การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ
: แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร

นางสาว สริน พินิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NATURAL VENTILATION

: PLANNING DESIGN GUIDELINES FOR RESIDENTIAL BUILDING

: CASE STUDY EUR AR THORN HOUSING PROJECT

Miss Sarin Pinit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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	การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ: แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร
โดย	นางสาว สริน พินิจ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาลัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรินี พินิจ : การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ: แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร (Natural Ventilation: Planning Design Guidelines for Residential Building: Case Study Eur Ar Thorn Housing Project) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 214 หน้า

บทความวิจัยนี้เสนอผลการศึกษาประสิทธิภาพการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัยที่มีการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติในประเทศไทย โดยใช้อาคารโครงการบ้านเอื้ออาทรเป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้มุ่งให้เกิดความเป็นไปได้ในการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเพื่อความสบายเชิงคุณภาพทดแทนหรือลดชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศ การศึกษาใช้วิธีจำลองผลด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) ทดสอบกับอาคารตัวอย่าง เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศและเสนอแนวทางการออกแบบปรับปรุง การปรับปรุงผังอาคารแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก แนวทางแรกคือการปรับปรุงผังอาคารเดิม ด้วยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม, การเพิ่มจำนวนช่องเปิดระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น, และการเพิ่มขนาดทางเดินร่วม แนวทางที่สองคือการปรับเปลี่ยนผังอาคารใหม่ ด้วยการเพื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย การใช้ผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว และการลดจำนวนหน่วยพักอาศัยต่อชั้น ผลการวิจัยสรุปว่าอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทยสามารถใช้ลมธรรมชาติในการสร้างความน่าสบายได้ และพบว่าการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยที่พักอาศัยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือการเพิ่มช่องเปิดระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่นในทุกหน่วยพักอาศัย ส่วนแนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศน้อยที่สุดคือการปรับเปลี่ยนรูปทรงอาคารให้เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสโดยลดจำนวนหน่วยพักอาศัยเหลือเพียง 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น ซึ่งหมายความว่าการออกแบบวางผังอาคารชุดพักอาศัยเพื่อให้ได้รับลมธรรมชาติอย่างเพียงพอ หากเป็นห้องชุดขนาดเล็กจะต้องหลีกเลี่ยงการแบ่งซอยห้องภายในหน่วยพักอาศัยเป็นหลายห้องนอน เพราะจะส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้อง และนอกจากนี้การวางผังอาคารให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวยาวจะช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในห้องพักแต่ละห้องอย่างมาก ผลการวิจัยนี้นำไปสู่แนวทางการออกแบบอาคารพักอาศัยในประเทศไทย เพื่อส่งเสริมให้อาคารมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติให้ดียิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต สรินี พินิจ

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5374156125: MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: NATURAL VENTILATION / THERMAL COMFORT / COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS / DESIGN GUIDELINES

SARIN PINIT: NATURAL VENTILATION: PLANNING DESIGN GUIDELINES FOR RESIDENTIAL BUILDING: CASE STUDY EUR AR THORN HOUSING PROJECT. ADVISOR: ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph. D., 214 pp.

The present research aimed at investigating the effectiveness of the planning design of residential buildings with natural ventilation in Thailand. The Eur Ar Thorn Housing Project was selected as a case study. As the study focused on the feasibility of natural ventilation to replace thermal comfort and to reduce hours of air-conditioning system use, the computational fluid dynamics (CFD) program was used with the sample building to assess the efficiency of ventilation and to propose guidelines on improvement of design. The improvement of the buildings can be divided into two main methods. The first method was the improvement of the existing plans by adding air trapping equipment, increasing the number of openings between the bedroom and the living room, and expanding the shared walkways. The second method is the adjustment of the building plans by increasing the empty space between residential units, using a single-walkway plan, and reducing the number of units on each floor. The research findings revealed that residential buildings in Thailand can utilize natural ventilation to create comfort. It was also found that increasing the empty space between residential units can best increase ventilating efficiency, followed by increasing the number of openings between the bedroom and the living room in all units. The guideline for improvement of building plans that was least effective for ventilation was making the shape of a building square by reducing the number of units to four units on each floor. This means that to design floor plans to ensure sufficient natural ventilation, if the unit is small, dividing the unit into several small bedrooms should be avoided as it adversely affects ventilation in the rooms. In addition, designing a floor plan as an elongated rectangle can considerably help increase wind speed in each room. The findings of the present study have yielded guidelines on design of residential buildings in Thailand to maximize natural ventilation efficiency.

Department: Architecture Student's Signature.....
Field of Study: Architecture Advisor's Signature.....
Academic Year: 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ นายเกษม พินิจ – นางนิภา พินิจ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนที่ใช้ในการศึกษาและงานวิจัย รวมทั้งให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาและการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนพี่และน้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำแนะนำและตักเตือน รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ณ

สารบัญแผนภูมิ ..... ธ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 3

1.5 ตัวแปรในการศึกษาวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.7 สมมุติฐานการวิจัย 5

1.8 ข้อจำกัดในการวิจัย 5

1.9 คำจำกัดความในการวิจัย 5

1.10 กรอบแนวคิดในการวิจัย 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ 8

2.1.1 การระบายอากาศ (Ventilation) 8

2.1.2 หลักการพื้นฐานในการระบายอากาศ 8

2.1.3 หลักการทั่วไปของอากาศ 9

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร 11

2.1.5 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ 14

2.2 สภาวะน่าสบาย 22

2.2.1 คำจำกัดความของคำว่า “สภาวะน่าสบาย” 22

2.2.2 กลไกการทำงานของร่างกาย 22

2.2.3 ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย 23

หน้า

2.2.4 ขอบเขตน่าสบาย (Comfort Zone) 26
2.2.5 การหาขอบเขตน่าสบายของ Fanger 27
2.2.6 ความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย..... 29
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคาร 30
2.3.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน..... 30
2.3.1.1 ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics)..... 30
2.3.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร 31
2.3.1.3 กระบวนการทำงานของระบบปรับอากาศ..... 34
2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร..... 34
2.3.3 การออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ 36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
3.1 กำหนดการดำเนินการวิจัย 39
3.1.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
3.1.2 การกำหนดอาคารกรณีศึกษา..... 39
3.1.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา 41
3.1.3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร 41
3.1.3.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร 42
3.1.3.3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร..... 43
3.1.4 จำลองอาคารกรณีศึกษา
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล (CFD) 43
3.1.5 การวิเคราะห์ผลการจำลองอาคารกรณีศึกษา 44
3.1.6 การเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา
พร้อมทั้งจำลองอาคารกรณีศึกษา
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล (CFD) 44
3.1.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ
และประเมินแต่ละแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร..... 45
3.1.8 สรุปแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 45
3.1.9 ประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน
ของแนวทางการออกแบบที่นำเสนอ..... 45
3.1.9.1 การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร..... 45
3.1.9.2 การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร..... 45

หน้า

3.1.9.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพ
การประหยัดพลังงานในอาคาร 46
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 46
3.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล CFD 46
3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร VISUAL DOE 4.1 48
3.3 ผลการศึกษาวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา 49
3.3.1 ข้อมูลทั่วไปอาคารกรณีศึกษา 49
3.3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร 50
3.3.2.1 สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร 50
3.3.2.2 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร 51
3.3.2.3 ข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท 53
3.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร 54
3.3.4 ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร 55
3.3.4.1 รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง 55
3.3.4.2 รายละเอียดการใช้พลังงาน
ของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร 55
บทที่ 4 ผลการวิจัย 56
4.1 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของอาคารกรณีศึกษา 57
4.1.1 การกำหนดค่าในการจำลองการระบายอากาศ
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 57
4.1.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่ 57
4.1.1.1.1 ความเร็วของกระแสลมภายนอก 57
4.1.1.1.2 ทิศทางของกระแสลมภายนอก 58
4.1.1.1.3 ลักษณะผังของอาคารกรณีศึกษา 59
4.1.1.1.4 ลักษณะของช่องเปิดในหน่วยพักอาศัย 59
4.1.1.1.5 ลักษณะของกลุ่มอาคาร 59
4.1.1.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ 59
4.1.1.3 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 61
4.1.1.3.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง 61
4.1.1.3.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม 65
4.1.1.4 การวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจำลอง 67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.1.2 ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 69
- อาคารวางตำแหน่งที่ 1 กรณีที่ 1.1 72
- อาคารวางตำแหน่งที่ 1 กรณีที่ 1.2 75
- อาคารวางตำแหน่งที่ 1 กรณีที่ 1.3 78
- อาคารวางตำแหน่งที่ 2 กรณีที่ 2.1 81
- อาคารวางตำแหน่งที่ 2 กรณีที่ 2.2 84
- อาคารวางตำแหน่งที่ 2 กรณีที่ 2.3 87
- อาคารวางตำแหน่งที่ 3 กรณีที่ 3.1 90
- อาคารวางตำแหน่งที่ 3 กรณีที่ 3.2 93
- อาคารวางตำแหน่งที่ 3 กรณีที่ 3.3 96
- อาคารวางตำแหน่งที่ 4 กรณีที่ 4.1 99
- อาคารวางตำแหน่งที่ 4 กรณีที่ 4.2 102
- อาคารวางตำแหน่งที่ 4 กรณีที่ 4.3 105

4.1.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 108

4.2 เสนอแนวทางการออกแบบ เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 112

4.3 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแนวทางการออกแบบ 115

4.3.1 การกำหนดค่าในการจำลองการระบายอากาศ
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 115

4.3.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่ 115

4.3.1.1.1 ความเร็วของกระแสลมภายนอก 115

4.3.1.1.2 ทิศทางของกระแสลมภายนอก 115

4.3.1.1.3 ลักษณะผังของอาคารกรณีศึกษา 115

4.3.1.1.4 ลักษณะของช่องเปิดในหน่วยพักอาศัย 115

4.3.1.1.5 ลักษณะของกลุ่มอาคาร 115

4.3.1.2 หุ่นจำลองอาคารที่เสนอเป็นแนวทางออกแบบ 116

4.3.2 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 116

4.3.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง 116

4.3.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD 120

- รูปแบบที่ 1 การเจาะช่องเปิดเพิ่ม
บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น 120
- รูปแบบที่ 2 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า....123
- รูปแบบที่ 3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม
บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย....126
- รูปแบบที่ 4 การออกแบบผังอาคาร
แบบผังทางเดินเดี่ยว....129
- รูปแบบที่ 5 การออกแบบผังอาคาร
แบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย....132
- รูปแบบที่ 6 การออกแบบผังอาคาร
แบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น....135
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ....138
4.4.1 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลในเรื่องของค่าความเร็วลม....138
4.4.2 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลในเรื่องพฤติกรรมการไหลเวียนของลม....143
บทที่ 5 การประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร....175
5.1 การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร....176
5.1.1 หลักการสภาวะน่าสบายที่นำมาใช้....176
5.1.2 การคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool....176
5.1.3 ผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์....180
5.1.4 สรุปผลเป็นจำนวนร้อยละความน่าสบายใน 1 ปี....181
5.2 การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร....181
5.2.1 กำหนดค่าในการจำลองสภาพอาคาร
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1....181
5.2.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่....181
5.2.1.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ....181
5.2.2 การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1....182
5.2.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง....183
5.2.2.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม....184
5.2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล....198
5.2.3 ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1....198
5.2.4 วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพอาคาร
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1....200
5.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร....200

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 203
6.1 การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา 203
6.2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 204
6.2.1 รูปแบบการออกแบบปรับปรุงอาคาร 204
6.2.2 ผลการออกแบบปรับปรุงอาคาร 205
6.2.3 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน 206
6.2.4 แนวทางการออกแบบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ 207
6.3 ข้อเสนอแนะ 210
รายการอ้างอิง 211
บรรณานุกรม 212
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 214

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดง metabolic rate ตามระดับของกิจกรรมต่างๆ 23
ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Clo ของเครื่องแต่งกายรูปแบบต่างๆ 24
ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และผลที่อาจเกิดขึ้นทางด้านอุณหภูมิ
และความรู้สึก 26
ตารางที่ 2.4 แสดงความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น กับความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง 29
ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบความเร็วลมกับผลของความรู้สึก 29
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่างๆ 46
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทิศทางและความเร็วลมในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2547 57
ตารางที่ 4.2 แสดงกรณีในการจำลองการระบายอากาศ
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษา 69
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 72
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 75
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 78
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 81
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 84
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 87
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 90
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 93
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 96
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 99
ตารางที่ 4.13 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 102
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 105
ตารางที่ 4.15 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....143
ตารางที่ 4.16 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....144
ตารางที่ 4.17 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....147
ตารางที่ 4.18 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

หน้า

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....148
ตารางที่ 4.19 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....151
ตารางที่ 4.20 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....152
ตารางที่ 4.21 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....155
ตารางที่ 4.22 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร.....156
ตารางที่ 4.23 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....159
ตารางที่ 4.24 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....160
ตารางที่ 4.25 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....163
ตารางที่ 4.26 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....164
ตารางที่ 4.27 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....167
ตารางที่ 4.28 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....168

หน้า

ตารางที่ 4.29 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....171
ตารางที่ 4.30 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร.....172
ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool.....179
ตารางที่ 5.2 แสดงผลจากการคำนวณหาสภาวะน่าสบายของอาคารต้นแบบ 180
ตารางที่ 5.3 แสดงผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายของแนวทางที่ดีที่สุด
ของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร 180
ตารางที่ 5.4 แสดงผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายของแนวทางที่ดีที่สุด
ของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร 180
ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณพลังงานที่ลดลงในหนึ่งปี
ในแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
และ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร) ในกรณีที่ 1.....200
ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณพลังงานที่ลดลงในหนึ่งปี
ในแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
และ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร) ในกรณีที่ 2.....201

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงด้านที่ลมปะทะเข้า (Windward) และด้านที่ลมพัดหนีออก (Leeward) 9
ภาพที่ 2.2 แสดงกระแสลมที่ไหลวน โดยจะเกิดในบริเวณที่ความดันอากาศแตกต่างจากความดันปกติ 9
ภาพที่ 2.3 แสดงแสดงการไหลเวียนของอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของความกดอากาศ (Pressure Difference) เป็นแรงผลักดันให้อากาศไหลผ่านช่องเปิด 10
ภาพที่ 2.4 แสดง OUTLET ใหญ่กว่า INLET ทำให้ลมในห้องพัดแรง และแสดง INLET ใหญ่กว่า OUTLET ทำให้ลมในห้องพัดเบา 10
ภาพที่ 2.5 แสดง INLET เท่ากับ OUTLET เกิด Venturi effect ที่ OUTLET ทำให้ลมในห้องพัดเบาและแสดงลมลมที่พัดผ่านในแนวเฉียงจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศในห้องได้ทั่วถึงกว่า ... 10
ภาพที่ 2.6 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนกุมภาพันธ์..... 14
ภาพที่ 2.7 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนกุมภาพันธ์..... 15
ภาพที่ 2.8 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนเมษายน..... 16
ภาพที่ 2.9 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนเมษายน..... 17
ภาพที่ 2.10 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนตุลาคม 18
ภาพที่ 2.11 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนตุลาคม 19
ภาพที่ 2.12 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนธันวาคม..... 20
ภาพที่ 2.13 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนธันวาคม..... 21
ภาพที่ 2.14 แสดงการวัดสภาวะน่าสบาย ด้วยวิธี PMV 27
ภาพที่ 2.15 แสดงระดับของความรู้สึกในการวัดความน่าสบาย ด้วยวิธี PMV..... 28
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (กระจก) 33
ภาพที่ 3.1 โครงการบ้านเอื้ออาทร ประเภทอาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น..... 40
ภาพที่ 3.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการนำเข้าข้อมูล และการดำเนินการคำนวณของโปรแกรม..... 47
ภาพที่ 3.3 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการนำเข้าข้อมูล และการดำเนินการคำนวณของโปรแกรม..... 48
ภาพที่ 3.4 แสดงการวางผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 44..... 50
ภาพที่ 3.5 แสดงการวางผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 44..... 51
ภาพที่ 3.6 แสดงผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 4 51
ภาพที่ 3.7 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44..... 52
ภาพที่ 3.8 แสดงผังของหน่วยพักอาศัย ภายในโครงการ พหลโยธิน 44..... 52
ภาพที่ 3.9 แสดงรูปด้านอาคาร ภายในโครงการ พหลโยธิน 44 52
ภาพที่ 4.1 การหาค่าของเวกเตอร์สองมิติ 58
ภาพที่ 4.2 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44..... 59
ภาพที่ 4.3 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44..... 60
ภาพที่ 4.4 ลักษณะผังของหน่วยพักอาศัยชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา..... 60

หน้า

ภาพที่ 4.5 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษาที่ลดทอนรายละเอียดบางส่วน..... 60
ภาพที่ 4.6 ลักษณะผังอาคารที่ลดทอนรายละเอียดมาจัดวางเพื่อเทียบอัตราส่วนในการเตรียมข้อมูลใส่ในโปรแกรม 61
ภาพที่ 4.7 ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งของเซลล์ 62
ภาพที่ 4.8 แสดงตำแหน่งของเซลล์ผนังอาคาร (ส่วนทึบ) 62
ภาพที่ 4.9 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร 63
ภาพที่ 4.10 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 1 63
ภาพที่ 4.11 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 2 64
ภาพที่ 4.12 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 3 64
ภาพที่ 4.13 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 4 65
ภาพที่ 4.14 แสดงพื้นที่ที่ต้องการพิจารณาการไหลเวียนของลม ของแต่ละหน่วยพักอาศัยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในห้องนอน..... 68
ภาพที่ 4.15 แสดงพื้นที่ที่ต้องการพิจารณาการไหลเวียนของลม ของแต่ละหน่วยพักอาศัย ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในห้องนอน ใน Flow domain 68
ภาพที่ 4.16 แสดงผังอาคาร ที่มีการกำหนดชื่อในแต่ละหน่วยพักอาศัย 68
ภาพที่ 4.17 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.1 73
ภาพที่ 4.18 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.1 73
ภาพที่ 4.19 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.2 76
ภาพที่ 4.20 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.2 76
ภาพที่ 4.21 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.3 79
ภาพที่ 4.22 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.3 79
ภาพที่ 4.23 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.1 82
ภาพที่ 4.24 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.1 82
ภาพที่ 4.25 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.2 85
ภาพที่ 4.26 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.2 85
ภาพที่ 4.27 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.3 88
ภาพที่ 4.28 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.3 88
ภาพที่ 4.29 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.1 91
ภาพที่ 4.30 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.1 91
ภาพที่ 4.31 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.2 94
ภาพที่ 4.32 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.2 94
ภาพที่ 4.33 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.3 97

หน้า

ภาพที่ 4.34 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.3 97
ภาพที่ 4.35 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.1 100
ภาพที่ 4.36 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.1 100
ภาพที่ 4.37 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.2 103
ภาพที่ 4.38 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.2 103
ภาพที่ 4.39 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.3 106
ภาพที่ 4.40 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.3 106
ภาพที่ 4.41 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 110
ภาพที่ 4.42 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนกรณีที่ 3.1 111
ภาพที่ 4.43 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายหน่วยพักอาศัยที่ 1
ของอาคารกรณีที่ 1.3 อาคารวางตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก 112
ภาพที่ 4.44 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายอาคาร
กรณีที่ 3.2 อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ 113
ภาพที่ 4.45 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายอาคาร
กรณีที่ 3.3 อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก 113
ภาพที่ 4.46 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม
บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น 116
ภาพที่ 4.47 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า 117
ภาพที่ 4.48 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม
บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย 117
ภาพที่ 4.49 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว 118
ภาพที่ 4.50 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย 118
ภาพที่ 4.51 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย 119
ภาพที่ 4.52 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร 119
ภาพที่ 4.53 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 122
ภาพที่ 4.54 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 125
ภาพที่ 4.55 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 128
ภาพที่ 4.56 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)

หน้า

และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 131
ภาพที่ 4.57 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 134
ภาพที่ 4.58 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย)
และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา) 137
ภาพที่ 4.59 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 145
ภาพที่ 4.60 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 149
ภาพที่ 4.61 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 153
ภาพที่ 4.62 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 157
ภาพที่ 4.63 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 161
ภาพที่ 4.64 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 165
ภาพที่ 4.65 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 169
ภาพที่ 4.66 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 173
ภาพที่ 5.1 ภาพของ P.O. Fanger และแผนภูมิสภาวะน่าสบาย 176
ภาพที่ 5.2 แสดงลักษณะของโปรแกรม PMV Tool 177
ภาพที่ 5.3 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44 182
ภาพที่ 5.4 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษาที่ลดทอนรายละเอียดบางส่วน 182
ภาพที่ 5.5 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม 183
ภาพที่ 5.6 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม 183
ภาพที่ 5.7 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม ในลักษณะภาพ 3 มิติ 184
ภาพที่ 5.8 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Project 185
ภาพที่ 5.9 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Blocks 185
ภาพที่ 5.10 ระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย 187
ภาพที่ 5.11 ระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย
ของวันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด 187
ภาพที่ 5.12 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย 188
ภาพที่ 5.13 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันธรรมดา 188
ภาพที่ 5.14 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันเสาร์ 189
ภาพที่ 5.15 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันอาทิตย์ 189
ภาพที่ 5.16 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันหยุด 190
ภาพที่ 5.17 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องน้ำ) 191
ภาพที่ 5.18 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องนอน) 192

หน้า

ภาพที่ 5.19 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องนั่งเล่น) 193
ภาพที่ 5.20 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ทางเดินส่วนกลาง) 194
ภาพที่ 5.21 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Facades 194
ภาพที่ 5.22 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนวัสดุของผนังภายนอก 195
ภาพที่ 5.23 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนลักษณะของช่องเปิดและตำแหน่งของช่องเปิด 196
ภาพที่ 5.24 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนลักษณะของช่องเปิดและตำแหน่งของช่องเปิด 196
ภาพที่ 5.25 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Systems 197
ภาพที่ 5.26 ระบบที่ใช้คือ Residential System เป็นระบบที่ใช้กับอาคารพักอาศัย 197
ภาพที่ 5.27 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Zones 198
ภาพที่ 6.1 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร 203
ภาพที่ 6.2 แสดงการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคารที่มีผังรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
และรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส 208
ภาพที่ 6.3 แสดงผังอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศมากที่สุด (ภาพซ้าย)
และอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศน้อยที่สุด (ภาพขวา) 208
ภาพที่ 6.4 แสดงการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคารที่มีผังแบบทางเดินเดี่ยว ที่แก้ไขปรับปรุง
โดยการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น ในทุกหน่วยพักอาศัย 209
ภาพที่ 6.5 แสดงตำแหน่งการวางอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง
และอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม 209

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันธรรมดา 53
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันเสาร์ 53
แผนภูมิที่ 3.3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันอาทิตย์ 54
แผนภูมิที่ 3.4 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันหยุด 54
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 72
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 75
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 78
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 81
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 84
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 87
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 90
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 93
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 96
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 99
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 102
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 105
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง 108
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง 109
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 1 การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น 120
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 1 การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น 121
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 2 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า 123
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 2 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า 124
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย 126
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย 127
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง
รูปแบบที่ 4 การออกแบบผังอาคารแบบผังทางเดินเดี่ยว 129

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง รูปแบบที่ 4 การออกแบบผังอาคารแบบผังทางเดินเดี่ยว....130
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง รูปแบบที่ 5 การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย 132
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง รูปแบบที่ 5 การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย 133
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง รูปแบบที่ 6 การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น....135
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง รูปแบบที่ 6 การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น....136
แผนภูมิที่ 4.27 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร....138
แผนภูมิที่ 4.28 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร....140
แผนภูมิที่ 4.29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และอาคารตั้งต้น....142
แผนภูมิที่ 4.30 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และอาคารตั้งต้น....142
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1....145
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2....149
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3....153
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4....157
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1....161

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 165
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 169
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้น และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 173
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน 199
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร กรณีที่ 2 เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน 199
แผนภูมิที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องนอน ของแนวทางการออกแบบทั้ง 6 รูปแบบ และอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น ในแต่ละตำแหน่งการวางอาคาร 205
แผนภูมิที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องนอน ของแนวทางการออกแบบทั้ง 6 รูปแบบ และอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น 206

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่มีการเจิญเติบโตทางเศรษฐกิจและการลงทุนเป็นอย่างมาก กรุงเทพมหานครที่เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของประเทศได้เกิดกิจกรรมทางด้านการเงิน และการทำธุรกิจนานาชนิด ผู้คนอพยบเข้ามาหาแหล่งทำงานในในกรุงเทพมากขึ้น ทั้งนักธุรกิจ นักลงทุนรายใหญ่ที่เป็นชาวต่างชาติ จนไปถึงคนไทยจากต่างจังหวัดที่เข้ามาทำงานรับจ้างทั่วไป จากข้อมูลทางสถิติของสำนักปลัดกรุงเทพมหานคร พบว่า ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยประมาณ 3,726 คนต่อตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่ความหนาแน่นมากอยู่ในเขตเมืองชั้นใน ซึ่งเป็นเขตที่มีพื้นที่น้อย แต่มีจำนวนประชากรมากและยังเป็นย่านการค้าและธุรกิจ ส่งผลให้ความต้องการที่อยู่อาศัยในเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดเป็นปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย จากปัญหาดังกล่าว ทำให้เกิดการพัฒนาที่ดินในเมืองเป็นที่พักอาศัย ยิ่งราคาที่ดินที่เพิ่มสูงขึ้น การพัฒนายิ่งต้องก่อให้เกิดมูลค่าสูงสุดในพื้นที่ที่จำกัด จากที่อยู่อาศัยที่เป็นบ้านเดี่ยว กลายมาเป็นบ้านแถว จนมาเป็นอาคารสูงประเภทคอนโดมิเนียม พื้นที่ดินที่มีขนาดเล็กทำให้การออกแบบอาคารพักอาศัยประเภทอาคารสูงมีข้อจำกัดหลายประการ กล่าวคือ ในแต่ละชั้นจะถูกออกแบบให้มีจำนวนห้องพักอาศัยที่หนาแน่น รวมถึงการจัดวางห้องในลักษณะที่เรียงติดกัน จนทำให้ไม่สามารถเปิดช่องเปิดให้เป็นทางเข้าออกของลมได้ ทำให้สภาพอากาศภายในห้องไม่เอื้อต่อสภาวะน่าสบาย และขาดคุณภาพที่เหมาะสมต่อการพักอาศัย การติดเครื่องปรับอากาศจึงเป็นแนวทางการแก้ไขที่เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพื่อสร้างความสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัย แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มภาระค่าไฟ การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงาน รวมไปถึงการส่งผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อน

ความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ เป็นปัจจัยชี้วัดสภาพความต้องการ (Demand) และความคาดหวัง (Expectation) ทั้งทางด้านจิตภาพและกายภาพของมนุษย์ต่อสภาพแวดล้อมรอบตัว เมื่อกล่าวสภาวะน่าสบายประกอบด้วยปัจจัย 6 อย่าง ซึ่งจะได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยผิว ความเร็วลม เสื้อผ้าที่สวมใส่ และอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย แต่โดยส่วนมากผู้คนจะรับรู้ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิได้ง่ายและชัดเจนที่สุด แต่สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะมุ่งประเด็นไปในปัจจัยทางด้านความเร็วลม การเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังด้วยการพาความร้อน (Convection) เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และทำให้อุณหภูมิที่ผิวหนังลดลงด้วย ดังนั้น การสร้างอาคารพักอาศัยที่ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบายจากการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาตินั้นเป็นเรื่องที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง

งานวิจัยชิ้นนี้จะศึกษาการระบายอากาศโดยวิธีการทางธรรมชาติของอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย ของกลุ่มเป้าหมายที่มีรายได้น้อย ที่มีแนวโน้มในการใช้การระบายอากาศธรรมชาติแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยศึกษาจากผังอาคารที่นิยมใช้จริงในปัจจุบัน และมีการศึกษาโดยคำนึงถึงปัจจัยของอาคารข้างเคียง จากนั้นวิเคราะห์ช้อบกพร่องของผังอาคาร และเสนอเป็นแนวทางการออกแบบ พร้อมทั้งทำการจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศกับอาคารตั้งต้น เพื่อหาแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด จากนั้น

นำมาคำนวณหาปริมาณการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ อันเนื่องมาจากสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจากประสิทธิภาพการระบายอากาศในแนวทางการออกแบบที่ได้เสนอไว้

ดังนั้น การให้ความสำคัญในการออกแบบอาคารชุดพักอาศัย แล้วให้เกิดการปรับอากาศโดยวิธีการทางธรรมชาติจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานให้แก่อาคารแล้ว อีกทั้งยังเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับผู้อยู่อาศัยได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อม และลักษณะอาคาร ของอาคารกรณีศึกษา ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงวิเคราะห์ และระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

1.2.2 ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ภายในอาคารชุดพักอาศัย และวิธีการปรับปรุงอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศธรรมชาติ เพื่อสร้างความสบายที่เหมาะสมกับโครงการ

1.2.3 เสนอแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ให้มีประสิทธิภาพสำหรับการรับลมธรรมชาติเพื่อสร้างความสบาย และลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาลักษณะของอาคารชุดพักอาศัย ของโครงการบ้านเอื้ออาทร ที่ตั้งอยู่ที่พหลโยธิน 44 เป็นอาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น ใน 1 อาคาร ประกอบด้วย 45 หน่วยพักอาศัย เนื่องจากเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของโครงการบ้านเอื้ออาทร มีจำนวนทั้งหมด 168 อาคาร รวมแล้ว 7,500 หน่วยที่พักอาศัย และในปัจจุบันมีผู้เข้าอยู่อาศัยแล้วประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

1.3.2 ศึกษารูปแบบทางกายภาพผังภายใน ที่เป็นห้องว่างเปล่าเท่านั้น ไม่มีการแบ่งผนังย่อยภายในห้อง หรือจัดวางเฟอร์นิเจอร์เพิ่มเติมจากในแบบ โดยศึกษาเฉพาะประสิทธิภาพการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

1.3.3 ศึกษาลักษณะและพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของอากาศ และความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆที่ระดับความสูง 1 เมตร จากพื้นห้องในทุก 0.40 ตารางเมตร (0.20 เมตร x 0.20 เมตร) ของพื้นที่ใช้งานของแต่ละหน่วยพักอาศัย ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics: CFD) จำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศกับอาคารตัวอย่างที่นำมาเป็นกรณีศึกษา

1.3.4 ศึกษาสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ เบื้องต้นของกรุงเทพมหานครจากกรมอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2552 -2553

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศโดยวิธีการทางธรรมชาติในอาคารชุดพักอาศัยประเภทอาคารสูง ผลการศึกษานี้นำไปสู่การออกแบบเพื่อปรับปรุงอาคารชุดพักอาศัยที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

1.4.2 การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการใช้ลมธรรมชาติในอาคารชุดพักอาศัย และทฤษฎีที่เกี่ยวกับการระบายอากาศจากเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อกำหนดแนวทางการศึกษา และรวบรวมตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับลมของอาคาร

ส่วนที่ 1 ศึกษาทฤษฎี และปัจจัยการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ในรูปแบบต่างๆจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 ศึกษาถึงขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนไทย

ส่วนที่ 3 ศึกษาแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัย โดยเลือกโครงการกรณีศึกษามาเป็นรูปแบบพื้นฐาน (Base case) ของการศึกษา โดยจะศึกษาทั้งในด้านการจัดวางกลุ่มอาคาร ลักษณะการจัดวางผังภายใน การจัดวางตำแหน่งของช่องเปิด การติดตั้งอุปกรณ์เสริม รวมถึงรูปแบบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติภายในอาคารชุดพักอาศัย และสภาพอากาศของพื้นที่ตั้งโครงการ

ส่วนที่ 4 ศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาความเป็นไปได้การใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในอาคารชุดพักอาศัย โดยสรุปเป็นร้อยละจำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบายในแต่ละวันของแต่ละช่วงฤดู

1.4.2 การวิจัยเชิงทดลอง

ศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในรูปแบบต่างๆที่ได้ออกแบบขึ้น โดยจะวัดประสิทธิภาพการระบายอากาศในพื้นที่ใช้งานในส่วนที่พักอาศัย ได้แก่ ด้วยห้องนอน โดยทดสอบในโปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD)

1.4.2 การวิเคราะห์และประเมินผลการทดลองเพื่อสรุปผล

3.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ จากการออกแบบในรูปแบบต่างๆ

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ และเสนอแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของแนวทางที่นำเสนอ

1.5 ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย

1.5.1 ตัวแปรต้น

1) การออกแบบปรับปรุงอาคาร โดยยังคงลักษณะการวางผังอาคารเดิมไว้ มีการออกแบบทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) การเพิ่มจำนวนช่องเปิด บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่นในแต่ละหน่วยพักอาศัย

(2) การเพิ่มขนาดความกว้างของทางเดินส่วนกลาง จากความกว้าง 1.5 เมตร เป็น 3.00 เมตร

(3) การติดตั้งอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในแต่ละหน่วยพักอาศัย

2) การออกแบบปรับปรุงอาคาร โดยปรับเปลี่ยนลักษณะการวางผังอาคารให้แตกต่างไปจากเดิม โดยยังคงลักษณะผังของแต่ละหน่วยพักอาศัยไว้ มีการออกแบบทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) การวางผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยที่พักอาศัย

(2) การวางผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

(3) การวางผังอาคารแบบลดจำนวนหน่วยพักอาศัย

1.5.2 ตัวแปรตาม

ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องที่ระดับความสูง 1 เมตร จากพื้นห้อง

1.5.3 ตัวแปรควบคุม

1) ความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 1.45 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 5 เมตร ซึ่งได้จากการหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมในรอบ 13 ปี (พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2548) ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยกำหนดให้มีทิศทางการไหลของลม 3 ทิศทาง คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก

2) ตำแหน่งการวางอาคารในผังอาคารรวม กำหนดให้มีการวาง 4 ตำแหน่ง คือ

ตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งด้านซ้ายบน

ตำแหน่งที่ 2 ตำแหน่งด้านขวาบน

ตำแหน่งที่ 3 ตำแหน่งด้านซ้ายล่าง

ตำแหน่งที่ 4 ตำแหน่งด้านขวาล่าง

3) ประเภทและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ได้แก่

รูปทรงอาคารเป็นแบบสี่เหลี่ยม เป็นอาคารชุดพักอาศัย มีทั้งหมด 5 ชั้น โดยแต่ละชั้นประกอบด้วย ทางเดินกลาง บันไดหลัก บันไดหนีไฟ และหน่วยพักอาศัย ภายในแต่ละหน่วยพักอาศัยประกอบด้วยห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องน้ำ และทางเดินภายใน

4) ประเภทและองค์ประกอบของช่องเปิด ไม่มีการใช้มุ่งลวด และเหล็กดัดในการทดลองครั้งนี้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ และสามารถนำมาใช้กับอาคารชุดพักอาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 ทราบถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศของการออกแบบการวางผังอาคารแต่ละประเภท รวมไปถึงการเปิดช่องเปิดในลักษณะต่างๆ และสามารถนำไปเลือกและประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

1.5.3 สามารถนำไปเป็นแนวทางการออกแบบสำหรับอาคารชุดพักอาศัยของโครงการกรณีศึกษา และโครงการใกล้เคียงได้

1.7 สมมุติฐานการวิจัย

การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติสำหรับอาคารชุดพักอาศัย สามารถทำให้สภาพอากาศภายในบ้านอยู่ในสภาวะน่าสบาย และช่วยลดการใช้พลังงานลงได้

1.8 ข้อจำกัดในการวิจัย

เป็นการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด สำหรับอาคารชุดพักอาศัย ภายใต้เงื่อนไขของลักษณะการวางผังอาคารที่นิยมใช้ในประเทศไทย โดยเลือกอาคารชุดพักอาศัยภายในโครงการบ้านเอื้ออาทร มาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งไม่มีอิทธิพลสิ่งกีดขวางลมภายในใดๆ ดังนั้นความเร็วลมที่ได้ จะมาจากการศึกษาลักษณะของอาคารชุดพักอาศัย และภายในห้องต้องไม่มีอิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์มาเกี่ยวข้อง โดยศึกษาในพื้นที่ใช้งานเป็นพื้นที่พักอาศัย ได้แก่ ห้องนอน โดยการศึกษาข้อมูลเหล่านี้ ได้กำหนดเงื่อนไขตัวแปรต่างๆตามที่กำหนดไว้ ดังนั้น การนำไปใช้กับเงื่อนไขนอกจากนี้ อาจไม่ได้ผลตามที่วิจัยได้

1.9 คำจำกัดความในงานวิจัย

1.9.1 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ คือ ปรากฏการณ์หรือสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศ ที่เกิดจากอิทธิพลของความต่างของความกดอากาศเท่านั้น

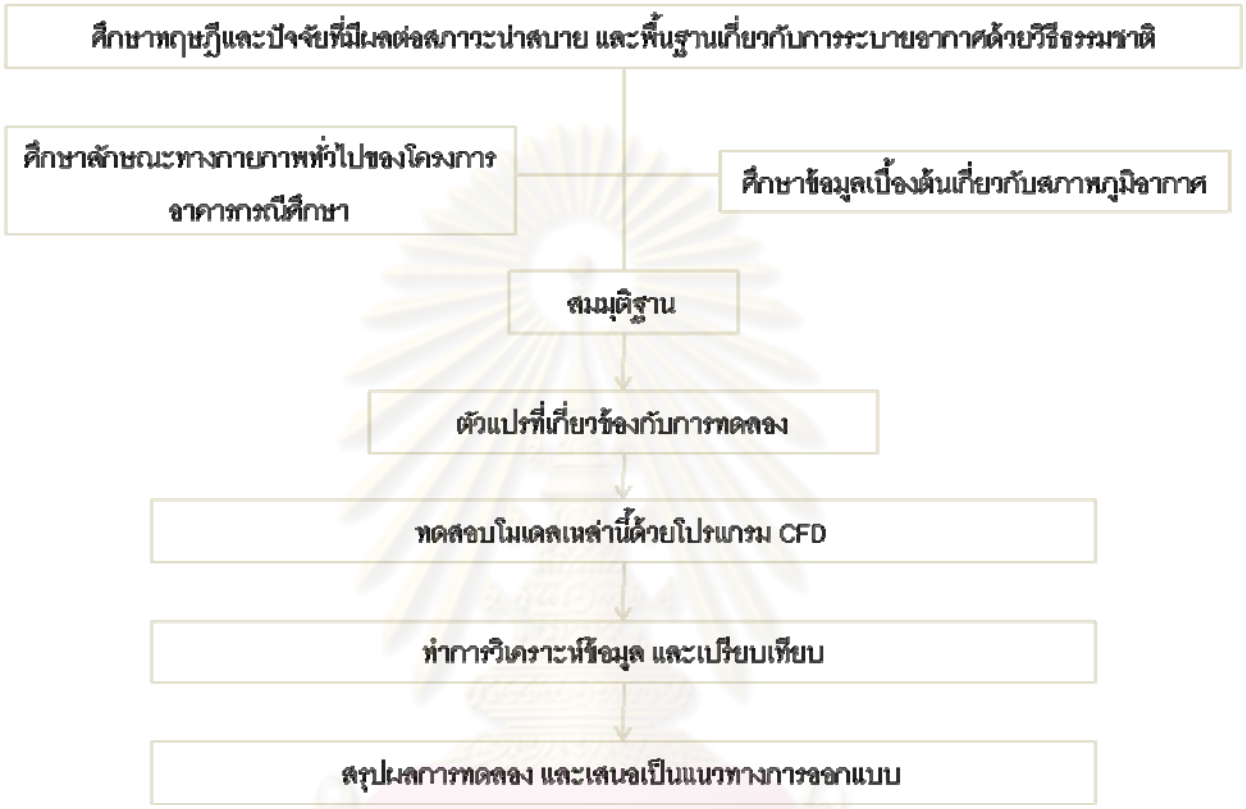
1.9.2 สภาวะน่าสบาย คือ สภาพอากาศที่เกิดจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ และความเร็วลมที่เหมาะสม ที่ส่งผลให้มนุษย์รู้สึกถึงความสบาย

1.9.3 การสร้างความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติ คือ วิธีการสร้างความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติ ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น

1.9.4 โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองการเคลื่อนที่ของของไหล เช่น อากาศ ตามสถานการณ์ต่างๆ แบบ 3 มิติ

1.10 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

จากการศึกษาการวิจัย และขั้นตอนในการวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ในเรื่ององค์ประกอบของอาคารทางสถาปัตยกรรมและปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับอาคารพักอาศัย สภาวะน่าสบาย และประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ข้อมูลหลักแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ

- 2.1.1 การระบายอากาศ (Ventilation)
- 2.1.2 หลักการพื้นฐานในการระบายอากาศ
- 2.1.3 หลักการทั่วไปของอากาศ
- 2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร
- 2.1.5 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

2.2 สภาวะน่าสบาย

- 2.2.1 คำจำกัดความของคำว่า “สภาวะน่าสบาย”
- 2.2.2 กลไกการทำงานของร่างกาย
- 2.2.3 ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย
- 2.2.4 ขอบเขตน่าสบาย (Comfort Zone)
- 2.2.5 การหาขอบเขตน่าสบายของ Fanger (PMV; Predicted Mean Vote)
- 2.2.6 ความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคาร

- 2.3.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
  - 2.3.1.1 ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics)
  - 2.3.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร (Thermophysical Properties of Building Materials)
  - 2.3.1.3 กระบวนการทำงานของระบบปรับอากาศ (Air Conditionin System)
- 2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
- 2.3.3 การออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ

2.1.1 การระบายอากาศ (Ventilation)

การระบายอากาศ(Ventilation) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากกระแสลม ที่ไหลเวียนผ่านเข้าและออกภายในอาคาร กระบวนการนี้มีพื้นฐานมาจากการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน ซึ่งเมื่อมีการเคลื่อนที่ของอากาศ ก็จะพัดพาความร้อนให้เคลื่อนที่ตามไปด้วย ก่อให้เกิดการลดลงของอุณหภูมิในบริเวณนั้น

การระบายอากาศโดยวิธีการธรรมชาติ เป็นกระบวนการลดความร้อนภายในอาคาร ที่ปราศจากเครื่องมือกล เป็นการทำให้สภาพอากาศภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบาย โดยปราศจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องมือกล ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ เครื่องปรับอากาศ

หลักการระบายอากาศเพื่อนำความเย็นให้อาคารมี 2 วิธีหลัก ได้แก่ Comfort Ventilation และ Convective Cooling วิธี Comfort Ventilation คือ การนำอากาศภายนอกมาช่วยทำให้ร่างกายมนุษย์ถ่ายเทความร้อนออกด้วยวิธี Evaporative Cooling หรือการระเหย ได้แก่ การระเหยของเหงื่อที่บริเวณรูขุมขน สำหรับ Convective Cooling คือ การนำเอาอากาศเย็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ช่วงเวลากลางคืนเข้ามาทำความเย็นให้ตัวอาคาร แต่ในเวลากลางวันที่อากาศภายนอกร้อน ก็จะต้องควบคุมมิให้มีการนำอากาศร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

สำหรับการแบ่งประเภทของการระบายอากาศโดยวิธีการธรรมชาติ ที่แบ่งโดยคำนึงถึงสาเหตุการเคลื่อนที่ของอากาศจากภายนอกสู่ภายในอาคาร หรือจากภายในสู่ภายนอกอาคาร จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ แบบควบคุมได้ คือ การระบายอากาศ (Ventilation) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เคลื่อนที่ของอากาศโดยแรงกระทำของตัวเอง (กระแสลม) หรือความแตกต่างของความดัน และการเคลื่อนที่ของอากาศโดยความแตกต่างของอุณหภูมิ อีกรูปแบบคือ แบบควบคุมไม่ได้ ซึ่งก็คือ การซึมเข้า หรือออกของอากาศในอาคาร ผ่านโครงสร้างหรือรอยต่อที่อยู่รอบๆอาคาร โดยเราจะเรียกว่า การแทรกซึมของอากาศ (Infiltration) โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะการระบายอากาศโดยวิธีการธรรมชาติแบบที่ควบคุมได้ เพื่อที่จะเสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ในการที่จะควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ให้สามารถไหลเข้าและออกผ่านพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.1.2 หลักการพื้นฐานในการระบายอากาศ

ในการศึกษาถึงการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ คือ กระบวนการที่ใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือในการถ่ายเทความร้อนจากจุดหรือพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกไป โดยกระแสลมที่จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการพาความร้อนออกไปจากตัวอาคาร โดยที่ปริมาณของความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกไปนั้น จะเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกัน ระหว่างค่าความจุความร้อนของอากาศ อัตราการเคลื่อนที่ของอากาศ และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับภายในอาคาร

หลักการพื้นฐานในการระบายอากาศ ลมพัดได้ด้วยแรงขับเคลื่อน 2 ประเภท ได้แก่

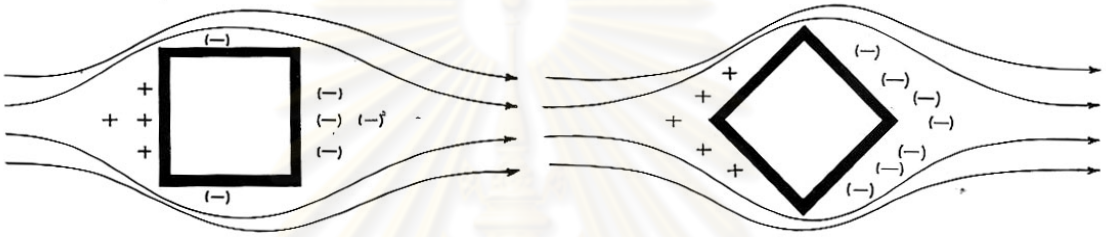
1) ความแตกต่างของอากาศ (Pressure Differential)

2) ความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Differential)

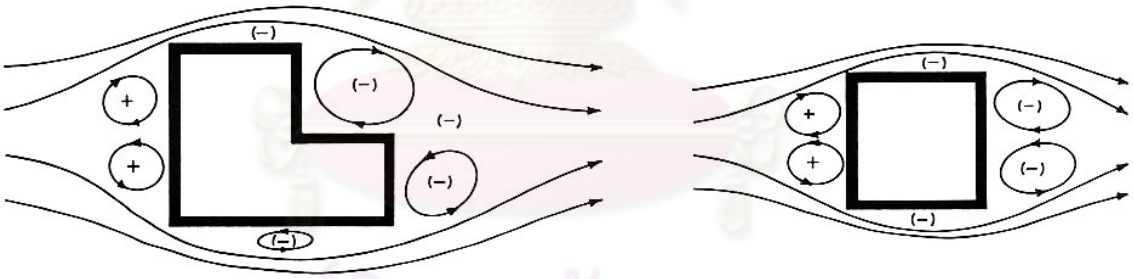
จากหลักการข้างต้น สามารถนำมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเวียนของลม ที่ไหลผ่านอาคารในรูปแบบที่ต้องการศึกษา และนำไปเสนอเป็นแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสภาพของอาคารได้

2.1.3 หลักการทั่วไปของอากาศ

ปริมาณลมที่พัดเข้าสู่อาคารจะต้องเท่ากับปริมาณลมที่พัดออกจากอาคาร หากปริมาณการพัดเข้ามีมากกว่าปริมาณที่ถ่ายออกจะ หมายถึงการพัดแบบที่ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนไป หรือที่เรียกว่า Compressible flow ซึ่งจะไม่อยู่ในขอบเขตการไหลของอากาศแบบปกติ ดังนั้นหลักการทั่วไปของอากาศ จึงหมายความว่า กระแสลมจะต้องมีความต่อเนื่องและการแสดงภาพการไหลของลมจะต้องเป็นเส้นต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.1 ด้านที่ลมปะทะเข้า (Windward) จะเกิด Positive Pressure และ
ด้านที่ลมพัดหนีออก (Leeward) จะเกิด Negative Pressure[1]



ภาพที่ 2.2 แสดงกระแสลมที่ไหลวน โดยจะเกิดในบริเวณที่ความดัน อากาศแตกต่างจากความดันอากาศปกติ[2]

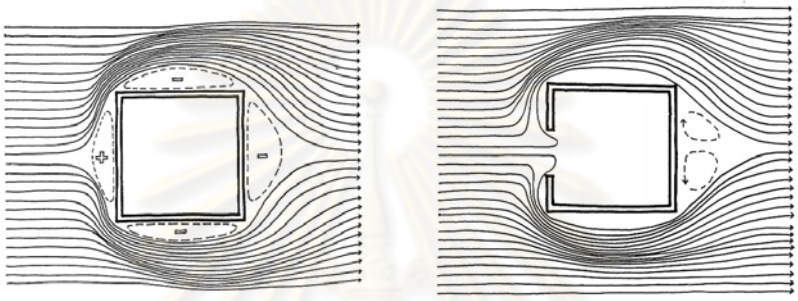
ลมที่พัดเข้าปะทะผนังอาคารจะถูกกดอัดทำให้เกิดความกดอากาศ (Pressure) ที่มากกว่าปกติ (Positive Pressure) ในด้านที่ลมปะทะ ในขณะเดียวกันที่ด้านตรงข้ามที่ลมพัดออกจากอาคารอากาศ บริเวณนั้นจะถูกดูดออก ทำให้ความกดอากาศลดลงเกิดเป็น Negative Pressure (-) ลมที่พัดเข้าปะทะผนังอาคารและไหลเลื่อนไปตามหลังคาและผนังด้านข้างจะก่อให้เกิด Negative Pressure ที่ผิวด้านข้างและผิวหลังคา ซึ่งทำให้เกิดกรแสลมที่ไหลวน โดยจะมีผลเสียต่อตัวอาคาร คือ การสะสมของฝุ่นละอองที่พัดมากับลม

---

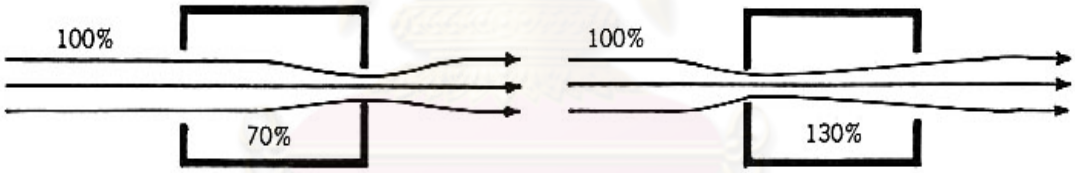
[1] อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2548. การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.หน้า 110.

[2] เรื่องเดียวกัน. หน้า 111.

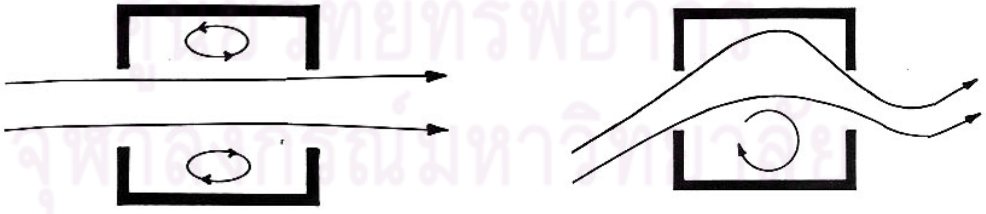
การระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ Cross Ventilation ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วย Inlet และ Outlet ที่อยู่ในตำแหน่งตรงกันข้ามกันของห้อง ซึ่งหาก Outlet มีพื้นที่มากกว่า Inlet ก็จะเกิดปรากฏการณ์ Venturi Effect ขึ้นภายในห้องทำให้ความเร็วลมในห้องสูงขึ้นแต่ หาก Outlet มีพื้นที่น้อยกว่า Inlet อากาศในห้องจะมีความเร็วที่ต่ำซึ่งอาจจะไม่เพียงพอสำหรับสภาวะน่าสบายที่ต้องการ อย่างไรก็ดีในการออกแบบอาคารทั่วๆไปมักจะไม่สามารถสร้าง Cross Ventilation ได้ง่ายนัก เนื่องจากทิศทางของลม Orientation ของอาคาร และการจัดแบ่งห้องและเนื้อที่ใช้สอยภายในอาคาร



ภาพที่ 2.3 แสดงการไหลเวียนของอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของความกดอากาศ (Pressure Difference) เป็นแรงผลักดันให้อากาศไหลผ่านช่องเปิด[3]



ภาพที่ 2.4 แสดง OUTLET ใหญ่กว่า INLET ทำให้ลมในห้องพัดแรง และแสดง INLET ใหญ่กว่า OUTLETทำให้ลมในห้องพัดเบา[4]



ภาพที่ 2.5 แสดง INLET เท่ากับ OUTLET เกิด Venturi effect ที่ OUTLET ทำให้ลมในห้องพัดเบา และแสดงลมลมที่พัดผ่านในแนวเฉียงจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศในห้อง ได้ทั่วถึงกว่า[5]

---

[3] Moor, Fuller. 1993. Environmental Control System: Heating Cooling Lighting. Singapore: McGraw-hill.

[4] อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2548. การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.หน้า 112.

[5] เรื่องเดียวกัน. หน้า 115.

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร[6]

ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร คือ ความกดอากาศรอบๆอาคาร (Pressure Distribution) ทิศทางของลมที่พัดเข้าสู่อาคาร, ขนาด, ตำแหน่ง, และรูปแบบของหน้าต่าง รวมทั้งการจัดแบ่ง Partitions ภายในอาคาร

2.1.4.1 อาคารข้างเคียงที่มีผลต่อการไหลของลม

อาคารข้างเคีย , ผนัง, กำแพง, ต้นไม้ แวดล้อมล้วนมีผลต่อรูปแบบการพัดของลม โดยทั่วไปลมที่มาจากทิศเหนือหรือตะวันออกเฉียงเหนือ มักจะเป็นลมฤดูหนาวที่พัดพาเอาความเย็นและความแห้งแล้งมาสู่ตัวอาคารในขณะที่ลมทางทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ มักจะเป็นลมฤดูร้อน ซึ่งการจัดวางตัวอาคารจะต้องคำนึงการใช้พืชพันธุ์ต้นไม้ที่มีอยู่ในการช่วยกำบังลม (Wind Break) หากเป็นลมหนาว และใช้ต้นไม้ช่วยในการดักลมหรือเบี่ยงแบนทิศทางของลม (Wind Deflection) หากต้องการให้ลมพัดผ่านอาคารมากๆในฤดูร้อน

นอกจากนี้อาคารข้างเคียงก็มีผลอย่างมากต่อการไหลของลมภายนอก เนื่องจากสามารถขวางทิศทางการไหลของลม ทำให้ลมไม่สามารถไหลเข้าสู่ตัวอาคารที่พิจารณาได้ อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางลมทำให้ประสิทธิภาพ และความเร็วของลมลดลงได้อีกด้วย

2.1.4.2 ทิศทางของลม

ลมที่ปะทะผนังในแนวตั้งฉากจะสร้างความกดอากาศได้ดีที่สุดและก่อให้เกิดความเร็วลมที่ผ่านช่องหน้าต่างสูงที่สุด ลมที่พัดเข้าหน้าต่างในทิศทางเฉียง 45^{O} จะทำให้ความกดอากาศ และความเร็วลมผ่านช่องหน้าต่างลดลงเกือบ 50% แต่อย่างไรก็ดี ลมที่พัดเข้าอาคารในทิศทางเฉียงจะมีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดี ทั้งนี้เพราะลมที่มาแนวเฉียงจะสร้างการเคลื่อนไหวของกระแสลมภายในห้องได้มาก ทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความเคลื่อนไหวของอากาศได้ทั่วถึงกันทั้งห้อง ส่วนทางด้านทิศทางลม ถึงแม้ว่าโดยเฉลี่ยลมจะมาจากทิศทางหลักทิศทางหนึ่ง เป็นส่วนใหญ่ แต่หากศึกษาอย่างละเอียดรายชั่วโมงจะพบว่าในแต่ละวันลมจะมาทุกทิศทุกทาง การออกแบบจัดวางตัวอาคารอาจจะไม่สามารถคำนึงถึงทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยเฉพาะได้ อาคารต้องสามารถรับลมได้จากทุกทิศทาง

2.1.4.3 ตำแหน่งของหน้าต่าง

ตำแหน่งของหน้าต่างที่ตรงกันข้ามกันและอยู่ในทิศทางเดียวกับลมจะก่อให้เกิด Cross Ventilation ซึ่งมีประระสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงที่สุด แต่โดยทั่วไปการออกแบบให้เกิด Cross Ventilation ทุกห้องนั้นเป็นไปได้ยาก ซึ่งหากไม่สามารถออกแบบจัดวางตำแหน่งหน้าต่างให้เกิด Cross Ventilation ผู้ออกแบบจะต้องทำให้ผนังด้านหนึ่งเป็น Positive Pressure เพื่อให้ลมพัดเข้าทางหน้าต่าง ด้านนั้น และผนังอีกด้านหนึ่งเป็น Negative Pressure ให้ลมพัดออก หากมีผนัง 2 ด้าน แต่ทั้งสองด้านมี Positive Pressure ลมก็จะไม่เข้าสู่ภายในห้อง

---

[6] อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2548. การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.หน้า 118.

2.1.4.4 แผงกันแดดแนวตั้ง

Wing Walls หรือ Fin Walls แผงกันแดดแนวตั้ง (Vertical Fin) นอกจากจะช่วยบังแดดให้หน้าต่างแล้ว หากจัดวางตำแหน่งอย่างถูกต้อง จะช่วยในการเบี่ยงเบนทิศทางของลมเพื่อช่วยในการระบายอากาศให้แก่อาคารที่มีช่วงหน้าต่างติดภายนอกด้านเดียว ทั้งนี้แผงกันแดดแนวตั้งนั้นจะช่วยกระจายความกดอากาศให้แตกต่างกันระหว่างหน้าต่าง 2 บาน ที่อยู่ในทิศทางเดียวกันกับการไหลของลม อย่างไรก็ดีหากติดตั้งไม่ถูกต้องจะไม่เกิด Positive และ Negative Pressure และจะไม่ก่อให้เกิดการเบี่ยงเบนของลมในทิศทางที่จะพัดพาเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากการวางตำแหน่งของแผงกันแดดแนวตั้งแล้วทิศทางของลมที่พัดเข้าสู่หน้าต่างยังมีผลต่อประสิทธิภาพของการถ่ายเทอากาศด้วยการใช้ Wing Walls อีกด้วย พบว่าลมที่พัดมาในแนวเฉียง 45^{O} จะทำให้ Wing Walls มีประสิทธิภาพดีกว่าลมที่พัดมาตรงๆ

2.1.4.5 แผงกันแดดแนวนอน

แผงกันแดดแนวนอนที่ติดตั้งเหนือวงกบบนของหน้าต่างจะทำให้ลมพัดเข้าสู่หน้าต่างเบี่ยงเบนขึ้นสู่บริเวณผิวฝ้าเพดาน ทำให้กระแสลมภายในห้องไม่พัดผ่านบริเวณที่ใช้งานของห้อง ทั้งนี้เพราะความสมดุลของความกดอากาศที่หน้าต่างด้านนอกสูญเสียไป การแก้ไขการออกแบบแผงกันแดดแนวนอนให้เกิดสมดุลของความกดอากาศ อาจจะทำด้วยการเว้นช่องว่างระหว่างแผงกันแดดกับผนังภายนอกประมาณ 15 ซม.ขึ้นไปหรืออาจจะยกระดับความสูงของแผงกันแดดให้พ้นจากระดับวงกบบนของหน้าต่างเล็กน้อยเพื่อสร้างสมดุลของ Positive Pressure และทำให้ลมกดต่ำลงสู่ระดับความสูงของผู้ใช้อาคาร

2.1.4.6 ชนิดของหน้าต่าง

ชนิดของหน้าต่างมีผลอย่างมากต่อทิศทางและการเบี่ยงเบนของลมภายในห้องหน้าต่างบานเปิดจะช่วยเบี่ยงเบนทิศทางของลมตามแนวเปิดของหน้าต่าง ซึ่งหากเปิดหมดเป็นมุม 90^{O} หน้าต่างบานเปิดจะมีสภาพเหมือน Vertical Fin หรือ Wing Walls นั่นเอง สำหรับหน้าต่างบานกระทุ้ง ถึงแม้จะช่วยกันฝนสาดได้ดี แต่จะมีข้อเสียในแง่การเบี่ยงเบนของลมขึ้นสู่ระดับฝ้าเพดาน เหนือระดับพื้นที่ใช้สอย

2.1.4.7 ความสูงของหน้าต่าง

Vertical Placement of Windows ความสูงของหน้าต่างจะมีผลต่อการนำกระแสลมพัดผ่านตัวผู้ใช้อาคาร โดยความสูงของหน้าต่างจะต้องมีระดับสัมพันธ์กับกิจกรรมการใช้สอยในอาคาร ห้องนอนและห้องนั่งเล่นจะต้องการความสูงของหน้าต่างในระดับที่ต่ำกว่าส่วนที่เป็นทางเดินสัญจร นอกจากนี้การเปิดช่องหน้าต่างระดับสูงประมาณฝ้าเพดานจะช่วยนำกระแสลมภายนอกพัดเอาความร้อนสะสมที่ใต้ฝ้าเพดานออกไปด้วย

2.1.4.8 ขนาดและตำแหน่งของ Inlet และ Outlet

โดยทั่วไปขนาดและตำแหน่งของ Inlet และ Outlet ควรจะเท่ากันเพื่อให้มีปริมาณลมพัดเข้าสู่ห้องได้มากที่สุด แต่หากว่าต้องมีช่องเปิดด้านใดด้านหนึ่งเล็กกว่าอีกด้านหนึ่ง ด้านที่เล็กควรจะเป็น Inlet เพราะ Inlet ที่เล็กกว่าจะช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในห้อง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อ สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ของมนุษย์ สำหรับตำแหน่งของ Inlet และ Outlet จะพบว่าตำแหน่งของ Inlet จะมีผลต่อรูปแบบการไหลของลมภายในห้องมากกว่าตำแหน่งของ Outlet

2.1.4.9 **มุ้งลวดกันแมลง** (Insect Screens)

หน้าต่างที่มีมุ้งลวดกันแมลง จะทำให้ปริมาณลมเข้าสู่อาคารลดน้อยลงประมาณ 50% โดยนอกจากนี้ยังจะขึ้นอยู่กับมุมที่ลมกระทำกับมุ้งลวด ถ้าลมมาแนวเฉียงปริมาณลมที่ผ่านมุ้งลวดก็จะยิ่งน้อยลง การแก้ไขปัญหาต้องพยายามทำให้หน้าต่างกว้างที่สุด ตัวอย่างเช่นการใช้มุ้งสวดคลุมระเบียงภายนอกทั้งหมดของบ้านในทางทิศใต้ของประเทศสหรัฐเอมริกา

2.1.4.10 **ช่องระบายอากาศหลังคา** (Roof Vents)

การระบายอากาศที่ช่องใต้หลังคาจะช่วยให้อุณหภูมิช่องใต้หลังคาลดลง ถ้ามีการระบายอากาศอย่างเพียงพอและขนาดช่องระบายอากาศมีขนาดและความสูงพอเหมาะแต่โดยทั่วไปหากมีลมภายนอกพัดแรง อาจจะทำให้การระบายอากาศจากช่องใต้หลังคาเป็นไปได้ยาก ส่วนมากจึงต้องติดตั้งระบบพัดลมระบายอากาศเครื่องกลช่วย

2.1.4.11 **พัดลม**

ในสภาพอากาศที่ลมไม่แรงพอที่จะใช้การระบายอากาศวิธีธรรมชาติ การใช้พัดลมช่วยก็เป็นวิธีที่เหมาะสมและประหยัดกว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ(ทั้งนี้อากาศภายนอกจะต้องเย็นกว่าภายในอาคาร) จุดประสงค์ของการใช้พัดลมมี 3 ข้อที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระบายอากาศร้อนชื้น สกปรก ภายในอาคารออกไปสู่ภายนอก เอาอากาศภายนอกที่เย็นกว่าเข้ามาทำความเย็นให้คน (Comfort Ventilation) หรือทำความเย็นให้อาคาร (Convection Cooling) สร้างการหมุนเวียนของอากาศภายใน (Air Circulation หรือ Air Movement)

2.1.4.12 **การจัดแบ่งห้องภายในอาคาร** (Partitions)

ความลึกของห้องจะมีผลน้อยมากต่อการพัดผ่านของลม ดังนั้น หน้าต่างบนผนังด้านแคบของห้องจะช่วยระบายอากาศได้ดีกว่าหน้าต่างบนผนังด้านกว้าง ที่มีพื้นที่หน้าต่างน้อย สำหรับการจัดแบ่งห้องการจัดห้องแบบ Open Plan จะทำให้ห้องได้รับลมทั่วถึงกันมากกว่าการแบ่งห้องด้วย Partition แต่หากจำเป็นต้องมี Partition ควรจัดห้องที่ใหญ่กว่าในทิศทางที่ลมพัดเข้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายอากาศและและสร้าง Air Movement โดยทั่วกัน

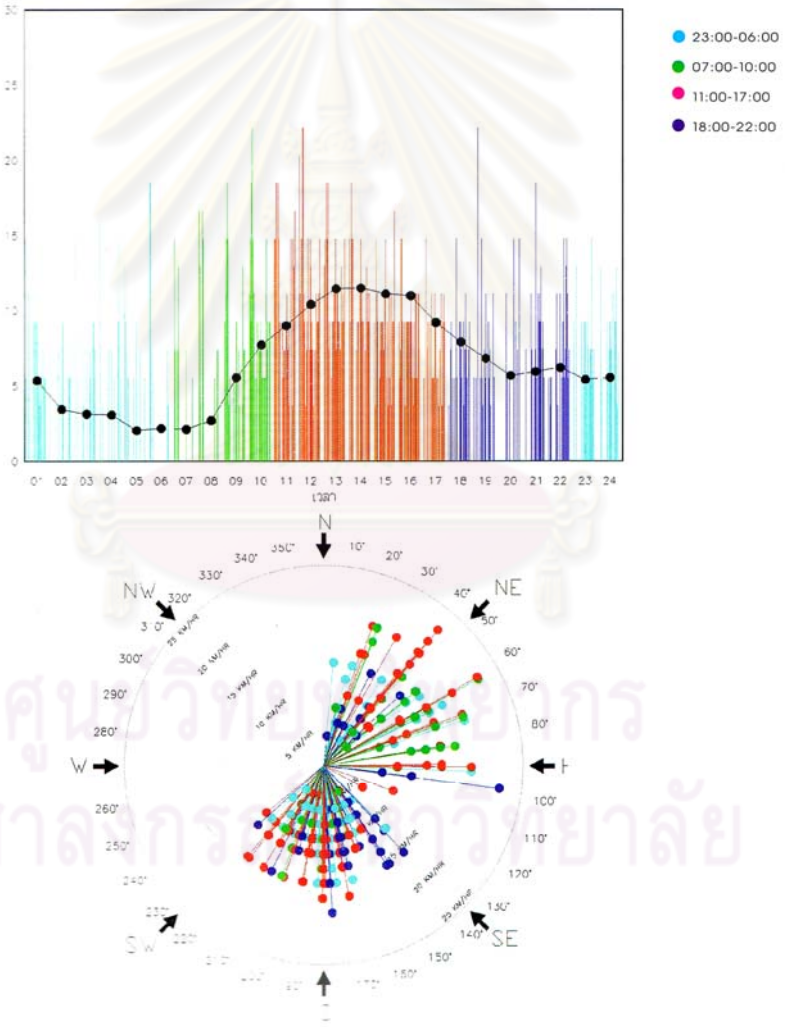
ในอาคารชุดพักอาศัยหนาแน่นสูงที่มักจะถูกออกแบบโดยมี Single – Loaded Corridor หรือ Double –Loaded Corridor การจัดการให้มี Cross-Ventilation แทบจะเป็นไปไม่ได้เลย ในอดีต เคยมีการใช้หน้าต่างสูงเหนือประตูที่เรียกว่า Transoms เพื่อสร้าง Cross-Ventilation แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จนัก ทั้งนี้เพราะลมที่พัดผ่านห้องจะอยู่ในระดับที่สูงเหนือศีรษะของผู้ใช้อาคาร และนอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้อาคาร อันเนื่องจากเสียงที่ลอดออกมาจากห้องสู่ทางเดิน

2.1.5 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

การศึกษาในเรื่องของการไหลเวียนอากาศในงานวิจัย จะศึกษาได้จากลักษณะภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ข้อมูลที่นำเสนอนี้เป็นข้อมูลภูมิอากาศ ปี 2538 ในที่นี้ได้แบ่งกลุ่มที่มีลักษณะคล้านคลึงกัน ได้แก่ กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง กลุ่มร้อนชื้นมาก–ลม กลุ่มร้อนชื้นมาก–ลมแปรปรวน และกลุ่มเย็นแห้ง

1) กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง

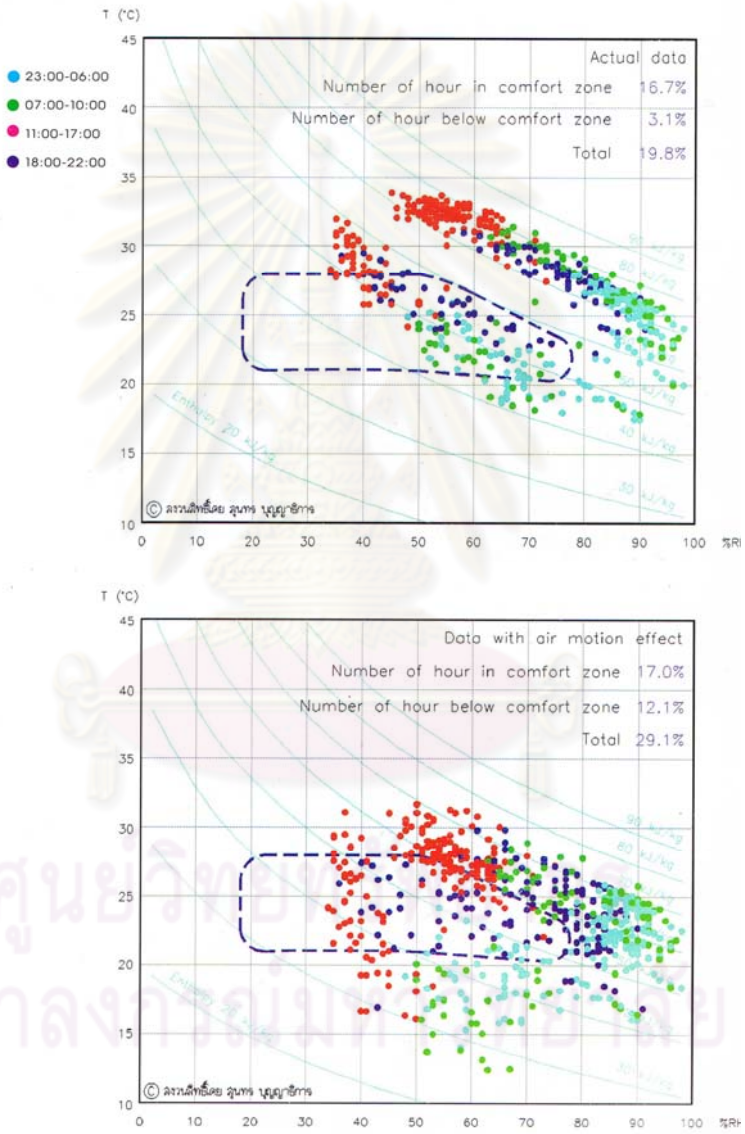
ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ในกรณีนี้ได้ยกเอาข้อมูลของเดือนกุมภาพันธ์มาแสดงเป็นตัวอย่าง) จากแผนภูมิทิศทางและความเร็วลมพบว่า ทิศทางการพัดของกระแสลมของกลุ่มเดือนนี้จะแบ่งออกเป็นสองทิศทางอย่างชัดเจนคือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กระแสลมร้อน) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กระแสลมหนาว) และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมมีค่าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 2.6 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนกุมภาพันธ์[7]

[7] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ช่วงนี้เป็นฤดูหนาว อุณหภูมิส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ ในช่วงนี้ทิศทางของแดดจะอ้อมทางทิศใต้ โดยมีบางช่วงเวลาที่มีอากาศเย็นจนต่ำกว่าเขตสบาย ซึ่งสามารถใช้อิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการปรับอุณหูมิให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนในภาคกลางจะต้องระวังในเรื่องของการกันแดดทางทิศใต้ เพราะถ้าออกแบบให้กันแดดได้น้อยเกินไป ก็อาจจะทำให้อุณหภูมิร้อนจนเกินสภาวะน่าสบายได้

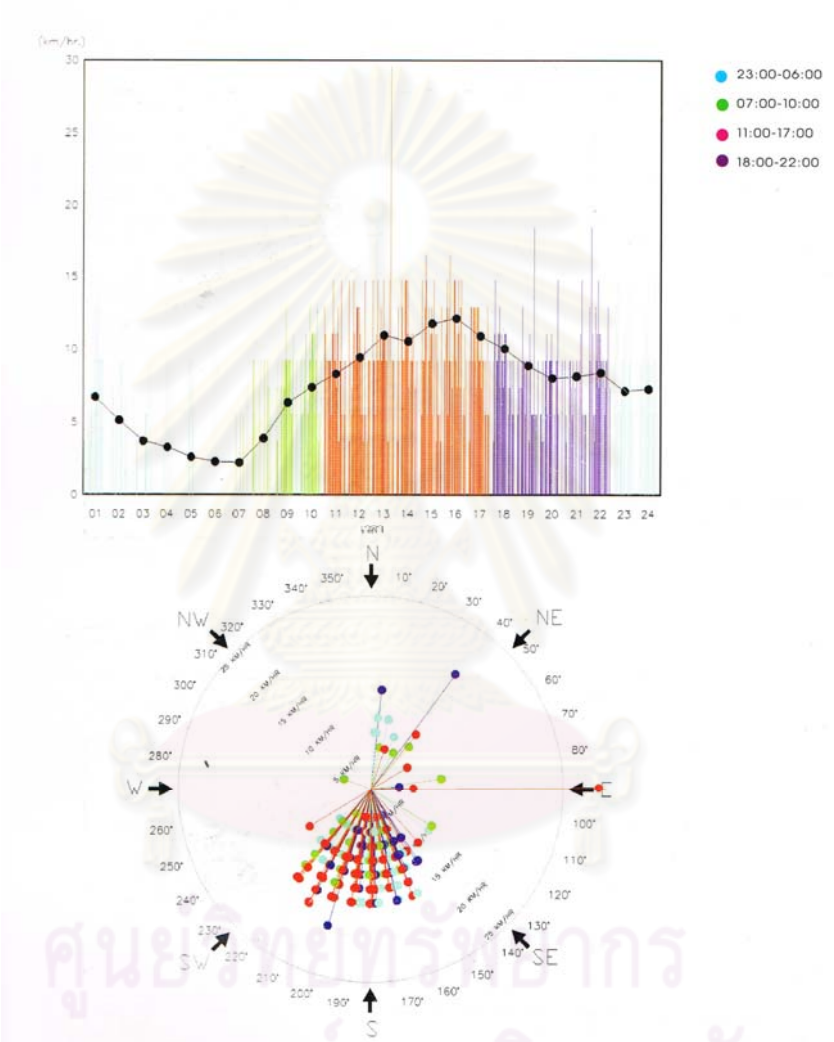


ภาพที่ 2.7 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนกุมภาพันธ์[8]

[8] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2) **กลุ่มร้อนชื้นมาก–ลมใต้**

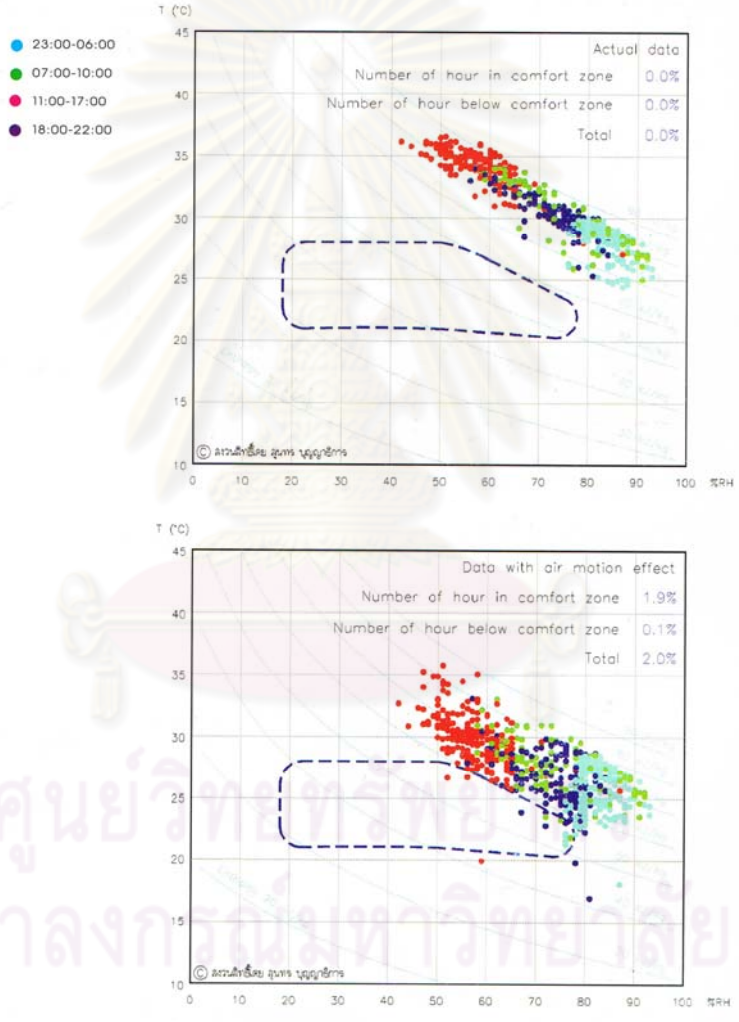
ตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน (ในกรณีนี้ได้ยกเอาข้อมูลของเดือนเมษายนมาแสดงเป็นตัวอย่าง) จากแผนภูมิทิศทางความเร็วลมพบว่า กระแสลมส่วนใหญ่มาจากทิศทางทางด้านทิศตะวันตกฉียงใต้ และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมมีค่าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 2.8 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนเมษายน[9]

[9] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ช่วงนี้เป็นฤดูร้อน และมีระยะเวลาค่อนข้างยาวนานถึงประมาณ 4 เดือน พบว่าสภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้ เป็นช่วงเดือนที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูง และอยู่ห่างจากขอบเขตน่าสบายมาก และถึงแม้จะมีการนำกระแสลมเข้ามาช่วยเพื่อให้รู้สึกเย็นขึ้น แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะเหนี่ยวนำให้เข้าสู่เขตน่าสบายได้ ซึ่งหมายความว่าในช่วงกลุ่มเดือนนี้กระแสลมธรรมชาติไม่สามารถเอื้อให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ ในการควบคุมสภาวะภายในอาคารอาจต้องใช้ระบบเครื่องกล เพื่อช่วยปรับแต่งสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้

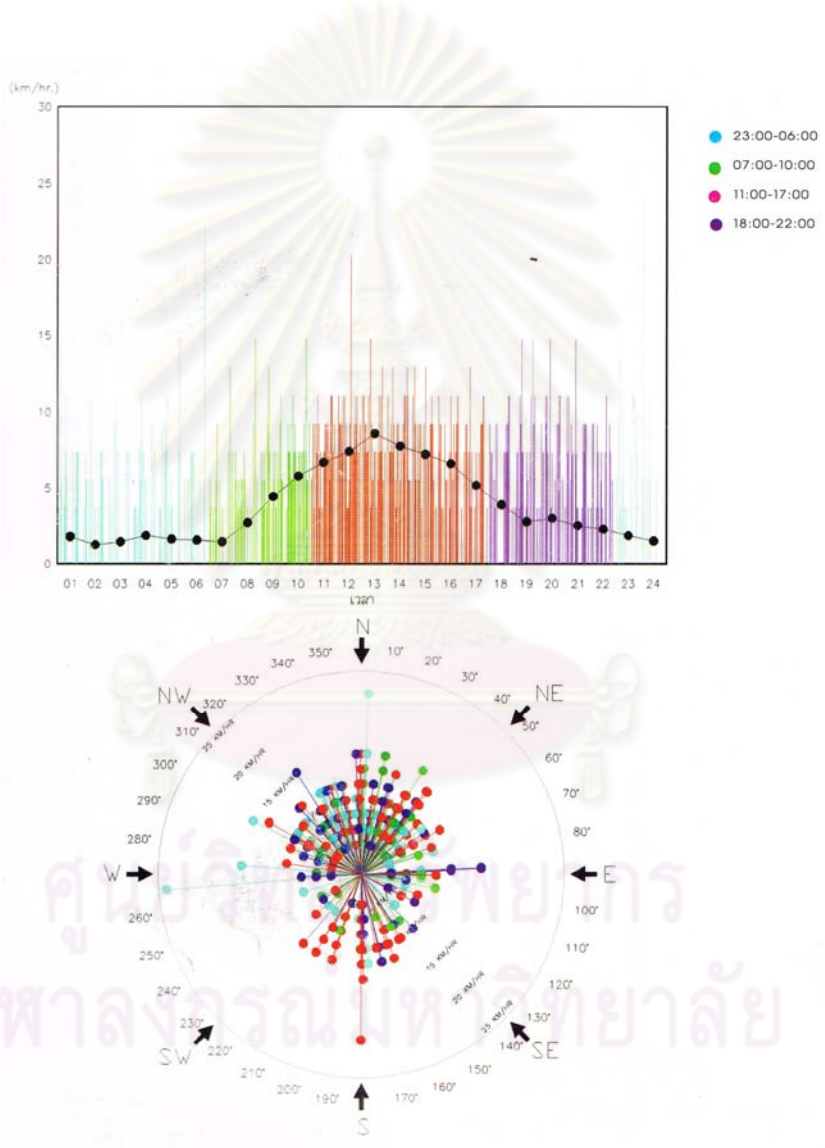


ภาพที่ 2.9 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนเมษายน[10]

[10] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

3) **กลุ่มร้อนชื้นมาก–ลมแปรปรวน**

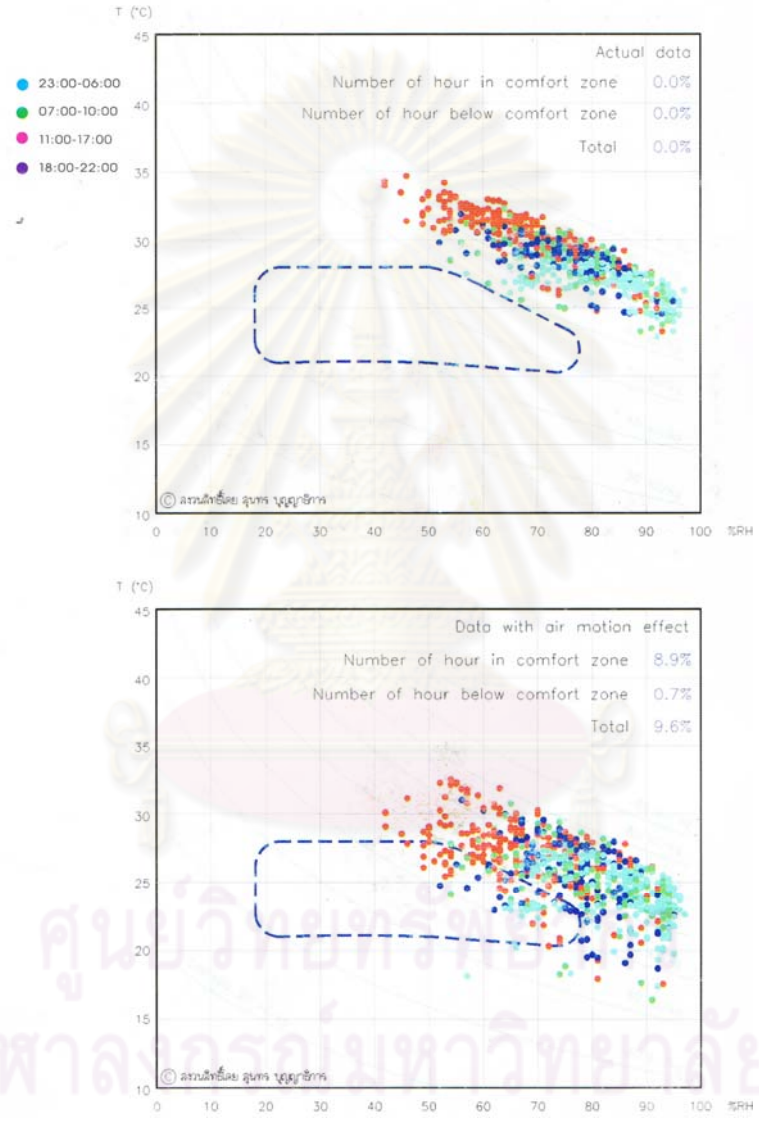
ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม (ในกรณีนี้ได้ยกเอาข้อมูลของเดือนตุลาคมมาแสดงเป็นตัวอย่าง) เมื่อพิจารณาด้านทิศทางลมจะพบว่าในช่วงนี้ลมค่อนข้างจะแปรปรวน และมีลมมาจากทุกทิศทาง ดังนั้นปัญหาของการออกแบบส่วนหนึ่งจึงอยู่ที่ทิศทางของกระแสลม ในการออกแบบจึงต้องสามารถให้ลมเข้าสู่ภายในอาคารได้ทุกทิศทาง (เพราะไม่ทราบว่าจะมาจากทิศทางใด) เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิภายนอกได้อย่างเต็มที่



ภาพที่ 2.10 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนตุลาคม[11]

[11] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้มีอุณหภูมิสูงมากเกือบตลอดเวลา แต่จะมีบางช่วงเวลาที่สามารถนำความเร็วลมมาช่วยให้อุณหภูมิอยู่ในเขตน่าสบายได้ จากภาพจะเห็นว่าเป็นช่วงเดือนที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธิ์ที่ค่าปานกลางค่อนข้างสูง และอยู่นอกเหนือเขตสภาวะน่าสบาย อย่างไรก็ตามบางชั่วโมงสามารถใช้อิทธิพลของกระแสลมสร้างความรู้สึกให้ผู้ใช้อาคารเสมือนหนึ่งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบายได้บ้าง

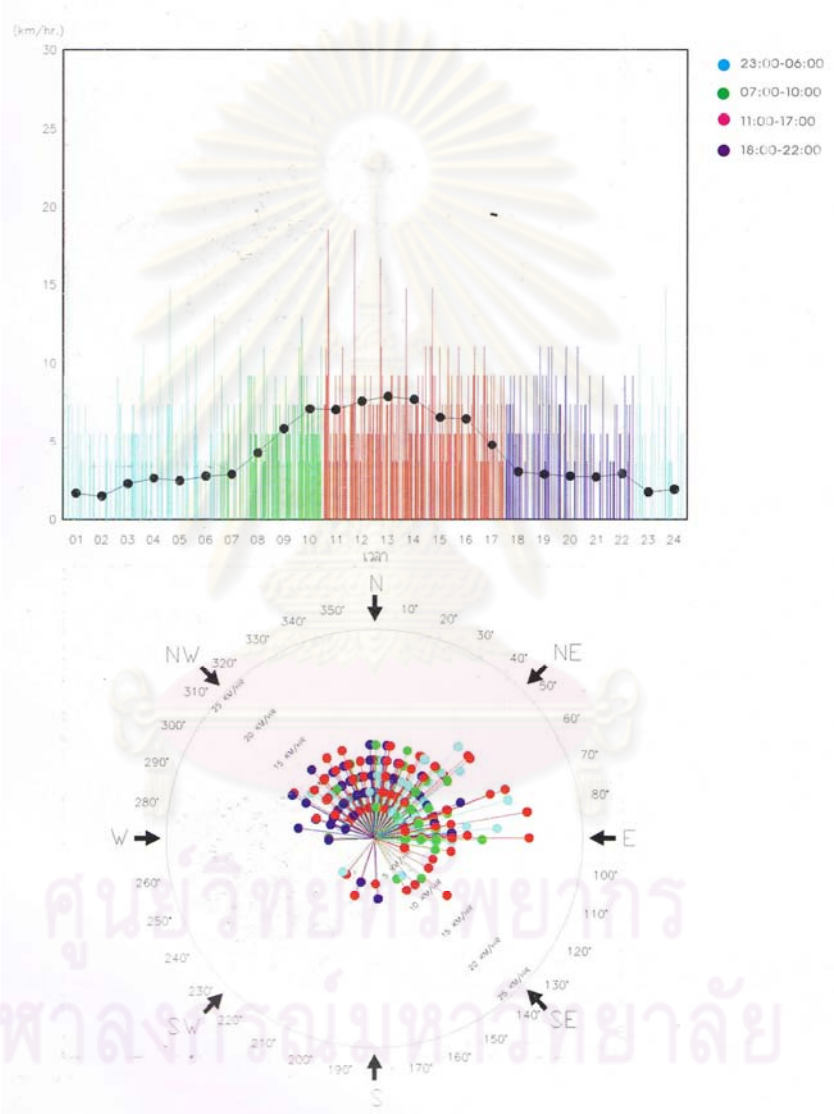


ภาพที่ 2.11 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนตุลาคม[12]

[12] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4) **กลุ่มเย็นแห้ง**

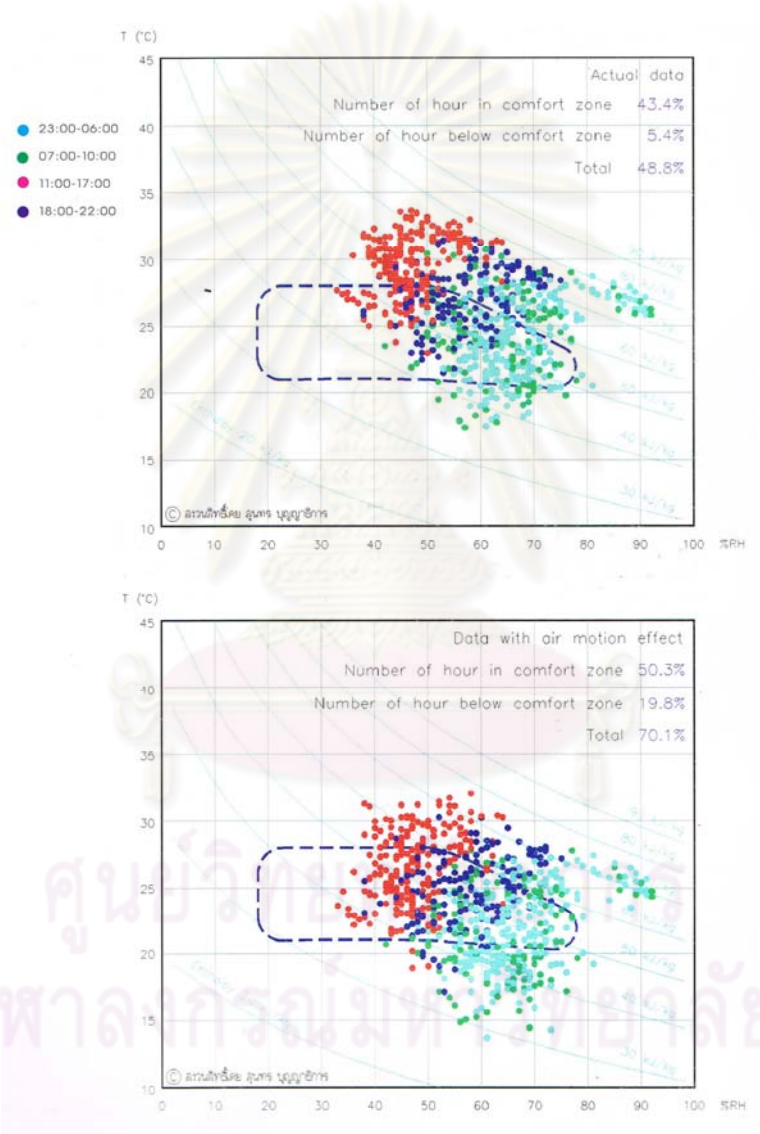
ตั้งแต่เดือนพฤจิกายนถึงเดือนธันวาคม (ในกรณีนี้ได้ยกเอาข้อมูลของเดือนธันวาคมมาแสดงเป็นตัวอย่าง) จากแผนภูมิทิศทางและความเร็วลมพบว่า ทิศทางของกระแสลมของกลุ่มเดือนนี้จะพัดมาจาก 3 ทิศทาง คือ ทิศเหนือ ทอศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นกระแสลมหนาว



ภาพที่ 2.12 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนธันวาคม[13]

[13] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สภาพภูมิอากาศในกลุ่มนี้ มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเย็นชื้นปานกลาง คือเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ กล่าวคือ มีบางชั่วโมงที่อุณหภูมิและความชื้นอยู่ต่ำกว่าเขตสบาย และสามารถนำอิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และกระแสลมมาช่วยปรุงแต่งอุณหภูมิให้อยู่ในเขตน่าสบายได้ นั่นหมายความว่า ในช่วงนี้สามารถใช้ระบบระบายอากาศธรรมชาติมาช่วยเสริมสร้างสภาวะน่าสบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ



ภาพที่ 2.13 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศและความเร็วลมในเดือนธันวาคม[14]

[14] สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2.2 สภาวะน่าสบาย

2.2.1 คำจำกัดความของคำว่า “สภาวะน่าสบาย”

ความหมายของสภาวะน่าสบายได้มีผู้ศึกษาและเสนอแนวคิดไว้อย่างชัดเจน จะมาจากสองแหล่งคือ อย่างแรกจะมาจาก ASHRAE ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “Thermal Comfort is thecondition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment; it requires subjective evaluation. (ASHRER, 1992) หมายความว่า สภาวะน่าสบายคือสภาวะทางจิตใจที่แสดงถึงความพอใจในสภาพแวดล้อมที่ร้อนหนาว และการจะทราบถึงสภาพดังกล่าวได้ ต้องอาศัยการสำรวจและประเมินผลจากความคิดเห็นกลุ่มตัวอย่าง โดยที่ถ้า 90 เปอร์เซนต์ของกลุ่มตัวอย่างบอกว่าน่าสบาย ก็จะถือว่าสภาพแวดล้อมนั้นอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) ซึ่งการประเมินจากความคิดเห็นของมนุษย์มีรากฐานมาจากงานวิจัยของนักวิจัยชาวเดนมาร์ค ชื่อ P.O. Fanger ในทศวรรษ 1960s

คำจำกัดความของสภาวะน่าสบายจากอีกแหล่งหนึ่งมาจาก Givoni นั้นกล่าวไว้ว่า “Thermal Comfort is the range of climatic conditions considered comfortable and accept to humans. This implies an absence of two basic sensations of discomfort, which are 1. Sensation of Heat, 2. Sensation of Skin Wittedness “(Givoni, 1998) หมายความว่า สภาวะน่าสบายคือช่วงของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาเห็นว่าน่าสบายและยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงการปราศจากความรู้สึกร้อนและเปียกชื้นบนผิวหนัง

จะเห็นว่าคำจำกัดความของ ASHRAE จะเป็นการกล่าวถึงความรู้สึกพึงพอใจของผู้คนโดยกว้าง เป็นการถือเสียงข้างมากเป็นหลัก แต่ส่วนของ Givoni จะเริ่มมีปัจจัยภายนอกมาเกี่ยวข้องและมีข้อกำหนดเพิ่มมากขึ้น ต่อมาก็งานวิจัยของ Fanger ที่เป็นที่ยอมรับและแพร่หลาย เนื่องจากมีการแบ่งย่อยปัจจัยออกเป็น 6 ส่วน เพื่อเป็นตัวชี้วัดความน่าสบายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2.2 กลไกการทำงานของร่างกาย

มนุษย์เป็นสัตว์เลือดอุ่นที่ต้องมีการรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีค่าอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส โดยมีจุดควบคุมอยู่ที่สมอง เรียกว่า ต่อมไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) โดยจะเชื่อมต่อกับระบบที่ผิวหนัง อวัยวะต่างๆในร่างกาย และตัวรับสัญญาณในสมอง ระบบควบคุมอุณหภูมิในร่างกายจะทำงานโดยวิธีต่างๆ เช่น ควบคุมอัตราการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) การขับเหงื่อ การสั่นของกล้ามเนื้อในเวลาหนาว เป็นต้น

เมื่อสภาพแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ร่างกายเสียสมดุล จะเกิดกระบวนการภายในร่างกายเพื่อปรับสมดุล เช่น การขับเหงื่อเมื่ออุณหภูมิที่ผิวหนังร้อนเกินไป การลุกชันของขนขณะที่อุณหภูมิที่ผิวหนังเย็นเกินไป เป็นต้น ซึ่งสมดุลดังกล่าว Fanger (1970) ได้อธิบายด้วย “สมการความสมดุลของความร้อนภายในร่างกาย” (Body heat balance equation)

2.2.3 ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย

จากงานวิจัยของ Fanger แบ่งปัจจัยของสภาวะน่าสบายออกเป็น 6 ปัจจัย ดังนี้

2.2.3.1 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic Rate)

2.2.3.2 เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo - value)

2.2.3.3 อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

2.2.3.4 อุณหภูมิผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT)

2.2.3.5 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

2.2.3.6 ความเร็วลม (Air Velocity)

2.2.3.1 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic Rate)

พลังงานของร่างกายทั้งหมดมาจากการเผาผลาญพลังงานจากอาหารที่รับประทานเข้าไป กระบวนการเปลี่ยนอาหารให้อยู่ในรูปพลังงานเรียกว่า กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) โดยที่ร่างกายของมนุษย์จะนำพลังงานในร่างกายที่ได้จากการเผาผลาญอาหารไปใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น การเดิน การนั่ง การออกกำลังกาย เป็นต้น กิจกรรมต่างๆที่ทำล้วนทำให้เกิดความร้อนภายในร่างกาย ร่างกายจะมีระบบปรับสมดุลระดับอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่อยู่เสมอ ร่างกายจะใช้พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญเพียง 20 เปอร์เซนต์ ส่วนอีก 80 เปอร์เซนต์ ร่างกายจะขับออกสู่สภาวะแวดล้อม ดังนั้นร่างกายจำเป็นต้องมีการแลกเปลี่ยนพลังงานกับสภาวะแวดล้อมอยู่เสมอ โดยที่ถ้าร่างกายผลิตความร้อนมามากกว่าที่ร่างกายสูญเสียไป ร่างกายก็จะรู้สึกร้อน ในทางกลับกันถ้าร่างกายผลิตความร้อนมาน้อยกว่าที่ร่างกายสูญเสียไป ร่างกายก็จะรู้สึกหนาว

อัตราที่ร่างกายผลิตความร้อนออกมาส่วนมากขึ้นกับระดับของกิจกรรมในร่างกาย ชนิดของอาหารและเครื่องดื่มที่รับประทานเข้าไป และบางส่วนก็ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่มนุษย์ดำรงชีวิตอยู่ในประจำวัน ความร้อนที่ร่างกายของมนุษย์ผลิต มีหน่วยเป็น Metabolic หรือเรียกว่า Met โดยที่ 1 Met จะเท่ากับ 58.2 W/m^2 หรือ 18.4 $BTU/h\ ft^2$ โดยมีระดับของ Metabolic rate ตามระดับของกิจกรรม ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดง metabolic rate ตามระดับของกิจกรรมต่างๆ[15]

ระดับกิจกรรม	Metabolic Rate (Met)	Btu/ft^2
นอนพักผ่อน	0.7	13
นั่งพัก	1.0	18
ยืนพัก	1.2	22
เดิน(1.34 ม./วินาที)	2.6	48
นั่งอ่านหนังสือ,เขียนหนังสือ	1.0	18

[15] Mechanical and Electrical Equipment for Building, 8th Edition, p.35

ขับรถ	1.0 – 2.0	18 – 37
ขับรถบรรทุก	3.2	59
ทำอาหาร	1.6 – 2.0	29 – 37
ทำความสะอาด,ทำงานบ้าน	2.0 – 3.4	37 – 63
งานคุมเครื่องจักรขนาดใหญ่	4.0	74
เต้นรำ	2.4 – 4.4	44 – 81
บาสเกตบอล	5.0 – 7.6	90 – 140
กีฬายกน้ำหนัก	7.0 – 8.7	130 - 160

2.2.3.2 **เสื้อผ้าที่สวมใส่** (Clo - value)

เสื้อผ้าที่สวมใส่นั้นมีผลต่อระดับความร้อนภายในร่างกายเนื่องจากเป็นส่วนที่ป้องกันไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนกับอากาศภายนอกได้โดยตรง เสื้อผ้าที่สวมใส่จึงมีค่าความเป็นฉนวนที่ถูกกำหนดขึ้น ถูกวัดเป็น Clo unit ค่า 1 Clo จะประมาณเทียบเท่ากับสูททำงานโดยทั่วไปของชาวอเมริกันในปี 1914

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Clo ของเครื่องแต่งกายรูปแบบต่างๆ[16]

ลักษณะการแต่งกาย	**ค่า Clo**
การเกงขาสั้น + เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.41
กางเกงขายาว + เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.50
กางเกงขายาว + เสื้อเชิ้ตยาว	0.62
กางเกงขายาว + เสื้อแขนยาว + เสื้อแจ็คเกต	0.96
เสื้อยืด + เสื้อแขนยาว + กางเกงหลวงขายาว + เสื้อสเวตเตอร์แขนยาว	1.01
กระโปรงยาวถึงเข่า + เสื้อเชิ้ตแขนสั้น + รองเท้าแตะ	0.54
กระโปรงยาวถึงเข่า + เสื้อเชิ้ตแขนยาว + สลิปแบบเต็มตัว + รองเท้าแตะ	0.067
กระโปรงยาวถึงข้อเท้า + เสื้อเชิ้ตแขนยาว + สลิปแบบเต็มตัว + ชุดสูท	1.10

2.2.3.3 **อุณหภูมิอากาศ** (Air Temperature)

อุณหภูมิอากาศเป็นตัวหลักในการบ่งบอกถึง Thermal Comfort ช่วงอุณหภูมิที่อยู่ในสภาวะน่าสบายจะอยู่ที่ประมาณ 20 ° C (98.6 ° F) ถึง 26.6 ° C (80 ° F) โดยที่อุณหภูมิผิวโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีผลช่วยส่งเสริมให้ Thermal comfort ดีขึ้นหรือแย่ลงได้ด้วย

[16] Mechanical and Electrical Equipment for Building, 8th Edition, p.37

2.2.3.4 **อุณหภูมิผิวโดยรอบ** (Mean Radiant Temperature: MRT)

อุณหภูมิผิวโดยรอบนั้น จะวัดจากค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาวะแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT มีผลต่อTemperature comfort มากกว่าอุณหภูมิอากาศถึงร้อยละ 40 นั่นคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1.4 ° C และ MRT ลดลง 1 ° C ความรู้สึกร้อนหนาวยังคงเหมือนเดิม ค่า MRT นั้นจะขึ้นกับอุณหภูมิผิว (Surface Temperature) และมุมกระทำ (Angle Factor) MRT เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้านความรู้สึกของมนุษย์ ดังนั้นในการวัด MRT จึงเป็นเรื่องละเอียดอ่อน และทำการวัดได้ยาก โดยการหา MRT มีวิธีการดังนี้

การคำนวณโดยใช้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวและมุมกระทำ

$$MRT = T_1F_{P\text{-}N} + T_2F_{P\text{-}2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + T_NF_{P\text{-}N}$$

สมการข้างต้นเป็นการหาค่า MRT ในห้องที่มี N พื้นผิว โดยที่

MRT = Mean Radiant Temperature

TN = อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface Temperature)

FP-N = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิว ณ จุดที่ทำการวัด (Angle Factor between Person and Surface)

2.2.3.5 **ความชื้นสัมพัทธ์** (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง สัดส่วนของความชื้นในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำ (Condensation) นั่นคือ ความชื้นสัมพัทธ์ = (ความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ x 100%)/ความหนาแน่นอิ่มตัวของไอน้ำ ณ อุณหภูมิเดียวกัน ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือ 100% ณ ความชื้นสัมพัทธ์นี้ น้ำในวัตถุจะไม่ระเหยออกมาอีก ในช่วงฤดูร้อนความชื้นสัมพัทธ์จะสูงถึง 90%[17] ในขณะที่ฤดูหนาวอาจลดต่ำลงกว่า 40 % ความชื้นสัมพัทธ์ที่พอเหมาะอยู่ราว 60-70 % หากสูงกว่านี้เราจะรู้สึกว่าอากาศชื้นและอบอ้าว เหงื่อแห้งช้า แต่ถ้าต่ำกว่านี้เราจะรู้สึกว่าผิวแตกแห้ง คัน และไม่สบายตัว

ในฤดูร้อนเครื่องปรับอากาศไม่เพียงแต่ทำให้อุณหภูมิห้องลดลงเท่านั้น ยังทำให้ความหนาแน่นของไอน้ำในห้องลดลงด้วย (น้ำที่ถูกดึงออกมาจะกลายเป็นหยดน้ำออกด้านนอก) เพราะไม่เช่นนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้นทำให้ไม่สบายตัว ในฤดูหนาว หากใช้เครื่องทำความร้อน ควรต้มน้ำด้วยเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ เพราะไม่เช่นนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำเกินไปทำให้ผิวหนังแห้งแตก ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย คือช่วงร้อยละ 20 – 80 เปอร์เซนต์

---

[17] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี. ความชื้นสัมพัทธ์. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2553. จาก http://www.rmutphysics.com.

2.2.3.6 **ความเร็วลม** (Air Velocity)

ความเร็วลมที่พัดผ่านภายในอาคาร จะมีผลต่อ Thermal Comfort ลมจะพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกาย ซึ่งช่วยให้การระเหยของเหงื่อเกิดขึ้นได้ดี เป็นการพัดพาเอาความร้อนออกจากร่างกาย อย่างไรก็ตามความเร็วลมที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับสร้างสภาวะน่าสบาย โดยที่มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิปกติประมาณ 0.4 1 ° C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และหากความเร็วลมน้อยเกินไปผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกอึดอัด อากาศไม่ถ่ายเท แต่ถ้าความเร็วลมมากเกินไป ก็จะทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงาน

Reynoids และ Stein (1992) ได้จัดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาวะน่าสบาย โดยการศึกษาของ Victor Olgay ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และผลที่อาจเกิดขึ้นทางด้านอุณหภูมิและความรู้สึก[18]

ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิลดลง (ระหว่าง 80-90 °F ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูง)	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 – 50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	- ไม่สามารถสังเกตได้
50 -100 fpm	ต่ำลง 2 – 3 °F	- สบาย
100 – 200 fpm	ต่ำลง 4 – 5 °F	- โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ได้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300 fpm	ต่ำลง 5 – 7 °F	- รู้สึกว่ามีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 °F	- ต้องการการแก้ไขที่ถูกต้อง

2.2.4 **ขอบเขตน่าสบาย** (Comfort Zone)

มีการศึกษากันอย่างมากในเรื่องการหาขอบเขตของสภาวะน่าสบายของมนุษย์ เริ่มจาก ASHERE ได้ศึกษาสภาวะน่าสบายของมนุษย์มาตั้งแต่ทศวรรษที่ 1920 เพื่อใช้ประโยชน์ในการออกแบบเครื่องปรับอากาศ โดยในสมัยนั้นมีการใช้ Effective Temperature (ET)[19] กันอย่างแพร่หลาย ต่อมาภายหลังก็มีการศึกษาในเรื่องนี้อย่างต่อเนื่องและจริงจังมากขึ้นในประเทศเดนมาร์ค โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ P.O. Fanger (1970) ได้เสนอวิธี

[18] Mechanical and Electrical Equipment for Building, 8th Edition, p.41

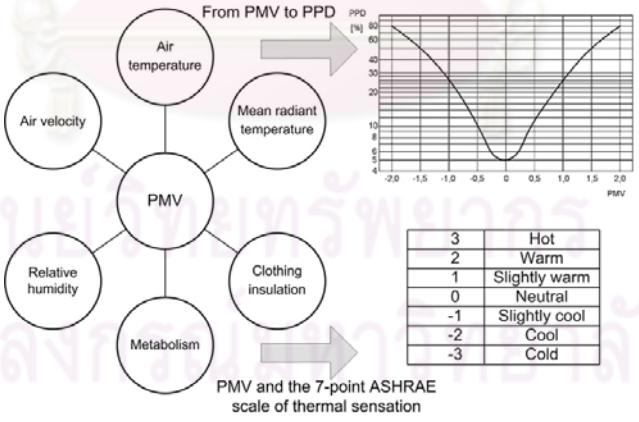
[19] American Society of Heating, Refrigeranting and Air-Conditioning Engineering, 1985. ASHRAE Handbook. Si Edition. ASHRAE: Atlanta.

ประเมินสภาวะน่าสบายของมนุษย์ในสภาวะแวดล้อมหนึ่งๆ ด้วยค่า PMV (Predicted Mean Vote) และคาดคะเนสัดส่วนของผู้ใช้อาคารที่ไม่อาจรู้สึกสบายในสภาวะหนึ่งๆได้ด้วยค่า PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

แต่ทั้งนี้งานวิจัยของ ASHERE และ Fanger ต่างก็แพร่หลายในวงจำกัด ในหมู่นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเครื่องกล ในสายงานของสถาปัตยกรรมก็มีการพัฒนาแผนภูมิสภาวะน่าสบาย (Comfort Charts) ขึ้นโดย Victor Olgyay ผู้ซึ่งพัฒนาแผนภูมิ Bio-Climatic Chart[20] และBaruch Givoni ผู้เสนอแนะ Building Bio-Climatic Chart (BBCC)[21] ในปัจจุบันก็มีการศึกษาขอบเขตสภาวะน่าสบายอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีความเชื่อว่าการปรับเปลี่ยนขอบเขตน่าสบายให้ถูกต้องและตรงกับความต้องการของมนุษย์สูงสุด จะมีส่วนช่วยในการลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมหาศาล

2.2.5 การหาขอบเขตน่าสบายของ Fanger (PMV; Predicted Mean Vote)

P.O. Fanger เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ค ผู้ซึ่งศึกษาเรื่องสภาวะน่าสบายอย่างจริงจัง ได้ค้นพบวิธีการคาดคะเนสภาวะน่าสบายของพื้นที่หนึ่งๆ ที่เรียกว่า PMV (Predicted Mean Vote) ในการศึกษา Fanger ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจของมนุษย์ ต่อสภาพแวดล้อมอากาศแบบต่างๆ โดยได้ริเริ่มสร้างห้องทดลองปิด ขนาด 2.80 เมตร ยาว 5.60 เมตร และสูง 2.80 เมตร ภายในห้องมีเครื่องปรับอากาศที่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้ร้อน – เย็น หรือแห้งชื้นตามต้องการ ผนังห้องก็สามารถปรับอุณหภูมิพื้นผิวได้ ภายในห้องยังติดพัดลมที่ปรับความเร็วลมได้ตามต้องการ นอกจากนี้ยังติดอุปกรณ์วัดค่าตัวแปรสภาวะน่าสบายทั้ง 4 คือ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และอุณหภูมิผิวโดยรอบ



ภาพที่ 2.14 แสดงการวัดสภาวะน่าสบาย ด้วยวิธี PMV[22]

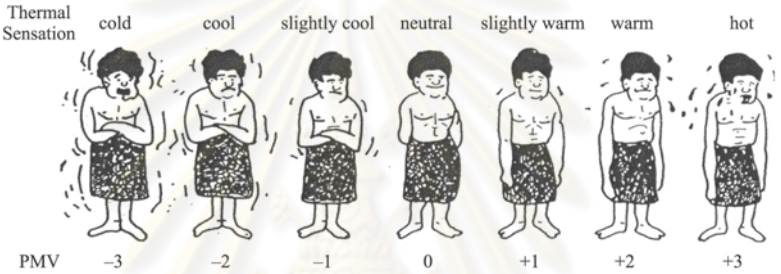
---

[20] Olgyay, V. 1969. Design with Climate: Princeton University Press. New Jersey: Princeton.

[21] Givoni, B. 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: Van Nostrand Reinhold.

[22] Hogeschool Utrecht University of Applied Sciences, Faculty of Health Care, Research Centre for Innovation in Health Care, Bolognalaan 101, 3584 CJ Utrecht, the Netherlands (http://www.bioscience.org)

Fanger ได้นำกลุ่มตัวอย่างทุกเพศทุกวัยหลายเชื้อชาติจากที่ต่างๆทั่วโลก เป็นจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 3,000 คน มาทำการทดลองในห้องนี้ โดยปรับเปลี่ยนปัจจัยสภาวะน่าสบายทั้งสี่ และให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความรู้สึกสบายเป็นค่าระดับที่แตกต่างกัน 7 ระดับ คือ ตั้งแต่ -3 ถึง +3 โดยที่ -3 คือหนาวมาก +3 คือร้อนมาก และ 0 คือรู้สึกสบาย จากนั้นนำผลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทั้ง 6 ในรูปแบบของสมการที่เรียกว่า สมการถดถอยหลายตัวแปร (Multivariate Regression) โดยเรียกว่าสมการ PMV (Predicted Mean Vote) อีกทั้งยังสามารถคาดคะเนได้ค่าเปอร์เซนต์ที่คนรู้สึกว่าห้องนั้นไม่สบายเรียกว่าค่า PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) อีกทั้งยังพบอีกว่า ในสภาพที่ทุกคนรู้สึกสบาย (มีการโหวตให้ค่าที่ 0 มากที่สุด) จะมีคนอีก 5 เปอร์เซนต์ที่รู้สึกไม่สบาย ดังนั้นสภาวะน่าสบายคือสภาวะที่ไม่ใช่คนทั้งหมดหรือคนบางคนสบาย แต่จะเป็นสภาวะที่คนส่วนใหญ่สบาย



ภาพที่ 2.15 แสดงระดับของความรู้สึกในการวัดความน่าสบาย ด้วยวิธี PMV[23]

การคาดดะเนสภาวะน่าสบายของ Fanger ได้รับการรับรองจากวงการต่างๆทั่วโลก จนกระทั่งได้ถูกจัดเป็นมาตรฐานระดับ ISO แต่อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะใช้วิธีที่ละเอียดและน่าเชื่อถือมากเพียงใดก็ตาม ก็ยังมีข้อโต้แย้งข้อหนึ่งคือ ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างอาจไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งโลกได้ เนื่องจากมีเรื่องปัจจัยความเคยชินของสภาพอากาศของคนแต่ละเชื้อชาติในสภาพภูมิอากาศของประเทศนั้นๆ จึงมีการศึกษาในลักษณะของภาคสนามเกิดขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่มีอากาศร้อน เพราะมีข้อสมมุติฐานเกิดขึ้นว่า คนที่อาศัยอยู่ในภูมิกาศที่ร้อน จะมีผลการทดลองไม่เหมือนกับคนที่อาศัยอยู่ในสภาพภูมิอากาศที่เย็น เนื่องจากพวกเขาเหล่านั้นมีการปรับตัวจนเกิดความเคยชินในสภาพอากาศนั้นๆแล้ว

สำหรับในประเทศไทยมีนักวิจัยจากประเทศสหรัฐอเมริกา ชื่อ J Busch ได้มาทำการศึกษาทดลองกับกลุ่มประชากรที่เป็นคนไทย และมีการทดลองในลักษณะที่เป็นการสัมภาษณ์ในสถานการณ์จริง ผลที่ได้พบว่าสภาวะน่าสบายของคนไทยไม่ได้แตกต่างจากที่ Fanger เสนอไว้ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ลักษณะที่แตกต่างคือสภาวะน่าสบายของคนไทยมีช่วงที่กว้างกว่า คือคนไทยจะสามารถทนกับสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปได้มากกว่า นอกจากนี้ผลที่ได้จากคนที่อาศัยอยู่ในสภาพที่ปรับอากาศเป็นประจำ จะทนกับสภาพอุณหภูมิที่ต่ำได้มากกว่าคนที่อาศัยอยู่ในสภาพที่ไม่ปรับอากาศ จากเหตุการณ์นี้อาจสามารถอธิบายได้ว่า มีความแตกต่างจากปัจจัยในเรื่องของเครื่องแต่งกาย นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านความเคยชิน และความคาดหวังก็มีผลมากต่อสภาวะน่าสบาย ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

---

[23] ที่มา: http://www.emeraldinsight.com/journals.htm

2.2.6 ความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย

จากการศึกษาเรื่องสภาวะน่าสบาย สมาคมวิศวกรรมด้านการทำความร้อน ความเย็นและการปรับอากาศ (ASHRAE, 2001) ได้กำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนเขตร้อน-ชื้น ไว้ที่อุณหภูมิอากาศ 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธิ์ร้อยละ 60 – 90 ความเร็วลมตั้งแต่ 0.1 – 1.68 เมตรต่อวินาที และไม่ควรเพิ่มความเร็วลมขึ้น เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส ในขณะที่ เลชเนอร์ (Lechner, Norbert, 2001) พบว่าขอบเขตน่าสบายของคนในภูมิภาคเขตร้อนชื้นอยู่ที่อุณหภูมิอากาศ 28 - 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธิ์ร้อยละ 25 – 80 และความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นถึง 1.0 เมตรต่อวินาที ทำให้รู้สึกว่าอุณหภูมิอากาศลดลง 3.3 องศาเซลเซียส ในส่วนขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนไทย เคดารี และคณะ (Khedari, J.and others, 2000) ได้ทำการทดลองกับนักศึกษาอายุเฉลี่ยประมาณ 21 ปี แบ่งออกเป็นเพศชาย 183 คน และเพศหญิง 105 คน โดยสวมเสื้อผ้าปกติที่มีค่าความต้านทานเฉลี่ย 0.55 clo (1 clo = 0.155 m^2 C/W) และทำกิจกรรมนั่งทำงาน เขียนและอ่านหนังสือ ซึ่งมีค่าระดับกิจกรรมอยู่ที่ 0.1 met (58.2 W/m^2) ภายในห้องทดลองที่เป็นระบบระบายอากาศธรรมชาติ ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2540 – สิงหาคม 2541 ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27-36.3 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธิ์อากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 50-80 โดยนักศึกษารู้สึกสบายมากขึ้น เมื่อมีการเพิ่มความเร็วลมอยู่ที่ความเร็ว 0.2-3.0 เมตรต่อวินาทีซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเลชเนอร์ (Lechner, Norbert, 2001)

ตารางที่ 2.4 แสดงความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น กับความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง[24]

ความเร็วลม (m/s)	**ช่วงอุณหภูมิในขอบเขตสภาวะน่าสบาย** (°C)
0.2	27.0 -29.5
0.5	28.5 – 30.8
1.0	29.5 – 32.5
1.5	31.0 – 33.8
2.0	31.2 – 36.0
3.0	31.6 – 36.3

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบความเร็วลมกับผลของความรู้สึก[25]

ความเร็วลม (m/s)	**ผลของความรู้สึกที่ได้**
0.00 – 0.25	ลมสงบ ไม่รู้สึกถึงการสัมผัสของลม
0.25 – 0.50	ไม่มีการรับรู้การสัมผัส แต่รู้สึกถึงความสบาย
0.50 - 1.00	รู้สึกสบาย และการสัมผัสของลม
1.00 – 1.50	รู้สึกถึงลมปะทะหน้าจนรบกวนเล็กน้อย
มากกว่า 1.50	รบกวนการทำงาน

[24] Kendari, J. and others. 2000. Thailand Ventilation Comfort Chart. Energy and Building, pp. 245-249.

[25] Olgyay, V. 1969. Design with Climate: Princeton University Press. New Jersey: Princeton.

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน และการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

2.3.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

2.3.1.1 ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics)

อุณหพลศาสตร์ หมายถึง ศาสตร์ของพลังงาน(Science of Energy) ซึ่งคำว่าพลังงาน หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนแปลง (Ability to Cause Changes) ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ประกอบด้วยกฎ 4 ข้อ คือ

- กฎข้อที่ 1 (1st Law of Thermodynamics)

พลังงานจะเพียงแค่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูป แต่พลังงานจะไม่มีการสูญหาย

- กฎข้อที่ 2 (2nd Law of Thermodynamics)

พลังงานจะถ่ายเทจากสิ่งหรือบริเวณที่มีค่าพลังงานสูงกว่า ไปสู่สิ่งหรือบริเวณที่มีค่าพลังงานต่ำกว่า

- กฎข้อที่ 0 (The Zeroth Law of Thermodynamics)

ว่าด้วยความสมดุลของพลังงาน กล่าวคือ ถ้านำวัตถุสองชิ้นที่มีอุณหภูมิไม่เท่ากันมาวางด้วยกัน วัตถุทั้งสองจะถ่ายเทพลังงานกัน จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากัน

การคงอยู่ของพลังงานในระบบระบบหนึ่ง จะพบพลังงานได้ 2 รูปแบบ คือ พลังงานศักย์ (Static) และพลังงานจลน์ (Dynamic) พลังงานศักย์ (Static) คือพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในระบบ ส่วนพลังงานจลน์ (Dynamic) คือพลังงานที่มีการเคลื่อนย้ายเข้าและออกจากระบบอยู่เสมอ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด การเพิ่มขึ้นของพลังงาน (Energy Gain) และการสูญเสียพลังงาน (Energy Loss)

อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) แบ่งพลังงานจลน์ (Dynamic) ได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความร้อน (Heat) และงาน (Work) โดยที่ ความร้อน คือพลังงานจลน์ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นแรงผลักดันให้เกิดการเคลื่อนย้าย ซึ่งมักจะเรียกว่า Heat Transfer ส่วนงานก็คือพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปแบบหนึ่ง ที่พบได้ในเครื่องจักรกลทั่วไป รวมไปถึงร่างกายของเรา โดยจะมีการบริโภคเชื้อเพลิงหรืออาหารเข้าไปแล้วเกิดเป็นพลังงานความร้อนและเก็บสะสมไว้ในรูปของพลังงานศักย์

ความร้อน (Heat) และงาน (Work) จะมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา โดยเฉพาะในกระบวนการของเครื่องจักรกล อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทพลังงานภายในอาคารโดยตรงก็คือ เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioners – A/C) คำจำกัดความและนิยามที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำความเย็นด้วยเครื่องปรับอากาศที่จำเป็นต้องทราบ มีดังนี้

- ความดัน (Pressure) คือแรงที่กระทำบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยจะหมายถึงแรงที่กระทำบนของไหล เช่น น้ำ หรืออากาศ โดยที่ความดันจะเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากน้ำหนักของของไหลที่อยู่ด้านบน หน่วยของความดัน คือ แรงต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งก็คือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) และ 1 N/m^2 = 1 Pascal

- กำลัง (Power) คือ พลังงาน (ทั้งงานและความร้อน) ที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยคือ จูลต่อวินาที (J/s) หรือวัตต์ (Watt)

- การใช้พลังงาน (Energy Consumption) คือการบริโภคเชื้อเพลิงของเครื่องจักรกลต่างๆ มีค่าเท่ากับ กำลังของเครื่องจักร (Power) คูณกับระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน จากสมการ E = P x Time มีหน่วยเป็น วัตต์ – ชั่วโมง หรือกิโลวัตต์ – ชั่วโมง (kWh) สำหรับในอาคาร การใช้พลังงานไฟฟ้าจะนิยมใช้หน่วยเป็น กิโลวัตต์ – ชั่วโมง (kWh) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า หน่วย (Unit)

- ตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) คือ อุปกรณ์หรือสิ่งที่ทำหน้าที่จัดส่งความร้อนจากแหล่งตัวนำความร้อนหนึ่ง ไปยังอีกตัวหนึ่ง สำหรับในเครื่องปรับอากาศ จะคืออุปกรณ์ที่เรียกว่า คอยล์ร้อนและคอยล์เย็น สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ที่ใช้แบบระบบแยกส่วน (Split Type) ตัวคอยล์เย็นจะทำหน้าที่รับความร้อนจากภายในอาคาร แล้วส่งต่อให้ตัวคอยล์ร้อนนำไปทิ้งภายนอกอาคาร

2.3.1.2 **คุณสมบัติทางกายภาพทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร (Thermophysical Properties of Building Materials)**

กระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

จะพูดถึงกลไลการถ่ายเทความร้อนในจุดเล็กๆที่อยู่ภายใต้ ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) นั่นหมายถึงการถ่ายเทความร้อนจะอยู่ภายใต้กฎทั้งสามข้อที่กล่าวไปแล้ว ในหัวข้อข้างต้นด้วย นั่นคือ 1) การถ่ายเทความร้อนต้องอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นตัวผลักดัน และ 2) ความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นใน 4 ลักษณะ ดังนี้

1) การนำความร้อน (Conduction)

2) การพาความร้อน (Convection)

3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

4) การเปลี่ยนสถานะของสสาร (Phase Change)

ในเบื้องต้นจะอธิบายถึงลักษณะของการถ่ายเทความร้อนในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1) การนำความร้อน (Conduction)

เป็นกลไกการถ่ายเทความร้อนภายในชิ้นวัตถุเอง หรือการถ่ายเทระหว่างวัตถุสองชิ้นที่นำมาวางติดกัน การถ่ายเทความร้อนจะถ่ายเทผ่านวัสดุจากโมเลกุลที่ร้อนกว่า(อุณหภูมิสูงกว่า) ไปยังโมเลกุลที่เย็นกว่า(อุณหภูมิต่ำกว่า) ในอนุภาคที่ติดกัน

2) การพาความร้อน (Convection)

เป็นกลไกการถ่ายเทพลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของแข็ง (Solid) และโมเลกุลของของไหล (Fluid) คือการที่ของแหลวหรือก๊าซ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปจากผิวของวัตถุ ซึ่งถ้าวัตถุมีอุณหภูมิสูงกว่าของไหลที่พัดผ่าน ความร้อนจากวัตถุก็จะถูกพาไป แต่ถ้าของไหลมีอณหภูมิสูงกว่าวัตถุ จะเกิดการพาความร้อนจากโมเลกุลของของไหลไปสู่ผิวของวัตถุ แต่ในกรณีที่ของไหลเคลื่อนที่ช้ามากจนเกือบหยุดนิ่งจะเกิดการนำความร้อนระหว่างวัตถุกับของไหลเพียงอยากเดียว ดังนั้นอัตราการพาความร้อนจะขึ้นกับความเร็วของของไหลที่พัดผ่าน และผลต่างของอุณหภูมิ

3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นกลไกการถ่ายเทพลังงานของวัตถุ โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) หรือ Photons อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของอะตอม หรือโมเลกุล วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273°C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี การแผ่รังสีความร้อน จะแผ่จากพื้นผิวที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ลักษณะการกระจายของรังสีจะพุ่งออกจากผิวในทุกทิศทุกทาง การแผ่รังสีความร้อนจะแตกต่างจากการนำความร้อนและการพาความร้อนตรงที่ไม่มีตัวกลาง และการเดินของพลังงานจะรวดเร็วมาก (เร็วเท่ากับความเร็วแสง) การที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางทำให้เกิดการแผ่รังสีได้ แม้แต่อยู่ในสูญญากาศ ดังตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก

4) การเปลี่ยนสถานะของสสาร (Phase Change)

เป็นกลไกการถ่ายเความร้อน ที่มีทั้งการดูดความร้อน และการคายความร้อน ซึ่งจะเกิดได้สองกระบวนการ คือ การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และการเปลี่ยนแปลงสถานะจากไอกลายเป็นของเหลว

คุณสมบัติของวัตถุที่มีความทึบตัน (Opaque materials)

ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของอาคาร อุณหภูมิภายในอาคาร และสภาวะน่าสบายภายในอาคาร มีดังนี้

1) ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

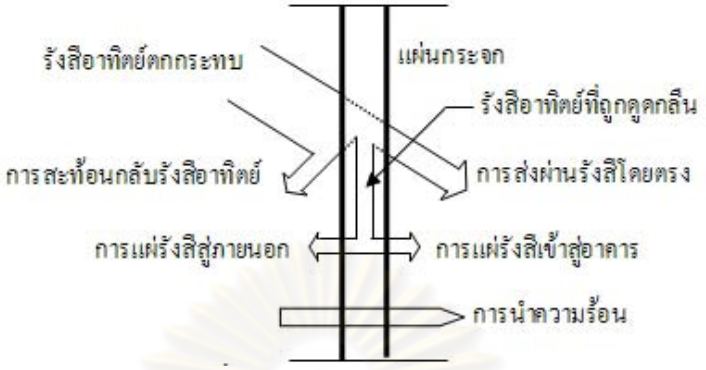
เป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัสดุที่บ่งบอกถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุทึบตันที่มีเนื้อเดียว ถูกกำหนดค่าเป็น k คือจำนวน British Thermal Units ต่อชั่วโมง (BTU/h) ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุขนาด 1 ตารางฟุตที่มีความหนา 1 นิ้ว เมื่อเกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพลังงานความร้อนผ่านวัสดุนี้ 1 องศาฟาเรนไฮท์ ภายใต้สภาพการถ่ายเทความร้อนคงที่ (Steady – state Conditions) หน่วยของค่า k คือ BTU/h ft $^{\circ}$F เทียบเท่ากับระบบเมตริกคือ W/m $^{\circ}$C

2) ค่าความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance)

เป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัตถุที่บ่งบอกถึง ประสิทธิภาพการเป็นฉนวนความร้อนของวัตถุทึบตันชนิดนั้นๆ ถูกกำหนดค่าที่เรียกว่า R ค่า R เป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน (Conductance) จะถูกวัดในจำนวนชั่วโมงที่ต้องการสำหรับความร้อน 1 BTU ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่ง เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 $^{\circ}$F หน่วยของ R คือ h ft^2 $^{\circ}$F/BTU ในระบบเมตริก คือ m^2 $^{\circ}$C/W ยิ่งวัสดุมีค่า R มากเท่าไร ประสิทธิภาพในความเป็นฉนวนก็จะมีมากเท่านั้น

3) คุณสมบัติของพื้นผิววัสดุที่เกี่ยวกับการแผ่รังสี

พฤติกรรมการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนของพื้นผิวภายนอกอาคารของวัสดุทึบตัน มี 3 แบบ ได้แก่ การดูดกลืนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface absorptivity) การสะท้อนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface Reflectivity) และการคายรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface Emissivity) เมื่อรังสีความร้อนกระทบพื้นผิววัสดุ บางส่วนจะถูกดูดกลืน และบางส่วนจะถูกสะท้อนออกจากวัสดุในอัตราส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ลักษณะทางกายภาพทางเคมีของวัสดุ และความยาวของคลื่นรังสีที่ตกกระทบ โดยผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ของทั้งการดูดกลืนและการคายรังสีจะเท่ากับ 1 เสมอ



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (กระจก)[26]

ค่าการคายรังสี คือความสามารถของวัสดุและพื้นผิวของวัสดุ ที่จะแผ่หรือปล่อยพลังงานออกมา พื้นผิวที่หยาบจะคายรังสีออกมาได้ดีกว่าวัสดุผิวเรียบและเป็นมัน ค่าการดูดกลืนรังสี คือ ค่าความสามารถของวัสดุและพื้นผิวที่จะดูดกลืนความร้อน ส่วนค่าการสะท้อนรังสีของพื้นผิว จะสะท้อนได้ดีในผิวที่มีความหนาแน่นและเรียบ และจะสะท้อนในผิวที่มีสีอ่อนได้ดีกว่าผิวที่มีสีเข้ม (ผิวสีเข้มจะดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีกว่า)

4) **ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่พื้นผิวของวัสดุ** (Surface Convection Coefficient)

การถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุด้วยการพาความร้อน ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิที่พื้นผิวกับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ และตำแหน่งทิศทางของพื้นผิวนั้นๆ การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเนื่องจากอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นละอากาศเย็นลอยตัวต่ำลง พื้นผิวทางตั้งที่ส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศในลักษณะนี้จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รวดเร็วกว่าพื้นผิวเดียวกันที่วางทางนอน นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่พื้นผิวของวัสดุ ยังขึ้นกับความเร็วลมที่อยู่ใกล้กับพื้นผิวนั้นๆอีกด้วย

5) **ความจุความร้อน** (Heat Capacity)

ค่าความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร หรือพื้นผิวหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา มีหน่วยเป็น Kcal/m^2 ° C ถูกกำหนดค่าที่เรียกว่า C ค่าความจุความร้อนขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ และค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้นๆ จะเห็นว่าค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารใดๆจะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นค่าความจุความร้อนจะขึ้นอยู่กับมวลหรือความหน่าแน่นของวัตถุแต่ละชนิดเป็นหลัก

[26]ที่มา: http://konseo.com

2.3.1.3 **กระบวนการทำงานของระบบปรับอากาศ** (Air Conditioning System)

ระบบปรับอากาศ เป็นส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดในการใช้พลังงานทั้งหมดภายในอาคาร ซึ่งในสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย ระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 60% [27] ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ในระบบปรับอากาศ จะใช้สารทำความเย็น ซึ่งหมายถึงสารระเหยที่ถูกเพิ่มความดันไอ (Vapor – Compression Refrigeration) สารที่นิยมใช้คือสารจำพวก ฟรีออน (ที่มักถูกเรียกว่าน้ำยาแอร์) สารทำความเย็นนี้จะช่วยในการดูดความร้อนจากภายในห้องไปทิ้งที่ภายนอกห้อง โดยใช้ตัวอัดความดันไอ (Compressor) หรือที่นิยมเรียกกันว่า คอมเพรสเซอร์ ในการขับเคลื่อนสารทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ห้องมีอุณหภูมิเย็นกว่าภายนอกห้อง และทำให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารรู้สึกสบาย

ความรู้สึกสบายของคนเราขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น อัตราการทำปฏิกิริยาเคมีในร่างกายซึ่งจะทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปกติร่างกายจะมีอุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส[28] เมื่อนั่งทำงานจะให้ความร้อนในรูปความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงประมาณ 176 W ถ้าพลังงานนี้ไม่สามารถถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราจะรู้สึกไม่สบาย โดยทั่วไปคนไทยที่สวมเครื่องแต่งกายปกติ จะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55% และความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที แต่ในบรรยากาศภายนอกมีสภาวะแปรเปลี่ยนตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องอยู่ในห้องที่สามารถปรับสภาวะอากาศได้

2.3.2 **ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร**

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร มีเหตุอันเนื่องมาจากการต้องการอยู่อย่างสบายของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร จึงต้องมีการปรับสภาวะภายในที่เกิดการการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกสู่ภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย จะพบได้ 2 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1 **ปัจจัยเชิงกายภาพ** ได้แก่ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ดังนี้

2.3.2.1.1 **ปัจจัยภายนอก**

หมายถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่ภายนอกอาคาร ที่ส่งผลต่อตัวอาคารและสภาวะภายในประกอบด้วย 7 ปัจจัย ดังนี้

1) **อุณหภูมิอากาศ**

เป็นมาตรวัดความน่าสบายขั้นพื้นฐาน

2) **ปริมาณความชื้น**

ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ สามารถวัดออกมาใน 2 รูปแบบ คือ

- Absolute humidity

---

[27] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. ระบบปรับอากาศ. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2553. จาก http://www2.dede.go.th.

[28] เรื่องเดียวกัน.

ปริมาณของน้ำในอากาศโดยคิดจากอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศ (ปอนด์)

- Relative humidity

อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำอิ่มตัวปริมาณสัดส่วนสูงสุดของไอน้ำที่สามารถคงอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ก่อนจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จะถือว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100 เปอร์เซนต์

ความชื้นมีผลกระทบต่อความน่าสบายโดยตรง เนื่องจากความชื้นในอากาศมีผลต่อความร้อนหนาว ความชื้นที่สูงมากๆจะทำให้รู้สึกไม่สบายตัว และเป็นเหตุที่ก่อให้เกิดเชื้อราได้ง่ายอีกด้วย

3) **ปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์**

มีผลกระทบกับอาคารอยู่ 2 ประการ คือ พลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ตั้ง และทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง รังสีที่กระจายจากท้องฟ้าที่สะท้อนจากเมฆและฝุ่นละอองในอากาศ และรังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียง

4) **ปริมาณ ทิศทาง และความเร็วลม**

ข้อมูลที่สามารถนำมาช่วยในการออกแบบ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย ได้แก่ ทิศทางของกระแสลมที่เกิดขึ้น ความเร็วและความถี่ในการพัดผ่าน

5) **ลักษณะรูปร่างที่ตั้งโครงการ**

ลักษณะรูปร่างที่ตั้งโครงการมีผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของที่ตั้งจากระดับน้ำทะเล และมีผลต่อการเคลื่อนตัวของอากาศที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน หรือเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงของของลมท้องถิ่นนั่นเอง

6) **ต้นไม้และพืชพันธุ์ต่าง ๆ**

ต้นไม้และพืชพันธุ์มีส่วนช่วยลดอุณหภูมิโดยการดูดซึมปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวอาคารเนื่องจากการบังเงา มวลของต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางของกระแสลม ลดและเพิ่มความเร็วของลมได้

7) **แหล่งน้ำ**

แหล่งน้ำสามารถทำให้สิ่งที่อยู่โดยรองมีอุณหภูมิลดลง และช่วยลดการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่สูงขึ้นและต่ำลง ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Evaporative Cooling

2.3.2.1.1 **ปัจจัยภายใน**

ซึ่งหมายถึงกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคารและระบบอาคาร ได้แก่ ระบบเปลือกอาคาร ระบบโครงสร้าง ระบบเครื่องกล เป็นต้น ในการออกแบบจึงต้องมีการเลือกใช้และประสานทุกระบบอย่างลงตัวและเหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและน้อยที่สุด

2.3.2.2 **ปัจจัยเชิงเศรษฐศาสตร์**

คือ การศึกษาเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงอาคารในแต่ละแนวทางเลือก ประกอบกับความเหมาะสมในการลงทุน เพื่อนำไปสู่การพิจารณาทางเลือกให้ก่อเกิดผลประโยชน์สูงสุด โดยจะทำการศึกษาในเรื่องของกระแสเงิน และระยะเวลาการคืนทุน

2.3.3 **การออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ**

งานสถาปัตยกรรมที่ดี สถาปนิกจะพยายามให้มีระบบปรับอากาศติดตั้งในอาคารให้น้อยที่สุด สถาปนิกจะต้องออกแบบตามสภาพธรรมชาติแวดล้อม ให้ได้ผลดีที่สุดเสียก่อนที่จะพิจารณาติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นสถาปัตยกรรมที่ดี จึงมีการเตรียมการออกแบบให้อาคารสามารถควบคุมภูมิอากาศให้ได้ผลสูงสุดเสียก่อน(Passive design) เป็นอันดับแรก ส่วนที่เหลือจึงนำเอาระบบทางวิทยาศาสตร์ หรือระบบเครื่องกล (Active system) เข้าช่วย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด สำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่มีลักษณะของความร้อนและความชื้นสูงมาก จากการศึกษาของ ดร.สุนทร บุญญาธิการ พบว่า “ลักษณะเฉพาะถิ่นที่สำคัญในการออกแบบที่พักอาศัยในภูมิภาคแบบร้อนชื้น คือ

ฤดูร้อน มีลักษณะร้อนและมีความชื้นสูง การออกแบบที่เหมาะสม ต้องสามารถป้องกันความร้อนและทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกเย็นสบาย ด้วยระบบธรรมชาติและระบบเครื่องกลอย่างเหมาะสม

ฤดูฝน มีลักษณะฝนตกหนักมาก และความชื้นสูงมาก ที่อยู่อาศัยจำเป็นจะต้องสามารถป้องกันความชื้นได้เป็นอย่างดี การใช้ระบบธรรมชาติอาจไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องใช้ระบบเครื่องกลเข้ามาช่วย เช่น ระบบDehumidifierซึ่งในที่นี้คือเครื่องปรับอากาศ เปลือกของอาคารจึงจำเป็นต้องป้องกันความชื้นได้เป็นอย่างดี

ฤดูหนาว มีลักษณะไม่หนาวมาก แต่มีความชื้นต่ำ ดังนั้นการออกแบบที่อยู่อาศัยจึงจำเป็นต้องสามารถปิดได้ ความคุมความร้อนและความชื้นได้เป็นอย่างดี เนื่องจากใช้ความร้อนและความชื้นจากผู้อยู่อาศัยและอุปกรณ์ภายในอาคารมาสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคาร โดยไม่จำเป็นต้องเสียพลังงานให้กับการทำความอบอุ่นให้กับผู้ใช้อาคาร

เมื่อทราบถึงลักษณะภูมิอากาศที่สำคัญของภูมิภาคแบบร้อนชื้นแล้ว การออกแบบซึ่งนำระบบเครื่องกลมาใช้นั้น ต้องสามารถออกแบบให้ระบบเครื่องกลเหล่านั้นใช้พลังงานให้น้อยที่สุด และมีราคาไม่แพง จึงจะเหมาะสมกับการนำมาใช้อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้ที่อยู่อาศัยนั้น เป็นนวัตกรรมที่อยู่อาศัยยุคอนาคตอย่างแท้จริง”

ดังนั้นลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ จะต้องลดความรุนแรงจากผลกระทบของสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร อันได้แก่ ความร้อน และความชื้นให้ได้มากที่สุด ซึ่งมีแนวคิดและวิธีการต่างๆ ดังนี้

1) การระบายความร้อนด้วยการไหลเวียนของอากาศ
2) การทำความเย็นด้วยการแผ่รังสี
3) การทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ
4) การใช้ความเย็นจากดิน

งานวิจัยนี้ จะศึกษาเฉพาะแนวคิดในเรื่องของ การระบายความร้อนด้วยการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบายความร้อนด้วยการไหลเวียนของอากาศ

การทำความเย็นวิธีนี้ เป็นการสร้างความรู้สึกเหมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง ทั้งนี้เนื่องจากการเร่งอัตราการระเหยโดยอาศัยความเร็วลม การพิจารณาการเลือกใช้จึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและความชื้นของกระแสลมที่พัดผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร เพื่อที่จะไม่เป็นการเพิ่มความร้อนและความชื้น การออกแบบอาคารจึงต้องพิจารณาถึงตัวแปรของสภาพแวดล้อมอาคาร อันได้แก่ ลักษณะการกีดขวางของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม การเพิ่มความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมที่กระแสลมพัดผ่าน และการออกแบบอาคารที่มีผลต่อการไหลผ่านของกระแสลม

1) **ลักษณะการกีดขวางของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม**

วัตถุประสงค์ในการพิจารณาก็เพื่อใช้ประโยชน์ จากสภาพแวดล้อมในการส่งเสริมหรือป้องกันกระแสลมที่มาจากทิศทางต่างๆ ในอีกทางหนึ่งก็สามารถพิจารณาว่าเป็นอุปสรรคในการไหลเวียนของลมได้อีกด้วย ในกรณีที่พื้นที่นั้นมาอัตราการไหลเวียนลมที่ต่ำ และจำเป็นต้องสร้างสิ่งที่จะมากีดขวางอันเนื่องจากการเสริมประโยชน์ในด้านอื่น เช่น การวางผังอาคารเป็นกลุ่ม ดังตัวอย่างอาคารประเภทบ้านจัดสรร หรืออาคารชุดพักอาศัย ที่ต้องการสร้างพื้นที่ขายให้ได้มากที่สุด ในพื้นที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัด เป็นต้น

2) **การลดความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมที่กระแสลมพัดผ่าน**

วัตถุประสงค์ในการพิจารณาก็เพื่อใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อม ในการสร้างความเย็นและเพิ่มความชื้น หรือป้องกันกระแสลมที่นำเอาความร้อนและความชื้นที่เกินความต้องการ

3) **การออกแบบอาคารที่มีผลต่อการไหลของกระแสลม**

การเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าแทนที่อากาศภายในนั้น ถ้าอากาศภายนอกที่จะเข้าไปมีอุณหภูมิที่เย็นกว่า ก็จะเป็นตัวกลางนำความเย็นเข้าสู่อาคารได้ ลักษณะการนำเอาความเย็นภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารดังที่กล่าวมานี้จะใช้ในเขตอากาศเย็นได้เป็นอย่างดี เพราะเมื่อภายในห้องมีอุณหภูมิและความชื้นสูง เมื่อมีอากาศเย็นจากภายนอกเข้ามาแทนที่ก็จะสร้างความสบายขึ้นได้ แม้กระทั่งในเขตอากาศร้อนที่อากาศภายนอกไม่เย็นกว่าภายในมากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศภายในอาคารแล้ว อากาศภายนอกก็ยังเย็นกว่าภายในอาคาร เพราะอาคารยังจะมีแหล่งที่ก่อให้เกิดความร้อนมากกว่าภายนอกเสมอ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยจากอาคารกรณีศึกษา โดยทำการสำรวจ เก็บข้อมูลทั้งสภาพอากาศและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายทางด้านการระบายอากาศของอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งควบคุมปัจจัยต่างๆให้เป็นไปตามสภาพจริงเพื่อประเมินสภาวะน่าสบายในอาคารชุดพักอาศัยให้ถูกต้องตามมาตรฐาน จากนั้นจึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษาวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลอาคารตัวอย่างมาสร้างแบบอาคารจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอาคารต้นแบบ และอาคารที่ปรับปรุงในแนวทางต่างๆ พร้อมกับสรุปเป็นแนวทางที่เหมาะสม จากนั้นนำแนวทางที่ได้มาหาประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานของอาคาร ขั้นตอนรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 การกำหนดอาคารกรณีศึกษา

3.1.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

3.1.3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

3.1.3.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร

3.1.3.3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

3.1.4 จำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล (CFD)

3.1.5 การวิเคราะห์ผลการจำลองอาคารกรณีศึกษา

3.1.6 การเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา พร้อมทั้งจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล (CFD)

3.1.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินแต่ละแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร

3.1.8 สรุปแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

3.1.9 ประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของแนวทางการออกแบบที่นำเสนอ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล CFD

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร VISUAL DOE 4.1

3.3 ผลการศึกษาวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปอาคารกรณีศึกษา

3.3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

3.3.2.1 สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร

3.3.2.2 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

3.3.2.3 ข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท

3.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร

3.3.4 ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

3.1 กำหนดการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงทฤษฎีและตัวอย่างงานวิจัย เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุงอาคาร อันประกอบไปด้วย เรื่องแรกคือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ ได้แก่ การระบายอากาศ (Ventilation) หลักการพื้นฐานในการระบายอากาศ หลักการทั่วไปของอากาศ ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร และลักษณะการไหลเวียนอากาศในประเทศไทย เรื่องที่สองคือสภาวะน่าสบาย ได้แก่ คำจำกัดความของคำว่า “สภาวะน่าสบาย” กลไกการทำงานของร่างกาย ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย ขอบเขตน่าสบาย (Comfort Zone) การหาขอบเขตน่าสบายของ Fanger (PMV; Predicted Mean Vote) และความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย เรื่องสุดท้ายคือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคาร ได้แก่ ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร แนวความคิดในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน และการออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ รวมไปถึงแนวทางการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด เพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายอากาศของอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย อันจะส่งผลให้การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีปริมาณน้อยลง

3.1.2 การกำหนดอาคารกรณีศึกษา

อาคารที่นำมาเป็นอาคารกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ คือโครงการชุดพักอาศัยบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44 มีเหตุผลในการเลือกนำมาเป็นอาคารกรณีศึกษา และที่มาและวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังนี้

เหตุผลในการเลือก

- เป็นอาคารชุดพักอาศัย
- เป็นตัวแทนของอาคารชุดพักอาศัยของทั่วประเทศ เนื่องจากเป็นโครงการของภาครัฐที่มีจุดประสงค์เพื่อให้ประชาชนรายได้ต่ำภายในประเทศมีที่อยู่อาศัยที่มั่นคง และราคาประหยัด อีกทั้งมีการออกแบบและนำไปก่อสร้างในปริมาณมาก
- ผู้อยู่อาศัยเป็นกลุ่มคนที่มีแนวโน้มในการใช้เครื่องปรับอากาศที่น้อย เนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าวัสดุอุปกรณ์ และค่าไฟฟ้า
- เป็นอาคารที่มีการวางผังที่เหมือนกันในทุกชั้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิจัย ในเรื่องของการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล
- โครงการที่พหลโยธิน 44 เป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของโครงการบ้านเอื้ออาทร มีจำนวนทั้งหมด 168 อาคาร รวมแล้ว 7,500 หน่วยที่พักอาศัย

ที่มาและวัตถุประสงค์ของโครงการ

พัฒนาการด้านที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเมืองเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ ทั้งยังเป็นเครื่องสะท้อนถึงความเป็นอยู่ของประชาชน รวมทั้งความเจริญของระบบเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าในการพัฒนาประเทศ ตลอดจนสวัสดิการสังคม และความมั่นคงของมนุษย์ รัฐบาลของประเทศต่างๆ จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่อยู่อาศัย รัฐบาลของไทยก็เช่นเดียวกัน

สำหรับโครงการบ้านเอื้ออาทร เป็นโครงการพัฒนาที่อยู่อาศัยตามนโยบายของรัฐบาล ที่มอบหมาย ให้การเคหะแห่งชาติเป็นผู้ดำเนินการจัดสร้าง ขณะที่มอบหมายให้ธนาคารอาคารสงเคราะห์ (ธอส.) และธนาคารออมสินเป็นผู้ให้สินเชื่อ โดยการจัดสร้างที่อยู่อาศัยตามโครงการนี้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับประชาชนผู้มีรายได้น้อยข้าราชการ และพนักงานหน่วยงานของรัฐชั้นผู้น้อยโดยไม่มุ่งหวังกำไร (Zero Profit) จำนวน 601,727 หน่วย ภายในระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2546 - 2550) วงเงินลงทุนรวมทั้งสิ้น 273,209.125ล้านบาท มีเป้าหมายการดำเนินงานครอบคลุมพื้นที่ในเขตเมืองทั่วประเทศโดยดำเนินการในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ร้อยละ 70 เมืองหลักและเมืองรองในภูมิภาคร้อยละ 30 ทั้งนี้ ประชาชนกลุ่มเป้าหมายได้แก่ ผู้ที่มีรายได้ครัวเรือนไม่เกิน 15,000 บาทต่อเดือน ณ ปี 2546 - 2547 ไม่เกิน 17,500 บาทต่อเดือน ณ ปี 2548 ไม่เกิน 22,000 บาทต่อเดือนณ ปี 2549 - 2550 ไม่เกิน 30,000 บาทต่อเดือน ณ ปี 2551 และไม่เกิน 40,000 บาทต่อเดือน[1] ตั้งแต่ปี 2552 จนถึงปัจจุบัน

บ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ นับเป็นโอกาสของผู้มีรายได้น้อย ที่จะมีบ้านอยู่อาศัยเป็นของตนเองในชุมชนที่ดี มีความสะดวกสบาย ซึ่งผู้ซื้อนอกจากจะได้บ้านที่มีความมั่นคง แข็งแรงได้มาตรฐาน แล้วยังได้ที่ดินเป็นของตนเอง

จะเห็นได้ว่าโครงการบ้านเอื้ออาทรเป็นโครงการที่มีการก่อสร้างจำนวนมาก และอีกทั้งยังเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจน เนื่องจากผู้มีรายได้น้อย เป็นกลุ่มที่มีการใช้จ่ายเงินอย่างประหยัด จึงมีแนวโน้มในการเปิดเครื่องปรับอากาศน้อย เพราะจะลดรายจ่ายในเรื่องค่าไฟฟ้า จึงควรมีการออกแบบให้อาคารมีสภาวะที่เหมาะแก่การอยู่อาศัย

ภาพที่ 3.1 โครงการบ้านเอื้ออาทร ประเภทอาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น

[1] ธนาคารอาคารสงเคราะห์. 2553. สถานการณ์โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ. วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์: กรุงเทพ. หน้า 29-32.

3.1.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากก่อนที่จะเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคาร ควรจะทราบถึงลักษณะดั้งเดิมของอาคาร เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพ ข้อมูลการใช้งานของอาคาร และสภาพแวดล้อมโดยรอบ จากนั้นจึงสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพอาคารจริงมากที่สุด

3.1.3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

เป็นการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับอาคาร เพื่อให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร ลักษณะทางกายภาพของอาคาร และข้อมูลการใช้งานของอาคาร

3.1.3.1.1 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร มีรายละเอียดดังนี้

- ศึกษาทิศทางการวางตัวของกลุ่มอาคาร
- ลักษณะการจัดเรียงตัวของกลุ่มอาคารภายในโครงการ เพื่อให้ทราบถึงระบบการจัดผังของโครงการ การวางตัวของอาคาร ระยะห่างของอาคารแต่ละหลัง และความกว้างของถนนภายในโครงการ
- ศึกษาในเรื่องของสภาพโดยรวมของอาคาร อาคารข้างเคียง และพืชพันธุ์ที่มีอยู่ในโครงการ ในเรื่องของขนาด จำนวน และตำแหน่งของพืชพันธุ์

3.1.3.1.2 การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร มีรายละเอียดดังนี้

- การแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ขนาด ตำแหน่ง การจัดเรียงตัว และลักษณะการใช้งานของอาคาร
- ศึกษาลักษณะการจัดวางอาคาร ศึกษาลักษณะของรูปด้านอาคาร และความสูงของอาคาร
- ศึกษาสัดส่วนของช่องเปิดของอาคารต่อผนังทึบในแต่ละทิศ
- ศึกษาตำแหน่ง และขนาดของช่องเปิด
- ศึกษาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เก็บรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างอาคาร วัสดุตกแต่งและโครงสร้างอาคาร ในเรื่องของค่าคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ค่าการถ่ายเทความร้อน ค่าความสามารถการดูดกลืนความร้อน ค่าการกระจายความร้อน และค่าการหน่วยเหนี่ยวความร้อน

3.1.3.1.3 การเก็บข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท

การเก็บข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท มีรายละเอียดดังนี้

- จำแนกประเภทการใช้งานในแต่ละพื้นที่ในอาคาร และศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อาคาร

- ศึกษาข้อมูลการใช้งานอาคารในแต่ละช่วงเวลา ของผู้ใช้งานอาคารแต่ละคน การปิดเปิดระบบแสงสว่าง และการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ จำแนกตามประเภทการใช้งานภายในอาคาร นำมาคิดเป็นสัดส่วนปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาเทียบกับการใช้งานสูงสุด

3.1.3.2 **ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร**

การระบายอากาศภายในอาคาร เป็นสิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งในการสร้างสภาวะน่าสบาย ดังนั้นการออกแบบปรับปรุงอาคารให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีขึ้น จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่เสริมสร้างให้เกิดการไหลเวียนลมภายในอาคารที่ดีขึ้นได้ ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลของลมผ่านอาคาร คือ ความกดอากาศรอบๆอาคาร (Pressure Distribution) ทิศทางของลมที่พัดเข้าสู่อาคาร, ขนาด, ตำแหน่ง, และรูปแบบของหน้าต่าง รวมทั้งการจัดแบ่ง Partitions ภายในอาคาร

1) **อาคารข้างเคียงที่มีผลต่อการไหลของลม**

อาคารข้างเคียง , ผนัง , กำแพง ,ต้นไม้ แวดล้อมล้วนมีผลต่อรูปแบบการพัดของลม รวมถึงจะต้องศึกษาอุณหภูมิของอากาศในฤดูนั้นๆด้วยว่าร้อนเกินไปหรือหนาวเกินกว่าที่จะนำมาใช้สร้างสภาวะน่าสบาย

2) **ทิศทางของลม**

ลมที่ปะทะผนังในแนวตั้งฉากจะสร้างความกดอากาศได้ดีที่สุด และก่อให้เกิดความเร็วลมที่ผ่านช่องหน้าต่างสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ดี ลมที่พัดเข้าอาคารในทิศทางเฉียงจะมีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดี ทั้งนี้เพราะลมที่มาแนวเฉียงจะสร้าง Turbulence ภายในห้องได้มาก ทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความเคลื่อนไหวของอากาศได้ทั่วถึงกันทั้งห้อง

3) **ตำแหน่งของหน้าต่าง**

ตำแหน่งของหน้าต่างที่ตรงกันข้ามกันและอยู่ในทิศทางเดียวกับลมจะก่อให้เกิด Cross Ventilation ซึ่งมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงที่สุด

4) **แผงกันแดดแนวตั้ง**

แผงกันแดดแนวตั้ง (Vertical Fin) นอกจากจะช่วยบังแดดให้หน้าต่างแล้ว หากจัดวางตำแหน่งอย่างถูกต้อง จะช่วยในการเบี่ยงเบนทิศทางของลมเพื่อช่วยในการระบายอากาศให้แก่อาคารที่มีช่วงหน้าต่างติดภายนอกด้านเดียว

5) **ขนาดและตำแหน่งของ Inlet และ Outlet**

โดยทั่วไปขนาดและตำแหน่งของ Inlet และ Outlet ควรจะเท่ากันเพื่อให้มีปริมาณลมพัดเข้าสู่ห้องได้มากที่สุด แต่หากว่าต้องมีช่องเปิดด้านใดด้านหนึ่งเล็กกว่าอีกด้านหนึ่ง ด้านที่เล็กควรจะเป็น Inlet เพราะ Inlet ที่เล็กกว่าจะช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในห้อง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อ สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ของมนุษย์

3.1.3.3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

เพื่อประกอบการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร และใช้ในการป้อนค่าให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.2.1 รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบเครื่องกลอื่นๆ

- จำนวนและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆที่มีการใช้งาน จำแนกตามการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

3.3.2.2 ข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในอาคาร

- คุณสมบัติด้านพลังงานของวัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งอาจพิจารณาค่าการนำความร้อนของวัสดุต่างๆ เพื่อใช้ในการประกอบการคำนวณการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานลักษณะทางกายภาพของอาคาร

3.1.4 จำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ที่อาศัยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการจำลองการไหลเวียนของของไหล หรือที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ก็คือการไหลเวียนของอากาศภายในและภายในนอกอาคาร โปรแกรมที่เลือกใช้คือ โปรแกรมคำนวนพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร ที่มีผลมาจากการระบายอากาศ การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของอาคารกรณีศึกษา

การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษามีกระบวนการ 3 ขั้นตอนหลักคือ การใส่ค่าข้อมูล การจำลองสถานการณ์ด้วยการทำงานของโปรแกรม และการนำข้อมูลจากการจำลองมาเก็บรวบรวม ซึ่งกระบวนการทั้งหมดมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.4.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

คือ การกำหนดค่าตัวแปรที่อยู่ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในทุกกรณี

3.1.4.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ

จากศึกษาลักษณะการวางผังของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ อาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น โครงการบ้านเอื้ออาทร ที่พหลโยธิน 44 โดยการนำผังอาคารที่การเคหะแห่งชาติ เป็นผู้ออกแบบมาศึกษาและลดทอนรายละเอียดบางส่วน ให้อยู่ในรูปที่สามารถทำการจำลองในโปรแกรมได้

3.1.4.3 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การจำลองสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านสถาปัตยกรรม ศึกษาความเร็วลมและเส้นทางการเคลื่อนที่ภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ HEAT-X เป็นโปรแกรมหนึ่งในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล 2 และ 3 มิติ เพื่อนำผลความเร็วลมที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายภายในพื้นที่พักอาศัย การจำลองประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

- การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียงโดยรอบมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลม โดยการเขียนกรอบอาคารตามแบบผังอาคารที่ลดทอนรายละเอียดไว้ในขั้นตอนข้างต้น แล้วนำมาจัดวาง โดยการกำหนดค่าในโปรแกรม

- การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม จะเป็นลักษณะการใส่ค่าทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงประมวลผล

3.1.4.4 **การวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจำลอง**

เป็นการระบุตำแหน่ง และระดับของการวัดความเร็วลม ซึ่งจะต้องกำหนดระดับที่เท่ากัน ทั้งของความเร็วลมตั้งต้นภายนอกอาคาร และความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เพราะความเร็วลมจะแปรผังตามความกดอากาศ ซึ่งมีผลเกี่ยวเนื่องกับระดับความสูง

3.1.5 **การวิเคราะห์ผลการจำลองอาคารกรณีศึกษา**

จากข้อมูลผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ได้นำข้อมูลมาเก็ยรวบรวมไว้ในรูปของตาราง จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อให้ได้ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศ ได้แก่ ค่าความเร็วลมเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธ์การแปรผันของลม จากนั้นนำมาแสดงในรูปกราฟแท่งเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล การวิเคราะห์ผลจะพิจารณาในเรื่องของประสิทธิภาพการระบายอากาศเป็นหลัก เพื่อนำไปหาแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร การวิเคราะห์จะพิจารณาได้จากค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ไหลผ่านพื้นที่อาคารทั้งหมด โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม และพฤติกรรมการไหลเวียนของลม ในพื้นที่ห้องนอนและห้องนั่งเล่น

3.1.6 **การเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา พร้อมทั้งจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวนพลศาสตร์ของไหล** (CFD)

จากการทำการจำลองการระบายอากาศของอาคารกรณีศึกษา เสนอแนวทางในการออกแบบปรับปรุงอาคาร โดยการวิเคราะห์หาจุดดีและจุดบกพร่องของการออกแบบการวางผังอาคารกรณีศึกษาตั้นต้น พร้อมกับศึกษาหาวิธีการการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศทั้งจากทฤษฎีและการใช้งานจริง พร้อมทั้งวิเคราะห์ในแต่ละแนวทางด้วยการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการระบายอากาศในอาคารเมื่อปรับปรุงแล้ว

การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแนวทางการออกแบบ มีขั้นตอนที่คล้ายกับการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

3.1.6.1 **การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์** CFD

3.1.6.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

3.1.6.1.2 หุ่นจำลองอาคารที่เสนอเป็นแนวทางออกแบบ

3.1.6.1.3 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

3.1.6.2 ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

3.1.6.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

3.1.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินแต่ละแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร

การวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินแต่ละแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร สามารถทำได้โดยการนำผลการจำลองการระบายอากาศของรูปแบบการปรับปรุงอาคารแต่ละแบบ มาเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศระหว่างกัน และนำไปเปรียบเทียบกับอัตราการระบายอากาศของอาคารต้นแบบเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

3.1.8 สรุปแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

การสรุปแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา จากการประเมินผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำโดยคัดเลือกแนวทางที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงที่สุด เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยแสดงถึงค่าความเร็วลมที่ไม่มีปัจจัยทางด้านความเร็วลมภายนอกมาเกี่ยวข้อง จึงสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางที่มีการระบายอากาศภายในอาคารที่ดีที่สุดได้ ในงานวิจัยนี้สรุปโดยแบ่งเป็นสองแนวทางหลักคือ แนวทางที่ไม่มีการแก้ไขปรับปรุงผังอาคาร และแนวทางที่มีการแก้ไขปรับปรุงผังอาคาร

3.1.9 ประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของแนวทางการออกแบบที่นำเสนอ

งานสถาปัตยกรรมที่ดี สถาปนิกจะต้องออกแบบอาคารตามสภาพธรรมชาติแวดล้อมให้ได้ผลดีที่สุด ในการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารที่นำเอาระบบธรรมชาติในเรื่องของการระบายอากาศเข้ามาใช้ในการออกแบบ มีขั้นตอนดังนี้

3.1.9.1 การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร เป็นการหาว่าแนวทางการออกแบบแต่ละรูปแบบมีการระบายอากาศภายในอาคารที่สามารถทำให้สภาวะภายในอยู่ในช่วงของความสบายได้ มีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากจำนวนร้อยละความสบายใน 1 ปี

1) หลักการสภาวะน่าสบายที่นำมาใช้
2) การคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool
3) ผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4) สรุปผลเป็นจำนวนร้อยละความน่าสบายใน 1 ปี

3.1.9.2 การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารสามารถคำนวณได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 เนื่องจากมีความเที่ยงตรง เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยต่างๆ

1) การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 4.1

2) ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 4.1

3) วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 4.1

3.1.9.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

เป็นการวิเคราะห์โดยเทียบหาจากร้อยละความน่าสบายใน 1 ปีของช่วงวันที่เป็นตัวแทนในสามเดือนของทั้งช่วง 3 ฤดูคือหน้าร้อน หน้าฝน และหน้าหนาว ในแต่ละแนวทางการออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ จากนั้นนำมาเทียบกับการใช้พลังงานในระยะเวลา 1 ปีว่ามีสัดส่วนของระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย หรือช่วงที่ไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเท่าใด ก็จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานในอาคารที่ลดลงต่อปีได้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ในเรื่องของการระบายอากาศธรรมชาติ โปรแกรมที่ใช้คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล CFD และการจำลองสภาพอาคารเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร โปรแกรมที่ใช้คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร VISUAL DOE 4.1 มีลักษณะดังนี้

3.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล CFD

การประเมินสภาพอาคาร เป็นการวิเคราะห์ผลจากอาคารจำลองในคอมพิวเตอร์ ด้วยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรม CFD ใช้การจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ การเคลื่อนที่ของลมตามค่าเฉลี่ยทิศทาง และความเร็วลมของกรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร การคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีความเหมาะสมกับงานออกแบบสถาปัตยกรรมมากกว่าการจำลองสภาพวิธีอื่นๆ ซึ่งพิจารณาได้จากตารางดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่างๆ[2]

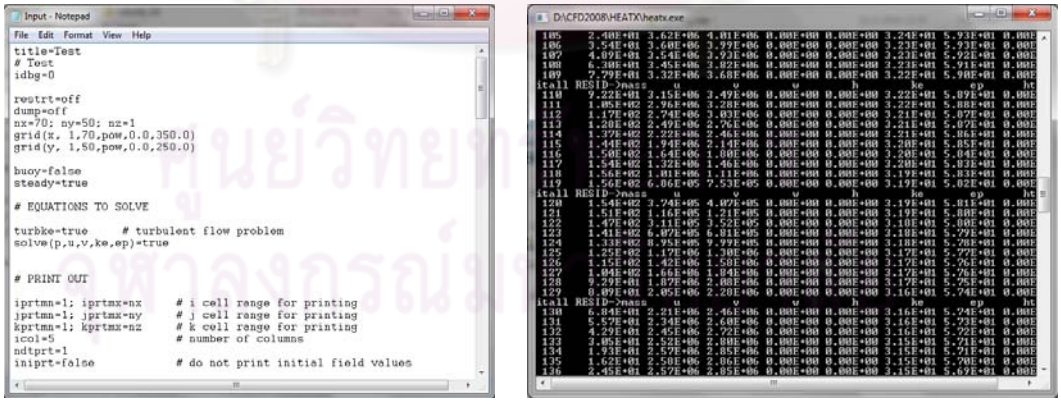
คุณสมบัติ	โต๊ะจำลองของไหล	อุโมงค์ลม	การคำนวณพลศาสตร์ของไหล
ความถูกต้องแม่นยำ	ต่ำ	สูง	สูง
ความครบถ้วนของข้อมูล	ต่ำ (เฉพาะรูปแบบการไหลในแบบสองมิติ)	ปานกลาง (ครบถ้วนยกเว้นอุณหภูมิและความเข้มข้นของก๊าซ)	ครบถ้วน
สร้างความเข้าใจต่อผลการจำลอง	ปานกลาง (ด้วยสีของของเหลวที่ผสมกับน้ำ)	ยาก (ด้วยควันที่ผสมกับอากาศและค่าที่วัดได้)	ง่าย (ด้วยกราฟฟิกสีและเวกเตอร์)

[2] เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. (2547). เครื่องช่วย (สลาย) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล. สรรค์สร้าง อาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ระยะเวลา	สั้น	นาน	ปานกลาง
ความต้องการความรู้พิเศษ	น้อย	ปานกลาง	มาก
ความเหมาะสมกับกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม	ขั้นต้น	ขั้นปลาย	ตั้งแต่ขั้นต้นถึงขั้นปลาย

การจำลองสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านสถาปัตยกรรม เพื่อศึกษาความเร็วลมและเส้นทางการเคลื่อนที่ภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ HEAT-X เป็นโปรแกรมหนึ่งในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล 2 และ 3 มิติ ในการวิจัยนี้เลือกแบบ 2 มิติ เนื่องด้วยขอบเขตของการศึกษาที่ศึกษาเฉพาะประสิทธิภาพการระบายอากาศของผังอาคาร ไม่ได้หมายรวมถึงในเรื่องของการไหลเวียนของอากาศทางแนวดิ่ง ประกอบกับวัตถุประสงค์การใช้งานเพื่อประเมินผลอาคารที่ออกแบบปรับปรุงให้มีแนวโน้มของสภาวะน่าสบายด้านการระบายอากาศในผังอาคารให้ดีขึ้นตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา เพื่อนำผลความเร็วลมที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายภายในพื้นที่พักอาศัย

หลักการทำงานโดยทั่วไปของการคำนวณพลศาสตร์ของไหล[3] (CHAM, 2002) สามารถสรุปได้ดังนี้ กล่าวคือปริมาตรต่างๆในที่ว่างที่ต้องการศึกษาจะแบ่งออกเป็นปริมาตรย่อยๆที่เรียกว่า เซลล์ (Cell) ในแต่ละเซลจะมีการคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเร็วอากาศในระนาบ x, y และ z ความดันอากาศ และค่าตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งแต่ละค่าตัวแปรที่ต้องการจะทราบในแต่ละเซลล์นั้น จะสร้างขึ้นเป็นสมการในโปรแกรม หลังจากนั้นโปรแกรมจะใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method) เพื่อแก้ระบบสมการเหล่านั้น จนได้ผลที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด



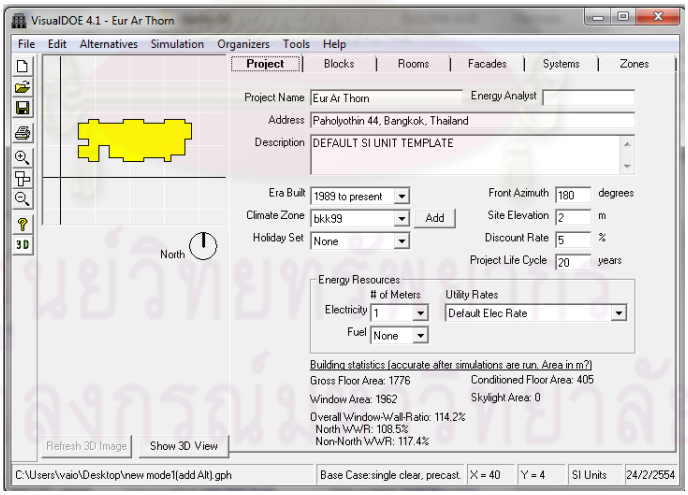
ภาพที่ 3.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการนำเข้าข้อมูล และการดำเนินการคำนวณของโปรแกรม

[3] เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. (2547). เครื่องช่วย (สลาย) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล. สรรค์สร้าง อาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร VISUAL DOE 4.1

การประเมินการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยปกติแล้วจะทำการประเมินในช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่สะดวกหากจะทำการคำนวณด้วยมือ จึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณขึ้นที่เรียกว่า โปรแกรม VISUAL DOE 2.0 งานวิจัยนี้จะประเมินการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยการวิเคราะห์ผลจากอาคารจำลองในคอมพิวเตอร์ ด้วยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.1 ใช้การจำลองสภาพและการใช้งานภายในอาคาร เพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งจะได้ผลออกมาเป็นปริมาณพลังงานในหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 เป็นโปรแกรมพื้นฐานเดียวกับโปรแกรม VISUAL DOE 2.0 ซึ่งมีการทดสอบ แก้ไขและปรับปรุงมาเป็นเวลากว่า 10 ปี ข้อแตกต่างมีเพียงลักษณะการใช้โปรแกรมเท่านั้น (Interface) ทำให้เป็นโปรแกรมที่มีความคงที่ของข้อมูล และผลการทดลองสูงมาก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1[4] เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิอากาศและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร สำหรับอาคารที่สร้างเสร็จที่ต้องการประเมินและทำการปรับปรุงอาคารเพื่อการสร้างสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้หลักการคำนวณการใช้พลังงานเป็นรายชั่วโมงต่อชั่วโมง ผลการประเมินจากคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถเห็นภาพรวมการใช้พลังงานภายในอาคาร ทราบถึงตัวแปรที่ทำให้เกิดภาระการปรับอากาศ การให้แสงสว่าง และการทำงานของระบบเครื่องกลในอาคาร ทำให้สามารถกำหนดแนวทางต่างๆในการออกแบบปรับปรุงอาคาร การประเมินศักยภาพการใช้พลังงานและสภาวะน่าสบายภายในอาคารของแนวทางดังกล่าวได้ก่อนทำการปรับปรุงอาคารจริง



ภาพที่ 3.3 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการนำเข้าข้อมูล และการดำเนินการคำนวณของโปรแกรม

[4] นายอธิคม วิมลวัตรเวที. (2547). แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทร เพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

3.3 ผลการศึกษาวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจ สัมภาษณ์ และเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับอาคารกรณีศึกษา ทำให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัยและการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปอาคารกรณีศึกษา

โครงการบ้านเอื้ออาทร เป็นโครงการของภาครัฐ ที่เห็นถึงปัญหาการขาดแคลนที่อยู่ของประชากรในประเทศไทย รัฐบาลได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหานี้ และเร่งที่จะแก้ไขปัญหาความไม่มั่นคงในการอยู่อาศัย เพื่อบรรเทาความเดือนร้อนและยกระดับชีวิตให้แก่ผู้ด้อยโอกาส กลุ่มผู้มีรายได้น้อย จึงได้มอบหมายให้กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ และกระทรวงการคลังร่วมดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีนโยบายให้การเคหะแห่งชาติ ดำเนินการสร้างที่อยู่อาศัยให้แก่ผู้มีรายได้น้อย รวมถึงข้าราชการชั้นผู้น้อย และพนักงานในหน่วยงานของรัฐ ให้สามารถเช่าซื้อที่อยู่อาศัยของตนเองในราคาที่เหมาะแก่ฐานะได้ ภายในโครงการบ้านเอื้ออาทรได้กำหนดรูปแบบอาคารพักอาศัยในสองลักษณะ เพื่อความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย สามารถจำแนกได้เป็น

1) อาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น จำนวนร้อยละ 40 ของโครงการ แบ่งเป็น 2 รูปแบบได้แก่
   - ห้องอเนกประสงค์ ขนาดประมาณ 24 ตารางเมตร
   - แบบหนึ่งห้องนอน ขนาดประมาณ 33 ตารางเมตร
2) อาคารแนวราบ จำนวนร้อยละ 60 ของโครงการ แบ่งเป็น 3 รูปแบบได้แก่
   - บ้านเดี่ยว 2 ชั้น บนที่ดินประมาณ 16-24 ตารางวา
   - บ้านแฝด 2 ชั้น บนที่ดินประมาณ 16-24 ตารางวา
   - บ้านแถว 2 ชั้น บนที่ดินประมาณ 16-24 ตารางวา

จากรูปแบบอาคารดังกล่าว การเคหะแห่งชาติจึงได้กำหนดให้ใช้กับชุมชนที่สามารถ จำแนกออกเป็น 2 ลักษณะตามพื้นที่ ดังนี้

1) ชุมชนบ้านเอื้ออาทรในเขตเมือง เป็นชุมชนขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัยรูปแบบอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มเป้าหมาย ที่เป็นครอบครัวขนาดเล็ก

2) ชุมชนบ้านเอื้ออาทรในเขตชานเมือง เป็นชุมชนที่อยู่ห่างจากย่านศูนย์กลางเมือง และกระจายตัวอยู่ในย่านพักอาศัยแถบชานเมือง เป็นชุมชนขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ประกอบด้วยที่อยู่อาศัยหลากหลายรูปแบบ เหมาะสำหรับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นครอบครัวขนาดกลางถึงขนาดใหญ่

การดำเนินการโครงการบ้านเอื้ออาทร มีเป้าหมายเริ่มดำเนินการโครงการในทุกภูมิภาคทั่วประเทศ โดยมีระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – 2550 แต่ก็ยังคงมีการดำเนินการก่อสร้างเพิ่มเติมและดูแลโครงการอย่างต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44 ที่ได้นำมาเป็นกรณีศึกษา

ลักษณะของอาคารชุดพักอาศัย ของโครงการบ้านเอื้ออาทร ที่ตั้งอยู่ที่พหลโยธิน 44 เป็นอาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น ใน 1 อาคาร ประกอบด้วย 45 หน่วยพักอาศัย เนื่องจากเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของ

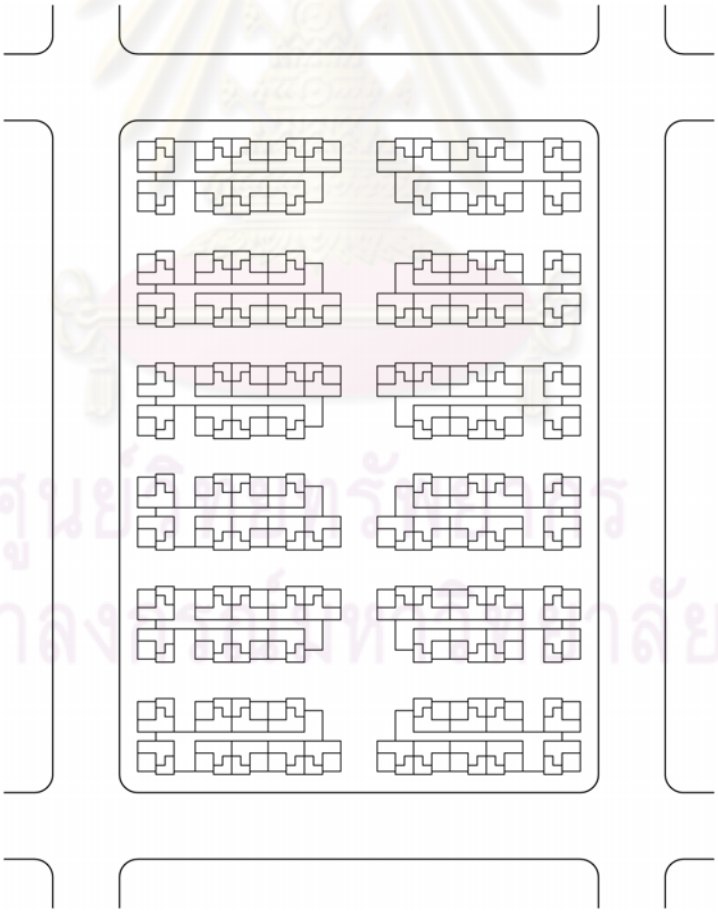
โครงการบ้านเอื้ออาทร มีจำนวนทั้งหมด 168 อาคาร รวมแล้ว 7, 500 หน่วยที่พักอาศัย และในปัจจุบันมีผู้เข้าอยู่อาศัยแล้วประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

3.3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

ข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา จะทำการศึกษาในเรื่องต่างๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร ข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.2.1 สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร

ลักษณะของอาคารชุดพักอาศัย ของโครงการบ้านเอื้ออาทร ที่ตั้งอยู่ที่พหลโยธิน 44 กรุงเทพมหานคร ภายในพื้นที่โครงการมีจำนวนทั้งหมด 168 อาคาร ลักษณะการวางตัวเป็นกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะมีอาคารอยู่ 12 อาคาร ถูกล้อมรอบด้วยถนนกว้าง 6 เมตร ที่ขนาบด้วยที่จอดรถที่มีความลึก 5 เมตร รวมระยะจากขอบทางเดินถึงทางเดินจึงเท่ากับ 11 เมตร เป็นทางเดินรถแบบสองทาง ลักษณะการวางตัวจะหันด้านที่เป็นบันไดหนีไฟเข้าหากัน แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยภายในพื้นที่



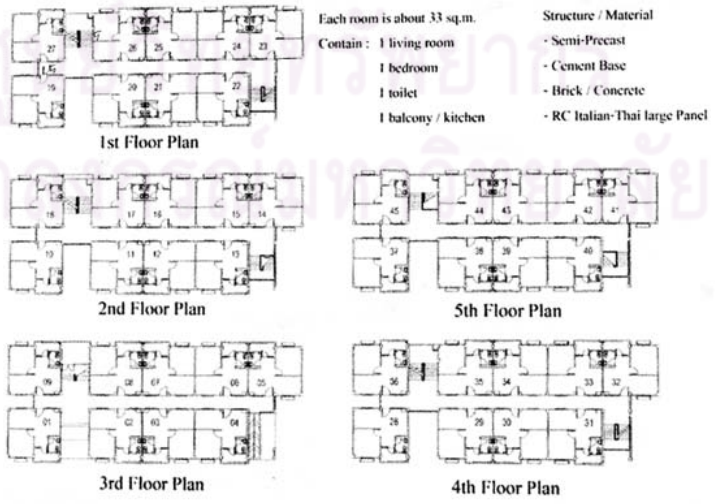
ภาพที่ 3.4 แสดงการวางผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 44

การวางผังอาคาร จะเป็นการจัดวางผังอาคารในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆตลอกทั้งโครงการ บริเวณโดยรอบของอาคาร ไม่มีการปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ ทำให้ปัจจัยที่มีผลต่อการจำลองการระบายอากาศ คือเรื่องของอาคารข้างเคียงเท่านั้น

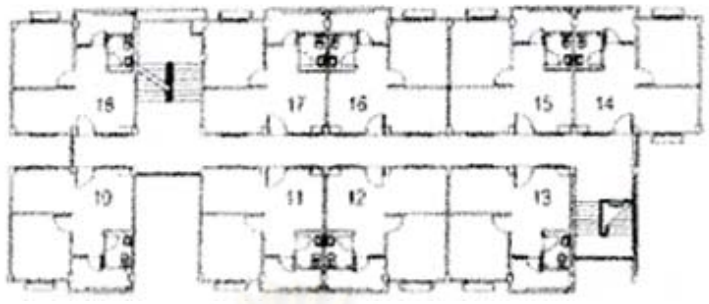
ภาพที่ 3.5 แสดงการวางผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 44

3.3.2.2 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

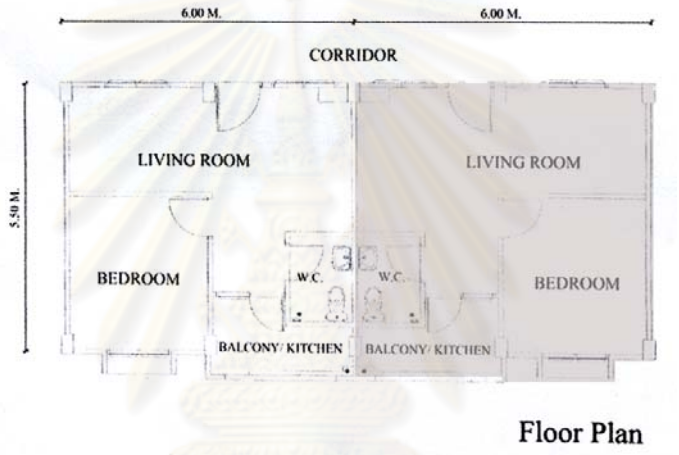
ลักษณะของอาคารชุดพักอาศัย ของโครงการบ้านเอื้ออาทร ที่ตั้งอยู่ที่พหลโยธิน 44 เป็นอาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น ใน 1 อาคาร ประกอบด้วย 45 หน่วยพักอาศัย เป็นที่พักอาศัยประเภทหนึ่งห้องนอน ขนาดประมาณ 33 ตารางเมตร ภายในหน่วยพักอาศัยประกอบด้วย ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องน้ำ และระเบียงหรือส่วนครัว



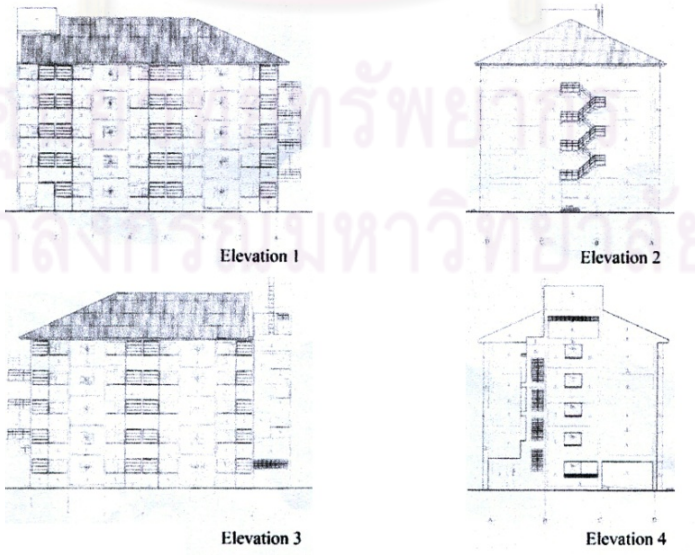
ภาพที่ 3.6 แสดงผังอาคารภายในโครงการ พหลโยธิน 44



ภาพที่ 3.7 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44



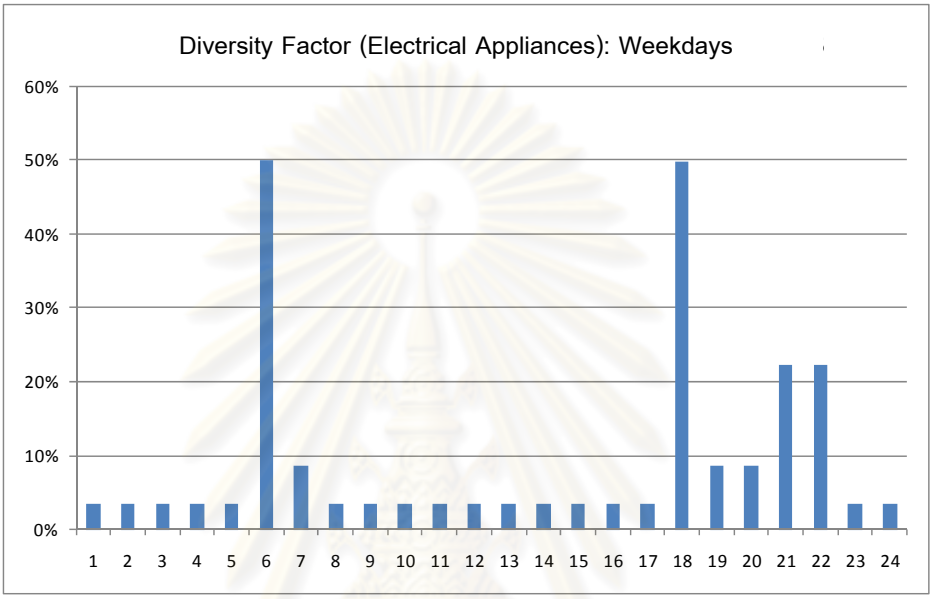
ภาพที่ 3.8 แสดงผังของหน่วยพักอาศัย ภายในโครงการ พหลโยธิน 44



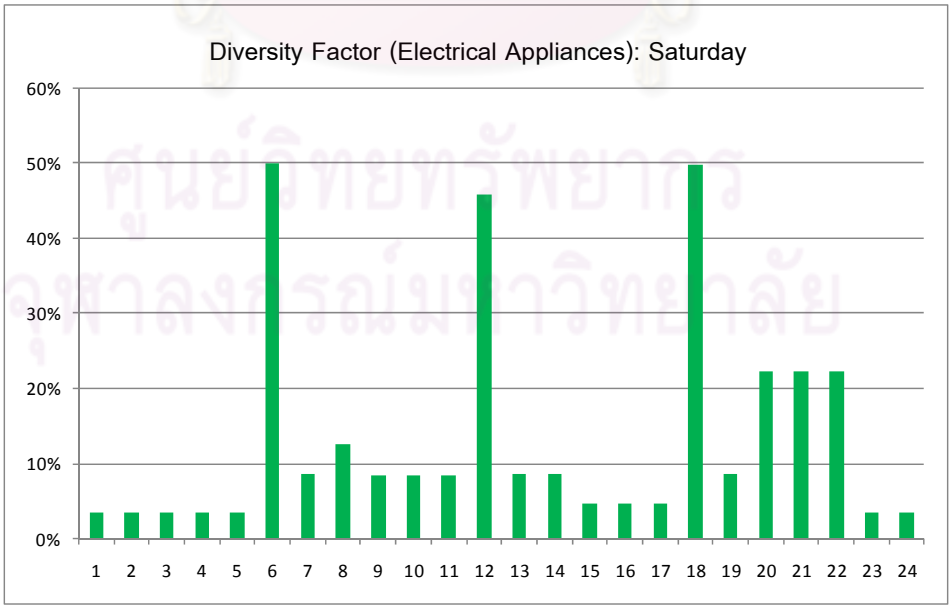
ภาพที่ 3.9 แสดงรูปด้านอาคาร ภายในโครงการ พหลโยธิน 44

3.3.2.3 ข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท

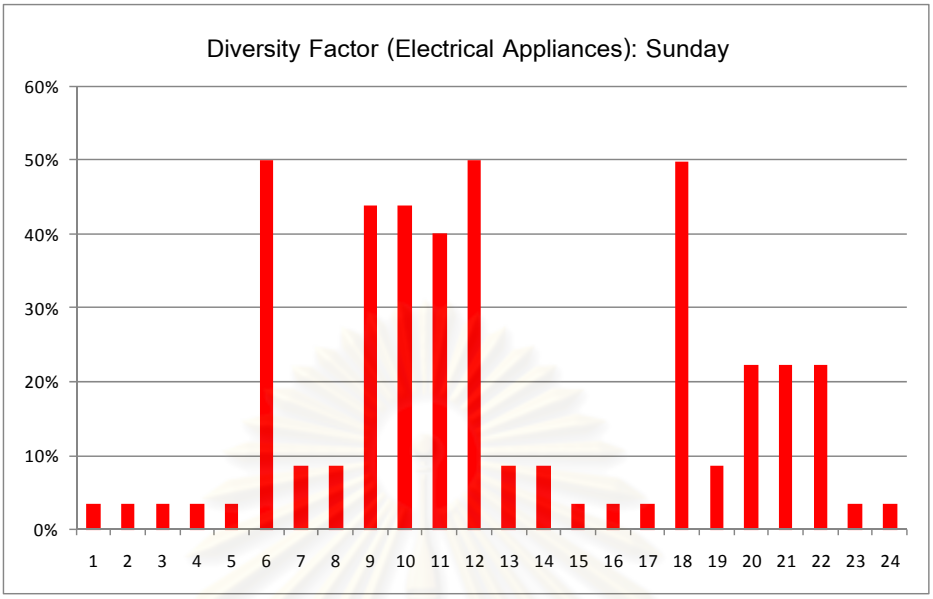
เป็นการแสดงข้อมูลการใช้งานภายในอาคารในแต่ละช่วงวัน โดยกำหนดให้การใช้งานเป็นผู้อยู่อาศัยแบบครอบครัว 2- 4 คน โดยจำแนกช่วงตลอด 24 ชั่วโมงเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ วันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดเพื่อให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลา



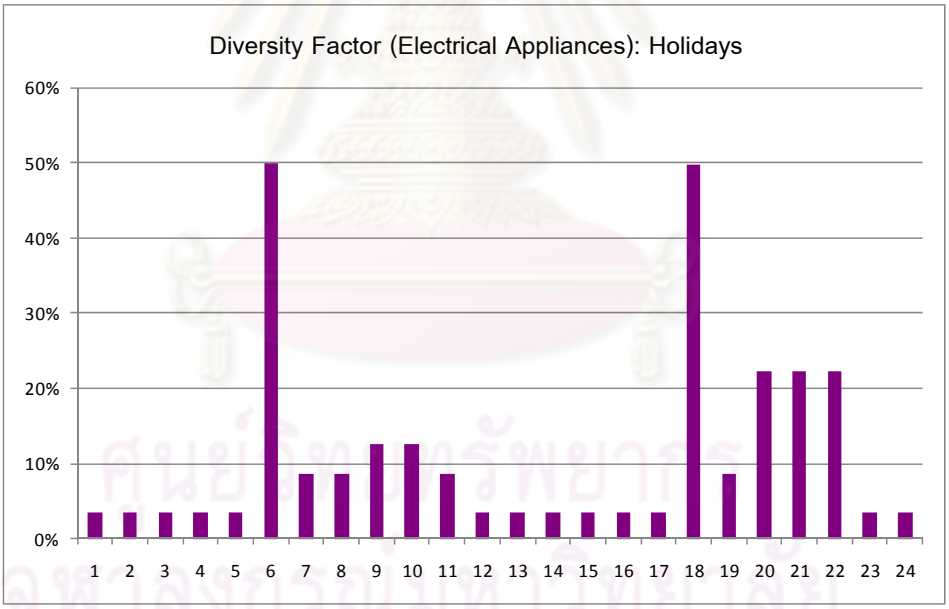
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันธรรมดา



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันเสาร์



แผนภูมิที่ 3.3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันอาทิตย์



แผนภูมิที่ 3.4 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันหยุด

3.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร

จากการวิเคราะห์ในเบื้องต้น ทำให้ทราบว่าสิ่งที่เป็นปัจจัยในการระบายอากาศภายในอาคาร คือ อาคารข้างเคียง ที่มีการวางผังโครงการเป็นกลุ่มอาคาร ที่มีระยะใกล้กันหรือห่างกันเพียง 6 เมตร และการจัดผังอาคาร ที่มีการออกแบบให้เป็นแบบทางเดินร่วม (Double-Loaded Corridor) จะทำให้หน่วยพักอาศัยบังลมกันเอง และมีการเจาะช่องเปิดได้ไม่เพียงพอต่อการไหลเวียนของลม

3.3.4 ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

เพื่อประกอบการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร และใช้ในการป้อนค่าให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.4.1 รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง

รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง มีความแตกต่างกันตามปริมาณการติดตั้งหลอดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่พักอาศัย ดังนี้

- ห้องนอน	Fluorescent	36+5 watt	x 2	รวม 82 วัตต์
- ห้องนั่งเล่น	Fluorescent	36+5 watt	x 3	รวม 123 วัตต์
- ห้องน้ำ	Fluorescent	36+5 watt	x 1	รวม 41 วัตต์
- ทางเดิน	Fluorescent	36+5 watt	x 10	รวม 410 วัตต์

3.3.4.2 รายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

รายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องช้ไฟฟ้าภายในอาคาร มีความแตกต่างกันตามปริมาณการติดตั้งหลอดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่พักอาศัย ดังนี้

- ห้องนอน

พัดลม 16”	60 watt	จำนวน 1 เครื่อง
พัดลมระบายอากาศ	16 watt	จำนวน 1 เครื่อง
		รวม 76 วัตต์

- ห้องนั่งเล่น

โทรทัศน์ 29"	210	watt	จำนวน 1 เครื่อง
ตู้เย็น 1 ประตู	176	watt	จำนวน 1 เครื่อง
พัดลม 16"	60	watt	จำนวน 1 เครื่อง
หม้อหุงข้าว	750	watt	จำนวน 1 เครื่อง
คอมพิวเตอร์	696	watt	จำนวน 1 เครื่อง
			รวม 1,968 วัตต์

- ห้องน้ำ

ไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า

รวม 0 วัตต์

- ทางเดินส่วนกลาง

ไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า

รวม 0 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ที่อาศัยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการจำลองการไหลเวียนของของไหล หรือที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ก็คือการไหลเวียนของอากาศภายในและภายในนอกอาคาร โปรแกรมที่เลือกใช้คือ โปรแกรมคำนวนพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร ที่มีผลมาจากการระบายอากาศ โดยกระบวนการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

4.1 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของอาคารกรณีศึกษา

4.1.1 การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.1.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

4.1.1.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ

4.1.1.3 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.1.1.3.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

4.1.1.3.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

4.1.1.4 การวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจำลอง

4.1.2 ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.1.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.2 เสนอแนวทางการออกแบบ เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

จากการทำการจำลองการระบายอากาศของอาคารกรณีศึกษา และนำไปวิเคราะห์หาจุดดีและจุดบกพร่องของการออกแบบการวางผังอาคาร จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ

4.3 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแนวทางการออกแบบ

4.3.1 การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.3.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

4.3.1.2 หุ่นจำลองอาคารที่เสนอเป็นแนวทางออกแบบ

4.3.1.3 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.3.2 ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.3.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ

นำผลการจำลองการระบายอากาศของรูปแบบการปรับปรุงอาคารแต่ละแบบ มาเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศระหว่างกัน และนำไปเปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศ

4.1 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของอาคารกรณีศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา ทำให้ทราบถึงขนาดของอาคาร ทิศทางการวางตัว และการวางผังของอาคาร ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศภายในอาคารทั้งสิ้น เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในและภายนอกอาคารของสภาพที่เป็นอยู่ จึงต้องมีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ซึ่งมีวิธีการดังนี้

4.1.1 การกำหนดค่าในการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษามีกระบวนการ 3 ขั้นตอนหลักคือ การใส่ค่าข้อมูล การจำลองสถานการณ์ด้วยการทำงานของโปรแกรม และการนำข้อมูลจากการจำลองมาเก็บรวบรวม ซึ่งกระบวนการทั้งหมดมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

คือ การกำหนดค่าตัวแปรที่อยู่ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในทุกกรณี ค่าตัวแปรที่กำหนดให้เป็นค่าตัวแปรคงที่มีดังนี้

4.1.1.1.1 ความเร็วลมของกระแสลมภายนอก ที่ใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม CFD ให้มีความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2547 ที่ระดับความสูง 5 เมตรจากพื้นดิน แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทิศทางและความเร็วลมในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2547[1]

เดือน	ทิศทางลม	ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)
มกราคม	NE/S	2.00
กุมภาพันธ์	S	2.00
มีนาคม	S	2.26
เมษายน	S	2.00
พฤษภาคม	S	2.00
มิถุนายน	S/ SW	2.00
กรกฎาคม	SW/ S	2.18
สิงหาคม	SW/ S/ W	2.00
กันยายน	SW/ S/ W	1.91
ตุลาคม	NE/ E	2.17
พฤศจิกายน	NE/ N	2.00
ธันวาคม	NE/ N	2.00
ค่าความเร็วลมเฉลี่ย (พ.ศ. 2537-2547)		2.04

[1] ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2548.(วิเคราะห์โดยนายอเนก สุวรรณชัยสกุล)

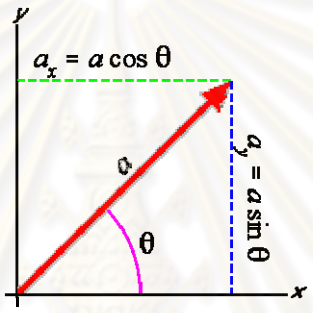
เนื่องจากการใส่ข้อมูลลงในโปรมแกรม ต้องมีการคิดคำนวนค่าความเร็วลมแยกออกเป็น ค่าความเร็วลมทางแนวนอน (เวกเตอร์แนวแกน x) และค่าความเร็วลมทางแนวตั้ง (เวกเตอร์แนวแกน y) จากการใช้สูตรการคำนวนทางคณิตศาสตร์ตรีโกณมิติ มาหาค่าของเวกเตอร์สองมิติ

การหาค่าของเวกเตอร์สองมิติ

ในเวกเตอร์สองมิติ เวกเตอร์ a มีสองส่วนประกอบคือ ax และ ay ค่าของมันหาได้โดยการลากเส้นจากปลายของเวกเตอร์ a ไปยังแกนต่างๆดังนี้

$$ax = a \cos\theta \quad \text{และ} \quad ay = a \sin\theta$$

เมื่อ θ คือมุมจากแกนบวก x ไปยังเวกเตอร์ a



ภาพที่ 4.1 แสดงการหาค่าของเวกเตอร์สองมิติ

ในการจำลองมีการกำหนดให้ลมภายนอกมีทิศทางการไหลที่ทำมุมกับแกน x เท่ากับ 45 องศา หรือในที่นี่คือการกำหนดค่า θ เท่ากับ 45 เมื่อนำมาแทนค่าในสูตรจะได้ว่า

- ค่าความเร็วลมทางแนวนอน (เวกเตอร์แนวแกน x)

สูตร $a_x = a \cos\theta$

$a_x = 2.04 (\cos 45)$

ดังนั้นค่า ค่าความเร็วลมทางแนวนอน เท่ากับ 1.45

- ค่าความเร็วลมทางแนวตั้ง (เวกเตอร์แนวแกน y)

สูตร $a_y = a \sin\theta$

$a_y = 2.04 (\sin 45)$

ดังนั้นค่า ค่าความเร็วลมทางแนวตั้ง เท่ากับ 1.45

4.1.1.1.2 **ทิศทางของกระแสลมภายนอก** ที่ใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม CFD จะมีทั้งหมด 3 ทิศคือ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ เนื่องจากเป็นทิศที่มีการไหลเวียนของกระแสลมมากที่สุด จากการศึกษาไปแล้วในข้างต้น (บทที่ 2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

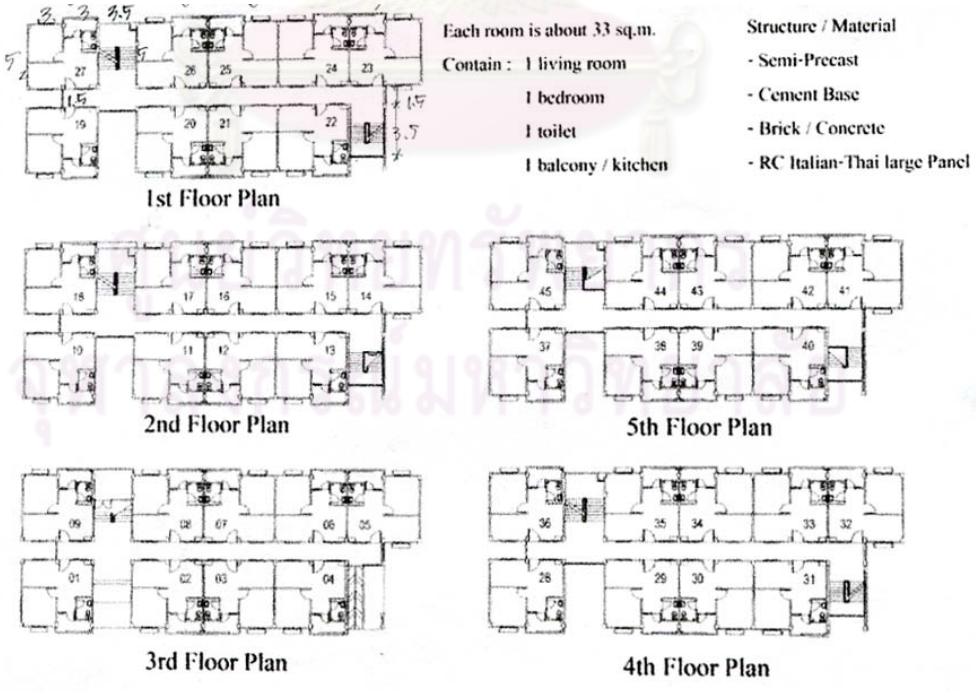
4.1.1.1.3 **ลักษณะผังของอาคารกรณีศึกษา** จะมีการกำหนดให้ผังอาคารจำลองมีลักษณะเหมือนกันในทุกกรณีของการจำลอง โดยเฉพาะลักษณะของแต่ละหน่วยพักอาศัย รวมไปถึงทิศทางการวางตัวของอาคารด้วย

4.1.1.1.4 **ลักษณะของช่องเปิดในหน่วยพักอาศัย** ช่องเปิดแต่ละช่องในหน่วยพักอาศัย จะมีการกำหนดให้มีขนาดความกว้างที่เท่ากัน (ไม่พิจาณาในเรื่องความสูง) และเป็นช่องเปิดโล่งที่มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100 เปอร์เซนต์ นั่นหมายความว่าจะไม่มีการติดมุ้งลวดกันแมลง หรืออุปกรณ์ที่ขัดขวางการไหลเวียนของลมที่บริเวณช่องเปิด

4.1.1.1.5 **ลักษณะของกลุ่มอาคาร** เนื่องจากเป็นการจำลองสถานการณ์ในลักษณะที่เป็นกลุ่มอาคาร จำนวน 4 หลัง โดยให้ทุกหลังมีทิศทางการวางตัวในลักษณะเดียวกัน และมีระยะห่างเท่ากัน คือเท่ากับ 6 เมตร นอกจากนี้ลักษณะของอาคารข้างเคียง (อาคารโดยรอบ 3 หลังที่ไม่ต้องการพิจารณา) จะมีการกำหนดให้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทึบ ที่มีความกว้างและความยาวเท่ากับผิวนอกสุดของอาคารที่ต้องการพิจารณา เพื่อให้อยู่ในขอบเขตความสามารถการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม

4.1.1.2 **หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ**

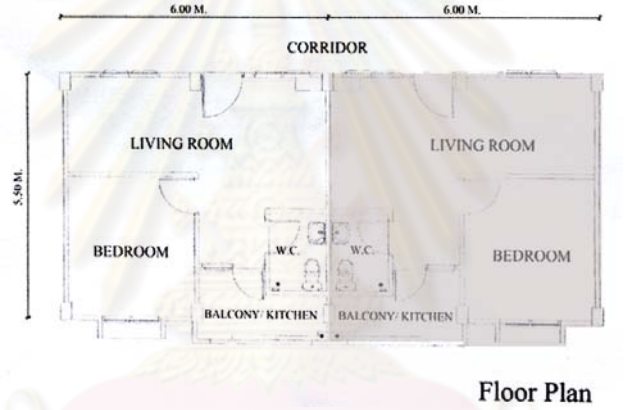
จากศึกษาลักษณะการวางผังของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ อาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น โครงการบ้านเอื้ออาทร ที่พหลโยธิน 44 โดยการนำผังอาคารที่การเคหะแห่งชาติ เป็นผู้ออกแบบมาศึกษาและลดทอนรายละเอียดบางส่วน ให้อยู่ในรูปที่สามารถทำการจำลองในโปรแกรมได้



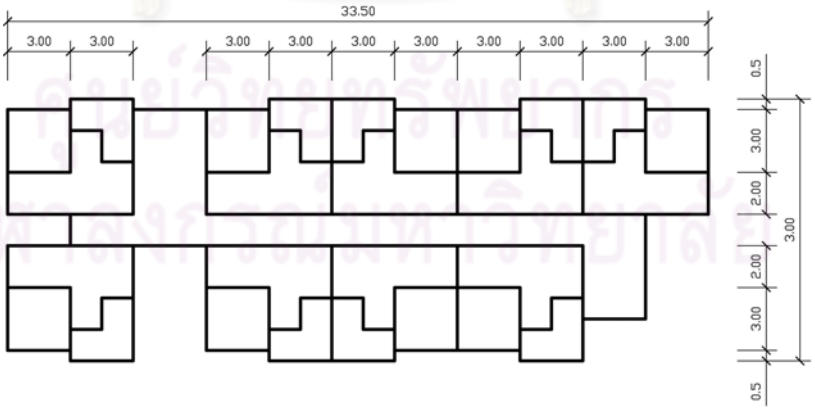
ภาพที่ 4.2 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ลักษณะผังอาคารทั้ง 5 ชั้น มีลักษณะเหมือนกัน จึงมีการจำลองโดยนำผังอาคารที่มีรูปแบบเดียว มาลดทอนรายละเอียด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการใส่ค่าในโปรแกรม

ภาพที่ 4.3 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44



ภาพที่ 4.4 ลักษณะผังของหน่วยพักอาศัยชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 4.5 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษาที่ลดทอนรายละเอียดบางส่วน

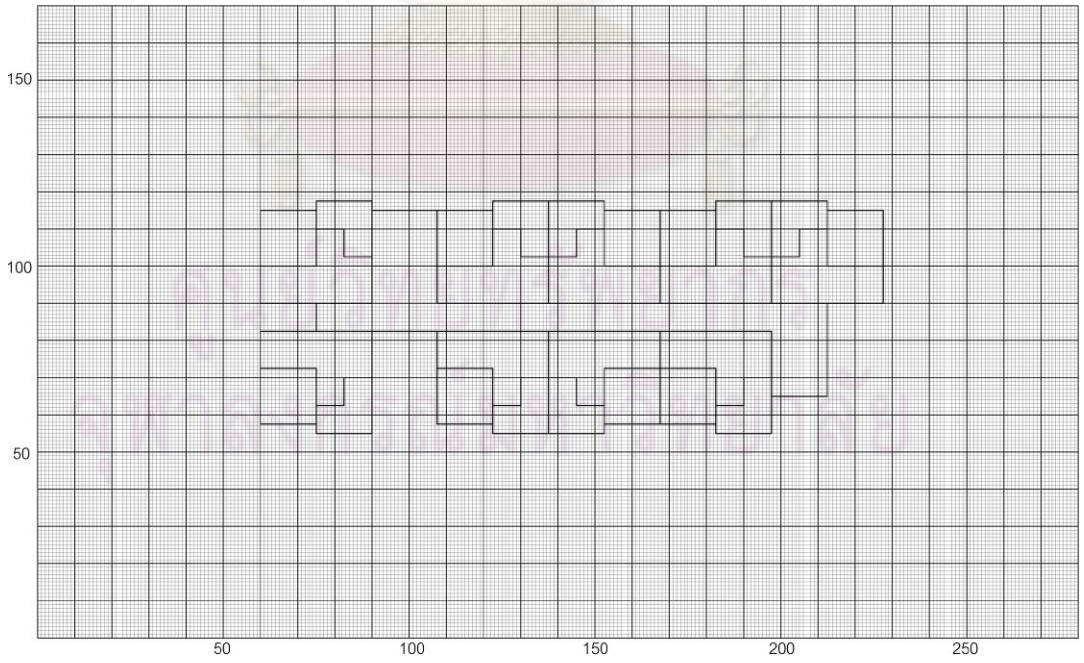
จากนั้นจะนำขนาดและรูปร่างผังอาคารที่ลดทอนรายละเอียดบางส่วน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 มาใส่ค่าลงในโปรแกรม โดยจะมีการกำหนดขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดในลำดับต่อไป

4.1.1.3 **การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์** CFD

การจำลองสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านสถาปัตยกรรม (Computational Fluid Dynamics; CFD) เพื่อศึกษาความเร็วลมและเส้นทางการเคลื่อนที่ภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ HEAT-X เป็นโปรแกรมหนึ่งในการจำลองการเคลื่อนตัวของของไหล 2 และ 3 มิติ ในการวิจัยนี้เลือกแบบ 2 มิติ เนื่องด้วยขอบเขตของการศึกษาที่ศึกษาเฉพาะประสิทธิภาพการระบายอากาศของผังอาคาร ไม่ได้หมายรวมถึงในเรื่องของการไหลเวียนของอากาศทางแนวดิ่ง ประกอบกับวัตถุประสงค์การใช้งานเพื่อประเมินผลอาคารที่ออกแบบปรับปรุงให้มีแนวโน้มของสภาวะน่าสบายด้านการระบายอากาศในผังอาคารให้ดีขึ้นตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา เพื่อนำผลความเร็วลมที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายภายในพื้นที่พักอาศัย การจำลองประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

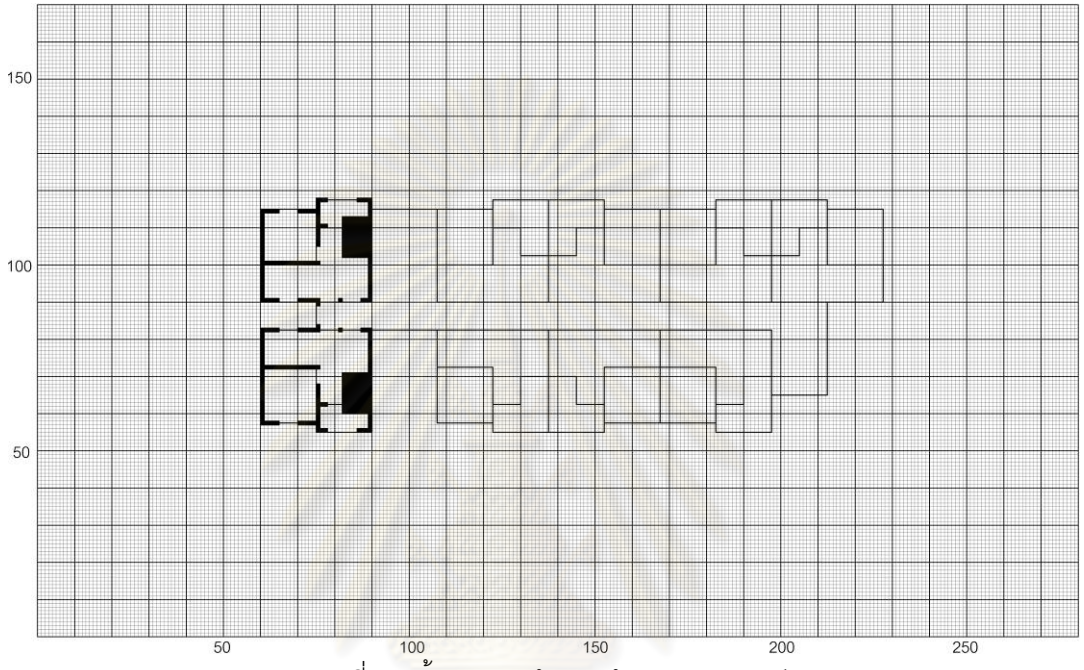
4.1.1.3.1 **การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง**

การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียงโดยรอบมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลม โดยการเขียนกรอบอาคารตามแบบผังอาคารที่ลดทอนรายละเอียดไว้ในขั้นตอนข้างต้น โดยกำหนดเป็นค่าพิกัดของเซลล์ i, j (= x, y) โดยตำแหน่งของผนังอาคาร หรือส่วนทึบ จะกำหนดค่าความทึบ หรือเรียกว่าค่า por (porocity) ให้มีค่าเท่ากับ 1 นั่นหมายถึงบริเวณนั้นจะมีความทึบ 100 เปอร์เซนต์ กระแสลมจะไม่สามารถไหลผ่านบริเวณนั้นได้เลย แต่ละช่องของเซลล์แทนระยะจริงเท่ากับ 0.20 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.6

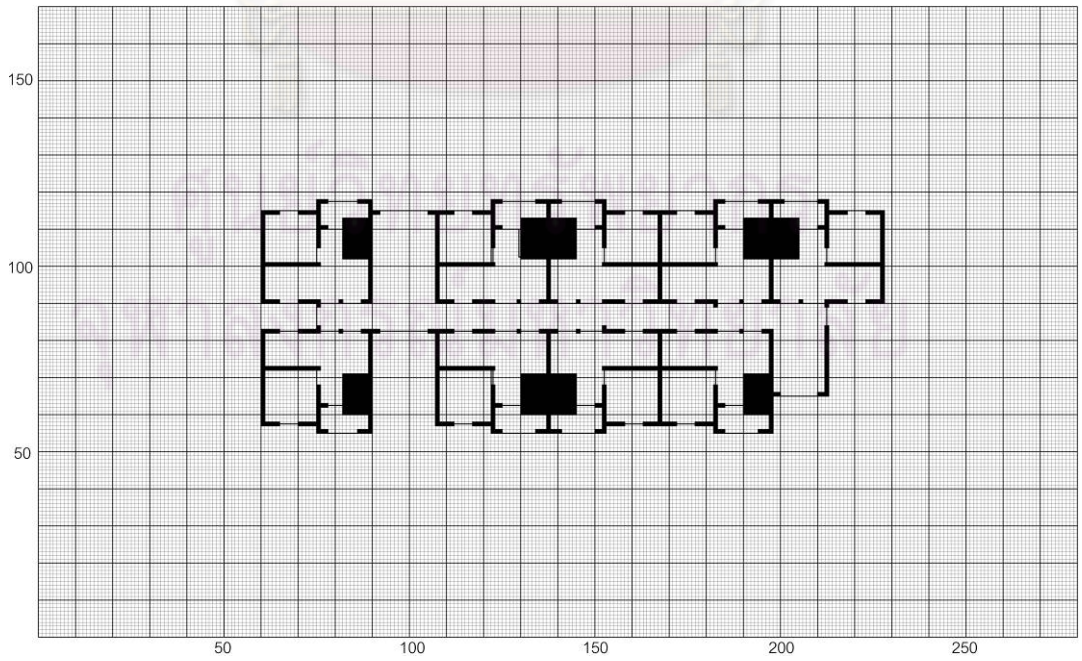


ภาพที่ 4.6 ลักษณะผังอาคารที่ลดทอนรายละเอียด
มาจัดวางเพื่อเทียบอัตราส่วนในการเตรียมข้อมูลใส่ในโปรแกรม

จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ก่อนการใส่ข้อมูลในโปรแกรมต้องมีการเตรียมข้อมูลโดยการจัดวางอาคารให้อยู่ในตำแหน่งของพิกัดเซลล์ที่ต้องการ โดยที่ต้องวางให้มีระยะเว้นห่างจากแกน x, y พอสมควร เพื่อให้มีระยะการไหลเวียนลมก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งของเซลล์ลงไป

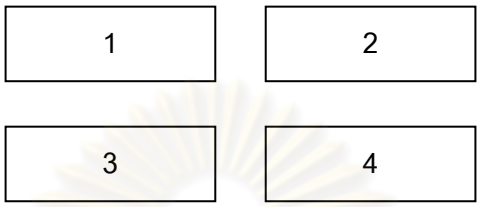


ภาพที่ 4.7 ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งของเซลล์



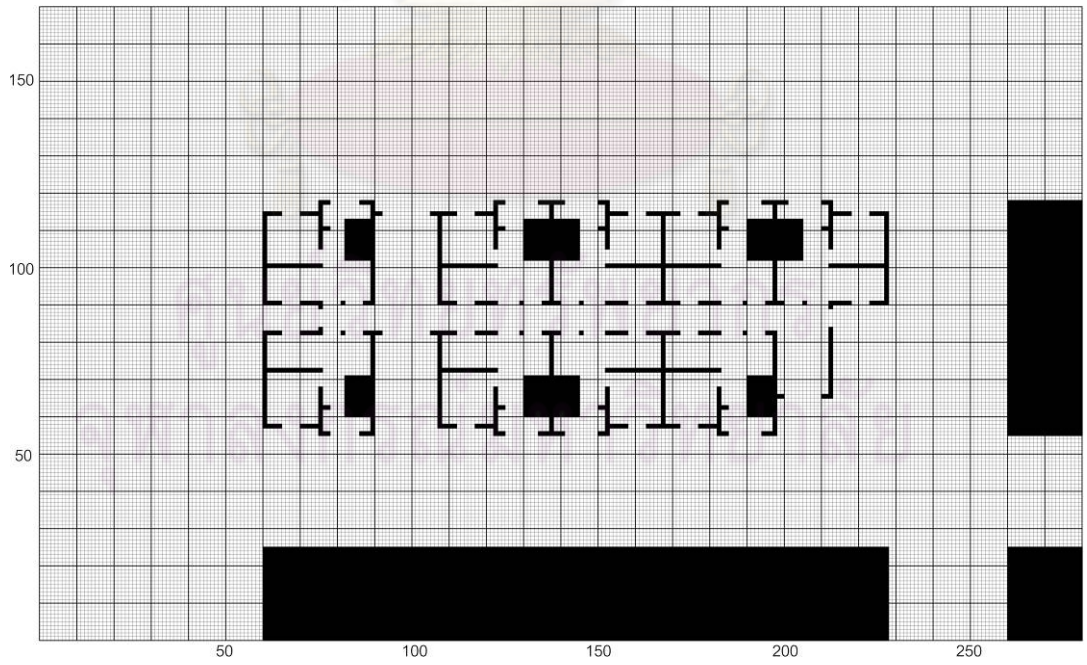
ภาพที่ 4.8 แสดงตำแหน่งของเซลล์ผนังอาคาร (ส่วนทึบ)

จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งของอาคารข้างเคียง โดยกำหนดให้มีการวางตัวในลักษณะของกลุ่มอาคาร ซึ่งประกอบด้วยอาคาร 4 หลัง คือ อาคารที่ต้องการพิจารณา 1 หลัง และอาคารข้างเคียงอีก 3 หลัง โดยมีการจำลองทั้งหมด 4 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่ 1, 2, 3 และ 4 ดังภาพที่ 4.9

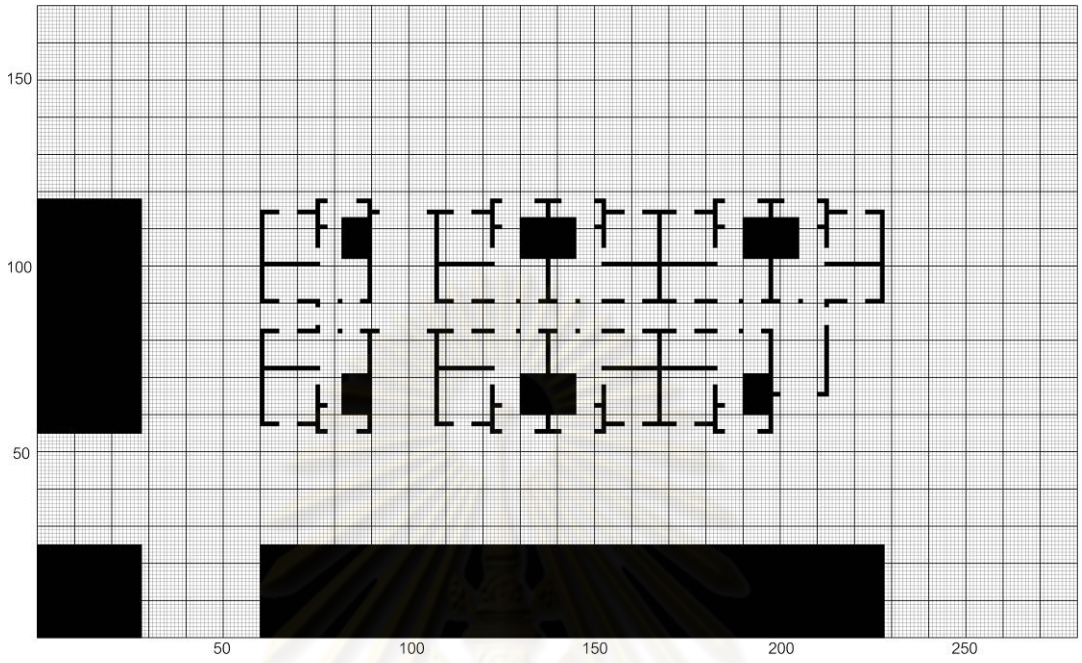


ภาพที่ 4.9 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร

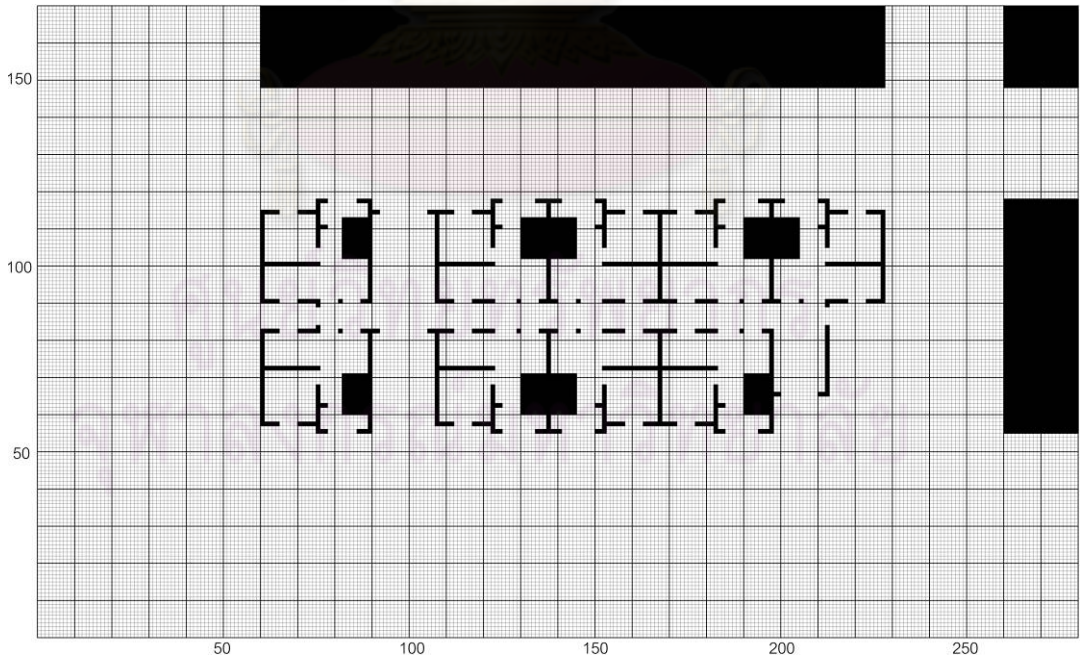
การวางตัวทั้ง 4 ตำแหน่งในพื้นที่ที่กำหนดพิกัดเซลล์ โดยมีการกำหนดให้อาคารข้างเคียงโดยรอบมีลักษณะเป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทึบ เพื่อให้อยู่ในขอบเขตความสามารถในการจำลองสภาพการไหลของลมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ได้ โดยขนาดของอาคารข้างเคียงโดยรอบจะมีความกว้างและความยาวเท่ากับระยะความยาวมากที่สุดของอาคารที่ต้องการพิจารณา ดังแสดงในภาพที่ 4.10 – 4.13



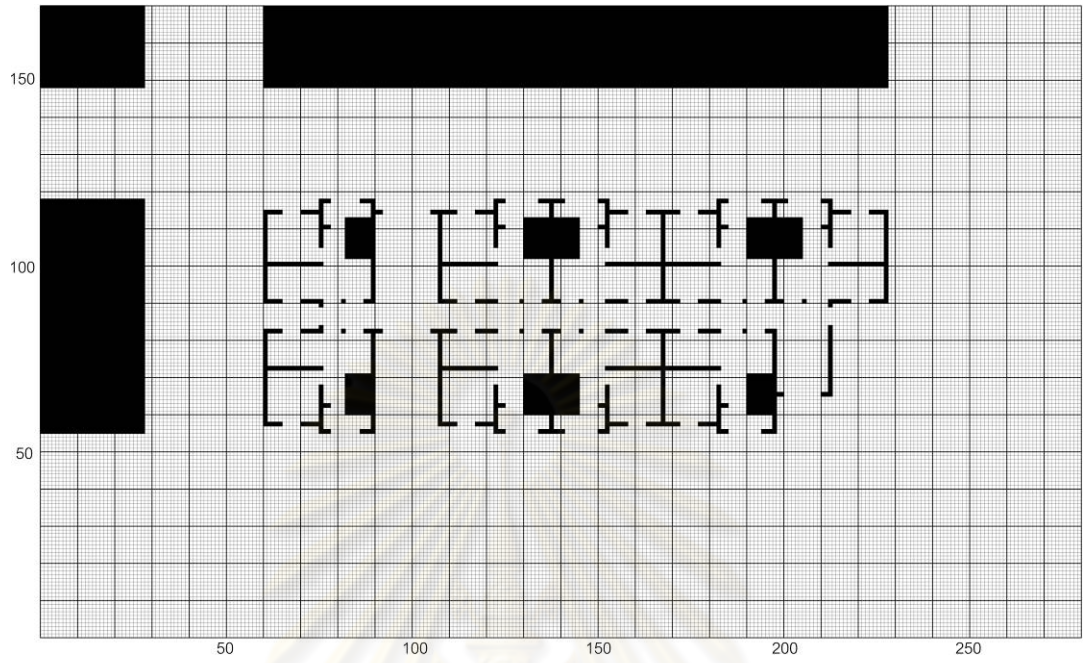
ภาพที่ 4.10 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 1



ภาพที่ 4.11 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 4.12 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 3



ภาพที่ 4.13 แสดงการวางอาคารที่ต้องการพิจารณาในตำแหน่งที่ 4

หมายเหตุ: การแสดงภาพตารางแสดงขอบเขตของพื้นที่ที่ทำการจำลอง ในการจำลองจริงในโปรแกรมจะมีขอบเขตที่มีระยะมากกว่านี้ทั้งแกน x และแกน y (ระยะขอบเขตในการจำลอง x = 380, y = 190) แต่เนื่องจากขนาดของหน้ากระดาษมีจำกัด เพื่อให้เห็นลักษณะของผังอาคารที่พิจารณาได้อย่างชัดเจน จึงมีการตัดระยะบางส่วนออก (ระยะขอบเขตที่แสดงในหน้ากระดาษ x = 280, y = 170)

4.1.1.3.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม จะเป็นลักษณะการใส่ค่าทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงประมวลผล ได้แก่

1) ข้อมูลโครงการและรายละเอียดทั่วไป
2) ค่าแสดงขอบเขตของ Flow domain และขนาดของเซลล์

```
nx=380; ny=190; nz=1
grid(x, 1,280,pow,0.0,56.0)
grid(x, 281,380,pow,0.0,100.0)
grid(y, 1,170,pow,0.0,34.0)
grid(y, 171,190,pow,0.0,20.0)
# grid(z, 1,10,pow,0.0,50.0)
```

จากตัวอย่างข้อมูลที่ input ในโปรแกรม

- บรรทัดที่ 1 แสดงถึงขอบเขตของ Flow domain นั่นคือ ขอบเขตทางแกน x เท่ากับ 380 เซลล์ และขอบเขตทางแกน y เท่ากับ 190 เซลล์
- บรรทัดที่ 2 แสดงขนาดของเซลล์ทางแกน x โดยระยะจากเซลล์ที่ 1 ถึง 280 มีระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 56 เมตร (แต่ละเซลล์มีขนาด 0.20 เมตร)
- บรรทัดที่ 3 แสดงขนาดของเซลล์ทางแกน x โดยระยะจากเซลล์ที่ 281 ถึง 380 มีระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 100 เมตร (แต่ละเซลล์มีขนาด 1.00 เมตร) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องการพิจารณา จึงสามารถลดจำนวนเซลล์ โดยการขยายขนาดของแต่ละเซลล์ได้
- บรรทัดที่ 4 แสดงขนาดของเซลล์ทางแกน y โดยระยะจากเซลล์ที่ 1 ถึง 170 มีระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 34 เมตร (แต่ละเซลล์มีขนาด 0.20 เมตร)
- บรรทัดที่ 5 แสดงขนาดของเซลล์ทางแกน y โดยระยะจากเซลล์ที่ 171 ถึง 190 มีระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 20 เมตร (แต่ละเซลล์มีขนาด 1.00 เมตร) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องการพิจารณา จึงสามารถลดจำนวนเซลล์ โดยการขยายขนาดของแต่ละเซลล์ได้
- บรรทัดที่ 6 แสดงขนาดของเซลล์ทางแกน z เนื่องจากเป็นการจำลอง 2 มิติ จึงไม่ต้องให้โปรแกรมคำนวณค่าในบรรทัดนี้ จึงใช้การใส่เครื่องหมาย # เพื่อให้โปรแกรมไม่ต้องคำนวณ

3) ค่า Parameter ที่ใช้ช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และจำนวนครั้งในการประมวลผล เพื่อกำหนดรายละเอียดในการประมวลผล (ค่า Relaxation) ทำให้ได้ผลการประมวลเร็วขึ้นหรือช้าลง มีค่ายิ่งมากความถูกต้องยิ่งจะมาก (Converged) แต่จะทำให้โปรแกรมหยุดการประมวลผลได้ง่าย เนื่องจากไม่สามารถคำนวณค่าที่ถูกต้องต่อไปได้อีก หากค่ายิ่งน้อยจะทำให้ค่าที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้ได้ (Diverged) แต่จะยิ่งดีต่อการประมวลผล เพราะจะทำให้โปรแกรมประมวลผลได้ง่ายขึ้น และประมวลผลต่อไปได้จนจบ แต่จะทำให้การทำงานช้าลง เนื่องจากต้องป้อนค่าจำนวนครั้งในการประมวลผล (nitall) เพิ่มขึ้น ในที่นี้กำหนดไว้ที่ 3500 ครั้ง

```
# RELAXATION
relaxln(p)=0.1
relaxdt(u,v,w)=5.0e-4
relaxdt(ke,ep)=5.0e-4
#relaxdt(h)=1.0e-1
```

```
# ITERATION COUNTS
nitphi(p)=20
nitphi(u,v,w)=1
nitphi(ke,ep)=1
nitphi(h,ht1)=1
epsphi(h)=1.0e+5
nitall=3500
```

ตัวอย่างแสดงการ input ข้อมูลค่า Parameter
ที่ใช้ช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และจำนวนครั้งในการประมวลผล

4) ข้อมูลกรอบอาคารตามที่ร่างไว้ในตาราง Flow domain

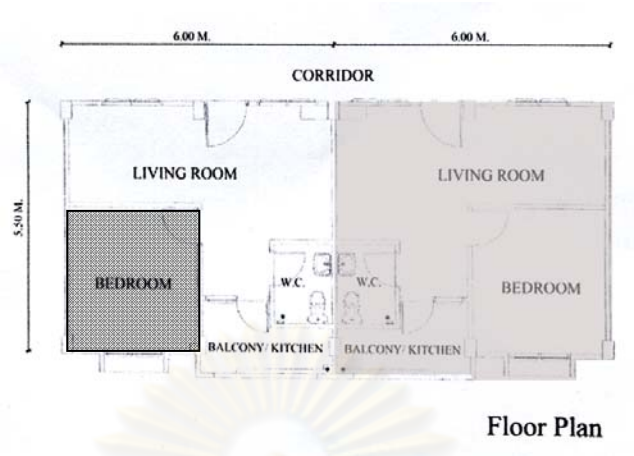
```
# INITIAL CONDITIONS
bdyc(1,ke,set,cell,0.0,0.0048,1,nx,1,ny,1,nz,0,0)
bdyc(1,ep,set,cell,0.0,0.000028,1,nx,1,ny,1,nz,0,0)
# Room1
bdyc(1,por,set,cell,0.0,0.0,61,61,91,93,1,1,0,0)#1
bdyc(1,por,set,cell,0.0,0.0,61,61,94,98,1,1,0,0)#1
bdyc(2,por,set,cell,0.0,0.0,61,61,99,105,1,1,0,0)#2
bdyc(2,por,set,cell,0.0,0.0,61,61,106,110,1,1,0,0)#2
```

ตัวอย่างแสดงการ input ข้อมูลกรอบอาคาร
ที่ร่างไว้ในตาราง Flow domain ตามภาพที่ได้แสดงไว้ข้างต้น

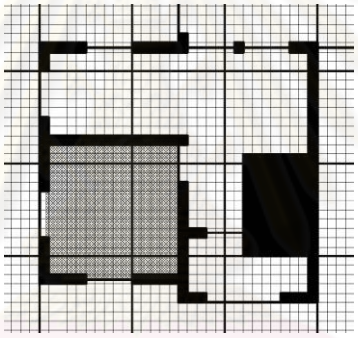
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.4 การวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจำลอง

การหาค่าความเร็วลมเฉลี่ยจะได้ค่าความเร็วลมจากการจำลองที่ระยะความสูงจากระดับพื้น 5 เมตร จากระยะความสูงของค่าความเร็วลมภายนอกอาคาร จากค่าความเร็วลมเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยาในรอบ 10 ปี โดยที่เป็นระยะที่ความสูงจากพื้นห้อง 1 เมตร จากการจำลองการไหลเวียนของลมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD โดยที่การหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย จะเฉลี่ยจากความเร็วลมทุกจุด (ทุกเซลล์) ภายในพื้นที่ของอาคารชุดพักอาศัย โดยพื้นที่ในการพิจารณาคือ ห้องนอน ของทุกหน่วยพักอาศัย (9 หน่วย)

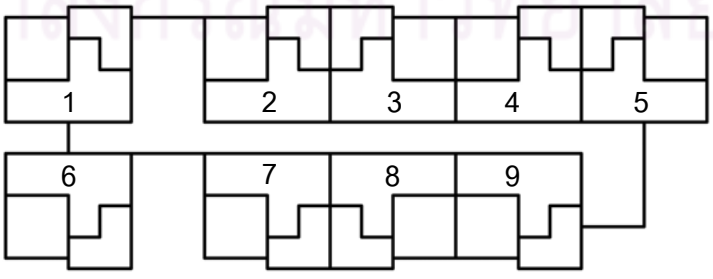


ภาพที่ 4.14 แสดงพื้นที่ที่ต้องการพิจารณาการไหลเวียนของลม ของแต่ละหน่วยพักอาศัย ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในห้องนอน



ภาพที่ 4.15 แสดงพื้นที่ที่ต้องการพิจารณาการไหลเวียนของลม ของแต่ละหน่วยพักอาศัย ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในห้องนอน ใน Flow domain

การกำหนดชื่อของพื้นที่ที่ต้องการพิจารณา โดยมีการกำหนดชื่อของแต่ละหน่วยพักอาศัย เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผลต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4.16



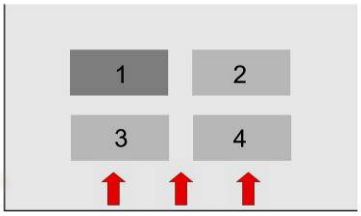
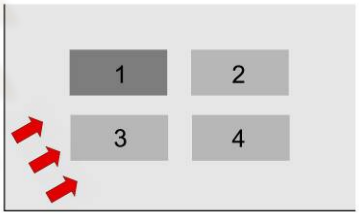
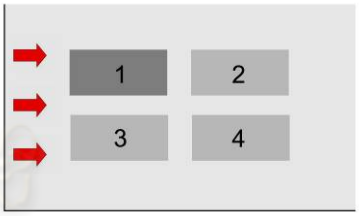
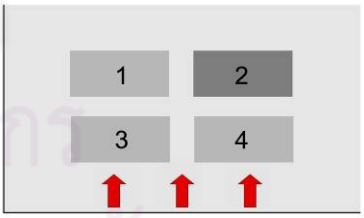
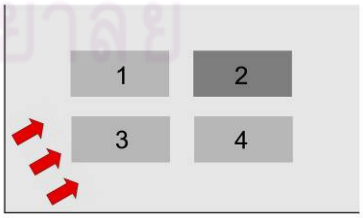
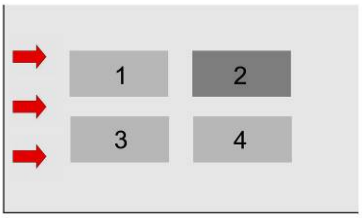
ภาพที่ 4.16 แสดงผังอาคาร ที่มีการกำหนดชื่อในแต่ละหน่วยพักอาศัย

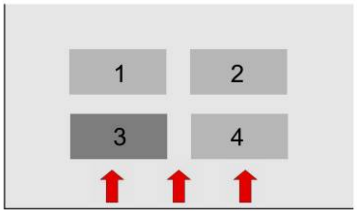
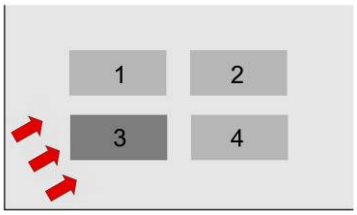
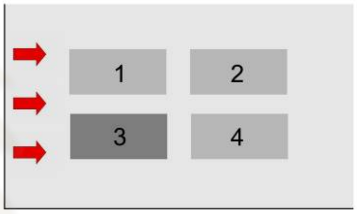
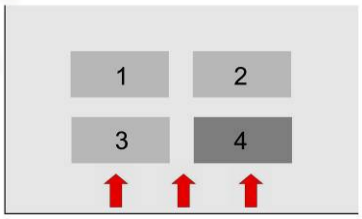
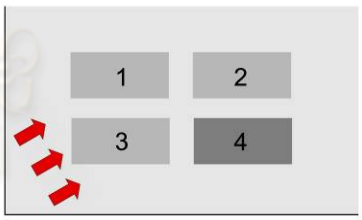
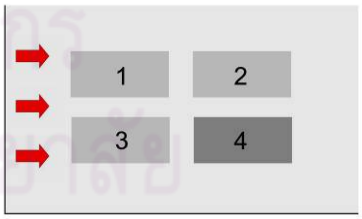
4.1.2 ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษา จะมีการกำหนดกรณีในการจำลองไว้ทั้งหมด 12 กรณี ดังนี้

ตำแหน่งในการวางอาคาร 4 ตำแหน่ง x ทิศทางการไหลของลมภายนอก 3 ทิศ = 12 กรณี

ตารางที่ 4.2 แสดงกรณีในการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษา

ตำแหน่งการวางอาคาร	ทิศทางการไหลของลม	กรณีที่เกิด
ตำแหน่งที่ 1	ทิศใต้	
	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	ทิศตะวันตก	
ตำแหน่งที่ 2	ทิศใต้	
	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	ทิศตะวันตก	

ตำแหน่งที่ 3	ทิศใต้	
	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	ทิศตะวันตก	
ตำแหน่งที่ 4	ทิศใต้	
	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	ทิศตะวันตก	

ในการวิเคราะห์ จะพิจารณาในพื้นที่ ห้องนอน ของแต่ละหน่วยพักอาศัย ทั้ง 9 หน่วยภายในผังอาคาร 1 ชั้นที่นำมาจำลองในโปรแกรม CFD จึงแบ่งการพิจารณาออกเป็น 12 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ค่าที่ได้จากการแปรผลข้อมูลจากการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ที่ต้องนำไปพิจารณา มีดังนี้

1) ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ใช้สอย (Average Velocity at Interior; Vi) มีหน่วยเป็น m/s คำนวณโดยการนำผลความเร็วลมแต่ละตำแหน่งที่วัด (ตำแหน่ง i) มาหาค่าเฉลี่ยความเร็วลม

2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง ในกรณีนี้คือ ห้องนอน มีหน่วยเป็น m/s

3) สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย (Average Velocity Coefficient; Cv) เป็นหน่วยวัดเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดัดแปลงมาจากค่าความเร็วลมเฉลี่ย โดยตัดอิทธิพลของความเร็วต้นออกไป

4) สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่ (Coefficient of Spatial Variation; Csv) เป็นหน่วยวัดแสดงค่าความสม่ำเสมอความเร็วลมที่เกิดขึ้น โดยค่า Csv น้อยแสดงว่า ความเร็วลมที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอมากกว่าค่า Csv มาก

5) ค่าความเร็วลมสูงสุดภายในพื้นที่ใช้สอย มีหน่วยเป็น m/s

โดยสูตรในการคำนวณมีดังนี้

$$C_v = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(V_i / V_r)$$

$$C_{sv} = \delta_s (V_i) / V_r \times C_v$$

เมื่อ C_v = สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย

C_{sv} = สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

V_i = ความเร็วลมที่ตำแหน่ง i (เมตรต่อวินาที) วัดที่ความสูงจากพื้นห้อง 1 เมตร

V_r = ความเร็วลมตั้งต้นภายนอกอาคาร (เมตรต่อวินาที) วัดที่ระดับเดียวกับความสูงจากพื้นห้องบริเวณชั้นสองของอาคาร 1 เมตร อยู่ที่ระดับประมาณ 5 เมตร

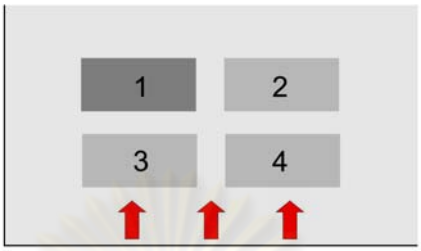
$\delta_s(V_i)$ = ค่าเบี่ยงเบนความเร็วลมเฉลี่ย (Standard Deviation of V_i)

n = จำนวนตำแหน่งที่วัดลม

จากการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น ได้ผลการทดลอง ทั้ง 12 กรณี ดังนี้

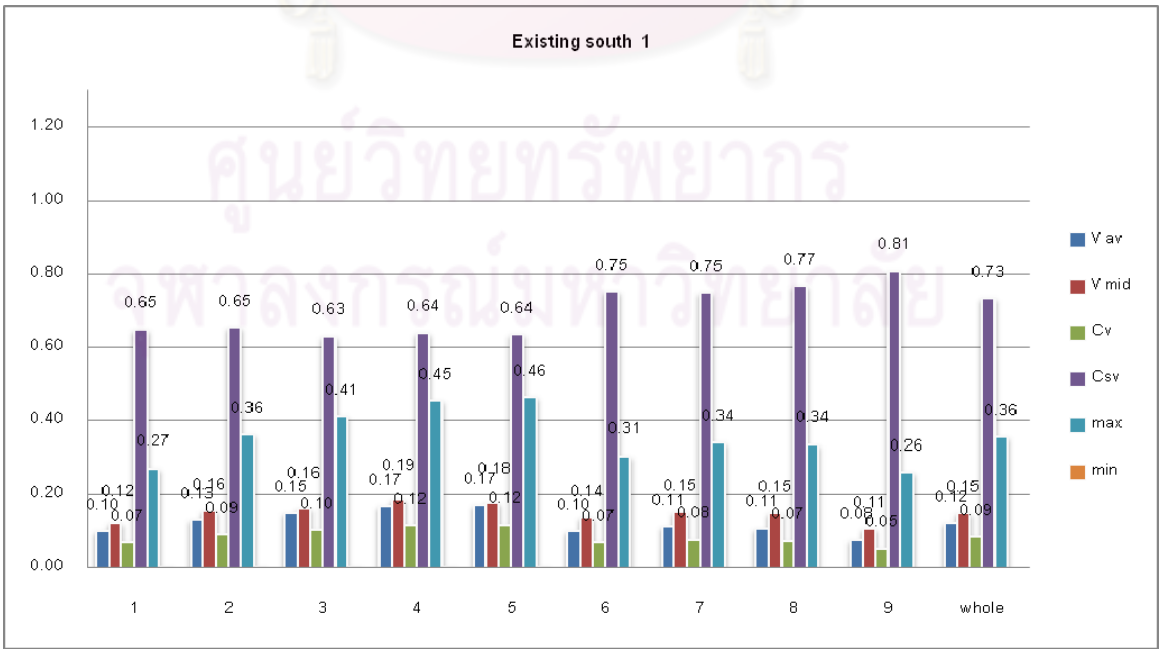
อาคารวางตำแหน่งที่ 1

กรณีที่ 1.1 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศใต้



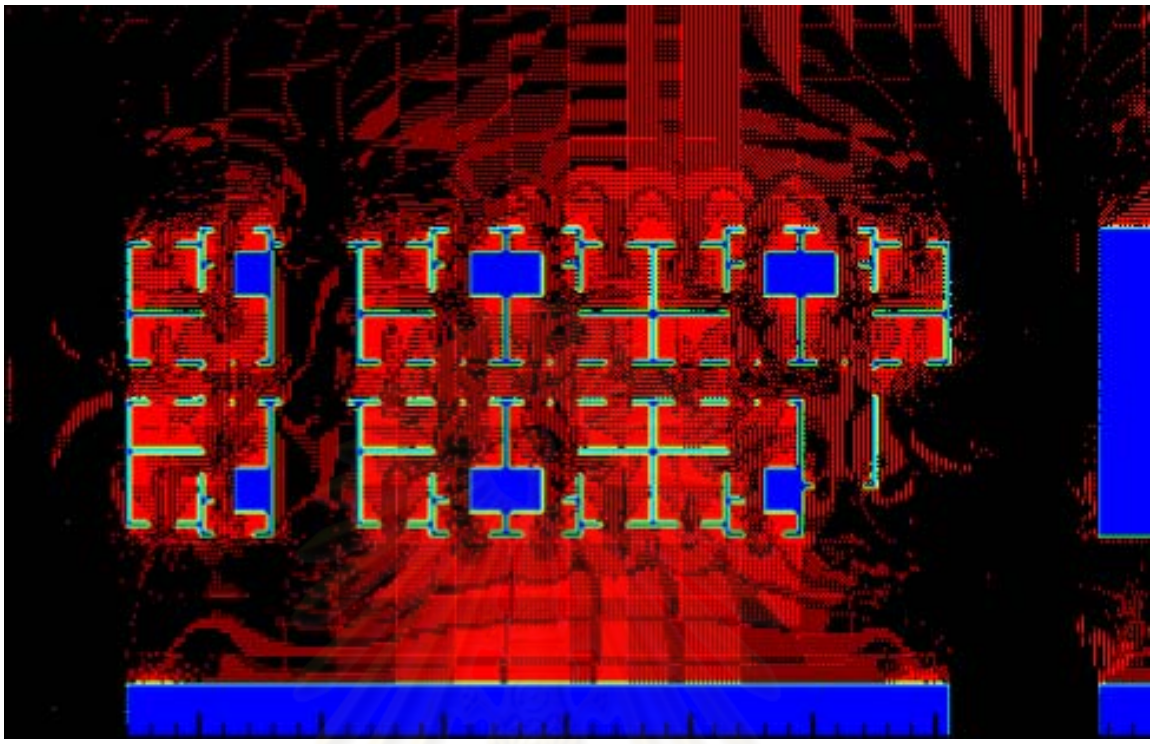
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1

Existing south 1							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.10	0.12	0.07	0.65	0.27	0.00
	2	0.13	0.16	0.09	0.65	0.36	0.00
	3	0.15	0.16	0.10	0.63	0.41	0.00
	4	0.17	0.19	0.12	0.64	0.45	0.00
	5	0.17	0.18	0.12	0.64	0.46	0.00
	6	0.10	0.14	0.07	0.75	0.31	0.00
	7	0.11	0.15	0.08	0.75	0.34	0.00
	8	0.11	0.15	0.07	0.77	0.34	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.08	0.11	0.05	0.81	0.26	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.12	0.15	0.09	0.73	0.36	0.00

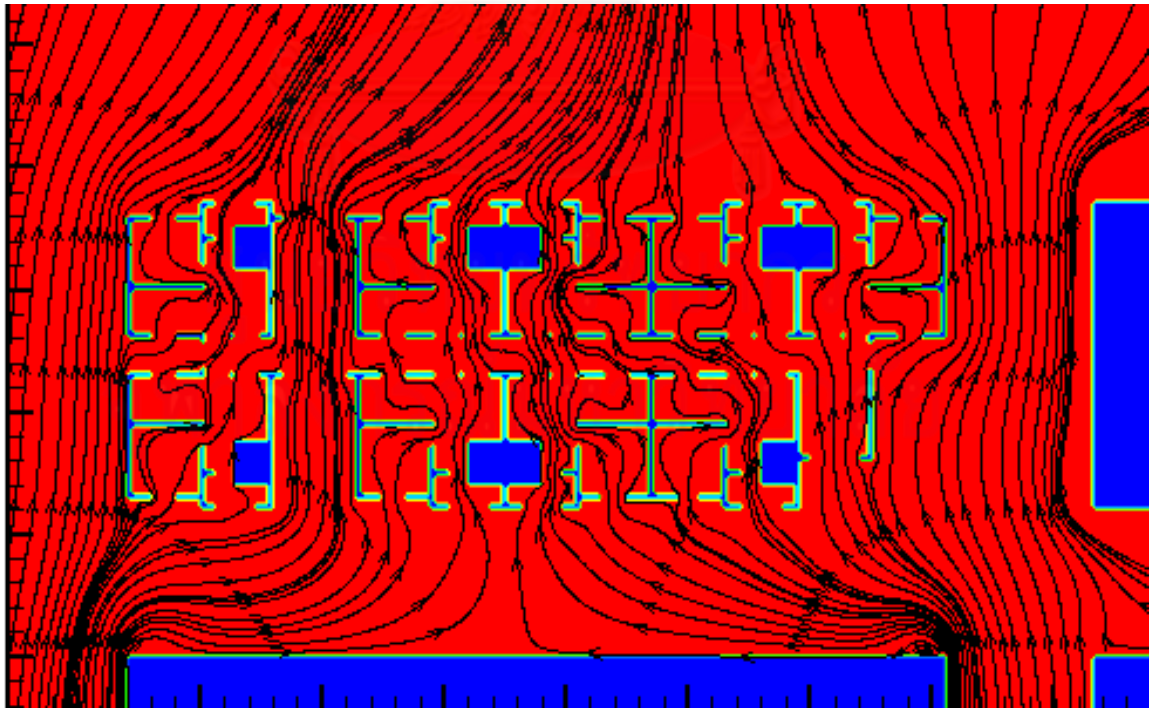


แผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.17 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.1



ภาพที่ 4.18 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.1

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 4 และ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 4 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 4 และ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 จะเห็นว่า ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมี ค่าเท่ากับ 0.73 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือ ห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.81 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.63

ค่าความเร็วลมสูงสุด

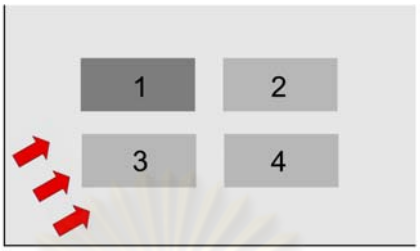
จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.36 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.46 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.26 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้มาบัง ทำให้ลมไม่เข้าสู่อาคารทางทิศใต้โดยตรง แต่จะเข้าสู่อาคารจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แทน จากภาพที่ 4.17 และ 4.18 จะเห็นว่าลมส่วนมากจะไหลผ่านหน่วยพักอาศัยในบริเวณห้องครัว เนื่องจากเป็นช่องเปิดที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และทางออกของลมในทิศทางตรงข้ามอย่างชัดเจน ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด

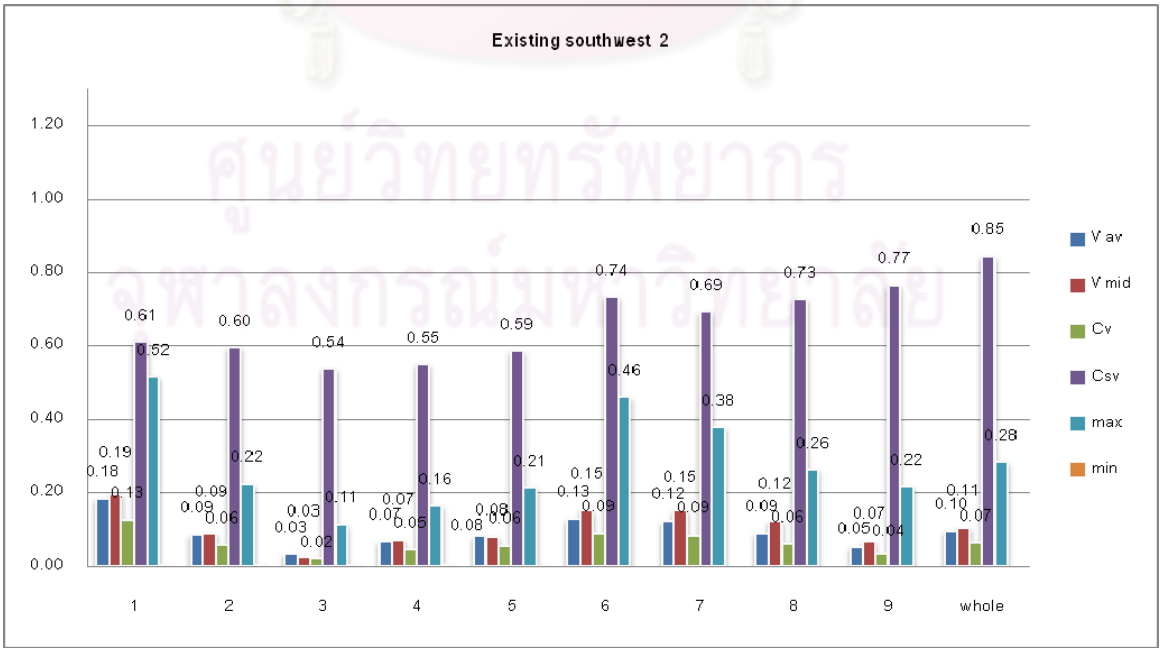
อาคารวางตำแหน่งที่ 1

กรณีที่ 1.2 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตกเฉียงใต้

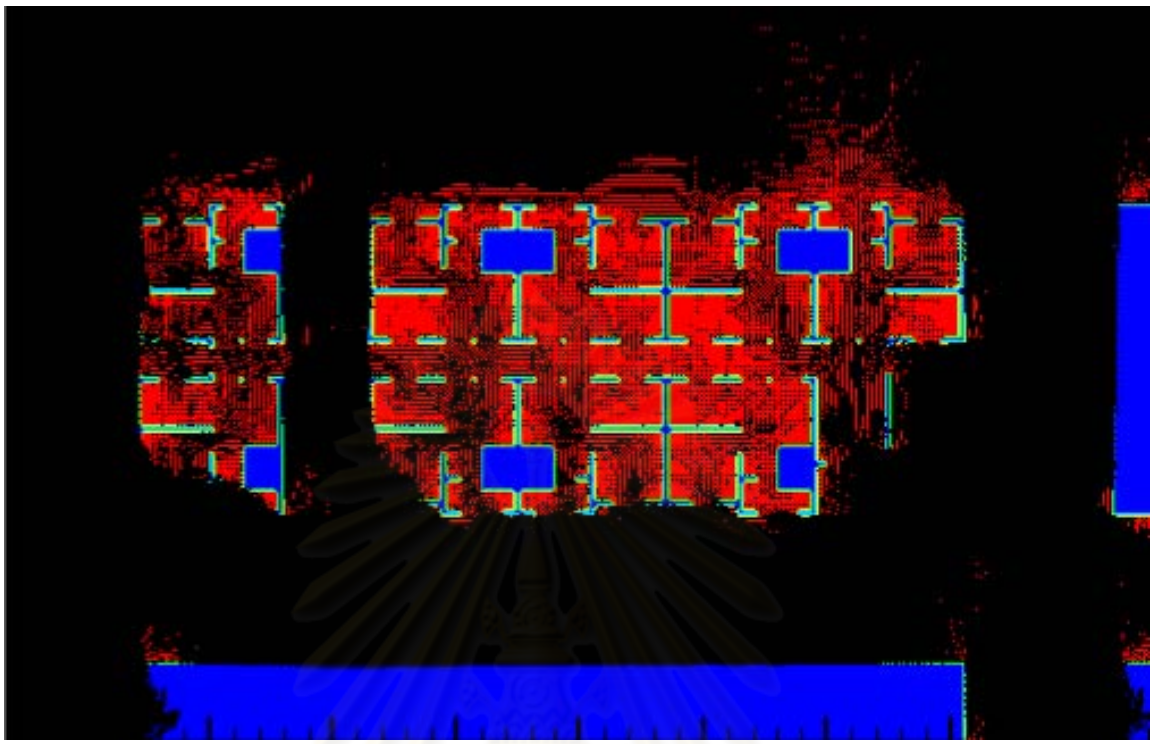


ตารางที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2

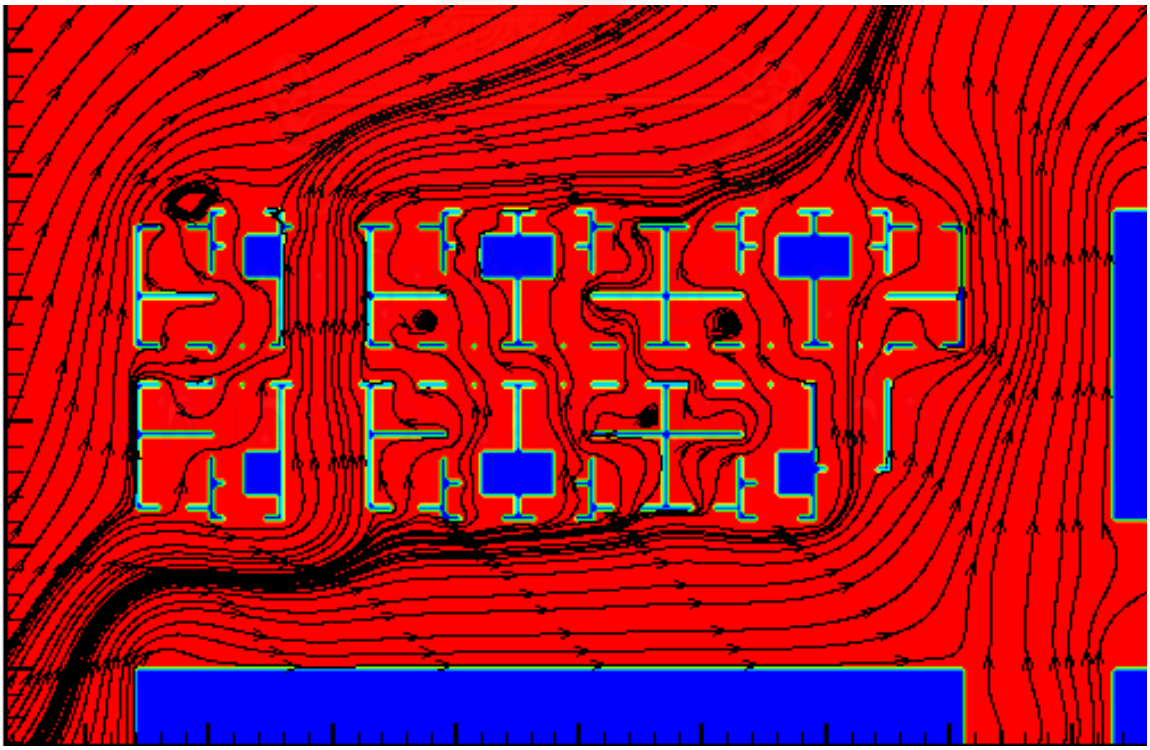
Existing southwest 1							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.18	0.19	0.13	0.61	0.52	0.00
	2	0.09	0.09	0.06	0.60	0.22	0.00
	3	0.03	0.03	0.02	0.54	0.11	0.00
	4	0.07	0.07	0.05	0.55	0.16	0.01p
	5	0.08	0.08	0.06	0.59	0.21	0.00
	6	0.13	0.15	0.09	0.74	0.46	0.00
	7	0.12	0.15	0.09	0.69	0.38	0.00
	8	0.09	0.12	0.06	0.73	0.26	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.05	0.07	0.04	0.77	0.22	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.10	0.11	0.07	0.85	0.28	0.00



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2



ภาพที่ 4.19 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.2



ภาพที่ 4.20 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.2

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 3 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 จะเห็นว่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 3 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 3 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.85 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.77 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.54

ค่าความเร็วลมสูงสุด

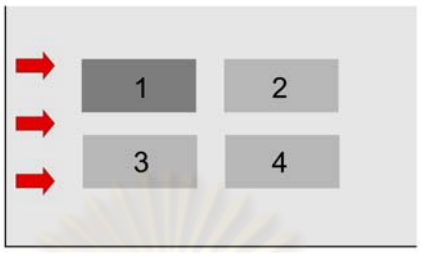
จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.2 จะเห็นว่าความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.52 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 3 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้มาบัง ทำให้ลมไม่เข้าสู่อาคารได้ตลอดแนวยาวของอาคาร แต่จะเข้าเฉพาะทางด้านซ้ายของอาคาร (ห้องที่ 1 และ 6) จากนั้นไหลออกทางโถงบันไดและไหลเลียบอาคารไป โดยไม่ไหลเข้าสู่ภายในอาคาร เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความดันของทางเข้าและทางออกของลมมีค่าน้อย จากภาพที่ 4.19 และ 4.20 จะเห็นว่าลม ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด

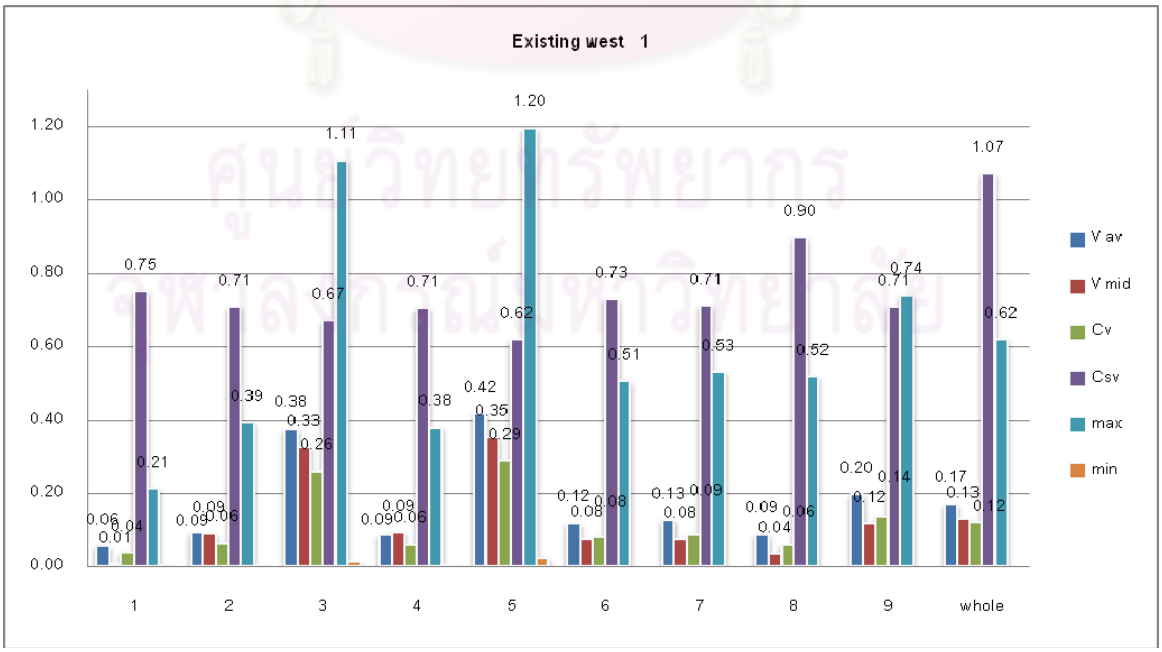
อาคารวางตำแหน่งที่ 1

กรณีที่ 1.3 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตก

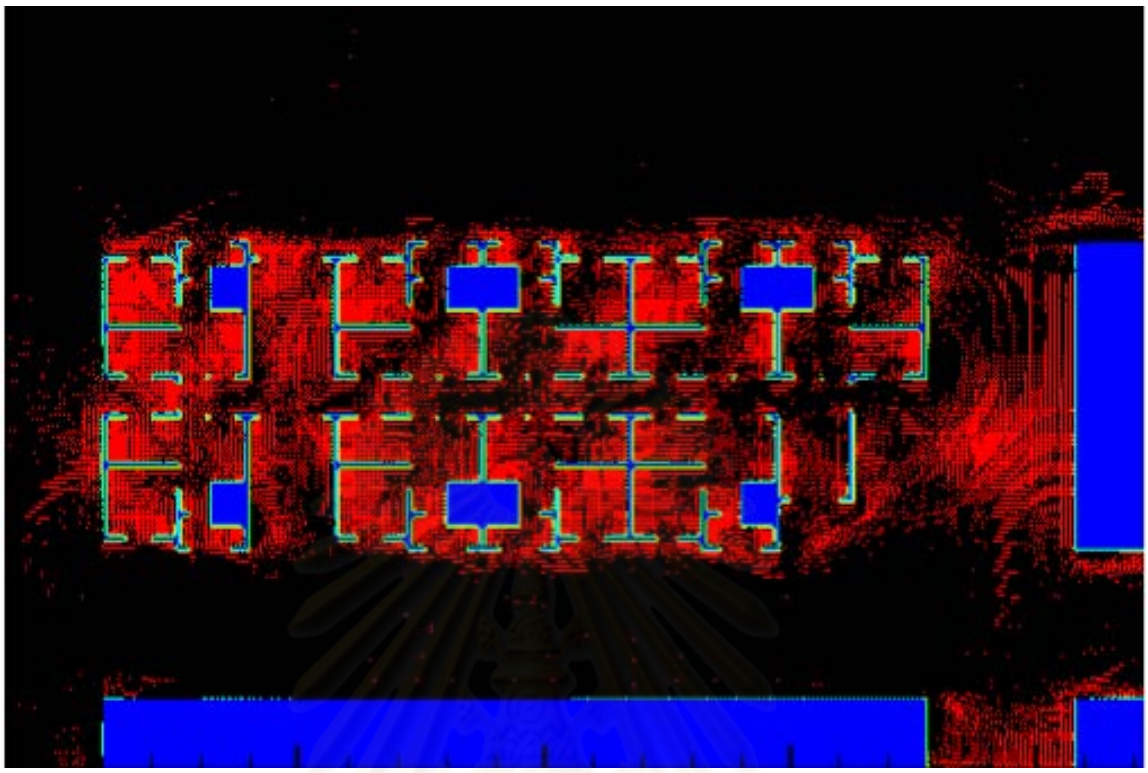


ตารางที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3

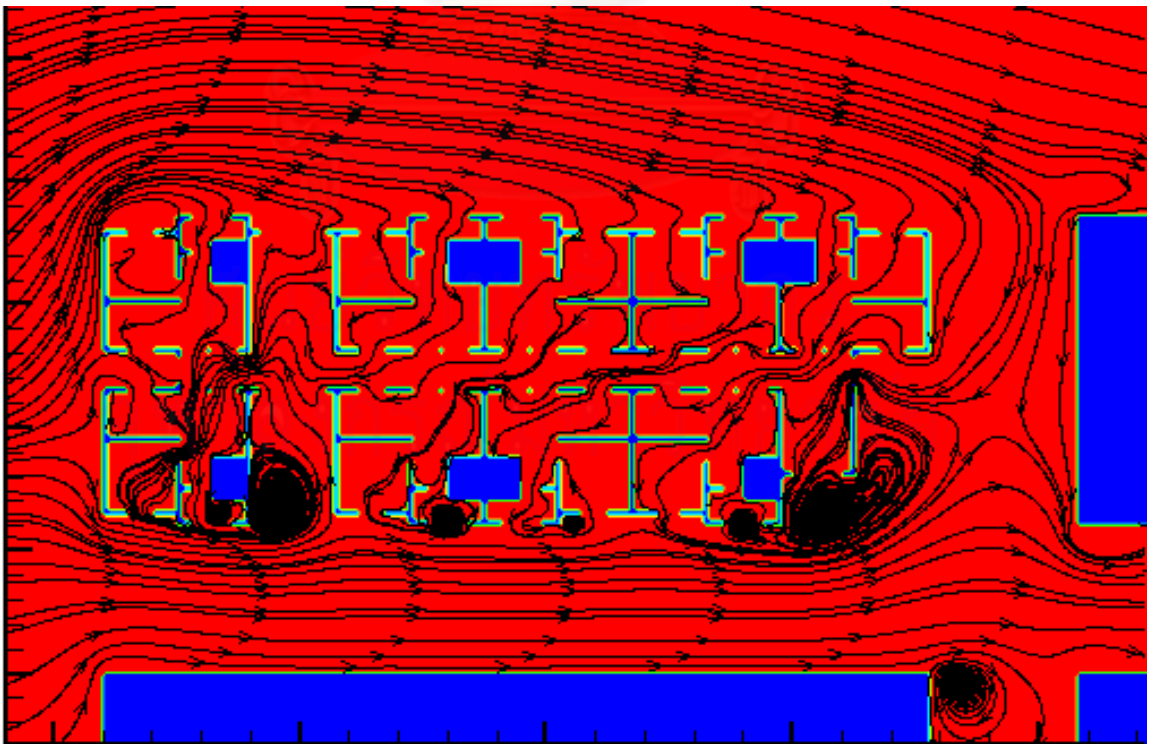
Existing west 1							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.06	0.01	0.04	0.75	0.21	0.00
	2	0.09	0.09	0.06	0.71	0.39	0.00
	3	0.38	0.33	0.26	0.67	1.11	0.02
	4	0.09	0.09	0.06	0.71	0.38	0.00
	5	0.42	0.35	0.29	0.62	1.20	0.02
	6	0.12	0.08	0.08	0.73	0.51	0.00
	7	0.13	0.08	0.09	0.71	0.53	0.00
	8	0.09	0.04	0.06	0.90	0.52	0.00
	9	0.20	0.12	0.14	0.71	0.74	0.00
ค่าสูงสุด	whole	0.17	0.13	0.12	1.07	0.62	0.00
ค่าต่ำสุด							



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3



ภาพที่ 4.21 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.3



ภาพที่ 4.22 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 1.3

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.42 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 จะเห็นว่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.01 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.29 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 1.07 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 8 มีค่าสูงถึง 0.90 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.62

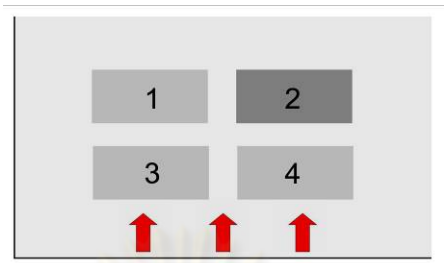
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 1.3 จะเห็นว่าความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.62 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.21 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตก เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทำให้ลมไหลผ่านอาคารทางทิศใต้น้อยกว่าทำให้เกิดลมไหลผ่านตัวอาคารจากห้องทางทิศเหนือสู่ห้องทางทิศใต้ และเกิดการไหลวนของลมบางจุดทางทิศใต้ของอาคาร แต่จะเป็นพื้นที่ภายนอกอาคาร เช่นโถงบันได และพื้นที่ห้องครัวบางห้อง จึงไม่ก่อให้เกิดการรบกวนมากนัก จากภาพที่ 4.21 และ 4.22 จะเห็นว่าลม ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศเหนือทางสู่ห้องทางทิศใต้ ซึ่งจะทำให้ห้องทางใต้เหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศเหนือ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศเหนือไม่เปิดช่องเปิด

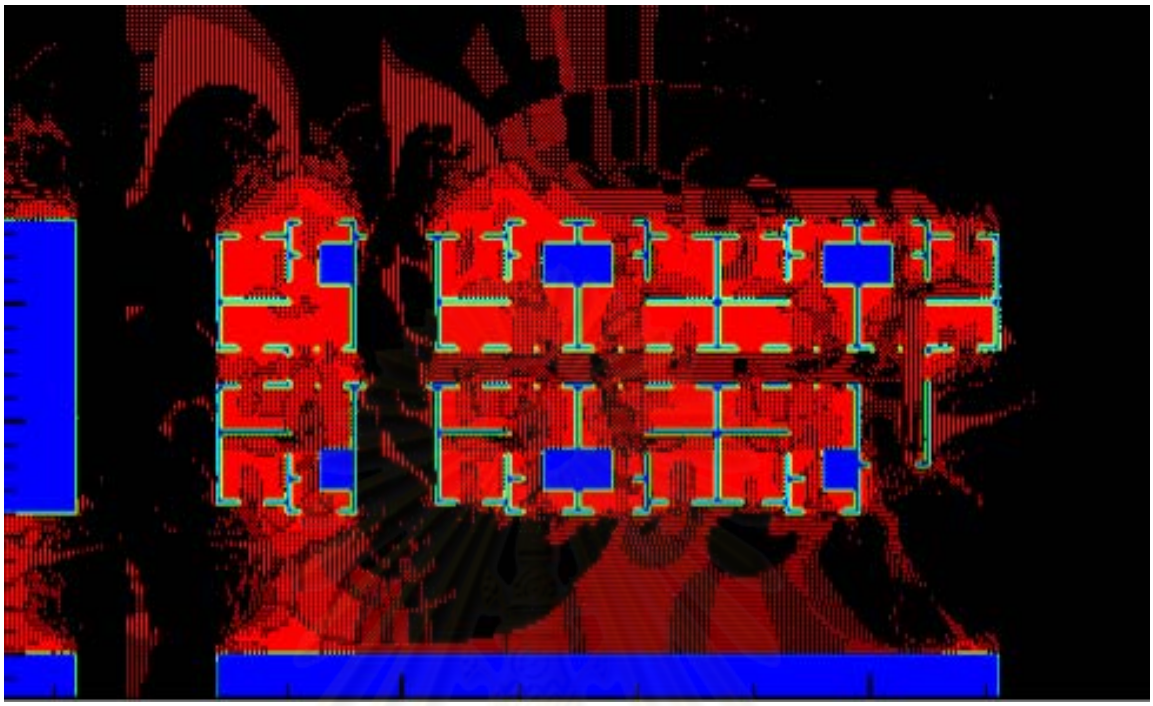
กรณีที่ 2.1 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ทิศทางลมภายนอกคือทิศใต้



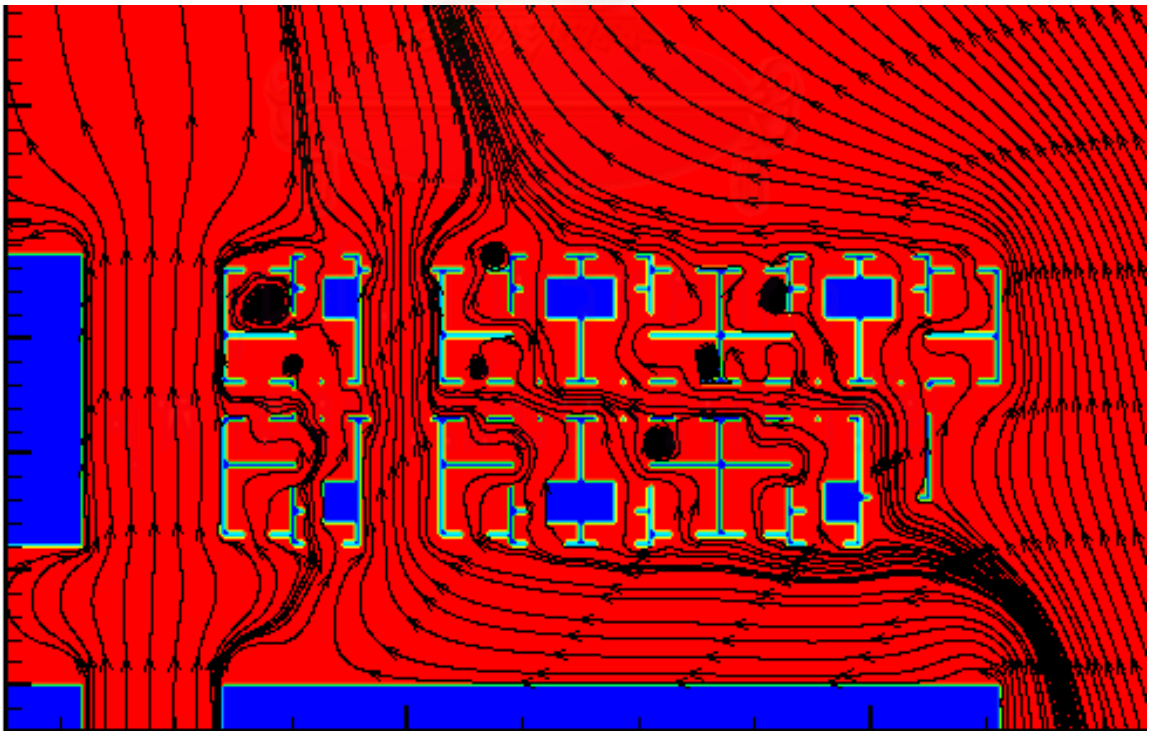
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1

Existing south 2							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.03	0.03	0.02	0.44	0.07	0.00
	2	0.06	0.07	0.04	0.54	0.16	0.00
	3	0.06	0.05	0.04	0.51	0.15	0.00
	4	0.08	0.08	0.05	0.58	0.19	0.00
	5	0.13	0.13	0.09	0.62	0.35	0.00
	6	0.07	0.10	0.05	0.72	0.19	0.00
	7	0.07	0.11	0.05	0.72	0.21	0.00
	8	0.08	0.11	0.05	0.79	0.24	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.05	0.08	0.03	0.73	0.14	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.07	0.08	0.05	0.78	0.19	0.00

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1



ภาพที่ 4.23 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.1



ภาพที่ 4.24 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.1

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.78 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 8 มีค่าสูงถึง 0.79 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.44

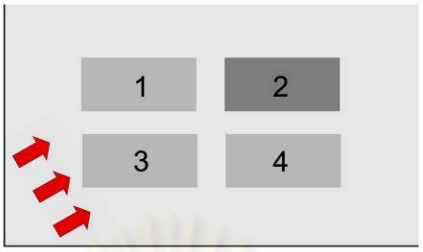
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

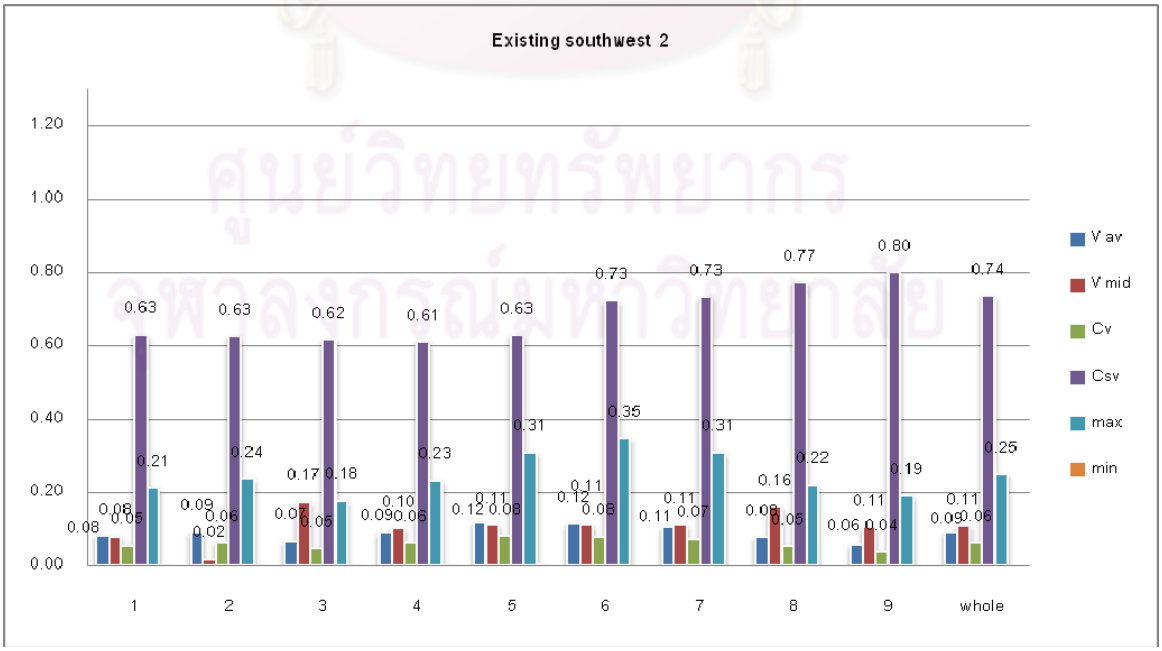
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้มาบัง ทำให้ลมไม่เข้าสู่อาคารทางทิศใต้โดยตรง แต่จะเข้าสู่อาคารจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แทน และเนื่องจากมีอาคารทางทิศตะวันตกมาบังด้วย ทำให้ลมไหลผ่านอาคารบริเวณนั้นน้อยลง ลมจึงไหลเข้าสู่อาคารทางด้านขวามากกว่าทางด้านซ้าย จากภาพที่ 4.23 และ 4.24 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด อีกทั้งภายในอาคารยังเกิดลมไหลวนในบางบริเวณ

กรณีที่ 2.2 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตกเฉียงใต้

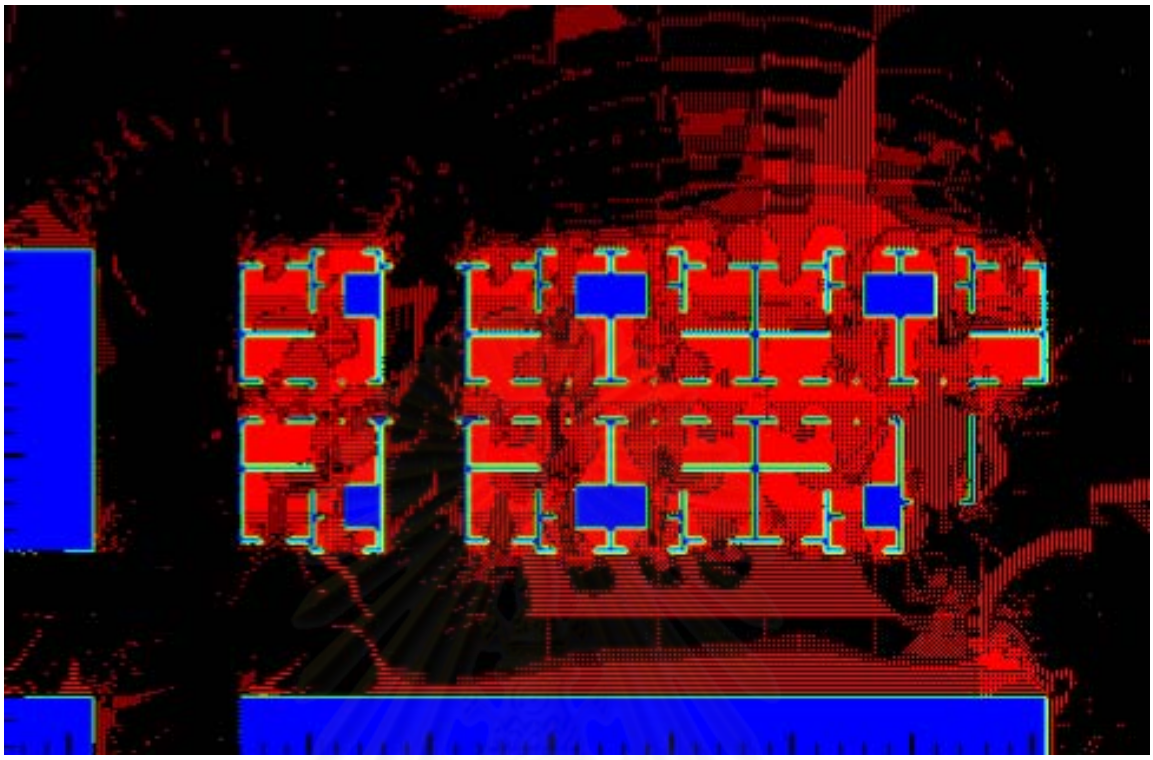


ตารางที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2

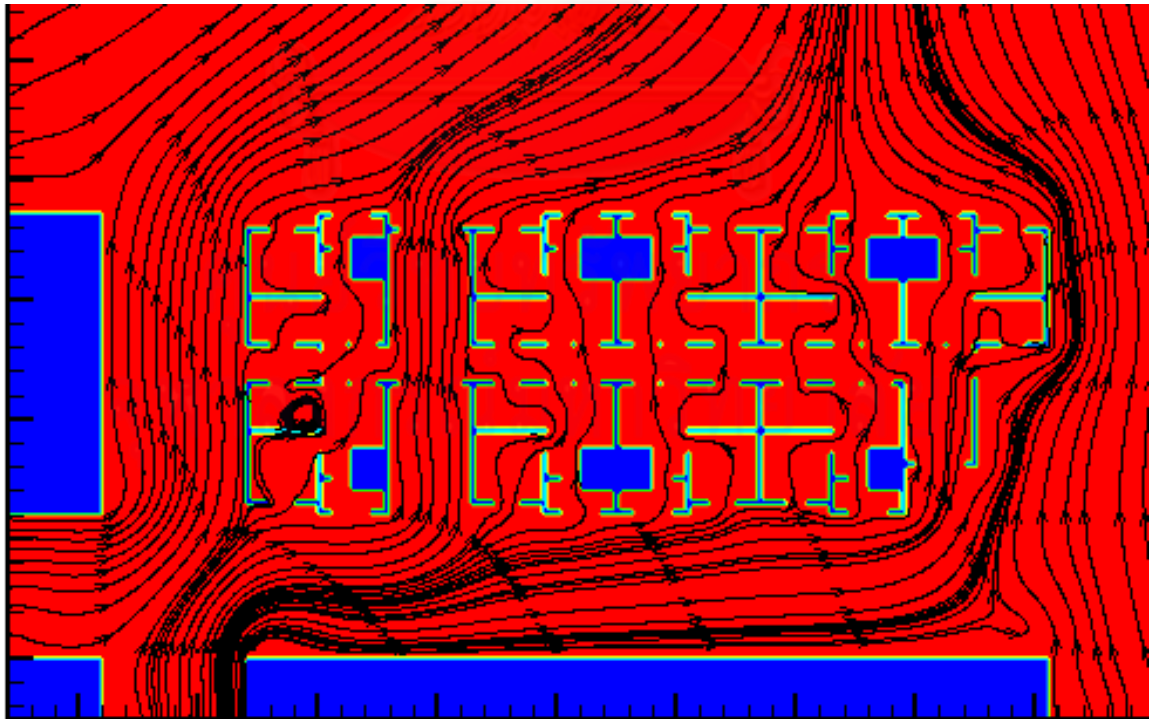
Existing southwest 2							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.08	0.08	0.05	0.63	0.21	0.00
	2	0.09	0.02	0.06	0.63	0.24	0.00
	3	0.07	0.17	0.05	0.62	0.18	0.00
	4	0.09	0.10	0.06	0.61	0.23	0.00
	5	0.12	0.11	0.08	0.63	0.31	0.00
	6	0.12	0.11	0.08	0.73	0.35	0.00
	7	0.11	0.11	0.07	0.73	0.31	0.00
	8	0.08	0.16	0.05	0.77	0.22	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.06	0.11	0.04	0.80	0.19	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.09	0.11	0.06	0.74	0.25	0.00



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2



ภาพที่ 4.25 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.2



ภาพที่ 4.26 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.2

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 จะเห็นว่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 3 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 2 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.74 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.80 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.61

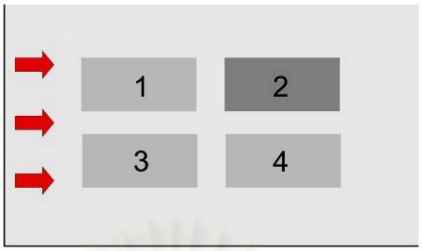
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.2 จะเห็นว่าความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.25 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 6 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 3 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงใต้มาบัง ทำให้ลมไม่เข้าสู่อาคารได้ ลมจึงไหลผ่านอาคารในอัตราที่น้อยมาก จากภาพที่ 4.25 และ 4.26 จะเห็นว่าลม ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด

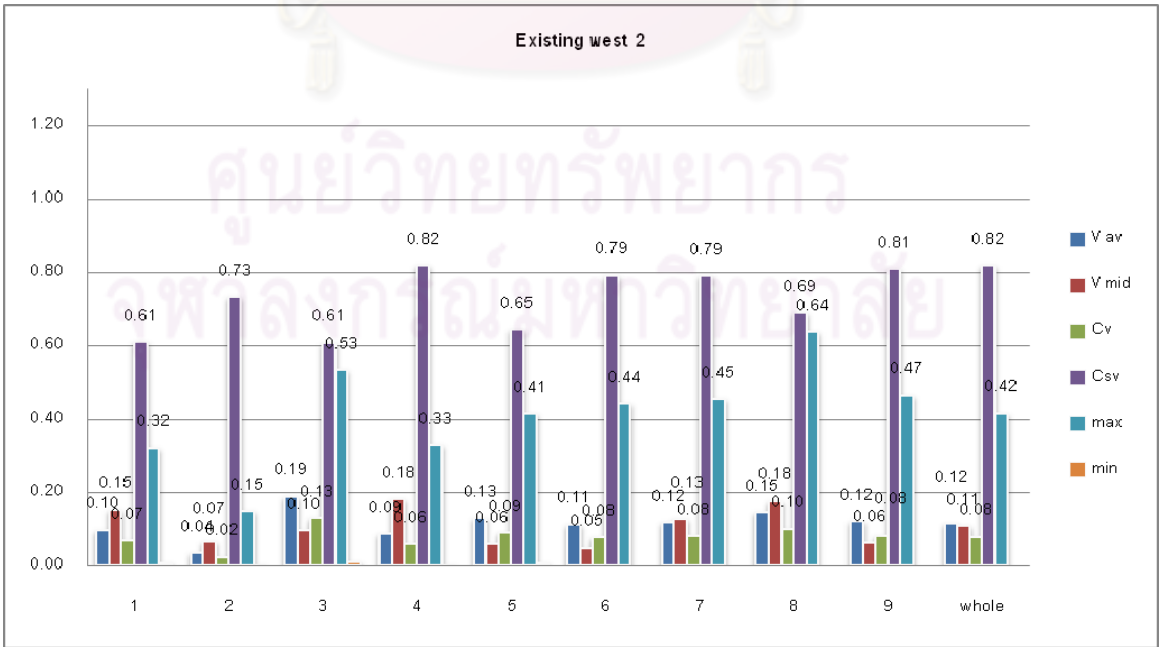
กรณีที่ 2.3 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตก



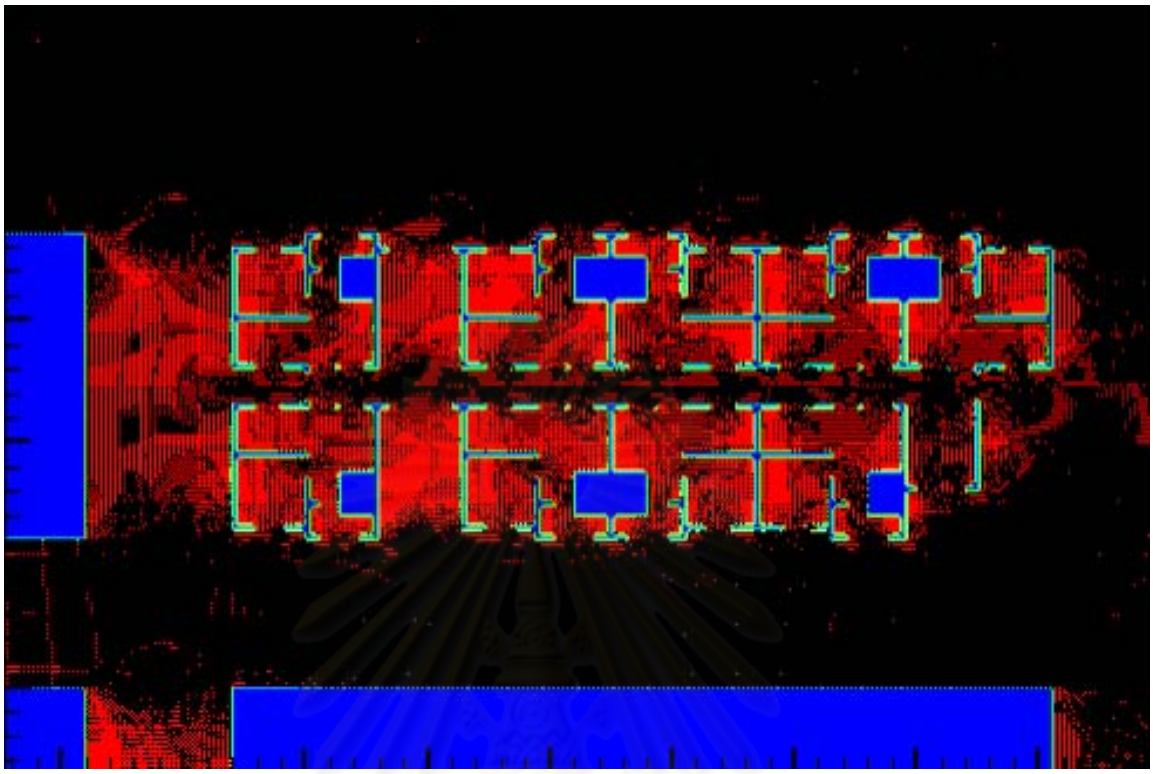
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3

Existing west 2							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.10	0.15	0.07	0.61	0.32	0.01
	2	0.04	0.07	0.02	0.73	0.15	0.00
	3	0.19	0.10	0.13	0.61	0.53	0.01
	4	0.09	0.18	0.06	0.82	0.33	0.00
	5	0.13	0.06	0.09	0.65	0.41	0.01
	6	0.11	0.05	0.08	0.79	0.44	0.00
	7	0.12	0.13	0.08	0.79	0.45	0.00
	8	0.15	0.18	0.10	0.69	0.64	0.00
	9	0.12	0.06	0.08	0.81	0.47	0.00
	whole	0.12	0.11	0.08	0.82	0.42	0.00

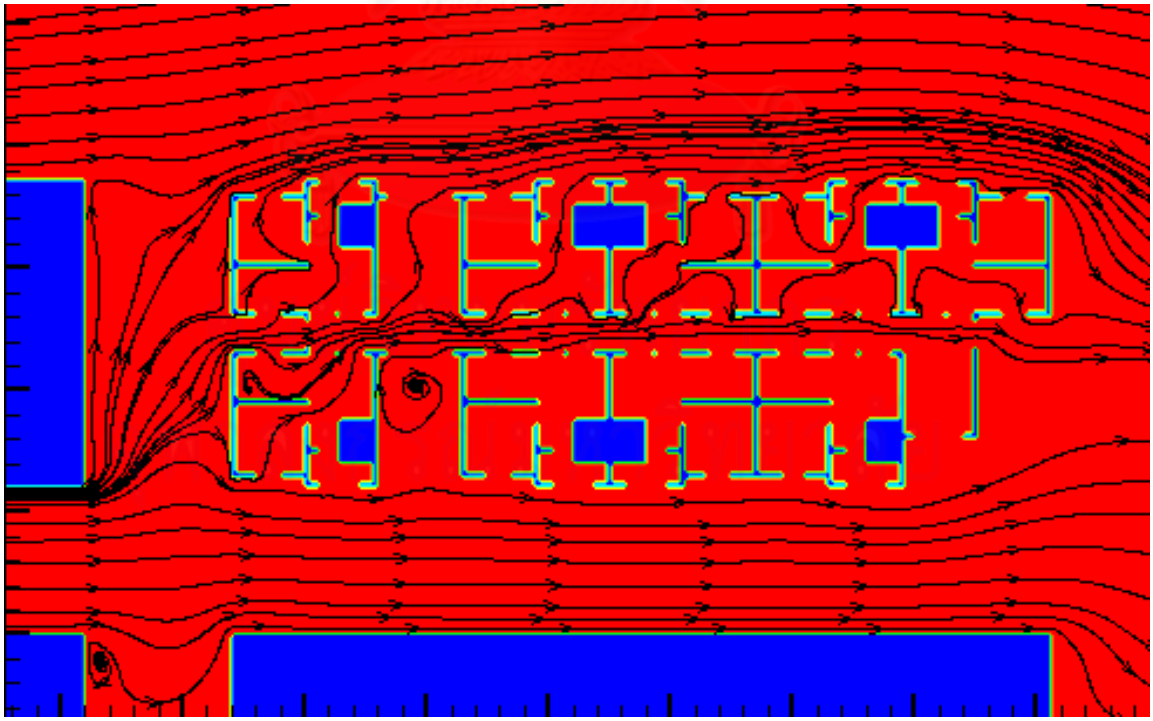
ค่าสูงสุด
ค่าต่ำสุด



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3



ภาพที่ 4.27 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.3



ภาพที่ 4.28 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 2.3

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 3 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 2 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 จะเห็นว่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 4 และ 8 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 6 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 3 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 2 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.82 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 4 มีค่าสูงถึง 0.82 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.61

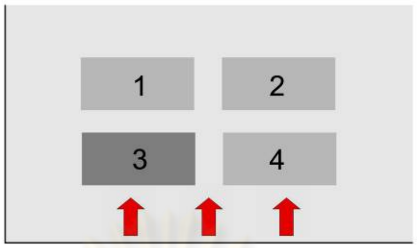
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 2.3 จะเห็นว่าความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.42 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 8 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.64 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 2 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

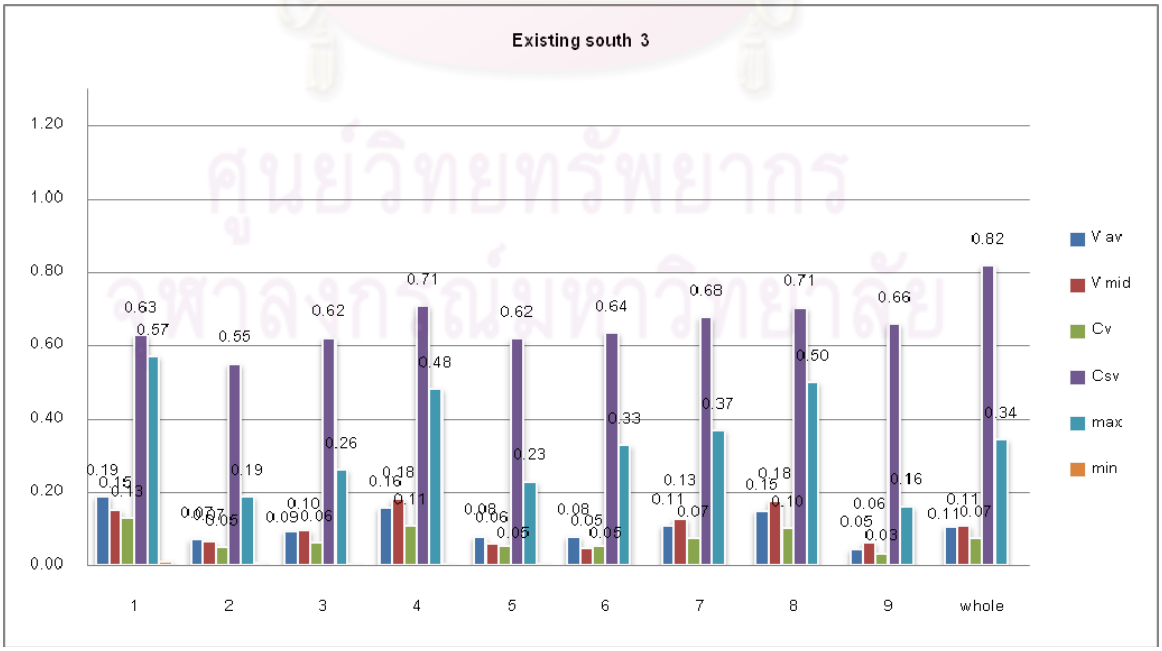
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตก เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศตะวันตก ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ ทำให้ลมไหลผ่านช่องเปิดของอาคารทางทิศเหนือและทิศใต้ไป และมีลมบางส่วนไหลจากทางทิศใต้และเข้าสู่ภายในอาคารโดยช่องเปิดของโถงทางเดิน ซึ่งเป็นทางเข้าเดียวของลมที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้ จากนั้นไหลผ่านหน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือออกสู่ภายนอก และมีลมบางส่วนไหลผ่านห้องทางทิศใต้ ดังแสดงในภาพที่ 4.27 และ 4.28

กรณีที่ 3.1 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ทิศทางลมภายนอกคือทิศใต้

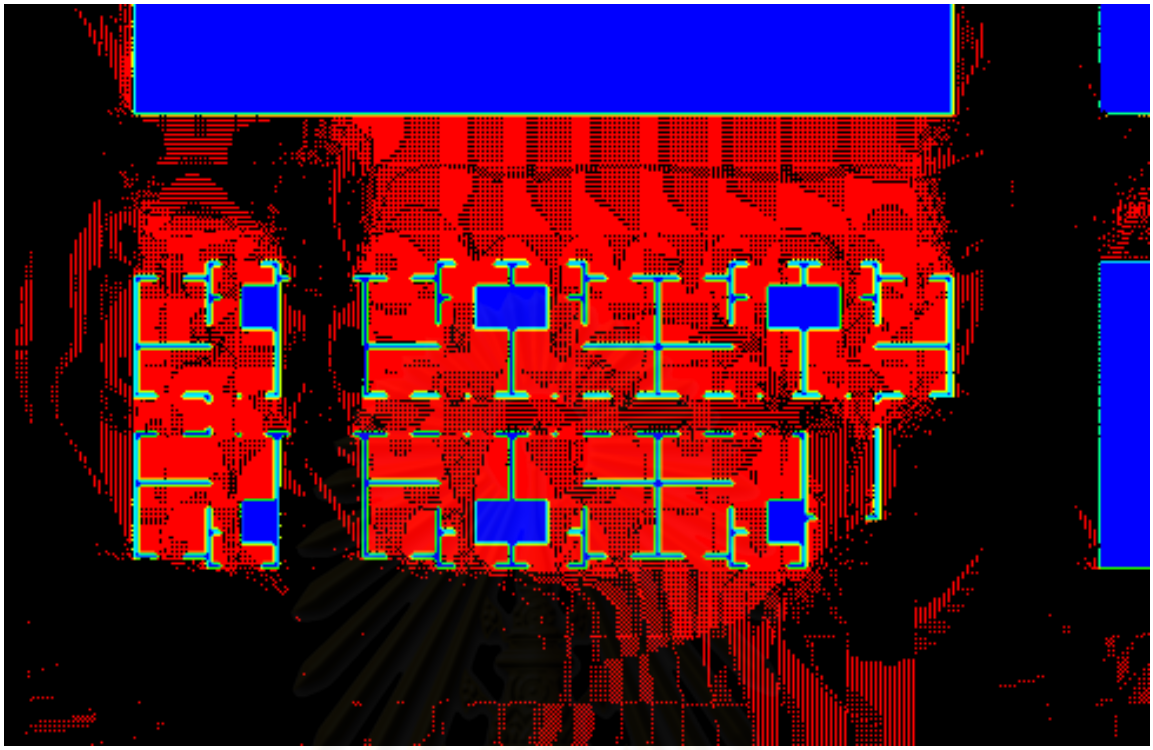


ตารางที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1

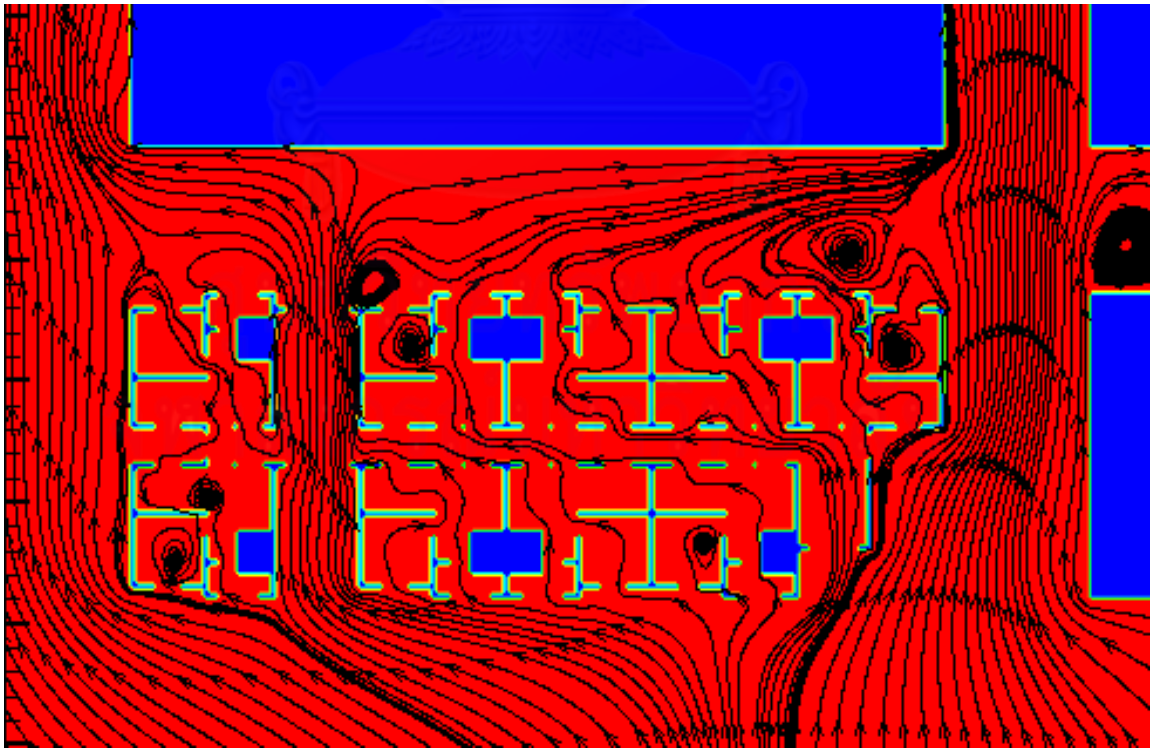
Existing south 3							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.19	0.15	0.13	0.63	0.57	0.01
	2	0.07	0.07	0.05	0.55	0.19	0.01
	3	0.09	0.10	0.06	0.62	0.26	0.00
	4	0.16	0.18	0.11	0.71	0.48	0.01
	5	0.08	0.06	0.05	0.62	0.23	0.01
	6	0.08	0.05	0.05	0.64	0.33	0.00
	7	0.11	0.13	0.07	0.68	0.37	0.00
	8	0.15	0.18	0.10	0.71	0.50	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.05	0.06	0.03	0.66	0.16	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.11	0.11	0.07	0.82	0.34	0.00



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1



ภาพที่ 4.29 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.1



ภาพที่ 4.30 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.1

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 4 และ 8 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 6 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.82 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 4 และ 8 มีค่าสูงถึง 0.71 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.55

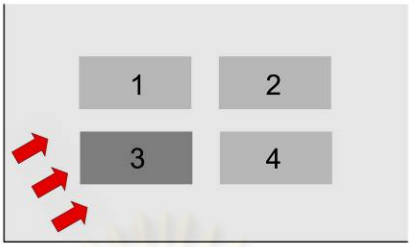
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.34 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 1 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.57 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 9 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.16 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

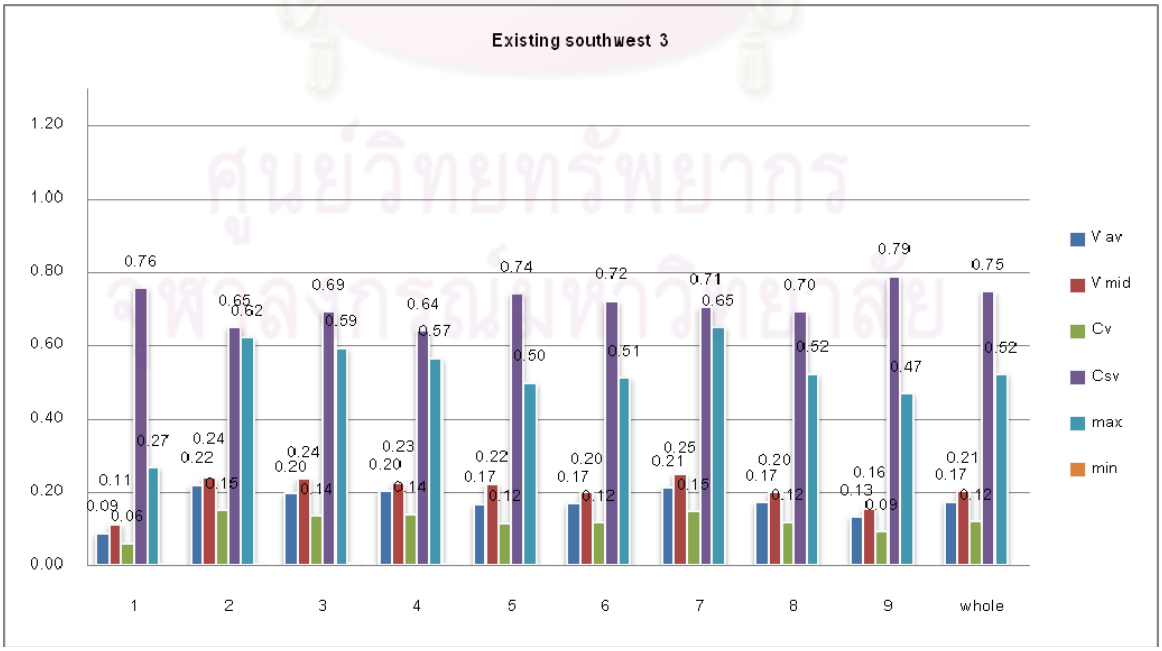
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ เนื่องจากไม่มีอาคารข้างเคียงมาบังลมจากภายนอก ทำให้ลมเข้าสู่อาคารทางทิศใต้โดยตรง แต่เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศเหนือมาบังทางออกของลม ทำให้ลมไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก จากภาพที่ 4.29 และ 4.30 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ยกเว้นห้องที่ 1 และ 6 ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด อีกทั้งภายในอาคารยังเกิดลมไหลวนในบางบริเวณ เนื่องจากภายในอาคารมีปริมาณอากาศน้อย จึงมีความดันอากาศที่น้อยตาม ทำให้ลมภายนอกไหลเข้ามาจากหลายทิศทาง

กรณีที่ 3.2 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตกเฉียงใต้

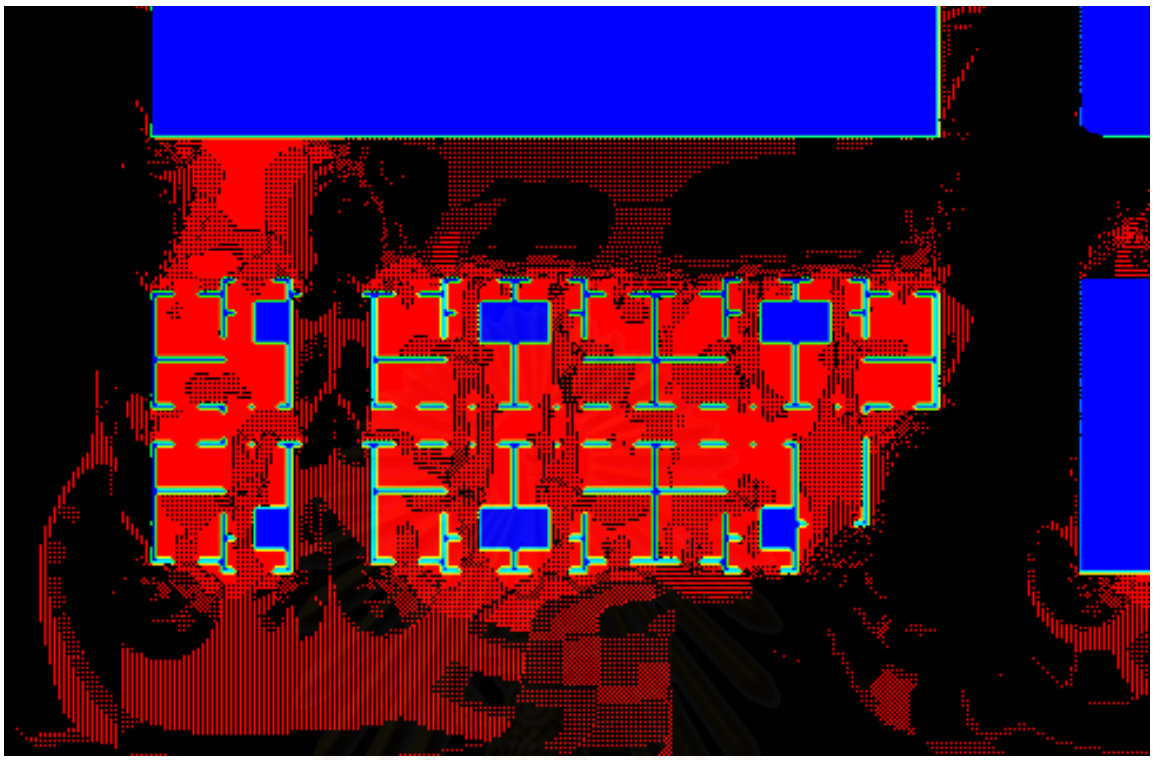


ตารางที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2

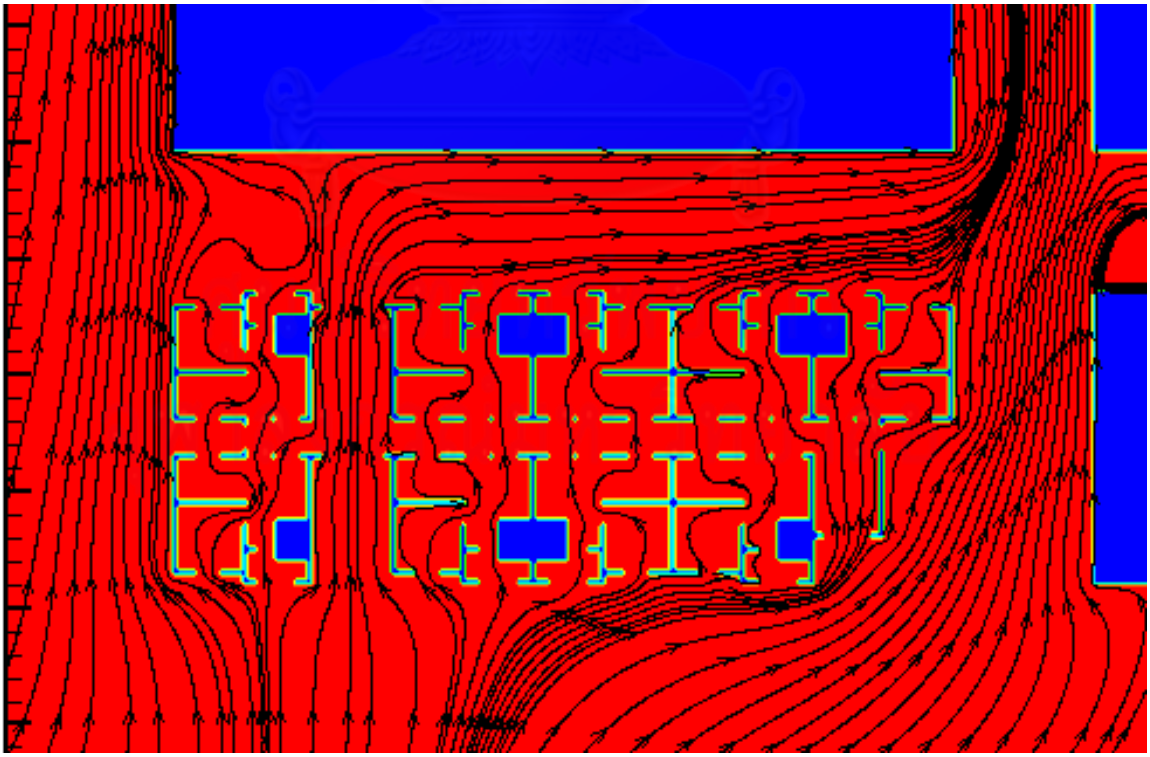
Existing southwest 3							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.09	0.11	0.06	0.76	0.27	0.00
	2	0.22	0.24	0.15	0.65	0.62	0.00
	3	0.20	0.24	0.14	0.69	0.59	0.01
	4	0.20	0.23	0.14	0.64	0.57	0.00
	5	0.17	0.22	0.12	0.74	0.50	0.00
	6	0.17	0.20	0.12	0.72	0.51	0.00
	7	0.21	0.25	0.15	0.71	0.65	0.00
	8	0.17	0.20	0.12	0.70	0.52	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.13	0.16	0.09	0.79	0.47	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.17	0.21	0.12	0.75	0.52	0.00



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2



ภาพที่ 4.31 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.2



ภาพที่ 4.32 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.2

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 2 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.22 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.21 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.25 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 2 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.75 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.79 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.64

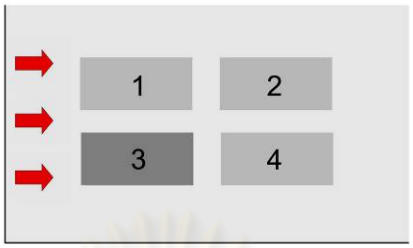
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.2 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.52 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.65 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.27 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

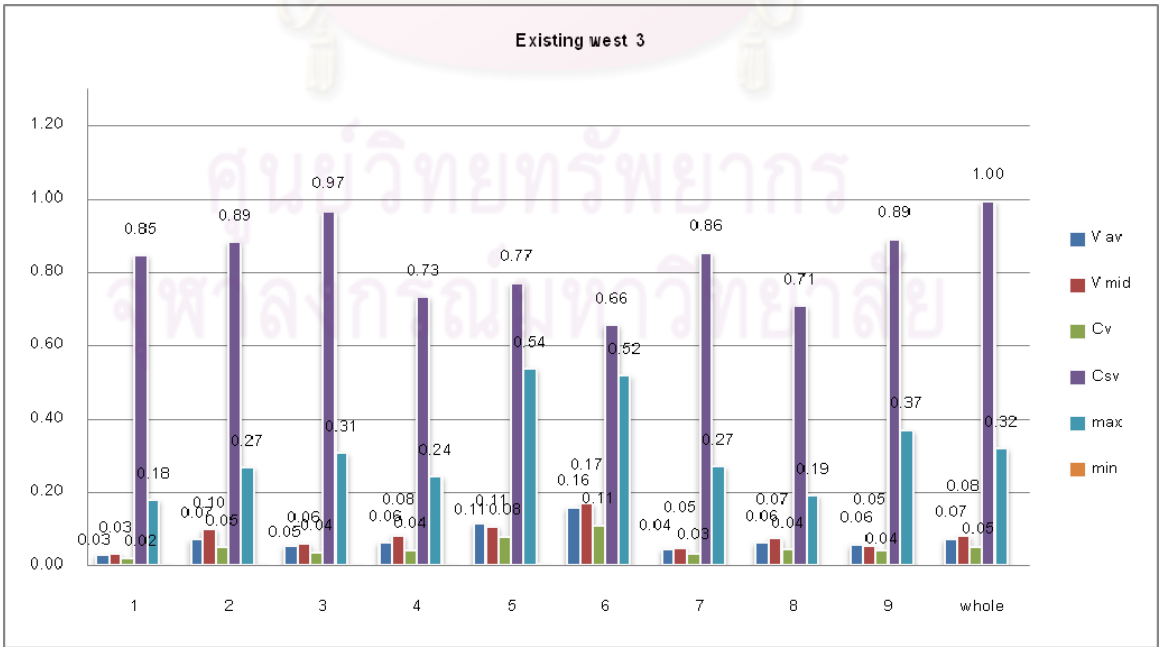
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากไม่มีอาคารข้างเคียงมาบังลมจากภายนอก ทำให้ลมเข้าสู่อาคารทางทิศใต้โดยตรง แต่เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศเหนือมาบังทางออกของลม ทำให้ลมไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก จากภาพที่ 4.31 และ 4.32 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ทางสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด เนื่องจากไม่เกิดการปะทะจากลมทางทิศใต้โดยตรง ทำให้ลมไหลเบี่ยงจากทิศที่เฉียงเป็นทิศที่ตรง จึงไม่ทำให้เกิดลมไหลวนภายในพื้นที่ของอาคาร

กรณีที่ 3.3 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตก

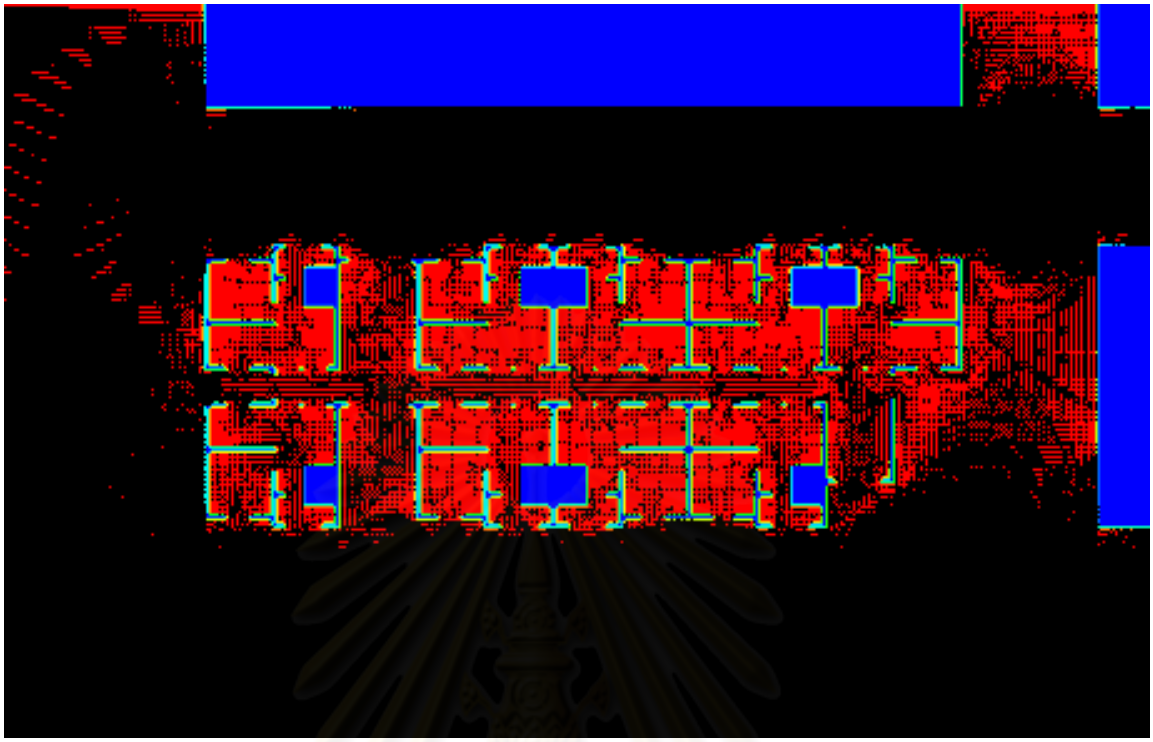


ตารางที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3

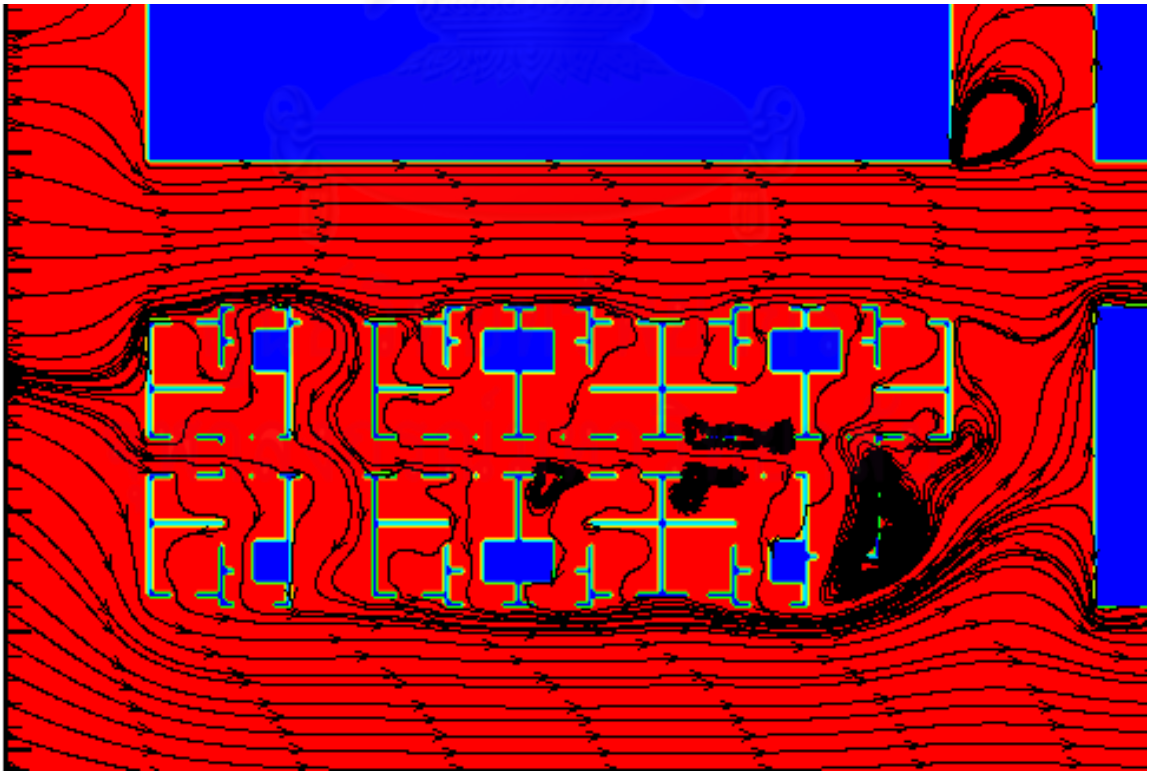
Existing west 4							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.03	0.03	0.02	0.85	0.18	0.00
	2	0.07	0.10	0.05	0.89	0.27	0.00
	3	0.05	0.06	0.04	0.97	0.31	0.00
	4	0.06	0.08	0.04	0.73	0.24	0.00
	5	0.11	0.11	0.08	0.77	0.54	0.00
	6	0.16	0.17	0.11	0.66	0.52	0.00
	7	0.04	0.05	0.03	0.86	0.27	0.00
	8	0.06	0.07	0.04	0.71	0.19	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.06	0.05	0.04	0.89	0.37	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.07	0.08	0.05	1.00	0.32	0.00



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3



ภาพที่ 4.33 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.3



ภาพที่ 4.34 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 3.3

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 6 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.16 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 6 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 6 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 1.00 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 3 มีค่าสูงถึง 0.97 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.66

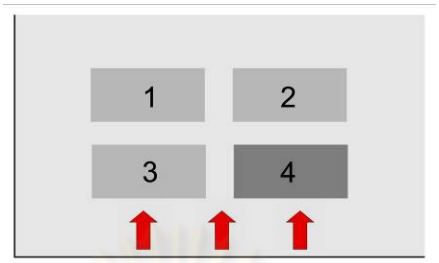
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 3.3 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.32 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.54 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

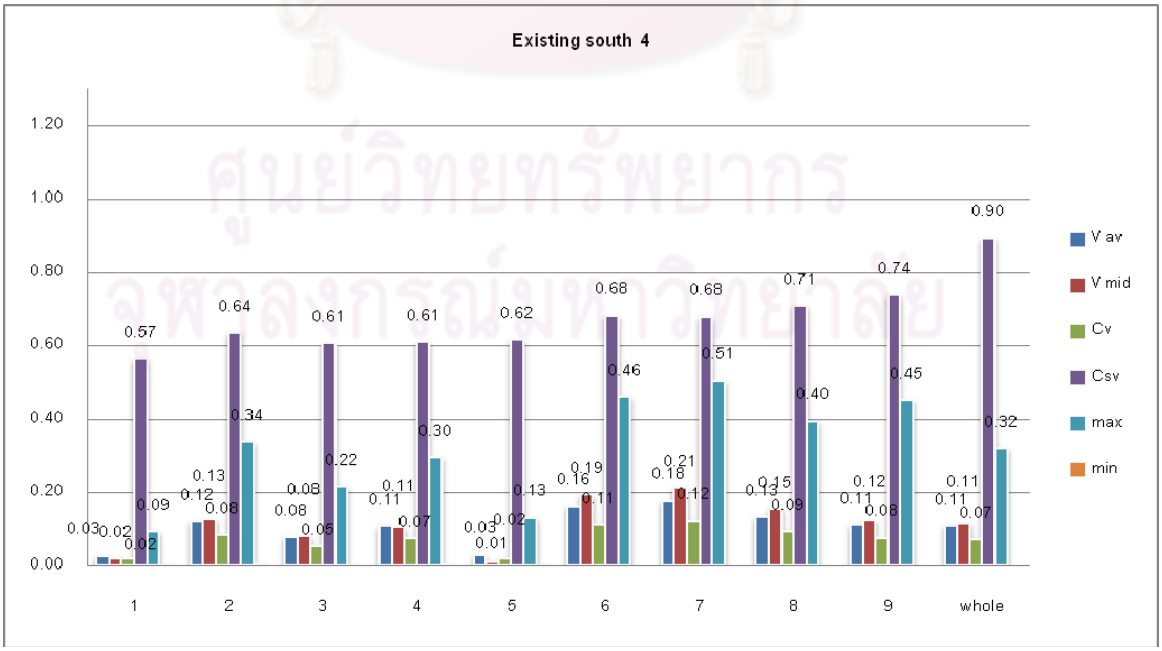
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากไม่มีอาคารข้างเคียงมาบังลมจากภายนอก ทำให้ลมเข้าสู่อาคารทางทิศใต้โดยตรง แต่เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศเหนือมาบังทางออกของลม ทำให้ลมไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก จากภาพที่ 4.33 และ 4.34 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศเหนือทางสู่ห้องทางทิศใต้ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด

กรณีที่ 4.1 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศใต้

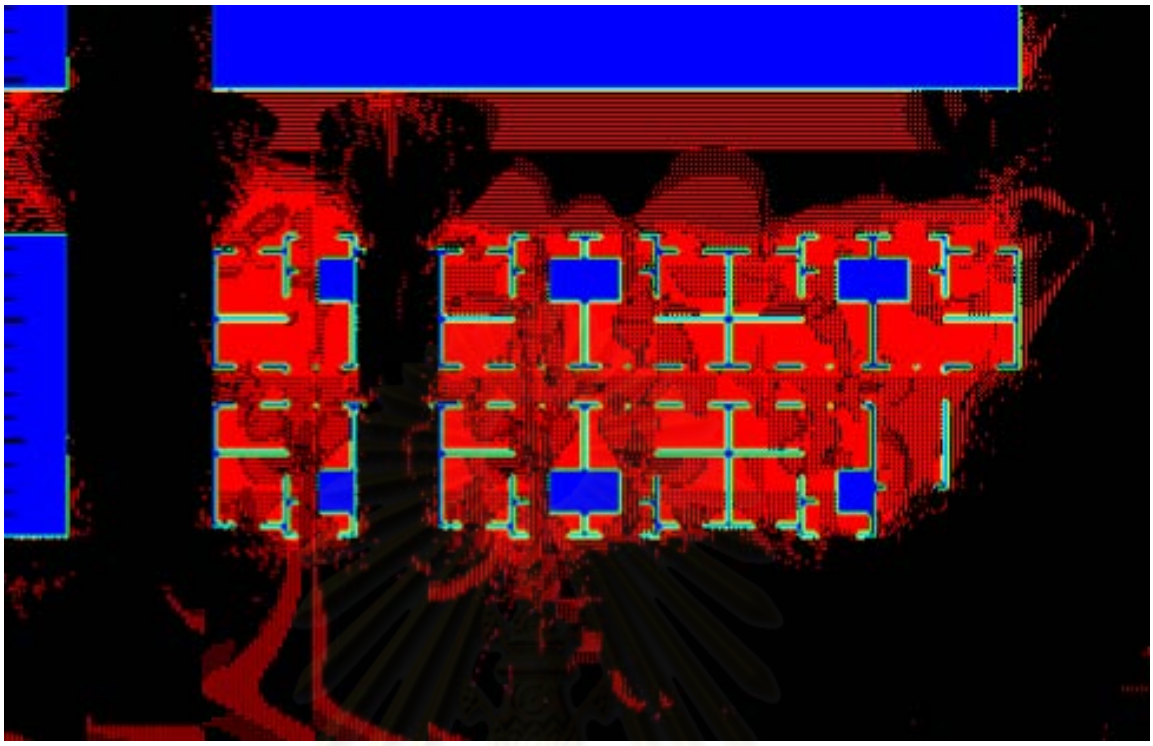


ตารางที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1

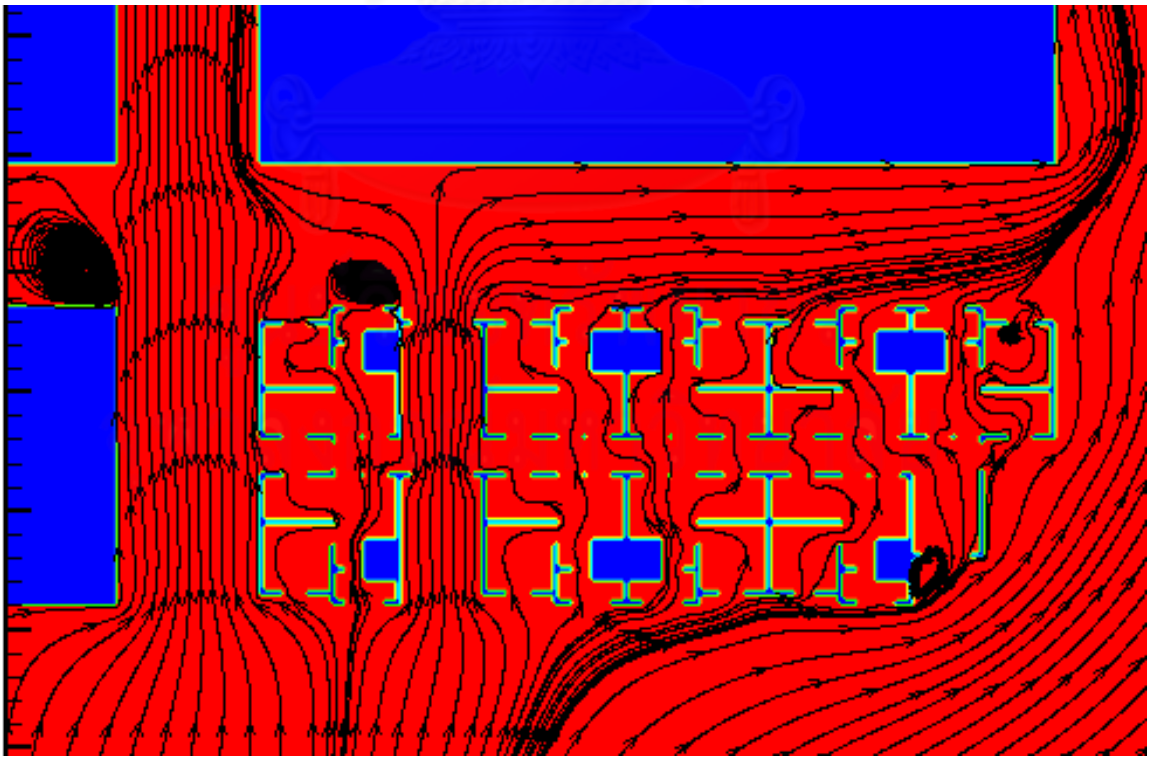
Existing south 4							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.03	0.02	0.02	0.57	0.09	0.00
	2	0.12	0.13	0.08	0.64	0.34	0.00
	3	0.08	0.08	0.05	0.61	0.22	0.00
	4	0.11	0.11	0.07	0.61	0.30	0.01
	5	0.03	0.01	0.02	0.62	0.13	0.00
	6	0.16	0.19	0.11	0.68	0.46	0.00
	7	0.18	0.21	0.12	0.68	0.51	0.00
	8	0.13	0.15	0.09	0.71	0.40	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.11	0.12	0.08	0.74	0.45	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.11	0.11	0.07	0.90	0.32	0.00



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1



ภาพที่ 4.35 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.1



ภาพที่ 4.36 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.1

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 และ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.21 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.01 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 และ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.90 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.74 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.57

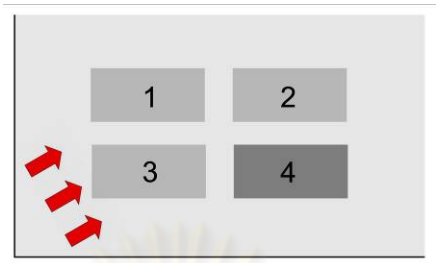
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.1 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.32 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.51 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

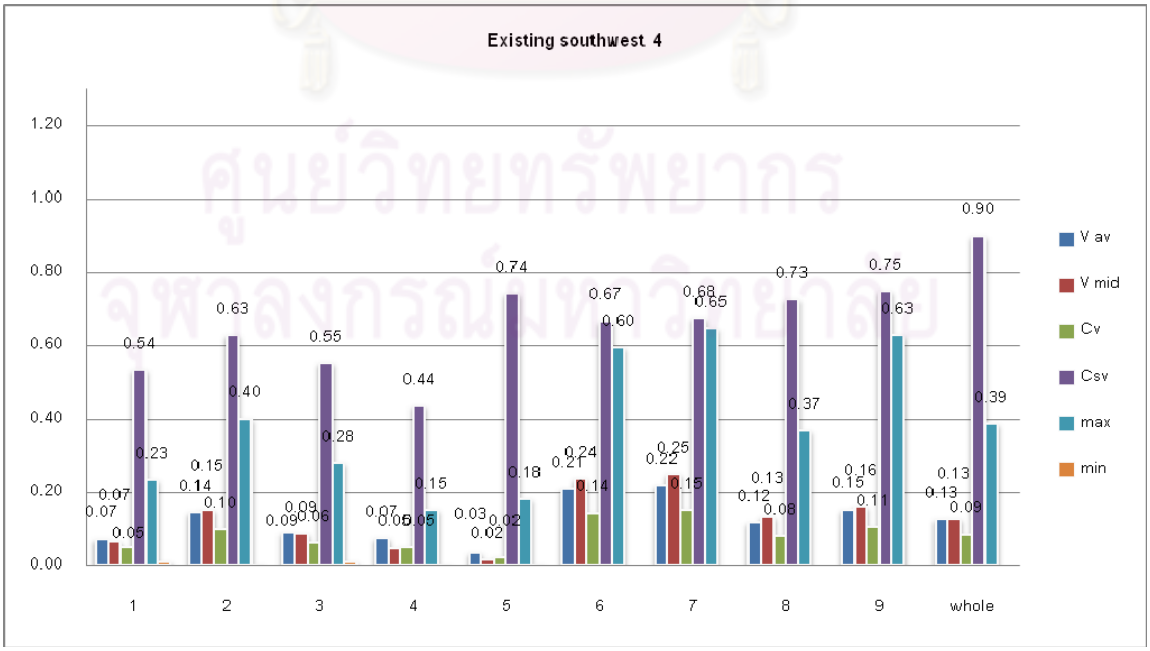
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 4 ลมภายนอกมาจากทางทิศใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงวางตัวขนาบในทิศตะวันตกและทิศเหนือ ทำให้ลมไหลมาปะทะกับอาคารในทิศทางตั้งฉาก ทำให้ไหลออกสู่ภายนอกอาคารได้ยาก เนื่องจากมีอาคารทางทิศเหนือมาบังทางออกของลม จากภาพที่ 4.35 และ 4.36 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้สู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด ลมไหลวนจะเกิดในพื้นที่บางส่วน แต่จะเป็นพื้นที่ภายนอกของอาคาร จึงไม่ก่อให้เกิดความรำคาญมากนัก

กรณีที่ 4.2 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตกเฉียงใต้

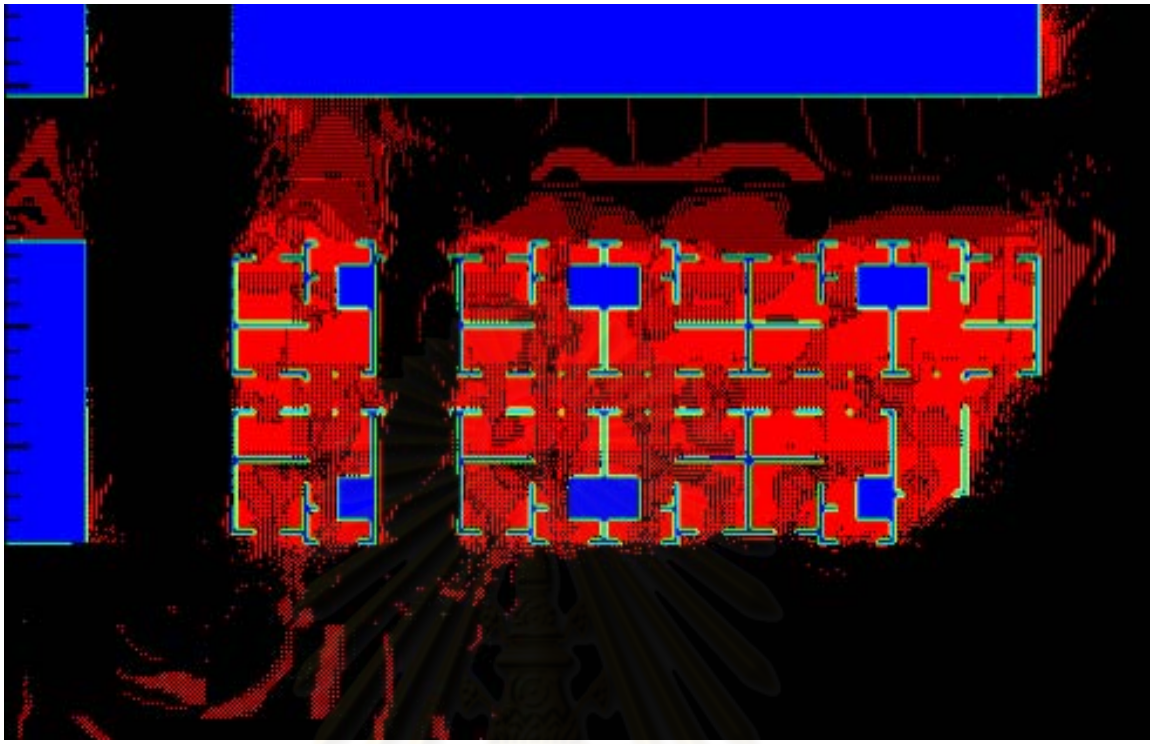


ตารางที่ 4.13 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2

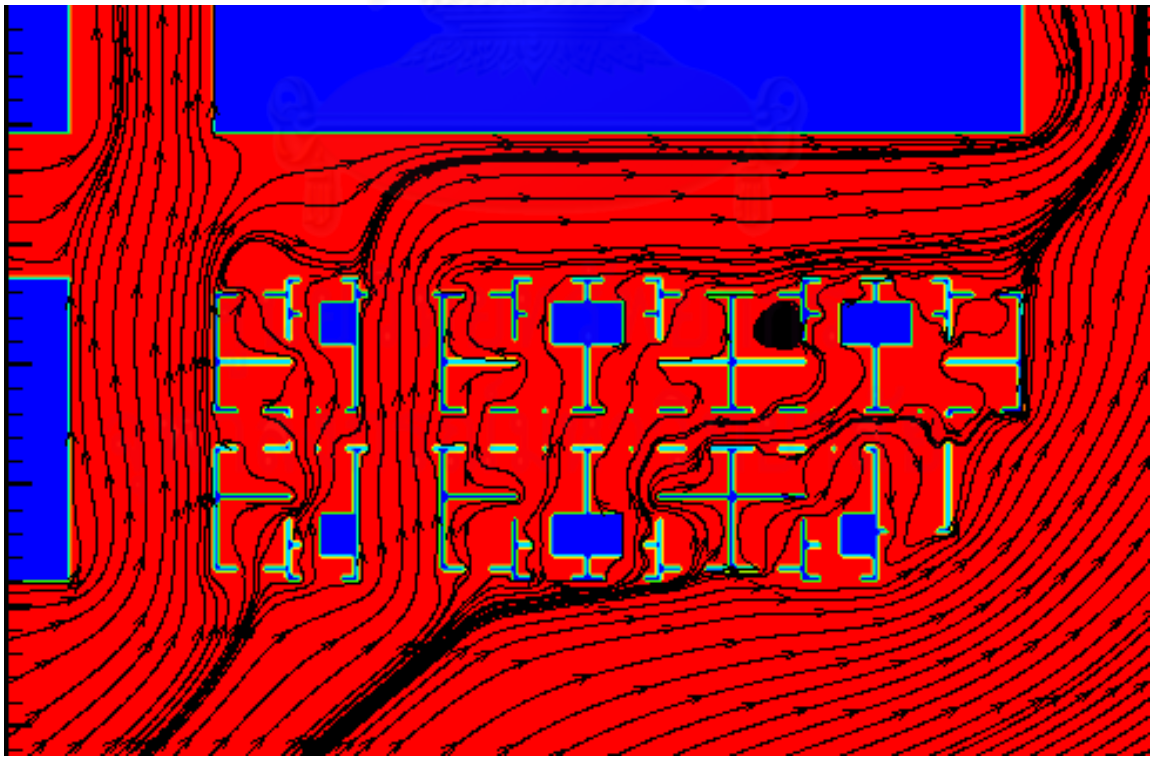
Existing southwest 4							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.07	0.07	0.05	0.54	0.23	0.01
	2	0.14	0.15	0.10	0.63	0.40	0.00
	3	0.09	0.09	0.06	0.55	0.28	0.01
	4	0.07	0.05	0.05	0.44	0.15	0.00
	5	0.03	0.02	0.02	0.74	0.18	0.00
	6	0.21	0.24	0.14	0.67	0.60	0.00
	7	0.22	0.25	0.15	0.68	0.65	0.00
	8	0.12	0.13	0.08	0.73	0.37	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.15	0.16	0.11	0.75	0.63	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.13	0.13	0.09	0.90	0.39	0.00



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2



ภาพที่ 4.37 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.2



ภาพที่ 4.38 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.2

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.22 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 จะเห็นว่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.25 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 จะเห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.09 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 5 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.90 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 9 มีค่าสูงถึง 0.75 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.44

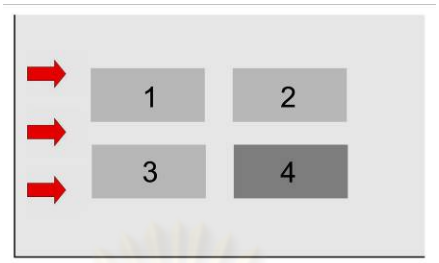
ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.2 จะเห็นว่าความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.39 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.65 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 4 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

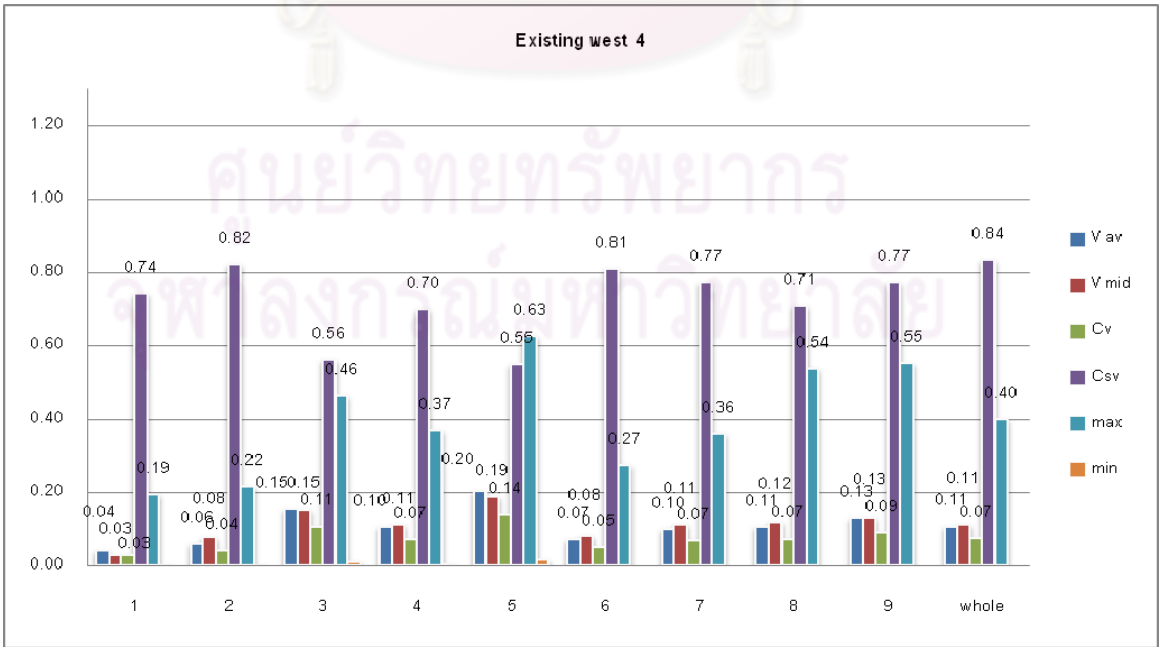
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 4 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงวางตัวขนาบในทิศตะวันตกและทิศเหนือ ทำให้ลมไหลผ่านด้านซ้ายของอาคารในลักษณะตรง และค่อยๆเบี่ยงเป็นลมเฉียงทางด้านขวา ทำให้ลมไหลผ่านภายในอาคารและออกสู่ภายนอกได้ จากภาพที่ 4.37 และ 4.38 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้สู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้ห้องทางทิศเหนือได้รับผลกระทบทางด้านกลิ่น เสียง ฝุ่น และควัน จากห้องทางทิศใต้ และประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะไม่เต็มที่ในกรณีที่ห้องทางทิศใต้ไม่เปิดช่องเปิด ลมไหลวนจะเกิดในพื้นที่บางส่วนของอาคารจากภาพจะเห็นได้ในห้องนอนที่ 4

กรณีที่ 4.3 อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 1 ทิศทางลมภายนอกคือทิศตะวันตก

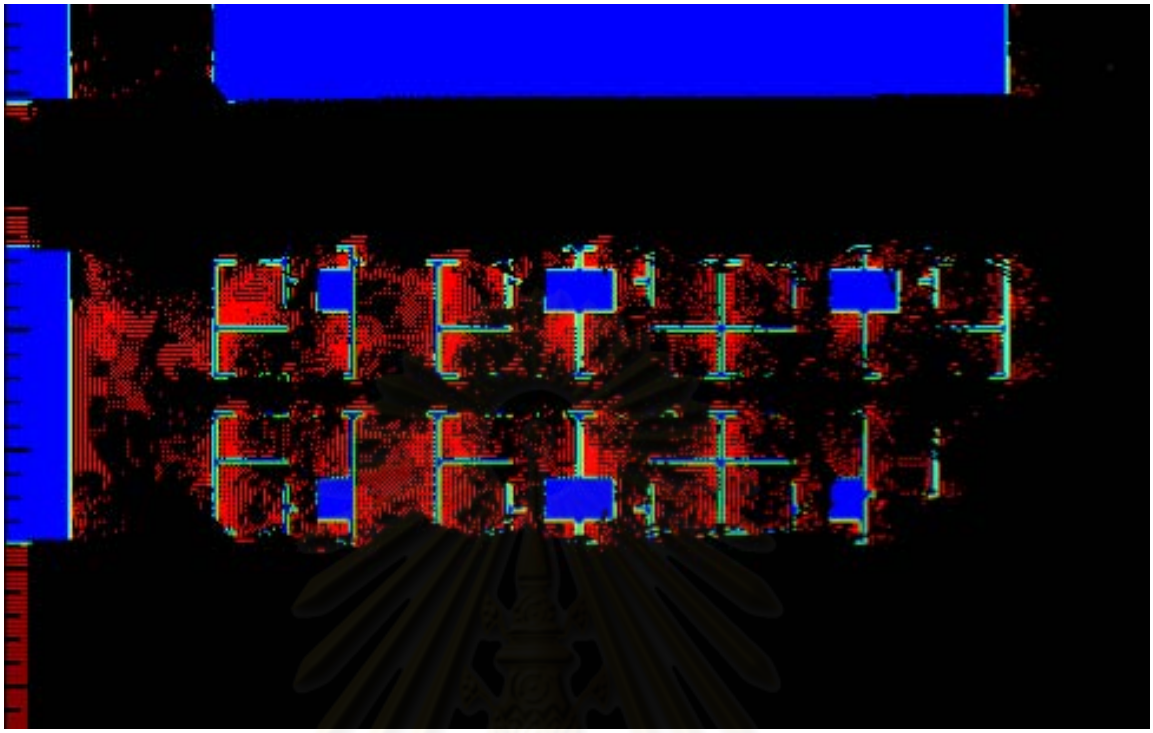


ตารางที่ 4.14 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3

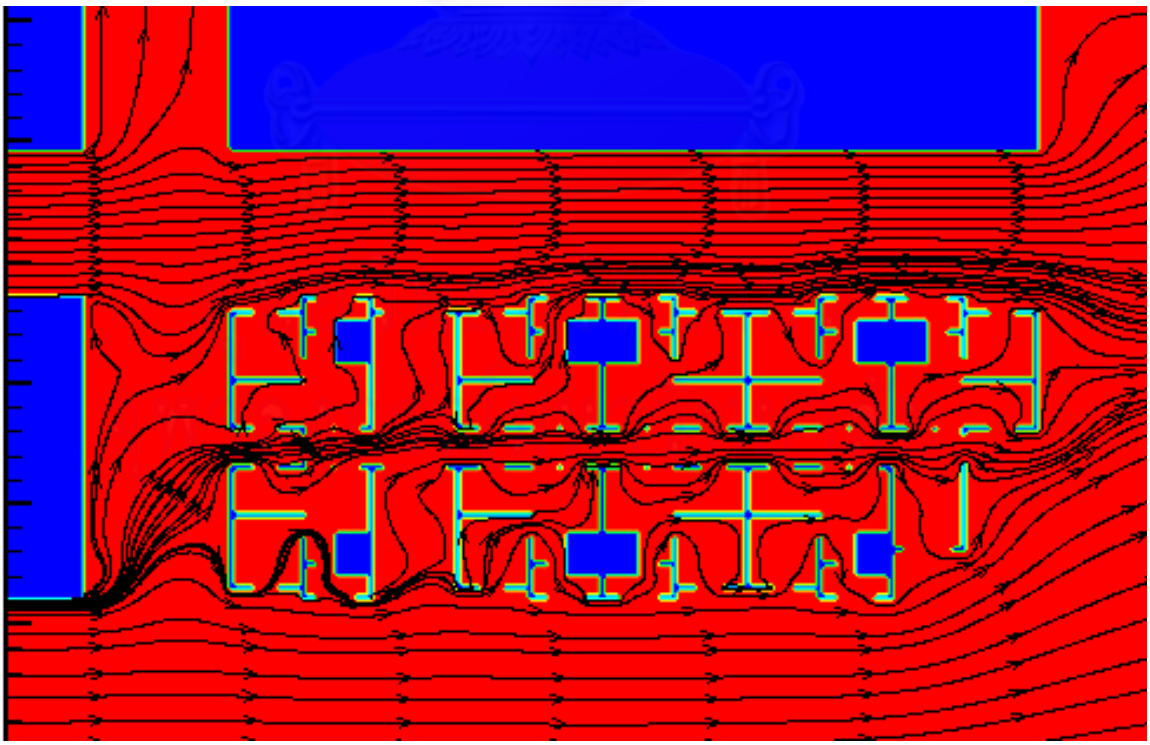
Existing west 4							
Bedroom	Room	V av	V mid	Cv	Csv	max	min
	1	0.04	0.03	0.03	0.74	0.19	0.00
	2	0.06	0.08	0.04	0.82	0.22	0.00
	3	0.15	0.15	0.11	0.56	0.46	0.01
	4	0.10	0.11	0.07	0.70	0.37	0.01
	5	0.20	0.19	0.14	0.55	0.63	0.02
	6	0.07	0.08	0.05	0.81	0.27	0.00
	7	0.10	0.11	0.07	0.77	0.36	0.00
	8	0.11	0.12	0.07	0.71	0.54	0.00
ค่าสูงสุด	9	0.13	0.13	0.09	0.77	0.55	0.00
ค่าต่ำสุด	whole	0.11	0.11	0.07	0.84	0.40	0.00



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3



ภาพที่ 4.39 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.3



ภาพที่ 4.40 แสดงผลการระบายอากาศภายในของอาคาร กรณีที่ 4.3

1) การแปรผลข้อมูล

จากผลการทดลอง อธิบายด้วยค่าที่แปรผลจากข้อมูล 5 ค่า ดังนี้

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม แต่ก็ทำให้เกิดความรู้สึกสบาย ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.20 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที

ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 จะเห็นว่า ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลม ณ จุดกลางห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.19 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 จะเห็นว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในรวมทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่ไม่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนที่ 5 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.14 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 1 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.03 เมตรต่อวินาที

สัมประสิทธิ์การแปรผันความเร็วลมในพื้นที่

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 ความผันผวนของลมภายในห้องนอนของทั้งอาคารมีค่าเท่ากับ 0.84 ห้องนอนที่มีความผันผวนของลมมากที่สุด คือห้องนอนที่ 2 มีค่าสูงถึง 0.82 และห้องนอนที่มีความผันผวนของลมน้อยที่สุดคือห้องนอนที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.55

ค่าความเร็วลมสูงสุด

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงผลการระบายอากาศภายในห้องนอนของอาคาร กรณีที่ 4.3 จะเห็นว่า ความเร็วลม สูงสุดภายในห้องเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.39 เมตรต่อวินาที เป็นระดับที่รับรู้ถึงกระแสลม ความเร็วลมสูงสุดในห้องนอนที่ 7 มีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.65 เมตรต่อวินาที และห้องนอนที่ 4 มีความเร็วลมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที

2) พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม

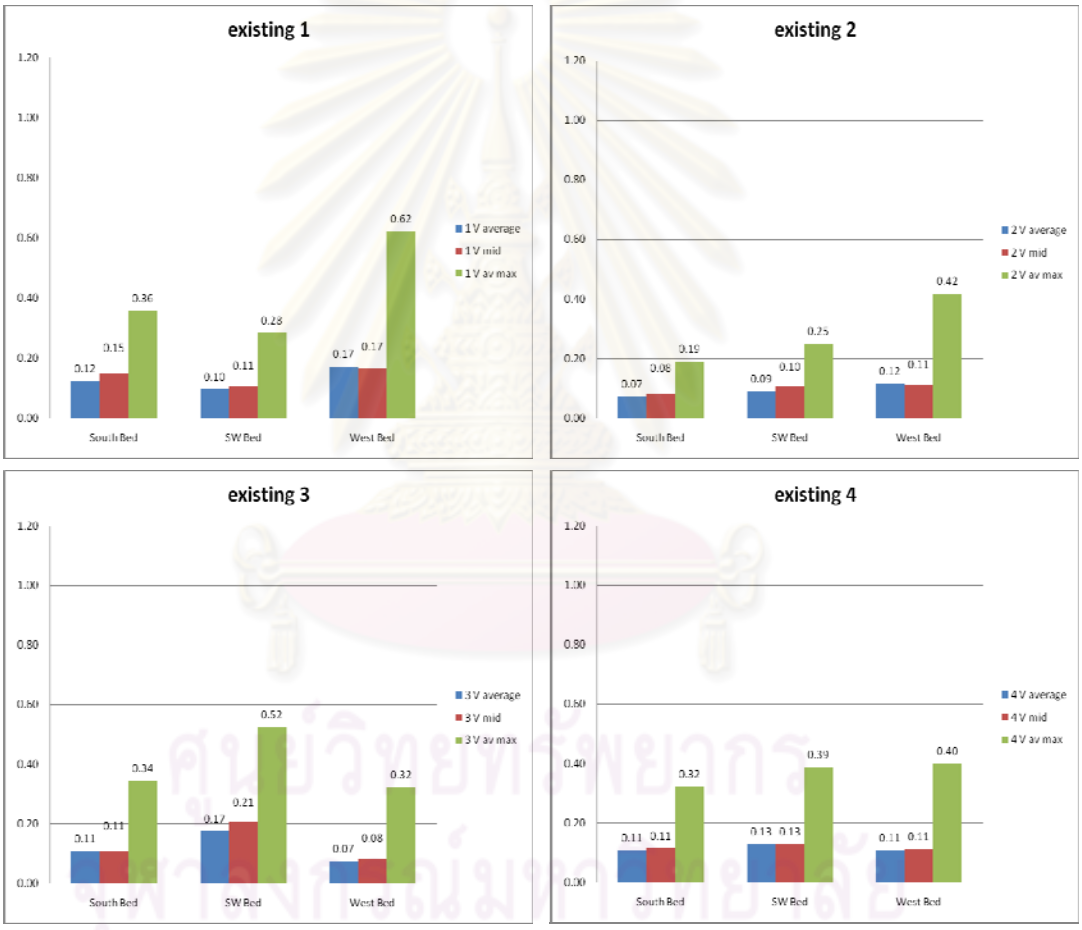
เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 4 ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตก เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงมาบังลมจากภายนอกทางด้านทิศตะวันตก ทำให้ลมไม่สามารถเข้าสู่อาคารได้โดยตรง ลมส่วนมากจะไหลเข้าอาคารได้จากทางเดินส่วนกลาง จากภาพที่ 4.39 และ 4.40 จะเห็นว่า ลมจะไหลผ่านจากทางเดินส่วนกลางผ่านห้องทางทิศเหนือออกสู่ภายนอก ส่วนห้องทางทิศใต้ ลมจะไหลจากภายนอกอาคารทางทิศใต้ ผ่านหน่วยพักอาศัย และออกสู่ภายนอกทางโถงทางเดินส่วนกลาง ในกรณีนี้จึงไม่เกิดการรับลมที่ไหลผ่านจากหน่วยพักอาศัยอื่นเข้ามา

4.1.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การวิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD จะพิจารณาในเรื่องของประสิทธิภาพการระบายอากาศเป็นหลัก เพื่อนำไปหาแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร การวิเคราะห์จะพิจารณาได้จากค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ไหลผ่านพื้นที่อาคาร ค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลมสูงสุดในแต่ละห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม และพฤติกรรมการไหลเวียนของลม ในพื้นที่ห้องนอน ดังนี้

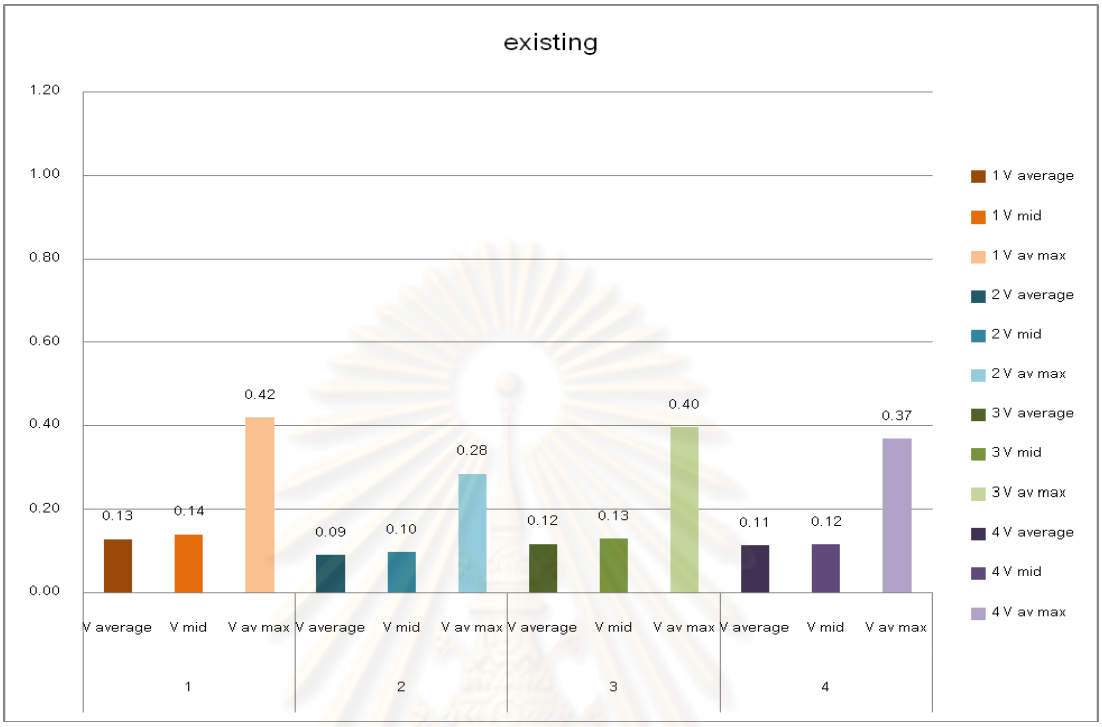
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากกราฟ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.13 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1 และ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 3 และ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

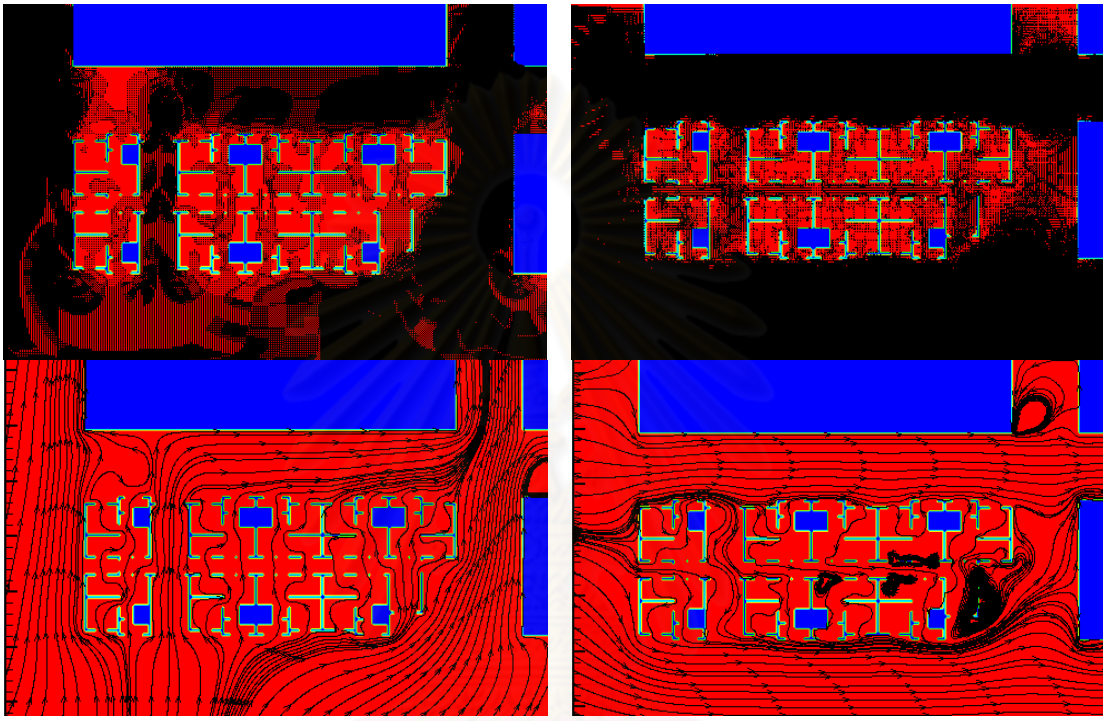
จากแผนภูมิที่ 4.14 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.17 เมตรต่อวินาที
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.08 – 0.21 เมตรต่อวินาที
3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.19 – 0.62 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 1 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 3 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) **การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม**

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้

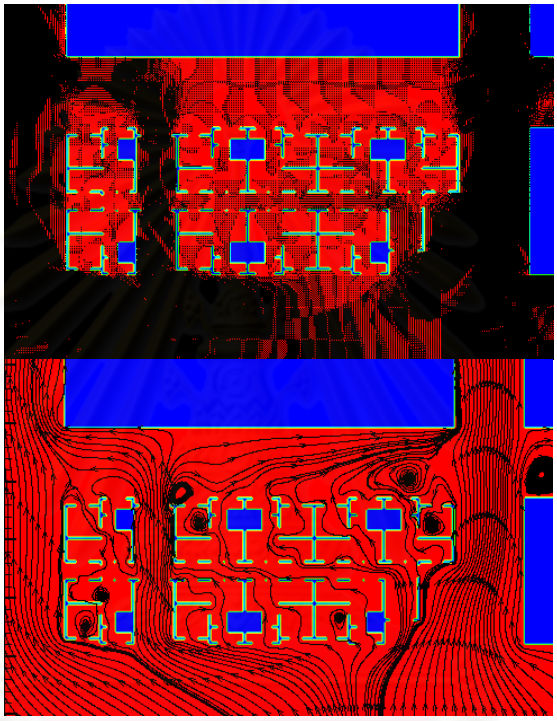


(1) (2)

ภาพที่ 4.41 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

จากภาพที่ 4.41 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 3.2 และ 3.3 คือการวางอาคารตำแหน่งที่ 3 นั่นหมายถึงไม่มีอาคารข้างเคียงมาบังลม ภาพที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนภาพที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ 0.17 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงมีการไหลได้อย่างทั่วถึงมากกว่าเนื่องจากไม่ถูกผนังอาคารเป็นตัวบัง จะเห็นได้ชัดเจนในห้องที่ 2 – 5 แต่การเข้ามาของลมก็จะเข้าโดยผ่านห้องทางทิศใต้ของอาคาร ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อห้องทางทิศใต้มีการเปิดช่องเปิดทุกจุด ซึ่งในการใช้งานจริงอาจควบคุมได้ยาก

สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก ซึ่งเป็นด้านที่มีผนังอาคารทึบเป็นส่วนบังลม ลมจึงไหลเข้าภายในอาคารได้ทางเดียวคือทางเดินส่วนกลางซึ่งมีขนาดเล็ก ส่วนลมที่ไหลผ่านภายนอกอาคาร ก็ไหลผ่านช่องเปิดของแต่ละห้องนอนไป โดยไม่ไหลเข้าสู่ภายในห้องนอน จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี



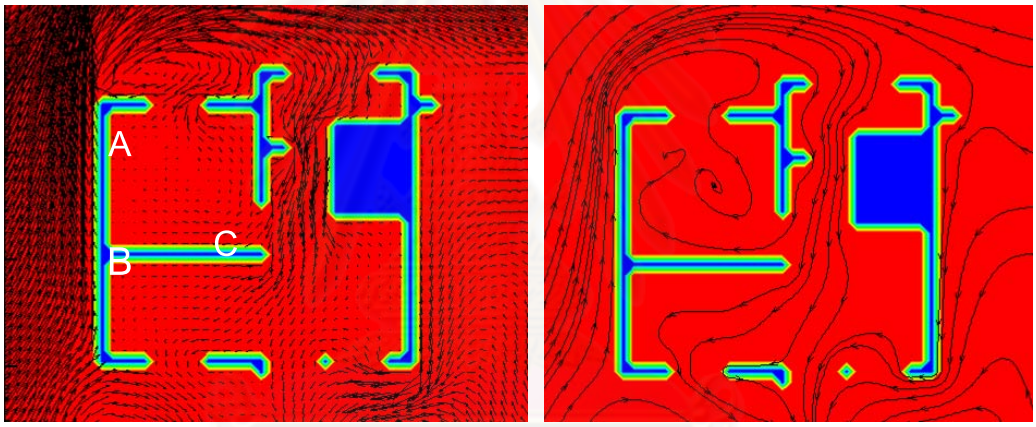
ภาพที่ 4.42 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนกรณีที่ 3.1

เนื่องจากการพิจาณาในสองกรณีที่ผ่านมา ทำให้เห็นถึงความแตกต่างของพฤติกรรมการไหลของลมได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีทิศทางการไหลของลมภายนอกที่แตกต่างกัน จึงเพิ่มเติมการวิเคราะห์ในอีกกรณีเพื่อนำมาเปรียบเทียบคือ กรณีที่ 3.1 อาคารวางในตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกไหลมาทางทิศใต้ ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอนทั้งอาคารของกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของทุกกรณี จากภาพที่ 4.42 จะเห็นว่า การไหลเวียนของลมผ่านทุกห้องนอนในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ห้องนอนทางทิศเหนือจะได้รับลมที่ไหลผ่านห้องทางทิศใต้มา จึงมีประสิทธิภาพดีไม่เพียงพอในกรณีที่ห้องทางทิศใต้มีการปิดช่องเปิดบางจุด ห้องทางทิศใต้ที่มีการได้รับลมภายนอกโดยตรงก็มีการไหลเวียนของลมได้ไม่ดีพอ เนื่องจากทางออกของลมมีอากาศที่ไหลเข้ามาทางช่องเปิดห้องด้านข้าง (ห้องครัว) ในหน่วยพักอาศัยเดียวกัน ไหลผ่านอยู่ทำให้ความกดอากาศระหว่างทางเข้าของลมกับทางออกของลมไม่ต่างกันมาก ลมจึงไม่ไหลผ่านภายในห้องนอนนั้นๆ

4.2 เสนอแนวทางการออกแบบ เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปปัญหาและข้อบกพร่องได้ดังนี้

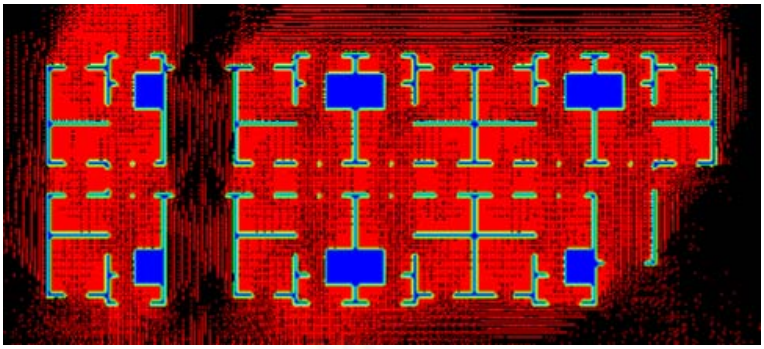
1. ปริมาณช่องเปิดไม่เพียงพอ เนื่องจากประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ การกำหนดทางเข้าและทางออกของลม ในผังอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ มีทางเข้าหรือทางออกหลักภายในแต่ละห้องเพียงทางเดียว เมื่อพิจารณาในส่วนของห้องนอน จะเห็นได้ว่ามีช่องเปิดที่ติดกับภายนอกอาคารเพียงจุดเดียว ทางเข้าออกของลมอีกทางคือประตูซึ่งมีขนาดเล็ก และในการใช้งานจริงจะไม่มีการเปิดอยู่ตลอดเวลา ส่วนในห้องนั่งเล่น ก็พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน คือมีทางเข้าออกของลมไม่เพียงพอ ทำให้การไหลเวียนของลมเกิดขึ้นอย่างไม่ทั่วถึงภายในห้อง โดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้งานจริง ในการพักผ่อนของแต่ละวัน



ภาพที่ 4.43 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายหน่วยพักอาศัยที่ 1 ของอาคาร
กรณีที่ 1.3 อาคารวางตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

จากภาพที่ 4.43 จะเห็นได้ว่าผนัง A, B และ C ไม่มีการเจาะช่องเปิดทำให้ลมไม่สามารถไหลผ่านไปบริเวณนั้นได้ จึงทำให้เกิดจุดอับของลม และลมก็ไม่สามารถไหลผ่านภายในห้องนั้นได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากไม่มีทางออกของลม

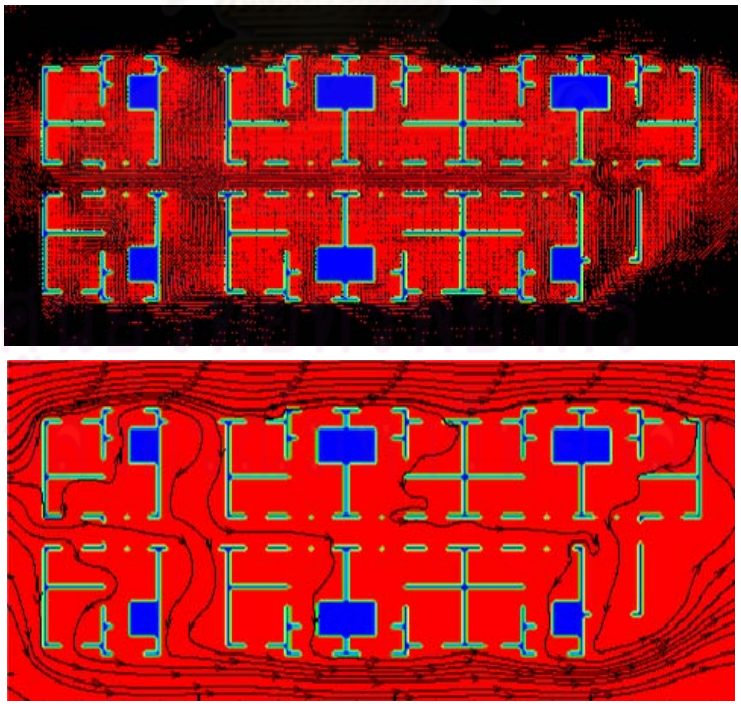
2. ลมไหลเข้าสู่พื้นที่ส่วนกลางภายในอาคารในปริมาณน้อยและไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากปริมาณลมที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องควรมีความสม่ำเสมอและทั่วถึงในทุกหน่วยพักอาศัย การรับลมที่ดีควรมีความยั่งยืน นั่นหมายถึงการรับลมที่มาจากภายนอกโดยตรงโดยไม่ผ่านหน่วยพักอาศัยอื่นเข้ามา แต่จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าลมส่วนมากที่ไหลผ่านห้องทางทิศเหนือ จะผ่านห้องทางทิศใต้เข้ามา ดังนั้นจึงควรขยายขนาดพื้นที่ส่วนกลางภายในอาคารให้รับลมจากภายนอกได้มากขึ้น เพื่อที่จะกระจายลมสู่หน่วยพักอาศัยโดยรอบได้อย่างทั่วถึง



ภาพที่ 4.44 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายอาคาร
กรณีที่ 3.2 อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากภาพกรณีตัวอย่าง ในภาพที่ 4.44 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าลมมีการไหลผ่านห้องทางทิศใต้ไปสู่ห้องทางทิศเหนือ โดยมีลมไหลผ่านบริเวณส่วนกลางของอาคารน้อยมาก ทำให้ในสถานการณ์จริงห้องทางทิศเหนือจะเสี่ยงต่อการไม่ได้รับลมเป็นอย่างมาก

3. การเกิดการไหลผ่านของลมภายนอกเฉพาะบริเวณรอบนอกของอาคาร โดยที่ไม่มีการไหลผ่านเข้ามาในตัวอาคาร จะเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตก จึงควรมีการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม เพื่อเพิ่มความกดดันของอากาศบริเวณด้านหน้า และด้านหลังของอุปกรณ์ให้มีความแตกต่างกันมากขึ้น



ภาพที่ 4.45 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมภายอาคาร
กรณีที่ 3.3 อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร

จากปัญหาที่พบในการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ทำให้สามารถเสนอแนวทางการแก้ไขปรับปรุงได้ชัดเจนมากขึ้น ในการปรับปรุงอาคารก็จะมีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้อง ทั้งในเรื่องของพื้นที่ก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง รวมไปถึงต้นทุนในการก่อสร้าง ผู้วิจัยจึงเสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยแบ่งออกเป็นสองแนวทางหลัก ได้ดังนี้

1) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

ในแนวทางนี้เสนอขึ้นเพื่อสนองต่อโครงการที่มีเงื่อนไขการปรับปรุงที่จำกัด ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของพื้นที่โครงการที่มีปริมาณน้อย ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้น และงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด

2) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

ในแนวทางนี้เสนอขึ้นเพื่อสนองต่อโครงการที่มีเงื่อนไขการปรับปรุงที่กว้าง และมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนได้มาก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศสูงสุด ในการปรับปรุงแก้ไขผังอาคารจะยังคงขนาดและผังของแต่ละหน่วยพักอาศัยให้เหมือนอาคารต้นแบบเดิม

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองข้างต้น ทำให้เสนอเป็นแนวทางการออกแบบ ได้ดังนี้

1) **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**
   - 1.1) การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น
   - 1.2) การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า
   - 1.3) การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย
2) **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**
   - 2.1) การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

เพื่อให้การระบายอากาศเกิดขึ้นกับทุกห้องอย่างทั่วถึง โดยไม่มีห้องอีกฝั่งของทางเดินมาขวางลม เนื่องจากการใช้งานจริงจะไม่มีการเปิดช่องเปิดได้เต็ม 100 เปอร์เซนต์

2.2) การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

การเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย ทำโดยเพิ่มช่องว่างระหว่างห้องนอนกับห้องนอนของแต่ละหน่วยพักอาศัย เพื่อให้ห้องนอนแต่ละห้องได้เจาะช่องเปิดเพิ่ม บริเวณผนังฝั่งที่แยกออกมา

2.3) การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

เพื่อให้แต่ละห้องแยกตัวเป็นเอกเทศต่อกัน ไม่ต้องรับลมจากกันและกัน อีกทั้งแต่ละหน่วยพักอาศัยยังสามารถเจาะช่องเปิดบริเวณห้องนอนเพิ่มได้ด้วย

แนวทางที่ได้เสนอมาจะนำไปจำลองการระบายอากาศในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ในลำดับต่อไป

4.3 การทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแนวทางการออกแบบ

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรมแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อบกพร่องของผังอาคารรูปแบบเดิม จากนั้นได้เสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารทั้งหมด 6 แบบ ดังที่ได้กล่าวมา ในขั้นตอนนี้คือการนำรูปแบบทั้ง 6 มาจำลองเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศของแนวทางการแก้ไขรูปแบบต่างๆ ดังนี้

4.3.1 การกำหนดค่าในการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ของรูปแบบผังอาคารที่เสนอเป็นแนวทางการปรับปรุง มีกระบวนการ 3 ขั้นตอนหลัก ซึ่งเหมือนกับการจำลองของอาคารกรณีศึกษา คือ การใส่ค่าข้อมูล การจำลองสถานการณ์ด้วยการทำงานของโปรแกรม และการนำข้อมูลจากการจำลองมาเก็บรวบรวม ซึ่งกระบวนการทั้งหมดมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

คือ การกำหนดค่าตัวแปรที่อยู่ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในทุกกรณี ค่าตัวแปรที่กำหนดให้เป็นค่าตัวแปรคงที่มีดังนี้

4.3.1.1.1 **ความเร็วลมของกระแสลมภายนอก** ที่ใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม CFD ให้มีความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2547 ที่ระดับความสูง 5 เมตรจากพื้นดิน มีค่าเท่ากับการจำลองอาคารต้นแบบ ดังนี้

- ค่าความเร็วลมทางแนวนอน (เวกเตอร์แนวแกน x) เท่ากับ 1.45
- ค่าความเร็วลมทางแนวตั้ง (เวกเตอร์แนวแกน y) เท่ากับ 1.45

4.3.1.1.2 **ทิศทางของกระแสลมภายนอก** ที่ใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม CFD จะมีทั้งหมด 3 ทิศคือ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ เนื่องจากเป็นทิศที่มีการไหลเวียนของกระแสลมมากที่สุด จากการศึกษาไปแล้วในข้างต้น (บทที่ 2)

4.3.1.1.3 **ลักษณะผังของอาคารกรณีศึกษา** จะมีการกำหนดให้ผังอาคารจำลองมีลักษณะเหมือนกันในทุกกรณีของการจำลอง โดยเฉพาะลักษณะของแต่ละหน่วยพักอาศัย รวมไปถึงทิศทางการวางตัวของอาคารด้วย

4.3.1.1.4 **ลักษณะของช่องเปิดในหน่วยพักอาศัย** ช่องเปิดแต่ละช่องในหน่วยพักอาศัย จะมีการกำหนดให้มีขนาดความกว้างที่เท่ากัน (ไม่พิจาณาในเรื่องความสูง) และเป็นช่องเปิดโล่งที่มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100 เปอร์เซนต์ นั่นหมายความว่าจะไม่มีการติดมุ้งลวดกันแมลง หรืออุปกรณ์ที่ขัดขวางการไหลเวียนของลมที่บริเวณช่องเปิด

4.3.1.1.5 **ลักษณะของกลุ่มอาคาร** เนื่องจากเป็นการจำลองสถานการณ์ในลักษณะที่เป็นกลุ่มอาคาร จำนวน 4 หลัง โดยให้ทุกหลังมีทิศทางการวางตัวในลักษณะเดียวกัน และมีระยะห่างเท่ากัน คือเท่ากับ 6 เมตร นอกจากนี้ลักษณะของอาคารข้างเคียง (อาคารโดยรอบ 3 หลังที่ไม่ต้องการพิจารณา) จะมีการกำหนดให้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทึบ ที่มีความกว้างและความยาวเท่ากับผิวนอกสุดของอาคารที่ต้องการพิจารณา เพื่อให้อยู่ในขอบเขตความสามารถการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม

4.3.1.2 หุ่นจำลองผังอาคารที่เสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุง

ได้เสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคาร 6 แบบ ดังนี้

1) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

1.1) การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น

1.2) การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า

1.3) การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย

2) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

2.1) การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

2.2) การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

2.3) การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

4.3.2 การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

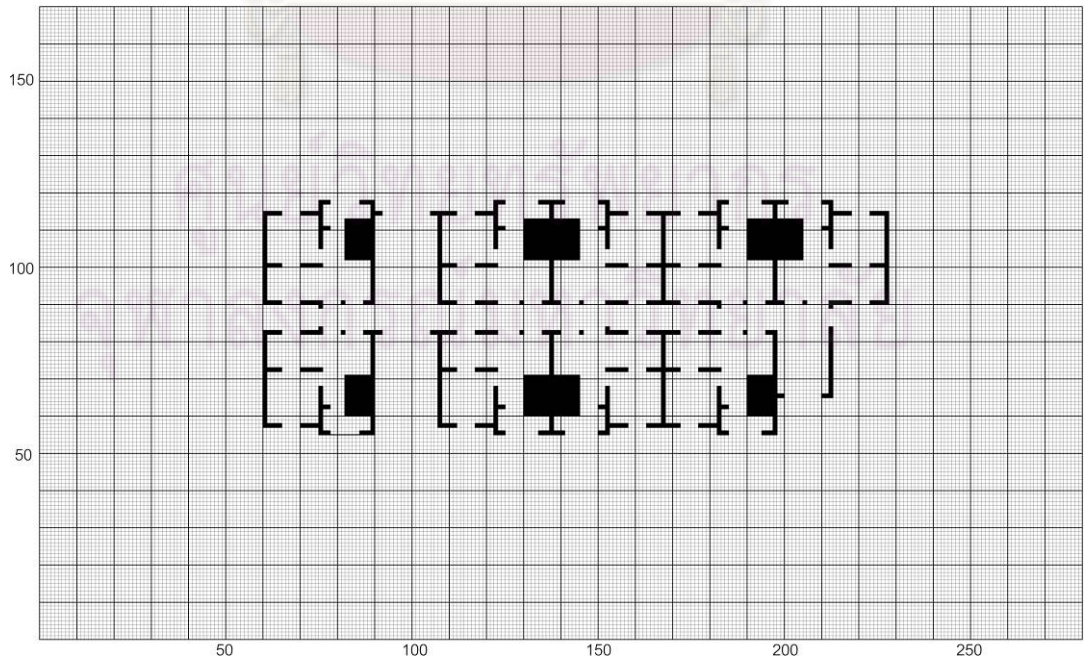
การจำลองสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านสถาปัตยกรรม (Computational Fluid Dynamics; CFD) มีวิธีการในลักษณะเดียวกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ ดังนี้

4.3.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียงโดยรอบ มีวิธีการกำหนดในลักษณะเดียวกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ โดยมีรูปแบบ 6 รูปแบบดังนี้

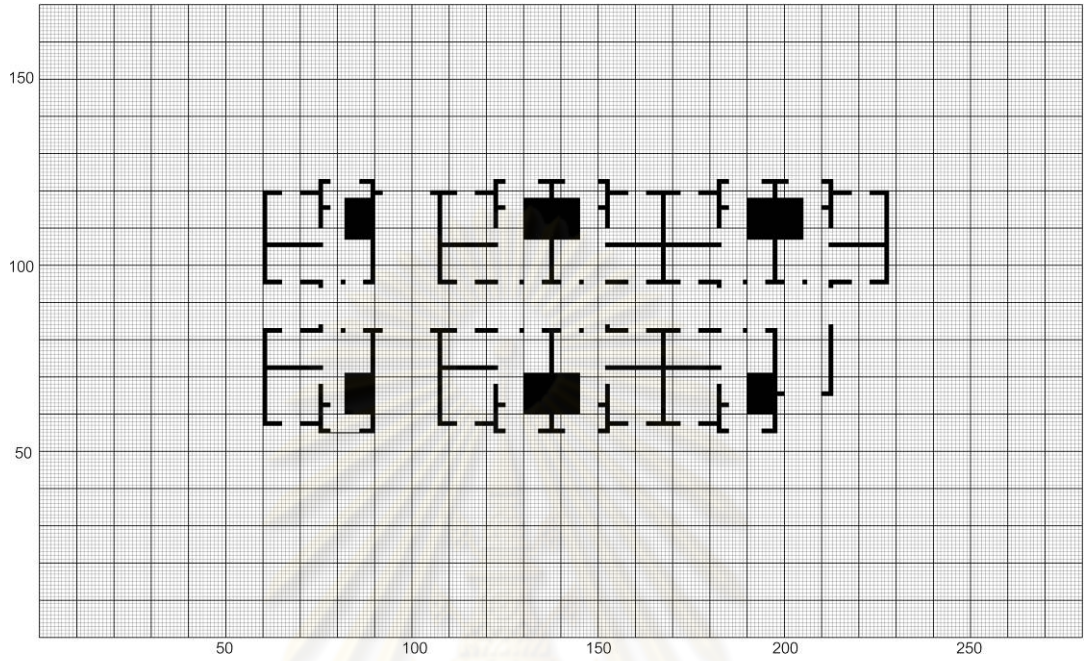
1) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

1.1) การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น



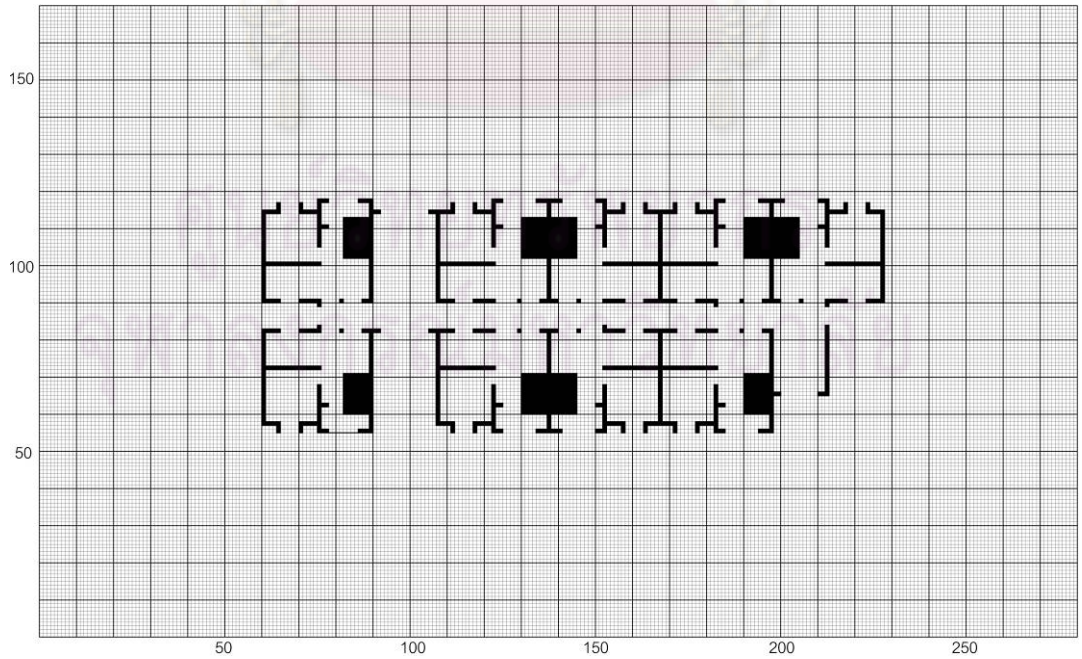
ภาพที่ 4.46 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น

1.2) การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า



ภาพที่ 4.47 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า

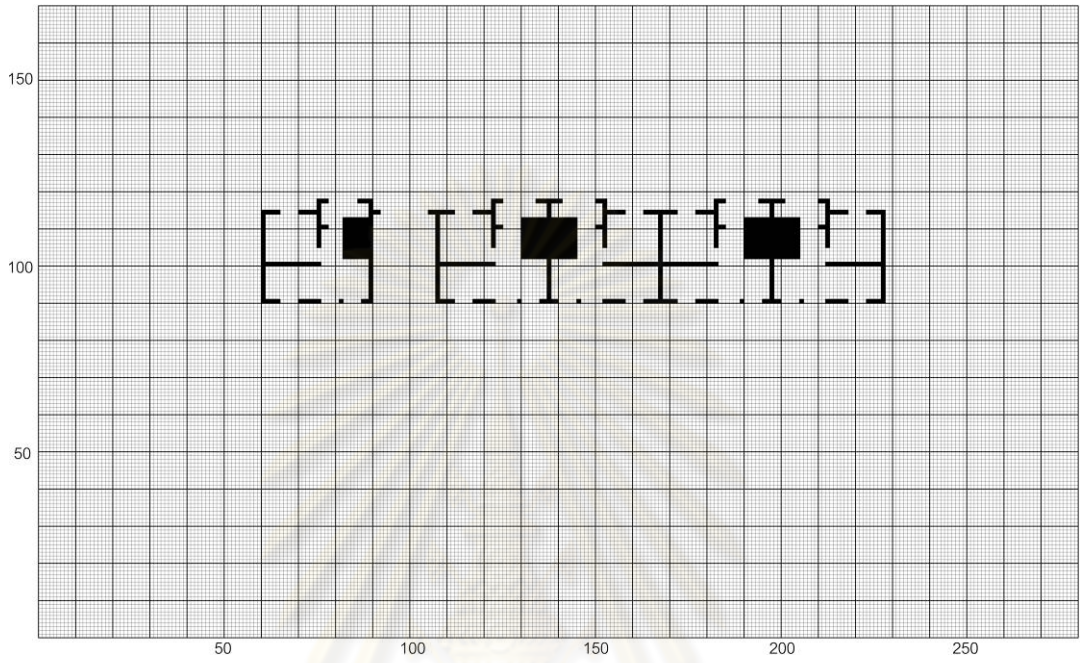
1.3) การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย



ภาพที่ 4.48 แสดงผังอาคารที่ปรับปรุงโดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย

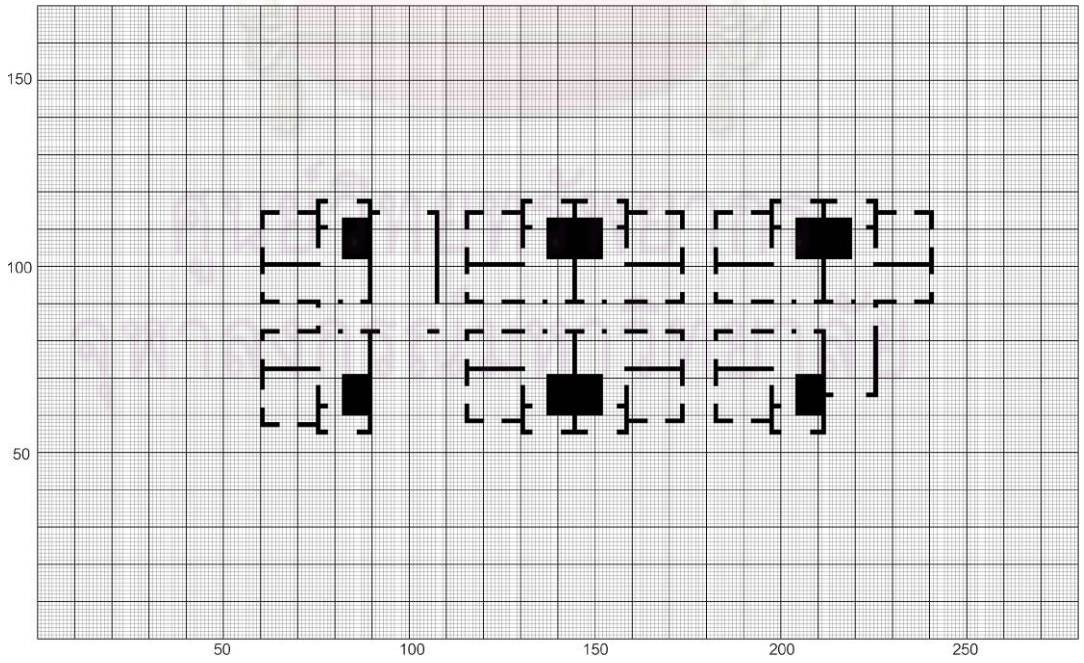
2) การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร

2.1) การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว



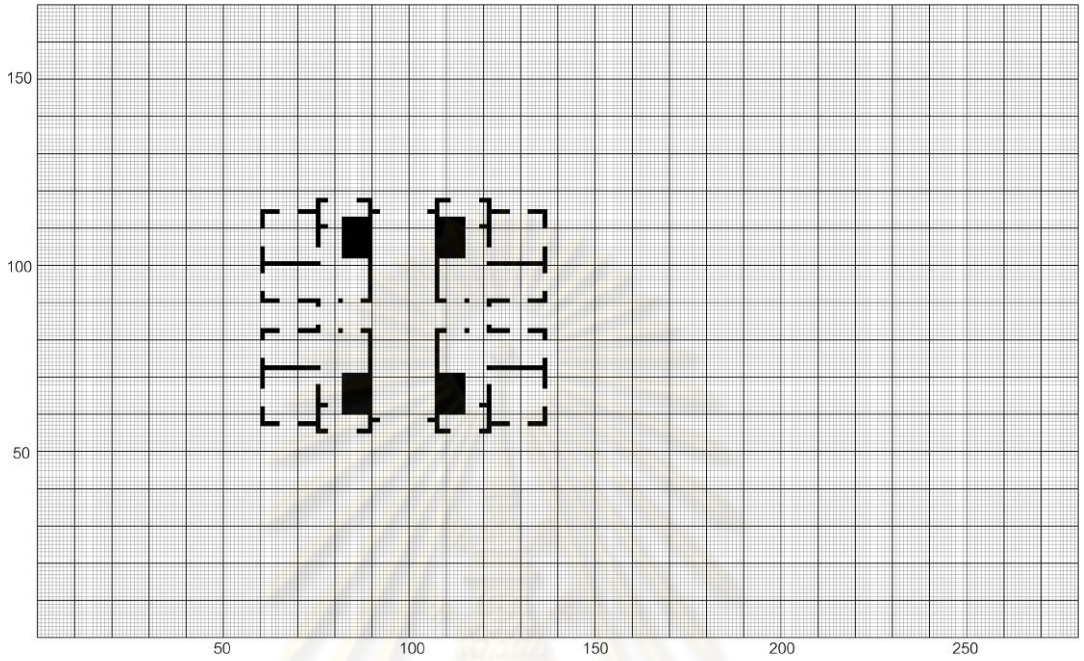
ภาพที่ 4.49 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

2.2) การออกแบบผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย



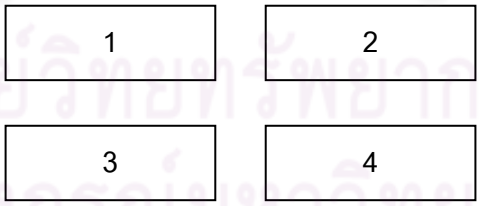
ภาพที่ 4.50 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย

2.3) การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น



ภาพที่ 4.51 แสดงผังอาคารที่มีการออกแบบเป็นผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย

จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งของอาคารข้างเคียง โดยกำหนดให้มีการวางตัวในลักษณะของกลุ่มอาคาร ซึ่งประกอบด้วยอาคาร 4 หลัง คือ อาคารที่ต้องการพิจารณา 1 หลัง และอาคารข้างเคียงอีก 3 หลัง โดยมีการจำลองทั้งหมด 4 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่ 1, 2, 3 และ 4 ดังภาพ



ภาพที่ 4.52 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร

การวางตัวทั้ง 4 ตำแหน่งในพื้นที่ที่กำหนดพิกัดเซลล์ โดยมีการกำหนดให้อาคารข้างเคียงโดยรอบมีลักษณะเป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทึบ เพื่อให้อยู่ในขอบเขตความสามารถในการจำลองสภาพการไหลของลมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ได้ โดยขนาดของอาคารข้างเคียงโดยรอบจะมีความกว้างและความยาวเท่ากับระยะความยาวมากที่สุดของอาคารที่ต้องการพิจารณา ดังแสดงในภาพที่ 4.52

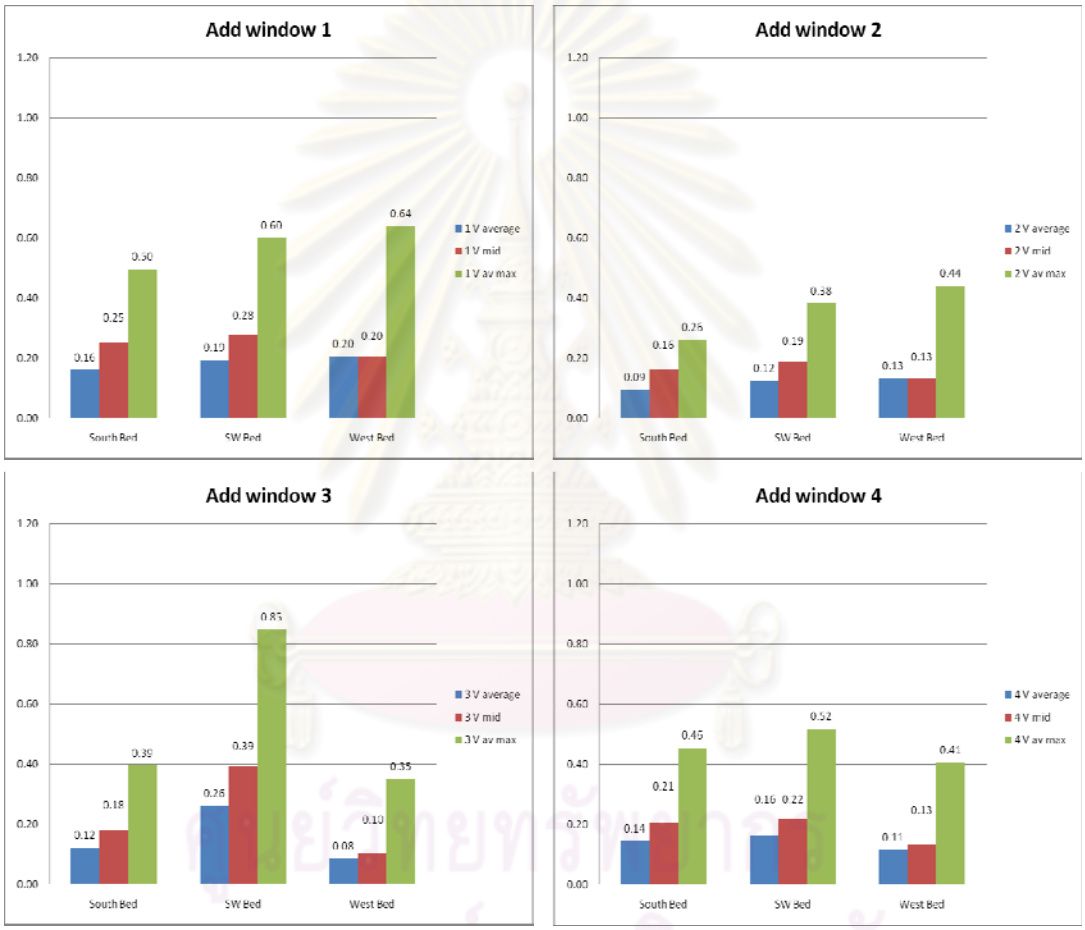
4.3.3 วิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

การวิเคราะห์ผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD จะพิจารณาในเรื่องของประสิทธิภาพการระบายอากาศเป็นหลัก โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม และพฤติกรรมการไหลเวียนของลม ในพื้นที่ห้องนอนและห้องนั่งเล่น ดังนี้

รูปแบบที่ 1 การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น

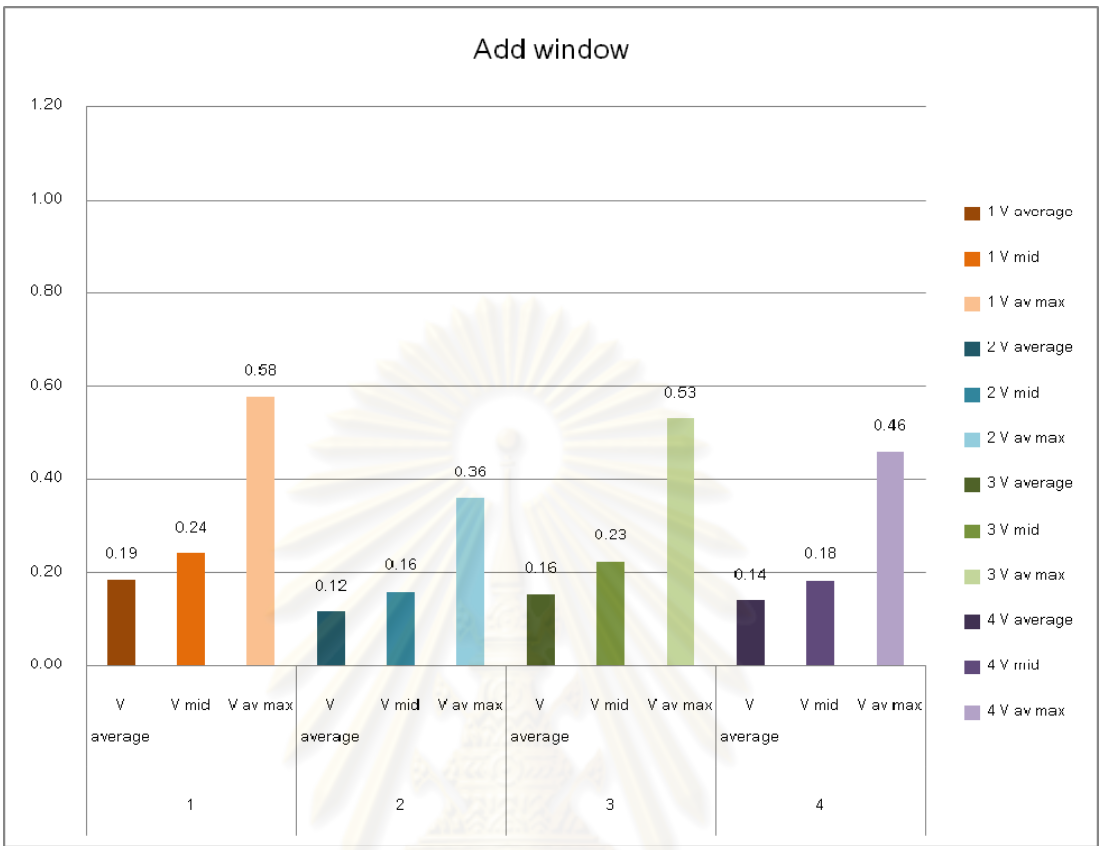
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.15 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1 และ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย และค่าความเร็วลมเฉลี่ย แต่จะดีที่สุดในทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพิจารณาค่าความเร็วลมกลางห้องเฉลี่ย สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 3 และ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด



แผนภูมิที่ 4.16 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.16 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.08 – 0.26 เมตรต่อวินาที

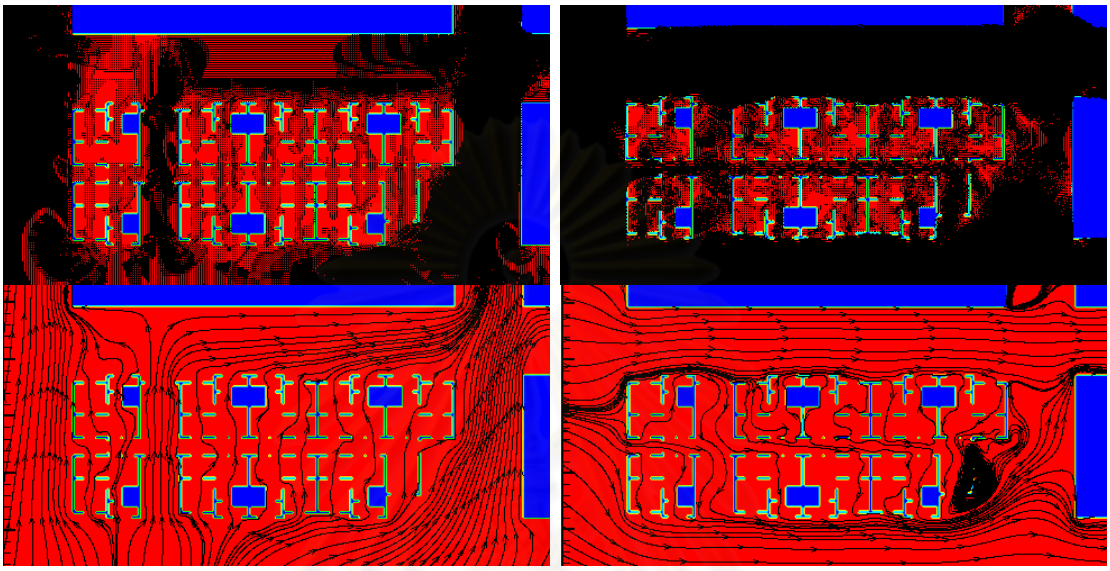
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.10 – 0.39 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.26 – 0.85 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 1 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 3 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.53 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

จากภาพที่ 4.53 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 3.2 และ 3.3 คือการวางอาคารตำแหน่งที่ 3 นั่นหมายถึงไม่มีอาคารข้างเคียงมาบังลม ภาพที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนภาพที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ0.26 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงมีการไหลได้อย่างทั่วถึงมากกว่า เนื่องจากไม่ถูกผนังอาคารเป็นตัวบัง การเจาะช่องเปิดเพิ่มทำให้ลมไหลผ่านห้องนอนได้มากขึ้น ในห้องที่ 1 – 5 การเข้ามาของลมจะเข้าโดยผ่านห้องทางทิศใต้ของอาคาร ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อห้องทางทิศใต้มีการเปิดช่องเปิดทุกจุด ซึ่งในการใช้งานจริงอาจควบคุมได้ยาก

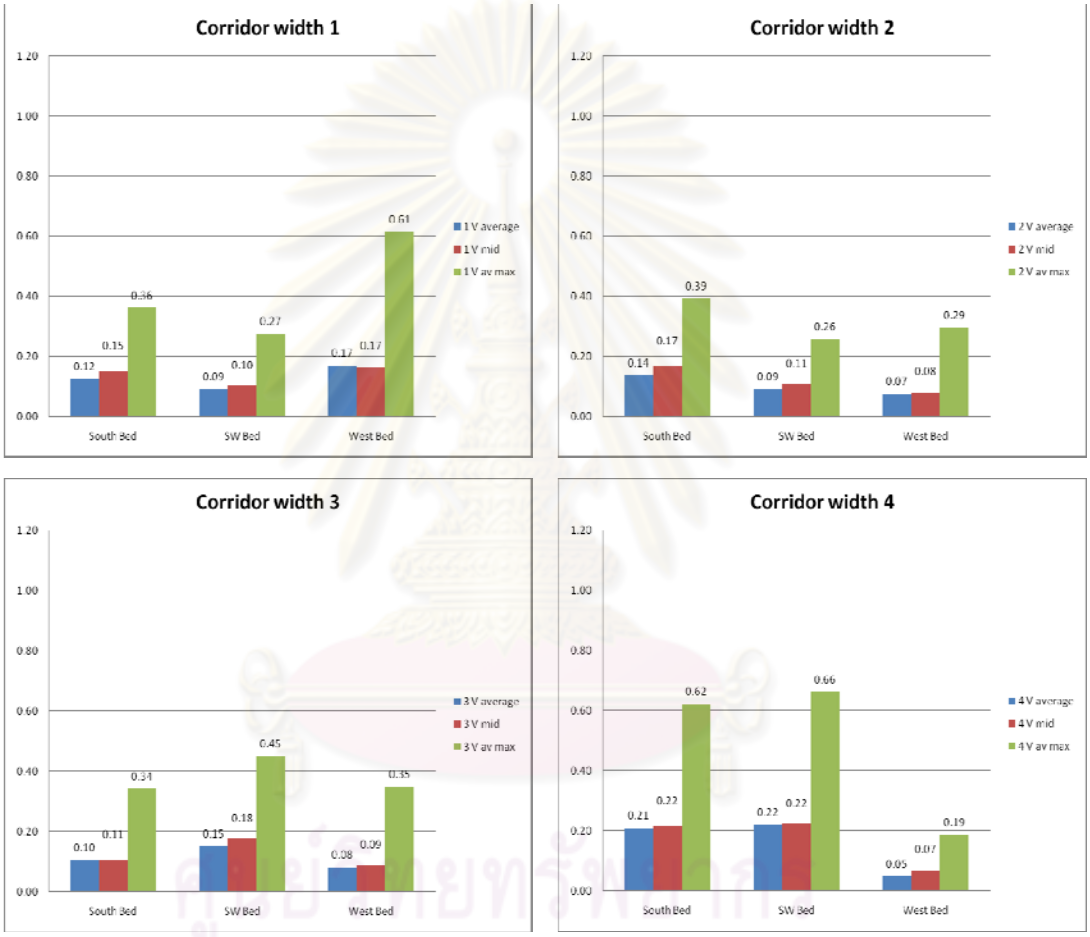
สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก ซึ่งเป็นด้านที่มีผนังอาคารทึบเป็นส่วนบังลม ลมจึงไหลเข้าภายในอาคารได้ทางเดียวคือทางเดินส่วนกลาง ถึงแม้จะมีขนาดที่เล็กแต่ลมที่ไหลเข้ามาก็มีปริมาณมาก จากภาพที่ 4.53 (2) จะเห็นได้ว่าความเร็วลมบางห้องมีระดับที่สูงมาก ได้แก่ห้องที่ 5 และ 6 ส่วนในห้องอื่นๆจะมีความเร็วลมที่น้อยและไม่สม่ำเสมอ การไหลของลมจะเป็นการไหลผ่านจากห้องที่ 1 - 5 ลงสู่ห้องห้องทางทิศใต้คือห้องที่ 6 – 9

รูปแบบที่ 2 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า

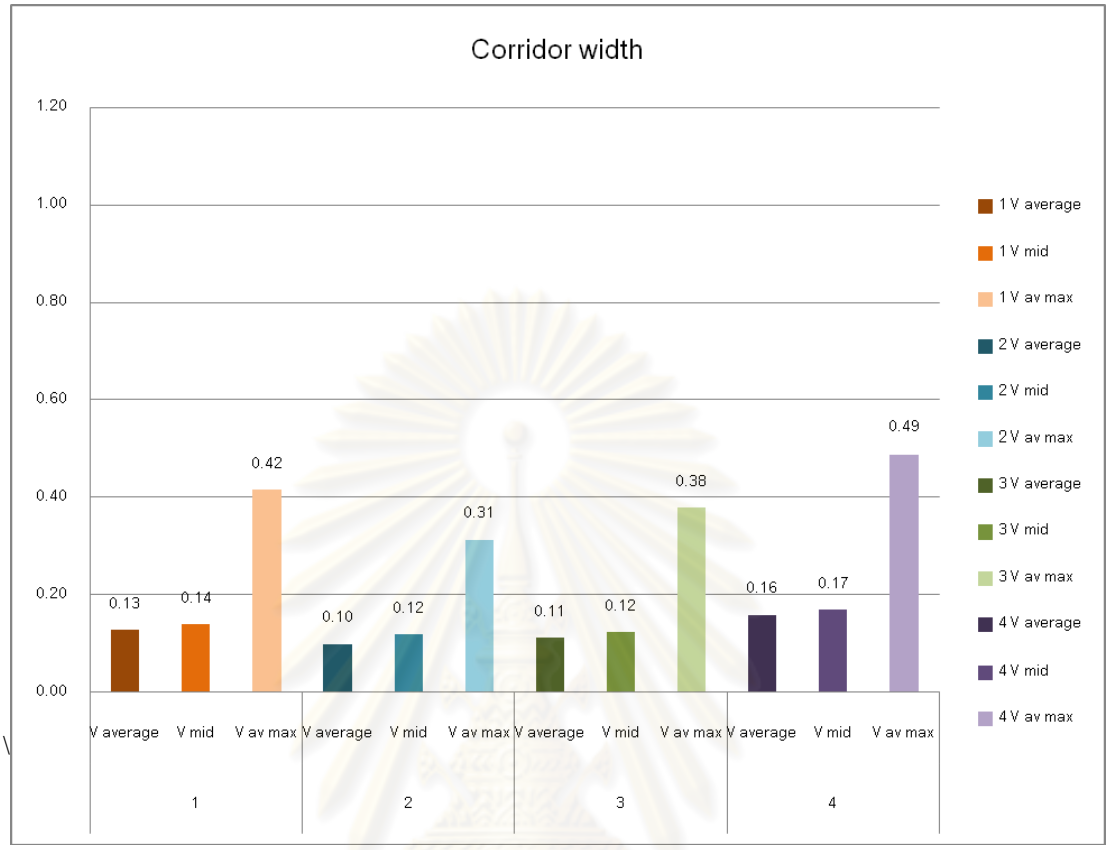
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง



จากแผนภูมิที่ 4.17 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด อาคารวางตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด อาคารวางตำแหน่งที่ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน คือ มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยและค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยเท่ากัน ต่างกันเพียงค่าความเร็วภายในห้องสูงสุดเฉลี่ย ที่ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่ามากกว่า 0.04 เมตรต่อวินาที



แผนภูมิที่ 4.18 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.18 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.05 – 0.22 เมตรต่อวินาที

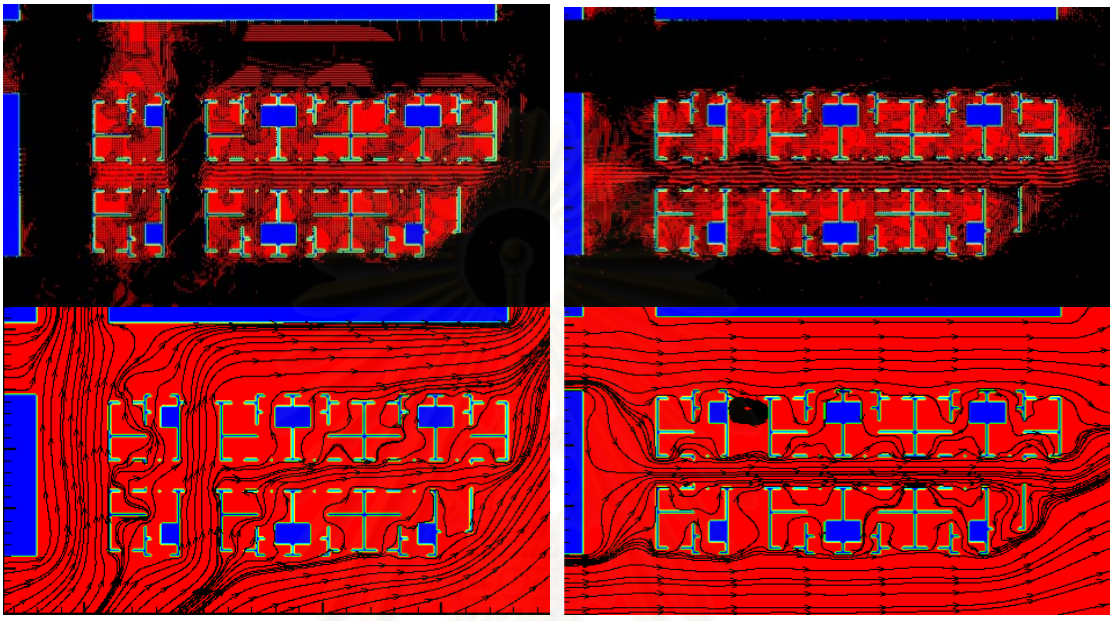
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.22 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.19 – 0.66 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 4 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.54 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

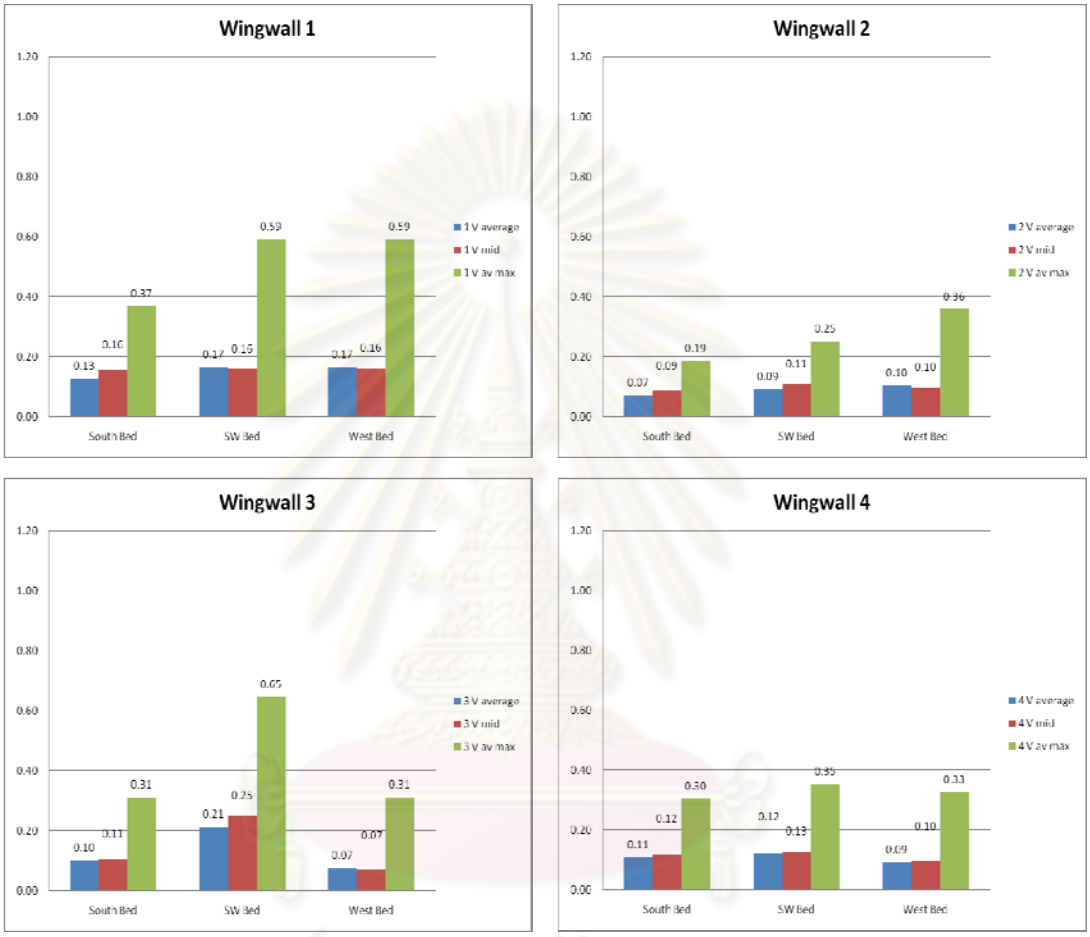
จากภาพที่ 4.54 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 4.2 และ 4.3 คือการวางอาคารตำแหน่งที่ 4 ภาพที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนภาพที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ0.22 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงมีการไหลได้อย่างทั่วถึงมากกว่า เนื่องจากไม่ถูกผนังอาคารเป็นตัวบัง จะเห็นได้ชัดเจนในห้องที่ 2 – 5 แต่การเข้ามาของลมก็จะเข้าโดยผ่านห้องทางทิศใต้ของอาคาร ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อห้องทางทิศใต้มีการเปิดช่องเปิดทุกจุด ซึ่งในการใช้งานจริงอาจควบคุมได้ยาก

สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.06 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก ซึ่งเป็นด้านที่มีผนังอาคารทึบเป็นส่วนบังลม พร้อมกับอาคารข้างเคียงซึ่งมาบังช่องเปิดเดียวที่ลมสามารถไหลเข้าตัวอาคารได้ นั่นคือ ทางเดินส่วนกลาง ทำให้ลมไหลเข้าสู่ตัวอาคารได้ยากมากขึ้น จากภาพที่ 4.54 (2) จะเห็นได้ว่าลมจะไหลเลียบอาคารข้างเคียงด้านหน้ามาแล้วเบี่ยงเข้าสู่ทางเดินส่วนกลางของอาคาร ซึ่งเป็นลมส่วนเดียวที่ไหลผ่านเข้ามาในตัวอาคาร ลมส่วนอื่นๆจะไหลผ่านตัวอาคารไปหมด จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี

รูปแบบที่ 3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย

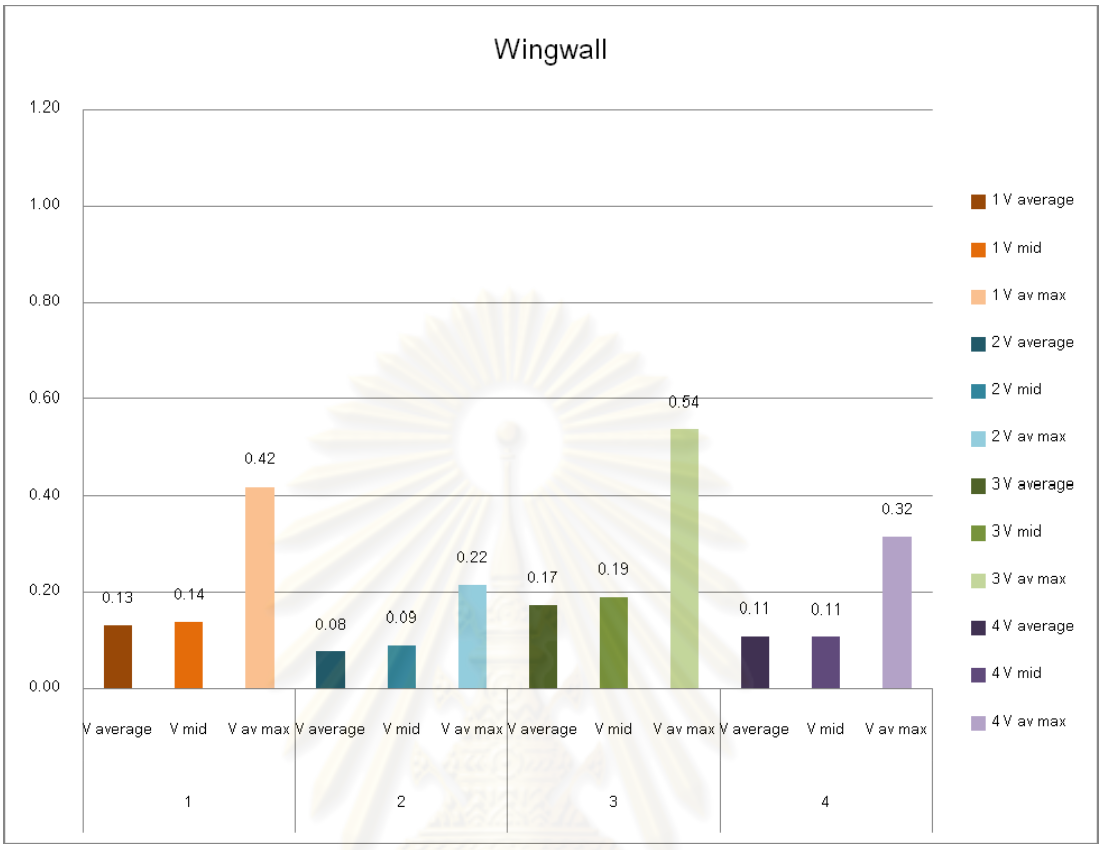
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.19 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.19 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยทุกค่าเท่ากัน อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด แต่สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 2 และ 4 ค่าเฉลี่ยของทุกทิศมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาเพื่อหาทิศทางของลมภายนอกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สรุปว่า ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีประสิทธิภาพดีที่สุด



แผนภูมิที่ 4.20 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.20 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.21 เมตรต่อวินาที

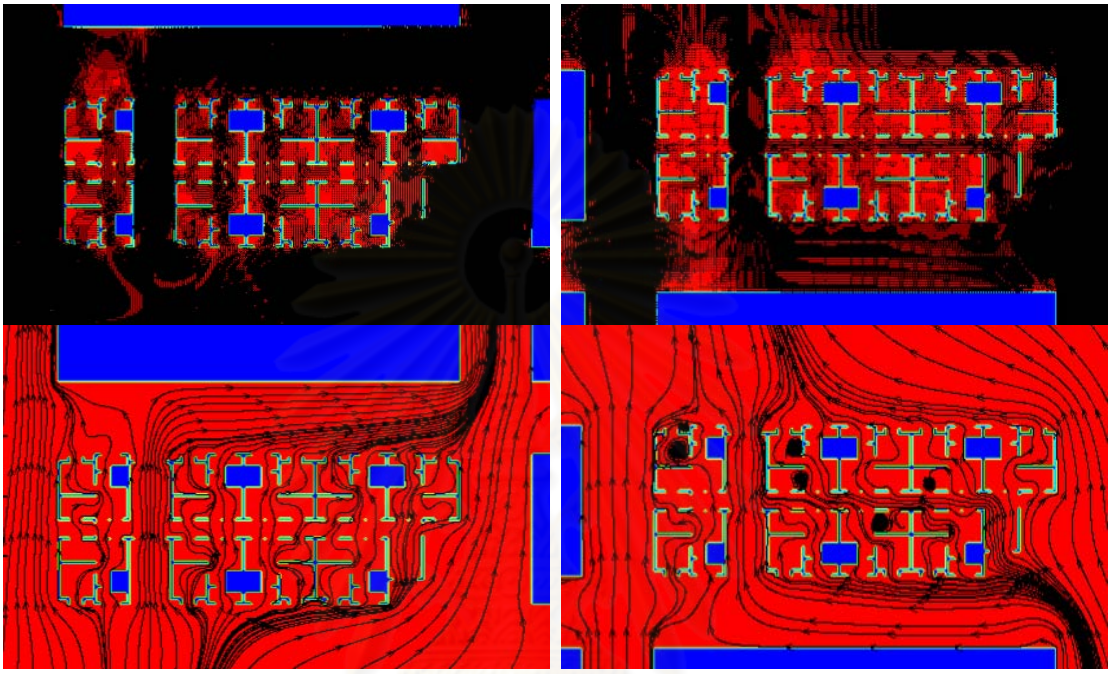
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.08 – 0.25 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.19 – 0.65 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 3 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) **การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม**

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.55 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

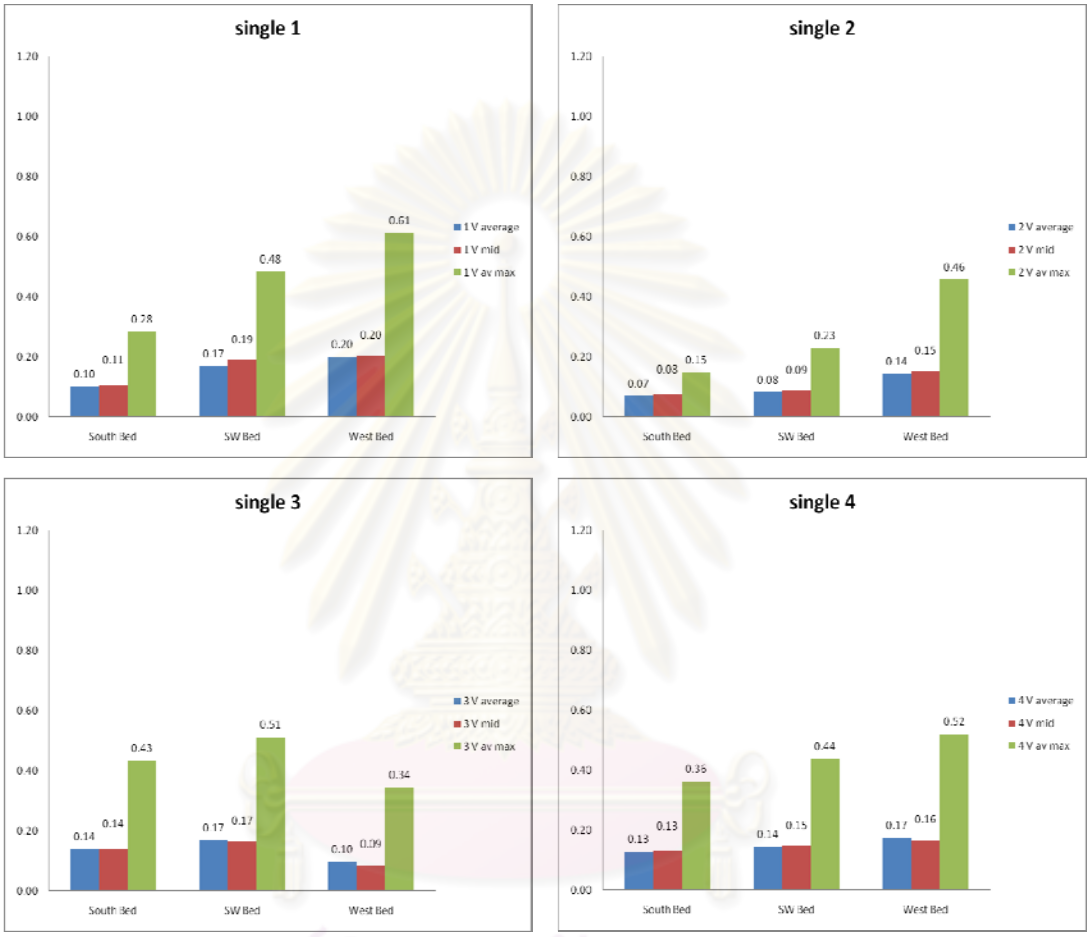
จากภาพที่ 4.55 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 3.2 และ 2.1 ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ 0.21 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงมีการไหลได้อย่างทั่วถึงมากกว่า เนื่องจากไม่ถูกผนังอาคารเป็นตัวบัง จะเห็นได้ชัดเจนในห้องที่ 2 – 5 แต่การเข้ามาของลมก็จะเข้าโดยผ่านห้องทางทิศใต้ของอาคาร ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อห้องทางทิศใต้มีการเปิดช่องเปิดทุกจุด ซึ่งในการใช้งานจริงอาจควบคุมได้ยาก

สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.07 เมตรต่อวินาที ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศใต้ ซึ่งอาคารตั้งอยู่ตำแหน่งที่สอง ที่จะถูกอาคารข้างเคียงบังลมในทุกด้าน ลมภายนอกจึงไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.55 (2) จะเห็นการเกิดลมหมุนวนในหลายจุดในพื้นที่ห้องนอนและห้องนั่งเล่น ทิศทางของลมที่ผ่านอาคารข้างเคียงเข้ามา จะมีทิศทางจากล่างขึ้นบน โดยจะเฉียงมาจากทางทิศตะวันออกเล็กน้อย ลมจะถูกผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่นเป็นตัวบังไม่ให้ไหลผ่านห้องนอนได้สะดวก จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี

รูปแบบที่ 4 การออกแบบผังอาคารแบบผังทางเดินเดี่ยว

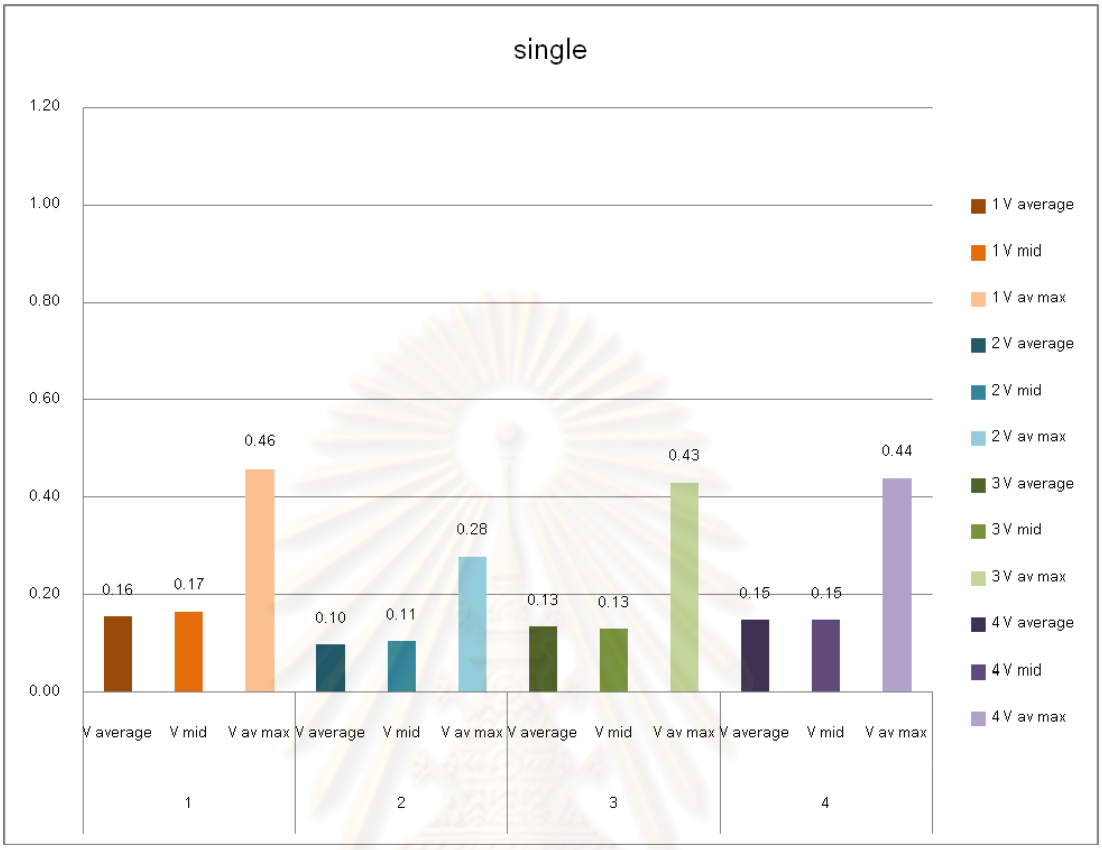
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.21 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.21 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1, 2 และ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด แต่สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 4 ค่าเฉลี่ยของทุกทิศมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาเพื่อหาทิศทางของลมภายนอกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สรุปว่า ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนอาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด



แผนภูมิที่ 4.22 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.22 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.20 เมตรต่อวินาที

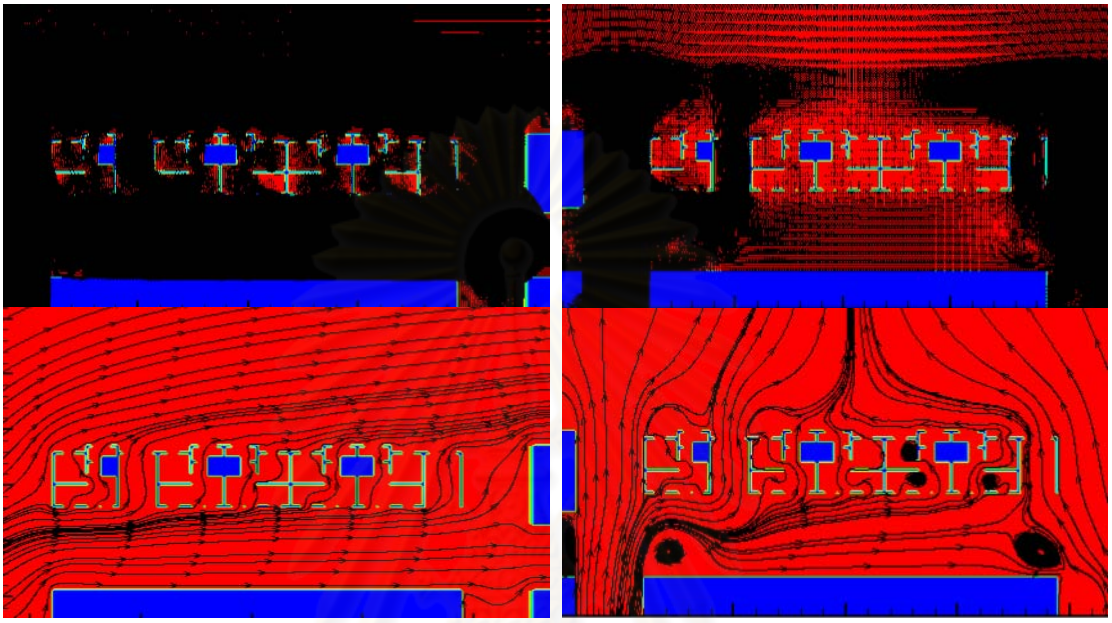
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.08 – 0.20 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.15 – 0.61 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 1 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 4 ตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) **การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม**

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.56 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

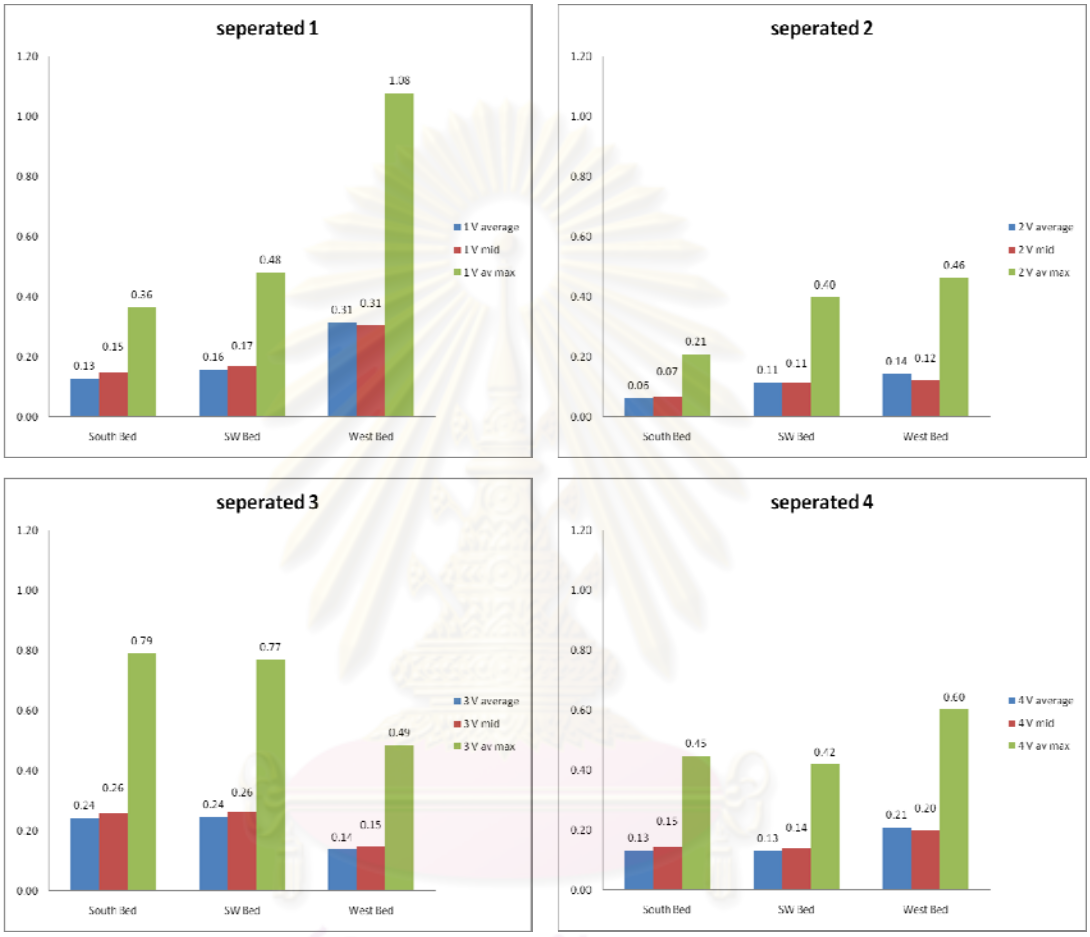
จากภาพที่ 4.56 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 1.3 และ 2.1 ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่อาคารอยู่ตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือ เท่ากับ0.20 เมตรต่อวินาที ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ตั้งอยู่ ทำให้ลมภายนอกไหลมาปะทะแล้วเบี่ยงขึ้นทางด้านบนเล็กน้อย ลมจึงไหลเข้าสู่ตัวอาคารได้ทั่วถึงทุกหน่วยพักอาศัย การวางผังอาคารเรียงห้องเป็นชั้นเดียวเสริมให้เกิดการไหลเวียนของลมได้ดีขึ้น เนื่องจากไม่ต้องไหลผ่านห้องทางทิศใต้ของอาคารมาก่อน ทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานจริงยิ่งขึ้น

สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่อาคารวางอยู่ตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศใต้ ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศใต้ ซึ่งอาคารตั้งอยู่ตำแหน่งที่สอง ที่จะถูกอาคารข้างเคียงบังลมในทุกด้าน ลมภายนอกจึงไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.56 (2) จะเห็นการเกิดลมหมุนวนในหลายจุด ภายในอาคารจะเกิดที่ห้องที่ 4 และ 5 ทั้งในพื้นที่ห้องนอนและห้องนั่งเล่น ทิศทางของลมที่ผ่านอาคารข้างเคียงเข้ามา จะมีทิศทางจากล่างขึ้นบน ซึ่งจะถูกผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่นเป็นตัวบังไม่ให้ไหลผ่านห้องนอนได้สะดวก จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี

รูปแบบที่ 5 การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

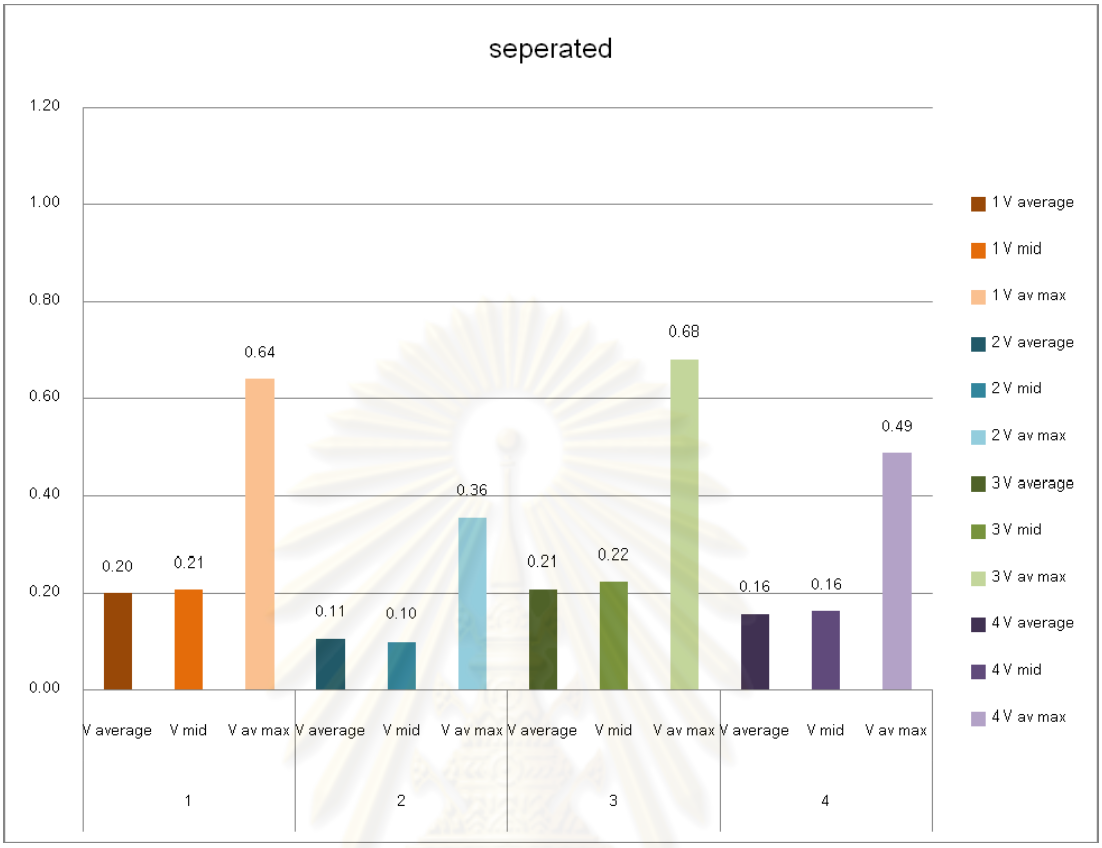
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.23 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1, 2 และ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด แต่สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 4 ค่าเฉลี่ยของทุกทิศมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาเพื่อหาทิศทางของลมภายนอกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สรุปว่า ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนอาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกันมาก ต่างกันเพียงค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย ซึ่งต่างกันเพียง 0.03 เมตรต่อวินาที



แผนภูมิที่ 4.24 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.24 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.06 – 0.31 เมตรต่อวินาที

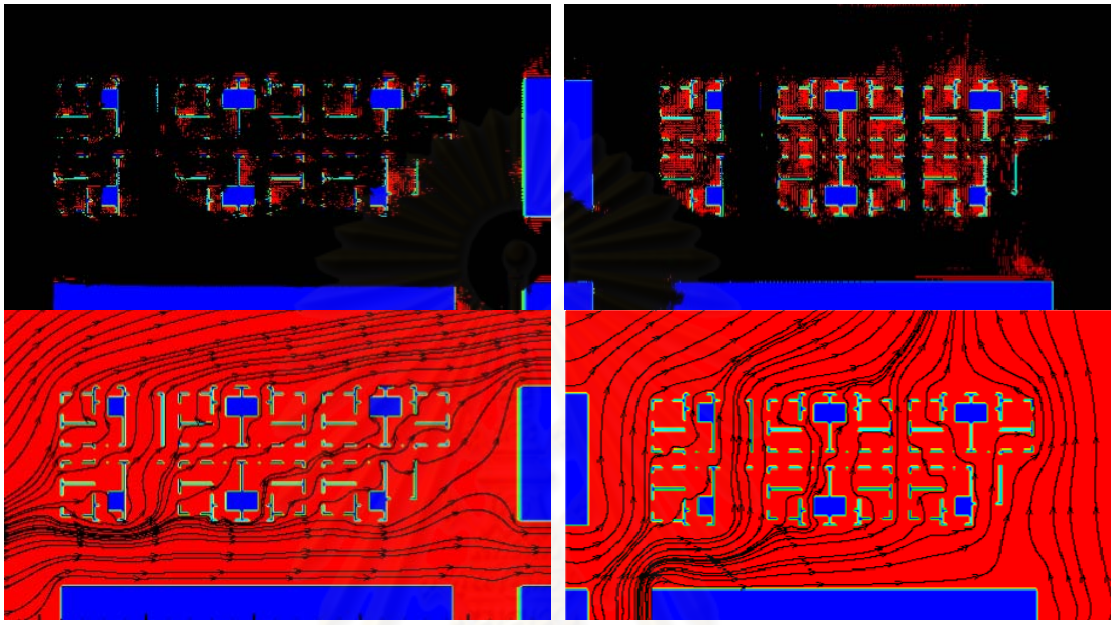
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.31 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.21 – 1.08 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 3 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.57 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

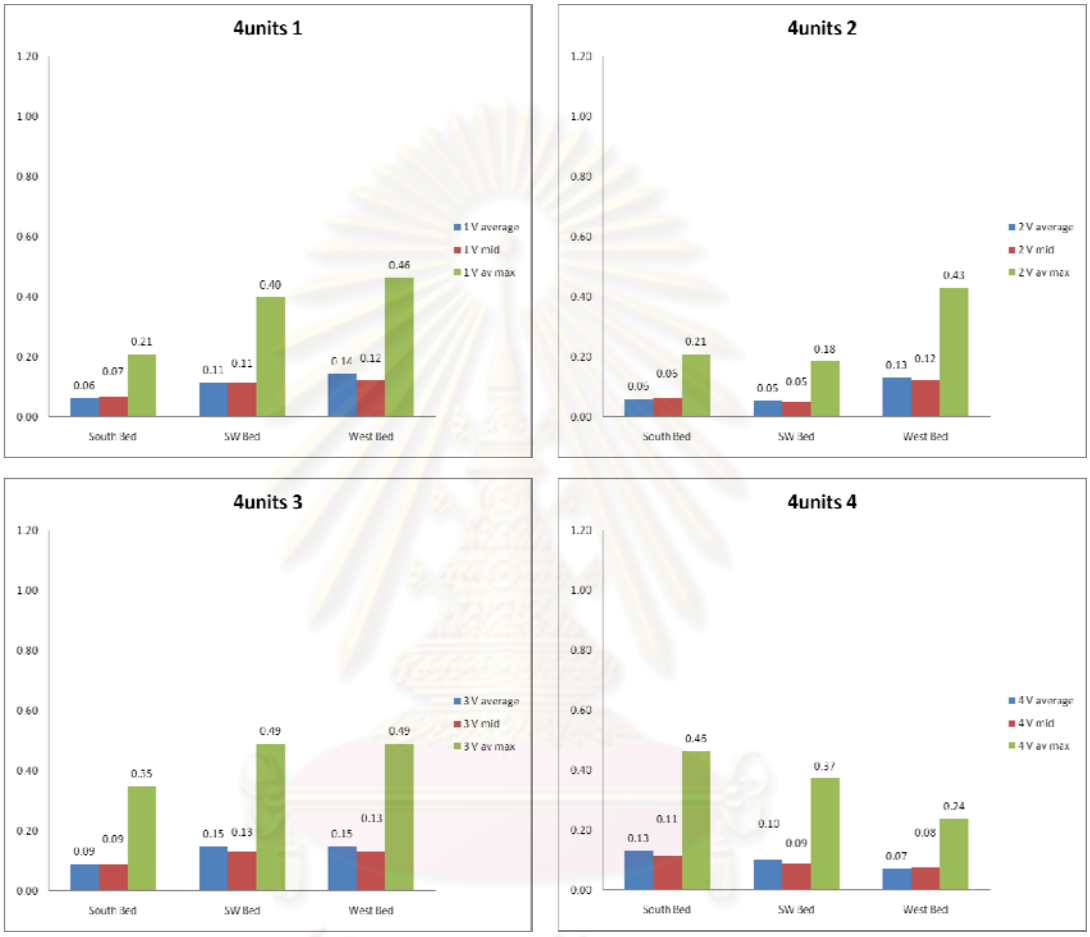
จากภาพที่ 4.57 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 1.3 และ 2.2 ภาพที่ 1 อาคารวางตำแหน่งที่ 1 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนภาพที่ 2 อาคารวางตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ0.31 เมตรต่อวินาที ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ตั้งอยู่ ทำให้ลมภายนอกไหลมาปะทะแล้วเบี่ยงขึ้นทางด้านบนเล็กน้อย ทำให้ลมไหลเข้าสู่ตัวอาคารได้ทั่วถึง โดยไหลผ่านจากห้องทางทิศใต้ของตัวอาคารสู่ห้องทางทิศเหนือ ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อห้องทางทิศใต้มีการเปิดช่องเปิดทุกจุด ซึ่งในการใช้งานจริงอาจควบคุมได้ยาก

สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.08 เมตรต่อวินาที ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งอาคารตั้งอยู่ตำแหน่งที่สอง ที่จะถูกอาคารข้างเคียงบังลมในทุกด้าน ลมภายนอกจึงไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก ทิศทางของลมที่ผ่านอาคารข้างเคียงเข้ามา จะมีทิศทางจากล่างขึ้นบน ซึ่งจะถูกผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่นเป็นตัวบังไม่ให้ไหลผ่านห้องนอนได้สะดวก จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี

รูปแบบที่ 6 การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

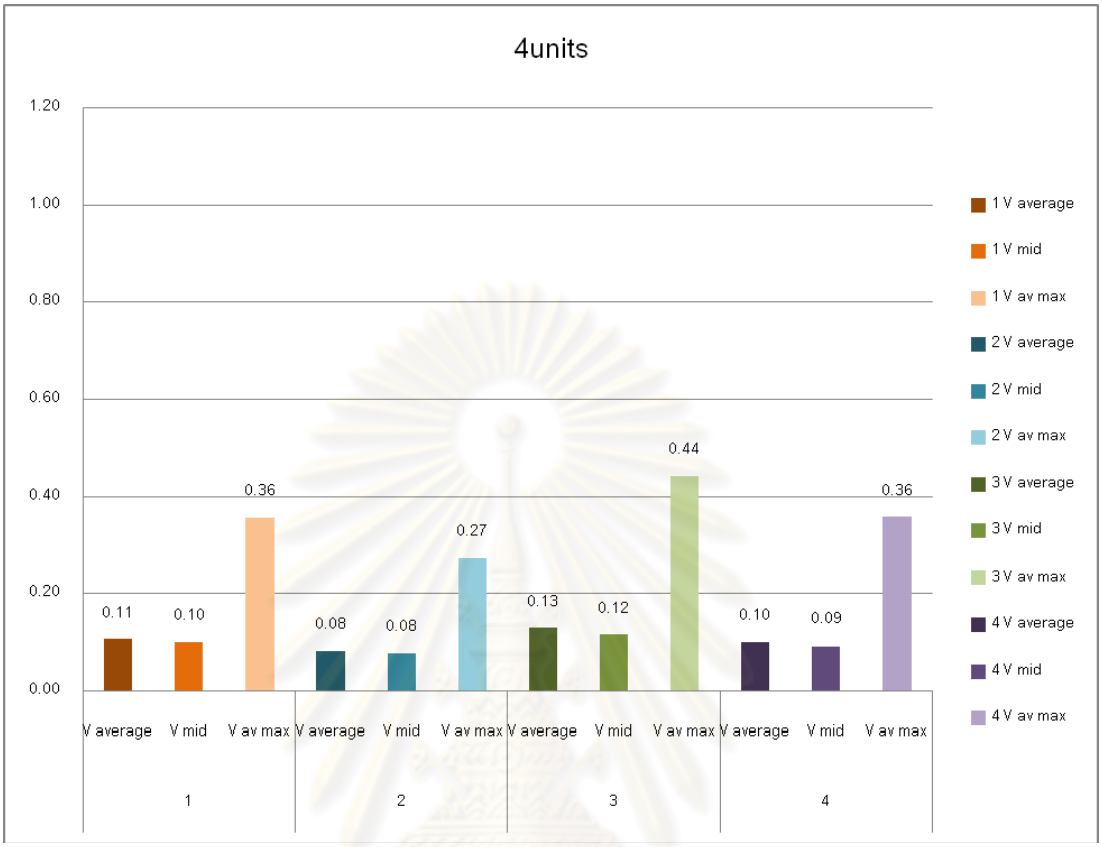
1) การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่าความเร็วลม จะพิจารณาได้จากแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ในแต่ละทิศ ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.25 สรุปได้ว่า อาคารวางตำแหน่งที่ 1 และ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด เนื่องจากมีค่าเท่ากันทุกค่า สำหรับอาคารวางตำแหน่งที่ 4 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันใต้ มีประสิทธิภาพในการไหลเข้าสู่ภายในอาคารดีที่สุด



แผนภูมิที่ 4.26 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน ของอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากแผนภูมิที่ 4.26 แสดงผลการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห้องนอน เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้งอาคารและทั้งสามทิศ คือทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก พิจารณาทั้ง 3 ค่าของแต่ละตำแหน่งคือ

1) ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง
ค่าความเร็วลมของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.05 – 0.15 เมตรต่อวินาที

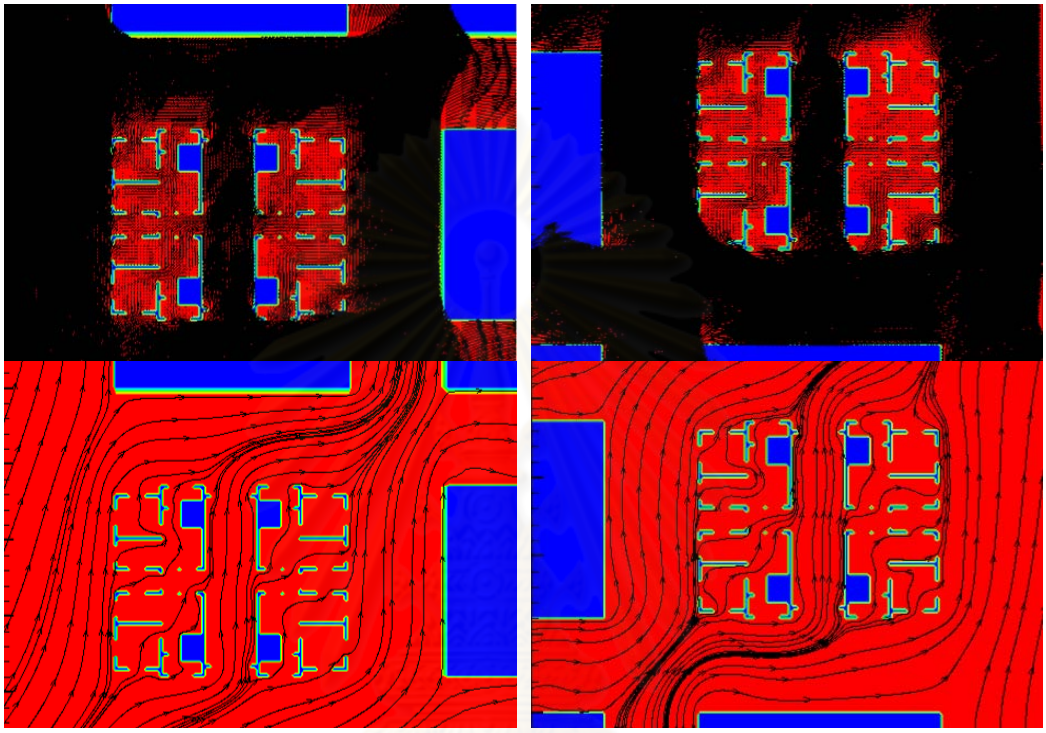
2) ค่าความเร็วลม ณ จุดกึ่งกลางห้อง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.05 – 0.13 เมตรต่อวินาที

3) ค่าความเร็วลมสูงสุด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.18 – 0.49 เมตรต่อวินาที

จะเห็นว่าทั้ง 3 ค่ามีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 3 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก

2) **การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม**

การวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมการไหลเวียนของลม จะพิจารณาได้จากภาพแสดงการไหลเวียนของลม ดังต่อไปนี้



(1) (2)

ภาพที่ 4.58 แสดงพฤติกรรมการไหลเวียนลมของกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนสูงสุด (ภาพทางซ้าย) และกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนต่ำสุด (ภาพทางขวา)

จากภาพที่ 4.58 ทั้งสองภาพเป็นการจำลองในกรณีที่ 3.2 และ 2.2 ภาพที่ 1 อาคารวางตำแหน่งที่ 3 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนภาพที่ 2 อาคารวางตำแหน่งที่ 2 ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก ภาพอาคารที่ 1 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าสูงสุด คือเท่ากับ0.15 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงมีการไหลได้อย่างทั่วถึงมากกว่า เนื่องจากไม่ถูกผนังอาคารเป็นตัวบัง ลมสามารถไหลเข้าและออกจากตัวอาคารได้อย่างอิสระ เนื่องจากแต่ละห้องนอนมีทางเข้าออกของลมอย่างชัดเจนและทั่วถึง มีเพียงบางห้องที่ทางเข้าของลมเป็นช่องประตู ถ้าต้องการให้ลมไหลผ่านอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงต้องเปิดประตูขณะที่อยู่อาศัย

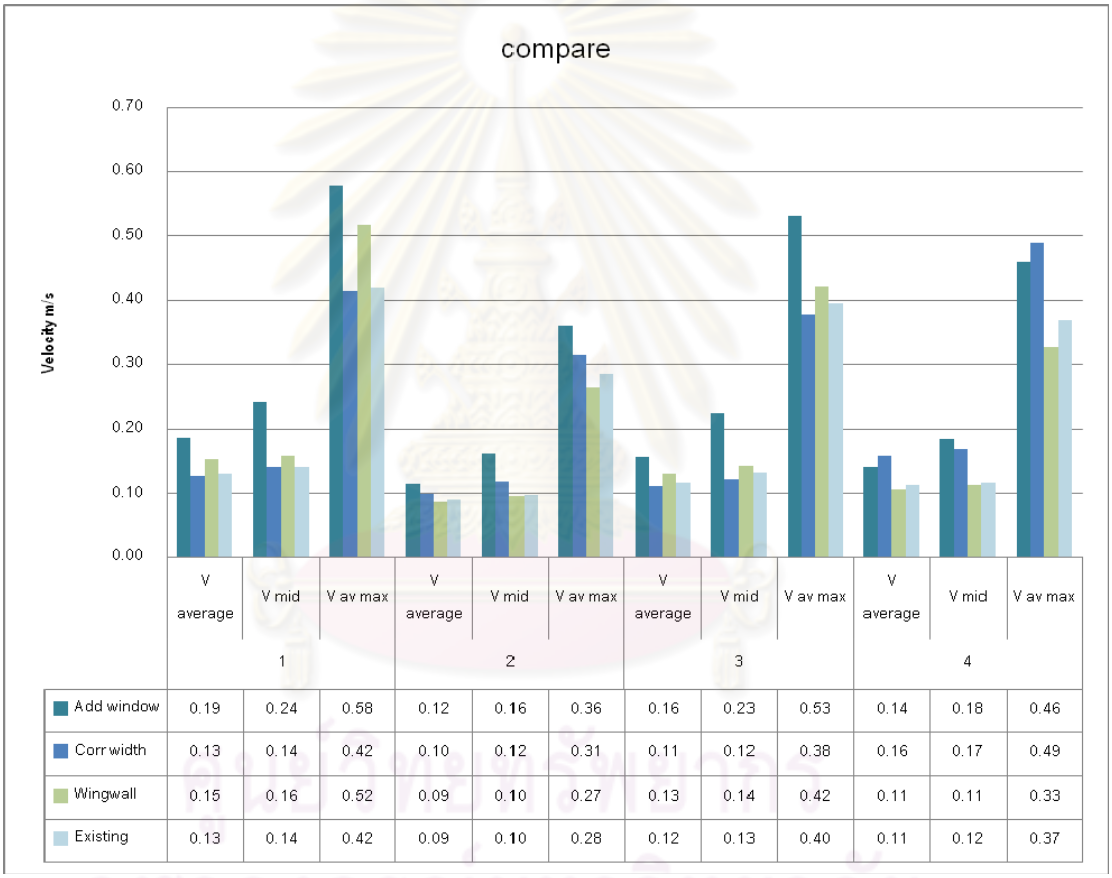
สำหรับภาพอาคารที่ 2 เป็นกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนอนทั้งอาคารมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.05 เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งอาคารตั้งอยู่ตำแหน่งที่สอง ที่จะถูกอาคารข้างเคียงบังลมในทุกด้าน ลมภายนอกจึงไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ลำบาก จึงเป็นสาเหตุให้ภายในห้องนอนมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารต่ำที่สุดในทุกกรณี

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ

นำผลการจำลองการระบายอากาศของรูปแบบการปรับปรุงอาคารแต่ละแบบ มาเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศระหว่างกัน และนำไปเปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศ และเปรียบเทียบในเรื่องพฤติกรรมการไหลเวียนของลม เพื่อเสนอเป็นแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย โดยแบบการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทางการออกแบบหลัก คือ แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร และแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

4.4.1 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลในเรื่องของค่าความเร็วลม

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร



	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max
	1			2			3			4		
Add window	0.19	0.24	0.58	0.12	0.16	0.36	0.16	0.23	0.53	0.14	0.18	0.46
Corr width	0.13	0.14	0.42	0.10	0.12	0.31	0.11	0.12	0.38	0.16	0.17	0.49
Wingwall	0.15	0.16	0.52	0.09	0.10	0.27	0.13	0.14	0.42	0.11	0.11	0.33
Existing	0.13	0.14	0.42	0.09	0.10	0.28	0.12	0.13	0.40	0.11	0.12	0.37

แผนภูมิที่ 4.27 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ได้นำมาพิจารณาเปรียบเทียบ 3 ค่า คือ ค่าความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร ค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยทั้งอาคาร โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 4 ตำแหน่ง ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1

จากแผนภูมิที่ 4.27 แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย และการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าทั้ง 3 เท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

ตำแหน่งที่ 2

จากแผนภูมิที่ 4.27 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า และการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร ที่เท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น อีกทั้งค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยทั้งอาคารยังน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้นอยู่ 0.01 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งที่ 3

จากแผนภูมิที่ 4.27 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย และการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าทั้ง 3 น้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

ตำแหน่งที่ 4

จากแผนภูมิที่ 4.27 เมื่อพิจารณาค่าค่าความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยทั้งอาคาร แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่าเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด รองลงมาคือ การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น และการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ย แนวทางการออกแบบปรับปรุงโดยการการเจาะช่องเปิดเพิ่มบนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด รองลงมาคือ การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า และการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าทั้ง 3 น้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากผลการทดลองในการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง สรุปได้ว่า การวางอาคารในตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า ส่วนการวางอาคารตำแหน่งที่ 4 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่าเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยทั้งอาคาร และเมื่อพิจารณาค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ย แนวทางการออกแบบปรับปรุงโดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด

จากนั้นจะนำแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารที่ได้ผลดีที่สุดของตำแหน่งที่แสดงถึงความแตกต่างของค่าความเร็วลมได้ชัดเจนที่สุด มาหาประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารในที่นี้คือค่าพลังงานจากการทำความเย็นด้วยเครื่องปรับอากาศ โดยคิดจากระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในหนึ่งปี

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max	V average	V mid	V av max
	1			2			3			4		
single	0.16	0.17	0.46	0.10	0.11	0.28	0.13	0.13	0.43	0.15	0.15	0.44
Seperated	0.20	0.21	0.64	0.11	0.10	0.36	0.21	0.22	0.68	0.16	0.16	0.49
4units	0.11	0.10	0.36	0.08	0.08	0.27	0.13	0.12	0.44	0.10	0.09	0.36
existing	0.13	0.14	0.42	0.09	0.10	0.28	0.12	0.13	0.40	0.11	0.12	0.37

แผนภูมิที่ 4.28 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง

จากผลการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ได้นำมาพิจารณาเปรียบเทียบ 3 ค่า คือ ค่าความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร ค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ยทั้งอาคาร และค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยทั้งอาคาร โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 4 ตำแหน่ง ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1

จากแผนภูมิที่ 4.28 แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว และการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าทั้ง 3 น้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

ตำแหน่งที่ 2

จากแผนภูมิที่ 4.28 เมื่อพิจารณาค่าความเร็วลมเฉลี่ย และค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว เป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ย การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด รองลงมาคือ และการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

ตำแหน่งที่ 3

จากแผนภูมิที่ 4.28 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจน ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว และการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น ตามลำดับ ซึ่งแนวทางอื่น รวมทั้งอาคารกรณีศึกษาข้างต้น มีค่าทั้ง 3 ที่ใกล้เคียงกันมาก

ตำแหน่งที่ 4

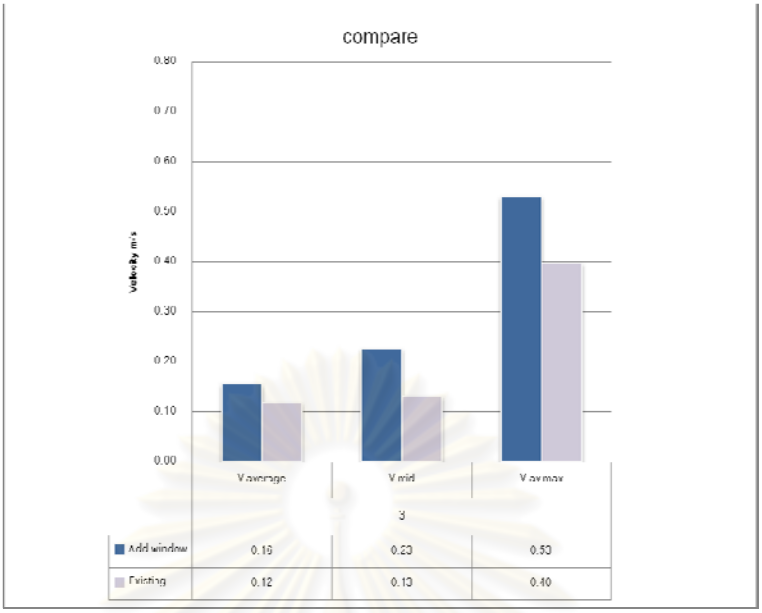
จากแผนภูมิที่ 4.28 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ค่า รองลงมาคือ การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว และการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น โดยกรณีสุดท้ายมีค่าทั้ง 3 น้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากผลการทดลองในการวางอาคารทั้ง 4 ตำแหน่ง สรุปได้ว่า การวางอาคารในตำแหน่งที่ 1 ,3 และ 4 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจน ในการพิจาณาทั้ง 3 ค่า ส่วนการวางอาคารตำแหน่งที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว และการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยมีค่าความเร็วลมที่ใกล้เคียงกัน และแนวทางการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวดีกว่าเล็กน้อยเมื่อพิจารณาค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเฉลี่ย สำหรับการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น มีค่าความเร็วลมน้อยที่สุดในทุกกรณี อีกทั้งยังน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

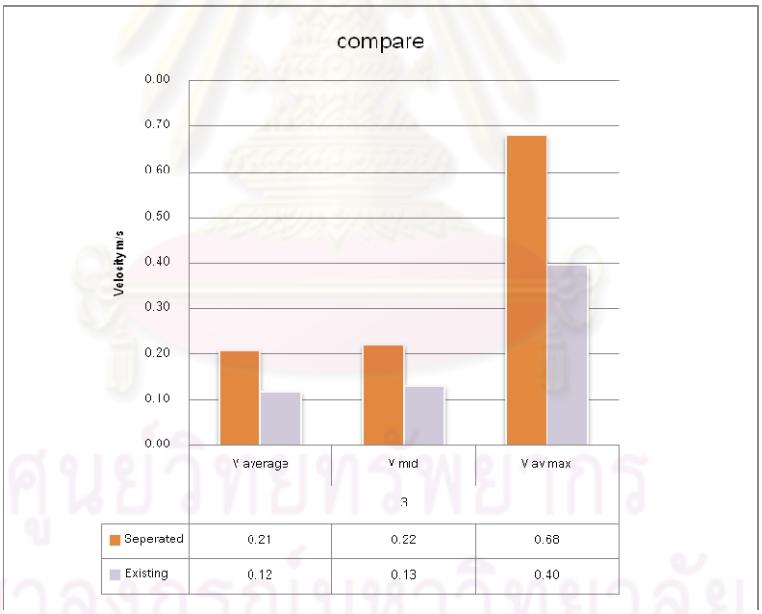
จากนั้นจะนำแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารที่ได้ผลดีที่สุดของตำแหน่งที่แสดงถึงความแตกต่างของค่าความเร็วลมได้ชัดเจนที่สุด มาหาประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารในที่นี้คือค่าพลังงานจากการทำความเย็นด้วยเครื่องปรับอากาศ โดยคิดจากระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในหนึ่งปี

การพิจารณาตำแหน่งที่จะนำไปหาค่าความน่าสบาย

จากจากแผนภูมิที่ 4.27 และ 4.28 จะเห็นได้ชัดเจนว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 3 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ในที่นี้คือ แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยเป็นแนวทางการออกแบบ และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย ซึ่งมีค่าความเร็วลมทั้ง 3 ค่าดังนี้



แผนภูมิที่ 4.29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และอาคารตั้งต้น



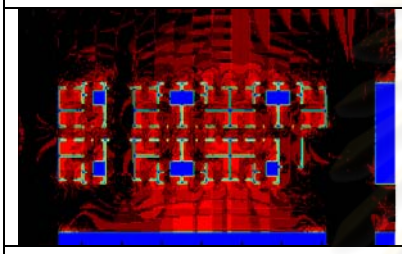
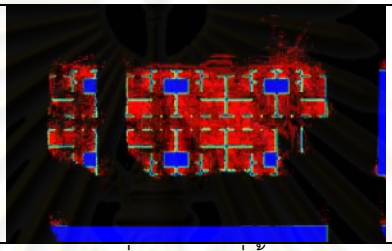
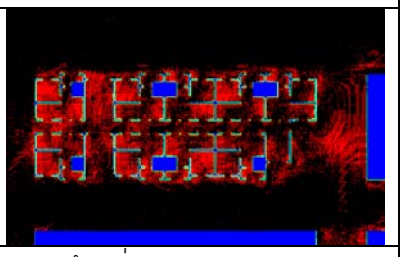
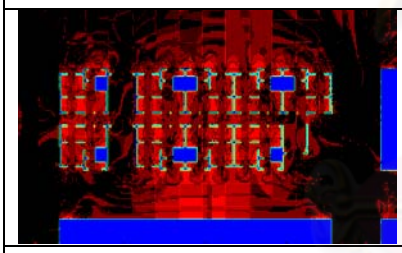
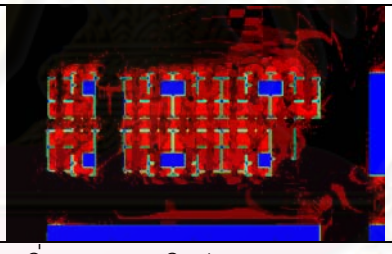
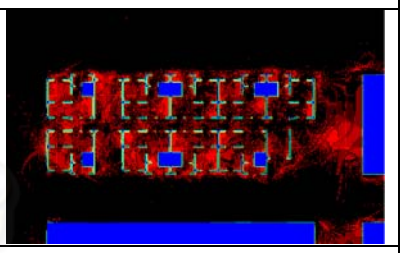
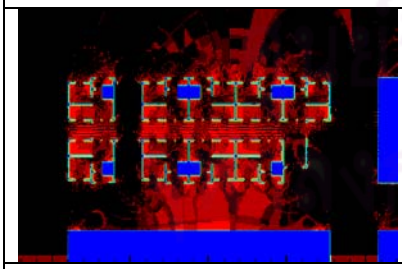
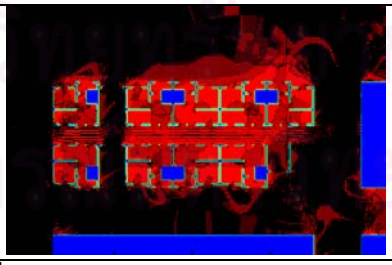
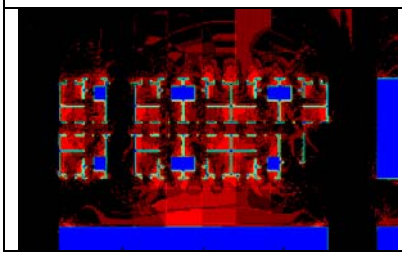
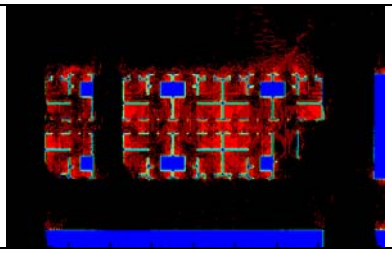
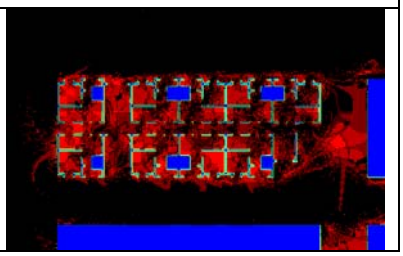
แผนภูมิที่ 4.30 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ ของออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และอาคารตั้งต้น

จากแผนภูมิที่ 4.29 และ 4.30 แสดงค่าความเร็วทั้ง 3 ค่า จะพบว่าค่าความเร็วลม ณ จุดกลางห้องเป็นค่าที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาอธิบายสภาวะน่าสบายที่เกิดภายในห้อง และอีกทั้งยังมีความแตกต่างระหว่างค่าความเร็วลมของอาคารกรณีศึกษาตั้นต้น และอาคารที่เป็นแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอาคารอีกด้วย ดังนั้นจึงนำค่านี้มาใช้ในการหาสภาวะน่าสบายในบทต่อไป

4.4.2 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลในเรื่องพฤติกรรมการไหลเวียนของลม

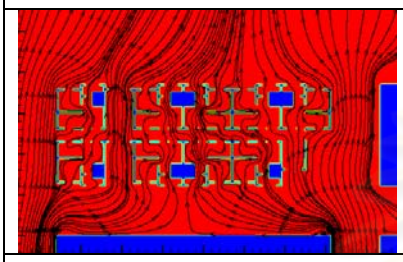
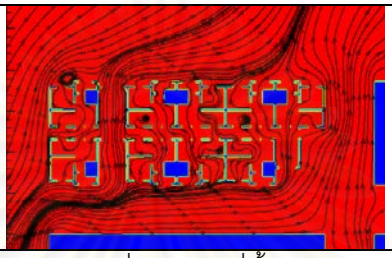
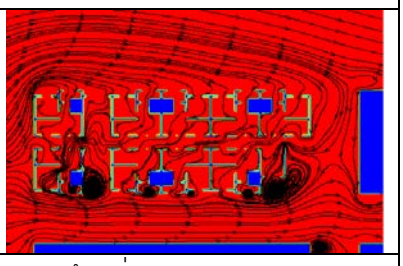
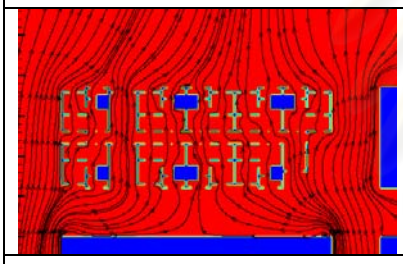
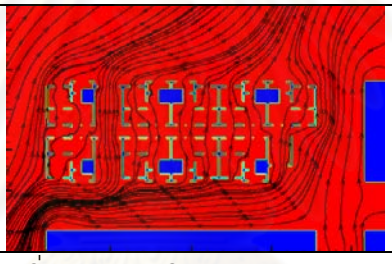
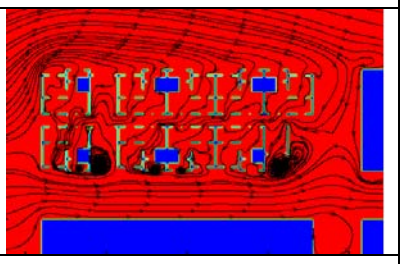
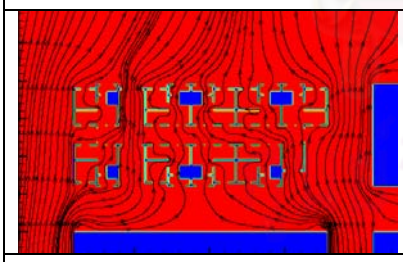
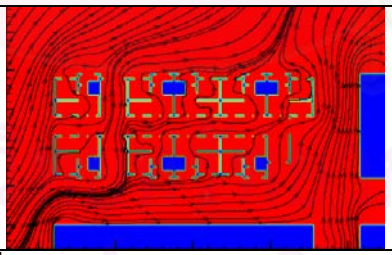
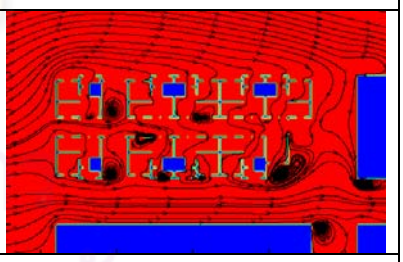
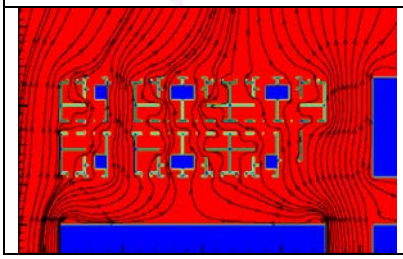
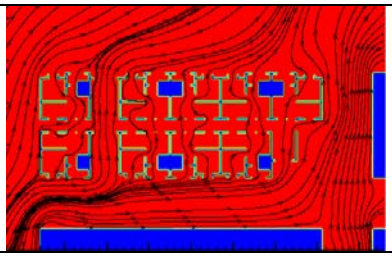
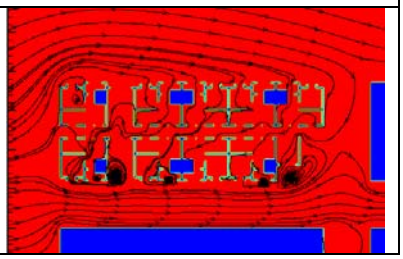
แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

ตารางที่ 4.15 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

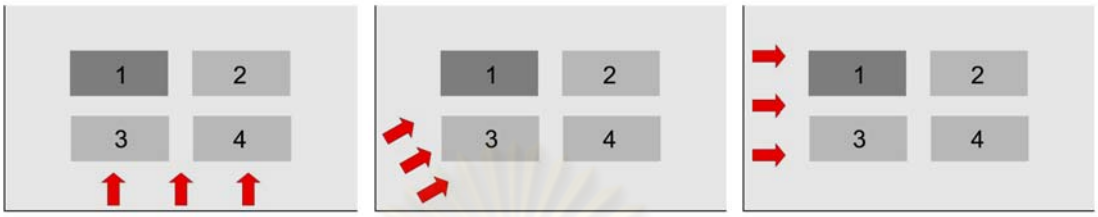
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.16 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1



ภาพที่ 4.59 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบไม่แก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้

	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
1 Add window	0.16	0.19	0.20	0.19
1 Corridor width	0.12	0.09	0.17	0.13
1 Wingwall	0.13	0.17	0.17	0.15
1 existing	0.12	0.10	0.17	0.13

แผนภูมิที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.31 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนอย่างทั่วถึง โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าอีกสามกรณีที่มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้จึงถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้บัง โดยทั้ง 4 กรณีจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือไหลผ่านจากหน่วยพักอาศัยทางทิศใต้สู่หน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือ โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีลักษณะไหลเวียนลมที่แตกต่าง นั่นคือลมไหลผ่านอาคารเป็นเส้นทางที่มีลักษณะตรงกว่าแนวทางอื่น แสดงถึงการไหลผ่านของลมที่เป็นไปได้อย่างสะดวก ไม่ถูกกั้นด้วยผนังภายในอย่างแนงทางการออกแบบอื่น

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.31 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลมบนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง ตามลำดับ โดยกรณีสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้นอยู่ 0.01 เมตรต่อวินาที

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาทางมุมด้านซ้ายล่างของอาคาร เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้มาบัง ทำให้ลมไหลเลียบด้านยาวทางทิศใต้ของอาคาร ลมที่ไหลผ่านอาคารได้จึงต้องอาศัยการเปิดช่องเปิดปริมาณที่มากขึ้น และการเพิ่มความกดดันอากาศระหว่างทางเข้าและทางออกของลม การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง ทำให้ลมภายนอกไหลเข้ามาทางทิศตะวันตก มาลดแรงลมภายในอาคาร ทำให้ลมไม่สามารถไหลผ่านไปยังหน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือได้

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

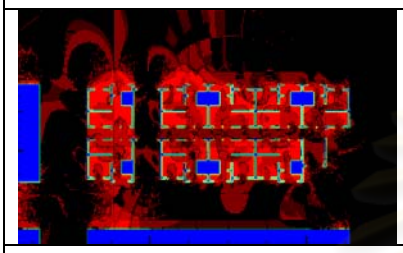
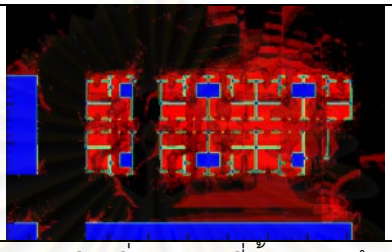
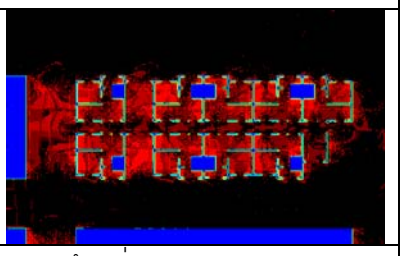
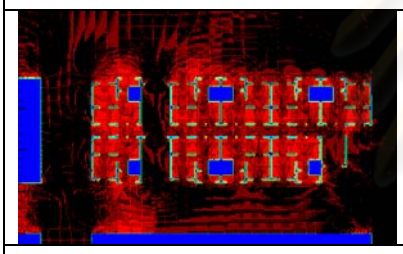
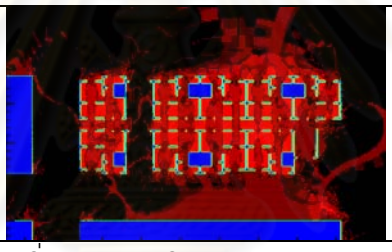
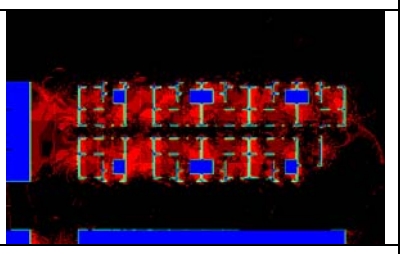
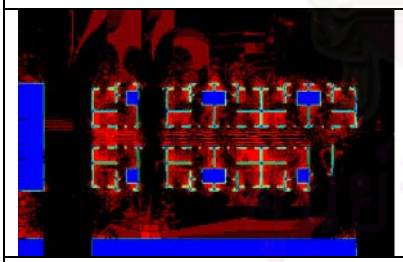
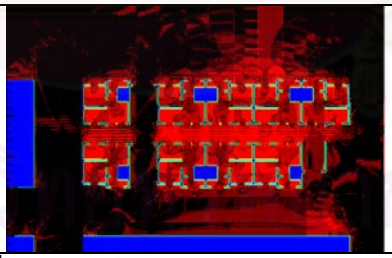
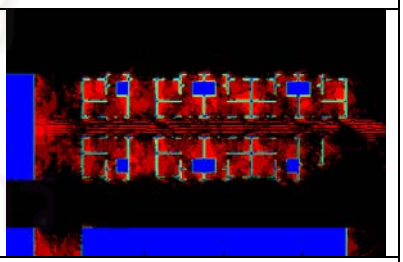
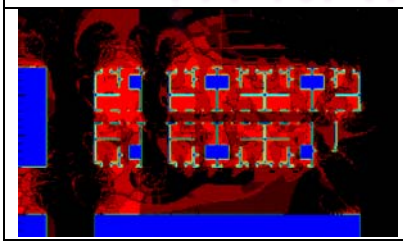
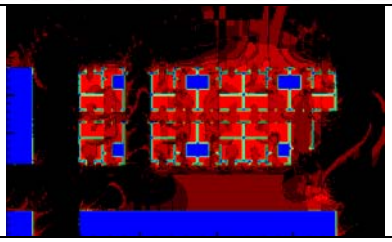
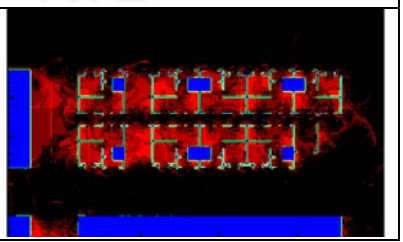
จากแผนภูมิที่ 4.31 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด โดยที่สูงกว่าลมภายนอกที่มาจากทิศทางอื่น รูปแบบอาคารอีก 3 กรณีมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน โดยเท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก เนื่องจากทางทิศตะวันตกของตัวอาคารส่วนใหญ่เป็นผนังทึบ ทำให้ลมไหลเบี่ยงขึ้นทางทิศเหนือ และไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคาร โดยไหลผ่านตัวอาคารในทิศทางจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ มาปะทะกับลมภายนอกที่ไหลจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ทำให้เกิดลมไหลวนบริเวณนี้จำนวนมากในทุกกรณี โดยจะเกิดบริเวณทางเดินส่วนกลางด้วยในกรณีที่เพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

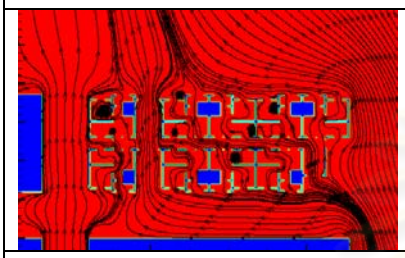
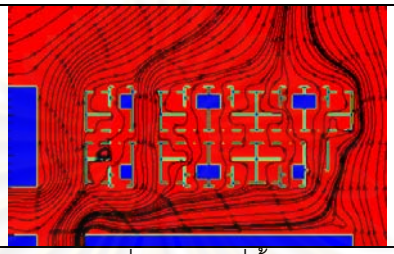
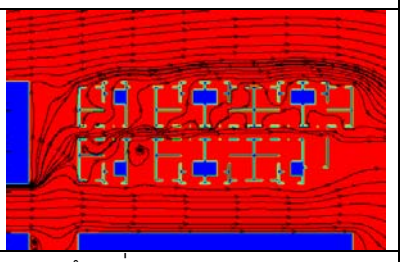
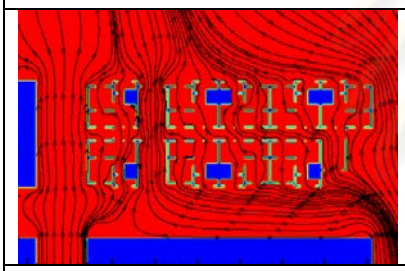
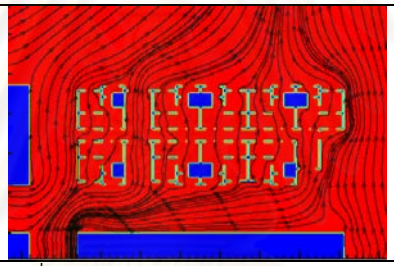
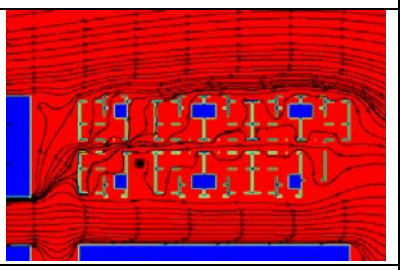
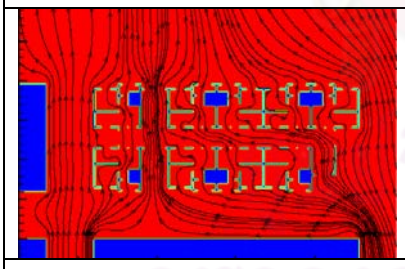
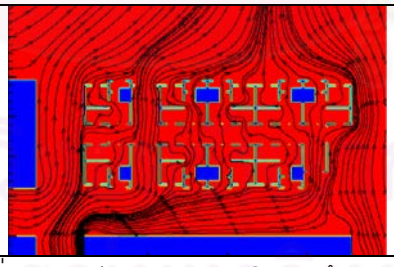
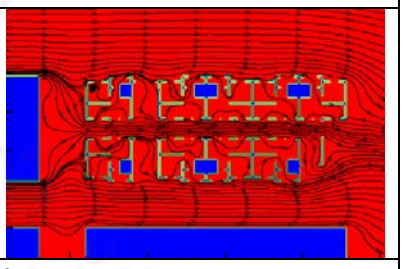
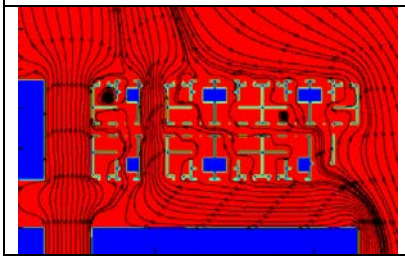
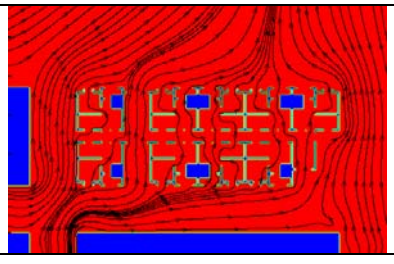
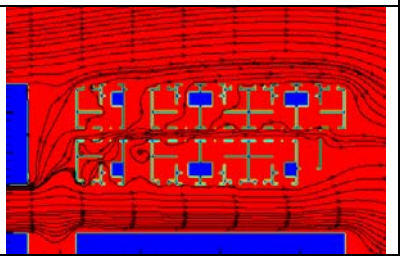
ตารางที่ 4.17 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

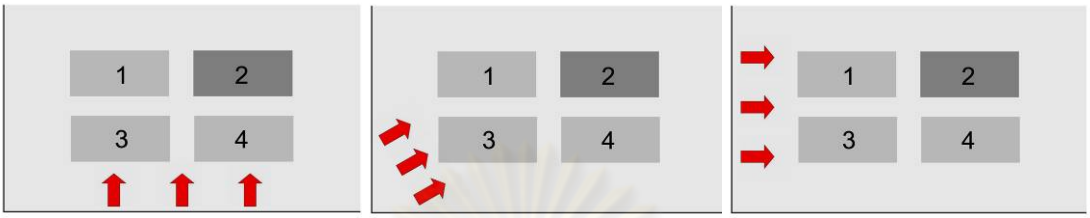
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.18 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

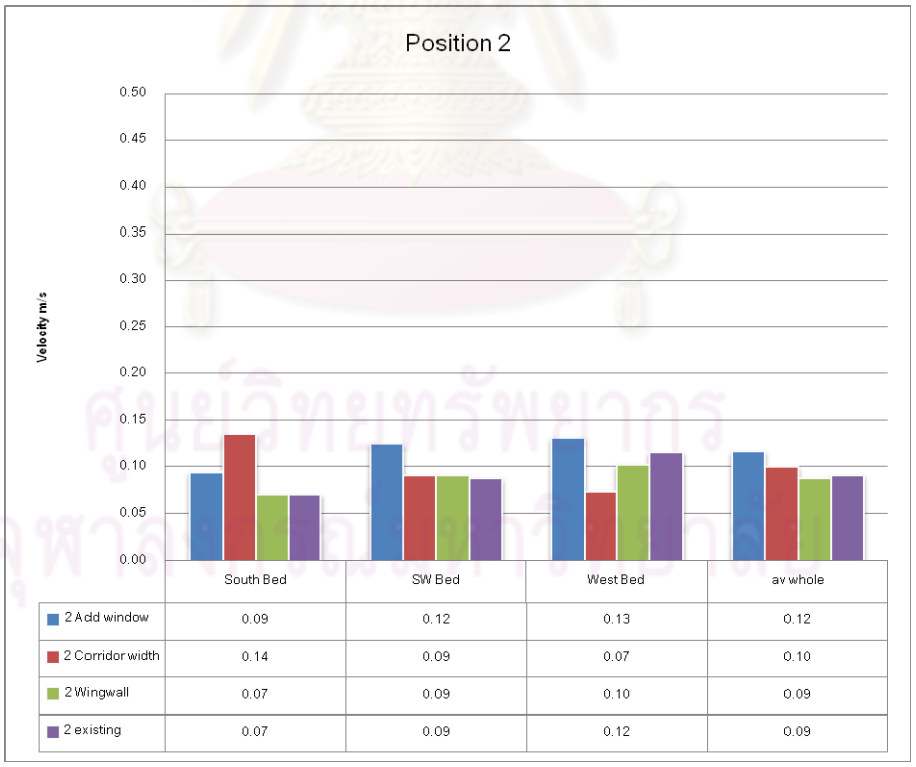
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 4.60 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบไม่แก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.32 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.17 และ 4.18 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นหลัก เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้ จึงถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกบังการไหลเข้าของลม โดยทั้ง 4 กรณีจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือไหลผ่านจากหน่วยพักอาศัยทางทิศใต้สู่หน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือ โดยแนวทางการปรับปรุง โดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง มีการไหลผ่านของลมดีที่สุดเนื่องจาก ลมภายนอกบางส่วนไหลผ่านทางเดินส่วนกลางทำให้ด้านทิศเหนือของอาคารมีความดันอากาศลดลง ลมจึงไหลผ่านได้มากกว่ารูปแบบอื่น

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.32 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด โดยอีกสามรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน

จากตารางที่ 4.17 และ 4.18 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาทางมุมด้านซ้ายล่างของอาคาร เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกมาบังการไหลเข้าของลม จะเห็นว่าลมไหลผ่านแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่มบนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น ได้สะดวกกว่ากรณีอื่นๆ เนื่องจากมีการเปิดช่องเปิดภายในอาคารที่มากกว่า

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

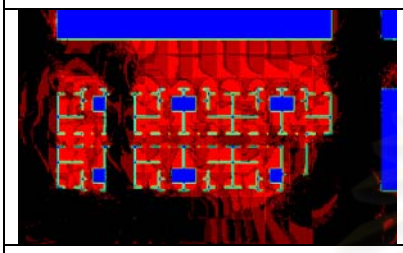
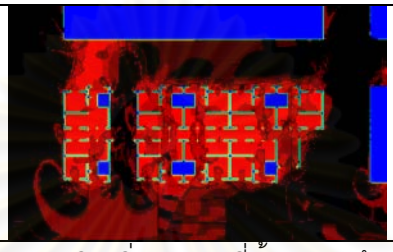
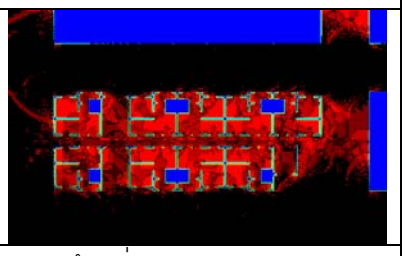
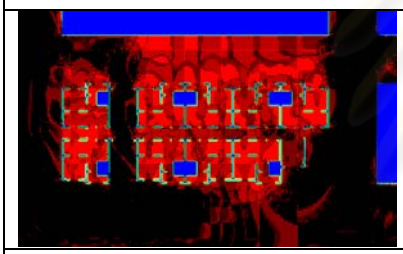
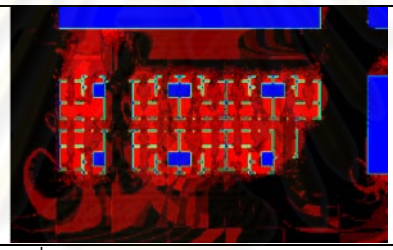
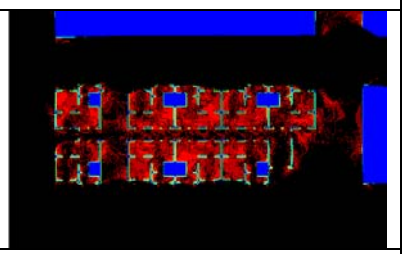
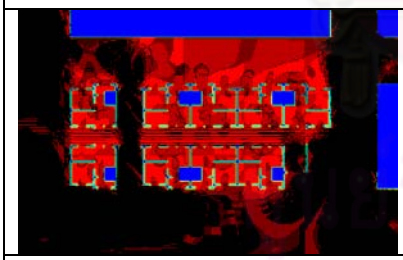
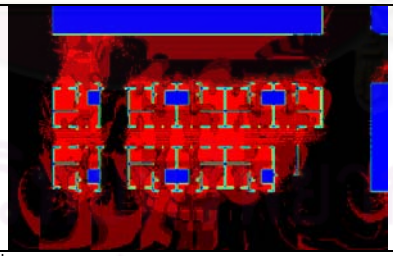
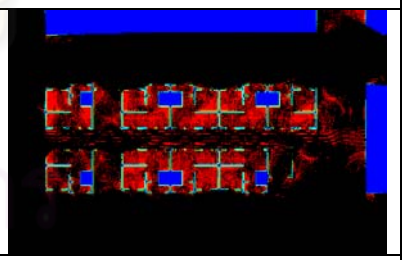
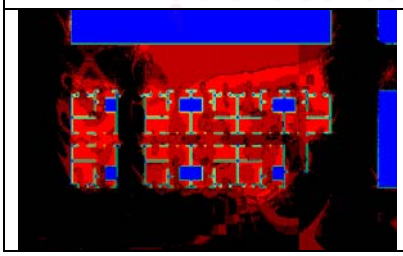
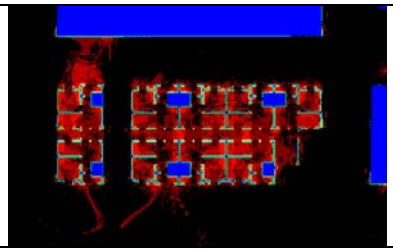
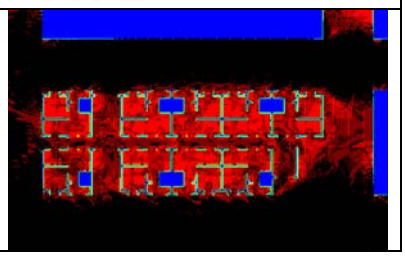
จากแผนภูมิที่ 4.32 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลมบนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง ตามลำดับ โดยสองกรณีสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่น้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.17 และ 4.18 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงทางทิศตะวันตกบังการไหลเข้าของลม ทำให้ลมเข้าสู่อาคารจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่ไหลเลียบอาคารข้างเคียงมา ทำให้ความเร็วลมมีค่าลดลง จะเห็นว่าอาคารที่เพิ่มขนาดทางเดินกลาง ลมภายนอกจะไหลเข้าสู่ทางเดินส่วนกลางมากกว่ากรณีอื่น ทำให้ลมไหลผ่านออกไปโดยไม่ไหลเข้าสู่ภายในหน่วยพักอาศัย

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

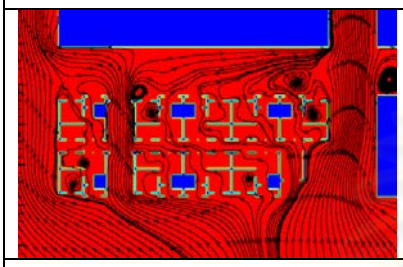
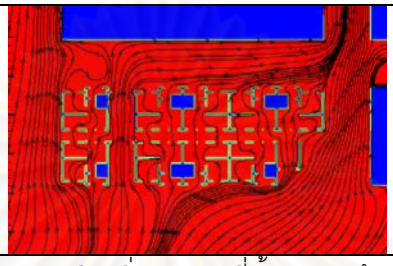
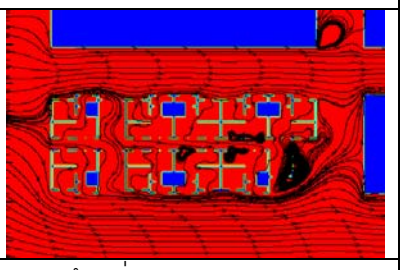
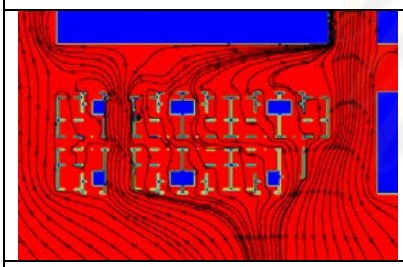
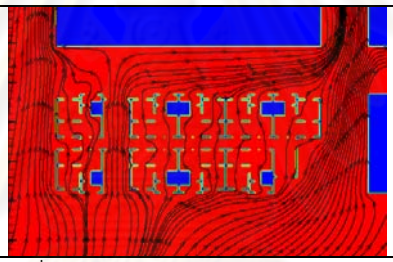
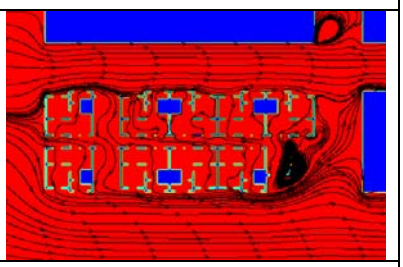
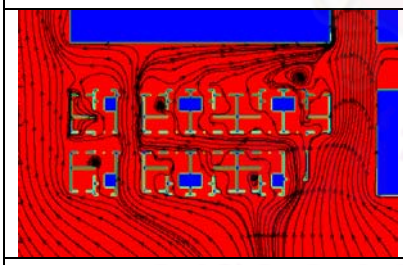
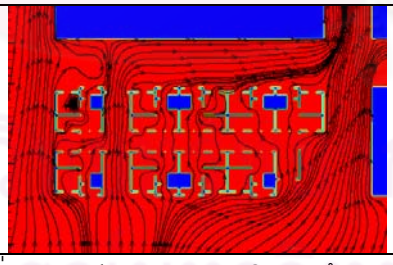
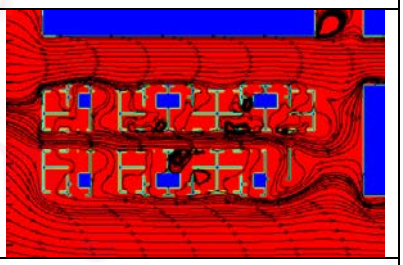
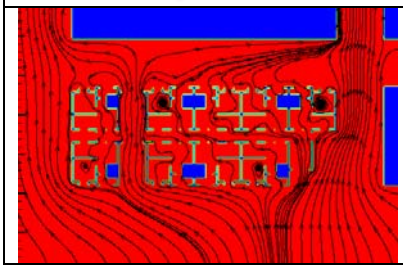
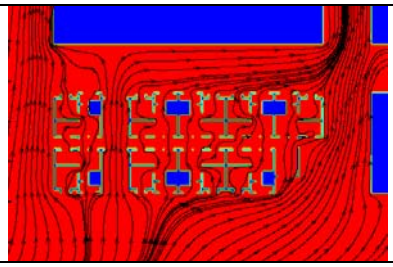
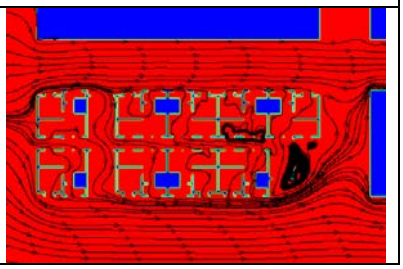
ตารางที่ 4.19 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

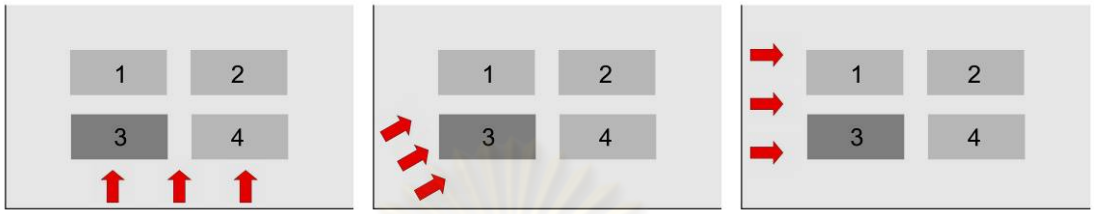
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.20 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

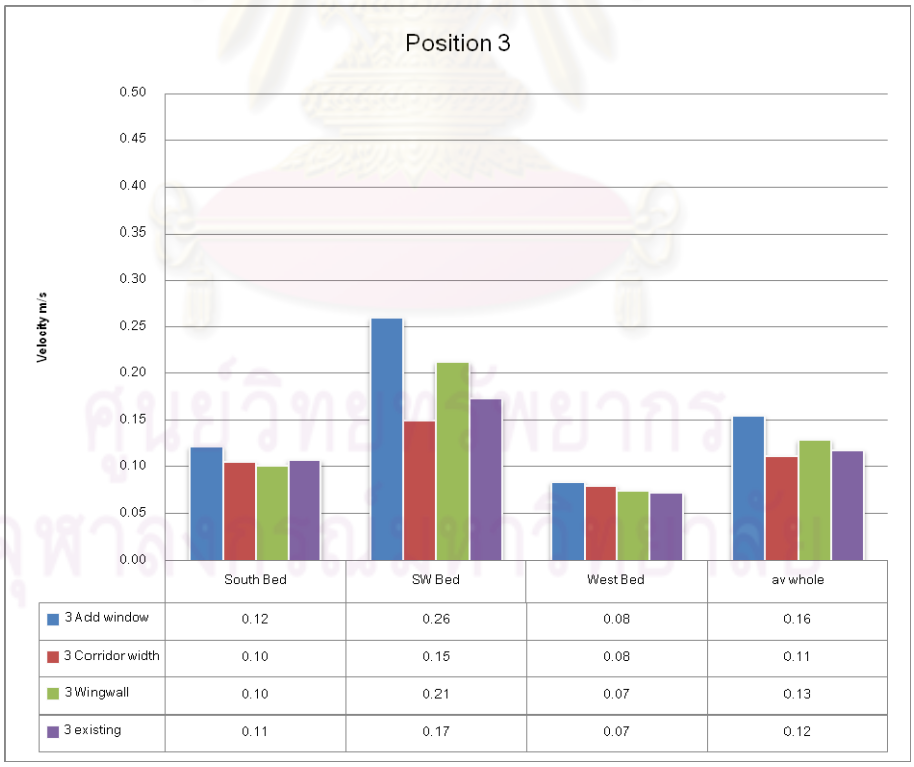
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3



ภาพที่ 4.61 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบไม่แก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
3 Add window	0.12	0.26	0.08	0.16
3 Corridor width	0.10	0.15	0.08	0.11
3 Wingwall	0.10	0.21	0.07	0.13
3 existing	0.11	0.17	0.07	0.12

แผนภูมิที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.33 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด โดยอีกสองรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.19 และ 4.20 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศใต้เป็นหลัก เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้ แล้วไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออก แล้วเข้าสู่อาคาร ในทิศทางเฉียงจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยทั้ง 4 กรณีจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือไหลผ่านจากหน่วยพักอาศัยทางทิศใต้สู่หน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือ โดยแนวทางการปรับปรุง โดยโดยแนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่นดีที่สุด เนื่องจาก มีช่องเปิดภายในอาคารมากกว่ากรณีอื่นทำให้ลมไหลผ่านได้สะดวก

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.33 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาแนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง ตามลำดับ โดยแนวทางสุดท้ายมีความเร็วเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.19 และ 4.20 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า การที่ลมภายนอกไหลมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อมาปะทะกับตัวอาคาร ทำให้ลมภายในไหลในทิศทางที่ตรงขึ้นสู่ด้านบน โดยแนวทางการปรับปรุง โดยโดยแนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่นดีที่สุด เนื่องจาก มีช่องเปิดภายในอาคารมากกว่ากรณีอื่นทำให้ลมไหลผ่านได้สะดวก การเพิ่มอุปกรณ์ดักลมทำให้เพิ่มความแตกต่างของความดันอากาศระหว่างทางเข้าและออกของลมได้ แต่การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลางจะทำให้ลมไหลเข้าสู่หน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือได้น้อยลง

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

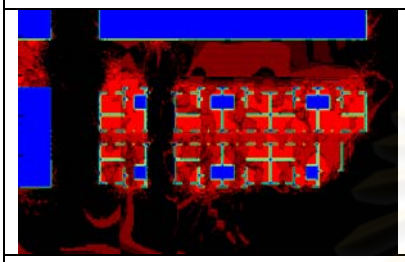
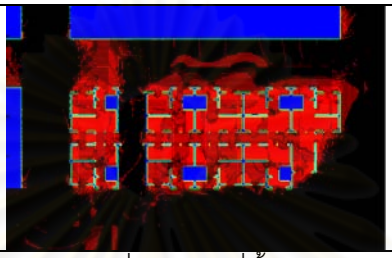
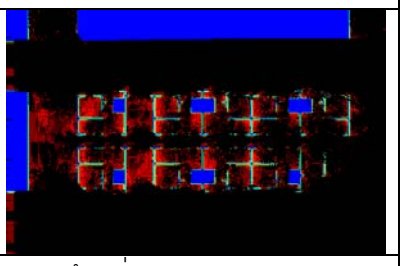
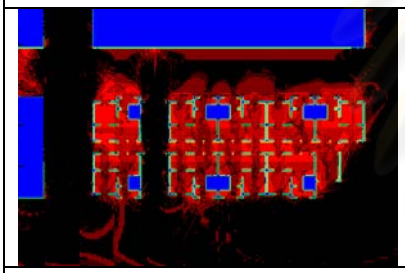
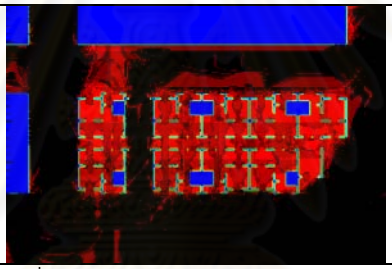
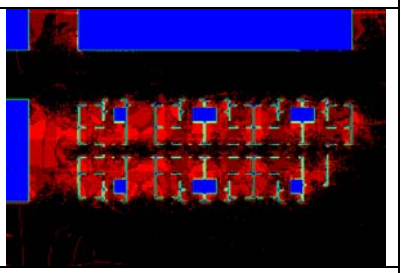
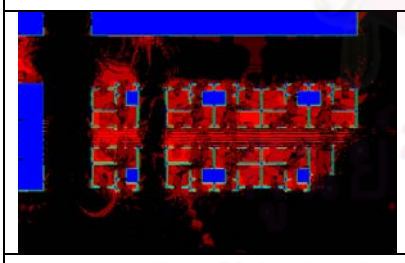
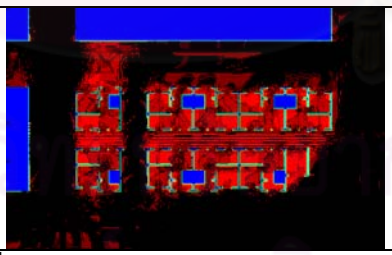
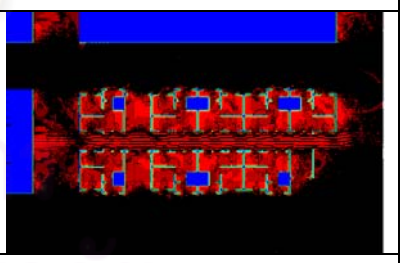
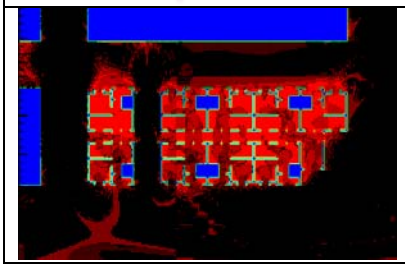
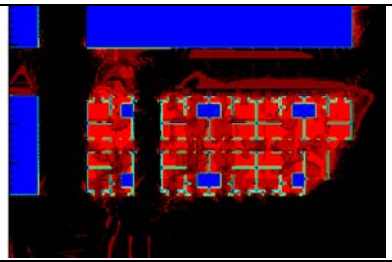
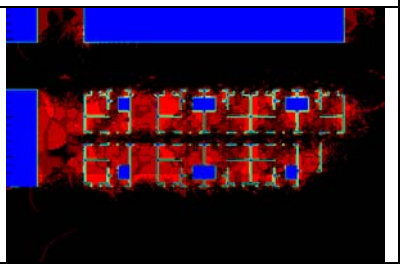
จากแผนภูมิที่ 4.33 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีความเร็วโดยเฉลี่ยทั่งอาคารที่ใกล้เคียงกันมาก และมีค่าน้อยกว่าความเร็วลมเฉลี่ยในกรณี และทิศทางอื่น ในการวางอาคารตำแหน่งที่ 3

จากตารางที่ 4.19 และ 4.20 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก แล้วไหลเบี่ยงออกทางด้านบนและล่างของอาคาร และมีบางส่วนที่ไหลเข้าสู่ภายในอาคารทางทางเดินส่วนกลาง ทิศทางการไหลผ่านภายในอาคารจะมีทิศทางจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ ในลักษณะเดียวกันของทุกกรณี

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

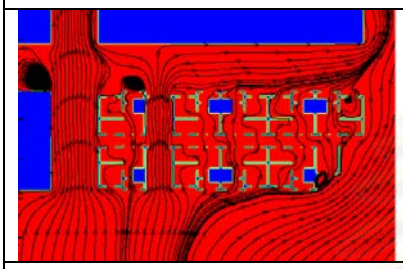
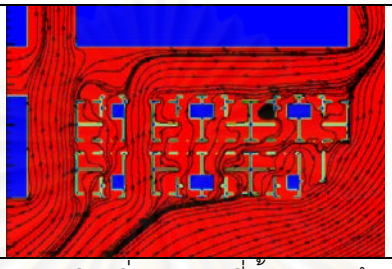
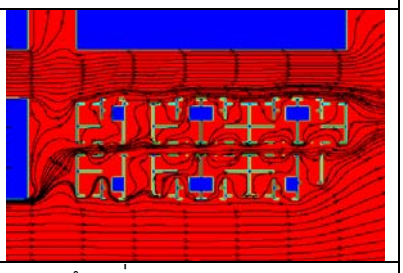
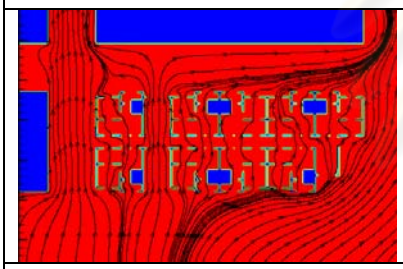
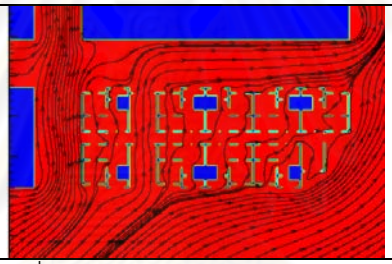
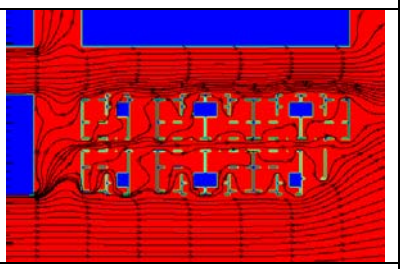
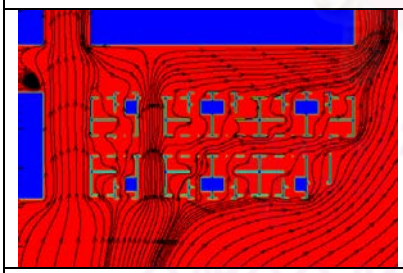
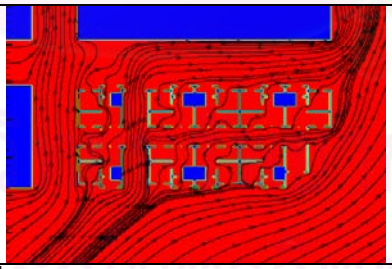
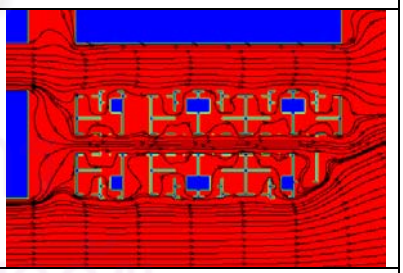
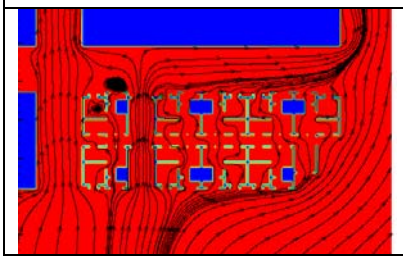
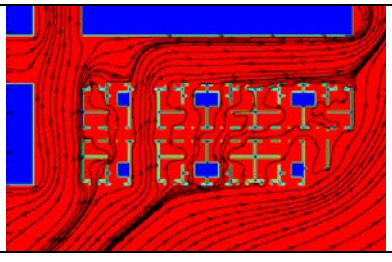
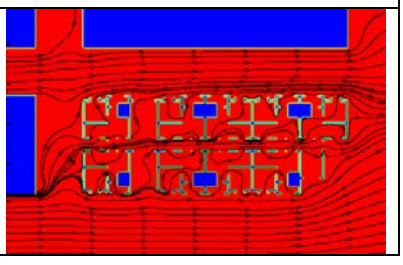
ตารางที่ 4.21 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

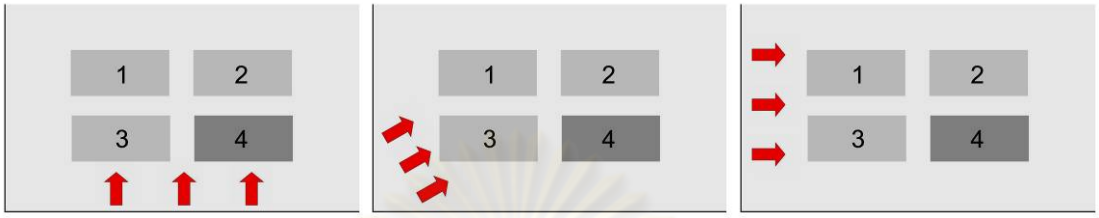
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.22 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร

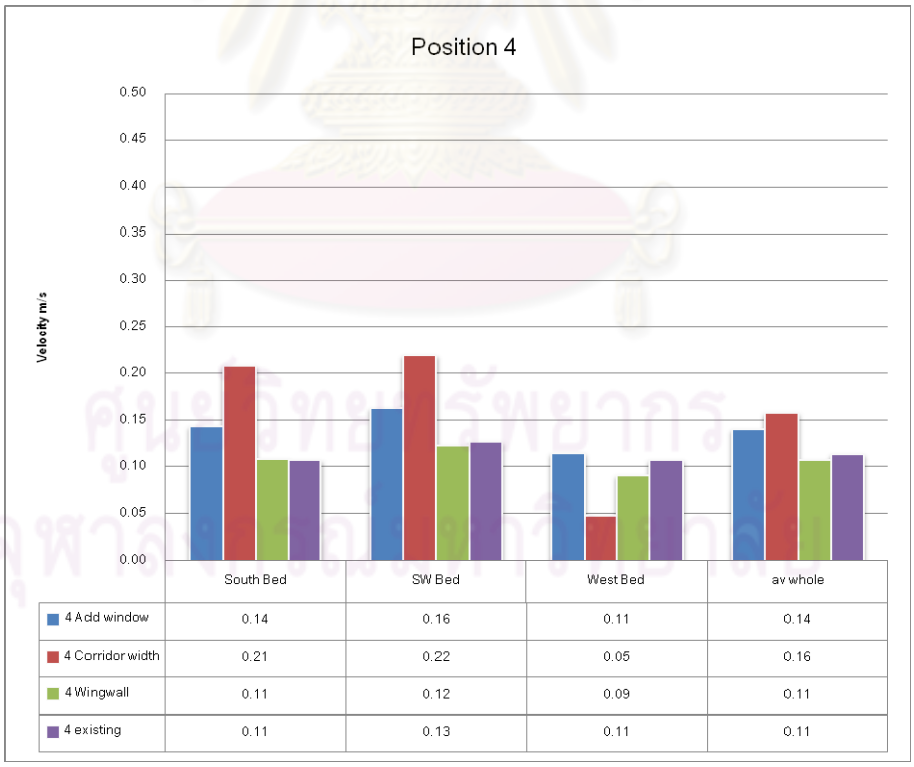
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 1 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4



ภาพที่ 4.62 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบไม่แก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
4 Add window	0.14	0.16	0.11	0.14
4 Corridor width	0.21	0.22	0.05	0.16
4 Wingwall	0.11	0.12	0.09	0.11
4 existing	0.11	0.13	0.11	0.11

แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ไม่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.34 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกจากทางทิศใต้ ไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคารที่อยู่ทางทิศตะวันตกของตัวอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออกทางด้านขวาและไหลเข้าสู่ตัวอาคารในลักษณะเส้นตรงจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ โดยกรณีที่เพิ่มขนาดทางเดินกลางมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากลมที่ไหลเข้าสู่ทางเดินส่วนกลางในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ทิศทางลมภายในอาคารเบี่ยงออกทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จึงไม่ออกไปปะทะกับอาคารข้างเคียงทางทิศเหนือโดยตรง การไหลเวียนลมออกสู่ภายนอกจึงเป็นไปได้ง่ายกว่า

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.34 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย ตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยโดยรวมมากกว่าลมภายนอกมาทางทิศใต้เล็กน้อย

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกจากทางทิศใต้ ไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคารที่อยู่ทางทิศตะวันตกของตัวอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออกทางด้านขวาและไหลเข้าสู่ตัวอาคารในลักษณะเส้นตรงจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ ซึ่งมีลักษณะเดียวกับลมภายนอกมาทางทิศใต้ แต่เกิดประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีทิศทางลมที่เฉียงตั้งแต่แรกเป็นตัวเสริมให้การไหลของลมออกสู่ภายนอกอาคารเป็นไปได้มากขึ้น

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

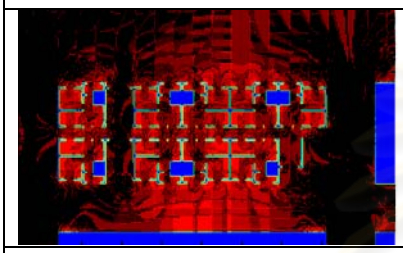
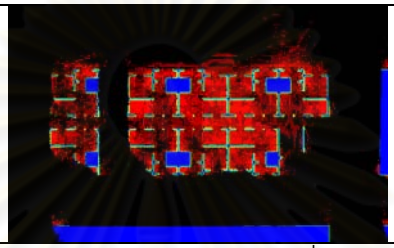
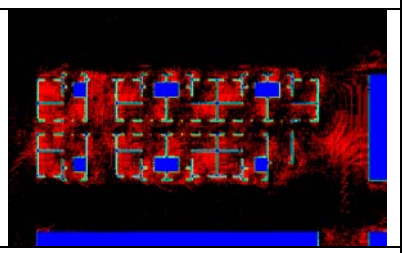
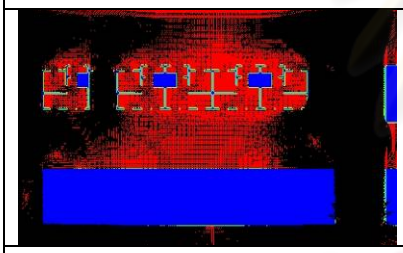
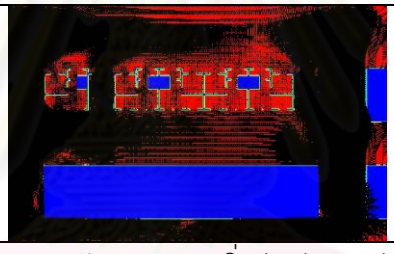
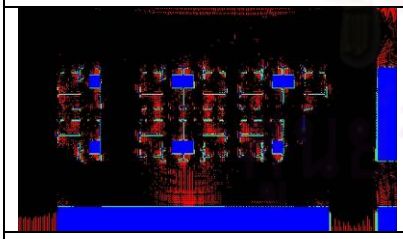
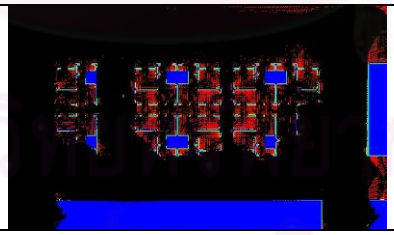
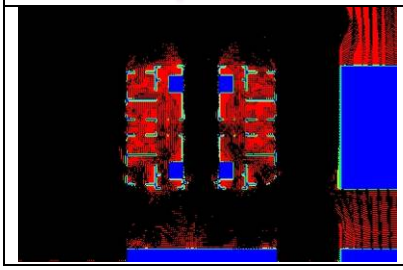
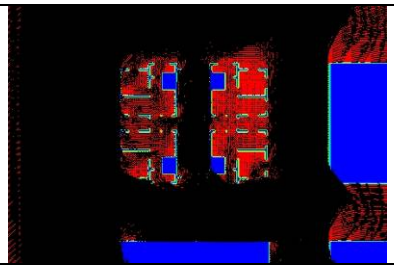
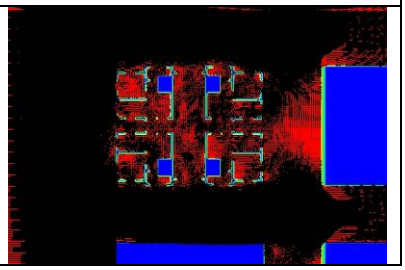
จากแผนภูมิที่ 4.34 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลของลมที่แตกต่างกันโดยประสิทธิภาพของแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่นดีที่สุด แต่ดีกว่าอาคารตั้งต้นเพียงเล็กน้อย ส่วนอีกสองแนวทางที่เหลือมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่า โดยการติดตั้งอุปกรณ์ดักลมมีค่ารองลงมา และการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลางมีค่าน้อยที่สุด

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก แล้วไหลเบี่ยงออกทางด้านบนและล่างของอาคาร การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลางจะทำให้ลมภายนอกไม่ไหลเข้าสู่หน่วยพักอาศัย เนื่องจากไหลผ่านภายนอกอาคารไปหมด เพราะไม่มีความแตกต่างระหว่างความดันอากาศบริเวณช่องเปิดที่เป็นทางเข้าและทางออกของลม

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

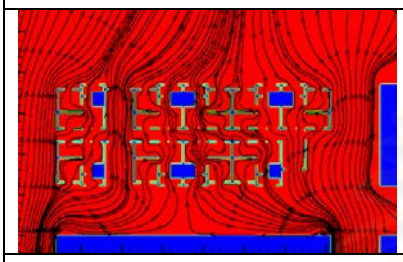
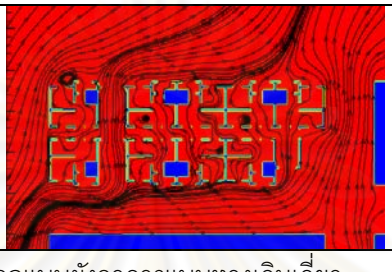
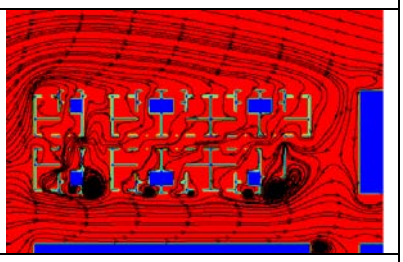
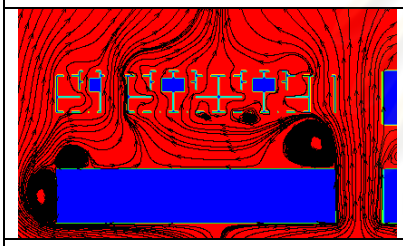
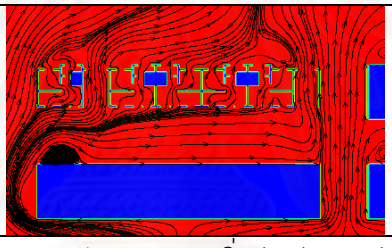
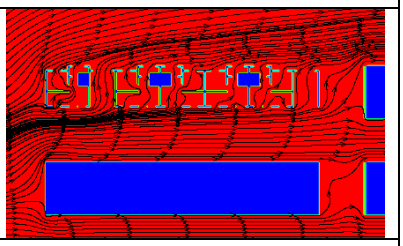
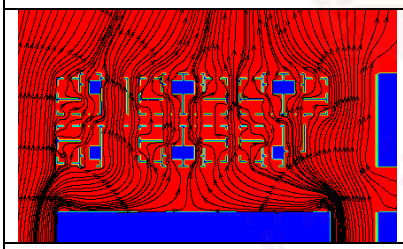
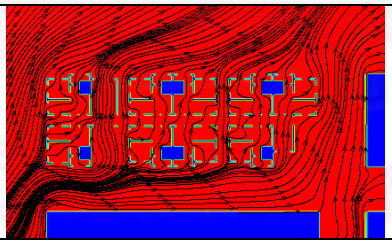
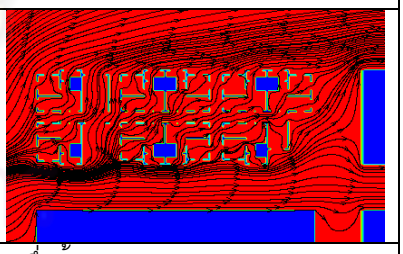
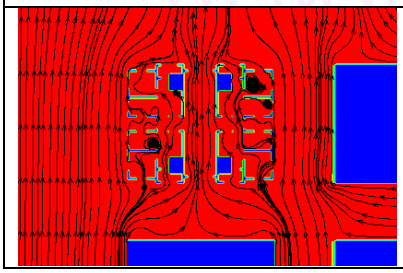
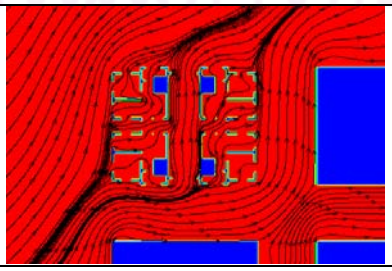
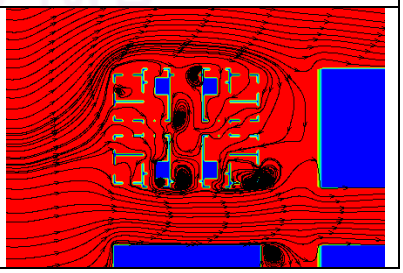
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

ตารางที่ 4.23 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

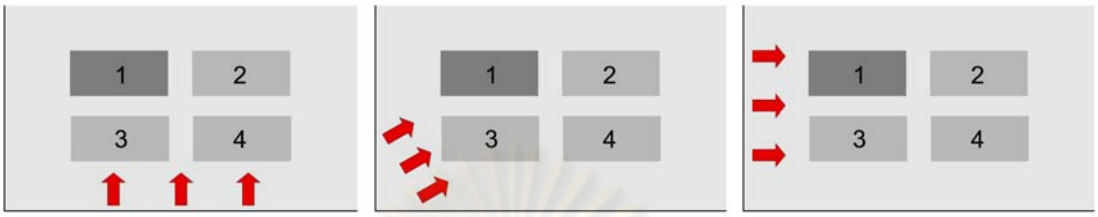
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.24 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 1 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

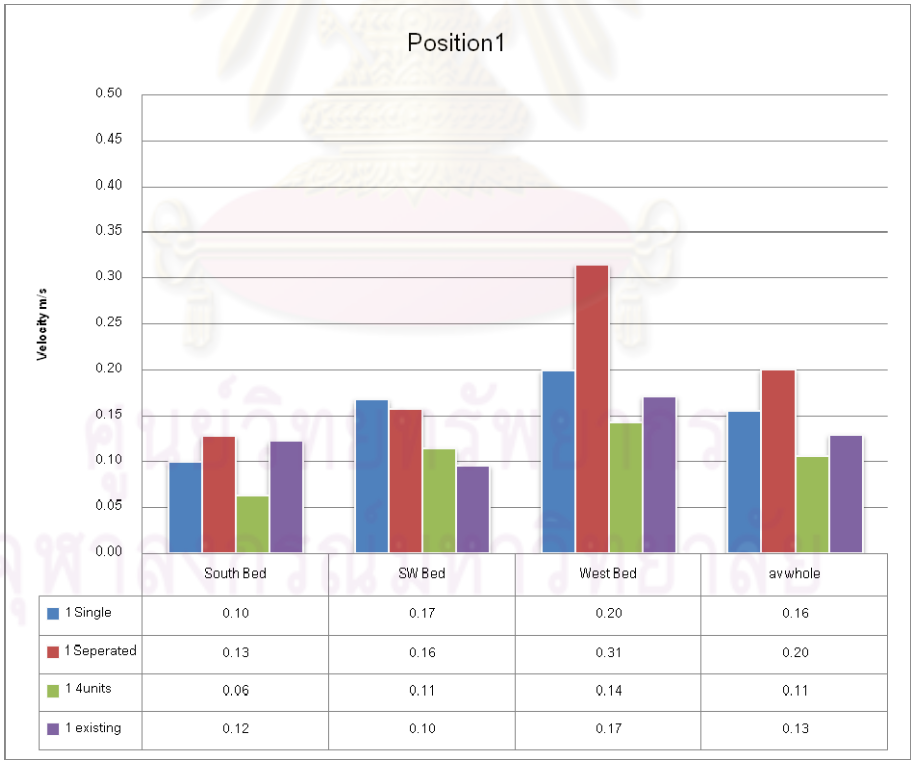
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1



ภาพที่ 4.63 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
1 Single	0.10	0.17	0.20	0.16
1 Seperated	0.13	0.16	0.31	0.20
1 4units	0.06	0.11	0.14	0.11
1 existing	0.12	0.10	0.17	0.13

แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 1

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.35 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่สองแนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.23 และ 4.24 จะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้ จึงถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้บัง ผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว ลมไม่สามารถไหลผ่านตัวอาคารได้ดี เนื่องจากเกิดการไหลวนของลมบางส่วนที่จะไหลเข้าสู่อาคาร ทำให้ปริมาณลมที่จะไหลผ่านอาคารมีน้อยลง สำหรับอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น ลมภายนอกไม่สามารถไหลเข้าสู่ตัวอาคารได้ เนื่องจากความดันอากาศระหว่างทางเข้าและออกของลมมีความแตกต่างน้อยเกินไป

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.35 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

จากตารางที่ 4.23 และ 4.24 จะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาทางมุมด้านซ้ายล่างของอาคาร เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้มาบัง ทำให้ลมไหลเลียบด้านยาวทางทิศใต้ของอาคาร และไหลผ่านแต่ละหน่วยพักอาศัยได้ดี แต่สำหรับผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นก็ยังคงมีความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอีกสองแนวทาง เนื่องจากลมจะไหลเข้าได้ดีเฉพาะห้องที่ปะทะกับลมภายนอกโดยตรง

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

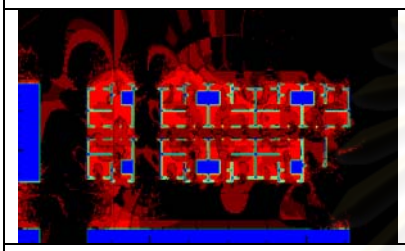
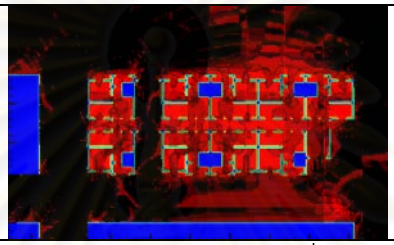
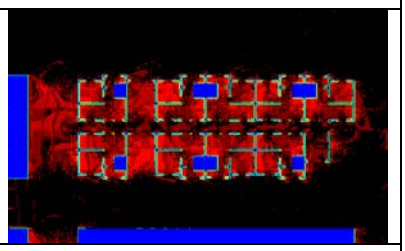
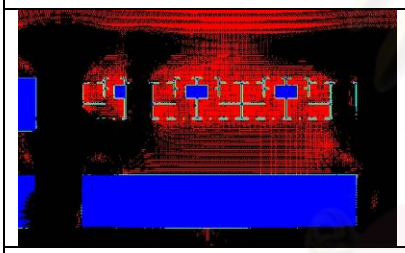
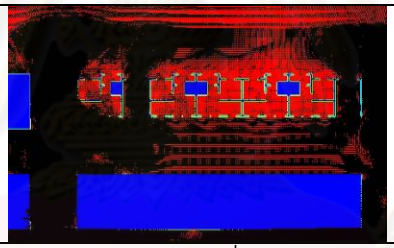
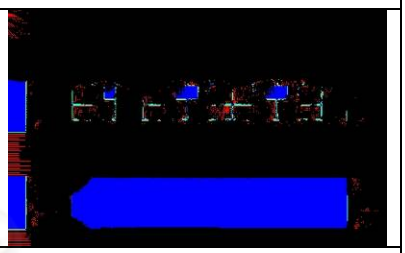
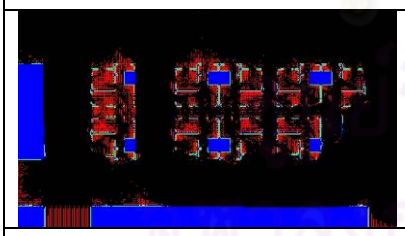
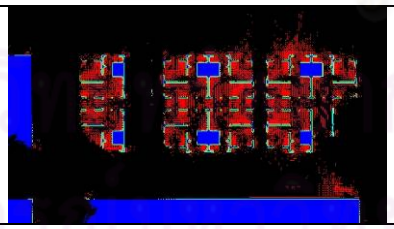
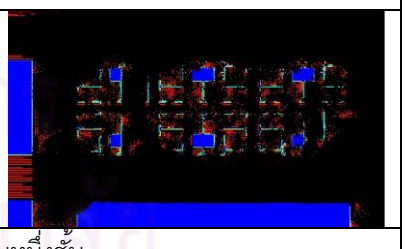
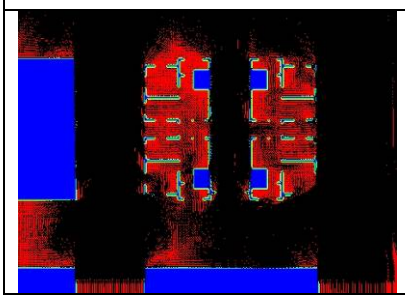
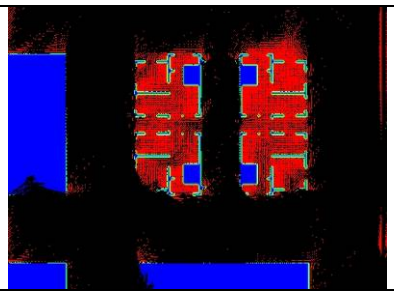
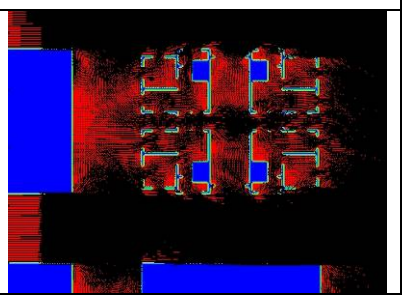
จากแผนภูมิที่ 4.35 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.23 และ 4.24 จะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก เนื่องจากทางทิศตะวันตกของตัวอาคารส่วนใหญ่เป็นผนังทึบ ทำให้ลมไหลเบี่ยงขึ้นทางทิศเหนือและไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคาร โดยไหลผ่านตัวอาคารในทิศทางจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ มาปะทะกับลมภายนอกที่ไหลจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ทำให้เกิดลมไหลวนบริเวณนี้จำนวนมากลักษณะนี้จะพบในการอาคารตั้งต้นและผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น เท่านั้น แต่สำหรับอีกสองแนวทางลมจากภายนอกจะไหลเบี่ยงจากล่างขึ้นบน ทำให้ลมไหลผ่านอาคารได้ดี โดยเฉพาะผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

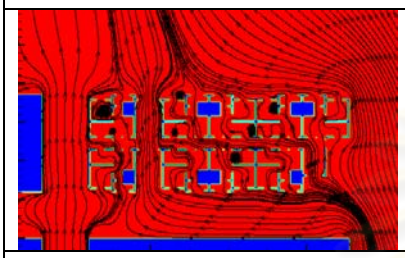
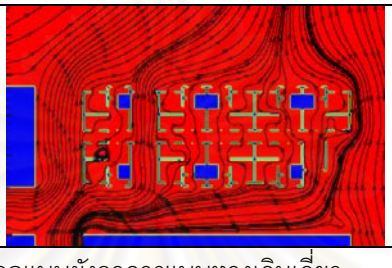
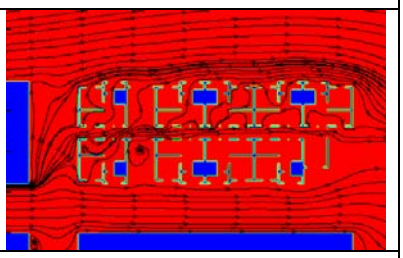
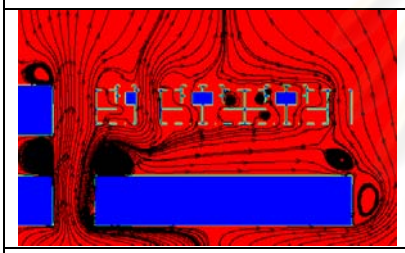
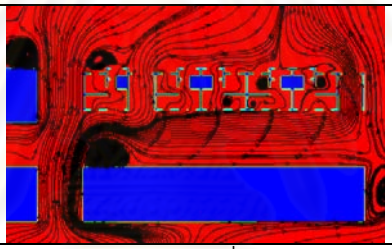
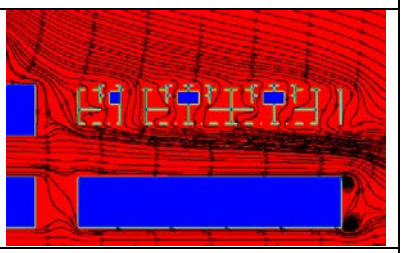
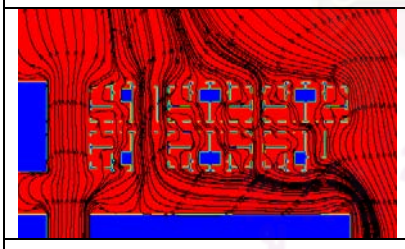
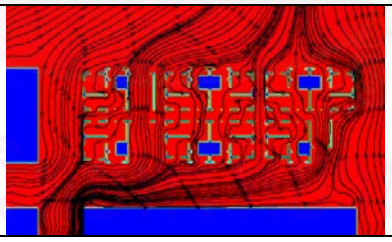
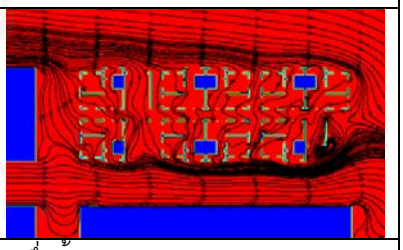
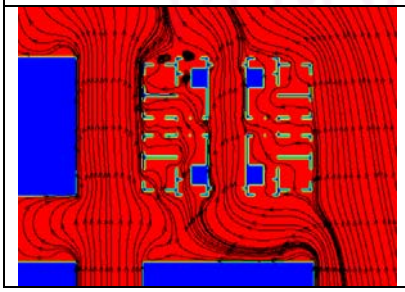
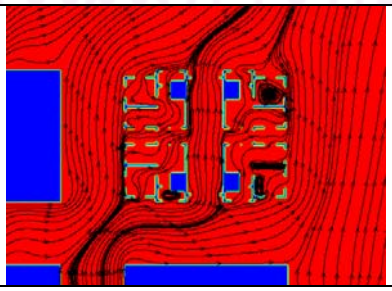
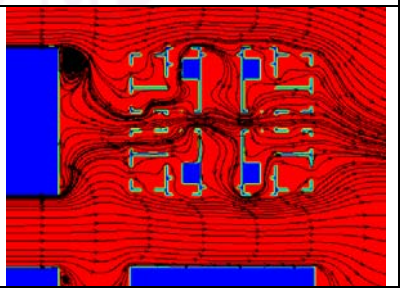
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

ตารางที่ 4.25 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

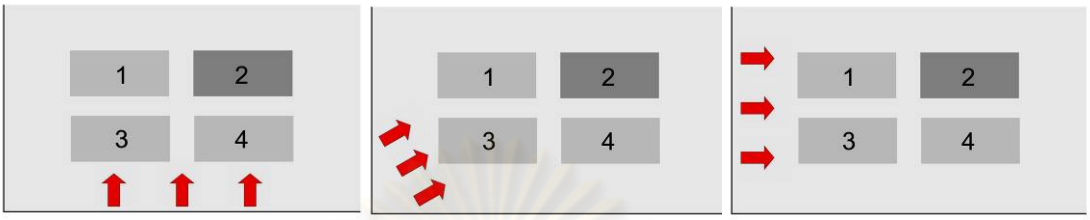
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.26 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 2 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

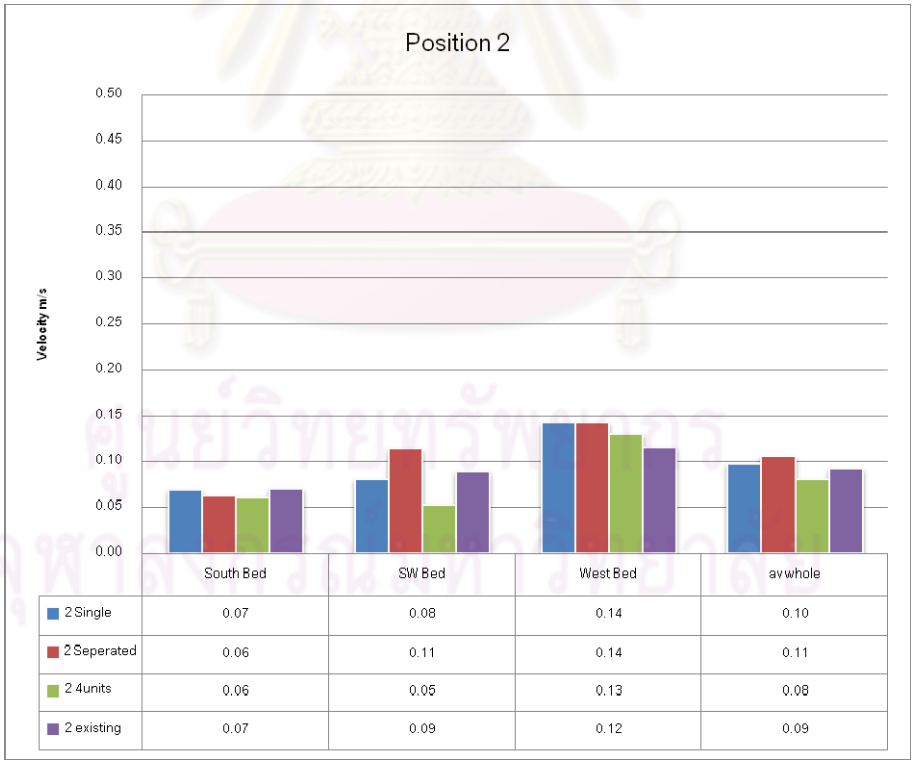
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 4.64 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
2 Single	0.07	0.08	0.14	0.10
2 Seperated	0.06	0.11	0.14	0.11
2 4units	0.06	0.05	0.13	0.08
2 existing	0.07	0.09	0.12	0.09

แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 2

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.36 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นหลัก เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้ จึงถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกบังการไหลเข้าของลม โดยทั้ง 4 กรณีจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือไหลผ่านจากหน่วยพักอาศัยทางทิศใต้สู่หน่วยพักอาศัยทางทิศเหนือ แต่สำหรับผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวลมส่วนมากที่เข้าสู่ภายในอาคารจะมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.36 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่สองแนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาทางมุมด้านซ้ายล่างของอาคาร เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงทางทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกมาบังการไหลเข้าของลม จะเห็นว่าลมไหลผ่านผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยมีการไหลผ่านของลมได้อย่างสะดวกและไม่เกินลมไหลวนภายใน

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

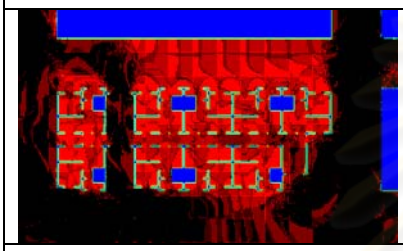
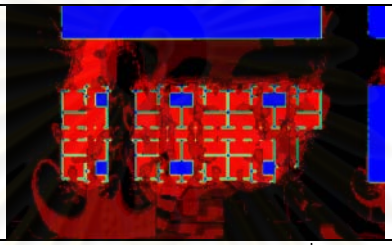
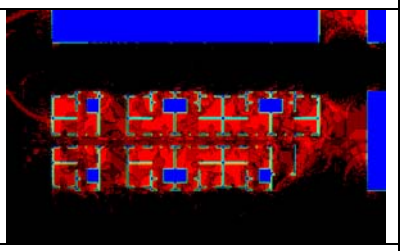
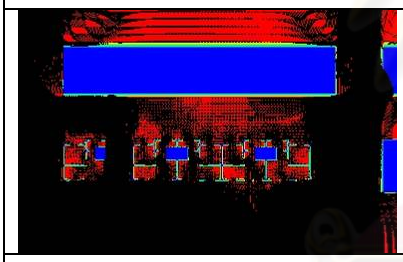
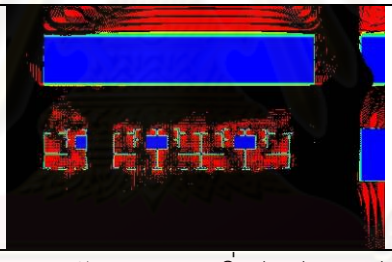
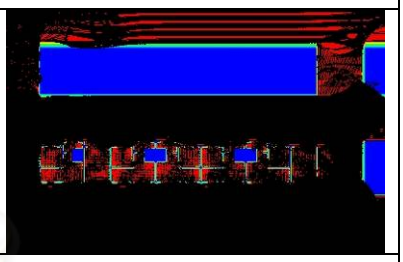
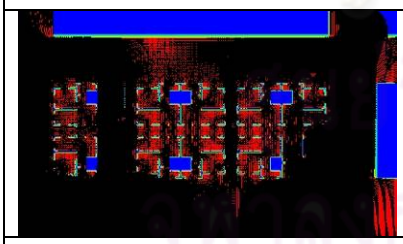
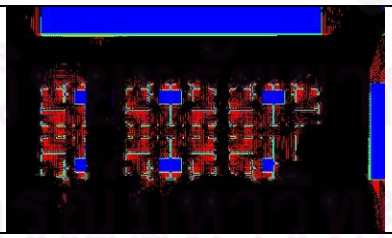
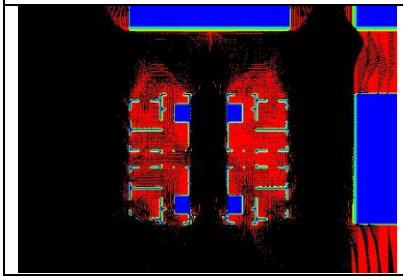
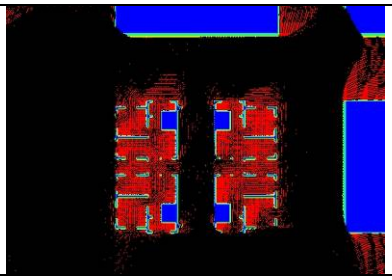
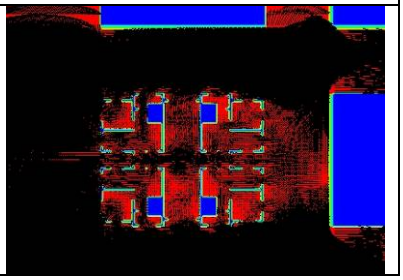
จากแผนภูมิที่ 4.36 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น โดยทุกแนวทางมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก สำหรับอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น ลมจะเข้าสู่อาคารจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่ไหลเลียบอาคารข้างเคียงมา ทำให้ความเร็วลมมีค่าลดลง สำหรับผังอาคารที่มี 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้น ลมจะไหลเลียบอาคารข้างเคียง และเข้าสู่อาคารทั้งทางด้านบนและด้านล่าง สำหรับอาคารที่มีความเร็วลมเฉลี่ยดีที่สุดทั้งสองอาคาร ลมที่ไหลเข้าสู่อาคารจะไหลเบี่ยงมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทำให้ลมไหลผ่านอาคารได้ดีกว่าการวางผังอาคารอีกสองรูปแบบ

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

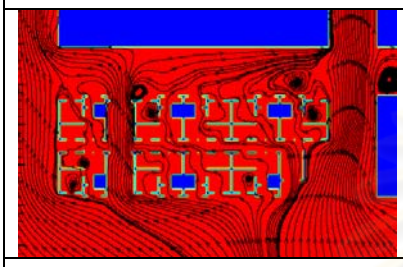
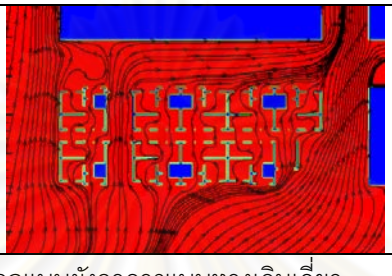
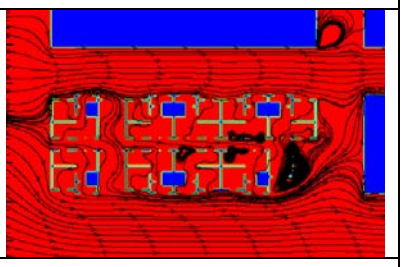
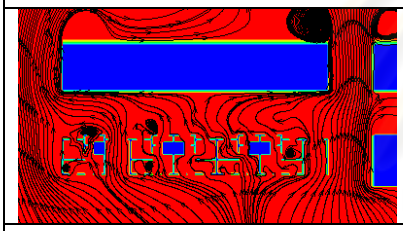
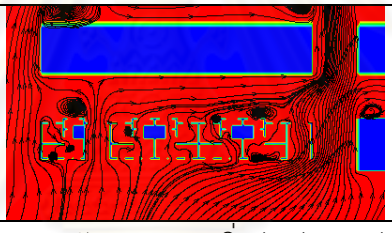
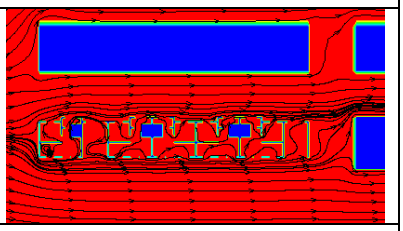
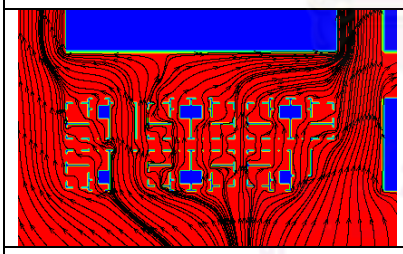
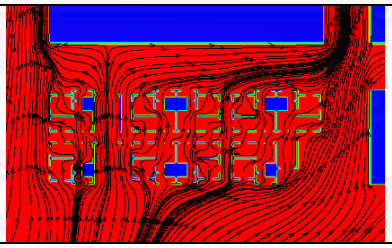
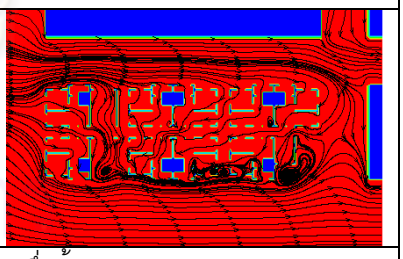
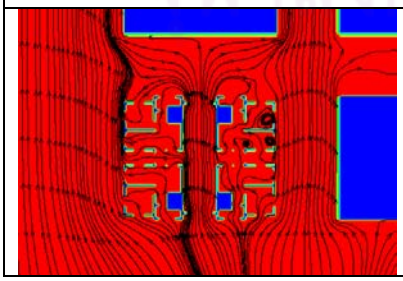
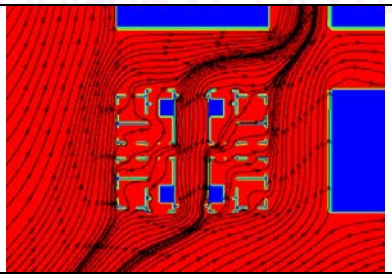
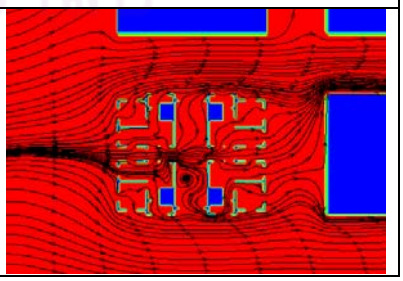
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

ตารางที่ 4.27 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

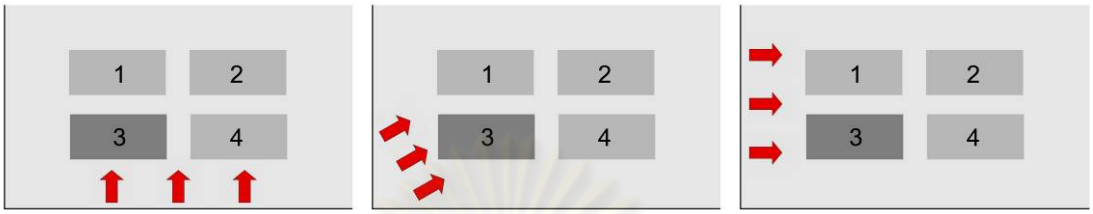
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.28 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 3 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

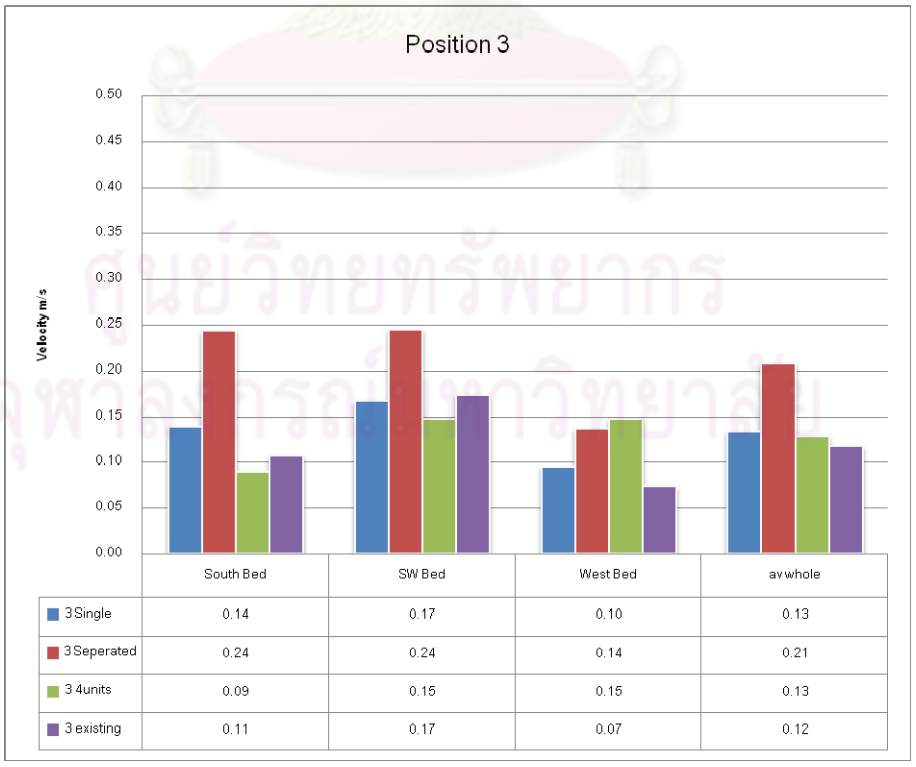
แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3



ภาพที่ 4.65 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้

แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 3



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
3 Single	0.14	0.17	0.10	0.13
3 Seperated	0.24	0.24	0.14	0.21
3 4units	0.09	0.15	0.15	0.13
3 existing	0.11	0.17	0.07	0.12

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.37 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.27 และ 4.28 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมที่เข้าสู่อาคารจะมาจากทางทิศใต้เป็นหลัก เนื่องจากลมภายนอกมาทางทิศใต้ แล้วไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออก แล้วเข้าสู่อาคาร ในทิศทางเฉียงจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งการไหลของลมในลักษณะนี้จะพบในผังอาคารกรณีศึกษาตั้งต้นและผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว สำหรับผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย ลมจากภายนอกจะไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้สะดวก เนื่องจากผังอาคารมีความโปร่งมาก และสำหรับผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้นลมส่วนมากจะไหลผ่านภายนอกอาคารออกไปหมด ทำให้ลมไม่ไหลเข้าสู่ภายในอาคารที่เป็นพื้นที่พักอาศัย

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.37 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่สองแนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.27 และ 4.28 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า การที่ลมภายนอกไหลมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อมาปะทะกับตัวอาคาร ทำให้ลมภายในไหลในทิศทางที่ตรงขึ้นสู่ด้านบน โดยจะไหลผ่านได้ดี ในการวางผังอาคารที่มีความโปร่งมาก อย่างในกรณีนี้คือการวางผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

จากแผนภูมิที่ 4.37 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย และแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวตามลำดับ โดยทุกแนวทางมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

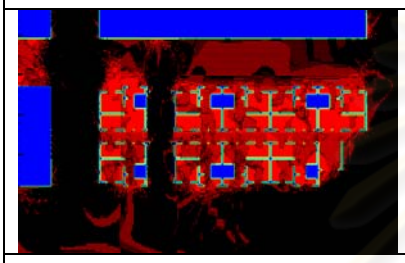
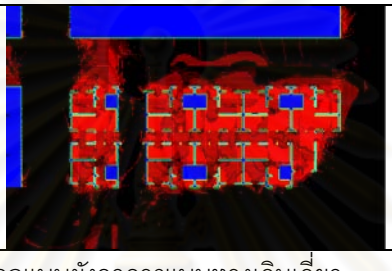
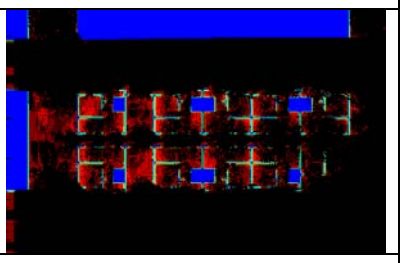
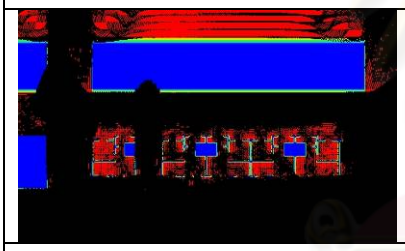
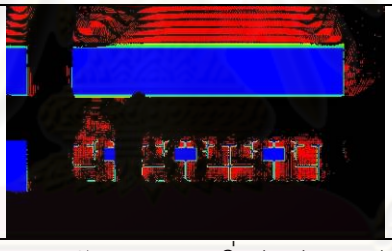
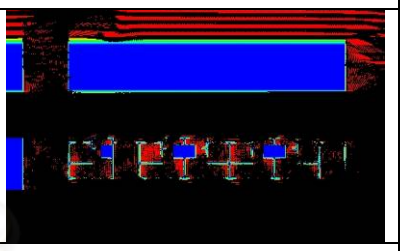
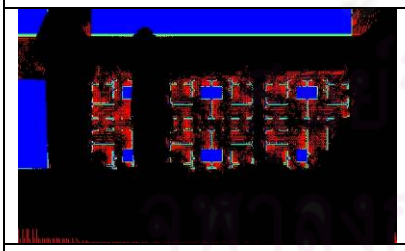
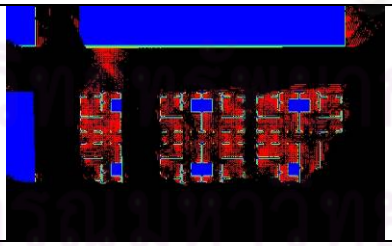
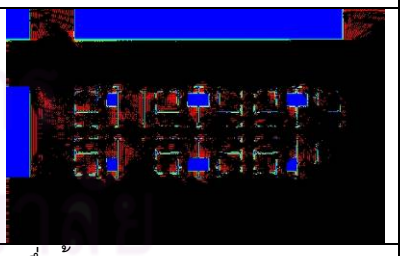
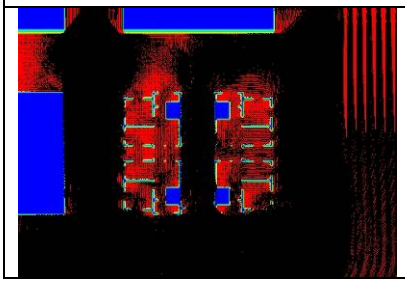
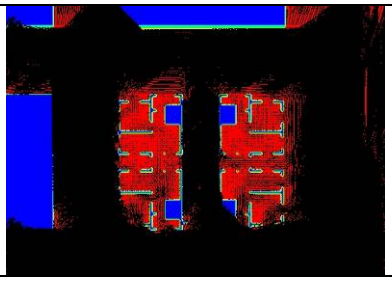
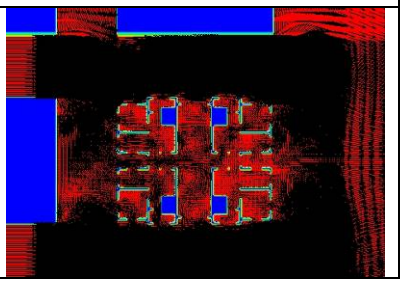
จากตารางที่ 4.27 และ 4.28 จะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก สำหรับผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวลมจะไหลลู่ผ่านภายนอกอาคารไป สำหรับผังอาคารแบบแยกหน่วยพักอาศัย ลมจะไหลผ่านอาคารจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้และเกิดลมวนบางส่วนของอาคารด้านทิศใต้ และสำหรับผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้น ลมจะไหลผ่านได้ในทุกหน่วยพักอาศัย หน่วยพักอาศัยที่อยู่ทางทิศตะวันออกลมก็สามารถไหลเข้าสู่ภายในพื้นที่ใช้สอยได้จากทางเดินส่วนกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

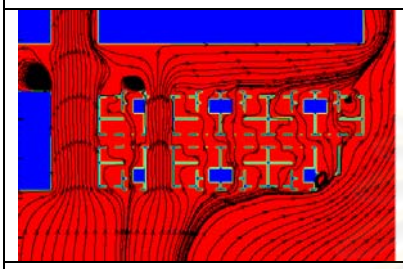
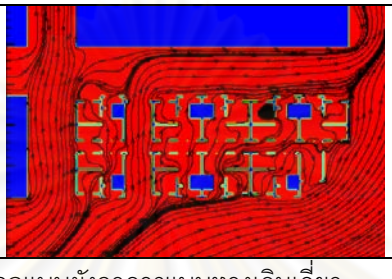
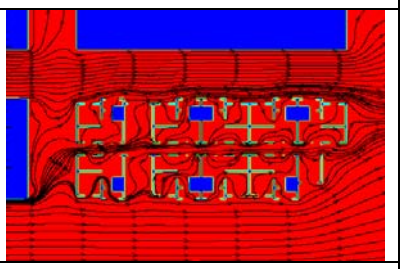
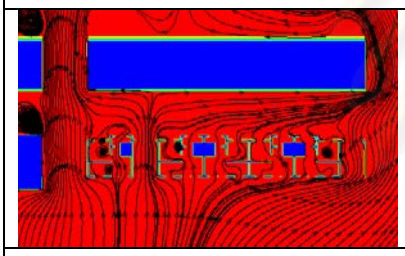
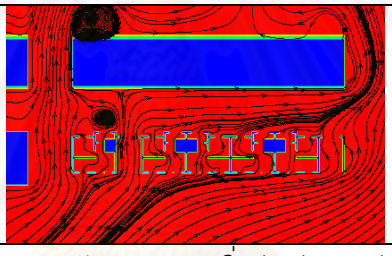
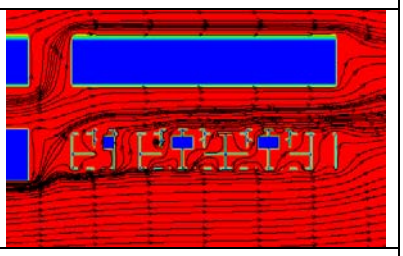
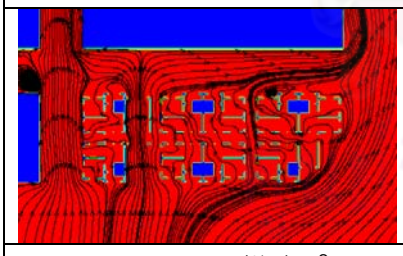
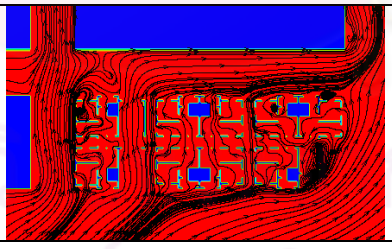
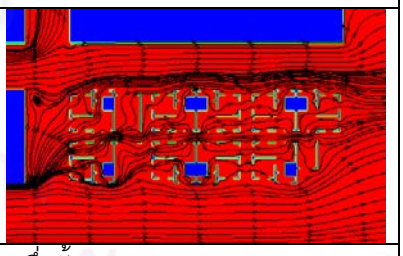
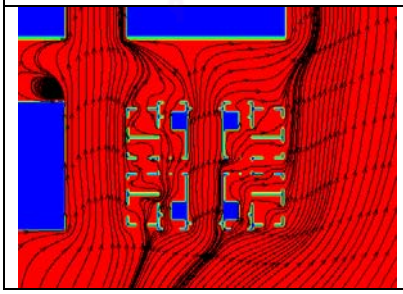
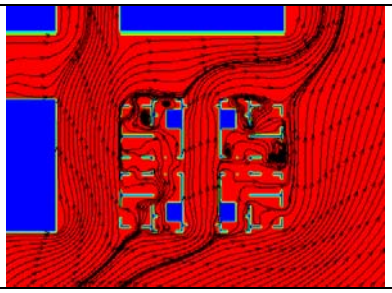
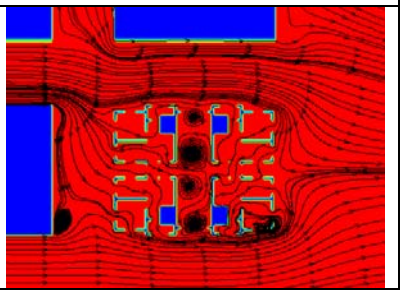
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์

ตารางที่ 4.29 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเวกเตอร์ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

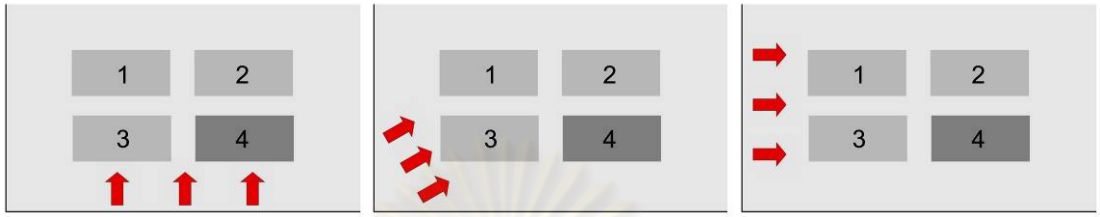
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรังปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม

ตารางที่ 4.30 แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของลม ในลักษณะของเส้นทางการไหลของลม
กรณีอาคารวางตำแหน่งที่ 4 แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร

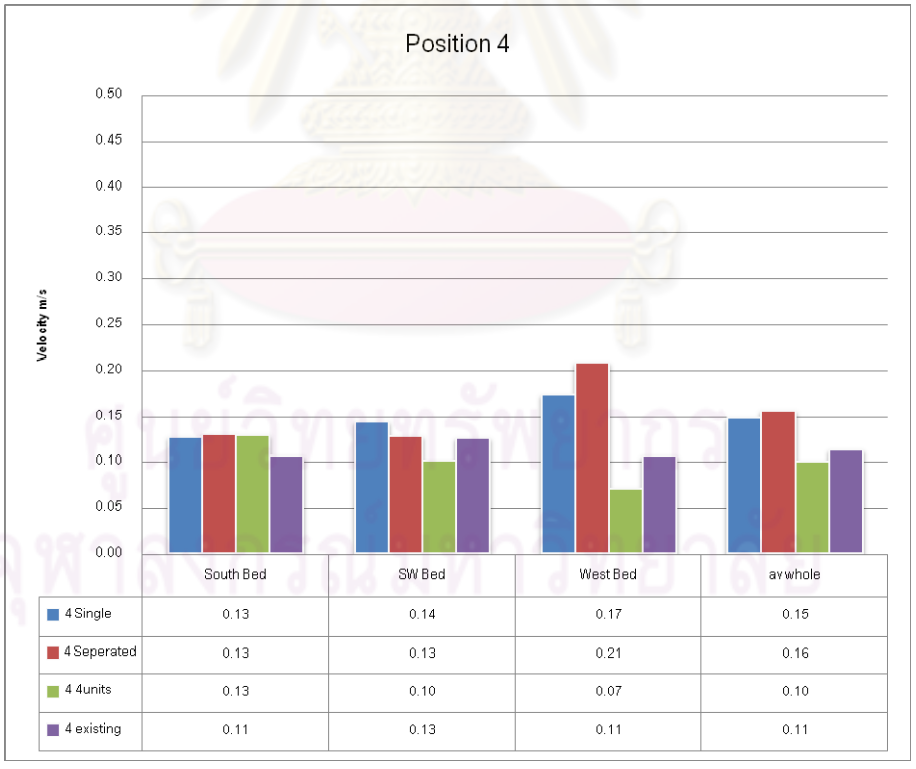
อาคารกรณีศึกษาตั้งต้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		
แนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น		
ลมทิศใต้	ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้	ลมทิศตะวันตก
		

แนวทางหลักที่ 2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคาร
กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4



ภาพที่ 4.66 แสดงทิศทางของลมภายนอก ที่ไหลเข้าสู่อาคาร กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4

จากผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ระหว่างอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงแบบแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แนวทาง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ทิศทางของลมภายนอก คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมทิศตะวันตก ดังนี้



	South Bed	SW Bed	West Bed	av whole
4 Single	0.13	0.14	0.17	0.15
4 Seperated	0.13	0.13	0.21	0.16
4 4units	0.13	0.10	0.07	0.10
4 existing	0.11	0.13	0.11	0.11

แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องนอน ของอาคารตั้งต้นและแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่มีการแก้ไขผังอาคารทั้ง 3 แบบ กรณีอาควางตำแหน่งที่ 4

ลมภายนอกมาทางทิศใต้

จากแผนภูมิที่ 4.38 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าความเร็วลมเฉลี่ยของอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกจากทางทิศใต้ ไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคารที่อยู่ทางทิศตะวันตกของตัวอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออกทางด้านขวาแล้วจึงไหลเข้าสู่ภายในตัวอาคาร ในลักษณะที่แตกต่างกัน แต่สำหรับผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว จะเกิดลมไหลวนในบางพื้นที่หน่วยพักอาศัย ซึ่งอาจทำให้เกิดการระบายอากาศได้ไม่ดีนัก

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากแผนภูมิที่ 4.38 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกจากทางทิศใต้ ไหลเข้าสู่ช่องระหว่างอาคารที่อยู่ทางทิศตะวันตกของตัวอาคาร จากนั้นไหลเบี่ยงออกทางด้านขวาและไหลเข้าสู่ตัวอาคาร สำหรับผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้น หน่วยพักอาศัยที่ไม่ได้ปะทะกับลมภายนอกโดยตรง ลมภายนอกจะไหลเข้าสู่ภายในตัวอาคารได้น้อย และเกิดลมไหลวนบางส่วน

ลมภายนอกมาทางทิศตะวันตก

จากแผนภูมิที่ 4.38 การไหลเวียนของลมภายในพื้นที่ห้องนอนของทั้ง 4 กรณี มีการไหลเวียนที่ทั่วถึงแตกต่างกัน โดยแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยวและแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยการออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยที่แนวทางสุดท้ายมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการไหลเวียนของลมจะเห็นว่า ลมภายนอกที่มาจากทางทิศตะวันตก จะไหลมาปะทะอาคารในแนวตั้งฉาก แล้วไหลเบี่ยงออกทางด้านบนและล่างของอาคาร สำหรับผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยสุดเนื่องจาก ลมไหลเข้าสู่อาคารจากทางทิศเหนือ และไหลลงสู่ทิศใต้ที่มีลมไหลผ่านจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศมีค่าน้อย ลมจึงไหลผ่านภายในพื้นที่ใช้สอยได้น้อยกว่าผังอาคารแบบอื่น

บทที่ 5
การประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

งานสถาปัตยกรรมที่ดี สถาปนิกจะต้องออกแบบอาคารตามสภาพธรรมชาติแวดล้อมให้ได้ผลดีที่สุด ดังนั้นสถาปัตยกรรมที่ดี จึงต้องมีการเตรียมการออกแบบให้อาคารสามารถควบคุมภูมิอากาศให้ได้ผลสูงสุด (Passive design) เป็นอันดับแรก ในการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารที่นำเอาระบบธรรมชาติในเรื่องของการระบายอากาศเข้ามาใช้ในการออกแบบ มีขั้นตอนดังนี้

5.1 การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร เป็นการหาว่าแนวทางการออกแบบแต่ละรูปแบบมีการระบายอากาศภายในอาคารที่สามารถทำให้สภาวะภายในอยู่ในช่วงของความสบายได้ มีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากจำนวนร้อยละความสบายใน 1 ปี

5.1.1 หลักการสภาวะน่าสบายที่นำมาใช้

5.1.2 การคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool

5.1.3 ผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.1.4 สรุปผลเป็นจำนวนร้อยละความน่าสบายใน 1 ปี

5.2 การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารสามารถคำนวณได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ จะใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 เนื่องจากมีความเที่ยงตรง เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยต่างๆ

5.2.1 กำหนดค่าในการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

5.2.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

5.2.1.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ

5.2.2 การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

5.2.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

5.2.2.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

5.2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.2.3 ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

5.2.4 วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

5.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

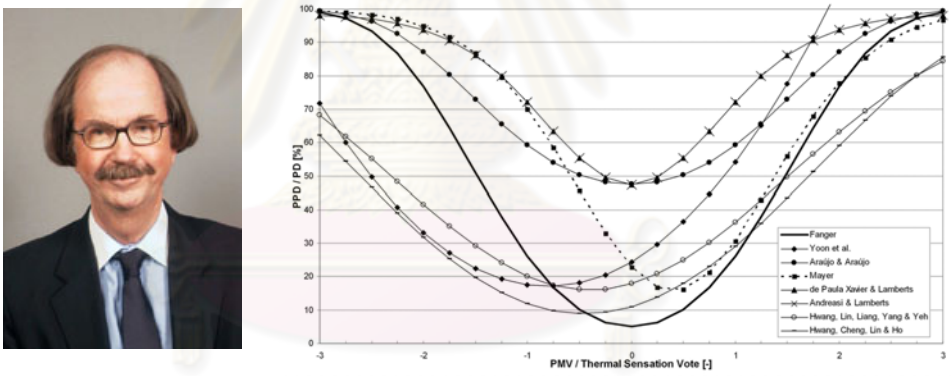
เป็นการวิเคราะห์โดยเทียบหาจากร้อยละความน่าสบายใน 1 ปีของช่วงวันที่เป็นตัวแทนในสามเดือนของทั้งช่วง 3 ฤดูคือหน้าร้อน หน้าฝน และหน้าหนาว ในแต่ละแนวทางการออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ จากนั้นนำมาเทียบกับการใช้พลังงานในระยะเวลา 1 ปีว่ามีสัดส่วนของระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย หรือช่วงที่ไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเท่าใด ก็จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานในอาคารที่ลดลงต่อปีได้

5.1 การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

การหาสภาวะน่าสบายภายในอาคาร เป็นการหาว่าแนวทางการออกแบบแต่ละรูปแบบมีการระบายอากาศภายในอาคารที่สามารถทำให้สภาวะภายในอยู่ในช่วงของความสบายได้ มีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากจำนวนร้อยละความสบายใน 1 ปี มีขั้นตอนดังนี้

5.1.1 หลักการสภาวะน่าสบายที่นำมาใช้

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงหลักการของสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยจากนักวิจัยกลุ่มต่างๆ ที่มีการค้นคว้าต่อยอดและพัฒนาองค์ความรู้ในเรื่องนี้ไปอย่างไม่รู้จบ งานวิจัยชิ้นนี้ต้องมีการอ้างอิงและนำหลักการดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลของการทดลอง จึงได้นำวิธีการหาสภาวะน่าสบายของ โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ค ชื่อ P.O. Fanger (1970) ที่ได้เสนอวิธีประเมินสภาวะน่าสบายของมนุษย์ในสภาวะแวดล้อมหนึ่งๆ ด้วยค่า PMV (Predicted Mean Vote) และคาดคะเนสัดส่วนของผู้ใช้อาคารที่ไม่อาจรู้สึกสบายในสภาวะหนึ่งๆได้ด้วยค่า PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) เพราะงานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในหมู่นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรเครื่องกล ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นในบทที่ 2



ภาพที่ 5.1 ภาพของ P.O. Fanger และแผนภูมิสภาวะน่าสบาย[1]

5.1.2 การคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการคำนวนจะอ้างอิงมาจากจากงานวิจัยของ Fanger ที่มีการแบ่งปัจจัยของสภาวะน่าสบายออกเป็น 6 ปัจจัย ดังนี้

1. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic Rate)
2. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo - value)
3. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
4. อุณหภูมิผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT)

[1] ที่มา: http://www.ie.dtu.dk/Staff/pof.htm

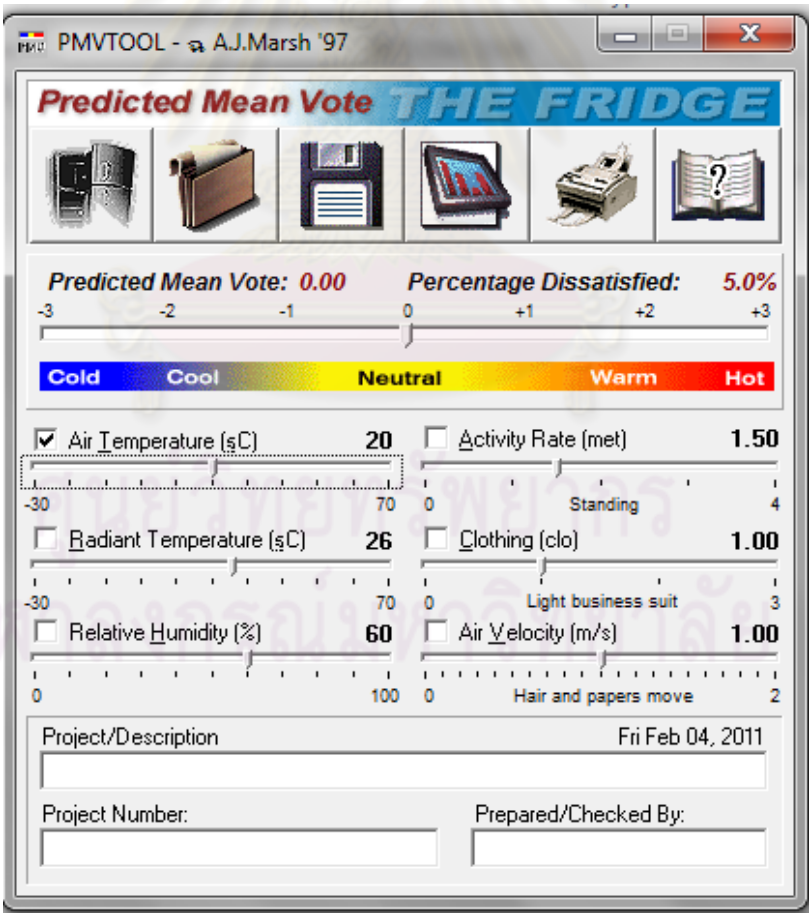
5. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

6. ความเร็วลม (Air Velocity)

ปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของสมการที่เรียกว่า สมการถดถอยหลายตัวแปร (Multivariate Regression) โดยเรียกว่าสมการ PMV (Predicted Mean Vote) สมการนี้เป็นเครื่องชี้วัดความน่าสบายในสภาวะต่างๆ โดยกำหนดเป็นค่าตัวเลขจาก -3 ถึง +3 ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

การจะทราบค่าที่แสดงสภาวะน่าสบายดังกล่าวต้องทำการคำนวณจากสมการ PMV โดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมในการคำนวณที่เรียกว่า PMV Tool เป็นโปรแกรมในการคำนวณหาค่าสภาวะน่าสบาย ที่คิดค้นโดยสถาบันวิจัย Architectural Science Lab, The School of Architecture and Fine Arts, The University of Western Australia



ภาพที่ 5.2 แสดงลักษณะของโปรแกรม PMV Tool

วิธีการคำนวณจะทำได้โดยใส่ค่าของปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย นั่นคือ อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic Rate), เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo - value), อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature), อุณหภูมิผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity), ความเร็วลม (Air Velocity) โดยการเลื่อนแถบปรับค่าทั้ง 6 แถบ ให้ได้ค่าตามต้องการ จากนั้นค่า PMV และ PPD จะแสดงออกมา

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ประกอบไปด้วยข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตัวแปรคงที่ และข้อมูลที่เป็นตัวแปรต้น ดังนี้

1. **ข้อมูลที่เป็นตัวแปรคงที่**

- **อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย** (Metabolic Rate)

จะกำหนดเป็นค่าคงที่ในทุกกรณีของการคำนวณ โดยกำหนดให้เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับการพักอาศัย นั่นคือการยืน (Standing) มีการกำหนดค่าในโปรแกรม เท่ากับ 1.50

- **เสื้อผ้าที่สวมใส่** (Clo - value)

จะกำหนดเป็นค่าคงที่ในทุกกรณีของการคำนวณ โดยกำหนดให้มีความเกี่ยวเนื่องกับการพักอาศัย นั่นคือเสื้อยืดและกางเกงขาสั้น (Shorts and T-shirt) มีการกำหนดค่าในโปรแกรม เท่ากับ 0.45

- **อุณหภูมิผิวโดยรอบ** (Mean Radiant Temperature: MRT)

จะกำหนดเป็นค่าคงที่ในทุกกรณีของการคำนวณ โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก มีการกำหนดค่าในโปรแกรม เท่ากับ 30

2. **ข้อมูลที่เป็นตัวแปรต้น**

- **อุณหภูมิอากาศ** (Air Temperature) **และความชื้นสัมพัทธ์** (Relative Humidity)

มีการกำหนดตามข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาของกรุงเทพมหานคร โดยข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลสภาพอากาศราย 3 ชั่งโมงของ 3 วันที่เป็นตัวแทนในแต่ละฤดู ได้แก่ วันที่ 15 ของเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552, วันที่ 15 ของเดือนเมษายน พ.ศ. 2553, วันที่ 15 ของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ตามลำดับ โดยจะใช้เฉพาะช่วงเวลาที่ใช้งานในพื้นที่ห้องนอน

- **ความเร็วลม** (Air Velocity)

เป็นข้อมูลที่ได้จากผลการจำลองการระบายอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ CFD โดยผ่านการวิเคราะห์ และนำมาคำนวณ ได้แก่ กรณีอาคารต้นแบบ กรณีแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุดในแนวทางที่ไม่มีการแก้ไขปรับปรุงผังอาคาร และกรณีแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุดในแนวทางที่มีการแก้ไขปรับปรุงผังอาคาร ซึ่งมีค่าดังนี้

- แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยการไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร วิธีการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่น

- แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยการปรับเปลี่ยนผังอาคาร วิธีการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในที่นำมาใช้ต้องเป็นความเร็วลมเฉลี่ยที่แปรผันมาจากความเร็วลมภายนอก จากความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$C_v = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(V_i / V_r)$$

เมื่อ C_v = สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย

V_i = ความเร็วลมที่ตำแหน่ง i (เมตรต่อวินาที) วัดที่ความสูงจากพื้นห้อง 1 เมตร

V_r = ความเร็วลมตั้งต้นภายนอกอาคาร (เมตรต่อวินาที) วัดที่ระดับเดียวกับความสูงจากพื้นห้องบริเวณชั้นสองของอาคาร 1 เมตร อยู่ที่ระดับประมาณ 5 เมตร

n = จำนวนตำแหน่งที่วัดลม

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool

วันที่	เวลาทำการตรวจ							
	100.00	400.00	700.00	1000.00	1300.00	1600.00	1900.00	2200.00
TEMP								
15/12/2009	27	26	25	30	33	33	30	28
15/4/2010	30	29	29	34	37	36	32	31
15/8/2010	26	26	26	28	32	31	30	29
RH								
15/12/2009	76.00	88.00	88.00	64.00	49.00	50.00	69.00	73.00
15/4/2010	72.00	77.00	76.00	51.00	38.00	37.00	62.00	66.00
15/8/2010	83.00	87.00	88.00	90.00	66.00	63.00	66.00	76.00
V								
15/12/2009	4.00	1.00	3.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00
15/4/2010	3.00	7.00	3.00	5.00	9.00	8.00	8.00	8.00
15/8/2010	4.00	3.00	2.00	4.00	7.00	6.00	6.00	4.00

ข้อมูลที่นำมาคำนวณจะใช้เฉพาะช่วงเวลา 22.00 น.–7.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผู้อยู่อาศัย อยู่ภายในอาคาร ในพื้นที่ที่นำมาวิเคราะห์ นั่นคือ ห้องนอน

5.1.3 ผลจากการคำนวณหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลจากการคำนวณหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลจากการคำนวณหาสภาวะน่าสบายของอาคารต้นแบบ

	อาคารกรณีศึกษาต้นแบบ					
Time	15/12/2552		15/1/2553		15/6/2553	
	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
1:00:00	1.11	30.90	1.76	65.00	0.94	23.70
4:00:00	1.43	47.20	1.42	46.40	1.08	29.60
7:00:00	0.89	21.70	1.60	56.10	1.24	37.00
22:00:00	1.62	57.30	1.82	68.00	1.53	52.80

ตารางที่ 5.3 แสดงผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายของแนวทางที่ดีที่สุด ของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร

	แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร					
Time	15/12/2552		15/1/2553		15/6/2553	
	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
1:00:00	0.94	23.60	1.69	61.00	0.74	16.50
4:00:00	1.29	39.80	1.30	40.20	0.88	21.40
7:00:00	0.66	14.20	1.49	50.30	1.05	28.20
22:00:00	1.52	52.00	1.77	65.40	1.43	47.00

ตารางที่ 5.4 แสดงผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายของแนวทางที่ดีที่สุด ของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร

	แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารแบบที่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร					
Time	15/12/2552		15/1/2553		15/6/2553	
	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
1:00:00	0.82	19.30	1.64	58.50	0.60	12.60
4:00:00	1.20	35.40	1.22	36.50	0.76	17.10
7:00:00	0.52	10.60	1.42	46.80	0.93	23.40
22:00:00	1.46	48.60	1.74	63.70	1.35	43.10

5.1.4 สรุปผลเป็นจำนวนร้อยละความน่าสบายใน 1 ปี

จากผลจากการคำนวนหาสภาวะน่าสบายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PMV Tool สามารถสรุปผลเป็นจำนวนร้อยละความน่าสบายใน 1 ปี ได้ดังนี้

- อาคารกรณีศึกษาต้นแบบ

มีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นไม่สบาย(PPD) เท่ากับ 44.64
ดังนั้นมีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นสบาย เท่ากับ 55.36

- แนวทางที่ดีที่สุดของแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบไม่แก้ไขผังอาคาร (แนวทางที่เพิ่มช่องเปิดบนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่น)

มีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นไม่สบาย(PPD) เท่ากับ 38.30
ดังนั้นมีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นสบาย เท่ากับ 61.70

- แนวทางที่ดีที่สุดของแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบแก้ไขผังอาคาร (แนวทางที่เพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย)

มีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นไม่สบาย(PPD) เท่ากับ 34.63
ดังนั้นมีจำนวนร้อยละที่คนรู้สึกว่าสภาวะนั้นสบาย เท่ากับ 65.3

5.2 การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

การคำนวนหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารสามารถคำนวณได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ จะใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 เนื่องจากมีความเที่ยงตรง เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยต่างๆ

5.2.1 กำหนดค่าในการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

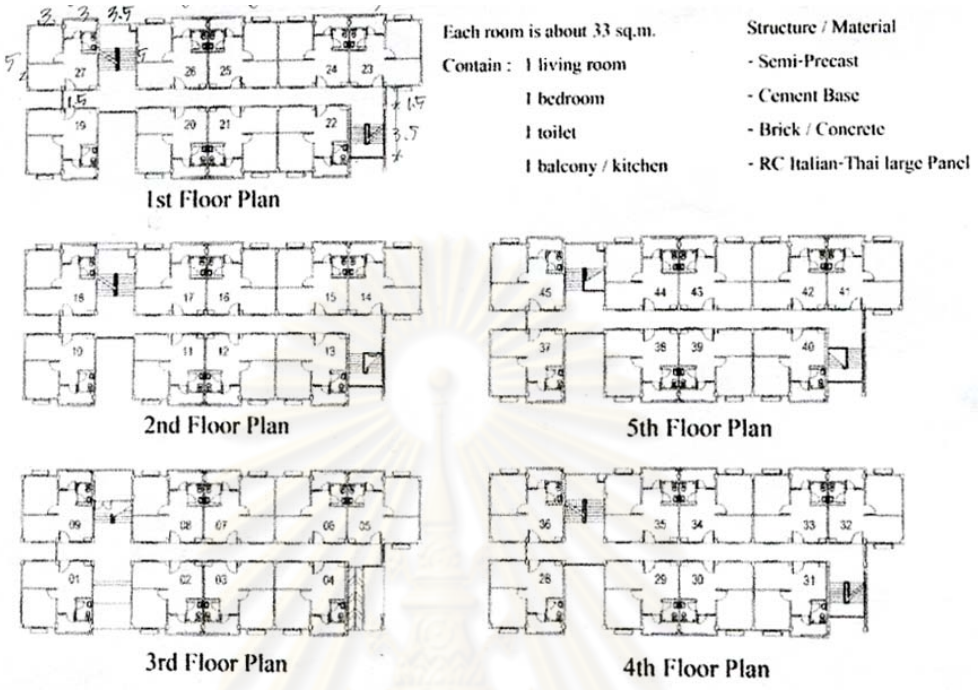
การจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 2.1 E ของอาคารกรณีศึกษามีกระบวนการ 3 ขั้นตอนหลักคือ การใส่ค่าข้อมูล การจำลองสถานการณ์ด้วยการทำงานของโปรแกรม และการนำข้อมูลจากการจำลองมาเก็บรวบรวม ซึ่งกระบวนการทั้งหมดมีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่

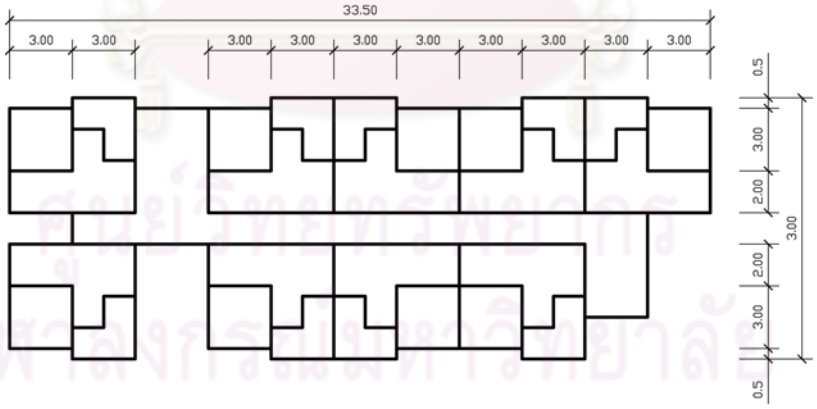
คือ การกำหนดค่าตัวแปรที่อยู่ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในทุกกรณี แต่เนื่องจากในการทดลองนี้ไม่มีการทำการจำลองในรูปแบบอื่นมาเปรียบเทียบ เป็นเพียงการจำลองเพื่อให้ได้ค่าพลังงานจากผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น จึงไม่มีการแบ่งค่าตัวแปรในการทดลอง

5.2.1.2 หุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษาที่เป็นต้นแบบ

จากศึกษาลักษณะการวางผังของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ อาคารชุดพักอาศัย 5 ชั้น โครงการบ้านเอื้ออาทร ที่พหลโยธิน 44 โดยการนำผังอาคารที่การเคหะแห่งชาติ เป็นผู้ออกแบบมาศึกษาและลดทอนรายละเอียดบางส่วน ให้อยู่ในรูปที่สามารถทำการจำลองในโปรแกรมได้



ภาพที่ 5.3 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร พหลโยธิน 44



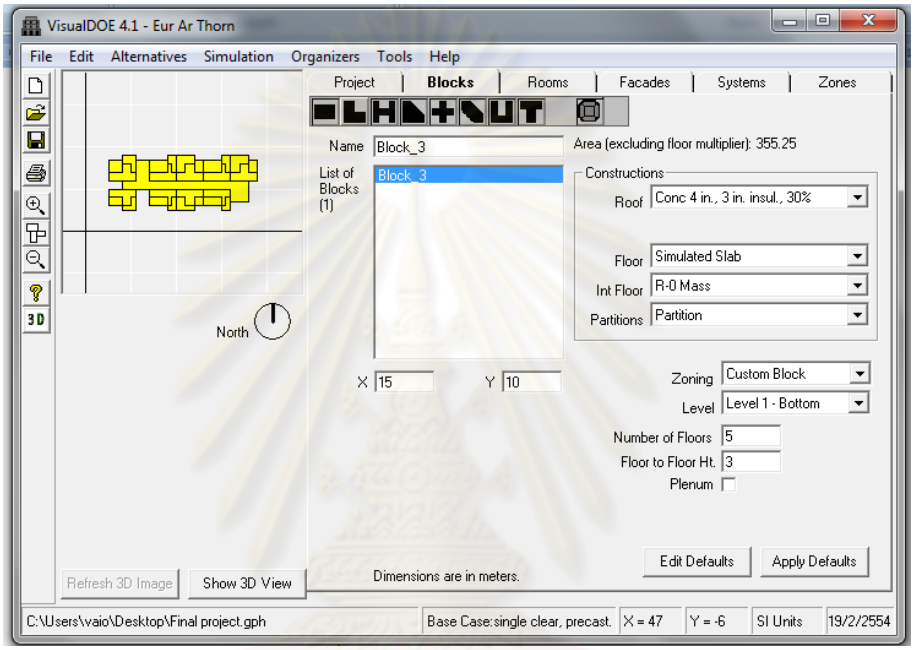
ภาพที่ 5.4 ลักษณะผังอาคารชุดพักอาศัยของอาคารกรณีศึกษาที่ลดทอนรายละเอียดบางส่วน

5.2.2 **การจำลองสภาวะในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์** VISUAL DOE 4.1

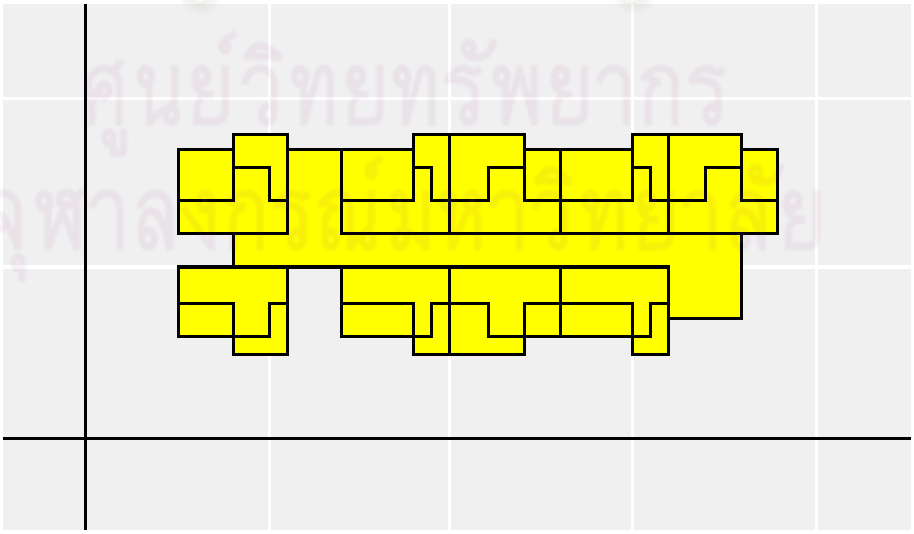
โปรแกรม VISUAL DOE 4.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิอากาศและประสิทธิภาพในการใช้พลังงานภายในอาคาร เพื่อการสร้างสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การจำลองประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

5.2.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

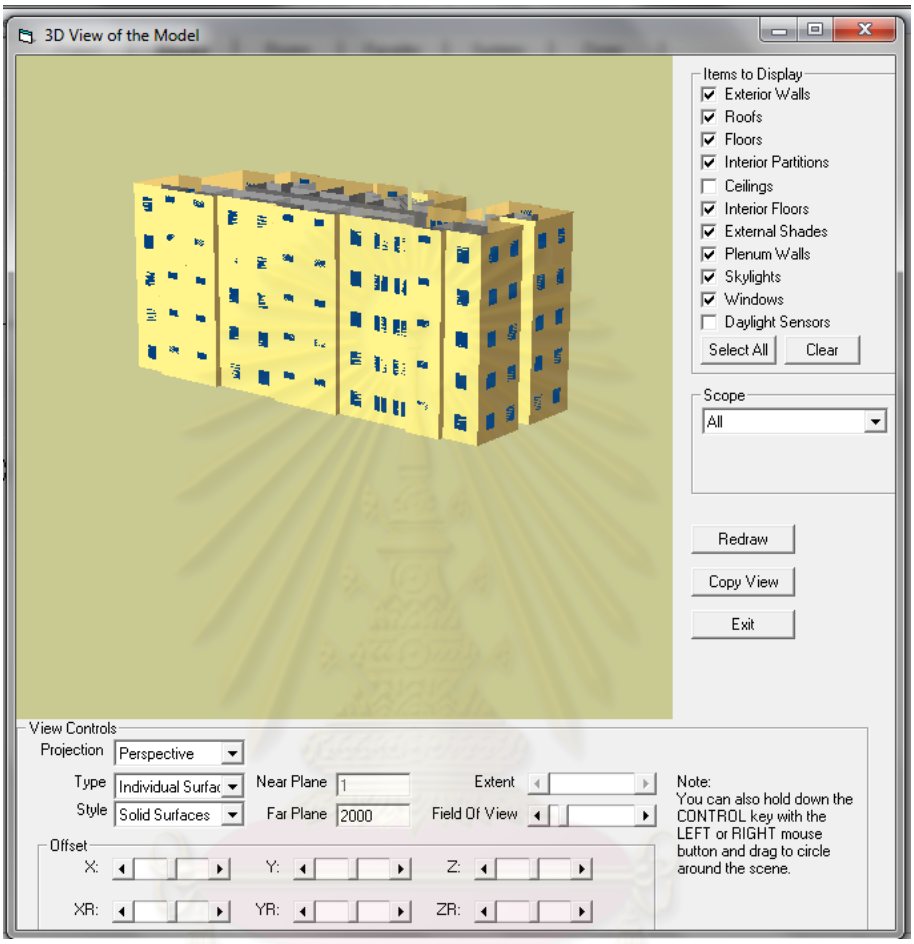
การกำหนดสถาปัตยกรรม เป็นการกำหนดลักษณะภายนอกของอาคาร ทำได้โดยการสร้างอาคารจำลองขึ้นในโปรแกรม โดยใช้ผังอาคารที่ผ่านการลดทอนรายละเอียดบางส่วนเพื่อให้สามารถจำลองในโปรแกรมได้ รวทั้งใส่ข้อมูลที่เกี่ยวกับอาคารบางส่วน คือ ค่าความสูงของอาคารในแต่ละชั้น เท่ากับ 3 เมตร และค่าจำนวนชั้นของอาคาร เท่ากับ 5 ชั้น



ภาพที่ 5.5 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม



ภาพที่ 5.6 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม



ภาพที่ 5.7 ลักษณะผังอาคารที่จำลองในโปรแกรม ในลักษณะภาพ 3 มิติ

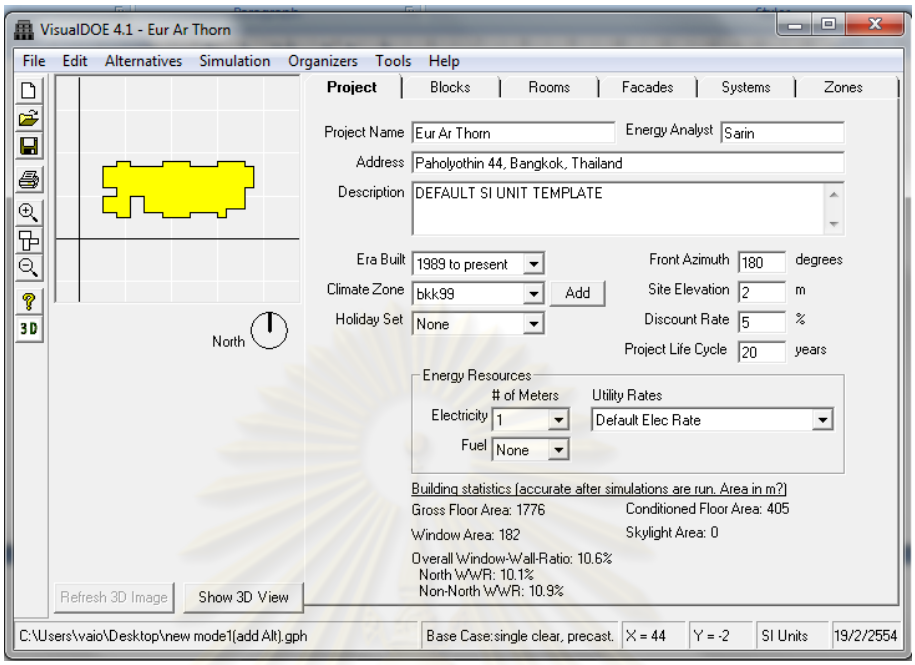
ในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้จำลองอาคารข้างเคียง จึงไม่มีปัจจัยในเรื่องนี้มาเกี่ยวข้อง

5.2.2.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

การใส่ค่าข้อมูลต่างๆในโปรแกรม จะเป็นการใส่ค่าที่เป็นตัวเลขและตัวอักษร เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน จากนั้นโปรแกรมจะแปลความหมายจากภาษาเขียนด้วยตัวอักษรให้เป็นภาษาที่โปรแกรมเข้าใจคือ Fortran นั่นคือไม่ว่าจะมีการป้อนข้อมูลใดๆก็ตาม คอมพิวเตอร์จะทำการ run โปรแกรมด้วย VISUAL DOE 4.1 ก่อน เพื่อให้แปลตัวอักษรเป็นภาษา Fortran นั่นเอง โดยการใส่ค่าข้อมูลในโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 6 ส่วนดังนี้

1) Project

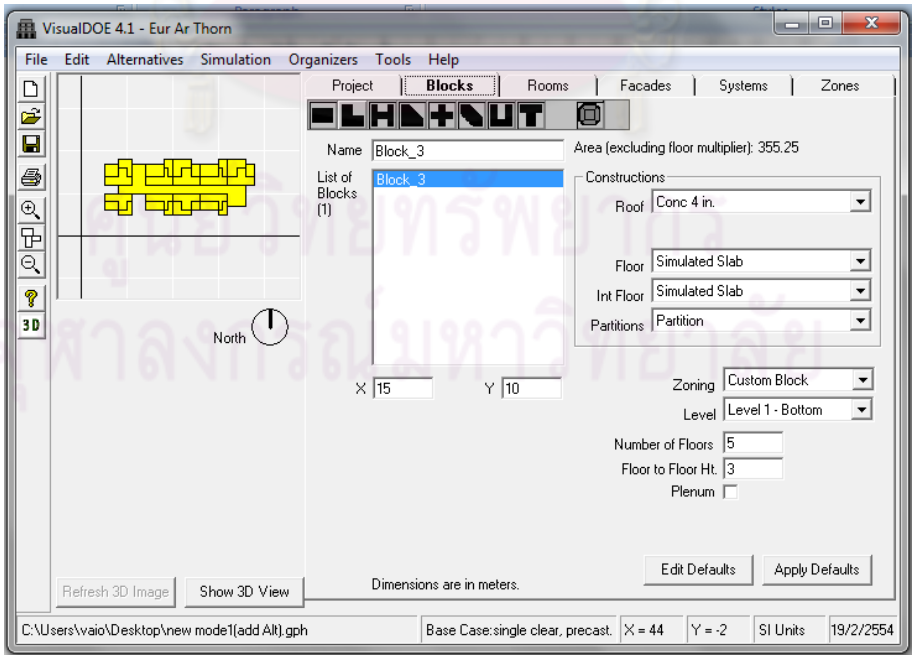
เป็นการใส่ข้อมูลที่เป็นข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับโครงการ



ภาพที่ 5.8 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Project

2) Blocks

เป็นการใส่ข้อมูลที่เกี่ยวกับวัสดุโครงสร้างโดยรวมของอาคาร นั่นคือ วัสดุโครงสร้างหลังคาและโครงสร้างพื้น รวมถึงจำนวนชั้น และความสูงในแต่ละชั้น



ภาพที่ 5.9 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Blocks

3) Rooms

เป็นการใส่ข้อมูลเกี่ยวกับค่าพลังงานและปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละห้องภายในอาคาร ได้แก่ ห้องน้ำ ห้องนอน ห้องนั่งเล่น และส่วนทางเดินส่วนกลางของอาคาร

ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ภายในอาคาร

- ห้องนอน	Fluorescent	36+5 watt	x 2	รวม 82 วัตต์
- ห้องนั่งเล่น	Fluorescent	36+5 watt	x 3	รวม 123 วัตต์
- ห้องน้ำ	Fluorescent	36+5 watt	x 1	รวม 41 วัตต์
- ทางเดิน	Fluorescent	36+5 watt	x 10	รวม 410 วัตต์

ปริมาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคาร

- ห้องนอน

พัดลม 16”	60 watt	จำนวน 1 เครื่อง
พัดลมระบายอากาศ	16 watt	จำนวน 1 เครื่อง
รวม 76 วัตต์		

- ห้องนั่งเล่น

โทรทัศน์ 29"	210	watt	จำนวน 1 เครื่อง
ตู้เย็น 1 ประตู	176	watt	จำนวน 1 เครื่อง
พัดลม 16"	60	watt	จำนวน 1 เครื่อง
หม้อหุงข้าว	750	watt	จำนวน 1 เครื่อง
คอมพิวเตอร์	696	watt	จำนวน 1 เครื่อง
รวม 1968 วัตต์			

- ห้องน้ำ

ไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า
รวม 0 วัตต์

- ทางเดินส่วนกลาง

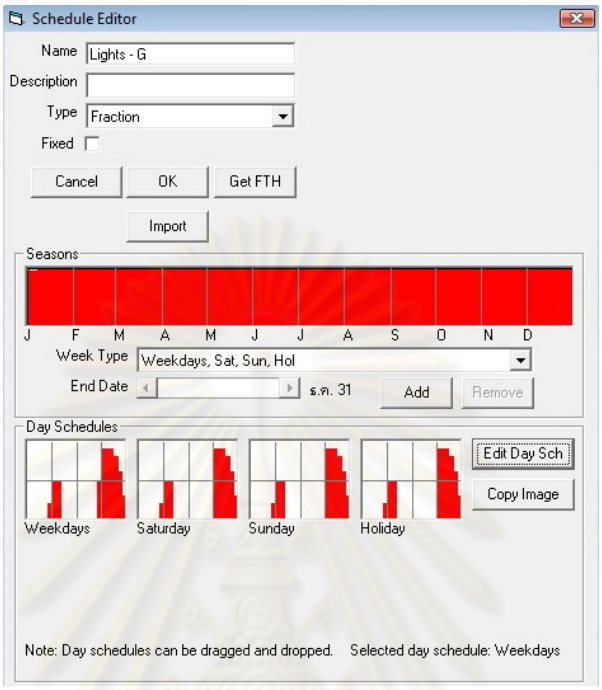
ไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า
รวม 0 วัตต์

การใช้งานภายในอาคาร

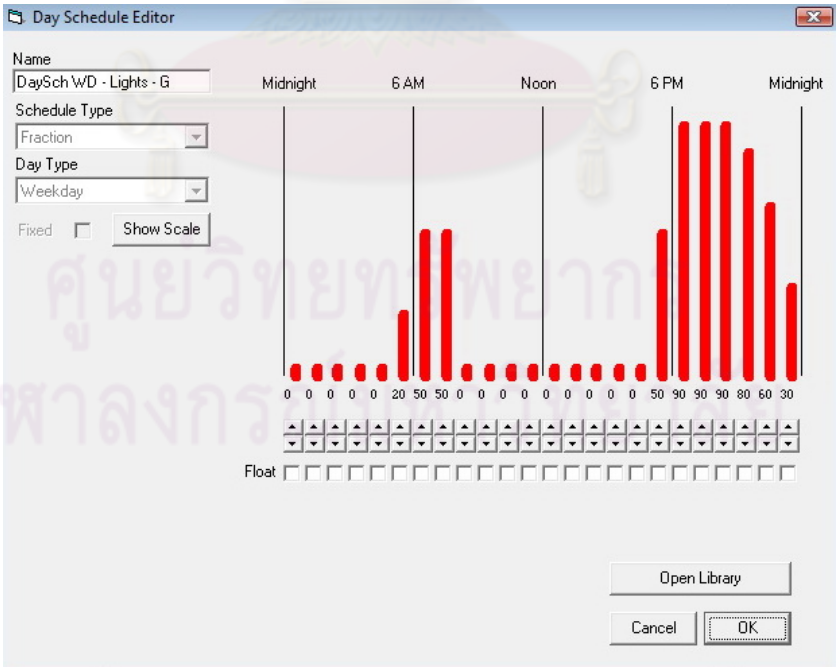
ระยะเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆภายในอาคาร ในที่นี้จะกล่าวถึงไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีการใช้งานที่แตกต่างกัน และสามารถแจกแจงเป็นการใช้งานในช่วงเวลาของ 4 วัน คือ วันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด โดยการใช้งานจะมีการปรับอากาศเฉพาะในห้องนอน โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน และกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่าง

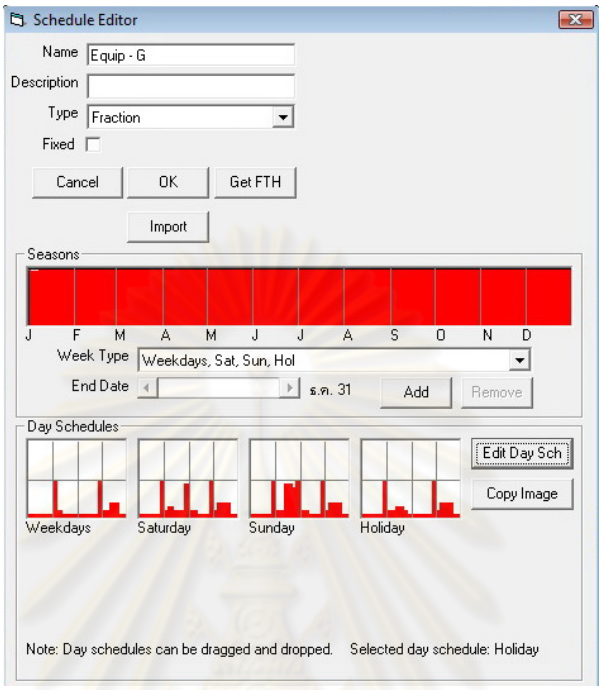


ภาพที่ 5.10 ระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย

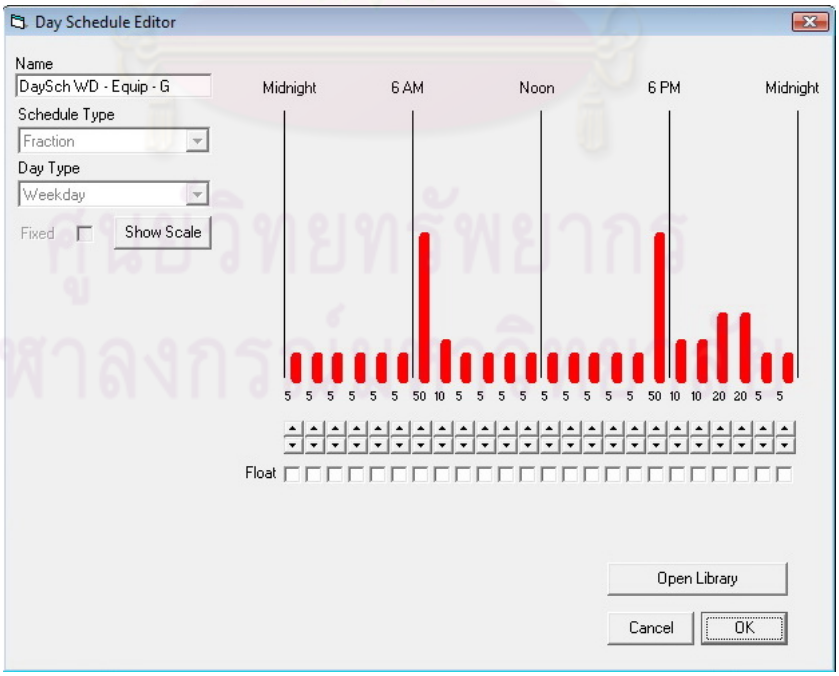


ภาพที่ 5.11 ระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย
ของวันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด

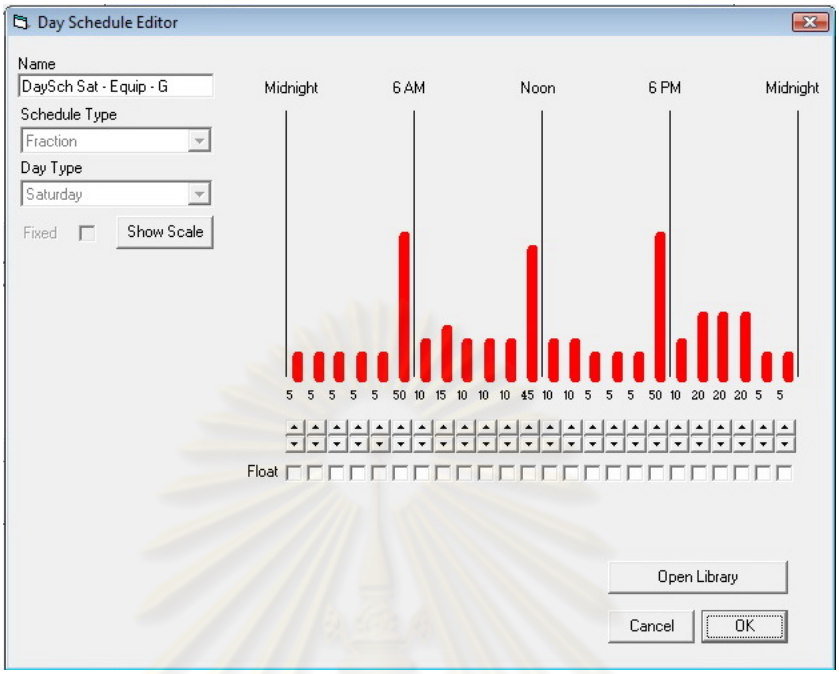
- การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า



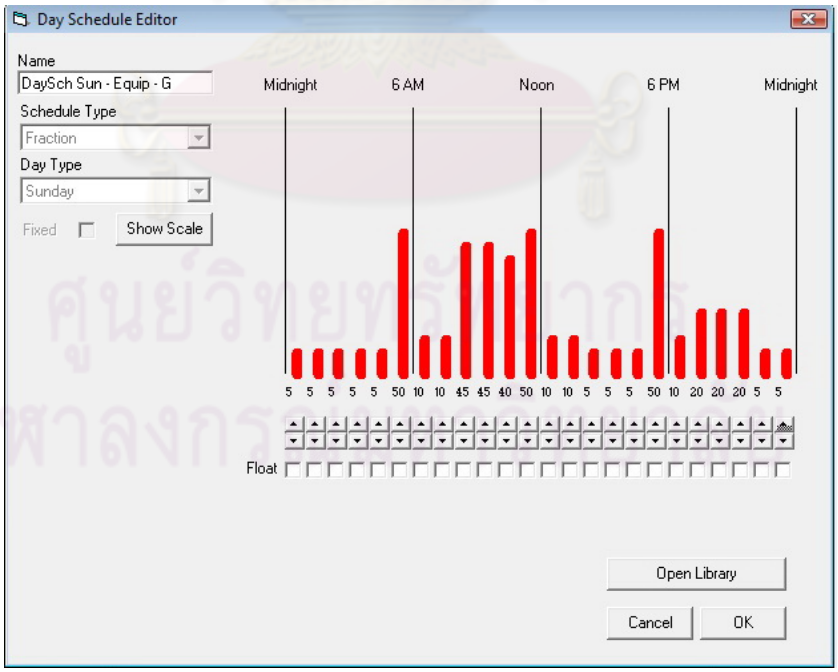
ภาพที่ 5.12 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย



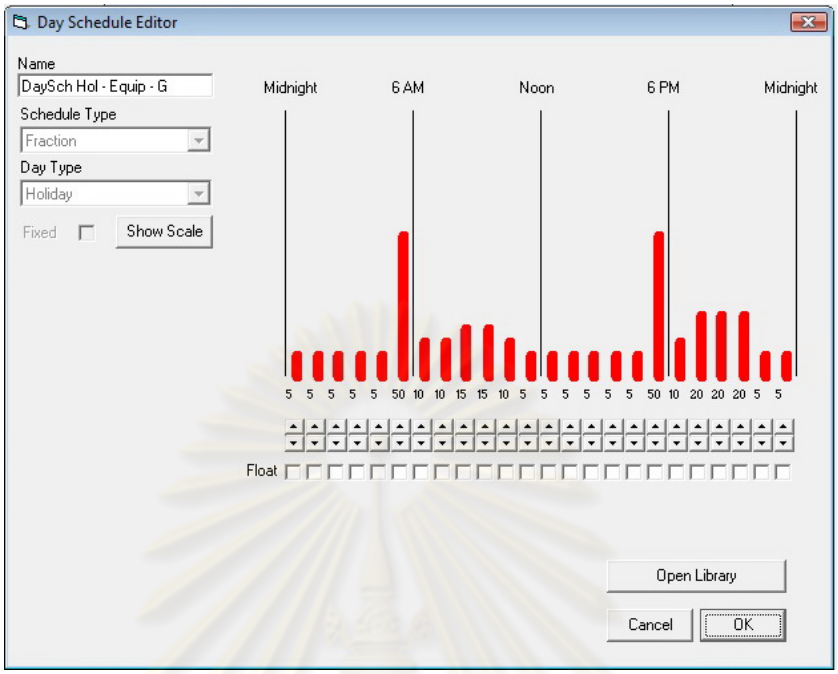
ภาพที่ 5.13 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันธรรมดา



ภาพที่ 5.14 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันเสาร์



ภาพที่ 5.15 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันอาทิตย์

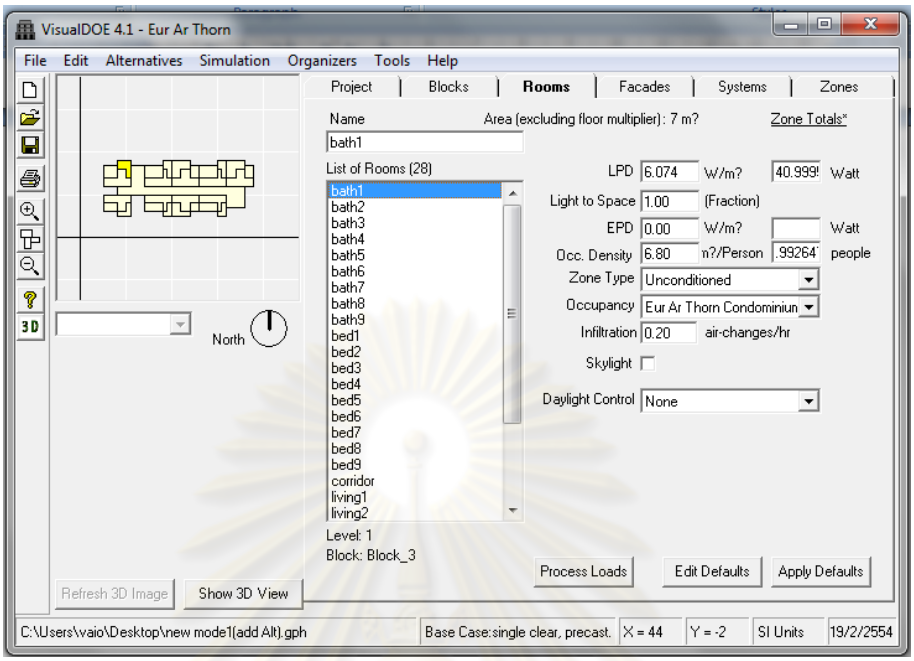


ภาพที่ 5.16 ระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันหยุด

การใช้พลังงานในแต่ละห้อง

1. ห้องน้ำ

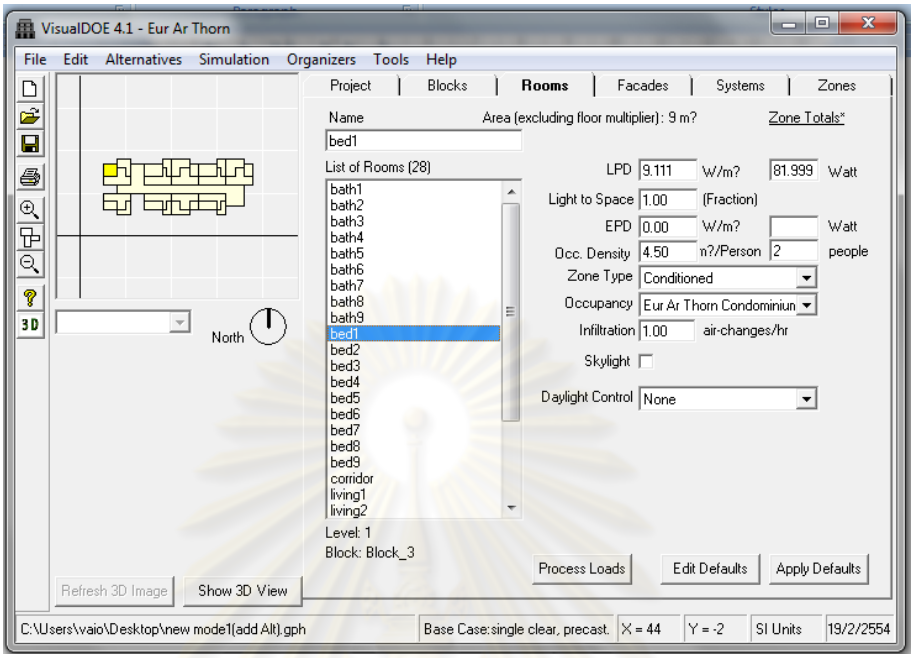
- ค่า LPD (Lighting Power Density) มีค่าเท่ากับ 6 วัตต์ต่อตารางเมตร
- ค่า Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) มีค่าเท่ากับ 0 วัตต์ต่อตารางเมตร
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของครอบครัวภายในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศ เท่ากับ 0.20 air-change ต่อชั่วโมง
- ไม่มีการเจาะช่องแสงด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 5.17 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องน้ำ)

2. ห้องนอน

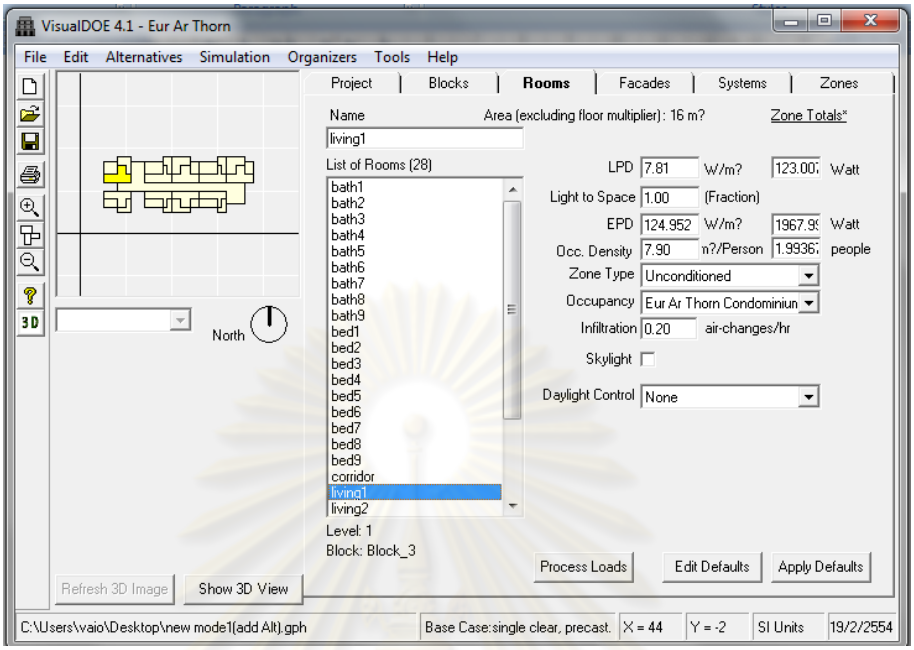
- ค่า LPD (Lighting Power Density) มีค่าเท่ากับ 10 วัตต์ต่อตารางเมตร
- ค่า Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) มีค่าเท่ากับ 0 วัตต์ต่อตารางเมตร
- จำนวนผู้ใช้งาน 2 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของครอบครัวภายในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศ เท่ากับ 0.20 air-change ต่อชั่วโมง
- ไม่มีการเจาะช่องแสงด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 5.18 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องนอน)

3. ห้องนั่งเล่น

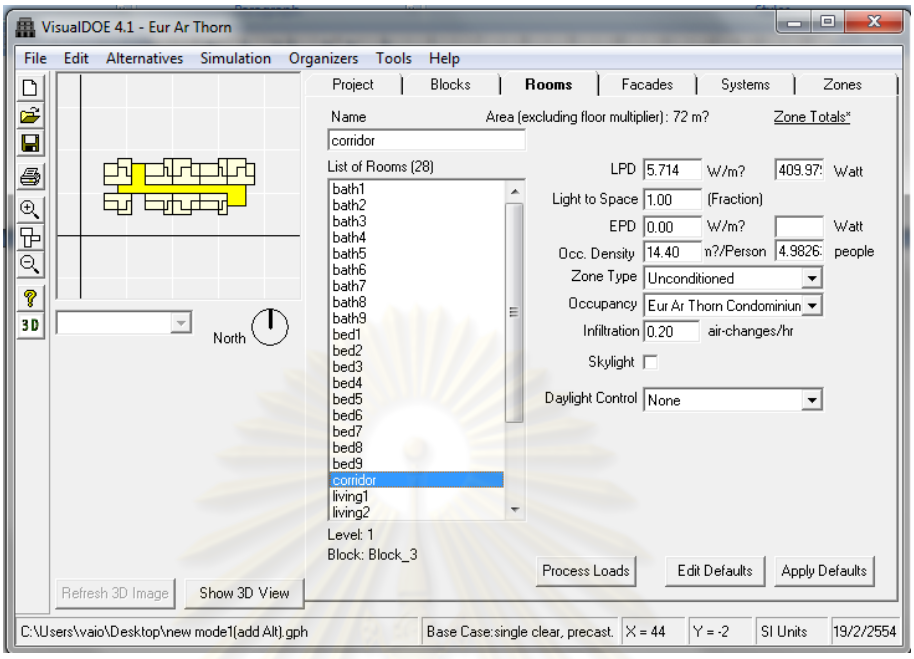
- ค่า LPD (Lighting Power Density) มีค่าเท่ากับ 8 วัตต์ต่อตารางเมตร
- ค่า Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) มีค่าเท่ากับ 125วัตต์ต่อตารางเมตร
- จำนวนผู้ใช้งาน 2 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของครอบครัวภายในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศ เท่ากับ 0.20 air-change ต่อชั่วโมง
- ไม่มีการเจาะช่องแสงด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 5.19 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ห้องนั่งเล่น)

4. ทางเดินส่วนกลาง

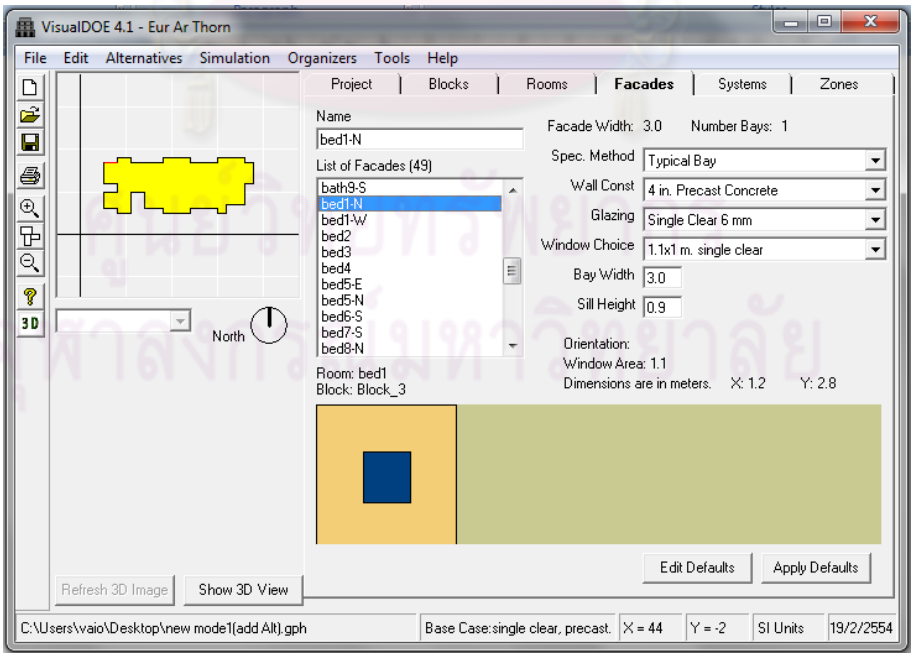
- ค่า LPD (Lighting Power Density) มีค่าเท่ากับ 6 วัตต์ต่อตารางเมตร
- ค่า Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) มีค่าเท่ากับ 0 วัตต์ต่อตารางเมตร
- จำนวนผู้ใช้งาน 5 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของครอบครัวภายในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศ เท่ากับ 0.20 air-change ต่อชั่วโมง
- ไม่มีการเจาะช่องแสงด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 5.20 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Rooms (ทางเดินส่วนกลาง)

4) Facades

เป็นการใส่ข้อมูลเกี่ยวกับรูปด้านของอาคาร ได้แก่ ลักษณะของช่องเปิด ตำแหน่งของช่องเปิด คุณสมบัติของกระจกที่ใช้ วัสดุของผนัง

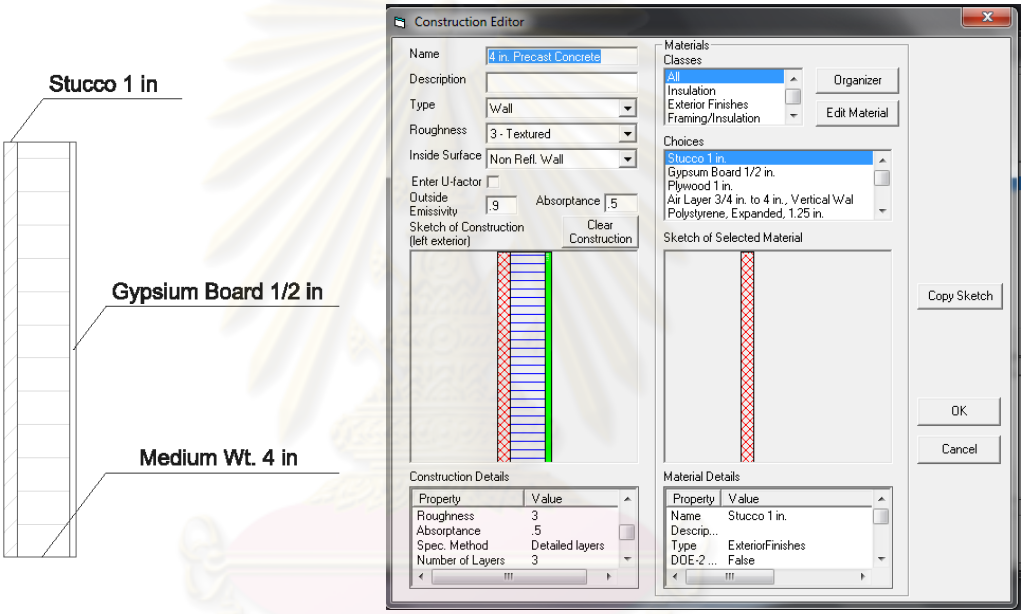


ภาพที่ 5.21 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Facades

- การจัดเรียงหน้าต่างเป็นแบบ Typical Bay
- วัสดุผนังอาคาร เป็น Precast Concrete หนา 4 นิ้ว

  วัสดุเปลือกอาคาร ประกอบด้วย

  - Gypsum Board ½ ”
  - Medium Wt. 4 ”
  - Stucco 1 ”
  - ค่า U-factor = 3.79



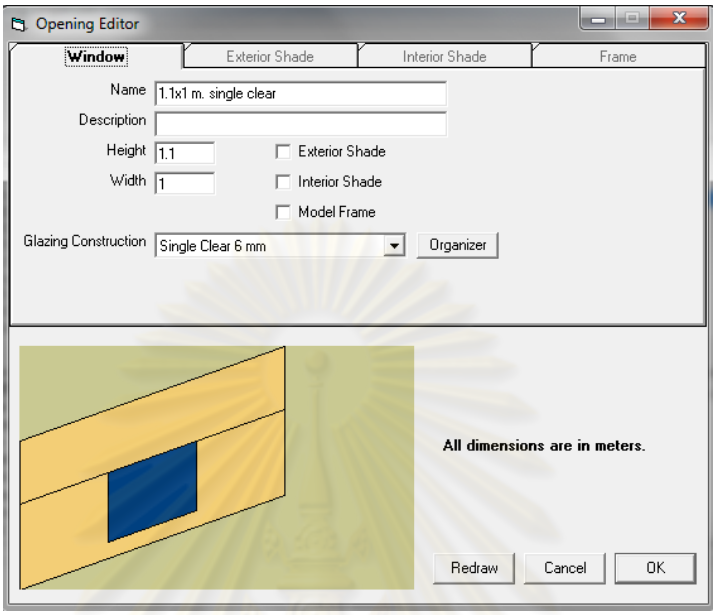
ภาพที่ 5.22 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนวัสดุของผนังภายนอก

- คุณสมบัติของกระจกที่ใช้

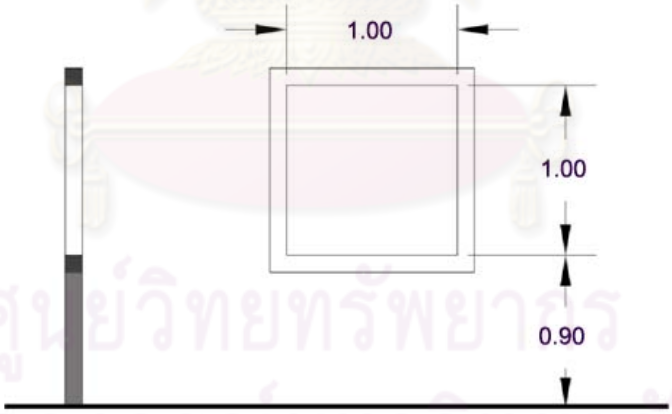
  กระจก Single clear หนา 6 mm.

  - ขนาด 1 x 1 m.
  - Grazing Construction
  - กระจก Single clear หนา 6 mm.
  - U-factor 6.167
  - SHGC 0.815
  - Vt 0.881

- ลักษณะของช่องเปิดและตำแหน่งของช่องเปิด



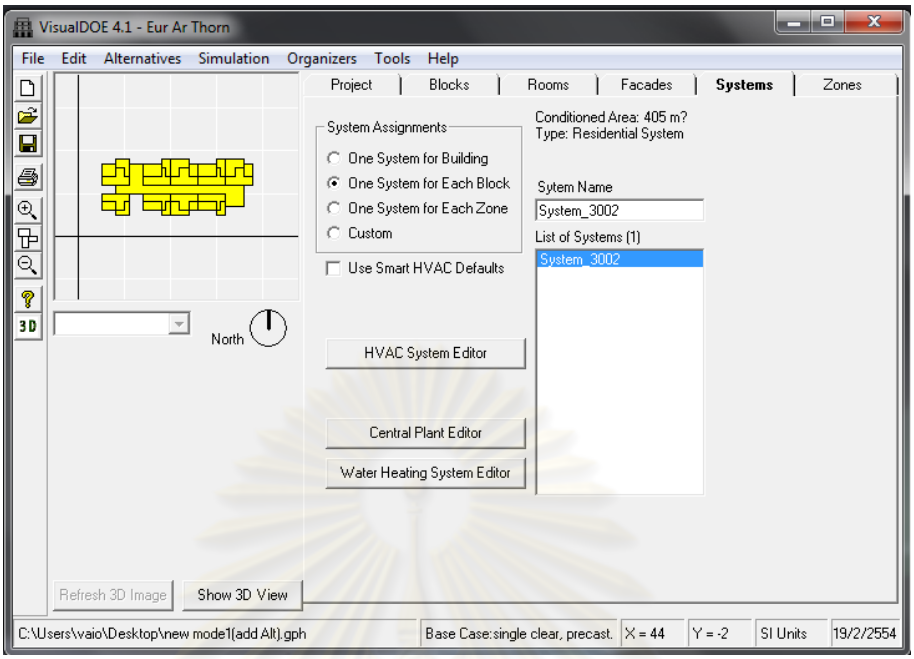
ภาพที่ 5.23 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนลักษณะของช่องเปิดและตำแหน่งของช่องเปิด



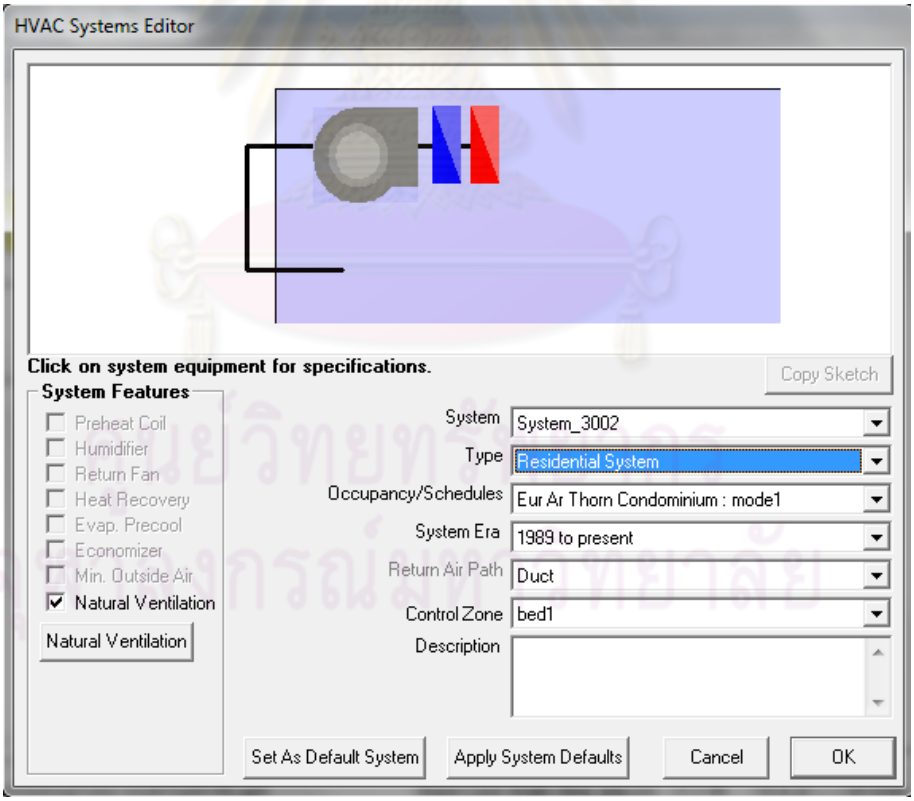
ภาพที่ 5.24 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วนลักษณะของช่องเปิดและตำแหน่งของช่องเปิด

5) Systems

เป็นการใส่ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศภายในอาคาร เป็นการวางระบบเดียวกันทั้งหลัง และระบบที่ใช้คือ Residential System เป็นระบบที่ใช้กับอาคารพักอาศัย



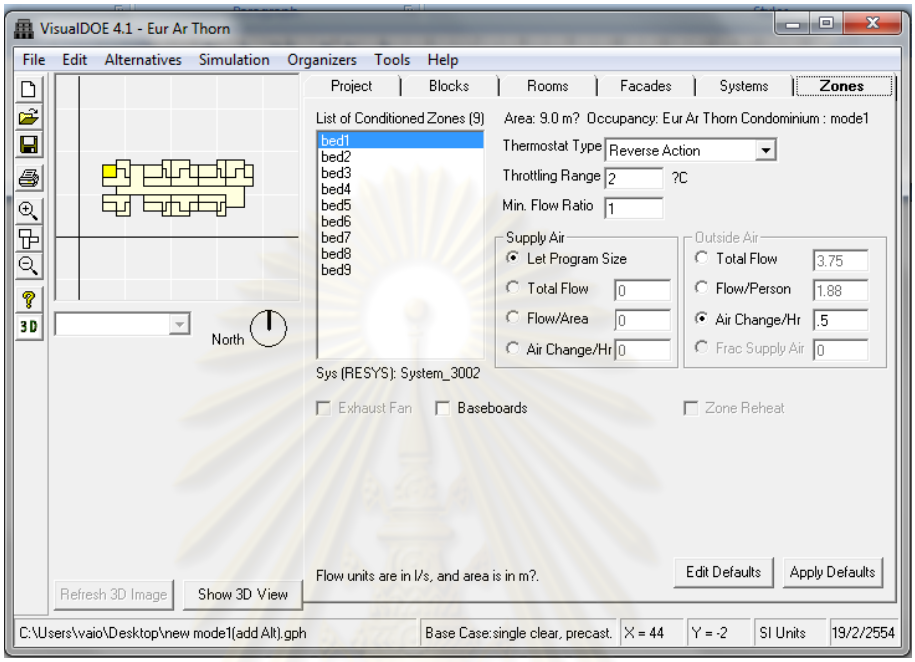
ภาพที่ 5.25 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Systems



ภาพที่ 5.26 ระบบที่ใช้คือ Residential System เป็นระบบที่ใช้กับอาคารพักอาศัย

6) Zones

เป็นการใส่ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ



ภาพที่ 5.27 ลักษณะการใส่ค่าในโปรแกรมในส่วน Zones

5.2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ค่าที่ได้จากการจำลองจะอยู่ในรูปของตัวเลข และกราฟ ค่าที่ได้คือค่าปริมาณการใช้พลังงานทั้งอาคารในหนึ่งปี มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี

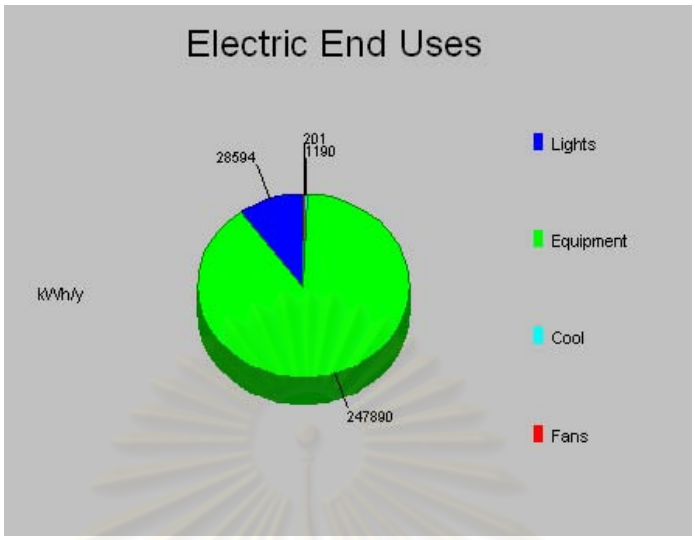
5.2.3 ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1

ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 ได้ผลดังนี้

กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน ในเวลา 22.00 น. - 7.00 น.

ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร

-	พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง	เท่ากับ	28,594	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า	เท่ากับ	247,890	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ	เท่ากับ	1,190	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากพัดลม	เท่ากับ	201	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
	ค่าพลังงานรวม	เท่ากับ	277,875	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี

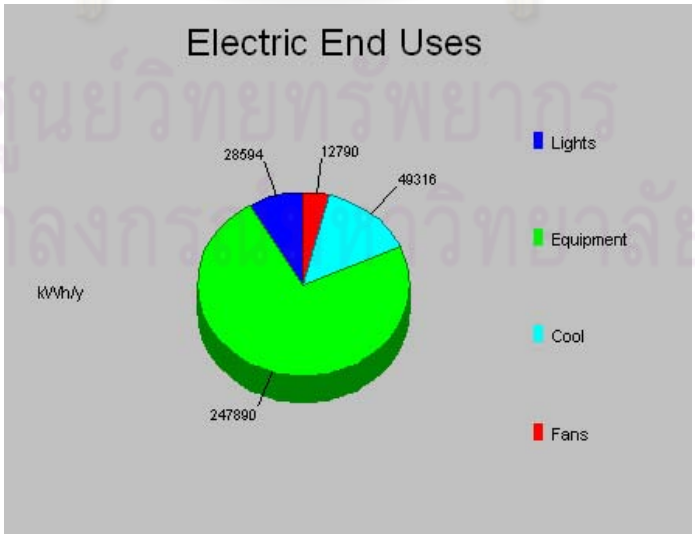


แผนภูมิที่ 5.1 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน

กรณีที่ 2 เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร

-	พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง	เท่ากับ	28,594	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า	เท่ากับ	247,890	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ	เท่ากับ	49,316	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
-	พลังงานจากพัดลม	เท่ากับ	12,790	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี
	ค่าพลังงานรวม	เท่ากับ	338,590	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี



แผนภูมิที่ 5.2 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร กรณีที่ 2 เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

5.2.4 **วิเคราะห์ผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรม** VISUAL DOE 4.1

การพิจารณาปริมาณพลังงานที่ลดลง เนื่องจากการใช้การระบายอากาศธรรมชาติมาแทนที่ จะมีผลเฉพาะกับปริมาณพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ค่าที่จะนำมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานมีสองค่า คือ พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ และพลังงานจากพัดลม

จากผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 จะเห็นว่าค่าพลังงานในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน ในเวลา 22.00 น. - 7.00 น. มีค่าการใช้พลังงานเป็นร้อยละ 0.5 ของพลังงานทั้งหมด และกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน มีค่าการใช้พลังงานเป็นร้อยละ 18 ของพลังงานทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณที่น้อย เนื่องจากการปรับอากาศในอาคารชุดพักอาศัยบ้านเอื้ออาทร มีพื้นที่ในแต่ละหน่วยเพียง 9 ตารางเมตร นั่นคือพื้นที่ห้องนอนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพื้นที่มีอยู่จำกัด ทำให้ค่าพลังงานที่นำมาวิเคราะห์มีปริมาณที่น้อยตามไปด้วย

5.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

เป็นการวิเคราะห์โดยเทียบหาจากร้อยละความน่าสบายใน 1 ปีของช่วงวันที่เป็นตัวแทนในสามเดือนของทั้งช่วง 3 ฤดูคือหน้าร้อน หน้าฝน และหน้าหนาว ในแต่ละแนวทางการออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ จากนั้นนำมาเทียบกับการใช้พลังงานในระยะเวลา 1 ปี ว่ามีสัดส่วนของระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย หรือช่วงที่ไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเท่าใด ก็จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานในอาคารที่ลดลงต่อปีได้ โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน ในเวลา 22.00 น. - 7.00 น. และกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะเวลากลางคืน ในเวลา 22.00 น.–7.00 น.

ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณพลังงานที่ลดลงในหนึ่งปี ในแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ 1(แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร) และ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร) ในกรณีที่ 1

กรณีอาคารเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน		Kwh/y	แบบตั้งต้น		แนวทางหลักที่ 1		แนวทางหลักที่ 2	
			PPD	พลังงานที่ใช้	PPD	พลังงานที่ใช้	PPD	พลังงานที่ใช้
พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง		25,106						
พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า		247,890						
พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ	1,190	44.64	620.96	38.30	532.75	34.63	481.74	44.64
พลังงานจากพัดลม	201							
ปริมาณพลังงานที่ลดลง						-88.21		-139.21

จากตารางที่ 5.5 สามารถสรุปได้ว่า

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 88.21 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งหลัง
- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 139.21 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งหลัง

จากการคำนวณทำให้ได้ค่าปริมาณพลังงานที่ลดลงต่อหนึ่งหลังในหนึ่งปี เมื่อคำนวณเป็นปริมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้า จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ดังนี้

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 264.63 บาท ต่ออาคารหนึ่งหลัง
- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 147.63 บาท ต่ออาคารหนึ่งหลัง

จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าไปในปริมาณมากในอาคารเพียงหนึ่งหลัง ในปัจจุบันมีการสร้างอาคารในโครงการ 168 อาคารซึ่งเป็นจำนวนที่มาก จะเห็นว่าแค่เพียงโครงการเดียวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไปได้ถึง 14,819.28 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 1) หรือเป็นเงิน 44,457.84 บาท และ 23,387.28 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 2) หรือเป็นเงิน 70,161.84 บาท

กรณีที่ 2 เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณพลังงานที่ลดลงในหนึ่งปี ในแนวทางการออกแบบปรับปรุงที่ 1(แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร) และ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร) ในกรณีที่ 2

กรณีอาคารเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน		Kwh/y	แบบตั้งต้น		แนวทางหลักที่ 1		แนวทางหลักที่ 2	
			PPD	พลังงานที่ใช้	PPD	พลังงานที่ใช้	PPD	พลังงานที่ใช้
พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง		25,106						
พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า		247,890						
พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ	49,176	61,927	44.64	27,645.24	38.30	23,718.04	34.63	21,447.38
พลังงานจากพัดลม	12,751							
ปริมาณพลังงานที่ลดลง						-3,927.20		-6,197.86

จากตารางที่ 5.6 สามารถสรุปได้ว่า

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 3,927 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งหลัง
- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 6,197 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งหลัง

จากการคำนวณทำให้ได้ค่าปริมาณพลังงานที่ลดลงต่อหนึ่งหลังในหนึ่งปี เมื่อคำนวณเป็นปริมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้า จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ดังนี้

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 11,781 บาท ต่ออาคารหนึ่งหลัง
- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 18,591 บาท ต่ออาคารหนึ่งหลัง

จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าไปในปริมาณมากในอาคารเพียงหนึ่งหลัง ในปัจจุบันมีการสร้างอาคารในโครงการ 168 อาคารซึ่งเป็นจำนวนที่มาก จะเห็นว่าแค่เพียงโครงการเดียวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไปได้ถึง 659,736 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 1) หรือเป็นเงิน 1,979,208 และ 1,041,096 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 2) หรือเป็นเงิน 3,123,288 บาท

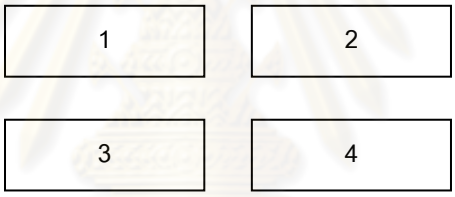
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ผลการทดลองของแนวทางในการออกแบบปรับปรุงความเร็วลมในพื้นที่พักอาศัย ในส่วนของห้องนอน ของอาคารชุดพักอาศัย กรณีศึกษาอาคารบ้านเอื้ออาทร สามารถนำมาสรุปผลและข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปสู่การสร้างแนวทางการออกแบบให้เกิดสภาวะน่าสบายในพื้นที่พักอาศัย และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยสามารถสรุปได้ ดังนี้

6.1 การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

จากการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD โดยใช้ความเร็วลมภายนอกที่ 1.45 เมตรต่อวินาที เนื่องจากเป็นความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครในหนึ่งปี โดยกำหนดกรณีในการศึกษาเป็น 12 กรณี นั่นคือ การจำลองลมภายนอกที่มาจาก 3 ทิศทาง คือ ลมจากทิศใต้ ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมจากทิศตะวันตก และกำหนดตำแหน่งการวางอาคาร ออกเป็น 4 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งซ้ายบน ซ้ายล่าง ขวาบน และขวาล่าง ดังภาพ



ภาพที่ 6.1 แสดงการวางตัวของกลุ่มอาคาร

การวางอาคารในตำแหน่งต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศที่แตกต่างกัน จากผลการจำลองสรุปได้ว่า การวางอาคารตำแหน่งที่ 1 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีที่สุด รองลงมาคือตำแหน่งที่ 3 ตำแหน่งที่ 4 และตำแหน่งที่ 2 ตามลำดับ ในการพิจารณาในเรื่องของค่าเฉลี่ยจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งน้อยมาก โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยของทั้งอาคารทุกกรณี อยู่ในช่วง 0.07 – 0.17 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ไม่รู้สึกถึงการปะทะของลม แต่ก็ทำให้รู้สึกสบายได้บ้าง จากอาคารจำลองที่ได้ทำการศึกษาสภาพในปัจจุบันของอาคาร สามารถสรุปปัญหาและข้อบกพร่องได้ดังนี้

1.1 ปริมาณช่องเปิดไม่เพียงพอ เนื่องจากประสิทธิภาพการไหลเวียนของลมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ การกำหนดทางเข้าและทางออกของลม ในผังอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ มีทางเข้าหรือทางออกหลักภายในแต่ละห้องเพียงทางเดียว เมื่อพิจารณาในส่วนของห้องนอน จะเห็นได้ว่ามีช่องเปิดที่ติดกับภายนอกอาคารเพียงจุดเดียว ทางเข้าออกของลมอีกทางคือประตูซึ่งมีขนาดเล็ก และในการใช้งานจริงจะไม่มีการเปิดอยู่ตลอดเวลา

1.2 ลมไหลเข้าสู่พื้นที่ส่วนกลางภายในอาคารในปริมาณน้อยและไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากปริมาณลมที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องควรมีความสม่ำเสมอและทั่วถึงในทุกหน่วยพักอาศัย การรับลมที่ดีควรมีความ

ยั่งยืน นั่นหมายถึงการรับลมที่มาจากภายนอกโดยตรงโดยไม่ผ่านหน่วยพักอาศัยอื่นเข้ามา แต่จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าลมส่วนมากที่ไหลผ่านห้องทางทิศเหนือ จะผ่านห้องทางทิศใต้เข้ามา

1.3 การเกิดการไหลผ่านของลมภายนอกเฉพาะบริเวณรอบนอกของอาคาร โดยที่ไม่มีการไหลผ่านเข้ามาในตัวอาคาร จะเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่ลมภายนอกมาจากทางทิศตะวันตก

6.2 แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

6.2.1 รูปแบบการออกแบบปรับปรุงอาคาร

จากปัญหาที่พบในการจำลองการระบายอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ทำให้สามารถเสนอแนวทางการแก้ไขปรับปรุงได้ชัดเจนมากขึ้น ในการปรับปรุงอาคารก็จะมีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้อง ทั้งในเรื่องของพื้นที่ก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง รวมไปถึงต้นทุนในการก่อสร้าง ผู้วิจัยจึงเสนอเป็นแนวทางการออกแบบปรับปรุง โดยแบ่งออกเป็นสองแนวทางหลัก ได้ดังนี้

1. **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**

ในแนวทางนี้เสนอขึ้นเพื่อสนองต่อโครงการที่มีเงื่อนไขการปรับปรุงที่จำกัด ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของพื้นที่โครงการที่มีปริมาณน้อย ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้น และงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด

2. **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**

ในแนวทางนี้เสนอขึ้นเพื่อสนองต่อโครงการที่มีเงื่อนไขการปรับปรุงที่กว้าง และมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนได้มาก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการระบายอากาศสูงสุด ในการปรับปรุงแก้ไขผังอาคารจะยังคงขนาดและผังของแต่ละหน่วยพักอาศัยให้เหมือนอาคารต้นแบบเดิม

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองข้างต้น ทำให้เสนอเป็นแนวทางการออกแบบ ได้ดังนี้

1. **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**

1.1 การเจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น

1.2 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง โดยเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า

1.3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลม บนช่องเปิดของห้องนอนในทุกหน่วยพักอาศัย

2. **การออกแบบปรับปรุงอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขผังอาคาร**

1.1 การออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว

เพื่อให้การระบายอากาศเกิดขึ้นกับทุกห้องอย่างทั่วถึง โดยไม่มีห้องอีกฝั่งของทางเดินมาขวางลม เนื่องจากการใช้งานจริงจะไม่มีการเปิดช่องเปิดได้เต็ม 100 เปอร์เซนต์

1.2 การออกแบบผังอาคารแบบเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

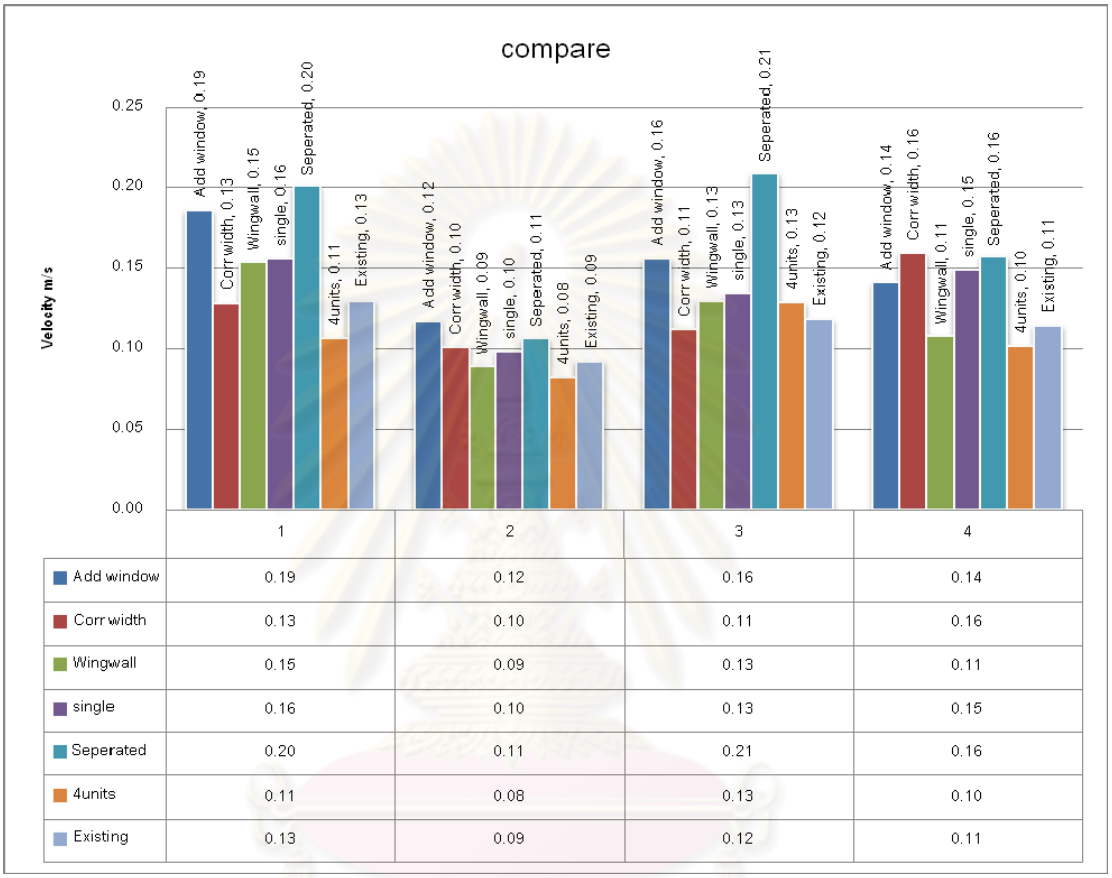
การเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย ทำโดยเพิ่มช่องว่างระหว่างห้องนอนกับห้องนอนของแต่ละหน่วยพักอาศัย เพื่อให้ห้องนอนแต่ละห้องได้เจาะช่องเปิดเพิ่ม บริเวณผนังฝั่งที่แยกออกมา

1.3 การออกแบบผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น

เพื่อให้แต่ละห้องแยกตัวเป็นเอกเทศต่อกัน ไม่ต้องรับลมจากกันและกัน อีกทั้งแต่ละหน่วยพักอาศัยยังสามารถเจาะช่องเปิดบริเวณห้องนอนเพิ่มได้ด้วย

6.2.2 ผลการออกแบบปรับปรุงอาคาร

นำผลการจำลองการระบายอากาศของรูปแบบการปรับปรุงอาคารแต่ละแบบ มาเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศระหว่างกัน และนำไปเปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศ



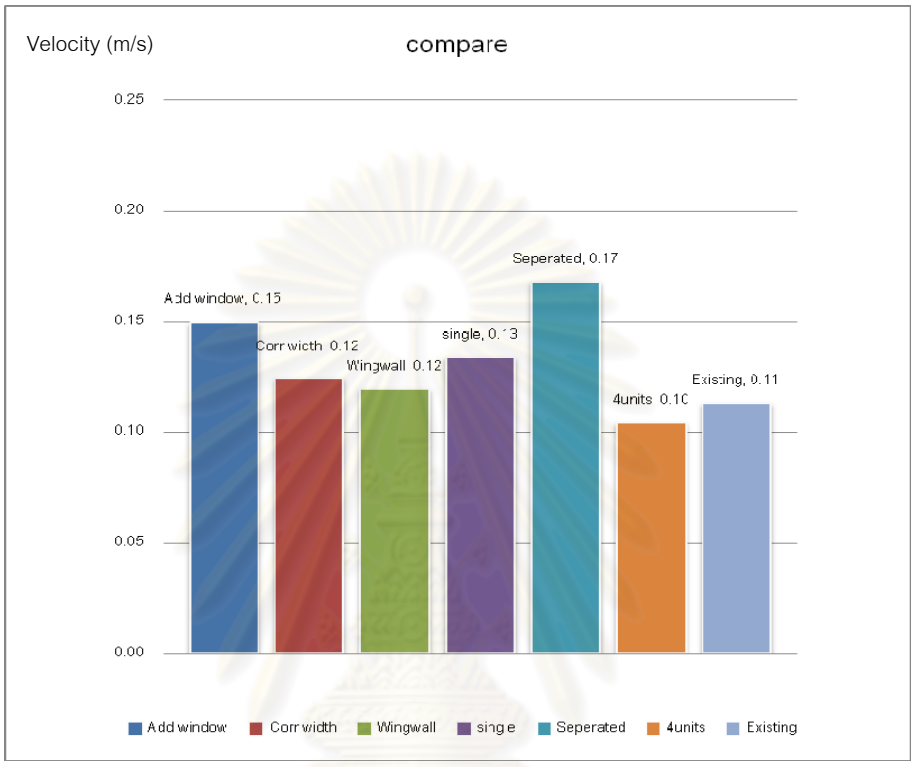
	1	2	3	4
Add window	0.19	0.12	0.16	0.14
Corr width	0.13	0.10	0.11	0.16
Wingwall	0.15	0.09	0.13	0.11
single	0.16	0.10	0.13	0.15
Seperated	0.20	0.11	0.21	0.16
4units	0.11	0.08	0.13	0.10
Existing	0.13	0.09	0.12	0.11

แผนภูมิที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องนอน
ของแนวทางการออกแบบทั้ง 6 รูปแบบ และอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น ในแต่ละตำแหน่งการวางอาคาร

อาคารที่วางตัวอยู่ตำแหน่งที่ 1 และ 3 แนวทางการออกแบบที่เจาะช่องเปิดเพิ่ม บนผนังที่กั้นระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น โดยไม่มีการแก้ไขผังอาคารเดิม และแนวทางการออกแบบที่แก้ไขผังอาคารเดิม ด้วยการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่สูงกว่ารูปแบบอื่นอย่างชัดเจน โดยแนวทางการออกแบบที่แก้ไขผังอาคารเดิม ด้วยการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยมีค่าสูงกว่า สำหรับอาคารที่วางตัวอยู่ตำแหน่งที่ 2 และ 4 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน โดยภาพรวมในตำแหน่งที่ 4 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าการวางอาคารตำแหน่งที่ 2

สำหรับรูปแบบที่มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ จะพบว่า รูปแบบที่ผังอาคารมี 4 หน่วยพักอาศัยใน 1 ชั้น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยที่สุดในการวางถึง 3 ตำแหน่ง นั่นคือ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 โดยที่มีค่าน้อยกว่าอาคาร

กรณีศึกษาต้นต้นด้วย มีเพียงการวางอาคารตำแหน่งที่ 3 ที่การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลางของผังอาคารโดยไม่มีการแก้ไขผังอาคารเดิม มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยที่สุดและมีค่าน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาต้นต้น



แผนภูมิที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องนอน
ของแนวทางการออกแบบทั้ง 6 รูปแบบ และอาคารกรณีศึกษาตั้งต้น

จากกราฟสรุปผลได้ว่า ประสิทธิ์ภาพในการระบายอากาศในเชิงค่าความเร็วลมของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยการไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร วิธีการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่นมีประสิทธิ์ภาพดีที่สุด และแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยการปรับเปลี่ยนผังอาคาร วิธีการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัยมีประสิทธิ์ภาพดีที่สุด สำหรับแนวทางการออกแบบที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดของทุกการออกแบบคือ การออกแบบที่มีการปรับเปลี่ยนผังอาคารโดยให้มี 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าอาคารกรณีศึกษาตั้งต้นด้วย

6.2.3 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน

เป็นการวิเคราะห์โดยเทียบหาจากร้อยละความน่าสบายใน 1 ปีของช่วงวันที่เป็นตัวแทนในสามเดือนของทั้งช่วง 3 ฤดูคือหน้าร้อน หน้าฝน และหน้าหนาว ในแต่ละแนวทางการออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ จากนั้นนำมาเทียบกับการใช้พลังงานในระยะเวลา 1 ปีว่ามีสัดส่วนของระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย หรือช่วงที่ไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเท่าใด ก็จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานในอาคารที่ลดลงต่อปีได้ โดยนำมาวิเคราะห์เฉพาะรูปแบบผังอาคารที่มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ดีที่สุดในแต่ละแนวทาง นั่น

คือ แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารที่ไม่แก้ไขผังอาคาร โดยการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่น และแนวทางการออกแบบปรังปรุงอาคารที่แก้ไขผังอาคาร โดยการปรับเปลี่ยนผังอาคาร โดยวิธีการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  การออกแบบปรับปรุงอาคาร
  โดยการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนและห้องนั่งเล่น
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 3,927 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งชั้นในหนึ่งหลัง

- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  การออกแบบปรับปรุงอาคาร
  โดยการเพิ่มช่องว่างระหว่างหน่วยพักอาศัย
  สามารถลดการใช้พลังงานได้ เท่ากับ 6,197 Kwh/y ต่ออาคารหนึ่งชั้นในหนึ่งหลัง

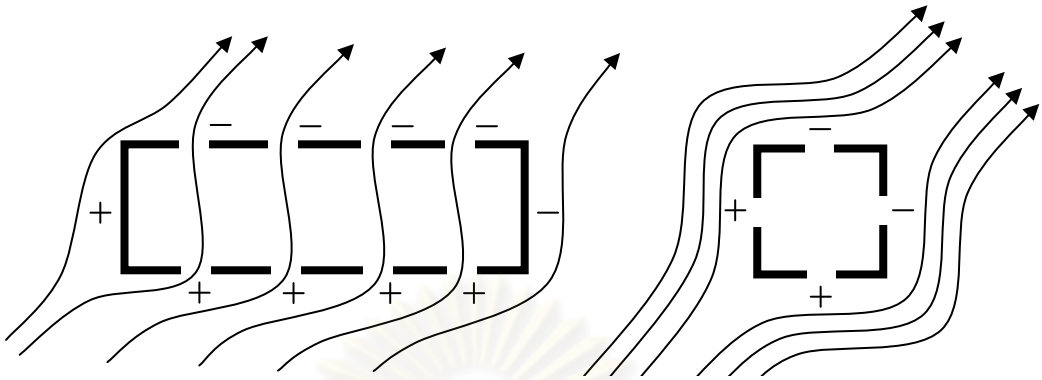
จากการคำนวณทำให้ได้ค่าปริมาณพลังงานที่ลดลงต่อหนึ่งหลังในหนึ่งปี เมื่อคำนวณเป็นปริมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้า จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ดังนี้

- แนวทางการออกแบบที่ 1 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อไม่ปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 11,781 บาท ต่ออาคารหนึ่งชั้นในหนึ่งหลัง
- แนวทางการออกแบบที่ 2 (แนวทางที่ดีที่สุดเมื่อปรับเปลี่ยนผังอาคาร)
  สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 18,591 บาท ต่ออาคารหนึ่งชั้นในหนึ่งหลัง

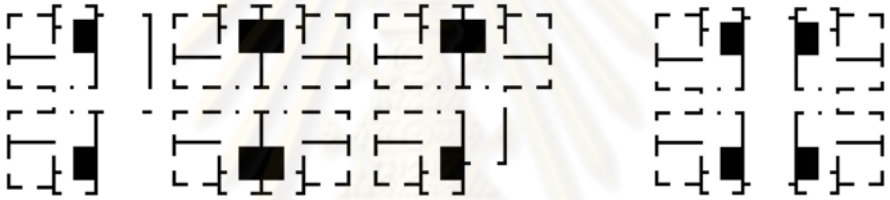
จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าไปในปริมาณมากในอาคารเพียงหนึ่งหลัง ในปัจจุบันมีการสร้างอาคารในโครงการ 168 อาคารซึ่งเป็นจำนวนที่มาก จะเห็นว่าแค่เพียงโครงการเดียวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไปได้ถึง 659,736 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 1) หรือเป็นเงิน 1,979,208 และ 1,041,096 Kwh/y (แนวทางการออกแบบที่ 2) หรือเป็นเงิน 3,123,288 บาท

6.2.4 แนวทางการออกแบบอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

6.2.4.1 ผังอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีลักษณะยาว จะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศในเรื่องของค่าความเร็วลมเฉลี่ยได้ดีกว่ารูปทรงที่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส เนื่องจากจะช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศของทั้งสองฝั่งอาคารได้ ทำให้การไหลเวียนของลมภายนอกผ่านพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้ โดยเฉพาะยิ่งถ้าวางผังอาคารให้มีช่องเปิด หรือช่องว่างให้ลมไหลผ่านได้มากขึ้น ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารก็จะดีขึ้นด้วย จะเห็นได้ชัดเจนจากการจำลองผังอาคารแบบ 4 หน่วยพักอาศัยในหนึ่งชั้น มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารน้อยที่สุด และน้อยกว่าอาคารกรณีศึกษาต้นต้นด้วย



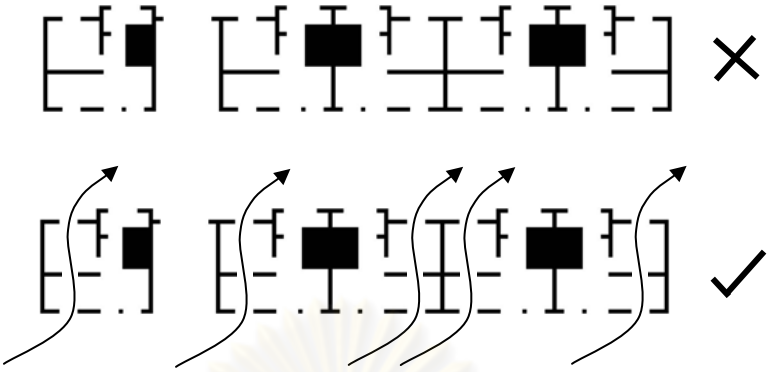
ภาพที่ 6.2 แสดงการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคารที่มีผังรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส



ภาพที่ 6.3 แสดงผังอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศมากที่สุด (ภาพซ้าย) และอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศน้อยที่สุด (ภาพขวา)

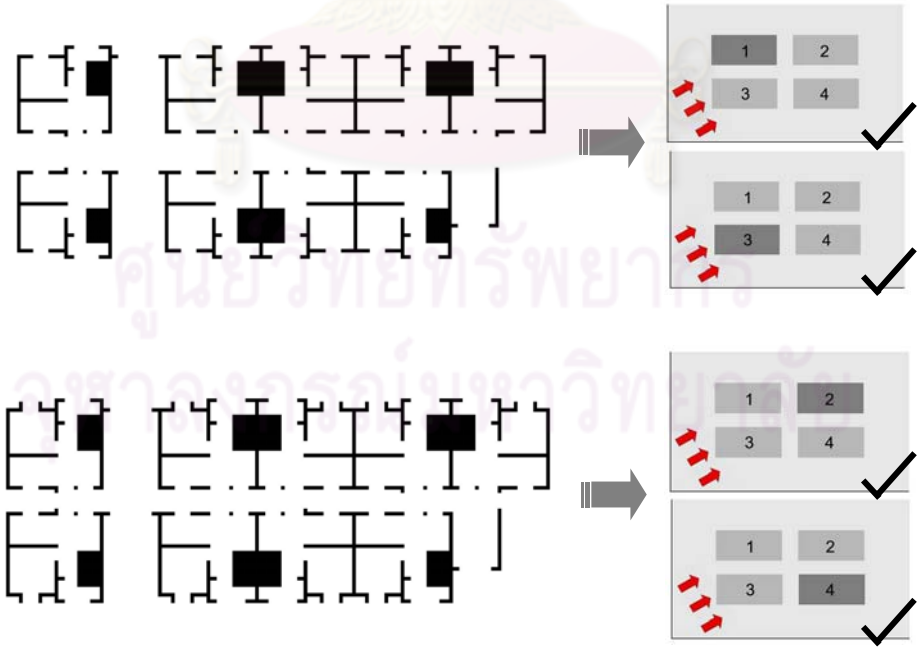
6.2.4.1 ในการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินเดี่ยว เป็นการปรับเปลี่ยนโดยแก้ไขผังอาคารให้เหลือหน่วยพักอาศัยเพียงหนึ่งแถว คือไม่มีการซ้อน และบังกันระหว่างหน่วยพักอาศัย แต่ก็ยังไม่ทำให้การระบายอากาศดีขึ้นมากกว่าการวางผังอาคารแบบสองแถว เนื่องจากการเจาะช่องเปิดภายในหน่วยพักอาศัยยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะช่องเปิดบริเวณผนังของห้องนอน ทำให้ลมไม่สามารถไหลผ่านไปในพื้นที่พักอาศัยบริเวณนั้นได้ ดังนั้นในการออกแบบผังอาคารชุดพักอาศัยให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศให้ดีได้นั้น จึงไม่ควรมีผนังกั้นแบ่งพื้นที่ภายใน เพื่อให้ลมไหลผ่านพื้นที่ภายในได้สะดวกและทั่วถึงยิ่งขึ้น

การวางผังในลักษณะนี้จะมีข้อดีในเรื่องคุณภาพของลมที่ได้รับของแต่ละหน่วยพักอาศัย เนื่องจากอากาศที่ได้รับจะมาจากภายนอกโดยตรงโดยไม่ผ่านหน่วยพักอาศัยอื่นเข้ามา



ภาพที่ 6.4 แสดงการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคารที่มีผังแบบทางเดินเดี่ยว ที่แก้ไขปรับปรุงโดยการเพิ่มช่องเปิดบนผนังระหว่างห้องนอนกับห้องนั่งเล่น ในทุกหน่วยพักอาศัย

6.2.4.1 สำหรับแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร โดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง และการเพิ่มอุปกรณ์ดักลมบริเวณช่องเปิด จะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารใกล้เคียงกัน แต่จะมีความแตกต่างของค่าในแต่ละตำแหน่งการวางอาคาร โดยการวางอาคารตำแหน่งที่ 1 และ 3 การเพิ่มอุปกรณ์ดักลมบริเวณช่องเปิดของแต่ละหน่วยพักอาศัย จะทำให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารมีมากกว่าการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง แต่สำหรับการวางอาคารตำแหน่งที่ 2 แ ละ 4 การเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลางจะทำให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารมีมากกว่าการเพิ่มอุปกรณ์ดักลมบริเวณช่องเปิดของแต่ละหน่วยพักอาศัย



ภาพที่ 6.5 แสดงตำแหน่งการวางอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มขนาดทางเดินส่วนกลาง และอาคารที่ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มอุปกรณ์ดักลม

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 การปรับปรุงที่นำเสนอนี้เป็นแนวทางการปรับปรุง อันเนื่องมาจากการศึกษาปัญหาของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของอาคารชุดพักอาศัยที่เกิดขึ้นจริงในโครงการกรณีศึกษาบ้านเอื้ออาทรพหลโยธิน 44 แล้วนำไปสร้างแบบจำลองอันเป็นตัวแทนของอาคาร ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการใช้งานจริงในอนาคต จึงควรนำไปสร้างแบบจำลองของอาคารจริงที่ต้องทำการปรับปรุง เพื่อให้ผลที่มีความถูกต้องแม่นยำในการแก้ไขปัญหาในอนาคต

6.3.2 การศึกษาในครั้งนี้ได้นำค่าความเร็วลมภายนอกในการจำลอง มาจากค่าเฉลี่ยความเร็วลมของกรุงเทพมหานคร ที่ความสูง 5 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.45 เมตรต่อวินาที ดังนั้นเพื่อให้การศึกษามีความชัดเจนและครอบคลุมมากขึ้น จึงควรมีการจำลองในสภาพที่มีค่าความเร็วลมภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปตามความสูงของอาคาร เพื่อศึกษาแนวโน้มของค่าความเร็วลมภายในและพฤติกรรมการไหลเวียนลมที่เกิดขึ้น เมื่อมีการกำหนดค่าความเร็วลมภายนอกที่สูงขึ้น

6.3.3 การศึกษาครั้งนี้ได้ได้ทำการจำลอง และเก็บรรวบรวมผลในรูปของค่าความเร็วลมเฉลี่ย ค่าความเร็วลมเฉลี่ย ณ จุดกลางห้อง ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์การผันผวนของลม ค่าความเร็วลมสูงสุด และค่าความเร็วลมต่ำสุด แต่ในการวิเคราะห์ยังไม่ได้พิจารณาในเรื่องค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของลม ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรพิจารณาค่านี้ด้วย เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศและสภาวะน่าสบายภายในอาคารด้วย

6.3.4 ในการเสนอแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอาคาร ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งแนวทางการปรับปรุงเป็น 2 แนวทางหลักอย่างชัดเจน คือแนวทางการปรับปรุงที่ไม่แก้ไขผังอาคาร และแนวทางการปรับปรุงที่แก้ไขผังอาคาร ในการศึกษาในอนาคตจึงควรเพิ่มเติมแนวทางการแก้ไขอื่นๆ หรืออาจนำเอาทั้งสองแนวทางมารวมกัน เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพการระบายอากาศของผังอาคารรูปแบบอื่นมากยิ่งขึ้น และนำไปสู่แนวทางการออกแบบที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศดีที่สุด

6.3.5 เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านระยะเวลา จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละแนวทางการออกแบบ เพื่อให้ทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุน รวมไปถึงระยะเวลาในการคืนทุนของแต่ละแนวทางด้วย เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ในการนำไปใช้งานจริงได้ดียิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ข้อมูลสถิติสภาพอากาศ ความเร็วลม และทิศทางลม ราย 3 ชั่วโมง ของวันที่ 15 ของเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552, วันที่ 15 ของเดือนเมษายน พ.ศ. 2553, วันที่ 15 ของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553. พฤษภาคม 2553. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. 2547. "เครื่องช่วย (สลาย) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล" ใน สรรค์สร้างอาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

ณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา. 2550. การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบายใต้ฉนวอาคารสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

สำนักผังเมือง. 2553. แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.bma.go.th. [2553, กรกฎาคม 25]

สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทร บุญญาธิการ. (2545). การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: โอเอส พริ้นติ้ง เฮาส์.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2547. "สภาวะน่าสบาย" ใน สรรค์สร้าง อาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2548. การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Fanger, P.O. 1970. Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environment Engineering. New York: McGraw-hill.

Givoni, B. 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: Van Nostrand Reinhold.

Kendari, J., and others. 2000. Thailand Ventilation Comfort Chart. Energy and Building, pp. 245-249.

Moor, F. 1993. Environmental Control System: Heating Cooling Lighting. Singapore: McGraw-hill.

Olgyay, V. 1969. Design with Climate: Princeton University Press. New Jersey: Princeton.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. ระบบปรับอากาศ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www2.dede.go.th. [2553, กรกฎาคม 25]

ข้อมูลสถิติสภาพอากาศ ความเร็วลม และทิศทางลม ราย 3 ชั่วโมง ของวันที่ 15 ของเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552, วันที่ 15 ของเดือนเมษายน พ.ศ. 2553, วันที่ 15 ของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553. พฤษภาคม 2553. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. 2547. "เครื่องช่วย (สลาย) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล" ใน สรรค์สร้างอาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์, ดารณี จารีมิตร, เอนก สุวรรณชัยสกุล, และฐิติพร นาคลดา. 2550. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ: การประเมินและออกแบบบ้านพักอาศัยในประเทศไทย. บทความงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา. 2550. การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบายใต้ถุนอาคารสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

ธิติพร นาคลดา. 2550. แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในบ้านพักอาศัยด้วยองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมและการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักผังเมือง. 2553. แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.bma.go.th. [2553, กรกฎาคม 25]

สุนทร บุญญาธิการ. 2536. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทร บุญญาธิการ. (2545). การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: โอเอส พริ้นติ้ง เฮาส์.

อธิคม วิมลวัตรเวที. 2547. แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทร เพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2547. "สภาวะน่าสบาย" ใน สรรค์สร้าง อาคารสบาย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2548. การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอนก สุวรรณชัยสกุล. 2550. การออกแบบและการประเมินการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในบ้านพักอาศัยด้วยอิทธิพลของการใช้ช่องเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมและการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Fanger, P.O. 1970. Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environment Engineering. New York: McGraw-hill.

Givoni, B. 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: Van Nostrand Reinhold.

Kendari, J. and others. 2000. Thailand Ventilation Comfort Chart. Energy and Building, pp. 245-249.

Fairey, P.W. 1994. Passive Cooling and Human Comfort. USA: FSEC Publication DN-5.

Francis, A. 1998. Natural Ventilation in Buildings. UK: James & James (Science Publishers) Ltd.

Moor, F. 1993. Environmental Control System: Heating Cooling Lighting. Singapore: McGraw-hill.

Olgyay, V. 1969. Design with Climate: Princeton University Press. New Jersey: Princeton.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสริน พินิจ เกิดวันที่ 2 สิงหาคม 2529 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย