โดยจะทำการเปิด-ปิดด้วยมอเตอร์ โดย**ฉนวนที่ใช้นี้เป็นฉนวนชนิดสะท้อนรังสีความร้อน** เพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่จะส่งผ่านเข้ามายังภายในอาคาร

ในฤดูหนาว ช่วงกลางวันจะเปิดฉนวนเพื่อให้ถุงน้ำรับแสงอาทิตย์ เพื่อรับและเก็บความร้อนไว้ใช้ให้ความอบอุ่นแก่อาคารในเวลากลางคืนซึ่งจะปิดฉนวน สำหรับในฤดูร้อนมีความต้องการความเย็น จะใช้วิธีการตรงกันข้ามกับฤดูหนาว คือในช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิสูง จะปิดฉนวนเพื่อป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อไม่ให้ความร้อนส่งผ่านลงไปยังภายในอาคารได้ ส่วนในตอนกลางคืน จะทำการเปิดฉนวนออก เพื่อให้น้ำในถุงที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก แผ่รังสีคืนสู่ท้องฟ้า และถุงน้ำนี้จะเป็นตัวรับอุณหภูมิโดยตรงโดยที่ตัวโครงหลังคา (Metal Deck) และเพดานจะเป็นเพียงส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 หลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

ที่มา : Baruch Givoni, Passive and Low Energy Cooling of Building ,pp102. NY : 1994

2.8.1 แนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

The Prototype in Phoenix, Arizona

ถูกสร้างขึ้นเมื่อ พฤษภาคม ปี ค.ศ.1967 เพื่อทดลองหลักการการทำความเย็นแบบแผ่รังสีของ Harold Hay โดยที่ยังไม่ได้ใช้ถุงบรรจุน้ำ คือใช้หลักการหลังคาน้ำ (roof pond)พื้นที่ 3x3.6 เมตร ห้องทำจากคอนกรีต ใส่ฉนวน (vermiculite) หนา 1.5 นิ้ว ,polyurethane ชนิดแข็ง หลังคาทำจากแผ่นเหล็กลอน ใช้ polyurethane ขับด้านในของบ่อน้ำ ฉนวนด้านบนบ่อประกอบด้วย polyurethane หนา 1-1 ½ นิ้ว และติดรอก โดยใช้เชือกไนลอนเป็นตัวควบคุม เมื่อฉนวนหดกลับจะกลับไปเก็บไว้บริเวณหลังคาโรงรถ ในฤดูร้อน บ่อจะเปิดในเวลากลางคืน และปิดฉนวนในเวลากลางวัน ส่วนในฤดูหนาวก็จะทำกลับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

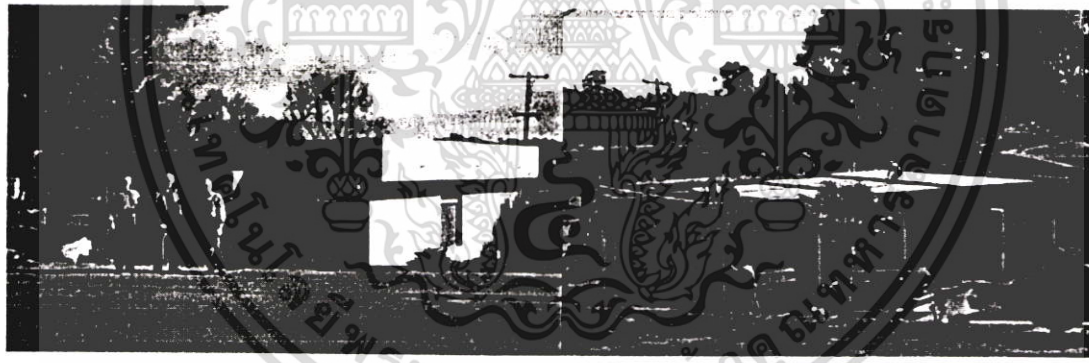
ในฤดูร้อนจะเปิดฉนวนออก ดังนั้น ความเย็นหลัก ๆ จะมาจากการระเหยของน้ำ ไม่ใช่การแผ่รังสีของน้ำ อุณหภูมิภายในจะอยู่ในช่วง 20-27 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 เดือนของฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุด 43.3 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสูง จึงมีการใช้ fan coil เข้ามาช่วยในการระบายน้ำที่อยู่ในบ่อผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร*

The House in Atascadero, California

บ้านหลังนี้เป็นบ้านหลังแรกที่ Hay ได้ใช้หลัก Skytherm ในการออกแบบอย่างเต็มรูปแบบ สร้างขึ้นในปี ค.ศ.1973 เป็นบ้าน 3 ห้องนอน เป็นบ้านชั้นเดียว ผนังทำจากคอนกรีตมวลเบา (hollow lightweight concrete) และฉนวนโครงเคร่าไม้ หลังคาสังกะสีลอน และมีการใช้ถุงน้ำเป็นตัวเก็บความเย็น (cool storage) และด้านบนมีการติดตั้ง Moveable insulating ควบคุมด้วยมอเตอร์ จะเคลื่อนตัวไปเก็บไว้บริเวณหลังคาโรงรถหรือบริเวณทางเดิน

หลักการนี้ถูกประเมินโดย California Polytechnic State University (1975) แสดงอยู่ในรายงานของ Mariatt , William p. เกี่ยวข้องกับความร้อนที่ใช้ในฤดูหนาว และการทำความเย็นในฤดูร้อน

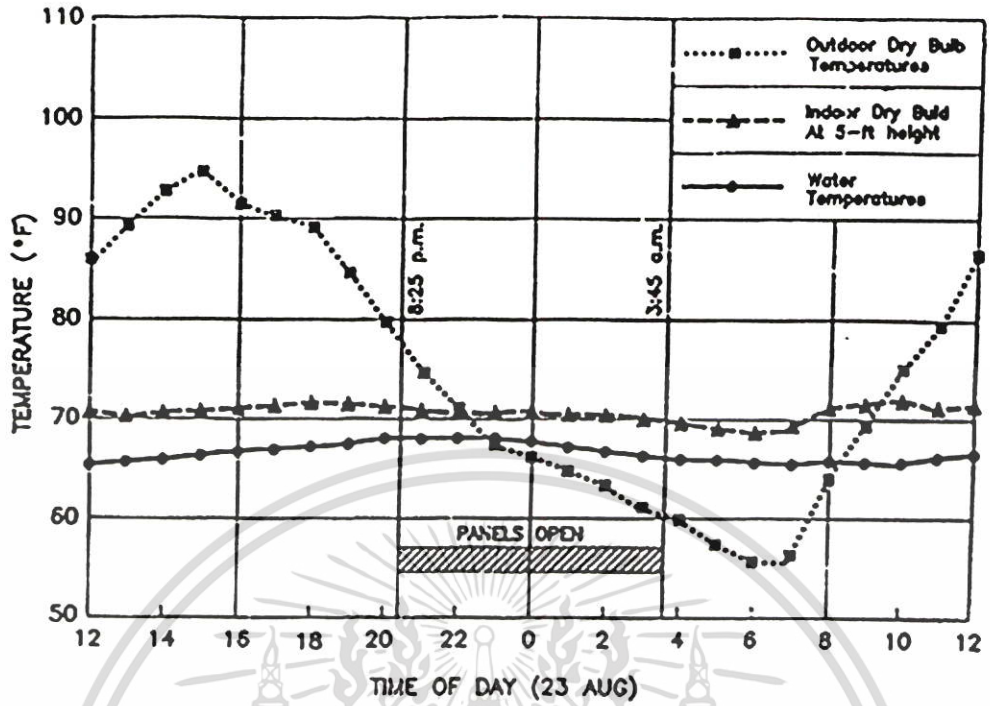
ในฤดูร้อนอุณหภูมิภายในจะถูกรักษาให้อยู่ในช่วง 20-23.5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.10 มุมมองภายนอกของ The House in Atascadero, California

ที่มา : http://support.caed.asu.edu/radiant/02_caseStudies/Atascadero/atscdr_01.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศภายนอก กับ อุณหภูมิภายในของ The House in Atascadero, California

ที่มา : Baruch Givoni, Passive and Low Energy Cooling of Building ,pp104. NY: 1994

New Mexico State University Building(NMSU), Las Cruces

อาคารหลังนี้สร้างและทดสอบโดย NMSU (New Mexico State University Building) เป็นบ้านเดี่ยว 3 ห้องนอน ผนังทำจากคอนกรีตเสริมแรง หนา 15 เซนติเมตร เช่นเดียวกับพื้น ที่ Las Cruces นั้นมีสภาพอากาศร้อนมากกว่า Atascadero ดังนั้น จึงต้องมีการเตรียมเงื่อนไขที่ให้สอดคล้องกับความเป็นจริงในวิธีการทำความเย็นด้วยวิธี skytherm

ผลการทดลองพบว่าในช่วงปี 1979 และ ปี 1981 ได้ผลการทำความเย็นที่ดี โดยในรายงานแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในในแต่ละวันมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิภายนอกเป็นอุณหภูมิที่ดีเท่ากับอุณหภูมิภายใน ในรายงานแสดงให้เห็นถึงในช่วง 3 วัน ในเวลากลางวัน อุณหภูมิในตอนบ่ายอุณหภูมิภายในจะต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิรอบ ๆ สูงเกิน 38 องศาเซลเซียส นั้น ไม่มีทางที่จะทำให้อาคารมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ด้วยวิธีการ passive cooling ในเวลากลางวันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 คุณสมบัติเชิงอุณหภาพของวัสดุก่อสร้าง

2.9.1 **คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง** ทั่ว ๆ ไปที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านเนื้อวัสดุนั้นมี 3 ประการ คือ

2.9.1.1 สภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity) คือ การวัดความสามารถหรือประสิทธิภาพ การยอมให้ความร้อนผ่านเนื้อวัสดุไปได้มากเพียงใด มีคำย่อว่า "k" ถ้าจะอธิบายตามหลักวิชาการแล้ว คือการวัดอัตราการไหลของความร้อนผ่านเนื้อวัตถุ ยกตัวอย่างเช่น วัสดุมีค่า "k" เท่ากับ 1 หมายความว่า 1 ลูกบาศก์เมตรของวัตถุยอมให้ความร้อนผ่านด้วยอัตรา 1 วัตต์ต่อทุกอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส ของผิวตรงข้ามทั้ง 2 ด้านของวัตถุนั้น ๆ สภาพการนำความร้อนมีหน่วยเป็น W/m x °c

ค่าสภาพการนำของวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไปมีช่วงต่างกันมาก ตามแต่ชนิดของวัสดุก่อสร้าง มีระหว่าง 0.14-200 W/m °c สำหรับวัสดุก่อสร้างที่จัดเป็นฉนวนความร้อนโดยทั่วไปจะมีค่า "k" ระหว่าง 0.02-0.09 W/m °c

ตรงข้ามกับสภาพการนำความร้อน คือ สภาพการต้านความร้อน วัสดุที่มีสภาพการนำความร้อนที่ดีก็จะมีสภาพการต้านความร้อนที่ไม่ดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าวัตถุที่มีสภาพการนำความร้อนที่ไม่ดี ก็จัดได้ว่าเป็นวัสดุที่มีสภาพการต้านความร้อนที่ดี สภาพการต้านความร้อนนี้ใช้อักษรย่อว่า "r"

r มีค่า = 1/k มีหน่วยเป็น (m x °c)/W

Thermal Conductance คือค่าการนำความร้อนผ่านเนื้อวัตถุจากผิวหนึ่งไปสู่อีกผิวหนึ่งของวัตถุนั้น ๆ ใช้ตัวอักษรย่อ "C" มีหน่วยเป็น W/m2 x °c ค่าการนำความร้อนจะเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาของวัตถุ วัตถุที่มีความหนาลดลง ค่า 'C' ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะความร้อนผ่านเนื้อวัตถุจากผิวหนึ่งไปสู่อีกผิวหนึ่งเร็วขึ้น เป็นเหตุให้อุณหภูมิผิวด้านตรงข้ามกับด้านที่สัมผัสความร้อนเพิ่มเร็วขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งอาจอธิบายได้ว่าปริมาณความร้อนผ่านเนื้อวัสดุมากขึ้น เช่นวัตถุหนา 1 เมตร มีค่า 'C' = 1 W/m2 °c แต่ถ้าวัตถุนั้นลดความหนาลงเหลือ 0.5 เมตร ปริมาณความร้อนจะผ่านเนื้อวัตถุไปยังผิวด้านตรงข้ามมากขึ้นเป็น 2 เท่าของวัตถุหนา 1 เมตร คือมีค่า 'C' = 2 W/m2c

เช่นเดียวกับสภาพการต้านความร้อน ค่าการต้านความร้อนมีค่าผกผันกับค่าการนำความร้อน มีตัวย่อว่า "R" มีค่าเท่ากับ 1/C มีหน่วยเป็น m2 x °c /W ใช้เป็นตัวเลขคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารโดยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.2 ความร้อนเฉพาะ (Specific Heat) ปริมาณความร้อนที่เพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส แก่วัตถุหนัก 1 กิโลกรัม คือค่าความจุความร้อน (Heat capacity) ของวัตถุนั้น โดยทั่วไปค่าความจุความร้อนของวัตถุแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เช่น ความจุความร้อนของน้ำที่ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 4185.8 Joules ในขณะที่อิฐมีความจุความร้อนประมาณ 837.2 Joules ซึ่งมีค่าน้อยกว่าน้ำถึง 5 เท่า เป็นต้น

ความร้อนเฉพาะ คือ อัตราส่วนของความจุความร้อนของวัตถุต่อความจุความร้อนของน้ำที่ 15 องศาเซลเซียส ดังนั้น ความร้อนเฉพาะของอิฐมีค่าเท่ากับ 0.2) มีค่ามาจาก 837.2 / 4185.8) ค่าความร้อนเฉพาะของวัตถุที่เป็นสารอนินทรีย์ จะมีค่าระหว่าง 0.18-0.21 ในขณะที่วัตถุจำพวกสารอินทรีย์ เช่น ไม้ หรือ ผลิตภัณฑ์ของไม้จะมีค่าระหว่าง 0.35-0.45 ค่าความร้อนเฉพาะใช้ตัวย่อ "S" โดยทั่วไปสามารถหาค่าความจุความร้อนของวัตถุโดยใช้ค่าความร้อนเฉพาะของวัตถุนั้น คูณด้วยค่าความจุความร้อนของน้ำที่ 15 องศาเซลเซียส ด้วยสมการต่อไปนี้

ค่าความจุความร้อนของวัตถุ = S ของวัตถุนั้น x 4.185.8 joules

2.9.1.3 ความหนาแน่น (Density) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อความสามารถการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ มีตัวย่อเป็น "P" และมีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของวัตถุก่อสร้างโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 1000-2600 กก/ลบม .ในขณะที่วัตถุประเภทฉนวนความร้อน มีความหนาแน่นเพียง 16-300 กก/ลบม .ซึ่งเป็นค่าแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของวัตถุเป็นปฏิภาคโดยตรงต่อความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัตถุนั้น ๆ หมายความว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นยิ่งมาก โดยปกติแล้วจะเป็นตัวนำความร้อนยิ่งดี ในทางตรงกันข้าม วัตถุใดที่มีความหนาแน่นยิ่งน้อยก็จะเป็นฉนวนความร้อนยิ่งดี

ตามที่กล่าวแล้ว โดยทั่วไปวัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมีค่า 'k' สูงกว่า ยกเว้นวัตถุประเภทเส้นใย วัตถุประเภทนี้จะมีความหนาแน่นที่ระดับหนึ่งที่มีสภาพการนำสูงที่สุด ถ้าความหนาแน่นมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าดังกล่าว สภาพการนำก็จะลดลง ในกรณีการถ่ายเทความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อย ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุประเภทนี้จะต้องระวังการถ่ายความร้อนด้วยวิธีการพา และการแผ่รังสี

นอกจากคุณสมบัติหลักทั้ง 3 ข้อนี้แล้ว ยังมีคุณสมบัติย่อยอีก 2 ข้อที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มลดความสามารถการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ โดยเฉพาะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการนำคุณสมบัติทั้ง 2 ข้อ คือ ความชื้นของวัตถุ และอุณหภูมิของวัตถุ

2.9.2 อิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพการนำความร้อนของวัตถุ

ปริมาณความชื้นในเนื้อวัตถุ มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการนำของวัตถุนั้น ๆ เพราะความชื้นคือการเพิ่มปริมาณน้ำในเนื้อวัตถุ และน้ำมีประสิทธิภาพการนำความร้อนค่อนข้างดี สามารถนำความร้อนดีกว่าฉนวนทั่ว ๆ ไปถึง 10 เท่า ดังนั้น ฉนวนที่ชื้น สภาพการเป็นฉนวนจะลดลง มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบวัดหาความสามารถการนำความร้อนของอิฐในสภาพที่แห้งสนิท กับสภาพมีความชื้น 12% ของน้ำหนัก ปรากฏว่า ในสภาพแห้งสนิท ค่าตัวนำ (k) เท่ากับ 0.8077 W/m °c ในขณะที่ความชื้น 12% ของน้ำหนัก ค่าตัวนำ (k) เพิ่มเป็น 1.4711 W/m°c *

ส่วนอิทธิพลเรื่องอุณหภูมิของวัตถุที่มีผลต่อสภาพการนำความร้อนของวัตถุนั้นจะไม่เหมือนกับอิทธิพลเรื่องความชื้น เพราะไม่มีหลักการที่แน่นอน แต่เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของวัตถุ วัตถุบางชนิดมีสภาพการนำความร้อนดีขึ้นเมื่อวัสดุนั้นมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น ในขณะที่วัตถุบางชนิดมีสภาพการนำแย่ลง เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น วัสดุก่อสร้างทั่ว ๆ ไป เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สภาพการนำความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้นตาม ในขณะที่วัตถุจำพวกเหล็ก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สภาพการนำความร้อนของวัตถุกลุ่มนี้จะลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเป็นเหตุให้สภาพการนำความร้อนดีขึ้นหรือแย่ลงก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสภาพการนำความร้อนจะแสดงออกในความสัมพันธ์เส้นตรงของวัตถุชนิดนั้น ๆ

2.9.3 **หลักการของฉนวนความร้อน**

จากการส่งผ่านความร้อนสู่อาคารด้วย 3 วิธีการหลัก ๆ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ฉนวนจึงมีหน้าที่หลักในการต้านทานความร้อนไม่ให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งได้สะดวก ซึ่งสามารถทำได้สองลักษณะคือ การใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน และการใช้วัสดุเพื่อเป็นตัวต้านทานความร้อน

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน โดยส่วนใหญ่ของวัสดุประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการนำและพาความร้อน มักเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย ประกอบด้วยฟองอากาศ หรือในบางครั้งก็จะเป็นแก๊สเฉื่อยเพื่อต้านการนำความร้อน

วัสดุที่เป็นตัวต้านทานความร้อนมักจะเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อสะท้อนคลื่นรังสีความร้อน เป็นวัสดุมันวาว ซึ่งส่วนใหญ่วัสดุที่ต้านทานความร้อนมักไม่เป็นฉนวนความร้อน

จากคุณสมบัติทั้งสองข้อทำให้สามารถแยกลักษณะของฉนวนความร้อนออกได้ 3 ชนิด คือ

2.9.3.1 ชนิดเป็นแผ่นและแท่ง (Rigid or semi-rigid blocks or boards) มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดโดยที่แพร่หลายในท้องตลาดคือ

-แผ่นแก้วเลาอัดเป็นก้อนหรือแผ่น

-แผ่นฝ้ายิปซั่มบอร์ด

-แผ่นใยแร่

- แผ่นโฟมยูรีเทน /โพลีไอโซไซยานูเรต

---

*Journal of the Institute of Heating and Ventilation Engineers, London, 1965.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แผ่นใยธรรมชาติ

-แผ่นโฟมหล่อสไตรีน

-อลูมิเนียมฟลอยด์

2.9.3.2 **ชนิดเป็นแผ่นยืดหยุ่น** (Flexible or blanket type Insulation) **ฉนวนชนิดนี้ไม่มีมากนักตามท้องตลาด เนื่องจากคุณสมบัติวัสดุจำต้องมีความยืดหยุ่น ได้แก่**

-ฉนวนใยแก้ว

-ฉนวนใยหิน

-แผ่นโฟมยืดหยุ่น

-ร็อควูล

2.9.3.3 **ใช้ฉีดพ่นหรือฉาบเสริม** (Loose fills) **ส่วนมากจะเป็นฉนวนประเภทที่ประกอบด้วยเมล็ดหรือเซลล์เล็ก เช่น**

-ฉนวนใยธรรมชาติ

-ฉนวนฉาบเพอร์ไลท์

-ฉนวนโฟมฉีดพ่นโพลียูรีเทน /โพลีไอโซไซยานูเรต

-ฉนวนฉีดพ่นโพลีสไตรีน

-ฉนวนฉีดพ่นเซรามิค

เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนสู่หลังคาเป็นภาระการปรับอากาศที่สำคัญ โดยพบว่าหาก**ใช้ระบบป้องกันรังสีความร้อน จะสามารถลดความร้อนถ่ายลงสู่เพดานถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่มีรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสูง ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงให้ความสำคัญแก่ ฉนวนที่มีคุณสมบัติสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้กับหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"มากกว่าฉนวนประเภทอื่น** โดยที่ฉนวนประเภทสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่นำมาพิจารณามีอยู่ 2 ตัวเลือกที่เหมาะสมทางด้านราคา , ง่ายต่อการนำมาใช้ทดลอง และมีประสิทธิภาพ คือ

- **ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์** วัสดุที่สกัดกั้นรังสีความร้อนที่ใช้อยู่ในท้องตลาดโดยทั่วไป **คือ** อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นฉนวนที่ได้รับความนิยมใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องจากให้ประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าวัสดุอื่นในท้องตลาดในราคาที่ไม่สูง อายุการใช้งานหากความหนามากกว่า 0.005 เมตร ก็จะไม่หลุดร่อน ยกเว้นหากสัมผัสกับหลังคา หรือโลหะอื่นก็จะเกิดปฏิกิริยาประจุไฟฟ้า จะทำให้อลูมิเนียมผุกร่อนได้ ตัววัสดุเองจะไม่ดูดและเก็บความชื้น ในการติดตั้งต้องรองรับฉนวน เนื่องจากฉนวนชนิดนี้จะไม่คงรูป ดังนั้นผู้ผลิตในหลายบริษัทจะนิยมนำวัสดุอื่นมาติดประกบเพื่อมิให้ฟอยล์ฉีกขากง่าย โดยลักษณะการติดจะสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single-sided foil เป็นอลูมิเนียมฟอยล์ด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งจะเป็นกระดาษเหนียว หรือโพลีโพไพลีน เสริมด้วยใยไฟเบอร์ระหว่างฟอยล์และวัสดุเสริม ด้านหลังผนึกด้วยยางมะตอย

Double-sided foil เป็นแผ่นวัสดุที่อลูมิเนียมฟอยล์ทั้งสองด้าน เสริมด้วยกระดาษเหนียวและใยไฟเบอร์ผนึกด้วยยางมะตอย

Foil-faced insulation เป็นฉนวนกันรังสีที่ ด้านหนึ่งเป็นฟอยล์ อีกด้านหนึ่งมักเป็นฉนวนการนำและพาความร้อน ยึดติดกันโดยวัสดุยึดติด

ในบางครั้งการใช้ฉนวนชนิดนี้ต้องระมัดระวังเรื่องของสื่อไฟฟ้า โดยเฉพาะการเดินลอยไฟฟ้าเหนือฝ้าเพดานที่ใช้ฉนวนประเภทอลูมิเนียมฟอยล์

- **ฉนวนเซรามิค** เป็นฉนวนที่ประกอบด้วยอนุภาคเซรามิคซึ่งให้ความมันวาวสะท้อนความร้อนได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อเซรามิค ฉนวนชนิดนี้จะมีทั้งประเภทพ่นบนหลังคาโลหะ เหล็ก สังกะสี และกระเบื้องคอนกรีต โดยฉนวนชนิดนี้จะมีส่วนผสมของน้ำ ดังนั้น จึงต้องมีความลาดเอียงของหลังคา มิให้เกิดการสะสมน้ำบนผิวฉนวน ซึ่งจะมีผลต่อการหลุดร่อนของวัสดุ วัสดุประเภทนี้จะไม่ติดไฟ และสะดวกในการติดตั้ง เนื่องจากอยู่ภายนอกอาคาร แต่หากพิจารณาจากราคาแล้วจะอยู่ในเกณฑ์ที่สูง

จากการวิเคราะห์วัสดุฉนวนสะท้อนรังสีจะพิจารณาได้ว่า ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์จะให้ข้อดีในเรื่องการสะท้อนรังสี ค่าการดูดซึม ความร้อนและราคาถูกกว่าฉนวนเซรามิค ในขณะที่ฉนวนเซรามิคจะให้ผลข้างเคียงด้านการเป็นฉนวนการนำความร้อน โดยมีค่าการต้านทานความร้อน = 3.7 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติอื่น ๆ และความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่า ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์จะเหมาะสมกว่า ทั้งในด้านความสะดวกเนื่องด้วยในการทดลองนำไปใช้กับหลักการ "สกายเทิร์ม" นั้นฉนวนจะต้องสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย อีกทั้งในแง่ของงบประมาณ ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ก็มีราคาถูกกว่าฉนวนเซรามิค ค่อนข้างมากอีกด้วย และฉนวนเซรามิคจะมีโอกาสหลุดร่อนจากหลังคาได้หากมีน้ำท่วมขัง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ มีข้อเด่นในการเป็นฉนวนต้านทานการแผ่รังสีความร้อนในการทดลองนี้

2.9.4 หลังคาเหล็ก

หลังคาเหล็กที่ใช้สำหรับสร้างบ้านนั้น โดยทั่วไปจะเป็นเหล็กชนิดเดียวกัน ต่างกันตรงที่ความหนา และสารที่นำมาเคลือบเพื่อกันสนิมให้กับแผ่นหลังคาเหล็กเท่านั้น ซึ่งอย่างที่รู้กันว่าเหล็กที่มีความหนาน้อยกว่าย่อมจะนำความร้อนได้ดีและเร็วกว่าเหล็กที่มีความหนามากกว่า

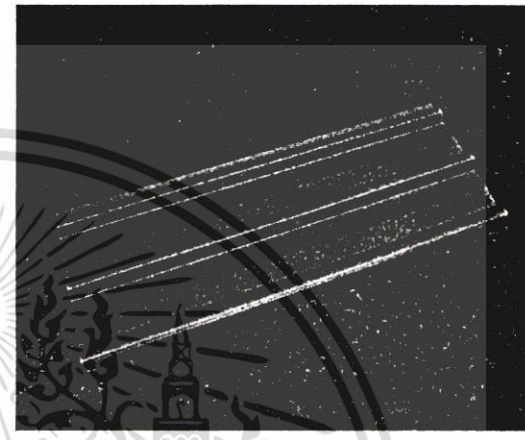
ในประเทศไทยหลังคาเหล็กที่เป็นที่นิยมสำหรับใช้สร้างบ้าน มีด้วยกันอยู่ 2 ชนิดคือ

- หลังคาเหล็กชุบสังกะสี
- หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาเหล็กชุบสังกะสี จะมีราคาถูกกว่าหลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม แต่ความทนทานต่อการขึ้นสนิมนั้น หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียมจะดีกว่า อยู่ที่ผู้เลือกใช้จะใช้งานอย่างไร และมีงบประมาณมากน้อยเท่าไหร่

ดังนั้นในการทดลองเพื่อกำหนดตัวแปรของการวิจัย จึงนำหลังคาเหล็ก 2 ชนิดมาทดลองเปรียบเทียบกัน โดยเลือกใช้ความหนาที่บางที่สุดของหลังคาทั้ง 2 ชนิด



ภาพที่ 2.12 หลังคาเหล็กชุบสังกะสี หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 สมมติฐานในการวิจัย

3.1.1 วิธีการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"จะลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคา ได้ดีกว่า ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

3.1.2 ขนาดความหนาของน้ำในถุง มีผลต่อการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

3.1.3 เวลาเปิด-ปิดของฉนวน มีผลต่อการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ทำการทดลองกับหน่วยทดลองขนาดเล็กก่อน เพื่อให้ทราบถึงแนวทาง ปัญหา และข้อจำกัดต่าง ๆ ก่อนที่จะทำการทดลองกับหน่วยทดลองขนาดใหญ่ เพื่อให้เกิดปัญหาและข้อผิดพลาดน้อยที่สุด เมื่อทำการทดลองกับหน่วยทดลองขนาดใหญ่

3.2.2 กำหนดรูปแบบการทดลองเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล คือ เลือกที่จะทำการทดลองเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอ้างอิง ขนาดเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน และ ในสภาพภูมิอากาศเดียวกัน

3.2.3 การตรวจวัดและบันทึกข้อมูล โดยจะเก็บบันทึกข้อมูลที่ความถี่ ทุก ๆ 5 นาทีตลอดทั้งวันและคืน

3.2.4 เครื่องมือในการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น

- datalogger opus 200 , 208
- สายต่อวัดอุณหภูมิ
- เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
- เครื่อง universal use ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่องการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขอบเขตการวิจัย

3.3.1 การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาการทำความเย็นให้แก่อาคารโดยวิธีการแผ่รังสี (radiant cooling) แบบ "สกายเทิร์ม" (skytherm)

3.3.2 เป็นการวิจัยที่ให้ความสำคัญแก่ส่วนของหลังคาเท่านั้น ดังนั้นเพื่อลด ผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนทางด้านผนังทั้ง 4 ด้าน จึงเลือกใช้ผนังทึบพร้อมติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้แก่ผนังทั้ง 4 ด้าน ส่วนด้านล่างเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากพื้น จึงยกหน่วยทดลองให้สูงขึ้นจากพื้น และติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ภายใน

3.3.3 เลือกศึกษาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ "สกายเทิร์ม" ที่สามารถหาได้ทั่วไปภายในประเทศไทย

3.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแปรแต่ละชนิด ที่นำมาใช้ในการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม "

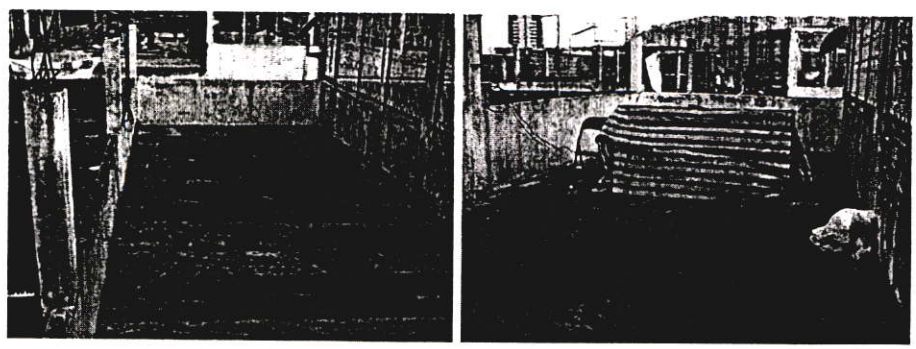
3.3.5 ศึกษาเพื่อใช้เฉพาะอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร

3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

กำหนดการศึกษาตัวแปรและรูปแบบการทดลองเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล โดยแยกได้ดังนี้

3.4.1 เลือกทำเลที่ตั้งในการทำการทดลอง

ทำเลที่ตั้งในการทำการทดลองมีผลต่อการทดลองเป็นอย่างมาก เพราะอาจจะมีปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามามีผลต่อการทดลอง เช่น ร่มเงาของต้นไม้ หรือ ร่มเงาของอาคารข้างเคียง ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองที่ได้ ผิดไปจากความเป็นจริง ดังนั้นสถานที่ที่จะใช้ในการทำการทดลองต้องเป็นพื้นที่ที่ได้รับแสงอาทิตย์ส่องทั้งวันโดยไม่ได้รับผลกระทบจากร่มเงาของต้นไม้ หรือ อาคารข้างเคียง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง และ คอยดูแลเครื่องมืออุปกรณ์การวัด อีกทั้งสะดวกในการทำการทดลอง จึงเลือกใช้พื้นที่บนดาดฟ้าของอาคารตึกแถว 5 ชั้น บนถนนสุขุมวิท ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากร่มเงาของต้นไม้ หรือ อาคารข้างเคียง



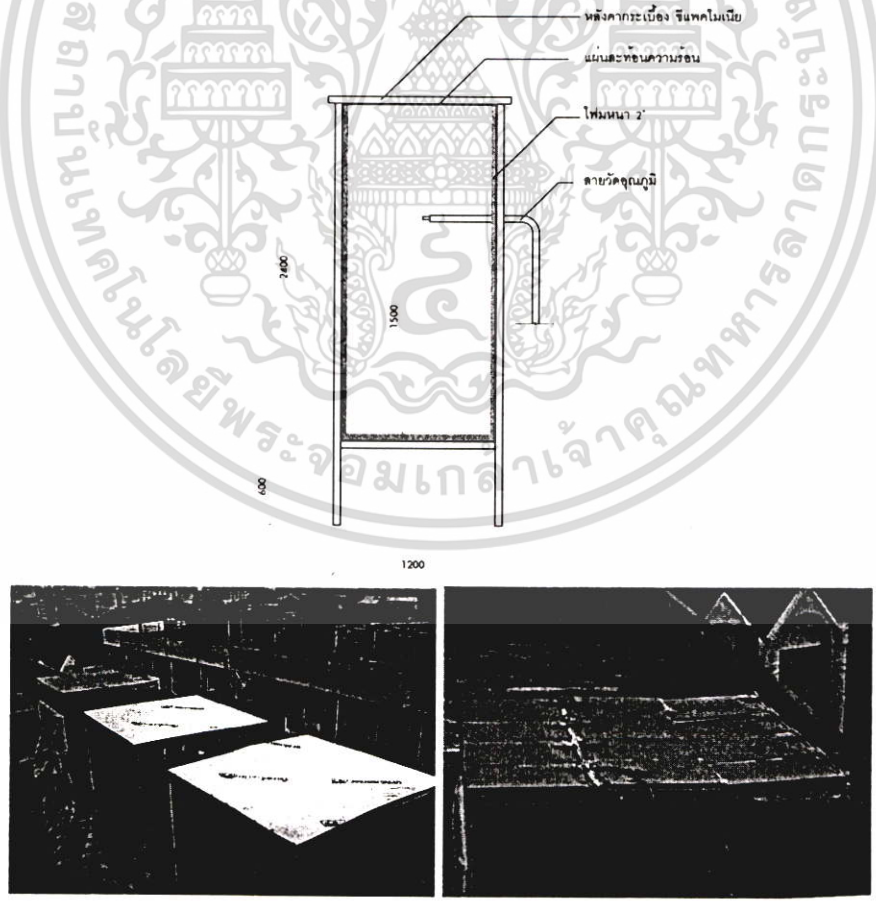
ภาพที่ 3.2 สถานที่ตั้ง ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 **เลือกหน่วยทดลองอ้างอิง**

การทดลองเพื่อให้ได้รู้ประสิทธิภาพของหลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" อย่างชัดเจน ควรจะมีหน่วยทดลองอีก 1-2 ตัวเพื่อใช้ในการอ้างอิง เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ โดยใช้หุ่นจำลองขนาด 120 x 120 x 240 เซนติเมตร อยู่สูงจากพื้น 60เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวนำมาเปรียบเทียบกัน เพราะเป็นการวิจัยที่ให้ความสำคัญแก่ส่วนของหลังคาเท่านั้น ดังนั้น เพื่อลด ผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนทางด้านผนังทั้ง 4 ด้าน จึงเลือกใช้ผนังทึบพร้อมติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้แก่ผนังทั้ง 4 ด้าน ส่วนด้านล่างเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากพื้น จึงยกหุ่นจำลองให้สูงขึ้นจากพื้น และติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ภายในโดยที่

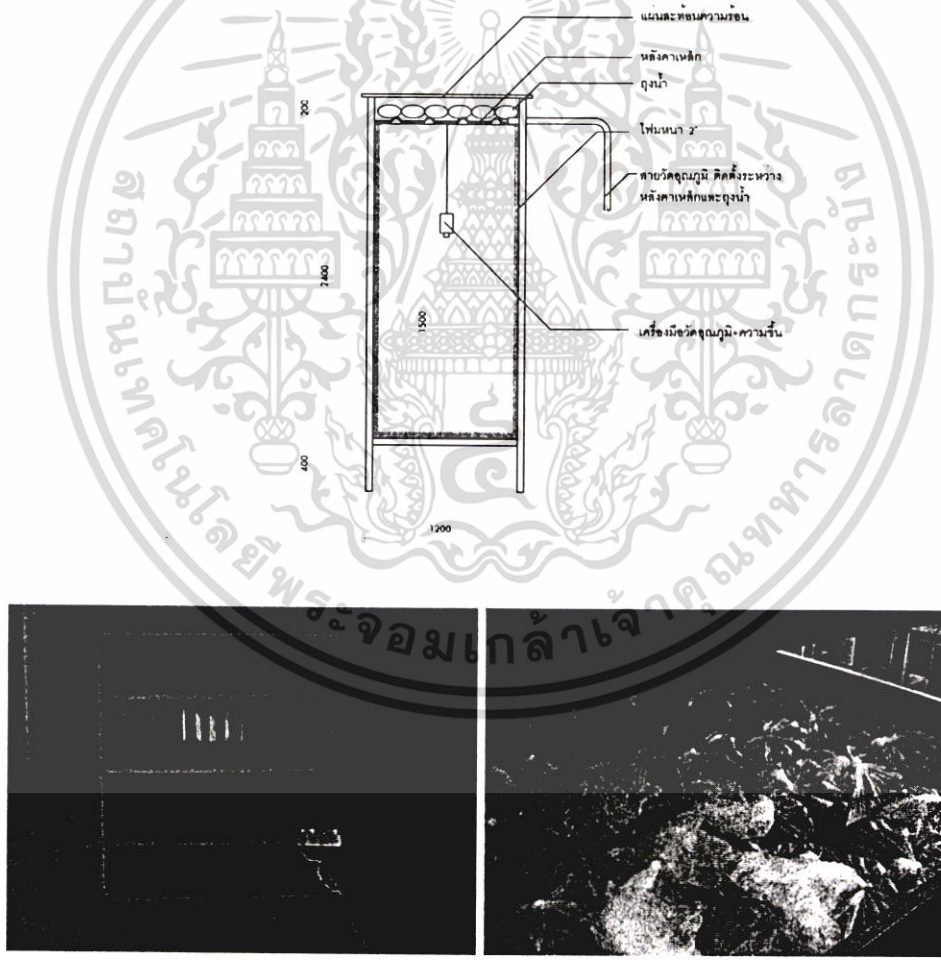
- หน่วยทดลองที่ 1 ส่วนบนของหุ่นจำลองเลือกใช้ หลังคาโมเนีย เพราะเห็นว่าเป็นหลังคาที่บ้านพักอาศัยจำนวนมากเลือกใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนและฉนวนกันความร้อนใยแก้วหนา 4 นิ้ว ปิดรอยต่อต่าง ๆ ด้วยซิลิโคน เพื่อไม่ให้มีความร้อนผ่านเข้ามาทางรอยต่อ ภายในหุ่นจำลองติดตั้งสายวัดอุณหภูมิไว้ สูงจากพื้นหุ่นจำลอง 150 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.3 หน่วยทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

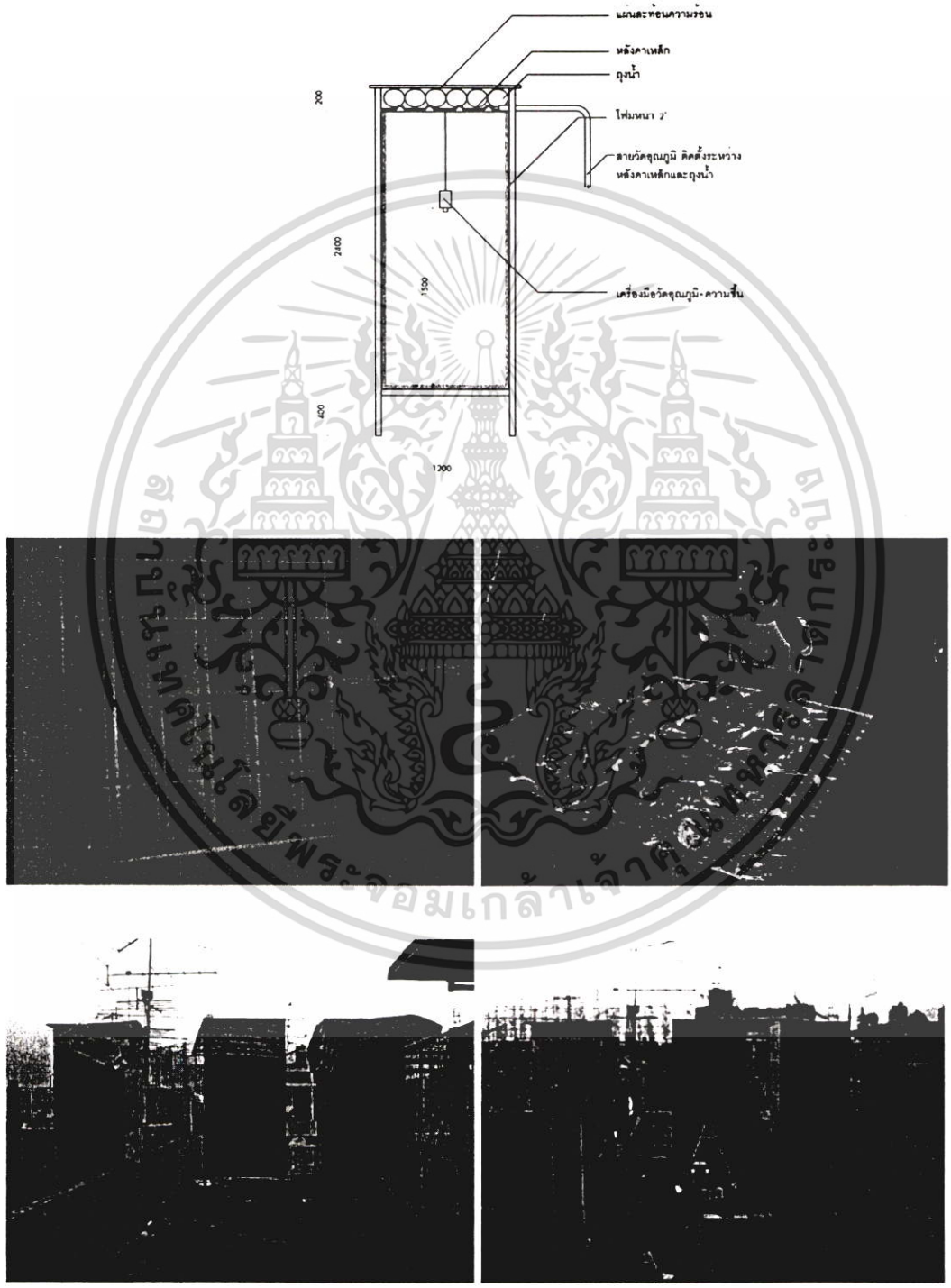
- หน่วยทดลองที่ 2 ส่วนบนของหุ่นจำลองเป็นหลังคาเหล็กลอนวางบนโครงเคร่าไม้ โดยปิดรอยต่อด้วยซิลิโคนเพื่อไม่ให้มีความร้อนผ่านเข้ามาทางรอยต่อ ด้านบนของหลังคาเหล็กนำถุงพลาสติก ที่บรรจุน้ำมาวางลงบนหลังคาเหล็กจนเต็มพื้นที่หลังคาเหล็ก พยายามให้ถุงน้ำอยู่ชิดกันให้มากที่สุด เพื่อไม่ให้มีพื้นที่ว่างที่ความร้อนสามารถผ่านลงไปได้ ภายในหุ่นจำลอง ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ สูงจากพื้นหุ่นจำลอง 150 เซนติเมตร ส่วนบนสุดเป็นฉนวนกันความร้อนที่สามารถเคลื่อนที่เปิด-ปิดได้ โดยใช้แผ่นสะท้อนความร้อนกรุบนแผ่นไม้อัดหนา 3 มม. เพื่อความแข็งแรงและเคลื่อนย้ายได้ง่าย เพราะจะปิดฉนวนนี้ในช่วงเวลากลางวันเพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ส่วนเวลากลางคืนจะเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนนี้ออกเพื่อให้น้ำในถุงที่มีอุณหภูมิสูง ได้คายความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้า



ภาพที่ 3.4 หน่วยทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม"เหมือนกับหน่วยทดลองที่ 2 แต่ต่างกันตรงตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน เช่น ชนิดของหลังคาเหล็ก, ความหนาของน้ำที่บรรจุในถุง, เวลาเปิด-ปิด ฉนวน เป็นต้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ 2



ภาพที่ 3.5 หน่วยทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 **กำหนดรูปแบบการทดลอง**

การเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น ของหน่วยทดลองทั้ง 3 และ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ เพื่อสามารถนำค่านั้นมาเปรียบเทียบอ้างอิงกันได้อย่างถูกต้อง จะทำการเก็บค่าในเวลาเดียวกัน เป็นเวลา 2 วันต่อการทดลอง 1 สมมติฐาน

โดยจะมีเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ 1 ตัว ใช้เครื่อง universal use ติดตั้งพร้อม shield เพื่อป้องกันผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เครื่องวัดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ 1 ตัว หน่วยทดลองที่ 1 ติดตั้งสายวัดอุณหภูมิไว้ภายใน อยู่ตำแหน่งกลางหน่วยทดลอง 1 เส้น ส่วนหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ติดตั้งสายวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่างหลังคาเหล็กและถุงน้ำ 1 เส้น ภายในติดตั้งเครื่อง universal use 1 เครื่องเพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นภายใน โดยวางอยู่ตำแหน่งกลางหน่วยทดลองเช่นเดียวกับ หน่วยทดลองที่ 1

3.4.4 **กำหนดรูปแบบการศึกษาตัวแปร**

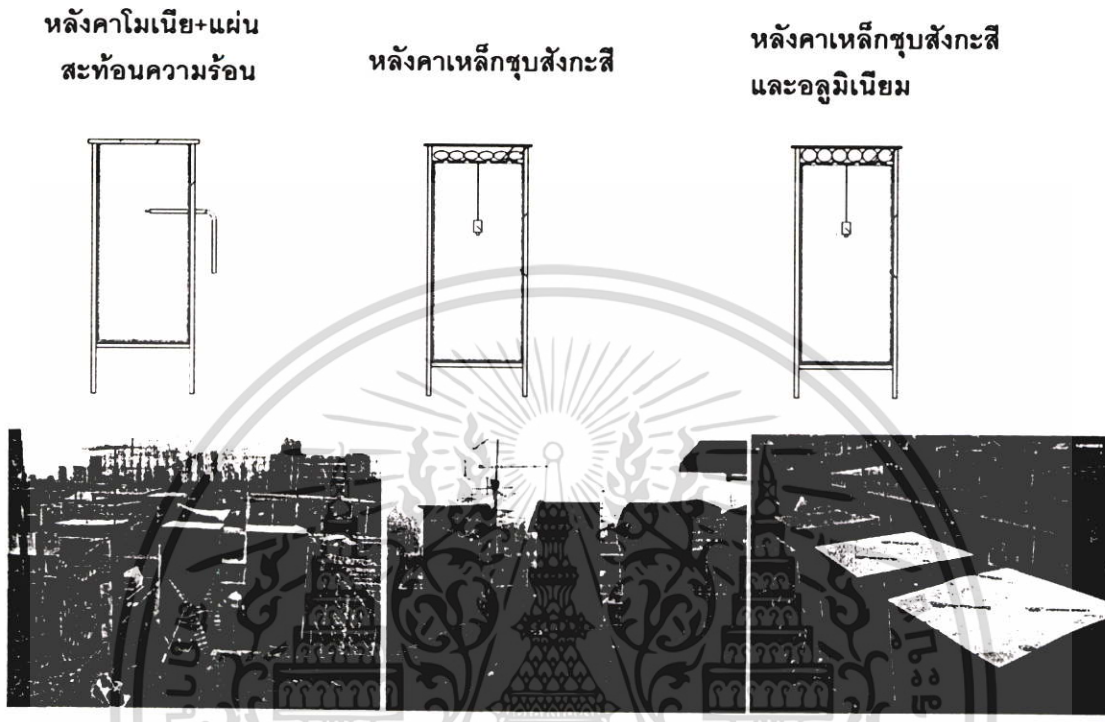
ขั้นตอนแรกจะทำการวัดอุณหภูมิ พร้อมกันกับ ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ณ สถานที่ทำการทดลอง เป็นเวลา 2 วัน พิจารณาเปรียบเทียบ ระหว่างอุณหภูมิอากาศ กับ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ว่ามีการสอดคล้องกันอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดฉนวนสะท้อนความร้อนของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ต่อไป เมื่อได้ช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้ว จะติดตั้งหน่วยทดลองทั้ง 3 ตัวให้วางเรียงกันในแนวแกนของ ทิศเหนือ-ใต้ และเว้นที่ให้ห่างกันพอสมควร เพื่อไม่ให้หน่วยทดลองแต่ละตัวมีผลต่อกัน พร้อมติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ภายในหน่วยทดลองให้เรียบร้อย

3.4.5 **ขั้นตอนการทดลอง**

กำหนดรูปแบบการทดลอง และ ตัวแปรของการทดลอง ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อต้องการพิสูจน์ทราบ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป โดยแบ่งเป็นการทดลองดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิดที่ใช้หลักการ"สกายเทิร์ม"(หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน(หน่วยทดลองที่ 1)



ภาพที่ 3.6 การทดลองที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิดที่ใช้หลักการ"สกายเทิร์ม"

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน

หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" **หลังคาเหล็กชุบสังกะสี** และ ความหนาของน้ำในถุงคือ 10 เซนติเมตร

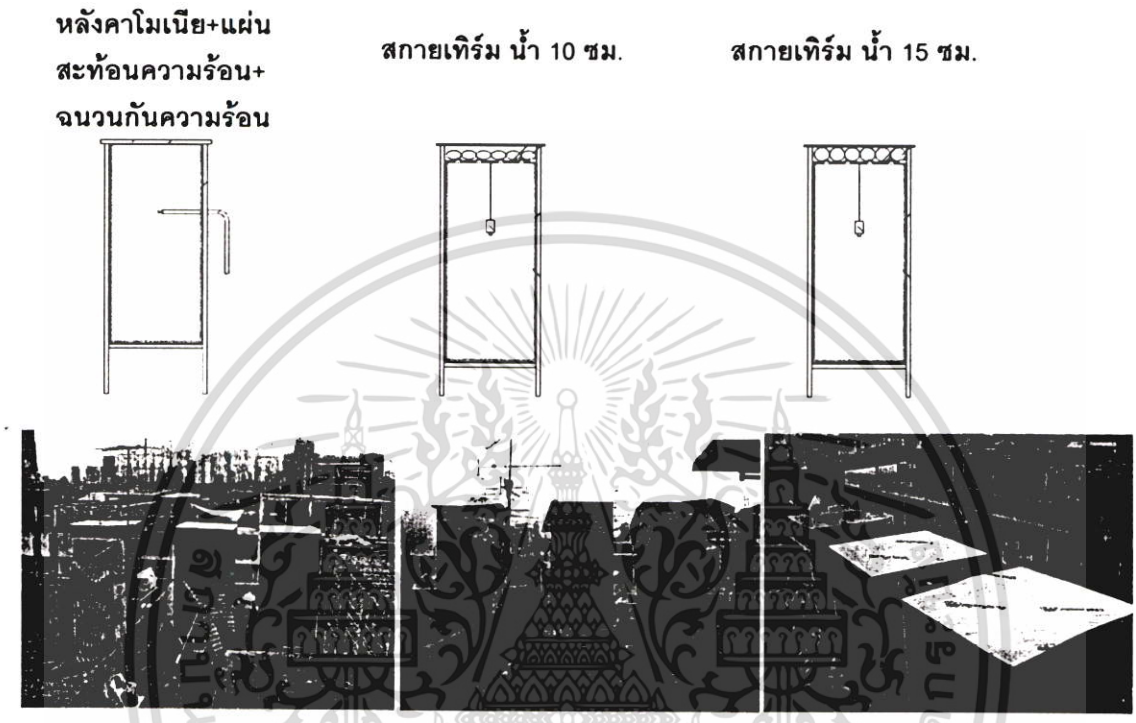
หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" **หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม** และ ความหนาของน้ำในถุงคือ 10 เซนติเมตร

ทำการติดตั้งและเริ่มวัดค่า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น. จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนให้กับหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ทั้ง 2 หน่วยทดลองเพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเวลา 18.00 น. จึงทำการเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนทั้ง 2 หน่วยทดลอง เพื่อให้น้ำในถุงแผ่รังสีความร้อนคืนให้ท้องฟ้า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น.ของวันใหม่จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ และหาตัวแปรใหม่ ทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง สำหรับหน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" (หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน (หน่วยทดลองที่ 1) โดย



ภาพที่ 3.7 ภาพการทดลองที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และเพิ่ม **ฉนวนกันความร้อนใยแก้วหนา** 4 **นิ้ว**

หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ** 10 **เซนติเมตร**

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ** 15 **เซนติเมตร**

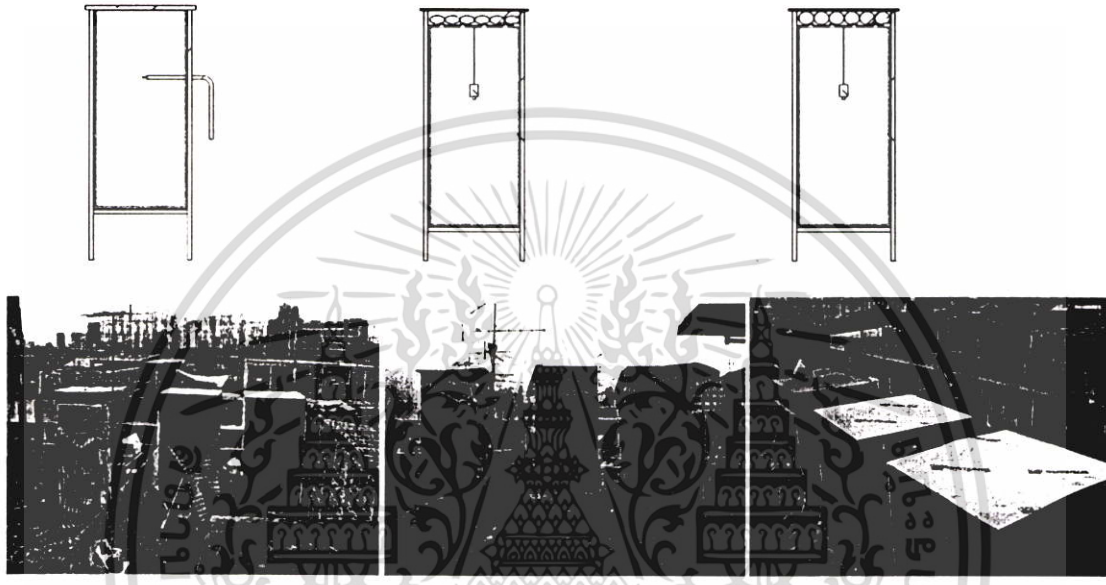
ทำการติดตั้งและเริ่มวัดค่า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น. จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนให้กับหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ทั้ง 2 หน่วยทดลองเพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเวลา 18.00 น. จึงทำการเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนทั้ง 2 หน่วยทดลอง เพื่อให้น้ำในถุงแผ่รังสีความร้อนคืนให้ท้องฟ้า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น.ของวันใหม่จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ และหาตัวแปรใหม่ ทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศ และ น้ำที่ไม่มีอากาศที่บรรจุอยู่ในถุงของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" (หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน(หน่วยทดลองที่ 1) โดย

หลังคาโมเนีย+แผ่นสะท้อนความร้อน+ฉนวนกันความร้อน | **สกายเทิร์ม น้ำ 15 ซม.+ช่องว่างอากาศ 5 ซม.** | **สกายเทิร์ม น้ำ 15 ซม.**



ภาพที่ 3.8 การทดลองที่ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศและน้ำที่ไม่มีอากาศที่บรรจุอยู่ในถุง

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และ ฉนวนกันความร้อนใยแก้วหนา 4 นิ้ว

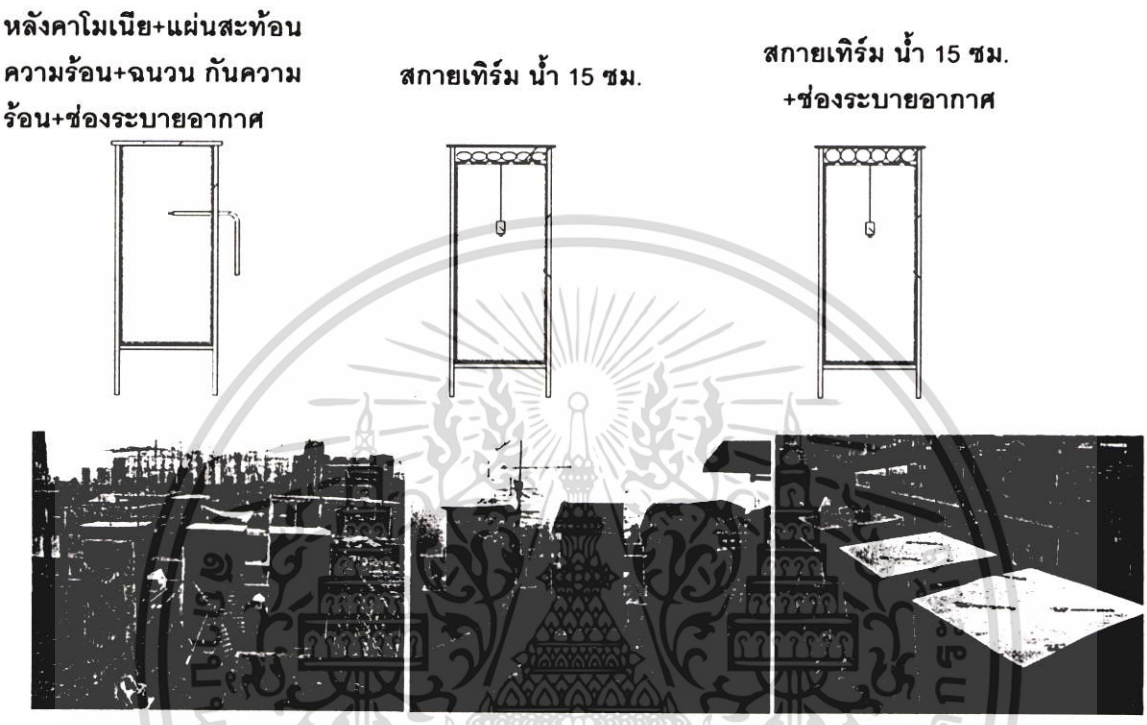
หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุงคือ 15 เซนติเมตร และมีช่องว่างอากาศอยู่ในถุงหนา 5 เซนติเมตร**

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุงคือ 15 เซนติเมตร**

ทำการติดตั้งและเริ่มวัดค่า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น. จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนให้กับหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ทั้ง 2 หน่วยทดลองเพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเวลา 18.00 น. จึงทำการเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนทั้ง 2 หน่วยทดลองเพื่อให้น้ำในถุงแผ่รังสีความร้อนคืนให้ท้องฟ้า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น.ของวันใหม่จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนอีกครั้งหนึ่ง นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ และหาตัวแปรใหม่ทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลักการ"สกายเทิร์ม"ที่มีช่องระบายอากาศ กับ หลักการ "สกายเทิร์ม" (หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน (หน่วยทดลองที่ 1) โดย



ภาพที่ 3.9 การทดลองที่ 4 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลักการ "สกายเทิร์ม" ที่มีช่องระบายอากาศ

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และ ฉนวนกันความร้อนใยแก้วหนา 4 นิ้ว พร้อมเจาะช่องระบายอากาศใต้หลังคา

หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ ความหนาของน้ำในถุง คือ 15 เซนติเมตร

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ ความหนาของน้ำในถุง คือ 15 เซนติเมตร พร้อม เจาะช่องระบายอากาศใต้หลังคา

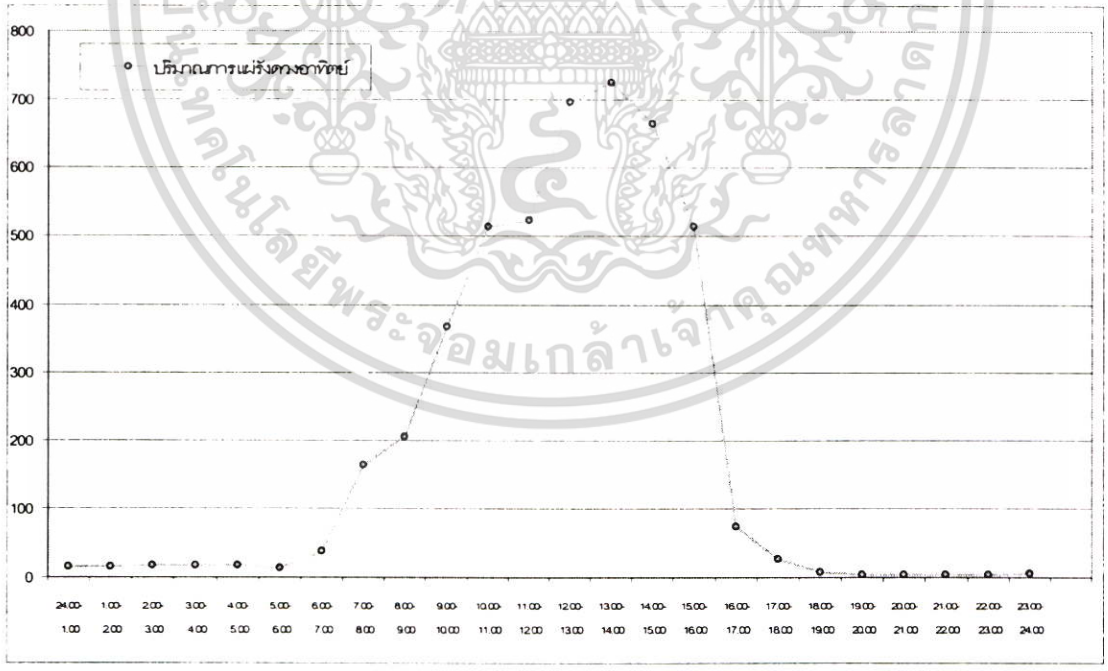
ทำการติดตั้งและเริ่มวัดค่า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น. จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนให้กับหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" หน่วยทดลองที่ 2 เพื่อป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเวลา 18.00 น. จึงทำการเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนเพื่อให้น้ำในถุงแผ่รังสีความร้อนคืนให้ท้องฟ้า จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น.ของวันใหม่จึงทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนอีกครั้งหนึ่ง ส่วนหน่วยทดลองที่ 3 ที่มีช่องระบายอากาศใต้หลังคา จะทำการปิดฉนวนสะท้อนความร้อนไว้ตลอดเวลา นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองเบื้องต้น

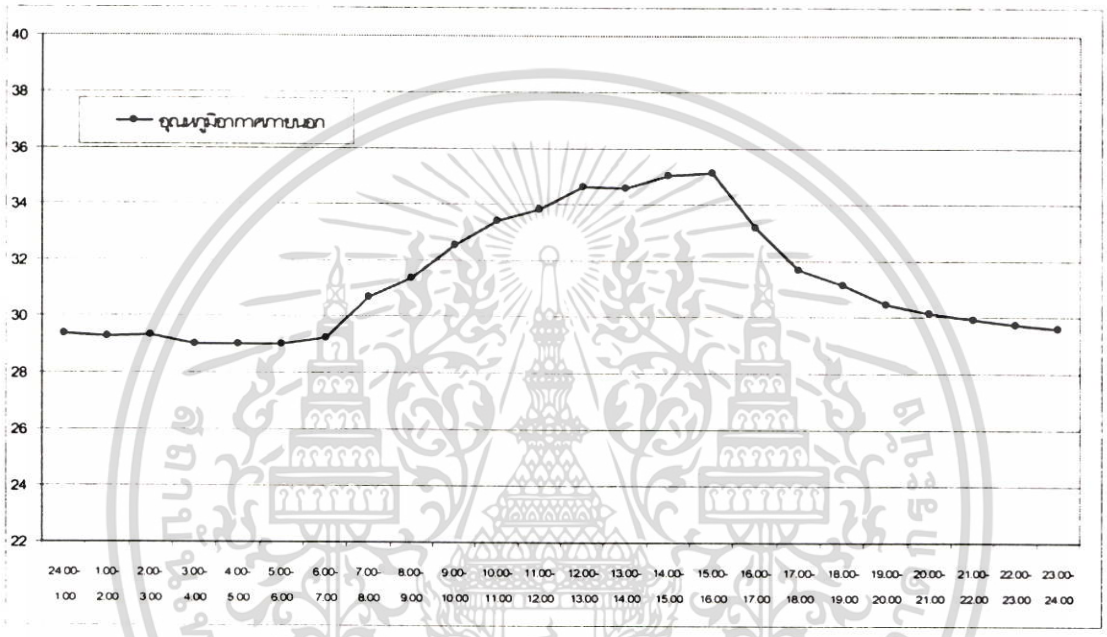
เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิด ฉนวนตามหลักการ การทำความเย็นโดยวิธีการกาแผ่รังสี แบบ "สกายเทิร์ม" นั้น จึงเริ่มต้นด้วยการเก็บค่าปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในวันและเวลาเดียวกัน เมื่อนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟจะเห็นได้ว่า กราฟปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้น ช่วงเวลาที่ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่มมีปริมาณมากคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 6 โมงเช้าเป็นต้นไปและจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีปริมาณการแผ่รังสีมากที่สุดของวัน คือช่วงเวลา 12.00-13.00 น. หลังจากนั้นก็จะลดปริมาณการแผ่รังสีลงทีละน้อย จนกระทั่งเวลา 16.00 น. จากกราฟจะเห็นได้ว่า การลดปริมาณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มีมาก จนกระทั่งถึงเวลา 18.00 น. การแผ่รังสีจะลดลงและค่อนข้างคงที่ในปริมาณที่น้อยโดยที่ช่วงเวลาที่การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีน้อยที่สุดคือ ช่วงเวลา 19.00-20.00 น. และปริมาณการแผ่รังสีจะมีค่าน้อยจนกระทั่งถึง 6.00 น. ของวันใหม่ ดังจะเห็นได้จากกราฟ



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ วันที่ 29 เมษายน 2548 เวลา 24.00-23.59 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอุณหภูมิอากาศ เมื่อนำค่าที่เก็บได้มาวิเคราะห์ และเขียนกราฟ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศเริ่มสูงขึ้นจากที่ค่อนข้างคงที่ในเวลากลางคืนคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. เป็นต้นไป และจะสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงคือช่วงเวลาบ่าย ตั้งแต่เวลา 12.00 น. จนถึงเวลา 16.00 น. ส่วนช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ ช่วง 14.00-15.00 น. ของวัน ช่วงเวลา 16.00 น. อุณหภูมิอากาศจะเริ่มลดลงอย่างมาก และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งช่วง 6.00 น. ของวันใหม่อุณหภูมิอากาศจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก วันที่ 29 เมษายน 2548เวลา 24.00-23.59 น.

จากหลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี แบบ "สกายเทิร์ม" นั้น ในช่วงเวลากลางวันเป็นช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จึงจำเป็นต้องปิดฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนให้แก่น้ำในถุง และ ในตอนกลางคืนเมื่อปริมาณการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ลดลงและอุณหภูมิของอากาศมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำในถุง จึงทำการเปิดฉนวนเพื่อให้ถุงน้ำคายความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้า ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมสำหรับปิดฉนวนน่าจะเป็นเวลาก่อน 6.00 น. เพราะเป็นเวลาที่ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ยังไม่มาก และ ช่วงเวลาที่น่าจะทำการเปิดฉนวน คือช่วงเวลาระหว่าง 16.00-18.00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดของวัน ส่วนช่วงเวลาใดจะให้ผลที่ดีกว่ากัน จะทำการทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมต่อไป

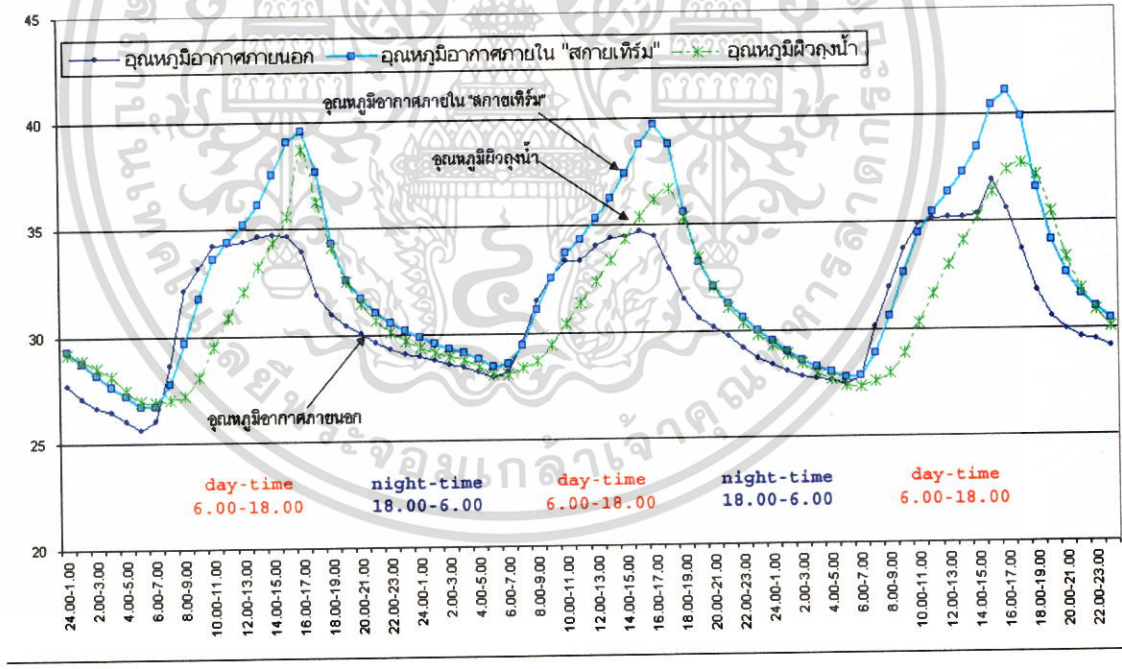
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดฉนวน ของหลักการ การทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

จากกราฟค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน สามารถทราบได้ว่า การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้นจะเริ่มมีค่ามากขึ้นตั้งแต่เวลา 6.00 น. ของทุกวัน และ จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงเวลา 12.00 น. จะมีค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มากที่สุดของวัน หลังจากนั้นค่าการแผ่รังสีจะเริ่มลดลงอย่างมากช่วงเวลา 16.00 น. จนมีค่าต่ำสุดเวลา 18.00 น. ไปจนถึง 6.00 น. ของวันใหม่ ทำให้สามารถทราบถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดฉนวนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง **ช่วงเวลาที่เหมาะกับการปิดฉนวน คือช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. เป็นต้นไป** เพราะว่าค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่ม เวลา 6.00 น.

ช่วงเวลาที่เหมาะกับการเปิดฉนวน มีอยู่ 2 ช่วงเวลาที่น่าสนใจ คือ

- **ช่วง 16.00 น.** เพราะเป็นช่วงเวลาที่ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีค่าลดลงอย่างมาก (แต่ยังไม่ถึงค่าต่ำสุด)
- **ช่วง** 18.00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีค่าต่ำสุดก่อนจะมีค่าต่ำคงที่ไปจนถึง 6.00 น. ของวันใหม่



ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง"สกายเทิร์ม"

จากการเปิดฉนวนในเวลาที่ต่างกัน (การทดลองเบื้องต้น วันที่ 1พ.ค.48 ถึง 3 พ.ค. 48) ในวันแรกได้ทำการทดลองใช้หลักการการทำความเย็นแบบ "สกายเทิร์ม" โดยกำหนดเวลาปิดฉนวน คือ ในช่วงเช้าเวลา 6.00 น. และเวลาเปิดฉนวนในช่วงเย็น เวลา 16.00 น. เพื่อเปรียบเทียบกับ ในวันที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกำหนดเวลาปิดฉนวน คือในช่วงเช้า เวลา 6.00 น.(เหมือนวันแรก) และเวลาเปิดฉนวนในช่วงเย็น 18.00 น. ผลการทดลอง จากกราฟพบว่า ในวันแรกหลังจากทำการเปิดฉนวนออกเพื่อต้องการให้ความร้อนภายในถุงน้ำ ได้แผ่รังสีคืนท้องฟ้านั้น ปรากฏว่า อุณหภูมิผิวของถุงน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างเร็วมาก และมีผลทำให้ อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากถึงแม้ว่าปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะมีค่าลดลงอย่างมากในช่วงเวลานี้ แต่ก็ยังมีแสงอาทิตย์อยู่ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบก็ยังคงสูงกว่าช่วง 18.00 น. เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่สอง ซึ่งทำการเปิดฉนวนออกในเวลา 18.00 น.นั้น อุณหภูมิผิวของถุงน้ำนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งทำให้ อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม"ไม่มีผลกระทบมาก **ดังนั้นจึงเลือกเวลา 18.00 น. เป็นเวลาที่เหมาะสมในการเปิดฉนวนสะท้อนความร้อนให้แก่หลักการ "สกายเทิร์ม" เพื่อแผ่รังสีความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้าสำหรับการทดลองนี้**

4.2 การทดลองที่ 1

เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิดที่ใช้หลักการ"สกายเทิร์ม"(หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และเปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน (หน่วยทดลองที่ 1)

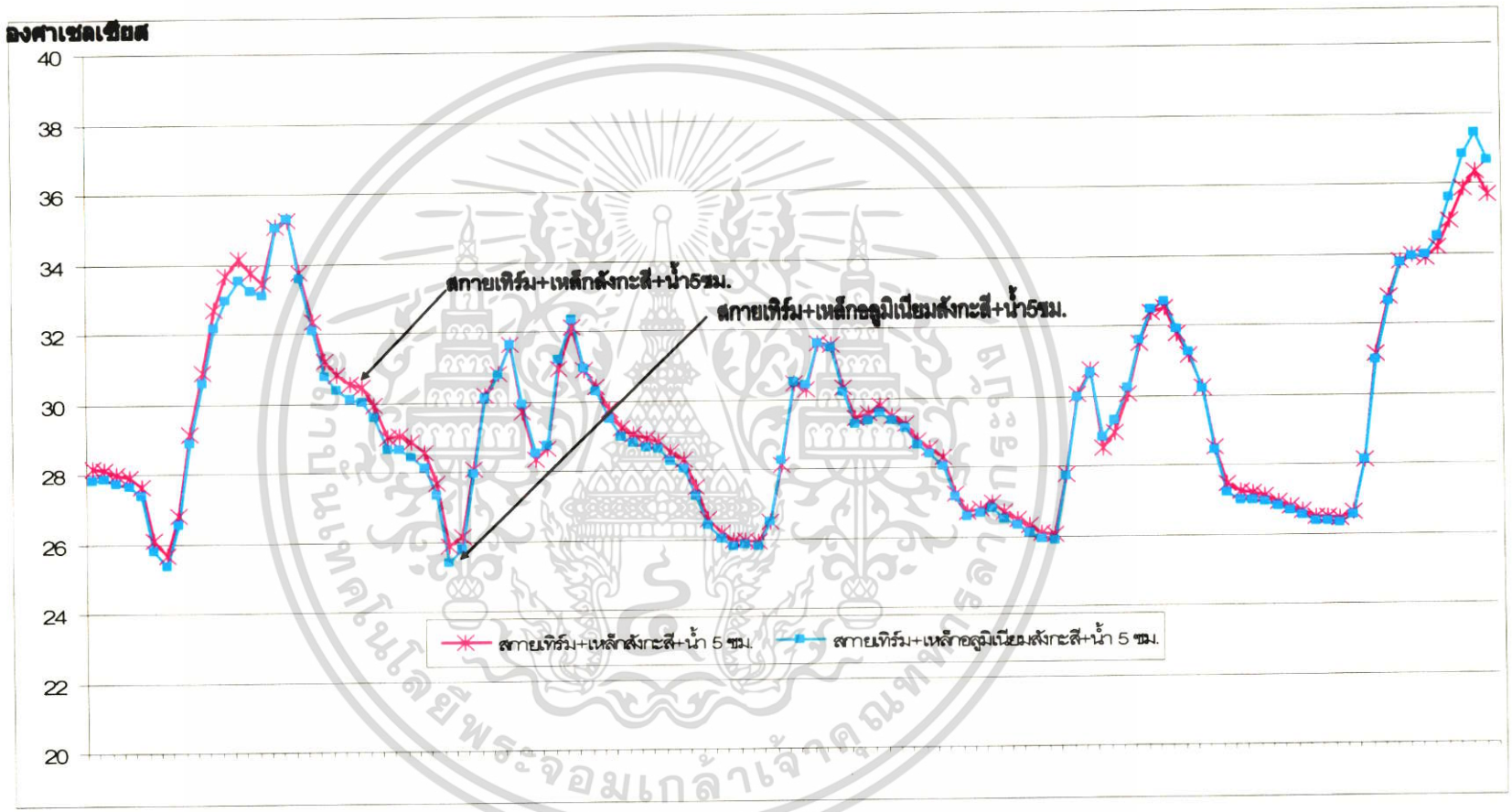
ภาพที่ 4.4 การทดลองที่ 1 หาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลังคาเหล็ก 2 ชนิด

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน

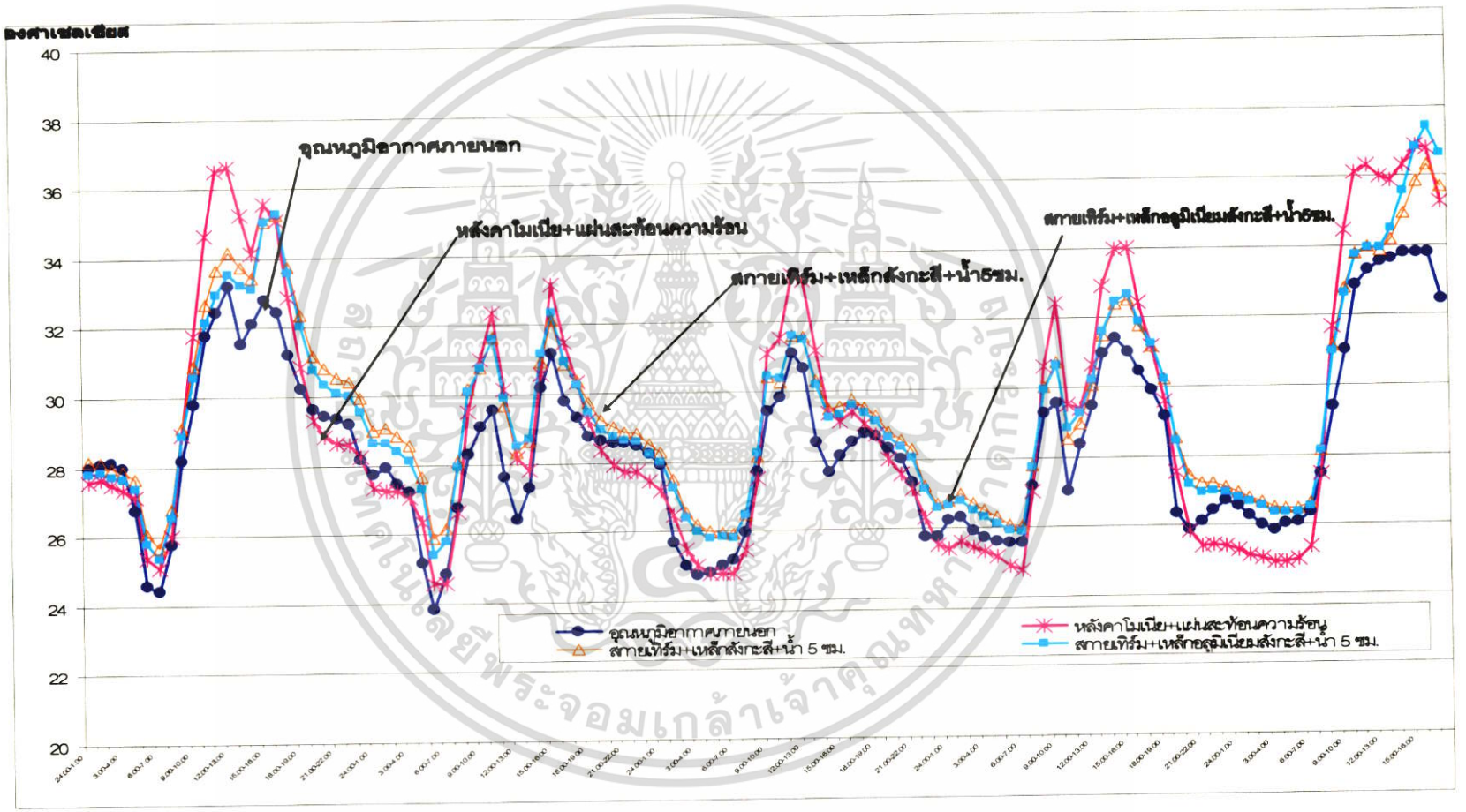
หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" **หลังคาเหล็กชุบสังกะสี** และ ความหนาของน้ำในถุงคือ 10 เซนติเมตร

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" **หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม** และความหนาของน้ำในถุงคือ 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของหลังคาโมเนีย+แผ่นสะท้อนความร้อน , หลังคาเหล็กชุบสังกะสี และ หลังคาเหล็กชุบอลูมิเนียม และสังกะสี ที่ใช้หลักการ



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของหลังคาเหล็กชุบสังกะสี กับ หลังคาเหล็กชุบอลูมิเนียมและสังกะสีที่ใช้หลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ

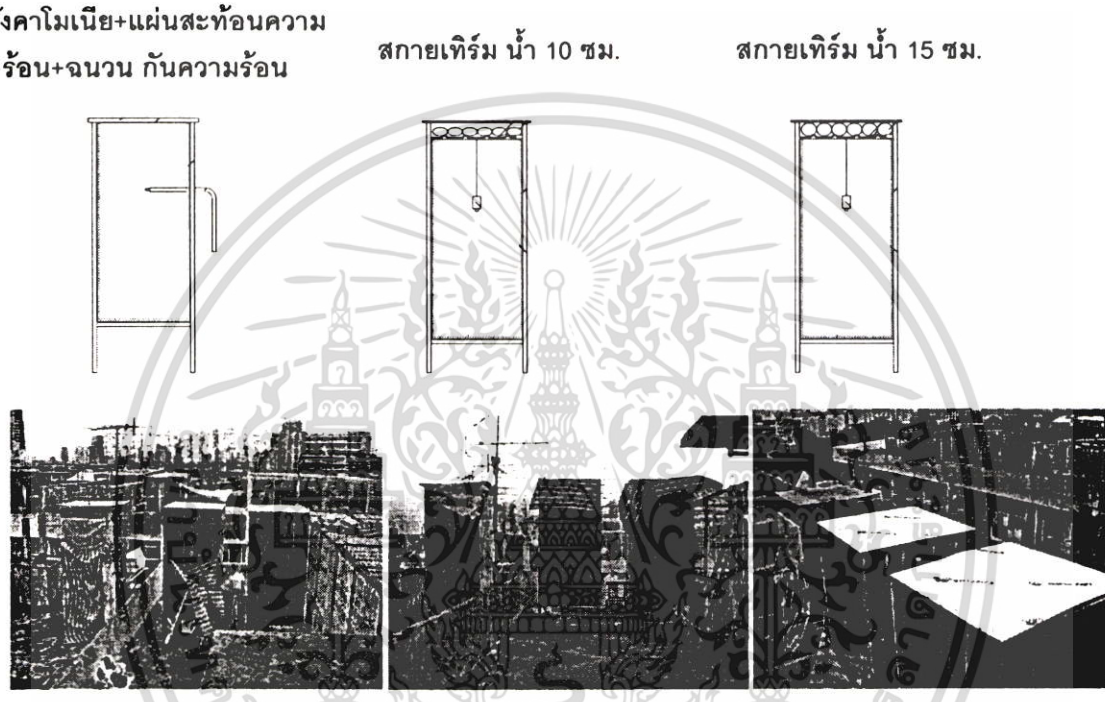
จากผลการทดลองที่ได้นำมาทำกราฟ พบว่าหลังคา 2 ชนิดที่นำมาเปรียบเทียบกันระหว่างหลังคาเหล็กชุบสังกะสี กับ หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม นั้นผลที่ได้ออกมาไม่มีความแตกต่างกันเท่าไหร่ เพราะว่าหลังคาเหล็กทั้ง 2 ชนิดนั้นเป็นเหล็กที่มีความหนาเท่ากัน และเป็นเหล็กชนิดเดียวกัน ต่างกันตรงสารที่นำมาชุบ ซึ่งหลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียมนั้น จะมีความทนทานต่อการเกิดสนิมได้ดีกว่า (เป็นสนิมได้ยากกว่า)หลังคาเหล็กชุบสังกะสี แต่จะมีราคาสูงกว่า แล้วแต่ผู้ใช้ว่ามีความสามารถ และความจำเป็นแค่ไหนในการเลือกหลังคาทั้ง 2 ชนิดไปใช้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้หลังจากได้ผลออกมาแล้ว และไม่เกิดความแตกต่างระหว่างหลังคาทั้ง 2 ชนิดที่นำไปใช้ในการทดลอง หลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ดังนั้นจึงเลือกใช้ หลังคาเหล็กชุบสังกะสีและอลูมิเนียม ในการทดลองครั้งนี้ เพราะสามารถทนต่อการเกิดสนิมได้ดีกว่า

ส่วนผลการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบทุกหน่วยทดลองนั้น พบว่า หน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" นั้นจะมีอุณหภูมิภายใน ต่ำกว่า หน่วยทดลองที่ 1 (หน่วยทดลองที่ติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และ หลังคาโมเนีย) ที่แทนอาคารพักอาศัยในปัจจุบัน แต่จะต่ำกว่าในช่วงเวลา ตั้งแต่ 9.00 -17.00 น. เท่านั้น แต่หลังจากนั้น ตั้งแต่เวลา 17.00 – 9.00 น.ของวันใหม่ หน่วยทดลองที่ 1 จะมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่า ซึ่งเป็นไปได้ว่าปริมาณของน้ำไม่เพียงพอต่อการป้องกันความร้อนไว้ได้ตลอดทั้งวัน จึงทำให้ช่วงเวลาหลังจาก 17.00 น.นั้นเมื่อความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ยังมีอยู่และส่งผ่านมาที่ถุงน้ำ และเมื่อน้ำไม่สามารถเก็บความร้อนได้อีก เพราะมีปริมาณไม่เพียงพอ จึงส่งผ่านความร้อนลงไปยังภายในหน่วยทดลอง จึงทำให้อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" สูงขึ้น ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไป จะทำการเพิ่มปริมาณของน้ำในถุงให้มีปริมาณมากขึ้นเพื่อดูความแตกต่าง และตอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ของการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 2

เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน **เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง** สำหรับหน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" (หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน (หน่วยทดลองที่ 1) โดย



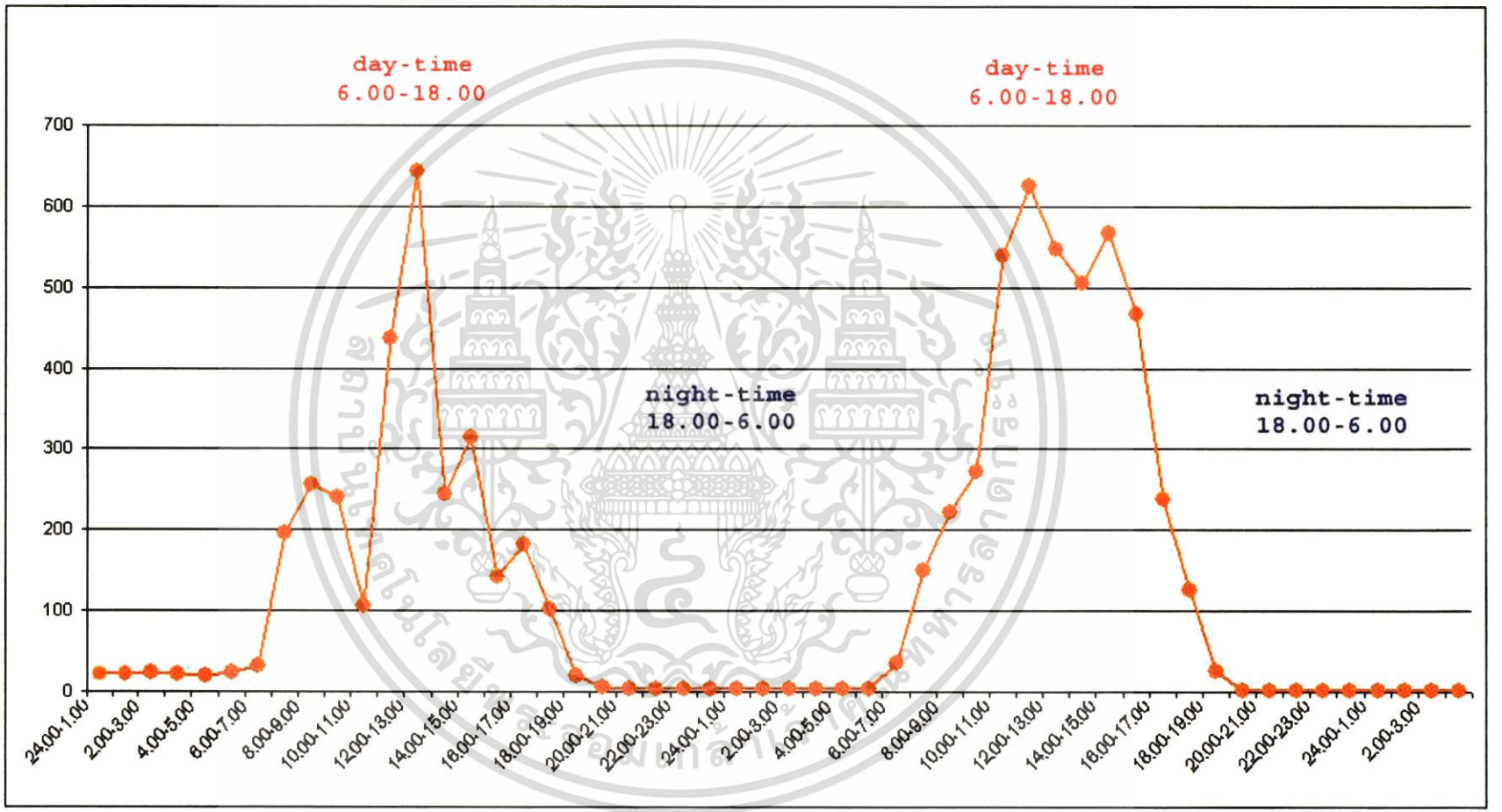
ภาพที่ 4.7 การทดลองที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของขนาดน้ำในถุง

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และเพิ่ม **ฉนวนกันความร้อน** ใยแก้วหนา 4 **นิ้ว**

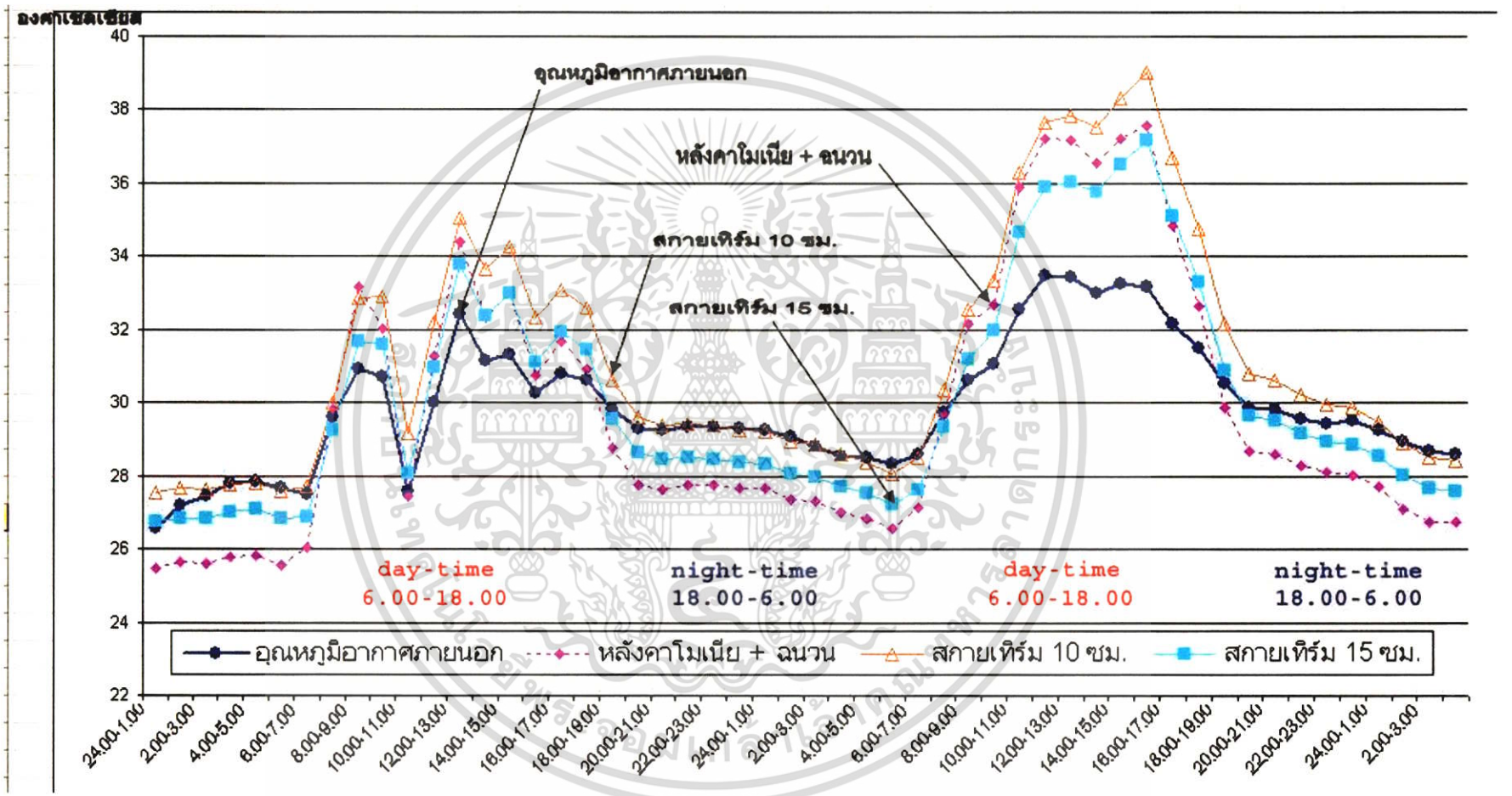
หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ** 10 **เซนติเมตร**

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ** 15 **เซนติเมตร**

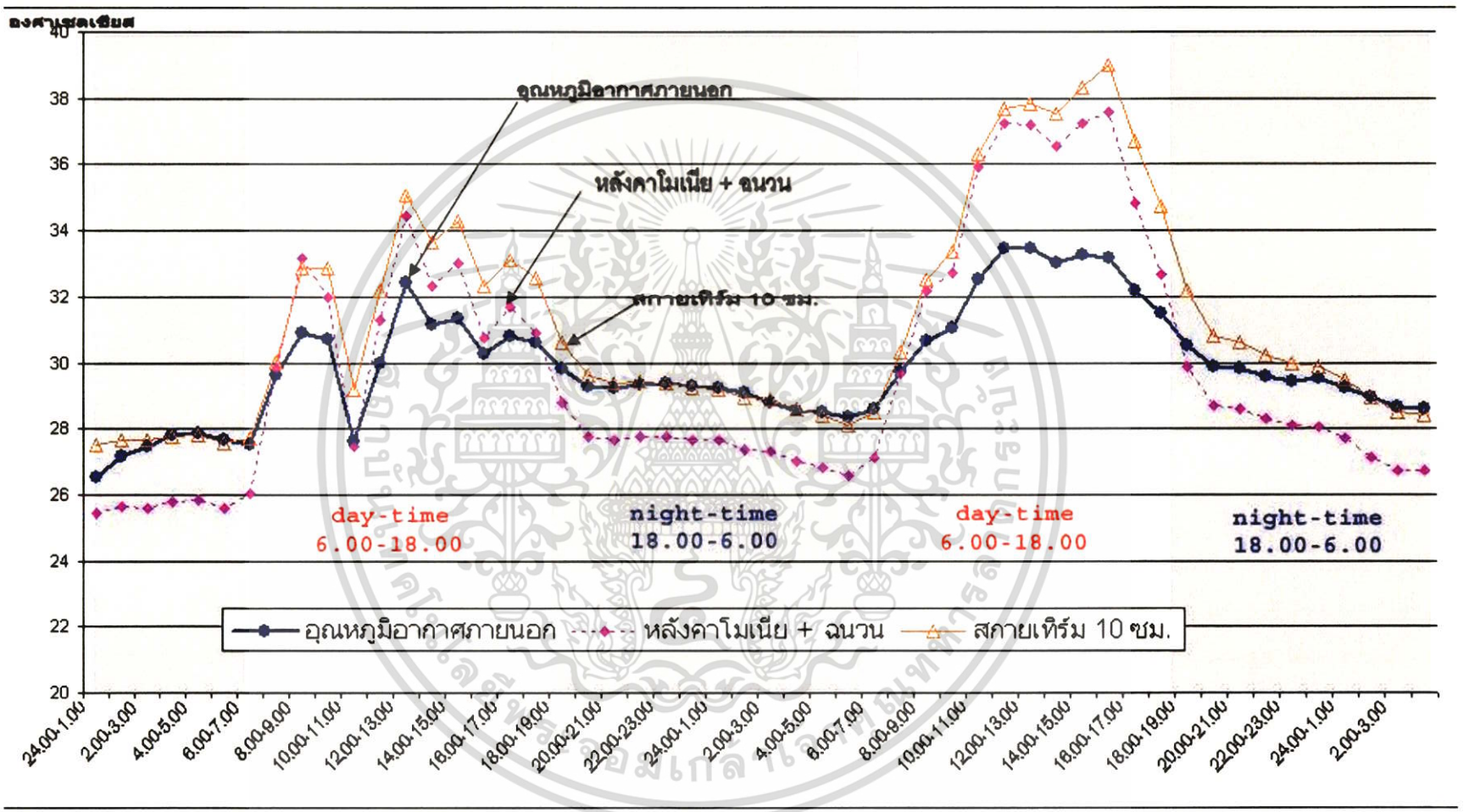
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 2 วันที่19 มิ.ย.2548 ถึงวันที่ 21 มิ.ย.2548)



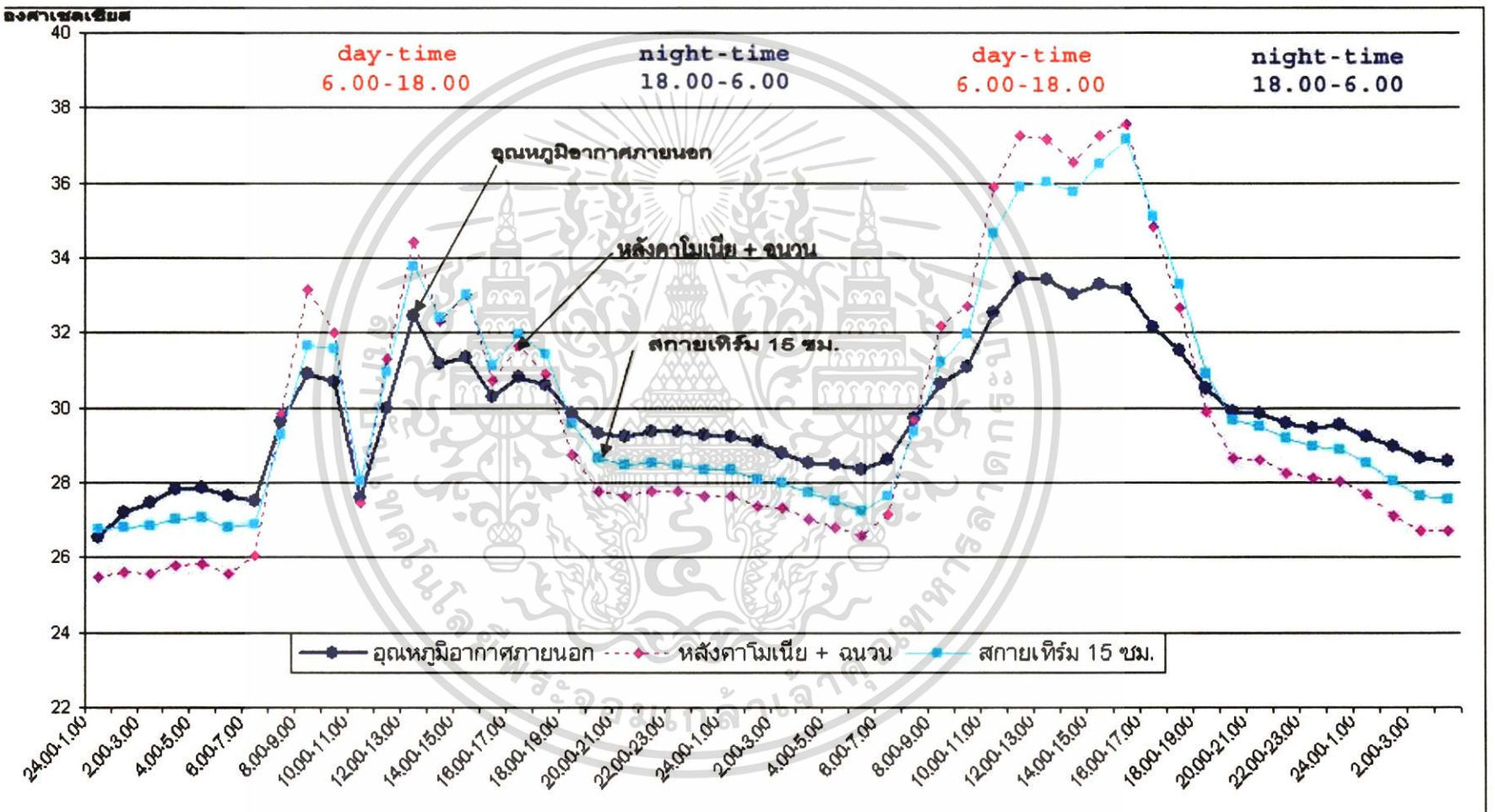
ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับ หลังคาโมเนีย+ฉนวน, สกายเทิร์ม 10 ซม.และสกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 2 วันที่19 มิ.ย.2548 ถึงวันที่ 21 มิ.ย.2548)



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,อุณหภูมิภายในหลังคาโมเนีย + ฉนวนกับ สกายเทิร์ม 10 ซม.
(การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)

จากผลการทดลองที่ 2 นำค่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ระหว่างหน่วยทดลองที่ 1 คือหน่วยทดลองที่ใช้วัสดุมุงหลังคาโมเนีย ภายในมีแผ่นสะท้อนความร้อน และฉนวนกันความร้อน กับ หน่วยทดลองที่ 2 ซึ่งใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำไว้ภายในถุงพลาสติกมีความหนา 10 เซนติเมตร จากกราฟจะพบว่า อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 จะสูงกว่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 ตลอดเวลา มีแค่เฉพาะในช่วงเวลาตั้งแต่ 7.00 น. จนถึงเวลาประมาณ 12.00 อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 มาก (แต่ก็ยังมีค่าสูงกว่าอยู่เล็กน้อย) เพราะว่าในช่วงเวลานี้น้ำภายในถุงของหน่วยทดลองที่ 2 จะเป็นตัวเก็บความร้อนที่ได้รับมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จะเริ่มมีค่าสูงตั้งแต่เวลา 6.00 น. จึงทำให้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลองที่ 2 ยังไม่สูงมากและยังมีค่าใกล้เคียงกับหน่วยทดลองที่ 1 จนกระทั่งเวลา 12.00 น. ที่ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุด อีกทั้งน้ำไม่สามารถจะเก็บกักความร้อนไว้ได้อีกจึงส่งผ่านความร้อนลงไปภายในหน่วยทดลอง ทำให้อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 มีค่าสูงขึ้นอย่างมาก แปรผันตามอุณหภูมิภายนอก และจะสูงสุดที่เวลา16.00 น. หลังจากนั้น อุณหภูมิภายในก็จะเริ่มลดลง ซึ่งมีผลมาจากค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่มลดลง จนถึงเวลา18.00 น. ทำการเปิดฉนวนออกเพื่อให้น้ำแผ่รังสีความร้อนคืนสู่บรรยากาศ ซึ่งอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 ก็ลดลงจนกระทั่งเวลา 20.00 น. อุณหภูมิเริ่มมีค่าค่อนข้างนิ่ง คือ ลดลงอย่างช้า ๆ ทีละนิด และใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกมาก

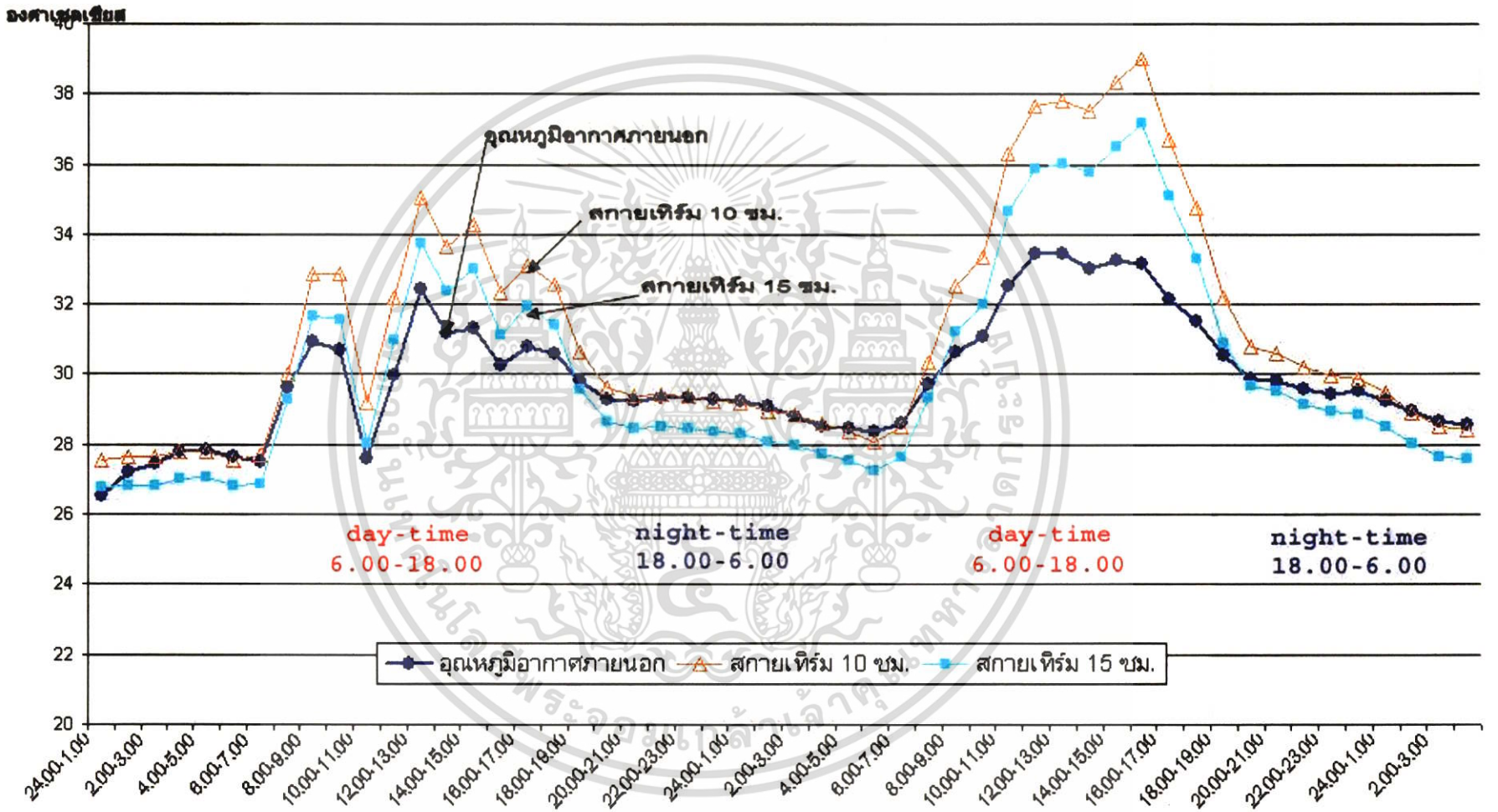
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,อุณหภูมิภายในหลังคาโมเนีย + ฉนวน กับ สกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)

จากผลการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในระหว่างหน่วยทดลองที่ 1 คือหน่วยทดลองที่ใช้วัสดุมุงหลังคาโมเนีย กับ หน่วยทดลองที่ 3 ซึ่งใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำไว้ภายในถุงพลาสติกมีความหนา 15 เซนติเมตร นำกราฟที่ได้มาวิเคราะห์ พบว่า อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 3 จะเริ่มมีค่าสูงขึ้นเวลา 6.00 น. ซึ่งก็คือเวลาที่ดวงอาทิตย์เริ่มแผ่รังสี ซึ่งก็เช่นเดียวกับหน่วยทดลองที่ 1 แต่ต่างกันตรงที่ หน่วยทดลองที่ 1 นั้นอุณหภูมิภายในนั้นเริ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หน่วยทดลองที่ 3 มีค่าสูงขึ้นช้ากว่าเพราะว่าน้ำในถุงจะเก็บความร้อนไว้ จึงทำให้ความร้อนยังไม่ผ่านลงไปถึงภายในหน่วยทดลองที่ 3 จนกระทั่งเวลาประมาณ 7.00 น. อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 3 และจะมีค่าสูงกว่าไปตลอด วันจนถึงช่วงเวลา 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกลดลงเพราะค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ลดลง กลับเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 3 เนื่องจากน้ำเก็บความร้อนไว้กับตัวเองและไม่สามารถแผ่รังสีความร้อนคืนท้องฟ้าได้ในเวลานั้นเพราะว่าความร้อนที่ยังมีอยู่ตลอดเวลาของอากาศภายนอก และอุณหภูมิภายนอกที่ลดลง อย่างช้า ๆทำให้ไม่เกิดความแตกต่างกันมากพอของอุณหภูมิภายนอก กับอุณหภูมิของน้ำที่จะทำให้เกิดการแผ่รังสีคืนสู่ท้องฟ้า จึงทำให้น้ำส่งผ่านความร้อนลงไปภายในหน่วยทดลอง อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 3 จึงสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ซึ่งสามารถคายความร้อนได้เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง จนเมื่อถึงเวลา 18.00 น. ทำการเปิดฉนวนออก เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิของน้ำไม่แตกต่างกันมาก ทำให้การแผ่รังสีความร้อนคืนแก่ท้องฟ้าของน้ำ จึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้ความร้อนภายในหน่วยทดลองที่ 3 ค่อย ๆ ลดลงตามอุณหภูมิอากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

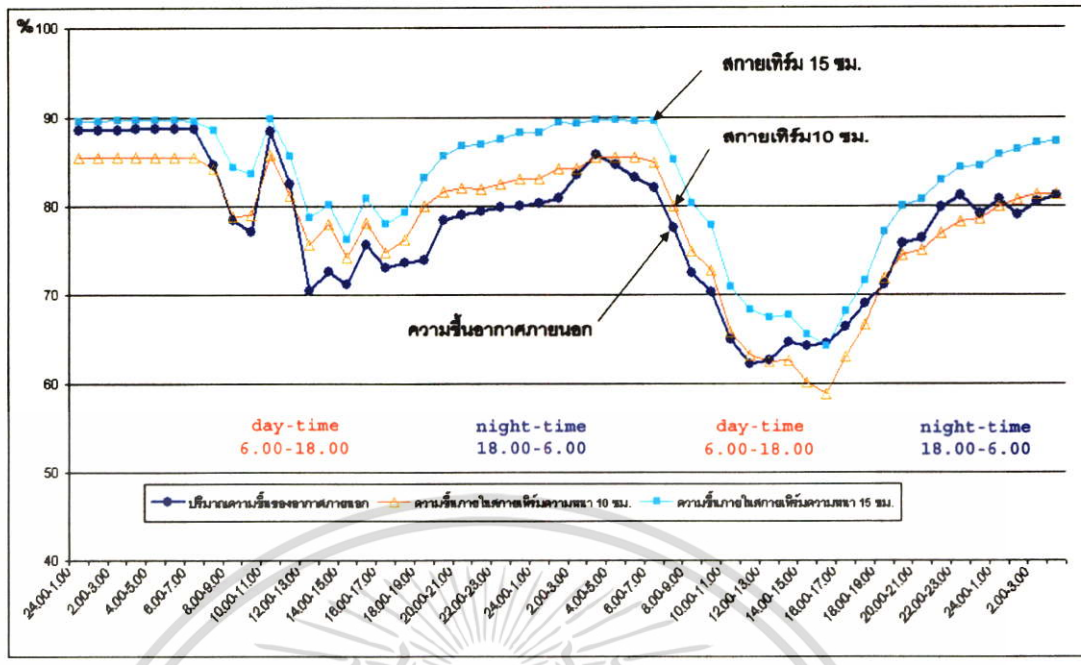


ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 10 ซม. กับ สกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)

จากผลการทดลองที่ 2 ค่าอุณหภูมิภายในหน่วยทดลองเปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 2 กับ หน่วยทดลองที่ 3 จะเห็นได้ว่าหน่วยทดลอง ที่ 3 ซึ่งคือ หน่วยทดลองที่ใช้หลักการ"สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำไว้ภายในถุงพลาสติกให้มีความหนา 15 เซนติเมตร จะมีอุณหภูมิภายในหน่วยทดลองต่ำกว่า อุณหภูมิภายในของ หน่วยทดลองที่ 2 ที่บรรจุน้ำหนาเพียง 10 เซนติเมตร ตลอดทั้งวันโดยที่อุณหภูมิสูงสุดของทั้ง 2 อยู่ที่ช่วงเวลา 15.00-16.00 และมีค่าแตกต่างกันเกือบ 2 องศาเซลเซียส คือ หน่วยทดลองที่ 2 มีค่า 39.02 องศาเซลเซียส ส่วนหน่วยทดลองที่ 3 มีค่า 37.12 องศาเซลเซียส จากการทดลองนี้ ที่เลือกใช้ความหนาของน้ำที่ 10 และ 15 เซนติเมตรนั้นเพราะว่าอยากทราบถึงข้อแตกต่างที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการทดลองเปรียบเทียบต่อไป อีกทั้งยังคำนึงถึงอยู่อาศัยทั่วไป ซึ่งอาคารพักอาศัยโดยทั่วไป ในชั้นดาดฟ้า จะมีน้ำหนักปลอดภัยที่สามารถรับได้ คือ ประมาณ 150 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร ซึ่งน้ำที่มีความหนา 15 เซนติเมตร จะมีน้ำหนักต่อตารางเมตรอยู่ที่ 150 กิโลกรัม พอดี ซึ่งทำให้พอดีกับน้ำหนักปลอดภัยที่ใช้ในอาคารอยู่แล้ว ไม่ต้องออกแบบโครงสร้างเพิ่มเติม ซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นตามไปด้วย (จากการทดลองพบว่า ถ้าเพิ่มความหนาของน้ำให้มากขึ้น ซึ่งหมายถึงปริมาณของน้ำที่มากขึ้น สามารถทำให้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลองต่ำลงได้ แต่ปริมาณความชื้นภายในหน่วยทดลองก็มากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งน้ำหนักของน้ำที่มากขึ้นก็มีผลต่อโครงสร้างอีกด้วย) ซึ่งในการทดลองที่ 1 นี้ ทำให้ทราบได้ว่าหน่วยทดลองที่ 3 ซึ่งมีปริมาณน้ำหนา 15 เซนติเมตรบรรจุอยู่จะทำให้อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองต่ำกว่า หน่วยทดลองที่ 2 ซึ่งมีปริมาณน้ำหนา 10 เซนติเมตรบรรจุอยู่

ดังนั้นในการทดลองต่อไป จะเลือกใช้ถุงน้ำที่มีความหนา 15 เซนติเมตร เป็นหน่วยทดลองเปรียบเทียบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



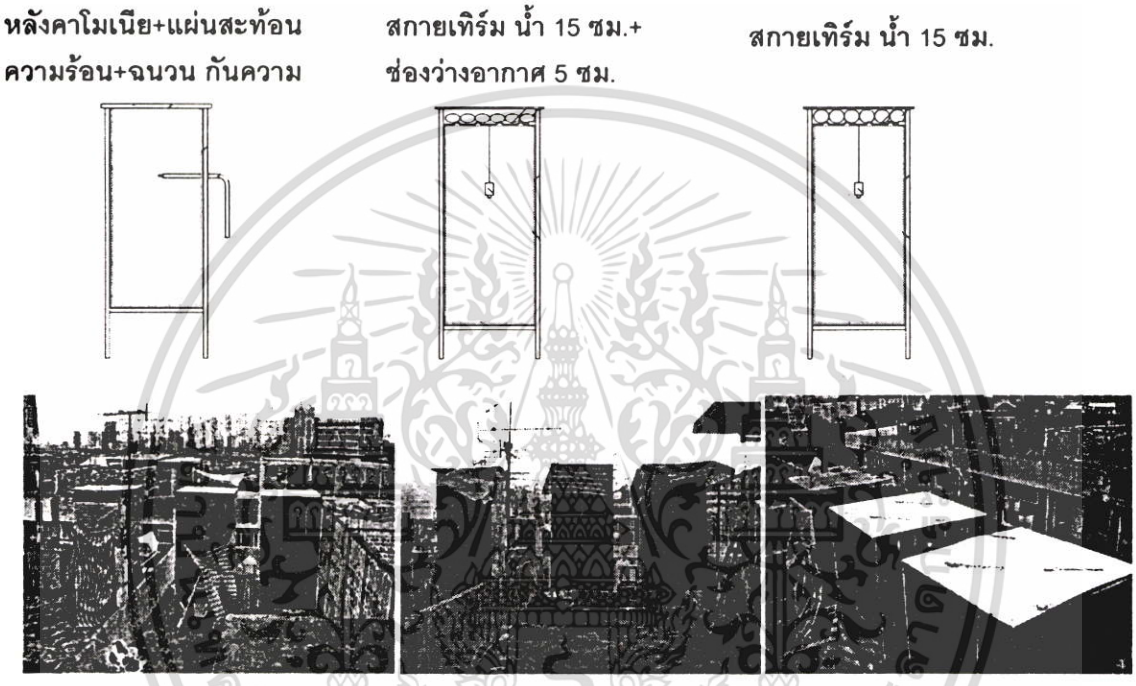
ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบความชื้นอากาศภายนอก, ความชื้นภายในสกายเทิร์มความหนา 10 ซม. กับความชื้น ภายในสกายเทิร์มความหนา 15 ซม.(การทดลองที่ 2 วันที่ 19 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 21 มิ.ย. 48)

จากแผนภูมิแสดงค่าความชื้นเปรียบเทียบระหว่าง อากาศภายนอก กับ ภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ทั้งสอง พบว่า ค่าความชื้นภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ทั้งสองนั้นจะมีค่าความชื้นภายในสูงกว่าค่าความชื้นในอากาศ เกือบตลอดเวลา โดยเฉพาะหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำมีความหนา 15 ซม. นั้นมีค่าความชื้นภายใน สูงกว่าปริมาณความชื้นอากาศภายนอกอยู่ตลอดเวลา ส่วนหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำมีความหนา 10 ซม.นั้นจะมีค่าความชื้นภายในต่ำกว่า ค่าความชื้นของอากาศภายนอก อยู่บางเวลา ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แต่โดยรวมแล้วค่าความชื้นก็จะสูงกว่า ค่าความชื้นของอากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 3

เปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในเวลาเดียวกัน **เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศ และน้ำที่ไม่มีอากาศที่บรรจุอยู่ในถุงของหน่วยทดลอง** "สกายเทิร์ม" (หน่วยทดลองที่ 2 และ 3) และ เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน (หน่วยทดลองที่ 1) โดย



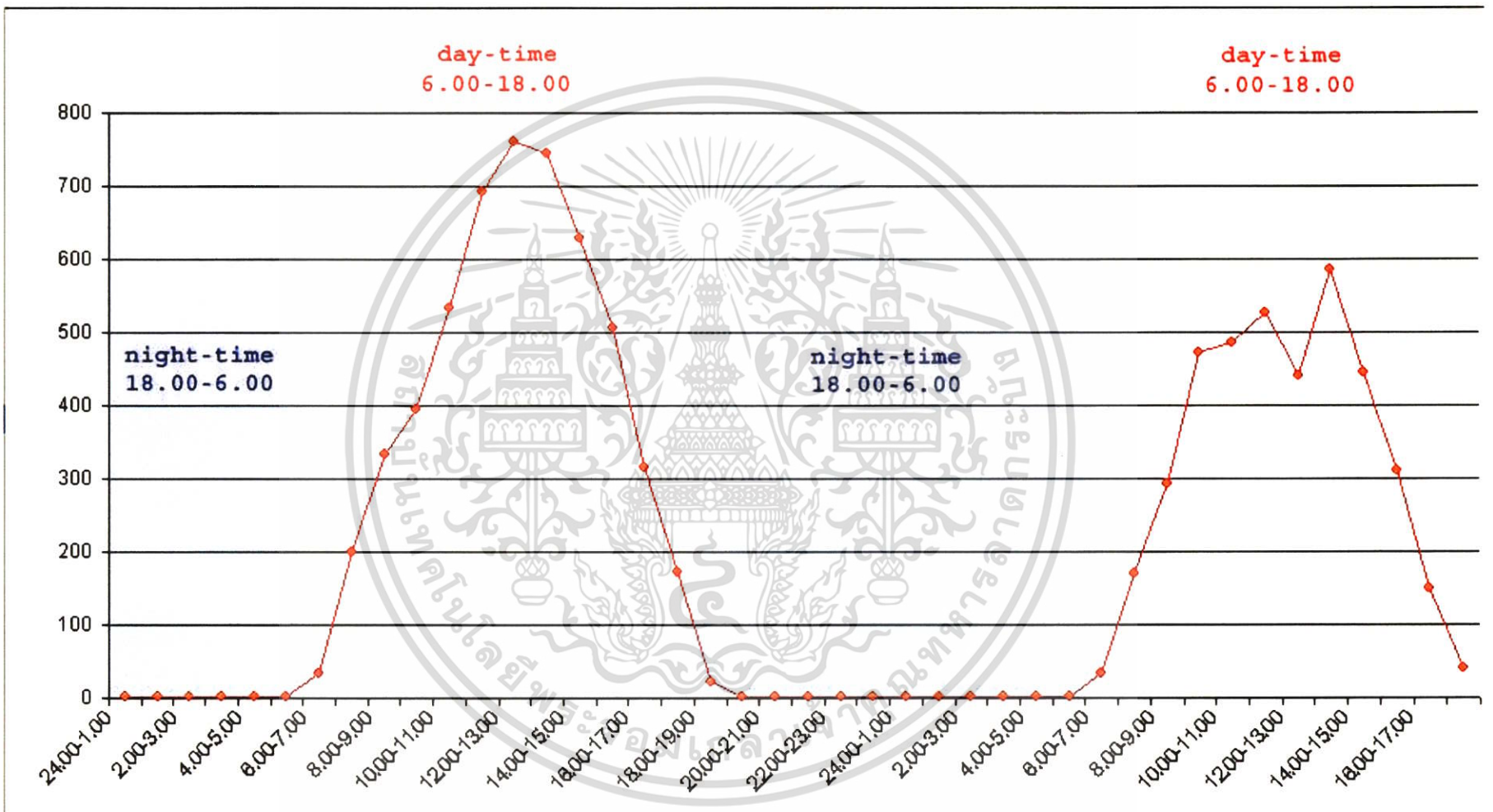
ภาพที่ 4.14 การทดลองที่ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของน้ำที่มีอากาศ และน้ำที่ไม่มีอากาศ

หน่วยทดลองที่ 1 หลังคาโมเนีย ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และ ฉนวนกันความร้อนใย แก้วหนา 4 นิ้ว

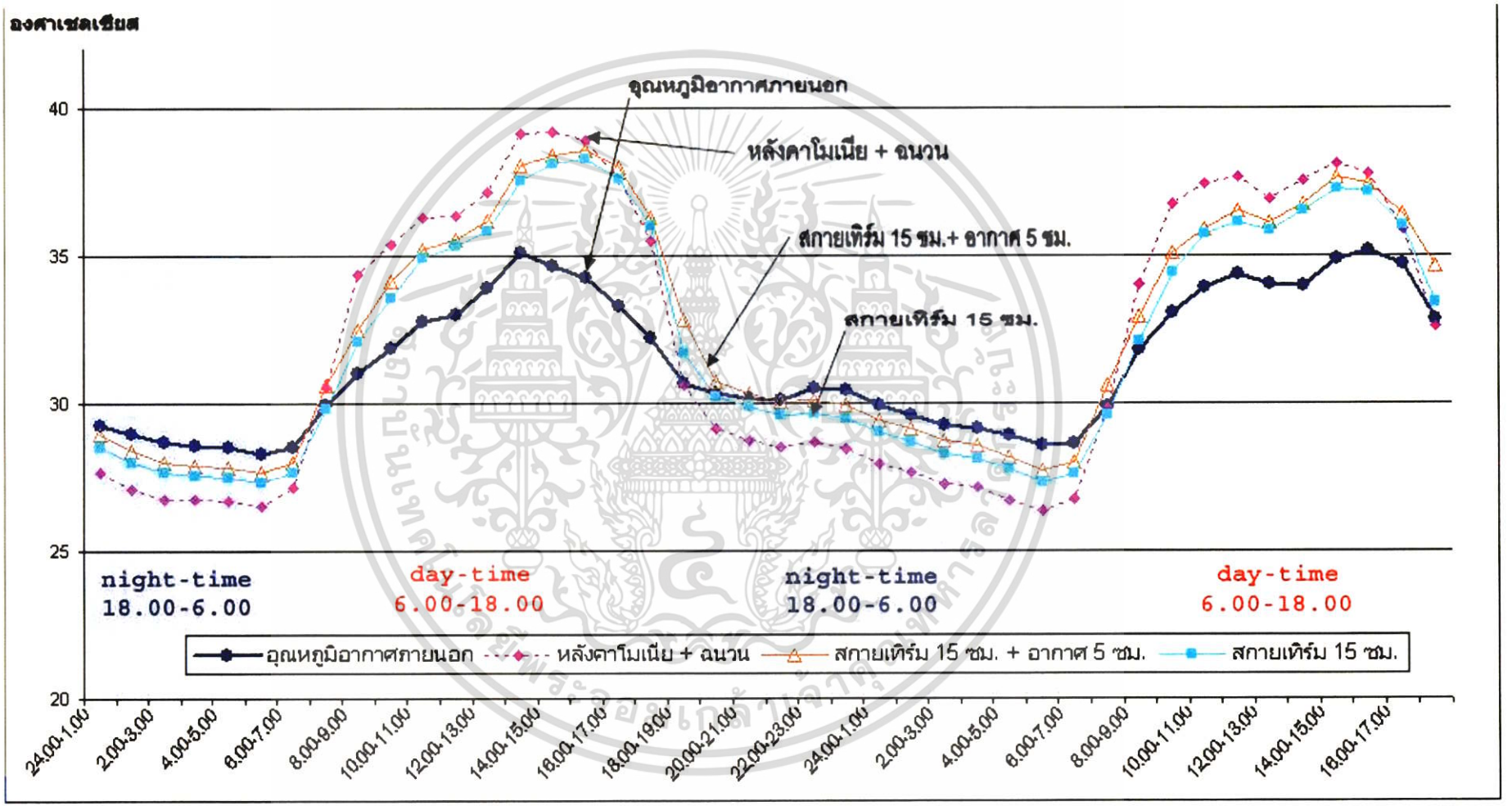
หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ 15 เซนติเมตร และมีช่องว่างอากาศอยู่ในถุงหนา 5 เซนติเมตร**

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" หลังคาเหล็ก และ **ความหนาของน้ำในถุง คือ 15 เซนติเมตร**

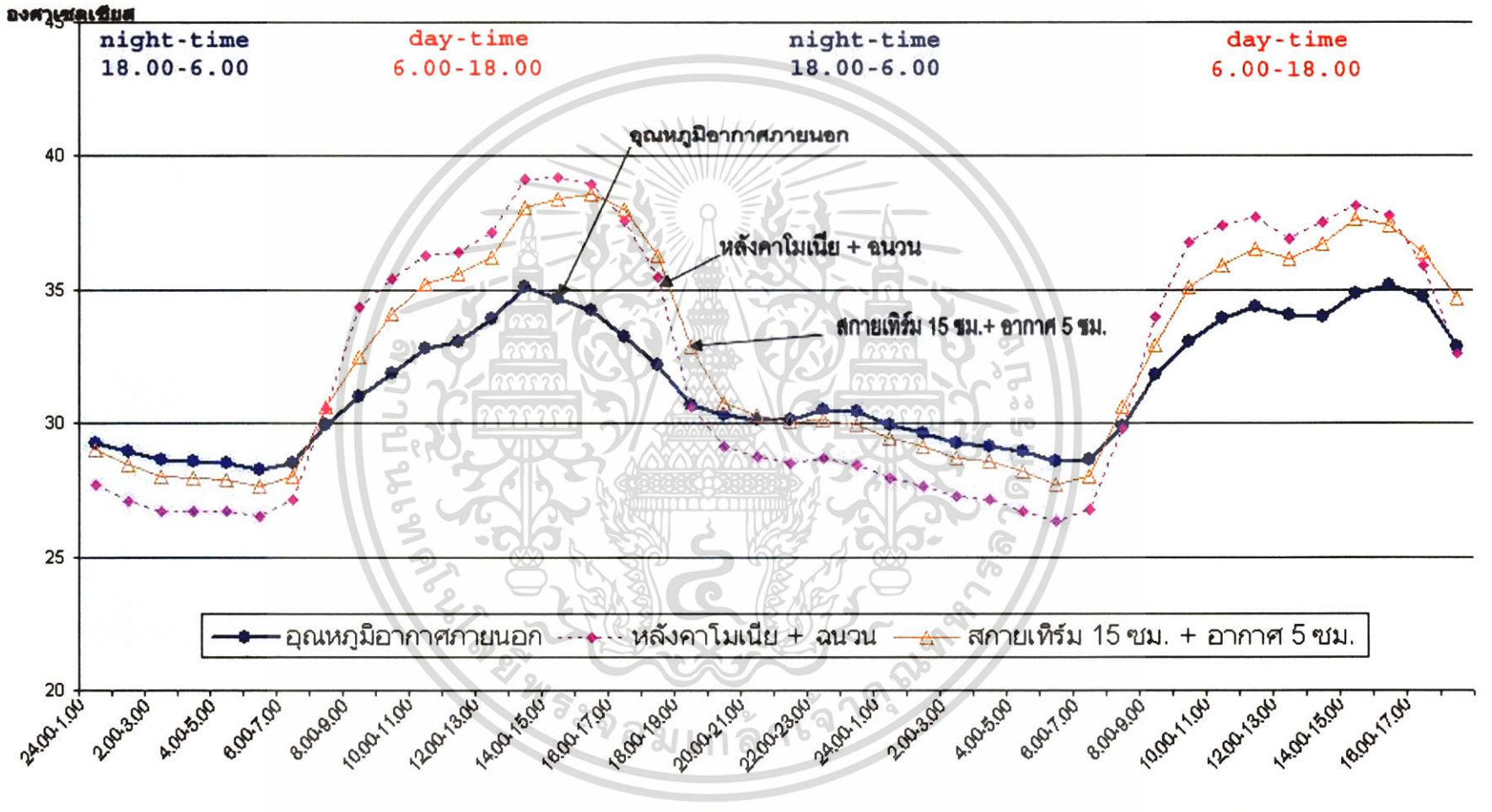
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



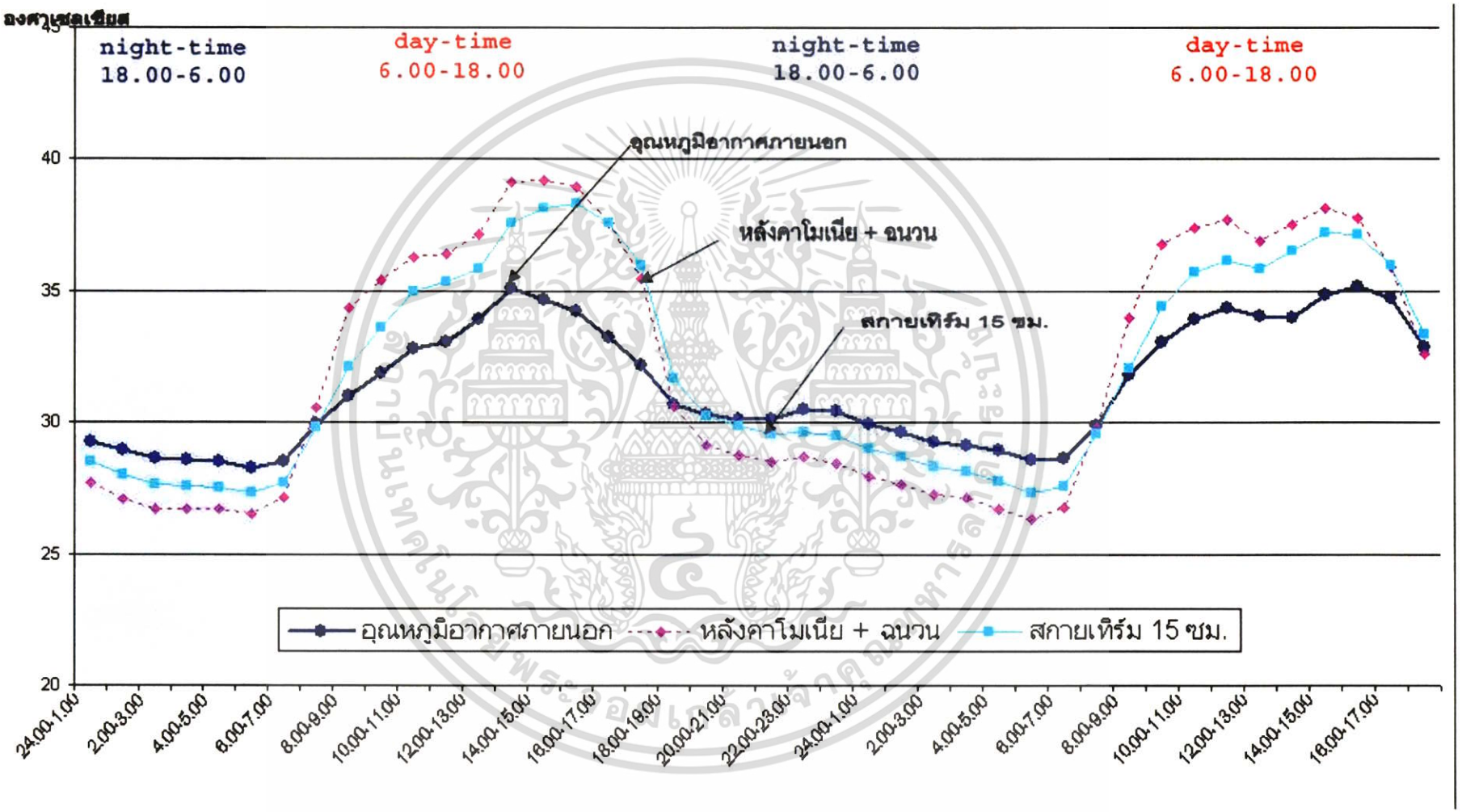
ภาพที่ 4.15 แสดงค่าปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)



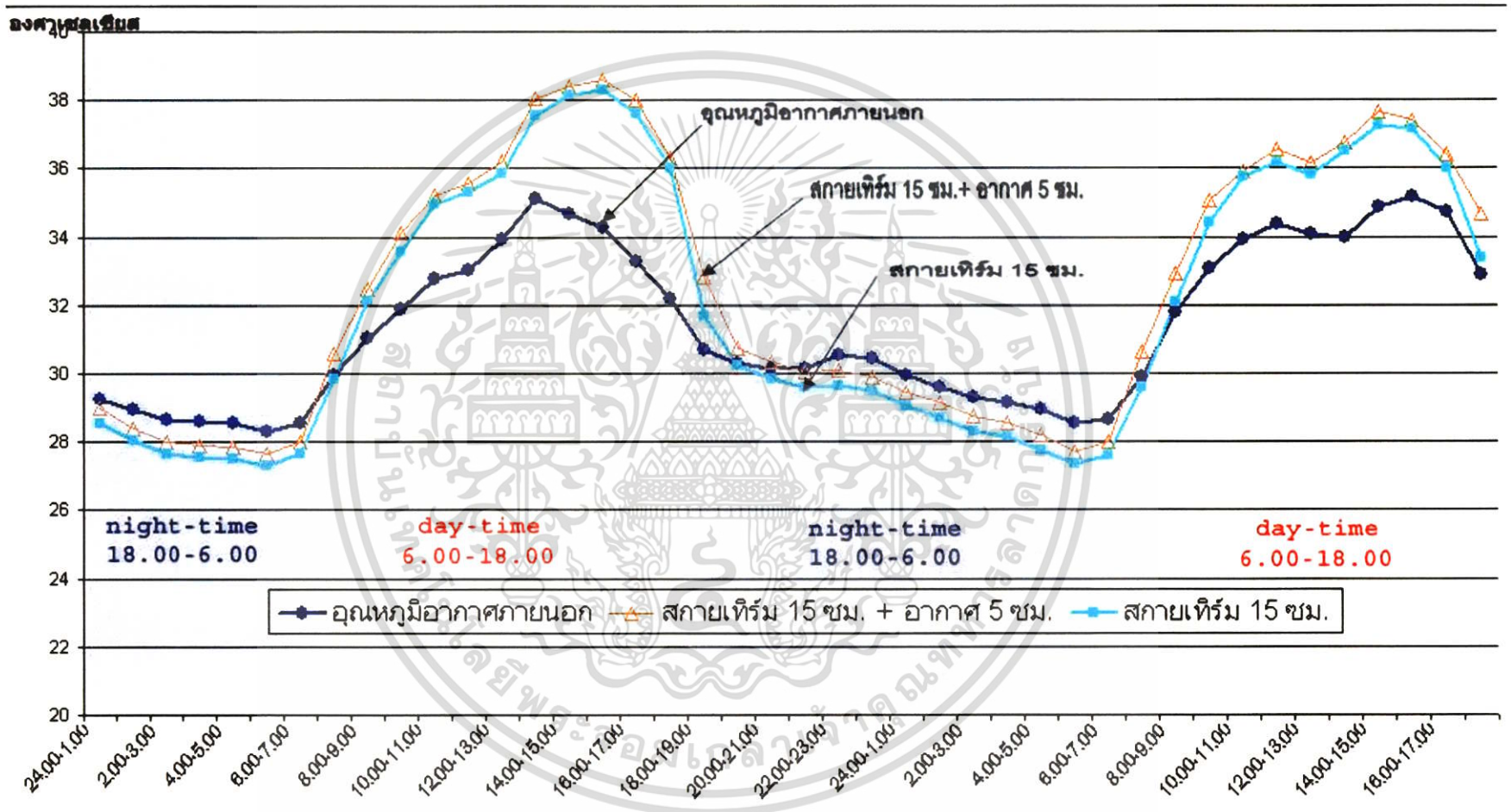
ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน ,สกายเทิร์ม 15 ซม. + อากาศ 5 ซม.กับสกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)



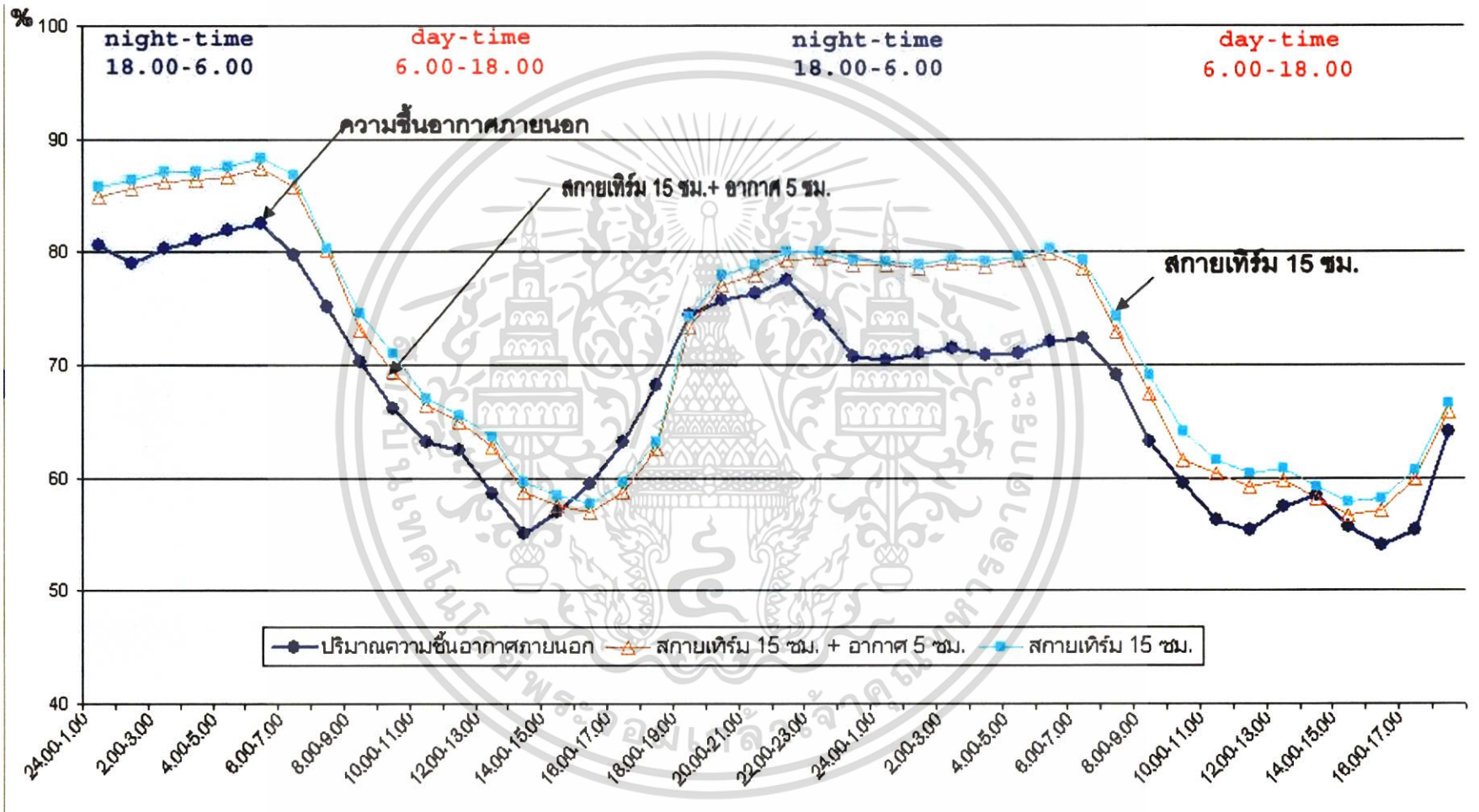
ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน กับ สกายเทิร์ม 15 ซม. + อากาศ 5 ซม.
(การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, หลังคาโมเนีย + ฉนวน กับ สกายเทิร์ม 15 ซม.(การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)



ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 15 ซม. + อากาศ 5 ซม. กับ สกายเทิร์ม 15 ซม
(การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบความชื้นอากาศภายนอก, ความชื้นภายในสกายเทิร์ม 15 ซม.+อากาศ 5 ซม.กับ สกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 3 วันที่ 21 มิ.ย. ถึงวันที่ 22 มิ.ย. 48)

จากผลการทดลองที่ 3 นำค่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ระหว่างหน่วยทดลองที่ 1 คือหน่วยทดลองที่ใช้วัสดุมุงหลังคาโมเนีย ภายในมีแผ่นสะท้อนความร้อน และฉนวนกันความร้อน กับ หน่วยทดลองที่ 2 ซึ่งใช้หลักการ"สกายเทิร์ม" ที่บรรจุน้ำไว้ภายในถุงพลาสติกมีความหนา 15 เซนติเมตร และให้มีอากาศอยู่ จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 จะเริ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลา 6.00 น. เนื่องจากการเริ่มแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งก็เช่นเดียวกับ หน่วยทดลองที่ 1 จนกระทั่งเวลาประมาณ 7.00 น. อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 จะเริ่มมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 ไปจนถึงเวลาประมาณ 16.30 น. อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 จึงมีค่าลดต่ำกว่า อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 ทั้งนี้ก็เนื่องจากน้ำไม่สามารถแผ่รังสีความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้าได้ เพราะอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันมากระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก กับอุณหภูมิของน้ำ

ส่วนกราฟอุณหภูมิภายในระหว่างหน่วยทดลองที่ 1 กับ หน่วยทดลองที่ 3 จะเหมือนกับกราฟของผลการทดลองที่ 1.2 เพราะว่าหน่วยทดลองมีตัวแปรที่เหมือนกันทั้ง 2 หน่วยทดลอง

จากผลการทดลองที่ 3 นำผลการทดลองมาทำกราฟจะพบว่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 จะมีค่าสูงกว่า อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 3 ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะว่า หน่วยทดลองที่ 2 นั้นถึงแม้จะมีความหนาของถุงน้ำเท่ากันกับหน่วยทดลองที่ 3 แต่ ในหน่วยทดลองที่ 2 นั้นได้กำหนดให้มีช่องว่างอากาศด้วย และ เมื่อความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านมายังถุงน้ำ ช่องว่างอากาศจะทำหน้าที่เสมือนฉนวนกันความร้อนให้แก่ถุงน้ำก่อน แต่เมื่อความร้อนยังมากขึ้นเรื่อย ๆ และความร้อนในช่องว่างอากาศไม่สามารถระบายออกไปได้ จึงทำให้ความร้อนภายในถุงน้ำยิ่งมากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 2 ซึ่งมีช่องว่างอากาศด้วยนั้นจึงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 3 ที่มีแต่ถุงน้ำเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

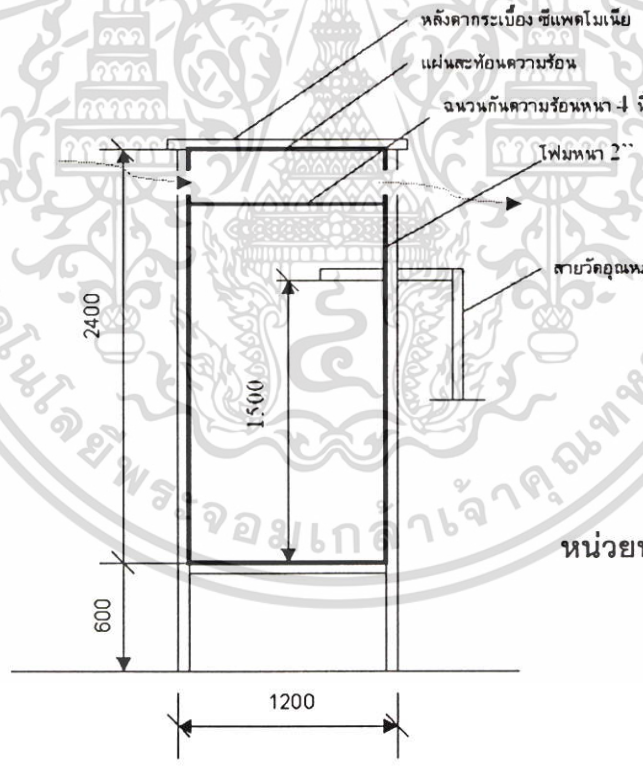
4.5 การทดลองที่ 4

ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อต้องการหาความเหมาะสมในการนำหลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ใช้โดยได้กำหนดตัวแปรของหน่วยทดลองดังต่อไปนี้

หน่วยทดลองที่ 1 ใช้หลังคากระเบื้อง ภายในติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนและ ฉนวนกันความร้อนหนา 4 นิ้ว และ**เพิ่มช่องระบายอากาศใต้หลังคา** คืออยู่ระหว่างแผ่นสะท้อนความร้อน กับ ฉนวนกันความร้อน

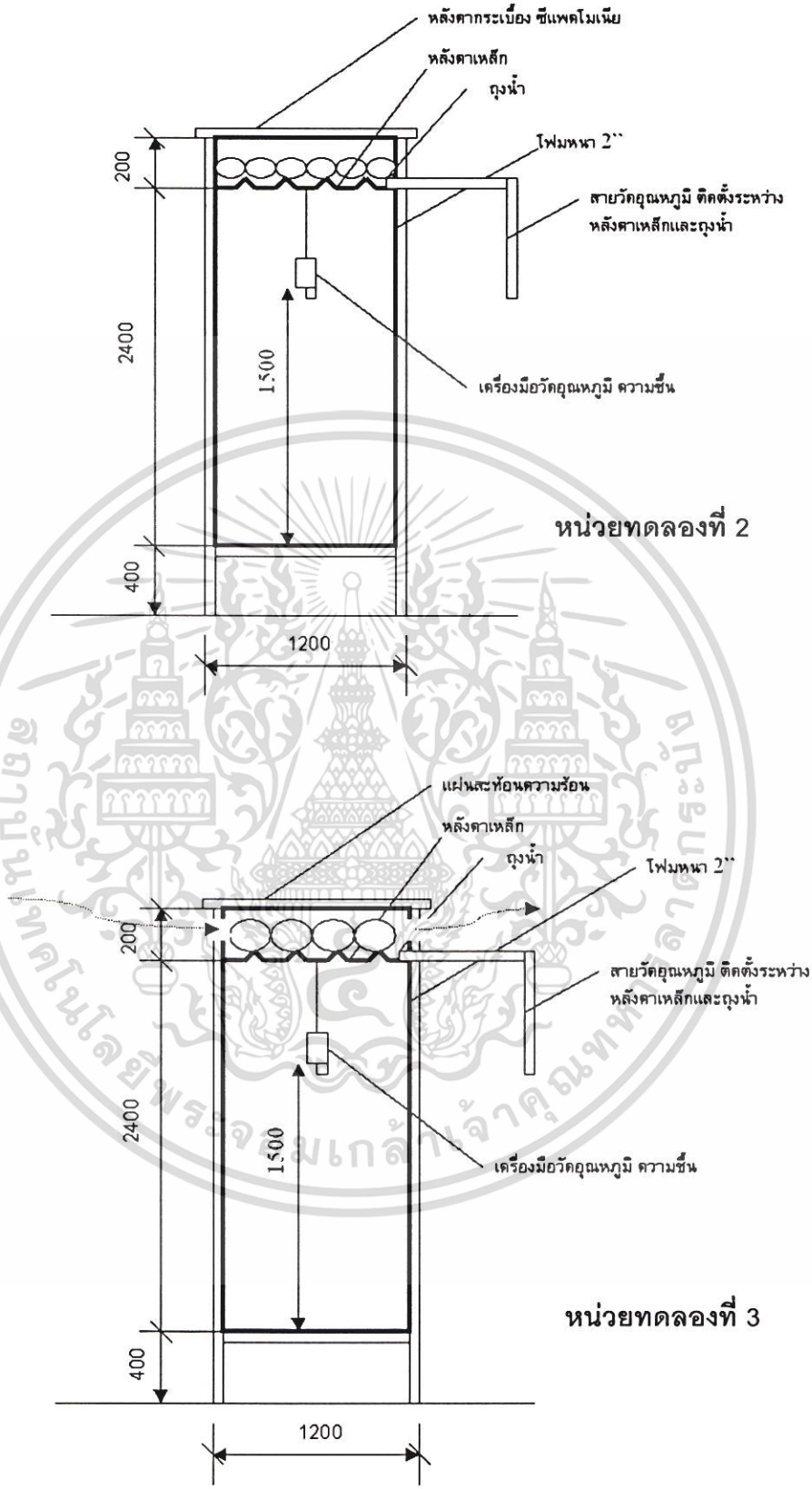
หน่วยทดลองที่ 2 ใช้หลักการ **"สกายเทิร์ม" โดยภายในถุงบรรจุน้ำให้มีความหนา 15 ซม** ทำการปิดฉนวนเวลา 6.00 น. และทำการเปิดฉนวนเวลา 18.00 น.

หน่วยทดลองที่ 3 ใช้หลักการ **"สกายเทิร์ม" โดยภายในถุงบรรจุน้ำให้มีความหนา 15 ซม และเพิ่มช่องระบายอากาศใต้หลังคา** อยู่ระหว่างแผ่นสะท้อนความร้อน กับถุงน้ำโดยที่จะปิดแผ่นสะท้อนความร้อนไว้ตลอดเวลา



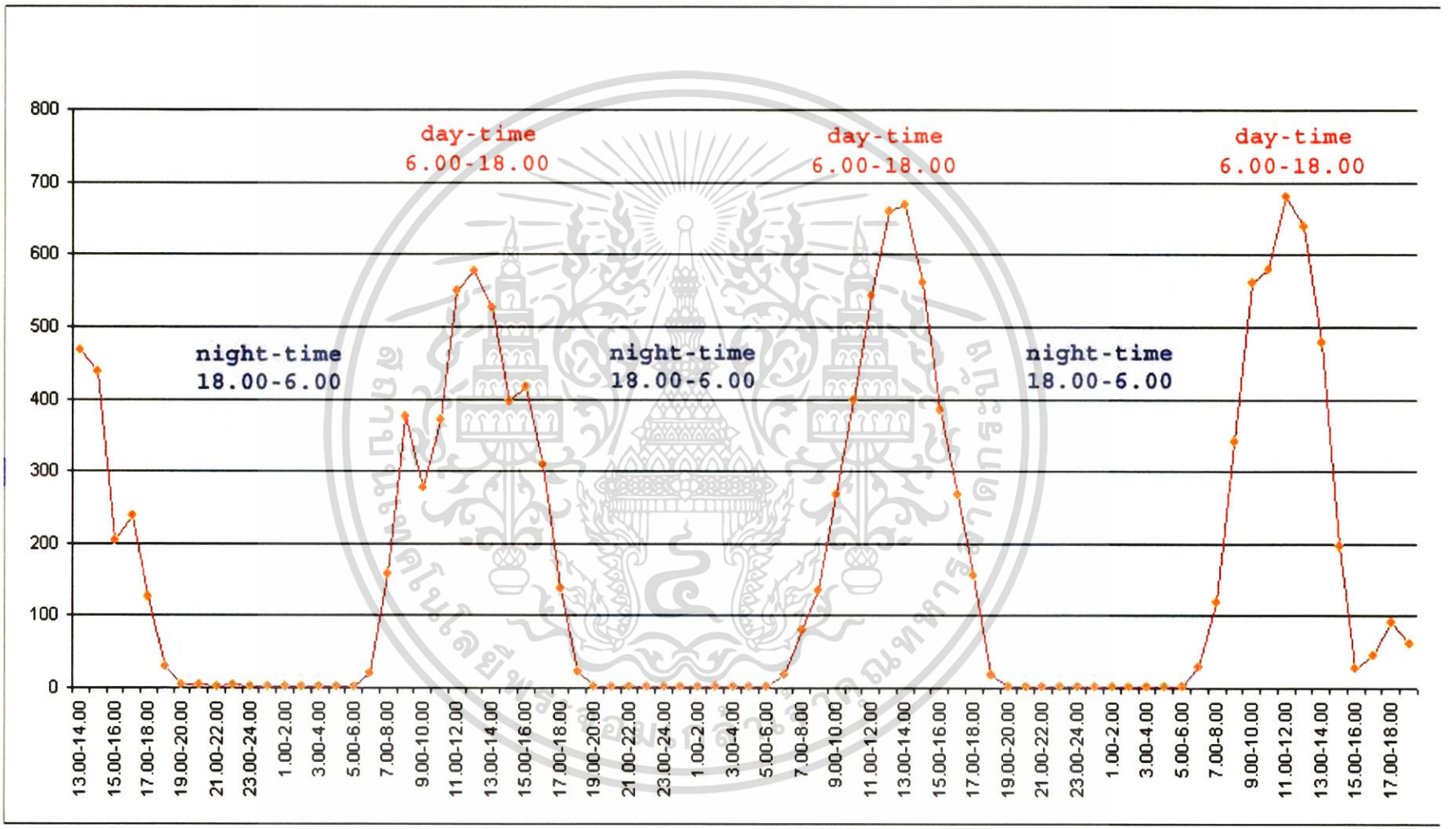
หน่วยทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

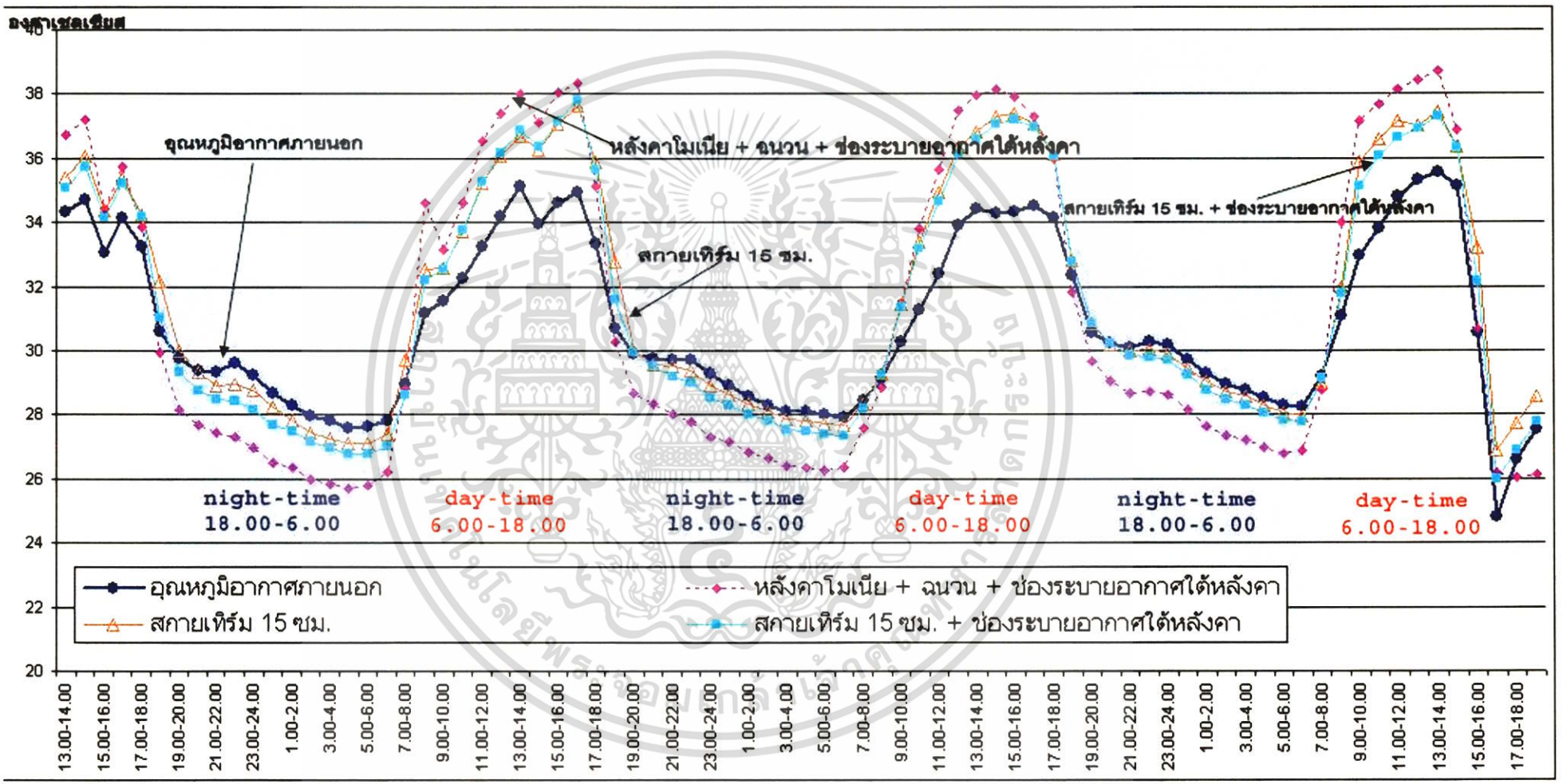


ภาพที่ 4.21 การทดลองที่ 4 เพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของหลักการ "สกายเทิร์ม" ที่มีช่องระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

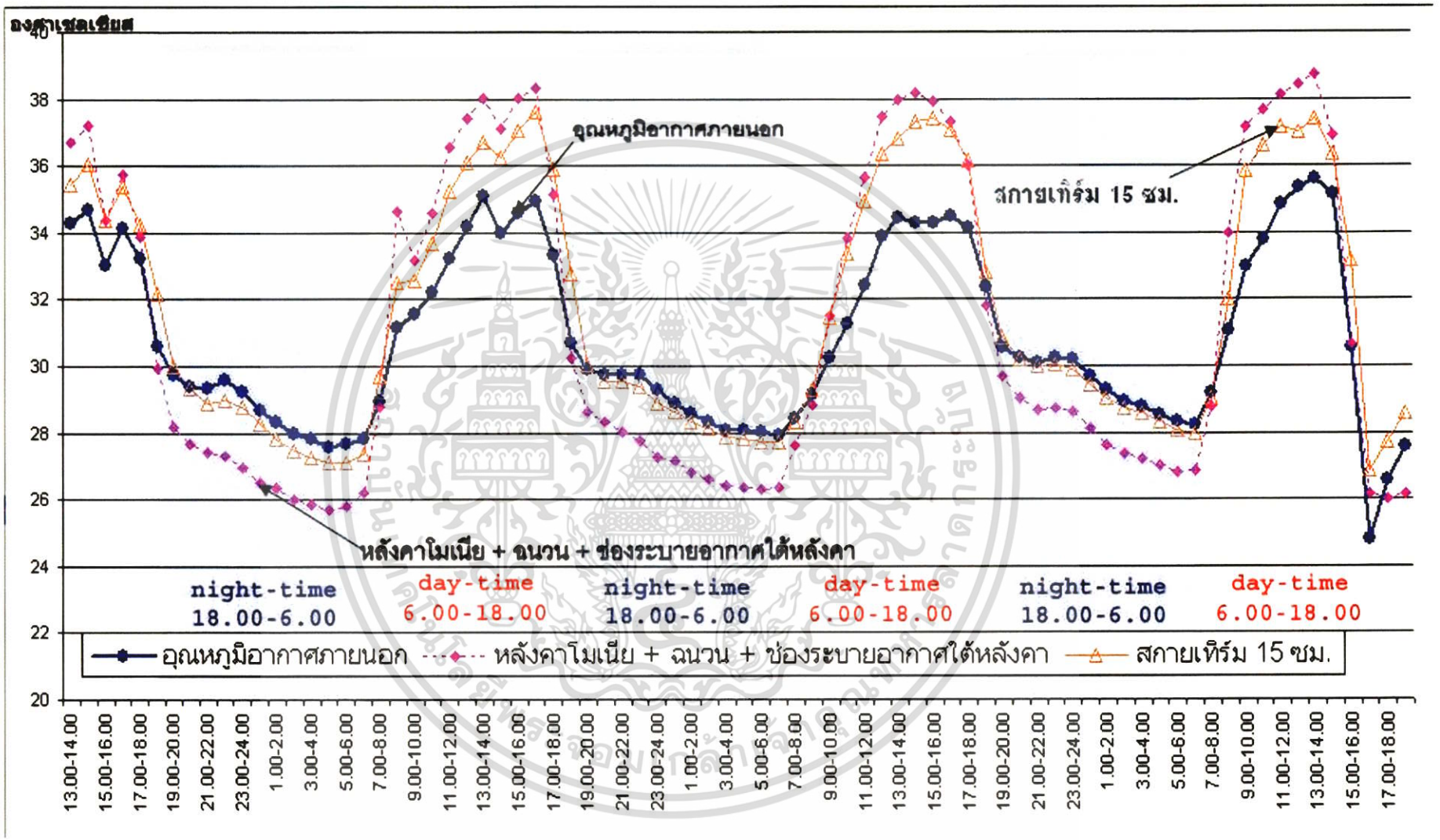


ภาพที่ 4.22 แสดงค่าปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)

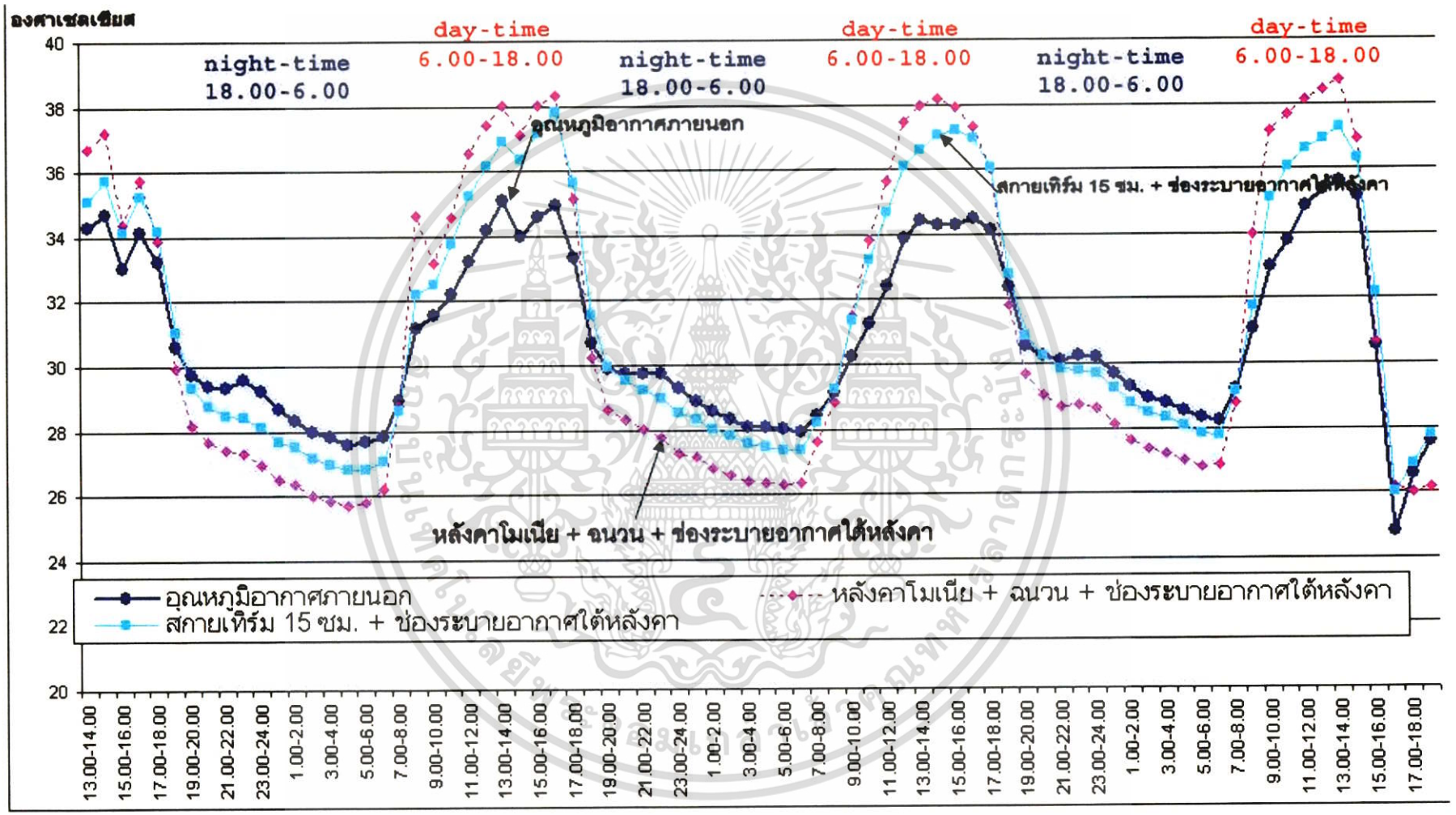


ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,หลังคาโมเนีย + ช่องระบายอากาศ,สกายเทิร์ม 15 ซม และสกายเทิร์ม 15 ซม. + ช่องะบายอากาศ

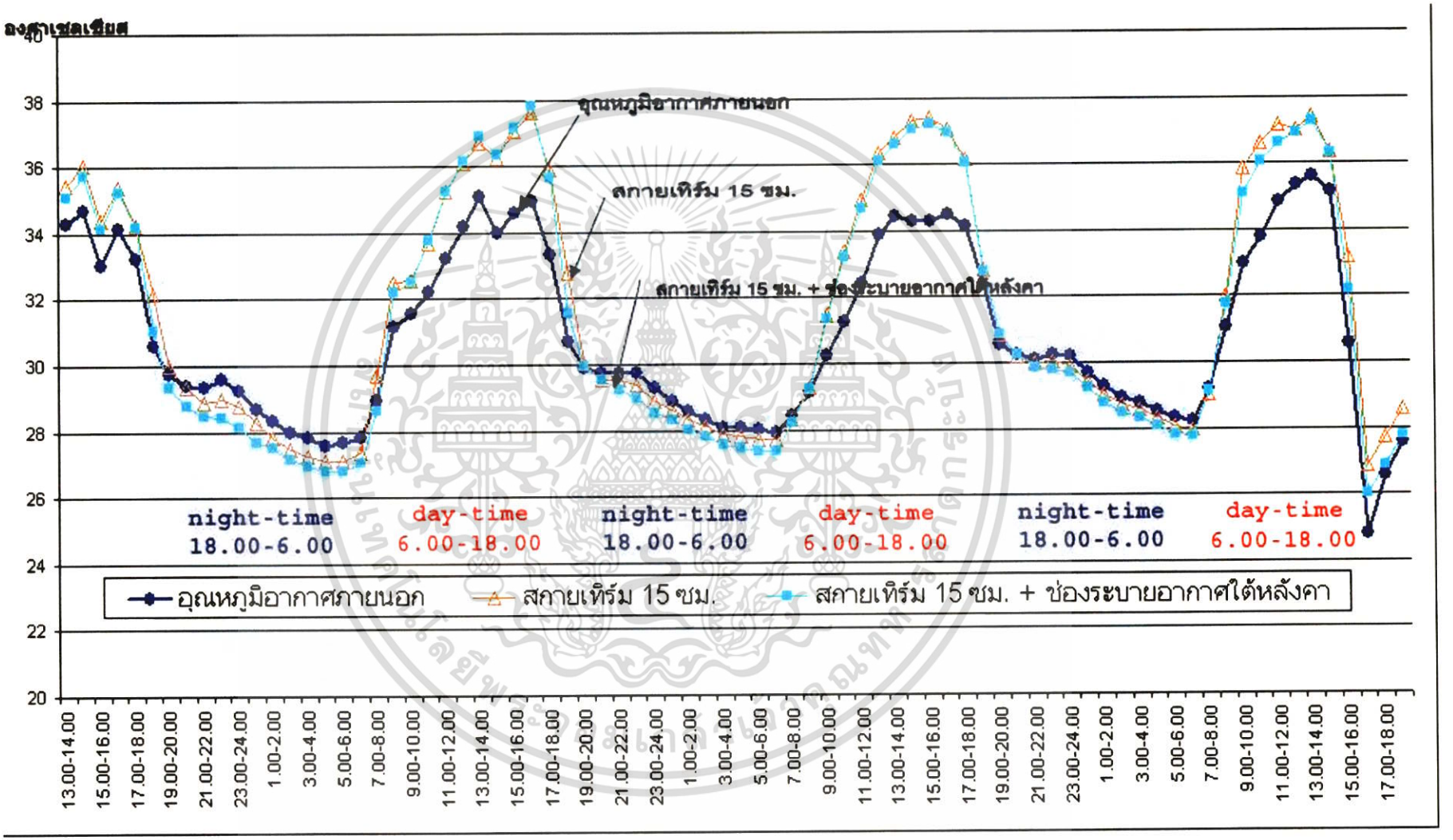
(การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)



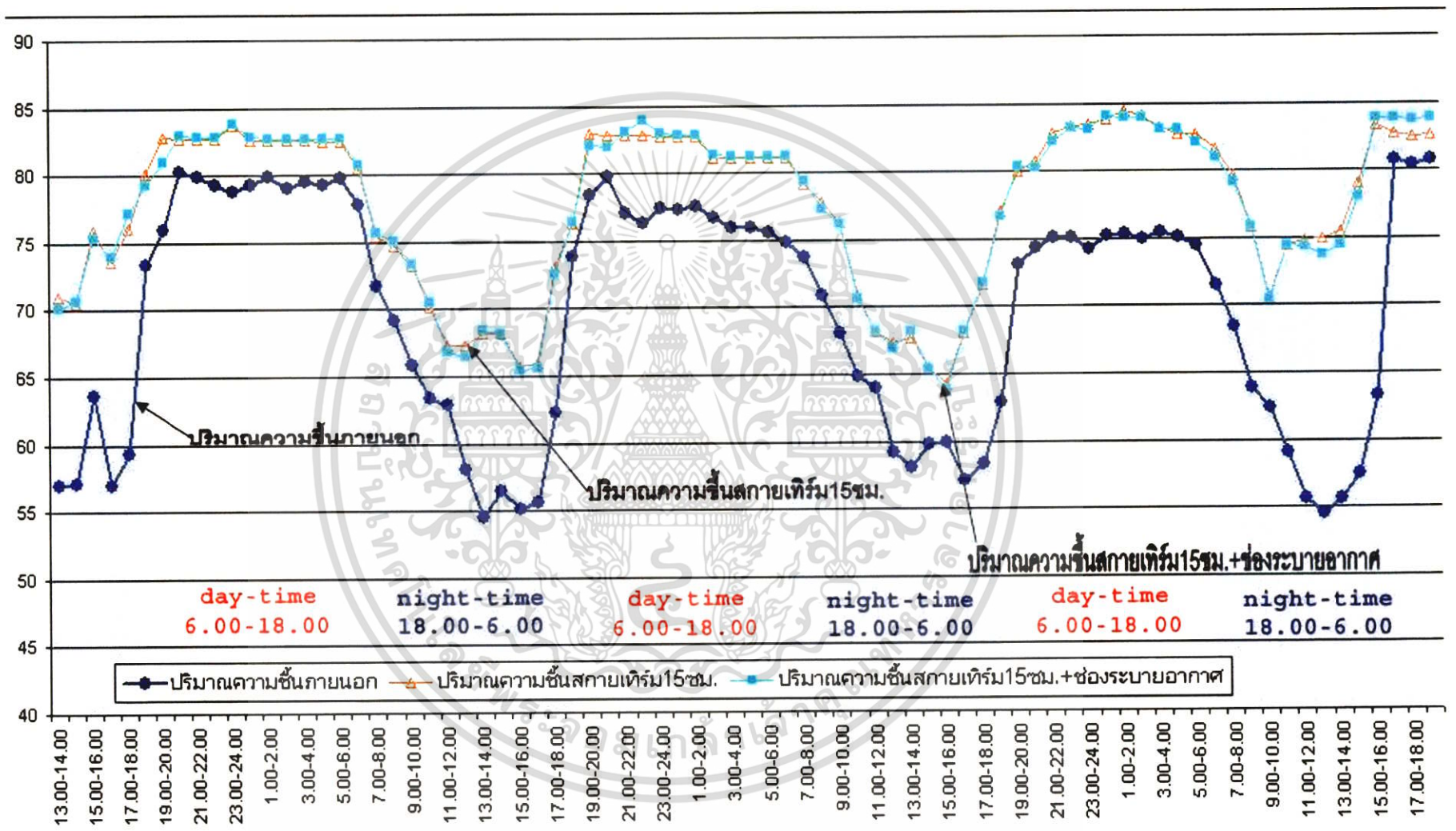
ภาพที่ 4.24 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,หลังคาโมเนีย + ช่องระบายอากาศ และสกายเทิร์ม 15 ซม.
(การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)



ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก,หลังคาโมเนีย + ช่องระบายอากาศ และสกายเทิร์ม 15 ซม. + ช่องระบายอากาศ
(การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)



ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 15 ซม. และสกายเทิร์ม 15 ซม. + ช่องระบายอากาศ
(การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)



ภาพที่ 4.27 เปรียบเทียบความชื้นอากาศภายนอก, สกายเทิร์ม 15 ซม. และสกายเทิร์ม 15 ซม. + ช่องระบายอากาศ
(การทดลองที่ 4 วันที่ 30 มิ.ย. 48 ถึงวันที่ 3 ก.ค. 48)

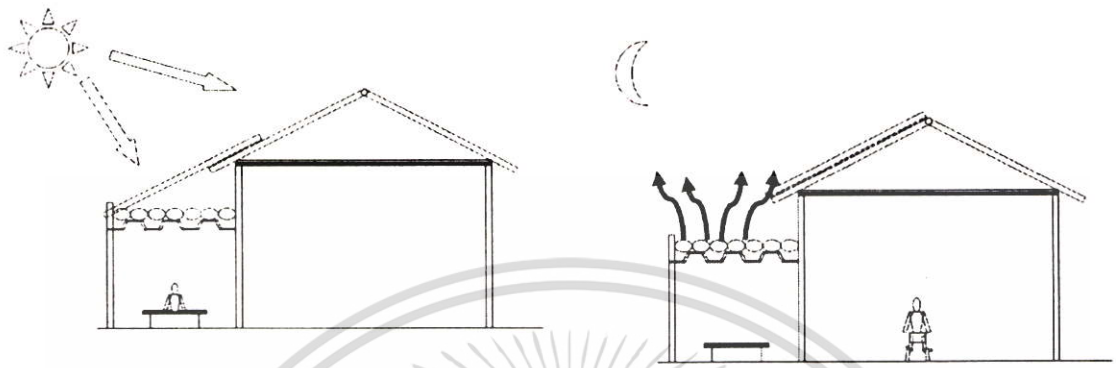
นำผลการทดลองที่ได้ออกมาทำกราฟเพื่อพิจารณา พบว่า หน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นหน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" มีค่าอุณหภูมิภายในที่ใกล้เคียงกันมาก โดยที่หน่วยทดลองที่ 3 ซึ่งมีช่องระบายอากาศให้ถุงน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเล็กน้อย แต่หน่วยทดลองทั้ง 2 ก็ยังมีค่าอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่า หน่วยทดลองที่ 1 เฉพาะช่วงเวลา 8.00-17.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองที่ 1 จะต่ำกว่าหน่วยทดลองทั้งหมด ซึ่งทำให้เห็นได้ว่าน้ำเป็นตัวเก็บความร้อนที่ดีมาก อีกทั้งการพาความร้อนไม่มีผลกับน้ำเพราะ หน่วยทดลองที่ 3 ที่เจาะช่องระบายอากาศใต้หลังคาไว้ให้กับถุงน้ำนั้น อุณหภูมิภายในไม่ได้เย็นกว่า หน่วยทดลองที่ 2 ที่ปิดฉนวนไว้เท่าไหร่เลย แสดงว่าลมที่พัดผ่านนั้นไม่สามารถพาความร้อนจากถุงน้ำออกไปได้ อีกทั้งลมที่พัดในช่วงเวลานั้น เป็นลมร้อนด้วยเลยทำให้การระบายอากาศให้ถุงน้ำไม่เกิดผลเป็นที่น่าพอใจอีกทั้งการแผ่รังสีความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้า ที่นำมาทดลองในครั้งนี้ให้ผลน้อยมาก เพราะไม่เกิดความแตกต่างระหว่าง การเปิดฉนวนออกให้น้ำในถุงแผ่รังสีให้ท้องฟ้า(หน่วยทดลองที่ 2) กับ การเปิดช่องว่างระบายอากาศให้ถุงน้ำตลอดเวลา (หน่วยทดลองที่ 3) ดูเหมือนว่าน้ำจะทำหน้าที่เสมือนเป็นฉนวนกันความร้อนในตอนกลางวันเท่านั้น เพราะในช่วงเย็นจนถึงเช้าของวันใหม่ น้ำไม่สามารถแผ่รังสีความร้อน หรือ คายความร้อนให้แก่ท้องฟ้าได้จนทำให้เกิดผลที่น่าพอใจ

4.6 วิเคราะห์ผลการศึกษาหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

จากการศึกษาผลจากการทดลองทั้งหมดพบว่าการแผ่รังสีของน้ำคืนให้แก่ท้องฟ้าเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ และ ความร้อนที่น้ำเก็บไว้ และไม่สามารถแผ่รังสีคืนท้องฟ้าได้ยังมีผลทำให้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลองในเวลากลางคืนสูงกว่าหน่วยทดลองอ้างอิงอีก แต่ถ้าพิจารณาในช่วงเวลาที่น้ำเป็นตัวเก็บความร้อนให้แก่ภายในหน่วยทดลองนั้น จะพบว่า น้ำสามารถลดอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลองได้ดีกว่าฉนวนกันความร้อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และถ้าจะพูดถึงค่าความชื้นภายในที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลากลางวันจะเห็นได้ว่าก็ไม่ได้มีค่าเกินภาวะน่าสบายของประเทศไทย เพราะว่ามีความร้อนและอุณหภูมิภายนอกที่สูงอยู่แล้ว ดังนั้นแนวทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

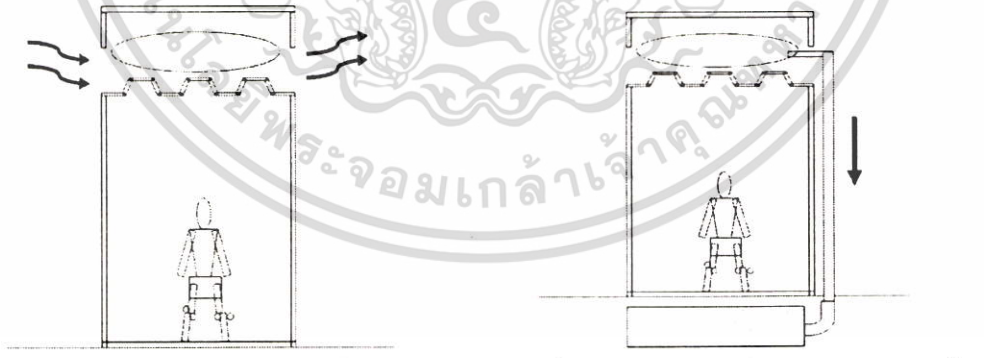
4.6.1 กำหนดการใช้งาน คือ ช่วงเวลา 8.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาปกติในการทำงาน ดังนั้นเราอาจจะนำหลักการของ "สกายเทิร์ม"นี้ไปใช้เฉพาะกับห้องทำงาน หรือ ห้องที่มีการใช้งานในช่วงเวลานี้



ช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ช่วงเวลา 17.00-8.00 น.ของวันใหม่

ภาพที่ 4.28 แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม"

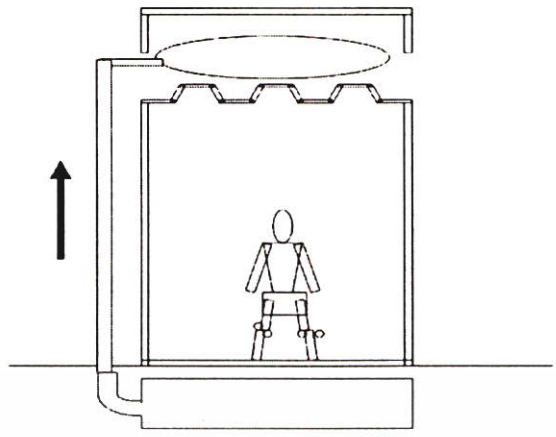
4.6.2 ให้มีการปล่อยน้ำที่อยู่ในถุงออกในช่วงเวลา 17.00 น.. เป็นต้นไป เพราะเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในมีค่าสูงเกินไป อีกทั้งค่าความชื้นที่จะเพิ่มขึ้นตามมาในเวลากลางคืน แล้วใส่น้ำคืนกลับมาเวลา 6.00 น.ซึ่งเป็นเวลาที่ ดวงอาทิตย์เริ่มแผ่รังสีความร้อน และ อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น



เปิดช่องว่างระบายอากาศให้ถุงน้ำ ปล่อยน้ำออกในช่วงเวลาที่อุณหภูมิและความชื้นมีค่าสูงเกิน คือตั้งแต่ช่วงเวลา 17.00-6.00 น. ของวันใหม่

ภาพที่ 4.29 แสดงการนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ใช้

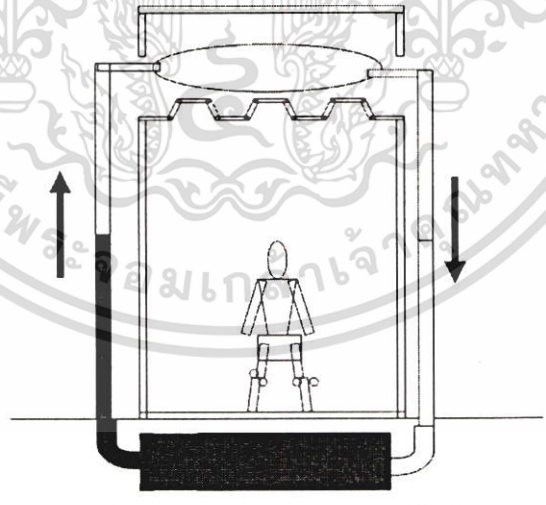
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใส่น้ำเข้าไปใหม่ในเวลา 6.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์เริ่มแผ่รังสี

ภาพที่ 4.29 (ต่อ)

4.6.3. ให้มีการหมุนเวียนของน้ำใหม่ คือในช่วงเวลา 17.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายในมีค่าสูงมากก็จะเปลี่ยนน้ำเก่าที่มีอุณหภูมิสูงออก แล้วใส่น้ำใหม่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้าไปแทนที่ และในปริมาณที่น้อยเพราะในช่วงเวลากลางคืนจะมีปัญหาเรื่องความชื้นมาเกี่ยวข้องอีก แล้วค่อยเพิ่มปริมาณเท่าเก่าในช่วงเช้าที่ต้องการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์



การหมุนเวียนของน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้าแทนที่น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

ภาพที่ 4.30 แสดงการนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลของการศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อพิสูจน์ทราบหรือเข้าใจถึงหลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี โดยหนึ่งในวิธีการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสี ที่ผู้ทำการวิจัยต้องการศึกษาคือ หลักการของ "สกายเทิร์ม" เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อการออกแบบหรือประยุกต์ใช้กับอาคารประหยัดพลังงานต่อไป

งานวิจัยนี้ได้พยายามศึกษาหาแนวทางในการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคา เพื่อการประหยัดพลังงาน ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ดังต่อไปนี้

1. การป้องกันหรือลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคา เพื่อลดภาระการทำความเย็นให้แก่ระบบปรับอากาศของอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร จากผลการทดลองที่ได้ นำมาวิเคราะห์ระหว่างหน่วยทดลองที่แทนอาคารพักอาศัยปกติทั่วไป ซึ่งใช้หลังคากระเบื้องโมเนีย ภายใต้หลังคาติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน และ ฉนวนกันความร้อน 4 นิ้วภายใน เปรียบเทียบกับ หน่วยทดลองที่แทนอาคารที่ใช้หลักการการแผ่รังสีความเย็นแบบ "สกายเทิร์ม" จากกราฟที่ได้จากการทดลอง จะพบว่าหน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" จะมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่า หน่วยทดลองที่แทนอาคารพักอาศัยทั่วไป เฉพาะช่วงเวลา ประมาณ 7.00 -17.00 น.ของทุกวันเท่านั้น ส่วนช่วงเวลาหลังจากนั้นจนถึง 7.00 น.ของวันใหม่ อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" จะมีค่าสูงกว่าหน่วยทดลองที่นำมาเปรียบเทียบ **ดังนั้นแสดงว่าหลักการการแผ่รังสีความเย็นแบบ "สกายเทิร์ม" นั้นให้ผลในการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคาได้ในช่วงเวลา 7.00 – 17.00 น.(เมื่อเทียบกับหน่วยทดลองที่แทนอาคารพักอาศัยปัจจุบัน) แต่ไม่สามารถลดความร้อนให้แก่หน่วยทดลองได้ตลอดทั้งวัน ในช่วงเวลาหลังจาก 17.00 – 7.00 น.ของวันใหม่จะไม่เหมาะสม เพราะน้ำไม่สามารถแผ่รังสีความร้อนคืนให้แก่ท้องฟ้าได้ เนื่องมาจากอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันมากระหว่างกลางวันและกลางคืน ซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำ กับ อากาศภายนอกได้ไม่ดี**

2. ความเป็นไปได้ ในการนำหลักการ การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" มาใช้ในเขตร้อนชื้น คือ กรุงเทพมหานคร จากผลการทดลองที่ได้ออกมา จะเห็นได้ว่า**หลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" นั้นไม่สามารถนำมาใช้ในเขตร้อนชื้น คือ กรุงเทพมหานคร ได้ เพราะความแตกต่างของอุณหภูมิเวลากลางวัน กับ กลางคืนไม่มากพอที่จะทำให้การแผ่รังสีความร้อนคืนกลับท้องฟ้าได้ดี รวมถึงปัจจัยของท้องฟ้าที่มีเมฆมาก เพราะในสภาพที่ท้องฟ้าปิดมีเมฆมาก การสะท้อนรังสีคลื่นยาวจะเป็นไปได้น้อย** รวมไปถึงปริมาณความชื้นในอากาศ ถ้ามีปริมาณสูงการถ่ายเทความร้อนรวมไปถึงการแผ่รังสีจะเกิดได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะเวลาเย็นไปถึงเวลากลางคืนซึ่งเป็นช่วงที่ หลักการ "สกายเทิร์ม" ต้องใช้กระบวนการแผ่รังสีคืนท้องฟ้า แต่ปริมาณความชื้นในอากาศของ กรุงเทพมหานครเป็นช่วงเวลาที่มีค่าความชื้นสูงที่สุด

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิธีการ การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ที่สำคัญก็คือเรื่องความชื้นที่อยู่ภายในหน่วยทดลอง จากกราฟจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่ปริมาณความชื้นภายในหน่วยทดลอง มีค่าเกินภาวะน่าสบายของประเทศไทย คือ 20-75% นั้นอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00-8.00 น. ของวันใหม่ คือตลอดเวลากลางคืน ที่ค่าปริมาณความชื้นภายในหน่วยทดลองที่ใช้หลักการ "สกายเทิร์ม" มีค่าเกินกว่าค่าภาวะน่าสบายสำหรับประเทศไทย เนื่องจากหลักการสกายเทิร์ม เป็นหลักการที่นำน้ำมาใช้เป็นตัวเก็บความร้อนให้แก่อาคาร และน้ำเป็นมวลสารที่มีความชื้นอยู่ในตัวสูงอยู่แล้ว ทำให้ยิ่งเพิ่มค่าความชื้นให้แก่ภายในหน่วยทดลองซึ่งจะมีค่าปริมาณความชื้นสูงกว่าค่าปริมาณความชื้นในอากาศเกือบตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วงเวลา 19.00-8.00 น. มีค่าเกินภาวะน่าสบายของประเทศไทยอีกด้วย ดังนั้นความชื้นที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดลองก็เป็นผลกระทบที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา จากการนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาใช้

3. หลักการป้องกันความร้อนที่ใช้กับบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่นำมาเปรียบเทียบกับหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ก็คือ ใต้หลังคา จะมีแผ่นสะท้อนความร้อนเป็นฉนวนเพื่อสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ส่วนข้างใต้ก็จะมีฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว หนา 4 นิ้ว อีกชั้นหนึ่งด้วย จากผลการทดลองที่ได้ออกมา พบว่า การทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" นั้นจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่มาทางหลังคาดีกว่าฉนวนกันความร้อนและแผ่นสะท้อนความร้อน เฉพาะช่วงเวลา 7.00-17.00 น. ส่วนเวลาหลังจาก 17.00-7.00 น.ของวันใหม่ หลักการการ "สกายเทิร์ม" จะมีปัญหาในการแผ่รังสีความร้อนคืนแก่ท้องฟ้า จึงทำให้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม"มีค่าสูงกว่า หน่วยทดลองที่ใช้ฉนวนกันความร้อนและแผ่นสะท้อนความร้อน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าหลักการ "สกายเทิร์ม" นั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับบ้านพักอาศัย หรืออาคารที่ต้องใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงแต่เหมาะสมกับอาคารที่ใช้งานแค่ช่วง 7.00-17.00 น. ซึ่งเมื่อพิจารณาเวลาที่สามารถนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาใช้ได้นั้นพบว่าเหมาะแก่อาคารประเภทสำนักงาน ที่ไม่ได้ใช้งานในช่วงเวลากลางคืน หรืออาจจะมาประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่นที่มีช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร อยู่ในช่วงเวลาที่หลักการ "สกายเทิร์ม" มีประสิทธิภาพสูงสุด

4. การนำหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม"ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ หรือใช้งานสำหรับอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น คือ กรุงเทพมหานคร นั้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง จะพบว่าในช่วงเวลา 7.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่า หน่วยทดลองที่แทนอาคารพักอาศัยในปัจจุบัน ส่วนเวลาตั้งแต่ 17.00-7.00 ของวันใหม่ อุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม"จะมีค่าสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลองเปรียบเทียบ และเมื่อนำค่าปริมาณความชื้นภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม มาร่วมพิจารณาประกอบด้วย จะพบว่าช่วงเวลาที่ค่าปริมาณความชื้นภายในของหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ไม่เกินกว่าค่าภาวะน่าสบายของประเทศไทย คือช่วงเวลา ตั้งแต่ 8.00-19.00 น. ดังนั้นช่วงเวลาที่สามารถนำหลักการการ"สกายเทิร์ม" มาใช้ได้คือ ช่วงเช้าตั้งแต่ 8.00 น. เพราะว่าช่วง 7.00 น. นั้น ค่าปริมาณความชื้นภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" ยังสูงกว่าค่าภาวะน่าสบาย ถึงแม้ค่าอุณหภูมิจะต่ำกว่าค่าอุณหภูมิของหน่วยทดลองเปรียบเทียบก็ตาม จนกระทั่งถึงเวลา 17.00 น. เพราะหลังจากนี้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง "สกายเทิร์ม" จะมีค่าสูงกว่าหน่วยทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น ช่วงเวลา ตั้งแต่ 8.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาที่สามารถนำหลักการ "สกายเทิร์ม" มาประยุกต์ในการใช้งานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะพบว่า สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ไม่เหมาะสมในการนำหลักการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ " สกายเทิร์ม" มาใช้ เพราะความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่น่าจะเหมาะสม ในการนำหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" นี้ไปใช้ ก็น่าจะเป็นใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือ ภาคเหนือ ในพื้นที่ ซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมาก คือ ในตอนกลางวันอากาศร้อน ส่วนในตอนกลางคืนอากาศหนาวเย็น

แต่ถ้าจะพิจารณาถึงการป้องกันความร้อนให้แก่หน่วยทดลองในเวลากลางวัน เปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอ้างอิง ที่แทนหลักการป้องกันความร้อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะพบว่า หลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" จะสามารถป้องกันความร้อนในช่วงเวลากลางวันได้ดีกว่า ซึ่งช่วงเวลาที่สามารถนำหลักการการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" มาใช้ได้นั้น คือ ช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ของแต่ละวัน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ คือ

1. **กำหนดการใช้งาน คือ ช่วงเวลา** 8.00-17.00 **น.** เป็นช่วงเวลาปกติในการทำงาน ดังนั้นเราอาจจะนำหลักการของ "สกายเทิร์ม"นี้ไปใช้เฉพาะกับห้องทำงาน หรือ ห้องที่มีการใช้งานในช่วงเวลานี้

2. **ให้มีการปล่อยน้ำที่อยู่ในถุงออกในช่วงเวลา** 17.00 **น.เป็นต้นไป** เพราะเป็นช่วงเวลาที่ อุณหภูมิภายในมีค่าสูงเกินไป อีกทั้งค่าความชื้นที่จะเพิ่มขึ้นตามมาในเวลากลางคืน ซึ่งอาจจะนำน้ำในส่วนที่ปล่อยออก ไปใช้ประโยชน์ในการชำระล้าง หรือ รดน้ำต้นไม้ เป็นต้น **แล้วใส่น้ำคืนกลับมาเวลา** 6.00 **น.** ซึ่งเป็นเวลาที่ ดวงอาทิตย์เริ่มแผ่รังสีความร้อน และ อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **ให้มีการหมุนเวียนของน้ำใหม่ คือในช่วงเวลา 17.00 น.** เมื่ออุณหภูมิภายในมีค่าสูงมากก็จะเปลี่ยนน้ำเก่าที่มีอุณหภูมิสูงออก แล้วใส่น้ำใหม่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้าไปแทนที่ และในปริมาณที่น้อยเพราะในช่วงเวลากลางคืนจะมีปัญหาเรื่องความชื้นมาเกี่ยวข้องอีก แล้วค่อยเพิ่มปริมาณเท่าเก่าในช่วงเช้าที่ต้องการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ข้อเสนอแนะนี้จึงอ้างอิงมาจากผลการทดลองที่ผู้วิจัยทำการทดลองมา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ไม่มากก็น้อย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ก็ต้องหาวิธีการ ,วัสดุต่าง ๆ และ ระบบที่จะนำไปใช้เพราะถุงน้ำต้องมีความยืดหยุ่นพียงพอ และระบบปล่อยน้ำ จ่ายน้ำต้องไม่เกิดการรั่วซึม อีกทั้งการดูแลรักษา ซึ่งต้องลงลึกถึงรายละเอียดของวัสดุเพื่อนำมาพิจารณารวมกันต่อไป อีกทั้งการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองในช่วงหน้าร้อนเข้าหน้าฝนของกรุงเทพมหานคร คือ ตั้งแต่เดือน เมษายน ถึง เดือน กรกฎาคม ซึ่งถ้าต้องการทราบถึง การนำหลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสี แบบ "สกายเทิร์ม" มาใช้อย่างครบถ้วน ควรจะทำการทดลองตลอดทั้งปี เพื่อทราบถึงความแตกต่างของ หลักการการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบ "สกายเทิร์ม" ในสภาวะภูมิอากาศต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2536. **การอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร** . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จุไรพร ตุมพสุวรรณ. 2540. **พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพ ฯ

ปรีชญา รังสิรักษ์. 2535. **แนวความคิดในเรื่องภาวะน่าสบาย**. กรุงเทพฯ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพศาล จันเตยูร. 2531. Climatic Design in Tropical Housing & Building . เชียงใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา . คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**. กรุงเทพฯ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทร บุญญาธิการ. 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพ ฯ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาษา. 2545. วารสารอาษาฉบับประจำเดือน ตุลาคม. **คิดแบบประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพฯ.

Abrams , Donald W. 1986 . LOW-ENERGY COOLING a guide to the practical application of passive cooling energy conservation measures . USA . Van Nostrand Reinhold .

Givoni , Baruch .1994 . PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING OF BUILDINGS. USA . Van Nostrand Reinhold.

Lechner , Norbert. 1991. HEATING, COOLING, LIGHTING design methods for architects . USA . John Wiley & Sons .

Mariatt , William P. 1984 . ROOF POND SYSTEMS . USA .

Vaughn , Bradshaw . 1993 . BUILDING CONTROL SYSTEMS . USA . John Wiley & Sons .

http://suntzu.larc.calpoly.edu/ehhf/background.html

http://support.caed.asu.edu/radiant/index.html

http://www.motherearthnews.com

http://www.solartoday.org

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสุรศักดิ์ สุรศักดิ์ศิลป เกิดเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2515 ที่ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2541

ปี พ.ศ. 2542 ทำงานเป็นสถาปนิกอิสระ ที่ จ.เชียงใหม่

ปี พ.ศ. 2543 ทำงานเป็นสถาปนิกอิสระ ที่ กรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ. 2543 เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนในการทำวิจัย จากสำนักงานนโยบายและพลังงานแห่งชาติ (ส.พ.ช.) ในหัวข้อ "การศึกษาการทำความเย็นโดยวิธีการแผ่รังสีแบบ สกายเทิร์ม ของอาคารบ้านพักอาศัย เพื่อการประหยัดพลังงาน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้