ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246254

# การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล

นายทุนฌ จันทรทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b 00250951

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246254

# การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล

นายอุษณ จันทรทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5374160625

# ASSESSMENT OF NATURAL VENTILATION PERFORMANCE IN HOSPITAL WARDS

Mr. Usana Chantarasap

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล |
| โดย | นาย อุษณ จันทรทรัพย์ |
| สาขาวิชา | สถาปัตยกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ |

---

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. จญาดา บุณยเกียรติ)

อุษณ จันทรทรัพย์ : การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล. (ASSESSMENT OF NATURAL VENTILATION PERFORMANCE IN HOSPITAL WARDS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, 279 หน้า.

246254

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเป็นกลยุทธ์หลักในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคทางด้านสิ่งแวดล้อมในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรจำกัด การระบายอากาศธรรมชาติเป็นทางเลือกที่ใช้ต้นทุนต่ำในการเจือจางและลดการปนเปื้อนทางอากาศที่มี ประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการระบายอากาศด้วยวิธีกล ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่ตรวจสอบด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศในสถานพยาบาล แต่ผลที่ได้จากการจำลองเหล่านี้ ยังไม่ได้มีการเพิ่มเติมปัจจัยอื่นๆที่อาจพบได้ในสถานการณ์จริง บทความวิจัยนี้จึงทำการศึกษาข้อมูลของโรงพยาบาลรัฐในประเทศไทย เน้นการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล โดยทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) เพื่อศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ได้แก่ ช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งาน แบ่งออกเป็น ช่องเปิดแบบปัจจุบัน ช่องเปิดแบบต่อเนื่องและช่องเปิดแบบเป็นช่วง และช่องเปิดที่ระดับเหนือพื้นที่ใช้งาน โดยศึกษาที่ตำแหน่งระดับความสูงของช่องเปิดได้แก่ ระยะ 0.00 , 0.40 , 0.80 และ 1.20 เมตร ของกรณีศึกษา 6 แบบ ผลการวิจัยพบว่า ณ ความเร็วลมจากภายนอกอาคารที่ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารมีปริมาณใกล้เคียงกัน ในกรณีที่ความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s พบว่าช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานแบบต่อเนื่องจะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารมากที่สุด ตามมาด้วยช่องเปิดแบบเป็นช่วง และช่องเปิดแบบปัจจุบัน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ย 0.83 m/s , 0.81 m/s และ 0.62 m/s ตามลำดับ และพบว่า จากการปรับเปลี่ยนรูปแบบของช่องเปิดไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศแต่ทำให้ลดพื้นที่มุมอับภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาลได้ดีกว่าช่องเปิดแบบปัจจุบัน จากการศึกษาช่องเปิดที่ระดับเหนือพื้นที่ใช้งาน พบว่า การเพิ่มช่องเปิดที่ระดับเหนือพื้นที่ใช้งานจะช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ และพบว่าตำแหน่งระดับความสูงของช่องเปิดที่ 0.00 เมตร จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับหอผู้ป่วยโรงพยาบาลแบบที่มีทางเดินภายนอก และที่ระดับความสูง 0.40 เมตร จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับหอผู้ป่วยโรงพยาบาลแบบไม่มีทางเดินภายนอก

จากผลการวิจัยนี้ นำไปสู่แนวทางการออกแบบช่องเปิดของโรงพยาบาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล โดยจัดทำเป็นรูปแบบที่สถาปนิกและผู้ออกแบบโรงพยาบาลสามารถนำไปใช้ได้ต่อไป

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....อุษณ จันทรทรัพย์.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2553

## 5374160625 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: NATURAL VENTILATION / HOSPITAL WARDS / AIR CHANGE

USANA CHANTARASAP : ASSESSMENT OF NATURAL VENTILATION PERFORMANCE IN HOSPITAL WARDS. THESIS ADVISOR : VORAPAT INKAROJRIT, Ph. D., 279 pp.

246254

Natural ventilation is a key strategy to control the spread of tuberculosis in the hospital whose resources are limited. This kind of ventilation costs less and is more effective in reducing the contamination of the air in the hospital than mechanical ventilation. At present, there are many studies investigating various aspects of ventilation designs and their effectiveness in hospitals. However, those studies did not include some factors which could be actually found in the hospitals. This thesis examined the data of government hospitals in Thailand focusing on the performance of the natural ventilation in hospital wards. Computational Fluid Dynamics (CFD) was applied to study the patterns of the openings which affect the natural ventilation. For example, the openings at the working area level which were divided into 3 patterns – real-time opening, continuous opening and interval opening – the opening above the working area. The heights of the opening which were investigated varied from 0.00, 0.40, 0.80, 1.00, 1.50 to 2.00 meters of 6 case study models. It was found that the wind speed outside the building at the rate of 0.50, 1.00, 1.50 and 2.00 m/s was about the same as the average wind speed inside the building. When the wind speed outside the building was at 0.50 m/s, the continuous opening at the working area level could raise the average wind speed inside the building to the highest level (0.83 m/s) followed by the interval opening (0.81 m/s) and the real-time opening (0.62 m/s) respectively. The modification of the opening did not affect the ventilation rate but reduced the area in the wards where the wind could not reach better than the real-time opening. With regard to the study of the openings at the working area level, the addition of the opening above the working area could increase the ventilation rate. The height of the opening at 0.00 meter was most effective for wards with exterior walking corridors while the height of the opening at 0.40 meter was most effective for wards without exterior walking corridors.

The findings can be used as guidelines for designing the openings of ventilation in hospitals to control the spread of tuberculosis in the wards.

Department Architecture Student's Signature อุษณา จันทรกวีพงษ์

Field of Study Architecture Advisor's Signature

Academic Year 2010

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านการออกแบบในเรื่องการระบายอากาศ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพการระบายอากาศภายในอาคาร Tecplot 2008 และ HEATX เพื่อใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำข้อคิดดีๆ เสมอครับ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ พี่สาว ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนที่ใช้ในการศึกษาและงานวิจัย รวมทั้งให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาและการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนพี่และน้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน, ให้คำแนะนำและตักเตือน รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... บ

สารบัญแผนภูมิ..... ฝ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา..... 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

2.1 กระแสลมในธรรมชาติ..... 9

2.1.1 ทฤษฎีการเกิดและการเคลื่อนที่ของกระแสลม..... 11

2.1.2 ลมสำคัญในประเทศไทย..... 13

2.1.2.1 ลมมรสุม (Monsoon)..... 13

2.1.2.2 ลมประจำถิ่น (Local wind)..... 14

2.2 การวิเคราะห์ลมประจำถิ่น..... 17

2.3 กระแสลมกับการระบายอากาศ..... 19

2.3.1 การระบายอากาศ (Ventilation)..... 19

2.3.2 การระบายอากาศธรรมชาติ (Natural ventilation) ..... 20

2.3.2.1 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ..... 21

2.3.2.2 ลักษณะการไหลของอากาศ..... 23

2.3.2.3 รูปแบบการไหลของอากาศผ่านอาคาร..... 25

2.3.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคาร..... 28

2.3.3 การประเมินการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร..... 38

2.3.3.1 การประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการคำนวณ..... 38

2.3.3.2 การประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการจำลองสถานการณ์..... 40

หน้า

2.4 การระบายอากาศในโรงพยาบาล..... 41
2.4.1 องค์ประกอบของโรงพยาบาล..... 42
2.4.2 ลักษณะของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล..... 42
2.4.3 หลักเกณฑ์การระบายอากาศในโรงพยาบาล..... 43

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 54
3.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 56
3.1.1 กระแสลมในธรรมชาติ..... 56
3.1.2 กระแสลมกับการระบายอากาศ..... 56
3.1.2 การระบายอากาศในโรงพยาบาล..... 56
3.2 กลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษา..... 56
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 60
3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ..... 61
3.5 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย..... 64
3.5.1 การกำหนดตัวแปรของกรณีศึกษาหอผู้ป่วยโรงพยาบาล..... 65
3.5.2 การกำหนดตัวแปรของกรณีศึกษาหอผู้ป่วยโรงพยาบาล 6 แบบ..... 65
3.6 การการออกแบบการทดลอง..... 68
3.6.1 การทดลองส่วนที่ 1 : การทดลองกรณีศึกษาหอผู้ป่วยโรงพยาบาล..... 68
3.6.2 การทดลองส่วนที่ 2 : การทดลองกรณีศึกษาหอผู้ป่วยโรงพยาบาลในปัจจุบัน..... 71
3.6.3 การทดลองส่วนที่ 3 : การทดลองเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบ..... 83
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 83
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 84
3.9 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 84

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 86
4.1 ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 1..... 86
4.1.1 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1..... 88
4.1.1.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1/1.1 ถึง1/1.3..... 88
4.1.1.2 ผลการทดลองความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1/1.1 ถึง 1/1-3..... 88
4.1.2 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2..... 89
4.1.2.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1/2.1 ถึง1/2.3..... 89
4.1.2.2 ผลการทดลองความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1/2.1 ถึง

หน้า

1/2-3..... 89
4.2 ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 2..... 90
4.2.1 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1..... 91
4.2.1.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6..... 91
4.2.1.1.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 92
4.2.1.1.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 95
4.2.1.1.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 98
4.2.1.1.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 101
4.2.1.2 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12.... 104
4.2.1.2.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 104
4.2.1.2.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 108
4.2.1.2.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 111
4.2.1.2.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 114
4.2.1.3 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18... 117
4.2.1.3.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 117
4.2.1.3.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 121
4.2.1.3.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 124
4.2.1.3.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 127
4.2.1.4 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24... 130
4.2.1.4.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 130
4.2.1.4.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 134
4.2.1.4.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 137
4.2.1.4.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 140
4.2.1.5 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30... 143
4.2.1.5.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 143
4.2.1.5.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 147
4.2.1.5.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 150
4.2.1.5.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 153
4.2.1.6 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36... 156
4.2.1.6.1 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s..... 156
4.2.1.6.2 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s..... 160
4.2.1.6.3 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s..... 163
4.2.1.6.4 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s..... 166

หน้า

4.2.2 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2..... 169
4.2.2.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/2.1 ถึง 2/2.4..... 169
4.2.2.2 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/2.5 ถึง 2/2.8..... 171
4.3 ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 3..... 173

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ..... 181
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 181
5.2 อภิปรายผล..... 200
5.2.1 ส่วนที่ 1 : การไหลเวียนกระแสลมในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง..... 200
5.2.1.1 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 (ไม่มีช่องเปิดที่ผนังด้านทิศ 0 องศาของอาคาร).. 200
5.2.1.1.1 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ..... 200
5.2.1.1.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ (เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 45 องศา)..... 201
5.2.1.2 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 (มีช่องเปิดที่ผนังด้านทิศ 0 องศาของอาคาร)..... 201
5.2.1.2.1 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ..... 201
5.2.1.2.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ (เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 45 องศา)..... 202
5.2.1.3 การสรุปเปรียบเทียบระหว่างการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่1 (ไม่มีช่องเปิดที่ผนัง) กับ ชุดที่ 2 (มีช่องเปิดที่ผนัง)..... 202
5.2.2 ส่วนที่ 2 : การสรุปรูปแบบของช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งาน และระดับเหนือพื้นที่ใช้งานที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของหอผู้ป่วยโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพสูงสุด..... 203
5.2.2.1 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (ช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งาน)..... 203
5.2.2.1.1 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่2/1.1 ถึง 2/1.6 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก.)..... 204
5.2.2.1.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนออาคาร)..... 204
5.2.2.1.1.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 205
5.2.2.1.1.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา)..... 205

หน้า

5.2.2.1.1.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 206
5.2.2.1.1.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด.....206
5.2.2.1.2 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข.).....209
5.2.2.1.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร).....209
5.2.2.1.2.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 210
5.2.2.1.2.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 45 องศา).....210
5.2.2.1.2.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 211
5.2.2.1.2.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด.....211
5.2.2.1.3 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค.)..... 214
5.2.2.1.3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนออาคาร)..... 214
5.2.2.1.3.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 215
5.2.2.1.3.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 45 องศา)..... 215
5.2.2.1.3.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 216
5.2.2.1.3.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด.....216
5.2.2.1.4 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง.).....219

หน้า

5.2.2.1.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร)..... 219
5.2.2.1.4.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 220
5.2.2.1.4.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา)..... 220
5.2.2.1.4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 221
5.2.2.1.4.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด.....221
5.2.2.1.5 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ.).....224
5.2.2.1.5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร)..... 224
5.2.2.1.5.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 225
5.2.2.1.5.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา)..... 225
5.2.2.1.5.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 226
5.2.2.1.5.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด.....226
5.2.2.1.6 ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 (หอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ.)..... 230
5.2.2.1.6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร)..... 230
5.2.2.1.6.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 231
5.2.2.1.6.3 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที(เฉพาะกรณีกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา)..... 231

หน้า

5.2.2.1.6.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 232
5.2.2.1.6.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทาง ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด..... 232
5.2.2.2 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 (ช่องเปิดที่ระดับเหนือพื้นที่ใช้งาน)..... 235
5.2.2.2.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่2/2.1 ถึง 2/2.4 (กรณีศึกษาแบบที่ 1 : ไม่มีทางเดินภายนอกอาคาร)..... 235
5.2.2.2.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร)..... 235
5.2.2.2.1.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา..... 235
5.2.2.2.1.3 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 235
5.2.2.2.2 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่2/2.5 ถึง 2/2.8 (กรณีศึกษาแบบที่ 2 : มีทางเดินภายนอกอาคาร)..... 237
5.2.2.2.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร)..... 237
5.2.2.2.2.2 การเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา..... 237
5.2.2.2.2.3 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น..... 237
5.2.2.2.3 การสรุปเปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่ 2/2.1 ถึง 2/2.4 (กรณีศึกษาแบบที่ 1 : ไม่มีทางเดินภายนอกอาคาร) และการทดลองที่ 2/2.5 ถึง 2/2.8 (กรณีศึกษาแบบที่ 2 : มีทางเดินภายนอกอาคาร)..... 239
5.2.3 ส่วนที่ 3 : การคำนวณหาค่าการเปลี่ยนถ่ายอากาศ..... 241
5.2.3.1 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1..... 241
5.2.3.2 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศใต้ (0 องศา)จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2..... 242
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 243
รายการอ้างอิง..... 244
บรรณานุกรม..... 245

หน้า

ภาคผนวก ..... 247
ภาคผนวก ก ..... 248
ภาคผนวก ข ..... 252
ภาคผนวก ค ..... 255
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 279

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวเลขโบฟอร์ต ความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล และลักษณะบนแผ่นดิน..... 11

ตารางที่ 2.2 แสดงความเร็วลมของจังหวัดในพื้นที่ภาคกลาง ..... 17

ตารางที่ 2.3 แสดงความเร็วลมของจังหวัดในพื้นที่ภาคกลาง ..... 17

ตารางที่ 2.4 แสดงความเร็วลมของจังหวัดในพื้นที่ภาคใต้ ..... 18

ตารางที่ 2.5 แสดงความเร็วลมของจังหวัดในพื้นที่ภาคใต้ ..... 18

ตารางที่ 2.6 แสดงความเร็วลมของจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 19

ตารางที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย..... 20

ตารางที่ 2.8 แสดงผลกระทบของตำแหน่งหน้าต่างและทิศทางกระแสลมต่อค่าความเร็วลมเฉลี่ย..... 29

ตารางที่ 2.9 แสดงผลกระทบขนาดหน้าต่างในห้องซึ่งไม่มีการพัดผ่านตลอดของกระแสลมต่อความเร็วลมเฉลี่ย ..... 30

ตารางที่ 2.10 แสดงผลกระทบของขนาดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกซึ่งมีการพัดผ่านตลอดของกระแสลมต่อความเร็วลม เฉลี่ยและความเร็วลสูงสุด..... 30

ตารางที่ 2.11 แสดงความยาวของเงาลม โดยพิจารณาจากความสูง ความกว้างและความยาวของอาคาร 33

ตารางที่ 2.12 แสดงค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนแปลง..... 38

ตารางที่ 2.13 แสดงค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศต่างๆ..... 39

ตารางที่ 2.14 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่างๆ..... 41

ตารางที่ 2.15 แสดงการกำหนดอัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง..... 44

ตารางที่ 2.16 แสดงอัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล..... 45

ตารางที่ 2.17 แสดงอัตราการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่หรือดูดอากาศออก..... 46

ตารางที่ 2.18 แสดงประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศ..... 48

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของอาคารกรณีศึกษา..... 63

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมในทิศทางต่างๆ..... 67

ตารางที่ 3.3 แสดงแบบจำลองของหอผู้ป่วยโรงพยาบาลกรณีศึกษาและแบบจำลองของปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1..... 69

ตารางที่ 3.4 แสดงแบบจำลองของหอผู้ป่วยโรงพยาบาลกรณีศึกษาและแบบจำลองของปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2..... 70

ตารางที่ 3.5 แสดงแบบจำลองของหอผู้ป่วยโรงพยาบาลกรณีศึกษาและแบบจำลองของปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1..... 74

หน้า

ตารางที่ 3.6 แสดงแบบจำลองของหอผู้ป่วยโรงพยาบาลกรณีศึกษาและแบบจำลองของปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 (แสดงในลักษณะรูปตัด) ..... 81
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1/1.1 ถึง 1/1.3..... 88
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1/2.1 ถึง 1/2.3..... 89
ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.... 92
ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.... 93
ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.... 94
ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.... 95
ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.... 96
ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.... 97
ตารางที 4.9 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.... 98
ตารางที 4.10 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.... 99
ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.... 100
ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.... 101
ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.... 102
ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.... 103
ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน... 105

หน้า

ตารางที่ 4.16 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.. 106
ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.. 107
ตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.. 108
ตารางที่ 4.19 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.. 109
ตารางที่ 4.20 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.. 110
ตารางที่ 4.21 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.. 111
ตารางที่ 4.22 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.. 112
ตารางที่ 4.23 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.. 113
ตารางที่ 4.24 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน.. 114
ตารางที่ 4.25 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง.. 115
ตารางที่ 4.26 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง.. 116
ตารางที่ 4.27 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 118
ตารางที่ 4.28 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 119
ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 120
ตารางที่ 4.30 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 121
ตารางที่ 4.31 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 122

หน้า

ตารางที่ 4.32 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 123
ตารางที่ 4.33 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 124
ตารางที่ 4.34 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 125
ตารางที่ 4.35 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 126
ตารางที่ 4.36 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 127
ตารางที่ 4.37 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 128
ตารางที่ 4.38 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 129
ตารางที่ 4.39 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 131
ตารางที่ 4.40 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 132
ตารางที่ 4.41 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 133
ตารางที่ 4.42 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 134
ตารางที่ 4.43 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 135
ตารางที่ 4.44 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 136
ตารางที่ 4.45 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 137
ตารางที่ 4.46 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 138
ตารางที่ 4.47 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 139

หน้า

ตารางที่ 4.48 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 140
ตารางที่ 4.49 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 141
ตารางที่ 4.50 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 142
ตารางที่ 4.51 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 144
ตารางที่ 4.52 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 145
ตารางที่ 4.53 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 146
ตารางที่ 4.54 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 147
ตารางที่ 4.55 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 148
ตารางที่ 4.56 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 149
ตารางที่ 4.57 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 150
ตารางที่ 4.58 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 151
ตารางที่ 4.59 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 152
ตารางที่ 4.60 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 153
ตารางที่ 4.61 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 154
ตารางที่ 4.62 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 155
ตารางที่ 4.63 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 157

หน้า

ตารางที่ 4.64 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 158
ตารางที่ 4.65 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 0.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 159
ตารางที่ 4.66 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 160
ตารางที่ 4.67 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 161
ตารางที่ 4.68 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 162
ตารางที่ 4.69 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 163
ตารางที่ 4.70 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 164
ตารางที่ 4.71 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.50 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 165
ตารางที่ 4.72 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบปัจจุบัน 166
ตารางที่ 4.73 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง 167
ตารางที่ 4.74 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36 กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 2.00 m/s ช่องเปิดแบบเป็นช่วง 168
ตารางที่ 4.75 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2/2.1 ถึง 2/2.4 กรณีศึกษาแบบที่ 1: ไม่มีทางเดินภายนอกอาคาร..... 170
ตารางที่ 4.76 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2/2.5 ถึง 2/2.8 กรณีศึกษาแบบที่ 2: มีทางเดินภายนอกอาคาร..... 172
ตารางที่ 4.77 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 174
ตารางที่ 4.78 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 175
ตารางที่ 4.79 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 176

หน้า

ตารางที่ 4.80 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วย โรงพยาบาล ง. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 177
ตารางที่ 4.81 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วย โรงพยาบาล จ. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 178
ตารางที่ 4.82 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 1 ของหอผู้ป่วย โรงพยาบาล ฉ. และรูปแบบช่องเปิดที่ระดับพื้นที่ใช้งานรูปแบบต่างๆ..... 179
ตารางที่ 4.83 แสดงข้อมูลอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ( ACH ) จากการทดลองชุดที่ 2 ของหอผู้ป่วย โรงพยาบาล 2 รูปแบบ และระดับความสูงช่องเปิดที่ระดับต่างๆ..... 180
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 188
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 189
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 190
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 191
ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 192
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ. ของช่องเปิดแบบปัจจุบันและช่องเปิดแบบต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 ,45 และ 90 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 193
ตารางที่ 5.7 รูปตัดแสดงการเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในหอผู้ป่วย โรงพยาบาลระหว่างช่องเปิดแบบไม่มีทางเดินภายนอกอาคาร และ มีทางเดินภายนอก อาคาร เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s..... 195
ตารางที่ 5.8 แสดงความเร็วและทิศทางการไหลของลมผ่านช่องเปิดในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล(กรณีความเร็วลมภายนอก0.50 m/s) ..... 197

หน้า

ตารางที่ 5.9 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก..... 204
ตารางที่ 5.10 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก. ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 208
ตารางที่ 5.11 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข..... 209
ตารางที่ 5.12 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข. ในทิศ 45 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 213
ตารางที่ 5.13 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค..... 214
ตารางที่ 5.14 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค. ในทิศ 45 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 218
ตารางที่ 5.15 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง..... 219
ตารางที่ 5.16 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง. ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 223
ตารางที่ 5.17 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ..... 224
ตารางที่ 5.18 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ. ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 229
ตารางที่ 5.19 ผังพื้นแสดงรูปแบบช่องเปิดหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ..... 230
ตารางที่ 5.20 ผังพื้นแสดงการไหลเวียนกระแสลมช่องหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ. ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลมภายนอก 0.5 m/s..... 234
ตารางที่ 5.21 รูปตัดแสดงการไหลเวียนของลมกรณีศึกษาแบบที่ 1 : ไม่มีทางเดินภายนอกอาคาร ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลม ภายนอก 0.5 m/s..... 236
ตารางที่ 5.22 รูปตัดแสดงการไหลเวียนของลมกรณีศึกษาแบบที่ 2 : มีทางเดินภายนอกอาคาร ในทิศ 0 องศา ที่ความเร็วลม ภายนอก 0.5 m/s..... 238

# สารบัญภาพ

หน้า


ภาพที่ 1.1 แสดงวิธีการเก็บข้อมูลทำโดยการกำหนดจุดที่จำเป็นสำหรับการสุ่มตรวจวัด เพื่อหาทิศทางและความเร็วของกระแสลมในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ..... 5

ภาพที่ 1.2 แสดงตำแหน่งและระยะบริเวณศูนย์กลางช่องเปิด ที่ใช้วัดเพื่อหาทิศทางและความเร็วของกระแสลมเฉลี่ย..... 6

ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกซึ่งทำให้เกิดลมประจำปี..... 12

ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศบนผิวโลกเนื่องจากแรงคอริออลิส..... 12

ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(ภาพซ้าย)และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(ภาพขวา)..... 13

ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะการเกิดลมบก(ภาพซ้าย)และลมทเล(ภาพขวา)..... 14

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะการเกิดลมลมหุบเขา(ภาพซ้าย)และลมภูเขา(ภาพขวา)..... 15

ภาพที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมที่มีในประเทศไทย..... 16

ภาพที่ 2.7 แสดงการเรียกชื่อของทิศทางลม..... 21

ภาพที่ 2.8 แสดงการเคลื่อนที่ของกระแสลมเนื่องจากแรงลม(ภาพซ้าย)และจากความแตกต่างของอุณหภูมิ(ภาพขวา)..... 22

ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะการไหลของอากาศรูปแบบต่างๆ..... 24

ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะการระบายอากาศด้านเดียวแบบ single-side single opening (ภาพซ้าย) และแบบ single-side double opening (ภาพขวา)..... 25

ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด ( cross ventilation)..... 26

ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด( cross ventilation) รูปแบบต่างๆ..... 26

ภาพที่ 2.13 แสดงขอบเขตของพื้นที่เงาลมเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางตั้งฉากและทำมุม 45 องศากับอาคาร..... 28

ภาพที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายนอกและภายในห้องเมื่อช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกมีขนาดต่างๆกัน..... 30

ภาพที่ 2.15 แสดงการเบี่ยงเบนของกระแสลมเนื่องจากตำแหน่งความสูงของช่องเปิด..... 31

ภาพที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของกระแสลมในแต่ละจุด จากตำแหน่งความสูงของช่องเปิด(ลมออก) ที่แตกต่างกัน..... 31

ภาพที่ 2.17 แสดงประสิทธิภาพในการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดชนิดต่างๆ..... 32

ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะของพื้นที่เงาลมที่เกิดจากการวางอาคารในลักษณะต่างๆ..... 33

ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะของพื้นที่เงาลมที่เกิดจากการวางอาคารในลักษณะต่างๆ..... 33

ภาพที่ 2.20 แสดงความเร็วลมภายในต่อความเร็วลมภายนอกเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ..... 34

ภาพที่ 2.21 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ..... 35

หน้า

ภาพที่ 2.22 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ..... 35
ภาพที่ 2.23 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบลักษณะกันสาดแบบต่างๆ : รูปตัด..... 36
ภาพที่ 2.24 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบลักษณะกันสาดแบบต่างๆ : ผังพื้น..... 36
ภาพที่ 2.25 แสดงความเร็วลมภายในต่อความเร็วลมภายนอกในทิศทางต่างๆเปรียบเทียบการใช้แผงดักลมลักษณะต่างๆ..... 37
ภาพที่ 2.26 แสดงตัวอย่งรูปแบบการวางผังพื้นของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล..... 43
ภาพที่ 2.27 แสดงการออกแบบเพื่อป้องกันเชื้อโรคเข้าห้อง(ความดันบวก)..... 47
ภาพที่ 2.28 แสดงการออกแบบการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดไปหาจุดที่สะอาด..... 48
ภาพที่ 3.1 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก..... 57
ภาพที่ 3.2 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข..... 58
ภาพที่ 3.3 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค..... 58
ภาพที่ 3.4 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง..... 59
ภาพที่ 3.5 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ..... 59
ภาพที่ 3.6 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ..... 60
ภาพที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในอาคารกรณีศึกษา..... 62
ภาพที่ 3.8 แสดงการกำหนดทิศทางกระแสลมภายนอกในการวิจัย..... 64
ภาพที่ 4.1 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1-2 การทดลองที่ 1/1.1 ถึง 1/1.3 และ 1/2.1 ถึง 1/2.3..... 87
ภาพที่ 4.2 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.1 ถึง 2/1.6..... 91
ภาพที่ 4.3 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.7 ถึง 2/1.12..... 104
ภาพที่ 4.4 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.13 ถึง 2/1.18..... 117
ภาพที่ 4.5 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.19 ถึง 2/1.24..... 130
ภาพที่ 4.6 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.25 ถึง 2/1.30..... 143
ภาพที่ 4.7 แสดงผังพื้นบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2/1.31 ถึง 2/1.36..... 156
ภาพที่ 4.8 แสดงรูปตัดบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2/2.1 ถึง 2/2.4..... 169

หน้า

ภาพที่ 4.9 แสดงรูปตัดบริเวณพื้นที่และตำแหน่งสำหรับการวัดความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2/2.5 ถึง 2/2.8..... 171
ภาพที่ 5.1 แสดงพฤกติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อาคาร หอผู้ป่วย โรงพยาบาล..... 186
ภาพที่ 5.2 แสดงทิศทางลมต่อการระบายอากาศ..... 187
ภาพที่ 5.3 แสดงผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค. (ซ้าย) และ ฉ. (ขวา)..... 194
ภาพที่ 5.4 แสดงตำแหน่งและจำนวนช่องเปิดของผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ..... 196
ภาพที่ 5.5 แสดงขนาดและรูปร่างของผังพื้นหอผู้ป่วยโรงพยาบาลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ..... 199

# สารบัญแผนภูมิ

หน้า


แผนภูมิที่ 1.1 แสดงลำดับผังแนวความคิดการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิผลของการระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติที่ใช้ในการทดลอง..... 3

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงการแบ่งส่วนการทำงานตามองค์ประกอบโรงพยาบาลทั่วไป..... 42

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 55

แผนภูมิที่ 5.1 แสดงส่วนต่างร้อยละของความเร็วลมระหว่างการไม่มีช่องเปิดที่ผนังด้านทิศ 0 องศาของอาคารกับการมีช่องเปิดที่ผนังด้านทิศ 0 องศาของอาคาร กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 1.50 m/s..... 182

แผนภูมิที่ 5.2 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดจากลมทุกทิศภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาลทั้ง 6 แบบ ที่ความเร็วลมภายนอก 0.50,1.00, 1.50,2.00 m/s ของช่องเปิด 3 แบบ..... 184

แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล 6 แห่ง (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s). 184

แผนภูมิที่ 5.4 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดจากลมทุกทิศภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาลทั้ง 6 แบบ ที่ความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s ของช่องเปิด 3 แบบ..... 185

แผนภูมิที่ 5.5 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากลมทิศใต้ (0 องศา)ที่ความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s แยกตามระดับความสูงของช่องเปิด..... 185

แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่1 (ไม่มีช่องเปิดที่ผนัง) กับ ชุดที่ 2 (มีช่องเปิดที่ผนัง) (กรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 1.50 m/s)..... 203

แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก..... 207

แผนภูมิที่ 5.8 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ก . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 207

แผนภูมิที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข..... 212

แผนภูมิที่ 5.10 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ข . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 212

แผนภูมิที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความเร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค..... 217

แผนภูมิที่ 5.12 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ค . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 217

หน้า

แผนภูมิที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความ-เร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง..... 222
แผนภูมิที่ 5.14 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ง . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 222
แผนภูมิที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความ-เร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ..... 228
แผนภูมิที่ 5.16 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล จ . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 228
แผนภูมิที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการเปลี่ยนความ-เร็วลมต้น (ความเร็วลมภายนอกอาคาร) ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ..... 233
แผนภูมิที่ 5.18 แสดงการเปรียบทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ของหอผู้ป่วยโรงพยาบาล ฉ . (เฉพาะกรณีความเร็วลมภายนอกอาคารที่ 0.50 m/s)..... 233
แผนภูมิที่ 5.19 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในจากลม ทิศใต้ (0องศา) ที่ความเร็วลมภายนอก 0.50,1.00,1.50,2.00 m/s ของช่องเปิด 2 กรณี.. 239
แผนภูมิที่ 5.20 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยภายในจากลม ทิศใต้ (0องศา) ที่ความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s แยกตามระดับความสูงของช่องเปิด 2 กรณี..... 240
แผนภูมิที่ 5.21 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมเฉลี่ยรวมจากทุก ระยะความสูงของตำแหน่งช่องเปิด และทุกความเร็วลมจากภายนอกอาคารของช่องเปิด 2 กรณี..... 240
แผนภูมิที่ 5.22 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาล 6 รูปแบบ เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s ของช่องเปิด 3 รูปแบบ..... 241
แผนภูมิที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในหอผู้ป่วยโรงพยาบาลของช่อง - เปิด 2 กรณี เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทาง 0 องศา ด้วยความเร็วลมภายนอก 0.50 m/s 242