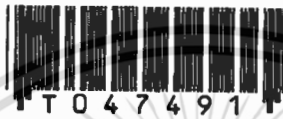


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์

FACTORS THAT INFLUENCE VENTILATION RATE OF ROOF SOLAR
COLLECTOR



คณิน หุตานุวัตร
KHANIN HUTANUWATR

เลขหมึก.....
เลขทะเบียน **47491**
วัน, เดือน, ปี 19 ส.ค. 2546

.b.....
l.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545
ISBN 974-648-901-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS THAT INFLUENCE VENTILATION RATE OF ROOF SOLAR COLLECTOR



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN INTERIOR ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002**

ISBN 974-648-901-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์
นักศึกษา	นาย คณิน นุตานุวัตร
รหัสประจำตัว	43063312
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(สถาปัตยกรรมภายใน)
สาขาวิชา	สาขาสถาปัตยกรรมภายใน
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นพดล สหชัยเสรี

บทคัดย่อ

จากปัญหาด้านสภาวะความสบายและคุณภาพอากาศภายในที่อยู่อาศัยนำมาซึ่งความต้องการในการระบายอากาศ แต่จากปัญหาด้านวิกฤติการณ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมจึงต้องหาวิธีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการหาวิธีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาสร้างให้เกิดการระบายอากาศในพื้นที่อยู่อาศัย โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของอากาศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งในการประยุกต์หลักการดังกล่าวกับอาคารสามารถทำได้กับ 3 จุดคือ ที่ผนัง หลังคา และปล่อง และจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการประยุกต์หลักการนี้กับหลังคายังสามารถพัฒนาได้อีก จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของวิจัยนี้คือ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงหลักการสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดกับปล่องหลังคา ด้วยการเปลี่ยนจากการใช้มวลสาร(กระเบื้องซีแพคโมเนียและกระเบื้องลอนคู่)ในการสะสมความร้อนเป็นการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และสร้างให้เกิดการสะท้อนรังสีอยู่ภายในปล่อง(กระเบื้องโปรงแสง) และศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการรับรังสีด้วยการขยายขนาดปล่องโดยมีแผ่นโลหะดำแทรกอยู่กลางปล่องเพื่อรับรังสีและแผ่ความร้อนให้กับทั้ง2ด้านของปล่อง นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงผลกระทบของแนวเฉียงของฝ้า(ฝ้าแนวเฉียงและฝ้าในแนวระดับ)และตำแหน่งของช่องดึงอากาศเข้าสู่ปล่องกับตำแหน่งของช่องหน้าต่าง(ช่องดึงอากาศอยู่ตรงกับปล่องโดยมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา และช่องดึงอากาศไม่ตรงกับปล่องโดยมีหน้าต่างอยู่ในด้านเดียวกับหลังคา) โดยการวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของกลุ่มทฤษฎี 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มทฤษฎีด้านการเคลื่อนที่ของอากาศ(Air Movement) และกลุ่มทฤษฎีด้านการส่งถ่ายความร้อน(Heat Transfer)

การวิจัยนี้ใช้วิธีการสร้างหน่วยทดสอบ โดยแต่ละหน่วยทดสอบจะมีความแตกต่างกันตามตัวแปรที่ทำการศึกษา และควบคุมตัวแปรอื่นที่ไม่ได้ศึกษาให้เหมือนกัน โดยแต่ละตัวแปรจะถูกเก็บผลด้านการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในทุกๆครึ่งชั่วโมงเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจึงทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเรื่องอิทธิพลของลมที่มีต่อความเร็วภายในปล่องเพื่อควบคุมตัวแปรด้านลมในสภาพแวดล้อม ด้วยการปิดระบบปล่องรังสีอาทิตย์แล้วจึงเก็บข้อมูลด้านลมในสภาพแวดล้อมและลมภายในปล่อง

การวิจัยนี้ได้พบว่า การสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิด้วยการรับรังสีความร้อน(การใช้กระเบื้องโปรงแสง)ให้การระบายอากาศที่ดีกว่าและมีอุณหภูมิภายในที่เย็นกว่าจากการใช้มวลสารในการสะสมความร้อน(กระเบื้องซีแพค และกระเบื้องลอนคู่) นอกจากนั้นในการรับรังสีความร้อนด้วยกระเบื้องโปรงแสงนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการเพิ่มขนาดปล่องเป็นปล่อง2ชั้น ใช้แผ่นโลหะดำแทรกกลางซึ่งจะทำให้ได้อัตราการระบายอากาศที่ดีกว่าและมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าด้วยเช่นกัน ส่วนในด้านผลกระทบของแนวฝ้านั้นใน ด้านการระบายอากาศนั้นแม้ว่าผลจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแต่จากผลการทดลองก็พบว่าฝาดตรงในแนวระดับจะให้อัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าฝาดเฉียงในแนวหลังคาเล็กน้อย แต่การใช้ฝาดตรงในแนวระดับนี้จะมีอุณหภูมิภายในที่ร้อนกว่าการใช้ฝาดเฉียงตามแนวหลังคาอยู่เล็กน้อยซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการสะสมความร้อนของมวลอากาศที่อยู่เหนือฝ้า และสุดท้ายได้พบว่าการเจาะช่องดิ่งอากาศให้ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคารับแสงอาทิตย์จะให้อัตราการระบายอากาศที่ดีกว่าและมีอุณหภูมิภายในที่เย็นกว่าการเจาะช่องดิ่งอากาศไม่ตรงกับปล่องและมีช่องหน้าต่างอยู่ในด้านเดียวกับหลังคาอย่างมาก จากการค้นพบดังกล่าวจึงได้ขอเสนอแนะว่า

ควรใช้หลักการสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิด้วยการรับรังสี (จากการใช้กระเบื้องโปรงแสง)และเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง ส่วนการทำฝ้านั้นถ้าต้องการความเย็นในพื้นที่อยู่อาศัยเป็นหลักควรทำฝาดเฉียงตามแนวจันทัน แต่ถ้าต้องการการระบายอากาศเป็นหลักควรทำฝาดตรงในแนวระนาบ แต่ให้มีปล่องและช่องดิ่งอากาศเข้าสำหรับถ่ายเทอากาศบนฝ้าเพื่อป้องกันการสะสมความร้อนซึ่งสันนิษฐานว่าจะทำให้อุณหภูมิภายในเย็นลงขณะที่ยังมีอัตราการระบายอากาศที่สูงที่สุด นอกจากนั้นควรเจาะช่องดิ่งอากาศเข้าให้ตรงกับปล่องและมีช่องหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับหลังคา และควรมีการทำความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติให้กับอากาศก่อนที่จะไหลเข้าสู่ภายใน ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิของภายนอกได้

Thesis Title	Factors that Influence Ventilation Rate of Roof Solar Collector
Student	Mr. Khanin Hutanuwatr
Student ID.	43063312
Degree	Master of Architecture (Interior Architecture)
Program	Interior Architecture
Year	2002
Thesis Adviser	Assoc.Prof. Nopadon Sahachaiseri

ABSTRACT

Ventilation is one of the remedies for thermal comfort and indoor air pollution problems. Beside, the present global energy crisis as well as the environmental issues also lead to the effort toward research on passive ventilation system. Solar radiation, as clean and renewable energy, can be utilized to cause air movement by means of the "Stack Effect Ventilation" principal. Three types of such applications can be implemented to buildings, solar chimney, trombe wall and solar roof collector. This paper focuses on the performance improvement of solar roof collector with the following objectives.

First, it aims to compare the performance of stack heating techniques, mass conductor (black cement shingles and black asbestos shingles) and direct radiation collector, (transparent shingles with reflector). Second, it compares the efficiency of a double-layer stack with the existing single layer one. By adding an additional layer of black metal sheet to separate the existing air window to take advantage of the solar radiation, the design also doubles the volume of the existing air way (from one layer to two layers). Third, the research attempts to explore the effects of ceiling angle--angled ceiling and horizontal ceiling--on the cooling efficiency. And finally, the study experiments the influence of different air inlet and window configurations (air inlet on the opposite side of roof panel vis-a-vis air inlet far from stack with window on the same side of the roof panel).

The study is based on two lines of theories--air movement and heat transfer principles. The experiment has been done via six testing cells, which physical attributes represent different variables to derive answers for research questions. Monitored

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ventilation rates, temperatures, and solar radiation in a 30-minute interval are recorded through data loggers for 5-8 days. Additional experimentation at night has been implemented to control the external wind movement—for both direction and velocity—which affects the air velocity in the stacks.

The study shows that direct radiation in-stack air heating offers a higher ventilation rate with lower indoor air temperature than the high mass and low mass conductors. In addition, the double layer stack system performs best for both ventilation rate and lower indoor air temperature. The study does not find any significant difference between performances caused by different ceiling angles. The study found, however, that the indoor air temperature is slightly lower in the angled ceiling cells while there is a slightly higher ventilation rate in the horizontal ceiling cells. In such cases, the air mass above the ceiling might act like a mass absorbing heat from the roof system and transferring it to the interior space. The experiment on air inlet location shows that ventilation rate is higher and indoor air temperature is lower for stack with window on the opposite side of the roof panel. The experiment concludes that direct solar-radiation heated roof collectors with double layers of stack separated by black metal sheet has the best performance. Angled ceiling is proved more preferable for living areas requiring lower indoor air temperature. If ventilation is a crucial factor, horizontal ceiling should be more favorable. Additional vents for releasing hot air over the ceiling might be needed to help lower the indoor air temperature. Ceiling angle could be a matter of taste rather than a ventilation remedy since its effects on the rate of ventilation is small. Moreover, for best cross flow through the living space, the air inlet should be located near the stack while the window should be as far from the inlet as possible.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับความเมตตาจาก ผศ.ดร. นพดล สหชัยเสรี ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดเวลา ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ในการอนุเคราะห์ทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท กระเบื้องหลังคาซีแพค จำกัด และกลุ่มบริษัทในเครือ ปูนซีเมนต์ไทย ในการอนุเคราะห์วัสดุในการก่อสร้างหน่วยทดสอบ

ขอขอบพระคุณ คุณ สมศักดิ์ วิจิตรกาญจน์ หัวหน้าส่วนจำกัด เกียรติธนะวัฒน์. ในการให้คำแนะนำด้านการเลือกใช้นวนและอนุเคราะห์วัสดุคนวน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณิน หุตานุวัตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
คำนำ.....	1
ความสำคัญและความเป็นมา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
คำถามการวิจัย.....	5
สมมุติฐาน.....	5
กรอบการวิจัย.....	6
ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	9
กรอบทฤษฎี.....	9
สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
สรุปวิธีการวิจัยที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา.....	24
สรุปตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปรในการวิจัย.....	27
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย.....	32
การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์สู่นิยามด้านปฏิบัติการ.....	32
หน่วยทดสอบ.....	36
เครื่องมือชี้วัดตัวแปร.....	46
สถานที่ในการทดลอง.....	53
วิธีการทดลอง.....	56
ข้อจำกัดและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง.....	63
ข้อจำกัดในการวิจัยด้านสภาพแวดล้อม.....	72
กระบวนการวิเคราะห์.....	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	77
ข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่องและอัตราการระบายอากาศ.....	77
ข้อมูลด้านอุณหภูมิ.....	91
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการวิจัย.....	107
การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยที่1.....	110
การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยที่2.....	121
การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยที่3.....	131
การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยที่4.....	142
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์และความแตกต่างของอุณหภูมิ ภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก.....	151
บทที่ 6 บทสรุปและเสนอแนะ.....	153
การสรุปผลงานวิจัย.....	153
ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ผลการวิจัยในการออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน.....	154
การประเมินค่าการประหยัดพลังงานของระบบ.....	168
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	173
บรรณานุกรม.....	174
ภาคผนวก.....	176
ประวัติผู้เขียน.....	183

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงการแปลงนิยามโมท์ศน์สู่นิยามปฏิบัติการณ์ของตัวแปรต่างๆ.....	32
3.2 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 1.....	38
3.3 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 2.....	39
3.4 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 3.....	40
3.5 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 4.....	41
3.6 แสดงแผนภูมิของค่าความเป็นจนวนและราคาของวัสดุชนิดต่างๆ.....	42
3.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุจนวน 3 ชนิด.....	43
3.8 แสดงการตั้งสมมุติฐานของพฤติกรรมกรถ่ายเทความร้อน.....	49
3.9 แสดงตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของอากาศในหน่วยทดสอบ.....	50
3.10 แสดงตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของอากาศในช่องปล่อง.....	51
3.11 แสดงตำแหน่งในการวัดความเร็วของอากาศในช่องปล่อง.....	52
3.12 แสดงสภาพของดาวฟ้าอาคารเรียนรวม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.....	53
3.13 แสดงสภาพของดาวฟ้าอาคารห้องสมุดเก่า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.....	54
3.14 แสดงความแตกต่างของปล่อง 2 ประเภท.....	62
3.15 สรุปลำดับและช่วงเวลาของการวิธีการวัดแต่ละแบบ.....	69
4.1 แสดงความสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง ในทิศที่ 1-5.....	78
4.2 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่องในทิศที่ 6-9.....	80
4.3 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 3-5.....	81
4.4 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 6-7.....	82
4.5 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 3-5.....	83
4.6 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 6-7.....	84
4.7 สรุปอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่อง.....	85
4.8 แสดงความเร็วที่วัดได้ เปรียบเทียบกับความเร็วที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องแสง อาทิตย์ของเซลล์ที่ 1-6.....	88
4.9 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย.....	91
4.10 แสดงค่านัยสำคัญด้วยการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยของอัตราการ ระบายอากาศ.....	91
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 1-3 ช่วง 8.00น-10.00น.....	93
4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 4-6 ช่วง 8.00น-10.00น.....	94

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่1-3 ช่วง 10.00น-13.00น	95
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่4-6 ช่วง 10.00น-13.00น	96
4.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่1-3 ช่วง 13.00น-16.00น	97
4.16 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่4-6 ช่วง 13.00น-16.00น	98
4.17 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่1-3 ช่วง 16.00น-17.30น	99
4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่4-6 ช่วง 16.00น-17.30น	100
4.19 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ	101
4.20 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ ที-เทสต์แบบคู่ ในช่วงเวลาต่างๆ	101
4.21 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ	103
4.22 แสดงค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน ปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ	104
4.23 สรุปข้อมูลด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ	105
4.24 สรุปข้อมูลด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ	106
5.1 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบ(เซลล์)ทั้ง 6 หน่วย	107
5.2 แสดงการให้นิยามของตำแหน่งอ้างอิงของหน่วยทดสอบต่างๆ	109
5.3 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่1-3	110
5.4 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศใน หนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่1-3	111
5.5 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุด กึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่1-3	112
5.6 แสดงค่านัยสำคัญของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกจากการ ใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของหน่วยทดสอบที่1-3	116
5.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ของหน่วยทดสอบที่ 1-3	118
5.8 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่1 ถึง 3	119
5.9 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่3และ4	121
5.10 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศใน หนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่3-4	122
5.11 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุด กึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่3-4	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.12 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล้องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่3-4	126
5.14 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4	129
5.15 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่4และ5	131
5.16 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่4 และหน่วยทดสอบที่5	133
5.17 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่4-5	134
5.18 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล้องกับอุณหภูมิภายนอก	138
5.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่4-5	139
5.20 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่4 และ5	140
5.21 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่5และ6	142
5.22 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่5 และหน่วยทดสอบที่6	143
5.23 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆ ของหน่วยทดสอบที่5-6	144
5.24 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล้องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่5-6	147
5.25 แสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6	148
5.26 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ของหน่วยทดสอบที่5และ6	149
6.1 แสดงปริมาณลมในทิศทางต่างๆ(ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)	160
6.2 แสดงการเดินทางของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน	162
6.3 สภาพการณ์ของทิศทางลมและแสงแดดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆของปี	162
6.4 แสดงการสรุปสภาพการณ์ของทิศทางลมและแสงแดดที่ที่แตกต่างกัน	163
6.5 ตัวอย่างการการประยุกต์ใช้หลักการปล้องรังสีอาทิตย์	165
6.6 แสดงการเปิดช่องเปิดและหลังคาปล้องแสงอาทิตย์ที่ทำงานในแต่ละช่วงของฤดู	167
6.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลา 1 ปี	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.8 แสดงการทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ เวลาต่างๆของวัน	169
6.9 แสดงอัตราการระเหยอากาศที่เกิดจากปล่องหลังเครื่องสีอาทิตย์ในระยะเวลาต่างๆ	170
6.10 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมระบายอากาศ	171
6.11 แสดงปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้จากพัดลมตั้งโต๊ะเพื่อให้ได้อัตราการระเหยอากาศเท่ากับหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์	172



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครที่เกินขอบเขตภาวะความสบาย	1
1.2 แสดงความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย	2
1.3 แผนผังสรุปความเป็นมาของปัญหาการวิจัย	4
1.4 แผนผังแสดงกรอบการวิจัย	6
2.1 แสดงการไหลประเภทต่างๆ	11
2.2 แสดงลักษณะการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์	14
2.3 แสดงลักษณะการทำงานของผนังปล่องรังสีอาทิตย์	14
2.4 แสดงการลักษณะการทำงานของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์	15
2.5 แสดง Short Circuit Effect	16
2.6 แสดงการจำลองสภาพการณ์เป็นบ้านทั้งหลัง	25
2.7 แสดงการจำลองสภาพการณ์แบบเฉพาะส่วนที่ต้องการศึกษา	26
2.8 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 1	30
2.9 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 2	31
2.10 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 3	32
2.11 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 4	33
3.1 แสดงการปรับปรุงลักษณะของหน่วยทดสอบ	37
3.2 แสดงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างหน่วยทดสอบ	46
3.3 แสดงเครื่องฮอท วายร์ แอนิเมโนมิเตอร์	47
3.4 แสดงเครื่อง ไพรานอริมิเตอร์	47
3.5 แสดงเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger : Hobo)	48
3.6 แสดงเครื่องวัดความเร็วลมแบบต่างๆ	48
3.7 แสดงการจัดวางหน่วยทดสอบแบบกระจาย	55
3.8 แสดงการจัดวางหน่วยทดสอบแบบเรียงแถว	56
3.9 แสดงการปิดฉนวนที่หลังคาเพื่อวัดเฉพาะอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อม ต่อลมภายในปล่อง	61
3.10 แสดงการให้นิยามของทิศลม	63
3.11 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 1	63
3.12 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 2	64
3.13 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 3	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.14 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 4	65
3.15 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 5	65
3.16 แสดงการแก้ปัญหาในการวัดทิศทางลม	67
3.17 แสดงการแก้ปัญหาหาการวัดทิศทางลม ณ หน่วยทดสอบ	68
3.18 แสดงการใส่ท่อเพื่อป้องกันหัวยอดไวร์แอนเนโมมิเตอร์	69
3.19 แสดงวิธีการติดเทปที่ป้องกันเครื่องบินที่อุณหภูมิอุณหภูมิต่ำ	71
4.1 แสดงการให้นิยามของทิศลมเมื่อหันหน่วยทดสอบไปทางทิศใต้	77
4.2 ภาพแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือถึงทิศตะวันออก (ทิศที่ 1 จนถึง ทิศที่ 5)	79
4.3 แสดงสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องในกลุ่มที่พัดมาจากทาง ด้านหลังของหน่วยทดสอบ(ทิศที่ 1-5)	79
4.4 แสดงลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นของทิศที่ 6 ถึง ทิศที่ 9	79
4.5 แสดงสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องในกลุ่มที่พัดมาจาก ทางด้านหน้า(ทิศที่ 6-9)	80
4.6 แสดงสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมกับความเร็วลมภายในปล่องในกลุ่มที่พัดมาจาก ทางด้านหลัง	81
4.7 แสดงสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมกับความเร็วลมภายในปล่องในกลุ่มที่พัดมาจาก ทางด้านหน้า	82
4.8 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องของปล่อง ด้านล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 เมื่อลมมาจากทางด้านหลัง(ทิศ1-5)ของหน่วยทดสอบ	83
4.9 แสดงความสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องล่างของปล่อง ด้านล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 เมื่อลมมาจากทางด้านหน้า(ทิศ6-9)ของหน่วยทดสอบ	84
4.10 แสดงอัตราการระบายอากาศของเซลล์ต่างๆ	90
4.11 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ	103
5.1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของเซลล์1 ถึง เซลล์3	111
5.2 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่1	112
5.3 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่2	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.4 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่3	113
5.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกของหน่วยทดสอบที่1-3	115
5.6 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่3 และ4	122
5.7 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 3	123
5.8 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 4	124
5.9 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ของหน่วยทดสอบที่3-4.....	126
5.10 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5	132
5.11 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบในด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่4	134
5.12 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบในด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่5	134
5.13 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายนอกของ หน่วยทดสอบที่ 4-5	137
5.14 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ 5 และ6	143
5.15 แสดงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 5 ...	144
5.16 แสดงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 6	145
5.17 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายนอกของ หน่วยทดสอบที่ 5-6	146
5.18 แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องและ อุณหภูมิภายนอก	151
5.19 แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องและ อุณหภูมิภายนอก	152
6.1 ภาพแสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าในแนวเอียงและแนวตรงซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน	154
6.2 ไซโครเมตรริกซาร์ทของกรุงเทพมหานคร.....	155
6.3 แสดงขอบเขตภาวะความสบายเมื่อมีการระบายอากาศของคนไทย	156
6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของปล่องและความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น	158
6.5 แสดงการทำความเย็นให้กับอากาศก่อนเข้าสู่พื้นที่ภายใน	165

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้มาเบิกรับใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

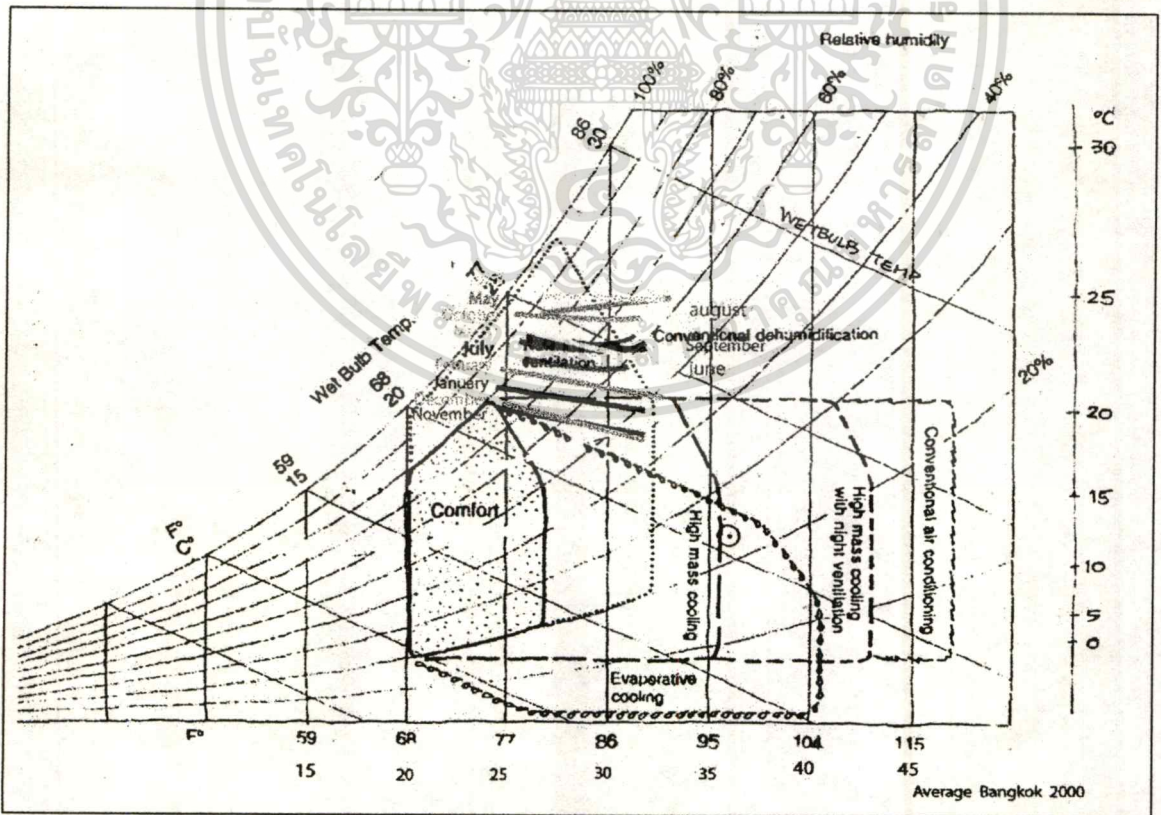
บทนำ

1.1 คำนำ

ประเด็นด้านคุณภาพอากาศภายใน และภาวะความสบายในการอยู่อาศัย นำมาสู่ความต้องการในการระบายอากาศ แล้วการระบายอากาศทำด้วยวิธีใดได้บ้าง ในสภาวะที่โลกกำลังเผชิญปัญหาสภาพแวดล้อม คำตอบของการระบายอากาศภายใน คงไม่ใช่เพียงแค่การติดตั้งเครื่องระบายอากาศเท่านั้น ยังมีวิธีอื่นอีกหรือไม่ โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานที่นับวันจะลดลงทุกที มีแหล่งพลังงานแหล่งใด ที่ในสภาพแวดล้อมอย่างเมืองไทย สามารถใช้ได้โดยไม่มีวันหมด และไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรวม

1.2 ความสำคัญ และความเป็นมา

จากการที่สภาพภูมิอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเกินขอบเขตภาวะความสบาย ที่ยังสามารถแก้ไขได้ด้วยการระบายอากาศ

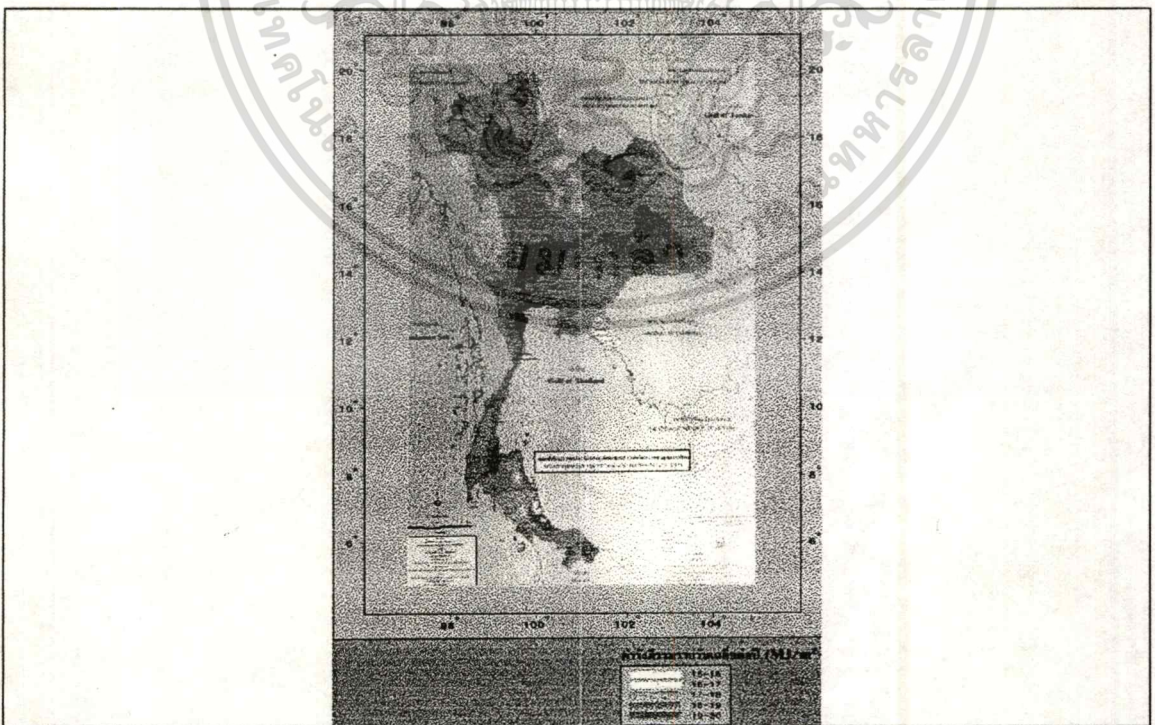


ภาพที่ 1.1 แสดงสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครที่เกินขอบเขตภาวะความสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในสภาพวิกฤตการณ์ทางพลังงานทำให้เราต้องหาวิธี “การระบายอากาศโดยอาศัยธรรมชาติ (Passive Ventilation)” ซึ่งมีหลักการอยู่ 2 วิธีการ คือ การอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของอากาศ จากความแตกต่างทางด้านความดัน โดยการอาศัยลม ให้พัดผ่านเข้ามายังสภาพแวดล้อมภายใน หรือที่เรียกว่า การอาศัยลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) ส่วนหลักการที่ 2 เป็นการอาศัยหลักความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศที่สามารถเกิดได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ ดึงอากาศในสภาพแวดล้อมภายในออกไป และเหนี่ยวนำให้อากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่ หรือที่เรียกว่าการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) แต่ในหลักการแรก ที่อาศัยลมพัดผ่านนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างคือ ลมนั้นไม่ได้มีตลอดเวลา หรือบางพื้นที่ไม่สามารถเจาะช่องเปิดอาคารให้สอดคล้องกับหลักในการสร้างความแตกต่างของความดันเพื่อให้เกิดลมพัดผ่านได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะเน้นในหลักการที่ 2 คือ การระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) ที่อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ

จากการที่ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร จึงมีปริมาณความชื้นของรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณสูง(ดังเห็นได้จากรูป) ซึ่งมีความเหมาะสมในการพยายามนำเอาแหล่งพลังงานนี้มาใช้เป็นพลังงานทดแทน เพื่อเป็นคำตอบหนึ่งในการแก้ปัญหาด้านวิกฤติพลังงาน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำแสงอาทิตย์ มาเป็นแหล่งพลังงานในการสร้างให้เกิดความแตกต่างกันของอุณหภูมิ เพื่อเหนี่ยวนำให้อากาศเคลื่อนที่



ภาพที่ 1.2 แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย

(ภาพจาก กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการในการนำแสงอาทิตย์กับหลักการการระบายอากาศทางปล่อง (Stack Effect) มาประยุกต์ใช้กับอาคาร ที่เป็นที่นิยมมีอยู่ 3 วิธีการ ได้แก่ ปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar Chimney) หลังคาปรับรังสีอาทิตย์ (Roof Solar Collector, RSC) และผนังปล่องรังสีอาทิตย์ (Trombe Wall, TW) ซึ่งทั้ง 3 วิธีการมีที่มาจากหลักการเดียวกัน แต่ต่างกันในด้านสถานที่ของการนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้ แต่บางวิธีการยังมีปัญหาอยู่บ้าง เช่นผนังปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีปัญหาจากผลกระทบจากร่มเงาชายคา ผลกระทบจากน้ำฝนที่สาดเข้ามาภายในปล่อง และการสะสมฝุ่นละออง เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะเน้นเรื่องหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์(Roof Solar Collector, RSC) ซึ่งในที่นี้ปล่องรังสีอาทิตย์หมายถึง ช่องว่างใต้หลังคาที่อากาศร้อนสามารถเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกทางช่องระบายอากาศของหลังคาตอนบนได้ โดยสาเหตุที่เน้นการศึกษาเรื่องนี้เนื่องจากมีข้อดีในแง่การมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ที่มากโดยไม่กระทบกระเทือนต่อรูปทรงและความงามของอาคารมากนัก อีกทั้งยังมีปัญหาจากผลกระทบด้านอื่น ๆ น้อย ซึ่งมีโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบให้ดีขึ้นได้

จากการทบทวนวรรณกรรม(หัวข้อ 2.1.1) พบว่าการศึกษาด้านหลังคาปล่องแสงอาทิตย์(Roof Solar Collector) ที่ผ่านมาได้ศึกษาในประเด็นต่างๆดังนี้ วัสดุหลังคา, ความเอียงของหลังคา, ระยะห่างระหว่างฝ้ากับหลังคา, อิทธิพลของลม และลักษณะของแผงบังของช่องทางเข้า (T. Bennag; S. Wachirape Wadon : S. Chaima : กำปนาท คงมีสุข, 2540 : อภิรุทธ์ ศรีสุธานนท์, 2541) อย่างไรก็ตามสามารถพัฒนาปรับปรุงหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ยังมีอีกหลายประเด็นดังนี้

ในด้านวัสดุถึงแม้จะมีการศึกษาไปแล้วแต่วัสดุที่นำมาศึกษานั้นยังไม่ครอบคลุมถึงวัสดุที่มีความเป็นไปได้ในการสร้างความร้อนให้กับปล่องแสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น เช่นวัสดุรูปทรงแผ่นใสเพื่อรับรังสีอาทิตย์ได้โดยตรง (ดังเห็นได้จากการผลการศึกษาด้านวัสดุสำหรับผนังปล่องรังสีอาทิตย์ที่ใช้กระจกจะได้ผลดีที่สุด(W. Kovgduang) หัวข้อ 2.2.2)

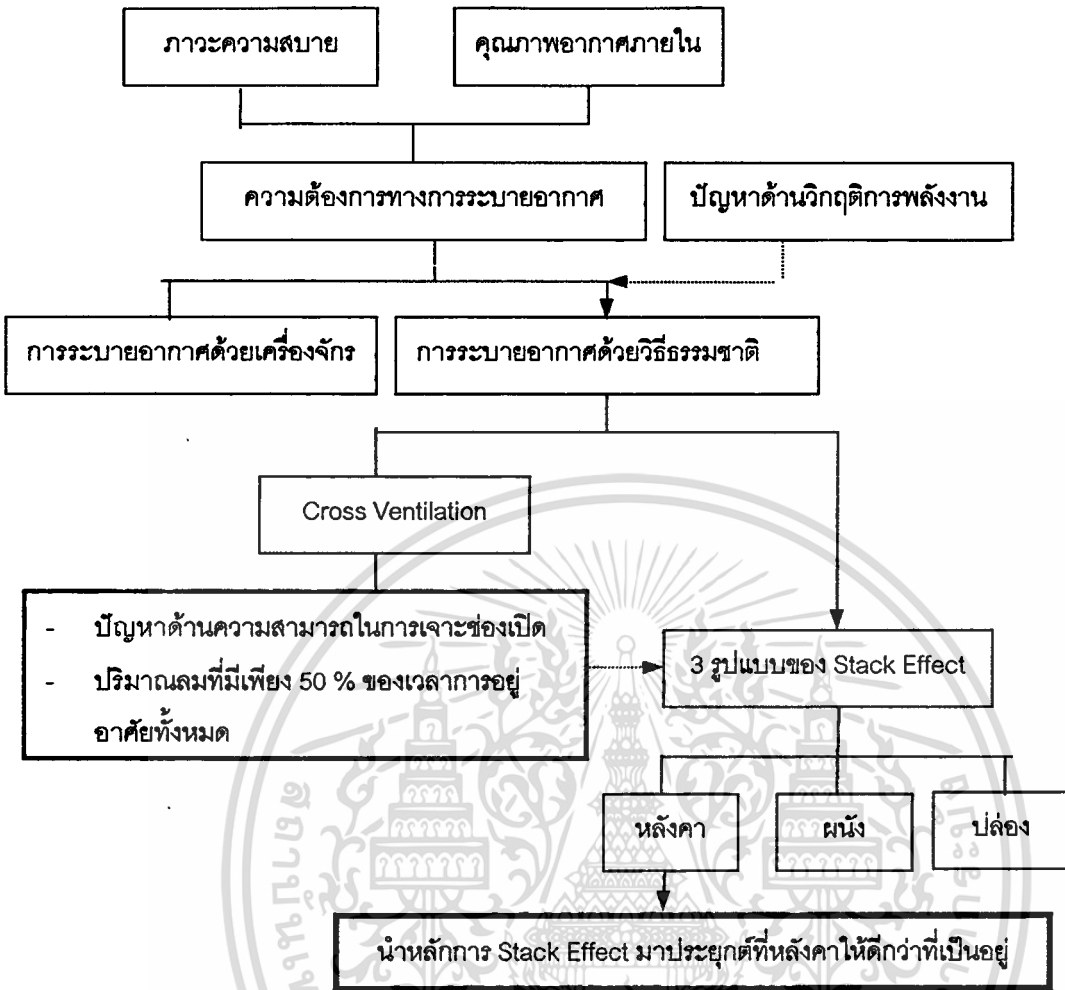
การศึกษาด้านนี้ที่ใช้แผ่นโลหะในการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาจะอาศัยความร้อนจากแผ่นโลหะเพียงด้านเดียว ยังไม่มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการอาศัยความร้อนจากทั้ง 2 ด้านของแผ่นโลหะแทรกกลางนี้

แม้จะมีการศึกษาในเรื่องมุมเอียงของหลังคาแล้ว(บทที่ 2 หัวข้อ 2.2.1)แต่ยังไม่มีการศึกษาเรื่องมุมเอียงของฝ้าที่มีส่งต่ออัตราการระบายอากาศและการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่พื้นที่ภายใน

นอกจากนั้นประเด็นด้านผลกระทบของตำแหน่งของช่องทางเข้าอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์กับช่องดึงอากาศเข้าจากภายในห้องนั้นก็ยังไม่มีการศึกษาแต่อย่างใด

เห็นได้ว่ายังมีประเด็นในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาปล่องแสงอาทิตย์อีกหลายประเด็นที่ยังไม่ได้รับการศึกษาวิจัย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.3 แผนผังสรุปความเป็นมาของปัญหาการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากปัญหาในการวิจัยดังกล่าวทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1 เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการเพิ่มประสิทธิภาพของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์(Roof Solar Collector) โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการในการทำความร้อนให้กับปล่อง เปรียบเทียบกับหลักการเดิมที่เคยศึกษามา ในด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในในอาคาร

2 ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในเพิ่มจำนวนปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้น โดยอาศัยความร้อนจากแผ่นโลหะแทรกกลางเพื่อให้ได้ความร้อนทั้ง 2 ทิศทาง(ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง)ในการเพิ่มอัตราการระบายอากาศและช่วยลดอุณหภูมิภายใน

3 ศึกษาผลกระทบของความเอียงของฝ้าและตำแหน่งช่องดึงอากาศจากภายในห้องต่ออัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 คำถามของการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยที่ผ่านมายังมีประเด็นที่ไม่ได้มีการศึกษาอยู่อีกดังได้กล่าวบทสรุปไว้ในหัวข้อ 2.2.5 จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์และประเด็นคำถามการวิจัยดังนี้

1 การรับรังสีโดยตรงจะให้ผลดีมากกว่าการใช้มวลในการส่งผ่านความร้อนหรือไม่ ถ้าใช้มวลในการส่งผ่านความร้อน แล้วสามารถใช้วัสดุที่มีมวลน้อยสืบทอดแทนวัสดุที่มีมวลมากสืบทอดได้หรือไม่ แล้วส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอย่างไร

2 ในกรณีที่ทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสี สามารถขยายปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้นได้หรือไม่ โดยอาศัยความร้อนจากโลหะแทรกกลางทั้งจากทิศด้านหน้าและทิศด้านหลังร่วมกัน เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้หรือไม่ และจะช่วยลดอุณหภูมิภายในได้หรือไม่

3 ฝ้ายในแนวระดับ มีผลกระทบกับอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในอย่างไร เมื่อเทียบกับการฝ้ายลาดเอียงในแนวจันทัน มวลของอากาศที่มากขึ้นจะช่วยเป็นฉนวนกันความร้อนภายในหรือไม่

4 ในกรณีที่ตีฝ้ายในแนวระดับ ทำให้สามารถเจาะช่องทางที่ดึงอากาศจากภายในห้องในตำแหน่งตรงข้ามกับด้านชายคา ซึ่งการเจาะช่องทางที่ตำแหน่งทางเข้าของปล่องโดยตรง กับเจาะในตำแหน่งที่ห่างออกไปจากทางเข้าของปล่องโดยตรงแล้วอัตราการระบายจะลดหรือไม่ จะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอย่างไร

1.5 สมมุติฐาน

1 จากงานวิจัยด้านชุดวัสดุของผนังปล่องรังสีอาทิตย์(บทที่ 2 หน้า 21) จึงคาดว่า การทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสีผ่านชุดวัสดุแบบใสจะให้อัตราการระบายอากาศดีกว่าการทำความร้อนด้วยการใช้มวลในการส่งผ่านความร้อนด้วยกระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ นอกจากนั้นกระเบื้องลูกฟูกสีดำจะให้ผลดีพอๆกับกระเบื้องซีแพคสีดำ

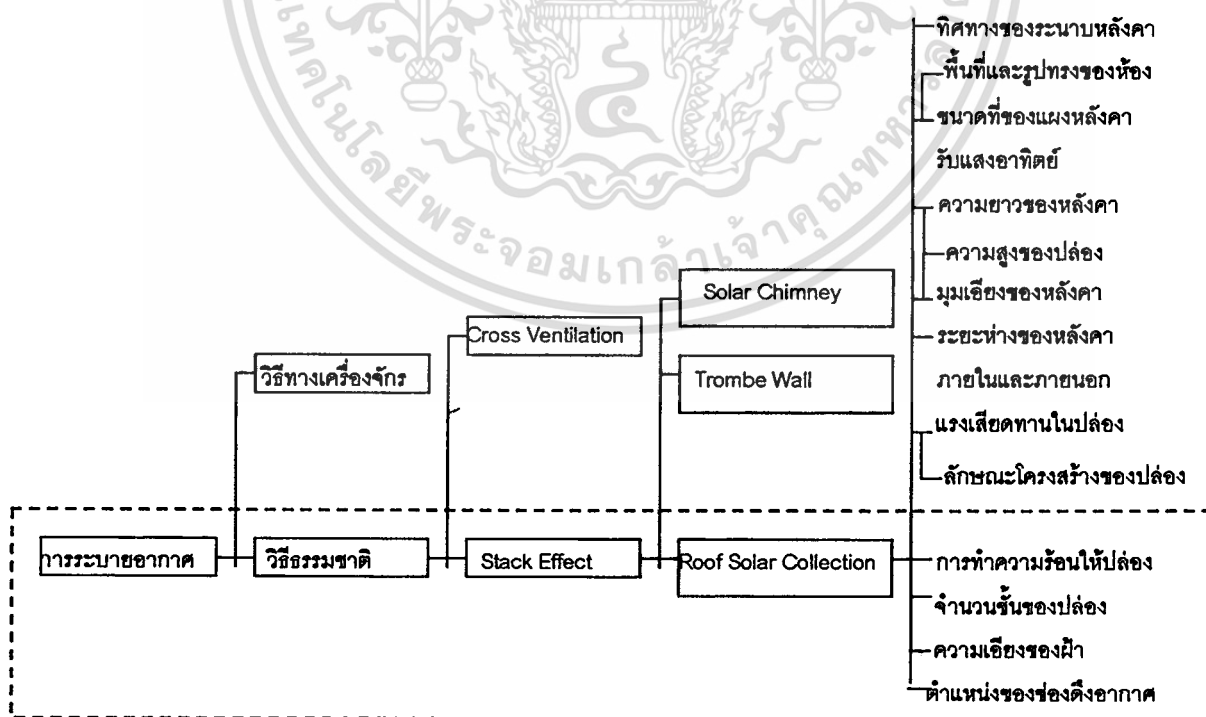
2 จากหลักการถ่ายเทความร้อน(หัวข้อ 2.1.8) จึงคาดว่าสามารถขยายปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้นได้โดยใช้ความร้อนจากทั้ง 2 ด้านของแผ่นโลหะมาช่วยเพิ่มจำนวนอัตราการระบายอากาศที่มากขึ้น และช่วยลดอุณหภูมิภายในเนื่องจากอากาศเหนือฝ้ายมีการไหลอยู่ตลอดเวลา

3 จากหลักการของการใช้อากาศเป็นฉนวน(หัวข้อ 2.1.10) จึงคาดว่า การตีฝ้ายในแนวระนาบจะมีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่าการตีฝ้ายแนวจันทัน แต่จะมีอัตราการระบายที่เท่ากัน

4 จากหลักการในการเคลื่อนที่ของอากาศ (หัวข้อ 2.1.4) คาดว่าการเจาะอากาศที่ไม่ตรงกับช่องทางเข้าปล่องนั้นอาจทำให้อัตราการระบายอากาศลดลงเล็กน้อยจากแรงเสียดทานที่ต้องเคลื่อนที่ไกลขึ้นและหักเหอย่างมากขึ้น

1.6 กรอบการวิจัย

การศึกษาอาศัยกระบวนทัศน์(Paradigm)ทางความยั่งยืน(Sustainable)เข้าแก้ปัญหาการระบายอากาศสำหรับอาคารที่สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งการระบายอากาศนั้นสามารถทำได้ทั้งอาศัยเครื่องจักรกล และอาศัยธรรมชาติ เนื่องจากปัญหาด้านพลังงานและสภาพแวดล้อม การวิจัยนี้จึงเลือกที่จะใช้วิธีการแบบธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาตินี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ การอาศัยลมพัดผ่าน(Cross Ventilation) และการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) การวิจัยนี้จะทำการศึกษาด้าน Stack Effect เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตที่มีปริมาณความชื้นรังสีดวงอาทิตย์สูง ประกอบกับ สภาพอาคารและที่ตั้งบางครั้งไม่เอื้อต่อการเปิดช่องเปิดให้มีลมพัดผ่านได้ อีกทั้งกระแสลมก็ไม่ได้มีตลอดเวลา(ประมาณครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด) การนำหลักการของ Stack Effect มาประยุกต์เข้ากับอาคารสามารถทำได้ 3 วิธีคือ ปล่องรังสีอาทิตย์(Solar Chimney) ผนังปล่องรังสีอาทิตย์(Trombe Wall) และหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์(Roof Solar Collector) และซึ่งการวิจัยนี้จะทำการศึกษาปรับปรุงหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ในด้านประสิทธิภาพการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในอาคาร ในประเด็นที่ยังไม่ได้มีการศึกษาดังนี้ (จากหัวข้อ2.2.5) คือ วิธีการทำความร้อนให้กับปล่อง การขยายจำนวนชั้นของปล่องด้วยแผ่นโลหะแทรกกลาง แนวเฉียงของฝ้า และตำแหน่งของช่องดึงอากาศจากภายในห้อง ซึ่งมีตัวแปรในการวิจัย และการเชื่อมโยงตัวแปร ในผลสรุปตอนท้ายของบทที่2 (หัวข้อ2.4)



ภาพที่ 1.4 แผนผังแสดงกรอบการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1 ทราบถึงวิธีการทำความร้อนให้กับปล่องหลังคาแสงอาทิตย์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อวัสดุที่ควรใช้ทำปล่อง ในที่สุด
- 2 ในกรณีที่ทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสีอาทิตย์ ผลการวิจัยจะทำให้ทราบว่าสามารถขยายปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้น โดยอาศัยความร้อนจากทางด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นโลหะแทรกกลางได้หรือไม่
- 3 ทราบถึงผลกระทบของการทำฝ้าในแนวจันทัน และแนวระนาบ(ในกรณีที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง)
- 4 ทราบถึงผลกระทบของการเจาะช่องดึงอากาศเข้าในตำแหน่งที่ต่างกัน(ในกรณีที่ทำฝ้าแนวระนาบ)

ก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาของบทต่อไป จะขอกล่าวถึงภาพรวมของเนื้อหาของบทต่างๆดังนี้ เนื้อหาในส่วนต่อไปในบทที่ 2 นั้นจะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรม เพื่อให้ได้มาซึ่งกรอบทฤษฎี ตัวแปร และวิธีการในการวิจัย ดังนั้นเนื้อหาของบททบทวนวรรณกรรมจึงประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่การศึกษาทฤษฎีที่กล่าวถึงพื้นฐานของการระบายอากาศและการเคลื่อนที่ของอากาศ แล้วจึงเจาะลึกในรายละเอียดของทฤษฎีด้านการระบายอากาศทางปล่อง (Stack Effect) หลังจากนั้นจะเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน และฉนวนความร้อน และในส่วนของ 2 จะเป็นส่วนงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปล่องหลังคารังสีอาทิตย์ จากนั้นจะทำการสรุปประเด็นปัญหาที่ยังไม่มีการศึกษาและสรุปวิธีการในการศึกษาที่ผ่านมา จนสุดท้ายได้มาซึ่งตัวแปรและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

ต่อมาในบทที่ 3 คือส่วนของระเบียบวิธีการ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงถึงการทบทวนวรรณกรรมด้วยการนำสิ่งที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ ตัวแปร วิธีการ มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบการวิจัย โดยเริ่มจากการแปลงนิยามของตัวแปรแนวความคิดให้เป็นนิยามในเชิงปฏิบัติการ โดยสอดคล้องกับทฤษฎีและคำถามการวิจัย หลังจากนั้นจะเป็นการออกแบบวิธีการวิจัยโดยอาศัยพื้นฐานจากวิธีการวิจัยของงานวิจัยในอดีต ซึ่งนอกจากจะได้อธิบายถึงวิธีการที่วางแผนไว้แล้ว ยังได้กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำวิธีดังกล่าวไปปฏิบัติจริง รวมถึงวิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับผู้ที่ต้องการทำการวิจัยด้านนี้ต่อไป โดยในตอนท้ายของบทจะกล่าวถึงภาพรวมของวิธีการในการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเพื่อเป็นพื้นฐานในบทต่อไป

ในบทที่ 4 จะเป็นการแสดงถึงกระบวนการในการสรุปข้อมูลในแต่ละด้านอย่างละเอียดรวมทั้งผลการสรุปข้อมูลที่ได้ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลักคือข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่อง และการอัตราการระบายอากาศ อีกส่วนคือข้อมูลด้านอุณหภูมิ หลังจากที่ได้ผลการสรุปข้อมูลในบทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว ก็จะนำผลการสรุปดังกล่าวไปเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ผลการวิจัยตามคำถามการวิจัยในบทต่อไป

ในบทที่ 5 จะเป็นการนำผลการสรุปข้อมูลที่ได้จากบทที่ 4 มาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยในแต่ละข้อ โดยนำผลการสรุปข้อมูลในแต่ละด้านมาแยกแยะตามกลุ่มการเปรียบเทียบของตัวแปรคำถามการวิจัยแล้วจึงนำผลในทุกๆด้านประมวลเข้าด้วยกันเพื่อตอบคำถามการวิจัยแต่ละข้อ เนื่องจากในคำถามการวิจัย 1 ข้อนั้นจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ผลการข้อมูลในทุกด้าน แต่จะแตกต่างกันที่กลุ่มการเปรียบเทียบของตัวแปรคำถามหลัก โดยก่อนที่เข้าสู่เนื้อหาของการวิเคราะห์นั้นจะได้มีการกล่าวถึงรายละเอียดและที่มาของกลุ่มการเปรียบเทียบของคำถามการวิจัยแต่ละข้ออีกครั้งหนึ่ง

ส่วนในบทสุดท้าย คือบทที่ 6 จะเป็นการสรุปของผลการวิจัยครั้งนี้โดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากบทที่ผ่านมา จากนั้นจึงเสนอแนะตัวอย่างการนำผลสรุปที่ได้ไปประยุกต์ไปใช้งานจริงตามบริบทที่กำหนดขึ้น และสรุปผลของการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ตามผลสรุปของการวิจัย ส่วนในตอนท้ายของบทจะเป็นการเสนอประเด็นการศึกษาสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปที่ค้นพบหลังจากที่ได้ทำการวิจัยนี้แล้ว เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องแก่ศาสตร์ในด้านนี้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

เนื้อหาของบททบทวนวรรณกรรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่การศึกษาทฤษฎีที่กล่าวถึงพื้นฐานของการระบายอากาศและการเคลื่อนที่ของอากาศ แล้วจึงเจาะลึกในรายละเอียดของทฤษฎีด้านการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) หลังจากนั้นจะเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน และฉนวนความร้อน และในส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจะทำการสรุปประเด็นปัญหาที่ยังไม่มีการศึกษาและวิธีการในการศึกษา จนสุดท้ายได้มาซึ่งตัวแปรและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

2.1 กรอบทฤษฎี

2.1.1 หน้าที่ของการระบายอากาศ (สุภาวดี บุญถนอม. 2541)

1 การระบายอากาศ เพื่อสุขภาพ

เป็นการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอก เพื่อลดการเจ็บป่วยที่เกิดจากเชื้อโรค และก๊าซพิษสะสม ซึ่งเป็นความจำเป็นพื้นฐานต่อสุขภาพ ซึ่งอาคารแต่ละประเภทจะต้องการอัตราการระบายอากาศที่ต่างกัน ตามกิจกรรม และความหนาแน่นของผู้ใช้งาน

2 การระบายอากาศ เพื่อภาวะความสบาย

เป็นการทำให้เกิดภาวะความสบายในด้านอุณหภูมิ คือ เมื่ออากาศผ่านร่างกาย จะทำให้รู้สึกว่าคุณณหภูมิลดลง นอกจากนั้น การระบายอากาศ ยังช่วยพาความชื้น ซึ่งเป็นผลต่อภาวะความสบายของคนด้วย

3 การระบายอากาศ เพื่อทำความเย็นให้กับตัวอาคาร

โดยอาศัยหลักการพาความร้อน ซึ่งในที่นี้ตัวกลาง คือ อากาศที่เคลื่อนที่ ซึ่งจะดึงเอาความร้อนสะสมในวัสดุออกไป โดยอากาศที่เคลื่อนที่จะมีประสิทธิภาพในการรับ หรือปล่อยความร้อนได้ดีกว่าอากาศนิ่ง

จากการระบายอากาศนั้นมีหน้าที่ที่แตกต่างกันซึ่งแต่ละหน้าที่นั้นจะอาศัยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการระบายอากาศให้กับตัวอาคารจะเน้นให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านตัวอาคารในขณะที่การระบายอากาศเพื่อภาวะความสบายจะเน้นการเคลื่อนที่อากาศให้ผ่านตัวคนหรือบริเวณที่อยู่อาศัย ส่วนการระบายอากาศเพื่อสุขภาพก็จะเน้นการแลกเปลี่ยนของอากาศภายในกับภายนอกในปริมาตรอากาศของการอยู่อาศัย เห็นได้ว่าการระบายอากาศเพื่อภาวะความสบายก็สามารถทำให้เกิดการระบายอากาศเพื่อสุขภาพด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการระบายเพื่อภาวะความสบายเป็นหลักของลงมาคือการระบายอากาศเพื่อสุขภาพ แต่ทั้งนี้มิได้รวมถึงการระบายอากาศอื่นเป็นอีกสารพัดกรณีหรือการระบายอากาศอื่นเพื่อสุขภาพอื่นใดที่มีอยู่หรือมีอยู่ในด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศทำเพื่อทำความเย็นให้กับตัวอาคารเนื่องจากในเป้าหมายดังกล่าวจะมีหลักการและวิธีการที่แตกต่างกันไป

2.1.2 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ (N. Lechner. 1991; เจริญพร เลิศสถิตธนกร.

2540)

หลังจากที่ทราบถึงหน้าที่ของการระบายอากาศแล้ว จึงศึกษาถึงสาเหตุของภาวะเคลื่อนที่ของอากาศ เพื่อจะได้การระบายอากาศตามหน้าที่ดังกล่าว ซึ่งพบว่าอากาศจะเคลื่อนที่จากสาเหตุ 2 ประการคือ

1 ความแตกต่างของอุณหภูมิ อากาศจะเคลื่อนที่ จากที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ สู่ที่ที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนั้นอุณหภูมิของอากาศยังมีความเกี่ยวข้องกับ ความหนาแน่นของอากาศด้วย อากาศที่มีอุณหภูมิสูง จะมีความหนาแน่นน้อย ทำให้เกิดการลอยตัวสู่ด้านบน และอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ

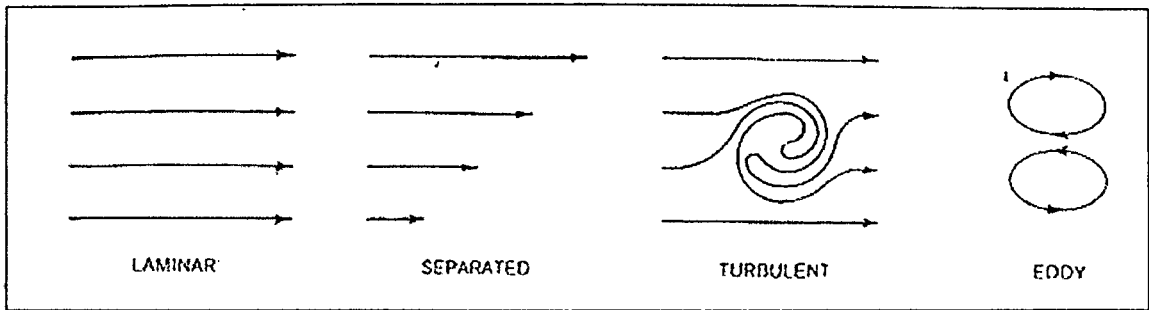
2 ความแตกต่างของความกดดันอากาศ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดดันอากาศสูง ไปสู่ที่ที่มีความกดดันอากาศต่ำ

จากหลักการของการเคลื่อนที่ของอากาศดังกล่าวทำให้ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้อากาศเคลื่อนที่ ซึ่งนอกจากจะเคลื่อนที่ด้วยความแตกต่างของความกดดันที่มักเกิดจากลมธรรมชาติหรือลมจากเครื่องจักรแล้ว ยังสามารถเกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศ หรือความแตกต่างของอุณหภูมิได้อีกด้วย จึงเป็นแนวทางให้กับงานวิจัยนี้ในการค้นคว้าวิธีการในการสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิให้ได้มากที่สุด

2.1.3 ชนิดของการไหลของอากาศ

เมื่อทราบถึงการทำให้อากาศเคลื่อนที่แล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงชนิดของการเคลื่อนที่ของอากาศและคุณสมบัติของการไหลของอากาศ ซึ่งในการไหลของอากาศนั้นจะมีอยู่ 4 รูปแบบ คือ

- 1 การเคลื่อนไหวในแนวเส้นตรง สม่่าเสมอ (Laminar)
- 2 การเคลื่อนไหวในแนวเส้นตรง แต่ไม่สม่่าเสมอ (Separate)
- 3 การเคลื่อนที่ แบบอลวน (Turbulent)
- 4 การเคลื่อนที่ แบบวน (Eddy Currents)



ภาพที่ 2.1 แสดงการไหลประเภทต่างๆ (N. Lechner. 1991)

โดยการไหลแต่ละประเภทมีคุณสมบัติดังนี้

1 แรงเฉื่อยของอากาศ (Inertia) อากาศปกติจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ถ้ามีแรงมากจะทำให้เคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง ไม่หักมุม

2 ความคงสภาพของอากาศ (Conservation of Air) อากาศจะไม่มีการถูกสร้าง หรือถูกทำลาย เพราะฉะนั้น อากาศที่เข้าสู่ตัวอาคาร จะเท่ากับอากาศที่ออกนอกตัวอาคาร

3 บริเวณที่มีความดันสูง และบริเวณที่มีความดันต่ำ (High and Low Pressure Area) เมื่อมีลมมาปะทะวัตถุ จะทำให้มีแรงกดที่ผนังวัตถุ บริเวณนั้น จะมีค่าความดันเป็นบวก (Positive Pressure) ส่วนผนังด้านหลัง จะมีความดันเป็นลบ (Negative Pressure) และเกิดแรงดึงดูด (Suction) ส่วนด้านข้าง จะมีทั้งความดันเป็นลบ และเป็นกลาง เกิดเป็นอากาศหมุนวน และอลวน

จากชนิดของการไหลและคุณสมบัติของอากาศดังกล่าวจะเป็นพื้นฐานในการสร้างสมมติฐานของพฤติกรรมกรรมการไหลของอากาศเพื่อออกแบบหน่วยทดสอบของการวิจัยครั้งนี้และใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้อง (กาญจนา ริเริ่มสุนทร.2538)

จากการที่ทำให้อากาศเคลื่อนที่ด้วยความแตกต่างของอุณหภูมินั้นมักจะทำโดยการสร้างความร้อนให้กับอากาศในพื้นที่จำกัด(หัวข้อ2.1.5) ดังนั้นจึงขอกกล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของอากาศภายในห้องดังนี้

1 ความดันเริ่มต้นของอากาศในห้อง

2 ความดันจากแรงลอยตัว ที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง (หลักการของปล่องรังสีอาทิตย์ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป)

3 การลดลงของความดันอันเนื่องมาจากแรงเสียดทานที่เกิดจาก การมีสิ่งกีดขวาง เช่น วาล์ว ข้อต่อ ข้องอ หรือการเปลี่ยนขนาดของห้องอย่างกะทันหัน ไม่ว่าจะใหญ่ขึ้น หรือเล็กลง ส่วนปัจจัยด้าน ความดันจากพัดลม จะคำนึงถึงเฉพาะการถ่ายเทอากาศด้วยเครื่องจักรกลจึงไม่ขอกกล่าวในที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วารณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศในที่จำกัดดังกล่าวจะเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์โดยเฉพาะปัจจัยด้านแรงเสียดทานที่จะเป็นตัวกีดขวางการไหลของอากาศภายในท่อ โดยเกิดจากสิ่งกีดขวาง การหักเลี้ยวหรือการลดลงของท่ออย่างกระทันหัน ดังนั้นโครงสร้างของปล่องความร้อนจึงต้องหลีกเลี่ยงสิ่งเหล่านี้ และควบคุมให้เหมือนกัน

2.1.5 หลักการของการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect)(Abrams.1986; Lencher. 1991; กาญจนา วิริเมษุทธ. 2538; อวิรุทธิ ศรีสุวานนท์. 2541)

หลังจากที่ได้กล่าวถึงกลุ่มทฤษฎีที่เกี่ยวกับธรรมชาติของการเคลื่อนที่ของอากาศแล้ว ต่อไปจะเป็นกลุ่มทฤษฎีที่จะกล่าวถึงรายละเอียดของหลักการของปล่องรังสีอาทิตย์ โดยเริ่มจากหลักการระบายอากาศทางปล่องดังนี้

การระบายอากาศทางปล่อง (Stack Effect) เป็นการระบายอากาศโดยธรรมชาติ โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่นภายใน กับภายนอก ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน เมื่ออากาศได้รับความร้อน จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่มีความหนาแน่นน้อยลง จึงเบา และลอยขึ้นสู่ด้านบน ทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความหนาแน่นมากกว่า ไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอากาศ ด้วยหลักการ การระบายอากาศทางปล่อง (Stack Effect) คือ

- 1 ความแตกต่างกันของอุณหภูมิ ถ้ามากก็จะเกิดการลอยตัวมากกว่าเท่านั้น
- 2 ความสูงของทางเข้า – ออก ของอากาศในตามแนวตั้ง ถ้าสูงมาก การเคลื่อนที่ของอากาศก็จะมีมากตาม
- 3 พื้นที่หน้าตัด ของทางลมเข้า และทางลมออก โดยดูจากพื้นที่หน้าตัดที่เล็กที่สุด เป็นเกณฑ์ตามสมการ

1.

$$Q = 9.4 A \sqrt{H \Delta T}$$

Q = อัตราการไหลของอากาศ (cfm)

A = พื้นที่หน้าตัดของปล่อง ด้านที่เล็กที่สุด (ft²)

H = ความสูงระหว่างช่องทางเข้า และทางออก (ft)

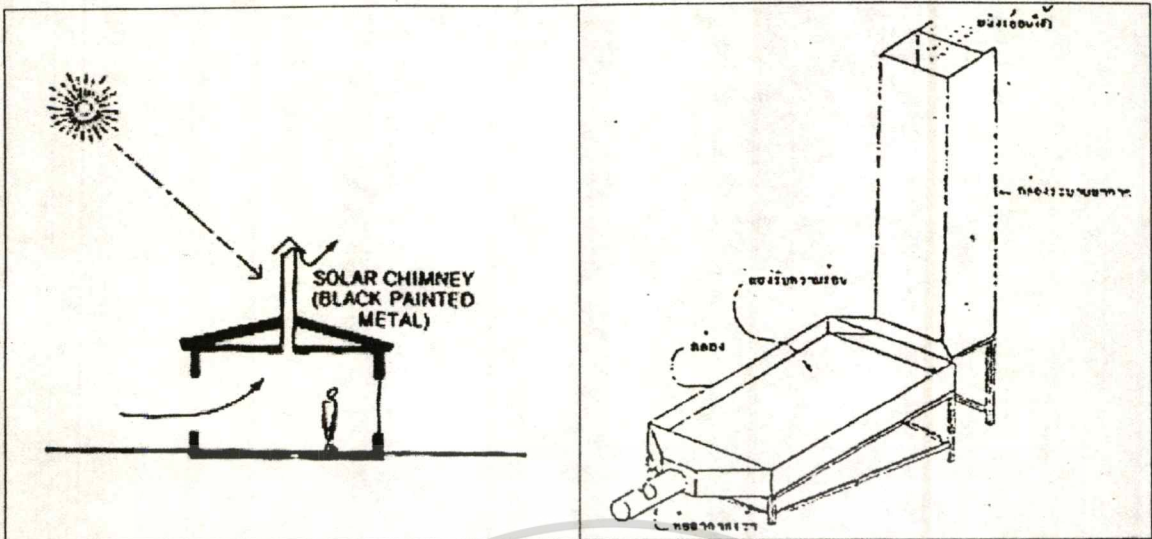
ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน และภายนอก ('F)

จากความสัมพันธ์ตามสมการดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่าตัวแปรด้านพื้นที่หน้าตัดของปล่อง จะมีผลต่ออัตราการระบายอากาศมากกว่าความสูงและความแตกต่างของอุณหภูมิ เนื่องจากเมื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดเป็น 2 เท่าก็จะให้อัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเช่นกัน ในขณะที่ความสูงของปล่องหรือความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่ามิได้มีผลให้การระบายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดจะมีผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงซึ่งการเพิ่มขึ้นของความสูงจะช่วยเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิได้

เห็นได้ว่าทฤษฎีส่วนนี้จะเป็นทฤษฎีหลักที่ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศด้วยหลักของความแตกต่างของอุณหภูมิ ในรูปของความสัมพันธ์เชิงสมการ ซึ่งสมการดังกล่าวจะมีประโยชน์อย่างมากเนื่องจากทำให้ทราบถึงระดับความมีอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ผ่านรูปแบบของสมการที่เกิดขึ้น

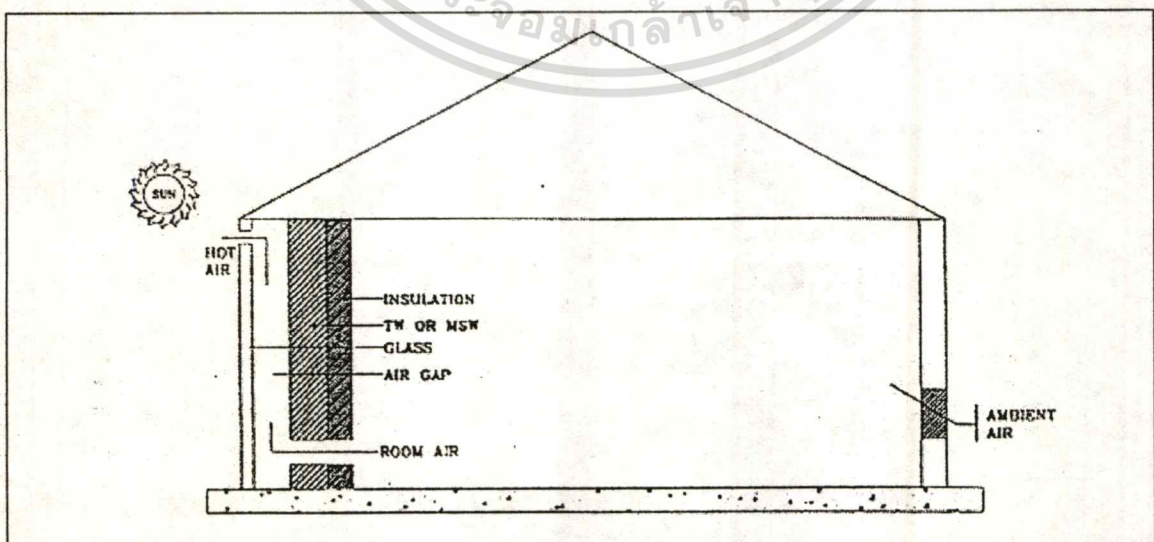
2.1.6 การประยุกต์หลักการ การระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) กับอาคาร จากหลักการของการระบายทางปล่อง(Stack Effect)ดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดการระบายอากาศภายในได้ในหลาย ๆ ส่วนของอาคาร ดังนี้

1 ปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar Chimney) มีแนวคิดหลัก คือ การใช้แสงอาทิตย์ทำให้อากาศร้อนและลอยตัวขึ้นไประบายออกทางปากปล่อง แต่ในรายละเอียดจะมี 2 แนวทางที่ต่างกันคือ (N. Lechner. 1991)(ภาพที่ 2.2) หลักการแรก จะใช้แสงอาทิตย์ทำความร้อนที่ตัวปล่องเลย เพื่อให้อากาศภายในปล่องร้อน และเกิดการเคลื่อนที่ ดังนั้น วัสดุที่ใช้ทำปล่องจะต้องเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ที่มักใช้กันคือ ปล่องโลหะทาสีดำ ส่วนหลักการที่ 2 (กาญจนา วิริมสุนทร. 2538) กล่าวว่า ปล่องรังสีอาทิตย์ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นส่วนที่ทำให้อากาศร้อน (Solar Air Heater) แล้วจึงเข้าส่วนที่ 2 คือ ส่วนปล่อง สำหรับให้อากาศร้อนระบายออก ซึ่งส่วนแรก มักจะเป็นแผงกระจก โดยมีช่องอากาศอยู่ตรงกลาง ด้านล่างเป็นวัสดุนำความร้อน เช่น แผ่นดำ เพื่อทำให้อากาศตรงกลางร้อน แล้วจึงส่งอากาศเข้าปล่อง โดยปล่องจะต้องเป็นฉนวนความร้อน ไม่ให้ความร้อนของอากาศสูญเสียไปในขณะเดินทาง แต่อย่างไรก็ดี ถือเป็นการใช้หลักการเบื้องต้นเดียวกัน เพียงแต่จะแยกส่วน หรือรวมเข้ากับปล่องเลยเท่านั้น



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะการทำงานของปล่องรังสีอาทิตย์ (N. Lencher. 1991; กาญจนา ริเริ่ม
สุนทร 2538)

ผนังปล่องรังสีอาทิตย์ (Trombe Wall) คือ การนำผนัง 2 ชั้น โดยมีช่องว่างของอากาศอยู่ตรงกลาง ด้านบนมีช่องเปิดสู่ภายนอก ด้านล่างมีช่องทางเข้าของอากาศจากภายใน หากทำให้อากาศระหว่างผนัง ทั้ง 2 ร้อนขึ้น อาจเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากผนังภายนอก หรือการแผ่ความร้อนจากผนังภายใน (ในกรณีผนังภายนอกโปร่งแสง) อย่างไรก็ตาม ผนังด้านในสุด ต้องเป็นฉนวนความร้อน เพื่อกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เมื่ออากาศภายในช่องระหว่างผนังมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเบา และลอยตัวออกสู่ภายนอกที่ทางออกผนังด้านบน ส่วนอากาศภายในอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะไหลเข้าไปแทนที่ ทางช่องเปิดด้านล่าง ดังรูป (เจริญพร เลิศสถิตธนกร. 2540)

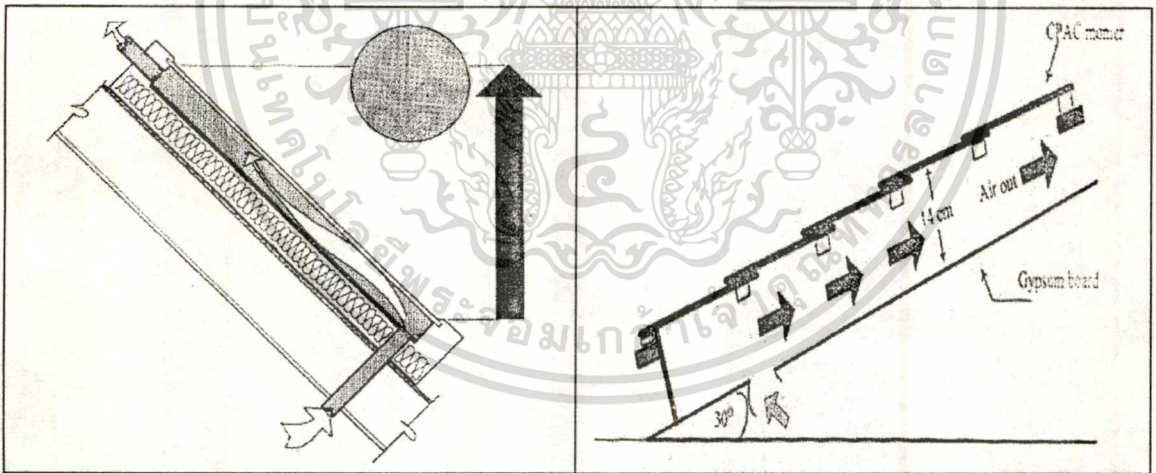


ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะการทำงานของผนังปล่องรังสีอาทิตย์ (บุญเลิศ บุญศรี. 2541)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังมีการอธิบาย ถึงช่วงเวลาของวัน กับการถ่ายเทอากาศของผนังปล่องรังสีอาทิตย (Trombe Wall) ว่าในช่วงเวลากลางวัน ผนังภายนอกจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศในช่องว่าง ส่วนในเวลากลางคืน ผนังภายนอกที่มีการสัมผัสกับอากาศภายนอก จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่วนผนังภายในที่ไม่ได้สัมผัสกับอากาศภายนอก ก็จะมีอุณหภูมิสูงกว่า จึงถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายในช่อง จึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศอีกรอบหนึ่ง (ประพันธ์, 2538)

3 หลังคาปล่องรังสีอาทิตย (Roof Solar Collector, RSC) (Abrams.1986 ;กัมปนาท คงมีสุข. 2540) ให้หลักการเดียวกัน แต่อาศัยช่องระหว่างหลังคา กับฝ้าเป็นปล่อง โดยใช้วัสดุหลังคาที่นำความร้อน จากแสงอาทิตย์ถ่ายเทให้เข้าช่องอากาศตรงกลาง ส่วนวัสดุทำฝ้า จะเป็นวัสดุฉนวน ป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายใน จากนั้น ทำการเจาะช่องเปิด เพื่อเป็นทางเข้าของอากาศเย็น จากภายในอาคาร และทางออกของอากาศร้อนที่สันหลังคา เมื่อหลังคาได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ถ่ายเข้าสู่อากาศช่วงกลางอากาศจะร้อน และลอยตัวสูงขึ้นไปตามแนวหลังคาจนถึงสันหลังคา อากาศเย็นจากภายในอาคาร ก็จะไหลเข้าไปแทนที่ เป็นการดึงอากาศจากภายในอาคารให้ไหลออกไปสู่สันหลังคา ตามรูป



ภาพที่ 2.4 แสดงการลักษณะการทำงานของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย (ภาพจาก Abrams.1986 และปรับปรุงจาก กัมปนาท คงมีสุข. 2540)

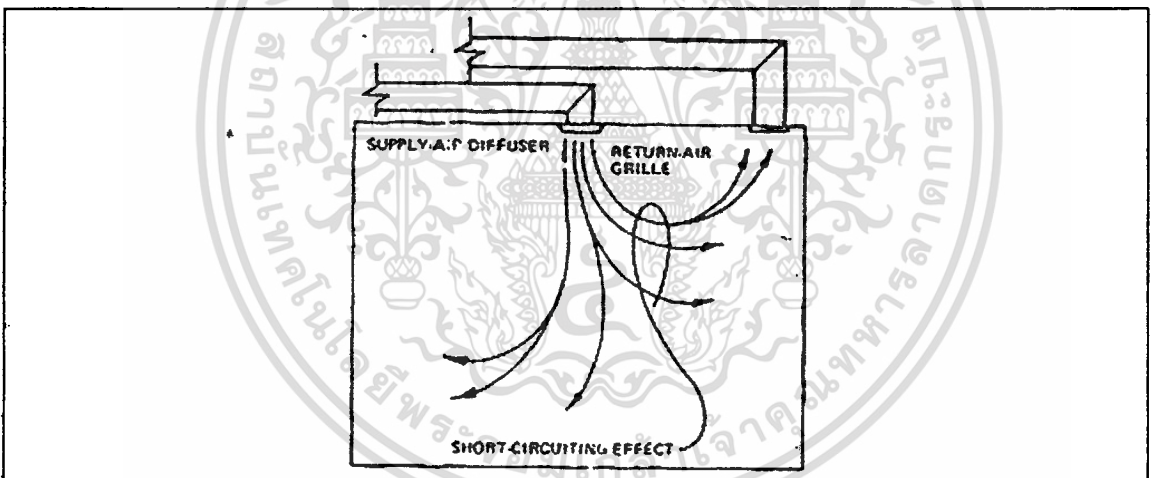
เห็นได้ว่าหลักการทั้ง 3 สามารถทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของอากาศภายในอาคารและ อากาศภายนอก เมื่ออากาศภายในปล่องเคลื่อนที่ออกไปก็จะดึงอากาศจากภายในห้องเข้ามาแทน และเมื่ออากาศภายในห้องส่วนหนึ่งไหลเข้าไปอยู่ในปล่องก็จะเป็นการเหนี่ยวนำอากาศจากภายนอกเข้ามาทดแทนอากาศภายในที่ไหลเข้าไปอยู่ในปล่องในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในการประยุกต์หลักการนี้ที่หลังคาและผนังนั้น นอกจากจะก่อให้เกิดการระบายอากาศแล้ว ยังช่วยทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน จากภายนอกเข้าสู่ภายในอีกด้วย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านวัสดุจะช่วยพาความร้อนจากผิววัสดุที่มีอุณหภูมิสูงให้ถ่ายเทออกไปด้วย (บุญเลิศ, 2541) แต่เนื่องจากผนังปล่องรังสีอาทิตย์(Trombe Wall)จะทำให้สูญเสียผนังที่สามารถทำช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติและการนำแสงเข้าสู่อาคาร ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาการประยุกต์หลักการนี้เข้าที่หลังคาเป็นหลัก(Roof Solar Collector)

2.1.7 หลักการระบายอากาศภายในอาคาร

ในการจัดการระบบระบายอากาศภายในอาคารมีหลักอยู่ว่า (E.Traister) ช่องดึงอากาศกลับ (Return Air Intake) ควรอยู่ห่างจากช่องส่งอากาศเข้า มิเช่นนั้นจะเกิดปัญหาว่าอากาศที่ส่งมาจะกลับเข้าสู่ช่องดึงอากาศก่อนที่จะพัดผ่านพื้นที่ใช้งาน ที่เรียกว่า การลัดวงจร(Short Circuited Effect) ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงการลัดวงจร (Short Circuit Effect) (ภาพจาก E. Traister.)

แม้ว่าหลักการดังกล่าวจะกล่าวในเนื้อหาของระบบระบายอากาศด้วยเครื่องจักร แต่การระบายอากาศแบบปล่องก็มีหลักการคล้ายกัน คือมีช่องดึงอากาศเข้าจากในห้องเปรียบเสมือนช่องดึงอากาศกลับ (Return Air Intake) และมีช่องที่จ่ายอากาศสู่ภายในห้องเปรียบหน้าต่างเสมือนช่องเติมอากาศ (Supply Air) ดังนั้นตำแหน่งของหน้าต่างและช่องดึงอากาศเข้าปล่องควรจะห่างกันมากที่สุดเพื่อที่จะให้อากาศผ่านพื้นที่อยู่อาศัยภายในอย่างเต็มที่

2.1.8 หลักการถ่ายเทความร้อน

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงการพัฒนากระบวนการแปลงหลังคาโรงสีอาทิตย์ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นการหาวิธีการในการทำความร้อนให้กับปล่องให้มากที่สุด ดังนั้นจึงอาศัยทฤษฎีด้านหลักการถ่ายเทความร้อนเป็นพื้นฐานของวิธีการสร้างความร้อนให้กับปล่อง ซึ่งมีหลักการของการถ่ายเทอยู่ 3 ทางดังนี้

1. การนำ เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการสัมผัสจากโมเลกุลสู่มอเลกุล
2. การพา เป็นการถ่ายเทความร้อนที่ต้องอาศัยตัวกลางเป็นของไหลในการพาความร้อนไป เช่นน้ำหรืออากาศ
3. การแผ่ คือการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านได้ทั้งบริเวณสูญญากาศและมีอากาศ

2.1.9 หลักการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุโปร่งใส

การทำความร้อนให้กับปล่องหลังคาโรงสีอาทิตย์นั้นจะเป็นการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุมุ่งสู่อากาศภายในปล่อง แต่ปัจจุบันนี้ได้มีวัสดุที่มีลักษณะโปร่งใสด้วย ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงกล่าวเพิ่มเติมถึงรายละเอียดของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติของความโปร่งใสซึ่งจะประกอบด้วย 2 แนวทางหลักคือ การนำและการแผ่ ดังนี้

1 การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน

เกิดจากอากาศที่ผิวกระจกส่งความร้อนผ่านผิวหน้าของวัสดุโปร่งใสผ่านเข้าสู่สภาพแวดล้อมภายใน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของกระจก ที่สัมพันธ์กับค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุโปร่งใส นั้น (U-Value) และความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอก

2 การถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีคลื่นสั้น

เกิดจากรังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์ตกลงบนผิวหน้าของกระจกโดยตรงและโดยทางอ้อมจากสะท้อนกับอนุภาคต่างๆในสภาพแวดล้อมใกล้เคียง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ทิศทางการวางของวัสดุโปร่งใส ตำแหน่งเส้นรุ้งของที่ตั้งวัสดุโปร่งใส และช่วงเวลาของวัน ซึ่งเรียกรวมว่า ตัวประกอบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์(Solar Heat Gain Factor-SHGF)

3 การถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีคลื่นยาว

คือการแผ่รังสีของคลื่นที่ยาวกว่า 2500 นาโนเมตร ซึ่งเป็นรังสีที่อยู่ในรูปของพลังงานความร้อน มักเกิดจากการแลกเปลี่ยนการแผ่ระหว่างผิวหน้าวัสดุโปร่งใสกับวัตถุในสภาพแวดล้อมข้างเคียงและท้องฟ้า ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก (Shading Coefficient-SC) ซึ่งถ้ากระจกมีค่าSCมากก็จะทำให้รังสีคลื่นยาวสามารถแผ่เข้ามาได้มาก

เห็นได้ว่าการใช้วัสดุโปร่งใสจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสีคลื่นสั้น ซึ่งวัสดุที่มีความ

ทึบแสงจะไม่มีถ่ายเทความร้อนในวิธีนี้ จึงเป็นที่น่าสนใจถึงการเปรียบเทียบกับการทำงานเอกสารเป็นเอกสารทงสวนไวสาหรับการเขงานเพอการศึกษาแทนน ไมอนูญาติหนาไปไซประโยชนดานการค้
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนให้กับปล่องโดยการรับสึคลื่นสั้นผ่านวัสดุโป่งใส เปรียบเทียบกับการใช้มวลในการทำความร้อนโดยใช้วัสดุที่มีความทึบแสง

2.1.10 จนวนความร้อน (ตรึงใจ 2539, สุนทร.2543)

จากความพยายามในการทำความร้อนให้กับปล่องหลังคาซึ่งยังคงเป็นส่วนที่ติดอยู่กับพื้นที่ภายใน ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นภายในปล่องอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัยภายใน ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงวิธีการป้องกันการถ่ายเทความร้อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุที่ต้านทานความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1 วัสดุทำหน้าที่เป็นฉนวน เป็นวัสดุเบาที่มักมีฟองอากาศเล็กๆ อยู่ภายในทำหน้าที่ดักความร้อนไม่ให้เกิดการพาได้

2 วัสดุต้านการแผ่รังสีความร้อน หรือสะท้อนรังสีความร้อนกลับ มักเป็นวัสดุประเภทมันวาวซึ่งโดยตัววัสดุเองแล้วไม่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวน

อากาศนั้นสามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนได้(ช่องอากาศ 2 นิ้ว มีค่าการต้านทานความร้อนเท่ากับโฟม 1/4 นิ้ว) ถ้าอากาศนั้นสามารถไหลระบายออกไปได้จะทำให้ได้ผลดียิ่งขึ้น แต่ก็มีการศึกษาที่พบว่าในบางกรณีช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ช่วยให้มีค่าความต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้นสักเท่าใด

จึงเป็นที่น่าสนใจว่าจะสามารถนำอากาศเป็นตัวช่วยลดความร้อนของหลังคาที่ถ่ายเข้าสู่ภายในได้หรือไม่ ทั้งในด้านอากาศที่สามารถระบายได้ ในด้านความสัมพันธ์ของปริมาตรอากาศกับการต้านทานความร้อน

2.1.10.1 คุณสมบัติของฉนวนชนิดต่างๆ

หลังจากทราบความแตกต่างของประเภทฉนวนในกลุ่มใหญ่แล้ว ต่อไปจึงเป็นตารางกล่าวถึงรายละเอียดทางด้านคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทดังนี้

ฉนวนประเภท โยแก้ว โยแร่ และโยเซลลูโลส

ฉนวนประเภทนี้มีค่าการนำความร้อนต่ำ จึงสามารถป้องกันความร้อนได้ดี และมีความทนความร้อนได้สูง(โยแร่ทนได้สูงที่สุด: 1300 องศาเซลเซียส) ส่วนด้านความปลอดภัยนั้นจะไม่นับเป็นอันตรายต่อสุขภาพ(โยแร่ไม่ใช่ Asbestos) แต่โยแก้วยังพิสูจน์ไม่ได้ชัดเจน แต่มีปัญหาเรื่องการติดไฟของตัวประสาน ส่วน Cellulose นั้นจะใส่สารกันไฟลาม จึงอาจไหม้ไฟได้แต่ก็จะมีแค่ควันแล้วดับไปเอง นอกจากนั้นฉนวนทั้ง 3 ประเภทจะมีการดูดซึมความชื้นสูงทั้ง 3 ชนิด แต่โยแร่และโยแก้วสามารถใช้ควบคู่ไปกับตัวกันความชื้น(เช่น Foil) ได้

สรุปได้ว่า ขนวนประเภท โยแก้ว โยแร่ และโยเซลลูโลสนั้นสามารถใช้เป็นขนวนได้ทั้งหลังคา และผนังได้เนื่องจากทนความร้อนได้สูง นำความร้อนต่ำ และปลอดภัย แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องการดูดซึ่มความชื้น

ขนวนประเภท โฟม ได้แก่ โพลีสไตรีนโฟม, โพลียูรีเทนโฟม, อีลาสโตเมติกโฟม ขนวนประเภทนี้จะมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงไม่ทนความร้อน โดยเฉพาะ โพลีสไตรีน ทนได้เพียง 80 องศาเซลเซียส จึงไม่เหมาะกับที่มีความร้อนสูง แต่มีข้อดีที่มีกักรนำความร้อนต่ำทั้ง 3 ตัว โดยเฉพาะโพลียูรีเทนโฟม จะต่ำที่สุดในขนวนทั้งหมด รองลงมาเป็นโพลีสไตรีนโฟม ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือแบบ ริดและแบบขยาย ซึ่งแบบริดจะนำความร้อนได้ต่ำกว่า ส่วนในด้านความปลอดภัยนั้น โพลียูรีเทนโฟม เมื่อติดไฟจะเกิดก๊าซพิษ ส่วนอีก 2 ตัวไม่เกิดก๊าซพิษ แต่ทั้ง 3 ตัวนั้นสามารถติดไฟได้ทั้งหมด ส่วนด้านการป้องกันความชื้นนั้น อีลาสโตเมติกโฟม จะดีกว่าชนิดอื่น จึงมักใช้กับท่อทำความเย็น

จึงสรุปได้ว่าขนวนประเภทนี้ไม่เหมาะกับการใช้งานในที่ที่มีความร้อนสูง และไม่เหมาะกับการใช้งานกับอาคารที่อยู่อาศัยเนื่องจากเมื่อเกิดก๊าซพิษเมื่อเกิดเพลิงไหม้ แต่ถ้าในการทดลองที่สามารถควบคุมการเกิดอัคคีภัยก็สามารถใช้ได้เนื่องจากมีค่าความเป็นขนวนสูง

เคลเซียมซิลิเกต

เคลเซียมซิลิเกตเป็นวัสดุที่ทนความร้อนได้ดี แต่มีกักรนำความร้อนปานกลางแต่ต่ำกว่ายิบซัมบอร์ด และไม่ติดไฟจึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน มีการดูดซึ่มไอน้ำต่ำสามารถใช้เป็นผนังภายนอกหรือภายในได้ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในควานำมาใช้แทนยิบซัมบอร์ด แต่อย่างไรก็ตามใน ความหนาที่เท่ากับยิบซัมบอร์ดนั้นเคลเซียมซิลิเกตจะมีค่าความเป็นขนวนต่ำมากจนไม่ถึงว่าเป็นขนวน ซึ่งถ้าจะให้มีความเป็นขนวนสูงต้องมีความหนาเพิ่มขึ้นอีกมาก

เวอร์มิคูไลท์

เวอร์มิคูไลท์เป็นวัสดุการนำความร้อนสูงมาก จึงทนความร้อนได้ไม่ดี แต่มีข้อดีที่ไม่ติดไฟ แต่ยังมี การดูดซึ่มไอน้ำสูง จึงยังไม่ควรนำมาใช้เนื่องจากทนความร้อนได้ไม่ดี และไม่คงทน

อย่างไรก็ตามนอกจากคุณสมบัติที่กล่าวมาในการเลือกใช้ขนวนยังต้องคำนึงถึงค่าความเป็นขนวน(R) และราคาซึ่งจะกล่าวในส่วนการเลือกใช้ขนวนสำหรับการทดลองในบทที่3(หัวข้อ3.2.3)ต่อไป

จากทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมานั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ในขั้นตอนต่างๆ โดยเริ่มตั้งแต่ทฤษฎีด้านหน้าที่ของการระบายอากาศนั้นทำให้สามารถกำหนดได้ว่างานวิจัยจะเน้นเรื่องการระบายอากาศเพื่อภาวะความสบายและสุขภาพเนื่องจากเป็นหน้าที่ที่สามารถไปด้วยกันได้ ต่อมาจึงเป็นการกล่าวถึงวิธีการทำให้อากาศเคลื่อนที่(เพื่อให้เกิดการระบายอากาศตามหน้าที่ดังกล่าว) โดยหลักการเคลื่อนที่ของอากาศทำให้ทราบว่านอกจากความแตกต่างของความดันแล้วยังมีอีกวิธีการหนึ่งในการทำให้อากาศเคลื่อนที่คือจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนั้นส่วนหนึ่งของการวิจัยนี้จึงเป็นการหาวิธีการในการสร้างให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุด เมื่อทราบถึงวิธีการทำให้อากาศเคลื่อนที่แล้วต่อมากจะเป็นการศึกษาชนิดและคุณสมบัติของการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อใช้ในการคาดการณ์พฤติกรรมการไหลของอากาศ และเนื่องจากการสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิมักสร้างในพื้นที่จำกัด ดังนั้นในส่วนต่อมากจึงศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้อง ซึ่งแม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่ได้เน้นการศึกษาในเรื่องนี้โดยตรง แต่ทฤษฎีดังกล่าวจะมีประโยชน์ในการควบคุมและหลีกเลี่ยงปัจจัยที่ทำให้ขัดขวางการไหลของอากาศภายในห้อง โดยเฉพาะปัจจัยด้านแรงเสียดทานของอากาศที่เกิดจากสิ่งกีดขวางและการลดลงหรือการไหลเดี่ยวอย่างกระทันหัน

หลังจากทราบถึงกลุ่มทฤษฎีที่กล่าวถึงพื้นฐานของการเคลื่อนที่ของอากาศในตอนต้นแล้วแล้วต่อมากจะกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาของงานวิจัยคือ หลักการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงตัวแปรหลักที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศของปล่อง ได้แก่ พื้นที่หน้าตัดของปล่อง ความสูงของปล่อง และความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นยังทราบถึงแบบจำลองความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้นต่ออัตราการระบายอากาศที่จะเกิดขึ้น แล้วจึงกล่าวถึงวิธีการในการประยุกต์หลักการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) เข้ากับอาคารซึ่งมีอยู่3วิธีคือทางปล่อง ทงผนังและทางหลังคา ซึ่งที่ผนังและหลังคาจะมีประโยชน์ในด้านความเป็นฉนวนอีกด้วย แต่เนื่องจากผนังของอาคารในเขตร้อนชื้นต้องการเจาะช่องเปิดที่ผนังเพื่อรับลม และแสงธรรมชาติ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะพัฒนาการประยุกต์หลักการดังกล่าวที่หลังคาเป็นหลักโดยอาศัยการทำความร้อนให้กับช่องว่างระหว่างหลังคา กับฝ้าที่ทำหน้าที่คล้ายกับปล่องในกรณีระบายอากาศ หลังจากนั้นได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตำแหน่งช่องดึงอากาศเข้า และตำแหน่งของหน้าต่างเพื่อให้การเคลื่อนที่ของอากาศสร้างภาวะความสบายและสุขภาพที่ดีตามหน้าที่ที่ตั้งไว้ในตอนต้น

อย่างไรก็ดีในการพัฒนาการระบายอากาศทางปล่องนี้ ส่วนหนึ่งเป็นหาวิธีการสร้างให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิให้มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 ทางคือการนำ การพา และการแผ่ ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานหลัก ในการหาวิธีการสร้างความร้อนให้กับปล่อง โดยในรายละเอียดพบว่าอากาศที่อยู่ด้านหลังของวัสดุที่มีความทึบแสงจะไม่มี การรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแผ่รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ในขณะที่การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุโปร่งใสในอากาศภายในจะมีการรับความร้อนจากรังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์อีกด้วยซึ่งจะเป็นประเด็นหนึ่งในการศึกษาคั้งนี้ แต่จากการทำให้ปล่องมีความร้อนสูงขึ้นนั้นอาจส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัย ดังนั้นจึงต้องศึกษาถึงทฤษฎีของการป้องกันกการถ่ายเทความร้อนวิธีต่างๆซึ่งพบว่านอกจากจะใช้วัสดุแล้วยังสามารถอาศัยอากาศเป็นฉนวนได้อีกด้วยทั้งอากาศที่อยู่นิ่งและอากาศที่เคลื่อนที่

2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาถึงผลการวิจัยและวิธีการวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการระบายอากาศทางปล่อง(Stack Effect) ที่ประยุกต์เข้ากับส่วนต่างๆของอาคารคือ หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ ผนังปล่องรังสีอาทิตย์ และ ปล่องรังสีอาทิตย์ตามลำดับดังนี้

2.2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์(Roof Solar Collector) (T. Bennag:

S. Wachirape Wadon : S. Chaima : ภัมปนาท, 2540 : อภิรุทธิ์, 2541)

งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 5 ประเด็นใหญ่ๆดังนี้

-ด้านวัสดุ

ทำการเปรียบเทียบวัสดุผนังหลักคา 3 ชนิดได้แก่ กระเบื้อง C-Pac สีดำ กระเบื้องใยหิน และสังกะสี พบว่ากระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำให้ผลดีที่สุด

และเมื่อเปรียบเทียบวัสดุผิว ระหว่างแผ่นยับซึ่มกับแผ่นยับซึ่มบุฟลอยด์พบว่า แผ่นยับซึ่มให้ผลดีกว่า

-ด้านระยะห่างระหว่างหลังคาและฝ้า

พบว่าเมื่อมีระยะห่างมากขึ้นจะให้ผลดีขึ้น (เมื่อเปรียบเทียบ ระยะ 8 ซม. กับ 14 ซม และ 10 ซม กับ 20 ซม.)

-ด้านมุมเอียงของหลังคา

พบว่ามุมที่อยู่ในช่วง 20 องศาถึง60 องศา จะให้ผลดีที่สุด

-ความยาวของหลังคา

พบว่าหลังคายาวมากขึ้นจะให้ผลดีมากขึ้น คือ ที่ความยาว 2 เมตรให้ผลดีในการระบายอากาศดีกว่าความยาว 1 เมตร แต่ถ้ายาวมากควรเพิ่มความกว้างของปล่องด้วยเนื่องจากจะมีความร้อนมากขึ้น คือเมื่อเทียบความยาว 12 เมตร กับ 4 เมตรแล้ว อุณหภูมิใต้ฝ้าของ 12 เมตรสูงกว่า4เมตร (ในงานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้วัดผลในอัตราภาวระบายอากาศ)

อิทธิพลจากลม

ถ้าเปิดช่องเปิดที่ชายคาเพื่อเพิ่มลมจะช่วยให้การไหลเวียนของอากาศภายในปล่องมากขึ้น และช่วยลดการถ่ายเทความร้อนของหลังคาสู่ภายใน แต่การวิจัยไม่ได้กล่าวถึงผลกระทบต่อควรรีดอากาศจากภายในออกสู่ภายนอกเนื่องจากมีเป้าหมายที่เน้นการลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคามากกว่า

-ผลกระทบของแผงบังที่ช่องดึงอากาศเข้าจากภายในห้อง

ทำการเปรียบเทียบผลกระทบเมื่อใช้แผงบังชนิดต่างๆ เช่น มุ้งลวด ตาข่าย Gull พบว่าแผงบังที่มีเปอร์เซ็นต์การบังมากเท่าใดก็จะลดประสิทธิภาพของระบบลงเท่านั้น

2.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับผนังปล่องรังสีอาทิตย์ (Trombe Wall) (S.Kaewruang: W. Kovgduang: เจริญพร เลิศสถิตธนกร. 2540 ; บุญเลิศ บุญศรี. 2541)

งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับผนังปล่องรังสีอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 4ประเด็นดังนี้

-ด้านวัสดุ

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทำผนังปล่องรังสีอาทิตย์ 3 ชุด ได้แก่

- กระจก ช่องว่างอากาศ ผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีดำ ฉนวนใยแก้ว กระดานอัด
- กระจก ช่องว่างอากาศ ผนังสังกะสีสีดำ ฉนวนใยแก้ว กระดานอัด
- ผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีดำ ช่องว่างอากาศ ผนังยิปซัม

พบว่า วัสดุชุดที่ 2 ให้การระบายอากาศได้ดีที่สุด ส่วนชุดที่ 1 และ 3 จะพอ ๆ กัน โดยชุดที่ 3 จะระบายอากาศได้มากกว่าเล็กน้อย

จากการค้นพบด้านวัสดุดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ที่เมื่อนำวัสดุชุดที่ 2 มาใช้กับหลังคารับแสงอาทิตย์แล้วจะให้อัตราการระบายที่สูงกว่าโดยเปลี่ยนจากกระจกเป็นวัสดุผนังที่มีความใสแทน ซึ่งน่าจะให้ผลดีกว่า กระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับวัสดุชุดที่ 3 (ผนังก่ออิฐ ช่องว่าง ผนังยิปซัม)

-ด้านระยะห่างของผนัง

พบว่าระยะห่างที่มากขึ้นจะให้ผลการระบายอากาศที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะห่างที่ 10 ซม 11.5 ซม 13 ซม 14.5 ซม กับวัสดุผนังทั้ง 3 ชุด ได้ผลว่า ที่ขนาดช่องอากาศ 14.5 เซนติเมตร ได้ผลมากที่สุด

-ด้านความสูงของผนัง

พบว่าผนังปล่องรังสีอาทิตย์ที่สูงกว่าจะให้อัตราการระบายอากาศที่มากกว่า คือผนังที่สูง 2 ม. จะให้ผลดีกว่าผนังที่สูง 1 ม.

- ด้านช่องเปิดอาคาร

พบว่า ช่องเปิดของอาคาร มีผลต่อตำแหน่งของช่องทางเข้าของปล่องลม คือ ถ้าช่องเปิดของอาคารเป็น ประตู ควรใช้ช่องเปิดที่ส่วนบนของประตู (50 x 70) และช่องทางเข้าของปล่องควรอยู่ที่ระดับความสูง 1 เมตร จากพื้น ถ้าช่องเปิดอาคารเป็นหน้าต่าง (70 x 44) ช่องทางเข้าของปล่องควรจะอยู่ที่ระดับความสูง 4 เซนติเมตร จากพื้น

หมายเหตุ งานวิจัยนี้ไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นได้ ความแตกต่างของประตู ส่วนบนกับหน้าต่างมีเพียงขนาดและความสูงที่ต่างกันไม่มาก แล้วเหตุใดจึงต้องการช่องทางเข้าปล่องในความสูงที่แตกต่างกัน

2.2.3 งานวิจัยเกี่ยวกับปล่องรังสีอาทิตย์ (Solar-Chimney) (N.R. Bansal ; สุทธิรัตน์, 2523: กาญจนา, 2538)

งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับปล่องรังสีอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

- ด้านความสูงของปล่อง

พบว่าการวางปล่องแนวตั้งให้ผลดีกว่าปล่องแนวนอน

- ความหนาแน่นของอากาศภายในปล่องและนอกปล่อง

พบว่าถ้ามีความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในปล่องและนอกปล่องมาก ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศมาก

- ขนาดของช่องทางเข้าและทางออก

ขนาดของช่องยิ่งกว้างการระบายก็ยิ่งมาก และเมื่อขนาดของช่องทางเข้าและทางออกมีขนาดเท่ากันจะให้ผลดีที่สุด

2.2.4 งานวิจัยที่เปรียบเทียบวิธีการประยุกต์ Stack Effect ทั้ง 3 วิธีการ (H.B. Awbt)

พบว่า Solar Chimney ให้ผลดีที่สุด เพราะมีความสูงที่สูงกว่า และมีช่องทางเข้า และทางออกที่มากกว่า (ลดแรงเสียดทาน) ส่วน Trombe Wall และ Roof Solar Collector จะให้ผลใกล้เคียงกัน แต่ Roof Solar Collector จะให้ผลดีกว่าเล็กน้อย เพราะมีพื้นที่รับแสงแดดมากกว่า (H.B. Awbt)

2.2.5 สรุปประเด็นปัญหาที่ยังไม่มีการศึกษา

จากการวิจัยที่ผ่านมาซึ่งมีการศึกษาค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับ หลังคารับแสงอาทิตย์ แต่ก็ยังเป็นพื้นฐานให้กับการวิจัยครั้งต่อไป ซึ่งมีประเด็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 การทดลองทางด้านวัสดุนั้นทำการทดลองกับวัสดุเพียง 3 ชนิด ซึ่งที่จริงแล้วยังมีวัสดุชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติที่น่าจะเชื่อให้เกิดการระบายอากาศที่ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะ วัสดุประเภทโปรงแสง ซึ่งสามารถทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสีอาทิตย์โดยตรง ดังที่ได้มีการยืนยันข้อมูลด้านคุณสมบัติจากทฤษฎีข้างต้น และผลการศึกษาของการใช้วัสดุประเภทนี้ต่อผนังปล่องรังสีอาทิตย์

2 จากหลักการถ่ายเทความร้อนของแผ่นโลหะที่สามารถถ่ายเทให้กับอากาศด้วยการนำและการแผ่รังสีคลื่นยาว ซึ่งสามารถแผ่ออกได้ทั้ง 2 ด้านของแผ่น ผสมกับหลักของฉนวนที่สามารถอาศัยมวลของอากาศเป็นตัวฉนวนได้ และจะดียิ่งขึ้นถ้าอากาศนั้นสามารถเคลื่อนระบายออกไปได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะขยายปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้นโดยอาศัยความร้อนจากทั้ง 2 ด้านของโลหะที่ใช้แทรกกลาง(ในกรณีที่ใช้ วัสดุโปรงแสงกับแผ่นโลหะ) ที่ด้านหลังแผ่นโลหะก็มีช่องอากาศเพิ่มทำหน้าที่เป็นปล่องอีกปล่องที่อาศัยความร้อนจากการนำและการแผ่จากด้านหลังของแผ่นโลหะ และปล่องอากาศนี้อาจทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอีกด้วย

3 (ในกรณีที่ใช้ความร้อนจากทั้ง 2 ด้านของแผ่นโลหะแทรกกลาง) จากการที่มวลอากาศสามารถเป็นใช้เป็นฉนวนได้ระดับหนึ่ง ดังนั้นการทำฝาแนวระนาบซึ่งจะมีมวลอากาศมากขึ้นน่าจะช่วยให้มีฉนวนป้องกันการ ถ่ายถ่ายความร้อนเข้าสู่พื้นที่อยู่อาศัยภายในมากขึ้น

4 ถ้าช่องเปิดอยู่ด้านเดียวกับชายคา การเจาะดึงอากาศเข้าปล่องที่ตรงกับปล่อง จะทำให้ช่องดึงอากาศเข้าปล่องอยู่ติดกับช่องเปิดของอาคาร เมื่อระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ทำงาน อากาศจากภายนอกที่ผ่านช่องเปิดของอาคารก็จะไหลเข้าสู่ปล่องทันทีโดยไม่ผ่านบริเวณที่อยู่อาศัย ดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาด้วยการเจาะช่องดึงอากาศเข้าในตำแหน่งที่ห่างออกไป เพื่อให้อากาศไหลผ่านส่วนที่อยู่อาศัยก่อน แล้วการเจาะช่องดึงที่ห่างออกไปจากปากปล่องด้วยนั้นจะมีผลกระทบกับอัตราการถ่ายเทอากาศหรือไม่ แล้วมีผลต่ออุณหภูมิภายในอย่างไร

2.3 สรุปวิธีการวิจัยที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา

การสรุปวิธีการวิจัยนั้นจะสรุปเป็น 3 ด้านคือ การจำลองสภาพการณ์ แหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทดสอบ และเครื่องมือในการชี้วัดตัวแปร ดังนี้

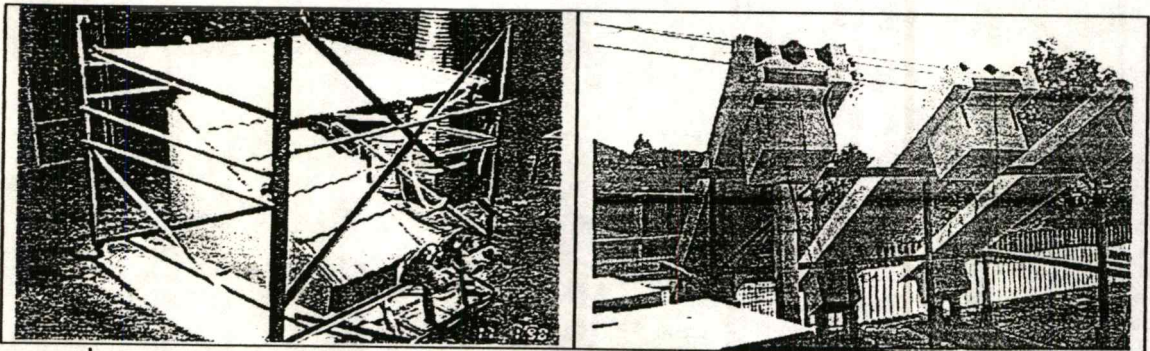
2.3.1 ด้านการจำลองสภาพการณ์ มี 2 ลักษณะ คือ

1 สร้างบ้านทดลองทั้งหลัง ในขนาดต่าง ๆ กันไป เช่น $4 \times 4 \times 4$, $3.35 \times 3.45 \times 2$ ซึ่งมีข้อดีที่สามารถทดลอง วิธีการนำรังสีดวงอาทิตย์มาใช้ในการระบายอากาศ ทั้ง 3 วิธีพร้อม ๆ กันได้



ภาพที่ 2.6 แสดงการจำลองสภาพการณ์เป็นบ้านทั้งหลัง (เจริญพร เลิศสถิตธนกร.2540)

2 สร้างหน่วยทดลองเฉพาะส่วนที่ศึกษา ใช้กับการศึกษา เรื่อง ปล่องรังสีอาทิตย์ และหลังคารับแสงอาทิตย์ โดยสร้างเฉพาะส่วนหลังคารับแสงอาทิตย์ หรือส่วนปล่องกับส่วนแผงรับแสงอาทิตย์ ฉนวน เช่น การใช้หลังคา 2 ชั้น กับกลองด้านล่างทดสอบเรื่อง อิทธิพลของลม, การใช้กลองติดที่ปลายหลังคาด้านบน เพื่อวัดอุณหภูมิใต้หลังคา โดยเป็นตัวแทนของห้องใต้หลังคา ดังรูป



ภาพที่ 2.7 แสดงการจำลองสภาพการณ์แบบเฉพาะส่วนที่ต้องการศึกษา

(กัมปนาท คงมีสุข.2540 ; อภิวิทย์ ศรีสุวานนท์. 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ด้านแหล่งพลังงาน มีอยู่ 2 แหล่งคือ

1 ทดลองในสภาพแสงอาทิตย์จริง

2 ทดลองกับแสงอาทิตย์เทียม สามารถทำได้หลายวิธีคือ

- แผงหลอดไฟ 1500 w 10 หลอด
- แผงหลอดฟลูออเรสเซนต์ 120 หลอดและแผงกันรังสีอินฟราเรด
- ขดลวดความร้อน

2.3.3 การชี้วัดตัวแปรด้วยเครื่องมือต่าง ๆ

1 ความเร็วลม

1.1 ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ วัดค่าได้ตั้งแต่ 0 – 50 m/s

2 การระบายอากาศ

2.1 ดูจากความแตกต่าง ของความดัน

2.2 ใช้การคำนวณจาก ความเร็วลม โดยการหารระยะเวลาที่อากาศเคลื่อนจาก ปากปล่องสู่ปลายปล่อง เทียบกับปริมาตรของปล่อง จะได้เป็นปริมาตรอากาศที่เคลื่อนที่ออกไปใน 1 วินาที (m^3/s) หรือกล่าวโดยสรุปว่า ใช้ความเร็วลมคูณกับพื้นที่หน้าตัดของปล่อง

3 อุณหภูมิ

3.1 เครื่องบันทึก (Data Logger, Portable Hybrid Recorder) และหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ชนิด k ซึ่งจะมีการติดตั้งไว้ในหลาย ๆ จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย

4 ความเข้มของแสง

มักใช้กับงานวิจัย ที่อาศัยแสงประดิษฐ์ ได้แก่ ระบบแสงอาทิตย์เทียม ส่วนประกอบหลักคือ หลอดไฟจำนวน 120 หลอด กับแผงกันรังสีอินฟราเรด และแผงหลอดไฟ 1500 W จำนวน 10 หลอด เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

4.1 โซลาอินทิเกรเตอร์

4.2 ไพรานอมิเตอร์

4.3 โซลาเรดิเอชัน รีคอร์เดอร์จะใช้วัดความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ใช้กับงานวิจัยที่ใช้พลังงานความร้อน ที่มาจากแสงอาทิตย์โดยตรง

5 ความเร็ว และทิศทางการไหลในสภาพแวดล้อม

5.1 เอนเนอจี เอนไวรอนมิเตอร์

5.2 เครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วย(Three – Cup Anemometer)(คาดเคลื่อน 1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสรุปว่า งานวิจัยครั้งนี้ จะทำการทดลอง จากแบบทดลองที่ผสมผสานข้อดีของแบบจำลองเฉพาะส่วนและแบบบ้านทั้งหลังเพื่อตอบคำถามการวิจัยได้ครบถ้วนและประหยัดงบประมาณ(ดูรายละเอียดหัวข้อ3.2) ส่วนด้านแหล่งพลังงานความร้อน จะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์จริง(จากคำแนะนำของ อ.จิโรจน์ นั้น การศึกษาจากแสงอาทิตย์จริงจะทำให้ได้เรียนรู้มากกว่าเนื่องจากมีตัวแปรมากกว่าโดยเฉพาะช่วงเวลาต่างๆในวัน) และใช้เครื่องมือในการวัดที่สอดคล้องกับตัวแปร เช่น การวัดอัตราเร็วของอากาศด้วยเครื่องมือวัดที่สามารถวัดการเคลื่อนที่ของอากาศในความเร็วต่ำได้อย่างเช่น ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์, การวัดการระบายอากาศจากการคำนวณความเร็วลม การวัดความเข้มแสงจาก โซลาร์เรดิเอชัน รีคอร์ดเดอร์ หรือ โซลาร์อินทิเกรเตอร์และวัดทิศทางกับความเร็วของลม ในสภาพแวดล้อมด้วย เอนเนอจี เอนไวรอนมิเตอร์ หรือ เครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วย(Three - Cup Anemometer)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สรุปตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปรในการวิจัย

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมาจึงสามารถสรุปตัวแปรในการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1 ตัวแปรอิสระ

- 1.1 หลักการทำความร้อนให้กับปล่อง
- 1.2 จำนวนชั้นของปล่อง
- 1.3 ความเอียงของฝา
- 1.4 ตำแหน่งช่องดึงอากาศเข้าและตำแหน่งหน้าต่าง

2 ตัวแปรตาม

- 2.1 อัตราการถ่ายเทอากาศ
- 2.2 อุณหภูมิภายใน

3 ตัวแปรควบคุม

- 3.1 อัตราเร็วและทิศทางของลม
- 3.2 ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์
- 3.3 มุมเอียงของหลังคา
- 3.4 ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์
- 3.5 พื้นที่หน้าตัดของปล่อง
- 3.6 ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคารับแสงอาทิตย์
- 3.7 ทิศทางของระนาบหลังคา
- 3.8 ขนาดของช่องทางเข้าและออก

จากตัวแปรทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กันดังต่อไปนี้ ซึ่งมีการแปลงตัวแปรจากตัวแปรแนวความคิดสู่ตัวแปรปฏิบัติการ(ดูรายละเอียดการแปลงตัวแปรปฏิบัติการในหัวข้อ3.1)จนนำมาสู่ลักษณะของหน่วยทดสอบ(หัวข้อ3.2) ดังรูป โดยเรียงลำดับตามถามการวิจัย(หัวข้อ1.5)ดังต่อไปนี้

ตารางการเชื่อมโยง ของกลุ่มตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม

จากคำถามการวิจัยข้อที่ 1

ตัวแปรแนวความคิด

ตัวแปรอิสระ

- หลักการทำความร้อนให้กับปล่อง
- การใช้วัสดุมวลมากในการส่งผ่านความร้อน
 - การใช้วัสดุมวลน้อยในการส่งผ่านความร้อน
 - การรับและสะท้อนรังสีคลื่นสั้นจากแสงอาทิตย์

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ
- อุณหภูมิภายในอาคาร

ตัวแปรควบคุม

- อัตราเร็วและทิศทางของลม
- ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์
- มุมเอียงของหลังคา
- ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์
- ระยะห่าง ระหว่างผิวหลังคาภายนอก ภายนอก
- ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคารับแสงอาทิตย์
- ทิศทางของระนาบหลังคา
- ขนาดของช่องทางเข้าและออก

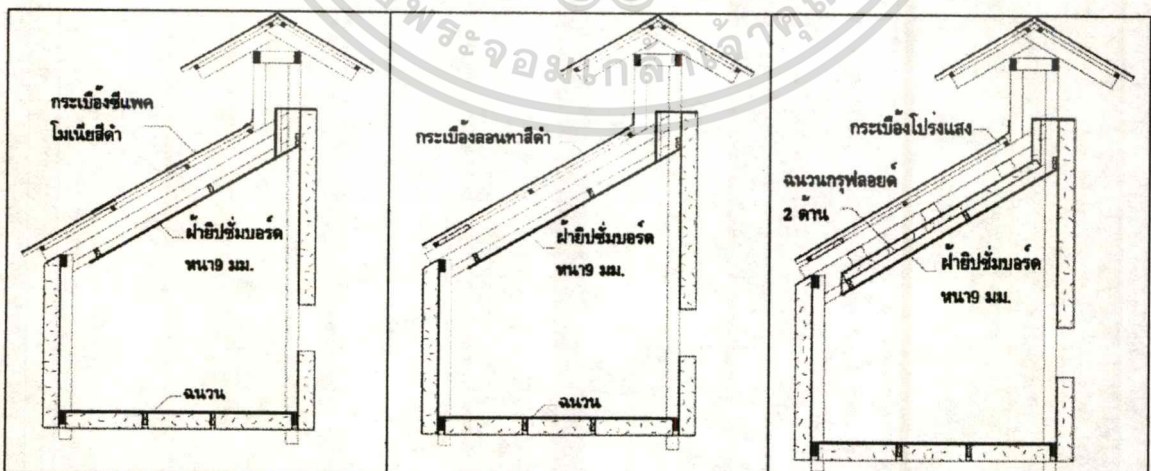
ตัวแปรแนวปฏิบัติการ

ตัวแปรอิสระ

- หลักการทำความร้อนให้กับปล่อง
- 1 ซีแพค สีดำ - ช่องว่างอากาศ - ฝ้า ยิปซัมบอร์ด
 - 2 ลูกฟูก สีดำ - ช่องว่างอากาศ - ฝ้า ยิปซัมบอร์ด
 - 3 ด้วย ลูกฟูกใส - ช่องว่างอากาศ - แผ่นโลหะดำ - ฉนวนกันความร้อน - ฝ้า ยิปซัมบอร์ด

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ m^3/s (คำนวณจากความเร็วของอากาศในปล่อง)
- อุณหภูมิภายในอาคาร (C)



ภาพที่ 2.8 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 1

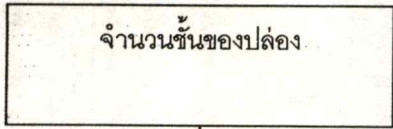
จากคำถามการวิจัยข้อที่ 2

ตัวแปรแนวความคิด

ตัวแปรแนวปฏิบัติการ

ตัวแปรอิสระ

จำนวนชั้นของปล่อง



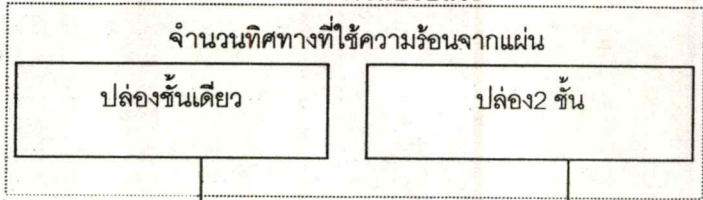
- ปริมาณความร้อน
- ขนาดปล่องของระบบรวม
- ขนาดช่องทางเข้าและหน้าต่าง

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ
- อุณหภูมิภายในอาคาร

ตัวแปรอิสระ

จำนวนทิศทางที่ใช้ความร้อนจากแผ่น



ปล่องชั้นเดียว

ปล่อง 2 ชั้น

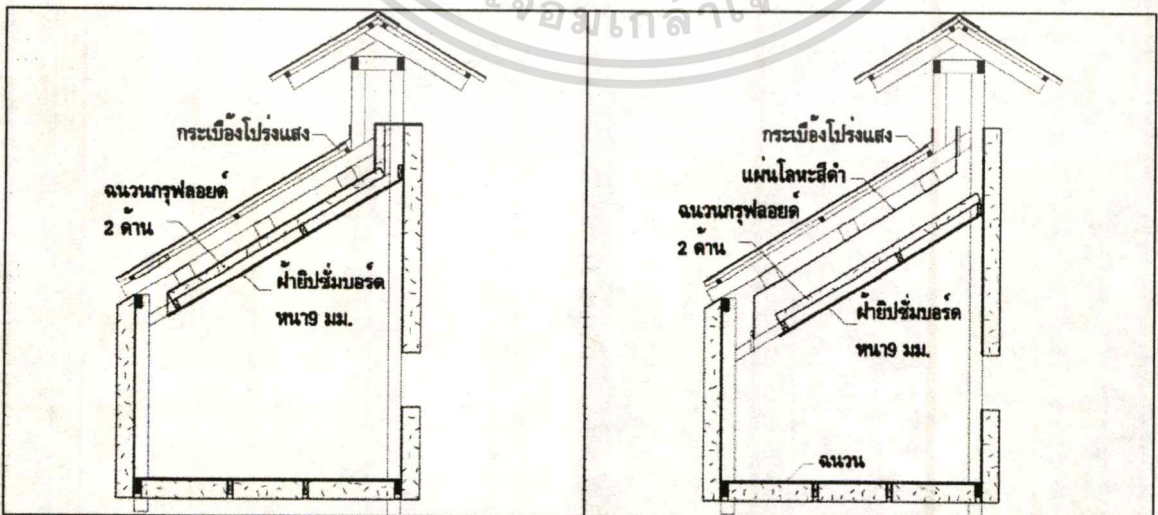
- อุณหภูมิของอากาศในปล่อง
- ขนาดปล่องของระบบรวม (M³)
- ขนาดช่องทางเข้าและหน้าต่าง (M³)

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ m³/s (คำนวณจากความเร็วของอากาศในปล่อง)
- อุณหภูมิภายในอาคาร (C)

ตัวแปรควบคุม

- อัตราเร็วและทิศทางของลม
- ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์
- ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์
- ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคารับแสงอาทิตย์
- มุมเอียงของหลังคา
- ทิศทางของระนาบหลังคา



ภาพที่ 2.9 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยข้อที่ 3

ตัวแปรแนวความคิด

ตัวแปรอิสระ

ความเอียงของแนวผ้า

- ปริมาตรอากาศเหนือผ้า
- การระบายอากาศร้อนที่ส่วนปลายบนของหลังคา

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ
- อุณหภูมิภายในอาคาร

ตัวแปรควบคุม

- อัตราเร็วและทิศทางของลม
- ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์
- ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์
- ระยะห่าง ระหว่างผิวหลังคาภายนอก ภายใน
- มุมเอียงของหลังคา
- ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคารับแสงอาทิตย์
- ทิศทางของระนาบหลังคา

ตัวแปรแนวปฏิบัติกร

ตัวแปรอิสระ

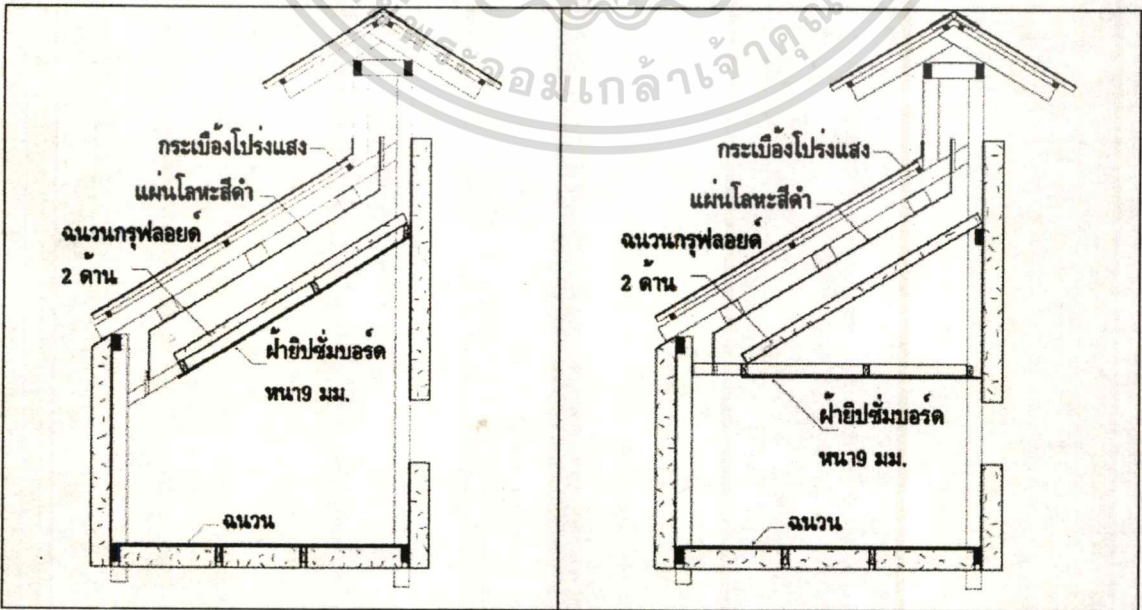
ความเอียงของแนวผ้า

1 ผ้าในแนวจันทัน 2 ผ้าในแนวระนาบ

- ปริมาตรอากาศเหนือผ้า (M³)
- อุณหภูมิที่จุด A B เทียบกับ C

ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ m³/s (คำนวณจากความเร็วกวของอากาศในปล่อง)
- อุณหภูมิภายในอาคาร (C)



ภาพที่ 2.10 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยข้อที่ 4

ตัวแปรแนวความคิด

ตัวแปรอิสระ

ตำแหน่งของช่องดึงอากาศเข้าและ
หน้าต่าง

ตัวแปรตาม

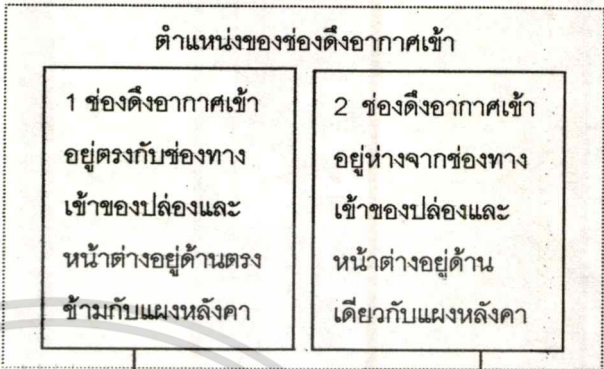
- อัตราการระบายอากาศ
- อุณหภูมิภายในอาคาร

ตัวแปรตาม

- อัตราเร็วและทิศทางของลม
- ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์
- มุมเอียงของหลังคา
- ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์
- ระยะห่าง ระหว่างผิวหลังคาภายใน
- นอก ภายใน
- ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคารับแสง

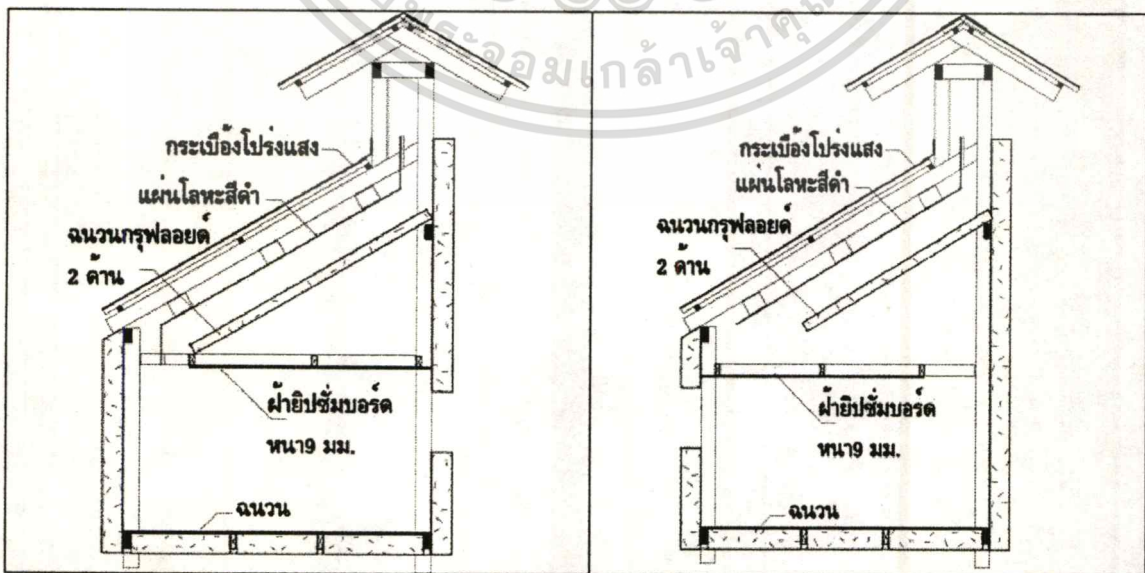
ตัวแปรแนวปฏิบัติการ

ตัวแปรอิสระ



ตัวแปรตาม

- อัตราการระบายอากาศ
 m^3/s (คำนวณจากความเร็วของอากาศ
ในปล่อง)
- อุณหภูมิภายในอาคาร (C)



ภาพที่ 2.11 แสดงความแตกต่างของตัวแปรคำถามการวิจัยที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง การแปลงนิยามมโนทัศน์สู่นิยามปฏิบัติการ หน่วยทดสอบ เครื่องมือชี้วัด สถานที่ในการทดลอง วิธีการทดลอง และข้อจำกัดในการวิจัย พร้อมทั้งปัญหาและแนวทางแก้ที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติจริงเพื่อเป็นแนวทางต่อผู้ต้องการทำการศึกษาต่อไป และจบท้ายด้วยกระบวนการในการประเมินข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับบทต่อไป

3.1 การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์(Conceptual Definition) สู่นิยามปฏิบัติการ (Operational Definition)

จากการสรุปตัวแปรในการวิจัยในตอนท้ายบทที่2(หัวข้อ 2.4) นำมาสู่การแปลงเป็นนิยามปฏิบัติการ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มตัวแปรตาม กลุ่มตัวแปรอิสระ และกลุ่มตัวแปรควบคุม ในแต่ละตัวแปรจะกล่าวถึงนิยามด้านมโนทัศน์และนิยามปฏิบัติการดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการแปลงนิยามมโนทัศน์สู่นิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่างๆ

นิยามศัพท์มโนทัศน์ (Conceptual Definition)	นิยามศัพท์ปฏิบัติการ(Operational Definition)
ตัวแปรตาม	
1 การระบายอากาศ หมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศ (ไพบุรณ รัชชาสุทธิพันธ์. 2537)	1 การระบายอากาศ อากาศมีการเคลื่อนที่หรือไม่ มากน้อยเพียงใด จะดูจากอัตราเร็วในของอากาศ ซึ่งอัตราการระบายอากาศของปล่องรังสีอาทิตย์จะคำนวณจากอัตราเร็วของอากาศที่ช่วงกลางของปล่อง และพื้นที่หน้าตัดที่เล็กที่สุดของปล่อง คือเมื่อได้อัตราเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่ในปล่องคูณกับพื้นที่หน้าตัดของปล่อง ก็สามารถหาได้ว่า ในเวลา 1 วินาทีอากาศเคลื่อนที่ในปริมาตรเท่าใด
2 อุณหภูมิภายในอาคาร	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

นิยามศัพท์ในทัศน์	นิยามศัพท์ปฏิบัติการ
ตัวแปรอิสระ เป็นกลุ่มตัวแปรคำถามการวิจัยที่ได้จากการสรุปประเด็นที่ยังไม่ได้มีการศึกษาและคุณลักษณะของตัวแปรที่จะศึกษา (หัวข้อ 2.2.5)	
<p>1 วิธีการทำความร้อน หมายถึง วิธีการทำความร้อนให้กับปล่องซึ่งในที่นี้มีอยู่ 3 วิธีการด้วยกัน คือ การอาศัยมวลมากในการทำความร้อน, การอาศัยมวลน้อยในการทำความร้อน และการอาศัยรับและสะท้อนรังสีในการทำความร้อน</p>	<p>1วิธีการทำความร้อน แต่ละวิธีจะทำผ่านชุดวัสดุที่ใช้ทำหลังคารับแสงอาทิตย์ดังนี้</p> <p>1.1 การทำความร้อนโดยอาศัยมวลมาก กระเบื้อง ซีแพคโมเนียสีดำ – ช่องอากาศ – ยิปซัมบอร์ด</p> <p>1.2 การทำความร้อนโดยอาศัยมวลน้อย กระเบื้องลอนคู่ทาสีดำ – ช่องอากาศ – ยิปซัมบอร์ด</p> <p>1.3 การทำความร้อนโดยอาศัยการรับและสะท้อนรังสี กระเบื้องโปรงแสง – ช่องอากาศ – ฉนวนใยหิน(หุ้มอลูมิเนียมฟลอร์ด 2ด้าน)-ยิปซัมบอร์ด</p> <p>หมายเหตุ วิธีการที่ 1 เป็นชุดที่เคยมีการทดลองเปรียบเทียบกับกระเบื้องใยหิน สีงะสี แล้วปรากฏว่าได้ผลดีที่สุดจึงนำมาทดลองครั้งนี้ด้วยเพื่อเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับวัสดุชุดใหม่</p>
<p>2 จำนวนชั้นของปล่อง</p>	<p>2 จำนวนชั้นของปล่อง</p> <p>ปล่องหลังคา หมายถึงช่องทางเดินอากาศที่ทำให้อากาศร้อนและลอยตัวขึ้นไปสู่ทางระบายอากาศที่ยอดหลังคา</p> <p>ปล่อง 1 ชั้น หมายถึงหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีช่องทางเดินอากาศช่องเดียว คือช่องว่างระหว่างหลังคากับฝ้า หรือหลังคากับฉนวน(ในกรณีหน่วยทดสอบที่มีฉนวนเหนือฝ้า) ซึ่งมีระยะห่างเท่ากับ 15 ซม.</p> <p>ปล่อง 2 ชั้นหมายถึงหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีแผ่นโลหะสีเข้มที่อยู่ใต้หลังคากระเบื้องโปรงแสง และอยู่เหนือฉนวน โดยมีช่องอากาศคั่นระหว่างแผ่นโลหะกับหลังคา และแผ่นโลหะกับฉนวน ในระยะเท่าๆกัน คือ 15 ซม. ทำให้หลังคามีปล่อง 2 ปล่อง ปล่องละ 15 ซม.</p> <p>หมายเหตุ จากการที่แผ่นโลหะแทรกกลางมีช่องอากาศ 2 ด้าน มีผลให้ขนาดของปล่องระบายเพิ่มเป็น 2 เท่า ซึ่งในกรณีนี้ขนาดของปล่องและขนาดของช่องดึงอากาศเข้า และ ขนาดหน้าต่าง จะไม่ใช่ตัวแปรควบคุม</p>
<p>3 ความเอียงของฝ้า หมายถึงมุมที่ฝ้าทำมุมกับพื้นดิน</p>	<p>3 ความเอียงของฝ้า</p> <p>3.1 ฝ้าตามแนวจันทัน</p> <p>3.1 ฝ้าแนวนอน หรือแนวระนาบ</p>

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

นิยามศัพท์ในทศน์	นิยามศัพท์ปฏิบัติการ
4 ตำแหน่งของช่องดึงอากาศจากภายในและตำแหน่งหน้าต่างต่าง	4 ตำแหน่งของช่องดึงอากาศจากภายในและตำแหน่งหน้าต่าง 4.1 ช่องดึงอากาศอยู่ใกล้กับช่องทางเข้าของปล่องคือช่องดึงอากาศอยู่ที่ส่วนปลายของหลังคาและหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา 4.2 ช่องดึงอากาศอยู่ห่างจากช่องทางเข้าของปล่องมากที่สุด หรือช่องดึงอากาศอยู่ในด้านตรงข้ามกับผนังที่รับส่วนปลายของหลังคาและหน้าต่างอยู่ในด้านเดียวกับแผงหลังคา
ตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรที่ไม่ใช่ประเด็นในการศึกษา แต่มีผลต่อตัวแปรตามดังนั้นในการกำหนดค่าของตัวแปรควบคุมจะอาศัยผลการวิจัยที่ผ่านมาของตัวแปรนั้นๆในการกำหนดค่าเป็นหลัก	
1 ขนาดของช่องดึงอากาศจากภายใน ตามทฤษฎีต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศ (หัวข้อ 2.2.3)	1 ขนาดของช่องดึงอากาศจากภายใน อาศัยงานวิจัยในประเด็นด้านระยะห่างของหลังคาและฝ้า(หัวข้อ 2.2.4) ในการกำหนดขนาดของปล่องในการวิจัยนี้ ซึ่งส่งผลถึงขนาดของช่องดึงอากาศจากภายในด้วย เพื่อมีพื้นที่เท่ากับหน้าตัดของปล่องระบายอากาศตามทฤษฎี จึงมีขนาดเท่ากับ $0.15 \times 0.9 = 0.135$ ตร.ม หมายเหตุ ในกรณีที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลางขนาดของปล่องจะเพิ่มเป็น 2 เท่า ซึ่งขนาดของขนาดของช่องดึงอากาศก็ต้องเพิ่มตาม
2 ขนาดของหน้าต่าง ตามทฤษฎีต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศ (หัวข้อ 2.1.5และหัวข้อ 2.2.3)	2 ขนาดของหน้าต่าง เช่นเดียวกับงานตัวแปรผ่านมาที่ขนาดของหน้าต่างมีพื้นที่เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศ คือ 0.15 ตร.ม หมายเหตุ ในกรณีที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลางขนาดของปล่องจะเพิ่มเป็น 2 เท่า ซึ่งขนาดของหน้าต่างก็ต้องเพิ่มตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

นิยามศัพท์โมโนทัศน์	นิยามศัพท์ปฏิบัติการ
3 มุมเอียงของหลังคา	3 มุมเอียงของหลังคา อาศัยงานวิจัยด้านมุมเอียงของหลังคา (หัวข้อ 2.2.4) ที่ให้อยู่ในช่วง 20 องศา-60 องศา ดังนั้นในการวิจัยนี้ กำหนดให้หลังคามีมุมเอียง 30 องศา
4 ความยาวของหลังคารับแสงอาทิตย์ หมายถึง ระยะจากช่องทางเข้าถึงช่องทางออกของหลังคารับแสงอาทิตย์	4 ความยาว ของหลังคารับแสงอาทิตย์ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าหลังคายังยาวยิ่งให้ผลดี(หัวข้อ 2.2.4) แต่เพื่อความเหมาะสมของขนาดห้องทดลองจึงกำหนดให้ในการวิจัยนี้ หลังคามีความยาว 1.2 เมตร
5 ขนาดของปล่อง สำหรับปล่องหลังคารับแสงอาทิตย์ หมายถึง หมายถึงพื้นที่หน้าตัดที่เล็กที่สุดของช่องอากาศระหว่างวัสดุหลังคาทั้ง 2 ชั้น	5 ขนาดของปล่อง พื้นที่หน้าตัดของช่องว่างอากาศที่ระหว่างหลังคา กับฝ้า หรือหลังคา กับแผ่นโลหะ ซึ่งในกรณีที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลางต้องคิดช่องว่างอากาศทั้ง 2 ด้านของแผ่นโลหะแทรกกลาง
6 ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคา รับแสงอาทิตย์ หมายถึง ขนาดพื้นที่ผิวที่มีโอกาส รับแสงจากภายนอก	6 ขนาดพื้นที่ของแผงหลังคา รับแสงอาทิตย์ จากผลของขนาดความกว้างและความยาวของหน่วยทดสอบ จึงมีผลให้พื้นที่แผงหลังคา รับแสงอาทิตย์มีขนาด 0.9ม*1.2ม
7 ทิศทางของระนาบหลังคา หมายถึงทิศที่ระนาบหลังคากระทำต่อรังสีดวงอาทิตย์	6 ทิศทางของระนาบหลังคา จากวิธีการในการวิจัยที่ผ่านมา จะหันหลังคาไปทางทิศใต้เพื่อรับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดวัน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้อยู่ในช่วงที่ดวงอาทิตย์ยังคงข้อมใต้จึงยังคงหันหลังคาไปทางทิศใต้เช่นกัน
8 ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณพลังงาน ความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์	8 ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ทำการควบคุมโดยให้หน่วยทดสอบได้รับรังสีอาทิตย์พร้อมๆกัน โดยปริมาณพลังงานสามารถวัดโดยหน่วย w/m^2
9 อิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อม ความเร็วและทิศทางของลม	9 อิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อม ทำการควบคุมด้วยการทดสอบตัวแปรต่างๆพร้อม จึงต้องสร้างหน่วยทดสอบถึง 6 หน่วย ซึ่งลมในสภาพแวดล้อมสามารถวัดความเร็วได้โดยหน่วย เป็น ม./วินาที และทิศทางวัดเป็น องศาที่เบนออกจากทิศเหนือ

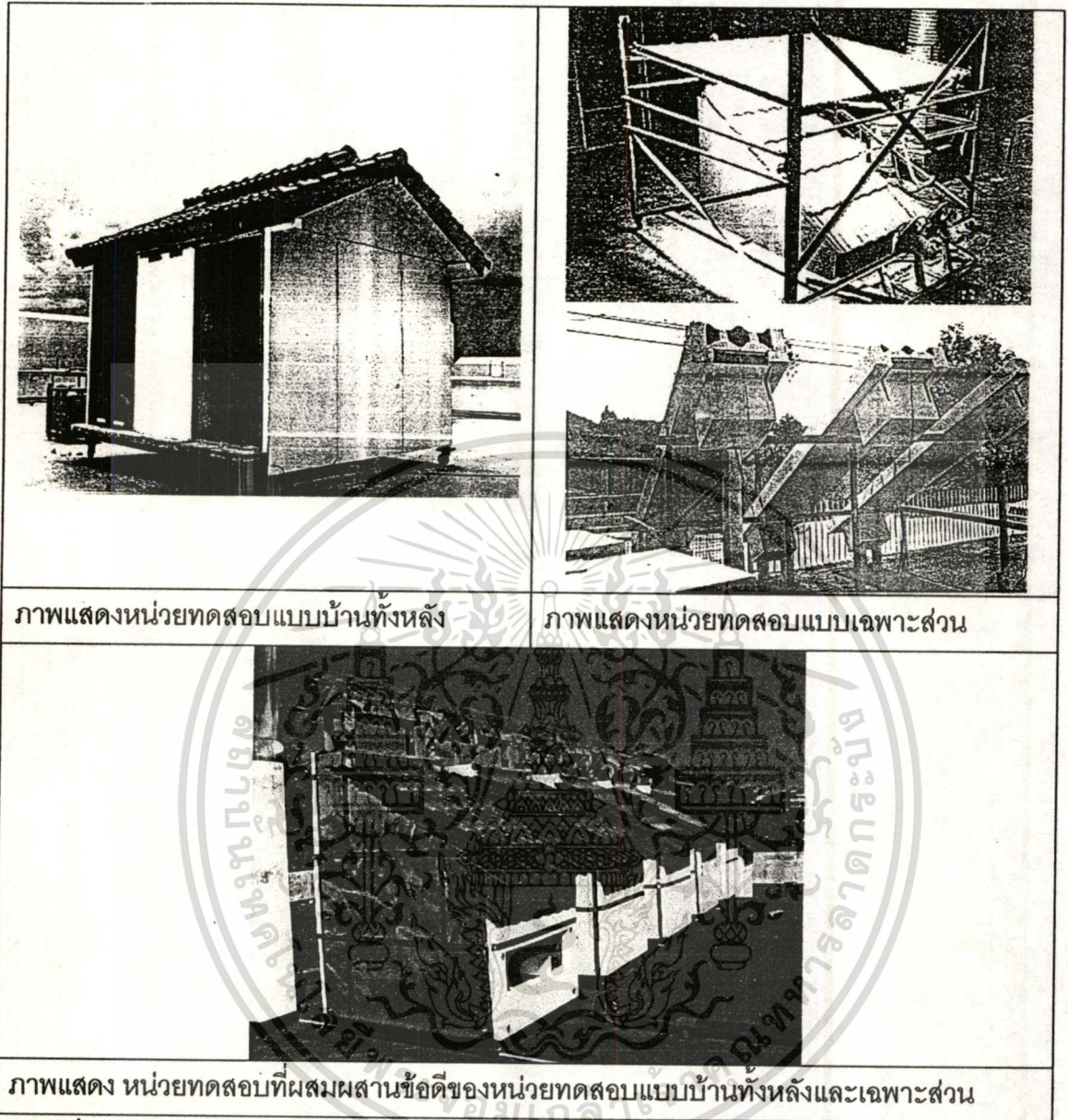
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หน่วยทดสอบ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าวิธีการดำเนินการวิจัยทางด้านนี้จะใช้วิธีการทดลองเป็นหลัก(หัวข้อ 2.2) ประกอบกับการแปลงนิยามปฏิบัติการในตอนต้น ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงยังคงใช้วิธีการทดลองเช่นกัน ซึ่งในการทดลองนี้จำเป็นต้องมีหน่วยทดสอบเพื่อใช้ในการทดลอง ในส่วนนี้จึงเริ่มอธิบายตั้งแต่ การสรุปวิธีการจำลองสภาพการณ์ในการทดลอง ลักษณะของหน่วยทดสอบที่จะใช้ตอบคำถามการวิจัยในแต่ละข้อ และกระบวนการในการเลือกใช้วัสดุคุณนวนสำหรับหน่วยทดสอบ ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างหน่วยทดสอบจริง

3.2.1 วิธีการในการจำลองสภาพการณ์

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าวิธีการจำลองสภาพการณ์มีอยู่ 2 ลักษณะ(แบบบ้านทั้งหลังและแบบเฉพาะส่วน ,หัวข้อ 2.3.1 หน้า 24) ซึ่งมีข้อดีข้อเสียต่างกัน คือ การสร้างเป็นบ้านทั้งหลังนั้นมีข้อดีที่นอกจากจะวัดผลในการระบายอากาศแล้วยังทราบถึงผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัยภายในด้วย แต่มีข้อเสียที่ใช้งบประมาณและพื้นที่มาก แต่ถ้าเป็นการจำลองสภาพการณ์เฉพาะส่วนคือมีเฉพาะหลังคาจะประหยัดกว่า แต่อย่างไรก็ดีการจำลองเฉพาะส่วนของงานวิจัยที่ผ่านมาจะขาดตัวแทนของพื้นที่อยู่อาศัยภายใน(Interior Space)ทำให้ไม่สามารถทราบถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการนำเอาข้อดีของทั้ง 2 ลักษณะมาผสมกันเพื่อตอบคำถามการวิจัยให้ได้ครบถ้วน คือเป็นเพียงด้านหนึ่งของบ้านทั้งหลัง ที่มีขนาดเล็กลง และเป็นด้านที่หลังคาหันหน้ารับรับสีอาทิตย์เพียงด้านเดียว(เช่นเดียวกับแบบเฉพาะส่วนแทนที่จะมีทั้ง 2 ด้านแบบบ้านทั้งหลัง) แต่ยังคงไว้ซึ่งพื้นที่ภายในที่อยู่ได้หลังคาลงมา(ข้อดีของบ้านทั้งหลัง) ทำให้ได้หน่วยทดสอบที่สามารถศึกษาตัวแปรได้ครบถ้วน และยังคงประหยัดงบประมาณ นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่าช่องระบายอากาศในช่วงบนของหลังคาจะมีหลังคาเล็กกลุ่มอีกทีหนึ่ง ซึ่งแม้ว่าหลังคาเล็กนี้จะมีผลต่อการระบายอากาศจากอิทธิพลของลมภายนอก แต่ทุกหน่วยทดสอบถูกควบคุมให้หลังคาเล็กนี้มีลักษณะเดียวกัน จึงทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองของแต่ละหน่วยทดสอบได้เช่นเดิม



ภาพแสดงหน่วยทดสอบแบบบ้านทั้งหลัง

ภาพแสดงหน่วยทดสอบแบบเฉพาะส่วน

ภาพแสดง หน่วยทดสอบที่ผสมผสานข้อดีของหน่วยทดสอบแบบบ้านทั้งหลังและเฉพาะส่วน

ภาพที่ 3.1 แสดงการปรับปรุงลักษณะของหน่วยทดสอบ

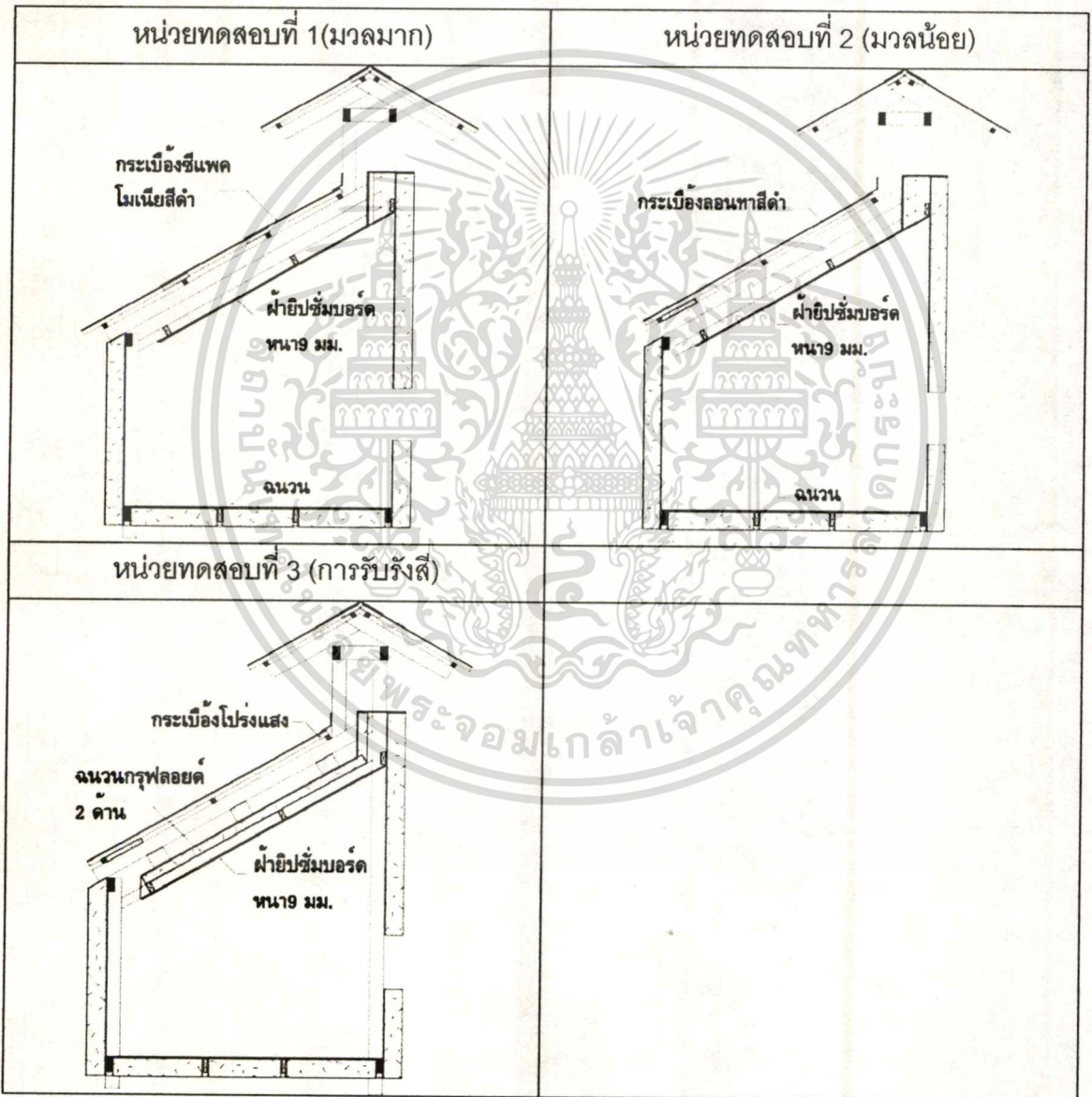
3.2.2 ลักษณะของหน่วยทดสอบ(Testing Cell)ที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยในแต่ละข้อ

จากคำถามการวิจัยทั้ง 4 ข้อ (หัวข้อ 1.4 หน้า 5) แบ่งการทดลองออก เป็น 4 การทดลองตามคำถามของการวิจัยในแต่ละข้อ ซึ่งในแต่ละการทดลองจะมีแบบจำลองในการทดสอบที่แตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของตัวแปรที่ทำการศึกษา เมื่อจำแนกความแตกต่างของหน่วยทดสอบแล้วก่อให้เกิดหน่วยทดสอบที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 แบบและพบว่าสามารถดำเนินไปทั้ง 4 การทดลองพร้อมๆกันเนื่องจากมีการใช้หน่วยทดสอบร่วมกันในบางหน่วย โดยในแต่ละคำถามการวิจัยต้องใช้หน่วยทดสอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยที่ 1 ที่ต้องการการเปรียบเทียบผลของการทำความร้อนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ การใช้มวลมาก(กระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ) การใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่สีดำ) และการรับรังสี(กระเบื้องโปรงแสง) ใช้ผลการเปรียบเทียบของหน่วยทดสอบที่ 1-3 โดยหน่วยทดสอบที่ 1 จะใช้กระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ หน่วยทดสอบที่ 2 ใช้กระเบื้องลอนคู่สีดำ และหน่วยทดสอบที่ 3 ใช้กระเบื้องโปรงแสง

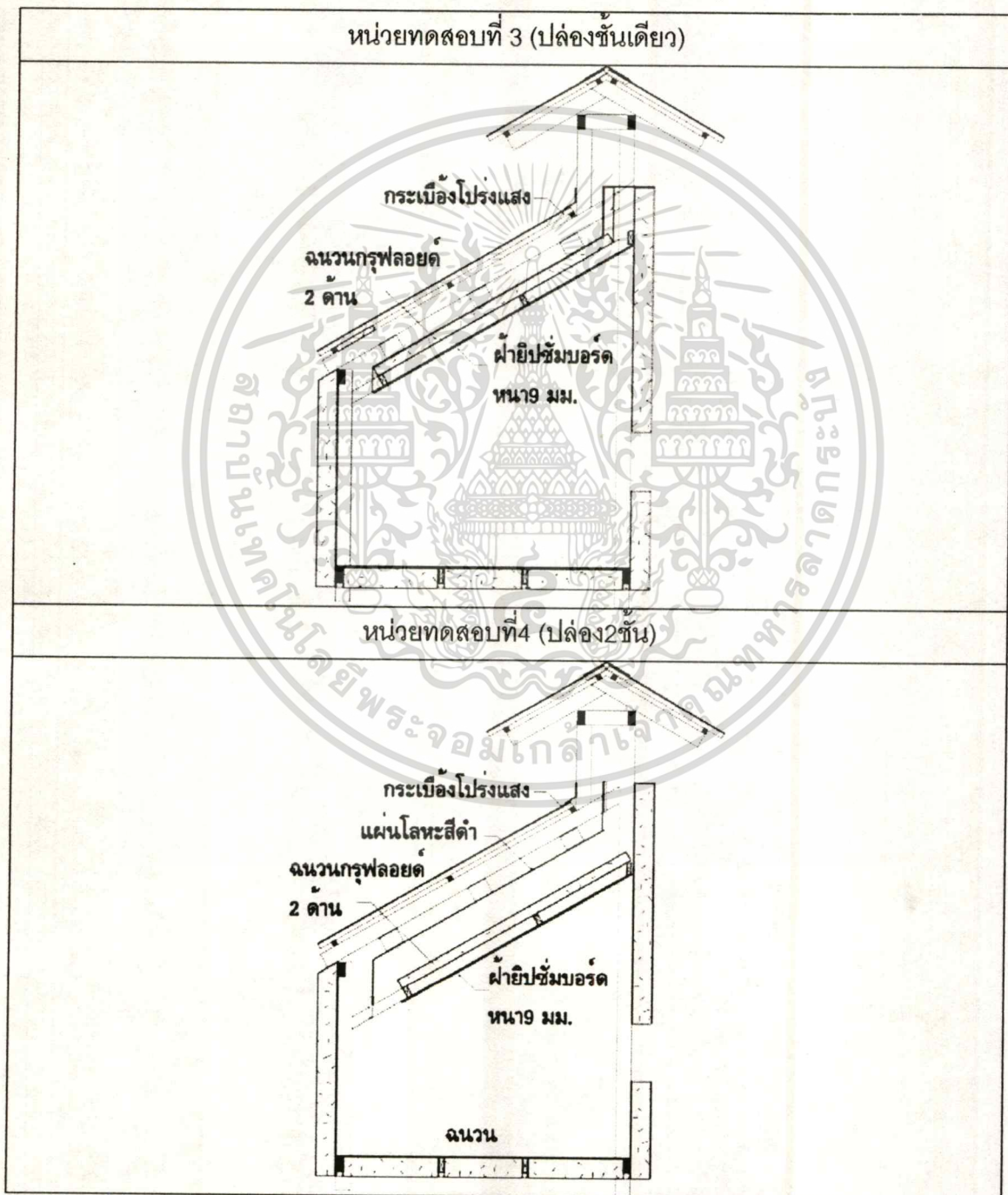
ตารางที่ 3.2 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 1 (หน่วยทดสอบที่ 1-3)
(ดูรายละเอียดของแบบก่อสร้างเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยที่ 2 ที่ต้องการทราบผลของการของเพิ่มจำนวนปล่องเป็น 2 ชั้นโดยใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง การเปรียบเทียบกับปล่องชั้นเดียว ในหลังคาที่ใช้กระเบื้องโปรงแสง ดังนั้นจึงใช้ผลการเปรียบเทียบของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4 โดยหน่วยทดสอบที่ 3 มีปล่องชั้นเดียว แต่หน่วยทดสอบที่ 4 มีปล่อง 2 ชั้น

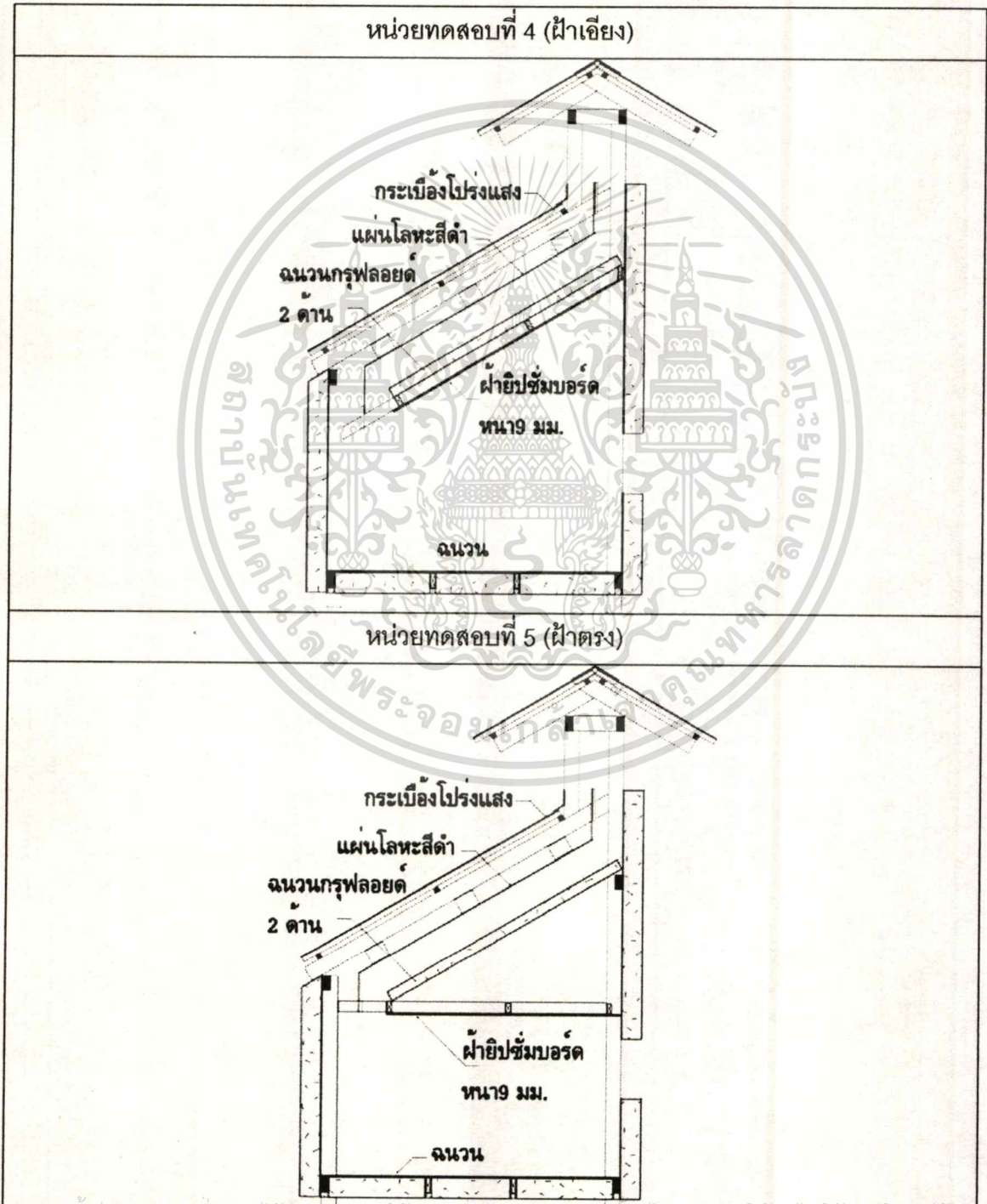
ตารางที่ 3.3 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 2 (หน่วยทดสอบที่ 3-4)
(ดูรายละเอียดของแบบก่อสร้างเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยที่ 3 ที่ต้องการทราบผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ฝ้าในแนวเฉียง(แนวจันทัน) กับฝ้าในแนวระดับ ของหลังคาที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง จึงใช้ผลการเปรียบเทียบของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5 โดยหน่วยทดสอบที่ 4 ใช้ฝ้าในแนวเฉียง ส่วนหน่วยทดสอบที่ 5 ใช้ฝ้าในแนวระดับ

ตารางที่ 3.4 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 3 (หน่วยทดสอบที่ 4-5)
(ดูรายละเอียดของแบบก่อสร้างเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก)

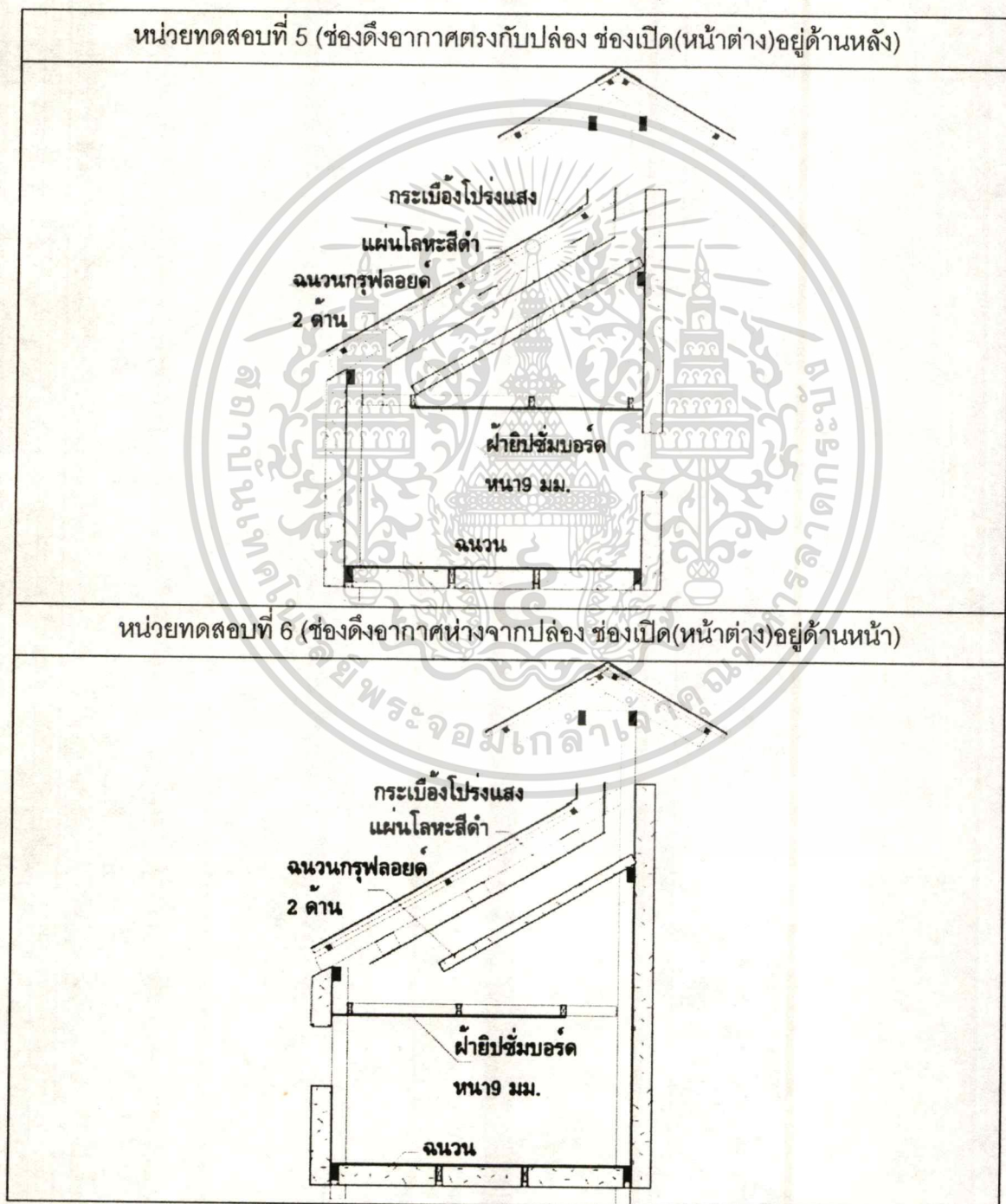


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคำถามการวิจัยที่ 4 ซึ่งต้องการทราบผลของการเจาะช่องดิ่งอากาศเข้าให้ตรงกับปล่องแล้ว เจาะช่องเปิดของหน่วยทดสอบในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(หน่วยทดสอบที่ 5) เปรียบเทียบกับการเจาะช่องดิ่งอากาศเข้าในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับปล่องแล้วเจาะช่องเปิดของหน่วยทดสอบในด้านเดียวกับแผงหลังคา(หน่วยทดสอบที่ 6) จึงอาศัยหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6 ในการทดสอบ

ตารางที่ 3.5 แสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ 4 (หน่วยทดสอบที่ 5-6) (ดูรายละเอียดของแบบก่อสร้างเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก)

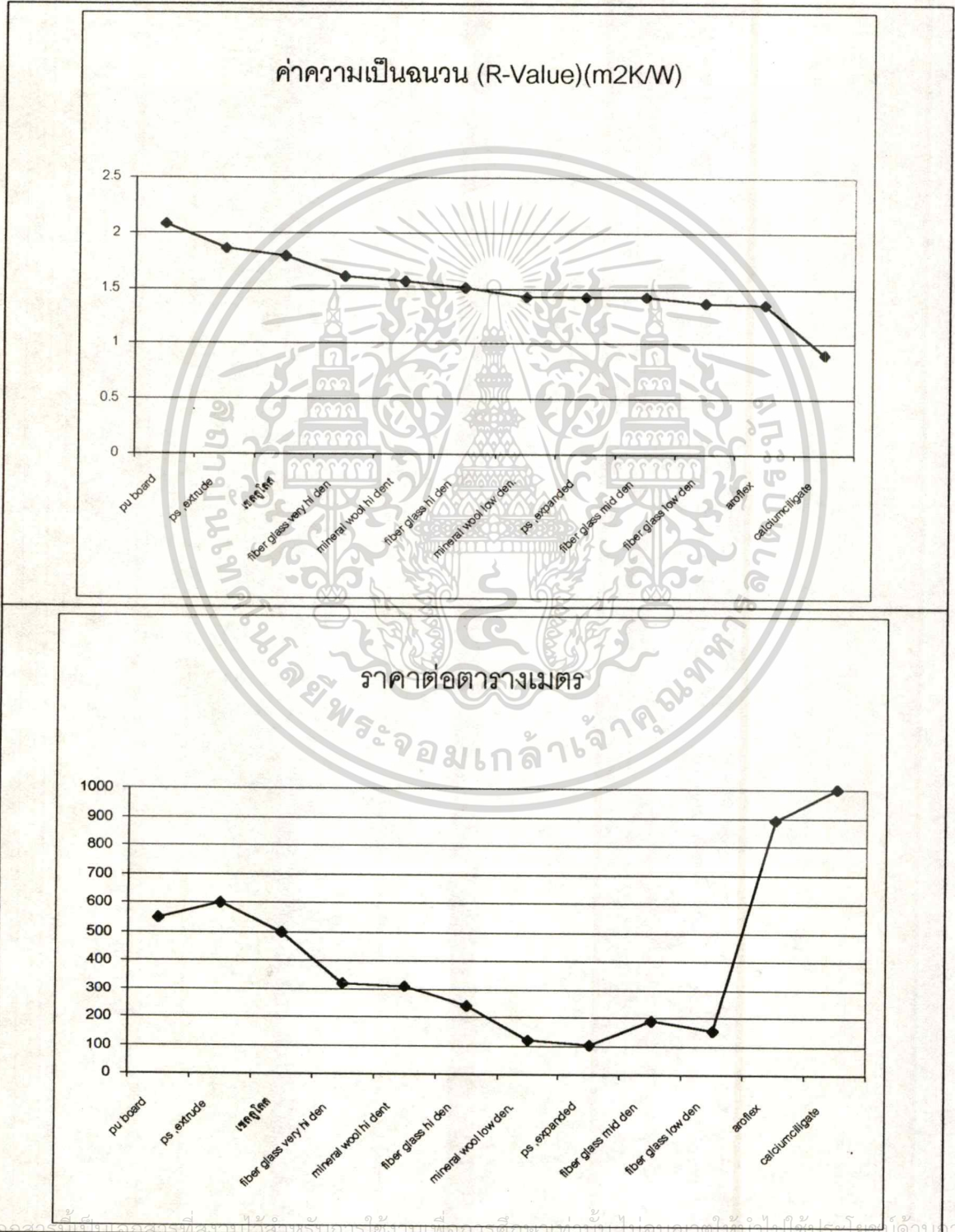


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การเลือกฉนวนสำหรับหน่วยทดสอบ

การเลือกฉนวนสำหรับฝ้าและผนังนั้น มีข้อควรคำนึงคือ มีค่าความเป็นฉนวนสูง ราคาประหยัดปลอดภัย ทนความร้อนและชื้นได้ดี ซึ่งในขั้นแรกเป็นการหาฉนวนที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง และมีราคาประหยัด จากแผนภูมิดังนี้

ตารางที่ 3.6 แสดงแผนภูมิของค่าความเป็นฉนวนและราคาของวัสดุชนิดต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าวัสดุฉนวนที่มีความคุ้มทุนในระดับที่ใกล้เคียงกันมี 3 ชนิดได้แก่ โฟลีสไตลรีน โฟม โยหิน และใยแก้ว จึงนำวัสดุทั้ง3มาเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านอื่น(จากบทที่ 2 หน้า19)ดังนี้

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวน 3 ชนิด

	โฟลีสไตลรีน	โยหิน (Rock Wool)	ใยแก้ว (Fiber Glass)
การทนความร้อน	ทนความร้อนได้ 80 c และยุบตัวเมื่อ 50 C (เมื่อเวลาผ่านไปสัก 6 เดือน)	ทนความร้อนได้ 1000 c ไม่ยุบตัว	ทนความร้อนได้ 500 c ยุบตัวเมื่อ 80 c (ผ่านเวลาไปเป็นปี)
ความชื้น	ทนได้	ทำให้ค่าความต้านทานลดลง แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการมีตัวป้องกันไอน้ำ เช่น ฟอลซี	ทำให้ค่าความต้านทานลดลง แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการมีตัวป้องกันไอน้ำ เช่น ฟอลซี
อัคคีภัย	ไหลเป็นหยด มีควันมาก	มีชนิดที่ตัวประสานไม่ติดไฟ และชนิดที่ไม่ลามไฟ	ตัวประสานโดยปกติแล้วจะลามไฟ
ความทนทาน		อายุการใช้งานยาวนานกว่า ใยแก้ว ถึง 3 เท่า	
ความปลอดภัยต่อสุขภาพ	มีอันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้เท่านั้น	ไม่มีส่วนผสมของ แอสเบสตอส	ยังพิสูจน์ไม่ได้ จึงถูกถอนออกจากสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งอันดับ 3 แล้ว

เห็นได้ว่า ถ้านำมาใช้งานจริงแล้วนั้น โฟลีสไตลรีน แบบขยาย นั้นจะไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานในการเป็นฉนวนกันความร้อนภายในปล่องซึ่งอาจมีความร้อนสูงเกิดจนยุบตัวทำให้ความเป็นฉนวนเปลี่ยนค่าไป แต่สามารถนำมาใช้เป็นฉนวนที่ผนัง(สำหรับหน่วยทดสอบเท่านั้นซึ่งสามารถตัดปัญหาเรื่องอัคคีภัยออกไปได้)เนื่องจากที่ผนังนั้นมีความร้อนไม่สูงเท่าในปล่องแต่ต้องการฉนวนที่มีความทนทานต่อขึ้นได้สูง(รวมถึงฝน)และมีความคงรูป ส่วน โยหิน หรือ ใยแก้ว น่าจะเหมาะสมสำหรับฉนวนภายในปล่องมากกว่าเพราะทนความร้อนได้สูงและมีความปลอดภัย แต่เนื่องจากในราคาที่เท่ากันนั้น โยหินจะมีค่าความต้านทานความร้อนมากและมีความคงทนนานกว่า จึงมีความคุ้มค่ามากกว่า และมีความปลอดภัยเนื่องจากไม่ใช่แอสเบสตอส ดังนั้นในการสร้างหน่วยทดสอบของงานวิจัยนี้จึงใช้ฉนวนโยหินสำหรับป้องกันความร้อนจากปล่องหลังคาสู่พื้นที่ภายใน และใช้โฟลีสไตลรีน แบบขยายขนาดความหนา 3 นิ้วสำหรับกรุผนังและเพื่อควบคุมการส่งผ่านความร้อนจากด้านข้างและด้านล่างของหน่วยทดสอบ

และก่อนที่กล่าวถึงเครื่องมือในการวัดตัวแปรต่างๆ จะขอกล่าวถึงที่พบระหว่างการสร้างหน่วยทดสอบตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้นเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ปัญหาที่พบในการสร้างหน่วยทดสอบ

ปัญหาด้านวัสดุ

ความคลาดเคลื่อนของขนาดวัสดุทำให้โครงสร้างที่เตรียมไว้ไม่พอดี

จากความพยายามการประหยัดงบประมาณนั้นจึงอาศัยฉนวนที่มีความคงรูปคือโฟม(โพลีสไตรีน)ความหนา 3 นิ้ว ทำหน้าที่เป็นผนังของหน่วยทดสอบไปด้วยในตัว โดยยึดติดกับโครงสร้างหลักของหน่วยทดสอบ โดยยึดกับโครงโครงคร่าวไม้ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว ห่างกันทุกๆ 60 ซม. ตามขนาดความกว้างของโฟมที่ระบุมาจากผู้ขาย แต่ขนาดของโฟมจริงกลับไม่พอดีกับโครงคร่าวไม้ขนาดเล็กที่เตรียมไว้ เนื่องจากโฟมจะกว้าง 61-62 ซม ไม่ใช่ 60 ซม.พอดี

ดังนั้นหากมีการสร้างหน่วยทดสอบครั้งใหม่ ในกรณีที่มิงงบประมาณเพียงพอ ควรกรุผนังด้วยวัสดุจำพวกกระดานแผ่น(Board)ก่อน แล้วจึงกรุโฟมลงบนวัสดุแผ่นอีกครั้งหนึ่งจะทำให้ทำงานได้ง่ายกว่ามาก หรือไม่เช่นนั้นก็ใช้โครงคร่าวที่มีหน้ากว้างขึ้น เพื่อมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับโฟมได้มากขึ้น และเมื่อสำหรับขนาดโฟมที่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้จะช่วยตัดปัญหาด้านการอุดรอยรั่วต่างๆไปได้มากดังจะกล่าวต่อไป

ปัญหาด้านกรรมวิธี

การตัดโฟมให้ได้ฉาก

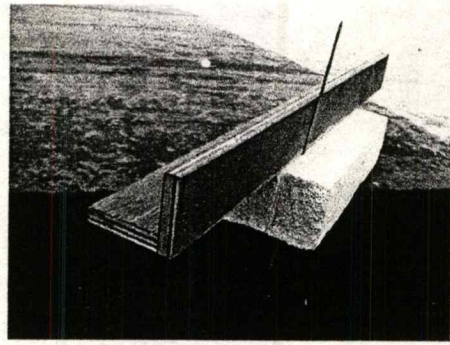
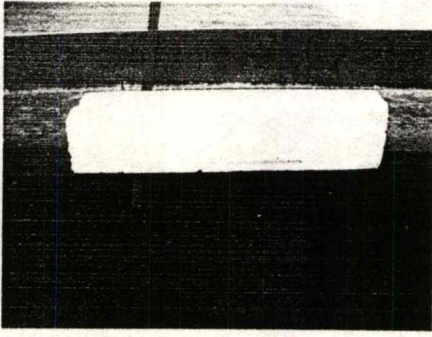
จากปัญหาด้านระยะโครงคร่าวดังกล่าว ทำให้รอยต่อของโฟมั้นไม่มีอะไรมารองรับที่ด้านหลัง ดังนั้นรอยต่อที่สนิทจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก โฟมที่มาต่อกันนั้นได้ควรวาง จึงมีการทดลองวิธีการตัดโฟมด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

- 1 คัตเตอร์ มีปัญหาด้านความยาวของใบมีด ไม่เพียงพอในการตัดโฟมที่หนา 3 นิ้ว
- 2 มีด มีความหนามากกว่าคัตเตอร์มีปัญหาว่าโฟมนั้นหนีบตัวมีดทำให้ตัดได้ยาก
- 3 ใบเลื่อยเหล็ก ซึ่งบาง มีความยาวมาก และมีครองเลื่อยจึงไม่มีปัญหาเรื่องการหนีบของโฟมจึงใช้งานได้ดี แต่อย่างไรก็ตามจากความยาวที่มีมากทำให้ในส่วนปลายจะมีการโค้งงอตามการออกแรงสามารถลดปัญหาได้ด้วยการ ทำไม้บรรทัดที่ลักษณะเป็นฉากตั้งขึ้นมา โดยในขณะที่เลื่อยให้ใบเลื่อยแนบกับตัวฉากให้มากที่สุด

อย่างไรก็ตามการเลื่อยให้ได้ฉาก 100% นั้นต้องอาศัยความปราณีต และเวลา ถ้ามีเวลาจำกัดอาจต้องยอมลดความเป็นฉากลงแล้วแก้ปัญหาด้วยการอุดรอยรั่ววิธีอื่นดังจะกล่าวต่อไป

- 4 หัวเจียรนัย กับเครื่องเจียรนัย นั้นมีความสิ้นและแรงเหวี่ยงสูง ประกอบกับหัวเจียรที่มีผสมและยาว เมื่อเจอแรงดันตอนเคลื่อนโฟมผ่าน จะเอียงไม่ได้ฉาก

จึงสรุปว่าในการทดลองครั้งนี้ใช้เลื่อยเหล็กคู่กับไม้บรรทัดฉากในการตัดโฟมดังภาพต่อไปนี้



ภาพแสดงวิธีการตัวโฟมให้ได้ฉาก

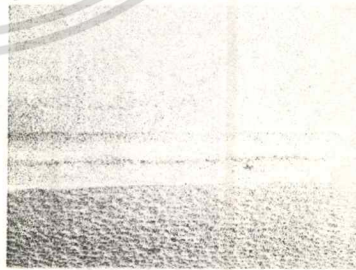
ปัญหาด้านเทคนิค

การอุดรอยรั่วที่เกิดขึ้น

การอุดรอยรั่วนี้ต้องเป็นการอุดเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกทั้ง 3 ทาง

การป้องกันการนำและการแผ่ความร้อนทำได้โดย การใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนในการอุด
ทำได้ 2 วิธี คือ การนำเศษโฟมผสมกาวแล้วยาตามรอยรั่ว หรือใช้วัสดุฉนวนประเภทใยอุดเข้าไป
ตามรอยต่อ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้วิธีที่ 2 เนื่องจากไม่ต้องรอให้แห้งก็สามารถปิดเทปกาวเพื่อป้องกัน
การพาความร้อนได้ทันที

การป้องกันการพาความร้อนนั้น ต้องทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านได้ วิธีหนึ่งคือการปิด
เทป ซึ่งเทปที่เลือกใช้ในครั้งนี้เป็น เทปผ้า(Duct Tape) เนื่องจากคุณสมบัติที่คงทน แต่เนื่องจาก
จากเทปผ้ามีความหนามาก รีดให้ติดกับผิวโฟมจริงยาก(ถ้าสังเกตให้ดีที่ผิวของโฟมจะมีรอยบุ๋ม
ตามขอบของเม็ดโฟม ซึ่งเทปจะไปติดอยู่แค่ที่รอยบุ๋มนี่) ประกอบกับความชื้นและความร้อนไม่ยาวนาน
ก็หลุด เทปอื่น(Masking Tape) จึงติดได้สนิทกว่า เพราะสามารถรีดให้ติดกับผิวโฟมได้ง่าย และยังมี
มีราคาประหยัดกว่าด้วย



ภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างเทปผ้า(Duct tape) และเทปอื่น(Masking Tape)

ภาพที่ 3.2 แสดงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างหน่วยทดสอบ

3.3 เครื่องมือชี้วัดตัวแปร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง การเลือกใช้เครื่องมือในการชี้วัดตัวแปรต่างๆ และการกำหนดตำแหน่ง การติดตั้งเครื่องมือในหน่วยทดสอบ รวมถึงหลักการวางตำแหน่งเครื่องมือชี้วัดตัวแปรทางสภาพแวดล้อมที่จะติดตั้งอยู่นอกหน่วยทดสอบ

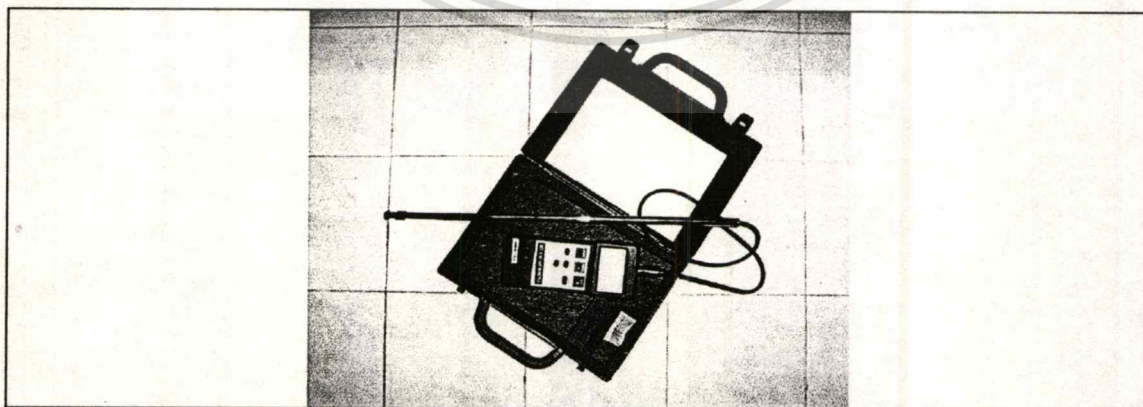
3.3.1 การเลือกใช้เครื่องมือในการชี้วัดตัวแปร

จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบถึงเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรต่างๆ(บทที่ 2 หัวข้อ 2.3.3 หน้า 25) ซึ่งในตัวแปรเดียวกันอาจมีเครื่องมือวัดได้หลายตัวที่ให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ทางสถาบันมีให้ โดยส่วนใหญ่ก็จะเป็นเครื่องมือที่อยู่ในรายการที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

การวัดความเร็วของลมภายในปล่อง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การชี้วัดความเร็วลมภายในปล่องมักอาศัย ฮอท วายร์ แอนนิโมมิเตอร์ เป็นตัววัด เนื่องจากสามารถวัดการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความเร็วต่ำๆได้และมีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ ฮอท วายร์ แอนนิโมมิเตอร์ เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจาก ฮอท วายร์ แอนนิโมมิเตอร์ นี้แต่ละเครื่องก็จะสามารถวัดความเร็วลมต่ำสุดได้แตกต่างกัน จึงเลือกเครื่องที่สามารถวัดความเร็วลมต่ำสุดได้ต่ำที่สุด คือ 0.01 เมตร/วินาที

นอกจากนั้นอุปกรณ์นี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบมือถือ และแบบติดตั้งอยู่กับที่โดยใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ ซึ่งในประเภทที่ 2 นี้ทางห้องทดลองของภาควิชาไม่มีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอต่อหน่วยทดสอบทั้ง 6 หน่วย จึงต้องใช้ประเภทมือถือแทน

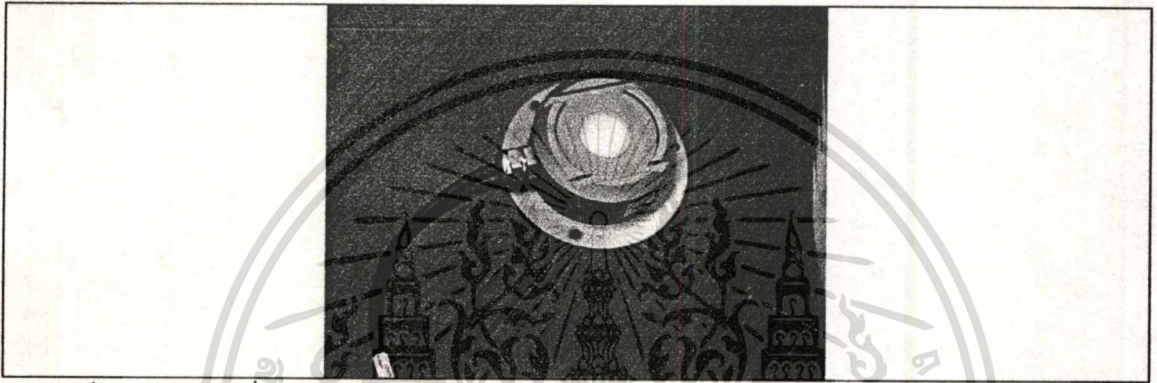


ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องฮอท วายร์ แอนนิโมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์

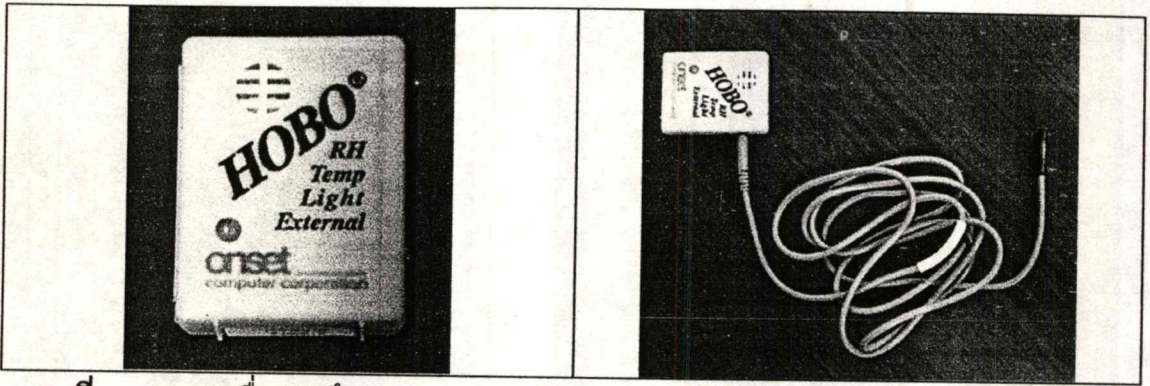
จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าในการวัดตัวแปรนี้ สามารถวัดได้จาก 3 เครื่องมือ คือ โซลา อินทิเกรเตอร์ โซลาเรดิเอชัน เรคอร์ดเดอร์ และ ไพรานอร์มิเตอร์ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ไพรานอร์มิเตอร์ เป็นตัววัดเนื่องจาก เป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวที่ทางห้องทดลองของคณะมี ซึ่งยังตอบสนองความต้องการได้คือสามารถวัดในหน่วย วัดต่อตารางเมตร และสามารถตั้งค่าช่วงการวัดได้ครอบคลุม กำลังของรังสีดวงอาทิตย์ และตัวอุปกรณ์เองสามารถทิ้งไว้กลางแจ้งโดยไม่ได้รับความเสียหาย จึงใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ในการวัดความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์



ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่อง ไพรานอร์มิเตอร์

การวัดอุณหภูมิ

จากการทบทวนวรรณกรรมนั้นวัดอุณหภูมิด้วย เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ(Data logger, Portable Hybrid Recorder) เนื่องจากสามารถวัดอุณหภูมิต่างๆได้พร้อมๆกัน แต่เนื่องจากสถาบันไม่มีเครื่องมือเดียวกันนี้ จึงใช้เครื่องมืออีกชนิด คือ เครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบ Hobo ซึ่งมีหลักในการทำงานเช่นเดียวกัน ต่างกันที่ตัวเครื่องบันทึกอุณหภูมินั้นมีหัวสัญญาณที่จะบีกที่อุณหภูมิ ณ จุดนั้นด้วย และสามารถต่อสายสัญญาณสำหรับวัดอุณหภูมิในตำแหน่งอื่นได้ 1-4 สายขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องบันทึกอุณหภูมิ แม้ว่าอาจจะไม่ได้ต่อสายสัญญาณเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลเครื่องเดียวแต่สามารถตั้งค่าเครื่องบันทึกข้อมูลแต่ละเครื่องให้บันทึกในเวลาเดียวกันได้จึงสามารถวัดอุณหภูมิในจุดต่างๆในเวลาเดียวกันได้เช่นกัน จึงสามารถใช้แทนได้

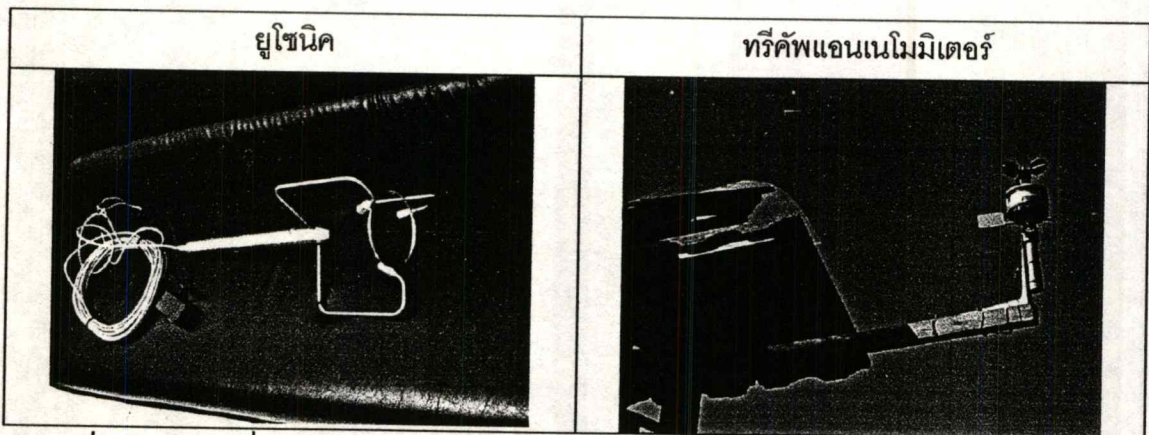


ภาพที่ 3.5 แสดงเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger : Hobo)

การวัดความเร็วลมของสภาพแวดล้อม

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเร็วที่ให้มี 2 ชนิดคือ เอนเนอริจี้ เอนไวรอนมิเตอร์ หรือ ทรีคัพ แอนเนโมมิเตอร์ แต่เครื่องมือที่ทางสถาบันมีให้ใช้ได้แก่ เครื่องยูโซนิค และ ทรีคัพ แอนเนโมมิเตอร์

โดยปกติแล้วลมในสภาพแวดล้อมจะแรงกว่าลมภายในอาคารดังนั้นเครื่องมือวัดลมในสภาพแวดล้อมจึงมักจะวัดลมที่ความเร็วต่ำๆไม่ได้ และมีความไวต่อกระแสลมน้อย โดยเฉพาะทรีคัพ แอนเนโมมิเตอร์ นั่นหมายความว่าความเร็วลมได้หยาบมาก ดังนั้นในช่วงต้นจึงคาดว่าจะใช้เครื่อง ยูโซนิค ที่วัดค่าได้ละเอียดกว่า และสามารถต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลได้ แต่ในที่สุดก็ประสบปัญหาในการตั้งเครื่องเนื่องจากมี ซอฟต์แวร์ ไม่ครบจนเกินกำหนดการทดลอง จึงแก้ปัญหาด้วยการใช้ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ในการวัดความเร็วลมและใช้ทรีคัพแอนเนโมมิเตอร์ในการวัดทิศทางลมแทน ต่อมาสามารถตั้งเครื่องยูโซนิคได้ แต่จากการทดสอบพบว่า ระยะเวลาในการอ่านค่านั้นช้าไปประมาณ 5 วินาที และไม่สามารถอ่านค่าลมที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันได้ จึงยังคงใช้วิธีการวัดดั้งเดิม (อย่างไรก็ดีการวัดความลมในสภาพแวดล้อมในเวลาที่สัมพันธ์กับความเร็วลมภายในปล่องนั้นยังมีปัญหาอีกมากซึ่งจะกล่าวในส่วนของปัญหาระหว่างการทดลอง)



ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดความเร็วลมแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

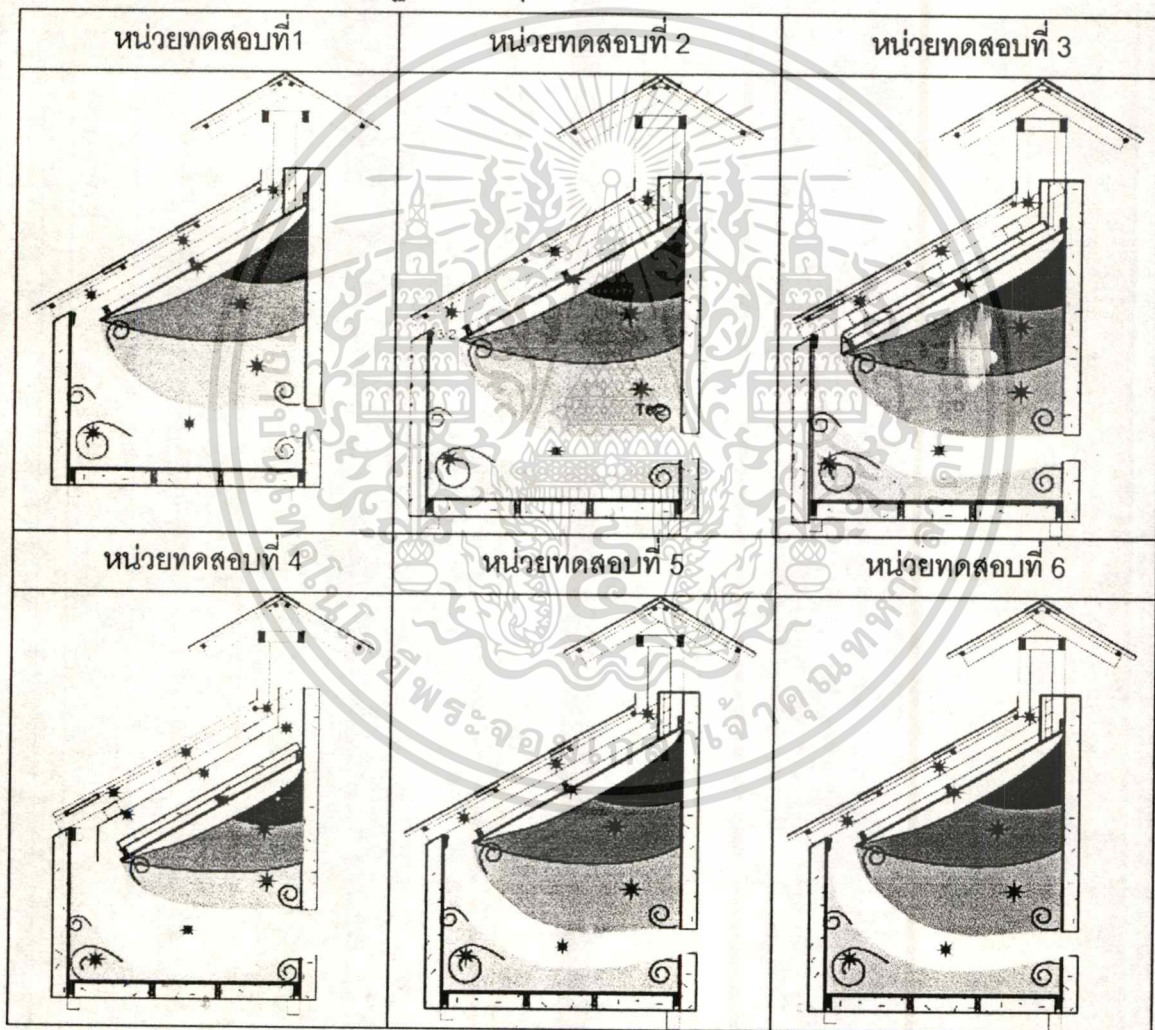
3.2.5 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในหน่วยทดสอบ

3.2.5.1 การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger

: Hobo)

แนวคิดหลักของการกำหนดจุดวัดคือวัดในจุดที่มีความแตกต่างกัน จึงเริ่มด้วยการตั้งสมมุติฐานของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น แล้วทำการแบ่งพื้นที่ที่คาดว่าจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิ แล้วกำหนดจุดในการติดตั้งเครื่องมือดังกล่าว

ตารางที่ 3.8 แสดงการตั้งสมมุติฐานของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

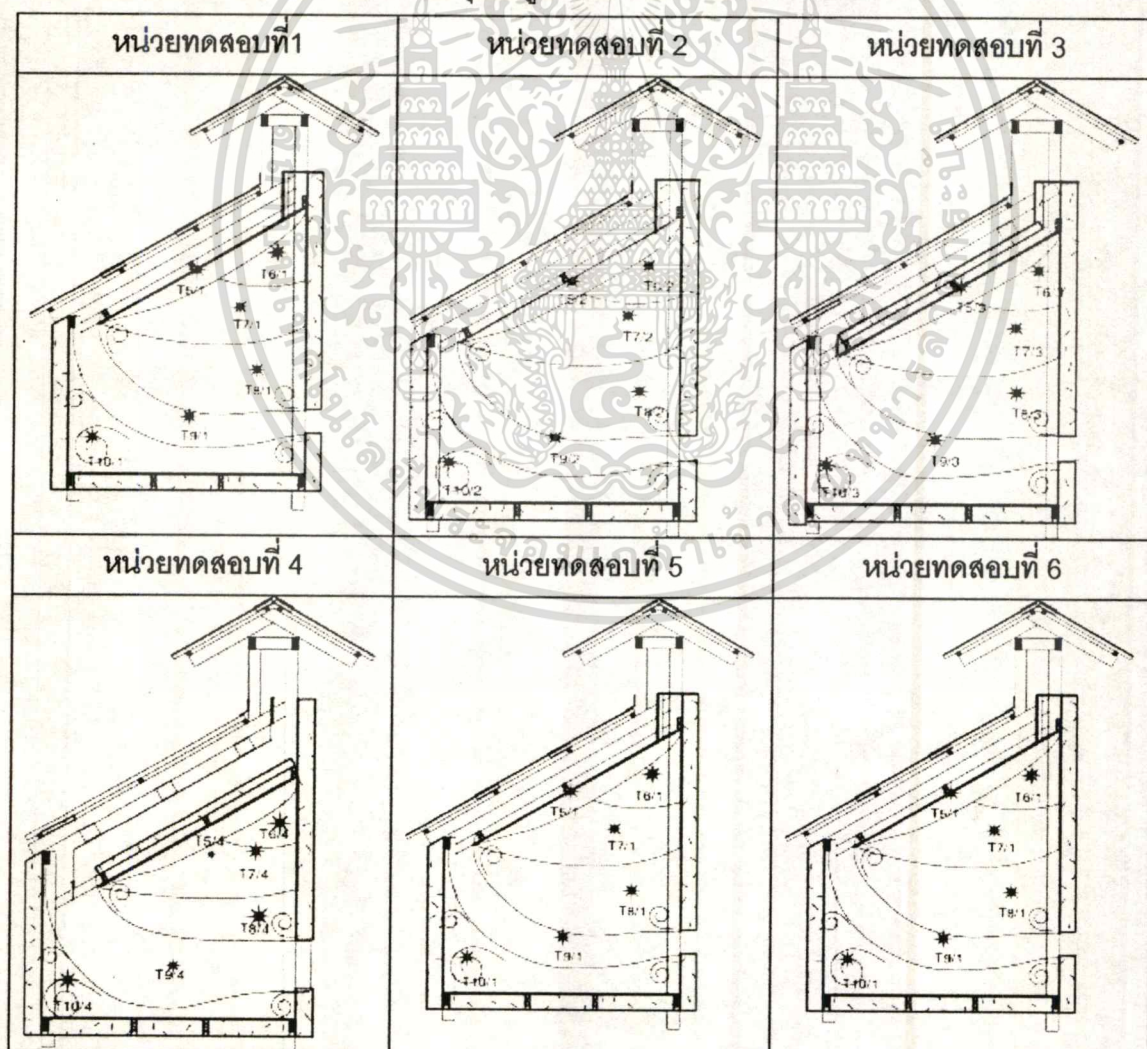


แต่เนื่องจากอุปกรณ์การวัดนั้นมีจำนวนไม่มากพอที่จะวัดทุกจุดได้พร้อมกัน จึงต้องแบ่งการวัดออกเป็น 2 ชุด ตามคำถามการวิจัยที่ต่างกันคือ เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในปล่อง เพื่อหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศ และการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบเพื่อหาถึงอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนของหน่วยทดลองแต่ละหน่วย

อย่างไรก็ดีในการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมินี้จะเก็บอย่างต่ำช่วงละ 5 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการเฉลี่ย ซึ่งเป็นخذข้อมูลในส่วนที่มีความแปลกปลอมออก ดังนั้นข้อมูลที่ได้ของทั้ง ชุดจึงสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงผลที่มีต่อกันได้ โดยมีตำแหน่งในการติดตั้งไฮโบในช่วงต่างๆดังนี้

การติดตั้ง เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger : Hobo) วัดอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ

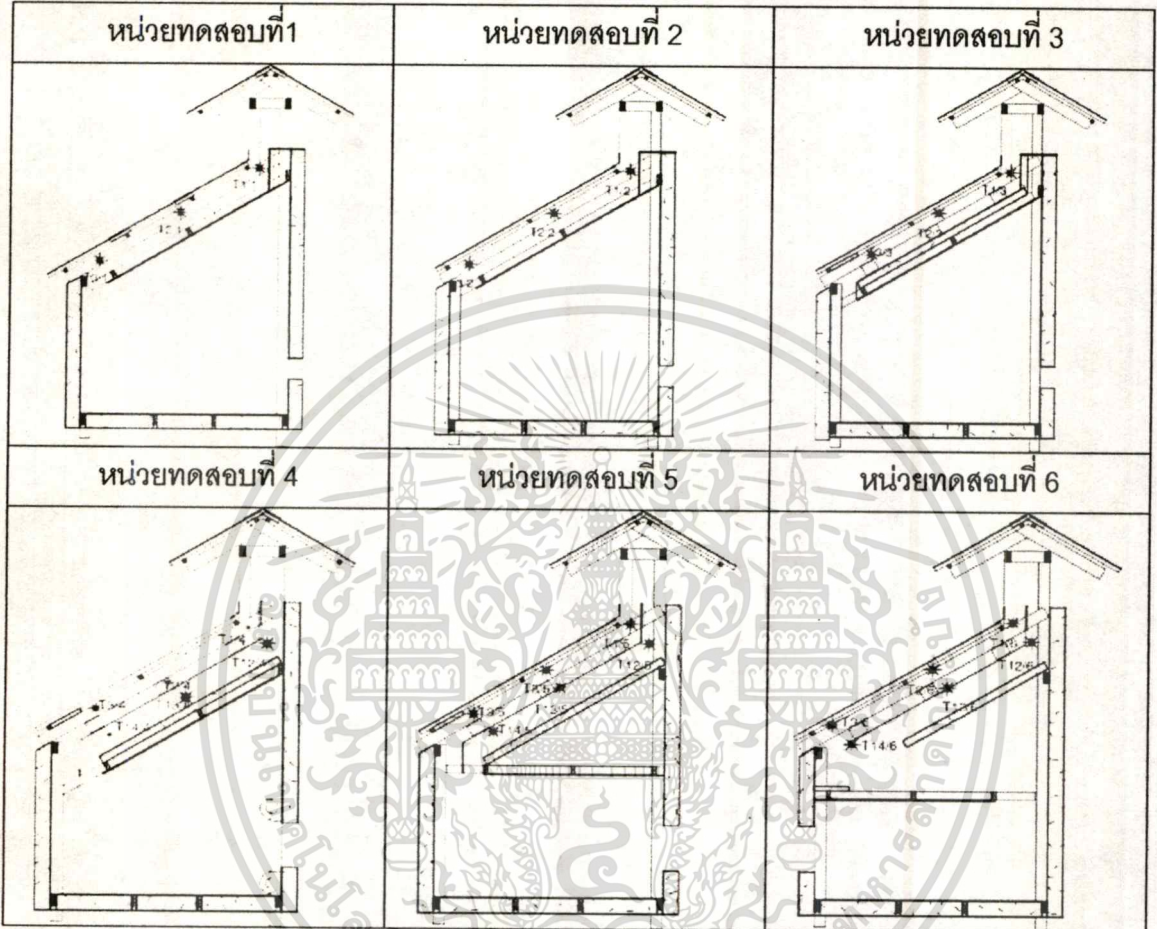
ตารางที่ 3.9 แสดงตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของอากาศในหน่วยทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger : Hobo) วัดอุณหภูมิภายในปล่อง

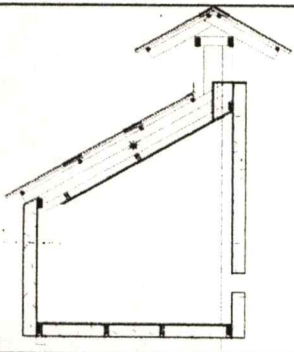
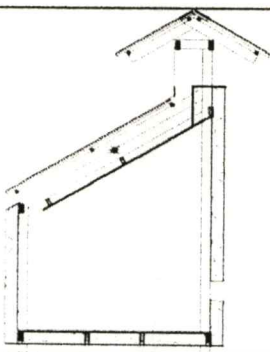
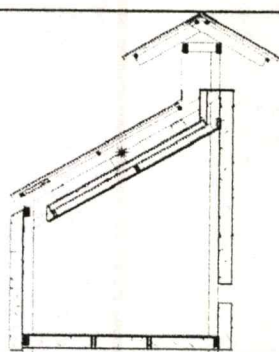
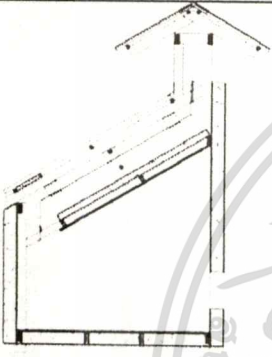

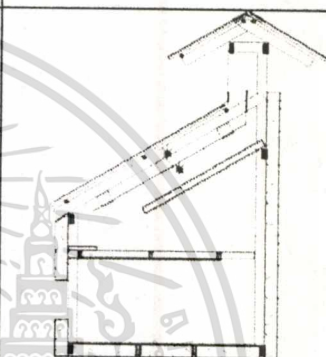
ตารางที่ 3.10 แสดงตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของอากาศในช่องปล่อง



3.2.5.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมในปล่อง

เมื่อตั้งสมมติฐานของตำแหน่งที่คาดว่าอากาศเคลื่อนผ่านแล้ว ก็สามารถกำหนดตำแหน่งในการวัดความเร็วของอากาศซึ่งสามารถวัดเพียง 1 จุดได้เนื่องจากอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านแต่ละจุดนั้นควรจะมีความเร็วเท่าๆกัน(ตามแนวคิดในการวัดจุดที่มีความแตกต่าง) เมื่อไม่คำนึงถึงการขยายตัวของอากาศ

ตารางที่ 3.11 แสดงตำแหน่งในการวัดความเร็วของอากาศในช่องปล่อง

หน่วยทดสอบที่ 1	หน่วยทดสอบที่ 2	หน่วยทดสอบที่ 3
		
หน่วยทดสอบที่ 4	หน่วยทดสอบที่ 5	หน่วยทดสอบที่ 6
		

3.2.5.3 การกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือวัดตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่อยู่นอกหน่วยทดสอบ

ตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลม

ตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมนั้นจะเป็นตำแหน่งที่เป็นจุดอ้างอิงถึงอิทธิพลที่มีหน่วยทดสอบ ดังนั้นจึงอยู่ในตำแหน่งที่ไม่โดนอิทธิพลของสิ่งรอบข้างรวมถึงหน่วยทดสอบรบกวน

ส่วนตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมนั้น จะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ถูกเงาของหน่วยทดลองบัง และสูงจากพื้นเท่ากับกับความสูงของช่องเปิด(หน้าต่าง)ของหน่วยทดสอบ

ตำแหน่งของการติดตั้งไพรานอर्मิเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน โดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมเคียง จึงควรอยู่ในจุดที่สูงกว่าสิ่งโดยรอบ

3.4 สถานที่ในการทดลอง

กล่าวถึงการเลือกสถานที่ในการทดลองและการกำหนดตำแหน่งหน่วยทดสอบรวมถึงการกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือวัดสภาพแวดล้อมที่อยู่นอกตัวหน่วยทดสอบ

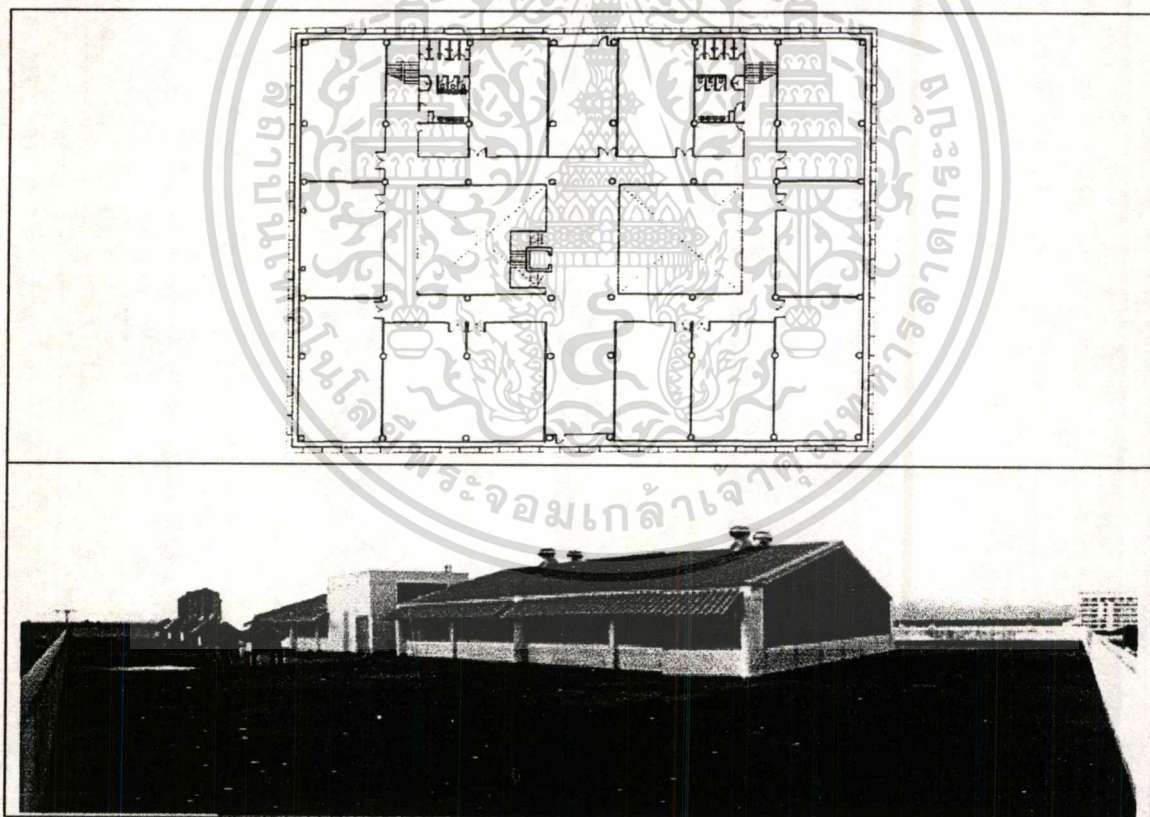
3.4.1 การเลือกสถานที่ทดลอง

เนื่องจากตัวแปรด้านความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณกับทิศลม เป็นตัวแปรควบคุม ดังนั้นสถานที่ทดสอบจึงควรเป็นลานที่โล่งที่ได้รับแสงอาทิตย์ทั้งวัน มีลมได้เท่าๆกันในแต่ละจุด และสุดท้ายมีกว้างพอที่จะ สามารถวางหน่วยทดสอบทั้ง 6 หน่วยนอกจากนั้น

จากเกณฑ์ดังกล่าวนี้ พื้นที่บริเวณใกล้เคียงมีความเป็นไปได้อยู่ 2 จุดด้วยกันคือ

- 1 ดาดฟ้าของอาคารเรียนรวม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.

ตารางที่ 3.12 แสดงสภาพของดาดฟ้าอาคารเรียนรวม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.

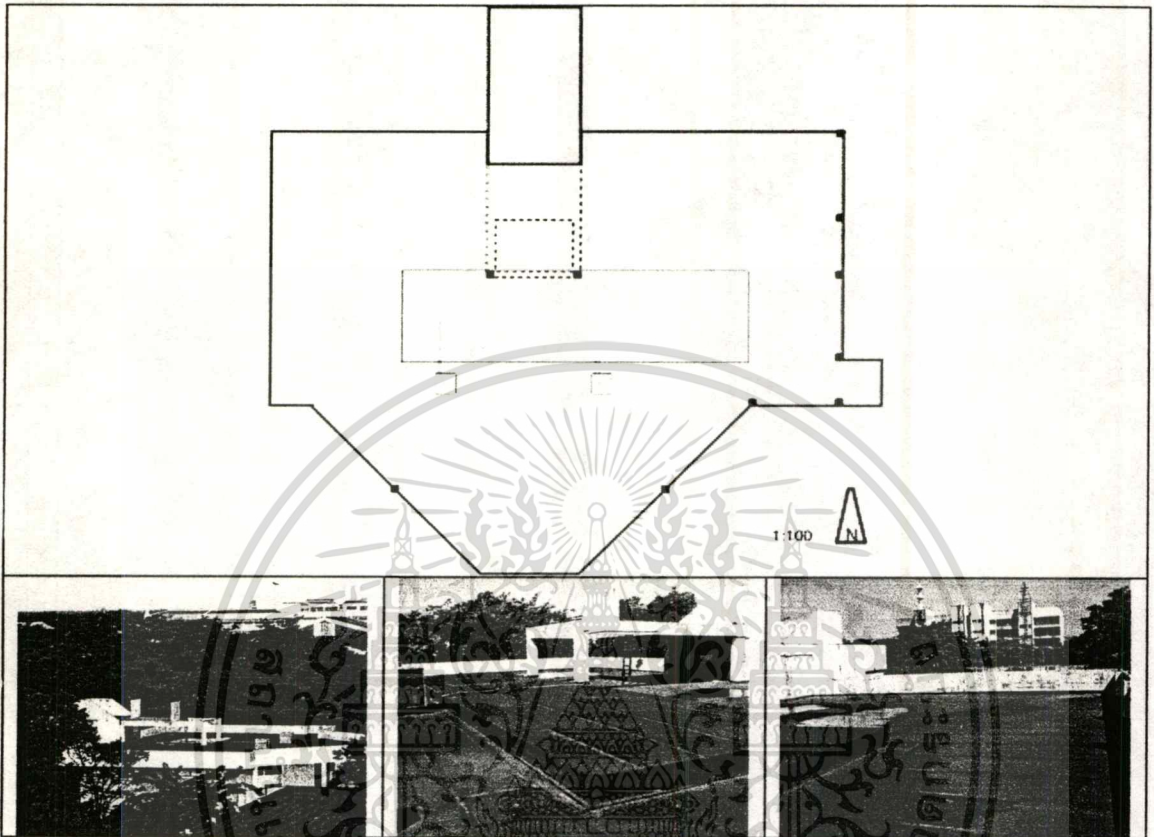


เห็นได้ว่าดาดฟ้าของอาคารเรียนรวมนั้นมีส่วนหลังคาที่ยื่นขึ้นมา ซึ่งส่งผลต่อ ทิศทางลม และการสะท้อนรังสีความร้อนซึ่งยากต่อการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ดาดฟ้าอาคารห้องสมุดเก่า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬ.

ตารางที่ 3.13 แสดงสภาพของดาดฟ้าอาคารห้องสมุดเก่า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬ.

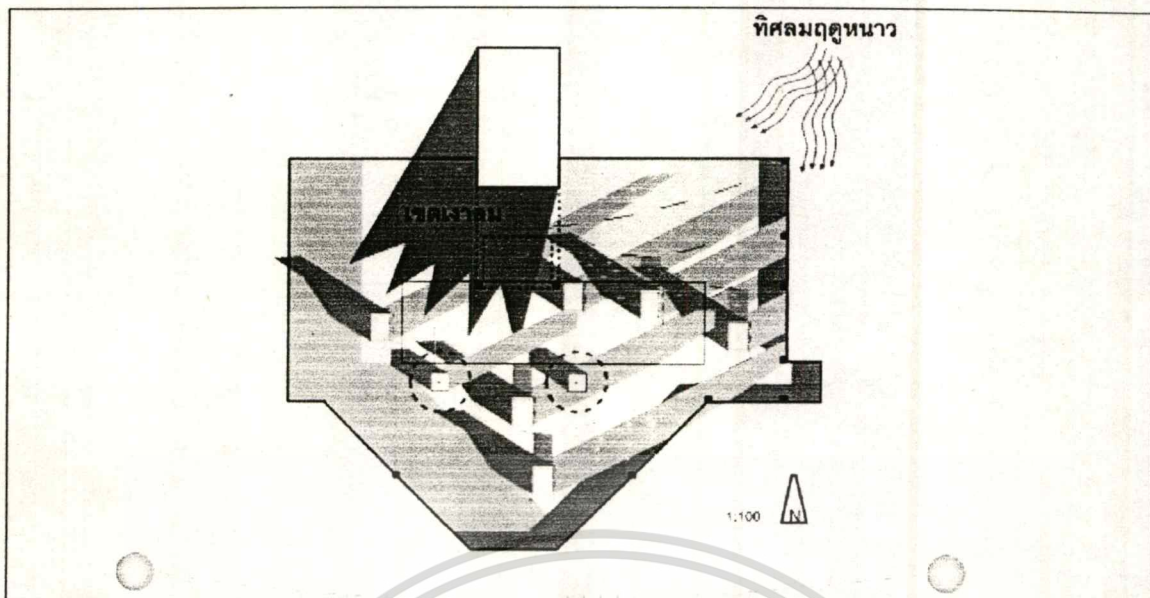


เห็นได้ว่ายังมีสวนโถงบันไดที่ยื่นขึ้นมาแต่ยังมีลานโล่งที่สามารถหลบผลกระทบของสวนโถงบันไดได้จึงเลือกสถานที่นี้ในการทำกรวดลอง

3.4.2 การวางตำแหน่งของหน่วยทดลอง

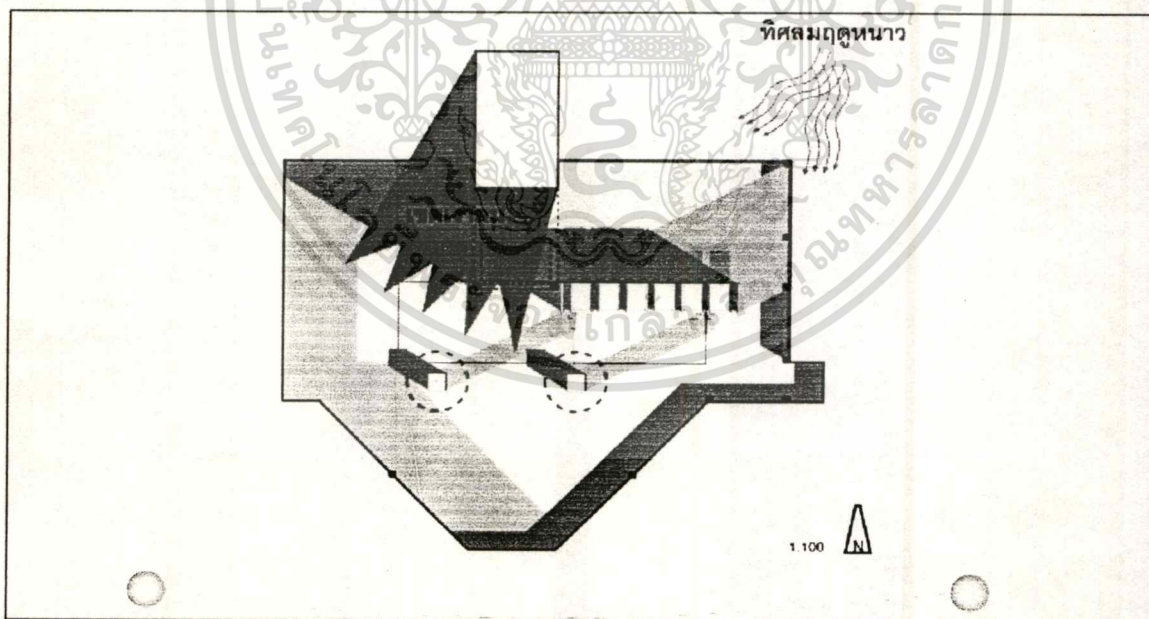
วางในตำแหน่งที่ได้รับลมและแสงแดดในปริมาณเท่าๆกัน มี 2 แนวทางคือ

1 วางกระจายให้ทุกตัวได้รับแสงแดดทั้งด้านบนและด้านข้างทั้งตัว เมื่อทดลองหาเงาที่เกิดขึ้นด้วยการคำนวณจากแผนที่ทางเดินดวงอาทิตย์ (Sun Chart) ได้ผลดังรูป



ภาพที่ 3.7 แสดงการจัดวางหน่วยทดสอบแบบกระจาย

2 วางเรียงแถว ซึ่งด้านข้างจะมีเงาของหน่วยทดสอบอีกตัวที่อยู่ติดกัน ซึ่งแต่ละตัวยังได้รับเงาเท่ากันดังนั้นจึงถือว่ายังควบคุมตัวแปรด้านนี้ได้ นอกจากนี้ตัวที่อยู่ริม 2 ด้าน จึงแก้ปัญหาด้วยการติดแผ่นสะท้อนความร้อน (อลูมิเนียมฟลอยด์) ในด้านที่ริมทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 3.8 แสดงการจัดวางหน่วยทดสอบแบบเรียงแถว

ซึ่งแบบที่ 2 นี้สามารถทำงานและควบคุมตัวแปรได้ง่ายกว่าจึงเลือกการวางหน่วยทดสอบในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนในการทดลอง และวิธีการในแต่ละขั้นตอน แล้วสรุปปัญหาที่พบระหว่างการทดลอง

ขั้นตอนในการทดลองในภาพรวมมีดังนี้

3.5.1 ก่อนเก็บข้อมูลจริง

3.5.2 การเก็บข้อมูลของตัวแปรคำถามหลัก

3.5.2.1 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ

3.5.2.2 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิในปล่องของหน่วยทดสอบ

3.5.3 การเก็บข้อมูลด้านผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อม

โดยในแต่ละขั้นตอนมีวิธีการในรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ก่อนเก็บข้อมูลจริง

3.5.1.1 หลังจากสร้างหน่วยทดสอบทั้ง 6 รูปแบบเสร็จแล้ว จึงหันหน่วยทดสอบให้หลังคาหน่วยทดสอบหันไปทางทิศใต้เพื่อรับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และจัดวางหน่วยทดสอบในตำแหน่งที่ได้มีการเตรียมไว้เพื่อให้ได้รับอิทธิพลของตัวแปรทางสภาพแวดล้อมเท่าๆกัน (รังสีดวงอาทิตย์ และลมในสภาพแวดล้อม)

3.5.1.2 ติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิ(Temperature Data Logger : Hobo)ภายในหน่วยทดสอบตามตำแหน่งที่ได้เตรียมไว้และทำการปิดหน่วยทดสอบโดยอุดรูไว้ให้แน่นหนา และติดตั้งเครื่องมือในการวัดตัวแปรทางสภาพแวดล้อมตัวอื่น ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ และเครื่องบันทึกอุณหภูมิในสภาพแวดล้อม

3.5.1.3 เปิดโอกาสให้ระบบได้ทำงานก่อนเก็บข้อมูลจริง โดยระหว่างนี้จะทำการทดสอบการเก็บข้อมูลของตัวแปรทุกตัว ได้แก่ การทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกอุณหภูมิทั้งที่อยู่ภายในหน่วยทดสอบทั้ง 6 หน่วย และ เครื่องบันทึกอุณหภูมิที่บันทึกอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ทดสอบการวัดรังสีดวงอาทิตย์ และการวัดความเร็วและทิศทางของลมในสภาพแวดล้อม พร้อมๆกับการวัดความเร็วของลมภายในปล่องของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย

3.5.2 การเก็บข้อมูลของตัวแปรคำถามหลัก

ก่อนจะกล่าวถึงขั้นตอนในรายละเอียดจะขอกล่าวถึง ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในด้านต่าง ดังนี้

-ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมด

แต่ละตัวแปรต้องได้รับการเก็บข้อมูลเป็นเวลาอย่างต่ำ 5 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและป้องกันข้อมูลที่มีความแปลกปลอม โดยได้รับจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่เก็บข้อมูลเพียงเงื่อนไขละ 1 วัน

- ช่วงเวลาในการทดลอง

ในแต่ละวันที่เก็บข้อมูลนั้นจะเก็บข้อมูลตั้งแต่ 8.00น-17.30น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มของรังสีอาทิตย์สูงพอต่อความเป็นไปได้ที่จะทำให้ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ทำงาน ซึ่งแม้ว่าจากการทบทวนวรรณกรรมจะเก็บข้อมูลตั้งแต่ 8.00น-18.00น แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถทำได้เนื่องจากอยู่ในช่วงที่ดวงอาทิตย์ตกเร็ว(เดือนธันวาคม) ซึ่ง18.00น นั้นดวงอาทิตย์ได้ตกไปแล้ว

- ระยะห่างของการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง

ในการทดลองครั้งนี้จะเก็บข้อมูลทุกๆ 30 นาทีของช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้(8.00น-17.30น)

-ความสัมพันธ์ทางเวลาในการเก็บข้อมูล

สิ่งสำคัญในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งนั้นอยู่ที่ตัวแปรแต่ละตัวควรถูกวัดในเวลาพร้อมๆกัน ดังนั้นเครื่องมือควรต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลที่ตั้งเวลาในการเก็บข้อมูลไว้พร้อมๆกัน แต่จากข้อจำกัดของเครื่องมือที่มีทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องบันทึกข้อมูลเก็บข้อมูลของทุกตัวแปรได้ โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลและเครื่องมือที่ไม่ได้ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลดังนี้

1 การวัดอุณหภูมิ เนื่องจากมีตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเป็นจำนวนมากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องวัดที่สามารถตั้งเวลาในการวัดพร้อมๆกันทุกจุดและบันทึกข้อมูลเก็บไว้ได้

2 การวัดลมในสภาพแวดล้อม และลมภายในปล่อง

ตัวแปร 2 ตัวนี้ต้องมีความสัมพันธ์กันทางเวลาเป็นอย่างมากเนื่องจากส่งผลถึงกันอย่างรวดเร็ว แต่เครื่องมือที่ทางสถาบันมีที่สามารถต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลได้นั้น(ยูนิคและฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์แบบต่อเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล)ยังมีปัญหาอยู่ 2 ประการ

1 แม้ว่าจะตั้งเวลาในการเก็บข้อมูลพร้อมๆกัน แต่ทั้ง 2 ตัว มีเวลาในการตอบสนองต่อแรงลมที่เกิดขึ้นจริงในเวลาที่แตกต่างกัน (Response Time) ทำให้ไม่ได้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ทางเวลาอย่างแท้จริง

2 นอกจากนั้นเครื่องฮอตไวร์แอนเนอไมมิเตอร์ชนิดที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลนั้นมีจำนวนไม่เพียงพอต่อหน่วยทดลองทั้ง 6 หน่วย (มีเพียง 3 เครื่องขณะที่มีจุดที่ต้องวัด 9 จุด)

ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้เครื่องฮอตไวร์แอนเนอไมมิเตอร์ชนิดวัดด้วยมือ(Hand Held) จำนวน 2 ตัววัดทั้ง 2 ตัวแปรพร้อมกันจึงจะได้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ด้านเวลามากกว่า อย่างไรก็ตามก็ยังมียุทธศาสตร์ของระยะเวลาที่วัดแต่ละหน่วยทดลองจะต่างกันอยู่บ้าง แต่คาดว่าจะห่างกันเล็กน้อยเนื่องเครื่องมือที่ใช้สามารถบันทึกข้อมูลไว้ในหน่วยความจำทุกครั้งที่เกิดบันทึกแล้วจึงมาจดบันทึกเองภายหลัง จึงไม่เสียเวลาในการจดบันทึกที่กระหว่างทำการวัดในแต่ละหน่วยทดลอง ดังนั้นในแต่ละหน่วยทดลองจึงวัดในเวลาที่ไม่ห่างกันมาก

การวัดรังสีดวงอาทิตย์

เครื่องมือที่ใช้วัดนั้นสามารถต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลได้ จากข้อจำกัดในการติดตั้งที่สถานที่ซึ่งมีดังนี้

เครื่องบันทึกข้อมูลนี้ต้องต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งต้องเปิดไว้ตลอดเวลา แต่สายสัญญาณของเครื่องวัดมีความยาวจำกัดจึง ต้องตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ใกล้กับสถานที่ในการทดลองซึ่งมีปริมาณฝุ่นมาก ลมแรง รังสีดวงอาทิตย์กำลังแรง และมีความร้อนสูง เสี่ยงต่อความเสียหายกับเครื่อง (เนื่องจากไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์เก๋าราคาไม่แพงไว้ใช้บันทึกข้อมูล)

จากการวัดความเร็วลมใช้เวลาที่ยาวขึ้น(เนื่องจากไม่ได้ใช้เครื่องบันทึกข้อมูล)ประกอบกับข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น จึงใช้วิธีการจดบันทึกค่าความเข้มรังสีทั้งก่อนและหลังจากเก็บข้อมูลด้านความเร็วลมในสภาพแวดล้อมและความเร็วลมภายในปล่องแต่ละครั้ง

3.5.2.1 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง

หลังจากที่ได้ทดลองการเก็บข้อมูลของตัวแปรต่างๆแล้ว ก็จะมีการเก็บข้อมูล ของอุณหภูมิภายในหน่วยทดลองตามตำแหน่งที่ตั้งไว้ ควบคู่กับตัวแปรด้าน อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม และความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์

ขณะเดียวกัน ได้ทำการปรับปรุงวิธีการวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมและความเร็วลมภายในปล่องไปในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อปัญหาและข้อจำกัดระหว่างการผลิตทดลอง

หลังจากเก็บข้อมูลครบ 5 วันจึงทำการย้ายตำแหน่งของเครื่องบันทึกอุณหภูมิ เพื่อวัดอุณหภูมิภายในปล่องของหน่วยทดลอง ตามตำแหน่งที่ได้มีการกำหนดไว้ โดยช่วงเวลาในการย้ายเครื่อง

บันทึกข้อมูลนั้นจะทำในเวลากลางคืน โดยต้องติดตั้งให้เสร็จและปิดหน่วยทดสอบให้เรียบร้อย ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น แล้วจึงทำการเก็บข้อมูลในขั้นต่อไป

3.5.2.2 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิในปล่องของหน่วยทดสอบ

หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิภายในปล่องต่อไป โดยในช่วงนี้ต้องเก็บข้อมูลไปพร้อมกับข้อมูลด้าน ความเข้มของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ความเร็วและทิศทางของลมในสภาพแวดล้อม และ ความเร็วลมภายในปล่อง

ซึ่งวิธีการในการวัดความเร็วลมภายในปล่องนั้นได้พัฒนามาโดยตลอด(ดูรายละเอียดในหัวข้อ ปัญหาและข้อจำกัดระหว่างการทำงานทดลอง) ซึ่งสามารถสรุปเป็นวิธีการวัดได้ดังนี้

-ใช้เครื่อง ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ที่วัดความเร็วลมได้ต่ำที่สุด(วัดความเร็วลมต่ำสุดได้ที่ 0.01 ม/วินาที) แบบวัดด้วยมือ(Hand Held) วัดความเร็วลมภายในปล่องโดยสอดหัววัดเข้าไปในรูที่ทำไว้ในช่วงกลางปล่อง

-ใช้เครื่อง เวน แอนเนโมมิเตอร์ หรือ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ที่วัดความเร็วลมที่ต่ำได้น้อยกว่า (วัดความเร็วลมต่ำสุดได้ที่ 0.2 ม/วินาที หรือ 0.4 ม/วินาที) ในการวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อม ทุกครั้งที่วัดความเร็วลมภายในปล่อง ซึ่งทราบทิศทางของลมจากเส้นด้ายที่ติดอยู่ที่ปลายหัววัดของเครื่อง เวน แอนเนโมมิเตอร์ หรือ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ (ดูรายละเอียดหัวข้อ ปัญหาและข้อจำกัดระหว่างการทำงานทดลอง)

ในการบันทึกข้อมูลจะบันทึกความเร็วลมในสภาพแวดล้อมพร้อมกับความเร็วลมในปล่อง 1 ครั้ง แล้วบันทึกความเร็วลมภายในปล่องอีก 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 วินาที เพื่อครอบคลุมช่วงเวลาที่ดีที่สุดที่วัดไปมีผลกระทบต่อความเร็วลมภายในปล่อง ระหว่างบันทึกความเร็วลมภายในปล่องอีก 3 ครั้งนั้นสังเกตความเร็วลมในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกทิศทางและความเร็วของลมในสภาพแวดล้อมลงในสมุดบันทึก

ลำดับในการเก็บข้อมูลมีดังนี้

บันทึกข้อมูลด้านความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากนั้นเก็บข้อมูลของลมในสภาพแวดล้อมและลมภายในปล่อง โดยเรียงลำดับจากหน่วยทดสอบที่ 1 ถึงหน่วยทดสอบที่ 6 จากนั้นบันทึกความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์อีกครั้ง แล้วจดบันทึกข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่องที่อยู่ในหน่วยความจำของเครื่อง ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ลงในสมุดบันทึก

ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 8 วัน (เหตุที่เก็บมากกว่า 5 วันเนื่องจากหลังจาก 6 วันแล้วพบว่า เครื่องบันทึกอุณหภูมิภายในปล่องบางตัวหลุดจากตำแหน่งที่ได้ติดตั้งไว้ จึงแก้ไขแล้วทำการทดลองเพิ่มอีก 2 วัน (ดูรายละเอียดหัวข้อปัญหาและข้อจำกัดระหว่างการทำงานทดลอง))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การเก็บข้อมูลด้านผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วของลมภายในปล่อง

จากการคาดการณ์ว่าลมในสภาพแวดล้อมนั้นจะส่งผลต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง ในการทดลอง ซึ่งทำให้ค่าความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้นั้นจะไม่ใช่ความเร็วของอากาศที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์เพียงอย่างเดียวแต่จะเป็นผลจากความเร็วมจากภายนอกด้วย ดังนั้นจึงต้องหาทางควบคุมผลจากความเร็วมจากอากาศภายในปล่องที่เกิดจากลมภายนอกออกจากความเร็วของอากาศภายในปล่องที่ทำการวัดได้

การควบคุมผลกระทบจากปัจจัยของแรงลมในสภาพแวดล้อม

ทำได้โดยการวัดความเร็วของอากาศภายในปล่องเมื่อปิดระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แล้ว เนื่องจากเมื่อปิดระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แล้ว ลมที่เกิดขึ้นภายในปล่องนั้นจะเป็นลมที่มาจากลมในสภาพแวดล้อมเท่านั้น ซึ่งการปิดระบบก็ทำได้โดยการงดการให้พลังงานความร้อนกับหลังคา โดยทำได้ 2 วิธีคือ

- 1 คลุมหลังคาด้วยฉนวนในเวลากลางวันแล้ววัดความเร็วลมภายในปล่องพร้อมกับวัดความเร็วและทิศทางของลมในสภาพแวดล้อม
- 2 รอให้ถึงเวลากลางคืนที่หลังคายความร้อนหมดแล้วก็ทำการวัดความเร็วของอากาศภายในปล่องและของลมเช่นกัน แต่วิธีที่ 2 นี้ต้องระวังไม่ให้เด็กจนเกิดไปเนื่องจากหลังคาจะมีการแผ่รังสีกลับคืนทำให้มีโอกาสที่จะเย็นกว่าอุณหภูมิภายนอกจนมีอากาศไหลย้อนกลับได้ (เมื่อทดลองจริงแล้วพบว่าลมในช่วงเวลากลางคืนนั้นแตกต่างจากเวลากลางวัน เนื่องจากอิทธิพลของลมบกลมทะเล จึงใช้วิธีแรกแทน)



ภาพที่ 3.9 แสดงการปิดฉนวนที่หลังคา เพื่อวัดเฉพาะอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดความเร็วลมภายในปล่องพร้อมๆกับวัดความเร็วและทิศทางของลมในสภาพแวดล้อมจะใช้วิธีเดียวกันกับช่วงการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิภายในปล่อง คือวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อม 1 ครั้งพร้อมๆกับความเร็วลมภายในปล่อง 1 ครั้ง จากนั้นวัดความเร็วลมภายในปล่องต่ออีก 3 ครั้ง ซึ่งการวัดลมในสภาพแวดล้อมแต่ละครั้งจะวัดให้ครอบคลุมความเร็วลมที่สูงที่สุด และต่ำที่สุด (Range) ที่เกิดขึ้นขณะเก็บข้อมูลในช่วงอุณหภูมิภายในปล่อง

การกำหนดปล่องที่จะทำการทดลอง และทิศทางของลมในการทดลองถึงผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อม

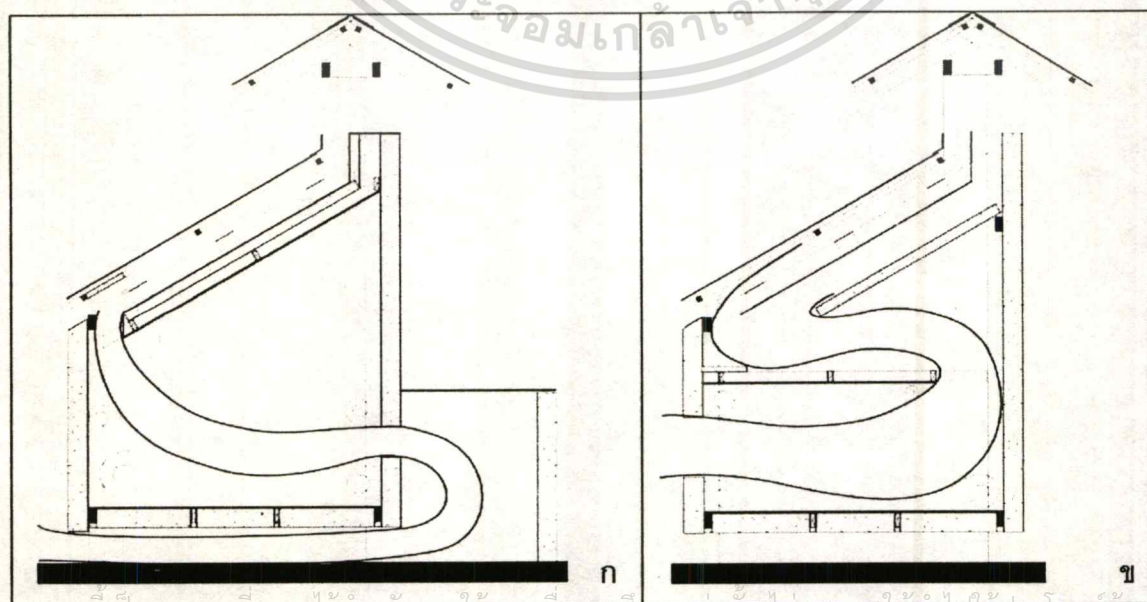
การจำแนกลักษณะของปล่องที่แตกต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่

1 กลุ่มของหน่วยทดสอบที่ 1-5 ซึ่งมีความเหมือนกันตรงที่ อากาศนั้นจะไหลเข้าสู่ภายในหน่วยทดสอบโดยจะลอดใต้หน่วยทดสอบจากทางทิศใต้แล้วเข้าสู่ภายในหน่วยทดสอบทางเหนือ จากนั้นไหลเข้าสู่ปล่องที่อยู่ในด้านตรงข้าม (ดูภาพที่ 3.14 ก)

ซึ่งแม้ว่าหน่วยทดสอบที่ 4 และที่ 5 จะมีปล่องอยู่ 2 ปล่อง แต่การเพิ่มปล่องเป็น 2 เท่านั้นก็เพิ่มช่องเปิดของหน่วยทดสอบเป็น 2 เท่าตามพื้นที่หน้าตัดของปล่องด้วยเช่นกัน ดังนั้นจำนวนปล่องที่มีความแตกต่างกันจึงไม่มีผลด้านการหาอิทธิพลของลมภายนอก ซึ่งการทดลองหาอิทธิพลของลมภายนอกครั้งนี้ใช้หน่วยทดสอบที่ 3 เป็นตัวแทน

2 หน่วยทดสอบที่ 6 มีความแตกต่างจากหน่วยทดลองตัวอื่น เนื่องจากอากาศจะไหลเข้าสู่หน่วยทดสอบจากทางช่องเปิดที่อยู่ทางด้านหน้าเลย (ทิศใต้) ไหลผ่านเข้าสู่ช่องดึงอากาศเข้าที่ฝ้าในด้านตรงข้ามแล้ววกกลับเข้าปล่องที่อยู่ทางด้านหน้าอีกครั้ง (ดูภาพที่ 3.14 ข)

ตารางที่ 3.14 แสดงความแตกต่างของปล่อง 2 ประเภท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อผู้ยูเห็นให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นระหว่างปล่องบนและปล่องล่างของหน่วยทดสอบยังมีพื้นที่หน้าตัดในช่วงแรกที่ไม่เท่ากันอีกด้วย(ปล่องล่างในช่วงต้นจะกว้างกว่า) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการไหลของอากาศในปล่องที่ 2 ที่แตกต่างกัน ดังนั้นอิทธิพลของลมภายนอกต่อปล่องทั้ง 2 นี้จะแตกต่างกันจึงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยคือ

2.1 หน่วยทดสอบที่ 6 ปล่องบน

2.2 หน่วยทดสอบที่ 6 ปล่องล่าง

จึงสรุปได้ว่าต้องทำการทดสอบอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่องของปล่อง 3 ปล่องได้แก่

1 ปล่องของหน่วยทดสอบที่ 3

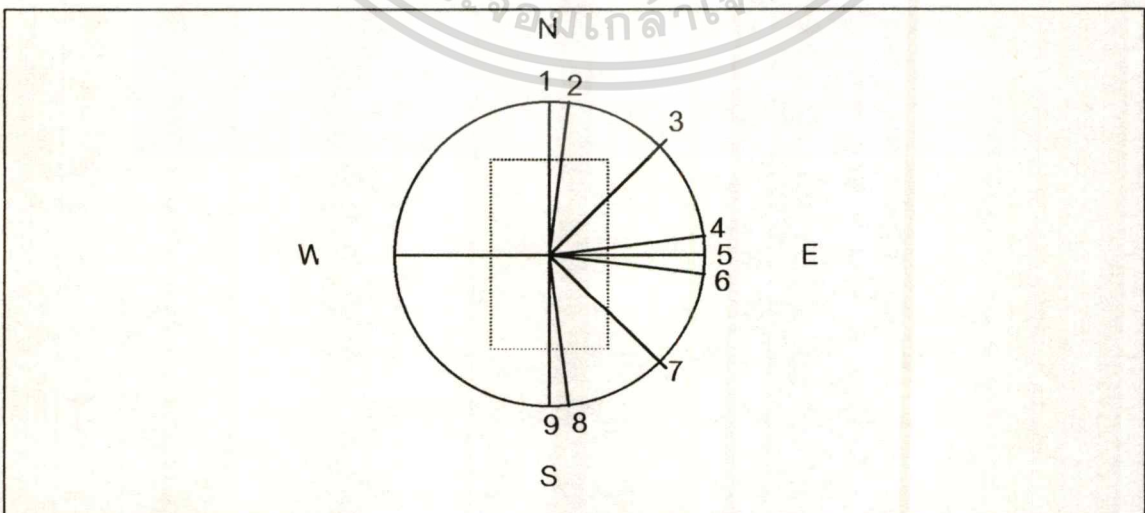
2 ปล่องบนของหน่วยทดสอบที่ 6

3 ปล่องล่างของหน่วยทดสอบที่ 6

หลังจากที่ได้กำหนดปล่องที่ต้องทำการทดลองแล้วจึงเป็นการกำหนดทิศทางของลมที่ต้องทดลองในปล่องแต่ละปล่อง

การจำแนกทิศทางของลมในสภาพแวดล้อม

เมื่อหันหน่วยทดสอบไปทางทิศใต้ แล้วตั้งสมมติฐานว่าลมที่พัดมาตั้งแต่ทิศเหนือถึงทิศใต้นั้นมีทิศหลักอยู่ 9 ทิศที่มีผลกระทบต่อความเร็วลมภายในปล่องแตกต่างกัน ดังรูป ดังนั้นในการทดลองจึงต้องเก็บข้อมูลของลมทั้ง 9 ทิศที่มีผลต่อปล่องแต่ละปล่องตามที่ได้มีการกำหนดไว้



ภาพที่ 3.10 แสดงการให้นิยามของทิศลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศ 1 = ลมที่มาจากทิศเหนือ

ทิศ 2 = ลมที่มาจากทิศเหนือแต่เบนไปทางทิศตะวันออกหรือตะวันตกเล็กน้อย

ทิศ 3 = ลมที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือหรือตะวันตกเฉียงเหนือ

ทิศ 4 = ลมที่มาทางตะวันออกหรือตะวันตกแต่เบนขึ้นไปทางเหนือเล็กน้อย

ทิศ 5 = ลมที่มาจากทิศตะวันออก

ทิศ 6 = ลมที่มาจากทางตะวันออกแต่เบนมาทางใต้เล็กน้อย

ทิศ 7 = ลมที่มาทางตะวันออกเฉียงใต้

ทิศ 8 = ลมที่มาจากทางทิศใต้แต่เบนไปทางตะวันออกเล็กน้อย

ทิศ 9 = ลมที่มาจากทิศใต้

3.6 ข้อจำกัดและปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง

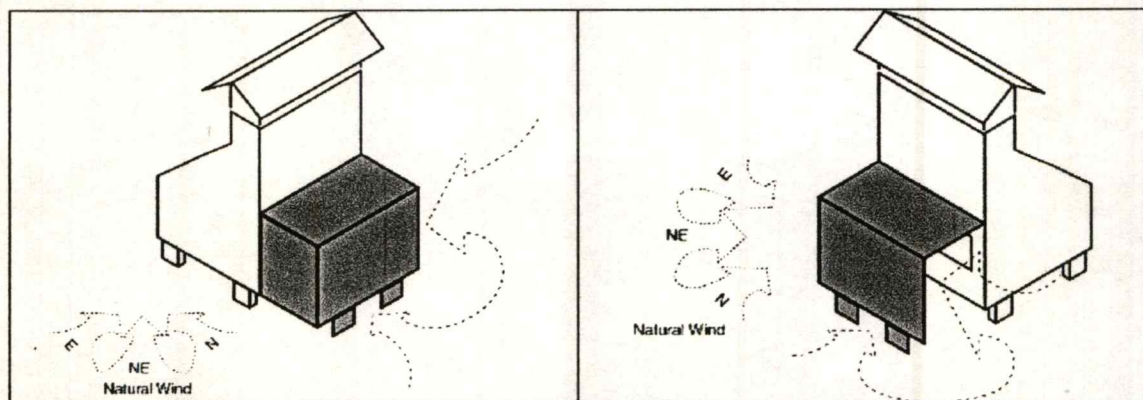
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองตามกระบวนการที่ได้วางแผนไว้ข้างต้น โดยปัญหาหลักจะเป็นปัญหาที่เกิดจากลมในสภาพแวดล้อม ส่วนปัญหาที่รองลงมาจะเป็นปัญหาจากเครื่องมือวัดตัวแปรต่างๆ

3.6.1 ปัญหาเกี่ยวกับลมในสภาพแวดล้อม

3.6.1.1 ปัญหาด้านความรุนแรงและความแปรปรวน ของสภาพลม

จากความแปรปรวนของลมทั้งในด้านความเร็วและทิศทางดังกล่าวส่งผลต่อความเร็วของลมภายในปล่องมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ จึงมีการแก้ปัญหาด้วยการทำตัวกำบังลม ที่ยังให้อากาศสามารถไหลเข้าไปได้ ซึ่งมีการพัฒนาดังนี้

เริ่มด้วยทำกล่องบังช่องเปิดของหน่วยทดสอบด้วยแผ่นโฟม ต่อมาลอยขึ้นจากพื้น โดยมีช่องทางเข้าของอากาศเปิดไว้ 1 ด้าน

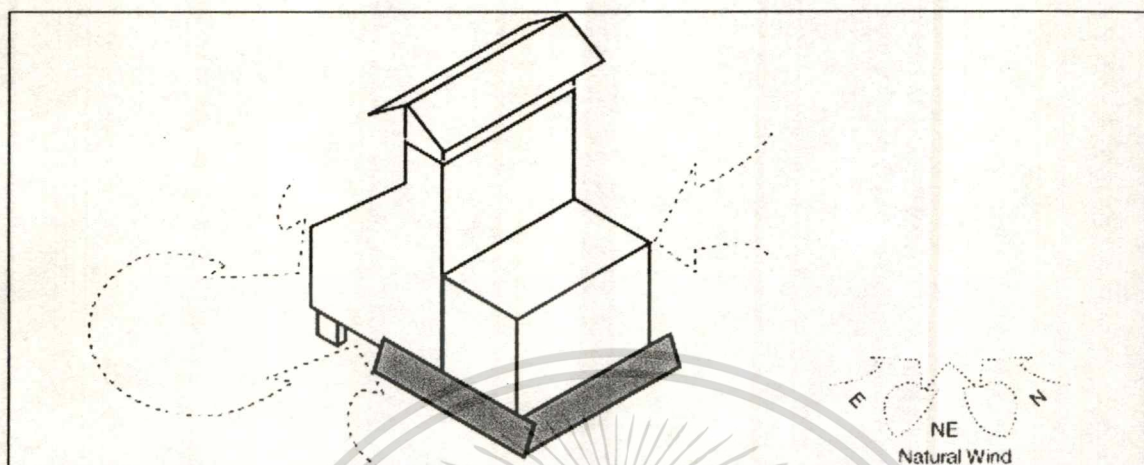


ภาพที่ 3.11 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในขั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

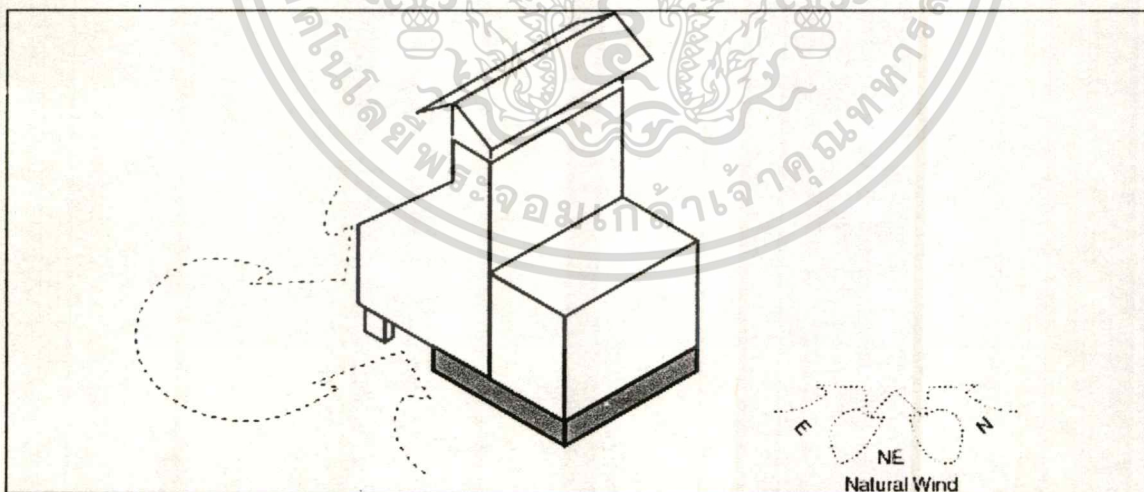
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลองทดสอบยังพบว่าลมภายนอกยังส่งผลกระทบต่ออยู่มากจึงนำแผ่นยิบซั่มปิดในส่วนที่เป็นช่อง
ขาโดยยังไม่ได้ปิดให้สนิท ผลปรากฏว่ายังคงมีผลกระทบจากลมภายนอกมากอยู่



ภาพที่ 3.12 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 2

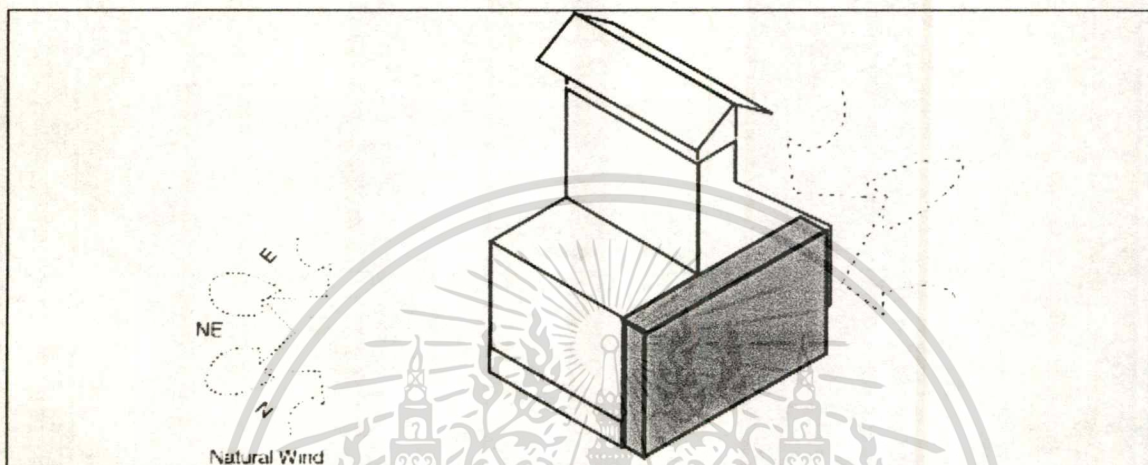
ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าปัญหาอยู่ที่ ด้านที่เปิดให้อากาศเข้าและการปิดไม่สนิท จึงแก้ไขโดยปิด
ด้านที่ให้อากาศเข้า โดยให้อากาศเข้าผ่านทางด้านล่างของหน่วยทดสอบแทน และเปลี่ยนแผงบัง
ที่พื้นจากแผ่นยิบซั่มเป็นแผ่นโฟมบาง แล้วติดเทป(Masking Tape)ตามรอยต่อของแผ่นโฟมรวม
ถึงรอยต่อของโฟมกับพื้นด้วย โดยให้แผงบังนี้ยาวไปถึงครึ่งหนึ่งของหน่วยทดสอบ



ภาพที่ 3.13 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 3

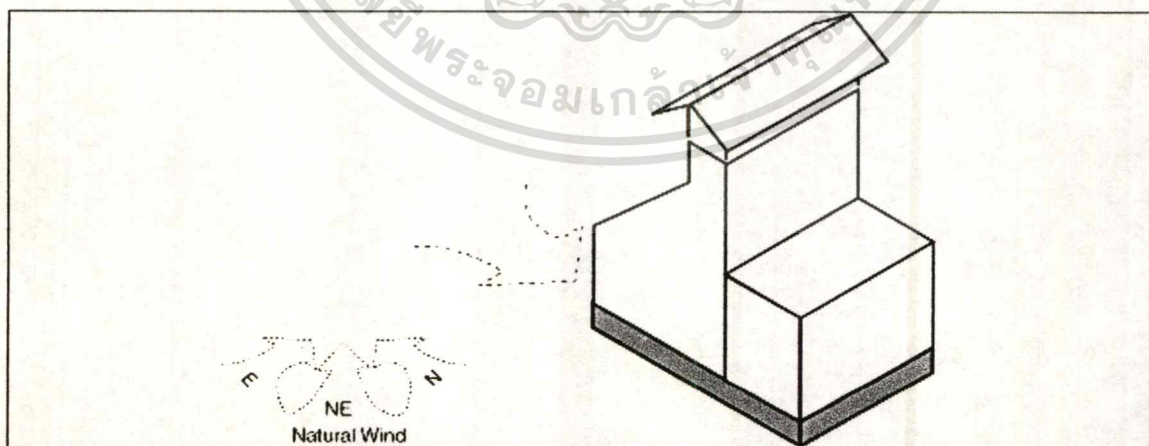
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหน่วยทดลองที่มีช่องปล่อง 2 ปล่องนั้นจะมีช่องทางเข้าของอากาศที่ได้พื้นหน่วยทดสอบอย่างเดียวนั้นจะไม่พอ เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดใต้พื้นหน่วยทดสอบนั้นเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของปล่องเพียงปล่องเดียว ซึ่งตามทฤษฎีแล้วถ้ามีช่องปล่อง 2 ปล่อง ก็ต้องมีช่องเปิดของหน่วยทดสอบอย่างน้อยเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของ 2 ปล่อง จึงแก้ปัญหาด้วยการต่อกล่องให้ยื่นออกไปทางด้านข้างเพื่อให้มีพื้นที่หน้าตัดในการรับอากาศเท่ากับ 2 ปล่องตามทฤษฎี



ภาพที่ 3.14 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 4

อย่างไรก็ตามยังพบผลกระทบของลมภายนอกอยู่ จึงเพิ่มเติมความยาวของแผงบังในส่วนพื้นให้ยาวตลอดหน่วยทดสอบ จนถึงด้านหน้าก็ให้มีแผงบังด้วยข้างละเล็กน้อยเพื่อป้องกันลมที่เข้าเฉียงทางด้านหน้า



ภาพที่ 3.15 แสดงการแก้ปัญหาความรุนแรงของลมในชั้นที่ 5

วิธีแก้ปัญหานี้สามารถลดความรุนแรงของลมในสภาพแวดล้อมได้ โดยเป็นการแก้ปัญหาก่อนการเก็บข้อมูลจึงทำให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความน่าเชื่อถืออยู่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

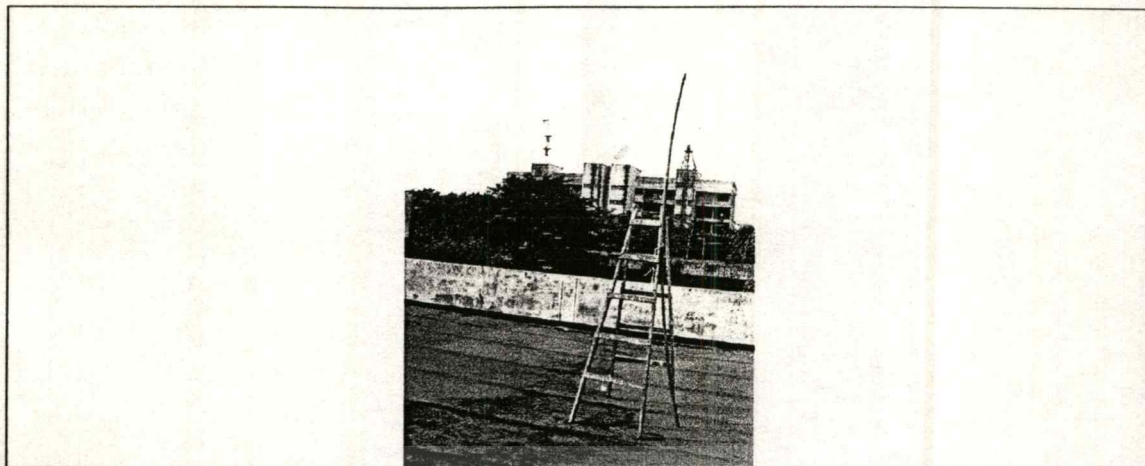
3.6.1.2 ปัญหาด้านเครื่องมือและวิธีการวัด

จากข้อจำกัดด้านเครื่องมือการวัดความเร็วลมภายในที่สามารถต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล นั้นมีจำนวนไม่เพียงพอ คือมีเพียง 3 จุด ขณะที่จุดที่ต้องวัดพร้อมๆกันถึง 9 จุด ดังนั้นจึงต้องวัดด้วยเครื่องวัดแบบมือถือ และบันทึกข้อมูลเองด้วยมือ นอกจากนั้นเรายังพบปัญหาของเครื่องวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมแบบ ยูนิค ซึ่งจริงแล้วมีคุณสมบัติที่ดีคือสามารถวัดความเร็วและทิศทางของลมโดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลได้ แต่เมื่อทดสอบการวัดพบว่า การอ่านค่านั้นจะอ่านค่าหลังจากที่ลมพัดแล้วถึง 5 วินาทีและต้องเป็นลมที่มีความต่อเนื่อง จากผลดังกล่าวทำให้ข้อมูลที่ได้จะไม่มีความสะดวกคล่องในด้านเวลาเก็บข้อมูลกับเครื่องวัดความเร็วลมภายใน(ชนิดที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล)และไม่มีความไวพอสำหรับลมที่มาเป็นระลอกอย่างไม่ต่อเนื่อง ประกอบกับการการต้องจรและกำหนดค่าคงที่ต่างๆของ เครื่องนั้นใช้เวลานานจนเลยกำหนดการของการทดลอง จึงต้องหันไปใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วยเพื่อวัดทิศทางลม และ ใช้ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ในการวัดความเร็วแทน

การทดลองวิธีการวัดลมในสภาพแวดล้อมให้สัมพันธ์กับการวัดความเร็วลมภายในปล่อง

ในวันแรกของการทดสอบการเก็บข้อมูล (Pretest) นั้น ใช้เครื่องฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์เพียง 1 ตัวในการวัดทั้งความเร็วลมในสภาพแวดล้อมและความเร็วลมภายในปล่อง โดยจะวัดลมในสภาพแวดล้อมและทิศทาง เพียง 1 จุดก่อนวัดความเร็วของอากาศภายในปล่องของหน่วยทดสอบแต่ละตัว ซึ่งได้พบปัญหาความแปรปรวนของลมจึงวัดความเร็วของอากาศภายในปล่องเราจะวัด 10 ครั้งต่อ 1 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย และตัดความเร็วที่มีความแปรปรวนออก

อย่างไรก็ตามการวัดลักษณะดังกล่าวยังพบปัญหาว่าในขณะที่วัดความเร็วของอากาศภายในปล่องของหน่วยทดสอบแต่ละตัวนั้นลมในสภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนความเร็วลม และทิศทางไปจากจุดที่วัดครั้งแรก จึงพยายามหาทางวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมให้ได้ในพร้อมๆกับการวัดความเร็วของอากาศภายในปล่อง ส่วนในเรื่องของการวัดทิศทางนั้นปรากฏว่า เครื่องวัดทิศทางของเครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วยมีขนาดเล็กจนไม่สามารถมองเห็นได้จากทุกหน่วยทดสอบ และ ยังต้องอาศัยแรงลมในระดับหนึ่งจึงเปลี่ยนทิศทาง จึงสร้างเครื่องวัดทิศทางลมที่สามารถมองเห็นได้จากทุกหน่วยทดลองและมีความไวต่อลมความเร็วต่ำ โดยใช้เชือกผูกกับปลายไม้แล้วตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้จากทุกจุด แต่มีข้อเสียคือไม่มีตัววัดที่ละเอียดเท่ากับตัววัดทิศทางของเครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วยและยังต้องอาศัยแรงลมในระดับหนึ่งในการทำให้เชือกปลิวเช่นกันจึงแก้ปัญหาด้วยการนำโฟมแผ่นบางติดที่ปลายเชือก ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแม้ในลมที่มีความเร็วต่ำ



ภาพที่ 3.16 แสดงการแก้ปัญหาในการวัดทิศทางลม

เมื่อสามารถทราบทิศทางของลมในสภาพแวดล้อมขณะวัดความเร็วของอากาศภายในปล่องแต่ละจุดแล้ว ต่อไปจึงเป็นการแก้ปัญหาในด้านวิธีการวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมให้สัมพันธ์กับเวลาที่วัดความเร็วลมภายในปล่องต่อไป

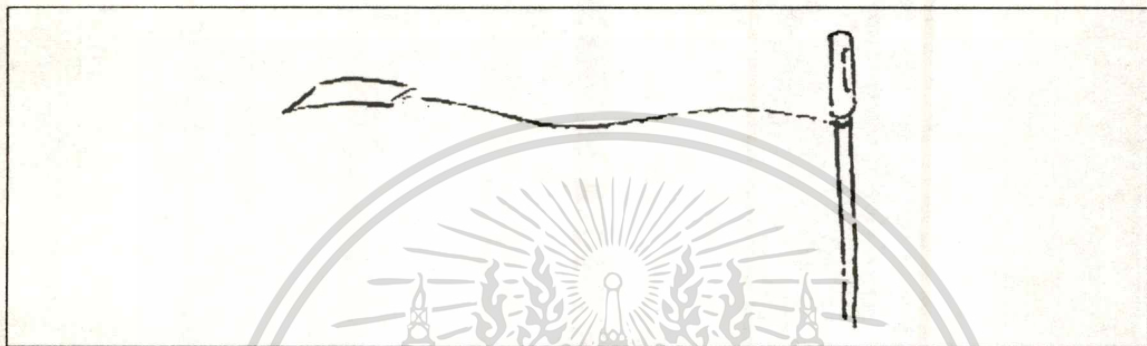
เริ่มจาก ในทุกๆจุดที่มีกาวัดความเร็วของอากาศภายในปล่อง จะใช้ ใช้ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ตัวเดียวกันวัดความเร็วของลม ก่อน 1 ครั้ง (ตามทิศทางของเชือกที่ผูกกับปลายไม้) แล้วจึงวัดความเร็วของลมภายในปล่องอีก 10 ครั้ง

จากวิธีการดังกล่าวยังพบปัญหาอีกว่า เกิดการหน่วงเวลา ระหว่างเมื่อวัดความเร็วลมแล้วต้องสอดหัววัดเข้าไปในหน่วยทดสอบซึ่งกินเวลาไปช่วงหนึ่งทำให้ยังไม่ได้ความสัมพันธ์ด้านเวลาของความเร็วลมภายนอกกับความเร็วของอากาศภายในปล่องที่แท้จริง จึงได้นำ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ มาเพิ่มอีกตัวหนึ่งมาใช้ในการวัดความเร็วลมภายนอกไปพร้อมๆกับวัดความเร็วลมภายในปล่อง โดยจะวัดจุดละ 3 ครั้งทั้งภายในและภายนอก โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีย่อยคือ วัดพร้อมๆกันทั้งภายในและภายนอก และ วัดภายในให้ช้ากว่าภายนอก 1 วินาที เพราะจากการสังเกตพบว่าเมื่อลมพัดแล้วจะใช้เวลาอยู่ช่วงเวลาหนึ่งจึงมีผลกระทบต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง (สาเหตุที่ไม่จำเป็นที่จะต้องวัดถึง 10 ครั้ง เนื่องจากสามารถวัดได้พร้อมกันแล้ว)

ต่อมาพบปัญหาว่า เครื่อง ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ตัวหนึ่งเสีย(อ่านค่าได้สูงเกินกว่าปกติ) จึงต้องใช้ เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด(Vane Anemometer) แทน ซึ่งเครื่องนี้จะวัดความเร็วลมต่ำๆ ไม่ได้ (อย่างน้อย 0.4 ม/วินาที) และสามารถวัดได้ที่ละ 1 ครั้ง จึงวัดความเร็วลมภายนอกได้เพียง 1 ครั้ง แต่วัดความเร็วภายในปล่องยังคงวัดได้ 3 ครั้ง โดยในช่วงแรกจะวัดให้ช้ากว่าความเร็วลมภายนอก 1 วินาที หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น วัดทั้งหมด 4 ครั้งโดยวัดพร้อมๆกับความเร็วลมภายนอก 1 ครั้ง และ ช้ากว่า อีก 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

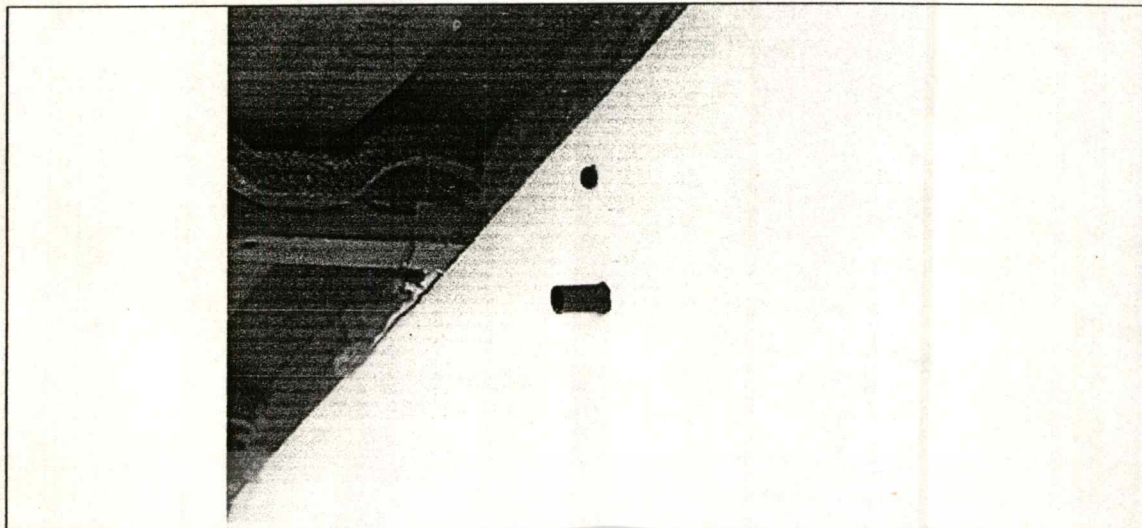
จากการสังเกตยังพบปัญหาว่า ทิศทางของลมที่เครื่องวัดทิศทางกับทิศทางของลม ณ หน่วยทดสอบนั้นไม่เหมือนกันแม้ในเวลาเดียวกัน จึงแก้ปัญหาด้วยการนำด้ายผูกกับปลายหัววัดความเร็วลม ทำให้ทราบทิศทางของลม ณ จุดที่วัดความเร็วจริงๆ อย่างไรก็ตามการใช้ด้ายหรือเชือกในการบอกทิศลมนั้นยังต้องอาศัยลมที่มีความเร็วในระดับหนึ่งดังเคยกล่าวมาแล้ว จึงแก้ปัญหาด้วยการนำแผ่นโฟมบางๆ เล็กติดเข้ากับปลายด้ายหรือปลายเชือก ซึ่งได้ผลดี สามารถบอกทิศทางของลมแม้ในความเร็วต่ำได้



ภาพที่ 3.17 แสดงการแก้ปัญหาหากการวัดทิศทางลม ณ หน่วยทดสอบ

ต่อมาสามารถยืม ใช้ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ได้เพิ่มอีก 1 เครื่องสำหรับวัดลมในสภาพแวดล้อมแทนเครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด(Vane Anemometer)แต่ก็ยังบันทึกข้อมูลได้ที่ละ 1 ครั้ง เช่นเดียวกับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด(Vane Anemometer) จึงใช้วิธี จําการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วจดลงสมุดทันที แต่หลังจากใช้งานไป 5 วันก็มี เครื่องมีปัญหาการอ่านค่าได้มากเกินไปผิดปกติเช่นเดียวกับ เครื่องแรกที่เคยเสียไป จึงกลับไปใช้ เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด(Vane Anemometer)เช่นเดิม

อย่างไรก็ดี เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด(Vane Anemometer)เองก็มีข้อจำกัดที่พบในตอนหลังคือ ค่าที่อ่านได้นั้นจะช้า ในขณะที่ลมมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว แต่ค่าที่อ่านยังไม่มี การเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้น การที่หัวอ่านเป็นใบพัดจึงมีแรงเฉื่อยที่เมื่อลมหยุดพัดแล้วแต่ใบพัดก็ยังหมุนอยู่ จึงมีค่าความเร็วลมปรากฏอยู่ทั้งที่ไม่มีลมพัด อย่างไรก็ตามก็มีข้อดีในแง่ของความทนทานกว่า เครื่องวัดความเร็วลมแบบ ฮอตไวร์แอนเนโมมิเตอร์ ซึ่งมีความบอบบางมาก ในระหว่างการใช้ต้องให้ความระมัดระวัง โดยเฉพาะที่หัวอ่าน ถ้าต้องสอดหัวอ่านผ่านเส้นใยฉนวนความร้อนควรนำท่อมาใส่ให้กับรูที่จะสอดก่อนเพื่อป้องกันหัวอ่านไปกระทบกับเส้นใยหรือวัตถุอื่น



ภาพที่ 3.18 แสดงการใส่ท่อเพื่อป้องกันหัวฮอตไวร์แอนเนมิเตอร์

สามารถสรุปเป็นตารางของวิธีการวัดแบบต่างๆตามเวลาได้ดังนี้

ตารางที่ 3.15 สรุปลำดับและช่วงเวลาของการวิธีการวัดแต่ละแบบ

ระยะเวลา	การวัด ลม ในสภาพแวดล้อม		การวัดความเร็วการไหลของอากาศภายในปล่อง
	การวัดทิศทาง	การวัดความเร็ว	
1 วัน	วัดจาก ทรีคัพแอนเนมิเตอร์ จะได้ทิศอย่างละเอียด แต่วัดเฉพาะ Cell แรก ครั้งเดียว	วัด 1 ครั้ง ก่อนวัดความเร็วภายในปล่องทุกจุด	วัด 10 ครั้งต่อ 1 จุด
1/2 วัน	ใช้เชือกผูกกับไม้ แล้วสังเกตทิศทางของลม ไม่ละเอียดเท่าแบบแรก แต่สามารถมองเห็นได้จากระยะไกล ทำให้สามารถวัดทิศทางได้ทุกจุดที่วัดความเร็วลม	“—————”	“—————”
2 ชม.	“—————”	วัด 3 ครั้ง ต่อ 1 จุด โดยวัดพร้อมๆกับความเร็วภายในปล่อง (ยืม ฮอต ไวร์ แอนเนมิเตอร์ ได้เพิ่มอีก 1 ตัว)	- วัด 3 ครั้ง ต่อ 1 จุด พร้อมๆกับความเร็วลม - ต่อมา วัดให้ ช้ากว่า จากความเร็วลม 1 วินาที (ต่อมา Hot Wireที่ใช้วัดความเร็วภายในปล่องเริ่มเสีย โดยอ่านค่าได้สูงเกินปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการเผยแพร่โดยไม่แจ้งชื่อเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 สรุปลำดับและช่วงเวลาของการวัดแต่ละแบบ(ต่อ)

ระยะเวลา	การวัด ลม ในสภาพแวดล้อม		การวัดความเร็วการไหลของอากาศภายในปล่อง
	การวัดทิศทาง	การวัดความเร็ว	
-9 วัน	<p>“-----”</p> <p>- เนื่องจากทิศทางของลมที่ เซลล์ไม่เหมือนกับในทิศของลมที่เครื่องวัด จึงนำค่ามาผูกที่ เวน แอนเนโมมิเตอร์ ทำให้ได้ ทิศทางและความเร็วลมในจุดที่วัดอย่างแท้จริง แต่พบว่าการใช้เชือกหรือเครื่องอ่านทิศของ ทรีคัพ แอนเนโมมิเตอร์ ต้องอาศัยแรงลมระดับหนึ่ง จึงบอกทิศทางได้ จึงนำแผ่นโฟมบางๆ ติดที่ปลายเชือก พบว่าได้ผลดีมาก สามารถบอกทิศทางของลมในความเร็วต่ำได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ไม่สามารถบอกทิศทางอย่างละเอียดได้</p>	<p>เนื่องจาก ฮอต ไวร์ แอนเนโมมิเตอร์ เสีย จึงเปลี่ยนเครื่องวัดเป็น เวน แอนเนโมมิเตอร์ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้ครั้งละ 1 ค่า จึงวัด 1 ครั้งต่อ 1 จุด</p>	<p>- ยังคงวัด 3 ครั้งต่อจุด โดย ช้ากว่าการวัดความเร็วลม 1 วินาทีเช่นกัน</p> <p>- ต่อมาวัด 4 ครั้งต่อจุด โดย วัดพร้อมกับความเร็วลม 1 จุด และช้ากว่า อีก 3 จุด</p>
5 วัน	<p>“-----”</p>	<p>สามารถยืม Hot Wire มาได้อีก 1 ตัว แต่บันทึกค่าได้ที่ละ 1 ค่าจึงใช้วิธีจำการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมขณะวัดความเร็วภายในปล่องแล้วบันทึกลงสมุดเลย (วันที่ 3 ม.ค. เริ่มเสีย โดยอ่านค่าได้มากกว่าปกติ จึงกลับไปใช้แบบ Vane เช่นเดิม)</p>	<p>“-----”</p>

ปัญหาอีกด้านที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้คือลมที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นพัดในทิศทางที่เป็น 3 มิติ แต่ตัววัดนั้นวัดได้เพียง 2 มิติ ซึ่งอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เก็บได้กับความ เป็นจริง

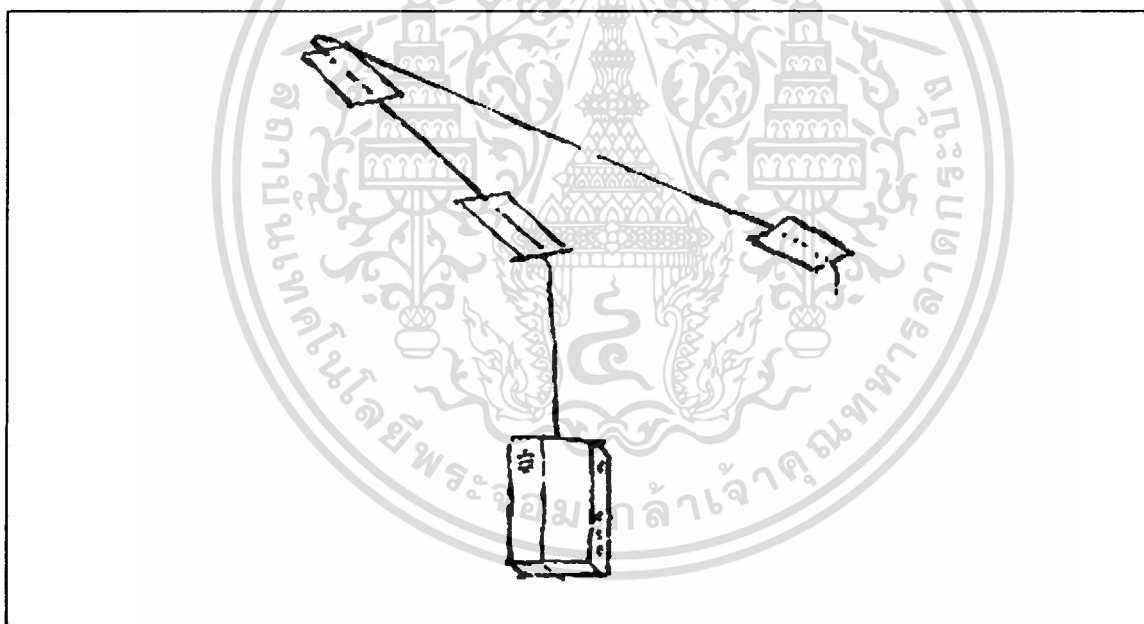
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ปัญหาด้านเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรอื่น ๆ

3.6.2.1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ(Temperature Datalogger : Hobo)

ในการวัดอุณหภูมิของอากาศในหลายตำแหน่ง จำเป็นต้องติดตั้ง โฮโบ ด้วยการใช้ด้ายผูก แล้วแขวนไว้ให้ลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งถ้าแขวนในที่ที่มีอุณหภูมิปกติก็สามารถใช้เทปผ้า(Duct Tape) ติดด้ายกับฝาเพดานได้ แต่ถ้าอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงแล้ว กาวของเทปผ้า(Duct Tape) จะเริ่มเสื่อม ไม่สามารถยึด เครื่องบันทึกอุณหภูมิ(Temperature Datalogger : Hobo)ไว้ได้ ทำให้ตำแหน่งที่ตั้ง วัคคลาดเคลื่อนไป ซึ่งปัญหานี้เกิดขึ้นในขณะที่ทดลองวัดอุณหภูมิภายในปล่องซึ่งทดลองมาเป็น เวลา 7 วันแล้ว จึงต้องติดตั้งใหม่และทำการทดลองได้อีก 2 วันตามระยะเวลาการยืมเครื่องมือที่มี เหลืออยู่

วิธีการในการติดตั้งใหม่นั้นควรเปลี่ยนจากเทปผ้าเป็นเทปย่น (Masking Tape) เนื่องจากกาว จะไม่เสื่อมเมื่อโดนความร้อน ส่วนการยึดด้ายกับเทปกาวนั้นการแก้ปัญหาทางหนึ่งคือ ยึด 1 จุดแล้ว หักมุกกลับมายึดอีก 1 จุด เพื่อป้องกันด้ายเคลื่อนในลักษณะรูดลง ตามรูป



ภาพที่ 3.19 แสดงวิธีการติดเทปที่ป้องกันเครื่องบันทึกอุณหภูมिरูดลง

ส่วนปัญหาด้านควมคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าของหัวอ่านแต่ละตัว สามารถแก้ไขได้โดยก่อน การวัดจริง ให้นำหัวอ่านทุกตัววัดอุณหภูมิที่จุดเดียวกับ ให้ได้อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด จากนั้นนำ ค่าที่บันทึกมาหาค่าเฉลี่ยของหัววัดแต่ละตัว แล้วหาว่าแต่ละหัววัดต่างจากค่าเฉลี่ยไปเท่าใด เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณกับค่าที่บันทึกมาจากการทดลองของหัววัดแต่ละหัว เพื่อจะได้เปรียบเทียบ อุณหภูมิในแต่ละจุดได้อย่างถูกต้องขึ้น ปัญหานี้ยังไม่ถูกค้นพบจนกระทั่งการทดลองในชุดสุดท้าย จึงได้รับการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.2 การอ่านค่าอุณหภูมิจาก ฮอตไวร์แอนเนอไมเตอร์

การอ่านค่าอุณหภูมิต้องให้หัวอ่านอยู่ในสภาวะนั้นนานพอสมควร ซึ่งในการปฏิบัติจริงไม่สามารถทำได้เนื่องจากต้องวัดแต่ละหน่วยทดลองอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ความสอดคล้องกันของเวลา และจากผลดังกล่าวทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ไม่น่าเชื่อถือ เพราะอุณหภูมียังขึ้นไม่ถึงจุด ก็ต้องดึงหัวอ่านออกมาแล้ว และสิ่งที่ตามมาคืออุณหภูมิที่วัดได้จะค่อยๆสูงขึ้นจนถึงหน่วยทดสอบตัวสุดท้าย ดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาด้วยการใช้หัววัดอุณหภูมิแบบ (Thermocouple) ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ(Temperature Data Logger : Hobo) เป็นตัววัดอุณหภูมิภายในปล่องแทน

3.7 ข้อจำกัดในการวิจัยด้านสภาพแวดล้อม

อย่างไรก็ดีในการวิจัยนี้เป็นโครงการภายในระยะเวลา 4 เดือน นับตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวดังนั้นจึงกำหนดกรอบการวิจัยในการศึกษาผลของระบบหลังคาแสงอาทิตย์ในช่วงที่มีท้องฟ้าใส เพื่อให้หลังคาได้รับรังสีเต็มที่ โดยแม้ว่าอุณหภูมิในอากาศก็จะต่ำกว่าในช่วงอื่น แต่ในช่วงเวลากลางวันก็ยังสูงเลยขอบเขตภาวะความสบายอยู่ดี

3.8 กระบวนการวิเคราะห์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงภาพรวมกระบวนการในการวิเคราะห์เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจในบทต่อไปที่จะอธิบายถึงวิธีการในการสรุปข้อมูลโดยละเอียดและผลการสรุปที่ได้ โดยวิธีการในการจัดการกับข้อมูลเหล่านั้นแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่คือ การสรุปข้อมูล (บทที่ 4) และ การวิเคราะห์ผลสรุปของข้อมูล (บทที่ 5) โดยในแต่ละขั้นตอนมีกระบวนการดังนี้

3.8.1 การสรุปข้อมูล

การสรุปข้อมูลนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อมูลด้านอุณหภูมิ และ ส่วนข้อมูลด้านความเร็วลมและอัตราการระเหยอากาศ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของข้อมูลได้ในบทที่ 4 แต่ก่อนจะทำการสรุปข้อมูลทั้ง 2 ส่วน นั้นเป็นการทดสอบความแปรปรวนของสภาพอากาศในช่วงเวลาที่ทดลองด้วยการ หาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)และช่วงของค่าเฉลี่ยที่จะเกิดขึ้นในประชากรจริง(Confidence Interval) ของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมแต่ละวัน

3.8.1.1 ข้อมูลด้านอุณหภูมิ

การสรุปข้อมูลด้านอุณหภูมิโดยหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุด แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือ

- 1 เฉลี่ยอุณหภูมิแต่ละจุด ณ เวลาเดียวกัน ของหลายๆ วัน ให้เป็น 1 วัน
- 2 แบ่งช่วงเวลาใน 1 วัน ตามช่วงเวลาที่เป็นอุณหภูมิสูงสุด อยู่ 2 ช่วง และอุณหภูมิต่ำอีก 2 ช่วง จึงได้ช่วงเวลา 4 ช่วงดังนี้คือ 8.00น-10.00น, 10.00น-13.00น, 13.00น-16.00น และ 16.00น-17.30น จากนั้นนำอุณหภูมิในช่วงเวลาเดียวกันเฉลี่ยรวมกัน
- 3 ทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ณ จุดที่อยู่อาศัย
- 4 หาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายนอก
- 5 ทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายนอก

3.7.1.2 ข้อมูลด้านความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศ

ในการสรุปข้อมูลในด้านความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศนั้น มี 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ในขั้นแรกนั้นจะต้องหา การหาผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง จากนั้นจึงจะสามารถสรุปข้อมูลด้านข้อมูลในด้านความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากระบบปล่องหลังคาแสงอาทิตย์ที่แท้จริงได้ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีกระบวนการดังนี้

การหาผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง นั้นมีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

- 1 ทำแผนภูมิหาการกระจายของค่าความเร็วของลมในสภาพแวดล้อมและความเร็วของลมภายในปล่องเมื่อปิดระบบปล่องหลังคารังสีอาทิตย์
- 2 นำผลการกระจายที่ได้เข้าสมการถดถอย สรุปเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น ของลมในแต่ละทิศ
- 3 พิจารณารูปแบบของความสัมพันธ์ที่มีลักษณะเดียวกันแล้วจึงสรุปเป็นกลุ่มของทิศทางที่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน
- 4 นำข้อมูลการกระจายของลมในกลุ่มที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันมารวมกัน แล้วหาความสัมพันธ์จากสมการถดถอยอีกครั้ง จึงได้ความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายนอกและความเร็วของอากาศภายในปล่องของลมในแต่ละกลุ่มทิศทาง

เมื่อได้ผลกระทบของลมภายนอกที่มีต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องแล้วจึงสามารถวิเคราะห์สรุปผลของความเร็วอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ได้ ดังนี้

1 พิจารณาหารูปแบบของกลุ่มทิศทางลมในสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง ตามช่วงเวลา
ที่แบ่งไว้เป็น 4 ช่วง

2 สรุปข้อมูลด้านความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของความเร็ว ใน
แต่ละจุดเวลาของหลายๆ วันเป็น 1 วัน แล้วเฉลี่ยรวมกันเป็น 4 ช่วงเวลา(เช่นเดียวกับการสรุปข้อ
มูลด้านอุณหภูมิ) และทำในทำนองเดียวกันกับการสรุปข้อมูลด้านลมในสภาพแวดล้อม

3 หาค่าเฉลี่ยของความเร็วลมในสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลาทั้ง 4 ช่วง

4 นำค่าเฉลี่ยความเร็วลมในสภาพแวดล้อมที่ได้ ไปหาผลกระทบต่อความเร็วลมภายในปล่อง
จากแผนภูมิความสัมพันธ์ที่หาไว้

5 นำผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องที่ได้ หักออกจากผลการ
ของความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้ จึงได้ผลสรุปของความเร็วอากาศภายในปล่องที่เกิด
จากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริง

6 นำความเร็วอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงที่ได้คูณ
กับพื้นที่หน้าตัดของปล่อง จึงทำให้ได้ผลของอัตราการถ่ายเทอากาศของระบบหลังคาแต่ละแบบ
ในที่สุด

7 หาค่าความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศ

3.8.2 การวิเคราะห์ผลสรุปของข้อมูล

หลังจากที่ได้มีการสรุปข้อมูลแล้วจะนำผลการสรุปดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการ
วิจัยที่ได้ตั้งไว้ โดยจะวิเคราะห์ตามลำดับคำถามการวิจัยทีละข้อ โดยในแต่ละข้อจะมีกระบวนการ
วิเคราะห์ดังนี้ (ดูผลการวิเคราะห์ได้ในบทที่ 5)

- 1 เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย
- 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง หากระบบหลังคาที่ทำให้อุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่า
- 3 พิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายใน ณ จุดที่อยู่อาศัยกับอัตราการระบายอากาศที่
เกิดขึ้น
- 4 วิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนกันภายในหน่วยทดสอบ
- 5 พิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกต่ออัตราการระบาย
อากาศที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิภายในปล่องในจุดต่างๆ

7 เปรียบเทียบค่าสำหรับประสิทธิภาพความสัมพันธ์ของอัตราภาระบายอากาศ ต่อตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ พื้นที่หน้าตัด ความสูงของปล่อง และ ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ตามรูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

8 สรุปประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบที่ควรใช้

จากระเบียบวิธีการทั้งหมดตั้งแต่ การแปลงตัวแปรแนวความคิดให้เป็นตัวแปรปฏิบัติการ ซึ่งนำมาสู่การสร้างหน่วยทดสอบ และกำหนดถึงขั้นตอนของการดำเนินการทดลอง ตลอดจนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง จนจบท้ายด้วยการวางแผนการประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะประกอบไปด้วยการสรุปข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในบทต่อจากนี้จะเป็นผลที่ได้จากการสรุปข้อมูลตามกระบวนการของการสรุปข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นส่วนของการสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งจะกล่าวถึงกระบวนการสรุปโดยละเอียดพร้อมผลการสรุปข้อมูลดังกล่าว โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลักคือข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่องและการอัตราการระบายนอกอากาศ อีกส่วนคือข้อมูลด้านอุณหภูมิ หลังจากที่ได้ผลการสรุปข้อมูลในบทนี้แล้ว ก็จะนำผลการสรุปดังกล่าวไปเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ผลการวิจัยตามคำถามการวิจัยในบทต่อไป

แต่ก่อนจะกล่าวถึงผลของการวิจัยทั้ง 2 ด้านที่กล่าวมา จะขอกล่าวถึงความน่าเชื่อถือของการสุ่มวันในการทดลองเพื่อใช้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นตัวแทนในการอ้างอิงถึงสภาพแวดล้อมของฤดูนั้นๆ เนื่องจากการทดลองนั้นทำการเก็บข้อมูลถึง 3 ช่วง (เก็บข้อมูลภายในหน่วยทดสอบ, เก็บข้อมูลภายในปล่อง, เก็บข้อมูลภายในปล่องเพิ่มเติม) ในระยะเวลา 13 วัน ดังนั้นความคงที่หรือสม่ำเสมอของสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ช่วงร่วมกันซึ่งสามารถทดสอบความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard of Deviation) ของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมของแต่ละวันที่ทำการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาได้จากพิสัยของค่าเฉลี่ยในระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และเมื่อทำการทดสอบแล้วจึงได้ผลดังนี้

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้งวันในแต่ละวันนั้นเท่ากับ 31.61071 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard of Deviation) อยู่ที่ 1.924049 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันนั้นจะต่างจากค่าเฉลี่ย (31.61071) อยู่ประมาณ 1.92 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าไม่มาก และมีพิสัยของค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.110913 องศาเซลเซียส ดังนั้นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่ได้จากการสุ่มจากประชากรในแต่ละครั้งจะอยู่ระหว่างช่วงอุณหภูมิที่ห่างกันไม่มาก คือช่วง 30.4998 - 32.72163 องศาเซลเซียส

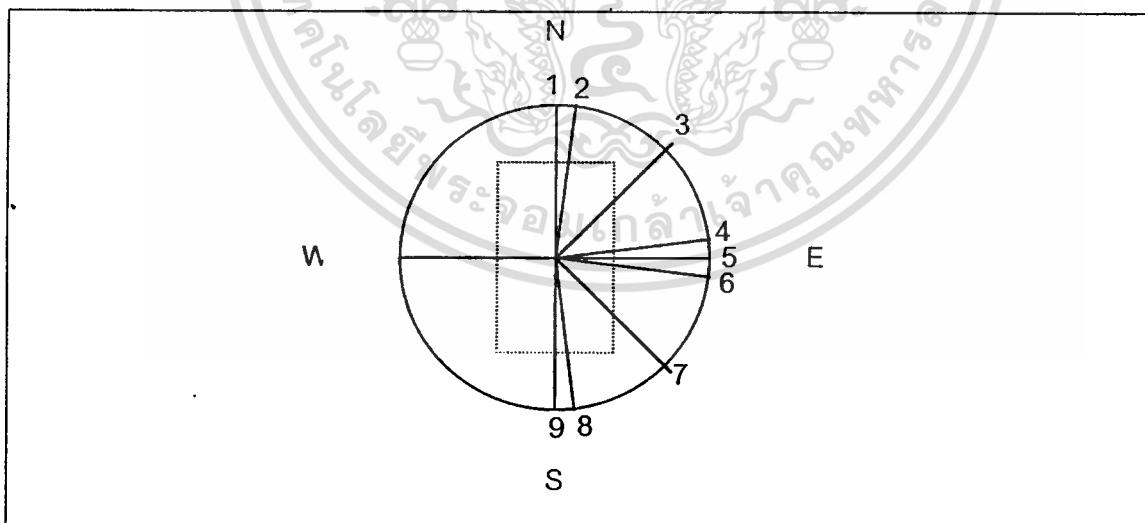
จึงเห็นได้ว่า อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมของช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้นมีความแปรปรวนไม่มากนักจึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของช่วงเวลาในฤดูนี้ได้

4.1 ข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่องและอัตราการระบายอากาศ

ดังที่กล่าวไปแล้วว่าในการหาความเร็วและอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์นั้นต้องทราบถึงผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องก่อนจึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงได้ เนื่องจากค่าความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้นั้นเป็นค่าที่เกิดจากผลรวมของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์และผลกระทบจากลมในสภาพแวดล้อม และเมื่อทราบความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แล้วจึงสามารถทราบถึงอัตราการระบายอากาศในแต่ละปล่องได้จากความสัมพันธ์ของความเร็วลมและพื้นที่หน้าตัดของปล่องนั้น(หัวข้อ 3.1)

4.1.1 การหาผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อม

จากวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อหาผลกระทบของลม(หัวข้อ 3.5.3)ที่ได้กล่าวถึงที่มาของการแบ่งปล่องออกเป็น 3 รูปแบบ รูปแบบแรกได้แก่ กลุ่มของหน่วยทดสอบที่ 1-5 ซึ่งใช้หน่วยทดสอบที่ 3 เป็นตัวแทน รูปแบบที่ 2 คือปล่องบนของหน่วยทดสอบที่ 6 และรูปแบบที่ 3 คือปล่องล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 และนอกจากนั้นยังได้จำแนกทิศทางออกเป็น 9 ทิศทาง ตั้งแต่ลมที่มาจากทางทิศเหนือ(ทิศทางที่ 1)จนกระทั่งลมที่มาจากทางทิศใต้(ทิศทางที่ 9) ดังรูป 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงการให้นิยามของทิศลมเมื่อหันหน่วยทดสอบไปทางทิศได้

จากการจำแนกดังกล่าวนำมาสู่การเก็บข้อมูลของลมในสภาพแวดล้อมและลมภายในปล่องของปล่องทั้ง 3 รูปแบบในลมแต่ละทิศทาง แล้วจึงนำข้อมูลของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายใน

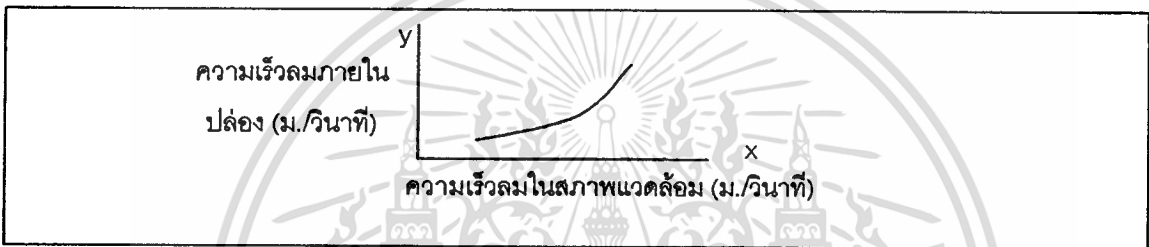
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่องมาหาความสัมพันธ์ต่อกัน โดยทำเป็นแผนภูมิแสดงการกระจายที่เกิดขึ้นโดยให้แกน X แสดงค่าความเร็วลมในสภาพแวดล้อม แกน Y แสดงค่าความเร็วลมภายในปล่อง หลังจากนั้นก็สามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 โดยอาศัยการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งในปล่องแต่ละรูปแบบได้ผลในแต่ละทิศทางดังนี้

4.1.1.1 ปล่องรูปแบบที่ 1 (ใช้หน่วยทดสอบที่ 3 เป็นตัวแทน)

ผลที่ได้พบว่า สามารถจำแนกความสัมพันธ์ออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 คือลมที่พัดมาในทิศที่เข้ามาทางด้านหลังของหน่วยทดสอบ คือในทิศเหนือถึงทิศตะวันออกเฉียง(ทิศที่ 1 จนถึง ทิศที่ 5) จะมีเส้นความสัมพันธ์ในลักษณะในลักษณะเดียวกันดังรูป



ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือถึงทิศตะวันออกเฉียง (ทิศที่ 1 จนถึง ทิศที่ 5)

ดังเห็นได้จากผลของความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมแต่ละลมภายในปล่อง ของหน่วยทดสอบทดสอบที่ 3 ในทิศที่ 1 ถึง 5 มีดังนี้

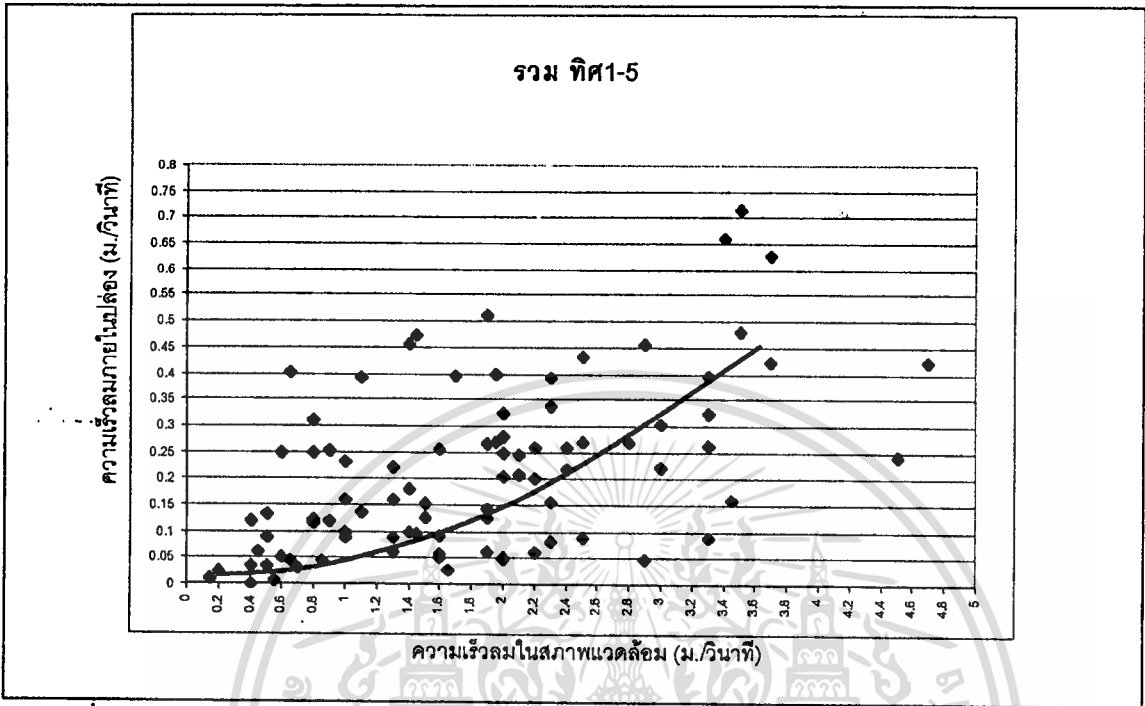
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่อง ในทิศที่ 1-5

ทิศที่ 1	ทิศที่ 2	ทิศที่ 3

แปลนภาควิชาให้มาใช้ประโยชน์ด้วยการค้า

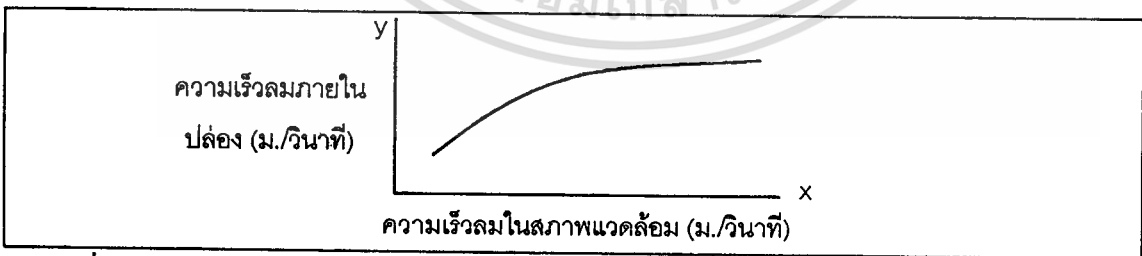
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันดังกล่าวจึงสามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์รวมของทิศที่ 1-5 ด้วยการรวมข้อมูลเข้าด้วยกันแล้วหาความสัมพันธ์เชิงเส้นอีกครั้ง ซึ่งได้ผลดังนี้



ภาพที่ 4.3 แสดงสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องในกลุ่มที่พัฒมาจากทางด้านหลังของหน่วยทดสอบ(ทิศที่ 1-5)

ส่วนกลุ่มที่ 2 คือลมที่พัดมาในทิศที่เข้ามาทางด้านหน้าของหน่วยทดสอบ คือในทิศตะวันออกถึงทิศใต้(ทิศที่ 6 จนถึง ทิศที่ 9) จะมีเส้นความสัมพันธ์เชิงเส้นในลักษณะในลักษณะเดียวกันดังรูป

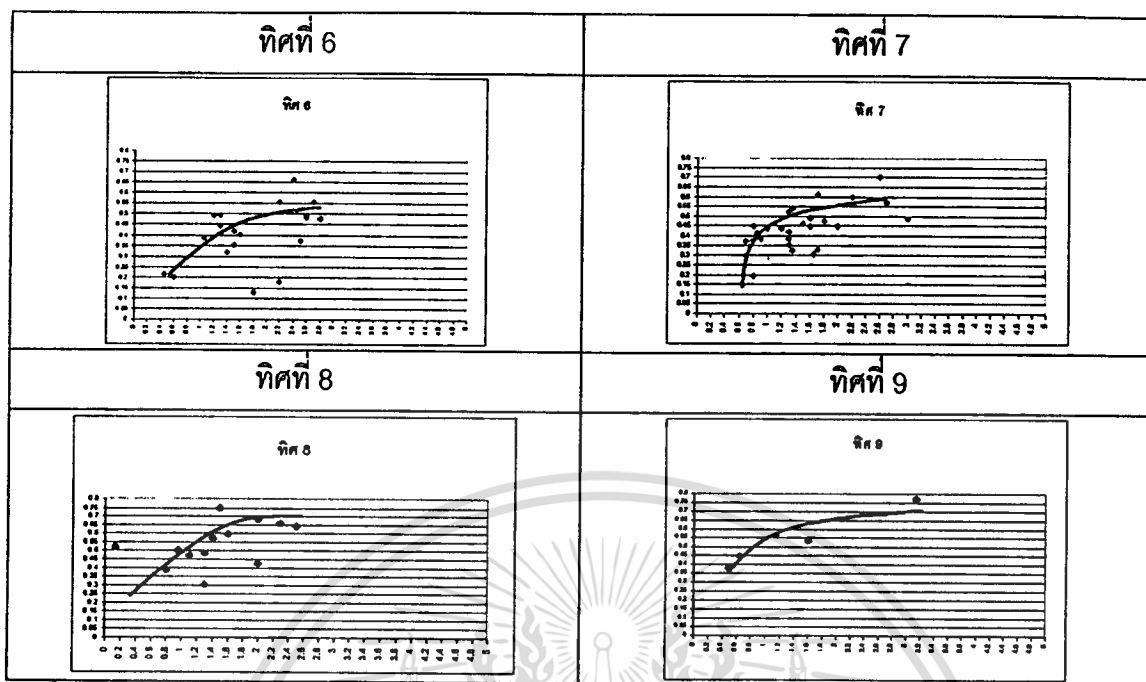


ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นของทิศที่ 6 ถึง ทิศที่ 9

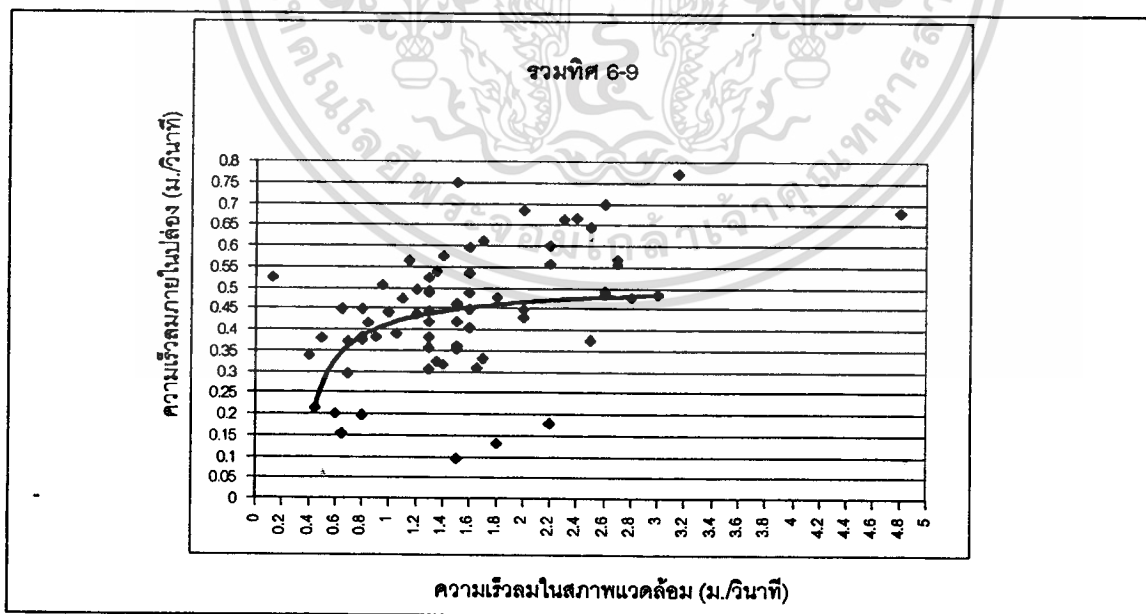
สังเกตเห็นได้จากผลของความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมแต่ลมภายในปล่อง ของหน่วยทดสอบที่ 3 ในทิศที่ 6 ถึง 9 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกอรนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่องในทิศที่ 6-9 .



เช่นเดียวกับกลุ่มที่ผ่านมาก็คือ จากความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันดังกล่าวจึงสามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์รวมของทิศที่ 6-9 ด้วยการรวมข้อมูลเข้าด้วยกันแล้วหาความสัมพันธ์เชิงเส้นอีกครั้ง ซึ่งได้ผลดังนี้



ภาพที่ 4.5 แสดงสัมพันธ์ของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องในกลุ่มที่พัฒนามาจากทางด้านหน้า(ทิศที่ 6-9)

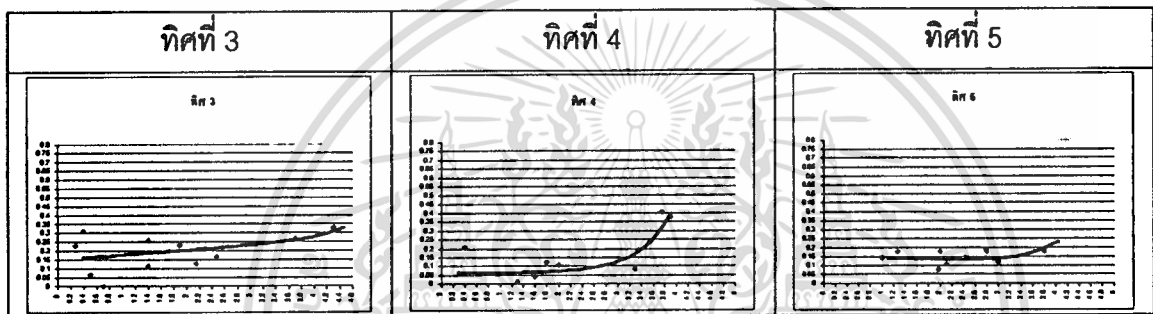
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ส่วนปล่องรูปแบบที่ 2 คือ ปล่องด้านบน ของหน่วยทดสอบที่ 6

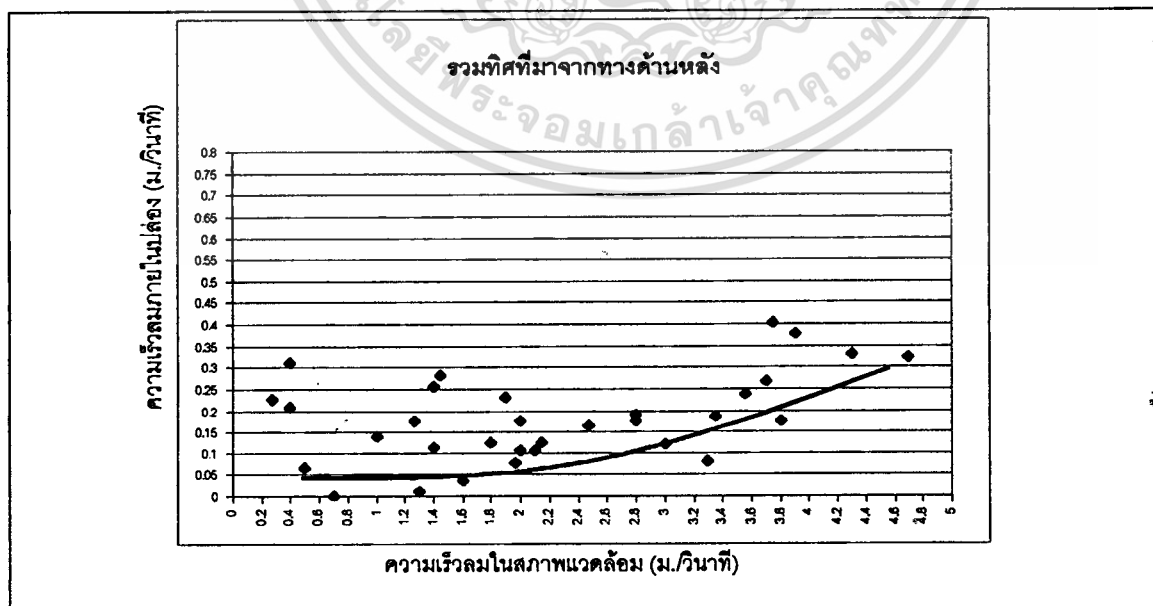
แต่เนื่องจากลมในทิศทางที่ 1, 2 และ 8, 9 นั้นมีปริมาณน้อย ในขณะที่เก็บข้อมูลของหน่วยทดสอบที่ 6 จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลของลมในทิศทางดังกล่าวได้มากพอที่จะหาความสัมพันธ์ได้ แต่อย่างไรก็ดีจากรูปแบบของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในปล่องรูปแบบที่ผ่านมา เปรียบเทียบกับรูปแบบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับปล่องที่ 6 ทั้งชั้นล่างและชั้นบน ยังคงมีกลุ่มของรูปแบบที่เหมือนกัน จึงสามารถแบ่งความสัมพันธ์ออกเป็น 2 กลุ่มได้เช่นเดียวกับปล่องรูปแบบที่ 1 ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มลมที่พัดมาจากทางด้านเหนือถึงตะวันออก(จากด้านหลังของหน่วยทดลอง ทิศที่ 1 ถึง ทิศที่ 5

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 3-5



สามารถสรุปได้เป็น ความสัมพันธ์ของลมที่มาทางจากทางด้านหลัง(ทิศที่ 1-5)ของปล่องด้านบนของหน่วยทดสอบที่ 6 จากผลของกลุ่มทิศทางดังกล่าวที่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันดังนี้



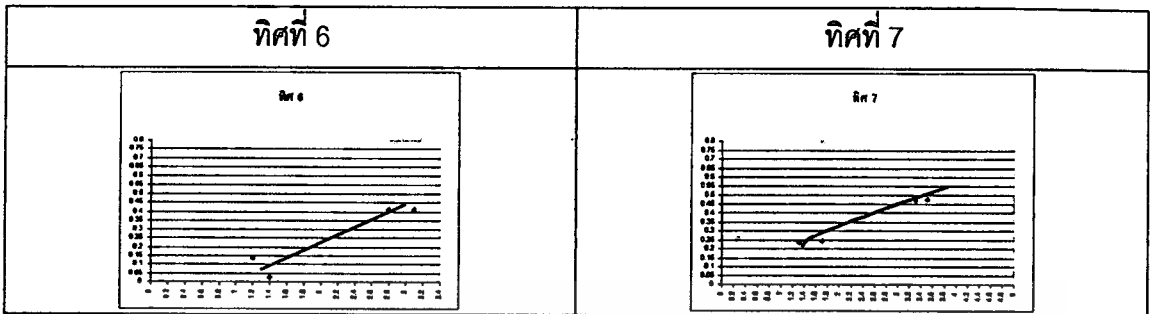
ภาพที่ 4.6 แสดงสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมกับความเร็วมวลภายในปล่องในกลุ่มที่พัด

มาจากทางด้านหลัง

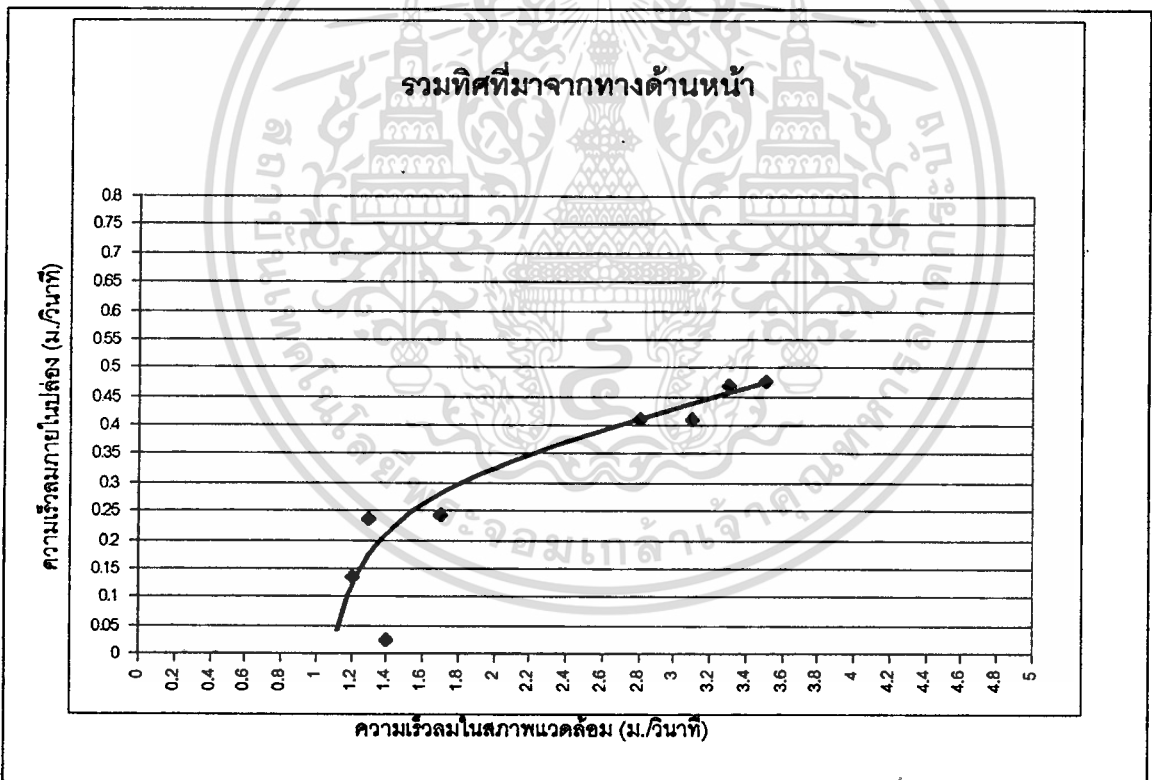
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกลุ่มที่ 2 ที่ลมนมาจากทางด้านหน้าของหน่วยทดสอบ มีความสัมพันธ์ในแต่ละทิศดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 6-7



จากความสัมพันธ์ในแต่ละทิศดังกล่าวสามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์ของลมที่มาจากด้านหน้าหน่วยทดลองที่ 6 ต่อปล่องบนดังนี้

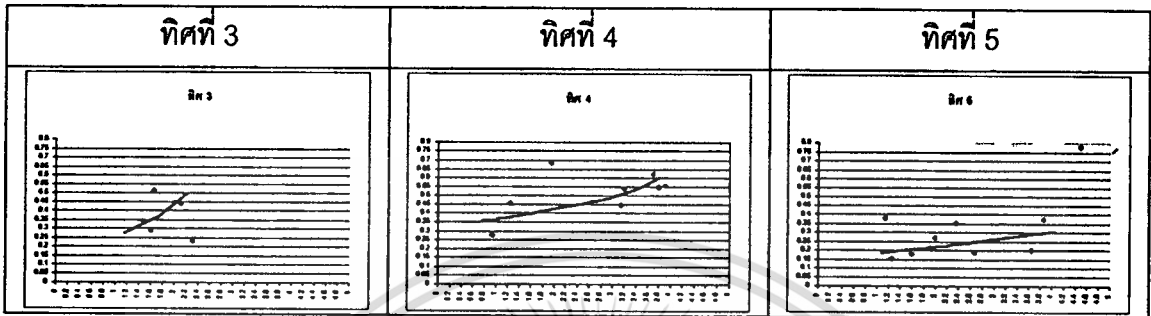


ภาพที่ 4.7 แสดงสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมกับความเร็วลมภายในปล่องในกลุ่มที่พัดมาจากทางด้านหน้า

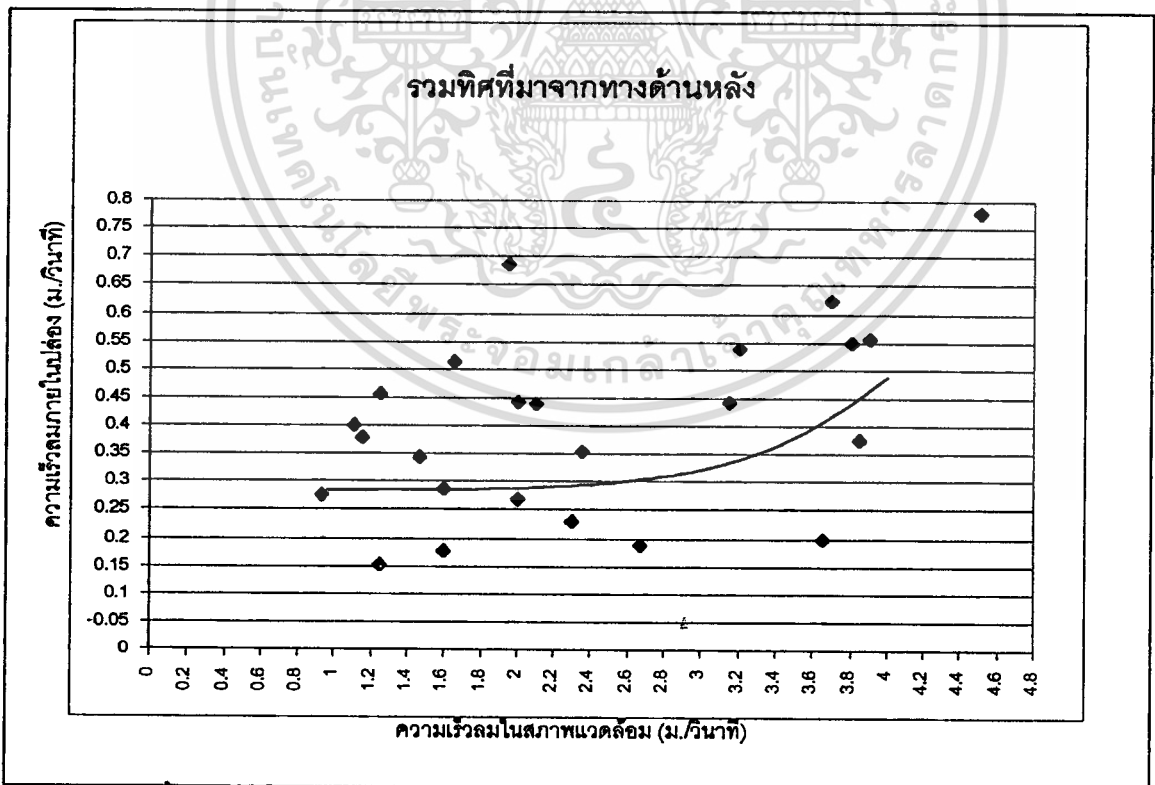
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ปล่องรูปแบบที่ 3 คือ ปล่องด้านล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 ยังคงสามารถแบ่งรูปแบบของความสัมพันธ์ออกได้เป็น 2 กลุ่มซึ่งมีผลดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่ลมมาจากทางด้านหลังของหน่วยทดสอบ(ทิศ1-5)

ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 3-5



จากผลของลมที่มาในแต่ละทิศในกลุ่มเดียวกันสามารถสรุปความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อม ต่อความเร็วลมภายในปล่อง ของปล่องด้านล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 เมื่อลมมาจากทางด้านหลัง(ทิศที่ 1-5)ของหน่วยทดสอบได้เป็น

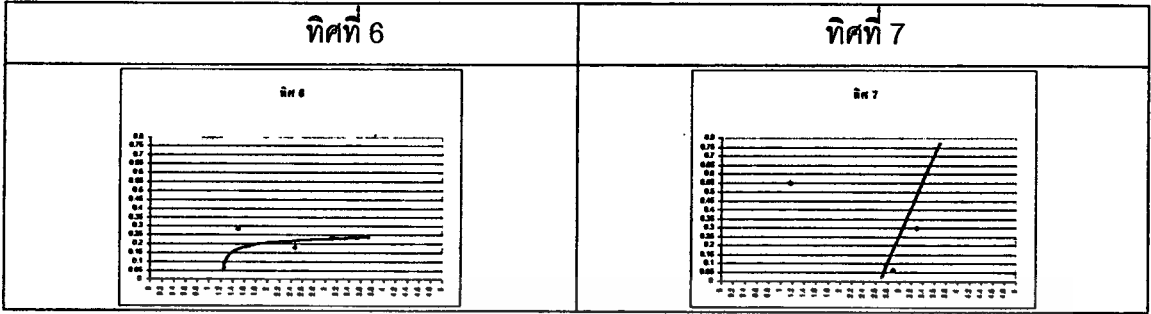


ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องของปล่องด้านล่างของหน่วยทดสอบที่ 6 เมื่อลมมาจากทางด้านหลัง(ทิศ1-5)ของหน่วยทดสอบ

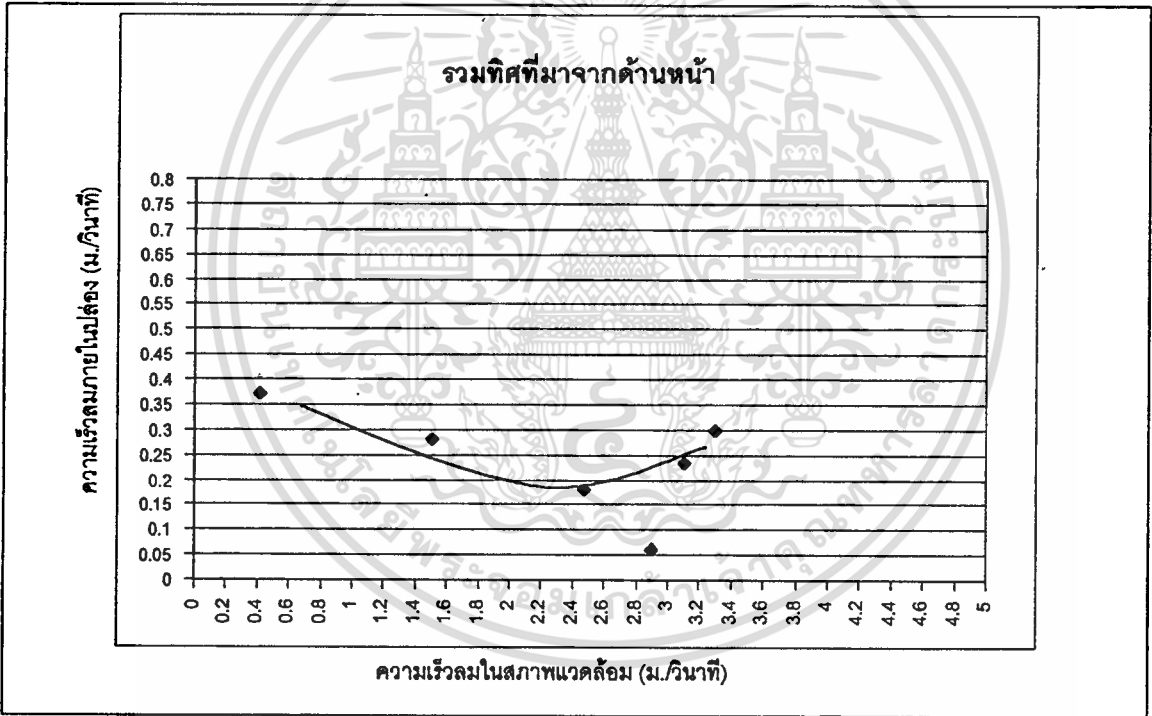
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ลมมาจากทางด้านหน้าของหน่วยทดสอบ(ทิศ6-9) มีผลดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมกับลมภายในปล่องของทิศที่ 6-7



สรุปความสัมพันธ์ในกลุ่มเดียวกันได้ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของลมภายในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องล่างของปล่องด้านล่างของ หน่วยทดสอบที่ 6 เมื่อลมมาจากทางด้านหน้า(ทิศ6-9) ของหน่วยทดสอบ

จากกระบวนการทั้งหมด สามารถสรุปอิทธิพลของลมภายนอกต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องได้เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงที่ไม่มีอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมเข้าไปเกี่ยวข้อง ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 4.7 สรุปอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่อง

หน่วยทดสอบที่ 1-5	หน่วยทดสอบที่ 6 ปล่องบน	หน่วยทดสอบที่ 6 ปล่องล่าง
ลมเข้าด้านหลัง(ทิศ1-5) 	ลมเข้าด้านหลัง(ทิศ1-5) 	ลมเข้าด้านหลัง(ทิศ1-5)
ลมเข้าด้านหน้า(ทิศ6-9) 	ลมเข้าด้านหน้า(ทิศ6-9) 	ลมเข้าด้านหน้า(ทิศ6-9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การหาความเร็วของการอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริง

การหาความเร็วของการอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การหารูปแบบของทิศทางลมใน 1 วัน จากนั้นจึงจัดอิทธิพลของลมในแต่ละทิศตามรูปแบบของทิศใน 1 วัน ออกจากค่าความเร็วลมภายในปล่องที่วัดได้ จึงจะได้ค่าความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริง

ขั้นตอนที่ 1

ในขั้นตอนแรกเริ่มด้วยการหารูปแบบ(Pattem)ของทิศทางของลมในสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในหนึ่งวัน โดยแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 4 ช่วงตามการแบ่งช่วงอุณหภูมิว่าแต่ละช่วงนั้นลมภายนอกมาในทิศใด เพื่อจะได้นำค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้ในแต่ละช่วง มาคำนวณกับความสัมพันธ์ของความเร็วลมในสภาพแวดล้อมกับความเร็วของอากาศภายในปล่องที่ได้หาไว้แล้ว (หัวข้อ 4.1.1 หน้า 73)

จากการสันนิษฐานว่าลมในสภาพแวดล้อมนั้นในแต่ละช่วงของวันจะมีทิศทางที่ต่างกันอย่างเป็นรูปแบบ แต่ผลปรากฏว่ารูปแบบของทิศทางของลมในสภาพแวดล้อมนั้นส่วนใหญ่จะมาในทิศทางกลุ่มเดียวทั้งวันคือเข้ามาทางด้านหลังหน่วยทดสอบ(ทิศ1-5) ส่วนทิศที่มาจากด้านหน้า (ทิศ 6-9) จะมาเพียงประปรายไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ดังนั้นในกรณีวิเคราะห์หาความเร็วของลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาแสงอาทิตย์ที่แท้จริงจึงอาศัยความสัมพันธ์ของความเร็วมในสภาพแวดล้อมกับความเร็วภายในปล่องที่มาในทิศ 1-5 เป็นหลัก

ขั้นตอนที่ 2

ในขั้นตอนต่อมาเป็นการควบคุมอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมออกจากความเร็วลมภายในปล่องที่วัดได้โดย สรุปข้อมูลด้านความเร็วของอากาศภายในปล่องที่วัดได้ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของความเร็ว ในแต่ละจุดเวลาของหลายๆ วันเป็น 1 วัน แล้วเฉลี่ยรวมกันเป็น 4 ช่วงเวลา(เช่นเดียวกับการสรุปข้อมูลด้านอุณหภูมิ) และทำในทำนองเดียวกันกับการสรุปข้อมูลด้านลมในสภาพแวดล้อม จากนั้นนำค่าเฉลี่ยความเร็วลมในสภาพแวดล้อมที่ได้ ไปหาผลกระทบต่อความเร็วลมภายในปล่องจากแผนภูมิความสัมพันธ์ที่ทำไว้ (หัวข้อ 4.1.1) (เหตุที่ต้องใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้เนื่องจาก อิทธิพลของลมภายในสภาพแวดล้อมที่ได้มีการหาความสัมพันธ์ไว้ นั้นจะเป็นค่าที่ได้รับ การเฉลี่ยแล้วจึงไม่สามารถนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้ไปคิดกับข้อมูลดิบของความเร็วของอากาศภายในปล่องโดยตรงได้) เมื่อได้ค่าอิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่องของแต่ละช่วงเวลาแล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปลบออกจากค่าความเร็วลมภายในปล่องที่วัดได้ ก็จะทำให้ได้ค่าความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์อย่างแท้จริง ดังสมการ

$$V_t = V_m - V_o$$

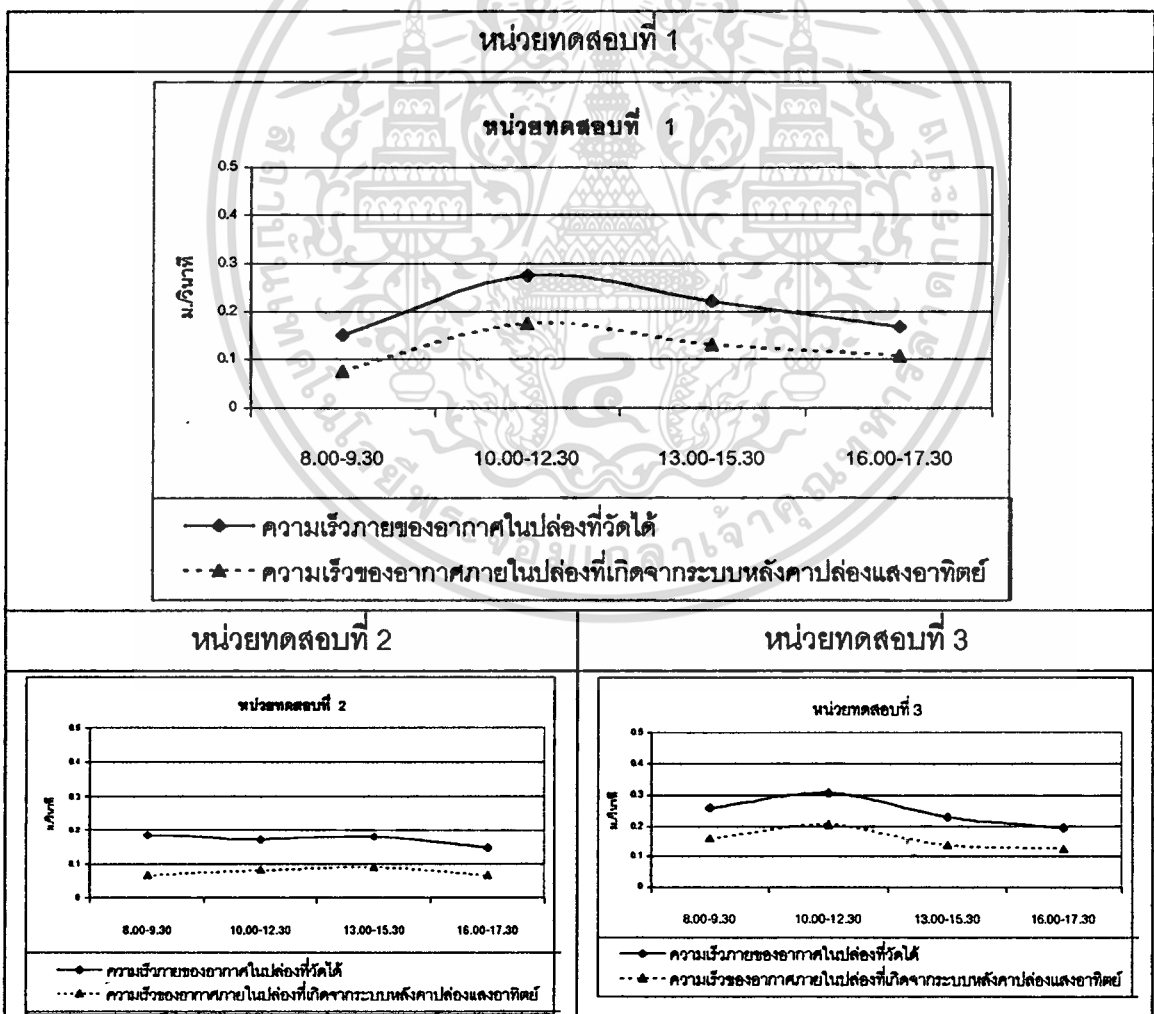
V_t = ความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคา

V_m = ความเร็วลมภายในปล่องที่วัดได้

V_o = อิทธิพลของลมในสภาพแวดล้อมต่อลมภายในปล่อง(ความเร็วลมภายในปล่องที่เกิดจากลมในสภาพแวดล้อม)

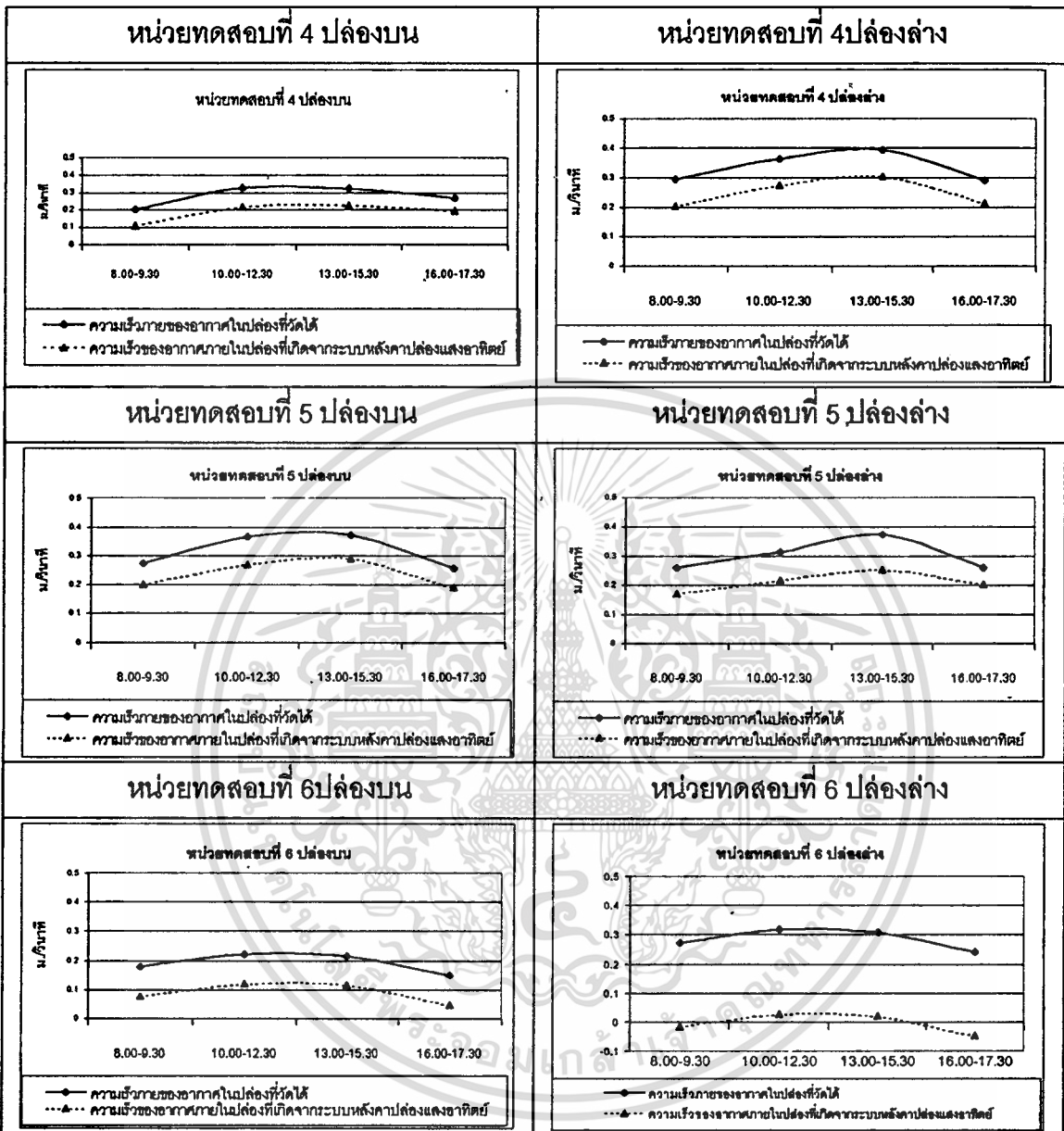
จากกระบวนการข้างต้นได้ผลการคำนวณหาความเร็วของของอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ที่แท้จริง เปรียบเทียบกับความเร็วลมภายในปล่องที่วัดได้ของแต่ละหน่วยทดสอบ ดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงความเร็วที่วัดได้ เปรียบเทียบกับความเร็วที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ของเซลล์ที่ 1-6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงความเร็วที่วัดได้ เปรียบเทียบกับความเร็วที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องแสง
อาทิตย์ของเซลล์ที่ 1-6 (ต่อ)



แม้ว่าข้อมูลด้านความเร็วลมภายในปล่องของแต่ละปล่องที่หามาได้นี้จะไม่ได้ตอบคำถามการวิจัยโดยตรง แต่จะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย ซึ่งอัตราการระบายอากาศนี้เองที่จะใช้ในการตอบคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ในที่สุด

4.1.3 การหาอัตราการระบายอากาศของแต่ละหน่วยทดสอบ

เมื่อทราบความเร็วของอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงแล้ว เราก็สามารถนำมาคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากระบบหลังคานี้ได้ต่อไป โดยการนำความเร็วที่ได้คูณกับพื้นที่หน้าตัดของปล่อง ก็จะได้อัตราการระบายอากาศที่มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = V_f \times A$$

Q = อัตราการระบายอากาศ (ลบ.ม/วินาที)

V_f = ความเร็วของอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบ

หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริง(ม./วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของปล่อง (ตร.ม)

สำหรับหน่วยทดสอบที่มี 2 ปล่องนั้น อัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบนั้นก็จะมีมาจากผลรวมของอัตราการระบายอากาศของแต่ละปล่องรวมกัน ซึ่งอัตราการระบายอากาศแต่ละปล่องก็หาได้จากผลคูณของความเร็วของอากาศในปล่องนั้น กับ พื้นที่หน้าตัดของปล่องนั้น

$$Q = (V_{f1} \times A_1) + (V_{f2} \times A_2)$$

Q = อัตราการระบายอากาศรวม (ลบ.ม/วินาที)

V_{f1} = ความเร็วของอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบ

หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงของปล่องบน(ม./วินาที)

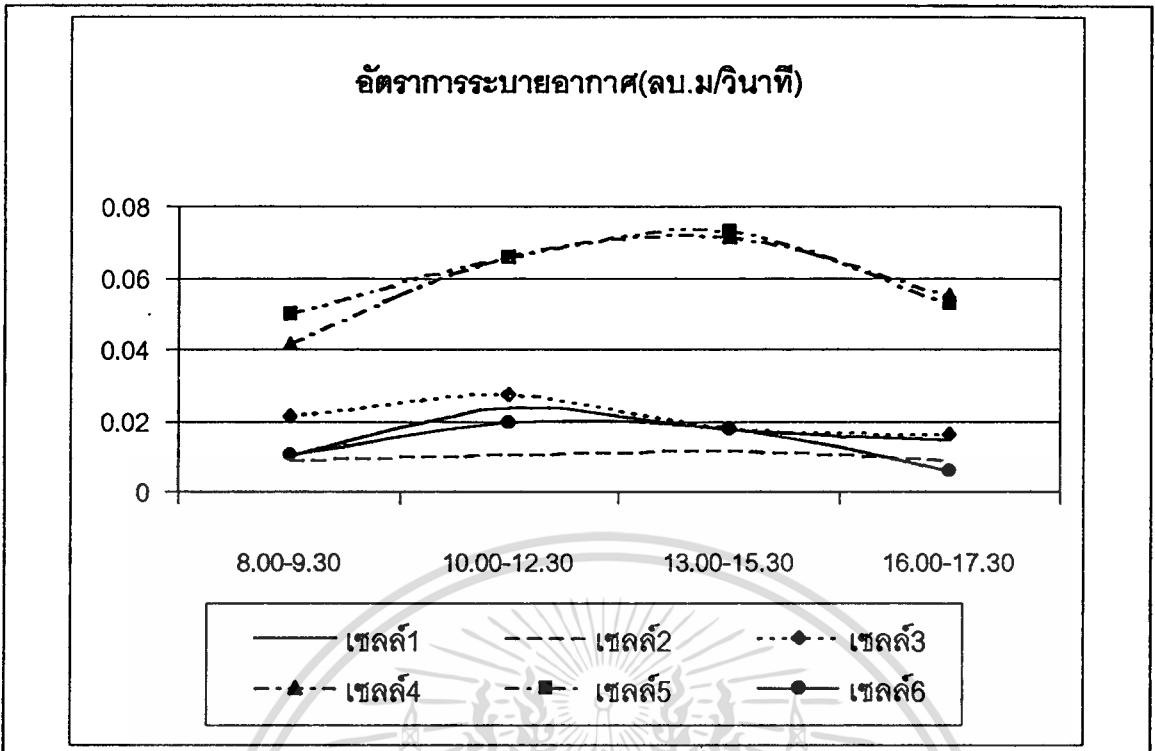
V_{f2} = ความเร็วของอากาศภายในปล่องที่เกิดจากระบบ

หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่แท้จริงของปล่องล่าง(ม./วินาที)

A_1 = พื้นที่หน้าตัดของปล่องของปล่องบน (ตร.ม)

A_2 = พื้นที่หน้าตัดของปล่องของปล่องล่าง (ตร.ม)

จากกระบวนการดังกล่าวจึงได้ผลของอัตราการระบายอากาศในแต่ละหน่วยทดสอบดังนี้



ภาพที่ 4.10 แสดงอัตราการระบายอากาศของเซลล์ต่างๆ

จากอัตราการระบายอากาศดังกล่าวสามารถนำไปตอบคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ ในด้านประสิทธิภาพการระบายอากาศของของแต่ละหน่วยทดสอบดังกล่าวต่อไปในบทที่ 5

4.1.4 การหาค่านัยสำคัญของความแตกต่างของอัตราการระบายอากาศ

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองในบทต่อไปจะใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศในแต่ละหน่วยทดสอบ ดังนั้นในการหาค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งวัน จึงอาศัยสถิติแบบ Pair T-Test เพื่อในการอนุมานประชากร(ในที่นี้คือเวลาอื่นๆทั้งหมด) ว่าค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันนั้น แตกต่างกันอย่างจริงหรือแตกต่างกันเนื่องจากการสุ่มช่วงเวลาในการทดสอบที่ไม่ครอบคลุมโดยจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งวันของหน่วยทดสอบเป็นคู่ๆตามคำถามการวิจัย โดยให้มีระดับความเชื่อมั่นที่ 90% (สาเหตุที่ใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ต่ำกว่า 95% เนื่องจากผลที่ได้นั้นไม่ได้ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใดจึงไม่จำเป็นต้องใช้ระดับความเชื่อมั่นที่สูงมาก)

เมื่อทดสอบแล้วได้ผลว่า แทบทุกคู่ที่ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเซลล์ 4 และเซลล์ 5 ดังตารางที่ 4.9 (แสดงค่าเฉลี่ย) และ 4.10 (แสดงค่านัยสำคัญ)

ตารางที่ 4.9 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย

	อัตราการระบายอากาศ(ลบ.ม./วินาที)					
	เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
8.00น-10.00น	0.0103	0.0089	0.0214	0.0419	0.0498	0.0105
10.00น-13.00น	0.0236	0.0109	0.0278	0.0661	0.0658	0.0195
13.00น-16.00น	0.0177	0.0119	0.0182	0.0714	0.0734	0.0182
16.00น-17.30น	0.0145	0.0088	0.0165	0.0550	0.0530	0.0063

ตารางที่ 4.10 แสดงค่านัยสำคัญด้วยการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศ

	ความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการระบายอากาศ				
	ระหว่างเซลล์1 และ เซลล์2	ระหว่างเซลล์2 และ เซลล์3	ระหว่างเซลล์3 และ เซลล์4	ระหว่างเซลล์4 และ เซลล์5	ระหว่างเซลล์5 และ เซลล์6
ค่านัยสำคัญ	0.070343813*	0.019871378*	0.011022*	0.449242	0.00071544**

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

4.2 ข้อมูลด้านอุณหภูมิ

เริ่มด้วยการสรุปข้อมูลด้านอุณหภูมิในแต่ละจุดที่เก็บมาหลายวันให้เหลือ 1 วัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา จากนั้นจึงหาค่านัยสำคัญของความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดที่อยู่อาศัย ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะนำไปใช้ตอบคำถามการวิจัยในด้านผลกระทบของระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิภายใน ต่อมาจะเป็นการสรุปข้อมูลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลของอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น

4.2.1 การสรุปข้อมูลด้านอุณหภูมิโดยหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุด แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1 เฉลี่ยอุณหภูมิแต่ละจุด ณ เวลาเดียวกัน ของหลายๆ วัน ให้เป็น 1 วัน

2 จากขั้นตอนที่ 1 สามารถพบรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นใน 1 วัน ที่พบว่าเวลาที่มียุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ที่ประมาณ 14.00 ดังนั้นจึงอาศัยจุดดังกล่าวเป็นตัวแบ่งช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่เป็นอุณหภูมิสูงสุด อยู่ 2 ช่วง และอุณหภูมิต่ำอีก 2 ช่วงจึงได้ช่วงเวลา 4 ช่วงดังนี้คือ

8.00น-10.00น, 10.00น-13.00น, 13.00น-16.00น และ 16.00น-17.30น จากนั้นนำอุณภูมิในช่วงเวลาเดียวกันเฉลี่ยรวมกัน ทำให้ได้ข้อมูลด้านอุณหภูมิลรูปเป็น 4 ช่วงเวลาในวัน

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ผลด้านอุณภูมิ ทั้งอุณภูมิภายในหน่วยทดสอบ และอุณภูมิภายในปล่อง โดยจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างหน่วยทดสอบตามตัวแปรของค่าตามการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งการเปรียบเทียบนี้จะเปรียบเทียบในตำแหน่งของการวัดอุณภูมิในจุดเดียวกันแต่ต่างหน่วยทดสอบกัน นอกจากนั้นยังมีการเปรียบเทียบอุณภูมิแต่ละตำแหน่งการวัดในหน่วยทดสอบเดียวกัน เพื่อการอธิบายถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.11 ถึง ตารางที่ 4.18

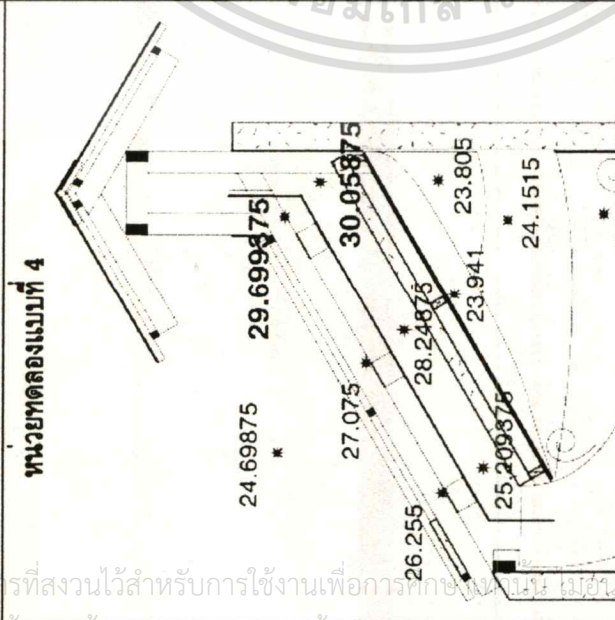
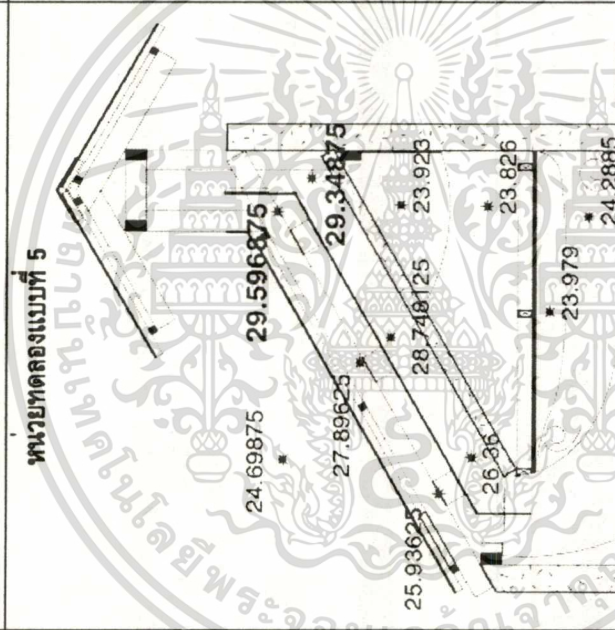
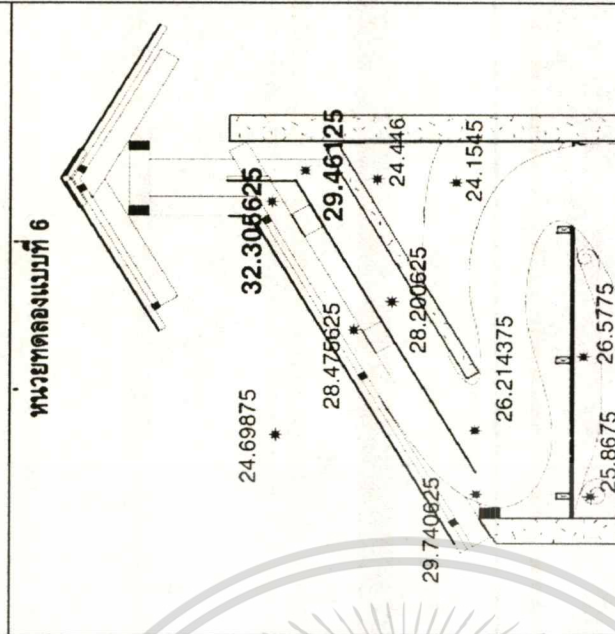


ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 1-3 ช่วง 8.00น-10.00น

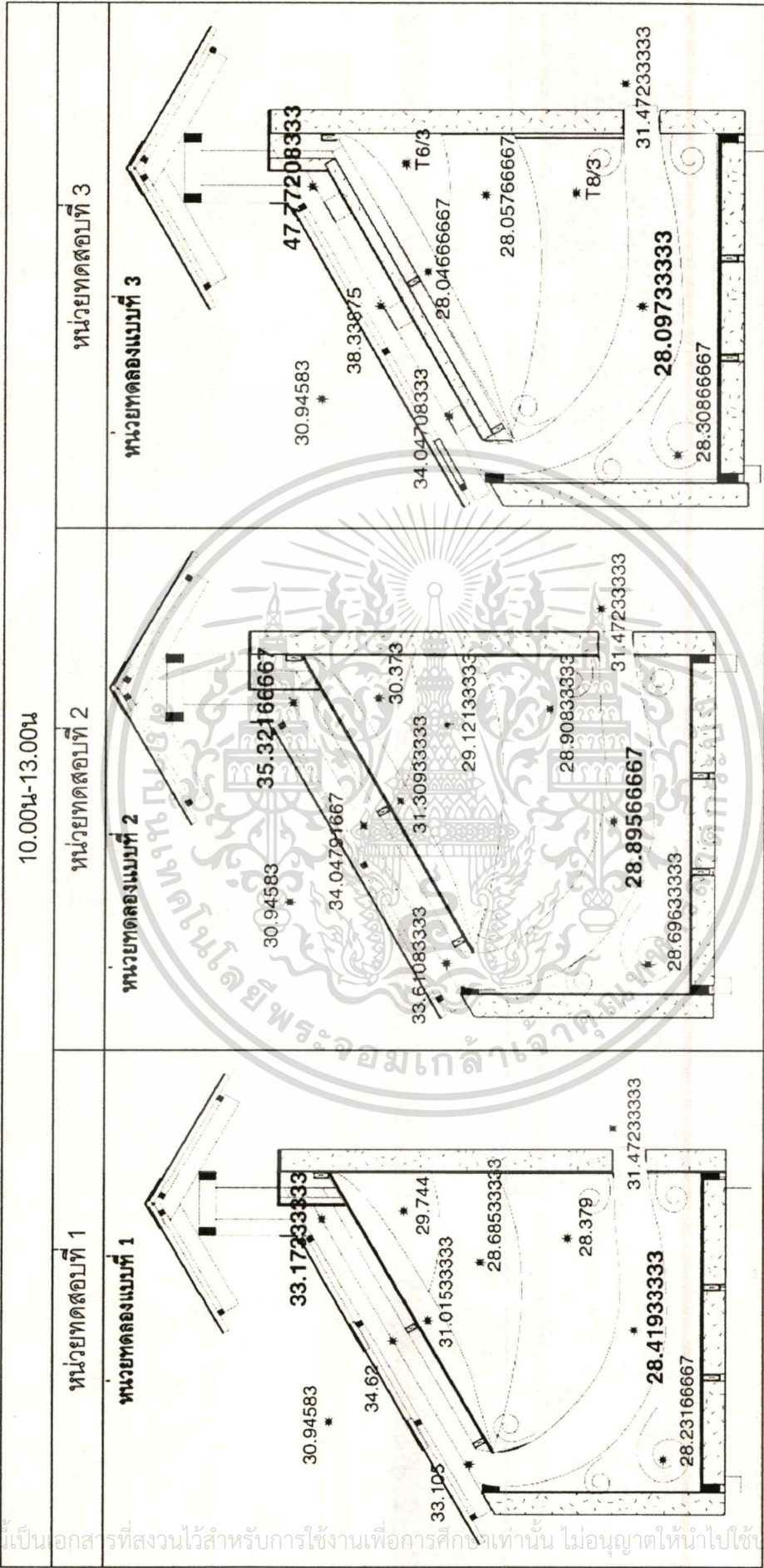
8.00น-10.00น	
หน่วยทดสอบที่ 1	หน่วยทดสอบที่ 2
<p>หน่วยทดลองแบบที่ 1</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 2</p>
หน่วยทดลองแบบที่ 3	หน่วยทดลองแบบที่ 3
<p>หน่วยทดลองแบบที่ 3</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 3</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วาระกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 4-6 ช่วง 8.00น-10.00น

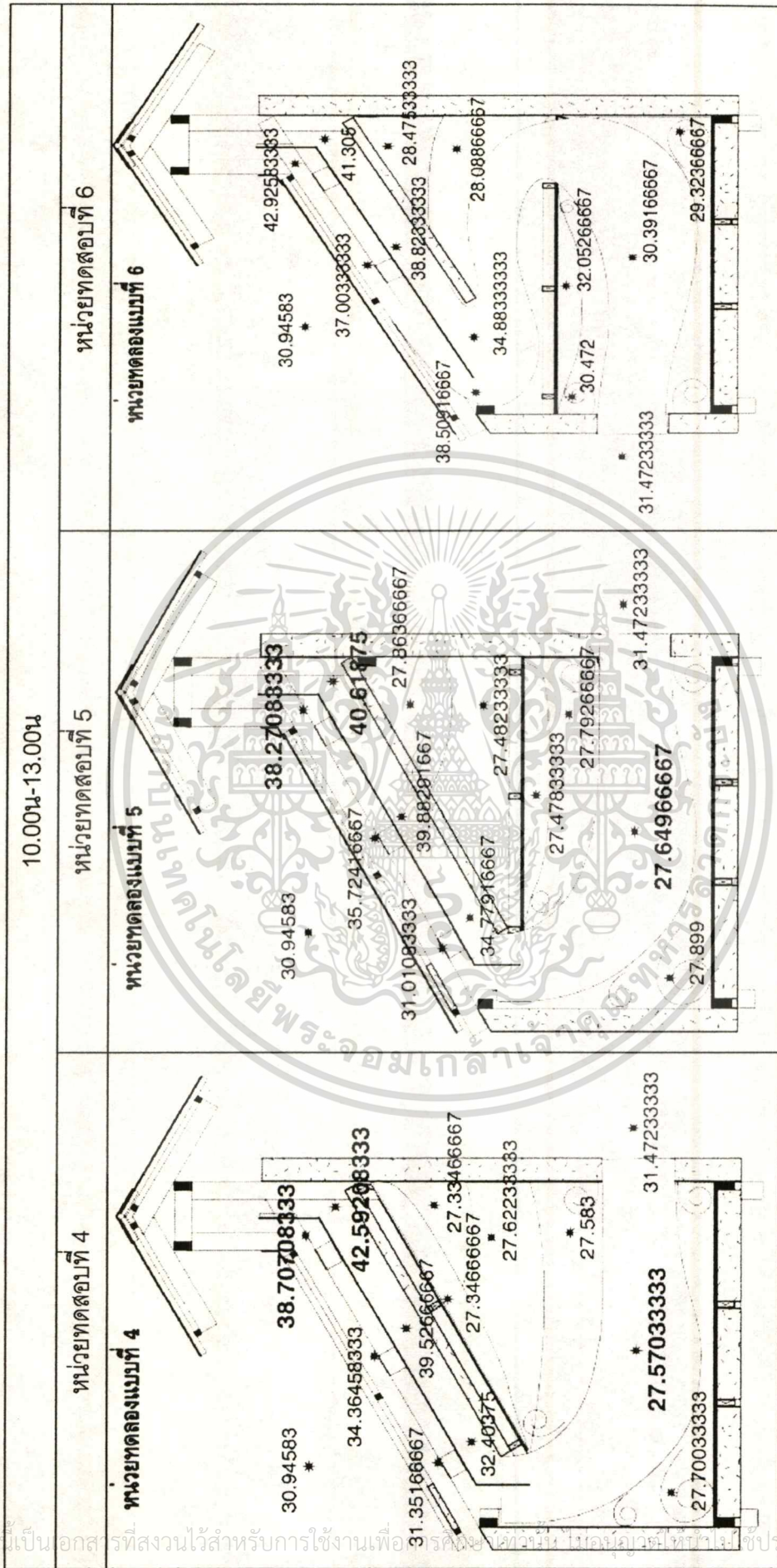
8.00น-10.00น	หน่วยทดสอบที่ 4-6		
<p>หน่วยทดสอบที่ 4</p> 	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 4</p> 	<p>หน่วยทดสอบที่ 6</p> 	

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 1-3 ช่วง 10.00น-13.00น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 4-6 ช่วง 10.00น-13.00น



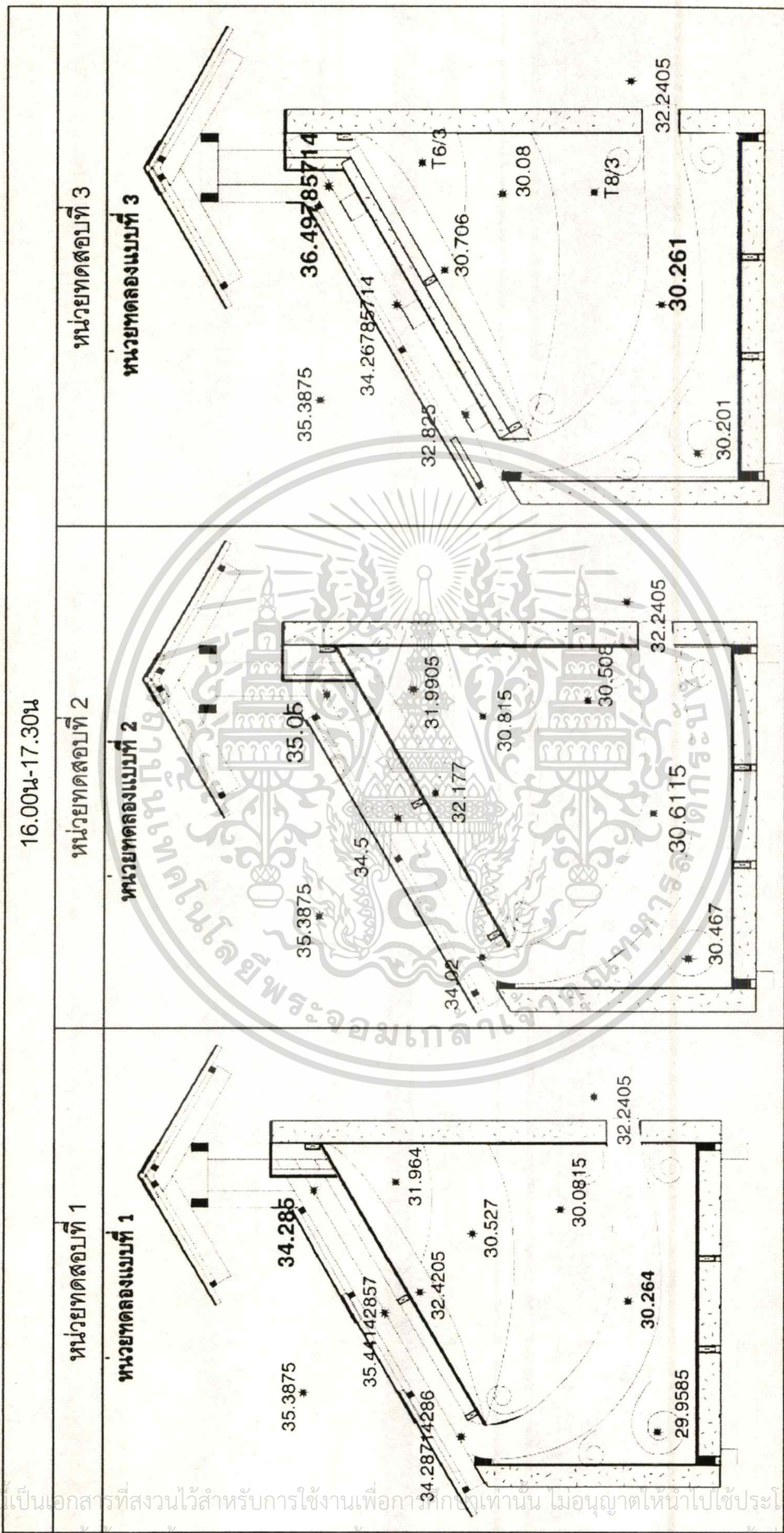
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 1-3 ช่วง 13.00น-16.00น

หน่วยทดสอบที่ 1	หน่วยทดสอบที่ 2	หน่วยทดสอบที่ 3
<p>หน่วยทดลองแบบที่ 1</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 2</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 3</p>

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่4-6 ช่วง 13.00น-16.00น

หน่วยทดสอบที่ 4	หน่วยทดสอบที่ 5	หน่วยทดสอบที่ 6
<p>หน่วยทดลองแบบที่ 4</p> <p>Coordinates: 34.17, 36.39375, 39.3275, 33.64708333, 40.49956333, 44.18833333, 40.80333333, 30.143, 30.11633333, 30.18333333, 30.104, 30.19666667, 30.14433333, 34.93266667</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 5</p> <p>Coordinates: 34.17, 33.4375, 37.70791667, 39.00291667, 40.54531667, 41.68275, 30.87456667, 36.61166667, 30.53766667, 30.23766667, 30.33233333, 30.41433333, 30.225, 34.93266667</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 6</p> <p>Coordinates: 34.17, 39.84375, 39.065, 44.58541667, 40.51375, 43.2125, 31.07366667, 30.59733333, 37.24375, 32.81866667, 34.53733333, 34.93266667, 32.943, 31.902</p>

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 1-3 ช่วง 16.00น-17.30น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละจุดของหน่วยทดสอบที่ 4-6 ช่วง 16.00น-17.30น

หน่วยทดสอบที่ 4	หน่วยทดสอบที่ 5	หน่วยทดสอบที่ 6
<p>หน่วยทดลองแบบที่ 4</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 5</p>	<p>หน่วยทดลองแบบที่ 6</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ผลด้านอุณหภูมิ ทั้งอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ และอุณหภูมิภายในปล่อง โดยเฉพาะการอธิบายถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น

4.2.2 ค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ ที่จุดกึ่งกลางบริเวณที่อยู่อาศัย

หัวข้อนี้จะทำการหาค่านัยสำคัญของของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบที่จุดกึ่งกลางบริเวณที่อยู่อาศัยข้างต้น โดยอาศัยสถิติแบบ Pair T-Test ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบเป็นคู่ๆตามคำถามการวิจัย ซึ่งช่วงเวลาทดสอบค่านัยสำคัญนั้นจะแบ่งออก 4 ช่วงเวลาของวันเช่นเดียวกับการสรุปข้อมูล คือ ช่วงเช้า 8.00น-10.00น ช่วงสาย 10.00-13.00น ช่วงบ่าย 13.00น-16.00น และช่วงเย็น 16.00-17.30น โดยให้ระดับความเชื่อมั่นขั้นต่ำที่90% ถือว่ามีนัยสำคัญของความแตกต่าง

ตารางที่4.19 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ					
	เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
8.00น-10.00น	24.212	24.736	24.539	23.998	24.113	25.853
10.00น-13.00น	28.419	28.895	28.097	27.570	27.649	30.391
13.00น-16.00น	31.080	31.556	30.671	30.196	30.225	32.943
16.00น-17.30น	30.264	30.611	30.261	29.674	29.856	31.061

ตารางที่ 4.20 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ ที-เทสต์แบบคู่ ในช่วงเวลาต่างๆ

	ค่านัยสำคัญของความแตกต่างของแสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ				
	ระหว่างเซลล์1 และเซลล์2	ระหว่างเซลล์ 2 และเซลล์3	ระหว่างเซลล์3 และเซลล์4	ระหว่างเซลล์ 4 และเซลล์5	ระหว่างเซลล์5 และเซลล์6
8.00น-10.00น	0.002806**	0.180737	0.000463**	0.103866*	0.007073**
10.00น-13.00น	0.00001652**	0.000273**	0.00001732**	0.039506*	0.00000582**
13.00น-16.00น	0.00002774**	0.0000050**	0.000126**	0.1565612	0.00000417**
16.00น-17.30น	0.010822*	0.068563*	0.00058**	0.07794*	0.054764*

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 คำนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบที่จุดกึ่งกลางบริเวณที่อยู่อาศัย

หัวข้อนี้จะทำการหาคำนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบที่จุดกึ่งกลางบริเวณที่อยู่อาศัยข้างต้น โดยอาศัยสถิติแบบ Pair T-Test ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายน้ำของหน่วยทดสอบเป็นคู่ๆตามคำถามการวิจัย ซึ่งช่วงเวลาที่ทดสอบค่านัยสำคัญนั้นจะแบ่งออก 4 ช่วงเวลาของวันเช่นเดียวกับการสรุปข้อมูล คือ ช่วงเช้า 8.00น-10.00น ช่วงสาย 10.00-13.00น ช่วงบ่าย 13.00น-16.00น และช่วงเย็น 16.00-17.30น โดยให้ระดับความเชื่อมั่นขั้นต่ำที่90% ถือว่ามีนัยสำคัญของความแตกต่าง

ตารางที่ 4.19 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ					
	เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
8.00น-10.00น	24.212	24.736	24.539	23.998	24.113	25.853
10.00น-13.00น	28.419	28.895	28.097	27.570	27.649	30.391
13.00น-16.00น	31.080	31.556	30.671	30.196	30.225	32.943
16.00น-17.30น	30.264	30.611	30.261	29.674	29.856	31.061

ตารางที่ 4.20 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ ที-เทสต์แบบคู่ ในช่วงเวลาต่างๆ

	ค่านัยสำคัญของความแตกต่างของแสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบต่างๆ				
	ระหว่างเซลล์ 1 และเซลล์ 2	ระหว่างเซลล์ 2 และเซลล์ 3	ระหว่างเซลล์ 3 และเซลล์ 4	ระหว่างเซลล์ 4 และเซลล์ 5	ระหว่างเซลล์ 5 และเซลล์ 6
8.00น-10.00น	0.002806**	0.180737	0.000463**	0.103866*	0.007073**
10.00น-13.00น	0.00001652**	0.000273**	0.00001732**	0.039506*	0.00000582**
13.00น-16.00น	0.00002774**	0.0000050**	0.000126**	0.1565612	0.00000417**
16.00น-17.30น	0.010822*	0.068563*	0.00058**	0.07794*	0.054764*

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

เมื่อทดสอบแล้วปรากฏว่า ในแต่ละคู่ของการเปรียบเทียบนั้นส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่นที่เกินกว่า 90% นอกจากการเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ 2 และเซลล์ 3 ในช่วงเช้า (8.00น-10.00น) และระหว่างเซลล์ 4 กับเซลล์ 5 ในช่วงที่อุณหภูมิสูง ดังผลใน ตาราง 4.19 (แสดงค่าเฉลี่ย) และ 4.20 (แสดงค่านัยสำคัญ) อย่างไรก็ตามทั้งคู่ก็ยังมีระดับความเชื่อมั่นถึง 82% และ 85% ตามลำดับ

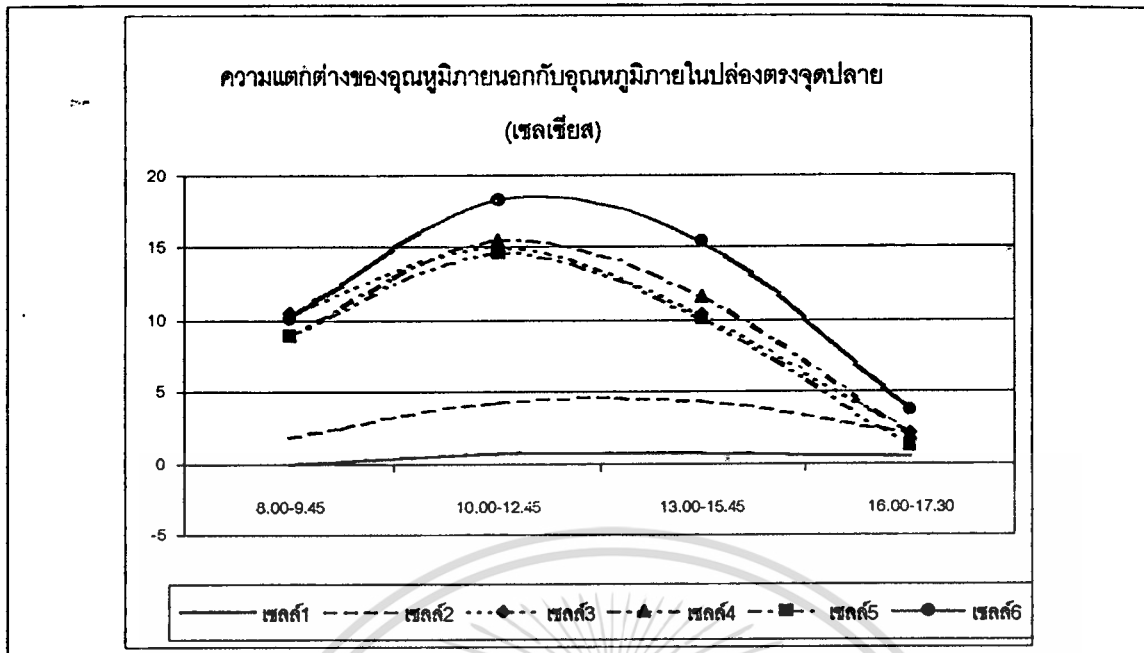
ข้อมูลที่ได้จะใช้ในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบด้านอุณหภูมิจากระบบหลังคาแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่อยู่อาศัยภายใน ทั้งด้านการถ่ายเทความร้อนสู่ภายในและการทำความเย็นให้กับพื้นที่อยู่อาศัย จากการถ่ายเทอากาศ

4.2.3 การหาความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดปลายปล่อง (T1, T12) กับอุณหภูมิภายนอก

จะทำในรูปแบบเดียวกับข้อมูลด้านอุณหภูมิข้างต้นคือ ทำการสรุปความแตกต่างของอุณหภูมิทั้ง 2 จุด ตลอด 8 วัน ให้เหลือ 1 วัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาเช่นกัน แล้วจึงนำอุณหภูมิของทั้ง 2 จุดในช่วงเวลาเดียวกันมาลบกันเพื่อหาความแตกต่างที่เกิดขึ้น

หมายเหตุ ค่าที่ได้นี้อาจไม่ตรงกับการสรุปข้อมูลแต่ละจุดภายในปล่องเนื่องจากข้อมูลดังกล่าวนำเฉพาะข้อมูลในช่วง 2 วัน (เฉพาะอุณหภูมิภายในปล่อง) เนื่องจากในช่วง 6 วันแรก เครื่องบันทึกข้อมูลที่ได้ติดตั้งไว้ภายในปล่องบางตัวได้หลุดลงมาจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ ดังนั้นการเปรียบเทียบข้อมูลของอุณหภูมิภายในปล่องแต่ละจุดจากข้อมูลชุดนี้จึงไม่น่าเชื่อถือ จึงได้ทำการแก้ไขการติดตั้งเครื่องบันทึกแล้วเก็บข้อมูลเพิ่มเติมอีก 2 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาเปรียบเทียบจุดต่างๆ ในปล่องเดียวกัน ได้อย่างน่าเชื่อถือ จึงสามารถอธิบายพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงของความร้อนภายในปล่อง ส่วนข้อมูลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับภายนอกนั้น สามารถนำข้อมูลในช่วง 6 วันแรกเข้ามาช่วยได้เนื่องจาก เครื่องบันทึกอุณหภูมิที่จุดปลายปล่องในช่วง 6 วันแรกนั้นหลุดลงจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ไม่มากจึงคาดว่าไม่น่าที่จะมีผลกระทบมากนัก

โดยผลของความแตกต่างของอุณหภูมิที่ได้ตั้งภาพด้านล่างจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการระบายอากาศที่เกิดขึ้นดังจะกล่าวต่อไปในบทที่ 5



ภาพที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ

4.2.4 คำนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องกับอุณหภูมิภายนอก

การหาคำนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจะอาศัยสถิติแบบ Pair T-Test โดยให้ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% ถือว่ามีนัยสำคัญ โดยการทดสอบคำนัยสำคัญนี้จะทำกับค่าเฉลี่ยใน 4 ช่วงเวลาของวันเช่นเดียวกับการสรุปข้อมูล คือ ช่วงเช้า 8.00น-10.00น ช่วงสาย 10.00-13.00น ช่วงบ่าย 13.00น-16.00น และช่วงเย็น 16.00-17.30น

พบว่าโดยส่วนใหญ่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากการเปรียบเทียบระหว่าง เซลล์ 3 และ เซลล์ 4 ในช่วง 10.00-17.30น อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในช่วงบ่ายจะมีระดับความเชื่อมั่นถึง 82% นอกจากนั้นคู่ที่ไม่มีนัยสำคัญยังได้แก่ การเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ 2 กับ เซลล์ 3 ในช่วงเย็น (16.00-17.30) ระหว่างเซลล์ 4 กับ เซลล์ 5 ในช่วงเช้า (8.00-10.00) และระหว่างเซลล์ 5 กับ เซลล์ 6 ในช่วงเช้า (8.00-10.00) ดังตารางที่ 21 (แสดงค่าเฉลี่ย) และ ตารางที่ 22 (แสดงคำนัยสำคัญ)

ตารางที่ 4.21 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ

	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายห้องกับอุณหภูมิภายนอก					
	เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
8.00น-10.00น	-0.012	1.810	10.463	8.991	8.915	10.155
10.00น-13.00น	0.679	4.202	15.005	15.499	14.628	18.367
13.00น-16.00น	0.744	4.358	10.413	11.611	10.075	15.423
16.00น-17.30น	0.451	2.133	2.126	2.020	1.248	3.788

ตารางที่ 4.22 แสดงค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิ
ภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของเซลล์ต่างๆ

	ค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิที่ ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก				
	ระหว่างเซลล์1 และเซลล์2	ระหว่างเซลล์ 2 และเซลล์3	ระหว่างเซลล์3 และเซลล์4	ระหว่างเซลล์ 4 และเซลล์5	ระหว่างเซลล์5 และเซลล์6
8.00น-10.00น	0.01115097*	0.0069465**	0.092107*	0.523052	0.138505616
10.00น-13.00น	0.0000068**	0.000062**	0.670349	0.006748**	0.000052**
13.00น-16.00น	0.000006**	0.000030**	0.1798126	0.0000046**	0.00000674**
16.00น-17.30น	0.03710016*	0.98575947	0.811965	0.026915*	0.008787**

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

ต่อไปเป็นการทำตารางสรุปผลการทดลองของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วย ในด้านต่างๆที่จะใช้
ในการตอบคำถามการวิจัย(ตารางที่23และตารางที่24) ซึ่งประกอบด้วย อัตราการระบายอากาศ,
อุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย, อุณหภูมิภายในจุดอื่นๆ, ความแตกต่างของอุณหภูมิที่
ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก, อุณหภูมิภายในปล่องในจุดต่างๆ จนถึงค่าสัมประสิทธิ์ความ
สัมพันธ์ของแต่ละหน่วยทดสอบ โดยผลการทดลองด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิจะมี
การแบ่งช่วงเวลาของการสรุปข้อมูลออกเป็น 4 ช่วงในหนึ่งวัน คือ 8.00-10.00น, 10.00-13.00น,
13.00-16.00น, 16.00-17.30น โดยผลการทดลองในแต่ละด้านของช่วงเวลาจะมีข้อมูลของ
หน่วยทดสอบที่ 1-6 เรียงตามลำดับ ซึ่ง ในการวิเคราะห์ผลนั้นจะเปรียบเทียบค่าของหน่วยทดสอบ
เป็นคู่ๆตามคุณลักษณะที่ตรงกับคำถามการวิจัย(ดูรายละเอียดบทที่5)

จากตารางจะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลา 13.00-16.00 เซลล์ 5 จะมีอัตราการระบายอากาศมากที่สุด
คือ 0.0734 ลบ.ม./วินาที และในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งที่เป็นเวลาที่อุณหภูมิภายนอกสูงสุด
เซลล์ 4 จะมีอุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยเย็นที่สุด คือ 30.196 องศาเซลเซียส แต่เซลล์
ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดกลับเป็นเซลล์ 6 โดยในช่วงเวลา10.00น-13.00น
จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงถึง 18.367 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม เซลล์5 ยังคงมีค่า
สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่มากที่สุด คือ 16.9886 ตามอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.23 สรุปข้อมูลด้านอัตราการระบายน้ำอากาศและอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ

		เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
อัตราการ ระบายน้ำอากาศ (ลบ.ม./วินาที)	8.00น-10.00น	0.0103	0.0089	0.0214	0.0419	0.0498	0.0105
	10.00น-13.00น	0.0236	0.0109	0.0278	0.0661	0.0658	0.0195
	13.00น-16.00น	0.0177	0.0119	0.0182	0.0714	0.0734	0.0182
	16.00น-17.30น	0.0145	0.0088	0.0165	0.0550	0.0530	0.0063
อุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่ง กลางที่อยู่ อาศัย (T9)	8.00น-10.00น	24.212	24.736	24.539	23.998	24.113	25.853
	10.00น-13.00น	28.419	28.895	28.097	27.570	27.649	30.391
	13.00น-16.00น	31.080	31.556	30.671	30.196	30.225	32.943
	16.00น-17.30น	30.264	30.611	30.261	29.674	29.856	31.061
อุณหภูมิได้ฟ้า(T5)	8.00น-10.00น	24.820	25.422	24.270	23.941	23.979	26.577
	10.00น-13.00น	31.015	31.309	28.046	27.346	27.478	32.052
	13.00น-16.00น	34.622	34.609	30.929	30.143	30.237	34.537
	16.00น-17.30น	32.420	32.177	30.706	29.935	29.994	31.713
T6 (ดูตำแหน่งได้จากกร าให้นิยามตำแหน่งข้าง อิงในบทที่5)	8.00น-10.00น	24.372	25.03	-	23.805	23.923	24.446
	10.00น-13.00น	29.744	30.373	-	27.3346	27.863	28.475
	13.00น-16.00น	33.398	33.777	-	30.1163	30.874	31.073
	16.00น-17.30น	31.964	31.990	-	29.935	30.479	30.127
T7 (ดูตำแหน่งได้จากกร าให้นิยามตำแหน่งข้าง อิงในบทที่5)	8.00น-10.00น	24.31	24.735	24.481	24.151	23.826	24.154
	10.00น-13.00น	28.685	29.121	28.057	27.622	27.482	28.088
	13.00น-16.00น	31.543	31.854	30.510	30.183	30.537	30.597
	16.00น-17.30น	30.527	30.815	30.080	29.632	30.479	29.622
T8 (ดูตำแหน่งได้จากกร าให้นิยามตำแหน่งข้าง อิงในบทที่5)	8.00น-10.00น	24.252	24.678	-	24.132	24.288	25.867
	10.00น-13.00น	28.379	28.908	-	27.583	27.792	30.472
	13.00น-16.00น	30.917	31.489	-	30.104	30.332	32.818
	16.00น-17.30น	30.081	30.508	-	29.552	29.916	30.725
T10 (ดูตำแหน่งได้จากกร าให้นิยามตำแหน่งข้าง อิงในบทที่5)	8.00น-10.00น	24.329	24.911	24.791	24.229	24.269	25.203
	10.00น-13.00น	28.231	28.696	28.308	27.700	27.899	29.323
	13.00น-16.00น	30.754	31.081	30.645	30.144	30.414	31.902
	16.00น-17.30น	29.958	30.467	30.201	29.553	29.876	30.541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 สรุปข้อมูลด้านอัตราการกระจายอากาศและอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ

		เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 3	เซลล์ 4	เซลล์ 5	เซลล์ 6
ความแตกต่าง ของอุณหภูมิที่ ปลายปล่องกับ อุณหภูมิภายใน นอก	8.00น-10.00น	-0.012	1.810	10.463	8.991	8.915	10.155
	10.00น-13.00น	0.679	4.202	15.005	15.499	14.628	18.367
	13.00น-16.00น	0.744	4.358	10.413	11.611	10.075	15.423
	16.00น-17.30น	0.451	2.133	2.126	2.020	1.248	3.788
อุณหภูมิที่ปลาย ปล่องบน(T1)	8.00น-10.00น	25.502	26.927	35.901	29.699	29.596	32.305
	10.00น-13.00น	33.173	35.321	47.772	38.707	38.270	42.925
	13.00น-16.00น	36.770	38.870	46.117	39.327	39.002	44.585
	16.00น-17.30น	34.285	35.050	36.497	33.905	33.937	36.141
อุณหภูมิที่ปลาย ปล่องล่าง(T12)	8.00น-10.00น	-	-	-	30.058	29.348	29.461
	10.00น-13.00น	-	-	-	42.592	40.618	41.305
	13.00น-16.00น	-	-	-	44.188	41.683	43.212
	16.00น-17.30น	-	-	-	36.491	35.027	35.735
อุณหภูมิที่กลางปล่อง บน (T2)	8.00น-10.00น	25.632	26.139	29.522	27.075	27.896	28.475
	10.00น-13.00น	34.620	34.047	38.338	34.364	35.724	37.003
	13.00น-16.00น	38.663	37.738	39.961	36.393	37.707	39.065
	16.00น-17.30น	35.441	34.500	34.267	32.592	33.042	34.391
อุณหภูมิที่กลางปล่อง ล่าง(T13)	8.00น-10.00น	-	-	-	28.248	28.748	28.200
	10.00น-13.00น	-	-	-	39.526	39.882	38.823
	13.00น-16.00น	-	-	-	40.499	40.545	40.513
	16.00น-17.30น	-	-	-	34.238	34.085	34.541
อุณหภูมิที่ต้นปล่อง บน (T3)	8.00น-10.00น	24.870	25.748	27.713	26.255	25.936	29.740
	10.00น-13.00น	33.105	33.610	34.047	31.351	31.010	38.509
	13.00น-16.00น	36.987	37.297	35.837	33.647	33.437	39.843
	16.00น-17.30น	34.287	34.020	32.825	32.000	31.792	34.460
อุณหภูมิที่ต้นปล่อง ล่าง (T14)	8.00น-10.00น	-	-	-	25.209	26.360	26.214
	10.00น-13.00น	-	-	-	32.403	34.779	34.883
	13.00น-16.00น	-	-	-	34.803	36.611	37.243
	16.00น-17.30น	-	-	-	32.114	32.825	33.422
ค่าสำประสิทธิ์ความสัมพัทธ์		16.458	3.9394	4.5738	6.5702	7.1197	3.9979
ค่าสำประสิทธิ์ความสัมพัทธ์ (เมื่อปรับสัดส่วนตามสมการเดิมแล้ว)		-	9.4	10.9137	15.6774	16.9886	9.5396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการวิจัยเพื่อตอบคำถามการวิจัยซึ่งมีอยู่ 4 คำถามหลัก(หัวข้อ 1.4 หน้า 5) โดยจะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองที่มีการสรุปผลไว้ในบทที่ 4 โดยในแต่ละคำถามการวิจัยนั้นจะอาศัยผลการทดลองของหน่วยทดสอบที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันตามประเด็นในการศึกษา ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบ(เซลล์)ทั้ง 6 หน่วย

	คำถามการวิจัยที่ 1			คำถามการวิจัยที่ 2		คำถามการวิจัยที่ 3		คำถามการวิจัยที่ 4	
	วิธีการทำความร้อน			จำนวนชั้นของปล่อง		ความเอียงของฝา		ตำแหน่งของตั้งอากาศ	
	มวลมาก (ซีแพคโม เนียสีดำ)	มวลน้อย (กระเบื้อง ลอนคู่สี ดำ)	รับรังสี (กระเบื้อง โปรงแสง)	ปล่อง 1 ชั้น (ไม่มี โลหะ แทรก กลาง)	ปล่อง 2 ชั้น (มีโลหะ แทรก กลาง)	ฝาเอียง ตามแนว จันทัน	ฝาตรงใน แนว ระดับ	ช่องตั้ง อากาศอยู่ ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านตรง ข้ามการกับ แผงหลังคา	ช่องตั้ง อากาศอยู่ ไม่ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านเดียว กับแผงหลัง คา
เซลล์ 1	X			X		X		X	
เซลล์ 2		X		X		X		X	
เซลล์ 3			X	X		X		X	
เซลล์ 4			X		X	X		X	
เซลล์ 5			X		X		X	X	
เซลล์ 6			X		X		X		X

ในคำถามการวิจัยที่ 1 ที่ต้องการการเปรียบเทียบวิธีการทำความร้อนของวัสดุหลังคาที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือ กระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ กระเบื้องลอนคู่สีดำ และ กระเบื้องโปรงแสงที่ใช้ควบคู่กับแผ่นโลหะสีดำ จึงวิเคราะห์ผลของหน่วยทดสอบที่ 1-3 (โดยหน่วยทดสอบที่ 1 เป็นหน่วยทดสอบที่ใช้เป็นตัวแทนอ้างอิงผลของการวิจัยที่ผ่านมา)

ในคำถามการวิจัยที่ 2 นั้นต้องการทราบผลของการเพิ่มจำนวนปล่องเป็น 2 ชั้นด้วยการใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง การเปรียบเทียบกับปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีแผ่นโลหะแทรกกลาง ในหลังคาที่ใช้กระเบื้องโปร่งแสง ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลองของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4

ในคำถามการวิจัยที่ 3 นั้นต้องการทราบผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ผ้าในแนวเอียง (แนวจันทัน) กับผ้าในแนวระดับ ของหลังคาที่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง จึงวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5

จากคำถามการวิจัยที่ 4 ซึ่งต้องการทราบผลของการเจาะช่องดึงอากาศเข้าให้ตรงกับปล่อง แล้วเจาะช่องเปิดของหน่วยทดสอบในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคาเปรียบเทียบกับ การเจาะช่องดึงอากาศเข้าในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับปล่องแล้วเจาะช่องเปิดของหน่วยทดสอบในด้านเดียวกับแผงหลังคาจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6

เห็นได้ว่าแม้ว่าในหน่วยทดสอบหนึ่งตัวจะมีคุณลักษณะของหลายตัวแปรผสมกันอยู่แต่คู่การเปรียบเทียบที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะถูกควบคุมตัวแปรที่ไม่ใช่ตัวแปรในประเด็นคำถามให้มีคุณลักษณะที่เหมือนกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.1

หลังจากที่ได้มีการกำหนดคู่ในการวิเคราะห์แล้วจึงกล่าวถึงกระบวนการวิเคราะห์ในแต่ละคำถามการวิจัยซึ่งใช้แนวทางตามที่ได้กล่าวไว้ในตอนท้ายของบทที่ 3 (หัวข้อ 3.8.2) สามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

เริ่มจากการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายใน ณ จุดที่อยู่อาศัย ของแต่ละหน่วยทดสอบ แล้ววิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปร เนื่องจากทั้ง 2 ตัวแปรเป็นเป้าหมายของระบบนี้จึงสามารถเป็นตัวชี้วัดถึงประสิทธิภาพของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แต่ละแบบได้ จากนั้นจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบรายละเอียดของอุณหภูมิภายในจุดอื่นๆ (โดยไม่รวมถึงอุณหภูมิภายในปล่อง) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างระหว่างหน่วยทดสอบและพฤติกรรมกรรมกรถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละหน่วยทดสอบ หลังจากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิภายในปล่อง ที่เริ่มจากพิจารณาผลของความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ร่วมกับผลของอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น แล้วจึงกล่าวถึงรายละเอียดของพฤติกรรมของความร้อนภายในปล่องจากผลสรุปของอุณหภูมิภายในปล่องแต่ละจุด ต่อจากนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศ ต่อตัวแปรต่างๆ ตามรูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม(หัวข้อ 2.1.5 หน้า 14) แล้วจึงสรุปประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบที่ควรใช้

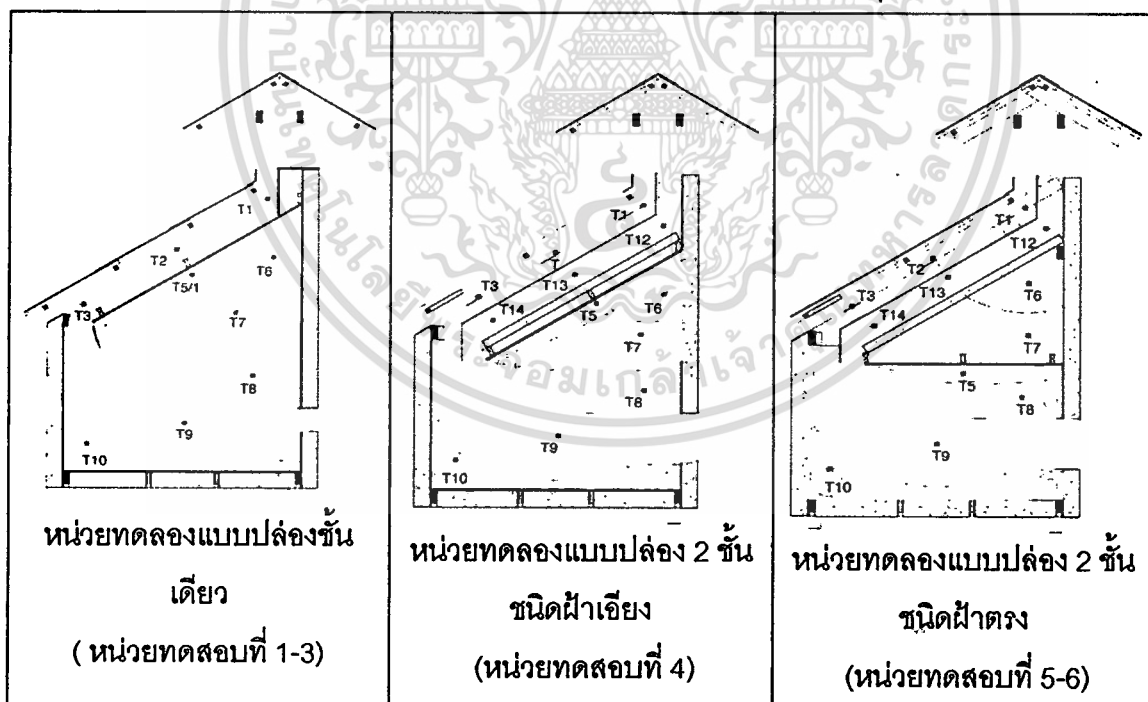
ก่อนจะเข้าสู่การวิเคราะห์นั้น ในการอภิปรายถึงผลในด้านอุณหภูมิของหน่วยทดสอบจำเป็นที่จะต้องอ้างอิงถึงตำแหน่งต่างๆที่ได้ทำการบันทึกอุณหภูมิ จึงกำหนดชื่อของตำแหน่งที่ทำการวัดอย่างไรก็ตามตำแหน่งของหน่วยทดสอบแต่ละหน่วยนั้นแม้จะมีความคล้ายคลึงกันแต่ยังมีความแตกต่างจากตัวแปรที่เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถแบ่งได้ เป็น 3 ประเภทที่มีความแตกต่างกันในการให้นิยามตำแหน่งดังนี้

ประเภทที่ 1 หน่วยทดสอบประเภทที่มีปล่องชั้นเดียว ซึ่งหน่วยทดสอบประเภทนี้จะมีตำแหน่งในการบันทึกอุณหภูมิน้อยกว่าหน่วยทดสอบประเภทอื่นซึ่งมีจำนวนปล่องมากกว่า หน่วยทดสอบที่จัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่หน่วยทดสอบที่ 1 ถึงหน่วยทดสอบที่ 3

ประเภทที่ 2 หน่วยทดสอบที่มีปล่อง 2 ชั้นและมีฝ้าเอียงตามแนวจันทัน ได้แก่หน่วยทดสอบที่ 4

ประเภทที่ 3 หน่วยทดสอบที่มีปล่อง 2 ชั้นและมีฝ้าในแนวระดับ ซึ่งจริงแล้วคล้ายกับประเภทที่ผ่านมา ต่างตรงที่อุณหภูมิที่ฝ้า(T5)จะอยู่ในแนวระดับที่ไม่ได้อยู่ติดกับปล่อง ส่วนอุณหภูมิที่อยู่ใต้ปล่องลงมา(T6,T7)จะอยู่ในตำแหน่งเดิมเพียงแต่จะอยู่เหนือฝ้าแทน ซึ่งได้แก่หน่วยทดสอบที่ 5 และหน่วยทดสอบที่ 6

ตารางที่ 5.2 แสดงการให้นิยามของตำแหน่งอ้างอิงของหน่วยทดสอบต่างๆ



หลังจากได้กล่าวถึงกระบวนการในการวิเคราะห์และการให้นิยามของตำแหน่งอ้างอิงของอุณหภูมิในหน่วยทดสอบแล้ว ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อตอบคำถามการวิจัย โดยเรียงตามลำดับของคำถามการวิจัยตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 4 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การวิเคราะห์ผลเพื่อตอบคำถามการวิจัยที่ 1

จากคำถามการวิจัยที่ 1 การรับรังสีโดยตรงจะให้ผลดีมากกว่าการใช้มวลในการส่งผ่านความร้อนหรือไม่ ถ้าใช้มวลในการส่งผ่านความร้อน แล้วสามารถใช้วัสดุที่มีมวลน้อยสืบทาแทนวัสดุที่มีมวลมากสืบทาได้หรือไม่ แล้วส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอย่างไร

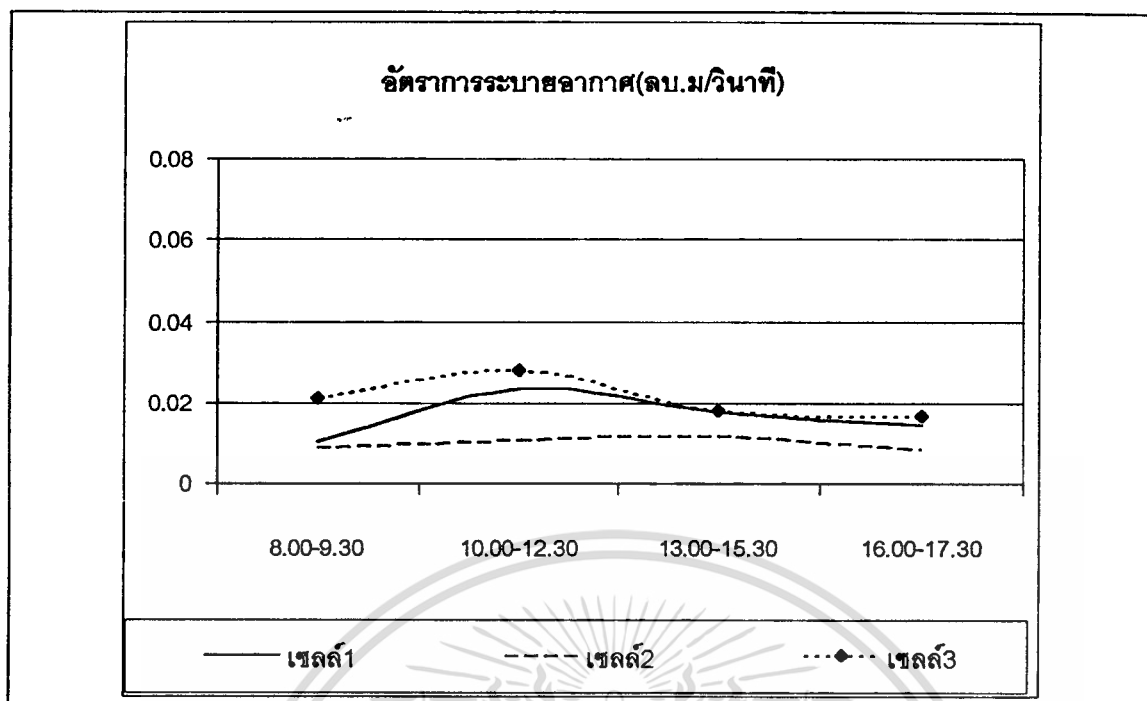
ในที่นี้วัสดุที่มีมวลได้แก่ กระเบื้องซีแพคโมเนียสีด้า และ กระเบื้องลอนคู่สีด้า ส่วนการรับรังสีจะผ่านกระเบื้องโปรงแสง ซึ่งทั้ง 3 วัสดุจะอยู่ในหน่วยทดสอบที่ต่างกัันดังสรุปในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่ 1-3

การใช้มวลในการส่งผ่านความร้อน		การรับรังสี
กระเบื้องซีแพคโมเนียสีด้า(มวลสารมาก)	กระเบื้องลอนคู่สีด้า(มวลสารน้อย)	กระเบื้องโปรงแสง
หน่วยทดสอบ(เซลล์)ที่ 1	หน่วยทดสอบ(เซลล์)ที่ 2	หน่วยทดสอบ(เซลล์)ที่ 3

ดังนั้นเพื่อตอบคำถามการวิจัยในข้อนี้จึงอาศัยผลการทดลองของหน่วยทดสอบทั้ง 3 แบบ ได้แก่ หน่วยทดสอบที่ 1(กระเบื้องซีแพคโมเนียสีด้า) หน่วยทดสอบที่ 2(กระเบื้องลอนคู่สีด้า) และ หน่วยทดสอบที่ 3(กระเบื้องโปรงแสง) โดยสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ (ภาพที่ 5.1 หรือตารางที่ 4.23)

การวิเคราะห์ด้านอัตราการถ่ายเทอากาศนั้นอาศัยการสรุปข้อมูลด้านอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณผ่านความเร็วลมภายในปล่องและพื้นที่หน้าตัดของปล่อง(หัวข้อ 4.1.3) พบว่าการทำความร้อนด้วยการรับรังสี (กระเบื้องโปรงแสง(เซลล์ 3))ให้ผลดีกว่าการทำความร้อนด้วยมวล (กระเบื้องซีแพคโมเนียสีด้า(เซลล์ 1) และกระเบื้องลอนคู่สีด้า(เซลล์ 2))อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.4) และเมื่อเปรียบเทียบการทำความร้อนด้วยมวลด้วยกันเองพบว่า การทำความร้อนด้วยมวลมาก(กระเบื้องซีแพคโมเนียสีด้า(เซลล์ 1)) ให้อัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าการทำความร้อนด้วยมวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่สีด้า(เซลล์ 2))อย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.4)



ภาพที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของเซลล์ 1 ถึง เซลล์ 3

ตารางที่ 5.4 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศใน
หนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่ 1-3

	อัตราการระบายอากาศ		อัตราการระบายอากาศ	
	เซลล์ 1	เซลล์ 2	เซลล์ 2	เซลล์ 3
8.00น-10.00น	0.0103	0.0089	0.0089	0.0214
10.00น-13.00น	0.0236	0.0109	0.0109	0.0278
13.00น-16.00น	0.0177	0.0119	0.0119	0.0182
16.00น-17.00น	0.0145	0.0088	0.0088	0.0165
ค่านัยสำคัญ	0.070343813*		0.019871378*	

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

หลังจากที่ได้ทราบถึงอัตราการระบายอากาศที่เป็นผลมาจากวิธีการทำความร้อนทั้ง 3 แล้วต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศกับอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบแต่ละหน่วยซึ่งได้ผลดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของบริเวณที่อยู่อาศัย(T9)ของทั้ง 3 หน่วยทดสอบ (ภาพที่ 5.2-5.4 หรือตารางที่ 4.19) แล้วพบว่าผลด้านอุณหภูมิสอดคล้องกับผลด้านอัตราการระบายอากาศ กล่าวคือ เมื่อการรับรังสี(วัสดุผนังแบบใส)ให้การระบายอากาศดีกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิภายในของหน่วยทดสอบที่ใช้การรับรังสี(วัสดุผนังแบบใส)เย็นกว่าการใช้มวล(วัสดุผนังแบบทึบ)ทั้ง 2 แบบด้วย และเมื่อเทียบการทำความร้อนด้วยมวลด้วยตนเอง การใช้มวลมาก(กระเบื้องซีเมนต์)เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

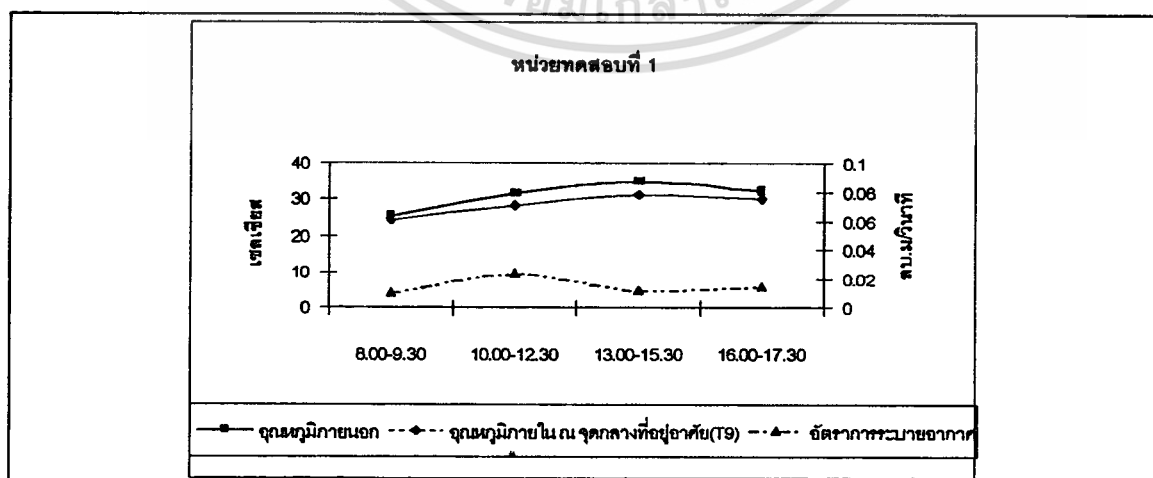
แพคซีดำ)ซึ่งมีอัตราการระบายอากาศสูงกว่าการใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่ซีดำ) ก็ส่งผลให้ อุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบที่ใช้มวลมาก(กระเบื้องซีแพคซีดำ)ต่ำกว่าอุณหภูมิภายในเมื่อใช้มวล น้อย(กระเบื้องลอนคู่ซีดำ)ด้วย ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนี้เป็นความแตกต่างอย่างมี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนอกจากความแตกต่างระหว่างเซลล์2กับเซลล์3ในช่วง8.00- 10.00น ดังตารางที่ 5.5 (ตามการสรุปผลในหัวข้อ 4.2.2)ซึ่งคาดว่าเนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นของวัน จึงยังไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในไม่มากนัก

ตารางที่ 5.5 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุด กึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่1-3

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่ง กลางที่อยู่อาศัย (T9)		ค่านัย สำคัญ	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่ง กลางที่อยู่อาศัย (T9)		ค่านัย สำคัญ
	เซลล์1	เซลล์2		เซลล์2	เซลล์3	
8.00น-10.00น	24.212	24.736	0.00280**	24.736	24.539	0.18073
10.00น-13.00น	28.419	28.895	0.00001**	28.895	28.097	0.00027**
13.00น-16.00น	31.080	31.556	0.00002**	31.556	30.671	0.00000**
16.00น-17.00น	30.264	30.611	0.010822*	30.611	30.261	0.06856*

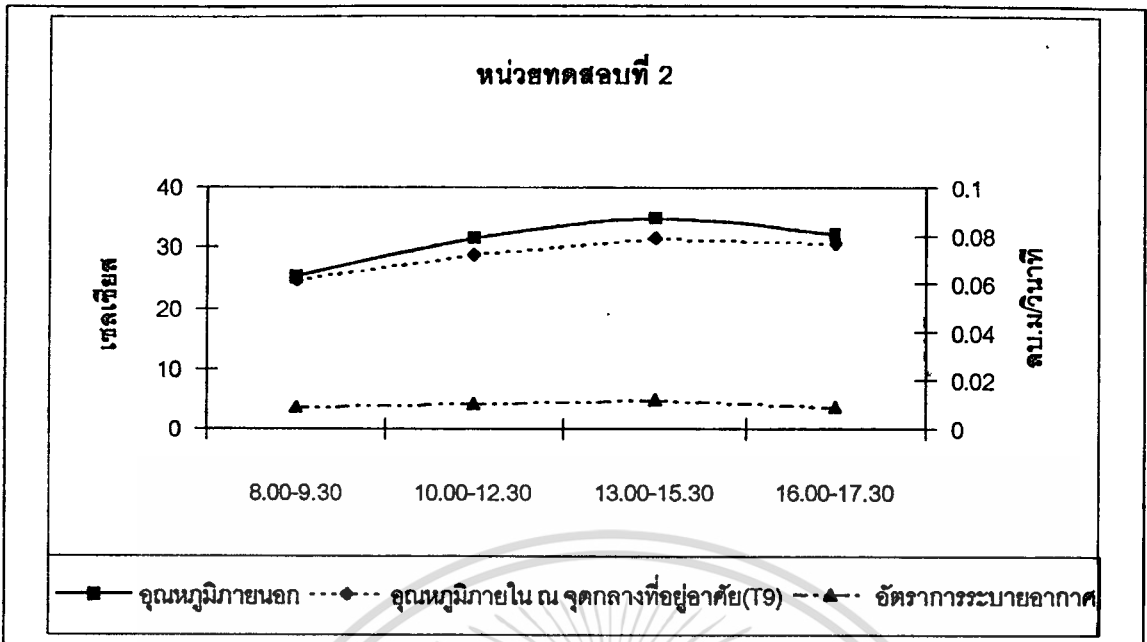
* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

จากการที่เป้าหมายของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์นั้นอยู่ที่การมีอัตราการระบายอากาศ สูงสุดและมีอุณหภูมิภายในต่ำสุด ดังนั้นผลของอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในหน่วย ทดสอบ จึงสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบหลังคาได้วิธีหนึ่ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบหน่วย ทดสอบทั้ง 3 พบว่าการรับรังสีมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้มวลมากและมวลน้อยตามลำดับ ดัง เห็นได้จากภาพที่ 5.2-5.4 ดังนี้

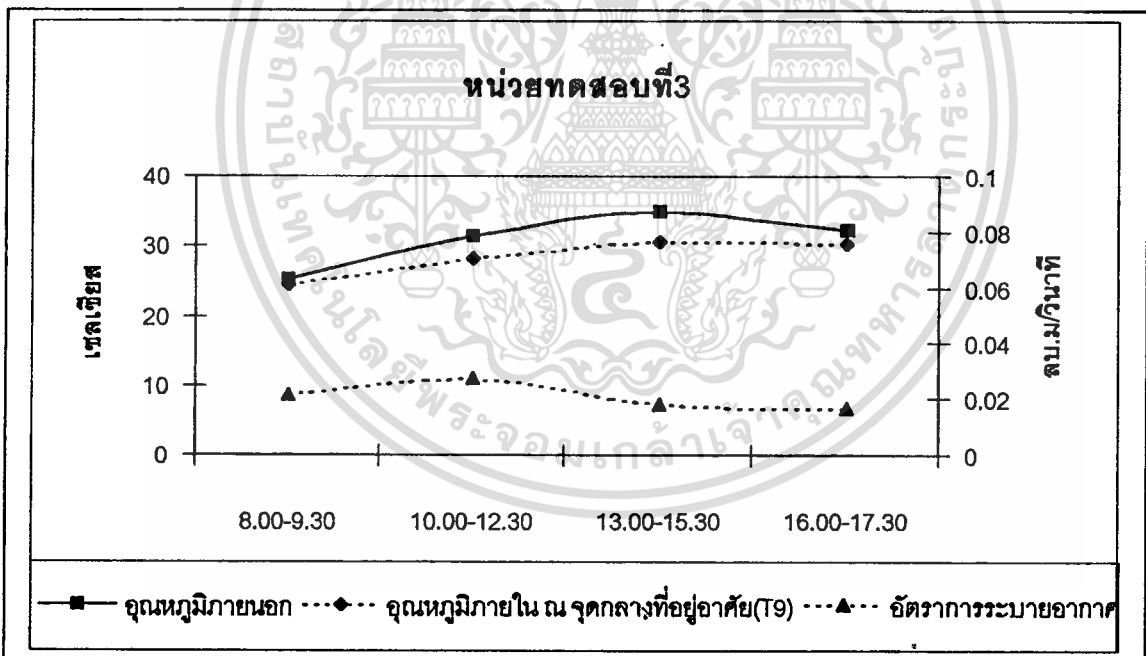


ภาพที่ 5.2 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็น ของหน่วยทดสอบที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.3 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่2



ภาพที่ 5.4 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบทางด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้พิจารณาอุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยแล้ว ต่อไปเป็นการพิจารณาถึงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในจุดอื่น รวมถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดสอบ ดังนี้(ตารางที่ 5.8 หรือตารางที่ 4.23)

พบว่าอุณหภูมิที่ได้ฝ้า(T5) ของหน่วยทดสอบที่รับรังสี(กระเบื้องโปรงแสง(เซลล์ 3)) จะต่ำกว่าหน่วยทดลองที่เป็นมวลมาก(กระเบื้องซีแพคโมเนีย) และมวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่) ทั้งๆที่หน่วยทดสอบที่รับรังสี(กระเบื้องโปรงแสง(เซลล์ 3)) มีอุณหภูมิภายในปล่องสูงกว่า สันนิษฐานว่าสาเหตุมาจากหน่วยทดลองที่รับรังสี(กระเบื้องโปรงแสง) นั้นมีฉนวนกันความร้อนอยู่เหนือฝ้าในขณะที่หน่วยทดลองที่ใช้มวล(กระเบื้องซีแพคและลอนคู่)ไม่มีฉนวน(ตามการทบทวนวรรณกรรม) แสดงให้เห็นว่าระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์นั้นฉนวนยังมีความจำเป็นในการป้องกันความร้อนอยู่ซึ่งต่างจากผลของงานวิจัยในอดีตที่ระบุว่าฉนวนกันความร้อนไม่มีความจำเป็นในการใช้หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ

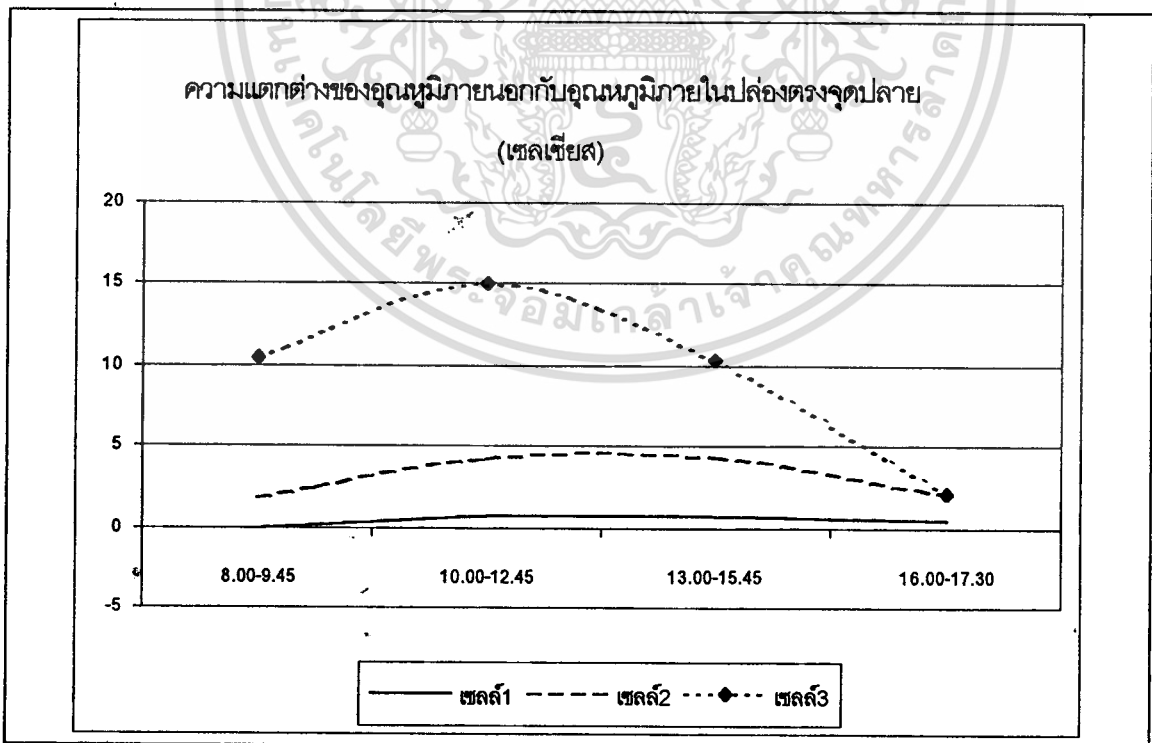
ในพื้นที่ส่วนที่อยู่ต่ำลงมาจนถึงส่วนที่อยู่อาศัย (T8, T9, T10) อุณหภูมิของหน่วยทดลองที่รับรังสี(กระเบื้องโปรงแสง)จะต่ำกว่าอีก 2 หน่วยทดลองเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาที่น้อยกว่า ผนวกกับมีการไหลเวียนของอากาศที่มากกว่าอันเนื่องมาจากอุณหภูมิภายในปล่องที่สูงกว่า(ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป)

ส่วนในด้านของพฤติกรรมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดสอบแต่ละหน่วยพบว่า(ตารางที่ 5.8 หรือตารางที่ 4.23) ในพื้นที่ภายในนั้นในจุดที่อยู่สูงสุดจะมีอุณหภูมิสูงสุดและค่อยๆลดลงตามความสูงที่ลดลง และในบางช่วงเวลาจุดที่อยู่ในพื้นที่ที่ลมพัดผ่านก็จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดรอบข้างแม้ว่าจะอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่า

จึงพอจะสรุปได้ว่า การรับรังสี(วัสดุผนังแบบใส)นั้นจะให้อัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าและมีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่าการใช้มวล(วัสดุผนังแบบทึบ)ทั้ง 2 แบบ ซึ่งการใช้มวลมาก(กระเบื้องกระเบื้องซีแพคสีดำ)ก็จะให้อัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าและอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่าการใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่สีดำ)

เมื่อได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลในด้านเป้าหมายของระบบแล้ว ต่อไปเป็นการกล่าวถึง ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในปล่องกับอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น ซึ่งโดยทฤษฎีแล้ว การเคลื่อนที่ของอากาศสาเหตุหนึ่งมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งความหนาแน่นของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศมีความสัมพันธ์กัน คืออากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำ จึงมีน้ำหนักน้อยกว่าแล้วลอยตัวสูงขึ้น ดังนั้นในการพิจารณาถึงอัตราการระบายอากาศ กับอุณหภูมิภายในปล่อง จึงพิจารณาอุณหภูมิในมิติของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิภายในปล่องในจุดที่สูงที่สุดคือจุดปลายปล่องซึ่งได้ผลดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่อง(T3)กับอุณหภูมิภายนอกแล้วพบว่า (ภาพที่ 5.5 หรือตารางที่ 4.24) การรับรังสี(วัสดุผนังแบบใส(หน่วยทดสอบที่3))ก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่าการใช้มวล(วัสดุผนังแบบทึบทั้ง 2 แบบ)อย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.6) สอดคล้องกับทฤษฎี และเมื่อเปรียบเทียบการใช้มวล(วัสดุผนังแบบทึบ)ทั้ง 2 แบบ ปรากฏว่า การใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่) ก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่า การใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) ซึ่งเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 8.00น-16.00น(ตารางที่ 5.6) สันนิษฐานว่าสาเหตุที่การใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่)ให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่าการใช้มวลมาก(กระเบื้องซีแพค)นั้น ส่วนหนึ่งมาจากการที่กระเบื้องลอนคู่มีมวลที่น้อยกว่าจึงมีการหน่วงเวลา(Time Lag) ในการส่งผ่านความร้อนที่น้อยกว่าก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่เร็วกว่าและมากกว่า แต่ที่ขัดแย้งกับทฤษฎีคือการใช้มวลน้อย(กระเบื้องลอนคู่(หน่วยทดสอบที่2)) กลับให้อัตราการระบายอากาศที่น้อยกว่ามวลมาก(กระเบื้องซีแพคโมเนีย(หน่วยทดสอบที่1)) ทั้งๆ ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่า ซึ่งเมื่อศึกษาในรายละเอียดของอุณหภูมิในแต่ละจุดของปล่องแล้วสันนิษฐานว่าสาเหตุหนึ่งอาจมาจากความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิที่ในหน่วยทดสอบที่ใช้มวลมาก(กระเบื้องซีแพคโมเนียสีดำ)นั้น เนื่องจากอุณหภูมิที่ปลายปล่อง(T1)กลับต่ำกว่าอุณหภูมิที่กลางปล่อง ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป



ภาพที่ 5.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกของหน่วยทดสอบที่ 1-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงค่านัยสำคัญของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกจากการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของหน่วยทดสอบที่ 1-3

	ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอก		ค่านัยสำคัญ	ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอก		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 1	เซลล์ 2		เซลล์ 2	เซลล์ 3	
8.00น-10.00น	-0.012	1.810	0.01115*	1.810	10.463	0.00694**
10.00น-13.00น	0.679	4.202	0.0000**	4.202	15.005	0.00006**
13.00น-16.00น	0.744	4.358	0.0000**	4.358	10.413	0.00003**
16.00น-17.00น	0.451	2.133	0.03710*	2.133	2.126	0.985759

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

การพิจารณาถึงพฤติกรรมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในปล่องจะพิจารณาในรายละเอียดของอุณหภูมิภายในปล่องของแต่ละจุด (ดูตารางที่ 5.8 หรือตารางที่ 4.24) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิภายในปล่องทุกจุด (T1, T2, T3) ของหน่วยทดลองที่รับรังสี (กระเบื้องโปร่งแสง (หน่วยทดสอบที่ 3)) จะสูงกว่าหน่วยทดลองที่เป็นมวล (กระเบื้องซีแพคโมเนีย (หน่วยทดสอบที่ 1) และกระเบื้องลอนคู่ (หน่วยทดสอบที่ 2)) ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในกับภายนอกมากกว่า อากาศจึงไหลเวียนได้ดีจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าหลักการทำความร้อนด้วยการนำรังสีความร้อนคลื่นสั้นของแสงอาทิตย์บวกกับการสะท้อนรังสีของอุมิ นัมพลอยดีให้ความร้อนกับปล่องได้สูงกว่าการแผ่รังสีคลื่นยาวและการนำความร้อนจากวัสดุที่มีมวล ไม่ว่าจะป็นวัสดุที่มีมวลมากอย่างกระเบื้องซีแพคโมเนีย หรือวัสดุที่มีมวลน้อยอย่างและกระเบื้องลอนคู่

และเมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้มวล (ซีแพคโมเนีย และลอนคู่) ด้วยกันเอง พบว่าเมื่อทาสีดำเหมือนกันแล้ว ในช่วงเช้า (8.00-10.00น) อุณหภูมิภายในปล่องของมวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) จะสูงกว่ามวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) เนื่องจากมีมวลน้อยกว่าสามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่า แต่หลังจากนั้น อุณหภูมิที่จุดกลางของปล่อง (T2) ของการใช้มวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) จะต่ำกว่าการใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) ทั้งๆที่ อุณหภูมิที่ต้นปล่อง (T3) และปลายปล่อง (T1) ของการใช้มวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) ยังคงสูงกว่าการใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย จนกระทั่งเวลาใกล้ค่ำ (16.00-17.30) อุณหภูมิที่ต้นปล่อง (T3) ของการใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) ก็สูงกว่าการใช้มวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) อันเนื่องมาจากมวลที่มากกว่าจึงสะสมความร้อนไว้ได้นานกว่า จึงพอสรุปได้ว่าโดยส่วนใหญ่ แล้วการใช้มวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) จะมีอุณหภูมิภายในปล่องที่สูงกว่าการใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) แม้ว่าการใช้มวลน้อย (กระเบื้องลอนคู่) จะให้อัตราการระบายอากาศที่ต่ำกว่า แต่ก็สามารถสร้างให้เกิดความร้อนภายในปล่องได้มากกว่าการใช้มวลมาก (กระเบื้องซีแพคโมเนีย) ซึ่งตามทฤษฎีแล้วควรจะมีการระบายอากาศที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตียังมีข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ อุณหภูมิที่ปลายปล่อง(T1)ของการใช้มวลมาก(กระเบื้องซีแพค โม่เนีย) กลับมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่กลางปล่อง ในขณะที่หน่วยทดสอบอีก2หน่วยที่เหลือจะมีพฤติกรรมทางความร้อนภายในปล่องตามทฤษฎีคือ ที่ต้นปล่องอุณหภูมิจะต่ำจากนั้นจึงสูงขึ้นตามความสูงของปล่องจนถึงปลายปล่อง ดังนั้นความผิดปกติที่เกิดขึ้นจึงส่งผลกระทบต่อตัวแปรด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ซึ่งสันนิษฐานว่าผลดังกล่าวเกิดจากการที่แรงเคลื่อนของจากภายในปล่องมีไม่มาก ไม่สามารถเอาชนะแรงของ ลม ทวน (Turbulence) ที่เกิดขึ้นที่ปลายปล่องได้

สรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบวิธีทำความร้อนด้วยมวลและการรับรังสีแล้ว ความแตกต่างของอุณหภูมิกับอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการทำความร้อนด้วยวัสดุขุมที่มีมวลมากกับวัสดุขุมที่มีมวลน้อยพบว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทางตรงข้าม(ซึ่งอาจเกิดจากแรงลมทวนที่เกิดขึ้นที่ปลายปล่อง หรือจากความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ)

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วถึงวิธีการในการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบโดยอาศัยผลการระบายอากาศและผลของอุณหภูมิภายใน ณ จุดที่อยู่อาศัย นอกจากวิธีดังกล่าวแล้วยังสามารถอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของสมการที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม(หัวข้อ2.1.5) ในการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบแต่จะเป็นเพียงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศเท่านั้น เนื่องจากสมการดังกล่าวไม่ได้นำตัวแปรด้านอุณหภูมิภายในเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยสมการนั้นได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศกับตัวแปรอื่นๆ ไว้ดังนี้

$$Q = KA\sqrt{H\Delta T}$$

Q = อัตราการระบายอากาศ (cfm)

K= ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ = 9.4

A = พื้นที่หน้าตัดของปล่อง ด้านที่เล็กที่สุด (ft²)

H = ความสูงระหว่างช่องทางเข้า และทางออก (ft)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน และภายนอก ('F) 1

จากการทดลองที่ทราบถึงค่าของตัวแปรตั้งแต่ อัตราการระบายอากาศ พื้นที่หน้าตัดของปล่อง ความสูงของปล่องและความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทำให้เราสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์(K) ได้ของหน่วยทดสอบแต่ละตัวได้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ของหน่วยทดสอบที่ 1-3

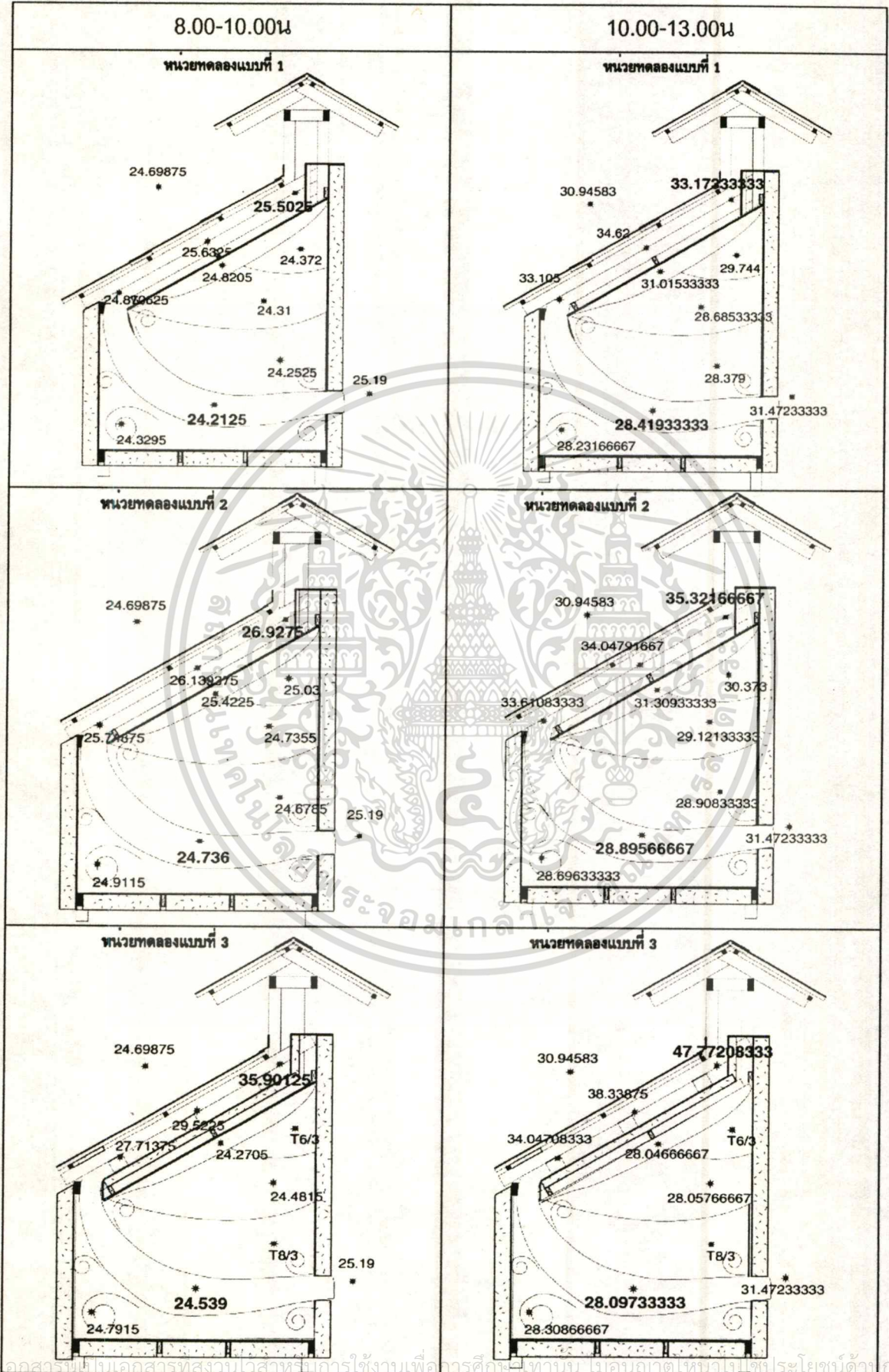
หน่วยทดสอบ	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (K)
หน่วยทดสอบที่ 1	16.458
หน่วยทดสอบที่ 2	3.9394
หน่วยทดสอบที่ 3	4.5738

เห็นได้ว่าการรับรังสี(หน่วยทดสอบที่3)นั้นมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์(K) สูงกว่าแบบใช้มวลน้อย(หน่วยทดสอบที่2)สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพที่ผ่านมา แต่ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์(K) ของการใช้มวลมาก(หน่วยทดสอบที่1)นั้นสูงมากจากการที่มีอัตราการระบายอากาศที่สูงแต่ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต่ำ ที่คาดว่ามาจากความผิดปกติของอุณหภูมิที่ปลายปล่องที่ต่ำกว่ากลางปล่องดังที่กล่าวไปแล้ว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมด้วย

นอกจากนั้นยังเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์(K) ของการรับรังสี และ การใช้มวลน้อย นั้นต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งสันนิษฐานว่ามาจากความสูงของปล่องของหน่วยทดสอบที่เตี้ยเกิน จึงทำให้อากาศยังไม่ขยายตัวถึงจุดสูงสุด การถ่ายเทอากาศจึงเกิดขึ้นน้อย ซึ่งถ้าเพิ่มความสูงของหน่วยทดลองขึ้นจะช่วยให้การระบายอากาศเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ของกระเบื้องลอนคู่ควรเทียบได้กับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม โดยถ้าเป็นไปตามสมมุติฐานดังกล่าว การใช้กระเบื้องโปร่งแสงก็จะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(K)ที่สูงกว่าค่าที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างมาก

จากผลทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าการรับรังสี(วัสดุผนังแบบใส)ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้มวล(วัสดุผนังแบบทึบ)ทั้งทางด้านทำให้อัตราการถ่ายเทอากาศที่มากกว่าและการทำให้อุณหภูมิบริเวณที่อยู่อาศัยเย็นกว่า ซึ่งผลของอัตราการระบายอากาศที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก และการทำความร้อนด้วยการใช้รังสีคลื่นสั้นบวกกับการสะท้อนรังสีของแผ่นฟลอยด์ จะให้ผลดีกว่าการทำความร้อนด้วยการใช้มวลสารในการสะสมความร้อนแล้วนำความร้อนและแผ่รังสีคลื่นยาวสู่อากาศภายใน

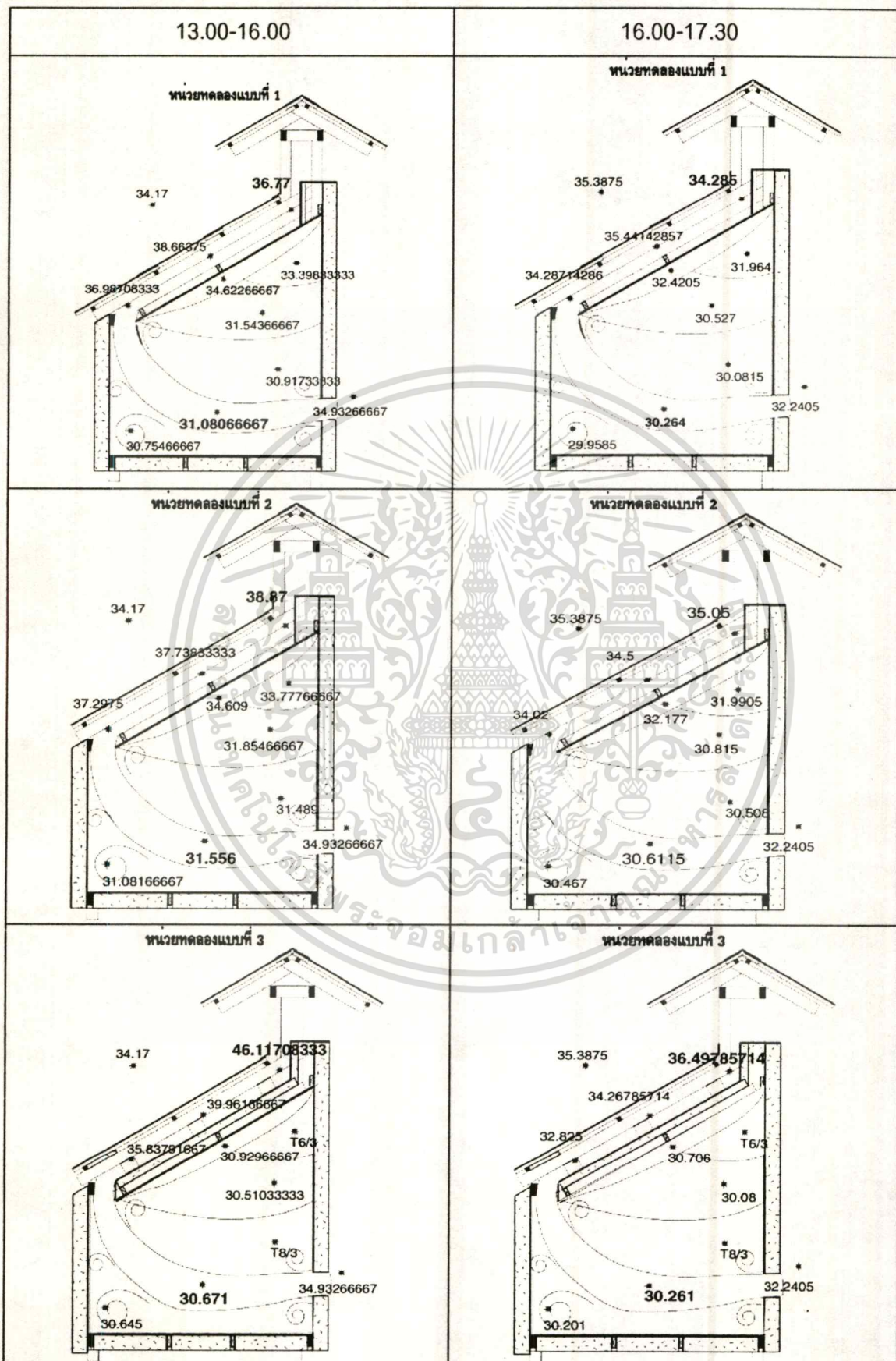
ตารางที่ 5.8 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่ 1 ถึง 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อมีข้อตกลงใหม่ให้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่1 ถึง 3(ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์ผลเพื่อตอบคำถามการวิจัยที่ 2

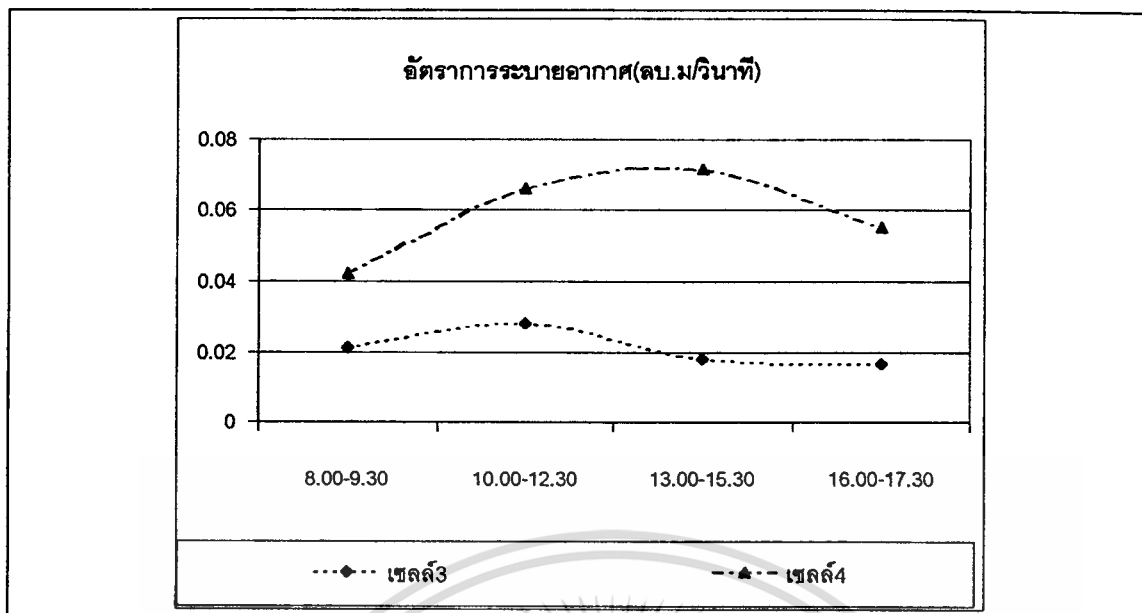
จากคำถามการวิจัยที่ 2 ในกรณีที่ทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสี สามารถขยายปล่องเป็นปล่อง 2 ชั้นได้หรือไม่ โดยอาศัยความร้อนจากโลหะแทรกกลางทั้งจากทิศด้านหน้าและทิศด้านหลังร่วมกัน เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้หรือไม่ และจะช่วยลดอุณหภูมิภายในได้หรือไม่?

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตอนต้นของบทว่าในการคำถามการวิจัยนี้จะอาศัยผลของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4 ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ หน่วยทดสอบที่ 3 นั้นเป็นหน่วยทดสอบที่ไม่มีโลหะแทรกกลางซึ่งจะมีปล่องชั้นเดียว ส่วนหน่วยทดสอบที่ 4 เป็นหน่วยทดสอบที่มีโลหะแทรกกลางจึงมีปล่อง 2 ชั้น นอกจากความแตกต่างในประเด็นนี้แล้ว คุณลักษณะด้านอื่นของหน่วยทดสอบทั้ง 2 จะถูกควบคุมให้เหมือนกันไม่ว่าจะเป็นวัสดุผนัง ความเอียงของฝ้า หรือ ตำแหน่งของช่องดึงอากาศเข้าปล่องและตำแหน่งของหน้าต่างดังตารางที่ 5.7 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.9 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4

	วิธีการทำความร้อน			จำนวนชั้นของปล่อง		ความเอียงของฝ้า		ตำแหน่งช่องดึงอากาศเข้าปล่อง และหน้าต่าง	
	มวลดมาก (ซีแพคโมเนียตีค่า)	มวลดน้อย (กระเบื้องลอนคู่ตีค่า)	รับรังสี (กระเบื้องโปร่งแสง)	ปล่อง 1 ชั้น (ไม่มีโลหะแทรกกลาง)	ปล่อง 2 ชั้น (มีโลหะแทรกกลาง)	ฝ้าเอียงตามแนว จันทัน	ฝ้าตรงในแนว ระดับ	ช่องดึงอากาศอยู่ตรงกับปล่องและหน้าต่างอยู่ด้านตรงข้ามการกับแผงหลังคา	ช่องดึงอากาศอยู่ไม่ตรงกับปล่องและหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา
เซลล์ 3			X	X		X		X	
เซลล์ 4			X		X	X		X	

จากผลการสรุปข้อมูลด้านอัตราการถ่ายอากาศ (หัวข้อ 4.1.3 หรือตารางที่ 4.23) พบว่า เมื่อใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่อง 2 ชั้น (เซลล์ 4) มีผลให้มีอัตราการระบายอากาศเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก (ภาพที่ 5.6) โดยมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.10) สันนิษฐานว่าปัจจัยหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของปล่องโดยรวม (ปล่อง 2 ชั้น) ในขณะที่พื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นของนี้ไม่ได้ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกลดลง (ภาพที่ 5.9) โดยจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบแล้ว



ภาพที่ 5.6 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4

ตารางที่ 5.10 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่ 3-4

	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศ เซลล์ 3 (ลบ.ม./วินาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายอากาศ เซลล์ 4 (ลบ.ม./วินาที)
8.00น-10.00น	0.0214	0.0419
10.00น-13.00น	0.0278	0.0661
13.00น-16.00น	0.0182	0.0714
16.00น-17.00น	0.0165	0.0550
ค่านัยสำคัญ	0.011022*	

* = $p < 0.10$, ** = $p > 0.005$

ส่วนความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยกับอัตราการระบายอากาศนั้นพบว่า การทำปล่อง 2 ชั้น ซึ่งมีโลหะแทรกกลาง (เซลล์ 4) นั้นให้การระบายอากาศที่มากกว่าอย่างมาก ขณะเดียวกันก็ทำให้อุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (T9) เย็นกว่าด้วย (ดังเห็นได้จากภาพที่ 5.7 และ 5.8 หรือ ในตารางที่ 4.23) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่เมื่อทำปล่อง 2 ชั้น ซึ่งมีโลหะแทรกกลางแล้ว จะให้การระบายอากาศได้ดีขึ้น และป้องกันความร้อนสู่ภายในได้ดีขึ้น และการถ่ายเทอากาศที่มากขึ้นก็ทำให้อากาศภายในนั้นเย็นลงด้วย และเมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (T9) ของทั้ง 2 หน่วยทดสอบ (หัวข้อ 4.2.2) ก็พบว่าเป็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญดังตารางที่ 5.11

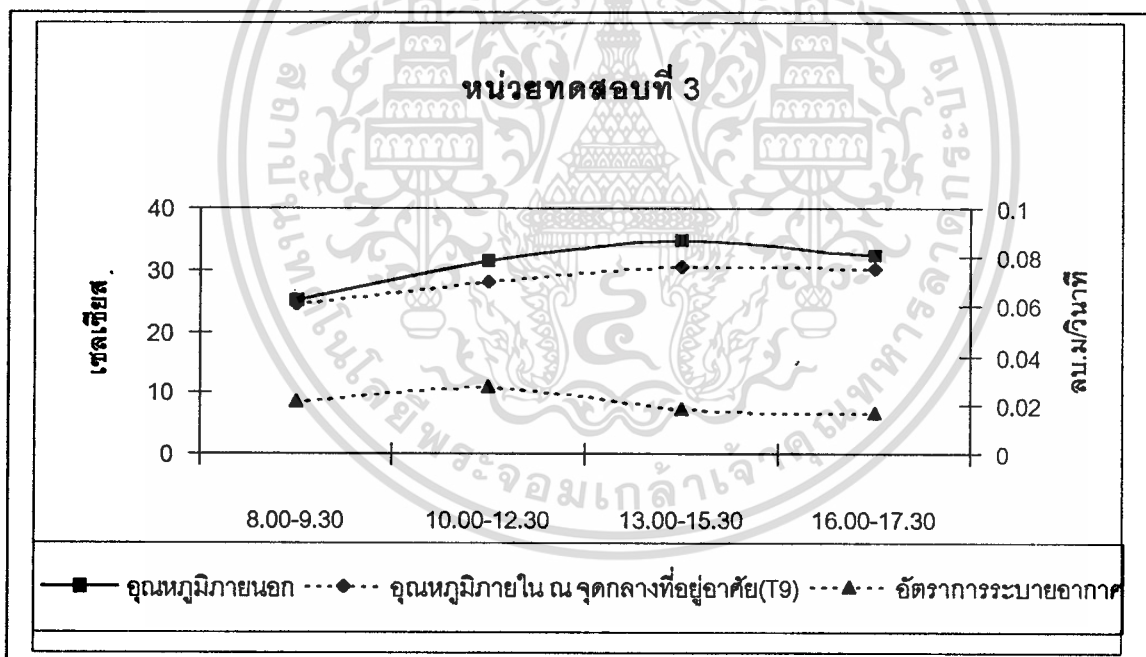
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายใน ณ จุดกลางที่อยู่อาศัยกับอัตราการระบายอากาศนั้นเป็นไปในทางเดียวกัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลาง

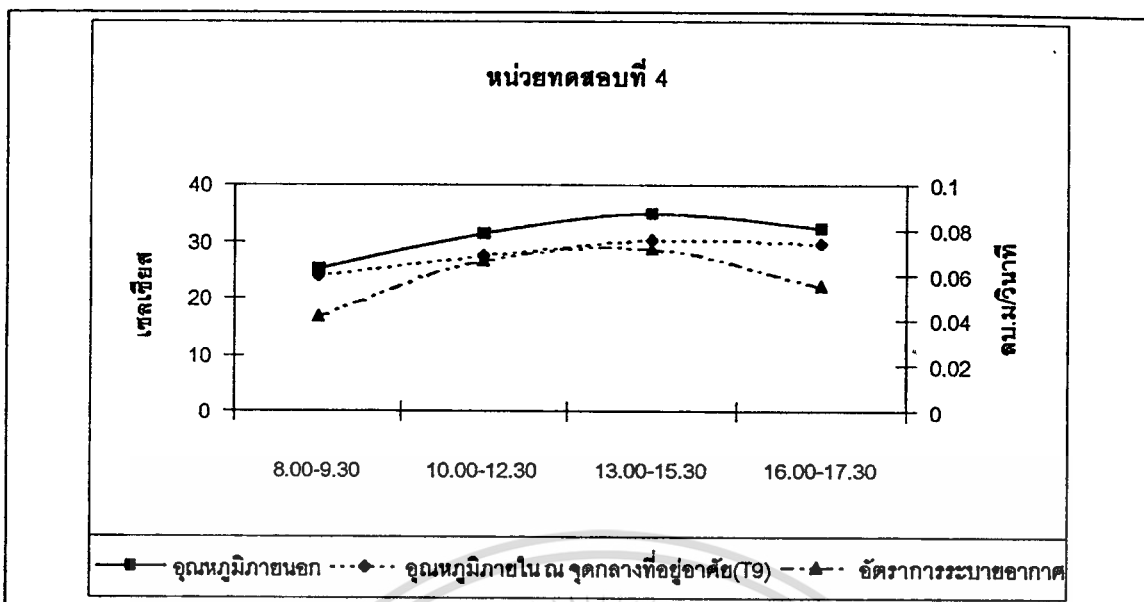
ตารางที่ 5.11 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่ 3และ4

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (T9)		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 3	เซลล์ 4	
8.00น-10.00น	24.539	23.998	0.000463**
10.00น-13.00น	28.097	27.570	0.00001732**
13.00น-16.00น	30.671	30.196	0.000126**
16.00น-17.00น	30.261	29.674	0.00058**

* = p<0.10, ** = p>0.005



ภาพที่ 5.7 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 3



ภาพที่ 5.8 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 4

หลังจากที่ได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ที่นำไปสู่การบ่งบอกถึงประสิทธิภาพดังกล่าวแล้ว ต่อมาจะเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบในจุดอื่นๆ และพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น(ตารางที่ 5.14 หรือตารางที่ 4.23) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิที่ใต้ฝ้า(T5)ของหน่วยทดลองที่ทำปล่อง 2 ใต้โดยมีโลหะแทรกกลาง(เซลล์ 4)นั้นต่ำกว่า หน่วยทดลองที่มีปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์ 3) ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิภายในปล่องที่ติดอยู่กับฝ้า(ปล่องล่าง)ของหน่วยทดลองที่มีปล่อง 2 ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางนั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหน่วยทดลองที่มีปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลาง ดังนั้นจึงถ่ายเทความร้อนสู่ฝ้าน้อยกว่า

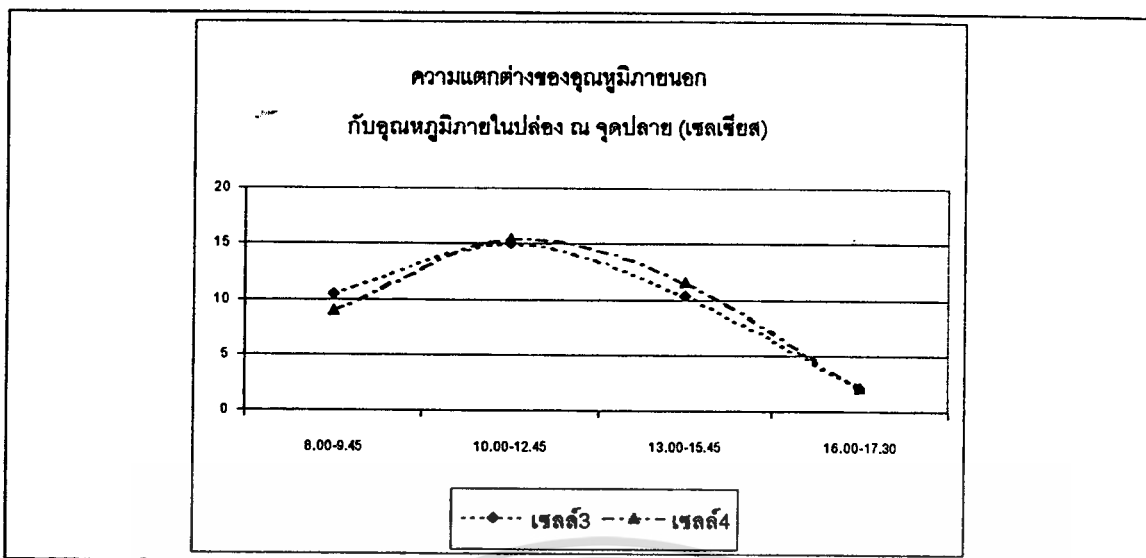
ส่วนอุณหภูมิภายในจุดอื่นๆ(T6-T10)ก็พบว่า หน่วยทดลองที่มีปล่อง 2 ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลาง(เซลล์ 4)นั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหน่วยทดสอบที่มีปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีแผ่นโลหะแทรกกลาง(เซลล์ 3) สันนิษฐานว่ามาจาก การถ่ายเทความร้อนจากหลังคาที่น้อยกว่า และอัตราการถ่ายเทอากาศที่มากกว่า อันเนื่องมาจากมีพื้นที่หน้าตัดของปล่องที่มากกว่า

จึงเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ(ไม่รวมอุณหภูมิภายในปล่อง)ของหน่วยทดสอบที่ใช้โลหะแทรกกลาง(เซลล์ 4)มีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่ใช้โลหะแทรกกลาง(เซลล์ 3)ทุกจุด ในขณะที่เดียวกันก็มีอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าอย่างมาก ซึ่งเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของการใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่อง 2 ชั้นในระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์

หลังจากที่ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบทั้งในด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในที่เกิดขึ้น ต่อไปจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในปล่องกับอัตราการระบายอากาศ รวมถึงรายละเอียดของข้อสันนิษฐานถึงสาเหตุของอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบผลความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก โดยในหน่วยทดสอบที่มีปล่อง 2 ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางนั้นจะทำให้ค่าผลรวมของความแตกต่างของอุณหภูมิของทั้ง 2 ชั้นรวมกัน โดยสาเหตุที่ไม่แยกพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละปล่องนั้นเนื่องจาก หน่วยทดสอบที่ใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่อง 2 ชั้นนี้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับหน่วยทดสอบที่ไม่ใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่องชั้นเดียว แต่หน่วยทดสอบที่ใช้โลหะแทรกกลางนี้ต้องแบ่งพลังงานไปทำความร้อนให้กับปล่องถึง 2 ชั้นขณะที่หน่วยทดสอบที่ไม่ใช้โลหะแทรกกลางจะใช้พลังงานไปทำความร้อนให้กับปล่องเพียงชั้นเดียว ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจึงควรเป็นผลรวมของความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในปล่องทั้ง 2 ชั้น ซึ่งวิธีการนี้จะสอดคล้องกับผลด้านอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบซึ่งจะเป็นผลรวมของอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบนั้นๆ เช่นกัน

จากวิธีการดังกล่าว แม้ว่าเมื่อทดสอบค่านัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า โดยส่วนใหญ่จะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.12) แต่อย่างไรก็ดีจากผลของการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นพบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่ทำปล่อง 2 ชั้นซึ่งใช้โลหะแทรกกลาง (เซลล์ 4) นั้นสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลางในช่วงเวลา 10.00น-17.30น. (ภาพที่ 5.9 หรือตารางที่ 5.24) โดยเฉพาะในช่วงบ่ายจะสูงกว่ามากจนระดับความเชื่อมั่นของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้น นั้นสูงใกล้เคียงกับความมีนัยสำคัญ ซึ่งแม้ว่าในช่วงเวลาอื่นจะสูงกว่าไม่มากแต่ก็ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแผ่นโลหะแทรกกลาง เนื่องจากเมื่อใช้โลหะแทรกกลางจะมีปล่อง 2 ชั้นซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของปล่องโดยรวมเป็น 2 เท่าจึงมีปริมาตรอากาศที่ต้องทำความร้อนเพิ่มเป็น 2 เท่า แต่ยังสามารถทำความร้อนให้กับปล่องได้มากกว่าการไม่ใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่องเพียงปล่องเดียว ส่วนในช่วงเวลา 8.00น-10.00 นั้นความแตกต่างของอุณหภูมิในหน่วยทดสอบที่ทำปล่อง 2 ชั้นซึ่งใช้โลหะแทรกกลางจะต่ำกว่าหน่วยทดสอบทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลางอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.12) ซึ่งสันนิษฐานว่ามาจากปริมาตรของอากาศในปล่องที่มากกว่าเป็น 2 เท่าจึงทำความร้อนได้ช้ากว่าในช่วงต้นของวัน



ภาพที่ 5.9 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่3-4

ตารางที่ 5.12 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่3-4

	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 3	เซลล์ 4	
8.00น-10.00น	10.463	8.991	0.092107*
10.00น-13.00น	15.005	15.499	0.670349
13.00น-16.00น	10.413	11.611	0.1798126
16.00น-17.00น	2.126	2.020	0.811965

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบผลของอัตราการระบายอากาศกับความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น พบว่าในช่วงต้นของวัน(8.00น-10.00น) หน่วยทดสอบที่ทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางนั้น(เซลล์4)มีอัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์3)อย่างมาก แต่หน่วยทดสอบที่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์4)กลับมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่า ในเวลาต่อมา (10.00น-17.30น) หน่วยทดสอบที่ทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลาง(เซลล์4)นั้นจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลาง (เซลล์3)เล็กน้อย ในขณะที่หน่วยทดสอบที่ทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลาง(เซลล์4) มีอัตราการระบายอากาศที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลาง (เซลล์3)อย่างมาก เห็นได้ว่าในช่วงเวลาหลังนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิเริ่มมีความสอดคล้องกันกับอัตราการระเหยอากาศ แม้จะไม่ได้สอดคล้องอย่างเป็นสัดส่วน

จึงพอสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง2นั้นยังไม่ชัดเจนคือ ในช่วงต้นของวัน(8.00-10.00)ความสัมพันธ์จะเป็นไปในทางตรงข้าม แต่ในเวลาต่อมาของทั้งวัน(10.00-17.30)จะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน

จากผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในปล่องกับอัตราการระเหยอากาศดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ายังมีตัวแปรอื่นที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยอากาศที่นอกเหนือจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ซึ่งหน่วยทดสอบทั้ง 2 ยังมีความแตกต่างกันในด้านพื้นที่หน้าตัดโดยรวมของปล่อง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีทฤษฎีที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรนี้ว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของปล่องนั้นมีผลต่ออัตราการระเหยอากาศมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ก็สอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าว เพราะเมื่อใช้โลหะแทรกกลางจะมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าการไม่ใช้โลหะแทรกกลางถึง 2 เท่า ในขณะที่การใช้โลหะแทรกกลางมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงกว่าการไม่ใช้โลหะแทรกกลางเพียงเล็กน้อย แต่ทำให้อัตราการระเหยอากาศในหน่วยทดสอบที่ใช้โลหะแทรกกลางสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่ใช้โลหะแทรกกลางอย่างมากแม้ในช่วงเวลาที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่น้อยกว่า จึงสันนิษฐานว่าสาเหตุที่อัตราการระเหยอากาศของหน่วยทดสอบที่มีโลหะแทรกกลางจะสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่มีโลหะแทรกกลางอย่างมาก ในขณะที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงกว่าไม่มากนัก นั้นเนื่องมาจากการมีพื้นที่หน้าตัดโดยรวมของปล่องที่มากกว่า

และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในปล่องแต่ละจุดพบว่า (ดูตารางที่5.14 หรือตารางที่4.24) อุณหภูมิภายในปล่องของปล่องด้านบน(T1,T2,T3) ของแบบปล่อง2ชั้นที่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์ 4) นั้นยังต่ำกว่าอุณหภูมิภายในปล่อง(T1,T2,T3) ของหน่วยทดสอบแบบปล่องชั้นเดียวที่ไม่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์3) แต่เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในปล่องชั้นล่าง(T12,T13,T14)แล้วจะต่ำกว่าอุณหภูมิภายในปล่อง(T1,T2,T3) ของหน่วยทดสอบที่ไม่มีโลหะแทรกกลาง(เซลล์3)ซึ่งจะมีปล่องเดียวไม่มากนัก โดยเฉพาะในช่วงเย็น(16.00-17.30) อุณหภูมิภายในปล่องชั้นล่างจะพอกพูนกับอุณหภูมิภายในปล่อง ของหน่วยทดลองที่มีปล่องเดียว

เป็นที่น่าสังเกตว่าในหน่วยทดลองที่ทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางนั้น ปล่องที่อยู่ด้านล่าง(T12,T13,T14)จะมีอุณหภูมิสูงกว่าปล่องที่อยู่ด้านบน(T1,T2,T3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแผ่รังสีคลื่นยาวและการนำความร้อนจากแผ่นโลหะแทรกกลางมีค่ามากกว่าการสะท้อนรังสีของอุณหภูมิแผ่ลอยด์ทำให้เกิดความร้อนมากกว่า การแผ่รังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์กับการแผ่รังสีคลื่นยาวของแผ่นโลหะดำ

ส่วนอุณหภูมิในตำแหน่งความสูงต่างของปล่องยังคงเป็นไปตามทฤษฎีคืออุณหภูมิในปล่องจะสูงขึ้นเรื่อยๆตามความสูงของปล่องที่เพิ่มขึ้น

สามารถสรุปได้ว่าอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ทำปล่อง2ชั้นซึ่งมีโลหะแทรกกลางจะสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวซึ่งไม่มีโลหะแทรกกลางอย่างมาก แม้ว่าจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงกว่าไม่มากนักนั้นเนื่องมาจากการมีพื้นที่หน้าตัดโดยรวมของปล่องที่มากกว่า นอกจากนั้นยังพบว่ากระแสรังสีคลื่นยาวจากแผ่นโลหะแทรกกลางมีค่าผกผันกับการสะท้อนรังสีความร้อนของอลูมิเนียมฟลอยด์ทำให้เกิดความร้อนมากกว่า การแผ่รังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์กับการแผ่รังสีคลื่นยาวและการนำความร้อนของแผ่นโลหะดำ

หลังจากที่ได้วิเคราะห์สรุปสาเหตุของอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นแล้วต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการระบายอากาศอีกด้วยดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามวิธีการเดียวกันกับการตอบคำถามการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของการใช้โลหะแทรกกลางซึ่งมีปล่อง2ชั้นนั้นแม้ว่ามีพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่า และมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกสูงกว่าไม่มากนักแต่ให้อัตราการระบายอากาศมากกว่า ก็ยังก่อให้เกิด ค่าสัมประสิทธิ์ที่มากกว่าด้วย (ตาราง5.13)

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่ 3และ4

	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์
เซลล์3	4.5738
เซลล์4	6.5702

จากทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้วัสดุแบบใส่นั้น การทำปล่อง2ชั้นโดยใช้โลหะแทรกกลางจะให้ผลดีกว่าการทำปล่องชั้นเดียวที่ไม่มีโลหะแทรกกลางทั้งในด้านอัตราการถ่ายเทอากาศและความเย็นของบริเวณที่อยู่อาศัย ส่วนด้านความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านอัตราการระบายอากาศกับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องนั้นยังไม่ชัดเจนคือ ในช่วงต้นของวัน(8.00-10.00)จะสัมพันธ์ในทางตรงข้าม แต่ในเวลาต่อมาของทั้งวัน(10.00-17.30)จะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ซึ่งสาเหตุที่อัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ทำปล่อง2ชั้นโดยใช้โลหะแทรกกลางจะสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ทำปล่องชั้นเดียวโดยไม่มีโลหะแทรกกลางอย่างมาก แม้ว่าจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงกว่าไม่มากนักนั้นเนื่องมาจากการมีพื้นที่หน้าตัดโดยรวมของปล่องที่มากกว่า นอกจากนั้นยังพบว่ากระแสรังสีคลื่นยาวจากแผ่นโลหะแทรกกลางมีค่าผกผันกับการสะท้อนรังสีของอลูมิเนียมฟลอยด์ทำให้เกิดความร้อนมากกว่า การแผ่รังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์กับการแผ่รังสีคลื่นยาวของแผ่นโลหะดำ

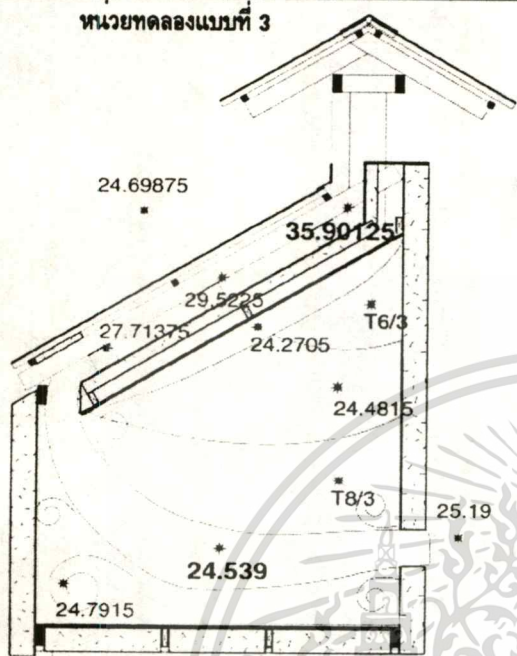
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

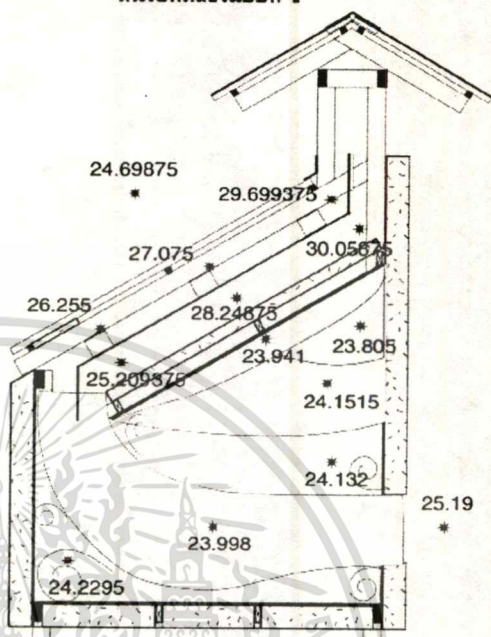
ตารางที่ 5.14 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4

8.00น - 10.00น

หน่วยทดลองแบบที่ 3

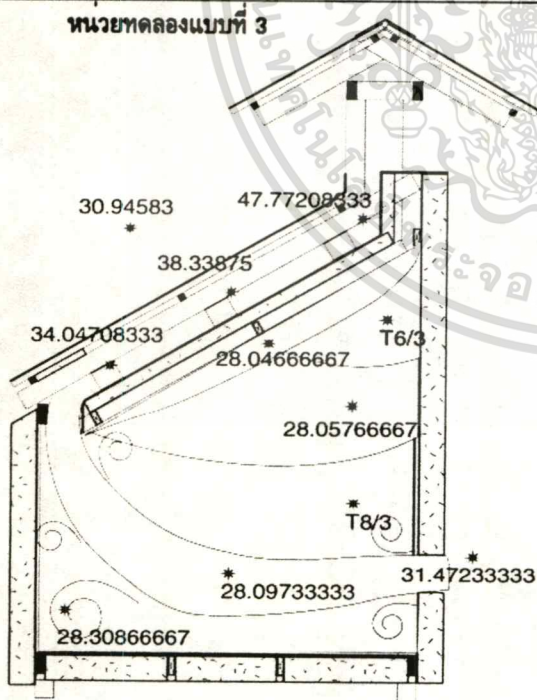


หน่วยทดลองแบบที่ 4

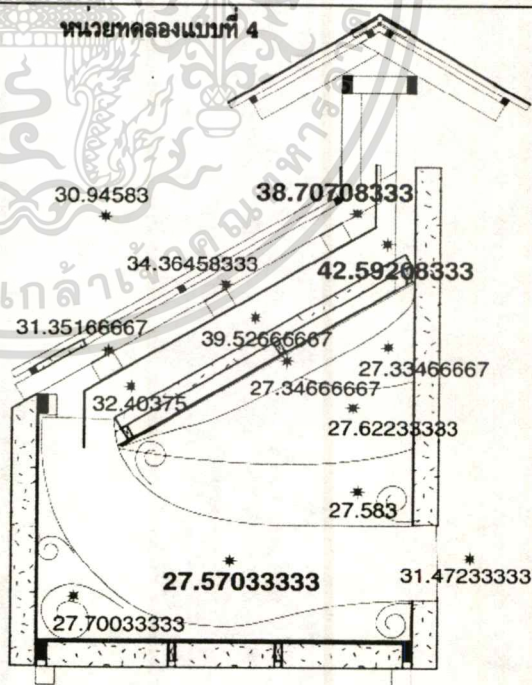


10.00น - 13.00น

หน่วยทดลองแบบที่ 3

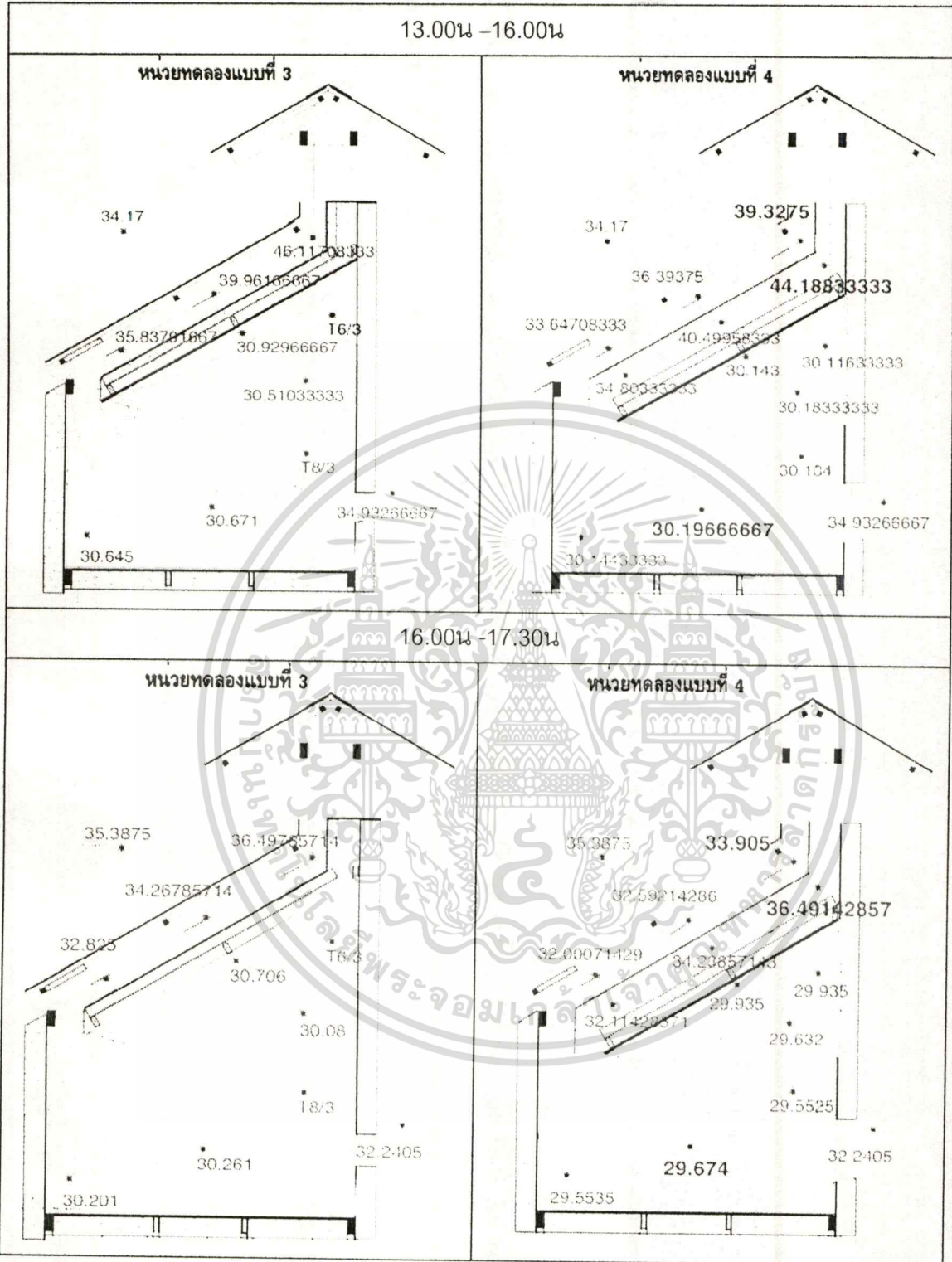


หน่วยทดลองแบบที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.14 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่ 3 และ 4(ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การวิเคราะห์ผลเพื่อตอบคำถามการวิจัยที่ 3

จากคำถามการวิจัยที่ 3 ฝ่าโนแนวระดับ มีผลกระทบกับอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในอย่างไร เมื่อเทียบกับการฝ้าลาดเอียงในแนวจันทัน มวลของอากาศที่มากขึ้นจะช่วยเป็นฉนวนกันความร้อนสู่ภายในตามหลักการของ Dead Air Pocket หรือไม่

ในการตอบคำถามการวิจัยนี้จะอาศัยข้อมูลของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5 โดยหน่วยทดสอบที่ 4 เป็นหน่วยทดสอบที่มีฝ้าเอียงตามแนวจันทัน แต่หน่วยทดสอบที่ 5 เป็นหน่วยทดสอบที่มีฝ้าตรงในแนวระดับ และจากการที่มีฝ้าตรงนี้ทำให้มีปริมาตรอากาศส่วนหนึ่งอยู่เหนือฝ้าแต่อยู่ได้จนวนซึ่งตามทฤษฎีแล้วปริมาตรอากาศนี้สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนได้อีกชั้นหนึ่งตามหลักการของ Dead Air Pocket ในขณะที่หน่วยทดสอบที่เป็นฝ้าเอียงจะไม่มีปริมาตรอากาศนี้ ซึ่งนอกจากความแตกต่างของคุณลักษณะด้านความเอียงของฝ้าดังกล่าวแล้วหน่วยทดสอบทั้ง 2 จะถูกควบคุมให้มีคุณลักษณะด้านอื่นให้เหมือนกันดังตาราง 5.11. โดยสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.15 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5

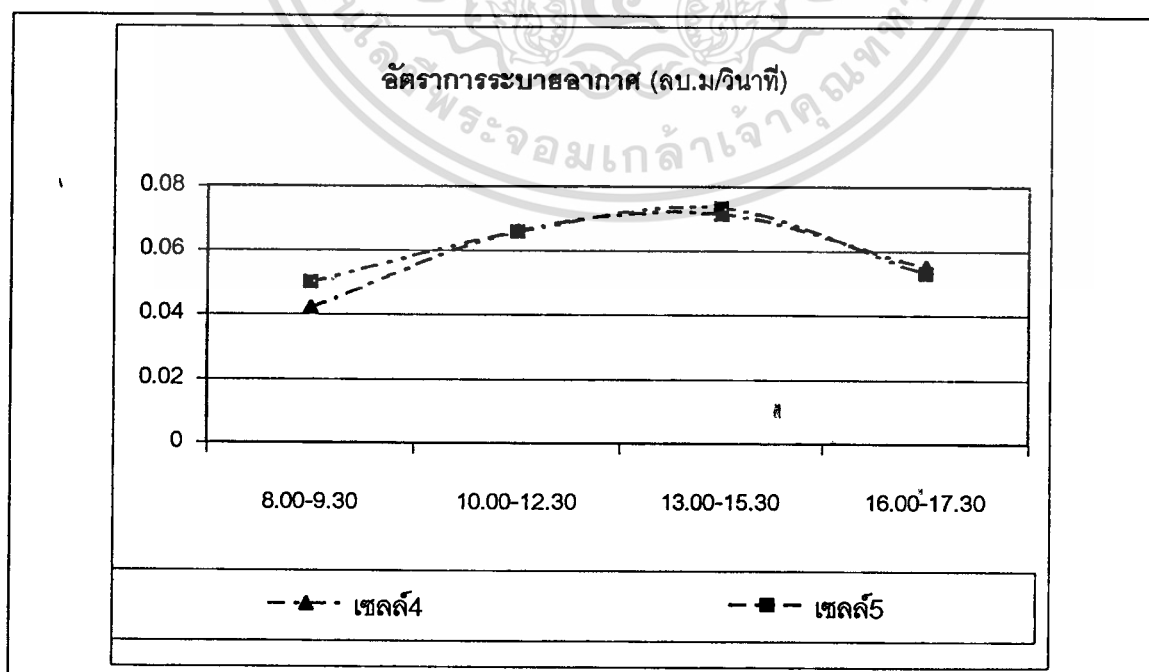
	วิธีการทำความร้อน			จำนวนชั้นของปล่อง		ความเอียงของฝ้า		ตำแหน่งช่องดึงอากาศ เข้าปล่อง และหน้าต่าง	
	มวลมาก (ซีแพคโม เนียสตัด้า)	มวลน้อย (กระเบื้อง ลอนคู่ตัด้า)	รับรังสี (กระเบื้อง โปรงแสง)	ปล่อง 1 ชั้น (ไม่มี โลหะ แทรก กลาง)	ปล่อง 2 ชั้น (มีโลหะ แทรก กลาง)	ฝ้าเอียง ตามแนว จันทัน	ฝ้าตรงใน แนว ระดับ	ช่องดึง อากาศอยู่ ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านตรง ข้ามการกับ แผงหลังคา	ช่องดึง อากาศอยู่ ไม่ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านเดียว กับแผงหลัง คา
เซลล์ 4			X		X	X		X	
เซลล์ 5			X		X		X	X	

จากการสรุปผลด้านการระบายอากาศ(หัวข้อ 4.1.3) ของหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเอียงตามแนวจันทัน (เซลล์ 4) กับหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าตรงตามแนวระดับ (เซลล์ 5) พบว่า อัตราการระบายอากาศในภาพรวมของหน่วยทดสอบทั้ง 2 นั้นมีความใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 5.10 หรือตารางที่ 4.23) จนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.16) ซึ่งสันนิษฐานว่ามาจาก วิธีการทำความร้อนให้กับปล่องหลังคาที่ใช้หลักการเดียวกันคือ การใช้วัสดุแบบโปรงแสง และใช้โลหะแทรกกลางซึ่งทำให้มีปล่อง 2 ชั้น เหมือนกันทั้ง 2 หน่วยทดสอบ อย่างไรก็ตามแม้ว่าอัตราการระบายอากาศของทั้ง 2 หน่วยทดสอบจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากความแตกต่างของปัจจัยด้านความเอียงของ

ผ้าทำให้เมื่อพิจารณาผลของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองยังสามารถอธิบายถึงอัตราการระเหยอากาศที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ (ภาพที่ 5.10 หรือ ตารางที่ 4.23)

ในช่วงเวลาเริ่มต้นของวัน(8.00น-9.30น)หน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)จะมีอัตราการระเหยอากาศที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าเอียงตามแนวจันทัน(เซลล์4) จนกระทั่งในช่วงเวลา 10.00น-12.30น หน่วยทดสอบทั้ง2จะมีอัตราการระเหยอากาศที่ใกล้เคียงกันมาก หลังจากนั้น(13.00น-15.30น) หน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)จะมีอัตราการระเหยอากาศที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าเอียงตามแนวจันทัน(เซลล์4)อีกครั้งหนึ่ง แล้วกลับมาอี้อัตราการระเหยอากาศที่ใกล้เคียงกันในเวลาเย็น(16.00น-17.30น)อีกเช่นกัน

จากผลดังกล่าวทำให้เห็นว่ามีรูปแบบ(Pattern)ของความสัมพันธ์อยู่คือ ช่วงหนึ่งจะมีอัตราการระเหยอากาศที่สูงกว่า แล้วจะกลับมาเท่ากัน จากนั้นกลับไปสูงกว่าอีกครั้งแล้วกลับมาเท่ากัน เช่นเคย ซึ่งจากรูปแบบนี้จะเห็นได้ว่าหน่วยทดสอบหน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5) จะไม่มีช่วงที่มีอัตราการระเหยอากาศที่ต่ำกว่าเลย แล้วยังมีอยู่ถึง 2 ช่วงเวลาที่หน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)จะมีอัตราการระเหยอากาศที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าเอียงตามแนวจันทัน(เซลล์4) โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่อากาศในสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงสุดของวัน(13.00น-15.00น) จึงพอสรุปได้ว่า การใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)และการใช้ผ้าเอียงตามแนวจันทัน(เซลล์4)จะมีอัตราการระเหยอากาศที่ใกล้เคียงกันจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากตัวเลขของผลการทดลองจะพบว่าการใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)จะทำให้มีอัตราการระเหยอากาศที่สูงกว่าการใช้ผ้าเอียงตามแนวจันทัน(เซลล์4)อยู่เล็กน้อย



ภาพที่ 5.10 แสดงอัตราการระเหยอากาศของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายนอกอากาศ
ในหนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่4 และหน่วยทดสอบที่5

	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายนอกอากาศ เซลล์4 (ลบ.ม./วินาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบายนอกอากาศ เซลล์5 (ลบ.ม./วินาที)
8.00น-10.00น	0.0419	0.0498
10.00น-13.00น	0.0661	0.0658
13.00น-16.00น	0.0714	0.0734
16.00น-17.00น	0.0550	0.0530
ค่านัยสำคัญ	0.449242	

หลังจากที่ได้ทราบถึงผลของอัตราการระบายนอกอากาศแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายใน (ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย(T9))กับอัตราการระบายนอกอากาศที่เกิดขึ้นดังนี้

อุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย(T9)ของทั้ง 2 หน่วยทดสอบ(ทั้งฝ้าตรงและฝ้าเอียง) โดยรวมแล้วจะมีความใกล้เคียงกัน แต่หน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าตรง(เซลล์5)จะมีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อย(ภาพที่5.11-5.12 และ ตารางที่ 4.14)อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในช่วงบ่าย(13.00น-16.00 น)ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวันอุณหภูมิของทั้ง2หน่วยทดสอบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามในช่วงเวลานี้ก็ยังมีระดับความเชื่อมั่นที่85% ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้ (ตารางที่5.16) เห็นได้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนี้จะต่างจากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ที่คาดว่า การใช้ฝ้าตรงซึ่งจะมี Dead Air Pocket ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนให้กับพื้นที่ภายใน แต่ในผลการทดลองจริงกลับปรากฏว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าตรง(เซลล์5)กลับมีอุณหภูมิภายใน ณ จุดที่อยู่อาศัย(T9) ที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเอียงซึ่งไม่มี Dead Air Pocket แม้ในช่วงเวลา 8.00-9.30 และ 13.00-15.30 ซึ่งเป็นช่วงที่หน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าตรง(เซลล์5)มีอัตราการระบายนอกอากาศที่สูงกว่า แต่กลับมีอุณหภูมิภายในที่สูงกว่าตามไปด้วย

สรุปได้ว่า แม้ว่าการใช้ฝ้าตรงตามแนวระนาบ(เซลล์5) ซึ่งจะมีทั้ง Dead Air Pocket และอัตราการระบายนอกอากาศที่ต่ำกว่า แต่ก็ยังมีอุณหภูมิภายใน ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยที่สูงกว่าการใช้ฝ้าเอียงตามแนวจันทันอย่างมีนัยสำคัญ(นอกจากในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน) ความสัมพันธ์ของอัตราการระบายนอกอากาศและอุณหภูมิภายในจึงเป็นไปในทางตรงข้าม ซึ่งสันนิษฐานว่าสาเหตุมาจาก มวลของอากาศเหนือฝ้า (Dead Air Pocket) ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในส่วนของวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิภายในจุดอื่นๆต่อไป จึงอาจกล่าวได้ว่าจากค่าตัวเลขของผลการทดลองนั้นการใช้ฝ้าตรงตามแนวระดับมีประสิทธิภาพในการระบายนอกอากาศดีกว่า การใช้ฝ้าเอียงตามแนวจันทัน แต่การทำฝ้าเอียงตามแนวจันทันจะมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นให้กับพื้นที่อยู่อาศัยได้มากกว่าการทำฝ้าตรงในแนวระดับอย่างมีนัยสำคัญ

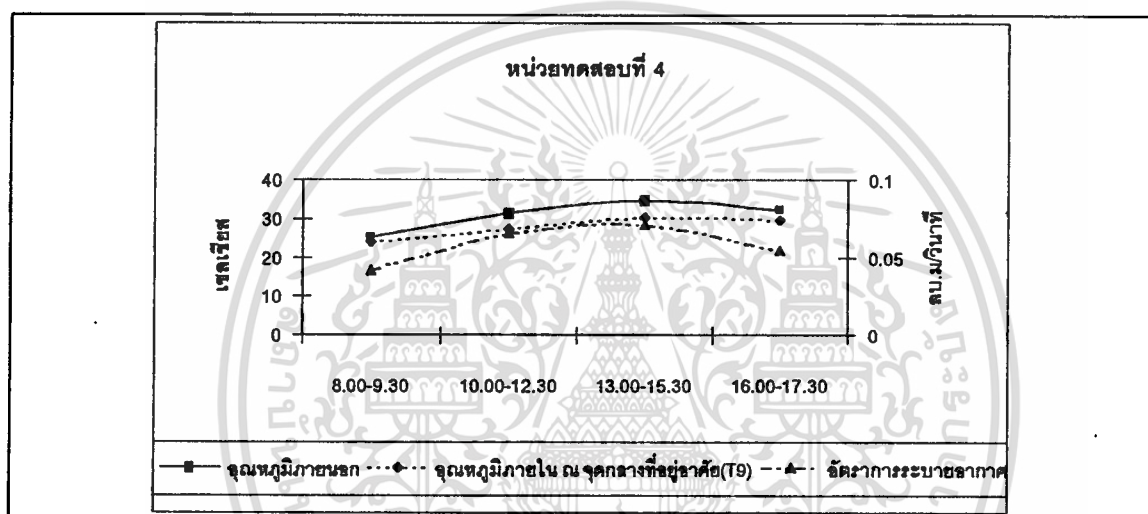
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

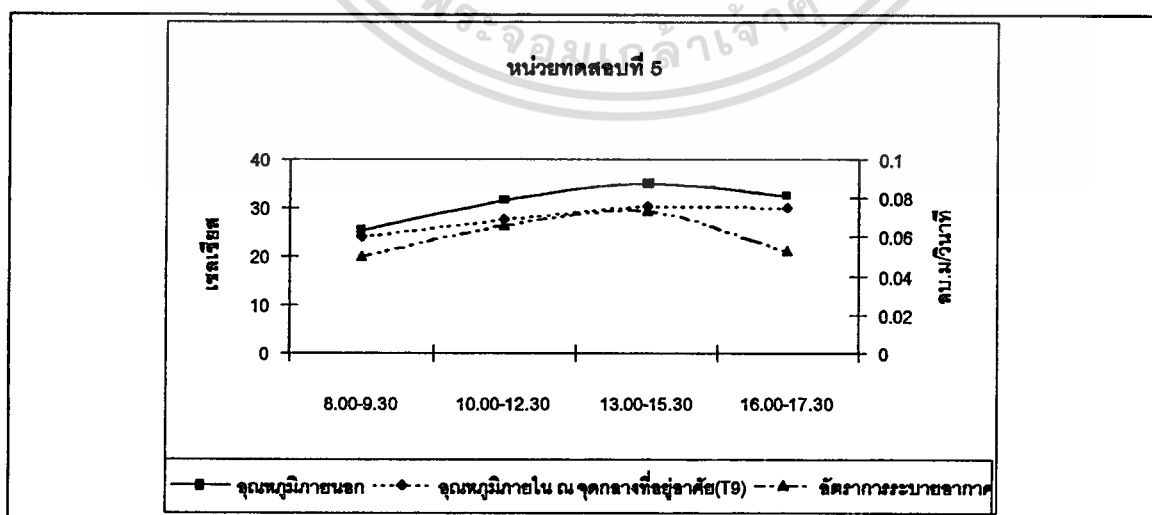
ตารางที่ 5.17 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่4-5

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (T9)		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 4	เซลล์ 5	
8.00น-10.00น	23.998	24.113	0.103866*
10.00น-13.00น	27.570	27.649	0.039506*
13.00น-16.00น	30.196	30.225	0.1565612
16.00น-17.00น	29.674	29.856	0.07794*

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$



ภาพที่ 5.11 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบในด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่4



ภาพที่ 5.12 แสดงประสิทธิภาพของหน่วยทดสอบในด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ผลกระทบ องอุณหภูมิกายในในจุดต่าง ๆ นั้นจะอธิบายถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ที่เกิดขึ้นภายใน อันนำไปสู่สาเหตุที่ทำให้หน่วยทดสอบที่มีฝ้าตรง(เซลล์5)นั้นมีอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย สูงกว่า หน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเอียง(เซลล์4)

เริ่มด้วยอุณหภูมิภายในได้ฉนวนของหน่วยทดสอบ (ตารางที่5.14 หรือตารางที่4.23) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญของคำถามการวิจัยนั้นพบว่าในหน่วยทดสอบที่มีฝ้าตรง(เซลล์5)นั้น อุณหภูมิใน ส่วนบนของ Dead Air Pocket (T6) จะสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) ในจุดเดียวกัน(T6)ตลอดทั้งวัน แต่อุณหภูมิในส่วนล่างของ Dead Air Pocket (T7) (ของเซลล์5) นั้น จะต่ำกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) อยู่ในช่วงครึ่งวันแรก (8.00น – 13.00น) หลังจากนั้นอุณหภูมิในส่วนล่างของ Dead Air Pocket (T7) ของหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket (เซลล์5) จะเริ่มสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) เนื่องจากความร้อน จากส่วนบน(T6)ของ Dead Air Pocket ได้ถ่ายเทลงมาสู่ส่วนล่าง(T7)มากขึ้น ดังเห็นได้จากในช่วง เย็น (16.00-17.30) อุณหภูมิของส่วนบน (T6) และส่วนล่าง (T7) ของหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket (เซลล์5)จะมีอุณหภูมิเท่าๆกัน ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่าของ Dead Air Pocket (T7) นี้มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับฝ้า(ของเซลล์5)และใกล้กับส่วนพื้นที่อยู่อาศัย(T8-T10) ถ้าในจุดนี้(T7)มีอุณหภูมิสูงก็จะส่งผลให้พื้นที่อยู่อาศัยมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย

จากผลดังกล่าวทำให้เห็นได้ว่า Dead Air Pocket จะมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงครึ่งวันแรก เนื่องจากสามารถกักเก็บความร้อนจากการถ่ายเทความร้อน ให้จุด T7 ของหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket (เซลล์5) มีอุณหภูมิต่ำกว่า T7 ของหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) ซึ่งโดย ทฤษฎีแล้วจะมีผลให้อุณหภูมิในพื้นที่อยู่อาศัยที่อยู่ต่ำลงมา(T8-T10) ในช่วงเวลานี้(8.00น – 13.00น)ของหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket (เซลล์5) จะต่ำกว่า หน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) แต่ผลการทดลองจริงกลับไม่เป็นเช่นนั้น ในหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket(เซลล์5) นั้นกลับมีอุณหภูมิในพื้นที่อยู่อาศัย(ที่จุด T8-T10) สูงกว่า หน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) ตลอดทั้งวัน ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจมาจากความคลาดเคลื่อนของหัววัด อุณหภูมิของหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์4) ดังเห็นได้จาก ผลการวัดอุณหภูมิใน จุดที่อยู่ต่ำกว่า(T7) กลับมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดที่อยู่สูงกว่า(T6 และ T5) ซึ่งตามทฤษฎีแล้วควรจะต่ำกว่า

อย่างไรก็ตามในช่วงครึ่งวันหลัง(13.00-17.30)นั้นอุณหภูมิในส่วนล่างของ Dead Air Pocket จะสูงขึ้นอย่างมาก จนสูงกว่า อุณหภูมิในจุดเดียวกันของหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket ซึ่งก็มีผลให้อุณหภูมิภายในพื้นที่อยู่อาศัย(T8-T10) ของหน่วยทดสอบที่มี Dead Air Pocket (เซลล์5) สูงกว่า หน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket ตามไปด้วย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า มวล (Mass)ของอากาศใน Dead Air Pocket นั้นแทนที่จะทำหน้าที่เป็นฉนวนกักความร้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บความร้อนแล้วถ่ายเทสู่พื้นที่อยู่อาศัยภายใน ในที่สุด ต่างจากหน่วยทดสอบที่ไม่มี Dead Air Pocket (เซลล์ 4 มีฝ้าเฉียง) นั้นสามารถถ่ายเทอากาศร้อนที่อยู่เหนือบริเวณที่อยู่อาศัย(T6, T7)ออกไปได้ จึงมีอุณหภูมิในส่วนที่อยู่อาศัยที่ต่ำกว่า

สรุปได้ว่า Dead Air Pocket นั้นสามารถหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนได้ในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น หลังจากนั้นจะทำหน้าที่เป็นมวลสารในการสะสมความร้อนแล้วถ่ายเทสู่พื้นที่ภายในต่อไป จึงเป็นผลให้แม้ว่าหน่วยทดสอบที่มีฝ้าตรง(เซลล์5)แม้จะมีอัตราการระบายอากาศที่มากกว่า ก็ยังมีอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยที่สูงกว่าเนื่องจากการทำฝ้าตรงทำให้มีมวลของอากาศอยู่เหนือฝ้า และกลายเป็นตัวสะสมความร้อนในที่สุดดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ถึงอุณหภูมิภายในปล่องเปรียบเทียบกับอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นนั้น หลังจากได้วิเคราะห์ถึงอัตราการระบายอากาศที่ทราบว่าการใช้ฝ้าตรงในแนวระดับจะให้อัตราการระบายอากาศที่ใกล้เคียงกับการใช้ฝ้าเฉียงในแนวจันทันจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากค่าตัวเลขของผลการทดลองแล้วการใช้ฝ้าตรงจะให้อัตราการระบายอากาศที่ดีกว่าเล็กน้อย

จากการสรุปข้อมูลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกพบว่า หน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเฉียงในแนวจันทัน(เซลล์4)กลับมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก มากกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าในตรงในแนวระดับ(เซลล์5) (ภาพที่ 5.13 ตารางที่ 4.24) โดยในช่วงเริ่มต้นของวันนั้น(8.00-9.45) ทั้ง 2 หน่วยทดสอบจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิพอๆกันจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.18) หลังจากนั้นหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเฉียงในแนวจันทัน(เซลล์4)จะเริ่มมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.18) โดยมากที่สุดในช่วงบ่าย(13.00-15.45) แล้วกลับมาใกล้เคียงกันอีกครั้งในช่วงเย็น(16.00-17.30)ซึ่งยังมีนัยสำคัญอยู่ แม้ว่าหน่วยทดสอบทั้ง 2 จะมีหลักการในการทำความร้อนให้กับปล่องเหมือนกัน แต่จากผลที่เกิดขึ้นว่าการใช้ฝ้าเฉียงนั้นก่อให้เกิดความร้อนภายในปล่องได้มากกว่าการใช้ฝ้าตรงจึงสันนิษฐานว่าความร้อนภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าตรงตามแนวระดับ(เซลล์5)อาจสูญเสียให้กับมวลสารของอากาศที่อยู่ใต้จนวน(บริเวณ Dead Air Pocket)นั่นเอง หรืออาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ

เห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบผลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิกับอัตราการระบายอากาศแล้ว จะไม่สอดคล้องกับทฤษฎีนักเนื่องจากความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรกลับเป็นไปในทางตรงข้าม คือแม้ว่าหน่วยทดสอบที่มีฝ้าเฉียงตามแนวจันทัน(เซลล์4)จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกมากกว่าแต่กลับมีอัตราการระบายอากาศที่ใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณา ค่าตัวเลขของผลการทดลองแล้วหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าเฉียงยังมีอัตราการระบายอากาศที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำกว่าอีกด้วย ในขณะที่ทั้ง 2 หน่วยทดสอบมีคุณลักษณะด้านอื่นเหมือนกันทุกด้านยกเว้นด้านความเอียงของผ้า จึงสันนิษฐานว่า เมื่อทำผ้าเอียงตามแนวจันทันแล้ว ความเอียงของผ้าอาจทำให้เกิดลมหวล (Turbulence) จนขัดขวางการไหลของอากาศที่จะไหลเข้าสู่ปล่องในที่สุด

สรุปได้ว่าการใช้ผ้าเอียงนั้นก่อให้เกิดความร้อนภายในปล่องได้มากกว่าการทำผ้าตรงในแนวระดับแต่กลับไม่ได้ก่อให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าผ้าตรงตามแนวระดับ สันนิษฐานว่าเกิดจากความเอียงของผ้าซึ่งอาจทำให้เกิดลมหวล (Turbulence) จนขัดขวางการไหลของอากาศที่จะไหลเข้าสู่ปล่อง ส่วนสาเหตุที่การใช้ผ้าแนวเอียงก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในปล่องได้มากกว่านั้น สันนิษฐานว่าความร้อนภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่ใช้ผ้าตรงตามแนวระดับ (เซลล์ 5) อาจสูญเสียให้กับมวลสารของอากาศที่อยู่ได้จนวน (บริเวณ Dead Air Pocket) นั้นเอง



ภาพที่ 5.13 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่ 4-5

ตารางที่ 5.18 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก

	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 4	เซลล์ 5	
8.00น-10.00น	8.991	8.915	0.523052
10.00น-13.00น	15.499	14.628	0.006748**
13.00น-16.00น	11.611	10.075	0.0000046**
16.00น-17.00น	2.020	1.248	0.026915*

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

เมื่อพิจารณารายละเอียดของอุณหภูมิในแต่ละจุดของปล่อง(ตารางที่5.20 หรือตารางที่4.24) พบว่ายังคงสอดคล้องกับผลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผ่านมาก็คือ ส่วนใหญ่แล้วอุณหภูมิภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าย(เซลล์4)จะสูงกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้ายตรงในแนวระดับ(เซลล์5) นอกจากอุณหภูมิในช่วงกลางของปล่องบน (T2) และช่วงต้นของปล่องล่าง(T14) ของหน่วยทดลองที่ใช้ฝ้ายตรง(เซลล์ 5)จะสูงกว่าหน่วยทดลองที่ใช้ฝ้าย(เซลล์4) ส่วนในด้านพฤติกรรมของความร้อนนั้นทั้ง2หน่วยทดสอบเป็นไปตามทฤษฎีคือ จากจุดต้นปล่องนั้นอุณหภูมิก่อตัวสูงขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดเมื่อถึงปลายปล่อง นอกจากนั้นอุณหภูมิของปล่องล่างยังคงสูงกว่าในปล่องบนเช่นเคย

หลังจากที่ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ต่ออัตราการระบายอากาศแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงการชี้วัดประสิทธิภาพในการระบายอากาศอีกทางหนึ่งด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของสมการ(หัวข้อ2.1.5)ดังนี้

จากตารางที่5.19 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้ายตรงในแนวระดับ(เซลล์5)มีค่ามากกว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้ายในแนวจันทัน(เซลล์4) สอดคล้องกับผลของอัตราการระบายอากาศ แม้ว่าหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้ายแนวตรงจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกที่ต่ำกว่า

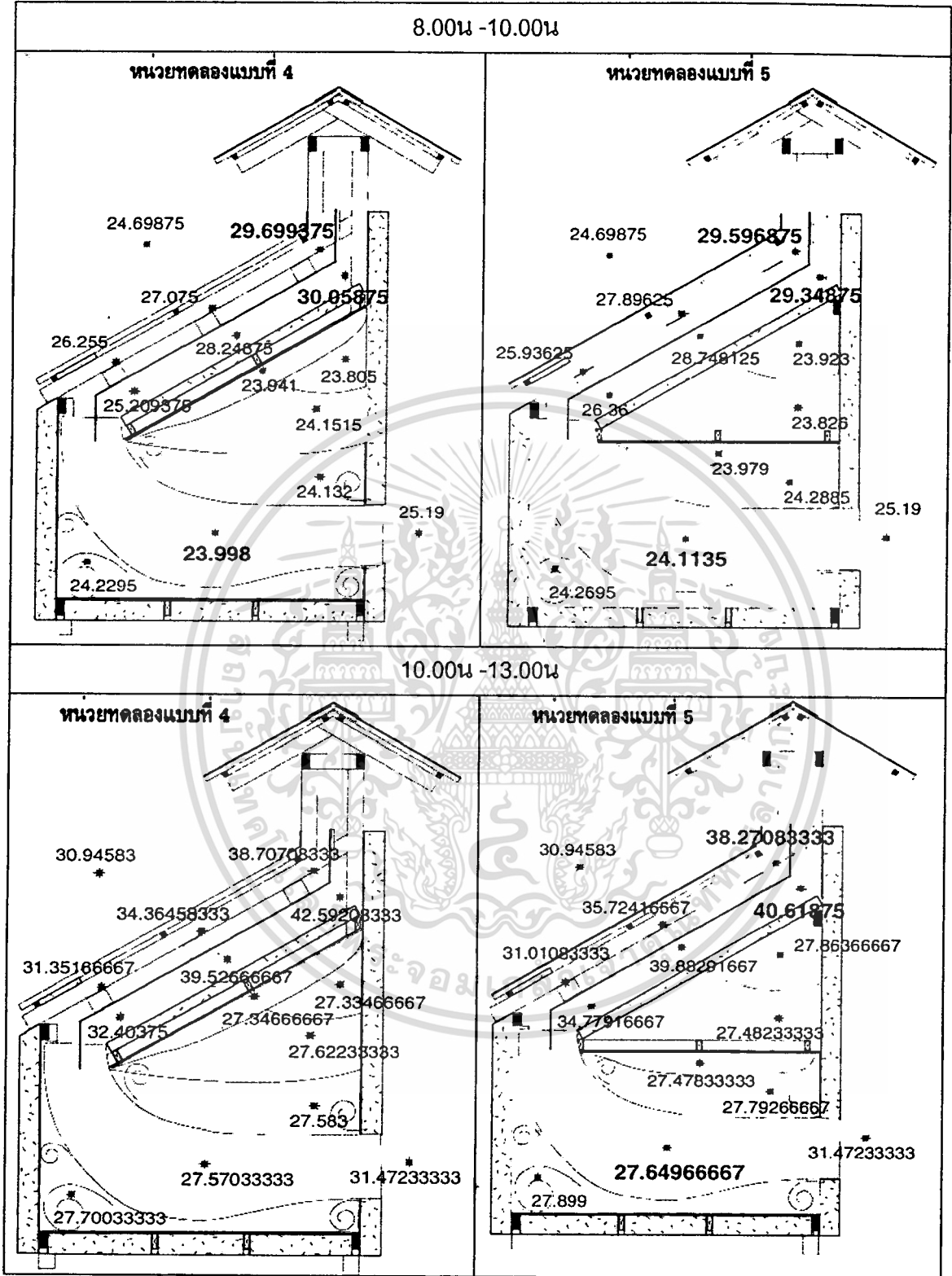
จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ฝ้ายตรงในแนวระดับมีประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศมากกว่าการใช้ฝ้ายในแนวจันทัน แต่อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์นี้ยังคงบ่งบอกได้เพียงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศ ไม่ได้บอกถึงประสิทธิภาพด้านการทำงานเย็นให้กับอาคารแต่อย่างใด

ตารางที่ 5.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่ 4 และ 5

	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์
เซลล์ 4	6.5702
เซลล์ 5	7.1197

จากการวิเคราะห์ในประเด็นทั้งหมดที่ผ่านมา ซึ่งให้เห็นว่าการใช้ฝ้าในแนวจันทันหรือแนวระดับนั้น ในภาพรวมแล้วให้ผลใกล้เคียงกันจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในรายละเอียดแล้วค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้ฝ้าในแนวระดับจะให้ผลการระบายอากาศที่ดีกว่าเนื่องจากไม่มีส่วนเอียงที่ก่อให้เกิดลมหวล (Turbulence) ไปขัดขวางการไหลของอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ฝ้าเอียงในแนวจันทันจะทำให้อากาศในบริเวณที่อยู่อาศัยเย็นกว่าเนื่องจากการใช้ฝ้าตรงจะมีมวล (Mass) ของอากาศเป็นตัวกักเก็บความร้อนแล้วถ่ายเทสู่พื้นที่อยู่อาศัยภายใน ดังนั้นในการใช้งานจะเลือกใช้แบบใดขึ้นอยู่กับความต้องการหลักของพื้นที่นั้นๆ ถ้าพื้นที่ใช้งานต้องการ การถ่ายเทอากาศเป็นหลักควรเลือกใช้ฝ้าในแนวระดับ แต่ถ้าพื้นที่ใช้งานต้องการความเย็นเป็นหลัก ก็ควรเลือกใช้ฝ้าเอียงในแนวจันทันแทน

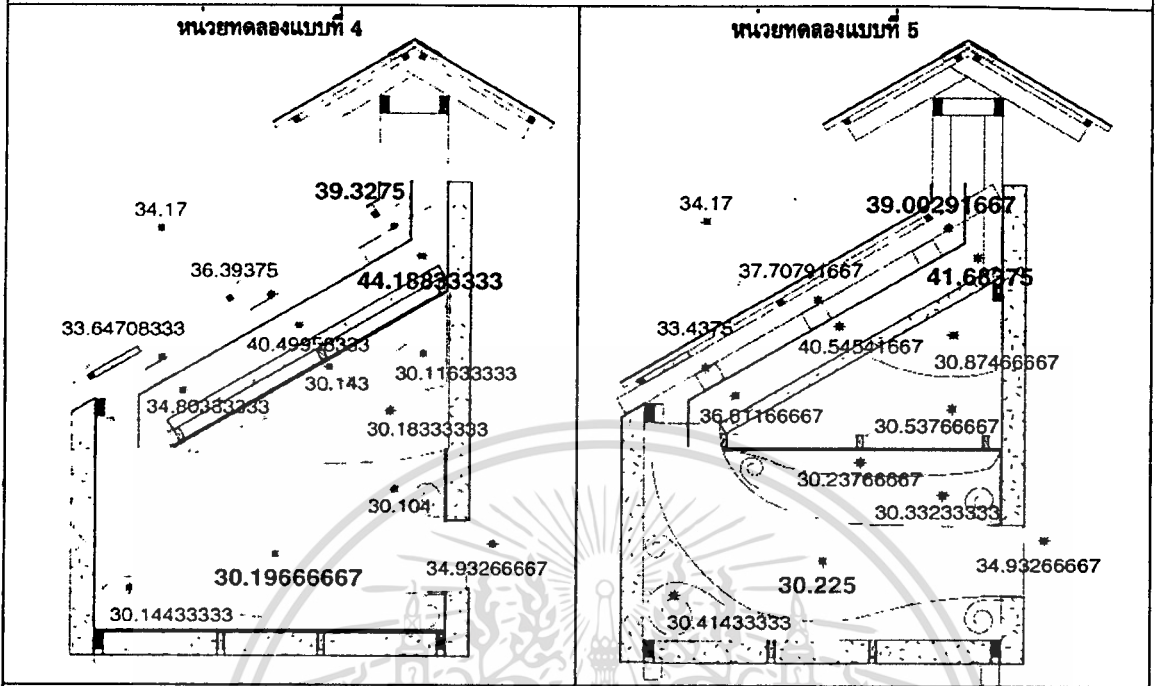
ตารางที่ 5.20 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่4 และ5



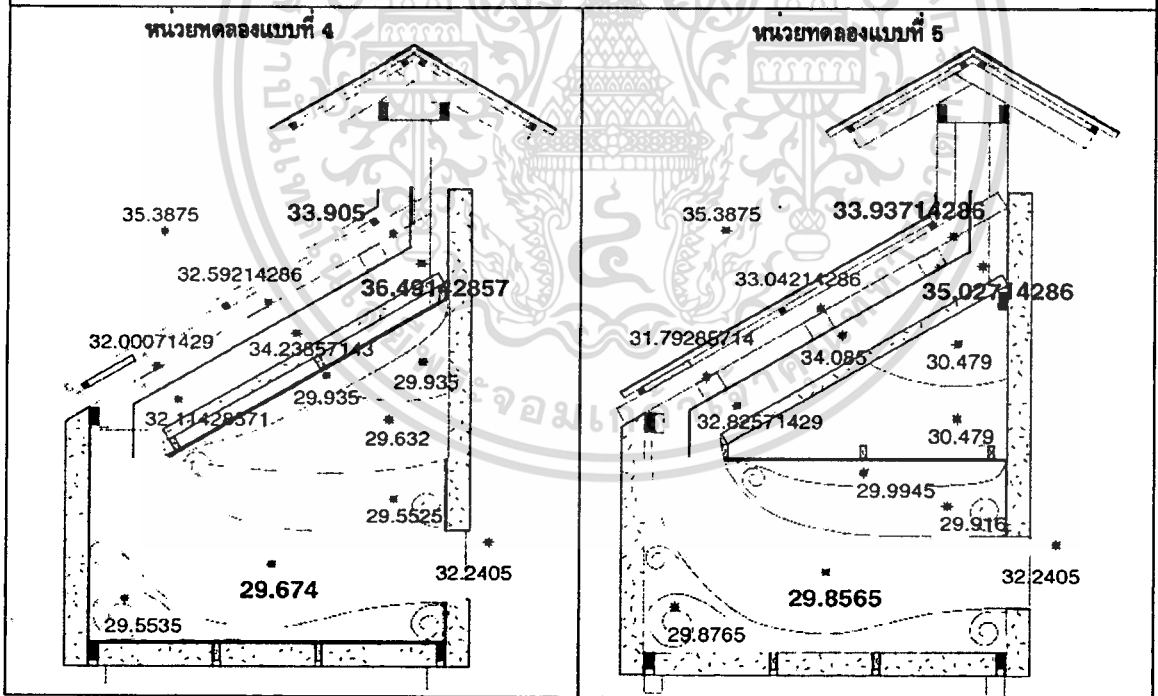
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.20 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของหน่วยทดสอบที่4 และ5 (ต่อ)

13.00น -16.00น



16.00น -17.30น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อตอบคำถามการวิจัยที่4

จากคำถามการวิจัยที่ 4 ในกรณีที่ดีผ้าในแนวระดับ ทำให้สามารถเจาะช่องทางที่ตึงอากาศจากภายในห้องในตำแหน่งใดก็ได้ การเจาะช่องที่ตำแหน่งทางเข้าของปล่องโดยตรง กับเจาะในตำแหน่งที่ห่างออกไปจากทางเข้าของปล่องโดยตรงจะช่วยลดอุณหภูมิภายในหรือไม่ แล้วอัตราการระบายจะลดหรือไม่

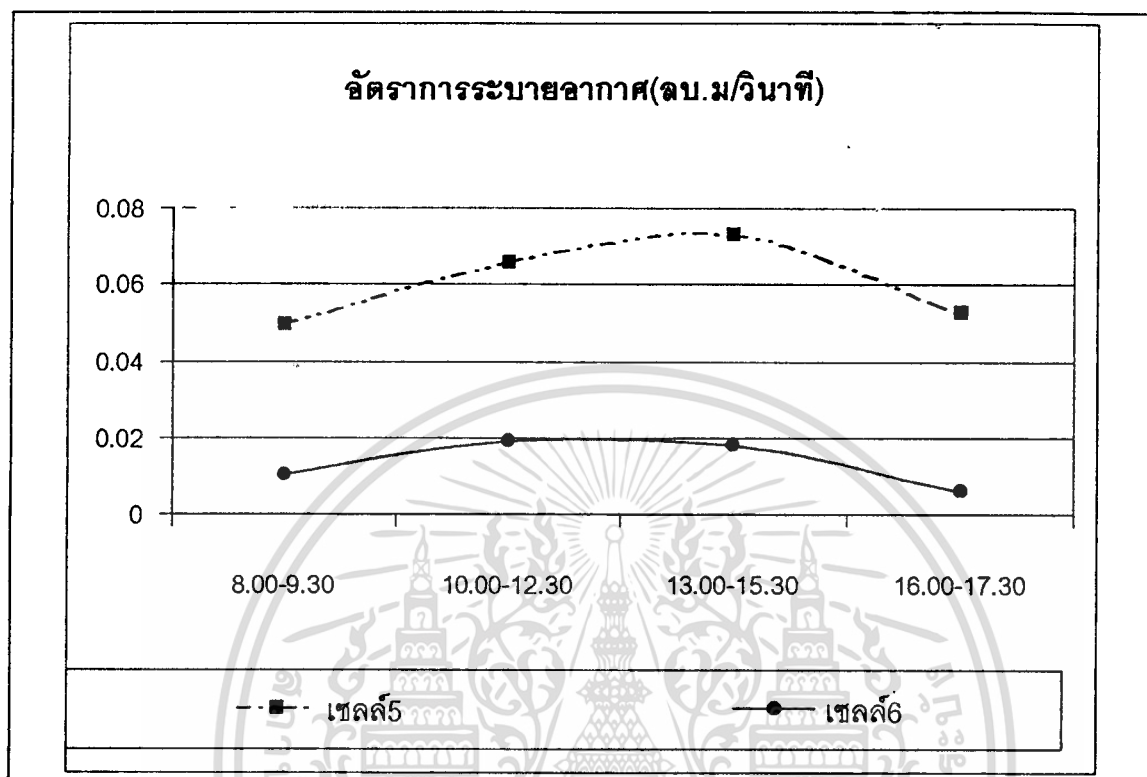
ในการตอบคำถามการวิจัยนี้จะอาศัยผลการทดลองของหน่วยทดสอบที่ 5 และที่ 6 โดยหน่วยทดสอบที่ 5 เป็นหน่วยทดสอบที่มีช่องตึงอากาศเข้าปล่องตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา ส่วนหน่วยทดสอบที่ 6 จะเป็นหน่วยทดสอบที่มีช่องตึงอากาศเข้าปล่องไม่ตรงกับปล่องและมีช่องหน้าต่างอยู่ในด้านเดียวกับแผงหลังคา ส่วนคุณสมบัติด้านอื่นจะถูกควบคุมให้เหมือนกันดังตาราง 5.15

ตารางที่ 5.21 แสดงคุณลักษณะของหน่วยทดสอบที่5และ6

	วิธีการทำความร้อน			จำนวนชั้นของปล่อง		ความเอียงของผ้า		ตำแหน่งช่องตึงอากาศ เข้าปล่อง และหน้าต่าง	
	มวลมาก (ซีแพคโม เนียสสีดำ)	มวลน้อย (กระเบื้อง ลอนคู่สี ดำ)	รับรังสี (กระเบื้อง โปร่งแสง)	ปล่อง 1 ชั้น (ไม่มี โลหะ แทรก กลาง)	ปล่อง 2 ชั้น (มีโลหะ แทรก กลาง)	ผ้าเอียง ตามแนว จันทัน	ผ้าตรงใน แนว ระดับ	ช่องตึง อากาศอยู่ ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านตรง ข้ามการกับ แผงหลังคา	ช่องตึง อากาศอยู่ ไม่ตรงกับ ปล่องและ หน้าต่างอยู่ ด้านเดียว กับแผงหลัง คา
เซลล์5			X		X		X	X	
เซลล์6			X		X		X		X

จากการสรุปข้อมูลด้านการอัตราการระบายอากาศ(หัวข้อ4.1.3) พบว่าหน่วยทดสอบที่เจาะช่องตึงอากาศเข้าตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5) มีอัตราการระบายอากาศมากกว่า หน่วยทดสอบที่เจาะช่องตึงอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในทิศเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์ 6)(ภาพที่5.14 ตารางที่4.23)อย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.22) และโดยมีอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าในทุกช่วงเวลา จึงแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของช่องตึงอากาศและช่องหน้าต่างมีผลอย่างมากต่ออัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น โดยสันนิษฐานว่า การเจาะช่องตึงอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องทำให้อากาศต้องเคลื่อนที่มากขึ้นและเมื่อไหลเข้าช่องตึงอากาศแล้วยังต้องหักเลี้ยวทันทีแล้วไหลไปบนผ้าเพื่อหักเลี้ยวเข้าปล่องอีกครั้ง ซึ่งการหัก

เดี่ยวอย่างกระทันหันนี้เองที่อาจทำให้เกิดการอลวน(Turbulence) และแรงเสียดทานขึ้น ซึ่งเป็น การขัดขวางการไหลของอากาศในที่สุด(ตามทฤษฎี หัวข้อ2.1.4)



ภาพที่ 5.14 แสดงอัตราการระบายอากาศของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5.22 แสดงค่านัยสำคัญของการใช้สถิติแบบ Pair T-Test ของอัตราการระบายอากาศใน หนึ่งวันระหว่างหน่วยทดสอบที่ 5 และหน่วยทดสอบที่ 6

	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบาย อากาศ เซลล์ 5 (ลบ.ม/วินาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการระบาย อากาศ เซลล์ 6 (ลบ.ม/วินาที)
8.00น-10.00น	0.0498	0.0105
10.00น-13.00น	0.0658	0.0195
13.00น-16.00น	0.0734	0.0182
16.00น-17.00น	0.0530	0.0063
ค่านัยสำคัญ	0:00071544**	

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ โดยเริ่มที่บริเวณจุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (ภาพที่ 5.15-5.16 หรือ ตารางที่ 4.23) หลังจากที่ได้ทราบถึงอัตราการระบายอากาศในหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดึงอากาศตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามหลังคา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เซลล์5)นั้นดีกว่าหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศไม่ปล่องกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6)อย่างมาก

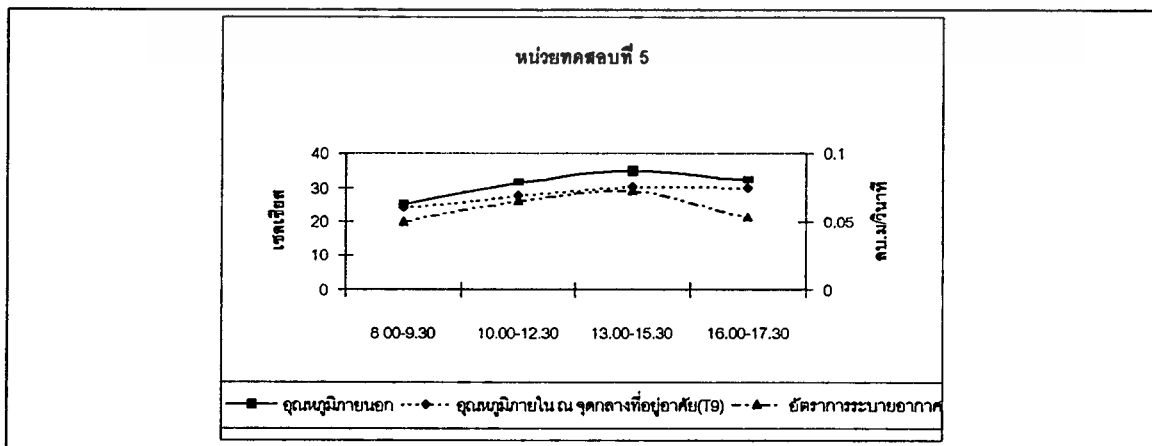
จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย(T9)ของหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5) นั้นต่ำกว่า หน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์ 6)อย่างมีนัยสำคัญ (ดูตาราง5.23) ซึ่งสอดคล้องกับผลอัตราการระบายอากาศที่ดีกว่าด้วย ดังนั้นตัวแปรทั้ง2จึงมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน และสามารถสรุปได้ว่า การเจาะช่องดิ่งอากาศให้ตรงกับปล่องจึงมีประสิทธิภาพมากกว่า(ดังภาพที่5.15-5.16)

นอกจากนั้นสาเหตุที่ทำให้หน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับปล่องและเจาะหน้าต่างในด้านเดียวกับหลังคา มีอุณหภูมิภายในสูงกว่านั้น สันนิษฐานว่าไม่ได้มาจากอัตราการระบายอากาศที่ต่ำกว่าเพียงอย่างเดียว ยังมาจากสาเหตุอื่นอีกด้วย ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากปัจจัยด้านตำแหน่งของช่องหน้าต่าง ดังจะกล่าวถึงต่อไปในส่วนของกรอภิปรายด้านอุณหภูมิภายในจุดอื่นๆของหน่วยทดสอบ

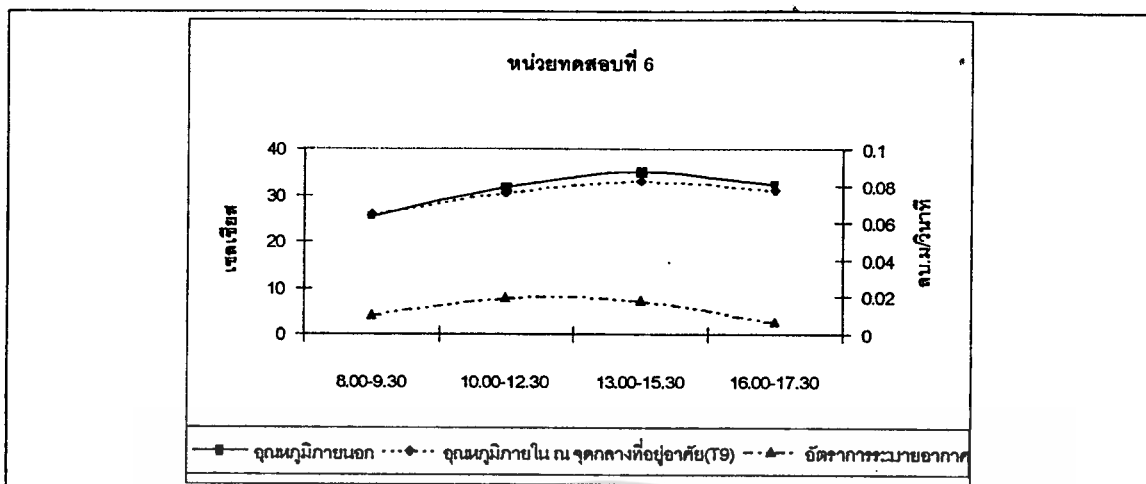
ตารางที่ 5.23 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติแบบ Pair T-Test ของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาต่างๆของหน่วยทดสอบที่5-6

	อุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัย (T9)		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 4	เซลล์ 5	
8.00น-10.00น	24.113	25.853	0.007073**
10.00น-13.00น	27.649	30.391	0.00000582**
13.00น-16.00น	30.225	32.943	0.00000417**
16.00น-17.00น	29.856	31.061	0.054764*

* = p<0.10, ** = p<0.005



ภาพที่5.15 แสดงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 5 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.16 แสดงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศและการทำความเย็นของหน่วยทดสอบที่ 6

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิในหน่วยทดสอบในจุดอื่นๆ ทำให้สามารถอธิบายสาเหตุของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางที่อยู่อาศัยของหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับช่องทางเข้า (เซลล์ 6) กลับมีอุณหภูมิที่สูงกว่าหน่วยทดลองที่มีเจาะช่องดิ่งอากาศตรงกับช่องทางเข้าปล่อง (เซลล์ 5) ในทุกๆ จุด เนื่องจากสาเหตุหลายประการดังนี้ (ตารางที่ 5.26 หรือตารางที่ 4.23)

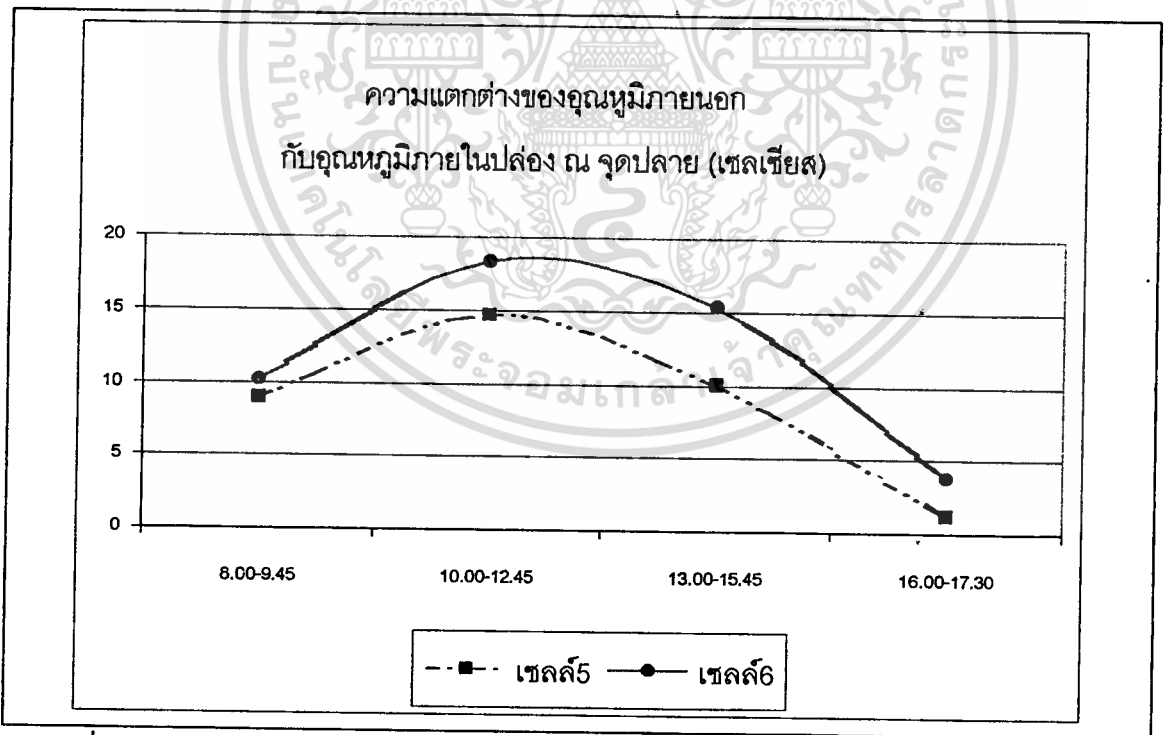
1. ตำแหน่งของหน้าต่างของหน่วยทดลองทดลองที่เจาะช่องดิ่งอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับช่องทางเข้า (เซลล์ 6) มีหน้าต่างอยู่ในทิศเดียวกับการหันทิศหลังคา คือทิศใต้ ซึ่งในฤดูกาลทำการทดลองเป็น ฤดูที่ดวงอาทิตย์อ้อม ได้มากที่สุด ทำให้รังสีอาทิตย์สาดเข้ามาสู่ภายในหน่วยทดลองโดยตรง ต่างจากหน่วยทดลองทดลองที่มีเจาะช่องดิ่งอากาศตรงกับช่องทางเข้าปล่อง (เซลล์ 5) ที่มีหน้าต่างอยู่ทางทิศเหนือ บวกกับมีตัวกำบังลม ช่วยกันรังสีสะท้อนจากพื้นด้วย ดังนั้นภายในหน่วยทดสอบจึงไม่มีรังสีอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ภายใน

2. ที่ตัวฝ้าได้รับความร้อนจากแสงตรงที่ทะลุผ่านช่วงต้นของปล่องด้านบน แล้วถ่ายเทสู่อากาศใต้ตัวฝ้าอีกต่อหนึ่ง จากผลดังกล่าวจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิที่ฝ้าสูงกว่าจุดอื่นๆ ภายในหน่วยทดลอง

3. ลักษณะของอากาศก่อนที่จจะไหลเข้าสู่ภายในหน่วยทดสอบที่ 6 นั้น อากาศจะไหลผ่าน พื้นคอนกรีตที่มีอุณหภูมิสูงก่อนจึงไหลเข้าสู่ภายในหน่วยทดลองโดยตรง ต่างกับหน่วยทดลองที่ 5 ที่ จะผ่านใต้ถุนของหน่วยทดลองก่อนซึ่งเป็นพื้นคอนกรีตเย็นเปรียบได้กับการทำความเย็นให้กับอากาศก่อนแล้วจึงไหลเข้าสู่ภายในหน่วยทดสอบ

หลังจากที่ได้ทราบถึงสาเหตุของอุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยที่เกิดขึ้น ต่อไปจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ด้านอุณหภูมิภายในปล่องเปรียบเทียบกับผลของการระบายอากาศดังนี้(ภาพที่ 5.17 หรือตารางที่ 4.24)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในนอกกับอุณหภูมิที่จุดปลายปล่อง โดยรวมแล้วพบว่า การเจาะช่องดึงอากาศที่ไม่ตรงกับปล่องนั้น แม้ว่าจะมีอัตราการระบายอากาศที่ต่ำกว่า แต่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 5.24) ทั้งๆที่หลักการทำความร้อนภายในปล่องนั้นเหมือนกัน. ซึ่งระดับอุณหภูมิที่สูงภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดึงอากาศในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับช่องทางเข้า(เซลล์ 6)นั้นสันนิษฐานว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดสอบนั้นส่งผลต่ออุณหภูมิภายในปล่อง เมื่อหน่วยทดสอบที่มีช่องดึงอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์ 6)นั้นมีอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบที่สูงกว่าหน่วยทดสอบที่มีหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดึงอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5) จึงทำให้อุณหภูมิภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่มีช่องดึงอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์ 6)สูงตามไปด้วย จนเป็นผลให้อุณหภูมิภายในปล่องไม่สัมพันธ์กับอัตราการระบายอากาศตามทฤษฎี



ภาพที่ 5.17 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องที่จุดปลายกับอุณหภูมิภายในนอกของหน่วยทดสอบที่ 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.24 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติแบบ Pair T-Test ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอกของหน่วยทดสอบที่5-6

	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับ อุณหภูมิภายนอก		ค่านัยสำคัญ
	เซลล์ 5	เซลล์ 6	
8.00น-10.00น	8.915	10.155	0.138505616
10.00น-13.00น	14.628	18.367	0.000052**
13.00น-16.00น	10.075	15.423	0.00000674**
16.00น-17.00น	1.248	3.788	0.008787**

* = $p < 0.10$, ** = $p < 0.005$

เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในปล่อง(ตารางที่5.26 หรือตารางที่4.24) พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในหน่วยทดสอบอื่นๆคือ อุณหภูมิภายในปล่องนั้น จะค่อยๆสูงขึ้นจากต้นปล่องไปสู่ปลายปล่อง และในปล่องชั้นล่างนั้นจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าปล่องชั้นบน และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในปล่องในจุดเดียวกันระหว่างหน่วยทดสอบก็ยังคงพบว่า หน่วยทดสอบที่มีช่องดึงอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6)นั้นมีอุณหภูมิภายในปล่องสูงกว่าหน่วยทดสอบที่มีหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดึงอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5)สอดคล้องกับผลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายปล่องกับอุณหภูมิภายนอก

จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่มีช่องดึงอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6) สูงกว่าหน่วยทดสอบที่มีหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดึงอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5) อันเนื่องมาจากอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบ ทำให้ตัวแปรด้านอุณหภูมิภายในปล่องกับอัตราการระบายอากาศไม่ได้สัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน

เมื่อวิเคราะห์ผลด้านอุณหภูมิภายในปล่องแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศของหน่วยทดสอบอีกทางหนึ่ง โดยได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 5.25)

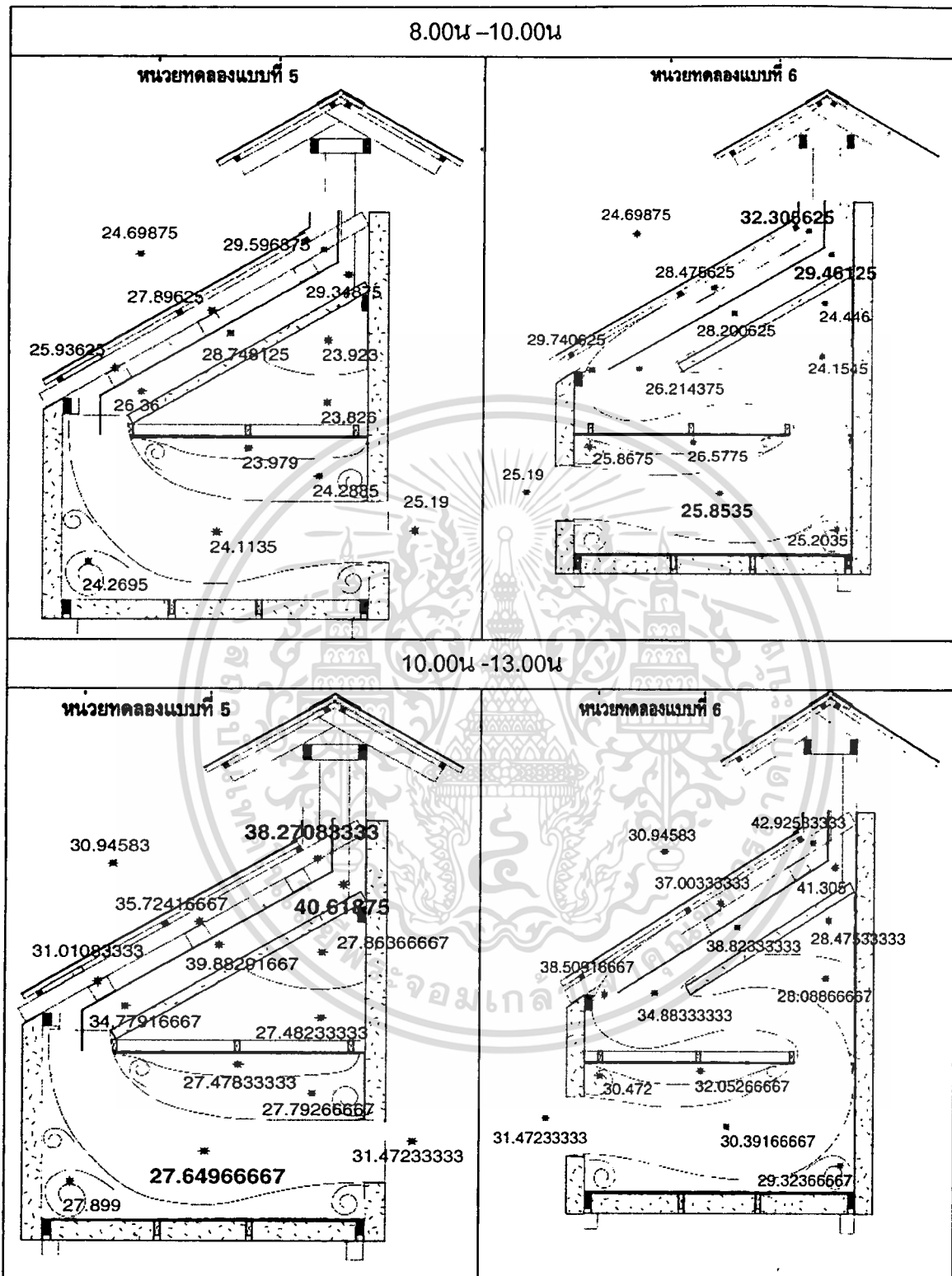
จากผลด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิข้างต้นมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่เจาะช่องดิ่งอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา (เซลล์ 5) สูงกว่าหน่วยทดสอบที่มีช่องดิ่งอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6) โดยสูงกว่าประมาณ 2 เท่าทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากการที่หน่วยทดสอบที่ 6 นั้นมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับภายนอกสูง แต่ให้อัตราการระบายอากาศต่ำจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ต่ำตามไปด้วย

ตารางที่ 5.25 แสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6

	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์
เซลล์ 5	7.1197
เซลล์ 6	3.9979

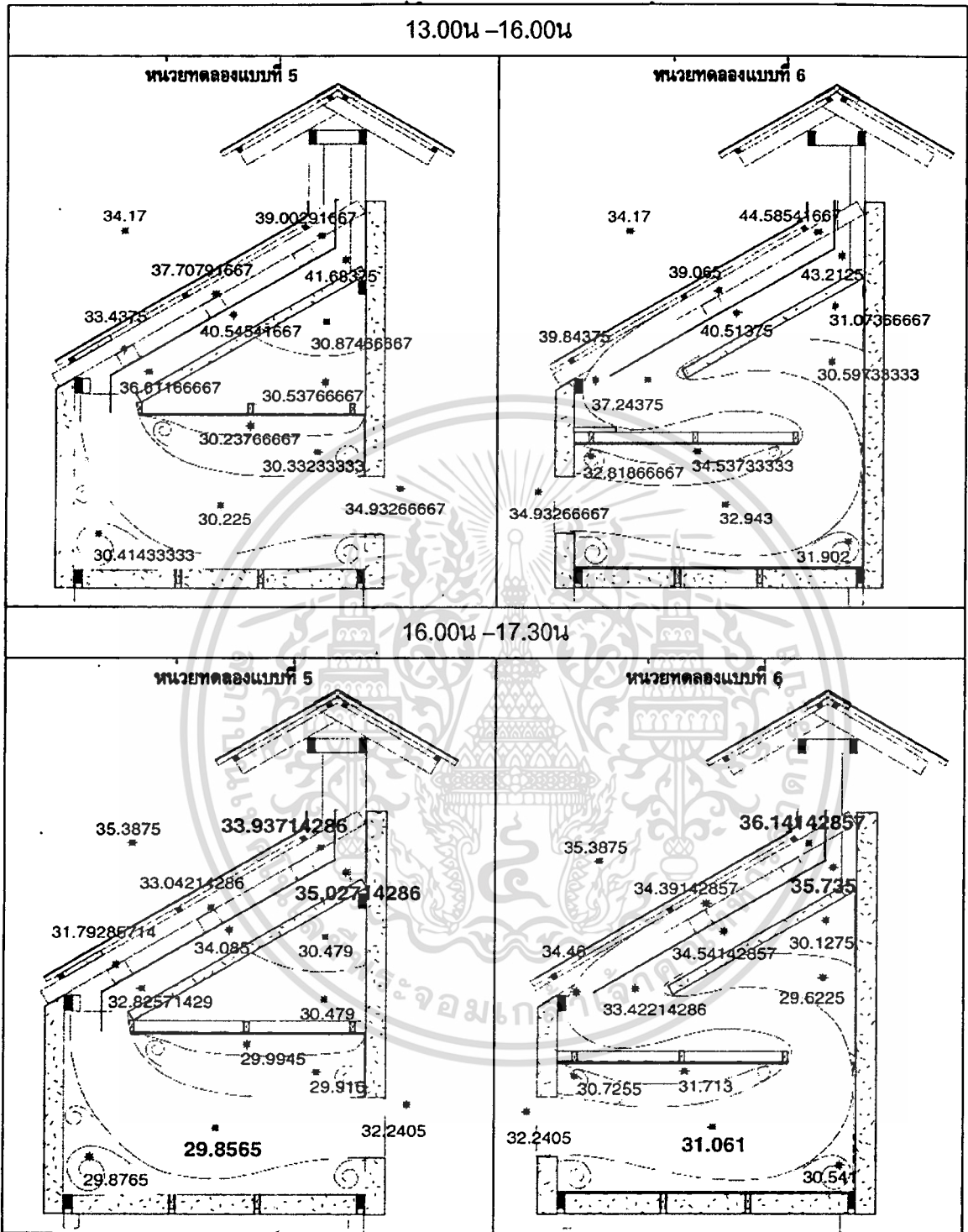
สามารถสรุปได้ว่า การเจาะช่องดิ่งอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา(เซลล์ 5) จะให้อัตราการระบายอากาศสูงกว่าการเจาะช่องดิ่งอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6) ซึ่งมีผลให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่อยู่อาศัยของการเจาะช่องดิ่งอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา (เซลล์ 5) จะต่ำกว่าการเจาะช่องดิ่งอากาศเข้าไม่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา(เซลล์6) ดังนั้นจึงควรเจาะช่องดิ่งอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคาเพื่อให้ประสิทธิภาพสูงสุดถึงแม้ว่าอุณหภูมิภายในปล่องของการเจาะช่องดิ่งอากาศที่ตรงกับปล่องและมีหน้าต่างในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคาจะต่ำกว่าก็ตาม

ตารางที่ 5.26 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วารณิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.26 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ของหน่วยทดสอบที่ 5 และ 6 (ต่อ)

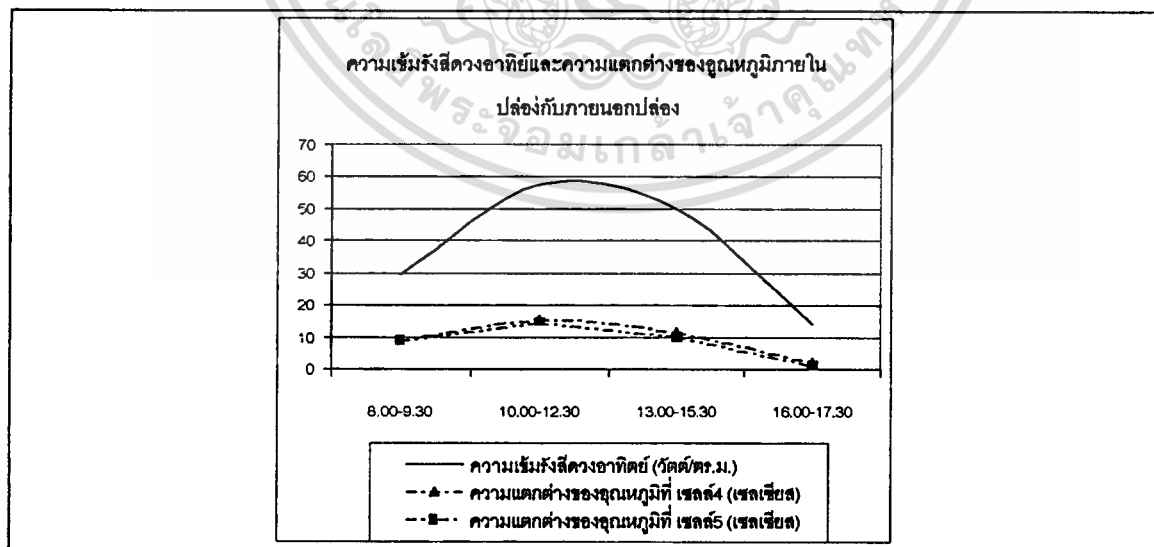


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก

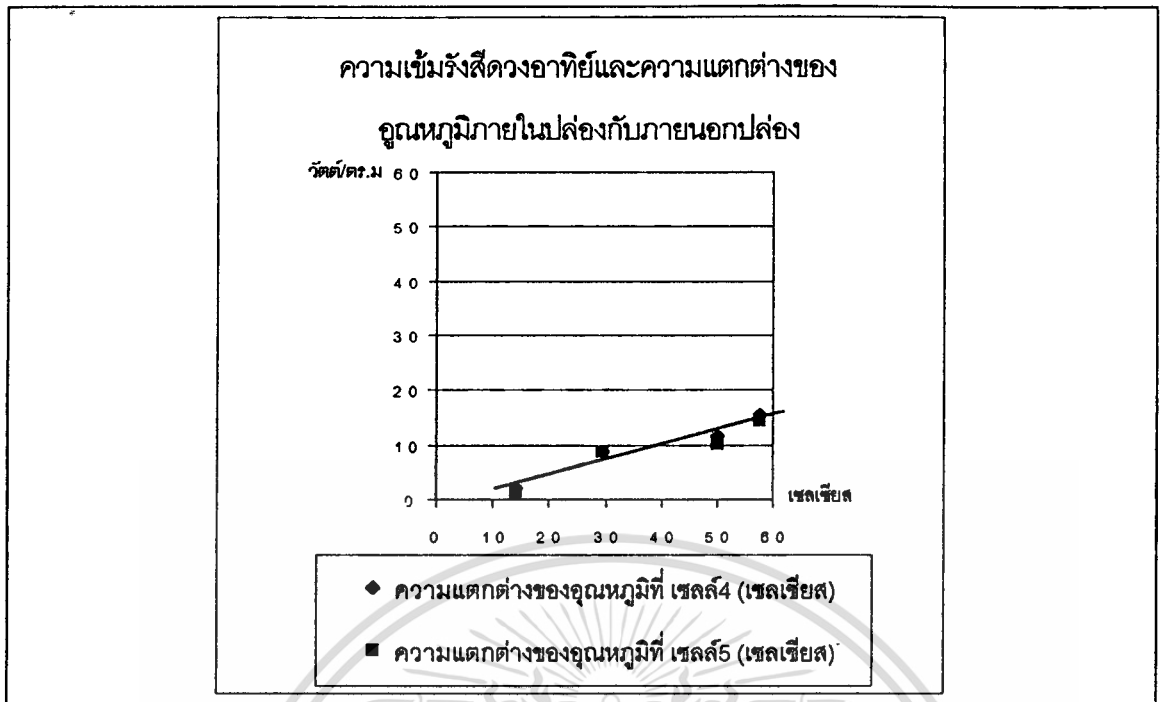
หลังจากที่ได้ตอบคำถามการวิจัยทั้ง 4 ข้อเรียบร้อยแล้วจึงพบประเด็นการวิเคราะห์ที่คาดว่า จะเป็นประโยชน์ต่อศาสตร์ในด้านนี้คือ ประเด็นด้านความสัมพันธ์ของตัวแปรความเข้มรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิ เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์จะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอก ดังนั้นความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 จะทำให้สามารถทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดในสถานที่ต่างๆได้ เมื่อรู้ถึงค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่นั้นๆ(โดยค่าความเข้มของรังสี ทราบจากผลการวิจัยของ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน) ดังนั้นจึงได้นำตัวแปรทั้ง 2 มาหาความสัมพันธ์กันโดยอาศัยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของหน่วยทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงได้แก่หน่วยทดสอบที่ 5 และที่ 4 ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 จะเห็นได้ว่าแม้ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ จะมีความสัมพันธ์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องกับอุณหภูมิภายนอกอย่างเป็นเส้นตรงดังภาพที่ 5.19 ซึ่งมีความชันไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มแม้จะเพิ่มสูงขึ้นมาก แต่ความแตกต่างของอุณหภูมิไม่ได้เพิ่มขึ้นมากในสัดส่วนเดียวกัน(ในภาพที่ 5.18) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิถึงจุดหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในพื้นที่ที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ไม่มากก็สามารถใช้ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ได้เช่นกัน



ภาพที่ 5.18 แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องและอุณหภูมิภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.19 แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในปล่องและอุณหภูมิภายนอก

หลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ตอบคำถามของการวิจัยทุกข้อแล้วทำให้ทราบถึง หลักการของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศ และการทำความเย็นให้กับอาคาร ซึ่งจากการวิเคราะห์นั้น ประสิทธิภาพทั้ง 2 ด้านนี้ไม่ได้มีความสอดคล้องกันเสมอไป ดังนั้นในบทต่อไปจะได้กล่าวถึง การนำผลการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้และข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ได้หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับบริบท โดยสุดท้ายจะเป็นการสรุปถึงพลังงานที่ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์สามารถประหยัดได้

บทที่ 6

บทสรุปและเสนอแนะ

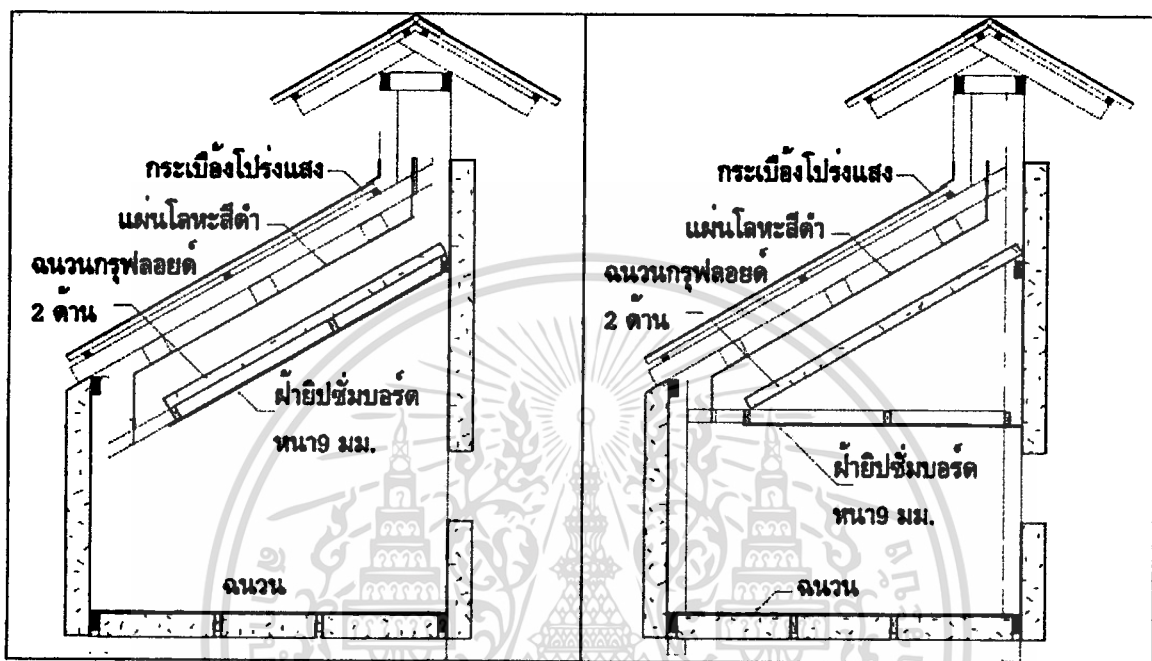
บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปของผลการวิจัยหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยในบทที่ผ่านมา จากนั้นจะเป็นการเสนอแนะตัวอย่างการนำผลสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมภายในซึ่งจะรวมถึงการกระบวนการในการกำหนดความสูงของปล่องและการวางทิศทางของระบบปล่องรังสีอาทิตย์โดยอาศัยบริบทของกรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา และในตอนท้ายของบทจะเป็นการสรุปการคำนวณของการประหยัดพลังงานโดยเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของพัดลมและเครื่องปรับอากาศ

6.1 การสรุปผลการงานวิจัย

หลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ผลการวิจัยเพื่อตอบคำถามการวิจัยในบทที่แล้ว ต่อไปจะเป็นการสรุปผลตามคำถามการวิจัยในแต่ละข้อ ดังนี้

จากตัวแปรทั้งหมดที่ทำการวิจัยทำให้สรุปได้ว่า การทำความร้อนให้กับปล่องด้วยการรับรังสีจากแสงอาทิตย์ให้ผลดีกว่าการใช้มวลสารในการทำความร้อน โดยการรับรังสีดวงจากแสงอาทิตย์นี้สามารถใช้แผ่นโลหะแทรกกลางเข้าร่วมซึ่งเป็นผลให้ขนาดของปล่องเพิ่มขึ้นในขณะที่ความแตกต่างของอุณหภูมิไม่ลดลง จึงช่วยให้อัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากและมีอุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยที่เย็นลงกว่าการไม่ใช้แผ่นโลหะแทรกกลาง ในด้านความเอียงของฝานั้นพบว่าการใช้ฝ้ายิ่งในแนวจันทันหรือการใช้ฝาดตรงตามแนวระดับนั้นให้ผลด้านอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในที่ใกล้เคียงกันจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองแล้วพบว่าการทำงานฝาดตรงในแนวระดับจะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศดีกว่าการทำงานฝ้ายิ่งแนวตามจันทันเล็กน้อย ในทางตรงข้ามการทำงานฝาดตรงในแนวระดับนั้นจะมีจุดอ่อนที่ทำให้อุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยสูงกว่าการทำงานฝ้ายิ่งในแนวจันทันเล็กน้อย อันเนื่องมาจากการทำฝาดตรงตามแนวระดับนั้นจะมีมวลสารของอากาศที่ถูกกักเก็บไว้เหนือฝ้าซึ่งจะสะสมความร้อนแล้วถ่ายเทสู่ที่อยู่อาศัยภายใน ดังนั้นในการเลือกใช้งานจึงขึ้นอยู่กับพื้นที่การใช้งานเป็นหลัก ถ้าการระบายอากาศมีความสำคัญต่อพื้นที่นั้นมากเช่นในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงหรือพื้นที่ที่มีมลภาวะของอากาศภายในมาก หรือเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยสำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้เป็นต้น ก็ควรทำฝ้าในแนวตรงเนื่องจากมีแนวโน้มว่าจะให้อัตราการระบายอากาศที่มากกว่าเล็กน้อย แต่ถ้พื้นที่นั้นต้องการอุณหภูมิภายในที่ต่ำมากกว่าการระบายอากาศที่ดีก็ควรทำฝ้ายิ่งในแนวจันทัน อย่างไรก็ตามก็การทำฝ้ายิ่งหรือฝาดตรงนั้นให้ผลใกล้เคียงกัน ดังนั้นในกรณีพื้นที่ที่ใช้งานทั่วไปจึงสามารถเปิดโอกาสให้นักออกแบบได้กำหนดแนวเอียงของฝ้าตามรูปทรงของพื้นที่ภายในตาม

ต้องการ นอกจากนั้นผลการวิจัยยังได้พบว่าในการทำฝ้าแนวตรงตามแนวระดับนั้นควรจะเจาะช่อง
ตั้งอากาศเข้าให้ตรงกับปล่อง และมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา เนื่องจากจะให้
อัตราการระบายอากาศที่ดีกว่า และมีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่า การเจาะช่องเปิดไม่ตรงกับปล่อง
และมีหน้าต่างอยู่ด้านเดียวกับแผงหลังคา



ภาพที่ 6.1 ภาพแสดงหน่วยทดสอบที่ใช้ฝ้าในแนวเอียงและแนวตรงซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

6.2 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในการออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน

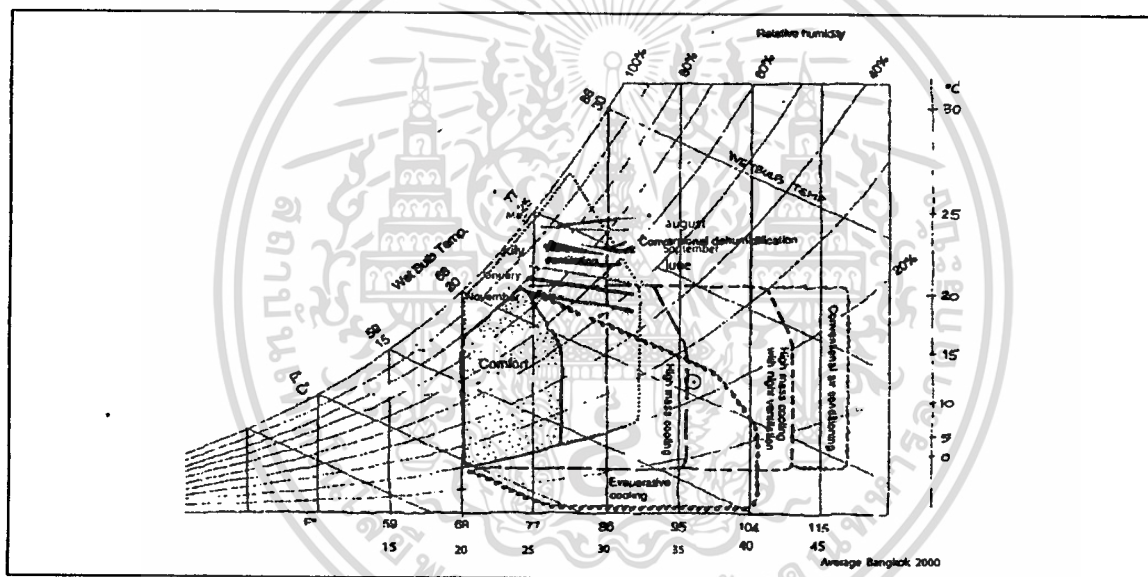
การเสนอแนะนั้นจะเป็นการแสดงตัวอย่างการนำผลสรุปของงานวิจัยข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการสร้างภาวะความสบายให้กับพื้นที่ภายใน (Interior Space) โดยในครั้งนี้จะอาศัยบริบทของกรุงเทพมหานครเป็นตัวอย่าง ซึ่งจะเริ่มด้วยการศึกษาถึงปัญหาด้านสภาวะความสบายของสภาพอากาศ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยการระบายอากาศ โดยอาศัยงานวิจัยด้านลมกับสภาวะความสบายของคนไทยในการกำหนดความเร็วลมที่ต้องการในการแก้ปัญหา หลังจากนั้นจึงนำผลความเร็วลมที่ได้เชื่อมโยงกับผลของการวิจัยครั้งนี้เพื่อกำหนดรูปแบบของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์และความสูงของปล่องที่ทำให้เกิดความเร็วมตามความต้องการดังกล่าว นอกจากการกำหนดรูปแบบและความสูงแล้วในการใช้งานจริงจำเป็นต้องกำหนดถึงทิศทางการวางแผงหลังคาและช่องหน้าต่างให้สอดคล้องกับสภาพลมและแสงแดดในแต่ละฤดูกาลของบริบท (กรุงเทพมหานคร) ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยอาศัยผลการศึกษาค้นคว้าในเรื่องของผลกระทบของทิศทางและความเร็วลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่อง หลังจากได้ข้อสรุปของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แล้วจึงผนวกการทำความเย็นให้กับอาคารในแนวทางอื่นที่
สามารถใช้ร่วมกันได้ และสุดท้ายจึงสรุปผลการเสนอแนะด้วยการยกตัวอย่างการนำเอาข้อเสนอ
แนะดังกล่าวมาใช้เป็นรูปธรรม

6.2.1 ความสูงของปล่องของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์

หลังจากที่ได้กำหนดบริบทเป็นกรุงเทพมหานครแล้ว จึงเริ่มที่การศึกษาปัญหาด้านสภาวะ
ความสบายของสภาพอากาศซึ่งพบว่า อุณหภูมิและความชื้นของกรุงเทพมหานครนั้นเกินขอบเขต
ภาวะความสบายตลอดทั้งปี โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 32-33 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 50-
65% (ในเดือนเมษายนและมิถุนายน) ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วยังอยู่ในกรอบที่สามารถแก้ไขได้ด้วย
การระบายอากาศ ดังเห็นได้จากภาพที่ 6.2 ดังนี้

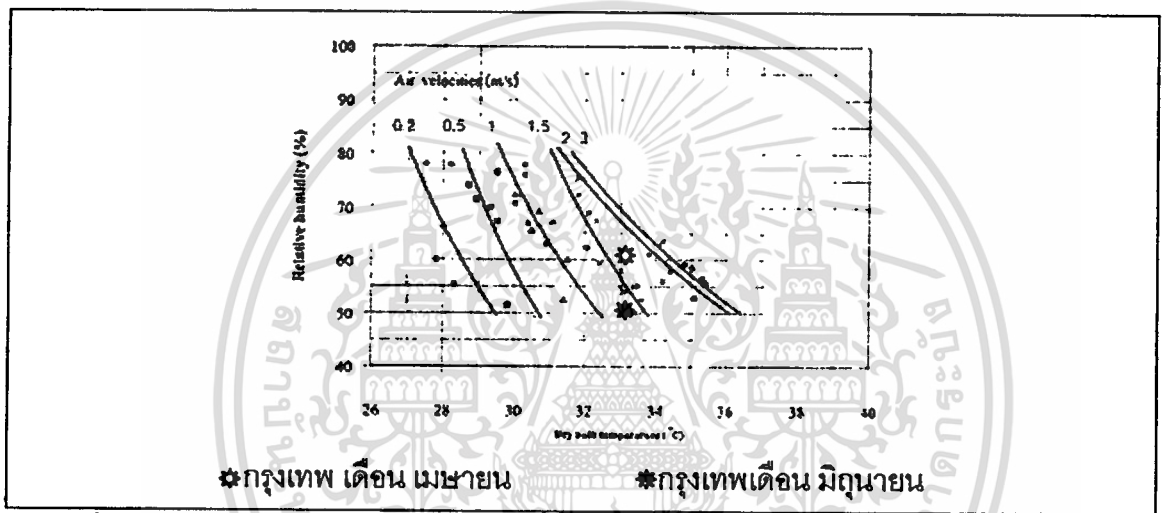


ภาพที่ 6.2 ไชโครเมตริกชาร์ทของกรุงเทพมหานคร(ข้อมูลด้านอุณหภูมิและความชื้นจาก
กรมอุตุนิยมวิทยา)

แต่ไชโครเมตริกชาร์ท(ภาพที่6.2) นั้นสามารถบ่งบอกได้เพียงว่าสภาพอากาศที่เป็นอยู่ของ
กรุงเทพมหานครนั้นสามารถแก้ไขได้ด้วยการเคลื่อนที่ของอากาศแต่ไม่สามารถระบุถึงความเร็ว
ของลมที่ต้องการได้ จึงอาศัยงานวิจัยเกี่ยวกับการระบายอากาศเพื่อก่อให้เกิดภาวะความสบาย
ของคนไทย(Joseph Khendari, Nuparb Yamrtapat, Naris Pratintong, Jongjit Himlabh,
1999) ที่กล่าวถึงการใช้ความเร็วลมในการขยายขอบเขตของสภาวะความสบาย ว่าในสภาพ
อากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกินภาวะความสบาย คนยังสามารถรู้สึกสบายได้หากมีลมพัด
ผ่านร่างกายในความเร็วที่สอดคล้องกับระดับอุณหภูมิและความชื้นนั้นๆ ดังแสดงในแผนภูมิใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.3 ที่แสดงถึงความเร็วลม 5 ระดับ ตั้งแต่ 0.2 ม./วินาที จนถึง 3 ม./วินาที ที่จะก่อให้เกิดความสบายในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นในระดับต่างๆ เห็นได้ว่าในสภาพที่มีความชื้นต่ำแม้ว่าอุณหภูมิจะสูงถึง 38 องศาเซลเซียส คนยังรู้สึกสบายได้หากมีลมพัดผ่านในความเร็ว 3 ม./วินาที จากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมข้างต้น ทำให้สามารถทราบถึงความเร็วลมที่ต้องการได้ และเมื่อนำค่าของอุณหภูมิและความชื้นในช่วงที่ร้อนที่สุดของปี(เดือนเมษายนและมิถุนายน)ของกรุงเทพมหานครแทนลงในความสัมพันธ์ดังกล่าวแล้วพบว่า สภาพอากาศของกรุงเทพมหานครต้องการความเร็วลมที่ 1.5 เมตร/วินาที ในการทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกได้ถึงสภาวะความสบาย ดังภาพ 6.3.



ภาพที่ 6.3 แสดงขอบเขตภาวะความสบายเมื่อมีการระบายอากาศของคนไทย
ที่มา : Thai Ventilated Comfort Zone (Joseph Khendari, Nuparb Yamrtiapat, Naris Pratintong, Jongjit Hirmlabh, 1999)

เมื่อทราบผลของความเร็วลมที่ต้องการแล้ว(1.5ม./วินาที) จึงทำการเชื่อมโยงกับผลการวิจัยในครั้งนี้อยู่ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของหน่วยทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงสุด (หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแบบโปร่งแสง โดยมีแผ่นโลหะแทรกกลาง และทำฝ้าในแนวตรงซึ่งเจาะช่องดึงอากาศเข้าให้ตรงกับปล่องและมีช่องหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคาซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ 16.988 (ค่าสัมประสิทธิ์นี้ได้รับการปรับสัดส่วนแล้ว โดยอ้างอิงจากการเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยทดสอบที่ 2 ให้เท่ากับ 9.4 ตามค่าของสมการเดิม ตามเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1)) ทำให้สามารถกำหนดความสูงของปล่องเพื่อให้ได้ความเร็วตามความต้องการ(1.5ม./วินาที) ด้วยการอาศัยพื้นฐานจากสมการความสัมพันธ์

ของอัตราการระบายอากาศ กับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์, พื้นที่หน้าตัดของปล่อง, ความแตกต่างของอุณหภูมิ และความสูงของปล่อง ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม(หัวข้อ2.1.5) ดังนี้

$$\text{จาก} \quad Q = K A \sqrt{H \Delta T}$$

$$\text{เมื่อ} \quad Q = VA = K A \sqrt{H \Delta T}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad V = K \sqrt{H \Delta T}$$

$$\text{สรุปได้ว่า} \quad H = V^2 / K^2 \Delta T$$

เมื่อ

Q = อัตราการระบายอากาศ (cfm)

V = ความเร็วในการไหลของอากาศ(ft/min)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ = 9.4

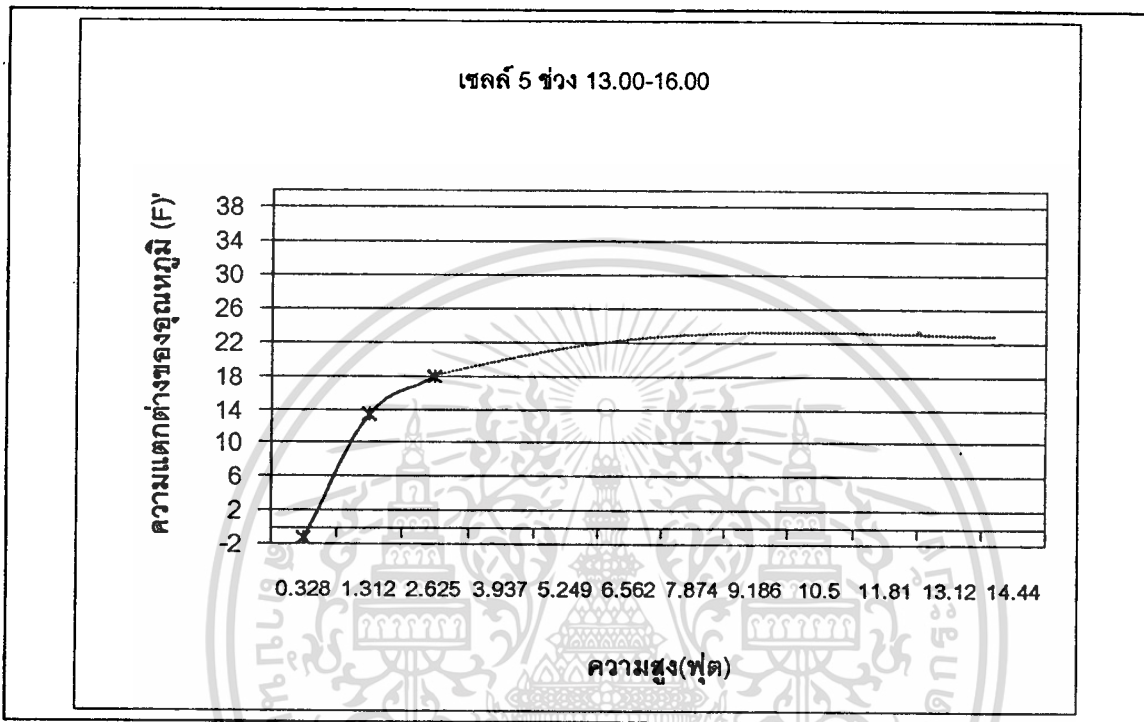
A = พื้นที่หน้าตัดของปล่อง ด้านที่เล็กที่สุด (ft²)

H = ความสูงระหว่างช่องทางเข้าและทางออกของปล่องในแนวตั้ง (ft)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน และภายนอก (°F)

จากสมการเห็นได้ว่าตัวแปรด้านความเร็วในการไหลของอากาศถูกกำหนดตามความต้องการอันเนื่องมาจากสภาพอากาศแล้ว(1.5เมตร/วินาที หรือ 295.2759197 ฟุต/นาที่) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์นั้นถูกกำหนดตามรูปแบบของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่ได้จากผลการวิจัย (16.988) ส่วนตัวแปรด้านความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกปล่องนั้น อาศัยการวิเคราะห์ด้านพฤติกรรมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในปล่องของรูปแบบดังกล่าวทำให้ทราบว่าการไหลภายในปล่องจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการคำนวณหาความสูงของปล่องนี้ จำต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านความแตกต่างของอุณหภูมิกับตัวแปรด้านความสูงของปล่องเสียก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำข้อมูลของอุณหภูมิที่ทำการบันทึกภายในปล่องของหน่วยทดสอบที่มีรูปแบบเดียวกับผลสรุปของการวิจัย(เซลล์5)ในระดับความสูงต่างๆกัน3 ระดับคือ ที่ความสูง 0.32808 ฟุต(T3,T14), 1.31232 ฟุต(T2,T12) และที่ความสูง 2.62464 ฟุต (T1,T14) โดยนำข้อมูลที่บันทึกในช่วงเวลาเดียวกันมาหาความสัมพันธ์โดยอาศัยสมการเชิงเส้น เพื่อทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิที่ความสูงในระดับอื่นต่อไป โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการพิจารณาจะเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมขึ้นถึงจุดสูงสุดเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการลมในความเร็วตามที่ได้หาความต้องการไว้(1.5เมตร/วินาที) ซึ่งเมื่อตรวจสอบระยะเวลาของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่ขึ้นถึงจุดของวัน(จากกรมอุตุนิยมวิทยาที่เก็บข้อมูลทุกๆ 3 ชั่วโมง) พบว่าส่วนใหญ่จะอยู่ที่เวลา 16.00น และ 13.00น ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำข้อมูลด้านอุณหภูมิภายในปล่อง ณ จุดต่างๆของช่วงเวลา13.00น-16.00น หาความสัมพันธ์กับความสูงของแต่ละจุดที่ทำการวัด ทำให้ได้ผลของความสัมพันธ์ดังนี้



ภาพที่6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของปล่องและความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวประกอบกับสมการข้างต้นทำให้ทราบว่า ในความสูงที่ระยะประมาณ 4 เมตร(13.1354 ฟุต หรือ 4.0037 เมตร) จะก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่มากที่สุดที่จะทำให้อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.5ม./วินาที ตามที่ได้ตั้งความต้องการไว้

จึงสามารถสรุปได้ว่า การทำระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อแก้ปัญหาด้านสภาวะความสบายจากสภาพอากาศกรุงเทพมหานครนั้น ควรใช้ระบบปล่องหลังคาแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุโปร่งแสง โดยปล่องจะมีช่องปล่องกว้าง 30 เซนติเมตร และมีแผ่นโลหะแทรกอยู่กลางปล่อง ซึ่งทำฝ้าในแนวตรงโดยมีช่องที่ทำให้อากาศที่อยู่เหนือฝ้าสามารถถ่ายเทออกไปได้ นอกจากนั้นควรเจาะช่องดึงอากาศให้ตรงกับปล่องพร้อมทั้งเจาะช่องหน้าต่างในด้านข้ามกับแผงหลังคา โดยปล่องมีความสูงในแนวตั้งที่ระยะ 4 เมตร จะทำให้ได้ความเร็วของอากาศที่ 1.5ม./วินาที ในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงสุด ซึ่งเพียงพอต่อการก่อให้เกิดสภาวะความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย

6.2.2 การวางทิศทางของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์

นอกจากจะทราบระดับความสูงของปล่องและรูปแบบของปล่องแล้ว การนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงจำเป็นต้องกำหนดถึงทิศทางการวางแผงหลังคาและช่องหน้าต่างให้สอดคล้องกับสภาพลมและแสงแดดในแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ โดยจะขอกล่าวถึงการหาทิศทางที่สอดคล้องกับตัวแปรแต่ละตัว (ลมและแสงแดด) ตามลำดับ โดยการปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 สามารถสรุปทิศทางการของแผงหลังคาและช่องหน้าต่างที่เหมาะสม ตามขั้นตอนดังนี้

6.2.2.1 ปัจจัยด้านทิศทางและความเร็วลมในสภาพแวดล้อม

ในการกำหนดทิศทางของระบบที่สอดคล้องกับสภาพลมในสภาพแวดล้อมเพื่อเสริมความเร็วลมภายในอาคารนั้นสามารถอาศัยแนวทางจากผลการศึกษาเรื่องผลกระทบของลมในสภาพแวดล้อมต่อการไหลของอากาศภายในปล่อง (หัวข้อ 4.1.1) ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทโดยเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของช่องเปิด (ลมที่พัดมาทางเดียวกับช่องเปิดและลมที่พัดมาในทางตรงข้ามกับช่องเปิด) ซึ่งสามารถอาศัยข้อมูลได้จาก 2 ช่วงของการทดลอง ช่วงแรกนั้นจะเป็นช่วงการทดสอบการทดลอง (Pretest) ซึ่งยังไม่มีการทำแผงบังช่องเปิด (หน้าต่าง) ของหน่วยทดสอบ และในช่วงต่อมาได้มีการทำแผงบังช่องเปิด (หน้าต่างของหน่วยทดสอบ) (หัวข้อ 3.6.1.1) ซึ่งอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคาเพื่อแก้ปัญหาด้านความรุนแรงของลมในสภาพแวดล้อม

พบว่าในช่วงก่อนหน้าที่จะมีการทำแผงบังลมให้กับช่องหน้าต่าง (อยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา) ลมที่พัดมาในทิศทางที่เข้าสู่ช่องหน้าต่างของหน่วยทดสอบได้โดยตรง (ทิศ 1-5) จะส่งผลต่ออากาศภายในปล่องให้มีความเร็วสูงขึ้นเป็นอย่างมาก และหลังจากที่ได้ทำแผงบังให้กับช่องเปิด โดยให้อากาศไหลเข้าหน่วยทดสอบจากทางด้านหน้าแทน (ด้านเดียวกับแผงหลังคา) พบว่า ลมที่พัดมาทางด้านแผงหลังคา (ทิศ 6-9) นั้นแม้ว่าจะพัดมาในความเร็วต่ำแต่ก็ส่งผลให้อากาศภายในปล่องมีความเร็วสูงขึ้นเป็นอย่างมาก (หัวข้อ 4.1.1 ภาพที่ 4.3) ต่างจากลมที่พัดมาจากด้านตรงข้าม (ทิศ 1-5) ซึ่งต้องอาศัยลมที่มีความเร็วสูงจึงจะส่งผลต่อความเร็วของอากาศภายในปล่องให้เพิ่มสูงขึ้น (หัวข้อ 4.1.1 ภาพที่ 4.3)

ดังนั้นจากผลความสัมพันธ์ของลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องของทั้ง 2 ช่วง (ก่อนทำแผงบังและหลังทำแผงบัง) จะเห็นได้ว่าไม่ว่าช่องเปิดจะอยู่ทางด้านหน้าหรือด้านหลังของหน่วยทดสอบ เมื่อมีลมที่มาจากทางเดียวกับช่องเปิดก็จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศภายในปล่องเป็นอย่างมาก

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การทำช่องเปิดให้อยู่ในด้านเดียวกับที่ลมประจำถิ่นจะช่วยเร่งอัตราการถ่ายเทอากาศภายในปล่องได้ดีกว่าการทำช่องเปิดในด้านตรงข้ามกับทิศทางลมประจำถิ่น

หลังจากที่ทราบถึงทิศทางของช่องเปิดที่สอดคล้องกับทิศทางของลมแล้ว จะทำการสรุปข้อมูลด้านลมประจำถิ่นของบริบทที่จะนำหลักการของระบบหลังคาไปประยุกต์ใช้เนื่องจากในแต่ละพื้นที่จะมีปริมาณลมในแต่ละทิศทางที่แตกต่างกัน จึงสามารถกำหนดทิศทางของช่องเปิดให้สอดคล้องได้ดังนี้

ในกรุงเทพมหานครนั้นเมื่อแบ่งช่วงเวลาตามฤดูกาล ออกเป็น 3 ช่วง แล้วเฉลี่ยปริมาณลมในแต่ละทิศทางซึ่งเป็นทิศทางหลัก พบว่าในแต่ละฤดูจะมีทิศทางของลมในทิศหลักแตกต่างกันดังนี้ ในฤดูร้อนนั้นลมจะมาในทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก ในฤดูฝนลมจะมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเป็นหลัก ส่วนในฤดูหนาวแล้วลมจะมาในทิศตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก ดังการสรุปในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงปริมาณลมในทิศทางต่างๆ(ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

ฤดูร้อน (15 ก.พ.-15 พ.ค.)	ฤดูฝน (15 พ.ค.-15 ต.ค.)	ฤดูหนาว (15 ต.ค.-15 ก.พ.)
<p>— หมายถึงลมในความเร็ว 1-3 Knots (0.667-2.00 m/s) หมายถึงลมในความเร็ว 4-16 Knots(2.668-10.673 m/s) ตัวเลข หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของลมในทิศทางและความเร็วนั้นๆ ตัวเลขในวงกลม หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของการไม่มีลม</p>		

ดังนั้นตำแหน่งของช่องเปิด(หน้าต่าง)ที่สอดคล้องกับทิศทางลมในฤดูต่างๆคือ ในฤดูร้อนและฤดูฝนคือช่องเปิดที่อยู่ทางทิศใต้จนถึงตะวันตก ส่วนในฤดูหนาวจะเปลี่ยนไปเปิดช่องเปิดทางทิศเหนือจนถึงทิศตะวันออกแทน ซึ่งแผงหลังคาก็จะอยู่ในทิศตรงข้ามกับทิศของช่องเปิดตามรูปแบบของปล่องหลังคารังสีอาทิตย์ที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความเร็วลมประจำถิ่นข้างต้นที่มีความเร็วตั้งแต่ 0.667-10. 673 ม./วินาที เมื่อหันทิศทางของช่องเปิดให้ถูกต้องแล้วลมในสภาพแวดล้อมจะเสริมความเร็วลมในปล่องได้ตั้งแต่ 0.33-1.25 ม./วินาที (จากผลของความสัมพันธ์ของความเร็วลมในสภาพแวดล้อมต่อความเร็วลมภายในปล่องเมื่อลมพัดมาในทิศเดียวกับช่องเปิด บทที่ 4 ภาพที่ 4.5) ซึ่งความเร็วลมที่เสริมเข้ามามีผลให้ต้องการความเร็วลมที่เกิดจากระบบปล่องหลังคารังสีอาทิตย์เพียง 1.17 และ 0.25 ม./วินาทีตามลำดับ จึงสามารถลดความสูงของปล่องจากเดิมที่สูง 4 ม. เป็นสูง 2.4 ม. และ 0.3 ม. ตามลำดับ ด้วยวิธีการคำนวณความสูงของปล่องเช่นเดียวกับที่ผ่านมา

เห็นได้ว่าในสภาพอาคารที่สามารถวางแนวทิศทางของหลังคาและช่องเปิดให้สอดคล้องกับลมประจำถิ่นได้ก็ไม่จำเป็นต้องทำปล่องสูงถึง 4 ม. โดยสามารถลดความสูงของปล่องลงมาเหลือเพียง 2.4 ม. ได้ แต่อย่างไรก็ดีสำหรับพื้นที่ที่ลมประจำถิ่นมิได้เกิดตลอดเวลา และการใช้หลักการของลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) นั้นจะไม่ช่วยระบายความร้อนที่สะสมอยู่ใต้หลังคา ในขณะที่การระบายทางปล่องหลังคานี้จะช่วยให้เกิดการระบายอากาศไปพร้อมกับการป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่พื้นที่อยู่อาศัยภายในอีกด้วย นอกจากนี้การระบายอากาศทางปล่องจะมีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แปรผันตรงกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นในช่วงเวลาที่ร้อนมากก็จะเกิดการระบายอากาศมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่การระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) จะไม่มีคุณสมบัติด้านนี้ทำให้ในช่วงที่ร้อนจัดอาจไม่มีลม หรือในช่วงที่ไม่ร้อนมากกลับมีลมมากเกินไปจนความพอดีจนรู้สึกถึงภาวะไม่สบายได้ ดังนั้นจึงขอเสนอแนะให้ใช้ปล่องความสูงที่ 4 ม. เช่นเดิม เพื่อเป็นการรับประกันถึงการระบายอากาศที่เพียงพอ

6.2.2.1 ปัจจัยด้านทิศทางของทางเดินของดวงอาทิตย์

หลังจากที่ได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของช่องเปิดกับปัจจัยด้านลมในสภาพแวดล้อมแล้ว ต่อมาจะเป็นการพิจารณาถึงปัจจัยด้านทิศทางทางเดินของดวงอาทิตย์กับการวางระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ดังนี้

ตามการทบทวนวรรณกรรมได้ระบุไว้ว่าทิศทางทางเดินของดวงอาทิตย์นั้นมีผลต่อทิศทางของแสงหลังคา คือ ทิศทางของระบบหลังคาควรอยู่ในทิศที่ได้รับรังสีมากที่สุดตลอดทั้งวันโดยให้วางแสงหลังคาไปทางทิศใต้ เนื่องจากการเดินทางของดวงอาทิตย์นั้นจะอ้อมไปทางทิศใต้ แต่เมื่อตรวจสอบจากผังการเดินทางของดวงอาทิตย์ (Sun Chart) ที่ระดับละติจูดเดียวกับกรุงเทพมหานคร (14 องศาเหนือ) พบว่าดวงอาทิตย์ไม่ได้อ้อมไปทางทิศใต้ตลอดเวลา แม้ว่าโดยส่วนใหญ่จึงแล้วดวงอาทิตย์จะอ้อมได้ แต่จะมีอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของปีที่ดวงอาทิตย์จะอ้อมเหนือ คือ ช่วง 21 เม.ย- 11 ส.ค. ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงการเดินทางของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน

1 มก.-21เม.ย., 12 ส.ค.-31ธ.ค (8 เดือน 10 วัน)	21 เม.ย.-11 ส.ค. (3 เดือน 20 วัน)

ดังนั้นถ้าหันแผงหลังคา รับแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ด้านเดียวจะมีช่วงหนึ่งของปีที่แผงหลังคา จะไม่ได้รับแสงเต็มที่ จึงควรหันแผงหลังคาไปทางทิศใต้ในช่วง 1 มก.-21เม.ย.และ 12 ส.ค.-31ธ.ค. ส่วนในช่วง 21 เม.ย.-11 ส.ค. แผงหลังคา รับแสงอาทิตย์จึงหันไปทางทิศเหนือแทน เพื่อที่แผงหลังคาสามารถรับแสงได้ตลอด ส่งผลให้ระบบทำงานได้ทั้งปี

6.2.2.3 การปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยด้านลมและแสงอาทิตย์

เมื่อทราบถึงหลักการในการกำหนดทิศทางของหน้าต่างให้สอดคล้องกับสภาพลม และการวางแผงหลังคาให้สอดคล้องกับทางเดินของดวงอาทิตย์แล้ว ต่อไปจะเป็นการหาทิศทางของแผงหลังคาและช่องหน้าต่างที่เหมาะสม กับ การปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรด้านสภาพลมและตัวแปรด้านทางเดินของดวงอาทิตย์

เนื่องจากสภาพเงื่อนไขของตัวแปรทั้ง2อยู่ในช่วงเวลาที่ต่างกันเมื่อนำมาปฏิสัมพันธ์กันแล้วก่อให้เกิดสภาพเงื่อนไขในช่วงเวลาต่างๆของปีอยู่ 6 สภาพการณ์ดังตารางที่6.3 และเมื่อพิจารณาแยกแยะสภาพการณ์ที่แตกต่างกันแล้ว สามารถสรุปเป็นสภาพการณ์ได้ 3 ประเภท ดังผลสรุปในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.3 สภาพการณ์ของทิศทางลมและแสงแดดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆของปี

ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว
15 ก.พ.-21เม.ย.	21เม.ย.-15 พ.ค.	15 พ.ค.-11 ส.ค.	11 ส.ค.-15 ต.ค.	15 ต.ค.-15 ก.พ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 แสดงการสรุปสภาพการณ์ของทิศทางลมและแสงแดดที่ที่แตกต่างกัน

สภาพการณ์ที่1	สภาพการณ์ที่2	สภาพการณ์ที่3

เมื่ออาศัยหลักการในการวางทิศทางของหน้าต่างให้สอดคล้องกับสภาพลมและหลักการในการหันแผงหลังคาให้สอดคล้องกับทางเดินของดวงอาทิตย์ที่ผ่านมา จึงสามารถกำหนดทิศทางของหน้าต่างและแผงหลังคาของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ สำหรับสภาพการณ์แต่ละประเภทได้ดังนี้

สภาพการณ์ที่ 1 ควรเปิดช่องเปิดไปทางทิศจนถึงทิศตะวันตก แต่ให้อากาศไหลเข้าสู่พื้นที่ภายในทางทิศเหนือ และหันแผงหลังคาไปทางทิศใต้ (สาเหตุที่ให้อากาศไหลเข้าพื้นที่ภายในทางทิศเหนือ เนื่องจากการเปิดช่องเปิดให้อากาศเข้าพื้นที่ภายในทางทิศใต้โดยตรงในขณะที่ปล่องก็อยู่ทางทิศใต้ เป็นแนวทางที่ขัดแย้งกับรูปแบบของหลังคา เนื่องจากถ้าให้ช่องเปิดและแผงหลังคานั้นอยู่ในทิศเดียวกัน(ทิศใต้) จะทำให้อากาศจะภายนอกเข้าหน้าต่างแล้วออกสู่ปล่องเลย ไม่ผ่านบริเวณที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ จึงไม่มีผลด้านภาวะความสบาย ดังนั้นจึงขอเสนอแนวทางแก้ปัญหาด้วยการทำช่องเปิดรับลมจากภายนอกในทางทิศใต้จนถึงทิศตะวันตกเช่นเดิม แต่ช่องเปิดนั้นมีลักษณะของปล่องที่นำลมไปเข้าพื้นที่ภายในทางด้านทิศเหนือแทน ภายในบริเวณที่อยู่อาศัยนั้นก็จะมีอากาศไหลเข้ามาทางทิศเหนือ แล้วออกทางปล่องที่อยู่ทางทิศใต้ มีผลให้การไหลอากาศที่ใช้สร้างภาวะความสบายผ่านพื้นที่อยู่อาศัยมากที่สุด)

สภาพการณ์ที่ 2 ควรเปิดช่องเปิดทางทิศใต้แต่มีแผงดักลมสำหรับลมทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนแผงหลังคาอยู่ทางทิศเหนือแทน (สาเหตุที่ให้เปิดช่องเปิดทางทิศใต้ด้านเดียวเนื่องจากปล่องอยู่ทางทิศเหนือ การเปิดช่องเปิดทางทิศตะวันตกอาจทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลเข้าปล่องทันที และนอกจากนั้นยังมีผลด้านรังสีความร้อนที่จะเข้ามาโดยตรง ซึ่งจะผลการทดลองพบว่ารังสีตรงมีผลต่ออุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยเป็นอย่างมาก)

สภาพการณ์ที่ 3 ควรเปิดช่องเปิดทางทิศเหนือและมีแผงดักลมสำหรับลมทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ และให้แผงหลังคาอยู่ทางทิศใต้ (สาเหตุที่ให้ช่องเปิดอยู่ทางทิศเหนือเพียงอย่างเดียวนั้นเป็นเหตุผลเดียวกันกับสภาพการณ์ที่2)

ดังนั้นเพื่อให้ได้การระบายอากาศตลอดทั้งปีจึงควรทำให้ได้ทั้ง 3 รูปแบบโดยแต่ละรูปแบบใช้ในช่วงเวลาต่างๆกันดังนี้

ในฤดูร้อน ตั้งแต่ช่วง 15 ก.พ.-21 เม.ย. ใช้ระบบหลังคาและการเปิดช่องเปิดตามสภาพการณ์ที่ 1 หลังจากนั้นคือช่วง 21 เม.ย.-15 พ.ค. เปลี่ยนมาใช้ระบบหลังคาและการเปิดช่องเปิดตามสภาพการณ์ที่ 2 แทน

ในฤดูฝนช่วงต้น 15 พ.ค.-11 ส.ค. ยังใช้ระบบหลังคาและการเปิดช่องเปิดตามสภาพการณ์ที่ 2 อยู่ แต่ในช่วงปลายคือช่วง 11 ส.ค.-15 ต.ค. ให้เปลี่ยนกลับมาใช้ระบบหลังคาและการเปิดช่องเปิดตามสภาพการณ์ที่ 1

ในฤดูหนาว ตั้งแต่ 15 ต.ค.-15 ก.พ. ให้ใช้ระบบหลังคาและการเปิดช่องเปิดตามสภาพการณ์ที่ 3 แทน โดยถ้าปฏิบัติตามนี้ก็จะทำให้มีการระบายอากาศในประสิทธิภาพสูงสุดได้ตลอดทั้งปี

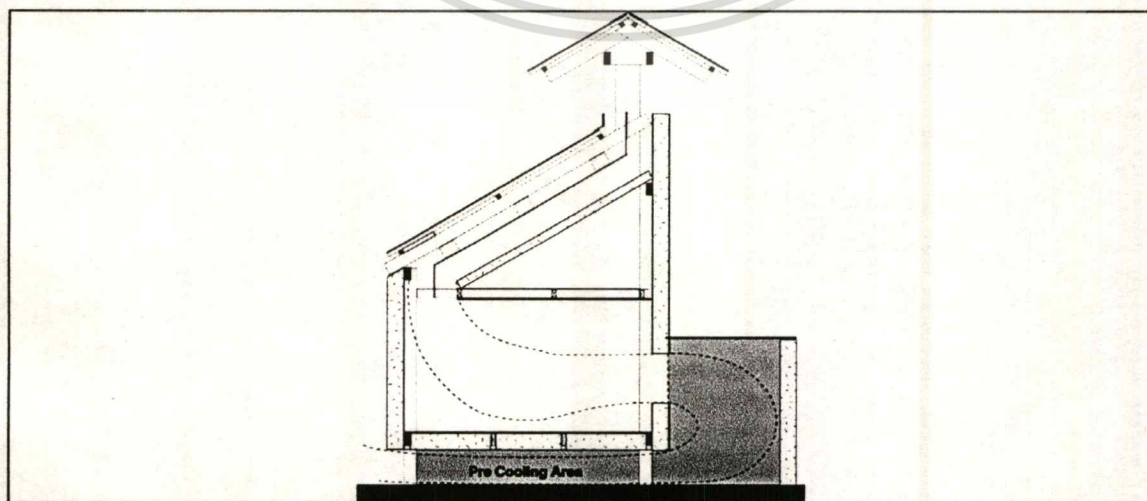
6.2.3 ตัวอย่างการประยุกต์ผลการวิจัยในการสร้างสภาวะความสบายของพื้นที่ภายในต่อไปจะเป็นการนำผลการวิจัยด้านรูปแบบของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ และข้อเสนอแนะด้านความสูงของปล่อง ตลอดจนทิศทางการวางแผงหลังคาและช่องเปิดในช่วงเวลาต่างๆของปี ปรมวลเป็นตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมที่มีลักษณะดังนี้ (ตารางที่ 5.5)

ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแบบใส และมีโลหะแทรกกลาง ทำฝ้าในแนวตรง โดยมีช่องดิ่งอากาศเข้าตรงกับปล่องและมีหน้าต่างอยู่ในด้านตรงข้ามกับแผงหลังคา มีความสูงของปล่องที่ 4 เมตร แต่เนื่องจากการทำฝ้าในแนวตรงนั้นจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่อยู่อาศัยสูงกว่าการทำฝ้าในแนวเอียงเล็กน้อยจึงเสนอให้มีปล่องระบายอากาศเพิ่มอีก 1 ปล่องเพื่อระบายอากาศร้อนสะสมที่สะสมอยู่เหนือฝ้าออกไป และเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ของลมและแสงแดดทั้ง 3 ประเภท จึงวางอาคารให้ด้านสกัดอยู่ในทางตะวันออกและตะวันตก และจากการที่ทางเดินของดวงอาทิตย์มีทั้งอ้อมทางใต้และอ้อมทางเหนือ ทำให้ต้องมีหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ด้าน (ตารางที่ 6.5) เพื่อรับรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน นอกจากนั้นกระแสลมในแต่ละฤดูก็มาในทิศทางต่างกัน ทำให้ต้องเปิดช่องเปิดทั้ง 2 ทาง โดยช่องเปิดทางทิศใต้จะมี 2 ลักษณะ ลักษณะแรกจะเปิดรับลมจากทางทิศใต้โดยตรงและมีแผงดักลมสำหรับลมทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งลมจะเข้าสู่บริเวณที่อยู่อาศัยแล้วออกทางปล่องด้านทิศเหนือ ลักษณะที่ 2 จะเปิดช่องเปิดทางทิศใต้แต่ให้อากาศเข้าสู่ที่อยู่อาศัยทางทิศเหนือแล้วเข้าสู่ปล่องทางทิศใต้ เพื่อให้กระแสลมผ่านส่วนที่อยู่อาศัยให้ได้มากที่สุดก่อนจะเข้าสู่ปล่อง ซึ่งในแต่ละช่วงฤดูจะมีการเปิดช่องเปิดที่ต่างกัน พร้อมกับใช้ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ในด้านที่ต่างกันดังตารางที่ 6.6

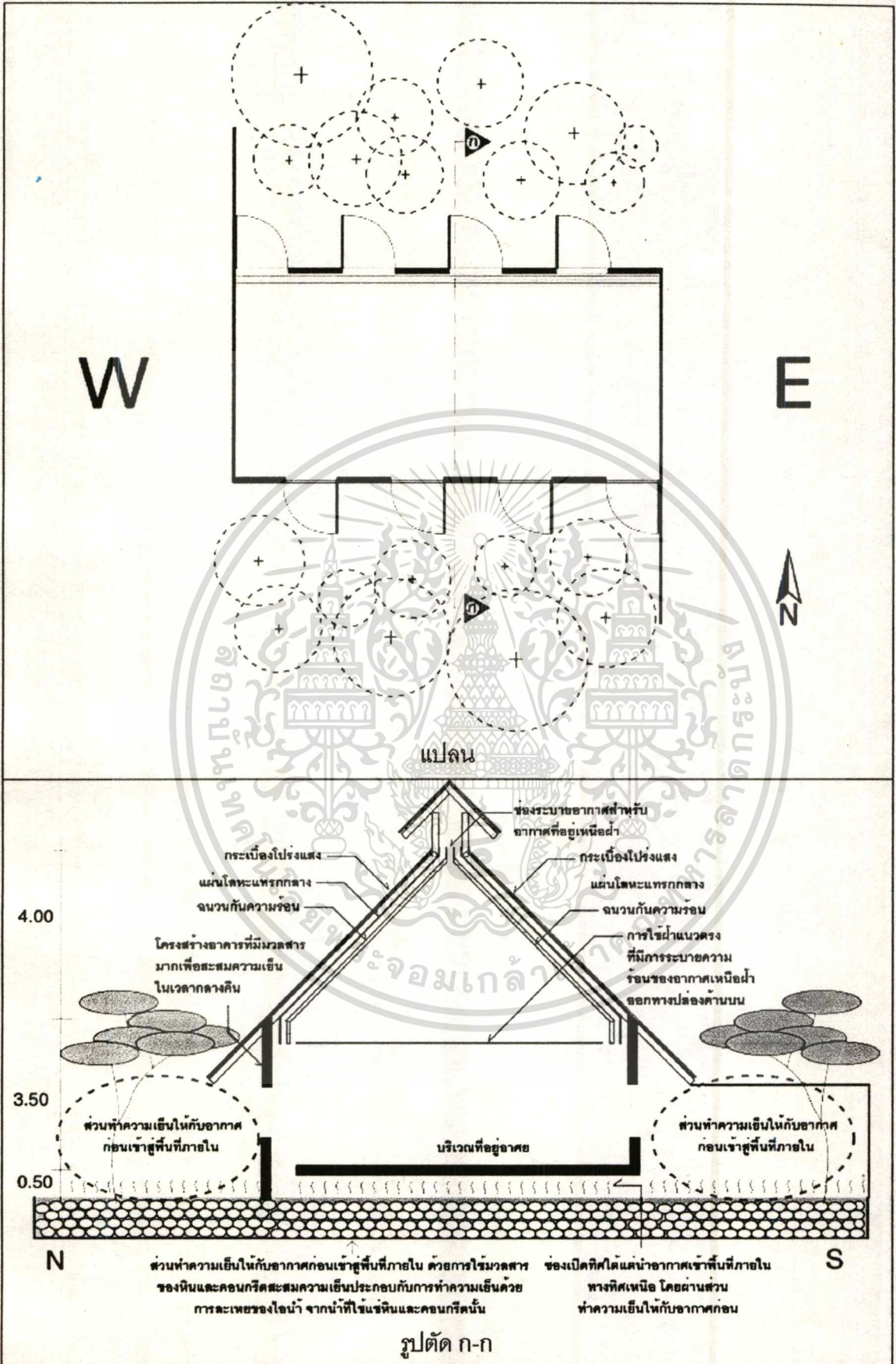
จากผลการทดลองซึ่งเป็นผลข้างเคียงจากการแก้ปัญหาด้านลมที่ใช้แผงบังลมเพื่อเปลี่ยนทิศทางลม ลมจึงไหลผ่านช่องว่างระหว่างได้หน่วยทดสอบกับพื้นคอนกรีต (ภาพที่ 6.5) ซึ่งพื้นคอนกรีตเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี่เองที่ทำหน้าที่ในการทำความเย็นให้กับอากาศก่อนเข้าสู่ภายในหน่วยทดสอบ เนื่องจากเป็นวัตถุที่มีมวลมากและไม่โดนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เพราะอยู่ใต้หน่วยทดสอบ จากเหตุดังกล่าวส่งผลให้อุณหภูมิภายในหน่วยทดลองจึงต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 4 องศา ดังนั้นในการใช้งานจริงจึงเสนอให้ในระหว่างการเดินทางของอากาศควรมีระบบทำความเย็นให้กับอากาศก่อนที่จะเข้าสู่พื้นที่ภายในซึ่งทำได้หลายวิธีการ ซึ่งในที่นี้จะอาศัยการทำความเย็นด้วยมวลสารและการระเหยของไอน้ำ โดยการใช้หินและคอนกรีตแช่อยู่ในน้ำซึ่งมีการทำร่มเงาป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ด้วยต้นไม้และตัวอาคารในบริเวณใต้ถุน แล้วให้อากาศไหลผ่านส่วนทำความเย็นนี้ก่อนเข้าสู่พื้นที่ภายใน

จากหลักการทำความเย็นให้อากาศก่อนเข้าสู่อาคารดังกล่าวจึงสามารถนำหลักการของกระบวนการระบายอากาศในเวลากลางวันเพื่อทำความเย็นให้กับตัวอาคารที่มีมวลสารมากเพื่อสะสมความเย็นไว้ในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นในเวลากลางวันจึงเปิดช่องเปิดทั้งหมด ส่วนในช่วงกลางวันจะเปิดช่องเปิดเฉพาะที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น(ตามตาราง 6.6) แม้ว่าหลักการทำความเย็นด้วยมวลสารจะขัดแย้งกับการระบายอากาศเนื่องจากการระบายอากาศจะนำความร้อนเข้ามาสู่พื้นที่ภายในทำให้มวลสารสูญเสียความเย็นไป ในหลักการเดิมจึงเปิดช่องเปิดทั้งหมดในช่วงกลางวัน แต่เนื่องจากในการระบายอากาศครั้งนี้ได้มีการทำความเย็นให้กับอากาศก่อนที่จะไหลเข้าสู่พื้นที่ภายใน ดังนั้นอากาศที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ภายในจึงมีอุณหภูมิต่ำ ไม่ทำให้มวลสารภายในสูญเสียความร้อนอย่างรวดเร็วเท่ากับการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาโดยตรง นอกจากนั้นการระบายอากาศยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆอีก เช่น ในด้านคุณภาพอากาศภายในที่จะช่วยเจือจางและถ่ายเทอากาศเสียออกไปหรือในด้านความชื้นของพื้นที่ภายในเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศจะช่วยในการระเหยของไอน้ำหรือเหงื่อของผู้อยู่อาศัย ซึ่งการเปิดช่องเปิดทั้งหมดในเวลากลางวันตามหลักการเดิมอาจก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นมาได้



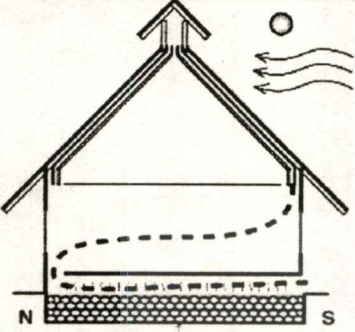
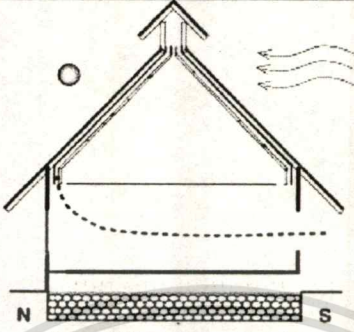
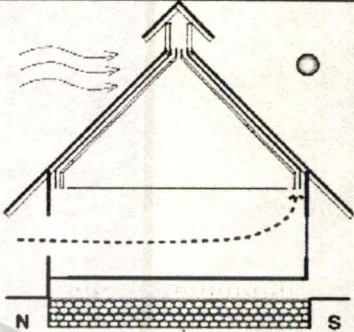
ภาพที่ 6.5 แสดงการทำความเย็นให้กับอากาศก่อนเข้าสู่พื้นที่ภายใน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 6.5 ตัวอย่างการการประยุกต์ใช้หลักการปล่องรังสีอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 แสดงการเปิดช่องเปิดและหลังคาปล่องแสงอาทิตย์ที่ทำงานในแต่ละช่วงของฤดู

รูปแบบที่1 (ฤดูร้อนตอนต้น และฤดูฝน ตอนปลาย)	ในช่วงเวลาของรูปแบบที่2 (ฤดูร้อนตอนปลาย ถึง ฤดูฝน ตอนต้น)	ในช่วงเวลาของรูปแบบที่3 (ฤดูหนาว)
 <p>Pre-Cooling Unit (Thermal Mass and Evaporative Cooling)</p>	 <p>Pre-Cooling Unit (Thermal Mass and Evaporative Cooling)</p>	 <p>Pre-Cooling Unit (Thermal Mass and Evaporative Cooling)</p>

จากตารางที่ 6.6 แสดงการเปิดช่องเปิดในช่วงเวลากลางวันของแต่ละสภาพการณ์ซึ่งมีการทำงานของระบบดังนี้

สภาพการณ์ที่ 1 ซึ่งกินเวลาช่วงตอนต้นของฤดูร้อนและตอนปลายของฤดูฝน ลมจะมาทางทิศใต้จนถึง และดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้ จึงควรเปิดช่องเปิดทางทิศใต้จนถึงตะวันตกในช่องด้านล่างเพื่อให้ลมอากาศไหลเข้าที่อยู่อาศัยทางทิศเหนือแล้วเข้าสู่ปล่องทางทิศใต้

ส่วนสภาพการณ์ที่ 2 ซึ่งอยู่ในช่วงตอนปลายฤดูร้อนและตอนต้นฤดูฝน ลมจะมาจากทางทิศใต้จนถึงทิศตะวันตกอยู่แต่ดวงอาทิตย์จะอ้อมไปทางเหนือแทน ดังนั้นจึงควรเปิดช่องเปิดทางทิศใต้ในส่วนที่อยู่ระดับเดียวกับบริเวณที่อยู่อาศัย เพื่อให้ลมทางทิศใต้ผ่านที่อยู่อาศัยแล้วเข้าสู่ปล่องทางทิศเหนือ ส่วนลมในทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้จะถูกแผงดักลมแล้วเข้าสู่ช่องเปิดทางทิศใต้เช่นเดียวกัน

สภาพการณ์ประเภทที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูหนาว ลมจะมาจากทางเหนือจนถึงตะวันออก แต่ดวงอาทิตย์จะอ้อมใต้ จึงควรเปิดช่องเปิดทางทิศเหนือ แล้วผ่านที่อยู่อาศัยเข้าสู่ปล่องทางทิศใต้ ส่วนลมในทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือจะถูกแผงดักลมแล้วเข้าสู่ช่องเปิดทางทิศใต้เช่นเดียวกัน

5.3 การประเมินค่าการประหยัดพลังงานของระบบ

หลังจากที่ได้เสนอแนะและแสดงตัวอย่างการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้แล้ว ต่อไปจะเป็นการประเมินค่าการประหยัดพลังงานที่ได้จากระบบหลังคาปล่องรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากระบบนี้เป็นการใช้พลังงานธรรมชาติในการสร้างภาวะความสบายให้กับผู้อยู่อาศัยทดแทนการใช้เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการสร้างความเย็นอันได้แก่ เครื่องปรับอากาศและพัดลม ดังนั้นพลังงานที่ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่ประหยัดไปได้จึงเทียบเท่ากับพลังงานที่เครื่องปรับอากาศหรือพัดลมใช้ไป ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้พลังงานของการใช้เครื่องปรับอากาศและพัดลมในกรณีศึกษาของพื้นที่อยู่อาศัยขนาด 20 ตารางเมตร (3.5m x 5.5m) โดยปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ไปนั้น (unit) หาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า(kW)กับจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานตามสมการดังนี้

$$\text{Unit} = \text{kW} \times \text{Hrs.}$$

การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับพื้นที่ 20 ตารางเมตรนั้นจะใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 Btu ซึ่งใช้กำลังไฟ 1.1025 kW. เมื่อใช้งานวันละ 9 ชั่วโมงครึ่ง(8.00-17.30 ตามเวลาการทำงานของปล่องรังสีดวงอาทิตย์) ในเวลา 1 ปี จะใช้ปริมาณไฟฟ้าตามผลในตาราง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าในกรณีที่ใช้หลังคาปล่องแสงอาทิตย์แทนเครื่องปรับอากาศจะประหยัดไฟฟ้าได้ปีละ 3822.918 หน่วย

ตารางที่ 6.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลา 1 ปี

กำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวนชั่วโมงใน 1 ปี (ชม.)	ปริมาณไฟฟ้าใน 1 ปี(unit)
1.1025	3467.5	3822.918

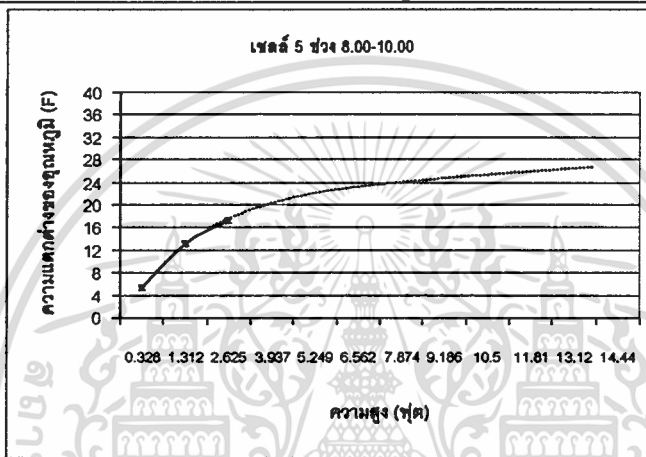
ส่วนการใช้พลังงานของพัดลมในที่นี้จะแบ่งพัดลมออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ พัดลมระบายอากาศ และพัดลมตั้งโต๊ะ โดยพัดลมแต่ละประเภทจะมีกำลังไฟฟ้าที่ต่างกันและมีความสามารถในการระบายอากาศที่ต่างกัน ซึ่งในการคำนวณการใช้พลังงานของพัดลมนั้นจะทำโดยการหา กำลังไฟฟ้ารวมของพัดลมและระยะเวลาการใช้งานตามสมการที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งกำลังไฟฟ้ารวมของพัดลมสามารถหาได้จากจำนวนพัดลมที่ก่อให้เกิดการระบายอากาศที่เทียบเท่ากับอัตราการระบายอากาศที่ได้จากระบบปล่องหลังคารังสีอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห้อง 3.5m x 5.5m. ในรูปแบบตามผลสรุปการวิจัยที่มีความสูงของปล่อง 4 เมตร

จากกระบวนการข้างต้น จึงเริ่มจากการหาอัตราการระบายอากาศของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆของวัน ซึ่งต้องทราบความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในปล่องที่สูง 4 เมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

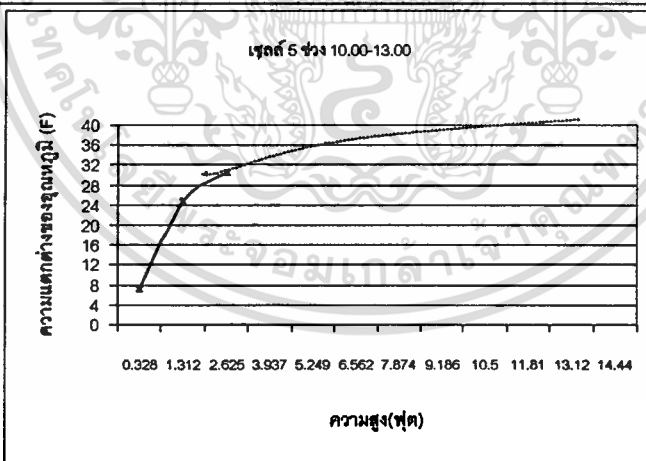
เมตร ก็จะทำให้สามารถคำนวณอัตราการระบายอากาศได้ตามสมการความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศ กับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ พื้นทีหน้าตัดของปล่อง ความสูงของปล่องในแนวดิ่ง และความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกปล่อง(หัวข้อ5.2 ซึ่งมาจากการทบทวนวรรณกรรมหัวข้อ2.1.5) ซึ่งปรากฏผลของการทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิที่ความสูง 4 เมตร ในช่วงเวลาต่างดังนี้

ตารางที่ 6.8 แสดงการทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาต่างๆของวัน

8.00-10.00



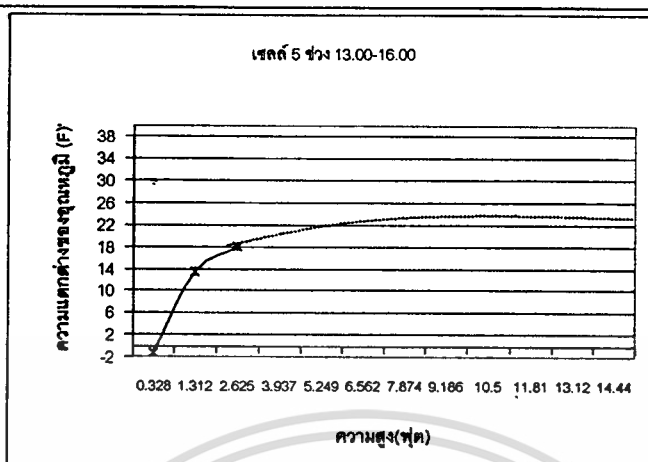
10.00-13.00



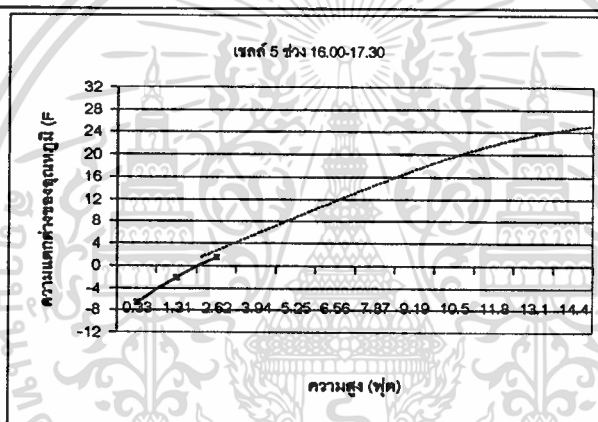
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.8 แสดงการทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาต่างๆของวัน(ต่อ)

13.00-16.00



16.00-17.30



จากการทำนายความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ความสูง 4 เมตร ดังกล่าว เปรียบกับรูปแบบของปล่องที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ 16.988 โดยปล่องช่องปล่องกว้าง 0.3 เมตร ยาว 5.5 เมตร ตามความยาวของห้อง ซึ่งมีความสูงของปล่อง 4 ม. ทำให้สามารถคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากระบบปล่องหลังการรังสีอาทิตย์ได้ตามสมการที่กล่าวไว้ จึงได้ผลดังตารางที่ 6.9 นี้

ตารางที่ 6.9 แสดงอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องหลังการรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	อัตราการระบายอากาศ (qfm)
8.00-10.00	5678.696852
10.00-13.00	6911.889696
13.00-16.00	5241.199865
16.00-17.30	5125.994591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทราบอัตราการระบายอากาศของปล่องหลังคารังสีอาทิตย์แล้ว ทำให้สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของพัดลมได้จากจำนวนพัดลมที่ต้องใช้ให้มีอัตราการระบายอากาศเทียบเท่ากับอัตราการระบายอากาศของปล่องหลังคารังสีอาทิตย์ดังกล่าว และเนื่องจากพัดลมแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงแยกทำการคำนวณการใช้พลังงานของพัดลมแต่ละชนิดดังนี้

1 พัดลมระบายอากาศ ขนาด 10 นิ้ว ใช้กำลังไฟ 28 w ให้อัตราการระบายอากาศ 441 qfm พบว่า ซึ่งเมื่อหาจำนวนพัดลมที่ต้องใช้ให้เทียบเท่าอัตราการระบายอากาศของปล่องหลังคารังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ได้กำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้และเมื่อนำค่าดังกล่าวมาประกอบกับระยะเวลาของการใช้งาน(ตามระยะเวลาการทำงานของปล่องหลังคารังสีอาทิตย์)ทำให้ทราบถึงปริมาณไฟฟ้าที่พัดลมระบายอากาศใช้ในเวลา 1 ตามตารางที่ 6.10

จึงสรุปได้ว่าในกรณีที่ใช้ระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์แทนพัดลมระบายอากาศจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไปได้ปีละ 1254.604 หน่วย

ตารางที่ 6.10 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมระบายอากาศ

	อัตราการระบายอากาศ (qfm) จากระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์	จำนวนของพัดลมดูดอากาศที่ต้องใช้ (ตัว)	กำลังไฟที่ใช้ (kw)	ระยะเวลาการใช้งานในปี (ชม)	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (Unit)
8.00-10.00	5678.696852	12.87686361	0.360552	712	256.7131529
10.00-13.00	6911.889696	15.67321927	0.43885	1068	468.6919489
13.00-16.00	5241.199865	11.88480695	0.332775	1068	355.403267
16.00-17.30	5125.994591	11.6235705	0.32546	534	173.7956261
				รวม	1254.603995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การใช้พัดลมแบบตั้งโต๊ะขนาด 12 นิ้ว ใช้ กำลังไฟ 60 w ให้อัตราการระบายอากาศ 1695 qfm เมื่อใช้วิธีการคำนวณในวิธีเดียวกันกับการคำนวณพัดลมระบายอากาศที่ผ่านมา จึงได้ผลดังตารางที่ 6.11 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้ปล่องหลังคารังสีอาทิตย์แทนการใช้พัดลมตั้งโต๊ะจะประหยัดไฟฟ้าไปได้ปีละ 699.412 หน่วย

ตารางที่ 6.11 แสดงปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้จากพัดลมตั้งโต๊ะเพื่อให้ได้อัตราการระบายอากาศเท่ากับหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์

เวลา	อัตราการระบายอากาศ(qfm) จากระบบหลังคาปล่องแสงอาทิตย์	จำนวนของพัดลมตั้งโต๊ะที่ต้องใช้ (ตัว)	กำลังไฟที่ใช้(kw)	ระยะเวลาการใช้งานในปี (ชม)	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (Unit)
8.00-10.00	5678.696852	3.35002646	0.146183	0.201002	143.1131304
10.00-13.00	6911.889696	4.077522356	0.177928	0.244651	261.2876326
13.00-16.00	5241.199865	3.091934415	0.134921	0.185516	198.1311573
16.00-17.30	5125.994591	3.023971513	0.131955	0.181438	96.88804727
				รวม	699.4199675

จากทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าในพื้นที่อยู่อาศัยขนาด 3.5ม. x 5.5ม. เมื่อใช้ปล่องหลังคารังสีอาทิตย์แทนการใช้เครื่องปรับอากาศจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปได้ปีละ 4847.221 หน่วย และเมื่อใช้แทนการใช้พัดลมระบายอากาศจะประหยัดพลังงานไปได้ปีละ 1254.604 แต่ถ้าใช้แทนพัดลมตั้งโต๊ะจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปได้ปีละ 699.412 หน่วย

แต่อย่างไรก็ตามพัดลมตั้งโต๊ะแม้จะมีคุณสมบัติในการสร้างการเคลื่อนที่ของอากาศภายใน แต่ไม่มีคุณสมบัติในการสร้างการแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศภายในกับอากาศภายนอกเหมือนกับพัดลมดูดอากาศ และหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ ดังนั้นการเปรียบเทียบจึงควรเปรียบเทียบกับพัดลมดูดอากาศมากกว่า

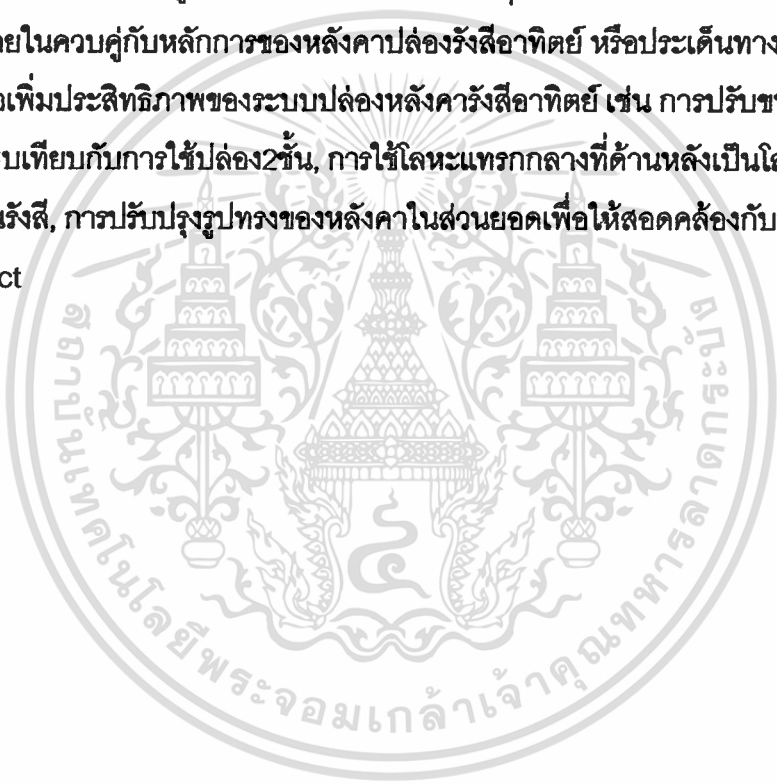
แม้ว่าพัดลมดูดอากาศจะมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนอากาศ แต่ไม่มีคุณสมบัติในการทำความเย็น ซึ่งต่างจากผลการทดลองของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ที่ทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ด้วย ดังนั้นเมื่อรักษาสัดส่วนของความสูงกับปริมาตรตามการทดลอง(ปล่องสูง 1 เมตร ต่อ ปริมาตรห้อง 2.8125) ก็น่าที่จะช่วยลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำกว่าภายนอกได้เช่นกัน ส่วนหนึ่งจากหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ยังทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนจากหลังคาสู่พื้นที่ภายในอีกด้วย ซึ่งพัดลมดูดอากาศไม่สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากตัวแปรในการศึกษาทั้งหมดได้พบประเด็นปัญหาในการวิจัยเพิ่มเติมที่จะเป็นประโยชน์ต่อศาสตร์ของสาขาวิชาอีกหลายประเด็น โดยประเด็นปัญหาในการวิจัยเป็นได้ตั้งแต่ประเด็นทางสถาปัตยกรรมภายใน เช่น ผลกระทบของการจัดเครื่องเรือนและการจัดการพื้นที่ใช้สอยภายในต่อประสิทธิภาพของระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ นอกจากนี้ยังสามารถนำประเด็นของหลักการประหยัดพลังงานด้านอื่นเข้ามาผสมผสานกับระบบที่เป็นอยู่ เช่น การประยุกต์หลักการของการทำความเย็นให้อากาศก่อนจะเข้าสู่พื้นที่ภายในด้วยวิธีการต่างๆ, การผสมผสานการนำแสงธรรมชาติเข้ามาสู่พื้นที่ภายในควบคู่กับหลักการของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ หรือประเด็นทางการปรับปรุงรายละเอียดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปล่องหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ เช่น การปรับขนาดช่องปล่องให้ใหญ่ขึ้นเปรียบเทียบกับการใช้ปล่อง 2 ชั้น, การใช้โลหะแทรกกลางที่ด้านหลังเป็นโลหะมันวาวช่วยการสะท้อนรังสี, การปรับปรุงรูปทรงของหลังคาในส่วยยอดเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการ Bournally Effect



บรรณานุกรม

- กัมปนาท คงมีสุข. 2540. "การศึกษาผลกระทบจากลมและช่องระบายอากาศที่มีต่ออัตราการระบายอากาศได้หลังคาร์บริ่งสีอาทิตย์." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีอุณหภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- กาญจนา ริเริ่มสุนทร. 2538. "การศึกษาการถ่ายเทมวลอากาศโดยธรรมชาติผ่านท่อที่มีพลังงานความร้อนตกบนผิวนอก." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เจริญพร เลิศสถิตธนกร. 2540. "ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ผนัง Trombe Wall แบบดัดแปลงเพื่อการระบายอากาศตามธรรมชาติภายในบ้านพักอาศัย." วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ประพันธ์ จงปติยัตต์. 2538. "การถ่ายลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา สถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเลิศ บุญศรี. 2540. "การศึกษาอิทธิพลของเปิดต่ออุณหภูมิภายในและการถ่ายเทอากาศของห้องภายใต้การระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยปล่องรังสีอาทิตย์." วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ตริงใจ บุรณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง
- รัชต์ ชมภูนิช 2541. "การลดความร้อนผ่านหลังคาโปร่งใสด้วยวิธีธรรมชาติ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมพัฒนาส่งเสริมพลังงาน. 2543 เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน การใช้ฉนวน กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คอมฟอร์ม.
- สุภาวดี บุญถนอม 2541. "แนวทางการเพิ่มการนำความร้อนออกที่ชั้นอากาศร้อนสุด." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อวิรุทธิ์ ศรีสุธานนท์. 2541. "การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Abrams, D.W. 1986. **Low-Energy Cooling a Guide to the Practical Application of Passive Cooling and Cooling Energy Conservation Measures.** New York : Van Nostrand Reinhold.
- Givoni, B. 1994 **Passive and Low Energy Cooling of Buildings.** New York : Van Nostrand Reinhold.
- Lechner, N. 1991. **Heating Cooling Lighting Design Methods for Architects** New York : John Wiley
- Traister, J.E. 1987 **Heating Ventilating and Air Conditioning: Design for Building Construction.** New Jersey : Prentice-Hall.

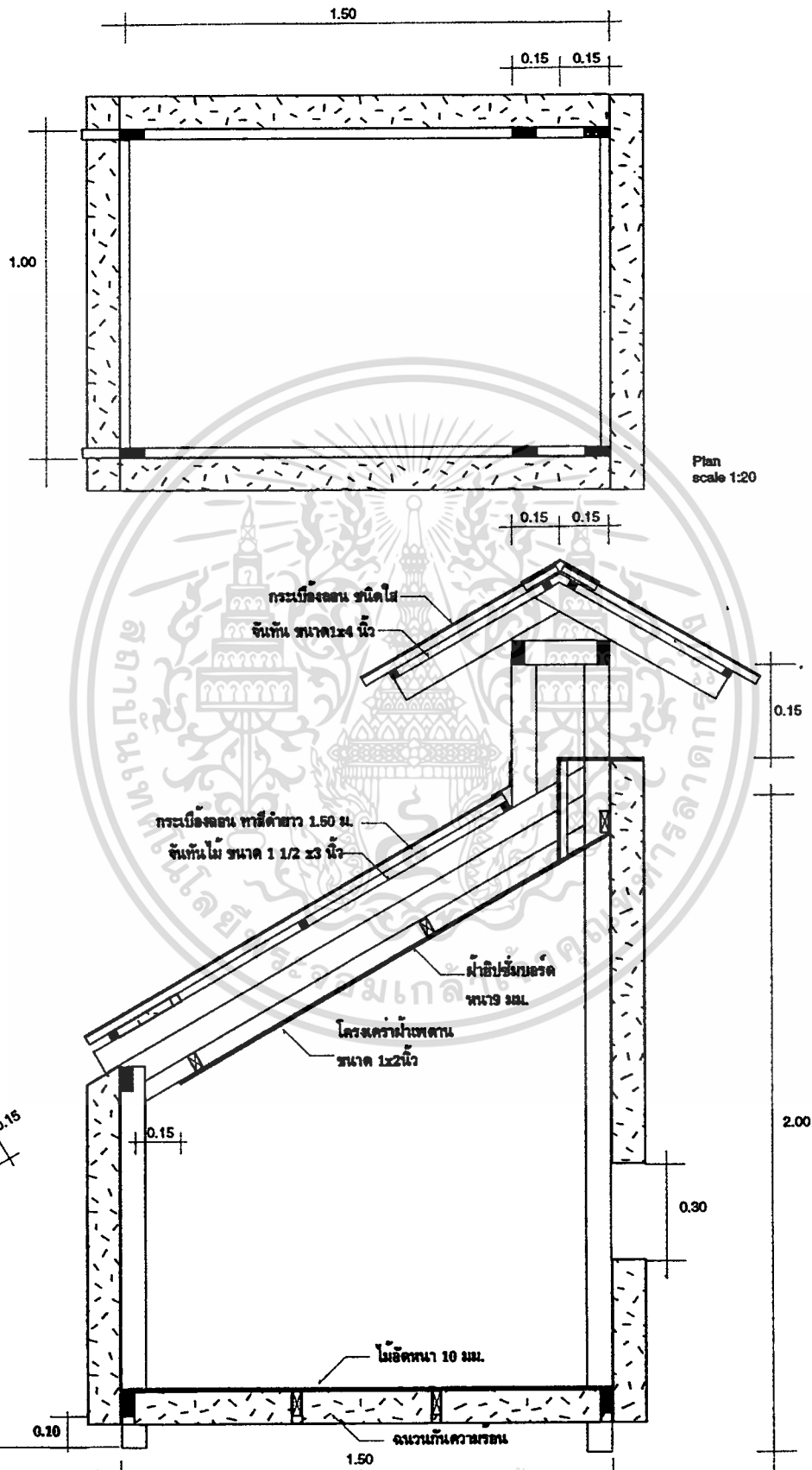




ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลองแบบที่ 2

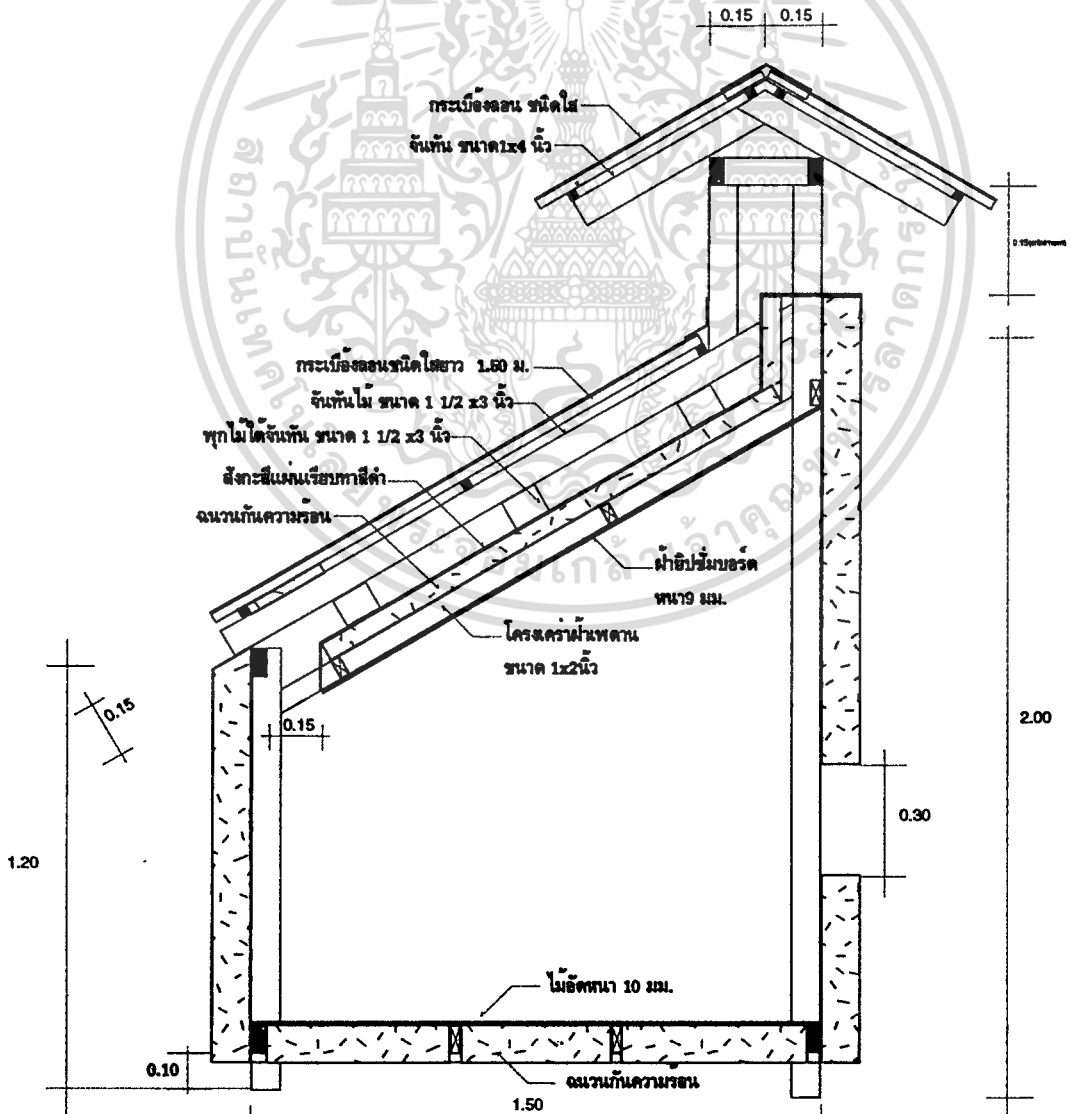
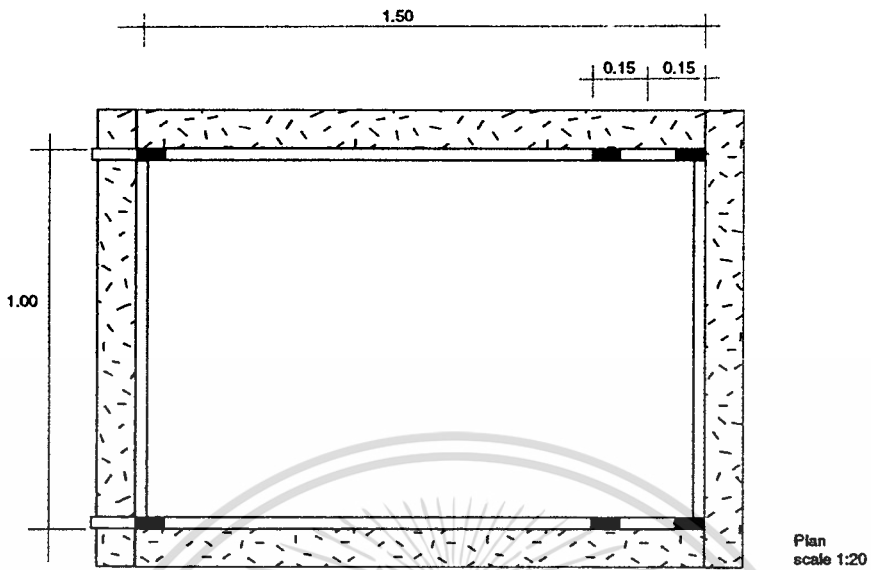


Plan scale 1:20

SECTION scale 1:20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

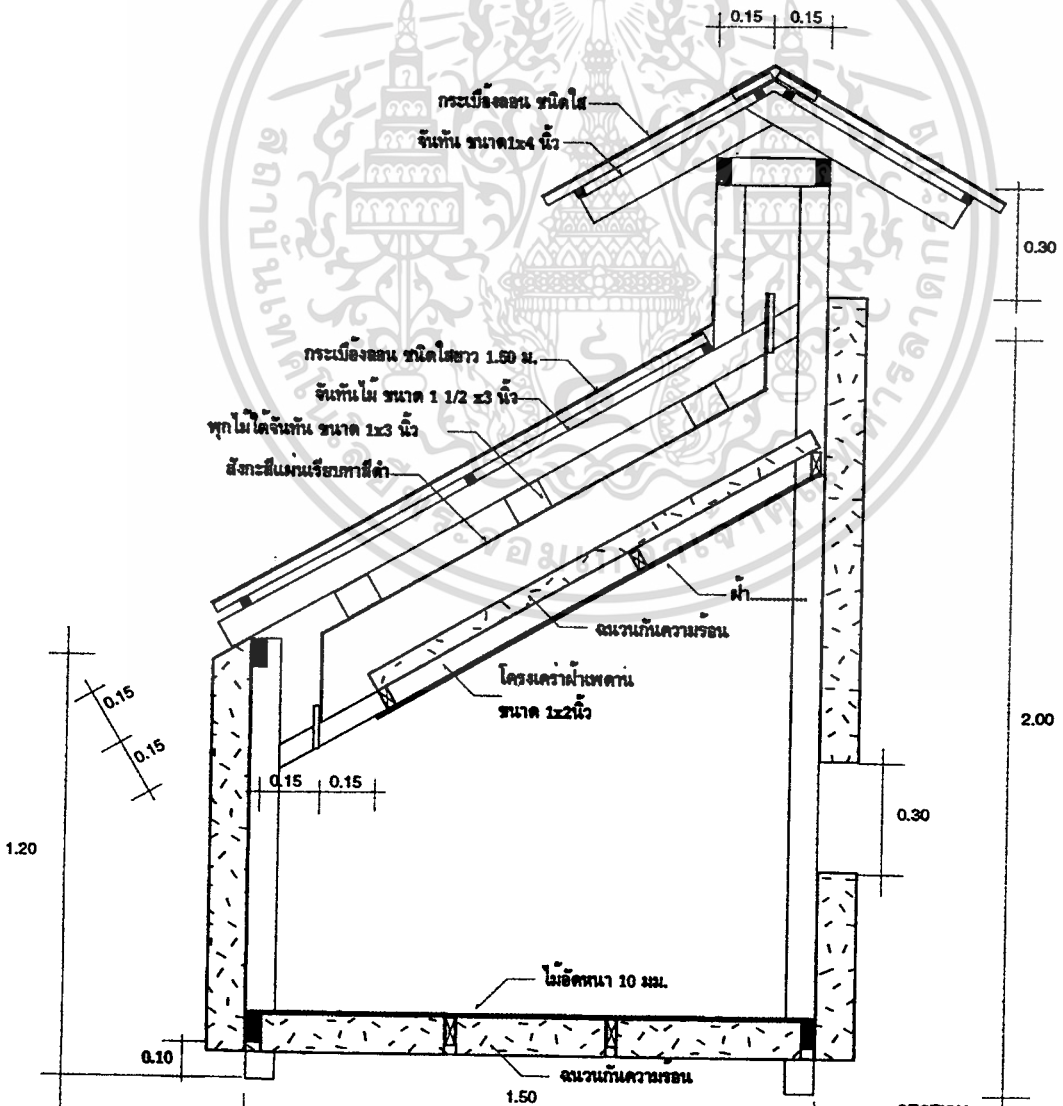
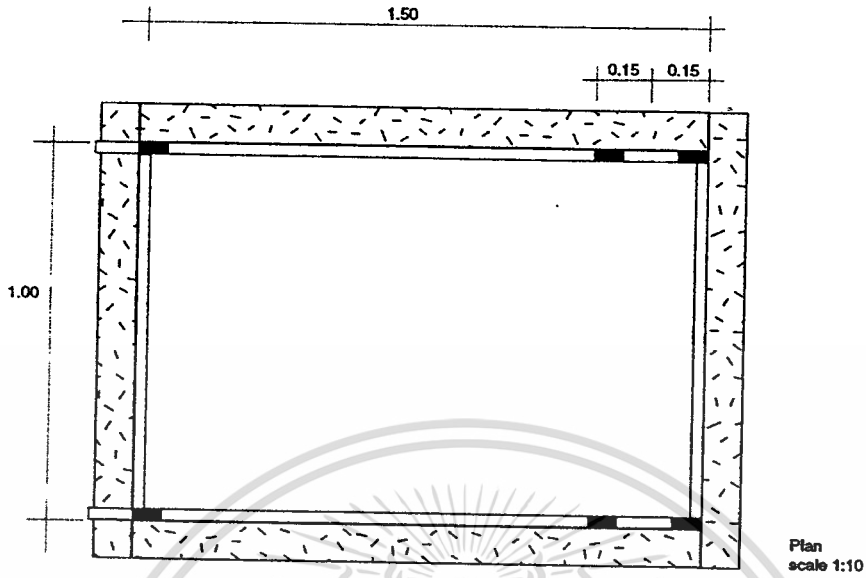
หน่วยทดลองแบบที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากสถาบัน

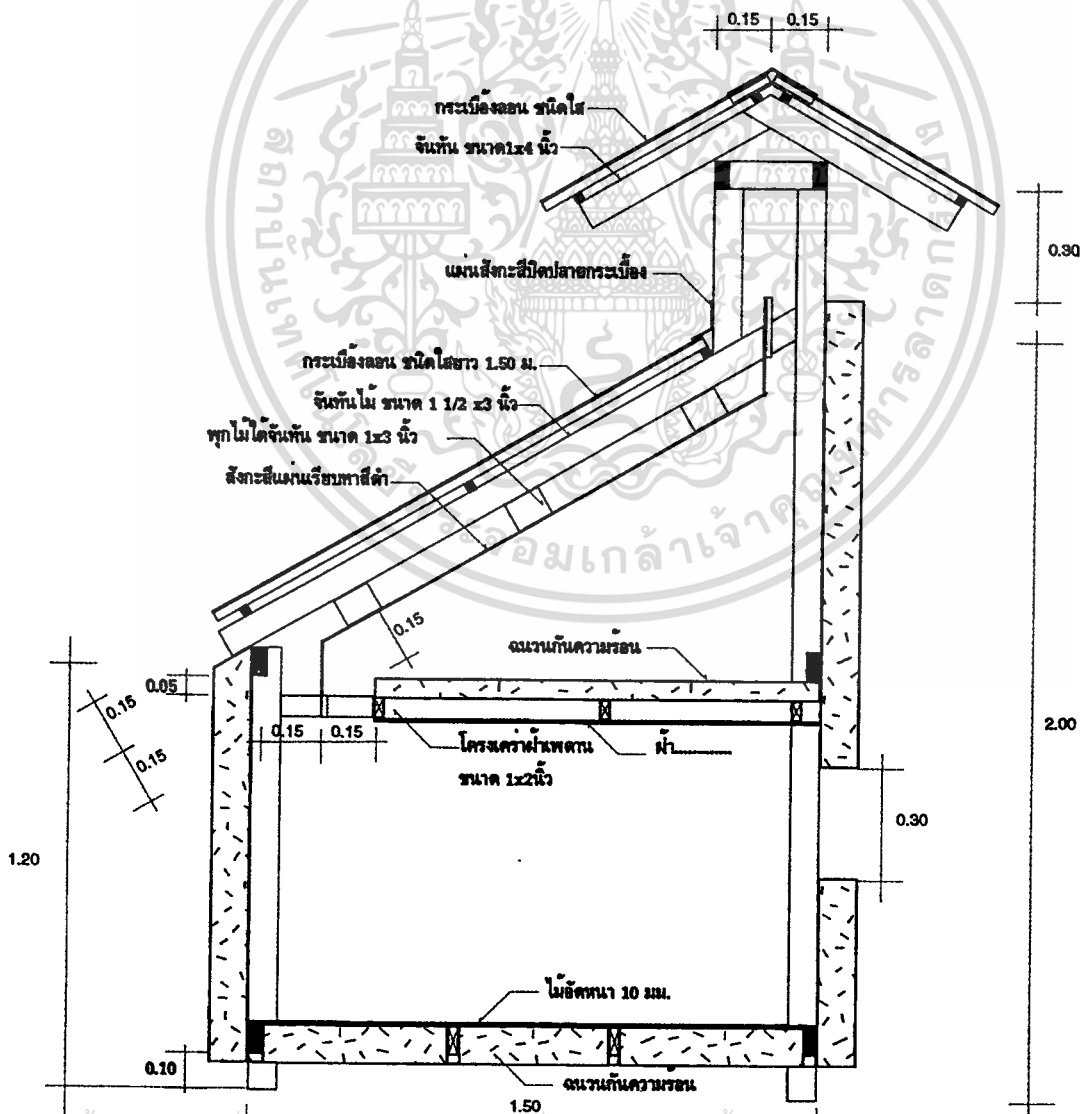
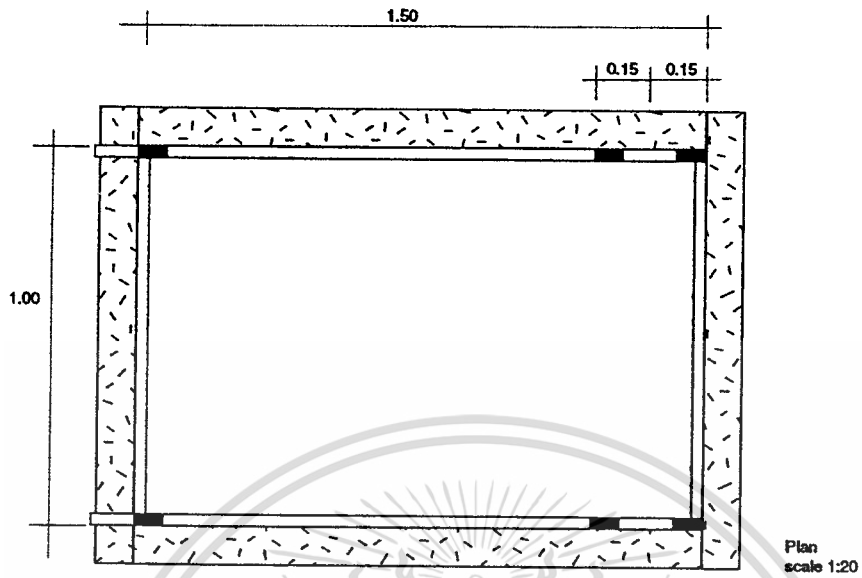
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลองแบบที่ 4



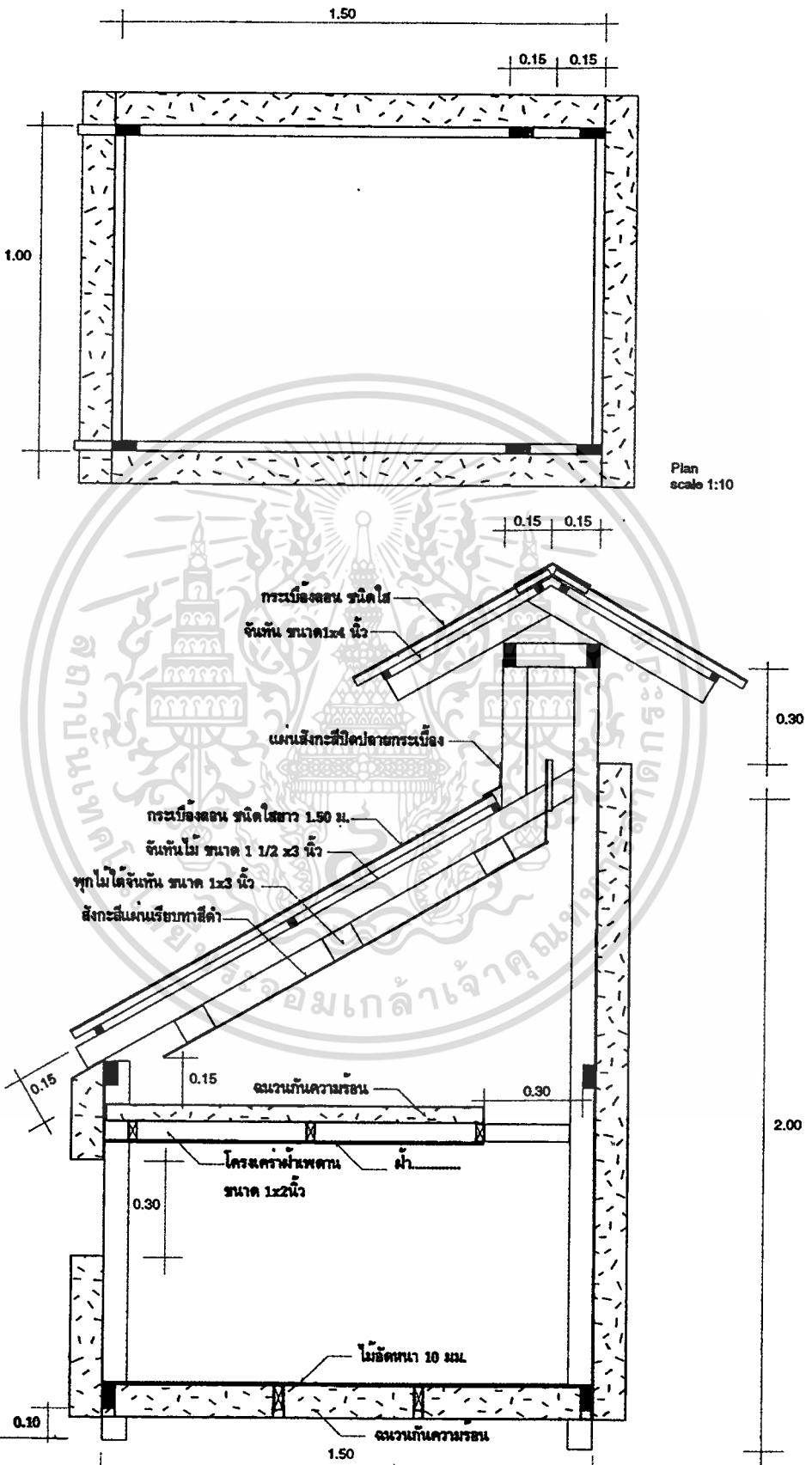
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักเรียนได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลองแบบที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทวงเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะฉีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลองแบบที่ 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย คณิน หุตานวัตร เกิดเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม ณ จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษา การออกแบบอุตสาหกรรมบัณฑิต จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2540

พ.ศ. 2541 เข้าทำหน้าที่ นักออกแบบประจำองค์กร ณ มูลนิธิเสฐียรโกเศศ-นาคะประทีป (อาศรมวงศ์สนิท) พ.ศ.2542 นักออกแบบภายใน บ.อยุธยาสไตส์ จำกัด ปัจจุบัน นักศึกษาทุนพัฒนาอาจารย์ ประจำภาควิชา ศิลปอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

